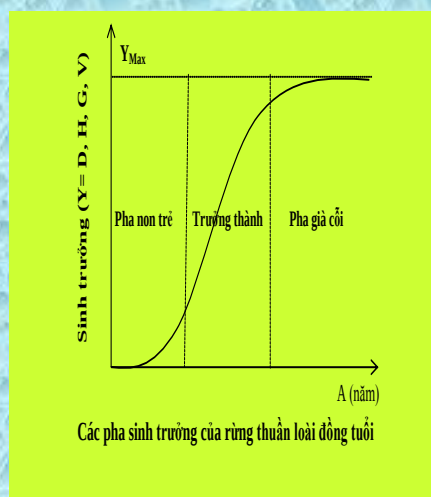


TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm & PGS. TS. Phạm Minh Toại

oOo

Giáo trình SINH THÁI RỪNG



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội, 2024



TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP
PGS.TS. NGUYỄN VĂN THÊM
PGS.TS. PHẠM MINH TOẠI

SINH THÁI RỪNG

(Giáo trình Trường Đại học Lâm nghiệp)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

2024

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “SINH THÁI RỪNG” được biên soạn theo yêu cầu của đào tạo đại học và sau đại học đối với chuyên ngành lâm sinh của Trường Đại học lâm nghiệp Việt Nam. Mục đích cơ bản của giáo trình này là cung cấp cho người học những kiến thức cơ bản về đời sống của rừng và những mối quan hệ qua lại giữa rừng và môi trường sống của rừng.

Nội dung của giáo trình này bao gồm 13 chương. Chương 1 giới thiệu về sinh thái học và khái niệm hệ sinh thái. Chương 2 giới thiệu về sinh thái học sản lượng rừng. Chương 3 giới thiệu về chu trình chất khoáng trong hệ sinh thái rừng. Chương 4 giới thiệu về vai trò sinh thái của bức xạ mặt trời. Chương 5 giới thiệu về vai trò sinh thái của nhiệt độ. Chương 6 giới thiệu về vai trò sinh thái của nước. Chương 7 giới thiệu về vai trò sinh thái của không khí. Chương 8 giới thiệu về quan hệ giữa rừng với đất. Chương 9 giới thiệu về sinh thái học quần thể. Chương 10 giới thiệu về sinh thái học quần xã. Chương 11 giới thiệu về diễn thế sinh thái. Chương 12 giới thiệu về phân loại rừng. Chương 13 giới thiệu về khôi phục tài nguyên thiên nhiên và áp dụng vào kinh doanh rừng. Chương 14 giới thiệu về chức năng và vai trò của rừng. Phần cuối của giáo trình này giới thiệu các thuật ngữ khoa học trong sinh thái rừng và lâm sinh học.

Biên soạn giáo trình này là PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm - Hội khoa học và Kỹ thuật lâm nghiệp Tp. Hồ Chí Minh và PGS. TS. Phạm Minh Toại - Trường Đại học lâm nghiệp Việt Nam. PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm biên soạn các chương 1, 2 và 9 đến 14 và những thuật ngữ trong sinh thái rừng và lâm sinh học. PGS. TS. Phạm Minh Toại biên soạn các chương 3 đến 8.

Cuối cùng, chúng tôi nhận thấy rằng việc biên soạn giáo trình này có liên quan đến nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau sẽ không thể tránh khỏi những thiếu sót. Vì thế, chúng tôi rất mong nhận được những trao đổi và ý kiến đóng góp chân thành của bạn đọc. Những ý kiến đóng góp xin gửi về địa chỉ: PGS. TS. Phạm Minh Toại, Trường Đại học lâm nghiệp Việt Nam. Email: toaipm@vnuf.edu.vn.

Hà Nội, tháng 12/2024

Các tác giả

Nguyễn Văn Thêm & Phạm Minh Toại

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	i
Chương I. SINH THÁI HỌC VÀ KHÁI NIỆM HỆ SINH THÁI.....	1
1.1. Sinh thái học và lịch sử phát triển của nó	1
1.2. Các phân môn của sinh thái học và các mức tổ chức sinh học	3
1.3. Một số quy luật sinh thái học	5
1.4. Khái niệm về hệ sinh thái và sinh địa quần xã	10
1.5. Khái niệm về các mức hợp nhất sinh học	12
1.6. Sự thay đổi của hệ sinh thái	14
1.7. Rừng và các thành phần của rừng.....	16
1.8. Ý nghĩa của sinh thái rừng trong lâm nghiệp.....	27
1.9. Tóm tắt chương 1	27
Chương II. SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG	28
2.1. Mở đầu	28
2.2. Chu trình trao đổi năng lượng trong hệ sinh thái	28
2.3. Một số thuật ngữ dùng trong sinh thái học sản lượng	32
2.4. Sinh thái học sản lượng ở mức sinh vật sơ cấp.....	34
2.5. Sinh thái học sản lượng ở mức sinh vật tiêu thụ.....	41
2.6. Chuỗi dinh dưỡng phân hủy.....	44
2.7. Diện tích lá, sản lượng lá và tăng trưởng của rừng.....	46
2.8. Ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến năng lượng của rừng	47
2.9. Tóm tắt chương 2	47
Chương III. CHU TRÌNH CHẤT KHOÁNG TRONG HỆ SINH THÁI	49
3.1. Mở đầu	50
3.2. Dinh dưỡng của thực vật.....	50
3.3. Chu trình địa hóa.....	57
3.4. Chu trình sinh địa hóa.....	59
3.5. Chu trình sinh hóa.....	63
3.6. Chu trình đạm	63
3.7. Hiệu quả sinh địa hóa của các hệ sinh thái rừng.....	65
3.8. Chu trình khoáng của rừng nhiệt đới	65
3.9. Ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến chu trình sinh địa hóa.....	66
3.10. Tóm tắt chương 3	67
Chương IV. VAI TRÒ SINH THÁI CỦA BỨC XẠ MẶT TRỜI	68
4.1. Mở đầu	68
4.2. Bản chất vật lý của bức xạ mặt trời	68
4.3. Hiệu quả sinh thái của bức xạ mặt trời	71
4.4. Hiệu quả sinh thái của cường độ bức xạ mặt trời	73
4.5. Hiệu quả sinh thái của những biến động về bức xạ mặt trời	79
4.6. Ý nghĩa của ánh sáng trong lâm học.....	79
4.7. Tóm tắt chương 4	82
Chương V. VAI TRÒ SINH THÁI CỦA NHIỆT ĐỘ	83
5.1. Mở đầu	83
5.2. Biến động của nhiệt độ theo không gian và thời gian.....	83
5.3. Cân bằng năng lượng và bức xạ của rừng	84
5.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến rừng	87

5.5. Ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ đất và không khí.....	91
5.6. Vai trò của nhiệt độ đối với phân bố của sinh vật	91
5.7. Ý nghĩa của nhiệt độ trong lâm học	92
5.8. Tóm tắt chương 5	95
Chương VI. VAI TRÒ SINH THÁI CỦA NƯỚC	96
6.1. Mở đầu	96
6.2. Ảnh hưởng của độ ẩm đến rừng.....	97
6.3. Quan hệ của các loài cây gỗ với độ ẩm	100
6.4. Cân bằng nước ở rừng	102
6.5. Rừng và chế độ thủy văn của một lãnh thổ	105
6.6. Ý nghĩa của nước trong hoạt động lâm học	107
6.7. Tóm tắt chương 6.....	108
Chương VII. VAI TRÒ SINH THÁI CỦA KHÔNG KHÍ	109
7.1. Mở đầu	109
7.2. Thành phần không khí sạch và ý nghĩa của chúng	109
7.3. Rừng và các chất thải độc hại trong không khí.....	111
7.4. Rừng và gió.....	115
7.5. Ý nghĩa của gió trong lâm học	117
7.6. Tóm tắt chương 7.....	117
Chương VIII. VAI TRÒ SINH THÁI CỦA ĐẤT	118
8.1. Mở đầu	118
8.2. Ảnh hưởng của địa hình đến rừng	118
8.3. Ảnh hưởng của đất đến rừng.....	120
8.4. Ảnh hưởng của rừng đến đất.....	122
8.5. Ý nghĩa của địa hình và đất trong lâm học	123
Chương IX. SINH THÁI HỌC QUẦN THỂ.....	125
9.1. Mở đầu	125
9.2. Quần thể và các đặc trưng của nó	125
9.3. Sinh thái quần thể thực vật	131
9.5. Tái sinh rừng	140
9.6. Ý nghĩa của sinh thái quần thể trong lâm học.....	155
Chương X. SINH THÁI HỌC QUẦN XÃ.....	156
10.1. Mở đầu	156
10.2. Tổ chức của quần xã thực vật	157
10.3. Những dạng quần xã sinh thái đệm (Ecotones)	179
10.4. Đa dạng loài cây gỗ trong các quần xã thực vật rừng.....	181
10.5. Sự tương tác giữa các loài sinh vật trong quần xã	189
10.6. Sự dao động của quần xã thực vật	190
10.7. Ý nghĩa của sinh thái quần xã trong lâm học.....	193
10.8. Tóm tắt chương 10	194
Chương XI. DIỄN THỂ SINH THÁI.....	195
11.1. Mở đầu	195
11.2. Những thuật ngữ và khái niệm trong diễn thể sinh thái.....	195
11.3. Các học thuyết và mô hình diễn thể.....	199
11.4. Các cơ chế biến đổi trong diễn thể.....	203
11.5. Tốc độ thay đổi trong diễn thể	205
11.6. Diễn thể đường thẳng và diễn thể theo chu kỳ	206
11.7. Vai trò của sự rối loạn trong các hệ sinh thái rừng.....	209

11.8. Các thay đổi về chức năng của các hệ sinh thái trong diễn thế	210
11.9. Ảnh hưởng của khai thác rừng đến diễn thế rừng.....	210
11.10. Ý nghĩa của diễn thế rừng.....	213
11.11. Tóm tắt chương 11	213
Chương XII. PHÂN LOẠI RỪNG.....	215
12.1. Mở đầu	215
12.2. Phân loại rừng dựa theo khí hậu	216
12.3. Phân loại rừng dựa theo đất và địa hình	218
12.4. Phân loại thảm thực vật rừng	219
12.5. Phân loại hệ sinh thái rừng	221
12.6. Các kiểu rừng chủ yếu trên thế giới.....	221
12.7. Phân loại rừng Việt Nam của Thái Văn Trùng.....	222
12.8. Rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh	226
12.9. Phân loại rừng theo các trạng thái khác nhau	229
12.10. Ý nghĩa của phân loại rừng	244
12.11. Tóm tắt chương 12	244
Chương XIII. KHÔI PHỤC TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN VÀ ÁP DỤNG VÀO KINH DOANH RỪNG.....	246
13.1. Mở đầu	246
13.2. Khái niệm về tài nguyên tái tạo và tài nguyên không tái tạo	246
13.3. Bản chất của tài nguyên vật chất	247
13.4. Ảnh hưởng của sử dụng tài nguyên đến sự tái tạo tài nguyên	247
13.5. Khai thác rừng đối lập với kinh doanh rừng ổn định.....	248
13.6. Tính ổn định của rừng và chu kỳ sinh thái.....	249
13.7. Chu kỳ sinh thái và kinh doanh rừng ổn định.....	250
Chương XIV. CHỨC NĂNG VÀ VAI TRÒ CỦA RỪNG.....	251
14.1. Chức năng của rừng	251
14.2. Các vai trò của rừng	253
CHÚ THÍCH CÁC THUẬT NGỮ TRONG SINH THÁI RỪNG VÀ LÂM SINH HỌC	264
TÀI LIỆU THAM KHẢO	307

Phần I

RỪNG VÀ CON NGƯỜI

Rừng là nơi ở, bảo vệ và cung cấp thức ăn cho người cổ đại. Cuộc sống của người cổ đại phụ thuộc vào rừng. Theo thời gian, dân số người gia tăng dần và ước tính đạt 8 tỷ vào năm 2024 ([World Economic Forum, 2024](#)). Tốc độ gia tăng dân số vẫn tiếp tục xảy ra vào thế kỷ XXI. Để đáp ứng nhu cầu của sự gia tăng dân số, con người không chỉ khai thác tài nguyên rừng sẵn có trong tự nhiên, mà còn trồng thêm rừng mới. Nói chung, cuộc sống của con người và các sinh vật khác phụ thuộc vào các nguồn tài nguyên; trong đó có tài nguyên rừng. Sự phát triển của lâm nghiệp gắn liền với sự gia tăng dân số và nhu cầu của con người, nhận thức của con người về rừng, sự tiến bộ về khoa học và kỹ thuật và những bài học từ lịch sử phát triển của lâm nghiệp.

Phần I nghiên cứu quan hệ giữa con người với rừng, lịch sử phát triển của lâm nghiệp và vai trò của sinh thái rừng trong lâm nghiệp.

Chương 1

QUAN HỆ CỦA CON NGƯỜI VỚI RỪNG

1.1. Mở đầu

Một cha cố người Anh sống ở thế kỷ XVIII (Thomas Manthus) đã đưa ra dự báo rằng dân số con người và các sinh vật khác bị giới hạn bởi các nguồn tài nguyên. Tư tưởng này đặt nền tảng cho sự ra đời của học thuyết tiến hóa của Darwin. Thomas Manthus cho rằng tăng trưởng dân số và sự hao hụt các nguồn tài nguyên dưới ảnh hưởng của con người là một trong những nguy cơ đối với môi trường sống. Ngày nay con người nhận thấy rất rõ nguy cơ này. Năm 1992, hội nghị của Liên hợp quốc về môi trường và phát triển họp tại Rio De Janeiro (Braxin) đã nhắc lại nguy cơ này trong “*Chương trình kế hoạch hành động của Liên hợp quốc lần thứ 21 về môi trường và phát triển trong thế kỷ XXI*”.

Để hiểu rõ lịch sử ảnh hưởng của con người đến rừng, chúng ta cần xem xét lịch sử tăng trưởng dân số người trong quá khứ và dự báo tăng trưởng dân số người trong tương lai. Chỉ khi hiểu rõ quy mô và hậu quả của tăng trưởng dân số người, chúng ta mới hiểu rõ mục tiêu phát triển bền vững và chiến lược bảo vệ môi trường toàn cầu của Liên hợp quốc.

1.2. Tăng trưởng dân số người

Trước năm 1800, các nhà truyền đạo ước tính dân số người vào khoảng 1-2 triệu năm trước là 125.000 người và 250.000 năm trước là 1 triệu người. Vào thời kỳ Pleistocene (10.000-30.000 năm trước công nguyên), dân số người và các sinh vật khác bị tàn sát hàng loạt. Nguyên nhân có thể là do ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu, địa chất và chiến tranh giữa các bộ tộc. Theo thời gian, con người đã chuyển từ săn bắt và hái lượm sang trồng cây lương thực và chăn nuôi. Nhờ canh tác nông nghiệp và chăn nuôi, con người đã có dư lương thực và thực phẩm. Chính nhờ sự tiến bộ này đã kích thích sự gia tăng dân số từ 5 triệu người vào khoảng 10.000 năm trước công nguyên đến 250 triệu người vào năm thứ 1 sau công nguyên, 545 triệu người vào năm 1650, 728 triệu người vào năm 1750, 2,5 tỷ người vào năm 1950, 4 tỷ người vào năm 1975, 6 tỷ người vào năm 1999, 6,9 tỷ người vào năm 2010, 7,8 tỷ người vào năm 2020. Dự báo dân số người vào cuối thế kỷ XXI là 10,3 tỷ người ([World Economic Forum, 2024](#)).

1.3. Ảnh hưởng của con người đến tài nguyên rừng

1.3.1. Tác động của con người cổ xưa đến tài nguyên rừng

Người nguyên thủy đã tác động đến rừng ngay từ khoảng 11.000 năm trước công nguyên. Ở thời kỳ này, con người tác động đến rừng thông qua hái lượm và săn bắt thú hoang. Bởi vì dân số người ở thời kỳ này rất nhỏ, phương thức hái lượm và săn bắt chỉ bằng những công cụ thô sơ, nên con người tác động rất nhỏ đến rừng. Sự suy giảm diện tích rừng chỉ xảy ra vào khoảng 8.000 năm trước công nguyên. Đây là thời kỳ con người biết trồng trọt và chăn thả gia súc. Sự phát minh ra những công cụ bằng kim loại cho phép con người khai phá được nhiều rừng hơn. Khoảng 3.500 năm trước công nguyên, người Ai Cập đã biết chế tạo những con thuyền lớn bằng gỗ. Khoảng 1.100 năm trước công nguyên, người Hy Lạp và La Mã cũng đã chế tạo nhiều tàu và thuyền lớn bằng gỗ. Để chế tạo những con tàu và thuyền lớn đi sông và biển, con người cần phải khai thác rừng.

1.3.2. Tác động của con người hiện đại đến tài nguyên rừng

Các cuộc chiến tranh dựa trên những phương tiện và vũ khí bằng gỗ đã xảy ra từ rất lâu và kéo dài cho đến thế kỷ XIX. Đây là lý do giải thích vì sao diện tích rừng bị suy giảm mạnh vào thời kỳ này. Sự phát triển nông nghiệp, công nghiệp và đô thị xảy ra từ thế kỷ XIX. Để khai thác than và khoáng sản khác, con người cần rất nhiều gỗ. Để chạy máy bằng động cơ hơi nước, con người không chỉ sử dụng than đá, mà còn cả than từ gỗ. Muốn có nhiều đất canh tác nông nghiệp, gỗ để làm nhà, củi để nấu ăn và sưởi ấm, gỗ để xây dựng đô thị và giao thông, con người đã phải khai thác rất nhiều rừng.

Cuộc cách mạng nông nghiệp và công nghiệp vào thế kỷ XX đã giúp cho con người phụ thuộc ít hơn vào tài nguyên rừng. Tuy vậy, tăng trưởng dân số vẫn xảy ra rất nhanh vào nửa sau của thế kỷ XX, nhất là các nước nghèo ở châu Phi và châu Á. Vì thế, tình trạng khai phá rừng tự nhiên ở thế kỷ XX xảy ra rất mạnh. Tình trạng này có thể vẫn còn xảy ra ở thế kỷ XXI.

Theo quy luật, sự gia tăng sản lượng nông nghiệp và công nghiệp sẽ kéo theo sự gia tăng dân số. Khi dân số đạt đến số lượng lớn, thì nhu cầu đối với các sản phẩm từ rừng cũng tăng lên. Theo đó, tốc độ khai phá rừng tự nhiên cũng tăng lên. Ngày nay nhiều nước nghèo vẫn khai phá rừng tự nhiên để chuyển đất rừng sang mục đích nông nghiệp mang lại nguồn tài chính lớn hơn. Sự phát triển những đồn điền cao su, tiêu, cà phê, điều, cọ dầu đang gia tăng ở các nước đang phát triển ở châu Phi và châu Á. Việt Nam cũng nằm trong quy luật này. Hai quá trình tăng dân số và khai phá rừng tồn tại mối quan hệ ngược với nhau. Khai thác trắng rừng tự nhiên dẫn đến sự gia tăng đất canh tác nông nghiệp. Sự gia tăng sản lượng cây nông nghiệp kéo theo sự gia tăng dân số. Đến lượt mình, sự gia tăng dân số lại đòi hỏi nhiều lương thực. Muốn đáp ứng tốt nhu cầu lương thực, con người lại phải khai phá rừng. Hai quá trình ngược này diễn ra suốt một thời gian dài.

Khai thác rừng theo đúng nguyên lý lâm học không dẫn đến phá hủy rừng. Nếu khai thác rừng không theo đúng nguyên lý lâm học, thì rừng sẽ bị phá hủy. Khi đất rừng sau khai thác gỗ và trồng cây nông nghiệp bị bỏ hóa, thì đất sẽ bị suy thoái, thậm chí bị thoái hóa. Do rừng bị khai thác trên quy mô lớn, nên nhiều vùng đất tốt đã chuyển thành hoang mạc và sa mạc. Sự thiếu vắng thảm thực vật rừng che phủ đất đã làm gia tăng bức xạ nhiệt phát ra từ mặt đất. Kết quả dẫn đến đất và không khí trở lên nóng hơn, hạn hán và lũ lụt xảy ra ở nhiều nơi. Khai phá rừng tự nhiên làm suy giảm dân số của nhiều loài sinh vật có ích cho con người, một số loài có nguy cơ bị tuyệt chủng.

1.4. Sự phụ thuộc của con người vào tài nguyên rừng

Đời sống của con người luôn phụ thuộc vào rừng. Ở thời kỳ tiền sử, con người sống chủ yếu ở rừng. Họ đã xem rừng là nơi ở, nơi che chở và bảo vệ trước các kẻ thù, nơi cung cấp gỗ để làm nhà và nguồn thức ăn. Sự suy giảm tài nguyên rừng cũng tạo ra áp lực tiến hóa để con người rời khỏi rừng đến sống ở các vùng thảo nguyên. Tại đây tính cách và trí tuệ của con người đã phát triển mạnh hơn.

Vào khoảng 1 triệu - 100.000 năm trước công nguyên, sự phát triển công cụ bằng đá đã giúp con người phụ thuộc ít hơn vào rừng. Những công cụ này giúp con người săn bắt thú hoang nhiều hơn và nhờ đó dân số tăng nhanh. Dân số người giảm vào thời kỳ gian băng cuối cùng. Sau đó con người đã biết sử dụng lửa và gỗ là nguồn nhiên liệu. Lửa cũng giúp con người chuyển đến sống ở những vùng lạnh hơn. Khi biết sử dụng gỗ để che chắn, con người đã biết thuần hóa và bảo vệ gia súc. Khi biết dự trữ lương thực, con người đã có

khả năng sống lâu dài trong mùa đông lạnh giá. Khi quen thuộc với lửa và nơi ở bằng gỗ, con người phụ thuộc nhiều hơn vào rừng.

Nền nông nghiệp phát triển vào khoảng 8.000 năm trước công nguyên đã giúp con người có nhiều lương thực hơn. Nhờ đó dân số người tăng nhanh. Sự gia tăng dân số đòi hỏi phải có nhiều lương thực và thực phẩm. Để đáp ứng nhu cầu của mình, con người phải khai phá rừng để trồng trọt và chăn nuôi. Ở thời kỳ đầu, do công cụ lao động thô sơ, con người chỉ khai phá những diện tích rừng nhỏ trên đất tốt. Sau khi trồng trọt một số năm, độ phì đất giảm và năng suất cây trồng thấp, họ bỏ đất hoang và tiếp tục khai phá những khoảnh rừng mới. Phương thức sản xuất này được gọi là canh tác quảng canh. Phương thức sản xuất này ảnh hưởng không lớn đến tài nguyên rừng và đất.

Khi khám phá ra đồng và sắt, con người biết chế tạo ra nhiều công cụ hữu dụng hơn. Để chế tạo các công cụ bằng đồng và sắt, con người cần đến nhiều gỗ để cung cấp nhiên liệu. Sự phát triển nhiều công cụ bằng kim loại và gỗ đã giúp con người khai phá rừng cả trên đất ẩm và đất khô.

Những tiến bộ trong nông nghiệp giúp cho con người sản xuất ra nhiều lương thực và thực phẩm. Khi nguồn vật chất nhiều và phong phú, con người bắt đầu hình thành nghề buôn bán. Buôn bán cần đến những phương tiện vận chuyển bằng gỗ (tàu, thuyền, xe kéo) và binh lính vận chuyển và bảo vệ hàng hóa. Sản xuất và buôn bán phát triển đã làm tăng nhanh của cải. Tuy vậy, điều này lại làm nảy sinh mâu thuẫn giữa các bộ tộc, giữa nhóm người giàu và nhóm người nghèo. Các mâu thuẫn lớn dần lên và trở thành chiến tranh giữa các bộ tộc. Chiến tranh cần đến nhiều lính, các vũ khí và lương thực. Những cuộc chiến tranh vào khoảng 5.000 năm trước chủ yếu dựa vào vũ khí bằng gỗ. Vì thế, nhiều rừng gỗ đã bị khai thác để lấy gỗ đóng tàu và thuyền, làm vũ khí và nhiên liệu phục vụ chiến tranh.

Tầm quan trọng của rừng không chỉ là nguồn gỗ và củi, mà còn cả tài chính. Để tranh giành các nguồn tài nguyên, nhiều quốc gia đã tiến hành chiến tranh. Khi xâm lược Bắc Mỹ, thực dân châu Âu đã khai phá rất nhiều rừng ở khu vực này. Vào thế kỷ XVII-XIX, thực dân Anh đã xâm chiếm Ấn Độ. Họ đã khai thác rất nhiều rừng của Ấn Độ để đóng tàu và thuyền, chạy máy, khai thác mỏ than và kim loại quý.

Cuộc cách mạng công nghiệp vào thế kỷ XVIII gắn liền với việc sử dụng than đá, gỗ và củi. Rừng không chỉ cung cấp gỗ và củi, mà còn cả nguyên liệu để sản xuất bột giấy. Nhờ phát minh ra giấy, con người đã biết ghi chép những kinh nghiệm sống, truyền bá kiến thức và trao đổi thông tin.

Ngày nay con người hiện đại đã sáng tạo ra nhiều vật liệu mới như plastic, thủy tinh và các chất tổng hợp. Tuy vậy, đời sống của con người vẫn phụ thuộc vào rừng. Rừng vẫn là nguồn cung cấp các vật liệu cho xây dựng các công trình, nhà ở, nhiên liệu... Rừng hấp thụ bức xạ mặt trời và khí dioxit carbon trong không khí, sau đó thải oxi và hơi nước vào không khí. Rừng làm giàu chất khoáng cho đất, nuôi dưỡng nguồn nước, ngăn cản xói mòn đất và gió hại. Vì thế, rừng đóng vai trò bảo vệ sự sống trên trái đất. Rừng còn tạo ra cảnh quan thiên nhiên rất đẹp. Vì thế, rừng đóng vai trò tạo ra nơi ở, nơi vui chơi và giải trí, nơi tham quan du lịch và nhiều dịch vụ khác. Ngày nay khí hậu đang biến đổi theo chiều hướng xấu và môi trường bị ô nhiễm. Những hiện tượng xấu này có thể được ngăn ngừa bằng nhiều cách khác nhau; trong đó bảo vệ và phát triển rừng là phương pháp hữu hiệu nhất.

1.5. Tài nguyên rừng thế giới và Việt Nam

Trước đây toàn thế giới có khoảng 6 tỷ ha rừng. [FRA \(2020\)](#) đã tổng hợp số liệu về tài nguyên rừng từ 1990-2020 của 236 quốc gia và vùng lãnh thổ. Kết quả cho thấy tổng

diện tích rừng thế giới vào năm 2020 là 4,06 tỷ ha, chiếm 31% tổng diện tích bề mặt trái đất. Diện tích rừng bình quân là 0,52ha/người.

So với tổng diện tích rừng thế giới (4,06 tỷ ha, 100%), hơn 54% (2,1924 tỷ ha) thuộc về 5 nước: Liên bang Nga (815 triệu ha, 20%), Brazil (497 triệu ha, 12%), Canada (347 triệu ha, 9%), Hoa Kỳ (310 triệu ha, 8%), Trung Quốc (220 triệu ha, 5%). Phần còn lại (1,870 tỷ ha, 46%) thuộc về các nước khác. So với tổng diện tích rừng thế giới (4,06 tỷ ha, 100%), diện tích lớn nhất là rừng nhiệt đới (1,828 tỷ ha, 45%), kế đến là rừng phương bắc hay rừng Taiga (1,097 tỷ ha, 27%), rừng ôn đới (0,650 tỷ ha, 16%) và rừng á nhiệt đới (0,447 tỷ ha, 11%). Diện tích rừng tự nhiên của toàn thế giới là 3,778 tỷ ha (93%), rừng trồng là 0,284 tỷ ha (7%). Diện tích rừng nguyên sinh khoảng 1,11 tỷ ha (100%); trong đó 61% phân bố ở Brazil, Canada và Liên bang Nga. Diện tích rừng nguyên sinh bị suy giảm 81 triệu ha vào năm 1990, nhưng sự suy giảm nhiều hơn từ năm 2010-2020. Diện tích rừng bị suy thoái nhiều nhất vào năm 1990 (420 triệu ha). Năm 2015 lửa tiêu hủy 98 triệu ha rừng, chủ yếu ở rừng nhiệt đới châu Phi và Nam Mỹ.

Thế giới có nhu cầu lớn về gỗ. Ước tính tổng lượng tăng trưởng hàng năm của rừng thế giới là 340 tỷ m³/năm; trong đó loài người tiêu thụ 4,7 tỷ m³/năm. Nếu mỗi người sử dụng 1,2 m³/người/năm, thì khối lượng gỗ tiêu thụ vào năm 2020-2025 là 6,5-7,0 tỷ m³/năm. Để đáp ứng nhu cầu về gỗ, loài người cần phải khai thác rừng.

Theo Tổng cục lâm nghiệp (2018), tổng diện tích rừng của Việt Nam vào năm 1943 là 14,33 triệu ha (độ che phủ 43,7%), đến năm 1990 còn 8,43 triệu ha (độ che phủ 27,2%). Tốc độ mất rừng từ năm 1943÷1990 là 0,45%/năm. Theo FAO (2016), tổng diện tích rừng của Việt Nam vào năm 1995 là 9,3 triệu ha (độ che phủ 28,0%); trong đó rừng đặc dụng 3,1 triệu ha và rừng sản xuất 6,2 triệu ha. Tốc độ mất rừng hàng năm của Việt Nam trong thời kỳ 1980÷1990 là 1,4%/năm. Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2021), diện tích rừng toàn quốc vào năm 2021 là 14,7ha (100%); trong đó rừng tự nhiên là 10,2ha (69,4%), rừng trồng là 4,5ha (30,6%).

1.6. Hậu quả của mất rừng

Bất kỳ sinh vật nào cũng bị giới hạn bởi nguồn thức ăn, nơi ở, bệnh tật và kẻ thù. Loài người cũng nằm trong quy luật này. Đây là những nhân tố giới hạn tăng trưởng dân số. Tăng trưởng dân số tác động đến tài nguyên rừng.

Mất rừng dẫn đến nhiều hậu quả xấu. Do khai thác rừng, nông nghiệp du canh, cháy rừng và sự biến đổi khí hậu, nên sa mạc hóa đang lan rộng. Hiện nay có khoảng 1/3 diện tích lục địa (438 triệu km²) đã bị sa mạc hóa. Kết quả có khoảng 1 tỷ người bị mất nhà cửa và đất canh tác. Khí hậu đang thay đổi theo chiều hướng xấu. Mất rừng sẽ dẫn đến những hậu quả sau đây: (1) Đất bị xói mòn, thoái hóa và khô hạn; (2) Giảm đa dạng sinh vật; (3) Nhiều loài thực vật và động vật quý và hiếm có nguy cơ bị tuyệt chủng; (4) Nhiều cảnh quan thiên nhiên đẹp bị phá hủy; (5) Giảm khối lượng gỗ và củi cung cấp cho con người...

Để hạn chế mất rừng, chúng ta cần phải thực hiện ngay những biện pháp sau đây: (1) Phân loại các loại rừng ở mức địa phương đến toàn quốc; (2) Sử dụng rừng theo đúng quy luật sống của chúng; (3) Tiết kiệm tài nguyên gỗ trong khai thác; (4) Khai thác và chế biến hợp lý tài nguyên rừng; (5) Phục hồi và trồng lại rừng sau khai thác; (6) Phòng chống các thiệt hại đối với rừng do ảnh hưởng của lửa, gió bão và mưa lớn; (7) Hạn chế chuyển rừng tự nhiên sang các mục đích sử dụng khác (nông nghiệp, giao thông, đô thị...); (8) Thực hiện đúng luật bảo vệ và phát triển rừng.

1.7. Tóm tắt chương 1

Con người và các sinh vật khác đều có chung một định mệnh. Đó là đời sống và hoạt động của con người và các sinh vật phụ thuộc chặt chẽ vào các nguồn tài nguyên. Sự tiến hóa đã giúp con người có khả năng thích ứng với môi trường cao hơn. Tuy vậy, cuộc sống của con người không phải ổn định mà luôn thay đổi. Sự tăng trưởng dân số cần đến nhiều nguồn tài nguyên. Để đáp ứng nhu cầu sống, con người phải khai thác các nguồn tài nguyên; trong đó có tài nguyên rừng. Theo tốc độ sử dụng tài nguyên như hiện nay, con người có nguy cơ thiếu tài nguyên. Vì thế, bổn phận của những người đang sống là khai thác tài nguyên đủ theo nhu cầu của mình mà vẫn giữ được một phần cho muôn đời sau.

Câu hỏi chương 1

- (1) Con người phụ thuộc vào rừng như thế nào?
- (2) Mất rừng dẫn đến những hậu quả gì?

Chương 2

SỰ PHÁT TRIỂN CỦA LÂM NGHIỆP VÀ SINH THÁI RỪNG

2.1. Mở đầu

Lịch sử xung đột quốc tế, sự khủng hoảng kinh tế ở nửa đầu của thế kỷ XX, sự gia tăng dân số và mức tiêu thụ tài nguyên đã và đang làm phát sinh nhiều vấn đề đối với loài người. Chiến tranh xảy ra suốt nhiều thế kỷ, nhiều nhất từ thế kỷ XVI-XIX. Ở thập niên 1960, các nước phát triển sản xuất và sử dụng rất nhiều thuốc diệt trừ dịch hại. Sự suy giảm các nguồn tài nguyên, mưa axit và sự không ổn định về kinh tế diễn ra từ thập niên 1970. Từ thập niên 1980 đến nay tình trạng này càng trở nên nghiêm trọng.

Ngày nay, trước nguy cơ khí hậu biến đổi theo chiều hướng xấu, sự suy giảm đa dạng sinh vật, sự khan hiếm tài nguyên năng lượng và lương thực, cộng đồng thế giới đã quan tâm nhiều đến các tài nguyên tái tạo. Rừng là tài nguyên có thể tái tạo. Thế nhưng, sự suy giảm diện tích rừng tự nhiên không chỉ ảnh hưởng đến khí hậu và đất, mà còn cả đa dạng sinh vật và các dịch vụ khác. Tăng trưởng dân số người không chỉ ảnh hưởng lớn đến tài nguyên rừng, mà còn cả hoạt động lâm nghiệp. Vì thế, nghiên cứu sự phụ thuộc của con người vào rừng, lịch sử tác động của con người đến rừng và lịch sử phát triển của lâm nghiệp là những vấn đề đáng được quan tâm.

2.2. Sự phát triển của lâm nghiệp

Lâm nghiệp là một lĩnh vực kinh doanh rừng nhằm đáp ứng các nhu cầu thiết yếu về lâm sản và nhiều lợi ích đa dạng khác cho xã hội và nền kinh tế quốc dân. Lâm nghiệp là một lĩnh vực hoạt động của con người. Sự phát triển của xã hội cũng dẫn đến sự phát triển của lâm nghiệp. Quá trình phát triển của lâm nghiệp là nhằm mục đích sử dụng hợp lý tài nguyên rừng và chống lại các thất thoát tài nguyên rừng do khai thác không theo quy luật sống của rừng. Sự phát triển của lâm nghiệp trải qua ba giai đoạn khác nhau. Ở thời kỳ tiền lâm nghiệp, con người chỉ xem rừng là nơi ở và nguồn cung cấp thức ăn. Do dân số thấp, hiểu biết kém và thiếu công cụ, nên con người đã tác động rất nhỏ đến rừng. Những tác động lớn hơn chỉ xảy ra khi dân số tăng, con người đã biết trồng trọt và chăn nuôi, biết sử dụng các công cụ bằng kim loại.

(1) *Giai đoạn thứ nhất: Lâm nghiệp hành chính.* Giai đoạn này ra đời khi dân số tăng và con người có những hiểu biết nhiều về các giá trị của rừng. Đặc điểm cơ bản của lâm nghiệp hành chính là quản lý rừng bằng luật pháp và các quy tắc. Mục tiêu chủ yếu của lâm nghiệp hành chính là giải quyết các nhu cầu về gỗ và lâm sản cho xã hội và nền kinh tế quốc dân. Do khai thác rừng không dựa trên cơ sở sinh thái học, nên lâm nghiệp hành chính không đạt được mục tiêu bảo tồn và sự ổn định của rừng.

(2) *Giai đoạn thứ hai: Lâm nghiệp sinh thái.* Ở giai đoạn này, quản lý và kinh doanh rừng dựa trên những kiến thức của sinh thái học. Mục tiêu chủ yếu của lâm nghiệp sinh thái là bảo vệ tốt các chức năng của rừng, nâng cao sản lượng và tính ổn định của rừng. Do chỉ chú ý đến bảo vệ rừng, nên lâm nghiệp sinh thái vẫn chưa đáp ứng tốt các nhu cầu về gỗ và lâm sản cho xã hội và nền kinh tế quốc dân. Để đáp ứng các nhu cầu này, rừng vẫn bị khai thác với cường độ cao trên quy mô lớn. Vì thế, rừng vẫn bị suy giảm về diện tích, kết cấu và cấu trúc, sản lượng và các giá trị khác.

(3) *Giai đoạn thứ ba: Lâm nghiệp xã hội.* Ở giai đoạn này, quản lý và kinh doanh rừng không chỉ dựa trên những kiến thức của sinh thái học, mà còn cả kiến thức về xã hội và tập quán của các dân tộc sống xung quanh rừng. Mục tiêu chủ yếu của lâm nghiệp xã

hội là bảo vệ rừng và đáp ứng tốt các nhu cầu đa dạng của xã hội. Kết quả là rừng được bảo vệ và phát triển, các giá trị đa dạng của rừng được khai thác tốt.

Lâm nghiệp hành chính đã tồn tại qua nhiều thế kỷ ở cả các nước châu Âu, Châu Á và nhiều quốc gia khác. Do có rất nhiều thiếu sót, nên lâm nghiệp hành chính chỉ tồn tại cho đến nửa đầu của thế kỷ XX. Sau đó nó phải nhường chỗ cho lâm nghiệp sinh thái. Sự phát triển của lâm nghiệp sinh thái không chỉ bảo vệ được rừng, mà còn phát triển các loại rừng với năng suất cao và chất lượng tốt. Thiếu sót của lâm nghiệp sinh thái là thiếu quan tâm đến các nhu cầu đa dạng của các cộng đồng dân cư ở các khu vực khác nhau. Vì thế, lâm nghiệp sinh thái phải nhường chỗ cho lâm nghiệp xã hội.

2.3. Vai trò của sinh thái rừng trong lâm nghiệp

Lâm nghiệp luôn phát triển để đáp ứng tốt các nhu cầu về lâm sản và các giá trị đa dạng khác từ rừng. Sự phát triển của sinh thái rừng quan hệ chặt chẽ với những thất bại trong lâm nghiệp. Ngày nay các nhà lâm nghiệp đã nhận rõ vai trò của sinh thái rừng vì nó giúp cho họ nhận ra quy luật sống của rừng, phương pháp phân loại rừng, phương pháp khai thác - tái sinh rừng bền vững, phương pháp trồng và nuôi rừng, phương pháp khôi phục rừng sau khai thác với cường độ cao và những tai biến trong tự nhiên...

Rừng có đặc thù là đời sống cây gỗ rất dài, nhiều loài cây gỗ cùng chung sống bên nhau, cây gỗ sinh trưởng chậm. Ngoài ra, phần lớn rừng phân bố trên đồi và núi với địa hình dốc, đất có tầng mỏng và dễ bị xói mòn. Vì thế, các nhà quản lý và kinh doanh rừng cần phải biết không chỉ các phương pháp khai thác-tái sinh và nuôi rừng, mà còn dự đoán được những thành công và thất bại của các phương thức kinh doanh rừng.

Rừng là một đối tượng rất khó sử dụng và quản lý. Nguyên nhân là vì chúng biến đổi không ngừng theo thời gian và không gian. Sinh thái rừng cung cấp những kiến thức về đời sống của rừng để giúp cho các nhà quản lý và kinh doanh rừng đưa ra những quyết định phù hợp. Để hiểu rõ tính phức tạp của rừng, các nhà quản lý và kinh doanh rừng cần hiểu rõ bản chất sinh học của rừng và nguyên tắc quyết định luận. Nguyên tắc quyết định luận cho rằng: *Mỗi sự vật hay hiện tượng tồn tại trong tự nhiên có thể là do một hoặc nhiều nhân tố ấn định trước*. Nguyên tắc quyết định luận giúp cho các nhà quản lý và kinh doanh rừng dự đoán được những gì sẽ xảy ra với rừng trên cơ sở biết trước những nhân tố ấn định trước. Chẳng hạn: Khai thác chọn với cường độ thấp và trung bình sẽ tạo ra các lỗ trống nhỏ trong tán rừng. Kết quả không gây ra những biến đổi lớn về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và lập địa. Trái lại, nếu khai thác chọn với cường độ cao và rất cao sẽ tạo ra các lỗ trống lớn trong tán rừng. Kết quả gây ra những biến đổi lớn về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và lập địa.

Rừng không chỉ được cấu thành từ các quần xã sinh vật (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo, hệ động vật và vi sinh vật), mà còn cả các nhân tố vô sinh (tiểu khí hậu, đất, địa hình). Những thành phần này tồn tại không độc lập, mà chúng có quan hệ qua lại chặt chẽ với nhau. Tính chặt chẽ biểu hiện ở chỗ sự thay đổi của một thành phần sẽ kéo theo sự thay đổi của những thành phần khác. Chẳng hạn: Khi những cây gỗ già bị đổ gãy do gió bão hay do khai thác, thì bức xạ mặt trời đạt đến mặt đất sẽ tăng lên. Kết quả làm gia tăng nhiệt độ đất, sự phát sinh nhiều cây bụi và thảm cỏ trong các lỗ trống. Tóm lại, bất kỳ hoạt động nào trong lâm nghiệp cũng cần phải dự đoán trước những kết quả sẽ xảy ra.

2.4. Tóm tắt chương 2

Sự tiến hóa của con người gắn liền với rừng. Gỗ và các lâm sản khác đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của con người. Trong quá trình sống, con người tác động đến rừng thông qua nhiều cách thức khác nhau. Con người có thể bảo vệ, bảo tồn và phát triển rừng. Nhưng những hoạt động của con người cũng là những nhân tố gây ra mất rừng.

Lâm nghiệp phát triển tuần tự theo ba giai đoạn: Lâm nghiệp hành chính, lâm nghiệp sinh thái và lâm nghiệp xã hội. Sự phát triển của giai đoạn sau dựa trên những thất bại của giai đoạn trước.

Muốn sử dụng và kinh doanh rừng thành công, nhà lâm nghiệp cần phải biết quy luật sống và khả năng cung cấp của rừng. Muốn bảo vệ và phát triển rừng, nhà lâm nghiệp cũng cần phải biết các giá trị mà rừng có thể cung cấp, các nhu cầu và tập quán của con người ở những vùng địa lý khác nhau.

Vai trò của sinh thái rừng là cung cấp các kiến thức về rừng để giúp cho nhà lâm nghiệp đưa ra những quyết định đúng.

Câu hỏi chương 2

- (1) Vì sao lâm nghiệp hành chính không thể bảo vệ và phát triển rừng?
- (2) Vì sao lâm nghiệp sinh thái không đáp ứng tốt nhu cầu của xã hội?
- (3) Vì sao lâm nghiệp xã hội đạt được những kết quả tốt hơn so với lâm nghiệp hành chính và lâm nghiệp sinh thái?

Phần II

SINH THÁI RỪNG

Rừng là tập hợp không chỉ các quần xã cây gỗ, mà còn cả các sinh vật khác và những thành phần môi trường sống của chúng. Rừng là hệ sinh thái phức tạp. Vì thế, trước hết phần này nghiên cứu các chức năng cơ bản của hệ sinh thái (sự thu nhận, tích lũy và truyền năng lượng và vật chất trong hệ sinh thái rừng). Kế đến nghiên cứu các khía cạnh liên quan đến quan hệ giữa rừng với môi trường vô cơ (khí hậu, đất, địa hình). Tiếp theo nghiên cứu những đặc tính sinh thái của quần thể thực vật và quần xã thực vật. Sau đó nghiên cứu sự biến đổi của rừng theo thời gian và phân loại rừng. Để dễ theo dõi và tiếp thu kiến thức, phần này được phân chia thành 8 chương.

Chương 3: Sinh thái học và khái niệm về hệ sinh thái.

Chương 4: Sinh thái học sản lượng.

Chương 5: Chu trình chất khoáng trong hệ sinh thái.

Chương 6: Quan hệ giữa rừng với môi trường.

Chương 7: Sinh thái học quần thể.

Chương 8: Sinh thái học quần xã.

Chương 9: Diễn thế rừng.

Chương 10: Phân loại rừng.

Chương 3

SINH THÁI HỌC VÀ KHÁI NIỆM HỆ SINH THÁI

3.1. Sinh thái học và lịch sử phát triển của nó

Thuật ngữ sinh thái học “Ecology” bắt nguồn từ tiếng Hy-Lạp: Oikos, nghĩa là nơi sinh sống; Logos, nghĩa là môn học. Theo nghĩa của sinh thái học, sinh thái học là khoa học về quan hệ của các sinh vật với nhau và giữa chúng với môi trường sống xung quanh. Sinh thái học là một môn học của khoa học sinh vật. Môn học này nghiên cứu sự phân bố, mật độ, chức năng của các sinh vật, sự tương tác qua lại giữa các sinh vật với nhau và giữa chúng với môi trường vô cơ. Đây là môn khoa học tương đối trẻ so với khoa học vật lý và hóa học. Odum (1971) định nghĩa sinh thái học là môn khoa học nghiên cứu cấu trúc và chức năng của tự nhiên. Krebs (1978) định nghĩa sinh thái học là khoa học về những sự tương tác ảnh hưởng đến sự phân bố và mật độ của các sinh vật. Mặc dù có nhiều định nghĩa khác nhau về sinh thái học, nhưng “*Mục tiêu cơ bản của sinh thái học là nghiên cứu mối liên hệ qua lại giữa các sinh vật và giữa chúng với môi trường vô cơ*”.

Lịch sử ra đời môn sinh thái học được kể từ đầu thế kỷ XX, nhưng nguồn gốc của môn học này đã có từ rất lâu. Thật vậy, muốn khai thác và nuôi trồng được các loài cây-con, những người cổ xưa phải có hiểu biết ít nhiều về mối quan hệ của chúng với môi trường. Sự thành công của người cổ xưa trong việc thu hái hoa quả và săn bắt các loài thú hoang dã cho thấy họ phải có rất nhiều kiến thức về tập tính, nhu cầu về thức ăn, nơi sinh sống của thú ăn thịt và vật mồi... Sau sự tuyệt diệt của nhiều sinh vật ở kỷ Pleistocene, kiến thức về sinh thái thực vật của con người thời đó có lẽ được phát triển đáng kể, bởi vì lúc này họ đã chuyển từ người săn bắt và hái lượm thành người trồng trọt. Tuy vậy, những hiểu biết của con người thời đó còn rất hạn chế. Các quan sát và ghi chép tương đối đầy đủ về mối liên hệ giữa các sinh vật với môi trường vật lý phải chờ đến sự phát triển của nền văn minh Ai Cập và Hy Lạp. Những người Ai Cập cổ đại có lẽ là những người đầu tiên đã biết ghi chép về sinh thái thực vật và động vật. Ở thế kỷ thứ IV trước công nguyên, Aristotle (Dẫn theo Kimmins, 1998) đã biết ghi lại bệnh dịch của chuột đồng và châu chấu. Ông cũng đã phân chia động vật thành hai nhóm là nhóm sống dưới nước và nhóm sống trên cạn. Điều này chứng tỏ người Hy Lạp và xã hội Babylon đã sớm có mối quan tâm đến động vật gây hại. Ngày nay, người ta cũng tìm được một số bằng chứng cho thấy những người Ai Cập và Hy Lạp cổ đại đã biết nhận ra sự cân bằng của tự nhiên và sự hài hòa trong số các loài côn trùng, động vật và con người.

Vào khoảng 300 năm trước công nguyên, Theophrastus (Dẫn theo Kimmins, 1998) đã có những hiểu biết nhất định về nguồn thức ăn, sự chọn lọc nơi ở của động vật và thực vật, ảnh hưởng của môi trường đến sinh trưởng và hình thái thực vật. Những hiểu biết như thế nói chung còn rất sơ lược. Nhưng từ khi con người biết làm nông nghiệp (khoảng 14-15 ngàn năm trước đây), các kiến thức về động vật và thực vật, mối quan hệ giữa sinh vật với môi trường đã phát triển đáng kể. Vào khoảng 1.100 - 400 năm sau công nguyên, những tu sĩ người châu Âu đã có công bổ sung nhiều kiến thức về thực vật và rừng. Họ cũng quan tâm đến dân số và lịch sử tự nhiên. Vào thế kỷ XVIII, người ta đã nhận thấy con người cũng giống như các sinh vật khác đều bị kiểm soát bởi các quá trình giống nhau. Năm 1798, trong tiểu luận nổi tiếng của mình về quần thể, Thomas Malthus (Dẫn theo Kimmins, 1998) đã nói rằng “Con người cũng giống như các sinh vật khác cuối cùng đều bị giới hạn bởi nguồn tài nguyên”. Tư tưởng này đã đặt nền tảng cho sự phát triển học thuyết của Darwin về sự tiến hóa và chọn lọc tự nhiên.

Sự phát triển của tư duy sinh thái học đã bắt nguồn từ những mối quan tâm của con người đối với các sinh vật gây bệnh cho cây nông nghiệp. Cuối thế kỷ XIX, người ta đã có những hiểu biết về các quần xã động vật và thực vật. Những nhận thức này phát triển rất sớm ở các nhà nghiên cứu về đất và rừng. Đến năm 1869, hai nhà động vật học Reither và Haeckel người Đức đã đặt tên khoa học nghiên cứu về mối quan hệ giữa các sinh vật với môi trường sống của chúng là sinh thái học. Nhưng sau đó thuật ngữ sinh thái học đã bị quên lãng đi một thời gian. Cho đến năm 1895, nhà thực vật học người Đan Mạch tên là Warming lại nhắc đến thuật ngữ này trong bài báo về địa lý sinh thái thực vật (Dẫn theo Kimmins, 1998).

Thế kỷ XIX là thời kỳ các nhà khoa học sinh vật tích lũy những dẫn liệu về tự nhiên. Tuy vậy, các nhà khoa học tự nhiên thời đó cũng chỉ dừng lại ở việc mô tả lịch sử tự nhiên của các sinh vật, phương thức sinh sống của sinh vật, nơi sinh sống và nguồn thức ăn của sinh vật, phản ứng của sinh vật trước sự thay đổi của môi trường. Những cách thức nghiên cứu và mô tả như thế là giai ban đầu của sinh thái học cá thể. Mặc dù vậy, những nghiên cứu này cũng hết sức quan trọng đối với thực tiễn.

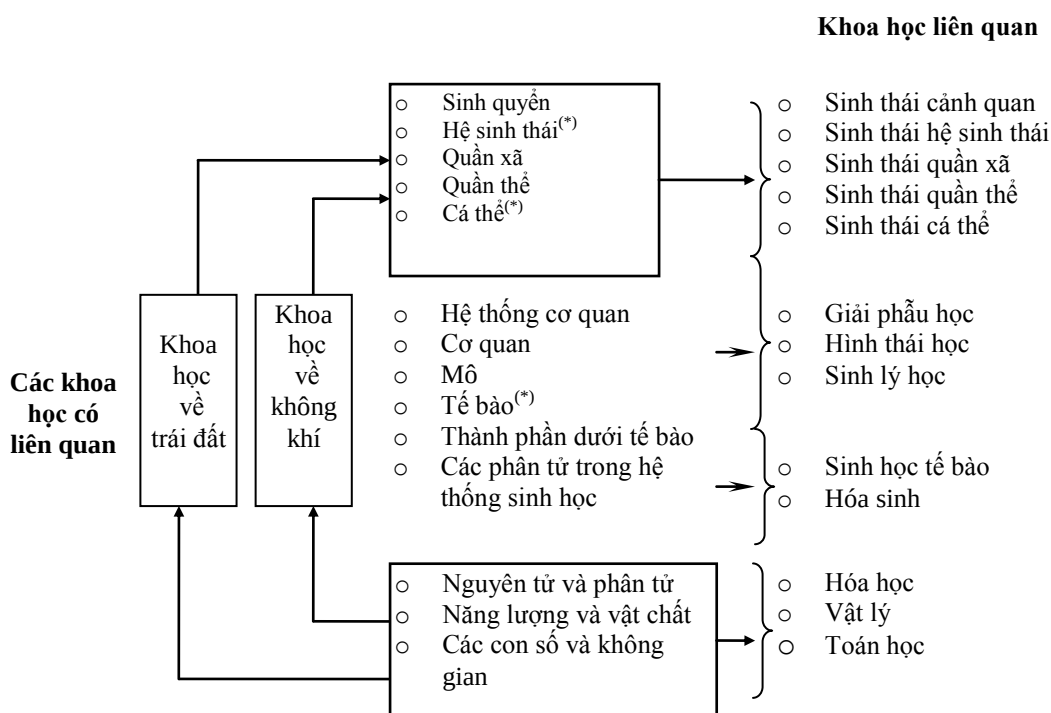
Sự phát triển mạnh mẽ của sinh thái học tập trung chủ yếu vào hai thập kỷ đầu của thế kỷ XX, nhưng hầu hết sự tiến bộ của sinh thái học đạt được trong khoảng từ 1920 đến 1980. Vào khoảng giữa những năm 1920, sinh thái cá thể (Individual Ecology) đã phát triển cao hơn thành sinh thái học quần thể (Population Ecology) và sinh thái học quần xã (Community Ecology). Nhiệm vụ cơ bản của sinh thái học quần thể và sinh thái học quần xã là nghiên cứu sự tương tác qua lại giữa các sinh vật với môi trường bên ngoài và quá trình hình thành các mối liên hệ đó. Để giải quyết những nhiệm vụ trên đây, sinh thái học quần thể và sinh thái học quần xã phải nghiên cứu các nội dung: (1) Khả năng thích nghi của cơ thể sinh vật với môi trường; (2) Các mối liên hệ trong loài và cấu trúc của quần thể tương ứng với phương thức sinh sống; (3) Phương thức sinh sản và phát tán; (4) Quy luật hình thành quần xã thông qua những mối quan hệ khác loài; (5) Quan hệ giữa quần xã và môi trường bên ngoài... Vào năm 1926, Venadski (Dẫn theo Armand, 1973) đã đề xướng học thuyết nổi tiếng về sinh quyển (Biosphere). Sinh quyển là lớp vỏ của trái đất chứa sự sống. Đó là tập hợp các hệ sinh thái từ khoảng 60m dưới mặt đất đến 5.000m trên bề mặt trái đất. Sự sống trên trái đất phát triển như là sự tổng hợp các mối liên hệ qua lại giữa các cơ thể sống. Các mối liên hệ này đảm bảo cho các sinh vật tạo thành chuỗi trao đổi vật chất và năng lượng liên tục.

Ngày nay sinh thái học đã được công nhận là một ngành chủ yếu của khoa học sinh vật. Nhiều người đã quan tâm đến sinh thái học. Tuy vậy, đôi khi có thể thấy một số người sử dụng sai từ sinh thái học. Họ đồng nghĩa từ sinh thái học với từ bảo tồn (Conservation) và bảo vệ (Preservation) hoặc xem nó như một biểu ngữ của “Phong trào môi trường”. Như là một khoa học, sinh thái học là khoa học không dựa trên bất kỳ quy tắc luân lý nào. Sinh thái học không đưa ra nhận xét có giá trị nào về một sự mong muốn hoặc thiếu mong muốn đối với một điều kiện hoặc một sự kiện sinh thái nào đó. Sinh thái học chỉ mô tả các đặc tính sinh thái học hoặc kết quả của các sự kiện. Những nhận xét của sinh thái học về đặc tính của một hệ sinh thái cụ thể hoặc của điều kiện sinh thái nào đó chỉ nên xem là một trong nhiều cơ sở khoa học để xã hội lựa chọn mục tiêu sử dụng. Tương tự như vậy, những nhận xét như hiệu quả sinh thái của một sự kiện cụ thể là tốt hay xấu, mong muốn hay không mong muốn, chỉ được sử dụng để đo lường giá trị về kinh tế - xã hội. Những thông tin về sinh thái học chỉ được sử dụng như là một nhân tố trợ giúp để chúng ta đưa ra những quyết định có giá trị. Trong thực tế, các quyết định được đưa ra thường dựa trên các tiêu chuẩn về xã hội nhiều hơn so với các tiêu chuẩn về sinh thái.

3.2. Các mức tổ chức sinh học và các phân môn của sinh thái học

Trong thực tế, đôi khi thấy có sự nhầm lẫn giữa môn sinh thái học và các môn khoa học khác như đất, khí tượng - thủy văn, thực vật học, động vật học và vi sinh vật học... Để thấy sự đóng góp riêng của sinh thái học, trước hết chúng ta cần phải hiểu rõ khái niệm về các mức tổ chức sinh học và khái niệm về các mức hợp nhất sinh học có thực. Khi so sánh các kiến thức sinh học với các khoa học có liên quan, Rowe (1961; Dẫn theo Kimmins, 1998) đã sắp xếp chúng theo trật tự tăng dần tính phức tạp về sinh học (Hình 3.1). Trong trật tự này, mỗi mức trên bao gồm những kiến thức của các mức dưới. Mức thấp nhất là mức phân tử trong hệ sinh học. Mức cao hơn phân tử bao gồm các mức dưới tế bào, các tế bào, các mô, các cơ quan và các hệ thống cơ quan. Mức dưới phân tử bao gồm nguyên tử, năng lượng và vật chất, không gian và các con số. Các mức tổ chức sinh học phức tạp bao gồm các cá thể, các quần thể, các quần xã, các hệ sinh thái và sinh quyển. Hình 3.1 chỉ ra những môn khoa học truyền thống có liên quan đến các mức tổ chức này. Những khoa học này bắt đầu từ mức nguyên tử và phân tử; sau đó đến các khoa học về khí quyển và trái đất.

Trật tự tổ chức của các mức sinh học



Hình 3.1. Các mức tổ chức sinh học và khoa học có liên quan (Rowe, 1961; Dẫn theo Kimmins, 1998).

○ Những mức hợp nhất sinh học có thực được đánh dấu (*) bên cạnh.

Các môn khoa học sinh vật truyền thống của sinh học (Hình thái học; Giải phẫu học; Sinh lý học; Sinh học tế bào; Hóa sinh) quan tâm đến cá thể và dưới cá thể (hệ thống cơ quan, cơ quan, mô, tế bào, thành phần dưới tế bào, các phân tử trong hệ thống sinh học). Ngược lại, sinh thái học chỉ quan tâm đến (a) Các cá thể cùng loài (Quần thể) trong mối liên hệ với các sinh vật khác và môi trường vật lý; (b) Các quần thể loài khác nhau (Quần

xã sinh vật); (c) Toàn bộ hệ thống tự nhiên hình thành từ các quần xã và môi trường vật lý của chúng (Hệ sinh thái);(d) Hệ thống các hệ sinh thái (Sinh quyển). Tóm lại, sinh thái học chỉ quan tâm đến các mức tổ chức từ cá thể đến quần thể, quần xã, hệ sinh thái và sinh quyển. Tuy vậy, sinh thái học và các môn khoa học khác không có ranh giới rõ ràng. Chẳng hạn: Những kiến thức về hình thái, giải phẫu và sinh lý (thực vật, côn trùng, động vật) có thể được áp dụng để nghiên cứu sinh thái thực vật, côn trùng và động vật. Nói khác đi, sinh thái học chỉ là một môn học của khoa học sinh vật được phân chia theo chức năng và tổ chức.

Sinh thái học bao gồm một số môn học khác nhau; trong đó mỗi môn học nghiên cứu một mức tổ chức sinh học nhất định. *Sinh thái học cá thể nghiên cứu lịch sử sự sống và phản ứng của cá thể hoặc loài với môi trường*. Ví dụ: Nghiên cứu quan hệ của loài cây Sao đen (*Hopea odorata*) với môi trường của nó như ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, các chất khoáng của đất, không khí...*Sinh thái học quần thể nghiên cứu các nhóm cá thể của cùng một loài hình thành quần thể*. Ví dụ: Nghiên cứu điều kiện môi trường hình thành quần thể, cấu trúc tuổi, mật độ quần thể, suất sinh sản và tử vong của quần thể, sinh trưởng và phát triển của quần thể...*Sinh thái học quần xã nghiên cứu những đặc tính của các nhóm quần thể loài hay quần xã sinh vật (QXSV)*. Chẳng hạn: Nghiên cứu về thành phần và kết cấu loài; độ phong phú của các loài; sự phân bố của QXSV trong không gian và thời gian; sự chuyển hóa vật chất và năng lượng trong nội bộ QXSV và giữa chúng với môi trường bên ngoài (ngoại cảnh); tính ổn định và khả năng tự điều chỉnh của QXSV; quá trình diễn thế và nguyên nhân của nó; phân loại và vẽ bản đồ các thảm thực vật rừng...*Sinh thái học quần thể và sinh thái học quần xã đôi khi được gộp thành một môn học là sinh thái học quần thể*. *Sinh thái học hệ sinh thái (Ecosystem Ecology) nghiên cứu các QXSV cùng với môi trường vô cơ của chúng (khí hậu, đất, địa hình)*. Ví dụ: Nghiên cứu phân loại và lập bản đồ các hệ sinh thái rừng; nghiên cứu về chức năng của hệ sinh thái. Đó là sự tương tác qua lại giữa rừng và đất, chu trình vận động của vật chất và năng lượng trong một hệ sinh thái và giữa các hệ sinh thái.

Nói chung, sự phân chia đối tượng nghiên cứu của sinh thái học theo bốn mức độ (cá thể, quần thể, quần xã, hệ sinh thái) là nhằm tạo ra sự thuận lợi cho việc tìm hiểu quy luật sống của các sinh vật. Quan hệ của các cá thể trong quần thể với môi trường khác với quan hệ của quần thể và quần xã với môi trường. Ví dụ: Một quần thể ảnh hưởng đến môi trường rõ rệt hơn một cá thể; tính ổn định và khả năng tự điều chỉnh của một cá thể kém hơn một quần thể; quần thể kém ổn định hơn so với quần xã.

Sinh thái học ứng dụng là một lĩnh vực phụ của sinh thái học. Sinh thái học ứng dụng áp dụng các khái niệm, lý thuyết, các mô hình và các phương pháp của sinh thái học để xem xét một đối tượng cụ thể. Sinh thái rừng (Forest Ecology) là một phân môn của sinh thái học ứng dụng. Sinh thái rừng còn được gọi là lâm học (Silvics). *Sinh thái rừng là khoa học nghiên cứu mối quan hệ giữa rừng với môi trường sống của chúng, các quy luật tái sinh, sinh trưởng và phát triển của các loài cây gỗ, động thái biến đổi của rừng theo không gian và thời gian, diễn thế và phân loại rừng*. Do đó, sinh thái rừng có mối liên hệ chặt chẽ với các môn học khác như thực vật rừng, sinh lý thực vật, sinh thái thực vật, khí tượng - thủy văn rừng, đất, côn trùng, bệnh hại cây rừng, thống kê sinh học, điều tra rừng...Ngoài ứng dụng những kiến thức và phương pháp nghiên cứu của các khoa học chuyên ngành khác, sinh thái rừng cũng tự xây dựng những cách thức và phương pháp nghiên cứu riêng. Ví dụ: Phương pháp phân loại rừng; Phương pháp xác định ảnh hưởng của độ tàn che tán rừng đến tái sinh của các loài cây gỗ; Phương pháp mô tả cấu trúc rừng; Phương pháp xác định độ thường gặp của các loài cây gỗ; Phương pháp đo độ phong phú của các loài cây gỗ; Phương pháp xác định phản hồi của cây gỗ và rừng đối với biến động

của nhân tố sinh thái; Phương pháp phân chia chỉ số lập địa rừng; Phương pháp phân loại rừng...

Rừng là một hiện tượng tự nhiên rất phức tạp. Rừng thay đổi theo không gian và thời gian. Do đó, trình tự nghiên cứu rừng phải bắt đầu từ mô tả các hiện tượng và quá trình xảy ra ở rừng. Tiếp theo, chúng ta cố gắng tìm lời giải thích cho các hiện tượng và quá trình ấy bằng các kiến thức đã có. Từ các hiện tượng và quá trình phát hiện được ở rừng, chúng ta đi đến dự báo điều gì sẽ xảy ra cho cá thể, quần thể và quần xã cây gỗ dưới tác động của môi trường. Sau cùng, trên cơ sở quan sát và dự báo các hiện tượng và quá trình xảy ra ở rừng, chúng ta đi đến xây dựng mô hình kiểm tra để làm chính xác chúng. Ví dụ: Muốn biết vì sao sản lượng của một loại rừng lại khác nhau, chúng ta phải nghiên cứu sản lượng của loại rừng này theo các điều kiện môi trường khác nhau. Khi giải thích một hiện tượng hay một quá trình nào đó, chúng ta có thể có hai cách giải thích: gần đúng và đúng. Ví dụ: Khi quan sát thấy hạt giống của một loài cây gỗ không nảy mầm dưới tán rừng kín, chúng ta có thể giải thích gần đúng là do thiếu ánh sáng. Câu trả lời đúng phải được tìm từ đặc tính sinh học của hạt giống. Trong khi nghiên cứu rừng, nhà lâm học thường gặp những vấn đề mà không dễ dàng có câu trả lời sẵn. Đối với những trường hợp như thế, sự cộng tác chặt chẽ giữa nhà lâm học với các nhà khoa học thuộc các chuyên ngành khác là hết sức cần thiết và bổ ích.

3.3. Các quy luật sinh thái học

3.3.1. Môi trường sống và nhân tố sinh thái

Thế giới vô cơ (khí quyển, thủy quyển và thạch quyển) tồn tại trước khi xuất hiện giới sinh vật. Nhưng chỉ khi các vật sống xuất hiện, chúng ta mới gọi thế giới vô cơ là môi trường sống xung quanh hay ngoại cảnh của sinh vật. Như vậy, thuật ngữ môi trường (Environment) biểu thị tập hợp tất cả những điều kiện bên ngoài tác động trực tiếp hoặc gián tiếp lên cơ thể sống hoặc lên các QXSV (thực vật, động vật, vi sinh vật...) trong nơi ở của chúng. Nơi ở của sinh vật (Habitat) còn được gọi là sinh vật cảnh hay sinh cảnh (Biotope). Đó là tập hợp những điều kiện sinh thái cung cấp nơi ở và nguồn sống cho sinh vật. Sinh cảnh bao gồm sinh thái cảnh (Ecotope) và các nhân tố sinh học (Biological Factors). Sinh thái cảnh là tập hợp các điều kiện vô sinh của môi trường sống đã tồn tại từ trước và tiếp tục bị biến đổi dưới tác động của các vật sống. Sinh thái cảnh bao gồm khí hậu, điều kiện thủy văn, đá mẹ, mẫu chất, đất, địa hình... Các nhân tố sinh học bao gồm các hoạt động sống của thực vật, động vật và vi sinh vật. Ngoài ra, sinh vật cảnh còn bao gồm cả các nhân tố lịch sử tự nhiên (ảnh hưởng của khí hậu, địa chất, hệ thực vật và động vật trong quá khứ) và lịch sử loài người (hoạt động sống của con người trong quá khứ).

Môi trường sống của một loài khác với môi trường sống của một QXSV. Môi trường sống bao gồm nhiều nhân tố cấu thành. Môi trường sống của một loài không chỉ bao gồm các yếu tố vô cơ (khí hậu, đất, địa hình) bao xung quanh nó, mà còn cả hoạt động của các loài khác. Môi trường sống của một QXSV không chỉ bao gồm các yếu tố vô cơ (khí hậu, đất, địa hình) bao xung quanh nó, mà còn cả hoạt động sống của các QXSV khác.

Các nhân tố cấu thành môi trường sống của sinh vật được gọi là các nhân tố sinh thái (Ecological Factors) hay các nhân tố môi trường (Environment Factors). Nhân tố sinh thái biểu thị thành phần bất kỳ nào của môi trường sống ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến đời sống của các sinh vật. Môi trường sống của sinh vật bao gồm vô số nhân tố sinh thái. Theo mức độ tác động của chúng đến sinh vật, các nhân tố sinh thái có vai trò không

giống nhau. Vì thế, khi phân tích các nhân tố sinh thái, các nhà sinh thái học thường phân biệt chúng thành những nhân tố khác nhau.

(1) Nhân tố sinh thái chủ yếu (Main Ecological Factor). Đó là nhân tố sinh thái ảnh hưởng lớn đến đời sống sinh vật. Một cách hiểu khác, nhân tố sinh thái chủ yếu là nhân tố mà khi chúng biến đổi sẽ kéo theo sự biến đổi của những nhân tố sinh thái khác.

(2) Nhân tố sinh thái thứ yếu (Secondary Ecological Factor). Đó là những nhân tố sinh thái ảnh hưởng không lớn đến đời sống sinh vật. Một cách hiểu khác, những nhân tố sinh thái thứ yếu là những nhân tố sinh thái mà đặc tính và sự biến đổi của chúng phụ thuộc vào những nhân tố sinh thái khác.

(3) Nhân tố sinh tồn (Survival Factor). Đó là những nhân tố sinh thái tối cần thiết cho sự tồn tại của sinh vật. Ví dụ: Đối với thực vật, nhân tố sinh tồn là ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, CO₂ và O₂ trong không khí, chất khoáng trong đất...

(4) Nhân tố sinh thái vô cơ (Abiotic Ecological Factor). Đó là các nhân tố vô cơ (vị trí địa lý, ánh sáng, không khí, chất khoáng trong đất, nước và pH trong dung dịch đất, địa hình...) ảnh hưởng đến đời sống sinh vật.

(5) Nhân tố sinh thái hữu cơ (Biotic Ecological Factor). Đó là tập hợp các sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) sống trong một hệ sinh thái nhất định. Chúng cùng với môi trường vô cơ hình thành một hệ sinh thái.

(6) Nhân tố sinh thái tối ưu (Optimum Ecological Factor). Đó là mức của những nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật chết ít nhất, sinh trưởng và phát triển tốt nhất, sinh sản mạnh nhất, sản lượng cao nhất...

(7) Nhân tố sinh thái cực hạn (Extreme Ecological Factor). Đó là mức (cao, thấp) của những nhân tố sinh thái gây ức chế (Stress) cho sự sống của sinh vật. Ví dụ: Độ ẩm đất và không khí thấp hơn 50% làm cho cây con trong vườn ươm và trên đất trồng bị héo lá.

(8) Nhân tố sinh thái con người (Man Ecological Factor). Đó là những hoạt động sống của con người ảnh hưởng đến sự sống của sinh vật. Ví dụ: Khai thác rừng ảnh hưởng đến tái sinh rừng, sinh trưởng và sản lượng rừng.

(9) Nhân tố sinh thái giới hạn (Limiting Ecological Factor). Đó là mức (cao, thấp) của những nhân tố sinh thái gây ức chế và tử vong cho sinh vật. Ví dụ: Độ ẩm đất nhỏ hơn 25% và kéo dài gây ra cái chết cho cây con trong vườn ươm và trên đất trồng.

(10) Nhân tố sinh thái điều chỉnh (Regulating Ecological Factor). Đó là nhân tố sinh thái ấn định kích thước, sự hoạt động và phân bố của quần thể sinh vật. Ví dụ: Mật độ cây gỗ điều chỉnh khả năng tái sinh và sinh trưởng của rừng.

(11) Nhân tố sinh thái độc lập (Independent Ecological Factor). Đó là những nhân tố sinh thái không phụ thuộc vào sự có mặt hay hoạt động của sinh vật. Ví dụ: Ánh sáng mặt trời ở phần trên tán rừng và độ cao địa hình là hai nhân tố sinh thái độc lập với rừng.

(12) Nhân tố sinh thái phụ thuộc (Dependent Ecological Factor). Đó là những nhân tố sinh thái mà đặc tính và sự biến đổi của chúng phụ thuộc vào (hoặc bị kiểm soát bởi) hoạt động sống của sinh vật. Ví dụ: (a) Chế độ ánh sáng và mưa rơi dưới tán rừng phụ thuộc vào kết cấu loài cây gỗ và độ khép tán của quần thể; (b) Mức độ cạnh tranh giữa các cá thể trong quần thể phụ thuộc vào mật độ quần thể. Những nhân tố sinh thái phụ thuộc vào mật độ là những nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến quần thể và ấn định kích thước quần thể trong hệ sinh thái. Ví dụ: (a) Dân số của côn trùng ăn lá phụ thuộc vào dân số của quần thể cây gỗ; (b) Tính chất của lập địa thay đổi theo mật độ của rừng; (3) Hình dáng thân cây gỗ thay đổi theo mật độ của rừng.

(13) Nhân tố sinh thái lịch sử (Historical Ecological Factor). Đó là lịch sử tự nhiên và lịch sử hoạt động của con người trong quá khứ ảnh hưởng đến sự sống của sinh vật hiện tại. Ví dụ: (1) Bão xảy ra 5 năm trước ảnh hưởng đến tái sinh, sinh trưởng và sản lượng

rừng hiện tại; (2) Khai thác rừng 10 năm trước ảnh hưởng đến tái sinh, sinh trưởng và sản lượng rừng hiện tại.

(14) Tính chống chịu sinh thái của loài (Ecological Tolerance of species). Thuật ngữ này còn được gọi là tính mềm dẻo và tính co dãn của loài. Đó là khả năng của loài chịu đựng được sự tác động của nhân tố sinh thái trong một giới hạn nào đó. Nói cách khác, tính chống chịu sinh thái của loài là khả năng của loài xâm chiếm các nơi ở khác nhau. Theo khả năng chống chịu, các loài sinh vật được phân chia thành những loài có tính chống chịu sinh thái thấp và những loài có tính chống chịu sinh thái cao. Những loài có tính chống chịu sinh thái thấp là những loài chỉ có khả năng chịu đựng được sự biến đổi hoặc sự dao động của các nhân tố sinh thái ở giới hạn thấp hay hẹp. Những loài có tính chống chịu sinh thái cao hay rộng là những loài có khả năng chịu đựng được sự biến đổi hoặc sự dao động của các nhân tố sinh thái ở giới hạn cao hay rộng. Những loài có tính chống chịu sinh thái cao thường có khả năng xâm chiếm nhiều nơi ở khác nhau và có vùng phân bố rộng. Ngược lại, những loài có tính chống chịu sinh thái hẹp chỉ có khả năng xâm chiếm một số nơi ở nhất định và có vùng phân bố hẹp. Ví dụ: Đa số cây gỗ của rừng ngập mặn là những loài có tính chống chịu hẹp, còn phần lớn cây gỗ của rừng mọc trên cạn là những loài có biên độ sinh thái rộng.

Các nhân tố sinh thái tác động đồng thời và tổng hợp đến đời sống sinh vật. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, các nhân tố sinh thái được phân chia thành 5 nhóm.

- (1) Nhóm nhân tố khí hậu. Đó là những ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu (ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm và không khí...) đến đời sống của sinh vật.
- (2) Nhóm nhân tố đất đai. Đó là những ảnh hưởng của địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc...) và đất (độ phì và độ ẩm đất, tính chất vật lý và hóa học của đất) đến sinh vật.
- (3) Nhóm nhân tố sinh vật. Đó là những ảnh hưởng qua lại giữa các sinh vật.
- (4) Nhóm nhân tố con người. Đó là những ảnh hưởng của con người (khai thác rừng, xử lý đất, bón phân, tưới nước cho rừng, sự nhiễm bẩn nước và không khí) đến sinh vật.
- (5) Nhóm nhân tố lịch sử. Đó là lịch sử tự nhiên (ảnh hưởng của khí hậu, địa chất, hệ thực vật và động vật trong quá khứ) và lịch sử loài người (hoạt động sống của con người trong quá khứ). Những nhân tố lịch sử ảnh hưởng đến sinh vật trong thời gian hiện tại.

3.3.2. Quy luật tác động của các nhân tố sinh thái đến đời sống sinh vật

Khi nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến đời sống sinh vật, các nhà sinh thái học phát hiện ra những quy luật sau đây.

(1) *Quy luật về sự tác động tổng hợp của các nhân tố sinh thái.* Sự tác động của các nhân tố sinh thái lên đời sống sinh vật là đồng thời và tổng hợp. Tuy nhiên, mỗi nhân tố sinh thái có vai trò độc lập tương đối của nó trong một tổ hợp sinh thái. Thật vậy, hoạt động sống của thực vật (quang hợp và hô hấp) đồng thời phụ thuộc vào các nhân tố khí hậu (ánh sáng, nhiệt, mưa...) và đất. Mặt khác, các nhân tố sinh thái có quan hệ chặt chẽ với nhau. Do đó, khi một nhân tố sinh thái thay đổi cũng kéo theo sự thay đổi của những nhân tố sinh thái khác.

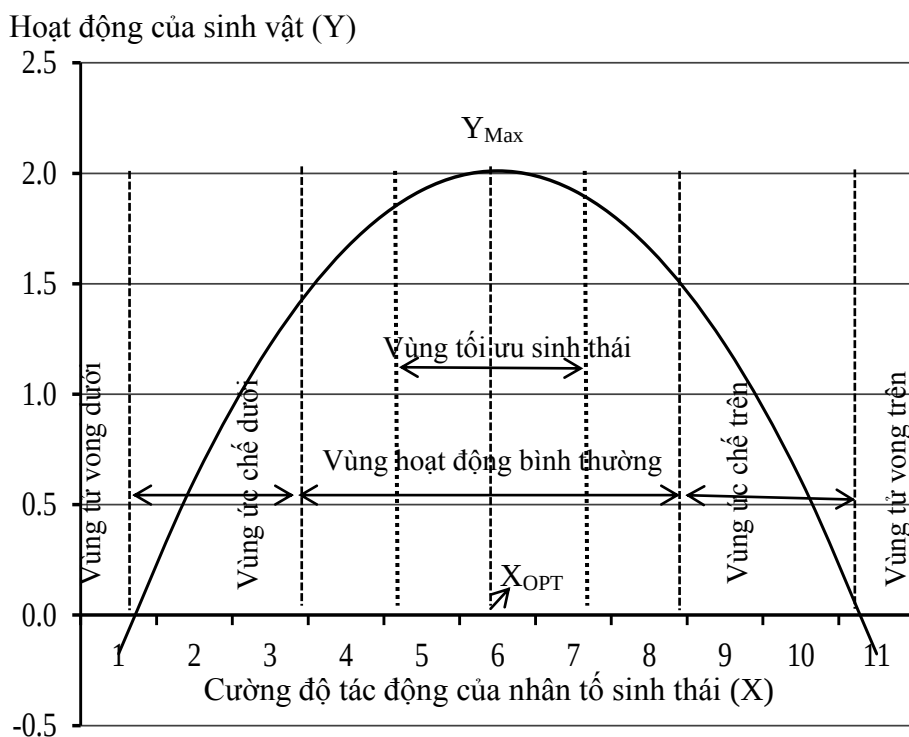
(2) *Quy luật về vai trò của nhân tố sinh thái.* Theo Rubel (1935), mỗi nhân tố sinh thái chỉ thể hiện rõ vai trò của mình khi các nhân tố sinh thái khác không ở mức giới hạn. Ví dụ: Ở các vùng đầm lầy ven sông và biển, nước có vai trò không quan trọng đối với sinh vật. Ngược lại, hàm lượng oxi và chất khoáng trong đất có ý nghĩa lớn hơn. Trên các vùng đất cao, khi đất thiếu nước ngọt, thì hàm lượng khoáng trong đất dù nhiều cũng không thể đem lại lợi ích cho cây trồng.

(3) *Quy luật về nhân tố sinh tồn.* Theo Viliams (1913), bốn nhân tố sinh tồn (ánh sáng, nhiệt, nước và chất khoáng) có vai trò ngang nhau đối với thực vật và không thể thay thế lẫn nhau. Chẳng hạn: Khi cây đang thiếu nước thì không thể thay thế nước bằng nhân tố ánh sáng và ngược lại.

(4) *Quy luật về nhân tố sinh thái tối thiểu.* Theo Liebig (1840), chất có hàm lượng tối thiểu điều khiển sản lượng và tính ổn định của sinh vật theo thời gian.

(5) *Quy luật về nhân tố sinh thái giới hạn.* Theo Shelford (1913), sự tác động của các nhân tố sinh thái đến sinh vật không chỉ phụ thuộc vào tính chất của nhân tố mà còn vào cường độ của nhân tố đó. Khi giảm hay tăng cường độ tác động của nhân tố sinh thái vượt ra ngoài giới hạn thích hợp của cơ thể, thì làm giảm khả năng sống của cơ thể. Khi cường độ tác động của nhân tố sinh thái lên đến ngưỡng cao nhất hoặc xuống tới ngưỡng thấp nhất đối với khả năng chịu đựng của cơ thể, thì sinh vật sẽ không thể tồn tại.

Theo phản ứng của sinh vật với nhân tố sinh thái, người ta phân biệt ba vùng tác động của một nhân tố sinh thái (Hình 3.2).



Hình 3.2. Những vùng tác động của nhân tố sinh thái.

- Vùng hoạt động bình thường của sinh vật. Vùng này tương ứng với vùng tác động bình thường của nhân tố sinh thái đến sinh vật. Đó là giới hạn của nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật sống và phát triển bình thường; trong đó có vùng tối ưu cho sự tồn tại của sinh vật. Vùng tối ưu đặc trưng bằng tốc độ sinh trưởng và phát triển đều đặn của cơ thể với mức chi phí năng lượng thấp nhất, chết ít nhất, sinh sản mạnh nhất và tuổi thọ cao nhất. Giá trị của nhân tố sinh thái (X) tương ứng với hoạt động sống tốt nhất của sinh vật (Y_{Max}) được gọi là tối ưu sinh thái (Ecological Optimum = X_{Opt}).
- Vùng sinh vật bị ức chế. Vùng này tương ứng với vùng tác động không bình thường (mạnh, yếu) của nhân tố sinh thái đến sinh vật. Đó là mức tác động của nhân tố sinh thái gây ức chế cho hoạt động sống của sinh vật; trong đó bao gồm giới hạn dưới và

giới hạn trên của hoạt động sống. Giới hạn ức chế dưới là mức thấp của nhân tố sinh thái gây ức chế cho hoạt động sống của sinh vật. Giới hạn ức chế trên là mức cao của nhân tố sinh thái gây ức chế cho hoạt động sống của sinh vật.

- (c) Vùng sinh vật bị tử vong. Vùng này tương ứng với vùng tác động của nhân tố sinh thái gây ra cái chết cho sinh vật. Đó là mức giới hạn của nhân tố sinh thái gây ra cái chết cho sinh vật; trong đó bao gồm giới hạn dưới tử vong và giới hạn trên tử vong. Giới hạn dưới tử vong là mức thấp nhất của nhân tố sinh thái không thể đảm bảo sự sống cho sinh vật. Giới hạn trên tử vong là mức cao nhất của nhân tố sinh thái không thể đảm bảo sự sống cho sinh vật.

Khi mô tả điều kiện môi trường, chúng ta thường sử dụng các thuật ngữ như môi trường rất xấu, môi trường cực đoan, môi trường phù hợp và môi trường không phù hợp cho sinh vật. Những tính từ xấu, tốt, phù hợp và không phù hợp chỉ được sử dụng để biểu thị phản ứng hay phản hồi của sinh vật đối với điều kiện môi trường. Thế nhưng, sử dụng những tính từ ấy để mô tả phản hồi của sinh vật đối với điều kiện môi trường là không rõ ràng. Thật vậy, các sinh vật ở vùng nhiệt đới có thể cảm thấy rất lạnh khi nhiệt độ không khí thấp hơn 5°C và cảm thấy rất nóng khi nhiệt độ không khí lớn hơn 38°C . Nhưng những trị số nhiệt độ ấy có phải là nhiệt độ cực hạn hay nhiệt độ không thích hợp cho hoạt động sống của sinh vật hay không? Để trả lời câu hỏi này, chúng ta cần phải xem xét sự thích nghi của sinh vật với môi trường. Theo thời gian tiến hóa, những kiểu gene không thích hợp với điều kiện môi trường nào đó sẽ bị loại bỏ. Điều kiện môi trường mà một loài sinh vật không chịu đựng được là điều kiện môi trường không thích hợp với sinh vật đó. Điều kiện môi trường vượt ra ngoài giới hạn thích nghi của loài là điều kiện môi trường xấu. Chẳng hạn: Dầu song nòng (*Dipterocarpus dyeri*) thường sống trên những đất bazan và feralit đỏ vàng có tầng dày, độ phì cao và ẩm, độ cao dưới 200m so với mặt biển ở vùng Đông Nam Bộ. Nếu chuyển nó đến các vùng đất có tầng mỏng, độ phì thấp và khô, độ cao trên 500m so với mặt biển, thì nó sẽ bị chết. Trong sinh thái học, người ta còn dùng một số tính từ như tối ưu, tối cao và tối thấp để mô tả giới hạn tác động của các nhân tố môi trường đối với sinh vật. Những thuật ngữ này chỉ có ý nghĩa khi chúng được định lượng hóa.

Các bộ phận của sinh vật phản ứng không giống nhau đối với sự thay đổi của một nhân tố sinh thái. Ví dụ: Rễ có yêu cầu nhiệt độ tối thấp cao hơn so với chồi thân. Vì thế, khi mô tả phản ứng của cây gỗ và rừng đối với môi trường nào đó, chúng ta cần phải chỉ rõ môi trường tối ưu, tối cao và tối thấp cho thành phần nào của cây gỗ và rừng.

Ảnh hưởng của một nhân tố sinh thái đến một loài cây gỗ còn tùy thuộc vào những nhân tố sinh thái khác. Chẳng hạn: Cây gỗ non được cung cấp đủ nước sẽ chịu đựng tốt hơn đối với cường độ ánh sáng cao và nhiệt độ không khí cao. Ảnh hưởng của nhân tố sinh thái đến sinh vật không chỉ thay đổi theo các giai đoạn trong chu kỳ sống của nó, mà còn theo tốc độ biến đổi của nhân tố sinh thái và thời gian mà nó phải trải qua nhân tố sinh thái đó. Ví dụ: Cây mầm và cây mạ đòi hỏi đất ẩm và cường độ ánh sáng thấp. Trái lại, ở thời kỳ khép tán đến trung niên, rừng đòi hỏi cường độ ánh sáng cao. Vì thế, khi nói đến nhân tố sinh thái tối cao và tối thấp đối với hoạt động sống của cây gỗ và rừng, nhà lâm học phải chỉ rõ cả thời gian chúng bị chết tương ứng với các mức cụ thể của nhân tố sinh thái. So với trị số tuyệt đối, tốc độ thay đổi của môi trường có ý nghĩa lớn hơn. Thật vậy, một loài cây gỗ thường sống trong điều kiện nhiệt độ cao sẽ không gặp phải nguy hiểm ở nhiệt độ thấp hơn nếu nhiệt độ giảm từ từ. Ngược lại, nếu nhiệt độ giảm rất nhanh, thì sự nguy hiểm sẽ đến ngay với nó.

Theo định luật Shelfords (1913), khi các nhân tố sinh thái khác là đồng nhất, thì phản hồi của cây gỗ và rừng (Y) đối với sự thay đổi của một nhân tố sinh thái (X) tuân

theo hàm bậc 2 với hệ số của X^2 mang giá trị âm, nghĩa là $Y = b_0 + b_1X - b_2X^2$. Về mặt toán học, đồ thị của hàm bậc 2 với hệ số của X^2 mang giá trị âm có dạng hình chuông với đỉnh nằm trên trục hoành. Khi một đại lượng có phân bố chuẩn, thì xác suất bắt gặp các giá trị nằm trong khoảng $X_{Bq} \pm S$, $X_{Bq} \pm 2S$ và $X_{Bq} \pm 3S$ (X_{Bq} = giá trị bình quân, S = sai tiêu chuẩn) tương ứng là 68%, 95% và 99%. Theo quy luật này, các nhà sinh thái học và lâm học xem các giá trị của một nhân tố sinh thái (X) phân bố trong ba khoảng $X_{Bq} \pm S$, $X_{Bq} \pm 2S$ và $X_{Bq} \pm 4S$ tương ứng là vùng tối ưu sinh thái, vùng tác động bình thường và vùng đảm bảo cho sinh vật còn sống (vùng sống). Ba vùng này còn được gọi là vùng hoạt động tối ưu, vùng hoạt động bình thường và vùng chống chịu của sinh vật. Giá trị trung tâm (X_{Bq}) của vùng tối ưu sinh thái là tối ưu sinh thái (X_{OPT}). Tối ưu sinh thái là giá trị của nhân tố sinh thái (X) đảm bảo cho cây gỗ và rừng sống tốt nhất. Biên độ sinh thái là phạm vi của nhân tố sinh thái đảm bảo cho cây gỗ và rừng sống bình thường. Phạm vi chống chịu là ranh giới của nhân tố sinh thái đảm bảo cho cây gỗ và rừng có thể sống. Các giá trị X nằm ngoài vùng $X_{Bq} \pm 4S$ là vùng gây ức chế và tử vong cho sinh vật (Vùng cực hạn). Trong vùng cực hạn này, xác suất bắt gặp cây gỗ và rừng còn sống là dưới 1%.

Khi khảo sát hàm phản hồi bậc 2, chúng ta có thể xác định được X_{OPT} (Công thức 3.1), vùng tối ưu sinh thái (X_1 ; Công thức 3.2), vùng tác động bình thường của nhân tố sinh thái (X_2 ; Công thức 3.3), phạm vi chống chịu (X_3 ; Công thức 3.4) và phản hồi lớn nhất (Y_{Max} ; Công thức 3.5). Giá trị ($\pm T_X$) là biên độ sinh thái. Giá trị Y_{Max} là hoạt động sống lớn nhất. Ví dụ: Đối với cây rừng, Y là đường kính và chiều cao lớn nhất, sản lượng gỗ cao nhất.

$$X_{OPT} = \frac{b_1}{2b_2} \quad (3.1)$$

$$X_1 = X_{OPT} \pm T_X \quad (3.2)$$

$$X_2 = X_{OPT} \pm 2T_X \quad (3.3)$$

$$X_3 = X_{OPT} \pm 4T_X \quad (3.4)$$

$$T_X = \frac{1}{\sqrt{2b_2}}$$

$$Y_{Max} = b_0 + b_1X_{OPT} - b_2X_{OPT}^2 \quad (3.5)$$

Trong lâm học, khi bón phân tổng hợp NPK cho rừng, thì hàm lượng phân tổng hợp NPK tối ưu cho rừng là biên độ của phân tổng hợp NPK đảm bảo cho rừng đạt sản lượng bằng 90% so với sản lượng cực đại. Những mức của nhân tố sinh thái vượt ra ngoài hoạt động bình thường của sinh vật là mức sinh thái cực hạn hay môi trường cực hạn. Môi trường cực hạn bao gồm môi trường cực hạn cao và môi trường cực hạn thấp. Trong vùng môi trường cực hạn, các hoạt động của sinh vật diễn ra không bình thường, nghĩa là nhiều quá trình sinh lý bị rối loạn. Ví dụ: Khi thực vật gặp nhiệt độ quá thấp, thì độ nhớt của chất nguyên sinh tăng lên, tốc độ của các phản ứng sinh lý và sinh hóa giảm nhanh, sự hút nước diễn ra kém. Kết quả dẫn đến sự rối loạn các quá trình sinh lý-sinh hóa, sự mất cân bằng nước, quang hợp giảm nhanh và cây có thể ngừng tăng trưởng... Khi gặp nhiệt độ cực hạn cao, các hoạt động của sinh vật diễn ra nhanh và dần dần lâm vào hôn mê và chết. Ngoài ra, protein bị ngưng tụ; thành phần và tính chất của các men bị biến đổi; hô hấp tăng nhanh; vỏ, lá và rễ cây bị bỏng; các tế bào bị chết...

Từ quy luật giới hạn sinh thái, chúng ta có thể rút ra một số nhận xét.

- (1) Một loài sinh vật nào đó có thể có giới hạn sinh thái rộng đối với nhân tố sinh thái này, nhưng lại có giới hạn hẹp đối với nhân tố sinh thái khác.
- (2) Loài nào có giới hạn sinh thái rộng đối với tất cả các nhân tố sinh thái thì loài đó có vùng phân bố rộng.

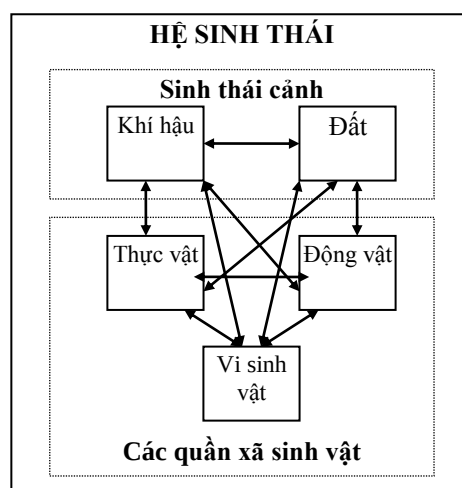
- (3) Giới hạn sinh thái đối với mỗi nhân tố thay đổi ngay cả ở những loài gần nhau, thay đổi tùy theo giống và tuổi.
- (4) Nếu loài sinh vật sống trong điều kiện không thích hợp đối với nhân tố sinh thái nào đó, thì giới hạn sinh thái đối với các nhân tố khác có thể bị co hẹp lại.
- (5) So với các pha không sinh sản và pha trưởng thành, các pha sinh sản và pha non trẻ có giới hạn sinh thái hẹp hơn.

3.4. Khái niệm về hệ sinh thái và sinh địa quần xã

Đối tượng nghiên cứu của sinh thái học là các hệ sinh thái. Hệ sinh thái do nhà sinh thái học Tansley người Anh đề xuất vào năm 1935 (Dẫn theo Odum, 1971). Hệ sinh thái biểu thị một tập hợp các sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) và môi trường vô cơ nơi chúng sinh sống (khí hậu, địa hình, đất). Odum (1971) định nghĩa hệ sinh thái là một đơn vị bất kỳ nào bao gồm các vật sống (thực vật, động vật, vi sinh vật) trong một khu vực nhất định có sự tương tác với môi trường vật lý (khí hậu, địa hình, đất) bằng các dòng năng lượng tạo nên cấu trúc dinh dưỡng xác định, sự đa dạng về loài và chu trình tuần hoàn vật chất. Thuật ngữ hệ sinh thái của Tansley tương đồng với khái niệm sinh địa quần xã (Biogeocenose) do Xukachov người Nga (Dẫn theo Belov, 1976) đề xuất vào năm 1944. Sinh địa quần xã là một khoảnh nhất định của sinh thái quyển; trong đó có sự thuận nhất về các nhân tố sinh học, vi khí hậu, thủy văn, địa hình, đất. Mặc dù hai khái niệm hệ sinh thái và sinh địa quần xã là tương đồng, nhưng giữa chúng có sự khác nhau nhất định. Hệ sinh thái có thể bao trùm lên một không gian bất kỳ: từ một gốc cây, khoảnh rừng nhỏ đến cả vũ trụ. Ngược lại, sinh địa quần xã là những bộ phận của bề mặt đất hoặc nước thuận nhất về vi khí hậu và thủy văn, các nhân tố sinh học, địa hình, đất. Ngày nay, thuật ngữ hệ sinh thái được các nhà sinh thái học sử dụng rộng rãi hơn, bởi vì nó dễ hiểu. Nếu đối tượng nghiên cứu là rừng, thì rừng được gọi là hệ sinh thái rừng. Hệ sinh thái rừng biểu thị một tập hợp các sinh vật rừng (thực vật rừng, động vật rừng, vi sinh vật rừng) và môi trường vô cơ nơi chúng sinh sống (khí hậu, địa hình, đất). Chúng ta cũng sẽ sử dụng thuật ngữ hệ sinh thái rừng trong các phần tiếp theo. Hệ sinh thái có 5 đặc tính cơ bản sau đây.

(1) *Đặc tính về cấu trúc (Hình 3.3).* Hệ sinh thái được tạo thành bởi hai nhóm thành phần: (1) Các QXSV (Sinh vật cảnh) = thực vật, động vật, vi sinh vật với các mối quan hệ dinh dưỡng và vị trí của chúng; (2) Các nhân tố sinh thái cảnh = khí hậu, địa hình, đất, nước.

(2) *Đặc tính về chức năng, sự trao đổi vật chất và năng lượng liên tục giữa QXSV với môi trường vật lý.* Trong tự nhiên có hai hệ thống kín và hở. Ở hệ thống kín, vật chất và năng lượng chỉ trao đổi trong nội bộ của hệ thống. Ngược lại, ở hệ thống hở, sự trao đổi năng lượng và vật chất qua lại giữa các thành phần hữu sinh và vô sinh không chỉ xảy ra trong nội bộ của hệ thống mà còn đi qua ranh giới của hệ thống. Ví dụ: Vật chất và năng lượng chứa trong phần thân cây gỗ được đưa ra khỏi rừng thông qua khai thác đến các hệ sinh thái nông nghiệp và đô thị... Vì thế, hệ sinh thái là một hệ thống mở về mặt động lực học trong quan hệ



Hình 3.3. Các thành phần của hệ sinh thái và sự tác động qua lại giữa chúng.

thu nhận và thải vật chất vào môi trường và nó không phải là một hệ thống lý hóa đơn thuần.

(3) *Đặc tính phức tạp.* Đặc tính này là kết quả của mức hợp nhất của các sinh vật. Đây là đặc tính vốn có của hệ sinh thái. Tất cả những điều kiện và sự kiện xảy ra trong hệ sinh thái đều được ấn định bởi rất nhiều sinh vật. Do đó, nếu thiếu sự hiểu biết đầy đủ về cấu trúc và các quá trình chức năng của hệ sinh thái, thì chúng ta rất khó dự báo chính xác các sự kiện và điều kiện xảy ra trong hệ sinh thái.

(4) *Đặc tính tương tác và phụ thuộc qua lại.* Sự liên kết của các thành phần vô sinh và hữu sinh trong một hệ sinh thái là hết sức chặt chẽ. Tính chặt chẽ biểu hiện ở chỗ sự biến đổi của bất kỳ thành phần nào của hệ sinh thái cũng gây ra sự biến đổi tiếp theo của các thành phần khác. Sau đó các thành phần bị biến đổi này lại tác động ngược trở lại (phản hồi trở lại) thành phần gây ra biến đổi ban đầu. Có hai loại tác động ngược: tiêu cực và tích cực. Tác động tiêu cực là những tác động dẫn đến kết quả làm giảm thấp nhịp điệu thay đổi của thành phần gây ra biến đổi ban đầu. Kết quả dẫn đến hệ thống có thể quay trở lại trạng thái cân bằng, ổn định ban đầu hoặc gần như ban đầu. Đây là một cơ chế tự điều chỉnh của hệ sinh thái để chống lại những tác động từ bên ngoài hoặc những biến đổi từ bên trong hệ sinh thái nhằm đưa hệ sinh thái trở lại thể cân bằng, nghĩa là các thành phần của hệ sinh thái nằm trong sự tương tác với nhau một cách hài hòa và ổn định. Cơ sở của sự tự điều chỉnh là nhờ vào khả năng thích nghi cao của các quần thể sinh vật. Đồng thời nó còn nhờ vào đặc trưng khép kín của các chu trình năng lượng và vật chất từ sinh vật sản xuất (thực vật tự dưỡng) đến sinh vật dị dưỡng (sinh vật tiêu thụ) và sinh vật phân hủy (sinh vật hoại sinh). Nếu dòng năng lượng đi vào đủ và dòng vật chất đi ra không bị phá hủy, thì khi ấy sự cân bằng cấu trúc loài và sự trao đổi chất giữa các sinh vật với môi trường bên ngoài là ổn định. Một ví dụ về sự tác động ngược là trường hợp khai thác chọn một bộ phận cây gỗ thành thực dẫn đến hình thành các lỗ trống trong tán rừng. Sự xuất hiện lỗ trống trong tán rừng dẫn đến sự gia tăng cường ánh sáng dưới tán rừng. Đến lượt mình, ánh sáng thay đổi lại gây ra sự thay đổi độ ẩm đất, thảm cỏ, thảm mục, sự tăng cường tái sinh và sinh trưởng của cây gỗ...Cuối cùng những thay đổi của các thành phần sau lại làm cho rừng phục hồi trở lại. Trong phản hồi tích cực, một thành phần ban đầu của hệ sinh thái thay đổi cũng dẫn đến những thay đổi của các thành phần khác. Nhưng khác với phản hồi tiêu cực, phản hồi tích cực làm cho hệ sinh thái càng trở nên mất cân bằng hơn. Ví dụ: Khai thác trắng một khoảng rừng trên đất dốc, đất có thành phần cơ giới nhiều cát. Kết quả làm cho đất bị xói mòn, nước bị khô kiệt, đất trở nên nghèo dinh dưỡng...Do sự thay đổi này mà rừng không thể phục hồi trở lại và điều đó càng làm cho đất bị thoái hóa mạnh hơn.

(5) *Đặc tính biến đổi theo thời gian.* Hệ sinh thái là một hệ thống ổn định tương đối theo thời gian. Các hệ sinh thái không phải là hệ thống tĩnh hay bất biến. Ngược lại, bởi vì hai quá trình trao đổi vật chất và năng lượng diễn ra liên tục trong hệ sinh thái, nên toàn bộ cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái biến đổi theo thời gian. Thông qua sự biến đổi lâu dài, các hệ sinh thái được phức tạp dần trong quá trình tiến hóa.

Tầm quan trọng của khái niệm hệ sinh thái chính là sự thừa nhận về tính phức tạp, sự tương tác và phụ thuộc qua lại, các quá trình trao đổi vật chất và năng lượng và sự biến đổi theo thời gian. Tuy vậy, điểm yếu của khái niệm hệ sinh thái là ở chỗ, theo khái niệm này, chúng ta gặp rất nhiều khó khăn trong việc mô tả, xác định ranh giới, vẽ bản đồ và nghiên cứu những đặc trưng của một hệ sinh thái riêng biệt. Một cá thể là một thực thể tự nhiên hiển nhiên. Các quần thể sinh vật và quần xã sinh vật cũng là những thực thể tự nhiên được định nghĩa rất rõ ràng, mặc dù kích thước của chúng đôi khi có thể khó xác định chính xác. Ví dụ: Mỗi loài cây gỗ lập thành một quần thể rõ ràng. Tuy vậy, ranh giới

của từng quần thể loài và QXSV trong tự nhiên là không rõ ràng. Nguyên nhân là vì: (a) Không gian của quần thể loài và QXSV có thể thay đổi theo thời gian; (b) Các quần thể loài và QXSV sống chồng lấp lên nhau. Vì thế, ranh giới của các quần thể loài và QXSV chỉ được xác định theo quy ước của nhà lâm học. Để dễ dàng nghiên cứu một quần thể cây gỗ, QXTV và hệ sinh thái rừng, nhà lâm học phải chỉ rõ không gian và thời gian nghiên cứu các đối tượng này. Ví dụ: Nghiên cứu kết cấu và đa dạng loài cây gỗ của rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai.

3.5. Khái niệm về các mức hợp nhất sinh học

Mặc dù các mức tổ chức sinh học là trung tâm nghiên cứu của sinh thái học, nhưng chúng vẫn không thể thay thế được hoàn toàn các mức hợp nhất sinh học có thực (True levels of biological integration). Các mức hợp nhất sinh học có thực là tế bào, cá thể và hệ sinh thái. Theo Rowe (1961; Dẫn theo Kimmins, 1998), một mức hợp nhất sinh học có thực là toàn bộ môi trường của tất cả các mức tổ chức sinh học thấp hơn và là một thành phần cấu trúc và chức năng của mức sinh học kế tiếp cao hơn. Việc dự báo chính xác các sự kiện và điều kiện của bất kỳ một mức tổ chức sinh học nào chỉ có thể làm được trên cơ sở kiến thức của một mức hợp nhất sinh học kế tiếp cao hơn. Ví dụ: Chúng ta không thể dự báo chính xác sự sống của một cá thể chỉ bằng kiến thức của quần thể mà cá thể này là một thành viên. Nguyên nhân là vì sự sống của một cá thể không chỉ phụ thuộc vào quần thể, mà còn cả quần xã và những nhân tố môi trường khác (Hệ sinh thái). Chỉ trên cơ sở kiến thức của hệ sinh thái, chúng ta mới có thể dự báo chính xác tất cả những gì ảnh hưởng đến cá thể này. Bởi vì, hệ sinh thái là một mức hợp nhất có thực cao hơn cá thể.

Tầm quan trọng của khái niệm mức hợp nhất sinh học trong sinh thái rừng và kinh doanh rừng là nó lưu ý đến những sai lầm của việc cố gắng dự báo các sự kiện và điều kiện của quần thể và quần xã cây gỗ trên cơ sở chỉ có kiến thức ở hai mức tổ chức này. Điều này không phủ nhận các giá trị của kiến thức về sinh thái học quần thể và quần xã. Sự hiểu biết những gì xảy ra ở mức quần thể và quần xã cây gỗ là hết sức bổ ích. Tuy vậy, các sự kiện và điều kiện được ấn định bởi rất nhiều nhân tố, nên nhà lâm học không thể dự báo chính xác các sự kiện và điều kiện xảy ra trong một hệ sinh thái rừng chỉ trên cơ sở những cơ chế nhân quả rút ra từ việc nghiên cứu ở mức quần thể và quần xã cây gỗ. Chẳng hạn: Nếu chỉ dựa trên khả năng tăng trưởng của loài Dầu rái theo tuổi, thì việc dự báo sẽ không nhận được kết quả tốt. Nguyên nhân là vì tăng trưởng của loài Dầu rái không chỉ phụ thuộc vào tuổi, mà còn cả đặc tính cấu trúc quần thụ, điều kiện lập địa (khí hậu, địa hình, đất...), khả năng cạnh tranh giữa nó với các loài cây gỗ khác, sâu bệnh, hoạt động lâm sinh... Điều đó cho thấy rằng việc dự báo tăng trưởng của loài Dầu rái sẽ được cải thiện khi chúng ta hiểu đầy đủ về quan hệ của nó với những đặc tính của môi trường. Cách giải quyết vấn đề như vậy không có nghĩa là nhà lâm học phải thay đổi sự chú ý từ quần thể cây gỗ sang các nhân tố khác của hệ sinh thái. Ở đây, chúng ta cần phải thấy rằng việc nghiên cứu một quần thể loài phải được thực hiện song song với các nghiên cứu về ảnh hưởng của các nhân tố khác đến quần thể loài.

Nói chung, sinh thái học quần thể chỉ nghiên cứu sự tương tác giữa một loài với môi trường sống của nó; trong đó hệ sinh thái cùng với loài này là trung tâm nghiên cứu. Sinh thái quần xã cây gỗ nghiên cứu các quần thể loài cây gỗ tương tác qua lại với môi trường xung quanh; trong đó quần xã cây gỗ và hệ sinh thái là trung tâm nghiên cứu. Sinh thái hệ sinh thái rừng nghiên cứu cấu trúc, chức năng và biến động của hệ sinh thái rừng theo không gian và thời gian.

Từ những vấn đề trên đây cho thấy, bằng việc áp dụng khái niệm hệ sinh thái trên tất cả các mức của sinh thái học, chúng ta khắc phục được những thiếu sót của phương pháp nghiên cứu truyền thống về sinh thái quần thể và quần xã. Ngoài ra, bằng việc xem các cá thể, quần thể và quần xã trong bối cảnh của hệ sinh thái, chúng ta đã coi tập hợp các nhân tố môi trường ấn định mật độ, sự phân bố và sản lượng của quần thể và quần xã là như nhau. Các hiện tượng tự nhiên xuất hiện trong những cảnh quan tự nhiên gồm 4 chiều: khí hậu, địa lý, sinh học và thời gian. Do vậy, chúng ta không thể hiểu và dự báo được các hiện tượng xảy ra ở rừng nếu không xem các quần thể loài và quần xã sinh vật là các thành phần của hệ sinh thái. Lưu ý rằng giữa quan điểm nghiên cứu truyền thống (nghiên cứu cá thể, quần thể, quần xã và hệ sinh thái một cách tách biệt) và quan điểm hệ sinh thái không có sự khác nhau ở mức hệ sinh thái, nhưng khác nhau ở các mức cá thể, quần thể và quần xã.

Khí hậu không chỉ ảnh hưởng đến sự hình thành rừng, mà còn cả những đặc tính và sản lượng rừng. Ví dụ: Khí hậu nhiệt đới và ôn đới tương ứng tạo thành rừng nhiệt đới và rừng ôn đới. Bởi vì hai loại rừng này hình thành trong những điều kiện khí hậu khác nhau, nên đặc tính của chúng cũng khác nhau. Trong một vùng khí hậu, các đặc trưng của bề mặt đất (hình dáng bề ngoài của mặt đất: sườn trên, sườn giữa, sườn dưới, vùng thung lũng chân núi...), nguồn gốc của các vật liệu (các trầm tích và vật chất khác do nước và gió mang lại...), các khoáng vật của đất (sự phong hóa đá, các vật liệu trong đất) làm thay đổi ít nhiều tiềm năng của rừng do khí hậu ấn định.

Tiềm năng của rừng cũng được ấn định bởi điều kiện địa lý. Trong trường hợp này, tiềm năng của rừng phụ thuộc vào kiểu rừng phân bố trên những lãnh thổ khác nhau. Khả năng của các loài cây gỗ được quy định bởi cấu trúc di truyền và sự tương tác của chúng với các sinh vật khác. Cấu trúc di truyền là sự thích ứng và nhu cầu của loài cây gỗ đối với môi trường. Sự phát sinh, sự phân bố, mật độ và sản lượng của bất kỳ loại rừng nào đều được ấn định bởi các đặc trưng của khí hậu quá khứ và hiện tại, đặc trưng của bề mặt đất, đặc tính của đất và những hoạt động của con người.

Khái niệm hệ sinh thái là một khái niệm rất quan trọng trong sinh thái học nói chung và sinh thái học rừng nói riêng. Những kiến thức của hệ sinh thái rừng không chỉ là cơ sở khoa học cho các phương thức lâm sinh (khai thác-tái sinh rừng, nuôi rừng) và kinh doanh rừng, mà còn bảo tồn rừng và khai thác các dịch vụ khác từ rừng. Chúng ta cần nhận thức rằng con người là một thành phần của hệ sinh thái. Hoạt động của con người có thể ảnh hưởng đến các hệ sinh thái tự nhiên. Những thay đổi to lớn về thành phần hóa học của khí quyển (mưa axit, sự tăng nồng độ CO₂, NO_x...) không chỉ ảnh hưởng đến sự sống của rừng, mà còn đến con người. Kinh doanh rừng ảnh hưởng đến hệ sinh thái rừng, bởi vì các loài cây gỗ và những loài sinh vật khác là những thành phần của hệ sinh thái rừng.

3.6. Sự thay đổi của hệ sinh thái

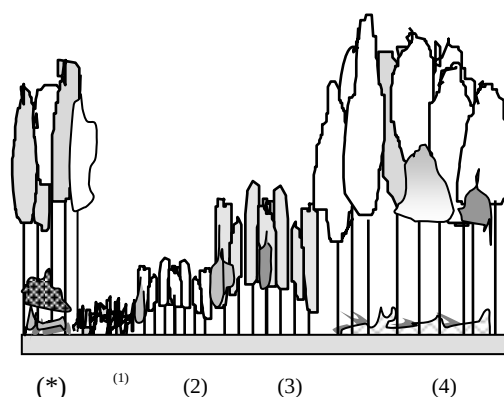
Hệ sinh thái không phải là một hệ thống không thay đổi theo thời gian và không gian. Ngược lại, hệ sinh thái là một hệ thống động, nghĩa là nó luôn diễn ra sự thay đổi về kết cấu loài, cấu trúc, chức năng, mức độ phức tạp và sự tương tác giữa các thành phần. Một số hệ sinh thái thay đổi chậm, tần số và phạm vi không gian bị thay đổi nhỏ. Nhưng một số hệ sinh thái khác thay đổi rất lớn và diễn ra thường xuyên trên không gian rộng. Sự thay đổi của hệ sinh thái sẽ được giới thiệu chi tiết ở [chương 9](#). Nhưng vì tầm quan trọng của vấn đề này, nên ở đây giới thiệu một số khái niệm để hiểu rõ hơn những vấn đề sẽ được trình bày ở [chương 4-12](#).

Sự thay đổi của các hệ sinh thái diễn ra do nhiều nguyên nhân khác nhau như sự thay đổi của khí hậu và đất, sự thay đổi trong quan hệ giữa các thành phần sinh học và sự rối loạn (bão, lửa, động đất, hoạt động của sinh vật). *Quá trình biến đổi của hệ sinh thái diễn ra sau khi có những rối loạn là diễn thế sinh thái.* Theo định nghĩa này, diễn thế rừng là quá trình biến đổi của rừng sau khi có những rối loạn. Theo thời gian, cùng với sự thay đổi của khí hậu và đất có một loạt những QXSV chiếm giữ lần lượt và thay thế lẫn nhau trên một khoảnh đất nhất định. Toàn bộ chuỗi biến đổi của QXSV và hệ sinh thái trên một khoảnh đất nhất định theo thời gian được gọi là một chuỗi diễn thế. Một chuỗi diễn thế bao gồm nhiều giai đoạn. Mỗi giai đoạn được đặc trưng bởi một QXSV nhất định. Mỗi giai đoạn được gọi là một giai đoạn diễn thế (Hình 3.4).

Một số nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi của QXTV là do chính các loài cây tham gia trong các giai đoạn diễn thế tạo ra. Ví dụ: Sự lấn át của loài mới, sự thay đổi môi trường ánh sáng do các loài cây hình thành quần xã tạo ra, sự thay thế loài này bằng loài khác. Những nguyên nhân làm thay đổi QXSV do chính những loài tham gia hình thành QXSV tạo ra được gọi là những nguyên nhân nội sinh (tự sinh hay nội tại). Ngược lại, sự biến đổi của QXSV dưới ảnh hưởng của những tác nhân không có mối liên hệ với quần xã này (bão lụt, động đất, lửa rừng...) được gọi là những nguyên nhân bên ngoài (ngoại sinh). Nguyên nhân thứ ba làm biến đổi QXSV là hoạt động của con người và sinh vật. Ví dụ: Khai thác rừng, sự bùng nổ dân số của côn trùng và động vật ăn lá, sự xuất hiện của những loài mới...

Những kiến thức về các nguyên nhân và cơ chế diễn thế là hết sức quan trọng. Thật vậy, muốn hiểu rõ về rừng và điều khiển chúng để đạt tới các điều kiện diễn thế mong muốn, nhà lâm học phải hiểu được rừng biến đổi như thế nào và tại sao rừng biến đổi.

Muốn hiểu được những quá trình biến đổi của rừng và những tác động của rừng đến môi trường xung quanh, nhà lâm học cần phải hiểu được sinh thái học sản lượng, các chu trình tuần hoàn vật chất và năng lượng, sự tích lũy vật chất vô cơ và hữu cơ trong các hệ sinh thái rừng. Muốn hiểu được những biến đổi của các đặc tính vật lý, hóa học, sinh học của hệ sinh thái rừng, nhà lâm học cần phải hiểu rõ vai trò của bức xạ mặt trời, nhiệt độ, không khí, đất và nước. Muốn hiểu được sự khác nhau giữa các loại rừng, nhà lâm học cần phải phân loại rừng. Tất cả những vấn đề kể trên sẽ được trình bày ở [chương 3-10](#). Ngoài ra, những kiến thức về diễn thế rừng theo thời gian là cơ sở khoa học để xác định các phương thức lâm sinh nhằm dẫn dắt rừng đạt đến mục tiêu mong muốn. Tuy vậy, việc lựa chọn phương thức lâm sinh nào để đạt được mục tiêu mong muốn là một vấn đề không chỉ thuần túy về khoa học. Những hiểu biết về diễn thế rừng còn cho phép nhà lâm học xác định những giai đoạn diễn thế có lợi cho con người. Vấn đề này được đặt ra là vì sản lượng, đa dạng sinh học và nhiều đặc tính có giá trị khác của rừng thay đổi theo các giai đoạn diễn thế. Việc cố gắng duy trì lâu dài rừng trong một giai đoạn diễn thế nào đó có thể nhận được kết quả tốt hoặc xấu hơn so với rừng ở những giai đoạn diễn thế kế tiếp. Chẳng hạn: Đối với chuỗi diễn thế rừng ở ven biển Nam Bộ, việc cải biến lập địa để tạo điều kiện cho rừng



Hình 3.4. Sơ đồ về một chuỗi diễn thế tự sinh của rừng.

(*) Quần xã trước khi bị rối loạn.

1-4: Các giai đoạn diễn thế kế tiếp nhau.

Được tồn tại lâu dài sẽ giúp cho con người nhận được nhiều giá trị hơn so với để nó chuyển thành loại rừng khác (Bần, Dừa nước...).

3.7. Rừng và các thành phần của rừng

3.7.1. Khái niệm về rừng

Khi so sánh những cây gỗ của cùng một loài mọc ở rừng và ở nơi đất trống (công viên, ven đường...), chúng ta nhận thấy cây mọc ở nơi đất trống có chiều cao thấp hơn; chiều dài tán lá chiếm khoảng 75-90% so với chiều cao thân; thân có độ thon lớn, nhiều cành to với tuổi thọ cao. Trái lại, mặc dù điều kiện đất và tuổi giống nhau, nhưng cây mọc trong rừng có thân cao hơn, tán lá nhỏ, chiều dài tán lá chiếm khoảng 25-30% chiều cao thân; độ thon thân cây nhỏ, gần giống hình paraboloid; thân tròn đều và tỉa cành nhiều hơn so với cây mọc ở nơi trống. Cây mọc trong rừng được bao bọc kín bởi những cây xung quanh, nên tán của chúng đan xen vào nhau. Mặt khác, do thiếu ánh sáng, nên các cây gỗ phân bố ở tầng trên phát triển chiều cao mạnh hơn. Phần lớn vật chất (sinh khối) của cây gỗ mọc trong rừng tập trung ở phần thân và lá, những cành bên do thiếu ánh sáng bị tỉa thưa mạnh hơn.

Từ những so sánh trên đây cho thấy, rừng không phải là một tập hợp những cây gỗ có mật độ thưa, tán lá và hệ thống rễ của chúng không giao nhau. Khu đất có cây gỗ mọc như thế thường được gọi là công viên và cây mọc ven đường. Ngược lại, rừng là một tập hợp vô số cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo và các sinh vật khác (động vật, vi sinh vật...) định cư trên một khoảnh đất nhất định và giữa chúng có quan hệ qua lại chặt chẽ với nhau, tán lá và hệ thống rễ của các cây gỗ phải giao nhau.

Ở nước Nga, Morozov (1912; Dẫn theo Belov, 1976) định nghĩa “Rừng là một quần xã cây gỗ; trong đó chúng ảnh hưởng qua lại lẫn nhau, làm nảy sinh các hiện tượng mới mà không đặc trưng cho những cây gỗ mọc lẻ. Trong rừng không những chỉ có các quan hệ qua lại giữa các cây gỗ với nhau, mà còn ảnh hưởng qua lại giữa chúng với đất và môi trường không khí. Rừng có khả năng tự phục hồi”. Sau này Xukachov (1945, 1960; Dẫn theo Belov, 1976) định nghĩa rừng là một quần xã sinh địa (Biogeocenose). Quần xã sinh địa là một khu rừng thuần nhất về thành phần loài cây gỗ và cấu trúc, các tính chất của các thành phần hợp thành (các sinh vật, môi trường vô cơ) cùng với các mối quan hệ qua lại đặc trưng cho rừng, cũng như có một kiểu trao đổi vật chất và năng lượng xác định giữa các thành phần của quần xã sinh địa và môi trường. Xuất phát từ quan điểm hệ thống, Belov (1976) định nghĩa rừng là một hệ thống sinh học tự điều chỉnh; trong đó bao gồm cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo, động vật, vi sinh vật, đất, không khí và chế độ thủy văn, các sinh vật sống trong đất.

Ở nước Nga, các nhà lâm học gọi một khoảnh rừng thuần nhất về loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo, hệ động vật và vi sinh vật, tiểu khí hậu, địa hình và đất là một lâm phần (Homogeneous Forest). Đối với rừng tự nhiên, tính thuần nhất của rừng chỉ xuất hiện trong không gian nhỏ. Trái lại, rừng trồng có sự thuần nhất về loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo, hệ động vật và vi sinh vật, tiểu khí hậu, địa hình và đất. Vì thế, thuật ngữ lâm phần chỉ được sử dụng cho rừng trồng.

Theo FAO (1995-2020), rừng là hệ sinh thái với cây gỗ chiếm ưu thế. Một khoảnh đất với cây gỗ chiếm ưu thế phải có diện tích ít nhất 1ha mới được gọi là rừng. Trên khoảnh rừng này, cây gỗ phải đạt chiều cao 5m trở lên và tán lá che phủ lớn hơn 10% diện tích bề mặt đất.

Trong một hệ sinh thái rừng, các quá trình trao đổi vật chất và năng lượng giữa các sinh vật và môi trường bên ngoài đều được hoàn thiện. Nếu thiếu các quá trình này, thì sự sống của rừng không thể tồn tại. Các quá trình trao đổi vật chất và năng lượng diễn ra ở rừng theo hai quy luật cơ bản của tự nhiên. Đó là định luật bảo toàn năng lượng và định luật bảo toàn vật chất. Chúng ta có thể dễ dàng nhận ra sự cân bằng của các quá trình trao đổi vật chất và năng lượng ở rừng thông qua theo dõi sự tạo thành một tấn gỗ Vân sam ở trạng thái khô tuyệt đối như sau (Belov, 1976).

(a) Rừng thu vào

- CO₂ từ không khí: 1,84 tấn.
- H₂O từ đất để cấu tạo gỗ: 0,55 tấn.
- Các chất khoáng từ đất: 0,03 tấn.

Tổng cộng thu vào: 2,42 tấn

- Tiêu hao nước cho thoát hơi: 450 tấn.
- Chi phí năng lượng bức xạ mặt trời cho quang hợp: $5 \cdot 10^6$ kcal
- Chi phí năng lượng cho thoát hơi nước: $2,66 \cdot 10^8$ kcal

(b) Rừng thải ra

- Hình thành gỗ: 1,0 tấn.
- Oxi: 1,42 tấn

Tổng cộng thải ra: 2,42 tấn

- Thải nước vào không khí: 450 tấn.
- Năng lượng chứa trong gỗ: $5 \cdot 10^6$ kcal.
- Năng lượng ở thể hơi nước: $2,66 \cdot 10^8$ kcal.

Rừng cũng chứa trong chúng hai nhóm sinh vật: (1) Một bộ phận xây dựng và tích lũy vật chất hữu cơ (Thực vật); (2) Một bộ phận thực hiện sự biến đổi và phân giải chất hữu cơ (Động vật, Vi sinh vật, Nấm) thành vật chất khoáng. Cả hai nhóm sinh vật này đều có ý nghĩa hết sức to lớn đối với sự sống của rừng. Nếu không có quá trình phân giải vật chất hữu cơ đã chết, thì rừng không thể tồn tại. Bởi vì sự tích lũy một lớp dày xác hữu cơ trên sàn rừng sẽ kìm hãm quá trình sống của rừng.

Tóm lại, rừng được đặc trưng bởi ba đặc điểm cơ bản sau đây:

- (1) Các loài cây gỗ và giữa chúng với các loài cây khác (cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo, rêu...) ảnh hưởng qua lại lẫn nhau. Ảnh hưởng qua lại có thể có ích cho cây gỗ, nhưng cũng có thể có hại cho cây gỗ. Chẳng hạn: Chèn ép, cạnh tranh về nước, ánh sáng và chất khoáng của đất.
- (2) Các thành phần của rừng không chỉ phụ thuộc vào môi trường mà chính chúng cũng tác động trở lại môi trường. Sự tác động này dẫn đến hình thành tiểu khí hậu và đất đặc trưng cho rừng.
- (3) Rừng có khả năng tự phục hồi lại các loài cây gỗ và các thành phần khác. Tuy vậy, khả năng này chỉ có được khi rừng không bị tác động xấu từ bên ngoài.

3.7.2. Các thành phần của rừng

Rừng bao gồm hai nhóm thành phần: QXSV (Thực vật, Động vật, Vi sinh vật) và môi trường vô cơ của chúng (khí hậu, đất, địa hình...). Quần xã thực vật (QXTV) là tập hợp các loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo trong một lãnh thổ nhất định. Trong lâm học, rừng được phân chia và mô tả theo những thành phần cơ bản dưới đây (Hình 3.5).

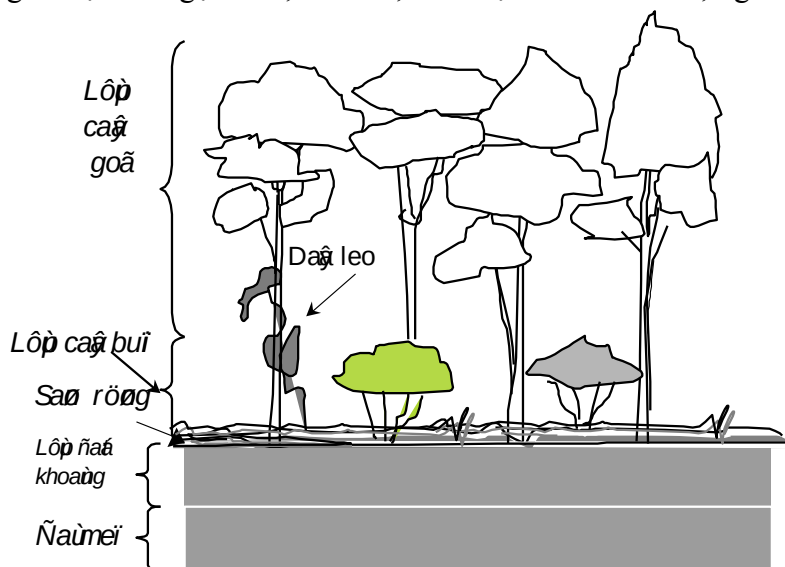
(1) Quần thụ. Quần thụ (Stand) là tập hợp các loài cây gỗ hình thành rừng. Quần thụ chỉ bao gồm một loài cây gỗ được gọi là quần thụ thuần loài. Quần thụ thuần loài còn được gọi là quần thể loài. Ví dụ: Quần thụ Dầu song nòng = Quần thể Dầu song nòng. Quần thụ bao gồm 2 loài cây gỗ trở lên được gọi là quần thụ khác loài (Quần thụ hỗn loài, Quần thụ hỗn giao = Mixed Species Stand). Quần thụ khác loài còn được gọi là quần xã cây gỗ (Tree Community). Tên của quần xã cây gỗ được gọi ngắn gọn theo tên của loài cây gỗ ưu thế (Dominant Tree Species) và đồng ưu thế (Codominant Tree Species). Ví dụ: Trong một quần xã cây gỗ, Dầu song nòng là loài ưu thế, còn Sao đen là loài đồng ưu thế. Tên gọi của quần xã này là quần xã Dầu song nòng và Sao đen. Đối tượng nghiên cứu chủ yếu của lâm học và kinh doanh rừng chỉ là quần thụ. Lý do không chỉ là vì quần thụ là thành phần chính của rừng, mà nó còn cung cấp cho con người nguyên liệu chính (gỗ, củi) và nguồn tài chính. Vì thế, ở nghĩa hẹp, thuật ngữ quần thụ cũng được hiểu là rừng. Dưới đây chúng ta xem xét các thành phần của quần thụ và phương pháp mô tả một quần thụ.

(a) Kết cấu loài cây gỗ. Kết cấu loài cây gỗ của quần thụ chỉ thành phần loài cây gỗ và tỷ lệ cá thể (N, cây), tiết diện ngang thân (G, m^2) và thể tích thân (V, m^3) của loài cây gỗ so với các chỉ tiêu tương ứng của tất cả các loài cây gỗ hình thành quần thụ. Đơn vị tính kết cấu loài cây gỗ là phần mười hoặc phần trăm.

Ví dụ: Một quần thụ bao gồm 70 cá thể Sao đen (Sđ) và 30 cá thể Dầu rái (Dr). Công thức kết cấu loài cây gỗ được viết gọn là $0,7Sđ + 0,3Dr$ hoặc $70Sđ + 30Dr$, nghĩa là quần thụ bao gồm 70% Sao đen và 30% Dầu rái.

Căn cứ vào thành phần loài cây gỗ của quần thụ, người ta phân biệt rừng thuần loài và rừng hỗn loài. Rừng thuần loài là rừng chỉ được hình thành từ một loài cây gỗ. Rừng hỗn loài là rừng được hình thành từ hai loài cây gỗ trở lên.

Các loài cây gỗ trong một quần thụ có thể khác nhau về số lượng cá thể, khả năng cải biến môi trường sống và ý nghĩa kinh tế. Những loài cây gỗ vượt lên trên các loài cây gỗ khác về số lượng (số cá thể, thể tích...) và mức độ ảnh hưởng đến môi trường được gọi là loài cây gỗ ưu thế sinh thái (Ecological Dominant Tree Species). Loài cây gỗ ưu thế sinh thái là loài kiểm soát sự sống của những loài cây gỗ khác. Loài cây gỗ đồng ưu thế sinh thái (Ecological Codominant Tree Species) là loài cây gỗ đóng vai trò sinh thái nhỏ hơn ngay sau loài cây gỗ ưu thế sinh thái. Những loài cây gỗ khác bị các loài cây gỗ ưu thế và loài cây gỗ đồng ưu thế kiểm soát được gọi là những loài cây gỗ phụ thuộc hay những loài cây gỗ bị chèn ép. Trong lâm học, loài cây gỗ ưu thế sinh thái được quy ước là loài cây gỗ có mật độ lớn nhất (N, cây) hoặc tiết diện ngang lớn nhất (G, m^2) hoặc thể tích thân lớn nhất (V, m^3) hoặc diện tích tán lớn nhất (C, m^2) hoặc độ bắt gặp lớn nhất (F, %) hoặc sinh khối (B, kg)



Hình 3.5. Những thành phần của rừng.

lớn nhất trên một diện tích nào đó, thông thường là 1ha. Trong thực hành, loài cây gỗ ưu thế sinh thái được quy ước là loài cây gỗ có chỉ số giá trị quan trọng ($IVI = \text{Important Value Index}$) cao nhất (IVI_{Max}). Chỉ số IVI (%) là giá trị trung bình của ba tham số $N\%$, $G\%$ và $V\%$ (Thái Văn Trùng, 1978; 1999). Tùy theo số lượng loài cây gỗ ưu thế, người ta phân biệt hai kiểu quần thụ. Một là quần thụ đơn ưu thế. Đó là quần thụ chỉ có một loài cây gỗ ưu thế. Hai là quần thụ đa ưu thế. Đó là quần thụ có từ hai loài cây gỗ ưu thế trở lên. Rừng tự nhiên nhiệt đới là những QXTV đa ưu thế về loài, chi, họ. Những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế có ý nghĩa về kinh tế được gọi là những loài cây gỗ mục đích hoặc những loài cây gỗ kinh tế. Các loài cây gỗ sống ổn định trong rừng nguyên sinh được gọi là các loài cây gỗ của rừng cao đỉnh (Climax). Các loài cây gỗ xuất hiện đầu tiên trên đất trống hoặc sau khi rừng nguyên sinh bị phá hủy được gọi là các loài cây gỗ thứ sinh.

(b) Xác định tuổi của cây gỗ và quần thụ. Tuổi của cây gỗ và quần thụ thuần loài được xác định theo năm vo tròn và được sắp xếp theo cấp tuổi (A , năm). Cấp A là biên độ tuổi của những cây gỗ và quần thụ được gộp lại. Đối với những loài cây gỗ mọc nhanh, các nhà lâm học thường phân chia mỗi cấp $A = 2-5$ năm. Đối với những cây gỗ mọc chậm và tuổi thọ cao, mỗi cấp $A = 5-10$ năm. Những quần thụ mà các cá thể hình thành chúng có tuổi bằng nhau tuyệt đối hay tương đối (hơn kém nhau một cấp A) được gọi là quần thụ đồng tuổi hay rừng đồng tuổi. Ngược lại, những quần thụ mà các cá thể hình thành chúng có tuổi khác nhau tuyệt đối (các cá thể lớn hơn một cấp A) được gọi là quần thụ khác tuổi hay rừng khác tuổi. Tương tự, các nhà lâm học còn phân biệt quần thụ hỗn giao đồng tuổi, quần thụ hỗn giao khác tuổi, quần thụ thuần loài đồng tuổi và quần thụ thuần loài khác tuổi. Những quần thụ hỗn giao đồng tuổi là những quần thụ cấu thành từ các loài cây gỗ có tuổi bằng nhau. Những quần thụ hỗn giao khác tuổi là những quần thụ cấu thành từ các loài cây gỗ có tuổi khác nhau. Những quần thụ thuần loài đồng tuổi là những quần thụ cấu thành từ các cá thể cùng loài có tuổi bằng nhau. Những quần thụ thuần loài khác tuổi là những quần thụ cấu thành từ các cá thể cùng loài có tuổi khác nhau.

Trong thực hành, nhà lâm nghiệp cần phải xác định tuổi kinh tế hay tuổi kinh doanh cho các loại rừng. Tuổi kinh tế của một loại rừng là số năm từ lúc rừng phát sinh cho đến tuổi đạt được kích thước khai thác có lợi nhất về kinh tế. Đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi, tuổi kinh tế là số năm từ lúc trồng cho đến tuổi đạt kích thước khai thác có lợi nhất về kinh tế. Đối với rừng trồng thuần loài khác tuổi, tuổi kinh tế được tính theo từng lớp tuổi. Tuổi kinh tế của cả khoảnh rừng trồng thuần loài khác tuổi là tuổi kinh tế trung bình của các lớp tuổi. Đối với rừng tự nhiên hỗn loài khác tuổi, tuổi thực của các loài cây gỗ là chỉ tiêu rất khó xác định. Vì thế, các nhà lâm học và kinh doanh rừng không xác định tuổi thực của các loài cây gỗ mà chỉ xác định tuổi kinh tế hay luân kỳ khai thác. Tuổi kinh tế của một loài cây gỗ ở rừng tự nhiên là số năm cần thiết để những cây gỗ có kích thước kế cận với kích thước khai thác đạt đến kích thước khai thác theo yêu cầu kinh doanh. Ví dụ: Đường kính (D , cm) của một loài cây gỗ được phân chia thành các cấp với mỗi cấp $D = 10\text{cm}$. Giả định cấp D khai thác được quy ước từ 60cm trở lên. Cấp D nhỏ nhất kế cận với cấp D khai thác là 50cm . Số năm cần thiết để những cây gỗ thuộc cấp $D = 50\text{cm}$ đạt đến cấp $D = 60\text{cm}$ là 20 năm. Theo đó, tuổi kinh tế hay luân kỳ khai thác của loài cây gỗ này là 20 năm. Luân kỳ khai thác của cả khoảnh rừng tự nhiên hỗn loài được xác định từ luân kỳ khai thác trung bình của những loài cây gỗ thuộc nhóm cây gỗ phù hợp với mục đích kinh doanh.

(c) Đo đường kính và chiều cao thân cây gỗ. Theo quy ước của các nhà lâm học, những cây gỗ có đường kính thân ngang ngực (D , cm) từ $D_i(\text{cm})$ trở lên là cây trưởng thành hay cây lớn. Đường kính ngang ngực là D tiêu chuẩn ở vị trí $1,3\text{m}$ cách mặt đất. Cây trưởng thành được quy ước tùy theo mỗi quốc gia. Các nhà lâm học Mỹ quy ước những

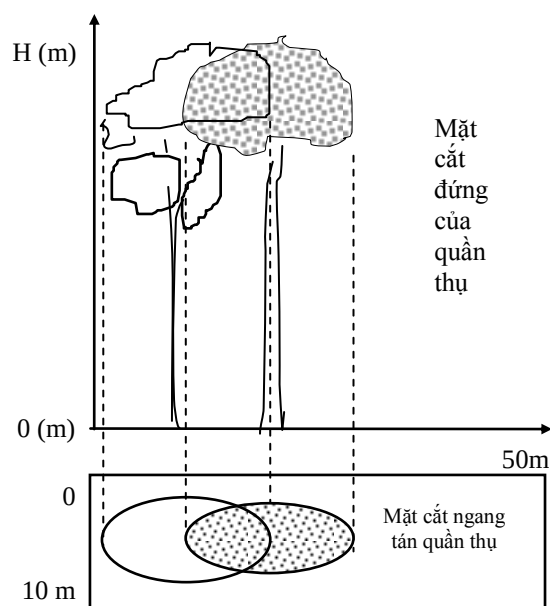
cây có $D \geq 2,5\text{cm}$ là cây trưởng thành. Ở Việt Nam, các nhà lâm học quy ước những cây có $D \geq 6\text{cm}$ là cây trưởng thành. Khi mô tả một quần thụ, những cây gỗ trưởng thành đều được thống kê tên loài, D , chiều cao (H , m), thể tích (V , m^3/ha)... Tùy theo mục đích nghiên cứu, chiều cao thân cây gỗ được đo theo chiều cao toàn thân hay chiều cao vút ngọn (H , m) và chiều cao dưới cành lớn nhất còn sống (H_{DC} , m). Chiều cao toàn thân là khoảng cách từ gốc đến đỉnh ngọn cây gỗ. Trong thực hành, hai chỉ tiêu D và H của cả quần thụ được phân chia theo các cấp. Đối với rừng tự nhiên, mỗi cấp $D = 4, 6, 8$ và 10 cm , còn cấp $H = 2, 4\text{m}$ tùy theo loại rừng. Đối với rừng trồng, mỗi cấp $D = 1, 2, 4\text{cm}$ tùy theo loại rừng. Việc đo đạc các chỉ tiêu D , H và V của các loài cây gỗ nhằm mục đích xác định sản lượng gỗ và vai trò sinh thái của chúng trong quần thụ.

(d) Mô tả sự phân tầng của quần thụ. Sự phân tầng (lớp cây) của quần thụ biểu thị sự phân bố của các loài cây gỗ theo chiều thẳng đứng. Để mô tả sự phân tầng của rừng mưa nhiệt đới, các nhà lâm học thường áp dụng phương pháp vẽ biểu đồ trắc diện (mặt cắt của rừng theo chiều đứng và ngang) của Davis và Richards (1933, 1934; Dẫn theo Thái Văn Trùng, 1998) (Hình 3.6).

Khi mô tả tầng cây gỗ được đưa vào nuôi dưỡng nhằm tạo gỗ có giá trị, hình thân đẹp và tia cành tốt, nhà lâm học còn phải xác định các nhóm sinh thái hay sự kết nhóm sinh thái giữa các loài cây gỗ (Ecological Groups = Interspecific associations). Đó là những loài cây gỗ sống bên nhau và quan hệ gần gũi với nhau về yêu cầu môi trường sống. Trong mỗi nhóm sinh thái, nhà lâm học cần phải chỉ ra những loài cây gỗ được nuôi dưỡng (loài cây kinh tế) và loài cây gỗ đóng vai trò trợ giúp cho sinh trưởng và phát triển của những loài cây gỗ kinh tế.

(e) Phân cấp sinh trưởng cây rừng. Cấp sinh trưởng của các cây gỗ trong một quần thụ biểu thị mức độ sinh trưởng và phát triển của chúng. Trong lâm học, chỉ tiêu này được sử dụng để tuyển chọn cây gỗ trong chặt nuôi rừng, đánh giá quan hệ cạnh tranh và chen ép lẫn nhau giữa các cây gỗ trong quần thụ, phản ánh quan hệ giữa cây gỗ với môi trường và đánh giá sản lượng của lập địa. Phân cấp sinh trưởng cây rừng còn được gọi là phân cấp sản lượng rừng. Đó là phân chia cây rừng thành những nhóm tương đồng về hình thái (thân, tán lá, mức phân cành), mức độ ra hoa và quả, trạng thái sức sống và sản lượng gỗ.

Hiện nay có nhiều phương pháp phân cấp sinh trưởng cây rừng, nhưng thông dụng nhất là phương pháp phân cấp cây rừng của Kraft (1884) (Người Đức). Theo Kraft (1884; Dẫn theo Belov, 1976), toàn bộ cây gỗ trong một quần thụ được phân chia thành 5 cấp sinh trưởng theo thứ tự giảm dần sức sống. Cây cấp I là những cá thể sinh trưởng tốt nhất. Cây cấp II và III tương ứng là những cá thể sinh trưởng ở mức khá và trung bình. Cây cấp IV và V tương ứng là những cá thể sinh trưởng ở mức kém và bị đào thải. Hình 3.7 mô tả hình thái cơ bản của 5 cấp sinh trưởng cây rừng. Chỉ tiêu sử dụng để phân cấp sinh trưởng cây



Hình 3.6. Biểu đồ trắc diện rừng theo cách mô tả của Davis và Richards (1933, 1934).

rừng là vị trí tán cây trong tán rừng, độ lớn và hình dạng tán lá, khả năng ra hoa và quả, tình trạng sức sống (sinh lực), cây còn sống hay đã chết... Mỗi chỉ tiêu có một hệ thống tiêu chuẩn để nhận biết và đánh giá.

Cây cấp I là những cá thể cao nhất, đường kính thân lớn nhất, tán lá phát triển tốt nhất, ra hoa và quả nhiều nhất. Chiều cao của chúng bằng $1,2-1,3H_{BQ}$; trong đó H_{BQ} là chiều cao bình quân của rừng. Đây là nhóm cây sinh sản mạnh nhất và cho sản lượng và chất lượng gỗ cao nhất.

Cây cấp II là những cá thể sinh trưởng và phát triển tốt, nhưng có các tiêu chuẩn thấp hơn so với cây cấp I. So với H_{BQ} của quần thụ, chiều cao cây cấp II đạt $1,1-1,15H_{BQ}$. Cây cấp II cũng có khả năng sinh sản tốt, chất lượng di truyền tốt, tỉa cành tự nhiên tốt và thường chiếm số lượng cá thể lớn hơn so với cây cấp I.

Cây cấp III là những cá thể sinh trưởng và phát triển ở mức trung bình, chiều cao đạt $0,95-1,1H_{BQ}$, sản lượng hoa và quả bằng 35-40% so với cây cấp I. Số lượng cây cấp III là lớn nhất.

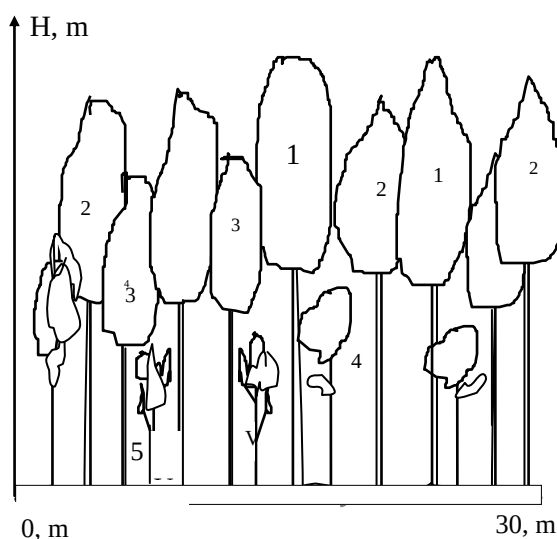
Cây cấp IV là những cá thể bị chèn ép, nhưng tán của chúng vẫn có thể tham gia vào tầng thấp của tán rừng. Cây cấp IV được phân nhỏ thành hai nhóm. Nhóm IVa là những cây có tán hẹp nhưng đều. Cây cấp IVb là những cây có tán dạng cờ lệch về một phía. Nói chung, cây cấp IV sinh trưởng rất kém và không sinh sản. Nếu loại bỏ cây cấp IVb ra khỏi rừng, thì không để lại lỗ trống trong tán rừng. Ngược lại, khi loại bỏ cây cấp IVa, thì tán rừng hình thành những lỗ trống nhỏ.

Cây cấp V là những cá thể đang chết hoặc đã chết, nhưng chúng chưa bị đổ gãy trên mặt đất rừng. Cây cấp V cũng được phân chia thành hai nhóm. Nhóm Va là những cây đang chết nhưng một vài bộ phận còn sống. Nhóm Vb là những cây đã chết nhưng chưa bị đổ gãy trên sàn rừng. Nhóm cây cấp V là nhóm cây bị đào thải. Nếu loại bỏ những cây cấp V, thì tán rừng không hình thành những lỗ trống.

Phân cấp sinh trưởng cây rừng của Kraft (1884) có những ưu điểm cơ bản sau đây: (1) Sử dụng nhiều chỉ tiêu biểu thị vai trò của mỗi cá thể trong quần thụ; (2) Đơn giản và dễ áp dụng trong thực tế; (3) Xây dựng căn cứ khoa học để tuyển chọn cây giống và cây để lại nuôi dưỡng trong nuôi dưỡng rừng.

Hệ thống phân loại của Kraft (1884) có một số nhược điểm sau đây:

- (1) Chỉ áp dụng tốt cho rừng thuần loài đồng tuổi và rừng chưa qua tỉa thưa.
- (2) Vì chỉ sử dụng các chỉ tiêu định tính, nên kết quả phân loại phụ thuộc vào chủ quan. Ví dụ: Bằng mắt thường nhà lâm học không dễ so sánh những cây ra nhiều hoa và quả với những cây ra ít hoa và quả; giữa cây sinh trưởng mạnh với cây sinh trưởng trung bình.
- (3) Không phản ánh rõ động thái biến đổi của cây rừng theo thời gian. Thật vậy, những cây ưu thế và những cây bị chèn ép không phải lúc nào cũng giữ vị trí ổn định đến tuổi trưởng thành. Do sự tương tác qua lại giữa các cá thể cây rừng và giữa chúng với môi



Hình 3.7. Phân cấp cây rừng theo mức độ sinh trưởng của chúng.

trường, nên một bộ phận cây cấp I và II có thể chuyển xuống nhóm cây cấp III và cấp IV, còn một bộ phận cây cấp III và IV lại chuyển lên nhóm cây thuộc cấp cao hơn.

- (4) Không phản ánh rõ chất lượng kỹ thuật của cây rừng. Ví dụ: Hai cây có vị trí tán trong tán rừng như nhau, nhưng chất lượng thân có thể khác nhau. Một cây có thân thẳng và tròn đều, còn cây kia có thân cong hoặc hai thân.

Mặc dù còn một số nhược điểm, nhưng hệ thống phân cấp sinh trưởng cây rừng của Kraft (1884) vẫn được áp dụng nhiều trong nghiên cứu và sản xuất. Những hệ thống phân cấp sinh trưởng cây rừng khác được giới thiệu trong môn lâm sinh học.

(f) Xác định độ đầy quần thụ. Độ đầy quần thụ (Kí hiệu = P) biểu thị mức độ lợi dụng không gian sống của các cây gỗ trong quần thụ. Độ đầy quần thụ được xác định theo ba phương pháp cơ bản.

- (1) So sánh phân bố số cây theo các cấp D của quần thụ điều tra và quần thụ chuẩn.

- (2) Tỷ lệ tiết diện ngang của quần thụ điều tra (G_{DT} , m^2) và quần thụ chuẩn (G_{Opt} , m^2).

- (3) Mục trắc bằng mắt trên cơ sở so sánh quần thụ điều tra và quần thụ chuẩn.

Độ đầy của quần thụ (rừng) có thể tính theo độ đầy tuyệt đối và độ đầy tương đối. Độ đầy tuyệt đối là tổng tiết diện ngang thân trên 1ha (G , m^2/ha). Ví dụ: Tiết diện ngang của rừng Keo lai ở tuổi 10 tại tỉnh Đồng Nai là $15m^2/ha$, còn ở tuổi 20 là $30m^2/ha$ (Nguyễn Văn Thêm, 2023). Ngược lại, độ đầy tương đối là tỷ lệ phần mười giữa tiết diện ngang thân của quần thụ điều tra (G_{DT} , m^2/ha) và quần thụ chuẩn (G_{Opt} , m^2/ha), nghĩa là $P = G_{DT}/G_{Opt}$. Rừng chuẩn là rừng sử dụng đầy đủ tiềm năng của lập địa. Đối với mỗi loại rừng, lâm học quy ước rừng chuẩn là rừng có G_{Max} . Độ đầy (P) của rừng chuẩn bằng 1. Do đó, các rừng điều tra luôn có $P \leq 1$.

(g) Xác định mật độ quần thụ. Mật độ của quần thụ biểu thị số lượng cây gỗ trên đơn vị diện tích (Kí hiệu = N , cây/ha). Đây là chỉ tiêu quan trọng dùng để đánh giá động thái quần thụ, cấu trúc quần thụ, đặc điểm sinh thái của loài cây gỗ... Từ chỉ tiêu mật độ, nhà lâm học tính được diện tích sinh trưởng trung bình của một cá thể (S , $m^2/cây$) bằng cách chia diện tích 1ha đất cho mật độ quần thụ (N , cây/ha), nghĩa là $S (m^2/cây) = (10.000/N)$.

(h) Xác định độ tàn che và độ khép tán của quần thụ. Độ tàn che (Kí hiệu = C) là tỷ lệ (phần mười hoặc phần trăm) diện tích hình chiếu nằm ngang của tán quần thụ (S_T , m^2) trên mặt phẳng nằm ngang của lô đất có rừng (S , m^2), nghĩa là $C = S_T/S$. Giá trị của $C \leq 1$ hoặc $C \leq 100\%$. Độ khép tán giữa các cây rừng là chỉ tiêu biểu thị mức độ giao nhau giữa các tán lá (Kí hiệu = $S_{Tán}$). Chỉ tiêu này được tính bằng cách chia tổng diện tích hình chiếu nằm ngang của tất cả các tán lá cây gỗ (Tổng tán = S_{TT} , m^2) cho diện tích lô đất có rừng (S , m^2), nghĩa là $S_{Tán} = S_{TT}/S$. Độ khép tán có thể nhỏ hơn hay lớn hơn 1. Trong lâm học, độ tàn che và độ khép tán là những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá mức độ thiếu hụt ánh sáng dưới tán rừng, mức độ che bóng cho cây tái sinh, mức độ tỉa thưa của quần thụ trong khai thác chính và khai thác trung gian (chặt nuôi dưỡng rừng) và tình trạng của rừng. Độ tàn che và độ khép tán có thể được tính trực tiếp thông qua biểu đồ trắc diện ngang hoặc đo bằng thước chuyên dùng hoặc mục trắc bằng mắt.

(i) Xác định sản lượng của quần thụ. Tùy theo mục đích nghiên cứu, nhà lâm học có thể tính sản lượng quần thụ theo sản lượng gỗ hoặc theo sinh khối. Sản lượng gỗ của quần thụ còn được gọi là trữ lượng gỗ của quần thụ. Đó là tổng thể tích các thân cây gỗ trên 1ha, đơn vị tính là m^3/ha (Kí hiệu = M , m^3/ha). Theo sinh khối, sản lượng quần thụ là tổng sinh khối của các cây gỗ trên 1ha, đơn vị tính là tấn/ha (Kí hiệu = B , tấn/ha). Tùy theo mục đích nghiên cứu, nhà lâm học có thể tính sản lượng gỗ cho cả quần thụ hoặc cho từng tầng, từng loài cây gỗ và nhóm loài cây gỗ.

(2) Cây tái sinh. Trong lâm học, cây tái sinh là thuật ngữ biểu thị các thế hệ non của các loài cây gỗ sống và phát triển dưới tán rừng và trên khoảnh khai thác trắng. Chúng có khả năng tạo thành một quần thụ mới. Những đặc điểm này cho thấy cây tái sinh khác với cây bụi và cây thân thảo sống dưới tán rừng. Tùy theo tuổi, các thế hệ cây tái sinh của các loài cây gỗ có quan hệ với môi trường khác nhau, đồng thời có ý nghĩa lâm sinh - kinh tế khác nhau. Vì thế, các nhà lâm học phân chia và nghiên cứu đặc tính của cây tái sinh theo các giai đoạn sống khác nhau.

(a) Cây mầm. Đặc trưng cơ bản của cây mầm là chúng còn sống nhờ vào chất dinh dưỡng dự trữ trong hạt, sức sống phụ thuộc căn bản vào nguồn dự trữ và đặc điểm di truyền của hạt giống. Trong quan hệ với môi trường, chúng rất dễ bị dao động, thậm chí có thể chết nhanh chóng khi môi trường lâm vào tình trạng thiếu nước hoặc dư thừa ánh sáng. Trong thực hành, cây mầm là lớp cây gỗ non có tuổi nằm trong khoảng một vài tháng.

(b) Cây mạ. Đó là những thế hệ cây gỗ đã có khả năng tự đông hóa, tuổi khoảng một vài tháng đến 1-2 năm, chiều cao không vượt quá 50cm. Lớp cây mạ cũng dễ bị thay đổi khi gặp điều kiện bất lợi. Trong quan hệ với ánh sáng và nước, chúng cần sự che bóng cao, đất ẩm và thoáng khí. Nếu bị phơi ra ánh sáng đột ngột, thì chúng có thể bị đào thải hàng loạt.

(c) Cây con hay cây non. Đó là những thế hệ cây tái sinh thường có tuổi trên hai năm, chiều cao đã vượt khỏi tầng cây thân thảo và cây bụi. Trong quan hệ với ánh sáng, chúng cần ánh sáng khá cao. Do đó, việc mở tán rừng để đưa ánh sáng xuống gần mặt đất là cần thiết. Trong kinh doanh rừng, nhà lâm nghiệp xem lớp cây con là thế hệ cây dự trữ quan trọng.

(3) Cây tầng thấp. Cây tầng thấp còn gọi là cây tầng dưới. Đó là tập hợp những cây bụi và một số loài cây gỗ nhỏ sống dưới tán rừng. Trong sinh thái rừng, nhà lâm học xem cây bụi có hai vai trò trái ngược nhau: có lợi và có hại. Mặt có lợi của cây bụi biểu hiện khi chúng ngăn cản sự phát sinh cỏ dại, làm giàu dinh dưỡng đất, tạo nơi cư trú cho hệ động vật và côn trùng, che phủ đất chống khô hạn và chống xói mòn đất... Mặt có hại của cây bụi biểu hiện khi chúng ngăn cản ánh sáng và cạnh tranh chất khoáng và nước với cây tái sinh, ngăn cản sự tiếp đất của hạt giống, chiếm không gian sống của cây gỗ non... Vì thế, tùy theo từng trường hợp cụ thể, nhà lâm học có thể đưa ra quyết định xử lý cây bụi một cách thích hợp.

(4) Cây thân thảo. Cây thân thảo là thực vật có thân không hóa gỗ. Do phần lớn cây thân thảo có lá thường xanh và sống tập trung thành từng đám ở những nơi đất ẩm dưới tán rừng, nên nhà lâm học gọi chúng là lớp thảm tươi hay lớp thảm cỏ. Thảm tươi cũng có hai ý nghĩa tương tự như cây bụi. Trong lâm học, người ta dựa vào khả năng chỉ thị của một số cây thân thảo để nhận biết và phân chia điều kiện lập địa rừng. Việc xử lý thảm tươi như thế nào là tùy thuộc vào ý nghĩa của chúng trong những điều kiện cụ thể của lập địa và tình trạng rừng.

(5) Cây thân leo. Cây thân leo là thực vật có thân không tự đứng vững trên mặt đất mà chúng phải dựa vào các giá đỡ. Ở rừng, các giá đỡ là thân cây gỗ và cây bụi. Các loài cây thân leo sống trong mọi tầng rừng. Vì thế, chúng được gọi là thực vật ngoại tầng. Cây thân leo cũng có hai ý nghĩa tương tự như cây bụi và thảm tươi. Trong lâm học, việc xử lý cây thân leo như thế nào là tùy thuộc vào ý nghĩa của chúng trong những điều kiện cụ thể của lập địa và tình trạng rừng.

(6) Cây thất nghệt và cây ký sinh. Cây thất nghệt là những cây gỗ nhưng đời sống ban đầu sống nhờ vào những loài cây gỗ khác. Theo thời gian, hệ rễ của cây thất nghệt phát triển và ôm chặt cây chủ. Kết quả của hiện tượng này dẫn đến cây chủ sinh trưởng kém hoặc bị chết. Cây ký sinh là thực vật sống ký sinh trên thân và cành của những loài cây gỗ

khác. Trong lâm học, việc xử lý cây thắt nghệt và cây ký sinh như thế nào là tùy thuộc vào ý nghĩa của chúng trong những điều kiện cụ thể của lập địa và tình trạng rừng.

(7) Sàn rừng. Sàn rừng (nền rừng) còn được gọi là lớp thảm mục rừng hay lớp đệm trên mặt đất rừng. Đó là lớp vật rụng (lá, hoa, quả, vỏ...) và thân cây gỗ đã chết (xác chết của cây gỗ) ở trạng thái bán phân hủy phủ trên bề mặt đất rừng. Sàn rừng cũng chứa nhiều sinh vật nhỏ bé (Giun đất, Cuồn chiếu, Vi sinh vật...). Vì thế, sàn rừng là một bộ phận quan trọng trong sự trao đổi vật chất và năng lượng giữa rừng và đất. Sàn rừng có ba ý nghĩa lớn về lâm học: (a) Nó là nguồn dự trữ chất khoáng và đạm cần thiết cho cây rừng; (b) Nó làm tăng sự hấp thụ nước mưa, hạn chế dòng chảy bề mặt...; (c) Nó là nơi ở của hệ động vật đất và vi sinh vật đất. Sàn rừng cũng gây ra một số bất lợi cho rừng: (a) Ngăn cản tái sinh rừng; (b) Ngăn cản sự trao đổi nhiệt giữa đất và không khí; (c) Nguồn vật liệu cháy nguy hiểm về mùa khô hạn. Vì thế, tùy theo từng điều kiện môi trường cụ thể, nhà lâm học đưa ra quyết định xử lý sàn rừng một cách thích hợp.

(8) Lập địa rừng. Lập địa rừng (Forest Site) là tập hợp những điều kiện môi trường (khí hậu, đất, địa hình, thảm thực vật, hoạt động lâm sinh...) trong phạm vi phân bố của rừng ở một khu vực nhất định. Lập địa rừng được các nhà lâm học sử dụng để đánh giá tiềm năng của môi trường tạo ra sản lượng rừng. Lập địa rừng được phân chia thành 3 cấp.

Cấp lập địa	Tên gọi	Tiêu chuẩn phân chia
I	Vùng sinh thái	Vị trí địa lý, khí hậu, thảm thực vật.
II	Kiểu lập địa	Tiểu vùng khí hậu, đất, kiểu rừng.
III	Dạng lập địa	Tiểu khí hậu, đất, địa hình, trạng thái thảm thực vật.

Lập địa cấp I là các vùng sinh thái. Các vùng sinh thái được phân chia dựa theo sự khác biệt về vị trí địa lý (độ kinh, độ vĩ), khí hậu miền (Region Climate) và kiểu thảm thực vật rừng. Mục đích của phân loại vùng sinh thái là cung cấp các thông tin về môi trường và rừng để làm cơ sở cho phân vùng kinh doanh rừng và sử dụng đất rừng ở cấp vùng và toàn quốc.

Từ góc độ lâm nghiệp, lãnh thổ Việt Nam được phân chia thành 9 vùng sinh thái (<https://vi.wikipedia.org/wiki/>). Vùng sinh thái I là vùng Tây Bắc Bộ (Điện Biên, Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình). Khí hậu á nhiệt đới với một mùa đông lạnh. Địa hình là núi cao, cao nguyên và đồi cao. Đất bao gồm đất feralit đỏ vàng và đất phù sa cổ bạc màu. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và nửa rụng lá và cây gỗ lá kim. Vùng sinh thái II là vùng Trung tâm (Lào Cai, Yên Bái, Hà Giang, Tuyên Quang, Phú Thọ, Vĩnh Phúc). Khí hậu á nhiệt đới với một mùa đông khá lạnh. Địa hình là núi, cao nguyên và đồi. Đất bao gồm đất feralit đỏ vàng và đất phù sa cổ bạc màu. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và nửa rụng lá và cây gỗ lá kim. Vùng sinh thái III là vùng Đông Bắc (Cao Bằng, Lạng Sơn, Bắc Kạn, Thái Nguyên, Quảng Ninh, Bắc Giang). Khí hậu á nhiệt đới với một mùa đông khá lạnh. Địa hình là núi, cao nguyên và đồi. Đất bao gồm đất feralit đỏ vàng và đất phù sa cổ bạc màu. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và nửa rụng lá và cây gỗ lá kim. Vùng sinh thái IV là vùng đồng bằng sông Hồng (Hải Phòng, Hải Dương, Bắc Ninh, Hưng Yên, Hà Nội, Thái Bình, Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình, Vĩnh Phúc). Khí hậu nhiệt đới với một mùa đông tương đối lạnh. Địa hình chủ yếu là đồng bằng châu thổ. Đất phù sa được hình thành do các dòng chảy của sông Hồng và sông Thái Bình. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và cây gỗ ngập nước mặn ven biển. Vùng sinh thái V là

vùng Bắc Trung Bộ (Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế). Khí hậu nhiệt đới, lượng mưa cao và một mùa đông tương đối lạnh. Địa hình là đồng bằng hẹp, đồi thấp và núi cao. Đất bao gồm đất phù sa, đất feralit đỏ vàng và đất bazan. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh, một ít cây gỗ lá kim và cây gỗ sống trên đất ngập nước mặn ven biển. Vùng sinh thái VI là vùng duyên hải Nam Trung Bộ (Đà Nẵng, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận). Khí hậu nhiệt đới, lượng mưa cao và một mùa đông ẩm. Địa hình là đồng bằng hẹp, đồi thấp và núi cao. Đất bao gồm đất phù sa và đất feralit đỏ vàng. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và nửa rụng lá, một ít cây gỗ lá kim và cây gỗ sống trên đất ngập nước mặn ven biển. Vùng sinh thái VII là vùng Tây Nguyên (Gia Lai, Kon Tum, Lâm Đồng, Đắk Nông, Đắk Lắk). Khí hậu á nhiệt đới, lượng mưa cao và một mùa đông tương đối lạnh. Địa hình là cao nguyên, đồi thấp và núi cao. Đất bao gồm đất bazan và đất feralit đỏ vàng. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng thường xanh và nửa rụng lá và cây gỗ lá kim. Vùng sinh thái VIII là vùng Đông Nam Bộ (Đồng Nai, Bình Dương, Bình Phước, Tây Ninh, Thành phố Hồ Chí Minh, Bà Rịa-Vũng Tàu). Khí hậu nhiệt đới điển hình, lượng mưa cao và không có mùa đông lạnh. Địa hình là đồi thấp và đồng bằng hẹp. Đất bao gồm đất phù sa cổ, đất feralit đỏ vàng và đất bazan. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ lá rộng (thường xanh và nửa rụng lá) và cây gỗ sống trên đất ngập nước mặn ven biển. Vùng sinh thái IX là vùng Tây Nam Bộ (Long An, Tiền Giang, Bến Tre, Đồng Tháp, Trà Vinh, Vĩnh Long, Cần Thơ, Hậu Giang, An Giang, Kiên Giang, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau). Khí hậu cận nhiệt đới, lượng mưa cao và không có mùa đông lạnh. Địa hình là đồng bằng. Đất bao gồm đất phù sa ngọt, đất phèn và đất mặn. Thảm thực vật rừng chủ yếu là các loài cây gỗ thích nghi với đất ngập nước mặn và nước phèn.

Lập địa cấp II được xác định trong phạm vi một vùng sinh thái. Trong một vùng sinh thái, điều kiện sống của rừng được phân chia thành các kiểu lập địa rừng. Đó là kiểu môi trường chuyên biệt của một kiểu rừng. Mỗi kiểu rừng có sự tương đồng về tiểu khí hậu, nhóm đất và đặc trưng cơ bản của rừng. Tiểu khí hậu là đơn vị chia nhỏ của khí hậu vùng. Các kiểu rừng được phân biệt theo 4 tiêu chuẩn: dạng sống của thực vật, độ tàn che của tán rừng, hình thái và vật hậu của tán lá. Ví dụ: (1) Rừng kín lá rộng thường xanh; (2) Rừng kín lá rộng nửa rụng lá; (3) Rừng lá kim trên núi cao. Khí hậu được phân chia theo chế độ khô ẩm (lượng mưa trung bình, độ ẩm không khí trung bình và chỉ số khô hạn). Ví dụ: Vùng mưa ẩm, ẩm, hơi khô và khô. Đất được phân chia thành 3 nhóm: đất phù sa, đất feralit, đất mùn. Đất phù sa phân bố ở vùng đồng bằng, ven sông và suối. Đặc tính của đất phù sa là giàu dinh dưỡng và ẩm. Đất feralit phân bố trên các vùng đồi và núi; trong đó bao gồm đất feralit đỏ nâu trên đá bazan, đất feralit đỏ vàng trên đá phiến sét, đất xám trên phù sa cổ, đất xám trên đá hoa cương... Đất mùn phân bố trên núi cao. Tên của kiểu lập địa rừng được đặt theo tên kiểu rừng và đất. Ví dụ: (1) Kiểu lập địa rừng lá rộng thường xanh trên đất bazan nâu đỏ; (2) Kiểu lập địa rừng lá rộng thường xanh trên đất xám phù sa cổ. Mỗi kiểu lập địa rừng được phân chia nhỏ thành các kiểu phụ lập địa rừng hay các khảm lập địa rừng (Forest Site Mosaic). Kiểu phụ lập địa rừng là tập hợp những khu rừng của một kiểu rừng nằm trong một vùng thuần nhất về tiểu khí hậu và đất nhưng khác nhau về địa hình. Địa hình được phân chia thành 3 kiểu: đồng bằng, đồi, núi. Địa hình đồng bằng có độ cao dưới 25m so với mặt biển. Địa hình đồi được phân chia thành đồi thấp (Độ cao < 100m so với mặt biển); đồi trung bình (Độ cao = 100-200m so với mặt biển) và đồi cao (Độ cao = 200-300m so với mặt biển). Địa hình núi được phân chia thành núi thấp (Độ cao = 300-700m so với mặt biển); núi trung bình (Độ cao = 700-1.500m so với mặt biển) và núi cao (Độ cao > 1.500m so với mặt biển). Tên của kiểu phụ lập địa rừng được đặt theo tên kiểu

rừng phụ + kiểu đất + kiểu địa hình. Ví dụ: (1) Kiểu lập địa rừng lá rộng thường xanh hơi khô trên đất bazan ở đồi cao; (2) Kiểu lập địa rừng lá rộng thường xanh hơi khô trên đất bazan ở đồi trung bình. Các kiểu lập địa rừng và kiểu phụ lập địa rừng được phân chia ở phạm vi một tỉnh. Những kiểu lập địa rừng được khoanh vẽ lên bản đồ với tỷ lệ 1/50.000-1/100.000.

Lập địa cấp III là các dạng lập địa. Dạng lập địa được phân chia ở phạm vi một kiểu phụ lập địa rừng. Dạng lập địa là một khoảnh rừng thuần nhất về tiêu khí hậu, loại đất, dạng địa hình và trạng thái của rừng. Ví dụ: Rừng kín thường xanh trên đất bazan nâu đỏ ở miền Đông Nam Bộ được phân loại thành 4 nhóm dựa theo sản lượng gỗ (M , m^3/ha): (a) Sản lượng gỗ thấp ($M < 100m^3/ha$); (b) Sản lượng gỗ trung bình ($M = 100 \div 200m^3/ha$); (c) Sản lượng gỗ cao ($M = 200 \div 300m^3/ha$); (d) Sản lượng gỗ rất cao ($M > 300m^3/ha$) (Nguyễn Văn Thêm, 2023). Rừng trồng được phân chia theo loài cây gỗ và cấp tuổi. Mỗi dạng lập địa trong 1 kiểu phụ lập địa rừng được đặt tên ngắn gọn theo kiểu trạng thái rừng, loại đất và dạng địa hình. Ví dụ: (1) Dạng lập địa rừng kín thường xanh với sản lượng gỗ thấp trên đất bazan ở sườn đồi thấp; (2) Dạng lập địa rừng kín thường xanh với sản lượng gỗ trung bình trên đất feralit đỏ vàng ở sườn đồi thấp. Ở những nơi đã mất rừng, dạng lập địa là một khoảnh đất thuần nhất về tiêu khí hậu, loại đất, dạng địa hình và trạng thái của thảm cây bụi và cây thân thảo. Ví dụ: (1) Dạng lập địa cây thân thảo xen cây bụi rải rác trên đất bazan ở sườn đồi cao; (2) Dạng lập địa cây bụi cao và kín trên đất bazan ở sườn đồi thấp. Dạng lập địa là đơn vị nhỏ nhất của kinh doanh rừng. Các dạng lập địa là đơn vị cơ bản để xây dựng các phương thức lâm sinh (khai thác-tái sinh rừng, trồng và nuôi rừng). Nó được áp dụng ở quy mô cấp chủ rừng. Các dạng lập địa được khoanh vẽ trên bản đồ với tỷ lệ 1/25.000 hoặc 1/10.000. Mỗi dạng lập địa có diện tích khoảng 0,5÷1,0 ha.

Lập địa rừng bao gồm rất nhiều thành phần. Các thành phần này rất khó đo đạc và đánh giá. Trong lâm học, chất lượng của lập địa được xác định theo hai phương pháp. Một là phương pháp sử dụng điều kiện địa lý (độ kinh, độ vĩ, khí hậu, đất, địa hình) là trung tâm. Hai là phương pháp sử dụng thảm thực vật là trung tâm. Phương pháp thứ nhất giả định các điều kiện khí hậu, đất và địa hình ấn định sản lượng rừng. Thông thường, phương pháp thứ nhất sử dụng độ dày tầng đất, độ ẩm đất, trạng thái chất khoáng của đất và bức xạ hoạt tính quang hợp là số đo trực tiếp, còn số đo gián tiếp là dạng khí hậu, dạng đất và dạng địa hình. Trái lại, phương pháp thứ 2 giả định sản lượng rừng là phản hồi của rừng đối với điều kiện lập địa, nghĩa là sản lượng rừng = $f(\text{lập địa})$. Phương pháp này sử dụng sản lượng gỗ trên các lập địa là số đo trực tiếp, còn số đo gián tiếp là H của quần thụ. Nói chung, những số đo trực tiếp của cả hai phương pháp kể trên là những số đo rất khó xác định. Trái lại, những số đo gián tiếp có thể được xác định khá dễ dàng.

Chất lượng của lập địa rừng phản ánh khả năng của lập địa đảm bảo cho sinh trưởng của rừng hoặc tạo ra sản lượng rừng. Vì thế, chất lượng của lập địa còn được gọi là sản lượng của lập địa. Sản lượng của một loài cây gỗ thay đổi tùy theo lập địa. Trên cùng một lập địa, sản lượng của loài cây gỗ này khác với sản lượng của loài cây gỗ khác. Vì thế, chất lượng của lập địa được đánh giá theo từng loài cây gỗ hoặc nhóm loài cây gỗ có sự tương đồng về sinh thái. Thông thường, nhà lâm học đánh giá chất lượng lập địa của rừng trồng thông qua sản lượng gỗ mà nó tạo ra ở tuổi nào đó. Tuổi rừng được sử dụng để đánh giá chất lượng lập địa là tuổi cơ sở (A_0 , năm). Chất lượng của lập địa rừng cũng có thể được xác định theo tiết diện ngang (G , m^2/ha), sản lượng gỗ (M , m^3/ha), chiều cao trung bình (H_{BQ} , m), chiều cao trung bình của những cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế (H_D , m)...Đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi, chất lượng của lập địa cũng có thể được đánh giá theo năng suất gỗ trung bình năm (ΔM , $m^3/ha/năm$). Khi ΔM nhỏ hơn một giá trị giới hạn dưới nào đó, thì lập địa không tạo ra sản lượng gỗ cao.

Để đơn giản, các nhà lâm học đánh giá chất lượng của lập địa rừng theo chỉ số lập địa rừng (Forest Site Index = SI). Chỉ số SI được xác định theo sản lượng gỗ của quần thụ trên một đơn vị diện tích (Kí hiệu: M , m^3/ha). Tuy vậy, sản lượng gỗ là chỉ tiêu rất khó xác định tại rừng. Sản lượng gỗ tồn tại mỗi quan hệ chặt chẽ với chiều cao bình quân (H_{BQ} , m) của quần thụ và chiều cao bình quân của những cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế (H_D , m). Vì thế, chỉ số SI thường được xác định gián tiếp thông qua biến động của H_{BQ} hoặc H_D của quần thụ ở tuổi cơ sở (A_0 , năm) hoặc đường kính cơ sở (D_{CS} , cm). Ở rừng trồng thuần loài, chỉ số SI được xác định theo H_{BQ} hoặc H_D ở tuổi cơ sở (A_0 , năm). Tuổi cơ sở là tuổi rừng được sử dụng để phân chia chỉ số SI. Ở rừng trồng khác loài, chỉ số SI được xác định riêng rẽ cho từng loài cây gỗ. Ở rừng tự nhiên, chỉ số SI được xác định theo H_{BQ} của những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế ở cấp D_{CS} . Cấp D_{CS} là cấp D trung bình của những cây lớn nhất thuộc những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế.

Chỉ số SI được các nhà lâm học sử dụng để xác định sản lượng tương đối hay sản lượng tiềm năng của một lập địa nhất định. Đó là khả năng của một vùng đất để loài cây gỗ sinh trưởng. Chỉ số SI phụ thuộc vào loài cây gỗ, phương thức lâm sinh và điều kiện môi trường. Nếu chỉ số SI chỉ được xây dựng dựa theo sản lượng gỗ hoặc chiều cao của rừng, thì nó phản ánh không đầy đủ tiềm năng của lập địa rừng. Để đánh giá chính xác tiềm năng của lập địa rừng, nhà lâm học cần phải nghiên cứu chi tiết các đặc trưng của khí hậu, đất, địa hình và nhiều nhân tố sinh thái khác.

Các lập địa rừng thường được phân chia thành 5 cấp từ I-V theo thứ tự từ lập địa rất tốt, tốt, trung bình, xấu và rất xấu. Các chỉ số SI cũng được phân chia thành 5 cấp từ I-V theo thứ tự giảm dần theo cấp H_D . Khi phân chia chất lượng lập địa theo H_D , thì mỗi cấp chỉ số SI nhận giá trị H_D nhất định. Cấp chỉ số SI thường được xây dựng riêng rẽ cho từng loài cây gỗ hoặc nhóm loài cây gỗ có sự tương đồng về đặc tính sinh thái. Theo sản lượng gỗ, 5 cấp chất lượng lập địa tương ứng với 5 cấp sản lượng gỗ (rất cao, cao, trung bình, thấp và rất thấp). Mức độ cao thấp của sản lượng gỗ được xác định tùy theo loài cây gỗ. Các cấp lập địa rừng là những chỉ tiêu động, nghĩa là chúng thay đổi tùy theo loài cây gỗ và tuổi rừng. Các cấp lập địa và cấp chỉ số SI của các loài cây gỗ được lập thành biểu và ghi lại trong sổ tay điều tra rừng.

3.8. Ý nghĩa của sinh thái rừng trong kinh doanh rừng

Sinh thái rừng hay lâm học là một môn sinh thái học ứng dụng. Các kết quả nghiên cứu của sinh thái rừng là cơ sở khoa học cho kỹ thuật lâm sinh; phân loại các thảm thực vật rừng; phân loại các lập địa; phân vùng sản xuất lâm nghiệp; xác định cơ cấu cây trồng hợp lý; xây dựng các phương thức kinh doanh rừng; xác định chiến lược diệt trừ sâu bệnh và những loài gây hại khác; xây dựng các giải pháp bảo vệ và bảo tồn những loài cây - con quý và hiếm; xây dựng hệ thống các biện pháp tổng hợp để bảo vệ rừng và môi trường, phòng chống ô nhiễm môi trường...

3.9. Tóm tắt chương 1

Sinh thái rừng nghiên cứu mối quan hệ qua lại giữa rừng với môi trường sống của chúng. Đối tượng nghiên cứu của sinh thái rừng bắt đầu từ mức cá thể đến quần thể, quần xã và hệ sinh thái. Rừng là một hệ sinh thái, không phải là quần xã cây gỗ (Tree Community). Rừng là một hệ thống rất phức tạp và biến đổi liên tục theo thời gian và không gian. Việc dự báo chính xác các điều kiện và sự kiện xảy ra ở rừng là hết sức khó khăn. Do đó, để dự báo chính xác những kết quả của kinh doanh rừng, nhà lâm học không

chỉ cần có kiến thức về rừng chưa được đưa vào kinh doanh, mà còn phải hiểu rõ các phương thức kinh doanh ảnh hưởng đến các thành phần của rừng đã đưa vào kinh doanh. Điều này đòi hỏi nhà lâm học phải tiếp cận được các phương pháp nghiên cứu hệ sinh thái. Các kết quả nghiên cứu của sinh thái rừng chỉ là một trong những cơ sở khoa học để đưa ra các quyết định về kinh doanh rừng và sử dụng rừng.

Câu hỏi chương 3

- (1) Sinh thái rừng là gì? Đối tượng nghiên cứu và ý nghĩa của sinh thái rừng?
- (2) Trình bày khái niệm về hệ sinh thái rừng và những đặc tính của nó?
- (3) Tại sao nói sự biến đổi theo thời gian là một đặc trưng rất quan trọng của hệ sinh thái rừng?
- (4) Vì sao nhà lâm nghiệp quan tâm không chỉ đến quần xã cây gỗ, mà còn cả hệ sinh thái rừng?
- (5) Tại sao nói khái niệm hệ sinh thái rừng là khái niệm rất quan trọng không chỉ đối với sinh thái rừng, mà còn đối với kinh doanh rừng?
- (6) Cho biết ý nghĩa của khái niệm các mức hợp nhất sinh học có thực?
- (7) Định nghĩa rừng là gì?
- (8) Mô tả các thành phần của rừng?
- (9) Tại sao phải xây dựng biểu chỉ số lập địa cho các loài cây gỗ?
- (10) Tại sao các cây gỗ hình thành rừng đồng tuổi có sự phân hóa về kích thước?

Chương 4

SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG

4.1. Mở đầu

Tất cả các sinh vật đều cần có năng lượng. Chúng là những bộ máy tích lũy năng lượng. Để tái sản xuất, sinh vật đòi hỏi sự tăng trưởng. Để tăng trưởng, sinh vật cần phải có năng lượng mới. Để có năng lượng mới, chúng phải hoạt động. Muốn hoạt động được chúng phải có năng lượng. Việc nghiên cứu mối liên hệ giữa các các nguồn năng lượng (thu nhận, tích lũy, truyền và mất mát) trong các hệ sinh thái được gọi là sinh thái học sản lượng (Production Ecology).

Cuộc đấu tranh giữa các sinh vật là cuộc đấu tranh giành năng lượng để tồn tại, duy trì và tái sản xuất sự sống. Mật độ, sản lượng, sự phân bố của sinh vật (ba chủ đề trung tâm của sinh thái học quần thể và quần xã) đều được ấn định bởi khả năng cung cấp năng lượng, mặc dù những khả năng này còn phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác. Vì thế, khả năng cung cấp năng lượng thường không phải là nhân tố quyết định. Trong sinh thái học, chúng ta cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của nhiều nhân tố sinh thái đến cây gỗ và rừng.

Năng lượng là một lực lượng điều khiển các hệ sinh thái. Các đặc tính sinh lý, hình thái, trạng thái sức sống, mật độ, sự phân bố và vai trò sinh thái của sinh vật đều do khả năng thỏa mãn năng lượng quyết định. Muốn hiểu rõ một hệ sinh thái, nhà lâm học cần phải hiểu rõ: (1) Những con đường tích lũy và truyền năng lượng, (2) Các nhân tố ấn định các quá trình tích lũy và truyền năng lượng, (3) Động thái năng lượng bên trong hệ sinh thái và giữa các hệ sinh thái. [Chương 4](#) giới thiệu quá trình tích lũy và truyền năng lượng trong các hệ sinh thái.

4.2. Chu trình trao đổi năng lượng trong hệ sinh thái

4.2.1. Các nguồn năng lượng cung cấp cho sinh vật

Theo quan niệm của sinh thái học hiện đại, năng lượng đi qua hệ sinh thái cũng hoạt động theo các định luật nhiệt động học của vật lý. Định luật thứ nhất phát biểu rằng *“Năng lượng không tự sinh ra cũng không tự mất đi mà chỉ có thể chuyển từ dạng này sang dạng khác”*. Ví dụ: Năng lượng ánh sáng mặt trời có thể chuyển thành hóa năng trong quang hợp của thực vật. Định luật thứ hai phát biểu rằng *“Khi năng lượng được chuyển hóa từ dạng này sang dạng khác thì không được bảo toàn 100% mà thường bị hao hụt đi một lượng nhiệt nhất định”*. Chẳng hạn: Khi động vật ăn cỏ sử dụng năng lượng chứa trong chất hữu cơ của cây cỏ, thì một phần năng lượng bị hao hụt (chứa trong phân và nước tiểu).

Chúng ta có thể phân biệt sự đa dạng của các loài thực vật, động vật và vi sinh vật dựa theo nguồn năng lượng cung cấp cho chúng. Chính sự khác biệt về cách thức thu nhận năng lượng của các loài sinh vật là cơ sở để phân loại chức năng của chúng. Ranh giới cơ bản của sự phân chia là giữa các sinh vật sử dụng năng lượng vô cơ (sinh vật tự dưỡng) và các sinh vật sử dụng năng lượng hữu cơ (sinh vật dị dưỡng).

Sinh vật tự dưỡng (Autotrophs) sử dụng nguồn năng lượng độc lập với các sinh vật khác. Sinh vật tự dưỡng còn được gọi là sinh vật sản xuất sơ cấp (Primary producers), bởi vì chúng hấp thụ năng lượng bức xạ mặt trời hoặc năng lượng từ các chất vô cơ và biến đổi thành hóa năng có ích dưới dạng các hợp chất hữu cơ cao phân tử (ATP = Adenozintriphosphat) phục vụ cho quá trình tổng hợp các hợp chất carbon. Các hợp chất

hữu cơ cao năng lượng này là nguồn cung cấp năng lượng cho các sinh vật dị dưỡng. Sinh vật tự dưỡng gồm có hai loại: sinh vật quang dưỡng và sinh vật hóa dưỡng. Sinh vật quang dưỡng sử dụng một phần nhỏ năng lượng điện từ của ánh sáng mặt trời trong quá trình quang hợp. Quá trình này phụ thuộc vào diệp lục tố. Diệp lục hấp thụ các bước sóng của bức xạ mặt trời cùng với H_2O từ đất và CO_2 từ không khí và biến đổi chúng thành đường glucoza. Thực vật màu xanh là các sinh vật quang dưỡng.

Khác với sinh vật quang dưỡng, sinh vật hóa dưỡng hấp thụ năng lượng từ các chất vô cơ đơn giản. Ví dụ: Sinh vật hóa dưỡng hấp thụ năng lượng bằng cách oxy hóa SO_2 thành lưu huỳnh tự do; oxy hóa lưu huỳnh thành ion sunphat (SO_4^{2-}); oxy hóa các ion NH_4^+ thành N_2 hoặc nitrit; oxy hóa NO_2 thành NO_3^- . Mỗi quá trình oxy hóa kèm theo sự giải phóng năng lượng. Mặc dù các sinh vật hóa dưỡng đóng góp một phần rất nhỏ vào nguồn năng lượng tổng số của hệ sinh thái rừng, nhưng chúng có vai trò sinh thái rất to lớn. Ví dụ: Các vi sinh vật oxy hóa lưu huỳnh chứa trong các chất thải công nghiệp có thể tạo ra axit sunfuric và gây chua cho môi trường đất và nước, đồng thời giải phóng một số kim loại nặng độc hại khác. Thông qua việc chuyển đổi các ion amôni thành nitrat có thể làm tăng nồng độ nitơ trong các nguồn nước. Kết quả gây hại cho sức khỏe con người, nhất là trẻ em và người cao tuổi.

Sinh vật dị dưỡng (Heterotrophs) không thể sử dụng trực tiếp năng lượng mặt trời hoặc năng lượng hóa học của các chất vô cơ. Chúng phụ thuộc vào nguồn năng lượng lấy từ việc oxy hóa các phân tử hữu cơ cao năng lượng. Ví dụ: Các sinh vật dị dưỡng đồng hóa carbon hydrat, các chất béo, protein. Các sinh vật dị dưỡng được gọi là sinh vật tiêu thụ. Chúng luôn phụ thuộc vào sinh vật tự dưỡng. Sinh vật dị dưỡng bao gồm 4 loại:

- (1) Động vật ăn thực vật hay sinh vật tiêu thụ bậc một. Loại này sử dụng năng lượng chứa trong các chất hữu cơ của thực vật.
- (2) Động vật ăn thịt hay sinh vật tiêu thụ bậc hai, bậc ba... Chúng sử dụng năng lượng chứa trong các chất hữu cơ của động vật. Động vật ăn thịt đầu tiên đáp ứng nhu cầu năng lượng của mình bằng cách ăn thịt động vật ăn cỏ. Động vật ăn thịt bậc hai (sinh vật tiêu thụ bậc ba) ăn động vật của các bậc trên...
- (3) Động vật ăn tạp. Đó là những động vật sử dụng năng lượng chứa trong các chất hữu cơ của thực vật và động vật. Ví dụ: Chó, Heo, Cá là các động vật ăn tạp...
- (4) Sinh vật phân hủy. Đó là những sinh vật sử dụng năng lượng chứa trong các chất hữu cơ đã chết. Các chất hữu cơ đã chết bao gồm xác của thực vật, động vật hoặc chất bài tiết của động vật.

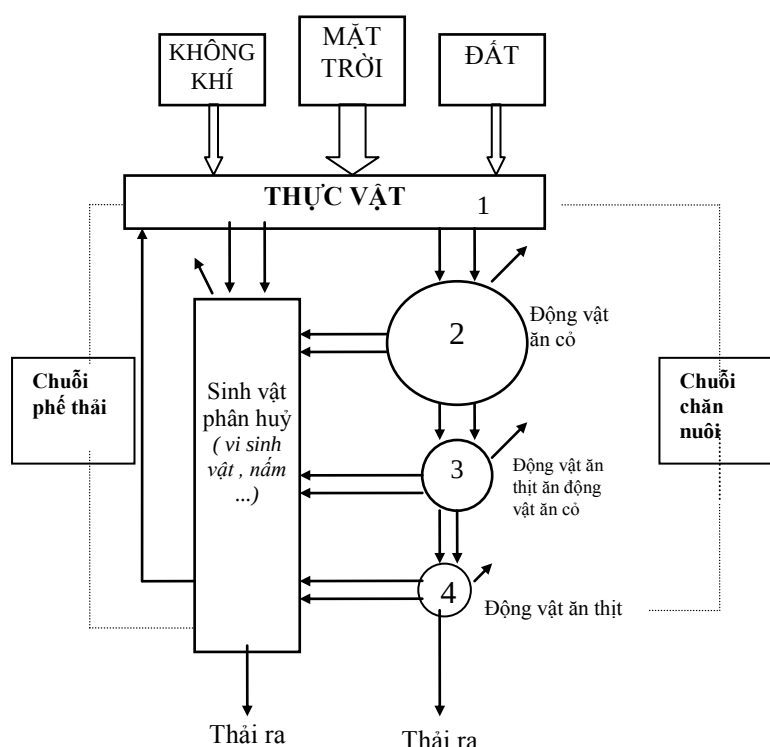
4.2.2. Sự trao đổi năng lượng trong các hệ sinh thái

Các hệ sinh thái nhận năng lượng chủ yếu từ mặt trời. Nguồn năng lượng ấy có hai dạng: (1) Năng lượng bức xạ mặt trời (trực xạ và tán xạ); (2) Sự phát xạ nhiệt sóng dài của các vật thể hấp thụ ánh sáng. Hai loại bức xạ này đã tạo nên chế độ khí hậu địa phương ảnh hưởng đến điều kiện tồn tại của các hệ sinh thái. Số lượng năng lượng thu nhận vào hệ sinh thái rất nhỏ so với nguồn năng lượng tổng số của trái đất. Tổng năng lượng liên kết trong quá trình quang hợp của thực vật chỉ bằng 0,1% so với tổng năng lượng bức xạ mặt trời tới được mặt đất. Song nhờ nguồn năng lượng này mà thảm thực vật có thể tổng hợp được một vài ngàn gram chất hữu cơ/m²/năm. Hơn 50% năng lượng liên kết trong quang hợp được thực vật dùng để hô hấp, phần còn lại để cấu tạo cơ thể và có thể trở thành thức ăn cho các sinh vật tiêu thụ trong hệ sinh thái. Các sinh vật này không trực tiếp ăn chất khoáng mà phải ăn chất hữu cơ được cây xanh chế biến sẵn. Chúng gồm có các loài động vật ăn cỏ. Sau đó các loài ăn cỏ trở thành thức ăn cho các loài ăn thịt khác. *Một bộ phận năng lượng*

từ thực vật truyền qua một loạt sinh vật khác lập thành các chuỗi thức ăn (chuỗi dinh dưỡng, chuỗi thực phẩm) của hệ sinh thái. Như vậy, mỗi chuỗi thức ăn bao gồm nhiều loài sinh vật khác nhau. Mỗi loài sinh vật là một mắt xích thức ăn hay bậc dinh dưỡng. Các chuỗi thức ăn được hình thành như là kết quả của mối quan hệ qua lại phức tạp về dinh dưỡng giữa thực vật và động vật. Các chuỗi thức ăn liên kết lại một cách trực tiếp hoặc gián tiếp một nhóm lớn các sinh vật trong một tổ chức thống nhất. Mỗi chuỗi thức ăn thường chỉ bao gồm một vài mắt xích (bậc); trong đó các sinh vật sản xuất hình thành bậc đầu tiên. Bậc thứ hai là các sinh vật tiêu thụ (sinh vật dị dưỡng). Đó là sinh vật ăn thực vật. Người ta phân biệt sinh vật dị dưỡng thành một số bậc. Bậc một là động vật ăn cỏ. Bậc hai là động vật ăn thịt ăn động vật ăn cỏ. Bậc ba là động vật ăn thịt ăn các động vật khác. Việc phân loại các bậc dinh dưỡng như trên dựa vào chức năng của sinh vật mà không phải theo thành phần loài thực vật và động vật.

Trong chuỗi của dòng năng lượng truyền qua các bậc dinh dưỡng, ở mỗi bậc bị hao hụt khoảng 80-90% năng lượng, còn lại 10-20% năng lượng được truyền cho bậc sau. Nếu bắt đầu từ các sinh vật sản xuất, chúng ta có thể nhận thấy hai con đường cơ bản sử dụng năng lượng. Một là năng lượng có thể được các động vật ăn cỏ sử dụng trực tiếp các tổ chức sống của thực vật. Hai là các sinh vật hoại sinh sử dụng năng lượng ở dạng những tổ chức đã chết (các vật rụng và xác cây chết). Tương ứng với hai con đường này, người ta phân biệt hai dạng chuỗi thức ăn. Đó là chuỗi chăn nuôi và chuỗi phế thải (Hình 4.1). Chuỗi chăn nuôi bắt đầu từ cây cỏ đến các động vật ăn cỏ rồi đến các động vật ăn thịt. Chuỗi phế thải bắt đầu từ các xác chết của động vật và thực vật đến các sinh vật hoại sinh (nấm, vi sinh vật...). Trong các hệ sinh thái, các chuỗi chăn nuôi và chuỗi phế thải liên kết chặt chẽ với nhau. Sự liên kết của các chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái hợp thành lưới thức ăn.

Năng lượng có thể được giữ lại một thời gian dài trong các chuỗi dinh dưỡng, nhưng tương quan giữa các dòng năng lượng thu nhận vào các chuỗi này ở các hệ sinh thái khác nhau là không giống nhau. Trong các hệ sinh thái trên cạn, năng lượng được cố định trong chuỗi chăn nuôi rất nhỏ (<10%), còn phần lớn (>90%) được chi dùng trong chuỗi phân hủy. Ngược lại, ở các hệ sinh thái dưới nước, 50% năng lượng được thực vật trôi nổi cố định có thể chuyển vào chuỗi chăn nuôi.



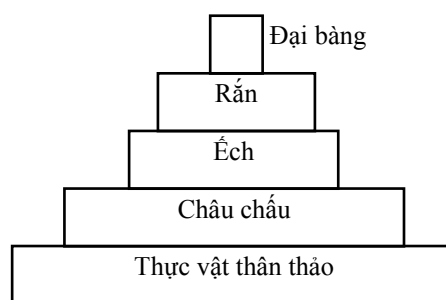
Hình 4.1. Dòng năng lượng và các chất khoáng truyền qua hệ sinh thái. Các số 1- 4: Chỉ thứ tự bậc dinh dưỡng.

Trong các hệ sinh thái, chuỗi dinh dưỡng phế liệu không kém quan trọng hơn chuỗi chăn nuôi. Trên lục địa, các chuỗi phế liệu bắt đầu từ chất hữu cơ đã chết (lá cây, vỏ cây, cành và nhánh, hoa và quả; chất thải và xác chết của động vật). Ở môi trường nước, các chuỗi phế liệu bắt đầu từ xác chết của thực vật trôi nổi và các khối phân và tàn tích hữu cơ khác của các sinh vật. Những tàn tích hữu cơ này có thể được các vi sinh vật, nấm và các sinh vật hoại sinh sử dụng hoàn toàn. Nhờ đó CO_2 , chất khoáng và nhiệt được giải phóng.

Khi truyền năng lượng từ mức sinh vật tự dưỡng đến các sinh vật khác, thì phần lớn năng lượng chuyển thành nhiệt tương ứng với định luật thứ hai của nhiệt động học. Khi chuỗi dinh dưỡng càng ngắn hoặc sinh vật nào càng gần với điểm khởi đầu của chuỗi dinh dưỡng, thì năng lượng thu nhận được càng lớn.

Khi nghiên cứu chuỗi thức ăn và lưới thức ăn trong hệ sinh thái, chúng ta có thể thấy một số đặc điểm sau đây.

- Trong lưới thức ăn, nếu có nhiều chuỗi thức ăn liên hệ qua lại chặt chẽ, thì QXSV phong phú về loài; trong đó có nhiều loài đa thực.
- Nếu thay thế mắt xích thức ăn này bằng mắt xích thức ăn khác có họ hàng gần nhau, thì cấu trúc của chuỗi thức ăn sẽ không hoặc ít thay đổi.
- Các chuỗi thức ăn thường không ổn định mà thay đổi tùy thuộc vào nhu cầu thức ăn của các loài ở các giai đoạn sống khác nhau.
- Sự phong phú của các loài đa thực là nguyên nhân dẫn đến sự phân bố lại các mắt xích trong các chuỗi và lưới thức ăn.
- Sự dao động và sự biến đổi theo mùa và các năm khác nhau của một số loài có thể ảnh hưởng đến cấu trúc quần xã.
- Độ dài của chuỗi thức ăn ít khi lớn hơn 5-6 mắt xích.



Hình 4.2. Hình tháp sinh thái bao gồm một chuỗi dinh dưỡng.

Nếu sắp xếp số lượng cá thể, sinh khối và năng lượng theo các bậc dinh dưỡng từ thấp đến cao, thì hình thái của chúng có dạng hình tháp. Hình tháp đó được gọi là hình tháp sinh thái học. Hình tháp sinh thái học thường được biểu thị bằng các hình chữ nhật chồng lên nhau; trong đó độ dài của chúng tỷ lệ thuận với dòng năng lượng của mỗi bậc, còn chiều cao của các hình chữ nhật đều bằng nhau (Hình 4.2).

4.3. Một số thuật ngữ dùng trong sinh thái học sản lượng

Trước khi nghiên cứu quá trình truyền và tích lũy năng lượng ở các bậc dinh dưỡng khác nhau trong các hệ sinh thái, chúng ta cần phải hiểu ý nghĩa của các thuật ngữ dùng trong sinh thái học sản lượng.

(1) Sản lượng thu hoạch (Crop). Chỉ tiêu này biểu thị tổng khối lượng hoặc trọng lượng vật chất hữu cơ có thể thu được từ một diện tích nào đó sau một thời gian nào đó. Ví dụ: Tổng khối lượng gỗ thân cây Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) thu hoạch được từ 1ha rừng trong chu kỳ 10 năm là $300 \text{ m}^3/\text{ha}$. Nhà lâm học cần nhận thấy rằng quy mô của sản lượng thu hoạch chỉ biểu thị phần vật chất được đưa ra khỏi hệ sinh thái rừng. Do đó, quy mô của sản lượng thu hoạch phụ thuộc vào bộ phận của cây gỗ được thu hoạch hoặc hệ số thu hoạch (Tỷ lệ thu hoạch, %). Nếu hệ số thu hoạch của cây gỗ và quần thụ bao gồm

cả thân, cành và lá, thì sản lượng thu hoạch sẽ lớn. Ngược lại, nếu quy mô thu hoạch chỉ bao gồm phần gỗ thân có giá trị hàng hóa, thì sản lượng thu hoạch sẽ nhỏ.

(2) Sản lượng hiện còn. Sản lượng hiện còn được gọi là sản lượng cây đứng hay cây còn sống (Standing tree crop). Thuật ngữ này biểu thị toàn bộ trọng lượng hoặc khối lượng vật chất hữu cơ của cơ thể sống có thể thu được bằng một phương pháp hay kỹ thuật nào đó trong một khoảng thời gian nào đó. Sản lượng thu hoạch và sản lượng hiện còn giống nhau về thời gian thu hoạch. Khác với sản lượng hiện còn, quy mô của sản lượng thu hoạch phụ thuộc vào phương pháp thu hoạch. Ví dụ: Sản lượng gỗ hiện còn của rừng Keo lá tràm sau 10 năm là $300\text{m}^3/\text{ha}$, nhưng sản lượng thu hoạch có thể chỉ là $290\text{m}^3/\text{ha}$. Phần còn lại 10m^3 không được thu hoạch bao gồm gỗ ngọn, cành và vỏ cây bỏ lại rừng. Nếu phương pháp và kỹ thuật thu hoạch thay đổi, thì quy mô của sản lượng hiện còn và sản lượng thu hoạch cũng thay đổi. Thật vậy, sản lượng hiện còn của rừng Keo lá tràm 10 tuổi không chỉ bao gồm khối lượng gỗ $300\text{m}^3/\text{ha}$, mà còn một lượng rất lớn khác là lá, cành, hoa, quả, rễ cây nằm dưới đất. Phần này ước tính bằng khoảng 30-40% khối lượng gỗ trên thân cây đứng. Vì thế, nếu thu hoạch cả phần cành, ngọn, rễ, lá, hoa và quả, thì sản lượng thu hoạch của rừng Keo lá tràm sẽ tăng lên.

(3) Năng suất thu hoạch. Đó là tốc độ tích lũy trung bình vật chất hữu cơ thu hoạch được. Nó được tính bằng cách chia sản lượng thu hoạch cho thời gian tạo ra sản lượng thu hoạch. Vì thời gian để tạo ra sản lượng thu hoạch của các loài cây là khác nhau, nên chúng ta không thể so sánh giữa các số liệu sản lượng của chúng. Vấn đề này được khắc phục bằng cách tính năng suất sau một năm. Năng suất của rừng là một nhân tố được các nhà lâm học rất quan tâm, bởi vì nó ấn định thời gian hay chu kỳ nuôi rừng.

Các thuật ngữ sản lượng thu hoạch, sản lượng hiện còn và năng suất thu hoạch được sử dụng khá rộng rãi trong kinh doanh rừng và cây nông nghiệp. Tuy vậy, vì những khái niệm này đã bỏ qua nhiều phần vật chất không được tính đến, nên chúng ít có giá trị về mặt sinh thái học. Ví dụ: Trong lâm nghiệp, các nhà kinh doanh rừng đôi khi chỉ tính sản lượng thu hoạch và năng suất thu hoạch trên phần thân cây. Ngoài ra, các đại lượng này còn thay đổi theo sự thay đổi của trình độ kỹ thuật và kinh tế.

Để đánh giá chính xác hiệu quả sinh thái của hệ sinh thái, các nhà sinh thái học thường sử dụng ba thuật ngữ sau đây.

(1) Sản lượng (Production). Thuật ngữ này biểu thị tổng sinh khối hoặc số lượng vật chất hữu cơ mà quần xã sinh vật tạo ra được trên một diện tích nào đó và sau một thời gian nào đó. Thuật ngữ này không chỉ được sử dụng để phản ánh số lượng vật chất hữu cơ của một quần thể và một mức dinh dưỡng nhất định, mà còn cả quần xã và hệ sinh thái. Sản lượng không chỉ bao gồm số lượng vật chất hữu cơ hiện còn trên diện tích này ở cuối kỳ, mà còn cả số lượng vật chất hữu cơ đã được tạo ra và sau đó bị mất mát trong suốt thời gian này. Như vậy, sản lượng rừng = (sản lượng gỗ thu hoạch + những sản phẩm không được thu hoạch (cành, lá, gốc, rễ...) + sản phẩm hao hụt không thu hoạch được do bị mất mát trong thời kỳ này (sản lượng chuyển thành thức ăn cho động vật, rơi vãi...)). Sản lượng có thể được phân thành một số mức khác nhau.

(a) Tổng sản lượng (Gross production). Đó là tổng số chất hữu cơ được sinh vật tạo ra trong một thời gian nhất định. Tổng sản lượng bao gồm số lượng chất hữu cơ được sinh vật sản xuất ra cộng với phần vật chất hữu cơ đã chỉ dùng cho hô hấp trong suốt thời gian nghiên cứu.

(b) Sản lượng thuần (Net production). Sản lượng thuần còn gọi là sản lượng hiện còn. Đó là số lượng chất hữu cơ được sinh vật sản xuất ra trong một thời gian nhất định sau khi đã chỉ dùng cho hô hấp.

(c) Sản lượng sơ cấp (Primary production). Đó là số lượng chất hữu cơ được thực vật tự dưỡng sản xuất ra. Sản lượng sơ cấp có thể được phân thành tổng sản lượng sơ cấp (Gross primary production = GPP) và sản lượng sơ cấp thuần (Net primary production = NPP). Tổng sản lượng sơ cấp là tổng lượng quang hợp của thực vật trên một đơn vị diện tích trong một thời gian nhất định. Sản lượng sơ cấp thuần là tổng lượng quang hợp của thực vật trừ đi phần hô hấp của thực vật (Respiration = R) trên một đơn vị diện tích trong một thời gian nhất định, nghĩa là $NPP = GPP - R$.

(d) Sản lượng thứ cấp. Đó là số lượng chất hữu cơ do sinh vật dị dưỡng sản xuất ra.

(2) Sinh khối (Biomass). Đó là tổng trọng lượng của sinh vật còn sống trên đơn vị diện tích. Sinh khối thường được biểu thị bằng đơn vị năng lượng (J/m^2) hoặc trọng lượng chất hữu cơ khô (B, kg/ha, tấn/ha, g/m^2). Sinh khối của hệ sinh thái là tất cả sinh khối của các nhóm sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng hợp thành. Đối với QXTV, thuật ngữ sinh khối còn được gọi là thực vật khối (Phytomass). Đối với cây gỗ, thực vật khối bao gồm tất cả các cơ quan còn sống và cơ quan đã chết nhưng vẫn giữ được mối liên hệ với cây. Đó là lá, hoa, quả, cành, rễ, vỏ và gỗ lõi đã chết nhưng chưa tách khỏi cây. Trong lâm nghiệp, các nhà lâm học xem các bộ phận đã chết của thực vật (lá, hoa, quả, vỏ, cành, nhánh rơi rụng hàng năm trên bề mặt đất) là vật rụng, còn toàn bộ phần thân cây chết được gọi là xác chết. Khi che phủ trên sàn rừng, vật rụng và xác chết của thực vật hình thành một tầng đệm. Lượng thực vật khối và sinh khối trên một đơn vị diện tích là chỉ tiêu biểu thị đặc trưng cấu trúc của rừng. Sinh khối của rừng chủ yếu do thực vật sản sinh ra. Chúng ta nói sinh khối chủ yếu do thực vật sản sinh ra là vì ngoài thực vật, các động vật, vi khuẩn (Bacteria) và sinh vật hóa dưỡng cũng tạo ra sinh khối nhưng rất nhỏ. Tóm lại, sinh khối = (Sản lượng thu hoạch + Phần vật chất hữu cơ không được thu hoạch + Phần vật chất hữu cơ mất mát trong thu hoạch). Các nhà sinh thái học sử dụng chỉ tiêu sinh khối để biểu thị khối lượng các thành phần sinh vật trong khi lập các hình tháp sinh thái.

(3) Năng suất (Productivity). Năng suất của một hệ sinh thái là tốc độ chất hữu cơ được nó tạo ra trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian. Nó cũng được tính bằng trị số trung bình của sản lượng trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian.

Khối lượng vật chất hữu cơ có thể tính bằng đơn vị trọng lượng (g, kg, tấn), đơn vị thể tích (m^3), đơn vị năng lượng (Cal, Kcal, J) ($1Kcal = 1000cal$; $1J = 0.239Kcal$; $1000J = 239Kcal$; $1MJ = 239Kcal$). Thời gian tính bằng ngày, tháng, mùa sinh trưởng và năm. Diện tích tính bằng m^2 hoặc ha. Từ đó năng suất chất khô tuyệt đối hoặc khô không khí được biểu thị bằng $g/m^2/ngày$, $kg/ha/ngày$, $tấn/ha/năm$, $kcal/ha/năm$, $KJ/ha/năm$.

Năng suất của sinh vật cũng có thể được phân chia thành một số loại khác nhau.

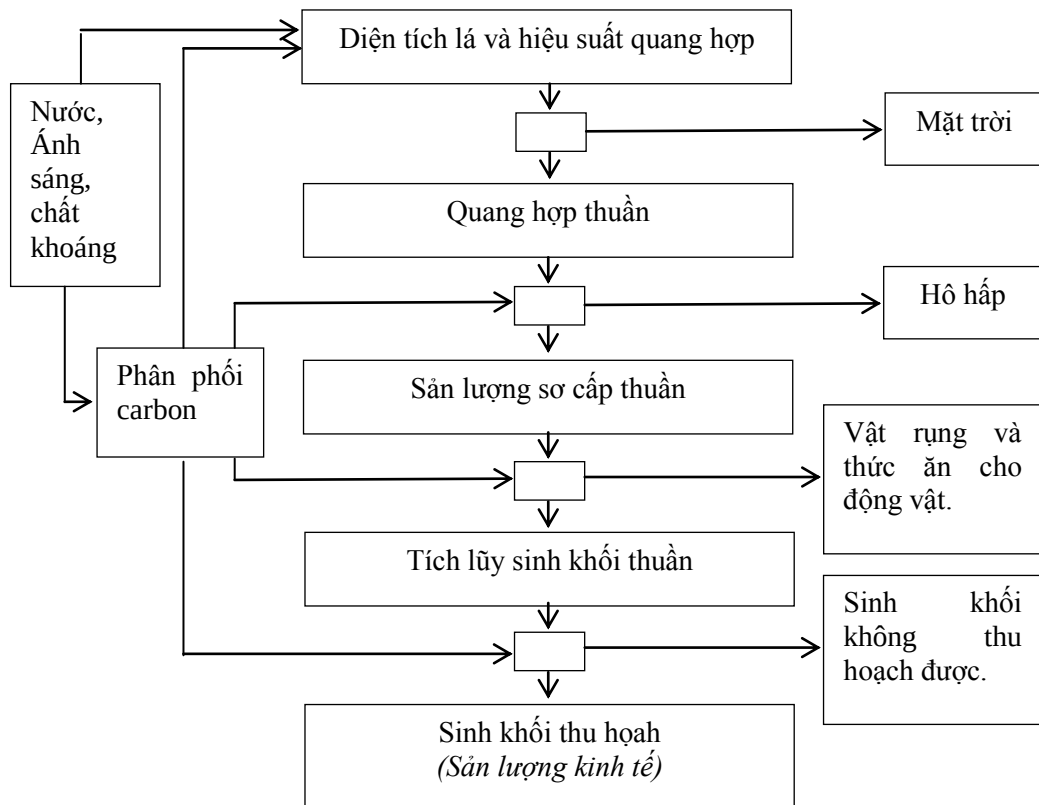
1. **Năng suất sinh học.** Đó là tổng lượng tăng trưởng trung bình hàng ngày của tổng sinh khối trong suốt thời gian sinh trưởng trên một đơn vị diện tích hoặc thể tích.
2. **Năng suất kinh tế.** Đó là bộ phận của năng suất sinh học có giá trị sử dụng (gỗ thân, cành, lá, quả...). Năng suất kinh tế và năng suất sinh học có quan hệ với nhau theo phương trình $Y_{KT} = Y_{SH} \times K_{KT}$; trong đó Y_{KT} = năng suất kinh tế, Y_{SH} = năng suất sinh học, K_{KT} = hệ số kinh tế.
3. **Năng suất tiềm năng của sinh vật.** Đó là khả năng của sinh vật cho năng suất cao nhất nhờ lợi dụng đầy đủ tiềm năng của khí hậu và đất. Năng suất tiềm năng của rừng là khả năng của rừng cho năng suất cao nhất nhờ lợi dụng đầy đủ tiềm năng của lập địa.
4. **Năng suất sinh thái của rừng.** Thuật ngữ này biểu thị vai trò tạo lập môi trường, các chức năng bảo vệ, khả năng tái được sự phát triển của các ngành công nghiệp gây ra ô nhiễm môi trường...Năng suất sinh thái của rừng có quan hệ chặt chẽ với năng suất sinh

học của rừng. Khi năng suất sinh học càng cao, thì lượng CO₂ được rừng hấp thụ và lượng oxi được rừng thải ra càng cao, rừng càng nhiều vật rừng...

4.4. Sinh thái học sản lượng ở mức sinh vật sơ cấp

4.4.1. Cơ sở của sinh thái học sản lượng

Sự chuyển đổi bức xạ mặt trời thành sinh khối thu hoạch (sản lượng kinh tế) và những nhân tố chủ yếu ảnh hưởng đến quá trình này được mô tả tóm tắt ở [Hình 4.3](#). Trước hết, chúng ta mô tả toàn bộ quá trình; tiếp theo phân tích các nhân tố riêng rẽ kiểm soát quá trình này.



Hình 4.3. Những nhân tố ấn định sản lượng kinh tế của hệ sinh thái rừng ở một vùng khí hậu nhất định.

Phân tích [Hình 4.3](#) cho thấy:

(1) Phần ánh sáng có hoạt tính quang hợp (Photosynthesis active radiation = PAR) được thực vật hấp thụ trong quá trình quang hợp. Tỷ lệ ánh sáng quang hợp được phụ thuộc vào các nhân tố sau đây.

(a) *Chỉ số diện tích bề mặt lá* (Leaf area index = LAI). Chỉ số LAI là tỷ lệ diện tích hình chiếu nằm ngang của các lá cây trên diện tích mặt đất nằm ngang, đơn vị tính là m² lá/m² bề mặt đất nằm ngang.

(b) *Hiệu suất quang hợp*. Chỉ tiêu này biểu thị hiệu quả mà các lá biến đổi bức xạ hoạt tính quang hợp thành các phân tử hữu cơ cao năng lượng.

Chỉ số diện tích lá, hiệu suất quang hợp và sự phân phối carbon đều phụ thuộc vào điều kiện lập địa (nước, ánh sáng, chất khoáng). Chỉ số LAI còn chịu ảnh hưởng bởi cách thức sắp xếp lá trên cây và cách thức phân phối NPP. Khả năng phân phối NPP cho tăng

trưởng của thân, lá, rễ phụ thuộc vào nguồn dinh dưỡng của lập địa. Trong nhiều trường hợp, chỉ số LAI có tầm quan trọng hơn so với hiệu suất quang hợp của lá, mặc dù cả hai đều có vai trò hết sức quan trọng. Khi quần thể thực vật có chỉ số LAI nhỏ, thì hiệu quả quang hợp thấp.

(2) Tổng sản lượng quang hợp (GPP) trừ đi phần hô hấp của thực vật (R) bằng sản lượng sơ cấp thuần (NPP), nghĩa là $NPP = GPP - R$. Một bộ phận sản phẩm quang hợp được phân phối đến các mô và các cơ quan sắp bị đào thải. Chúng có thể chết chỉ sau một thời gian ngắn. Sự phân phối sản phẩm quang hợp đến các cơ quan khác nhau của thực vật phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Một số cây chết là do ảnh hưởng của sự cạnh tranh với những cá thể khác. Một phần NPP có thể bị mất đi do các sinh vật dị dưỡng sử dụng làm thức ăn. Sự mất mát NPP do ảnh hưởng của côn trùng là có thể dự báo được.

(3) Sau khi những cây gỗ riêng lẻ, quần thể và quần xã có sự mất mát sản phẩm NPP do sinh vật dị dưỡng sử dụng làm thức ăn hoặc do rơi rụng và đào thải, phần còn lại là sản lượng thuần (sinh khối thuần hay phần hiện còn). Tùy thuộc vào nhu cầu của xã hội về sinh khối thực vật và khả năng công nghệ chế biến lâm sản, chúng ta chỉ có thể thu hoạch được một bộ phận sinh khối thuần. Tỷ lệ giữa sinh khối thu hoạch và sinh khối thuần được gọi là chỉ số thu hoạch. Chỉ số thu hoạch phụ thuộc vào chiến lược phân phối sản phẩm quang hợp hay NPP của thực vật. Phần sinh khối không thu hoạch được bỏ lại rừng. Đây chính là nguồn thức ăn cung cấp cho động vật bậc thấp và vi sinh vật rừng.

Những phân tích trên đây cho thấy tầm quan trọng của sự phân phối carbon ở thực vật. Phân phối carbon phụ thuộc rất lớn vào điều kiện lập địa. Nhà lâm học có khả năng làm thỏa mãn những nhu cầu này của thực vật bằng các phương thức lâm sinh thông qua chặt nuôi dưỡng rừng, giải phóng sự cạnh tranh của thực vật sống kèm với cây gỗ, bón phân, tưới nước... Trong lâm nghiệp, nước là nhân tố rất khó giải quyết. Nó phụ thuộc rất lớn vào điều kiện khí hậu và đất. Nước và phân bón cần cho thực vật rừng chỉ được giải quyết trong trường hợp kinh doanh rừng với cường độ cao. Vì thế, khi xử lý lâm sinh ở những vùng thiếu ẩm, nhà lâm học phải đặc biệt quan tâm đến việc bảo vệ và nuôi dưỡng nguồn nước cho rừng.

4.4.2. Hiệu quả sinh thái của thảm thực vật rừng

Dưới đây chúng ta nghiên cứu phần nhập năng lượng và phần mất mát sản lượng rừng được biểu thị ở [Hình 4.3](#).

(1) Phần nhập: Quang hợp

Ngoại trừ sinh vật hóa dưỡng, các hệ sinh thái được tổ chức và điều khiển bởi phần nhập năng lượng mặt trời cho sinh vật tự dưỡng quang hợp (thực vật). Tốc độ sản xuất vật chất của thực vật là mối quan tâm lớn nhất của các nhà nông - lâm học và sinh thái học. Hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời (K) và hiệu suất sử dụng năng lượng mặt trời (K^+) đi vào hệ sinh thái rừng được phản ánh bằng hiệu quả quang hợp (biểu thị bằng %). Hai đại lượng K và K^+ được tính tương ứng theo công thức [4.1](#) và [4.2](#). Ở công thức [4.1](#) và [4.2](#), i là tỷ suất hút năng lượng của thảm thực vật (trung bình $i = 0,5$); t là nhiệt đốt 1g chất khô (nó không thay đổi trong suốt thời gian sinh trưởng); ΔM là sản lượng ở trạng thái khô tuyệt đối (g/m^2); $t \times \Delta M$ là sản lượng tính theo đơn vị nhiệt lượng (Kcal, J); Q là lượng bức xạ mặt trời ($cal/cm^2/ngày$) đi tới bề mặt đất; iQ là năng lượng bức xạ cố định được của thảm thực vật. Khả năng tỏa nhiệt của thực vật khối khô tuyệt đối thay đổi theo các loài cây gỗ; trung bình là 5.000 kcal/kg.

$$K = \frac{t \times \Delta M}{\sum i \times Q} \quad (4.1)$$

$$K^+ = \frac{t \times \Delta M}{\sum Q} \quad (4.2)$$

Hiệu suất quang hợp có thể được tính theo hiệu suất quang hợp tổng số hoặc hiệu suất quang hợp thuần. Hiệu suất quang hợp tổng số được tính bằng cách chia tổng sản lượng cho năng lượng bức xạ cố định được sau một thời gian nhất định. Hiệu suất quang hợp thuần được tính bằng cách chia sản lượng thuần cho năng lượng bức xạ cố định được sau một thời gian nhất định.

Từ [công thức 4.1 và 4.2](#) cho thấy, hiệu suất quang hợp tổng số và hiệu suất quang hợp thuần có thể thay đổi tùy theo sử dụng năng lượng ở dạng tổng xạ (Q) hay năng lượng của các bước sóng có hoạt tính quang hợp (iQ). Nói chung, người ta thường tính hiệu suất quang hợp thuần bằng cách chia sản lượng thuần cho năng lượng của các bước sóng có hoạt tính quang hợp (bức xạ nhìn thấy) đạt tới bề mặt thảm thực vật. Hiệu suất quang hợp thuần cũng có thể thay đổi tùy theo bức xạ cả năm hay bức xạ trong mùa sinh trưởng. Nói chung, năng lượng trung bình của các bước sóng có hoạt tính quang hợp bằng 25% tổng xạ.

Hiệu suất quang hợp có trị số rất nhỏ (1-5%) và thay đổi không lớn giữa các hệ sinh thái trên cạn. Nếu chỉ tính theo bức xạ nhìn thấy, thì hiệu suất quang hợp của các hệ sinh thái trên cạn dao động từ 2-6% (Kormondy, 1969; Dẫn theo Kimmins, 1998). Hiệu suất quang hợp phụ thuộc vào cách sắp đặt lá và chỉ số LAI. Lá mọc ở nơi sáng có hiệu suất quang hợp nhỏ hơn lá mọc ở nơi thiếu ánh sáng. Các loài cây gỗ và quần thụ chỉ cho sản lượng cao khi chúng có đủ ánh sáng. Một khoảnh rừng với mật độ dày có chỉ số LAI từ 3-5 m²/m², thậm chí cả chục m²/m². Trong điều kiện như vậy, nhiều lá cây không nhận đủ ánh sáng cho quang hợp bình thường. Qua thực nghiệm người ta thấy ([Dẫn theo Đào Thế Tuấn, 1984](#)), khi chỉ số LAI ≤ 2 thì cấu trúc của quần thể thực vật ảnh hưởng rất nhỏ đến hiệu suất quang hợp. Ngược lại, khi chỉ số LAI ≥ 3, thì cấu trúc của quần thể thực vật ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất quang hợp. Khi chỉ số LAI = 6, thì quần thụ hấp thu hết 95% bức xạ thuần có hoạt tính quang hợp. Để nhận đủ ánh sáng, lá cây phải có vị trí sắp đặt theo hướng và góc nhận ánh sáng khác nhau. Do ánh sáng xâm nhập vào tán rừng là khác nhau, nên trên một cây hình thành 3 kiểu lá: ưa sáng, chịu bóng và trung tính (lá có đặc tính trung gian giữa lá ưa sáng và lá chịu bóng). Những cây thuộc cấp sinh trưởng IV theo phân cấp sinh trưởng của Kraft (1884) có rất ít lá ưa sáng, còn hầu hết lá của cây cấp V là lá chịu bóng. Khi điều kiện chiếu sáng được cải thiện, các lá chịu bóng không thể khôi phục thành lá ưa sáng; sau đó chúng bị loại bỏ dần. Các lá ưa sáng sẽ thay thế dần các lá chịu bóng. Kết quả là sinh trưởng của rừng lại tăng nhanh. Hiệu suất quang hợp còn thay đổi theo thời gian cây gỗ được phơi ra ánh sáng dài hay ngắn. Những cây gỗ nhận được thời gian chiếu sáng lâu dài có hiệu suất quang hợp nhỏ hơn so với những cây gỗ được chiếu sáng ít. Nguyên nhân là vì mỗi loài cây gỗ chỉ có thời gian sinh trưởng nhất định. Sau thời gian đó nhiều ánh sáng rơi trên các cơ quan không quang hợp. Mặt khác, điều kiện tối ưu cho quang hợp của thực vật chỉ diễn ra trong thời gian ngắn của năm. Hiệu suất quang hợp thuần trong điều kiện tối ưu cho sinh trưởng của cây trồng chỉ đạt được khoảng 5% tổng bức xạ mặt trời đạt tới mặt đất và khoảng 12% bức xạ ánh sáng nhìn thấy.

(2) Phân hao hụt

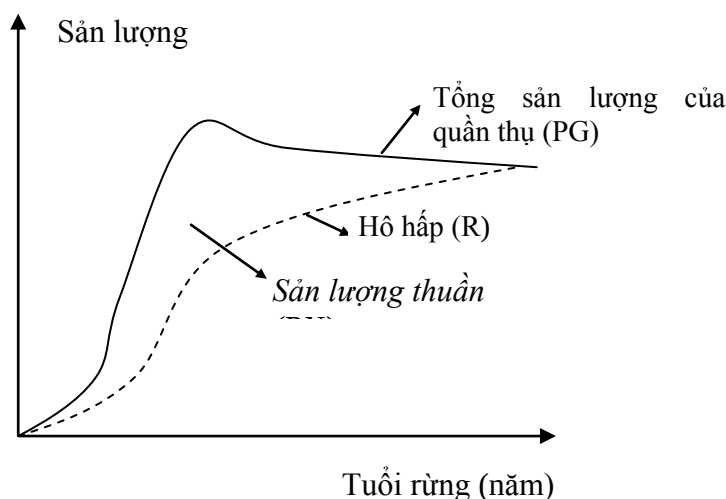
(a) Hao hụt do hô hấp. Theo định luật thứ II của nhiệt động học, một phần năng lượng được thực vật sử dụng để tăng trưởng và duy trì các hoạt động sống, phần còn lại

được chi dùng cho hô hấp (phần mất mát). Tùy thuộc vào vị trí địa lý trên trái đất, phần sản lượng của các QXTV bị mất mát qua hô hấp chiếm từ 15-90% so với tổng sản lượng (Bảng 4.1). Sản lượng thuần của quần thụ tăng dần từ tuổi non và đạt lớn nhất ở tuổi trung niên; sau đó giảm dần và đạt ổn định cho đến tuổi già. Ngược lại, vì kích thước của quần thụ tăng dần theo tuổi, nên sự mất mát năng lượng cho hô hấp cũng luôn tăng dần. Kết quả là sản lượng thuần của quần thụ tăng lên từ tuổi non đến tuổi trung niên; sau đó giảm dần đến tuổi già (Hình 4.4; Dẫn theo Odum, 1971).

Bảng 4.1. Sự tiêu hao tổng sản lượng sơ cấp cho hô hấp của một số hệ sinh thái trên cạn

Hệ sinh thái	Tiêu hao GPP, %	Hệ số sản lượng, %	Tác giả
(1)	(2)	(3)	(4)
○ Cánh đồng hoang	15	85	Golley (1960)
○ Quần thể thông Scotch ở Anh	39	61	Odum (1971)
○ Rừng mưa nhiệt đới ở Puerto - Rico	71	29	Odum (1971)
○ Rừng Douglas – fir ở Ore (Mỹ)	93	7	Grier (1977)

Ghi chú: Cột 3 = (Sản lượng thuần/Tổng sản lượng)×100.



Hình 4.4. Sự biến đổi tổng sản lượng (PG), sản lượng thuần (PN) và sản lượng chi phí cho hô hấp (R) theo tuổi của rừng.

Hô hấp của rừng phụ thuộc vào điều kiện lập địa, sản lượng và tốc độ tăng trưởng của rừng. Tốc độ tăng trưởng và sự tích lũy sinh khối của rừng phụ thuộc vào năng lượng chi dùng cho quá trình hô hấp. Ở rừng nhiệt đới, sự hô hấp làm hao hụt khoảng 71% tổng sản lượng sơ cấp; do đó sản lượng thuần chỉ còn lại 29%. Chi phí năng lượng cho hô hấp ở rừng nhiệt đới cao hơn rất nhiều so với rừng ôn đới. Ví dụ: Rừng Sồi của Đan Mạch có năng suất tổng số là 19,6 tấn/ha/năm (100%); trong đó chi phí cho hô hấp 8,8 tấn/ha/năm (45%), đào thải 3,9 tấn/ha/năm (20%), hình thành lượng tăng trưởng mới 6,9 tấn/ha/năm (35%). Ngược lại, rừng nhiệt đới ở Thái Lan có các chỉ tiêu tương ứng là 127,5 (100%); 98,9 (78%); 25,5 (20%); 3,13 (2%) (Larcher, 1976).

(b) Tiêu thụ bởi sinh vật dị dưỡng. Khối lượng thực vật khô chuyển thành thức ăn cho sinh vật dị dưỡng biến động rất lớn giữa các hệ sinh thái (Bảng 4.2). Ở đồng cỏ khoảng 28-60% NPP của lá trở thành thức ăn cho sinh vật tiêu thụ. Ngược lại, ở các hệ sinh thái rừng, NPP của lá trở thành thức ăn cho sinh vật tiêu thụ là 5-10%. Ở rừng ngập

mặn ven biển Cà Mau, khối lượng lá bị sâu ăn là 0,016-0,02 g/m²/ngày (Nguyễn Hoàng Trí, 1999). Ở các hệ sinh thái thủy vực, khoảng 60-99% NPP của thực vật thủy sinh trở thành thức ăn cho sinh vật tiêu thụ (Odum, 1971).

Bảng 4.2. Mức tiêu thụ NPP của sinh vật tiêu thụ trong một số hệ sinh thái khác nhau (Odum, 1971)

TT	Kiểu hệ sinh thái	Tiêu thụ NPP của sinh vật dị dưỡng, %
1	Đồng cỏ bỏ hoang 30 năm	1,1
2	Rừng rụng lá trưởng thành	1,5-2,5
3	Cây bụi hoang mạc	5,5
4	Rừng trồng cây lá kim	12,0
5	Đồng ruộng bỏ hoang 7 năm	8,0
6	Đồng cỏ châu Phi	28-60
7	Cửa sông	75
8	Đại dương	60-90

Tầm quan trọng của sinh vật tiêu thụ trong các hệ sinh thái được chứng minh thông qua sự tiêu thụ NPP và chuyển thành CO₂, CH₄ và H₂. Hàng năm các loài côn trùng của rừng nhiệt đới và á nhiệt đới đã tiêu thụ khoảng 37% NPP của thảm thực vật. Sản phẩm cuối cùng sinh ra do tiêu thụ NPP là 152 triệu tấn CH₄, 50 triệu tấn CO₂ và 200 triệu tấn H₂ (Odum, 1971). Khi các sinh vật dị dưỡng chết đi, thì vật chất trong cơ thể chúng được trả lại rừng. Những sản phẩm này sẽ tham gia vào quá trình điều chỉnh thành phần không khí và gây ra nhiều hiệu ứng không có lợi về môi trường.

Các nhà lâm học và nông học thường quan tâm nhiều đến NPP có thể sử dụng được (gỗ, lá, hoa, quả) hoặc NPP chuyển thành thịt trong vật nuôi. Để hạn chế sự chuyển đổi NPP thành thức ăn cho côn trùng, các nhà lâm học và nông học thường sử dụng thuốc diệt trừ dịch hại. Trong chăn nuôi, người ta phải tìm kiếm các biện pháp để chuyển NPP thành thịt trong vật nuôi.

(c) Vật rụng trên và dưới mặt đất. Ngoài một bộ phận sinh khối của thực vật rừng bị sinh vật dị dưỡng tiêu thụ, hàng năm còn có một lượng rất đáng kể NPP chuyển sang vật rụng (lá, hoa, quả, cành và nhánh) và xác chết của cây gỗ (thân cây gỗ). Những sản phẩm rơi rụng và xác chết này trở thành thức ăn cho sinh vật đất. Thông qua quá trình khoáng hóa các vật rụng, hàng năm sản rừng lại nhận được các chất khoáng cần thiết. Ví dụ: Trong các rừng tự nhiên, tổng lượng rơi rụng và đào thải trong cả quá trình đời sống của rừng là 90-99% so với tổng lượng tăng trưởng của rừng. Phần đào thải lớn nhất là lá; kế đến là cành, nhánh và rễ; cuối cùng là thân. So với nhu cầu trong toàn bộ chu kỳ sống của rừng, tổng lượng đạm trả về đất là 85-90%, còn các chất khoáng khác là 80-90% (Belov, 1976). Lượng vật rụng trên sản rừng cũng thay đổi tùy thuộc vào vị trí địa lý. Nói chung, phần sinh khối chứa trong thành phần vật rụng của rừng ôn đới lớn hơn so với rừng nhiệt đới. Ví dụ: Lượng vật rụng ở rừng lá kim ôn đới dao động từ 1-500 tấn/ha; rừng khô rụng lá là 0-50 tấn/ha; rừng mưa nhiệt đới từ 5-100 tấn/ha (Kimmins, 1998). Lượng vật rụng nhiều hay ít còn phụ thuộc vào cấu trúc của rừng, tuổi thọ của loài cây và điều kiện lập địa. Ở rừng ngập mặn Cà Mau, lượng vật rụng hàng năm là 2,673 g/m²/ngày (9,75 tấn/ha/năm, 100%); trong đó lá là 2,13 (79,7%), cành là 0,230 (8,01%), hoa quả là 0,184 (6,89%), chồi và lá kèm là 0,118 (4,45%) (Nguyễn Hoàng Trí, 1999). Vật rụng thay đổi mạnh theo mùa. Ở nhiệt đới, do cây gỗ sinh trưởng hầu như quanh năm, nên lá thường xanh, lá rụng trải đều trong năm. Ngược lại, rừng ôn đới và rừng phân bố trên các vĩ độ cao và núi cao có thời gian sinh trưởng ngắn, lá thường rụng vào mùa không khí lạnh (thu -

đông). Lượng vật rụng dưới mặt đất cũng rất lớn, bởi vì phần rễ có thể chiếm 30% so với tổng sinh khối của cây. Lượng vật rụng dưới mặt đất rừng ước tính khoảng 7,3 tấn/ha ở lập địa nghèo đến 13,7 tấn/ha ở lập địa tốt (Kimmins, 1998).

(3) Sản lượng thuần và sinh khối

Trong kinh doanh rừng, nhà lâm nghiệp đặc biệt quan tâm đến sự tích lũy NPP có thể thu hoạch được. Đó là sản lượng hiện còn trên cây đứng. Tuy vậy, mối quan tâm này thay đổi dần theo trình độ kỹ thuật khai thác, công nghệ chế biến lâm sản và nhu cầu sản phẩm của thị trường. Sản lượng thuần của các thảm thực vật phụ thuộc vào nhiều nhân tố: (1) Vị trí địa lý (độ dài của thời gian sinh trưởng) và khí hậu; (2) Đất, địa hình và trình độ canh tác; (3) Loài cây trồng... [Bảng 4.3](#) dẫn số liệu về năng suất sơ cấp và sinh khối của một số hệ sinh thái trên thế giới. Ở vĩ độ 65-70⁰, năng lượng bức xạ là 1,5×10⁹ kcal/ha/năm, thời gian sinh trưởng từ 2-3 tháng, năng suất thuần là 10-15 tấn/ha/năm. Ở nhiệt đới, năng lượng bức xạ là 10×10⁹ kcal/ha/năm, thời gian sinh trưởng từ 10-12 tháng, năng suất thuần là 100-120 tấn/ha/năm.

Bảng 4.3. Năng suất sơ cấp và sinh khối của một số hệ sinh thái trên thế giới (Whittaker và Likens, 1971)

Hệ sinh thái	Năng suất chất khô thuần (g/m ² /năm)		Sinh khối chất khô (kg/m ²)	
	Min-Max	Bình quân	Min-Max	Bình quân
- Rừng nhiệt đới	1000 - 5000	2000	6 - 80	45
- Đầm lầy	800 - 4000	2000	3 - 50	12
- Rừng ôn đới	600 - 3000	1300	6 - 200	30
- Đồng cỏ nhiệt đới	200 - 2000	700	0,2 - 15	4
- Ruộng cây trồng	100 - 4000	650	0,4 - 1	1
- Đồng cỏ ôn đới	150 - 1500	500	0,2 - 5	1,5
- Đài nguyên	10 - 400	140	0,1 - 3	0,6
- Nửa hoang mạc	10 - 250	70	0,1 - 2	0,7
- Hoang mạc	0 - 10	3	0,0 - 0,2	0,02

Sinh khối của một số hệ sinh thái rừng ôn đới là 350 tấn/ha, LAI là 6 m²/m², năng suất gỗ khô tuyệt đối là 8 tấn/ha/năm; cành, lá, hoa, quả và rễ là 7 tấn/ha/năm; lượng mùn đạt 1 tấn/ha/năm; hiệu suất hiệu suất quang hợp là 2,3%. Ngược lại, hệ sinh thái lúa mì ôn đới với LAI là 4m²/m², năng suất chất khô thuần là 9 tấn/ha/năm, hiệu suất quang hợp là 1,8% (Dẫn theo Đào Thế Tuấn, 1984). Vì rừng có chỉ số LAI lớn hơn, thời gian sinh trưởng dài hơn, nên sản lượng của rừng cao hơn so với hệ sinh thái đồng ruộng. Nói chung, sản lượng thuần của rừng tăng dần từ các rừng phương bắc đến rừng nhiệt đới. Trong một vùng khí hậu, sản lượng thuần của rừng thay đổi theo mức đảm bảo độ ẩm của đất.

Sản lượng giảm dần từ thực vật chứa nhiều nước đến thực vật chứa ít nước trong cơ thể. Năng suất của rừng ngập mặn ven biển thường cao hơn so với rừng trên đất khô. Theo Nguyễn Hoàng Trí (1999), ở rừng ngập mặn Cà Mau, GPP và NPP tương ứng là 6,5 và 3,9 g/m²/ngày. Sinh khối của rừng Đước trưởng thành là 246,6 tấn/ha; trong đó thân là 158,0 tấn (64,1%), cành nhánh là 4,0 tấn (1,6%), rễ chôn trên mặt đất là 34,2 tấn (13,9%), lá là 9,3 tấn (3,8%), vỏ thân cây là 9,0 tấn (3,6%), rễ dưới mặt đất là 19,7 tấn (8,0%), sinh khối chồi búp, hoa và quả là 12,4 tấn (5,0%).

Tính trung bình toàn thể giới, hiệu suất sử dụng ánh sáng của các hệ sinh thái rừng là 1,2%; đồng ruộng và đồng cỏ là 0,66%; đài nguyên là 0,13%; hoang mạc là 0,66%. Toàn lục địa là 0,3%. Đại dương là 0,12%. Toàn sinh quyển là 0,15%-0,18% (Dẫn theo Đào Thế Tuấn, 1984).

4.5. Sinh thái học sản lượng ở mức sinh vật tiêu thụ

4.5.1. Động vật ăn cỏ

Nghiên cứu dòng năng lượng ở mức sinh vật tiêu thụ có ý nghĩa lớn về sinh thái học. Tuy vậy, do những khó khăn của đối nghiên cứu, nên các số liệu về bậc dinh dưỡng này còn rất hạn chế. Để đánh giá hiệu quả sinh thái của quá trình truyền năng lượng qua các bậc dinh dưỡng khác nhau, người ta sử dụng những hệ số sau đây.

(1) Hệ số sử dụng

Hệ số sử dụng hay hệ số hấp thụ ($CE = \text{Consumption Efficiency}$) được tính bằng cách chia năng lượng (sản lượng) thức ăn hấp thụ được (I_n) ở bậc dinh dưỡng n cho năng lượng thuần (sản lượng thuần) (P_{n-1}) ở bậc dinh dưỡng $n-1$ (Công thức 4.3). Do đó, hệ số CE là phần trăm năng suất tổng số ở bậc dinh dưỡng $n-1$ có thể là thức ăn cho bậc dinh dưỡng n . Đối với hệ chăn nuôi, hệ số CE là phần trăm năng suất mà cây xanh tạo ra trong một đơn vị thời gian để có thể là thức ăn cho động vật ăn cỏ. Trong trường hợp sinh vật tiêu thụ thứ cấp, hệ số CE là phần trăm năng suất của động vật ăn cỏ và động vật ăn thịt có thể dùng làm thức ăn cho động vật ăn thịt khác.

$$CE = \frac{I_n}{P_{n-1}} 100 \quad (4.3)$$

(2) Hệ số đồng hóa

Hệ số đồng hóa ($AE = \text{Assimilation Efficiency}$) là tỷ lệ giữa năng lượng thức ăn đồng hóa được (A_n) ở bậc dinh dưỡng n và năng lượng hấp thụ (I_n) ở bậc dinh dưỡng n (Công thức 4.4). Hệ số đồng hóa biểu thị phần trăm thức ăn hấp thụ vào bậc dinh dưỡng đã được đồng hóa và tạo ra tăng trưởng hoặc dùng cho sinh hoạt sống.

$$AE = \frac{A_n}{I_n} 100 \quad (4.4)$$

(3) Hệ số sản lượng thuần

Hệ số sản lượng thuần hay hệ số tăng trưởng của các mô ($PE = \text{Net Production Efficiency}$) là tỷ lệ giữa sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng n (P_n) và lượng thức ăn đồng hóa được ở bậc dinh dưỡng n (A_n) (Công thức 4.5). Hệ số PE cho biết phần trăm năng suất sinh khối được tạo ra so với năng lượng đồng hóa được.

$$PE = \frac{P_n}{A_n} 100 \quad (4.5)$$

(4) Hệ số tổng sản lượng

Hệ số tổng sản lượng ($GE = \text{Gross Production Efficiency}$) hay hệ số tăng trưởng sinh thái là tỷ lệ giữa sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng n (P_n) và lượng thức ăn hấp thụ được ở bậc dinh dưỡng n (I_n) (Công thức 4.6). Hệ số GE biểu thị có bao nhiêu phần trăm năng lượng hấp thụ vào bậc dinh dưỡng n được chuyển thành sản lượng thuần (hay năng suất sinh khối) của nó. Hệ số GE bao giờ cũng có trị số nhỏ hơn hệ số đồng hóa, bởi vì $P_n = (A_n - R)$.

$$GE = \frac{P_n}{I_n} 100 \quad (4.6)$$

(5) Hệ số dinh dưỡng

Hệ số dinh dưỡng hay hệ số sinh thái (TF = Trophic Efficiency) là tỷ lệ giữa sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng n (P_n) và sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng n-1 (P_{n-1}) (Công thức 4.7). Hệ số TF = CF×AE×PE. Hệ số TE cho biết có bao nhiêu phần trăm sản lượng thuần ở bậc dinh dưỡng n được tạo ra so với sản lượng của bậc dinh dưỡng n-1. Sự khác nhau giữa hệ số dinh dưỡng và hệ số hấp thụ được giải thích bởi những hao phí năng lượng dùng cho hô hấp và bài tiết: $P_n = \text{Hấp thu} - (\text{hô hấp} + \text{bài tiết})$.

$$TE = \frac{P_n}{P_{n-1}} 100 \quad (4.7)$$

Trong hệ sinh thái chăn nuôi và hệ sinh thái nông nghiệp, năng suất của sinh vật sơ cấp được sinh vật tiêu thụ sử dụng là khá cao, còn ở hệ sinh thái rừng thì rất thấp. Sản lượng thực vật được sinh vật dị dưỡng tiêu thụ nhiều hay ít phụ thuộc vào chất lượng khoáng, khả năng cung cấp năng lượng chứa trong thực vật và mật độ sinh vật tiêu thụ. Khi mức tiêu thụ sản phẩm sơ cấp tăng lên, thì năng suất hàng năm của thảm thực vật sẽ giảm.

Tỷ lệ giữa sản lượng thuần với sinh khối của thực vật (NP/B) là thước đo khả năng của thực vật sản xuất ra thực vật khối có thể là thức ăn cho động vật, bởi vì chỉ tiêu này phản ánh sự phân phối sản lượng giữa các mô hóa gỗ và không hóa gỗ. Tỷ lệ giữa sản lượng thuần và sinh khối của một số hệ sinh thái được dẫn ra ở Bảng 4.4. Nói chung, hệ sinh thái nào có NP/B cao, thì sản lượng thuần bị tiêu thụ cũng cao.

Bảng 4.4. Tỷ lệ sản lượng thuần/sinh khối của một số hệ sinh thái (Whittaker và Woodwell, 1971)

TT	Hệ sinh thái	Tỷ lệ: (NP/sinh khối)
(1)	(2)	(3)
1	Đại dương	42
2	Vực nước ven biển	35
3	Các hồ và suối	25
4	Đất nông nghiệp	0,65
5	Đồng cỏ ôn đới	0,33
6	Đài nguyên và núi cao	0,23
7	Savanna	0,18
8	Đầm lầy và đất ngập nước	0,17
9	Rừng thưa - cây bụi	0,10
10	Rừng ôn đới	0,04
11	Rừng nhiệt đới	0,04
12	Rừng khô nghèo	0,04
13	Rừng lá kim ôn đới thành thực ở tây-bắc Hoa kỳ	0,01

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng không phải toàn bộ sinh khối thực vật được động vật ăn cỏ hấp thụ đều được nó tiêu hóa và đồng hóa. Nhiều thức ăn hấp thụ vào ruột động vật ăn cỏ đã không được tiêu hóa, mặc dù sự tiêu hóa của động vật ăn cỏ phải nhờ vào sự trợ giúp của một số loài vi sinh vật sống trong ruột động vật. Hệ số hấp thụ (CE) cao hay thấp phụ thuộc vào tỷ lệ sinh khối thực vật có thể sử dụng được. Ở các hệ sinh thái đồng cỏ, hệ số CE cao hơn so với hệ sinh thái rừng, vì rằng phần lớn sinh khối cây rừng hóa gỗ hoặc có cấu trúc vật chất rất khó tiêu hóa.

Hệ số đồng hóa (AE) ở động vật tiêu thụ biến đổi theo loài động vật và hệ sinh thái. Những động vật ăn hạt cây có hệ số đồng hóa cao hơn động vật ăn lá và gỗ. Những sinh vật có hệ số đồng hóa cao không nhất thiết cho sản lượng thuần cao hay hệ số sản lượng

thuần cao. Điều này được giải thích bởi phần lớn năng lượng đồng hóa đã chuyển thành nhiệt qua hô hấp và một phần chứa trong chất bài tiết.

Hệ số tăng trưởng sinh thái (Hệ số tổng sản lượng GE) biểu thị phần trăm năng lượng hấp thụ được chuyển thành sản lượng thuần. Trị số này bao gồm hệ số đồng hóa và sự hao phí năng lượng cho hô hấp và bài tiết. Vì thế, hệ số tăng trưởng khác với hệ số đồng hóa. Một số động vật có hệ số đồng hóa cao (chim sẻ, chuột đồng...) nhưng lại có hệ số tăng trưởng thấp, bởi vì năng lượng mất đi do hô hấp rất cao (khoảng 98% sản lượng tổng số). Ngược lại, những loài động vật ăn cỏ và lá cây gỗ có hệ số tăng trưởng sinh thái rất cao, mặc dù hệ số đồng hóa thấp. Những loài này chỉ chi phí 70% sản lượng tổng số cho hô hấp (Kimmins, 1998).

Năng lượng truyền qua các bậc dinh dưỡng cũng có thể được tính theo hệ số dinh dưỡng. Hệ số dinh dưỡng có thể tính bằng cách chia sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng này cho sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng trước. Hệ số dinh dưỡng được dùng để biểu thị dòng năng lượng giữa các bậc dinh dưỡng trong cấu trúc của hình tháp năng lượng. Hệ số chuyển sản lượng thuần của các hệ sinh thái trên cạn thành sản lượng thuần của động vật ăn cỏ có trị số rất nhỏ (<1%). Trái lại, các hệ sinh thái dưới nước có hệ số này cao hơn.

4.5.2. Động vật ăn thịt

Số liệu về dòng năng lượng truyền qua các bậc dinh dưỡng tiêu thụ thứ cấp được dẫn ra ở [Bảng 4.5](#). Động vật ăn thịt phải chi dùng rất nhiều năng lượng cho hô hấp. Điều này được giải thích là do động vật ăn thịt phải mất nhiều công sức để tìm kiếm vật mồi. Ngược lại, động vật ăn cỏ tiêu phí rất ít năng lượng cho việc tìm kiếm thức ăn, bởi vì nguồn thực vật nhiều hơn, dễ thu nhận hơn. Hệ số đồng hóa của động vật ăn thịt cao hơn động vật ăn cỏ. Hệ số đồng hóa ở động vật ăn cỏ thấp là do nguồn thức ăn chứa nhiều thành phần khó tiêu hóa hơn (lignin, xenlulôza...). Ngược lại, thức ăn của động vật ăn thịt chứa rất ít chất không ăn được. Sự khác biệt này còn được giải thích bởi quá trình chuyển nguồn dinh dưỡng từ động vật ăn cỏ sang động vật ăn thịt ngắn hơn so với việc chuyển cây cỏ thành thịt động vật.

Bảng 4.5. Dòng năng lượng truyền qua các bậc dinh dưỡng tiêu thụ thứ cấp. Nguồn: Golley, 1960; Kale, 1965; Chew và Chew, 1970 (Dẫn theo Kimmins, 1998)

TT	Tham số	Loài động vật ăn thịt:		
		Chồn nhỏ	Chim hồng tước đầm lầy	Chuột ăn châu hẩu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Hệ số sử dụng (%)	-	-	-
2	Hệ số đồng hóa (%)	97	70	78
3	Hệ số tăng trưởng mô (%)	2.3	0.5	5.7
4	Hệ số tăng trưởng sinh thái (%)	2.2	0.4	4.2
5	Hao phí sản lượng thuần cho hô hấp và bài tiết (%)	98	99	95

4.6. Chuỗi dinh dưỡng phân hủy

Quá trình phát triển của hệ sinh thái rừng gắn liền với sự định cư và phát triển của hệ động vật và vi sinh vật rừng. Sự cùng chung sống của các sinh vật này trong hệ sinh thái rừng là kết quả của mối liên hệ dinh dưỡng giữa chúng. Sinh vật sản xuất (thực vật) sản

sinh ra chất hữu cơ đầu tiên từ năng lượng mặt trời và các chất vô cơ trong đất. Tiếp theo, các sinh vật tiêu thụ (động vật) chuyển các chất hữu cơ này thành vật chất sống của chúng. Sau cùng, các xác chết của thực vật và động vật trở thành thức ăn cho sinh vật phân hủy.

Sinh vật phân hủy ở rừng có nhiều loại khác nhau. Loại lớn như hệ động vật đất (giun đất, cuốn chiếu...). Loại nhỏ như các loài nấm và vi sinh vật. Nói chung, so với thực vật và động vật, sinh khối và nguồn thức ăn của các sinh vật phân hủy nhỏ hơn rất nhiều. Tuy vậy, vai trò của sinh vật phân hủy không hề nhỏ hơn so với các sinh vật khác của hệ sinh thái.

Vi sinh vật có vai trò đáng kể trong sự hình thành và phát triển của rừng. Trước hết, chúng tham gia tích cực vào quá trình phân giải tàn dư hữu cơ của thực vật và động vật. Sau đó chúng thải ra môi trường bên ngoài các hợp chất hữu cơ gắn với các hợp chất mùn và chất khoáng để làm giàu dinh dưỡng cho đất. Vi khuẩn và nấm sống trong đất đóng vai trò to lớn trong chu trình dinh dưỡng của các hệ sinh thái rừng. Sự cộng sinh giữa một số vi khuẩn và cây họ Đậu là nguồn cung cấp nitơ cho đất. Sự cộng sinh này đặc biệt có ý nghĩa đối với đất nghèo. Ảnh hưởng bất lợi của vi sinh vật biểu hiện ở chỗ, khi xâm nhập vào phần gỗ bị tổn thương, chúng gây nên tình trạng mục nát gỗ; do đó làm giảm giá trị thương phẩm của gỗ thu hoạch. Ngoài ra, chúng còn truyền một số bệnh cho cây rừng.

Vi sinh vật đất bao gồm nhiều loại khác nhau: vi khuẩn, xạ khuẩn và Mycobacteris, nấm, tảo và nguyên sinh động vật. Khối lượng các vi sinh vật trong đất hết sức lớn. Ví dụ: Trong 1,0g đất có hàng trăm triệu đến hàng tỷ vi khuẩn, hàng trăm ngàn xạ khuẩn và nấm, hàng ngàn loại tảo khác nhau. Tổng khối lượng của chúng có thể đạt 7-10 tấn/ha (Đào thế Tuấn, 1984). Vi khuẩn phổ biến nhất là loại nitrat hóa (*Nitrosomonas*, *Nitrocystis* và *Nitrospira*) oxy hóa amôn thành nitrit; *Nitrobacter* oxy hóa nitrit thành nitrat. Các loài này thích sống trong điều kiện thoáng khí, pH = 5-9, nhiệt độ 25-35°C. Các vi khuẩn cố định đạm đồng hóa đạm tự do (N₂) trong không khí. Chúng có ý nghĩa đặc biệt lớn đối với thực vật, bởi vì chúng làm cho đất giàu đạm. Vi khuẩn cố định đạm bao gồm hai nhóm cộng sinh và không cộng sinh. Vi khuẩn không cộng sinh bao gồm loại hảo khí và kỵ khí. Loại hảo khí (*Azotobacter chroococum* và *Azotobacter agile*) có thể sống trong môi trường không có đạm, nhưng vẫn cố định được đạm tự do cho cơ thể. Chúng sống trong các đất chứa nhiều Ca, pH trung tính. Chúng cũng sống trong vùng rễ của nhiều loài thực vật, nhất là khi bón cho cây nhiều P, K và Ca. Các chất bài tiết của cây làm thỏa mãn nhu cầu chất hữu cơ cho *Azotobacter*. Vi khuẩn kỵ khí (*Clostridium pasteurianum*) sống tốt trong đất với pH ≥ 5, nhiệt độ không khí từ 28-30°C. Vi khuẩn cộng sinh trong hệ rễ cây họ Đậu tạo ra nốt sần và cố định đạm. Loại vi khuẩn nốt sần sống tốt trong đất với pH ≥ 7, nhiệt độ không khí từ 25-30°C, thoáng khí. Khi mới xâm nhập vào hệ rễ cây họ Đậu, vi khuẩn nốt sần chưa tự cố định được đạm mà phải sử dụng đạm của cây (quan hệ ký sinh). Sau thời kỳ này, chúng mới có khả năng tự cố định đạm, còn cây cung cấp cho chúng năng lượng, chất khoáng và nước.

Ngoài hai loại vi khuẩn cố định đạm, chúng ta còn gặp loại khuẩn rễ (*Mycorrhizas*). Đây là loại vi khuẩn cũng có ý nghĩa quan trọng trong hệ sinh thái rừng. Nấm rễ có 2 loại là ngoại sinh và nội sinh. Loại nấm ngoại sinh sống bám trên hệ rễ cây. Nấm nội sinh xâm nhập vào các tế bào thực vật. Các loài cây thân thảo có nhiều loại nấm nội sinh cùng chung sống. Trong quá trình cộng sinh với cây, khuẩn rễ thu nhận N, P, K và các chất khoáng khác của cây. Chất bài tiết của rễ nấm là CO₂ và axit hữu cơ đơn giản. Nấm phân giải mùn thành hợp chất mà cây dễ hút, đồng thời nhờ hệ lông tơ của nấm có thể thu hút chất dinh dưỡng ở thể aminoaxit, lân ở dạng khó tan cho cây trồng. Nấm cũng cung cấp nguồn N lớn cho cây. Do đó, sự cộng sinh của rễ nấm giúp cho cây sống tốt hơn. Một số cây rừng sinh

trưởng tốt là nhờ vào sự cộng sinh của rễ nấm. Ví dụ: Loài Thông nhựa trong giai đoạn vườn ươm cần đất có nhiều rễ nấm.

Các loài động vật không xương sống, tiêu biểu là giun đất, ảnh hưởng lớn đến đời sống của cây gỗ và rừng. Dinh dưỡng của động vật không xương sống chủ yếu là các vật rụng trên sàn rừng. Chính nhờ thành phần sinh vật này mà các tàn tích hữu cơ bị phân giải và chuyển hóa thành dạng vật chất dễ tiêu cho thực vật. Nếu như hệ sinh thái rừng không có hệ động vật không xương sống làm nhiệm vụ phân giải vật rụng, thì hàng năm mặt đất rừng được bao phủ dần từng lớp vật rụng. Lớp vật rụng này ngăn cản sự tiếp đất của hạt giống và hệ rễ cây mầm. Do đó, các thế hệ mới của rừng không thể phát sinh, rừng không thể tồn tại lâu dài. Giun đất sống trong các tầng đất có tác dụng làm cho đất thoáng khí, tăng độ xốp, cải thiện kết cấu đất, tăng sức dẫn nước và sức chứa nước. Đến lượt mình, đất lại ảnh hưởng tốt đến cây.

Lượng vật rụng có khuynh hướng tăng dần từ xích đạo đến các vùng cực. Rừng trên núi cao có nhiều vật rụng hơn so với rừng ở vùng thấp. Ở vùng khí hậu nóng và ẩm, vật rụng bị phân giải nhanh hơn so với vùng khí hậu khô và lạnh. Ở vùng nhiệt đới, đất ngập nước chứa một lượng rất lớn trầm tích ở dạng than bùn. Đó là xác chết của sinh vật rừng trong nhiều năm.

Sự phân giải vật rụng ở rừng phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác nhau như khí hậu (ánh sáng, độ ẩm, nhiệt độ), đất (độ ẩm đất), kết cấu rừng, đặc tính vật lý - hóa học của vật rụng, mật độ nấm và vi sinh vật, biện pháp lâm sinh... Các nhân tố này biến đổi khác nhau tùy theo vị trí của rừng trên trái đất. Điều này cũng giải thích vì sao có sự khác nhau về tốc độ phân giải vật rụng và xác chết của các sinh vật trong các hệ sinh thái rừng. Khai thác rừng, đặc biệt là khai thác trắng, có thể đẩy nhanh tốc độ phân giải vật rụng và hoạt động của hệ động vật và vi sinh vật trong thời gian đầu sau khi khai thác. Tuy vậy, khai thác rừng cũng làm mất mát rất nhanh vật chất của rừng.

Trong sinh thái học và lâm học, người ta sử dụng tỷ lệ trọng lượng vật rụng hiện có trên sàn rừng và trọng lượng vật rụng hàng năm trên sàn rừng để đánh giá thời gian tồn tại của vật rụng. Tuy vậy, để xác định chính xác hơn thời gian tồn tại của vật rụng trên sàn rừng, chúng ta cần phải tính cả vật rụng chứa dưới mặt đất (xác rễ cây). Khi nghiên cứu vật rụng, một vấn đề cần phải được chú ý xem xét là chất lượng của vật rụng.

4.7. Diện tích lá, sản lượng lá và tăng trưởng của rừng

Kích thước của tán cây gỗ và quần thụ được ấn định bởi chỉ số LAI. Chỉ số LAI của rừng là tổng diện tích hình chiếu của các lá trên đơn vị diện tích mặt đất nằm ngang. Ở những loài cây lá rộng, chỉ số LAI là tổng diện tích hình chiếu nằm ngang của một mặt lá, nhưng nó cũng có thể được tính cho cả hai mặt lá. Ngược lại, chỉ số LAI của những loài cây lá kim là tổng diện tích bề mặt của các lá trên đơn vị diện tích.

Chỉ số LAI ảnh hưởng đến sản lượng rừng thông qua hiệu suất cố định ánh sáng. Qua nhiều nghiên cứu cho thấy, khi LAI = 6, thì quần thụ có khả năng hấp thu 95% tổng lượng ánh sáng đạt đến quần thụ.

Diện tích lá phụ thuộc vào lập địa. Trên một lập địa, chỉ số LAI được ấn định bởi khả năng cung cấp nước, chất khoáng và tiểu khí hậu. Chỉ số LAI còn phụ thuộc vào loài cây và tuổi cây (Bảng 4.6).

Những nghiên cứu của nhiều tác giả ở khu vực Tây - Bắc Thái Bình Dương cho thấy tổng diện tích lá của rừng biến đổi từ 5-52 m²/m² bề mặt đất. Diện tích lá lớn nhất ở các rừng thuộc vùng vĩ độ trung bình, nơi có mùa đông dài và lạnh. Diện tích lá cũng có

mối liên hệ chặt chẽ với lượng mưa, cân bằng nước, tiết diện ngang phần gỗ giác của thân và sinh khối thân.

Bảng 4.6. Chi số LAI của một số loài cây gỗ. Dẫn theo Kimmins (1998)

Loài cây	Địa phương	LAI	Tác giả
1. <i>Eucalyptus grandis</i>	Queensland (Australia)	5,2	Cromer (1993)
2. <i>E. camaldulensis</i>	Kamataka (India)	2,3	Roberts (1993)
3. <i>E. tereticornis</i>	Kamataka (India)	2,2	Roberts (1993)
4. <i>Tectona grandis</i>	Nigeria	6,7	Nwoboshi (1983)
5. <i>Pinus caribaea</i>	Fiji	4,4	Waterloo (1994)
6. <i>Picea abies</i>	Wisconsin	10,2	Gower (1993)

Ở rừng phương bắc và rừng ôn đới, đạm là nhân tố giới hạn tăng trưởng của thực vật (Kimmins, 1998). Sản lượng quang hợp được tạo ra trên 1kg lá trong một năm có mối liên hệ rất chặt chẽ với hàm lượng nitơ trong lá. Sản lượng quang hợp có mối liên hệ chặt chẽ với hệ số nitơ của lá (khối lượng NPP được tạo ra trên 1kg nitơ chứa trong lá). Những mối liên hệ này có thể được sử dụng để dự báo NPP của rừng. Sản lượng quang hợp còn có quan hệ chặt chẽ với hệ số sử dụng nước và chất khoáng của thực vật.

Nói chung, việc ước tính sản lượng lá của cây gỗ và quần thụ có thể dựa vào tổng sản lượng của cả cây hoặc tổng sản lượng của phần trên mặt đất hay một bộ phận nào đó trên mặt đất. Sản lượng của cây gỗ và quần thụ cũng được ước tính từ một bộ phận nào đó của cây gỗ. Sản lượng của cây gỗ thay đổi tùy theo diện tích lá, vị trí lá trên cây, mùa trong năm, loài cây, tỷ lệ giữa cơ quan quang hợp và hô hấp và nhiều nhân tố khác. Về lý thuyết, mục tiêu của lâm sinh học là tối ưu hóa việc chuyển đổi ánh sáng thành sản lượng gỗ trong một chu kỳ kinh doanh hoặc chu kỳ đời sống của rừng. Để đạt được mục tiêu này, nhà lâm học phải hiểu rõ các loài cây gỗ, kiểu tán lá, động thái của LAI và điều kiện lập địa. Sự thành công của trồng rừng và nuôi dưỡng rừng cũng phải dựa trên cơ sở những hiểu biết về sự phát triển và sự tồn tại của tán lá. Kích thước tán lá có thể được biểu thị thông qua chiều dài và đường kính tán lá, chỉ số LAI. Kỹ thuật lâm sinh cũng có thể cải biến kích thước tán lá và tiềm năng của lập địa.

4.8. Ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến năng lượng của rừng

4.8.1. Phân phối lại sinh khối của hệ sinh thái rừng

Rừng là một kho dự trữ năng lượng khổng lồ. Theo Kimmins (1998), sinh khối của rừng rụng lá ôn đới trưởng thành là 422 tấn/ha; rừng nhiệt đới là 415 tấn/ha; rừng ôn đới thường xanh là 575 tấn/ha. Tổng sinh khối của rừng lá kim ở vùng ôn đới lạnh của Nhật Bản là 600 tấn/ha. Rừng Douglas - fir ở Oregon (Mỹ) có sinh khối là 734-1.773 tấn/ha. Sinh khối của rừng Đước trưởng thành ở Cà Mau là 276 tấn/ha (Nguyễn Ngọc Trí, 1986); ước tính dự trữ khoảng 1.65×10^9 kcal. Những ước tính trên đây không kể đến phần sinh khối dưới mặt đất và phần hao hụt ở dạng vật rụng và xác chết hàng năm.

Khi một khoảnh rừng được đưa vào khai thác trắng, năng lượng chứa trong hệ sinh thái rừng sẽ được phân phối lại. Trước hết, thông qua sự loại bỏ tán rừng, toàn bộ năng lượng bức xạ đi vào hệ sinh thái rừng sẽ không được thực vật hấp thụ để tạo ra sinh khối. Điều đó dẫn đến sự lãng phí năng lượng. Ngoài ra, một phần năng lượng bức xạ mặt trời xâm nhập vào bề mặt đất sẽ trực tiếp đốt nóng bề mặt đất, còn phần khác phản xạ trở lại khí quyển. Kết quả làm mặt đất và lớp không khí gần mặt đất nóng lên và dẫn đến tăng cường bốc hơi nước vật lý. Thứ hai, sự gia tăng nguồn năng lượng đến mặt đất còn làm

tăng sự trao đổi năng lượng trong các chuỗi dinh dưỡng phân hủy. Tùy theo phương thức khai thác (khai thác chọn, khai thác dần, khai thác trắng...), số lượng sinh khối bỏ lại rừng không thu hoạch cũng biến đổi khác nhau. Nếu khai thác và thu hoạch toàn bộ cây rừng, thì phân sinh khối bỏ lại rừng có tỷ lệ rất thấp. Ngược lại, khi khai thác chỉ lấy phần thân và cành lớn, bỏ lại các cành nhỏ, lá, gốc và rễ, thì sự hao phí năng lượng sẽ tăng lên. Vì thế, để hạn chế sự hao phí năng lượng và tránh gây ra những biến đổi xấu cho môi trường, nhà lâm nghiệp cần phải thu hoạch triệt để sản lượng rừng, sử dụng phương thức thu hoạch và chế biến gỗ hợp lý.

4.8.2. Những biến đổi của chuỗi dinh dưỡng phân hủy

Phương thức khai thác rừng khác nhau ảnh hưởng khác nhau đến nguồn vật rụng trên sàn rừng. Khi thu hoạch phần thân cây gỗ ở rừng, lượng sinh khối bị hao hụt khoảng 23% và bề dày lớp vật rụng giảm đi 3cm. Sự phân phối lại năng lượng trong hệ sinh thái rừng là kết quả ảnh hưởng tổng hợp của sự gia tăng quá trình phân giải tàn tích hữu cơ và thay đổi điều kiện của sàn rừng. Nhiệt độ bề mặt đất rừng sau khai thác vào mùa hè tăng lên hơn 10⁰C so với trước khi khai thác. Điều này không chỉ dẫn đến sự biến đổi của nhiều quá trình vật lý và hóa học trong đất, mà còn làm thay đổi sự hoạt động của hệ động vật và vi sinh vật đất. Những ảnh hưởng này gia tăng theo sự gia tăng mức độ loại bỏ tán rừng.

4.9. Tóm tắt chương 4

Năng lượng là nhu cầu thiết yếu của các sinh vật. Mọi sinh vật đều phụ thuộc vào năng lượng. Để đảm bảo năng lượng cho các sinh vật, hệ sinh thái được tổ chức thành các chuỗi và lưới dinh dưỡng. Các chuỗi và lưới dinh dưỡng hình thành nên cấu trúc bên trong của hệ sinh thái. Mỗi lưới dinh dưỡng có nhiều chuỗi dinh dưỡng, mỗi chuỗi dinh dưỡng gồm nhiều bậc dinh dưỡng và các bậc dinh dưỡng luôn phụ thuộc chặt chẽ lẫn nhau.

Hệ số truyền năng lượng từ bậc dinh dưỡng này đến bậc dinh dưỡng khác trong một chuỗi dinh dưỡng có trị số rất nhỏ. Hệ số truyền năng lượng của các hệ sinh thái trên cạn nhỏ hơn so với các hệ sinh thái dưới nước. Hệ số truyền năng lượng phụ thuộc vào kích thước, khả năng đồng hóa, tình trạng sinh lý và nơi ở của sinh vật... Sinh khối của mỗi bậc dinh dưỡng phụ thuộc vào sự cân bằng giữa phần nhập năng lượng và phần hao phí năng lượng. Sinh khối của sinh vật được ấn định bởi kích thước và tuổi thọ của sinh vật. Tuy vậy, phần năng lượng đóng góp vào dòng năng lượng của hệ sinh thái không hoàn toàn tỷ lệ thuận với sinh khối của sinh vật. Những sinh vật nhỏ sử dụng năng lượng trên đơn vị sinh khối cao hơn sinh vật lớn.

So với các hệ sinh thái trên cạn, hệ sinh thái rừng không chỉ hấp thụ năng lượng bức xạ mặt trời nhiều và hiệu quả hơn, mà còn dự trữ nhiều sinh khối và năng lượng. Điều này được giải thích bởi rừng có những cây gỗ to lớn, đời sống dài, diện tích tán lá lớn, cấu trúc nhiều tầng tán.

Khả năng hấp thụ năng lượng và sản lượng của thảm thực vật phụ thuộc chặt chẽ vào chỉ số LAI. Chỉ số LAI thay đổi tùy theo loại rừng, cấu trúc rừng và lập địa.

Tổng sản lượng sơ cấp thuần (NPP) của rừng thay đổi tùy theo vị trí địa lý, khí hậu, khả năng cung cấp của lập địa, loài cây... Sự hiểu biết về khả năng hình thành và sự phân phối NPP đến các bộ phận của cây rừng có ý nghĩa lớn trong sinh thái học sản lượng và kinh doanh rừng nhằm đạt sản lượng thu hoạch cao và ổn định.

Kinh doanh rừng ảnh hưởng đến sản lượng rừng và dòng năng lượng truyền qua các thành phần của hệ sinh thái rừng. Nhà lâm nghiệp phải quan tâm đến quá trình truyền

năng lượng giữa các thành phần của rừng. Vì thế, nhà lâm nghiệp cần phải hiểu rõ ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến quá trình này. Kinh doanh rừng ở vùng nhiệt đới phải chú ý đến việc bảo vệ nguồn vật chất hữu cơ và chất khoáng trên sàn rừng, bởi vì đó là nền tảng của kinh doanh rừng bền vững và sản lượng cao.

Câu hỏi chương 4

1. Hãy cho biết 2 chuỗi dinh dưỡng trong một hệ sinh thái nào đó?
2. Tại sao rừng dự trữ nhiều sinh khối nhất?
3. Tại sao nhà lâm nghiệp chỉ quan tâm nhiều nhất đến sản lượng gỗ có thể thu hoạch?
4. Mô tả lại sơ đồ chuyển đổi bức xạ mặt trời thành sinh khối thu hoạch và những nhân tố chủ yếu ấn định quá trình này?
5. Tại sao chỉ số diện tích lá là nhân tố quan trọng nhất ấn định sản lượng sơ cấp thuần của các hệ sinh thái? Bằng cách nào nhà lâm học có thể làm thay đổi chỉ số diện tích lá của rừng?
6. Cho biết những nhân tố làm hao hụt sản lượng sơ cấp thuần trong các hệ sinh thái rừng; trong đó nhân tố nào ảnh hưởng lớn nhất?
7. Bằng cách nào nhà lâm học có thể tác động đến hệ số sử dụng và hệ số chuyển đổi năng lượng của rừng?
8. Những nhân tố nào ấn định sự phân giải vật rụng trên sàn rừng? Nhà lâm học có thể sử dụng những biện pháp nào để đẩy nhanh quá trình phân giải vật rụng trên sàn rừng?

Chương 5

CHU TRÌNH CHẤT KHOÁNG TRONG HỆ SINH THÁI

5.1. Mở đầu

Chức năng của hệ sinh thái bao gồm các giai đoạn cơ bản sau đây: (1) Thực vật màu xanh lục hấp thụ ánh sáng, nước và chất khoáng để sản xuất ra vật chất hữu cơ sơ cấp đầu tiên; (2) Sinh vật dị dưỡng (động vật) tiêu dùng và dị hóa chất hữu cơ; (3) Vi sinh vật phân giải chất hữu cơ thành vật chất vô cơ và các dạng khác. Quá trình sản xuất chất hữu cơ và phân hủy vật chất hữu cơ là những quá trình không thể thiếu đối với sự duy trì chức năng của các hệ sinh thái.

Thuật ngữ chu trình của các chất khoáng biểu thị sự vận động của chúng theo một con đường lặp đi lặp lại. Một cách hiểu khác, chu trình của các chất khoáng biểu thị sự vận động của các chất khoáng từ hệ sinh thái này đến hệ sinh thái khác và sau đó chúng lại quay trở về hệ sinh thái ban đầu. Chu trình vận động của các chất khoáng trong các hệ sinh thái rừng biểu hiện rất phức tạp. Một số nguyên tố vận động theo chu kỳ giữa các sinh vật và môi trường không khí. Một số chất khác vận động theo chu kỳ giữa các sinh vật và đất. Nhưng cũng có những nguyên tố vận động theo cả hai con đường này. Ngoài chu trình vận động của các chất khoáng giữa các sinh vật và môi trường bên ngoài, trong các hệ sinh thái rừng còn có các chu trình vận động của các chất khoáng bên trong cơ thể thực vật và động vật. Căn cứ vào sự khác biệt này, người ta phân chia sự vận động của các chất khoáng theo ba kiểu khác nhau: (1) Chu trình địa hóa (Geochemical Cycle), (2) Chu trình sinh địa hóa (Biogeochemical Cycle), (3) Chu trình sinh hóa (Biochemical Cycle).

(1) Chu trình địa hóa

Chu trình địa hóa là chu trình vận động của các nguyên tố hóa học giữa các hệ sinh thái. Ví dụ: (1) Các chất khoáng từ hệ sinh thái rừng vận động đến hệ sinh thái đồng ruộng dưới ảnh hưởng của gió và mưa. (2) Dòng nước suối vận chuyển các chất khoáng từ hệ sinh thái rừng sang hệ sinh thái sông, hồ, biển. (3) Khí CO₂ thải ra từ rừng được gió đưa đến hệ sinh thái đô thị... Thời gian vận động của các chất trong chu trình địa hóa thường dài và phạm vi không gian thường rất rộng. Ví dụ: Chu trình vận động của một số chất khoáng có thể là hàng triệu năm (khi chúng trầm tích ở đáy biển), nhưng cũng có chất chỉ xảy ra trong một thời gian ngắn (CO₂). Một số chất khoáng đi ra khỏi hệ sinh thái có thể không bao giờ quay trở lại. Một bộ phận vật chất cũng có thể được lưu giữ trong các lớp trầm tích ở đáy sông, hồ, biển hoặc được cây cố định trong cơ thể qua hàng ngàn năm.

(2) Chu trình sinh địa hóa

Chu trình sinh địa hóa là chu trình vận động của các chất khoáng xảy ra giữa các sinh vật và môi trường bên trong phạm vi của một hệ sinh thái. Ví dụ: Đạm được rễ cây hấp thụ từ các sản phẩm ở sàn rừng có thể chuyển vào các bộ phận của cây sống; sau đó nó lại quay trở về sàn rừng khi các bộ phận của cây bị chết. Canxi và nhiều chất khoáng khác được rễ cây hút từ đất để cấu tạo cơ thể. Tiếp theo các bộ phận của cây sống có thể chuyển vào cơ thể động vật qua chuỗi dinh dưỡng. Sau đó chúng lại quay trở về sàn rừng dưới dạng chất bài tiết hay xác chết của động vật và rồi lại được cây hấp thụ. Ngoài ra, các sinh vật, gió, mưa cũng có thể phân bố lại các chất khoáng trong một hệ sinh thái. Thời gian vận động của các chất khoáng trong chu trình sinh địa hóa thường ngắn hơn và phạm vi

không gian cũng hẹp hơn so với chu trình địa hóa. Một số chất khoáng có thể quay trở lại cây xanh chỉ trong vài giờ (CO_2). Một số chất khoáng khác vận động qua hàng trăm năm khi chúng trầm tích ở đáy sông, hồ, biển. Vì thế, đặc trưng của chu trình sinh địa hóa ở các hệ sinh thái rừng, đặc biệt là rừng cao đỉnh là hầu hết các chất khoáng trong một chu trình chỉ tồn tại trong một hệ sinh thái. Chúng được thực vật và động vật hấp thụ và tích lũy chỉ với một sự hao hụt rất nhỏ chuyển vào chu trình địa hóa.

(3) Chu trình sinh hóa

Chu trình sinh hóa còn được gọi là chu trình bên trong sinh vật. Đó là chu trình vận động của các chất khoáng xảy ra giữa các bộ phận khác nhau của sinh vật. Thông thường, thuật ngữ chu trình sinh hóa chỉ biểu thị cho thực vật, mặc dù động vật cũng có chức năng sinh lý tương tự như thực vật. Ví dụ: Một vài chất khoáng được chuyển từ các bộ phận già sắp chết đến các bộ phận còn trẻ đang sinh trưởng mạnh trong phạm vi một cây.

Ở chương 5, trước hết, chúng ta lần lượt nghiên cứu chu trình địa hóa, chu trình sinh địa hóa và chu trình sinh hóa. Tiếp theo chúng ta xem xét chu trình sinh địa hóa dưới ảnh hưởng của kinh doanh rừng. Trước khi đi vào thảo luận các chu trình vật chất, chúng ta cũng cần biết cơ chế sinh học mà theo đó các chất khoáng đã ấn định sản lượng của các hệ sinh thái. Các cơ chế này chính là dinh dưỡng của thực vật và động vật.

5.2. Dinh dưỡng của thực vật

5.2.1. Các chất khoáng chứa trong thực vật

Khi phân tích cơ thể thực vật, chúng ta có thể thấy một số lượng lớn các nguyên tố hóa học cấu tạo nên cơ thể chúng. So với trọng lượng của cây, một số chất có hàm lượng rất nhỏ (một phần nghìn tỷ = ppt = 10^{-12}g và một phần tỷ = ppb = 10^{-9}g), còn một số chất khác có hàm lượng khoảng một vài phần triệu (ppm = 10^{-6}g). Nói chung, cơ thể thực vật có rất ít các chất mà trọng lượng của chúng được tính bằng phần trăm so với trọng lượng cây. Những chất khoáng chỉ chiếm vài ppm so với trọng lượng của cây được gọi là chất vi lượng. Những chất khoáng chiếm vài phần trăm so với trọng lượng của cây được gọi là chất đa lượng. Bảng 5.1 dẫn 16 nguyên tố hóa học cần thiết cho sự sống của cây. Các số liệu ở Bảng 5.1 là trị số trung bình trong cơ thể của thực vật; do đó chúng không đúng với từng loài cây cụ thể. Ở một vài loài cây, canxi là chất vi lượng. Ở một số loài cây khác, cho đến nay người ta vẫn chưa rõ vai trò của canxi. Selen là một độc chất đối với hầu hết thực vật, nhưng một vài loài cây mọc trên đất giàu selen vẫn có thể hấp thụ được selen. Nồng độ của các chất khoáng khác trong cơ thể thực vật có thể biến đổi tùy theo tuổi, thời gian trong năm, điều kiện sinh lý và bộ phận của cây.

5.2.2. Sự tích lũy chất khoáng ở thực vật

So với trọng lượng khô của thực vật, bốn nguyên tố H, O, C và N chiếm khoảng 96%, còn lại 4% phân phối vào 12 nguyên tố khác. Thực vật thu nhận các chất khoáng từ môi trường đất, nước và không khí. Nguồn chất khoáng cần cho thực vật thay đổi tùy thuộc vào khả năng cung cấp của chúng mà không phải theo hàm lượng tương đối của chúng.

Những dạng sống sớm nhất của thực vật là những đại diện sống ở môi trường nước. Mặc dù trong môi trường nước nồng độ các chất khoáng thường có trị số rất thấp, nhưng các loài cây không có những biến đổi lớn về hình thái để thích nghi với sự thu nhận chất

khoáng. Trái lại, các chất khoáng đặc biệt giàu có trong môi trường trên cạn, nhưng thực vật phải có sự thay đổi rất lớn về hình thái để thích nghi với sự hấp thụ chất khoáng. Ví dụ: Hệ thống rễ xâm nhập vào môi trường đất, còn lá sống trong môi trường không khí. Thực vật sống trên cạn hấp thụ chất khoáng hiệu quả hơn so với thực vật sống ở môi trường nước.

Bảng 5.1. Nồng độ trung bình của các nguyên tố dinh dưỡng thiết yếu đối với thực vật (Epstein, 1972; Dẫn theo Belov, 1976)

Nguyên tố	Trọng lượng nguyên tử	Nồng độ trong chất khô		Mật độ tương đối của các nguyên tử trong chất khô, %	Hàm lượng trung bình trong vỏ trái đất, ppm
		ppm	%		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1. Đa lượng					
H	1,01	-	6,0	60.000.000	1.400
C	12,01	-	45	40.000.000	200
O	16,00	-	45	30.000.000	466.000
N	14,01	-	1,5	1.000.000	20
K	39,10	-	1,0	250.000	25.900
Ca	40,08	-	0,5	125.000	36.300
Mg	24,32	-	0,3	80.000	20.900
P	30,98	-	0,2	60.000	1.050
S	32,07	-	0,1	30.000	260
2. Vi lượng					
Cl	35,46	100	-	3000	130
B	10,82	20	-	2000	10
Fe	55,85	100	-	2000	50000
Mn	54,94	50	-	1000	950
Zn	65,38	20	-	300	70
Cu	63,54	6	-	100	55
Mo	95,95	0,1	-	1	1,5

Để hấp thụ các chất khoáng chứa trong dung dịch đất, thực vật phải hình thành hệ rễ có chiều dài và bề mặt tiếp xúc rất lớn với dung dịch đất. Theo Dittmer (1937; Dẫn theo Larcher, 1983), tổng diện tích bề mặt rễ của một cây gỗ 4 tháng tuổi là 639m² và tổng chiều dài là 623km. Khi nghiên cứu hệ rễ cây gỗ sống ở vùng bán sơn địa thuộc bờ biển British Columbia, Nuszdorfer (1980; Dẫn theo Kimmins, 1998) nhận thấy tổng diện tích bề mặt của hệ rễ cây gỗ trong một mét vuông mặt đất là 7,3-11,9 m²/m² và chiều dài hệ rễ là 3,8-6,5km/m². Nếu tính cả hệ rễ của thực vật tầng dưới (cây bụi, thảm cỏ), thì các số liệu tương ứng như trên là 9,7-15,1m²/m² và 5,8-11,3km/m².

5.2.3. Nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng

5.2.3.1. Khái niệm về nhu cầu và yêu cầu chất dinh dưỡng của rừng

Các chất cung cấp năng lượng cho thực vật được gọi là chất dinh dưỡng. Ví dụ: Amino axit, đường, vitamin, hormon và nhiều hợp chất khác. Các chất cung cấp vật liệu để

cấu tạo cơ thể của thực vật được gọi là chất khoáng. Ở nghĩa rộng, người ta xem các chất cung cấp năng lượng và chất khoáng cho thực vật đều là chất dinh dưỡng.

Nhu cầu dinh dưỡng của thực vật là lượng chất dinh dưỡng cần thiết phải có để đảm bảo cho thực vật sống bình thường. Một cách hiểu khác, nhu cầu dinh dưỡng của thực vật là hàm lượng các chất dinh dưỡng trong cơ thể để đảm bảo cho thực vật sống bình thường. Yêu cầu độ phì đất của thực vật là khả năng sinh trưởng của thực vật trên các đất khác nhau. Một cách hiểu khác, yêu cầu độ phì đất của thực vật là khả năng đáp ứng các chất cần thiết của đất cho thực vật. Các loài cây có nhu cầu dinh dưỡng khác nhau, đồng thời nhu cầu của chúng cũng thay đổi theo tuổi, loại đất và trạng thái sức sống (Bảng 5.2).

Căn cứ vào nhu cầu dinh dưỡng của thực vật, người ta phân biệt chúng thành ba nhóm: (1) Nhóm cây có nhu cầu dinh dưỡng thấp, nghĩa là những loài cây sống tốt trên đất nghèo; (2) Nhóm cây có nhu cầu dinh dưỡng trung bình; (3) Nhóm cây có nhu cầu dinh dưỡng cao, nghĩa là chúng đòi hỏi đất giàu dinh dưỡng.

Bảng 5.2. Nhu cầu chất khoáng của loài Thông (*Pinus sylvestris*). Nguồn: Ehvald, 1957; Dẫn theo Belov, 1976)

Bộ phận	Chất khoáng (kg/ha/năm):				
	N	P	Ca	Mg	K
Thân	35,4	3,0	24,6	2,8	10,9
Lá	26,0	2,4	9,2	2,0	9,4
Rễ	1,7	0,1	0,6	0,2	0,5

5.2.3.2. Xác định nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng

(a) Phương trình cân bằng chất dinh dưỡng của rừng

Trong toàn bộ đời sống của rừng, tổng khối lượng chất dinh dưỡng thu nhận được là M_C . Tổng khối lượng chất dinh dưỡng này được chi dùng một phần cho hô hấp (Kí hiệu = R); một phần mất đi dưới dạng các chất bài tiết, vật rụng (cành, lá, hoa, quả, vỏ cây chết) và xác cây chết (Kí hiệu = F); phần còn lại chứa trên cây đứng (Kí hiệu = M_{HC}). Từ đó, phương trình cân bằng chất dinh dưỡng được viết như sau: $M_{HC} = M_C - (R + F)$. Khối lượng vật chất hiện còn (M_{HC}) là tổng lượng tăng trưởng hàng năm trên những cây còn sống của rừng. Chúng có thể được thu hoạch một phần trong khai thác chính, một phần bỏ lại rừng dưới dạng không dùng được (cành, ngọn, lá).

(b) Xác định nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng

Theo phương trình cân bằng chất dinh dưỡng, chúng ta có thể viết được phương trình cân bằng chất dinh dưỡng của rừng trong một mùa sinh trưởng và trong một năm. Đồng thời, dựa vào định luật bảo toàn vật chất, chúng ta tính được tổng nhu cầu chất dinh dưỡng và phân quay vòng về đất.

Để tính nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng, chúng ta cần thu thập những nguồn số liệu sau đây.

(1) Xác định lượng tăng trưởng hàng năm và tổng lượng tăng trưởng trong toàn bộ đời sống của rừng hoặc trong một giai đoạn tuổi nhất định. Các giá trị này có thể đo đếm theo đơn vị thể tích (m^3/ha) hoặc trọng lượng (kg/ha). Trong lâm học, đơn vị đo đếm sản

lượng gỗ là m³/ha. Vì thế, để chuyển đơn vị thể tích sang đơn vị trọng lượng, chúng ta cần phải biết tỷ trọng gỗ (d, kg/m³ gỗ). Tỷ trọng gỗ bao gồm tỷ trọng gỗ tươi và tỷ trọng gỗ khô tuyệt đối. Tỷ trọng gỗ tươi là trọng lượng chất khô tuyệt đối (kg, tấn) trên 1m³ gỗ tươi vừa khai thác. Tỷ trọng gỗ khô tuyệt đối là trọng lượng chất khô tuyệt đối (kg, tấn) trên 1m³ gỗ khô tuyệt đối. Bởi vì gỗ khô tuyệt đối là chỉ tiêu khó xác định tại rừng, nên nhà lâm học sử dụng tỷ trọng gỗ tươi để chuyển đơn vị thể tích sang đơn vị trọng lượng. Sinh khối của các bộ khác (rễ, cành, lá...) được cân đo tại rừng; sau đó sấy để chuyển thành trọng lượng khô.

(2) Xác định các nguyên tố hóa học trong các bộ phận của cây gỗ. Chúng được tìm bằng cách phân tích thành phần hóa học của các thành phần (gỗ, lá, vỏ, hoa, quả...) hiện còn và phần đã đào thải. Các thành phần chất khoáng (N, P, K Ca, Mg...) thường tồn tại ở dạng hợp chất như P₂O₅, K₂O, CaO, MgO...Do đó, muốn chuyển từ các hợp chất sang các nguyên tố tinh, chúng ta cần phải biết tương quan trọng lượng giữa các nguyên tố và hợp chất của chúng. **Bảng 5.3 và 5.4** dẫn qua trình tăng trưởng và đào thải sinh khối của rừng Thông (*Pinus sylvestris*) 125 tuổi ở nước Nga (Belov, 1976).

Bảng 5.3. Tăng trưởng và đào thải thực vật khối khô tuyệt đối của rừng Thông (*Pinus sylvestris*) 125 tuổi trên cấp lập địa I, tấn/ha. Nguồn: Belov (1976)

Tuổi (năm)	Mật độ (cây/ha)	Thân cả vỏ		Cành+rễ		Lá Hoa Quả	Tổng số	
		Tăng trưởng	Đào thải	Tăng trưởng	Đào thải		Tăng trưởng	Đào thải
10	8180	9,1	1,8	4,1	1,1	13,2	26,4	16,1
20	4010	21,0	4,2	9,3	2,5	17,9	48,2	24,6
30	2620	27,2	5,6	10,7	2,9	22,7	60,6	31,2
40	1985	31,0	6,4	11,2	3,3	26,3	68,5	36,0
50	1585	35,5	11,2	9,5	3,4	28,6	73,6	43,2
60	1180	35,2	11,6	8,5	3,8	28,0	71,7	43,4
70	1040	35,0	12,9	8,0	3,1	27,9	70,9	43,9
80	875	32,6	12,5	7,1	2,8	26,3	66,0	41,6
90	682	30,1	12,3	6,0	2,6	25,6	61,2	40,5
100	600	26,2	11,0	5,3	2,3	25,1	56,6	38,4
110	525	22,1	9,3	4,5	2,0	22,1	48,7	33,4
120	474	17,6	9,7	3,7	1,9	19,0	40,3	30,6
Tổng		322,6	108,5	87,9	31,7	282,7	692,7	422,9
(%)		100	33,6	100	36,1	100	100	61,1

Từ số liệu ở **Bảng 5.3 và 5.4** cho thấy, so với tổng sinh khối của rừng Thông tạo ra đến tuổi thành thực (100%), phần đào thải là 61%, phần hiện còn là 39%. Phần đào thải chiếm tỷ lệ lớn nhất là lá, vỏ, hoa, quả. Đây là các bộ phận chứa nhiều đạm và tro. Phần gỗ thân đã đào thải 33,6%, phần hiện còn đến tuổi thành thực là 66,4%. Lá, hoa và quả đào thải 100%. So với tổng số lượng các chất khoáng thu nhận từ đất (100%), các vật chất đào thải đã trả lại đất từ 86-90% đạm, 83-89% chất khoáng. So với tổng lượng tăng của toàn bộ thực vật khối (100%), tăng trưởng gỗ thân là 46,6%, còn lại lá, hoa và quả là 53,4%.

Bảng 5.4. Nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng Thông 125 tuổi trên cấp lập địa I. Nguồn: Belov (1976)

Chỉ tiêu	Thân cả vỏ	Cành và rễ cả vỏ	Lá, hoa. quả	Tổng số
1. Tăng trưởng sau 125 năm, T/ha	<u>322,6</u>	<u>87,9</u>	<u>289,7^(*)</u>	<u>701,2</u>
2. Nhu cầu chung, kg				
+ Đạm	603	316	3710	4629
+ Các chất tro (khoáng)	1870	825	8750	11445
3. Lượng đào thải + rơi rụng, T/ha	<u>108,5</u>	<u>32,1</u>	<u>282,7</u>	<u>423,3</u>
4. Tổng quay vòng				
4.1. Đạm (kg/ha)	206	112	3640	3958
+ % so với nhu cầu	34,2	35,4	98,1	85,5
4.2. Các chất tro (kg/ha)	629	293	8590	9512
+ % so với nhu cầu	33,5	35,5	98,3	23,1
5. Nhu cầu 1 năm (kg/ha)				
5.1. Đạm	5,0	2,6	30,7	38,3
5.2. Tro tổng số:	15,6	6,90	73,0	95,5
+ Canxi	7,5	3,23	11,10	21,8
+ Photpho	0,23	0,29	3,53	4,05
+ Kali	1,05	0,95	11,30	13,30
+ Manhê	0,80	0,70	3,30	4,80
6. Sinh khối hiện còn ở quần thụ thành thực (tấn/ha)	<u>214,1</u>	<u>56,7</u>	<u>7,0^(*)</u>	<u>277,8</u>
+ Tính theo phần trăm (%)	77,1	20,3	2,6	100
7. Chất khoáng hiện còn				
7.1. Đạm (kg/ha)	398	204	92,5	694,5
+ % so với nhu cầu	66,2	64,4	2,5	15,0
7.2. Các chất tro (kg/ha)	1240	535	216,5	1994,5
+ % so với nhu cầu	66,2	64,6	2,5	17,4
8. Lấy ra khỏi rừng do khai thác				
8.1. Đạm (kg/ha)	386	0	0	386
+ % so với nhu cầu	64,0	0	0	8,4
8.2. Tro (kg/ha)	1193	0	0	1193
+ % so với nhu cầu	64,0	0	0	11,3

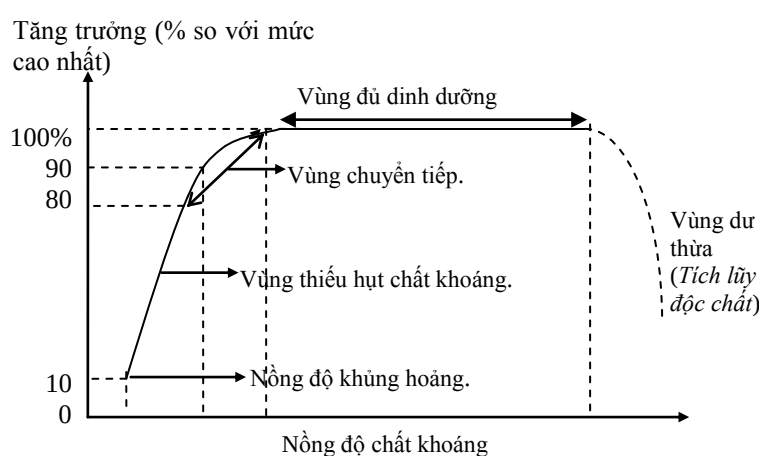
Ghi chú: (*) Phần bổ sung trọng lượng lá còn lại trên cây ở cuối kỳ thu hoạch là 7 tấn/ha.

Ở vào tuổi thành thực tự nhiên, quần thụ còn giữ lại 11-15% đạm và 12-18% các chất khoáng so với tổng nhu cầu trong toàn bộ đời sống của rừng. Chặt nuôi rừng và khai thác chính đã đưa ra khỏi rừng một bộ phận đáng kể gỗ, cành và nhánh. Hai hoạt động này cũng đã mang ra khỏi rừng nhiều chất chất khoáng và đạm. Trong khai thác trắng, lượng gỗ thân trên cây đứng được mang ra khỏi rừng biến động từ 90-96%. Nếu chặt nuôi rừng đều đặn, phần gỗ thân được mang ra khỏi rừng khoảng 30% so với tổng sản lượng chung của rừng. Để biết rõ nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng, chúng ta cũng phải tính tất cả các phần đã lấy ra khỏi rừng thông qua chặt nuôi dưỡng rừng.

5.2.4. Sự thiếu hụt các chất khoáng của thực vật

Theo mức độ đáp ứng chất khoáng cho cây, người ta phân biệt ba trạng thái dinh dưỡng cơ bản. Một là trạng thái thiếu chất dinh dưỡng. Hai là trạng thái đủ chất dinh dưỡng. Ba là trạng thái dư thừa chất dinh dưỡng. Khi thiếu chất dinh dưỡng, phản ứng của cây biểu hiện thường bị lùn, ra hoa quả và tàn lụi sớm. Nếu thiếu một số chất, hoạt động của cây biểu hiện không bình thường. Khi được đáp ứng đủ dinh dưỡng, thì phản ứng sinh trưởng của cây biểu hiện bình thường. Khi đã được đáp ứng đủ dinh dưỡng, nếu tiếp tục tăng dinh dưỡng dù chỉ một vài phần trăm, thì cây không cho hiệu ứng sinh trưởng. Khi cây được cung cấp quá nhiều dinh dưỡng, thì lượng dinh dưỡng dư thừa sẽ trở thành độc chất và gây ra những ảnh hưởng xấu cho cây như hạn sinh lý và chết.

Sự thiếu hụt một chất khoáng nào đó thường được xác định thông qua phản ứng sinh trưởng của thực vật khi được bổ sung thêm chất khoáng đó (Hình 5.1).



Hình 5.1. Mối quan hệ giữa tăng trưởng của thực vật và nồng độ chất khoáng trong mô của nó (Ulrich và Hill, 1967; Dẫn theo Kimmins, 1998).

Nếu khối lượng chất khoáng được bổ sung làm gia tăng mức tăng trưởng của thực vật nhưng chỉ làm thay đổi rất nhỏ về nồng độ chất khoáng trong mô thực vật, thì thực vật vẫn ở trạng thái thiếu hụt dinh dưỡng. Ngược lại, việc bổ sung chất khoáng chỉ làm thay đổi rất nhỏ lượng tăng trưởng của thực vật nhưng lại làm tăng nồng độ chất khoáng trong mô thực vật, thì thực vật ở trạng thái đủ dinh dưỡng. Do đó, sự thiếu hụt chất dinh dưỡng là điều kiện dinh dưỡng trong đó sự bổ sung chất khoáng dẫn đến sự gia tăng sức sinh trưởng hoặc quá trình sinh sản của thực vật. Khi cây bị thiếu hụt dinh dưỡng, sự bổ sung thêm chất dinh dưỡng sẽ giúp chúng sinh trưởng nhanh hơn. Nhưng nếu tiếp tục cung cấp khối lượng chất dinh dưỡng vượt quá nhu cầu của thực vật, thì quá trình tăng trưởng và sinh sản của chúng sẽ giảm. Điều này xảy ra là vì hàm lượng cao của các chất khoáng đã trở thành độc chất đối với thực vật.

Khi đánh giá mức đảm bảo chất khoáng cho cây, các nhà lâm học và nông học thường sử dụng nồng độ các chất khoáng trong lá cây. Tuy nhiên, nồng độ của một loại chất khoáng bất kỳ nào đó trong mô thực vật không thể được xem như một chỉ thị trực tiếp về mức đảm bảo chất khoáng cho thực vật.

Nhu cầu của thực vật về một loại chất khoáng nào đó còn phụ thuộc vào hàm lượng của các chất khoáng khác. Ví dụ: Khi hàm lượng các cation hóa trị 2 bị thiếu hụt, thì nhiều loài cây vẫn có thể sinh trưởng bình thường ở mức canxi rất thấp. Nhưng khi cung cấp

thêm các cation hóa trị 2, thì yêu cầu canxi của thực vật cũng tăng lên. Trong trường hợp này, sự đáp ứng canxi không đủ sẽ làm giảm sinh trưởng của thực vật. Canxi hoạt động không chỉ với tư cách một chất khoáng mà còn là nhân tố làm giảm mức tác động độc hại của một số cation khác. Mức canxi cao trong đất có thể làm giảm sự thiếu hụt photpho. Điều này xảy ra là vì nếu môi trường có pH cao và giàu canxi, thì photpho bị liên kết thành photphat canxi. Nhu cầu coban của thực vật sống cộng sinh với các vi sinh vật cố định đạm sẽ tăng lên khi các ion NO_3^- và NH_4^+ đủ cung cấp cho thực vật. Nhưng nếu tiếp tục tăng hàm lượng nitơ vô cơ vượt quá nhu cầu của cây, thì nhu cầu coban của nó cũng sẽ giảm đi. Trong điều kiện bình thường, natri và stronti thường không được thực vật hấp thụ, nhưng chúng có thể được thực vật sử dụng ở một mức độ nhất định thay cho canxi và kali khi canxi và kali ở trạng thái thiếu hụt. Mangan là độc chất khi vắng mặt silic. Mặc dù silic không phải là chất khoáng cần thiết cho cây. Nhưng sự có mặt của silic lại giúp cho thực vật sống bình thường trong điều kiện môi trường có nhiều mangan.

Nói chung, số lượng tương đối của các nguyên tố khác nhau có vai trò quan trọng như trị số tuyệt đối của chúng. Sự thiếu hụt các chất khoáng thiết yếu làm giảm các phản ứng sinh hóa trong cây. Kết quả dẫn đến cây giảm tăng trưởng và các quá trình đồng hóa. Sự thiếu hụt nitơ ảnh hưởng đến quá trình hình thành enzym, amino axit, sự tổng hợp diệp lục... Kết quả ảnh hưởng đến sự đồng hóa của thực vật. Khi thiếu hụt nitơ, thì lá cây có màu vàng. Thiếu photpho sẽ kìm hãm quá trình tổng hợp ATP (Adenozintriphosphat). Kết quả ảnh hưởng đến sự biến đổi năng lượng đồng hóa. Sự thiếu hụt ion magiê ảnh hưởng đến sự tổng hợp diệp lục và gây ra bệnh vàng lá. Sự thiếu hụt canxi có thể làm tăng tính độc hại của một số chất khoáng khác và có thể dẫn đến các vách tế bào yếu hơn. Nguyên nhân là vì canxi tham gia hình thành các chất gian bào mà những chất này được tạo thành từ pectat canxi. Thiếu pectat canxi sẽ làm giảm tính chống chịu của thực vật đối với sự thiếu hụt nước. Ngoài ra, tính axit của đất phối hợp với sự thiếu hụt canxi sẽ dẫn đến làm tăng sự hòa tan của một số kim loại trong dung dịch đất. Kết quả có thể gây độc cho cây.

Trong thực tế, nhà lâm học rất khó đáp ứng đầy đủ nhu cầu về một chất dinh dưỡng nào đó cho các loài cây gỗ và rừng. Điều đó không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng tương đối và khả năng cung cấp của các nguyên tố khác, mà còn cả nhu cầu dinh dưỡng và điều kiện sống của các loài cây gỗ và rừng.

Tầm quan trọng của sự cân bằng các chất khoáng không phải lúc nào cũng được nhà lâm học quan tâm. Việc bón thêm đạm vào đất đôi khi lại gây ra sự thiếu hụt các chất khoáng khác. Kết quả lại kìm hãm sinh trưởng của thực vật. Vì thế, việc bổ sung phân bón vào đất phải tính đến sự cân bằng của các chất khoáng.

5.3. Chu trình địa hóa

Chu trình địa hóa hay còn gọi là chu trình địa chất diễn ra sự trao đổi các chất giữa các hệ sinh thái khác nhau. Ví dụ: (1) Chu trình vận động của vật chất xảy ra giữa hệ sinh thái rừng trên sườn núi và hệ sinh thái rừng dưới các thung lũng; (2) Sự vận động của các chất khoáng từ hệ sinh thái lục địa đến hệ sinh thái biển và đại dương và ngược lại. Mỗi chu trình địa chất bao gồm hai thành phần: phần nhập và phần mất mát. Cả hai thành phần này đều đóng vai trò hết sức quan trọng trong việc ấn định số lượng vật chất và năng lượng vận động trong hệ sinh thái. Dưới đây chúng ta xem xét một vài chu trình địa chất quan trọng.

5.3.1. Chu trình của các chất khí

Carbon, hydro, oxi, nitơ và lưu huỳnh có thể nhập vào hoặc xuất ra khỏi hệ sinh thái rừng dưới dạng vật chất ở thể khí, thể lỏng và thể rắn. Hầu hết các loại đá chứa rất ít hoặc không có nitơ, oxi tồn tại ở dạng hợp chất, còn carbon hoặc có mặt ở mức thấp hoặc chỉ được giải phóng một lượng rất nhỏ để đáp ứng cho nhu cầu của thực vật. Lưu huỳnh xâm nhập vào hệ sinh thái khá ổn định thông qua sự phong hóa đá. Lưu huỳnh thường xâm nhập vào các hệ sinh thái rừng ở dạng khí. Ở nhiều hệ sinh thái, vai trò của lưu huỳnh ở thể khí kém quan trọng hơn so với dạng sun phat (SO_4^{2-}) trong dung dịch. Những đại cây xanh sống quanh khu công nghiệp có thể hấp thụ khá nhiều khí SO_2 . Lưu huỳnh tách ra khỏi hệ sinh thái ở dạng các ion hòa tan trong nước (suối, sông và hồ), nhưng đôi khi cũng thấy ở thể khí.

Nitơ xâm nhập vào hệ sinh thái rừng thông qua sự cố định khí nitơ (N_2) bởi các vi sinh vật. Sự hấp thụ NH_3 có thể cung cấp 10% (khoảng 20 kg/ha) nhu cầu đạm của QXTV. Một hecta rừng thuần loài *Casuarina glauca* có thể cố định được 60-95kgN/năm. Một hecta rừng trồng hỗn giao *Casuarina glauca* với cây lá rộng khác có thể cố định được khoảng 40-60 kgN/ha/năm (Kimmins, 1998).

Thực vật thải ra khí O_2 và SO_2 , còn động vật thải ra CO_2 và CH_4 . Lượng CH_4 được động vật thải ra hàng năm là 45-75 triệu tấn (Ehhalt, 1973; Dẫn theo Kimmins, 1998). Hàng năm những loài côn trùng của rừng nhiệt đới và á nhiệt đới chuyển đổi 27% sản phẩm sơ cấp thuần thành 50 tỷ tấn CO_2 và 152 triệu tấn CH_4 (Zimmerman, 1982; Dẫn theo Kimmins, 1998). Người ta nhận thấy khối lượng CO_2 do côn trùng phóng thải ra hàng năm lớn hơn rất nhiều so với khối lượng CO_2 được giải phóng do quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch.

Chu trình của nhiều chất khí thu hút sự chú ý to lớn của chúng ta trong thế kỷ XX, bởi vì sự gia tăng các khí thải đang gây ra sự biến đổi khí hậu toàn cầu theo chiều hướng xấu. Hàng năm loài người phóng thải rất nhiều khí độc và hóa chất khác nhau vào bầu khí quyển; trong đó bao gồm CO_2 , SO_2 , NO_x , thuốc diệt trừ dịch hại, thuốc kích thích sinh trưởng thực vật và động vật. Kết quả làm thay đổi chu trình của các chất khí và gây ra mưa axit.

5.3.2. Chu trình trầm tích

Chỉ có một số chất tham gia vào chu trình của các chất khí, còn phần lớn vật chất tham gia vào chu trình địa hóa theo kiểu trầm tích. Chu trình trầm tích phụ thuộc vào đặc điểm vật lý và hóa học của nguyên tố hóa học, vai trò của sinh vật và bản chất của môi trường. Ví dụ: Ở nơi khô, C và S vận động khỏi hệ sinh thái ở dạng khí, còn ở nơi ẩm các ôxít carbon và lưu huỳnh hòa tan trong dung dịch và vận động theo dòng nước. Dưới đây chúng ta xem xét một số cơ chế vận động của vật chất trong các chu trình trầm tích.

(1) Cơ chế khí tượng

Cơ chế này bao gồm phần nhập từ bụi và mưa, phần xuất ra là kết quả của xói mòn và vận động của gió. Bụi từ đất, phấn hoa và núi lửa, hơi nước từ biển và đại dương được gió mang đến các hệ sinh thái trong khi mưa và động đất. Lượng chất khoáng được gió và mưa mang đi khá lớn. Điều này phụ thuộc vào điều kiện khí hậu, địa hình, đất và thảm thực vật của từng nơi. Ví dụ: Mỗi năm hệ thống sông ngòi ở nước ta đã mang ra biển

khoảng 250 triệu tấn phù sa. Hệ thống sông ngòi ở phía Bắc đã mang đi: $N = 7,15 \cdot 10^5$ tấn, $P = 2,5 \cdot 10^5$ tấn, $K = 3,2 \cdot 10^5$ tấn.

(2) Cơ chế sinh học

Sự phân bố lại các chất khoáng giữa các hệ sinh thái có thể thông qua hoạt động của một số động vật. Những động vật tham gia vào chu trình sinh địa hóa cũng bị lôi cuốn vào chu trình địa chất. Ví dụ: (1) Các loài động vật sống ở hệ sinh thái này nhưng có thể bài tiết hoặc chết ở hệ sinh thái khác; (2) Một vài loài chim tìm kiếm thức ăn ở hệ sinh thái đồng ruộng vào ban ngày, nhưng đêm đến có thể về ngủ ở các hệ sinh thái rừng. Theo Weir (1969; Dẫn theo Kimmins, 1998), những đàn quạ sống ở rừng nước Anh trong 8 tuần đã bài tiết khoảng: $Na = 6,1$ kg/ha, $K = 9,5$ kg/ha, $Ca = 89,2$ kg/ha; trong khi đó đầu nhập từ mưa là $Na = 11,4$ kg/ha, $K = 24,0$ kg/ha.

Trong hầu hết các hệ sinh thái trên cạn, lượng vật chất bị mất đi do nhân tố sinh học có thể bằng hoặc gần bằng phần nhập sinh học từ các hệ sinh thái khác. Một nghiên cứu ở rừng ôn đới phía bắc Hoa Kỳ cho thấy những loài chim di cư hàng năm đã làm mất đi khoảng 3 kg N và Ca/ha, 2kg S và P/ha (Sturges, 1974; Dẫn theo Kimmins, 1998). Một ví dụ rõ nhất là sự trầm tích phân chim (phốt pho) trên các đảo ở biển. Ở các vùng xung quanh những đảo phân chim này, lượng phốt pho được nâng cao. Phốt pho tham gia vào chuỗi thức ăn bắt đầu từ chim biển. Chúng ăn cá biển rồi thải phân trên các đảo. Lượng phân chim thải ra trên các đảo ước tính khoảng 190 ngàn tấn/năm; trong đó chứa khoảng 8.800 tấn phốt pho (Hutchinson, 1950; Dẫn theo Kimmins, 1998).

Cơ chế sinh học còn bao gồm các hoạt động nông - lâm nghiệp. Việc bón phân, cày đất trong các hệ sinh thái rừng và đồng ruộng cũng ảnh hưởng đến sự phân bố lại các chất khoáng. Các chất khoáng tích lũy trong các sản phẩm nông - lâm nghiệp của các hệ sinh thái này được thu hoạch và mang đến hệ sinh thái khác (đô thị). Khác với các động vật, con người không chỉ phân bố lại các chất khoáng mà còn tập trung, bổ sung và làm mất mát nhiều chất khoáng và hợp chất khác nhau.

Các chu trình địa hóa là hệ thống rất phức tạp và cân bằng. Hệ thống này đảm bảo cho các hệ sinh thái có phần nhập và phân xuất cân bằng nhau nhằm đảm bảo cho chu trình sinh địa hóa diễn ra liên tục. Tuy vậy, những hoạt động của con người cũng có ảnh hưởng đến phần nhập và xuất của chu trình địa hóa. Trong một số trường hợp, sự biến đổi giữa phần nhập và phần xuất có thể xảy ra không theo mong muốn của con người.

(3) Cơ chế địa chất

Các cơ chế địa chất bao gồm: (1) Phần nhập các chất khoáng vào hệ sinh thái thông qua sự phong hóa hóa học của các loại đá và cơ chất của đất hoặc các chất khoáng hòa tan trong dung dịch đất và dòng nước suối chảy qua rừng; (2) Những chất khoáng xuất ra khỏi hệ sinh thái rừng bao gồm các chất hòa tan trong dung dịch đất và nước bề mặt hoặc do xói mòn.

Đất được hình thành từ sự phong hóa các loại đá do tác nhân vật lý và hóa học dưới ảnh hưởng tổng hợp của khí hậu và sinh vật. Các chất khoáng được phóng thải vào dung dịch đất hoặc gia nhập vào chu trình sinh địa hóa hoặc bị mang đi nơi khác dưới ảnh hưởng của xói mòn do gió và nước. Chúng ta khó đo đạc được tốc độ phong hóa tự nhiên của các loại đá và cơ chất của đất và lượng các chất khoáng được giải phóng. Khối lượng vật chất xâm nhập vào chu trình địa hóa thường được ước tính gián tiếp từ sự khác nhau giữa số lượng chất khoáng đi vào hệ sinh thái bởi các quá trình khí tượng và sinh học và số lượng

chất khoáng xâm nhập vào dòng nước với giả thiết là không có sự biến đổi về số lượng chất khoáng lưu giữ trong hệ sinh thái. Nhiều nghiên cứu cho thấy lượng đạm bị rửa trôi vào dòng nước luôn nhỏ hơn so với lượng đạm do mưa cung cấp. Điều này cho thấy tầm quan trọng của chu trình đạm trong kinh doanh rừng. Phốt pho và kali bị mất mát rất ít. Canxi và magiê bị mất mát một lượng đáng kể trong hệ sinh thái rừng ôn đới, nhưng ở các hệ sinh thái rừng nhiệt đới chúng lại được tích lũy đáng kể.

5.4. Chu trình sinh địa hóa

Chu trình sinh địa hóa là sự trao đổi theo chu kỳ liên tục của các nguyên tố hóa học giữa sinh vật và môi trường vô cơ trong một hệ sinh thái. Chu trình sinh địa hóa là chu trình dinh dưỡng xảy ra trong một hệ sinh thái. Vì các chất khoáng trong chu trình sinh địa hóa vận động theo chu kỳ liên tục, nên chúng ta có thể xem xét chúng ở bất kỳ điểm nào. Tuy vậy, trước hết chúng ta bắt đầu từ việc nghiên cứu thực vật hấp thụ chất dinh dưỡng từ đất.

3.4.1. Sự hấp thụ các chất khoáng bởi thực vật

Thực vật thỏa mãn các nhu cầu dinh dưỡng của chúng bằng cách hấp thụ trực tiếp các chất khoáng từ dung dịch đất. Tuy vậy, đây không phải là cơ chế duy nhất và quan trọng nhất. Trong nhiều loại đất, nước trong đất chứa một lượng rất thấp các chất khoáng đa lượng, nên thực vật có thể hấp thụ trực tiếp chất khoáng từ dung dịch đất. Sự hấp thụ trực tiếp các chất khoáng có thể diễn ra qua sự tiếp xúc giữa rễ và dung dịch hoặc sự tiếp xúc trực tiếp giữa rễ với bề mặt đá đang phong hóa. Lá cây cũng có thể hấp thụ chất khoáng nếu chúng tiếp xúc trực tiếp với dung dịch đất. Carbon được cây hấp thụ chủ yếu qua lá. Cả CO_2 của không khí, SO_2 lẫn NH_3 đều có thể hòa tan trong màng nước bao quanh các tế bào bên trong lá và sau đó chúng xâm nhập vào dịch bào. Dưới đây chúng ta xem xét một số con đường hấp thụ chất khoáng bởi thực vật rừng.

(1) Sự hấp thụ chất khoáng từ dung dịch đất

Những thay đổi về đặc tính vật lý và hóa học của đất ảnh hưởng đến nồng độ dung dịch đất và khả năng của thực vật trong sự hấp thụ chất khoáng từ dung dịch đất. Khả năng hấp thụ chất khoáng ở thực vật phụ thuộc vào ba nhân tố cơ bản: (1) Tốc độ khuếch tán của các chất khoáng bao xung quanh hạt đất đến rễ cây; (2) Tốc độ di chuyển của nước chứa chất khoáng bao xung quanh hạt đất đến rễ cây; (3) Tốc độ sinh trưởng của hệ rễ cây trong vùng đất chứa nhiều chất khoáng.

Các chất khoáng khác nhau có tốc độ khuếch tán khác nhau. Ví dụ: P và K có tốc độ khuếch tán chậm hơn so với ion NO_3^- . Tốc độ khuếch tán của các chất khoáng còn phụ thuộc vào nồng độ của dung dịch, hàm lượng nước trong đất và kiểu rễ cây. Mỗi loài cây có kiểu rễ khác nhau. Ở một loài cây, số lượng và kiểu rễ cũng thay đổi tùy theo loại đất. Những loài cây gỗ có số lượng rễ và diện tích bề mặt rễ tiếp xúc với đất rất lớn. Chính vì thế chúng hấp thụ chất dinh dưỡng rất hiệu quả. Một số loài chỉ phân bố rễ nằm ngang trong tầng đất sâu từ 0-100cm, nhưng nhiều loài cây gỗ ở vùng khô hạn và bán sa mạc có hệ rễ cọc phát triển rất sâu trong các lớp đất. Ví dụ: Rễ cọc của nhiều loài thuộc chi *Eucalyptus* ăn sâu đến 35-60m. Rễ cọc của cây rừng bán thường xanh ở Brazil ăn sâu đến 12m (Stone và Kalisz, 1991; Henerson (1990; Dẫn theo Kimmins, 1998). Vì thế, kiểu phân bố rễ cây gỗ trong các lớp đất là chỉ tiêu để đánh giá về lập địa.

(2) Dinh dưỡng rễ nấm

Dinh dưỡng của thực vật nhờ sự giúp đỡ của nấm được gọi là dinh dưỡng rễ nấm. Mỗi quan hệ của rễ cây với nấm được gọi là nấm rễ (*Mycorrhiza*). Đây là một trong những kiểu dinh dưỡng phổ biến ở cây rừng. Nấm rễ có 2 loại. Một là rễ nấm ngoại sinh. Đó là nấm sản sinh bám trên hệ rễ cây và sống trong khe hở của các tế bào. Hai là rễ nấm nội sinh. Đó là nấm xâm nhập vào các mô tế bào thực vật. Các loài cây thân thảo có nhiều loại nấm nội sinh cùng chung sống. Rễ nấm thường hình thành trên hệ rễ của một số loài cây gỗ sống trên đất nghèo dinh dưỡng.

Rễ nấm có vai trò to lớn đối với đời sống thực vật. Trong quá trình cộng sinh với thực vật, rễ nấm thu nhận N, P, K và nhiều chất khoáng khác của cây. Chất bài tiết của rễ nấm là CO_2 và axit hữu cơ đơn giản. Nấm phân giải mùn thành hợp chất mà cây dễ hút; đồng thời nhờ hệ lông tơ của nấm có thể thu hút chất dinh dưỡng ở thể amino axit, lân ở dạng khó tan cho cây. Nấm còn cung cấp nguồn N khá lớn cho cây. Nhờ có rễ nấm, diện tích bề mặt rễ cây tiếp xúc với dung dịch đất lớn hơn 100-1.000 lần so với cây không có rễ nấm, đời sống của hệ rễ dài hơn. Ngoài ra, nấm rễ còn có khả năng vận chuyển chất dinh dưỡng từ dung dịch vào tế bào rễ cây; hấp thu nước, CO_2 và dinh dưỡng trong điều kiện đất có độ phì kém. Do đó, sự cộng sinh giữa rễ nấm với thực vật đảm bảo cho thực vật sống tốt hơn. Ví dụ: So với những loài không có rễ nấm, hàm lượng N, P và K trong lá của loài Tuyết tùng non (*Cedrus*) có nấm rễ cộng sinh lớn hơn tương ứng 86%, 234% và 75%. Loài Thông nhựa (*Pinus merkusii*) trong giai đoạn vườn ươm cần đất có nhiều rễ nấm (Kimmins, 1998).

5.4.2. Sự phân bố chất khoáng trong cây

Khi các chất khoáng được cây hấp thụ, chúng được vận chuyển đến các cơ quan khác nhau để sử dụng vào quá trình chuyển hóa và dự trữ. Sự phân bố chất khoáng trong các bộ phận của cây thay đổi tùy theo loài cây và lập địa (Bảng 5.2). Sự biến động này là do sự khác nhau về phân bố sinh khối giữa các bộ phận của cây và hàm lượng các chất khoáng trong các mô khác nhau. Sự phân bố các chất khoáng trong các bộ phận của cây còn thay đổi tùy theo tuổi và vị trí lá trên thân và cành. Ví dụ: Ở rừng Thông non, tỷ lệ đạm trong lá nhiều hơn thân và cành. Nhưng đến tuổi 60, tỷ lệ đạm trong thân nhiều hơn lá đến 4 lần (Kimmins, 1998). Điều này được giải thích là vì sinh khối của phần thân luôn được tích lũy trong 60 năm, còn lá luôn bị đào thải hàng năm. Hàm lượng N, P, K trong các bộ phận của cây có khuynh hướng giảm dần theo tuổi, còn Ca và Mg lại có khuynh hướng tăng dần theo tuổi. Hiện tượng này xảy ra là do sự mất mát các chất khoáng ở thực vật tăng dần theo tuổi.

5.4.3. Sự mất mát các chất khoáng từ thực vật

Trong quá trình sống, thực vật và động vật luôn phải đối mặt với sự mất mát liên tục các chất khoáng. Sự mất mát các chất khoáng là cần thiết để chống lại sự tích lũy độc chất, điều chỉnh hàm lượng các chất nằm trong một giới hạn nhất định. Sự mất mát chất khoáng ở thực vật là do nhiều nguyên nhân khác nhau: (a) Rửa trôi do mưa và gió; (b) Sự hao hụt do biến thành thức ăn cho sinh vật dị dưỡng; (c) Sự mất mát do rơi rụng và tác động cơ giới.

(1) Sự mất mát các chất khoáng do mưa rơi

Tất cả thực vật đều bị mất mát chất khoáng dưới ảnh hưởng của mưa rơi. Các chất vô cơ và hữu cơ (Amino axit, đường, vitamin, hormon và nhiều hợp chất khác) đều có thể bị rửa trôi trong khi mưa. Số lượng vật chất bị rửa trôi biến đổi tùy thuộc vào loài cây và loại mưa rơi. Những chất bị rửa trôi với số lượng khá lớn là S, K, Ca, Mg, P.

(2) Sự mất mát các chất khoáng do chuyển thành thức ăn của động vật

Nhiều chất khoáng của rừng bị mất mát do chuyển thành thức ăn của động vật. Một nghiên cứu ở rừng Douglas-fir (Hoa Kỳ) 36 tuổi cho thấy lượng chất khoáng chứa trong sinh khối được chuyển thành thức ăn của động vật như sau (kg/ha): K = 70, Ca = 82, N = 115, P = 32, tương ứng là 28, 22, 32 và 43% so với tổng lượng chất khoáng của quần thụ (Kimmins, 1998). Số lượng chất khoáng bị mất mát do chuyển thành thức ăn của động vật thay đổi tùy theo thời gian và số lượng động vật. Nhìn chung, các phần sinh khối của lá, hoa và quả bị mất mát lớn hơn so với cành, rễ và thân.

(3) Sự mất mát các chất khoáng do rơi rụng

Trong quá trình sống, rừng trả về đất phần lớn các chất khoáng mà chúng đã rút ra từ đất (Bảng 5.4). Các sản phẩm này ở dạng các vật rụng: lá, cành, hoa, quả và thân cây chết. Lượng Ca, K, P, N được cây rừng trả lại đất sau khi chết từ 70-90% so với nhu cầu của chúng. So với tổng lượng sinh khối của rừng tích lũy đến tuổi thành thực, lượng đào thải là 57-62%, phần hiện còn trên cây đứng là 38-43%. Phần đào thải chiếm tỷ lệ lớn nhất là lá, vỏ, hoa, quả: từ 65-67%. Đây là các bộ phận chứa nhiều đạm và tro (chất khoáng). Phần gỗ thân bị đào thải là 33-35%, còn phần thân hiện còn đến tuổi thành thực là 65-67%. Phần đào thải chiếm 50-55% so với trữ lượng gỗ thân cây đứng hiện còn ở tuổi thành thực. So với phần chất khoáng đã lấy đi từ đất (100%), phần chất khoáng trả lại sàn rừng trung bình là đạm từ 86-90%, các chất tro từ 83-89%.

Lượng vật rụng trả lại sàn rừng thay đổi tùy theo kiểu rừng, tuổi rừng và mùa trong năm. Ví dụ: Ở rừng ôn đới và rừng hỗn loài nhiệt đới, mỗi năm 1 ha rừng trả về đất khoảng 7-8 tấn vật rụng. Lượng vật rụng trên sàn rừng cũng thay đổi tùy thuộc vào vị trí địa lý của hệ sinh thái. Phần sinh khối chứa trong thành phần lá của rừng nhiệt đới nhỏ hơn rừng ôn đới. Ví dụ: Lượng vật rụng trên sàn rừng lá kim ôn đới khoảng từ 1-500 tấn/ha; rừng khô rụng lá là 0-50 tấn/ha; rừng tự nhiên nhiệt đới khoảng 1-11 tấn/ha; rừng trồng nhiệt đới từ 10-30 tấn/ha. Lượng vật rụng nhiều hay ít còn phụ thuộc vào cấu trúc của rừng (mật độ, thành phần cây, tuổi thọ của cây và các bộ phận...), điều lập địa... Ở rừng ngập mặn Cà Mau, lượng vật rụng hàng năm là 2,673 g/m²/ngày (9,75 tấn/ha/năm) (100%); trong đó lá 2,13 (79,7%), cành 0,230 (8,01%), hoa quả 0,184 (6,89%), chồi lá kèm 0,118 (4,45%) (Nguyễn Hoàng Trí, 1999). Vật rụng thay đổi theo mùa. Ở nhiệt đới, do thời gian sinh trưởng hầu như quanh năm, nên lá cây thường xanh, lá rụng trải đều trong năm. Ngược lại, ở vùng ôn đới và các vĩ độ cao, do không khí lạnh và thời gian sinh trưởng ngắn, lá cây thường rụng vào mùa không khí lạnh (thu - đông). Lượng vật rụng dưới mặt đất cũng rất lớn, bởi vì phần rễ cây có thể chiếm 30% tổng sinh khối của cây. Tuy vậy, lượng vật rụng này rất khó đo đạc. Theo Kimmins (1998), lượng vật rụng dưới mặt đất ước tính khoảng 7,3 tấn/ha ở lập địa nghèo và 13,7 tấn/ha ở lập địa tốt.

5.4.4. Sự phân giải vật rụng

Sự phân giải vật rụng và sự giải phóng chất khoáng thường liên hệ chặt chẽ với chu trình sinh địa hóa học. Nếu sự phân giải vật rụng diễn ra chậm, thì hầu hết các chất khoáng sẽ quay trở lại sàn rừng. Vật rụng bị phân giải tạo thành mùn có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với quá trình hình thành đất và điều chỉnh sự thu nhận các khoáng chất vào đất. Trong một hecta rừng tự nhiên có hàng chục, hàng trăm tấn vật rụng. Khi đủ nhiệt, ánh sáng và độ ẩm, các lớp vật rụng này được các vi sinh vật và giun đất công phá và qua nhiều biến đổi trung gian chúng trở thành mùn nhuyễn. Mùn nhuyễn có một loạt tính chất như xốp, dung tích chứa khí cao. Đất có nhiều thảm mục và mùn trở thành đất có độ phì cao, cấu trúc tơi xốp, thấm nước nhanh và giữ nước tốt. Thảm mục là môi trường sống của nhiều loài vi sinh vật và động vật nhuyễn trùng. Sự tích lũy các vật rụng chưa bị phân giải có thể làm tăng lớp đệm; do đó ảnh hưởng đến tính chất đất và tái sinh rừng. Khi rừng nhiều vật rụng, thì đất trở nên chua và ẩm ướt, tái sinh rừng bị kìm hãm.

Lượng vật rụng và tốc độ phân giải vật rụng phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố khác nhau: kiểu rừng, hệ động vật đất, loại vật rụng, kết cấu vật chất chứa trong vật rụng, điều kiện môi trường vật lý...Tốc độ phân giải vật rụng thay đổi tùy theo kiểu rừng. Hệ số tốc độ phân giải vật rụng (k , năm) ở rừng tự nhiên nhiệt đới là 0,3-5,3; ở rừng trồng nhiệt đới là 0,11-2,0; ở rừng ôn đới 0,19-0,68 (Attiwill, 1978; Dẫn theo Kimmins, 1998). Nói chung, tốc độ phân giải vật rụng trên sàn rừng nhiệt đới diễn ra nhanh hơn 10 lần so với rừng ôn đới.

Sự phân giải vật rụng nhờ vào hoạt động của vi sinh vật và động vật nhuyễn trùng. Giun đất có một vai trò cực kỳ quan trọng trong sự hình thành đất. Cho một lượng lớn đất đi qua đường tiêu hóa, giun đất làm đất tơi xốp, thoáng khí, giàu nitơ, photpho, canxi...Cùng với các sinh vật phân hủy khác, giun đất là nhân tố hình thành đất không thể thay thế.

Để đánh giá tốc độ phân giải vật rụng, người ta thường sử dụng tỷ lệ C/N. Nếu tỷ lệ C/N cao, thì sự phân giải vật rụng diễn ra chậm và ngược lại. Ở những môi trường có nhiều vi sinh vật hoạt động, thì hàm lượng N cao; do đó C/N thấp. Ngược lại, ở môi trường có ít vi sinh vật và chua, tỷ lệ C/N cao. Tuy vậy, đôi khi có thể thấy tỷ lệ C/N có quan hệ rất yếu với lượng vật rụng và tốc độ phân giải vật rụng. Tỷ lệ C/N thấp là do sự phân giải vật rụng chậm. Ngược lại, vật rụng chứa nhiều tanin và lignin có tỷ lệ C/N cao. Mối liên hệ giữa C/N với sự phân giải vật rụng thay đổi tùy theo hàm lượng lignin chứa trong vật rụng. Nếu trong vật rụng có hàm lượng và tỷ lệ lignin cao, thì tốc độ phân giải vật rụng chậm. Mối liên hệ này còn thay đổi theo điều kiện khí hậu. Ở vùng nóng ẩm nhiệt đới, sự phân giải vật rụng nhanh hơn 10 lần so với vùng ôn đới lạnh.

5.5. Chu trình sinh hóa

Để đáp ứng nhu cầu tăng trưởng, thực vật không chỉ hấp thụ trực tiếp các chất khoáng qua hệ rễ và lá, mà còn phân bố lại các chất khoáng chứa trong cơ thể chúng. Động vật cũng có khả năng trao đổi ổn định hàm lượng canxi giữa máu và xương. *Chu trình sinh hóa là sự phân bố lại các chất khoáng trong cơ thể sinh vật.* Đây là một cơ chế rất quan trọng giúp cho thực vật bảo tồn các chất khoáng. Trong quá trình sống, thực vật mất mát một lượng lớn N, P, K dưới dạng vật rụng hàng năm trên sàn rừng. Nhờ chu trình sinh hóa, một phần vật chất khoáng được rút ra từ các cơ quan già (lá, hoa, quả, vỏ...) và chuyển vào vỏ và gỗ mới sinh kế liên bên những cơ quan già. Một nghiên cứu ở Phần Lan (Dẫn theo Kimmins, 1998) cho thấy, trước khi chết, những lá 4 tuổi của loài thông Scots đã mất đi

17% trọng lượng, 69% N, 81% P, 80% K. Thực vật có khả năng đảm bảo một phần nhu cầu chất khoáng hàng năm thông qua cơ chế truyền lại các chất khoáng từ lá già sắp bị đào thải. Theo Switzer (1968; Dẫn theo Kimmins, 1998), những cây Thông 20 tuổi có khả năng đảm bảo 45% nhu cầu đạm bằng cách truyền lại đạm từ lá già. [Bảng 5.5](#) cho thấy tầm quan trọng của chu trình sinh hóa đối với một số nguyên tố khoáng.

Bảng 5.5. Sự bổ sung các chất khoáng cho nhu cầu hàng năm của quần thể Thông 20 tuổi (Theo Switzer và Nelson, 1972; Dẫn theo Larcher, 1983)

Chu trình	Nguồn chất khoáng từ:	Nhu cầu khoáng (%):				
		N	P	K	Ca	Mg
Địa hóa	Mưa	16	6	12	31	16
	Đất	0	2	0	0	6
Sinh địa hóa	Vật rụng trên sàn rừng	40	23	16	47	38
	Rửa trôi qua tán lá	5	9	50	22	16
Sinh hóa	Vận chuyển bên trong	39	60	20	0	24
Tổng cộng		100	100	100	100	100

Thực vật phân bố lại chất khoáng trong cơ thể chúng theo nhiều cách khác nhau. Trên lập địa nghèo, nhiều cơ quan của thực vật có thể kéo dài thời gian sinh trưởng trong năm để tăng khả năng hấp thụ chất khoáng. Do có khả năng bảo tồn N trong các mô lá, nên thực vật có thể duy trì mức sinh trưởng cao trong nhiều năm sau khi được bón phân đạm. Sự hấp thụ và phân bố lại chất khoáng trong cơ thể thực vật thay đổi tùy theo điều kiện khí hậu, loại đất, kiểu rừng và loại phân bón... Một nghiên cứu ở rừng mưa Jamaica cho thấy sự chuyển N từ lá già đến lá non ước tính là 14% ở lập địa có bón phân, 19% trên lập địa phân bố ở nơi thấp, 50% trên lập địa không có bón phân và 65% trên lập địa phân bố ở nơi cao (Tanner, 1980; Dẫn theo Larcher, 1983).

5.6. Chu trình đạm

Nitơ chiếm khoảng 79% thành phần không khí, nhưng thực vật không thể sử dụng được. Đạm là một nhân tố ấn định sản lượng rừng. Sản lượng rừng bị giới hạn bởi sự thiếu hụt nitơ. Những con đường vận chuyển đạm chủ yếu là chu trình địa hóa học và sinh địa hóa học. Đạm tồn tại trong không khí ở dạng N_2 , NH_3 , ion NO_3^- và NH_4^+ . Thực vật có thể hấp thụ trực tiếp qua lá 10% NH_3 để thỏa mãn nhu cầu hàng năm (Hutchinson, 1972; Dẫn theo Larcher, 1983). Các ion NO_3^- và NH_4^+ xâm nhập vào hệ sinh thái thông qua mưa rơi. Tuy vậy, lượng đạm cung cấp cho các hệ sinh thái chủ yếu thông qua các con đường sau: (1) Sự cố định đạm bởi vi khuẩn cố định đạm và tảo lam; (2) Sự liên kết nitơ của vi khuẩn nốt sần; (3) Sự cung cấp nitơ bởi các thành phần của chuỗi dinh dưỡng; (4) Hoạt động của núi lửa; (5) Hoạt động của ngành công nghiệp.

Sự cố định đạm thông qua con đường cố định đạm ước tính là 200 kg/ha/năm. Toàn bộ lượng đạm được vi sinh vật cố định hàng năm trên đất liền ước tính là 98 triệu tấn (Stewart, 1966; Dẫn theo Larcher, 1983). Nhiều vi sinh vật và tảo lam có khả năng cố định đạm. Một số vi sinh vật sống tự do (Vi khuẩn tia). Một số vi sinh vật khác có khả năng quang hợp. Nhiều vi khuẩn thuộc giống *Rhizobium* hình thành nốt sần trên rễ cây và chúng có khả năng sống cộng sinh với thực vật thân gỗ to lớn, đặc biệt là các loài cây của họ Đậu và một số loài cây gỗ thuộc chi *Casuarina*, *Albizia*, *Leucaena*, *Acacia*...

Khi sống cộng sinh với cây gỗ, vi sinh vật xâm nhập vào các mô còn sống của thực vật và kích thích sự phân chia tế bào và tăng trưởng của thực vật. Nhờ enzyme

nitrogenaza, các vi sinh vật này có khả năng chuyển N_2 tự do thành NH_3 ; sau đó NH_3 chuyển thành NH_4^+ và tham gia vào các hoạt động chuyển hóa của thực vật. Nitrogenaza chứa sắt và mô-líp-đen và coban là các khoáng vi lượng cần thiết cho sự cố định đạm. Tốc độ cố định N của rừng trồng nhiệt đới hình thành từ cây cố định N đạt trung bình 50-150 kg/ha/năm (Larcher, 1983).

Mặc dù sự cố định N sinh học là rất quan trọng, nhưng sự cố định N không cộng sinh cũng có vai trò rất quan trọng đối với nhiều hệ sinh thái rừng. Tốc độ cố định N của các vi sinh vật sống tự do trong gỗ mục ước tính là 3 kg/ha/năm. Điều đó đã mang lại ý nghĩa to lớn cho nhiều hệ sinh thái, đặc biệt là những giai đoạn đầu của quá trình diễn thế. Một nguồn đạm quan trọng khác là nguồn đạm công nghiệp. Vào những năm 1970, toàn thế giới mỗi năm sản xuất khoảng 40 triệu tấn, còn những năm 1980 là 50-60 triệu tấn (Larcher, 1983).

Khi xâm nhập vào hệ sinh thái, nitơ trải qua một loạt các biến đổi phức tạp. Cây hấp thụ đạm ở dạng NO_3^- và NH_4^+ và chuyển thành N sinh học trước khi tham gia vào các chuỗi thức ăn và kết thúc ở dạng N trong đất. Nitơ hữu cơ có thể dự trữ trong đất qua nhiều năm, nhưng sớm hay muộn chúng cũng chuyển thành NO_3^- và NH_4^+ bởi hoạt động của các vi sinh vật (nấm, vi khuẩn Bacteria và Actinomycet) trong quá trình amôn hóa. Đạm ở dạng này có thể được thực vật hấp thụ hoặc được chuyển thành NO_3^- nhờ sự biến đổi của vi khuẩn hóa dưỡng hoặc vi khuẩn dị dưỡng thông qua quá trình nitrát hóa. Vi khuẩn nitrit (Nitrosomonas) chuyển NH_3 và NH_4^+ thành ion nitrit (NO_2^-). Ion NO_2^- là môi trường sống cho vi khuẩn nitrát (Nitrobacter). Nitrobacter chuyển NO_2^- thành NO_3^- . Năng lượng giải phóng trong quá trình oxi hóa được dùng để làm giảm CO_2 và chuyển CO_2 thành các phân tử hữu cơ mà vi sinh vật cần cho sinh trưởng. Nitrit hóa chỉ xuất hiện chậm dưới điều kiện môi trường chua, nhiệt độ thấp. Quá trình này có thể bị ngăn cản bởi sự có mặt của thảm thực vật.

Đạm vô cơ trong nước và đất có thể được chuyển hóa thông qua quá trình khử nitơ; trong đó NO_3^- có thể chuyển thành NO_2^- , NO, N_2O , N_2 và NH_3 . Quá trình khử nitơ có thể xuất hiện bởi quá trình vô sinh hoặc hoạt động của vi khuẩn sử dụng nitơ ôxít như là nguồn oxi. Một vài loại nấm và vi sinh vật tự dưỡng cũng có khả năng khử nitơ. Khi môi trường thiếu không khí, đất chứa nhiều nước và chất hữu cơ, thì quá trình khử nitơ xảy ra rất phức tạp. Ngược lại, sự khử nitơ xảy ra nhanh trong môi trường thoáng khí. Trong môi trường thoáng khí, các vi sinh vật có thể chuyển NO_3^- thành NO_2^- . Nitơ ở dạng N_2O , N_2 và NH_3 có thể bị mất mát từ chu trình sinh địa hóa. Dưới điều kiện thích hợp, sự khử nitơ có thể dẫn đến làm mất 50% nitơ được đưa vào đất thông qua bón phân sau 2-4 ngày. Do đó, việc đảm bảo cân bằng nitơ trong các hệ sinh thái là việc làm rất quan trọng.

5.7. Hiệu quả sinh địa hóa của các hệ sinh thái rừng

Sự hoạt động tổng hợp của các chu trình sinh địa hóa và sinh hóa trong các hệ sinh thái rừng chưa bị phá hủy dẫn đến sự tích lũy và cố định các chất khoáng từ chu trình địa hóa. Nhiều chất khoáng bị mất mát từ hệ sinh thái rừng thông qua xói mòn do mưa và gió, sự rơi rụng các cơ quan già...Sàn rừng chứa nhiều vật rụng sẽ tạo điều kiện cho sự tích lũy nhiều chất khoáng. Sự hoạt động phối hợp của hệ rễ thực vật và nấm tạo ra một cơ chế sinh học có hiệu quả để hấp thụ và cố định chất khoáng. Hệ rễ cây rừng phân bố gần mặt đất có khả năng hấp thụ rất tốt chất khoáng từ đất. Chính vì thế, nước suối chảy qua rừng thường có nồng độ chất khoáng thấp. Điều đó chỉ thị cho hệ sinh thái rừng giàu chất dinh dưỡng. Trong những điều kiện môi trường nghèo dinh dưỡng, thực vật có thể bảo tồn chất khoáng theo một số cách khác nhau: (a) Kéo dài thời gian sinh trưởng của lá; (b) Tạo ra một số

hoạt chất phytônxit chống lại sinh vật dị dưỡng; (c) Thực hiện chu trình sinh hóa có hiệu quả cao. Nói chung, hiệu quả sinh địa hóa của rừng là một trong những cơ sở để giải thích vì sao rừng nhiệt đới vẫn có thể sinh trưởng tốt trên một số lập địa rất nghèo.

3.8. Chu trình khoáng của rừng nhiệt đới

Chu trình sinh địa hóa học phụ thuộc vào điều kiện khí hậu (Bảng 5.6). Trong vùng ôn đới lạnh, phần lớn chất hữu cơ và chất khoáng mà cây có thể sử dụng được đều chứa trong đất. Ngược lại, ở vùng nóng ẩm nhiệt đới, phần lớn các chất khoáng nằm trong sinh khối và tuần hoàn trong giới hạn phần hữu cơ của hệ sinh thái.

Bảng 5.6. Sự phân bố đạm trong rừng ôn đới và nhiệt đới (Odum, 1971)

Địa phương	Tổng số (g/m ²)	Phân ra (%):	
		Trong cây	Trong đất
Rừng ôn đới (Anh)	821	6	94
Rừng nhiệt đới (Thái Lan)	211	58	42

Sở dĩ rừng nhiệt đới vẫn sinh trưởng tốt và hấp thụ được nhiều dinh dưỡng trong điều kiện đất bị rửa trôi mạnh chính là nhờ vào khả năng thích nghi của hệ thực vật với môi trường. Dưới đây là một số đặc tính thích nghi của thực vật với điều kiện đất nghèo ở vùng nhiệt đới.

- (1) Hệ rễ của cây rừng phát triển dày đặc gần mặt đất. Vì thế, rừng nhiệt đới có khả năng thu hút chất dinh dưỡng rất tốt. Theo Herrera (1978; Dẫn theo Larcher, 1983), sinh khối rễ cây của rừng Amazon chiếm 60% tổng sinh khối của rừng.
- (2) Chu trình khoáng trực tiếp xảy ra từ vật rụng đến hệ rễ thông qua rễ nấm.
- (3) Chất khoáng được giữ lại trong cây bởi chu trình sinh hóa một cách rất hiệu quả. Ngoài ra, nhiều loài cây còn chứa các phitônxit độc hại để chống lại sinh vật dị dưỡng.
- (4) Nhiều loài cây có khả năng sống bình thường trong điều kiện đất chua. Loại đất này có hàm lượng Ca và P thấp, nhưng hàm lượng H⁺ và Al³⁺ rất cao, đất thường ẩm. Sự thích nghi của thực vật nhiệt đới với loại đất nghèo này biểu hiện ở chỗ hệ lá rất nhiều, lá dày và thường xanh, chu trình sinh hóa diễn ra rất hiệu quả.
- (5) Rừng có cấu trúc nhiều lớp tán, nhiều thực vật phụ sinh, nhiều loài vi sinh vật sống cộng sinh với cây gỗ. Nhờ các vi sinh vật và thực vật phụ sinh mà các chất khoáng và đạm được cố định. Một số loài cây còn có khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng thông qua lá hoặc rễ tiếp xúc với không khí.
- (6) Sàn rừng có nhiều vật rụng. Các vật rụng này bị phân giải rất nhanh; sau đó được hệ thực vật cố định cũng rất nhanh.

Nói chung, sản lượng rừng mưa nhiệt đới cao là do sự quay vòng nhanh của các chất khoáng. Các chất khoáng chỉ ở lại trong đất một thời gian ngắn trong các hợp chất hữu cơ; sau đó chúng được chuyển hóa sang dạng khoáng hóa dễ tiêu cho thực vật. Nhưng sự khoáng hóa nhanh lại dẫn đến sự chuyển động nhanh vào đất và bị rửa trôi. Việc khai thác trắng và phá hủy lớp phủ thực vật rừng nhiệt đới sẽ dẫn đến mất mát nhanh nguồn chất khoáng và có thể chuyển nhiều vùng đất có rừng thành hoang mạc. Nguyên nhân của hiện tượng này là do mưa lớn và nhiệt độ cao đã đẩy nhanh quá trình xói mòn đất và khoáng hóa các vật rụng trên sàn rừng.

5.9. Ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến chu trình sinh địa hóa

Trong số các nhân tố ảnh hưởng đến sự chuyển đổi và dự trữ năng lượng trong các hệ sinh thái rừng, sự cung cấp chất khoáng và chu trình chất khoáng dễ bị kiểm soát nhất bởi kinh doanh rừng. Nhà lâm học có thể tác động đến chu trình chất khoáng ở rừng thông qua các biện pháp: (1) Bón phân; (2) Xử lý vật rụng và các phế thải sau khai thác; (3) Cải thiện tốc độ và khả năng cung cấp của chu trình các chất khoáng. Dưới đây chúng ta xem xét ảnh hưởng của khai thác trắng và xử lý chà nhánh sau khai thác đến chu trình sinh địa hóa học ở rừng.

(a) Sự hao hụt vật chất thông qua khai thác trắng. Các quần thụ chứa một lượng lớn vật chất trong cơ thể chúng. Do đó, việc thu hoạch cây rừng và đưa ra khỏi hệ sinh thái rừng đã dẫn đến làm hao hụt nhiều chất khoáng. Trong các rừng trồng, lượng gỗ thu hoạch đôi khi chiếm đến 80-90% sinh khối của rừng. Vì thế, lượng chất khoáng đưa ra khỏi rừng là rất lớn. Để năng suất của đất không bị giảm sút, nhà lâm học thường sử dụng một số phương pháp như trồng rừng hỗn giao, khai thác chọn, bón phân.

(b) Sự hao hụt đạm ở thể khí thông qua quá trình nitrít hóa. Nitrít hóa là một vấn đề còn ít được nghiên cứu trong các hệ sinh thái rừng. Martin (1985; Dẫn theo Kimmins, 1998) ước tính lượng đạm bị mất mát do quá trình nitrít hóa trên các khoảnh đất sau khai thác trắng 10 năm là 1.000 kg/ha; tốc độ nitrít hóa sau 5 năm là 189 kg/ha. Theo kết quả nghiên cứu của Ineson (1990; Dẫn theo Kimmins, 1998), hàng năm ở rừng Vân sam của Scotland, lượng đạm bị mất đi ở thể khí bởi quá trình nitrít hóa là gần 3,2 kg/ha; trong đó 80% ở dạng N_2O . Trên các khoảnh rừng đưa vào khai thác trắng, lượng đạm bị mất đi trong hai năm đầu sau khai thác là 9-40 kg/ha.

(c) Ảnh hưởng của đốt chà nhánh sau khai thác. Khai thác trắng làm mất mát rất nhiều vật chất của hệ sinh thái rừng; trong đó đáng lưu ý là sự hao hụt đạm chứa bên trong các sản phẩm thu hoạch. Sự hao hụt vật chất thông qua khai thác trắng có ảnh hưởng lớn đến chu trình sinh địa hóa và chu trình sinh hóa. Đốt chà nhánh sau khai thác là chuyển vật chất hữu cơ thành các ôxít. Nhiều ôxít tồn tại ở thể rắn, bởi vì chúng có tính tan và nhiệt hóa hơi rất cao. Nhiều thí nghiệm cho thấy, khi đốt cháy một tấn thực vật khô sẽ phóng thải ra 0,5-8,0 kg tro. Theo Cramer (1974; Dẫn theo Kimmins, 1998), khi đốt chà nhánh, chất khoáng có thể bị mất đi 25-400 kg/ha, trung bình là 50 kg/ha. Theo Kimmins (1998), khi đốt chà nhánh và vật rụng trên sàn rừng, thì lượng chất khoáng bị mất đi ước tính là (kg/ha): N = 982, P = 16, K = 37, Ca = 154, Mg = 29. Số lượng này bằng 41, 8, 24, 24 và 15% tổng lượng chất khoáng chứa trong thảm mục và chà nhánh. Sau khi đốt chà nhánh, khả năng cung cấp chất khoáng của lập địa tăng lên. Kết quả làm tăng cường sinh trưởng của thực vật sau một vài năm và có thể làm biến đổi một số loài cây chịu lửa. Đốt chà nhánh không chỉ ảnh hưởng đến hệ thực vật, mà còn cả hệ động vật và vi sinh vật sống trong đất. Phần lớn động vật nhuỷên trùng và vi sinh vật sống trong tầng đất mặt bị tiêu diệt sau khi đốt chà nhánh. Trên các lập địa nghèo, việc đốt chà nhánh sẽ làm biến đổi chu trình sinh địa hóa, làm giảm sản lượng sơ cấp thuần. Đốt chà nhánh còn làm thoái hóa đất, làm nhiễm bẩn nguồn nước (suối, sông và hồ) ở những khu vực xung quanh rừng. Sự phục hồi lại độ phì của lập địa phải qua thời gian rất dài.

5.10. Tóm tắt chương 5

Động thái của các chất khoáng trong hệ sinh thái rừng có thể được nhận biết thông qua chu trình địa hóa, chu trình sinh hóa và chu trình sinh địa hóa. Trong chu trình sinh hóa và sinh địa hóa, thực vật hấp thụ các chất khoáng và cố định chúng trong sinh khối.

Phần nhập từ không khí (CO_2) cũng được tích lũy trong hệ sinh thái. Lúc đầu thực vật có thể thích nghi với chu trình địa hóa, nhưng sau đó chúng sẽ thích nghi với chu trình sinh địa hóa. Nhờ chu trình sinh địa hóa, thực vật rừng có thể duy trì sự sống bằng các chất khoáng chứa trong vật rụng ở sàn rừng. Trong những hệ sinh thái được con người kiểm soát, chúng ta cần phải hiểu rõ và bảo vệ cơ chế sinh địa hóa của chúng. Ngày nay con người đã can thiệp vào rất nhiều hệ sinh thái rừng. Kết quả làm cho nhiều hệ sinh thái rừng bị suy thoái và đất biến đổi theo chiều hướng ngày càng nghèo kiệt. Sự sống của rừng chỉ tồn tại lâu dài khi chu trình sinh địa hóa được duy trì ổn định.

Câu hỏi chương 5

- (1) Định nghĩa chu trình địa hóa, sinh hóa và sinh địa hóa?
- (2) Cho biết phần nhập và phần xuất của chu trình sinh địa hóa?
- (3) Phân biệt nhu cầu và yêu cầu chất dinh dưỡng của thực vật?
- (4) Trình bày phương pháp xác định nhu cầu và sự quay vòng chất dinh dưỡng của rừng?
- (5) Những nhân tố nào kiểm soát tốc độ phân giải vật rụng trên sàn rừng?
- (6) Sự cố định đạm sinh học trong hệ sinh thái rừng có tầm quan trọng như thế nào?
- (7) Cho biết những đặc tính thích nghi của thực vật với những lập địa nghèo ở vùng nhiệt đới?
- (8) Hãy kể ra một số loài cây gỗ sống cộng sinh với các loài vi sinh vật cố định đạm?

Chương 6

QUAN HỆ GIỮA RỪNG VỚI MÔI TRƯỜNG

6.1. Vai trò sinh thái của bức xạ mặt trời

6.1.1. Mở đầu

Bức xạ mặt trời không chỉ là nguồn năng lượng chủ yếu đảm bảo sự sống cho các sinh vật, mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc ấn định khí hậu và các kiểu thời tiết khác nhau. Sự biến động về độ dài sóng trong phổ nhìn thấy của bức xạ mặt trời không chỉ đảm bảo cho thực vật có thể quang hợp, động vật có thể nhìn thấy màu sắc, mà còn dẫn đến sự thích nghi của các sinh vật với ánh sáng. Theo thời gian, các sinh vật đã tiến hóa dần với việc sử dụng màu sắc để chống lại sự đốt nóng của bức xạ mặt trời và kẻ thù. Sự thay đổi liên tục giữa ngày và đêm tạo ra đồng hồ môi trường ấn định các kiểu sinh lý và tập tính của sinh vật. Sự biến đổi của khí hậu theo mùa, theo độ cao và độ vĩ tạo ra lịch môi trường ấn định chương trình lịch sử đời sống của hầu hết các sinh vật trên trái đất. Cường độ ánh sáng không chỉ có tác dụng điều chỉnh tốc độ hoạt động và các kiểu tập tính ở nhiều loài thực vật và động vật, mà còn ảnh hưởng đến sắc tố và hình thái của thực vật và động vật. Ngoài ra, ánh sáng còn giúp cho sinh vật định hướng trong không gian. Tóm lại, vai trò của bức xạ mặt trời không chỉ là nguồn năng lượng, mà còn là nhân tố ấn định đặc tính sinh lý, hình thái, tập tính và lịch sử đời sống của hầu hết các sinh vật. Ở chương 4, thuật ngữ “ánh sáng” được sử dụng là từ đồng nghĩa với bức xạ mặt trời, vì rằng kết quả sinh thái của bức xạ mặt trời là kết quả của cường độ ánh sáng ở vùng quang phổ nhìn thấy.

6.1.2. Bản chất vật lý của bức xạ mặt trời

Sinh quyển nhận bức xạ mặt trời với độ dài sóng (λ) từ 0,29-3 μ m (1 μ m = 10⁻³mm). Bức xạ sóng ngắn nhỏ hơn 0,29 μ m bị tầng ozon ở các lớp trên của khí quyển hấp thụ. Ánh sáng trắng của mặt trời là hỗn hợp của nhiều màu sắc khác nhau. Nó được xác định bằng độ dài sóng λ hoặc tần số dao động điện từ (ν). Các tia sáng nhìn thấy phủ 7 màu cầu vồng (tím, xanh, lam, lục, vàng, da cam và đỏ). Các tia sáng này nằm trong bước sóng 0,4-0,7 μ m và $\nu = 4,3 \times 10^{14}$ - $7,5 \times 10^{14}$ Hz. Các tia cực tím (tia tử ngoại) với bước sóng 0,28-0,39 μ m bị không khí hấp thụ mạnh, chỉ còn khoảng 2-4% tới được mặt đất. Các tia sáng cực đỏ (tia hồng ngoại) với bước sóng 0,701-1,0 μ m và $\nu = 3,0 \times 10^{14}$ - $4,3 \times 10^{14}$ Hz chỉ được thực vật hấp thụ một phần rất nhỏ. Thực vật hấp thụ mạnh ánh sáng có bước sóng 0,39-0,76 μ m, nghĩa là trùng với vùng ánh sáng nhìn thấy. Vì thế, vùng ánh sáng này được gọi là vùng bức xạ có hoạt tính quang hợp hay vùng bức xạ sinh lý (Ký hiệu = PAR = Photosynthesis Active Radiation).

Bức xạ mặt trời chiếu lên một điểm bất kỳ trên mặt đất được tính theo [công thức 6.1](#). Ở [công thức 6.1](#), Q là tổng bức xạ mặt trời đạt đến mặt đất (cal/cm²/phút), E là bức xạ trực tiếp hay cường độ bức xạ vuông góc với tia sáng chiếu trong một phút, D là tán xạ của bầu trời. Bức xạ trực tiếp là năng lượng bức xạ mặt trời trực tiếp dồn đến 1cm² bề mặt đất và rừng. Tán xạ của bầu trời là năng lượng bức xạ tán xạ từ bầu trời dồn lên 1cm² bề mặt đất và rừng trong một phút, trung bình là 0,25 cal/cm²/phút.

$$Q = E + D \quad (6.1)$$

Để biết cường độ bức xạ mặt trời trực tiếp nhận được trên mặt phẳng ngang (trực xạ trên mặt phẳng ngang), người ta còn dùng chỉ tiêu độ chiếu sáng hay độ chiếu nắng. Độ chiếu sáng (cường độ ánh sáng) trên mặt đất (E' , lx) biến đổi tùy thuộc vào độ cao của mặt

trời. Giá trị E' được tính theo [công thức 6.2](#); trong đó E_0 (lx) là độ chiếu sáng lúc tia sáng chiếu vuông góc với mặt đất, V là góc hợp bởi tia sáng và bề mặt đất. Đối với một mặt phẳng nằm ngang, V là độ cao mặt trời (h_0 , đơn vị là độ).

$$E' = E_0 \sin(V) = E_0 \sin(h_0) \quad (6.2)$$

Độ chiếu sáng $E' = 60 \text{ lm/m}^2$. Cường độ bức xạ tổng số, độ chiếu sáng (mặt trời + bầu trời) và bức xạ tán xạ đạt đến mặt đất phụ thuộc vào độ cao mặt trời, tình trạng của không khí, độ cao mặt đất so với mặt biển, độ dốc và hướng dốc, thời gian trong năm và vĩ độ. Nếu địa hình dốc, thì các hướng dốc khác nhau (sườn bắc, sườn đông, sườn nam, sườn tây) thu nhận được dòng bức xạ đến không như nhau. Khi sườn dốc hướng về phía mặt trời, thì $V = h_0 + i$, còn ở hướng ngược lại thì $V = h_0 - i$; trong đó i là góc nghiêng của địa hình tính bằng độ. Ở những nơi địa hình nghiêng một góc $i \geq 30^\circ$, sự khác nhau về bức xạ giữa các sườn dốc là khá lớn. Số lần sai khác được tính theo [công thức 6.3](#). Ví dụ: Khi $h_0 = 60^\circ$ và $i = \pm 30^\circ$, thì $n = 2$ lần. Do sự sai khác về lượng bức xạ mặt trời thu được, nên điều kiện sinh thái và thành phần cây rừng trên các sườn núi cao là khác nhau. Vào ngày trong sáng, bức xạ mặt trời ở hướng bắc và nam của các lỗ trống nhỏ ($100\text{-}500 \text{ m}^2$) trong tán rừng nhiệt đới là tương tự như nhau. Ngược lại, ở rừng ôn đới, cũng trong điều kiện lỗ trống tương tự như thế, lượng ánh sáng ở hướng bắc lỗ trống đạt cao hơn so với hướng nam.

$$n = \frac{\sin(h_0 + i)}{\sin(h_0 - i)} \quad (6.3)$$

Khi đạt đến khoảng không vũ trụ (khoảng 300km cách mặt đất), tổng năng lượng bức xạ mặt trời là $1,98 \text{ cal/cm}^2/\text{phút}$ hay $8,4 \text{ J/cm}^2/\text{phút}$. Trị số này được gọi là hằng số mặt trời. Khi xuyên qua không khí, bức xạ mặt trời bị suy yếu cả về cường độ và thành phần quang phổ. Nguyên nhân làm suy yếu bức xạ mặt trời là do sự hấp thụ và khuếch tán bức xạ của các vật chất trong không khí (CO_2 , H_2O , bụi...). Mức độ suy giảm bức xạ mặt trời phụ thuộc vào độ trong sạch của không khí và độ dài đường đi của tia sáng. Mây và hơi nước phản xạ, phân tán và hấp thụ bức xạ của tất cả các bước sóng nhìn thấy. Vì thế, mắt ta nhìn thấy những đám mây và bầu trời có màu xám. Khi bầu trời nhiều hơi nước, chúng ta nhìn thấy nó có màu trắng đục (màu tổng hợp của các tia bức xạ có bước sóng khác nhau). Bụi trong không khí cũng hấp thụ, phản xạ và phân tán bức xạ mặt trời; trong đó những tia sáng nhìn thấy có bước sóng dài bị phân tán nhiều hơn so với các tia sáng có bước sóng ngắn. Kết quả là khi không khí nhiều bụi, thì bầu trời có màu nâu nhạt hoặc đỏ nhạt. Các phần tử khí phân tán các tia sáng có bước sóng ngắn nhiều hơn so với các bước sóng nhìn thấy. Kết quả là khi bầu trời trong sáng, thì nó có màu xanh. Dưới điều kiện không khí này, mặt trời trở nên đỏ khi nó lặn xuống đường chân trời. Bởi vì sự phân tán các bước sóng ngắn hơn, nên toàn bộ bầu trời ở xung quanh mặt trời có màu xanh. Ngược lại, nếu không khí chứa nhiều bụi, thì bầu trời có màu đỏ. Nguyên nhân là do sự phát tán của các bước sóng dài hơn. Những bước sóng cực tím và cực đỏ mất nhiều bức xạ hơn khi chúng đi qua bầu không khí, bởi vì một số đã bị không khí hấp thụ. Các tia cực tím ($\lambda = 0,22\text{-}0,29 \mu\text{m}$) bị khí ozon ở lớp trên của khí quyển hấp thụ mạnh, còn các tia hồng ngoại ($\lambda > 0,76 \mu\text{m}$) bị CO_2 và hơi nước trong không khí hấp thụ. Bởi vì không khí có tác dụng lọc như vậy, nên theo thời gian quang phổ mặt trời đạt tới mặt đất bị suy yếu dần ở hầu hết các bước sóng, trừ bước sóng nhìn thấy. Chính vì thế, vai trò sinh thái của bức xạ mặt trời gắn liền với các bước sóng nhìn thấy.

Tổng bức xạ mặt trời đạt đến bề mặt đất phụ thuộc vào tình trạng của không khí (hàm lượng hơi nước, bụi...), vĩ độ và số giờ nắng. Lượng bức xạ ít nhất ở bắc cực, khoảng $55\text{-}75 \text{ kcal/cm}^2/\text{năm}$, cao nhất ở miền núi cao nhiệt đới và hoang mạc nhiệt đới ($200\text{-}220 \text{ kcal/cm}^2/\text{năm}$). Ở nhiệt đới và xích đạo, vì bầu trời nhiều mây, nên lượng tổng xạ thấp hơn, từ $120\text{-}160 \text{ kcal/cm}^2/\text{năm}$. Ở Việt Nam, tổng xạ thay đổi trong khoảng $110\text{-}180$

kcal/cm²/năm và nói chung miền Bắc thấp hơn so với miền Nam. Tại Alaska, bức xạ mặt trời lớn nhất vào mùa hè là 2J/cm²/phút, nhưng do ngày dài 24 tiếng nên tổng xạ có thể đạt 1.255-2.092J/cm²/ngày. Ngược lại, bức xạ mặt trời lớn nhất ở vùng nhiệt đới có thể đạt 6,7J/cm²/phút, nhưng vì ngày dài 12 tiếng nên tổng xạ chỉ đạt khoảng 4.500-5.000J/cm²/ngày. Do có ngày dài và bầu trời trong xanh hơn, nên tổng bức xạ mặt trời vào mùa sinh trưởng ở các vĩ độ cao có lợi hơn so với các vĩ độ thấp. Chính vì thế, so với các vĩ độ thấp, sản lượng cây trồng ở các vĩ độ cao vào mùa sinh trưởng thường đạt cao hơn.

Khi tia sáng rơi trên bề mặt đệm, bức xạ mặt trời được chia ra 2 phần: hấp thu và phản xạ. Tỷ lệ (%) giữa bức xạ phản xạ và bức xạ tổng số được gọi là albedo. Albedo và bức xạ hấp thu phụ thuộc vào tính chất của bề mặt đệm (Bảng 6.1).

Bảng 6.1. Tỷ lệ bức xạ phản xạ và hấp thu của một số bề mặt đệm (Belov, 1976)

Thứ tự	Đối tượng	Phản xạ (%)	Hấp thu (%)
1	Đất khô, sáng	19	81
2	Nước biển	70	30
3	Cát khô, sáng	37	63
4	Đồng cỏ	35	65
5	Rừng hình thành từ cây gỗ ưa sáng	30	70
6	Rừng hình thành từ cây gỗ chịu bóng	18	82

Phần bức xạ từ mặt đất phát ra, một phần mất đi vào khoảng không vũ trụ, một phần bị không khí hấp thu và sau đó bức xạ ngược trở lại trái đất. Phần bức xạ phản chiếu trở lại khoảng không vũ trụ không đem lại lợi ích gì cho bề mặt trái đất. Chúng chỉ có ý nghĩa giúp tạo ra hình nổi trên ảnh khi chụp ảnh mặt đất từ các vệ tinh và máy bay. Phần bức xạ phản chiếu trở lại trái đất là các bước sóng dài. Chúng được sinh vật, đất, đá, hơi nước và thực vật hấp thu. Năng lượng hấp thu bởi các vật thể trên mặt đất làm tăng nhiệt độ của các vật thể, làm bốc hơi nước và được thực vật cố định trong quá trình quang hợp.

Sự hấp thu năng lượng dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ của các vật thể hấp thu năng lượng. Kết quả là một phần năng lượng bức xạ ngược trở lại khí quyển. Năng lượng phát ra từ mặt đất là năng lượng có bước sóng dài (tia hồng ngoại với $\lambda \geq 1\mu\text{m}$). Do đó, nó gây ra hiệu ứng ấm trong lớp không khí bao quanh mặt đất. Vì kết quả của quá trình này nên không khí hoạt động giống như lớp kính của nhà kính, nghĩa là nó cho các tia sáng nhìn thấy đi qua, nhưng giữ lại bức xạ hồng ngoại. Nhà kính hoạt động giống như một bộ máy tích lũy năng lượng mặt trời. Kết quả làm nhiệt độ bên trong nó cao hơn so với nhiệt độ không khí xung quanh. Bằng cách tạo ra hiệu ứng nhà kính, không khí chứa hơi nước và CO₂ sẽ tích lũy năng lượng mặt trời và do đó nó đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì nhiệt độ của các hệ sinh thái nằm trong giới hạn đảm bảo sự sống cho các sinh vật.

Bức xạ mặt trời không chỉ biến động theo vị trí địa lý, mà còn theo thời gian (ngày và năm). Sự thay đổi thời gian trong ngày là do trái đất tự quay xung quanh mình, còn sự thay đổi thời gian theo mùa là do trái đất quay xung quanh mặt trời. Cường độ bức xạ mặt trời biến đổi trong ngày, bởi vì khoảng cách mà bức xạ mặt trời đi qua lớp không khí thay đổi theo thời gian. Đường đi của các tia sáng mặt trời vào buổi sáng và buổi chiều dài hơn buổi trưa, do đó bức xạ mặt trời đạt tới trái đất vào buổi sáng và buổi chiều nhỏ hơn so với buổi trưa. Vì mặt phẳng quỹ đạo của trái đất quay quanh mặt trời là khác nhau, nên thời gian chiếu sáng ban ngày cũng thay đổi. Khi trái đất hướng vuông góc về phía mặt trời, thì đường xích đạo gần với mặt trời hơn so với bất kỳ điểm nào trên trái đất. Hiện tượng này xuất hiện vào ngày xuân phân (21/3) và ngày thu phân (23/9). Khi đó tất cả các điểm trên trái đất có độ dài ngày và đêm bằng nhau (12 tiếng). Ba tháng sau xuân phân (Ngày hạ chí

21/6), khi trái đất đã quay được một phần tư đường đi của nó quanh mặt trời, thì trái đất gần nhất với mặt trời. Vào ngày hạ chí, độ dài ngày ở bắc cực là 24 giờ, trong khi đó ở nam cực hoàn toàn là đêm. Vùng xích đạo tiếp tục nhận khoảng 12 giờ chiếu sáng, trong khi đó ở ôn đới đêm trở nên ngắn hoặc dài tùy theo bán cầu. Khi quay ra xa hơn quỹ đạo của mặt trời, trái đất tiến đến điểm thu phân (Ngày 23/9). Khi đó độ dài ngày trở lại 12 giờ trên tất cả trái đất. Ba tháng sau thu phân, ngày 22/12 là ngày đông chí của bán cầu bắc. Lúc này đêm của bắc cực kéo dài 24 giờ. Ở vùng ôn đới thuộc bán cầu bắc, độ dài ngày về mùa đông dài hơn, trong khi đó ở vùng ôn đới thuộc nam bán cầu lại có độ dài ngày hè dài hơn. Như vậy, sự chuyển động hàng năm của mặt trời là nguyên nhân làm thay đổi độ dài ngày.

Các tia bức xạ có hoạt tính quang hợp chiếm khoảng 40-48% so với năng lượng tổng xạ. Tỷ lệ bức xạ có hoạt tính quang hợp trong bức xạ tán xạ luôn cao hơn so với bức xạ trực tiếp. Số lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp thay đổi theo thời gian trong ngày, độ cao mặt trời và tình trạng của bầu trời (trong sáng hay có mây mưa). Ví dụ: Lúc độ cao mặt trời là $10-30^{\circ}$, tỷ lệ bức xạ có hoạt tính quang hợp trong bức xạ trực tiếp là 20-40%. Khi độ cao mặt trời ở thiên đỉnh (12 giờ trưa), tỷ lệ bức xạ có hoạt tính quang hợp tăng lên 45-46%. Bức xạ có hoạt tính quang hợp chiếm 50-80% so với bức xạ tán xạ. Vì sự phân bố bức xạ tổng số vào ngày thời tiết trong sáng và có mây không như nhau, nên các nhà sinh thái học tính bức xạ hoạt tính quang hợp theo **công thức 6.4**; trong đó E = tổng xạ, D = tán xạ.

$$Q_{(PAR)} = 0,43E + 0,57D \quad (6.4)$$

Từ **công thức 6.4** cho thấy, tỷ lệ bức xạ có hoạt tính quang hợp của ánh sáng tán xạ cao hơn so với ánh sáng trực xạ. Bức xạ có hoạt tính quang hợp thấp nhất ở bắc cực (30 kcal/cm²/năm), cao nhất ở miền nhiệt đới và hoang mạc nhiệt đới (90 - 95 kcal/cm²/năm). Ở Việt Nam, bức xạ có hoạt tính quang hợp dao động từ 53 (Vinh) đến 81 kcal/cm²/năm (Sài Gòn). So với điểm bù bức xạ quang hợp ở thực vật nói chung từ 0,02-0,03 cal/cm²/phút, nguồn bức xạ quang hợp ở Việt Nam là khá lớn. Trên độ cao 0,5m so với bề mặt hấp thụ (tán rừng, đồng ruộng, đường sá...), cường độ bức xạ mặt trời thực tế như nhau trên không gian lớn. Sự dịch chuyển lên xuống 1 độ vĩ ảnh hưởng lớn đến cường độ bức xạ.

6.1.3. Hiệu quả sinh thái của bức xạ mặt trời

6.1.3.1. Sự thích nghi của thực vật với bức xạ mặt trời

Sự thích nghi của thực vật với bức xạ mặt trời phản ánh sự thay đổi quang phổ mặt trời do không khí của trái đất gây ra. Những bước sóng nhìn thấy từ 0,4-0,7μm được thực vật hấp thụ và mất của hầu hết động vật nhìn thấy. Một số chức năng của thực vật có thể thực hiện ngay khi ánh sáng thiếu hụt ở vùng ánh sáng nhìn thấy. Thực vật chỉ sinh trưởng tốt khi nhận đủ ánh sáng trong vùng quang phổ nhìn thấy.

Biểu bì của lá cây có tác dụng ngăn cản các tia cực tím, còn dịch bào có khả năng hấp thụ tia cực tím. Vì thế, bức xạ cực tím không có vai trò sinh lý đối với thực vật. Những tế bào không được lớp cutin bảo vệ có thể gặp nguy hiểm khi tiếp xúc với bức xạ cực tím. Bức xạ cực tím có tác dụng ức chế sinh trưởng của thực vật hoặc phá hủy các hoóc môn (các auxin) điều hòa sinh trưởng, kiểm soát sự phân chia tế bào và tác động đến khả năng phản ứng bình thường với auxin. Do phải tiếp nhận nhiều bức xạ cực tím, nên những loài cây sống trên núi cao sinh trưởng chậm và chiều cao thấp. Tỷ lệ tia cực tím trong ánh sáng trực xạ tăng dần theo độ cao so với mặt biển. Ngược lại, tỷ lệ tia cực tím trong ánh sáng tán xạ lại giảm dần theo độ cao so với mặt biển. Lượng mây ở các miền núi cao nhiều hơn so

với vùng thấp. Vì thế, các miền núi cao tiếp nhận tia cực tím nhiều hơn so với vùng thấp. Tuy vậy, quan hệ giữa độ cao và số lượng bức xạ cực tím không phải lúc nào cũng chặt chẽ. Những loài cây sống trên núi cao thường có sự thích nghi với bức xạ cực tím ở mức cao bằng cách hình thành lớp biểu bì dày hơn và có nhiều sắc tố anthocyanin màu tím hấp thu tia cực tím. Vì thế, chúng bị tác động của tia cực tím ít hơn so với những loài cây sống ở vùng thấp. Sản xuất ra các sắc tố bảo vệ là một hiện tượng chung ở thực vật.

Khi xâm nhập vào tán rừng, vì tỷ lệ ánh sáng phản xạ, hấp thu và sự lan truyền các bước sóng là khác nhau, nên ánh sáng bị thay đổi về thành phần quang phổ và cường độ. Thực vật màu xanh phản xạ các tia sáng có chọn lọc. Những sắc tố đảm trách nhiệm vụ quang hợp hấp thu bức xạ hiệu quả nhất ở các bước sóng tím - xanh và da cam - đỏ, nhưng chúng lại có khả năng phản xạ và cho đi qua các bước sóng lục và vàng ($\lambda = 0,525 - 0,570 \mu\text{m}$). Do có đặc tính này, nên chúng gây ra cho mắt người cảm giác lá cây có màu xanh lục. Khi xâm nhập vào tán rừng, thành phần quang phổ và cường độ của bức xạ mặt trời thay đổi tùy thuộc vào cấu trúc rừng, nghĩa là phụ thuộc vào thành loài cây, độ cao tán rừng, độ khép tán, cách sắp đặt lá trên cây và các bộ phận thân, cành. Rừng hình thành từ những loài cây có lá tối làm thay đổi thành phần quang phổ và cường độ của bức xạ mặt trời lớn hơn so với rừng hình thành từ những loài cây có lá sáng. Sự sinh trưởng chậm của nhiều loài cây dưới tán rừng là do phản ứng của chúng đối với sự thiếu hụt ánh sáng.

6.1.3.2. Hiệu quả sinh thái của những biến động về bức xạ mặt trời

Sự sống sót và hoạt động của thực vật luôn phụ thuộc vào sự biến đổi của các nhân tố vật lý và sinh học. Thật vậy, những biến đổi trong nhịp điệu sống của thực vật (nảy chồi, thay lá, ra hoa, hình thành quả, quả chín và rụng, thời kỳ bắt đầu và kết thúc sinh trưởng...) có liên hệ rất chặt chẽ với sự thay đổi của độ dài ngày, điều kiện chiếu sáng, nhiệt độ và độ ẩm của không khí và đất... Những thay đổi nhịp nhàng trong hoạt động sống của thực vật theo nhịp điệu biến đổi của độ dài ngày được gọi là tính chu kỳ quang của thực vật. Chu kỳ quang có vai trò to lớn trong việc kiểm soát các hoạt động tăng trưởng và bắt đầu ngừng sinh trưởng ở thực vật vào cuối hè; điều chỉnh sự sinh sản, thay lá, trổ hoa của nhiều loài cây vào mùa xuân và mùa hè. Như vậy, thông qua lịch sử tiến hóa lâu dài, các thực vật đã hình thành một giác quan với thời gian. Đặc tính này cho phép chúng lợi dụng được những điều kiện thuận lợi và tránh được những tác động bất lợi của môi trường vào những thời gian nhất định.

Chu kỳ quang biểu hiện ở hai kiểu biến động chủ yếu: biến động theo ngày đêm và biến động theo mùa. Sự thay đổi của độ dài ngày và thời tiết được quy định bởi chuyển động biểu kiến của mặt trời theo hướng Bắc - Nam. Chu kỳ hoạt động của động vật và thực vật diễn ra trong khoảng 24 giờ được gọi là chu kỳ ngày đêm, còn diễn ra trong một năm được gọi là chu kỳ mùa. Sự thay đổi ngày và đêm làm thay đổi môi trường tìm kiếm thức ăn, nơi ở, khả năng cung cấp nhiệt và độ ẩm đối với động vật. Trong một tháng cũng có tính định kỳ trong hoạt động của một số động vật để phản ứng với các pha thay đổi của mặt trăng.

Theo phản ứng của thực vật với độ dài ngày, người ta phân chia chúng thành thực vật ngày ngắn, thực vật ngày dài và thực vật đòi hỏi độ dài ngày và đêm bằng nhau. Thực vật ngày ngắn đòi hỏi số giờ chiếu sáng ngắn (<13 giờ). Thực vật ngày dài đòi hỏi số giờ chiếu sáng dài (>13 giờ). Thực vật ngày ngắn chỉ ra hoa quả trong điều kiện ngày ngắn và đêm dài và chúng chỉ sống ở các vĩ độ thấp và trung bình. Ngược lại, thực vật ngày dài chỉ ra hoa quả trong điều kiện ngày dài và đêm ngắn và chúng chỉ sống ở các vĩ độ cao hoặc

núi cao. Những loài cây ngày dài nghỉ đông và trở lại nghỉ đông với thời gian dài hơn so với cây ngày ngắn. Những loài cây lá kim là những thực vật ngày dài.

Sự kích thích sinh trưởng ở thực vật còn có thể là do nhân tố nhiệt độ và nhiều nhân tố khác. Thời kỳ quang hợp của những loài cây đòi hỏi ngày ngắn thường chỉ kéo dài từ 2-12 giờ chiếu sáng. Trái lại, thời kỳ quang hợp của những loài cây đòi hỏi ngày dài là 16-24 giờ. Ngoài ra, một nhóm cây đòi hỏi số giờ chiếu sáng trung gian giữa ngày dài và ngày ngắn (12-16 giờ chiếu sáng).

6.1.4. Hiệu quả sinh thái của cường độ ánh sáng đối với thực vật

6.1.4.1. Cường độ ánh sáng và quang hợp của thực vật

Tốc độ cố định CO_2 và năng lượng trong quá trình quang hợp của thực vật phụ thuộc vào cường độ ánh sáng. Tuy vậy, mối liên hệ này không phải là mối liên hệ tuyến tính, bởi vì quá trình quang hợp của thực vật không chỉ phụ thuộc vào ánh sáng mà còn nhiều nhân tố sinh thái khác (nhiệt độ và độ ẩm của không khí, độ phì đất, tỷ lệ sinh khối quang hợp và không quang hợp...). Khi cường độ ánh sáng rất thấp, thì thực vật chưa thể cố định được CO_2 và do đó sinh khối của thực vật không tăng lên. Nguyên nhân là vì sự mất mát CO_2 trong hô hấp lớn hơn so với tốc độ cố định CO_2 . Khi cường độ ánh sáng tiếp tục tăng lên đến một mức nào đó, thì sự cố định CO_2 trong quang hợp bằng sự mất mát CO_2 do hô hấp. Cường độ ánh sáng mà tại đó số lượng CO_2 cố định trong quang hợp bằng số lượng CO_2 được giải phóng trong quá trình hô hấp được gọi là điểm bù. Trên điểm bù, tốc độ quang hợp gia tăng nhanh theo sự gia tăng cường độ ánh sáng. Khi tiếp tục gia tăng cường độ ánh sáng, thì sự cố định CO_2 lại gia tăng chậm dần cho đến khi đạt được điểm bão hòa ánh sáng. Khi cường độ ánh sáng lớn hơn điểm bão hòa ánh sáng, thì sự cố định CO_2 trong quang hợp hầu như không thay đổi. Khi cường độ ánh sáng tiếp tục tăng lên rất cao, thì sự cố định CO_2 trong quang hợp sẽ giảm dần. Nguyên nhân là vì khi đó ánh sáng và một số tác nhân khác ảnh hưởng đến bộ máy quang hợp.

Khi biểu thị bằng đồ thị, mối liên hệ này được gọi là đường cong bão hòa ánh sáng quang hợp. Điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng thay đổi tùy theo điều kiện môi trường (nhiệt độ, hàm lượng hơi nước và CO_2 trong không khí) và theo loài cây. Trong một loài cây, điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng thay đổi tùy theo vị trí và cách sắp đặt lá trên cây (Bảng 6.2).

Ở một số loài cây, khi cường độ ánh sáng quá cao, cường độ quang hợp giảm xuống, nghĩa là chúng đòi hỏi cường độ ánh sáng tối ưu cho quang hợp. Những loài cây mà lá được phủ một lớp cutin mỏng có điểm bù ánh sáng rất thấp. Những loài cây có tỷ lệ sinh khối quang hợp cao (cây thân thảo) có điểm bù ánh sáng thấp hơn so với những loài cây có tỷ lệ sinh khối quang hợp thấp (cây gỗ). Nguyên nhân là vì chúng có sự mất mát CO_2 cho hô hấp ít hơn để đạt đến điểm bù ánh sáng. Những loài cây có điểm bù ánh sáng thấp thường có điểm bão hòa ánh sáng thấp hơn so với những loài cây có điểm bù ánh sáng cao. Những lá tiếp nhận đầy đủ ánh sáng hoàn toàn (lá sáng) có điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng cao hơn so với những lá sống trong tối (lá tối). Các lá tối hô hấp kém tích cực hơn so với các lá sáng; do đó điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng của chúng thấp hơn.

Khi được chiếu sáng hoàn toàn, những lá đơn lẻ có điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng nhỏ hơn so với những lá trong bóng râm. Những loài cây thích nghi với điều kiện chiếu sáng thấp thường có điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng nhỏ hơn so với những loài cây thích nghi với cường độ ánh sáng cao. Mặc dù sống ở nơi có ánh sáng hoàn toàn, nhưng một số loài cây cần ánh sáng cao có thể không đạt đến điểm bão hòa ánh sáng. Điều

này xảy ra là vì chúng có hình thái và cách sắp đặt lá để thích nghi với ánh sáng cao. Nói chung, điểm bù bức xạ quang hợp được ở các loài cây trung bình là 0,02-0,03cal/cm²/phút.

Bảng 6.2. Ảnh hưởng của ánh sáng đến quang hợp thuần của lá trong điều kiện CO₂ tự nhiên của không khí và nhiệt độ tối ưu (Larcher, 1983)

Nhóm cây	Cường độ điểm bù ánh sáng (1.000 lx)	Cường độ ánh sáng bão hòa (1.000 lx)
(1) Thực vật sống trên cạn		
+ Thực vật có năng suất cao (C ₄)	1-3	> 80
+ Cây nông nghiệp (C ₃)	1-2	20-80
+ Cỏ ưa sáng	1-2	50-80
+ Cỏ chịu bóng	0,2-0,5	5-10
+ Cây gỗ và cây bụi xanh mùa hè	1-1,5	25-50
+ Cây gỗ lá kim và lá rộng thường xanh	1-1,5	25-50
- Lá ngoài sáng		
- Lá trong tối	0,5-1,5	20-50
(2) Thực vật sống dưới nước	0,1-0,3	5-10

Khi bị che bóng, hệ số lá (*sản lượng thuần/đơn vị khối lượng lá (kg) hoặc sản lượng thuần/điện tích lá*) sẽ giảm. Nguyên nhân là vì khối lượng lá không quang hợp tăng lên. Tuy vậy, tốc độ suy giảm hệ số lá phụ thuộc vào sự thích nghi của các loài cây với cường độ ánh sáng quang hợp được. Cường độ ánh sáng mà tại đó điểm bù và điểm bão hòa đạt được còn tùy thuộc vào nhiệt độ, hàm lượng CO₂ trong không khí và hàm lượng nước trong đất...Những biện pháp đẩy nhanh sự phân giải vật rừng, khai thông tán rừng, làm tăng độ ẩm và độ phì của đất có thể làm tăng nồng độ CO₂ ở lớp không khí xung quanh tán cây. Điều đó giúp cây rừng gia tăng quang hợp.

Nói chung, mối quan hệ giữa quang hợp thuần với cường độ ánh sáng biểu hiện rất phức tạp. Nguyên nhân là do mối quan hệ này bị kiểm soát bởi nhiệt độ bề mặt lá, hô hấp của cây, hàm lượng nước trong đất và không khí, nồng độ CO₂ ở xung quanh lá cây, tỷ lệ sinh khối quang hợp, hoạt động đóng mở của khí khổng, cường độ ánh sáng...

Khi nhiệt độ tăng lên, thì tổng lượng quang hợp cũng tăng lên nhanh, nhưng mức tăng này không liên tục khi gặp nhiệt độ quá cao. Ngược lại, quá trình hô hấp tăng chậm khi nhiệt độ thấp, tăng nhanh khi nhiệt độ cao. Quang hợp thuần nhận trị số cao khi nhiệt độ ở mức trung bình.

Nhu cầu ánh sáng là lượng ánh sáng cần phải có để cây quang hợp bình thường. Nhu cầu ánh sáng và điểm bù ánh sáng của các loài cây còn biến đổi theo tuổi. Những cây gỗ non có thể tồn tại lâu dài trong điều kiện ánh sáng dưới điểm bù bằng cách sử dụng năng lượng ở mức thấp. Nhiều cây gỗ non có thể sống sót dưới tán rừng có cường độ ánh sáng chỉ bằng 5% so với ánh sáng hoàn toàn. Nói chung, cây tái sinh của đa số các loài cây gỗ có thể sống bình thường dưới điều kiện ánh sáng chỉ bằng 30-50% so với ánh sáng hoàn toàn.

6.1.4.2. Cường độ ánh sáng và hình thái của thực vật

Khi quan sát những cây gỗ thuộc cùng một loài mọc trong điều kiện chiếu sáng khác nhau, chúng ta dễ dàng nhận ra chúng có sự khác nhau về hình thái thân, cành, lá và tán lá. Sự khác biệt về kiểu hình giữa những cá thể cùng loài thường phản ánh sự khác biệt về điều kiện chiếu sáng, nhiệt độ, độ ẩm, gió, địa hình, hoạt động lâm sinh. Những loài cây

chỉ sinh trưởng tốt trong điều kiện ánh sáng có cường độ cao được gọi là loài cây ưa sáng. Ngược lại, những loài cây chỉ sinh trưởng tốt trong điều kiện ánh sáng có cường độ thấp được gọi là loài cây chịu bóng. Những tập tính ưa sáng và chịu bóng phản ánh sự thích nghi về di truyền của các loài cây đối với điều kiện chiếu sáng khác nhau. Lá của những loài cây chịu bóng có lớp cutin mỏng, thiếu các mô dẫn và mô dự trữ. Những loài cây chịu bóng thường thích nghi kém với điều kiện chiếu sáng mạnh. Ngược lại, lá của những loài cây ưa sáng có lớp cutin dày, nhiều mô dẫn và mô dự trữ. Những loài cây ưa sáng chỉ thích nghi với điều kiện chiếu sáng cao. Một số loài cây gỗ sống dưới tán rừng có khả năng thích nghi cao với điều kiện ánh sáng thay đổi mạnh bằng cách biến đổi về hình thái. Khi cường độ ánh sáng thay đổi, lá cây cũng có biến đổi lớn về hình thái. Những lá mọc ở nơi tối (lá tối) thường có phiến lá rộng và mỏng, mặt lá nhẵn và tế bào bảo vệ ít hơn so với các lá mọc ở nơi sáng (lá sáng). Biểu bì của lá chịu bóng có thể cho đi qua 98% năng lượng ánh sáng, trong khi đó ở lá ưa sáng là 15%. Những lá tối phát triển các lớp thịt lá tốt hơn để hấp thụ CO₂ và thu nhận nước. Do có cấu tạo như vậy, nên các lá tối có hiệu suất quang hợp cao hơn 20% so với các lá sáng (Daubenmire, 1974; Dẫn theo Larcher, 1983).

Sự phân phối sinh khối mới giữa các bộ phận của cây gỗ được điều chỉnh bởi các hoóc môn sinh trưởng. Các hoóc môn này được hình thành ở đỉnh sinh trưởng. Chúng có tác dụng kích thích sự phân chia và giãn tế bào. Trong điều kiện ánh sáng cao, các hoóc môn sinh trưởng ở đỉnh ngọn cây gỗ có thể bị phá hủy một phần hoặc hoàn toàn. Kết quả làm suy giảm tăng trưởng chiều cao của cây gỗ. Trái lại, các sản phẩm quang hợp được tích lũy vào thân và rễ. Kết quả làm gia tăng sinh trưởng thân. Ở điều kiện ánh sáng yếu dưới tán rừng kín hoặc mật độ cao, các hoóc môn sinh trưởng ở đỉnh sinh trưởng của cây gỗ không bị phá hủy. Do đó, sự phân chia và giãn tế bào được xúc tiến, nhưng lại kìm hãm sự phát triển lá, các mô dự trữ, diệp lục và hệ rễ. Kết quả dẫn đến sự đẩy nhanh tăng trưởng về chiều cao thân cây, nhưng thân cây thường mảnh, yếu ớt, dễ bị gãy, còn lá thiếu diệp lục và phát triển không bình thường. Hiện tượng ấy bắt gặp rất ít ở những loài cây chịu bóng. Ngoài ra, ánh sáng còn ảnh hưởng đến sự định hướng của thực vật.

Tóm lại, sự suy giảm ánh sáng dưới tán rừng có liên hệ chặt chẽ với cấu trúc rừng. Hiện tượng ấy tồn tại lâu dài có thể dẫn đến một số kết quả sau đây.

- (a) Sự phân tầng của QXTV. Đến lượt mình, sự phân tầng lại chi phối đến sự phân bố ánh sáng theo các tầng khác nhau. Sự phân tầng của QXTV là kết quả thích nghi của các loài cây với điều kiện chiếu sáng.
- (b) Hình thái, cách xếp đặt cành và lá của các loài cây gỗ là khác nhau. Những đặc điểm này cũng là sự biểu hiện khả năng thích nghi của thực vật với sự thiếu hụt ánh sáng dưới tán rừng. Kết quả của sự thiếu hụt ánh sáng dẫn đến hình thành hai kiểu lá: lá tối (quang hợp nhỏ hơn hô hấp) và lá sáng (quang hợp cao hơn hô hấp).
- (c) Hình dạng thân cây gỗ thay đổi theo mức đảm bảo ánh sáng. Nếu sống trong điều kiện đủ ánh sáng, thì thân cây gỗ phát triển mạnh ở phần gốc, tán lá dạng dù, cành to và nhiều. Ngược lại, khi sống trong điều kiện thiếu ánh sáng, thì cây gỗ thường có thân cao, đường kính thân nhỏ và tròn đều, cành nhỏ và mọc xiên, tia cành tốt, nhưng tán lá có thể lệch, các vòng năm không đối xứng. Kết quả là chất lượng gỗ giảm.

6.1.4.3. Cường độ ánh sáng và sự phát triển của cây tầng dưới

Cường độ ánh sáng đạt đến sàn rừng phụ thuộc vào kết cấu loài cây gỗ, độ cao tán rừng, độ khép tán, các bộ phận thân, cành và cách sắp đặt lá trên cây...Phần bức xạ hấp thụ được là nguồn năng lượng quan trọng đảm bảo cho các quá trình sống của rừng. Bức xạ rừng hấp thụ bao gồm hai bộ phận. Một bộ phận được tán lá hấp thụ trực tiếp. Một bộ phận

xuyên qua tán lá (qua các lỗ trống và kẽ hở giữa hai tán cây, trực tiếp xuyên qua lá cây). Rừng nhiệt đới chỉ có 20-25% diện tích sàn rừng vào lúc giữa trưa nhận được cường độ ánh sáng bằng 70-80% so với ánh sáng hoàn toàn ở ngoài đất trống. Chính nhờ có phần bức xạ ít ỏi lọt qua tán rừng mà cây tái sinh, cây bụi và thảm tươi dưới tán rừng sống được bình thường. Một số kiểu rừng có tán lá dày và rậm và thực vật khối lớn, phần ánh sáng lọt qua tán rừng chỉ vào khoảng 0,5-1,0% so với ánh sáng hoàn toàn ở ngoài đất trống. Trong điều kiện ấy, dưới tán rừng có rất ít thực vật tầng dưới, cây tái sinh phát triển yếu ớt. Nói chung, mức độ tái sinh của các loài cây gỗ phụ thuộc trực tiếp vào tỷ lệ ánh sáng lọt qua tán rừng.

6.1.4.4, Khả năng chịu bóng của các loài cây gỗ

Các nhà lâm học và sinh lý thực vật đã phân loại các loài cây theo khả năng chịu bóng hoặc theo nhu cầu ánh sáng của chúng. Tầm quan trọng của phân loại các loài cây theo nhu cầu ánh sáng là nhấn mạnh đến điều kiện ánh sáng. Nhưng ngày nay chúng ta đã biết phản ứng của thực vật với điều kiện thiếu ánh sáng trong tự nhiên chỉ là vấn đề về mối liên hệ giữa quang hợp với cường độ ánh sáng. Chẳng hạn: Quá trình tăng trưởng chiều cao bị kiểm soát bởi một số gene và các biến số của môi trường. Khả năng chịu bóng của thực vật cũng là đặc tính được ấn định bởi nhiều nhân tố. Dưới đây chúng ta xem xét một số nhân tố kiểm soát khả năng chịu bóng ở thực vật.

(a) *Khả năng cạnh tranh về nước và chất khoáng dưới điều kiện thiếu ánh sáng.* Ở nơi nào có sự cạnh tranh mạnh mẽ của các cơ quan trên mặt đất về ánh sáng, thì cũng luôn có sự cạnh tranh mạnh mẽ về độ ẩm và chất khoáng của các cơ quan phân bố dưới đất. Vì thế, chúng ta có thể xem xét khả năng chịu bóng của thực vật thông qua khả năng cạnh tranh nguồn chất khoáng. Những cây tái sinh có thể tồn tại ở điều kiện chiếu sáng thấp hơn so với những cây mọc ở rừng thưa và rừng thiếu thảm thực vật tầng dưới. Những biện pháp làm tăng độ ẩm đất và chất khoáng giúp nâng cao tái sinh và sinh trưởng của rừng.

(b) *Ảnh hưởng của sự che bóng đến sự phân phối lại lượng tăng trưởng mới.* Cường độ ánh sáng thấp dẫn đến sự thay đổi trong cách phân phối lại lượng tăng trưởng mới. Điều đó có thể làm cho cây gỗ giảm khả năng cạnh tranh về chất khoáng và chống chịu kém với tác động của gió hại. Trong điều kiện ánh sáng thấp, những cây gỗ có tỷ lệ phần trên mặt đất và rễ ở mức cao và hệ thống rễ nhỏ gặp nhiều bất lợi hơn. Gió và mưa cũng ảnh hưởng lớn đến những cây có tỷ lệ phần trên mặt đất và rễ hoặc tỷ lệ giữa chiều cao và đường kính ở mức cao. Điều đó cũng làm giảm sức sống và khả năng cạnh tranh về chất khoáng và ánh sáng. Những loài cây rụng lá sinh trưởng tốt trong môi trường thiếu ánh sáng. Đặc tính này cho phép chúng luôn đảm bảo đủ ánh sáng, độ ẩm và chất khoáng.

(c) *Khả năng thay đổi hình thái và định hướng lá.* Những cây sinh trưởng trong điều kiện ánh sáng thấp hình thành các lá chịu bóng. Lá chịu bóng có đặc điểm là phiến lá rộng với lớp cutin mỏng và ít thùy, sắp xếp sao cho che bóng lẫn nhau ít nhất, mặt lá thường hướng về phía có ánh sáng. Những đặc điểm này cho phép chúng có thể quang hợp tốt trong môi trường thiếu ánh sáng. Những loài cây có tỷ lệ giữa sinh khối quang hợp và sinh khối không quang hợp ở mức cao cho phép chúng sống tốt ở nơi có cường độ ánh sáng cao. Sự thích nghi này phối hợp với việc giảm thấp điểm bù ánh sáng cho phép các loài cây này sống sót trong môi trường thiếu hụt ánh sáng.

(d) *Ảnh hưởng của kích thước hạt đến khả năng chịu bóng của các loài cây gỗ.* Những loài cây gỗ chịu bóng thường có hạt lớn và mức dự trữ năng lượng cao hơn so với những loài cây gỗ có hạt nhỏ. Điều đó giúp cho cây tái sinh có thể sống sót trong điều kiện môi trường thiếu hụt ánh sáng. Khi sàn rừng luôn có một lớp vật rụng khô và dày, thì chỉ

có những cây con mà rễ của chúng đã ăn sâu đến tầng đất mới có thể sống sót qua những năm đầu. Lớp vật rụng dày luôn là nhân tố hạn chế khả năng tái sinh và sống sót của những loài cây gỗ có hạt to và điểm bù ánh sáng thấp. Kích thước hạt lớn không chỉ đảm bảo cho cây tái sinh có khả năng chịu bóng, mà còn giúp chúng thích ứng tốt với khô hạn và cường độ ánh sáng cao. Hai loài cây gỗ có điểm bù và điểm bão hòa ánh sáng như nhau, loài cây gỗ nào có hạt lớn hơn sẽ có nhiều cơ hội thành công hơn trong tái sinh ở nơi thiếu ánh sáng và sạt rừng có nhiều vật rụng.

(e) *Tác động của sinh vật gây bệnh đến tính chịu bóng của các loài cây gỗ.* Độ ẩm đất cao thường xuất hiện dưới điều kiện môi trường thiếu ánh sáng. Điều kiện ấy tạo cơ hội thuận lợi cho sự phát sinh của các vi sinh vật gây bệnh cho cây tái sinh. Tính chịu bóng của cây gỗ có liên hệ với tính chống chịu sâu bệnh hại. Điều đó cho thấy những hạt giống không thể nảy mầm trong bóng râm không chỉ đơn giản là do ảnh hưởng của cường độ ánh sáng và điểm bù ánh sáng.

6.1.5. Phương pháp xác định tính chịu bóng của các loài cây gỗ

Tầm quan trọng của ánh sáng trong việc kiểm soát quá trình quang hợp và hình thái của cây gỗ có thể chứng minh thông qua nhu cầu ánh sáng của chúng. *Nhu cầu ánh sáng của các loài cây là lượng ánh sáng cần phải có để đảm bảo cho chúng quang hợp bình thường.* Các loài cây gỗ được phân chia thành nhóm cây ưa sáng và nhóm cây chịu bóng. Nhóm loài cây gỗ ưa sáng có nhu cầu cao về ánh sáng, tăng trưởng mạnh về chiều cao trong điều kiện ánh sáng hoàn toàn hoặc ở nơi có cường độ ánh sáng lớn hơn 50% so với ánh sáng hoàn toàn. Ngược lại, nhóm loài cây gỗ chịu bóng có nhu cầu thấp về ánh sáng, chỉ tăng trưởng mạnh về chiều cao trong điều kiện ánh sáng từ 20-50% so với ánh sáng hoàn toàn, tăng trưởng giảm nhanh dưới điều kiện ánh sáng gần với ánh sáng hoàn toàn.

Để xác định tính chịu bóng của các loài cây gỗ, các nhà lâm học và sinh lý thực vật thường sử dụng một số phương pháp sau đây.

(a) *Phương pháp cân trọng lượng khô.* Phương pháp này do Turxkii và Nikonxkii đề xuất vào năm 1881. Nguyên lý cơ bản của phương pháp này là dựa vào sự khác biệt về trọng lượng khô giữa các cây có mức độ che bóng khác nhau. Căn cứ vào quan hệ giữa trọng lượng khô và cường độ ánh sáng, người ta chia cây rừng thành các nhóm có nhu cầu ánh sáng khác nhau.

(b) *Phương pháp dựa vào thời điểm quang hợp bắt đầu xảy ra.* Phương pháp này do nhà sinh lý Liubimenco đề xuất vào năm 1905-1908. Nguyên lý cơ bản của phương pháp này là dựa vào thời điểm quang hợp bắt đầu xảy ra khi cường độ ánh sáng khác nhau. Để xác định tính chịu bóng của thực vật, các lá cây được đưa vào những hộp có các lỗ hở từ 0-100cm². Sau một thời gian, cắt lá cây ngâm vào nước để tìm nồng độ CO₂ ở các mức che bóng khác nhau. Phương pháp này cho kết quả kém chính xác, bởi vì việc xác định tính chịu bóng chỉ dựa vào lá và các lá bị cô lập khỏi mối liên hệ với cây và môi trường.

(c) *Phương pháp dựa vào điểm bù ánh sáng.* Theo Ivanov (1932), nhu cầu ánh sáng của các loài cây được xác định theo điểm bù ánh sáng.

(d) *Phương pháp dựa vào độ hóa đen của giấy ảnh.* Năm 1907, nhà sinh lý học Virnez (người Áo) đã đề xuất phương pháp xác định mức độ chịu bóng của các loài cây bằng cách đo cường độ ánh sáng trong tán cây nhờ bộ phận thu nhận ánh sáng và giấy ảnh. Theo mức độ hóa đen của giấy ảnh, chúng ta có thể phân chia các loài cây gỗ thành những mức chịu bóng khác nhau.

(e) *Phương pháp dựa vào hình thái bên ngoài của cây gỗ.* Hình thái tán cây, hình dạng lá, bề dày vỏ, khả năng tia cành và vị trí phân bố của cây gỗ trong tán rừng biến đổi tùy theo điều kiện ánh sáng (Bảng 6.3).

Bảng 6.3. So sánh hình thái của các loài cây gỗ ưa sáng và chịu bóng

Chỉ tiêu	Loài cây gỗ ưa sáng	Loài cây gỗ chịu bóng
- Mật độ lá	- Thưa hơn	- Dày hơn
- Màu sắc lá	- Xanh sáng	- Xanh thẫm
- Kích thước lá	- Nhỏ đến trung bình	- To đến trung bình
- Độ dày và nhẵn của vỏ	- Dày và bong mảng	- Mỏng và nhẵn
- Kiểu vươn cành	- Xoè ngang	- Xiên
- Khả năng tia cành	- Nhanh	- Chậm
- Vị trí trong tán rừng	- Tầng trên	- Tầng dưới, tầng giữa

(g) *Phương pháp dựa vào sự biến đổi về hình thái theo các mức ánh sáng khác nhau.* Theo Klinka (1992; Dẫn theo Kimmins, 1998), tính chịu bóng của thực vật có thể xác định thông qua tỷ lệ diện tích lá và khối lượng lá (cm^2/g) và tỷ lệ giữa chiều cao (H , m) và đường kính (D , cm). Đây là một thước đo tốt về khả năng sống sót và tăng trưởng của cây gỗ trong những điều kiện ánh sáng khác nhau.

6.1.6. Ý nghĩa của ánh sáng trong lâm học

Ánh sáng là một nhân tố sinh thái được các nhà lâm học quan tâm nhiều nhất, bởi vì nó là một trong những nhân tố đóng vai trò quyết định trong việc chọn lựa các phương thức lâm sinh. Dưới đây chúng ta xem xét một số vai trò cơ bản của ánh sáng trong các hoạt động lâm sinh.

(1) *Ánh sáng ảnh hưởng căn bản đến sự phân phối lượng tăng trưởng mới giữa các bộ phận của cây gỗ.* Khi cây gỗ được che bóng hoặc trồng dày, thì tăng trưởng chiều cao của một số loài cây gỗ ở tuổi non có thể diễn ra nhanh, nhưng thân nhỏ, tỷ lệ giữa chiều cao (H , m) và đường kính (D , cm) không cân đối, sức sống yếu và thường bị đổ khi gặp gió lớn. Những cây bị che bóng có tỷ lệ giữa phần trên và phần dưới mặt đất lớn hơn so với cây mọc ở nơi đủ ánh sáng. Để hạn chế những ảnh hưởng xấu này, nhà lâm học cần phải trồng rừng với mật độ thích hợp và thực hiện nuôi dưỡng rừng định kỳ.

(2) *Hình thái cây gỗ có mối liên hệ chặt chẽ với ánh sáng.* Những cây gỗ sinh trưởng và phát triển bình thường có tỷ lệ $H/D \cong 1$. Những cây gỗ này chịu đựng tốt với tác động của gió hại và một số điều kiện bất lợi khác. Mật độ thấp hoặc tán lá thưa đưa lại nhiều ánh sáng dưới tán rừng. Đến lượt mình, ánh sáng lại kích thích sự phát triển thân ở phần gốc (độ thon thân cây lớn), thân nhiều cành, cành to và sống lâu. Những đặc điểm đó cho phép cây gỗ chống lại tác động của gió hại, nhưng lại làm giảm giá trị gỗ, nhất là gỗ dùng trong công nghệ ván ép, bởi vì gỗ có nhiều “mắt”. Mật độ cao hoặc tán lá kín dẫn đến thiếu ánh sáng. Kết quả dẫn đến cây gỗ phát triển mạnh về chiều cao, còn đường kính nhỏ (độ thon nhỏ), tán lá nhỏ và tia cành tốt. Tuy vậy, trồng rừng dày làm giảm sản lượng rừng, nhiều cây bị che bóng dẫn đến lệch tán, vòng năm bị lệch, thân cong. Rừng có mật độ cao thường kém ổn định với gió hại. Vì thế, tùy theo mục tiêu tạo rừng, loài cây gỗ và điều kiện lập địa, nhà lâm học cần điều chỉnh ánh sáng thích hợp thông qua chặt nuôi dưỡng rừng.

(3) *Sự sống sót của cây tái sinh trong môi trường mới tùy thuộc vào việc điều chỉnh ánh sáng trong giai đoạn vườn ươm và dưới tán rừng.* Những cây non sinh trưởng trong

vườn ươm và dưới tán rừng có cường độ ánh sáng thấp thường hình thành các lá chịu bóng. Nếu đưa chúng ra ngoài sáng một cách đột ngột và kèm theo điều kiện ẩm và nhiệt độ thay đổi, thì chúng bị ức chế bởi ánh sáng mạnh. Điều đó có thể làm cho cây non bị tử vong hoặc sinh trưởng kém trong một số năm cho đến khi các lá chịu bóng được thay thế bằng lá ưa sáng. Chế độ ánh sáng được xem là thích hợp cho cây con ở vườn ươm và dưới tán rừng khi nó tạo ra tỷ lệ lớn giữa chiều dài rễ và chiều cao thân, hình thái tán lá cân đối, tỷ lệ $H/D \approx 1$. Đặc điểm đó cho phép cây con có thể sống sót và sinh trưởng tốt khi chúng bị phơi ra ánh sáng hoàn toàn. Ánh sáng còn có vai trò điều khiển quá trình tái sinh tự nhiên của rừng, bởi vì quá trình này luôn phụ thuộc vào sự đáp ứng ánh sáng dưới tán rừng. Những loài cây gỗ chịu bóng có thể sống bền dai trong điều kiện thiếu ánh sáng. Các loài cây gỗ ưa sáng chỉ có cơ hội sống sót và vươn lên khi điều kiện ánh sáng được cải thiện. Vì thế, để tạo điều kiện thuận lợi cho các loài cây gỗ ưa sáng tái sinh và sống sót, nhà lâm học có thể thực hiện điều chỉnh tán rừng thông qua khai thác chọn những cây thành thực hoặc chặt trắng theo đám và băng.

(4) *Chu kỳ ánh sáng có vai trò lớn trong đời sống của thực vật và động vật rừng.* Vì thế, khi điều chỉnh các hoạt động sống của cây gỗ thông qua kỹ thuật lâm sinh, nhà lâm học phải nhận rõ vai trò của chu kỳ ánh sáng cùng với những biến đổi của những nhân tố môi trường khác. Những hoạt động sinh lý của cây gỗ non trong vườn ươm chỉ diễn ra bình thường nếu chúng được tiếp nhận đầy đủ ánh sáng, nhiệt độ và những nhân tố khác của môi trường bên ngoài. Khi những điều kiện môi trường không được thỏa mãn, thì cây con có thể lâm vào tình trạng tử vong hoặc sinh trưởng kém. Vì thế, khi trồng rừng, nhà lâm học phải chú ý đến nhu cầu ánh sáng của cây non và bố trí chúng ở nơi thích hợp. Khi bị phơi ra ánh sáng đột ngột, những cây tái sinh tự nhiên mọc lâu dài dưới tán rừng có phản ứng sinh trưởng kém hoặc bị chết hoặc có thể chuyển từ dạng cây hạt sang dạng cây chồi. Vì thế, để giúp chúng thích nghi tốt với điều kiện mới, nhà lâm học phải mở tán rừng từ từ thông qua khai thác những cây gỗ thành thực và những cây gỗ kém giá trị.

(5) *Tính chịu bóng của các loài cây gỗ biến đổi theo tuổi.* Ở thời kỳ cây mầm và cây mạ, các loài cây gỗ đều cần bóng râm. Nhưng sau đó chúng đòi hỏi lượng ánh sáng tăng dần. Khi đạt đến tuổi trưởng thành, thì hầu hết các loài cây gỗ đều cần nhiều ánh sáng. Các loài cây gỗ chỉ cho sản lượng cao khi đủ ánh sáng. Một khoảnh rừng dày có chỉ số LAI từ $3-6\text{m}^2/\text{m}^2$, thậm chí cả chục m^2/m^2 . Trong điều kiện như vậy, nhiều lá cây không nhận đủ ánh sáng cho quang hợp bình thường. Để nhận đủ ánh sáng, lá cây phải có vị trí sắp đặt theo hướng và góc nhận ánh sáng khác nhau. Do điều kiện ánh sáng khác nhau trong quần thụ, nên trên một cây hình thành 3 kiểu lá: ưa sáng, chịu bóng và trung tính (trung gian giữa lá ưa sáng và lá chịu bóng). Những cây gỗ thuộc cấp sinh trưởng IV theo phân cấp Kraft (1884) có rất ít lá ưa sáng. Những cây cấp V hầu hết là lá chịu bóng. Khi điều kiện chiếu sáng được cải thiện, những lá chịu bóng không thể khôi phục thành lá ưa sáng, chúng bị loại bỏ dần. Những lá ưa sáng sẽ thay thế dần lá chịu bóng và nhờ đó cây gỗ gia tăng sinh trưởng. Dựa vào những phản ứng của rừng với sự thay đổi ánh sáng, các nhà lâm học thực hiện tỉa thưa mạnh vào thời kỳ rừng khép tán kín nhằm tạo điều kiện cho cây gỗ còn lại nhận đủ ánh sáng.

(6) *Sản lượng của rừng có mối liên hệ chặt chẽ với sinh khối lá.* Sản lượng gỗ cao nhất có thể không xuất hiện ở mức sinh khối hoặc chỉ số LAI lớn nhất. Ở những loài cây gỗ chịu bóng, tổng sản lượng có thể tăng lên theo mức nâng cao sinh khối lá. Ở những loài cây gỗ ưa sáng, tổng sản lượng cao nhất xuất hiện khi sinh khối lá ở mức trung bình. Nói chung, khối lượng lá phụ thuộc chặt chẽ vào cường độ ánh sáng và trạng thái dinh dưỡng của môi trường đất. Vì thế, để nâng cao năng suất rừng, nhà lâm học phải điều chỉnh chỉ số LAI thích hợp thông qua điều chỉnh kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc rừng.

(7) *Ánh sáng ảnh hưởng lớn đến quá trình sinh sản của cây rừng.* Sự ra hoa và hình thành quả của các loài cây gỗ diễn ra tốt khi môi trường đủ ánh sáng, chế độ nhiệt và độ ẩm thuận lợi, đất đủ dinh dưỡng. Những yêu cầu này chỉ được thỏa mãn khi rừng có mật độ thưa, tán lá được chiếu sáng đầy đủ ở mọi phía. Vì thế, nhà lâm học cần phải lưu ý đến những yêu cầu này trong kinh doanh rừng giống.

(8) *Ánh sáng là một trong những nhân tố kiểm soát quá trình diễn thế rừng.* Theo quy luật, các loài cây ưa sáng xâm chiếm và định cư đầu tiên trên những lập địa nhiều ánh sáng. Khi lập địa được các loài cây ưa sáng tạo ra điều kiện thiếu hụt ánh sáng dưới tán của chúng, các loài cây ưa sáng dần dần bị thay thế bởi các loài cây chịu bóng. Theo quy luật này, nhà lâm học có thể điều khiển quá trình diễn thế rừng thông qua các biện pháp lâm sinh. Ví dụ: Muốn làm tăng mật độ cây gỗ ưa sáng dưới tán rừng, nhà lâm học thực hiện chặt chọn theo đám để mở lỗ trống hoặc chặt trắng theo băng. Ngược lại, muốn duy trì kết cấu rừng gồm nhiều loài cây gỗ chịu bóng, nhà lâm học sử dụng phương thức chặt chọn từng cây thành thực.

(9) *Tiết kiệm ánh sáng là một trong những biện pháp nâng cao năng suất và tính ổn định của rừng.* Rừng tự nhiên hỗn loài khác tuổi bao gồm nhiều loài cây gỗ có nhu cầu ánh sáng khác nhau; trong đó những loài cây gỗ ưa sáng mọc ở tầng trên, còn những loài cây gỗ chịu bóng phân bố ở tầng dưới. Vì thế, việc tạo rừng hỗn loài khác tuổi cho phép lợi dụng đầy đủ tiềm năng của ánh sáng. Trong trường hợp cần chuyển từ rừng hỗn giao khác tuổi thành rừng thuần loài đồng tuổi có nhiều loài cây gỗ ưa sáng, nhà lâm học có thể thực hiện bằng cách chặt chọn với cường độ cao hoặc chặt trắng để đưa ánh sáng đến sàn rừng. Ngược lại, muốn chuyển từ rừng thuần loài đồng tuổi hình thành từ các loài cây gỗ ưa sáng thành rừng hỗn loài khác tuổi bao gồm nhiều loài cây gỗ có nhu cầu ánh sáng khác nhau, nhà lâm học có thể thực hiện bằng cách duy trì chế độ ánh sáng thấp dưới tán rừng hoặc trồng các loài cây gỗ chịu bóng dưới tán các loài cây gỗ ưa sáng.

(10) *Điều chỉnh chế độ ánh sáng cho rừng thông qua khai thác chính, chặt nuôi dưỡng, tỉa cành, luồng phát cây bụi và dây leo có ý nghĩa hết sức quan trọng.* Những biện pháp lâm sinh này là một đòn bẩy hữu ích làm tăng hiệu suất sử dụng tiềm năng của lập địa để hình thành rừng có năng suất cao. Đồng thời, các biện pháp này còn gây ra những biến đổi về tiểu khí hậu rừng do thay đổi chế độ ánh sáng, nhiệt, độ ẩm, sự thoáng khí... Tất cả điều đó có thể đưa đến tăng cường quá trình tái sinh rừng, phân giải vật rụng và khoáng hóa nhanh chất hữu cơ, làm khô đất lầy, tăng sự hoạt động của vi sinh vật và động vật trong đất, đẩy nhanh tuần hoàn vật chất ở rừng... Song dòng ánh sáng đến mặt đất rừng quá nhiều và không đúng lúc cũng có thể làm nảy sinh nhiều hiện tượng xấu. Chẳng hạn: Tăng nhanh sự phát sinh cỏ dại, làm khô đất do bốc hơi nước tổng số quá cao, cây non bị khô héo và chết do mất nước.

6.1.7. Tóm tắt vai trò sinh thái của bức xạ mặt trời

Vai trò cơ bản của bức xạ mặt trời biểu hiện ở chỗ nó là nguồn năng lượng chủ yếu cho sự sống. Sự tương tác của bức xạ mặt trời với nước và không khí đảm bảo duy trì nhiệt độ của trái đất trong giới hạn mà các sinh vật có thể tồn tại. Năng lượng mặt trời trong vùng bước sóng nhìn thấy có ý nghĩa lớn đối với thực vật. Sức nhìn, khả năng quan sát xung quanh của các sinh vật dị dưỡng đôi khi cần đến các bước sóng khác với bước sóng nhìn thấy. Màu sắc, phản ứng của thị giác với các bước sóng khác, cộng với khả năng nhìn cho phép động vật thích nghi với sự ẩn nấp, tự vệ và thay đổi tín hiệu nhìn. Những biến động về cường độ ánh sáng dẫn đến sự thích nghi của các loài, đặc biệt là các loài cây. Ánh sáng vừa là nhân tố có ích vừa là nhân tố có hại cho sinh vật. Sự thích nghi của sinh vật với

ánh sáng biểu hiện ở sự biến đổi các hoạt động sống của chúng theo sự biến đổi của môi trường ánh sáng. Sự biến đổi về hình thái và tập tính sinh lý đảm bảo cho các sinh vật sống sót và cạnh tranh có kết quả trong môi trường ánh sáng khác nhau.

Sự thích nghi của sinh vật với sự biến đổi của ánh sáng theo ngày đêm và theo mùa đã giúp cho chúng sử dụng khoảng thời gian hữu ích cho sự sống. Vì các loài cây gỗ đã thích nghi với bức xạ mặt trời, nên các nhà lâm học phải hết sức thận trọng trong việc di chuyển chúng từ vùng địa lý này đến vùng địa lý khác. Việc đưa các loài thực vật từ môi trường ánh sáng mà chúng đã thích nghi đến môi trường ánh sáng khác có thể làm rối loạn các hoạt động sinh lý và làm thay đổi hình thái của chúng. Ví dụ: Làm giảm tăng trưởng hoặc kéo dài thời gian sinh trưởng, làm ngừng quá trình ra hoa quả hoặc ra hoa quả sớm hơn.

Ở giới hạn bên ngoài QXTV, ánh sáng là một nhân tố sinh thái độc lập. Nhưng khi xâm nhập vào QXTV, cường độ và chất lượng của ánh sáng bị thay đổi bởi cấu trúc, thành phần loài, độ khép tán, tuổi và trạng thái của các cá thể trong quần xã. Vì thế, muốn điều chỉnh chế độ ánh sáng thích hợp cho hoạt động sống của các loài cây gỗ hoặc thay đổi thành phần loài cây gỗ, nhà lâm học chỉ cần kiểm soát QXTV thông qua chọn lựa phương thức lâm sinh thích hợp. Khai thác trắng, khai thác chọn và khai thác dần, xử lý thảm cây bụi và thảm cỏ, chặt bỏ dây leo là những biện pháp lâm sinh hữu hiệu nhằm điều chỉnh chế độ ánh sáng có lợi cho các quá trình tái sinh và sinh trưởng của cây gỗ và quần thụ, đẩy nhanh quá trình tuần hoàn vật chất ở rừng, tạo ra cơ hội thuận lợi cho một số loài cây có ích trong việc cạnh tranh ánh sáng, nước và chất dinh dưỡng. Vì ánh sáng có vai trò hết sức quan trọng đối với thực vật, nên hầu hết các phương thức lâm sinh đều nhắm vào việc điều chỉnh chế độ ánh sáng.

6.2. Vai trò sinh thái của nhiệt độ

6.2.1. Mở đầu

Nhiệt độ là số đo nguồn năng lượng nhiệt chứa trong một đối tượng. Nhiệt độ của một đối tượng được ấn định bởi số lượng năng lượng nhiệt và sức chứa nhiệt của đối tượng đó. Nhiệt độ là một nhân tố sinh thái ảnh hưởng sâu sắc đến đời sống của cây gỗ và rừng. Ở chương 5, trước hết chúng ta xem xét sự biến động của nhiệt độ không khí theo thời gian và không gian, ý nghĩa của sự biến động nhiệt độ đối với đời sống thực vật và động vật. Tiếp theo chúng ta thảo luận về ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự phân bố của các loài cây gỗ theo vị trí địa lý và địa hình. Sau đó chúng ta xác định ý nghĩa hay tầm quan trọng của nhiệt độ trong các hoạt động lâm sinh.

6.2.2. Biến động của nhiệt độ theo không gian và thời gian

Nhiệt độ của trái đất thay đổi có tính chu kỳ. Hiện tượng đó xảy ra là do trái đất không chỉ tự quay xung quanh trục của nó, mà còn quay xung quanh mặt trời. Nhiệt độ thay đổi theo chu kỳ ngày và mùa. Ở vùng nhiệt đới, nhiệt độ không khí trung bình năm chỉ thay đổi trong phạm vi vài độ. Ví dụ: Nhiệt độ không khí trung bình giữa các tháng trong năm năm tại các tỉnh phía nam nước ta chỉ thay đổi trong khoảng 5-10⁰C, còn ở phía bắc là 13-15⁰C. Ở các vùng sâu trong lục địa và các vùng thuộc vĩ độ cao, nhiệt độ không khí có thể thay đổi 50⁰C giữa mùa đông và mùa hè. Ở các đảo thuộc Thái Bình Dương, phạm vi biến động nhiệt độ không khí hàng năm là 11,8⁰C (19,6÷31,4⁰C), trong khi đó tại Xibêri (Nga) là 107⁰C (-70÷37⁰C). Nhiệt độ không khí thấp nhất ghi được tại Antarctica là

-88⁰C. Nhiệt độ không khí cao nhất là 60⁰C và nhiệt độ mặt đất cao nhất tại một vài sa mạc là 84⁰C (Clarke, 1967; Spurr và Barnes, 1973; Dẫn theo Kimmins, 1998).

Nhiệt độ không khí biến động theo thời gian và theo vùng địa lý. Biến động nhiệt độ không khí hàng năm khoảng 10⁰C đã xuất hiện từ cuối thời kỳ băng hà. Một kỷ nguyên băng hà nhỏ cũng đã xuất hiện vào thế kỷ XVI-XIX. Kết quả kéo theo một thời kỳ ấm gần 100 năm. Nhiệt độ không khí cũng biến đổi theo kinh độ, vĩ độ và độ cao (Bảng 6.4).

Bảng 6.4. Biên độ nhiệt độ trung bình của không khí ở một vài địa phương

Địa phương	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao	Biên độ nhiệt (⁰ C):	
				hàng ngày	hàng năm
1. Hà Nội	105 ⁰ 48E	21 ⁰ 01N	5	7,0	12,2
2. Huế	107 ⁰ 41E	16 ⁰ 24N	11	7,9	9,1
3. Sài Gòn	106 ⁰ 40E	10 ⁰ 47N	11	8,8	3,4

Nhiệt độ còn biến đổi theo hướng phơi và theo các đối tượng khác nhau (hồ, biển, rừng, mặt đất). Trên những địa hình dốc thuộc bán cầu bắc, nhiệt độ ở sườn đông và sườn nam cao hơn so với sườn bắc. Biến động nhiệt độ của mặt nước hồ và biển thấp hơn so với bề mặt đất.

Những biến động của nhiệt độ theo chu kỳ, thời gian, vùng địa lý, hướng phơi và các đối tượng khác nhau không chỉ là do bức xạ mặt trời rơi trên các đối tượng khác nhau là không như nhau, mà còn do sự khác biệt về khả năng hấp thụ, truyền nhiệt và dẫn nhiệt của các đối tượng.

6.2.3. Cân bằng năng lượng và bức xạ của rừng

Cân bằng bức xạ và cân bằng nhiệt là chỉ trong thời gian nào đó tổng năng lượng bức xạ mặt trời đi vào và tỏa ra tính bằng đơn vị nhiệt lượng (calo hoặc joules) trên một đơn vị diện tích (cm², m², ha). Trong lâm nghiệp, đơn vị diện tích thường dùng là héc-ta, thời gian là mùa sinh trưởng và năm. Mùa sinh trưởng là khoảng thời gian từ khi cây bắt đầu sinh trưởng cho đến khi kết thúc hoạt động này. Các nhà lâm học xác định mùa sinh trưởng dựa theo phản ứng sinh trưởng của cây gỗ sau thời kỳ nhiệt độ thấp hoặc sau mùa khô hạn. Hiện nay, các nhà lâm học vẫn chưa thể xác định chính xác mùa sinh trưởng của thực vật ở các vùng sinh thái, bởi vì nó không ổn định đối với các loài cây. Ở vùng ôn đới, mùa sinh trưởng bắt đầu từ lúc nhiệt độ không khí lớn hơn 5⁰C và đôi khi trên 10⁰C. Trong vành đai nhiệt đới, thực vật sinh trưởng hầu như quanh năm. Các loài cây ở nước ta sinh trưởng mạnh vào đầu mùa xuân (miền Bắc) và đầu mùa hè (miền Nam), nhưng thời kỳ bắt đầu và kết thúc sinh trưởng của mỗi loài cây cũng rất khác nhau. Thông thường nhà lâm học tính thời gian sinh trưởng của loài cây gỗ dựa vào thời kỳ bắt đầu và kết thúc hoạt động của tượng tầng trên thân cây gỗ. Đơn vị đo nhiệt lượng là kcal/cm²/mùa hoặc KJ/cm²/mùa. Ngoài ra, các nhà lâm học thường quan tâm đến bức xạ có hoạt tính quang hợp trong khoảng bước sóng từ 0,40-0,75μm, bởi vì các tia hồng ngoại với bước sóng lớn hơn 0,75μm (chiếm 45-70% tổng xạ) đều bị lá cây phản chiếu trở lại không gian và không dùng vào quang hợp.

Hình 6.1 mô tả cân bằng năng lượng và bức xạ ở rừng. Bức xạ trực tiếp đạt tới mặt đất rừng (B) biểu thị bằng Hàm 6.5; trong đó Q là tổng xạ hay bức xạ mặt trời đi tới bề mặt đất, r là suất phản xạ (Albedo) trung bình của mặt đất và rừng, I là sự phát xạ của bề mặt đất. Ở rừng Thailand, r = 0,13; ở rừng Amazôn r = 0,12; ở rừng lá kim r = 0,10. Sự phát xạ

của bề mặt đất (I) bao gồm hai phần: I_a = bức xạ nhiệt của bề mặt đất trở lại khí quyển và I_b = bức xạ ngược trở lại từ khí quyển.

$$B \text{ (kcal/cm}^2\text{/mùa)} = Q(1-r) - I \text{ (6.5)}$$

Cân bằng bức xạ sóng dài (I) là lượng nhiệt mất đi. Cân bằng bức xạ sóng ngắn (Q) là năng lượng thu nhận và được biểu diễn bằng [Hàm 6.6](#); trong đó Q_d là bức xạ trực tiếp từ mặt trời, Q_h là tán xạ của bầu trời, Q_r là phản xạ sóng ngắn. Tổng xạ (B) thay đổi rõ rệt theo độ vĩ, nghĩa là nó nhận trị số khác nhau tùy theo vị trí địa lý trên trái đất.

$$Q = Q_d + Q_h - Q_r \text{ (6.6)}$$

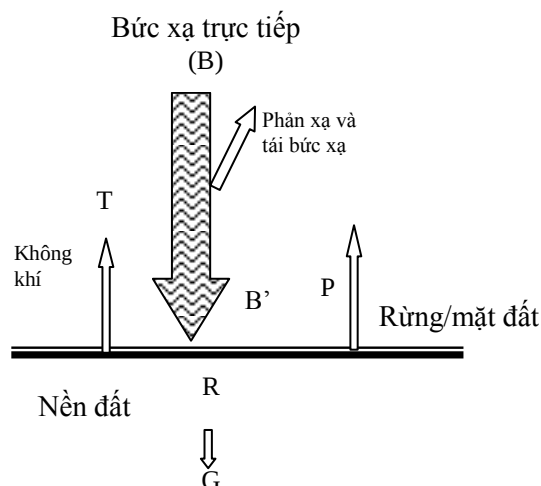
Bức xạ thuần (B') đạt đến mặt đất bằng tổng xạ (Q) trừ đi bức xạ phản xạ và tái bức xạ. Pinker và Thompson (1980; Dẫn theo Kimmins, 1998) đã ước lượng B' đạt đến đất rừng nhiệt đới của 5 tháng liên tiếp. Họ nhận thấy giá trị $(1-r)$ và I thường không thay đổi; trong đó $r = 0,12$ và $I = 54$. Từ đó họ xác định B' đạt đến mặt đất rừng theo công thức: $B' \text{ (W/m}^2\text{)} = 0,88Q - 54$. Theo nghiên cứu của Shuttleworth (1984; Dẫn theo Kimmins, 1998), $r = 0,14$ và $I = 35$. Do đó $B' \text{ (W/m}^2\text{)} = 0,86Q - 35$.

Cường độ bức xạ được đo bằng đơn vị $\text{W/m}^2 = \text{J/m}^2\text{/giây}$. Vì thế, khi tính bức xạ thuần (B') được rừng hấp thu trong một ngày phải nhân số giây giữa lúc mặt trời mọc và lặn. Ví dụ: Tại một khu vực, mặt trời chiếu sáng 12 giờ/ngày và $Q = 18$ triệu J/m^2 . Nếu tính theo công thức của Pinker và Thompson (1980), thì $B' = (0,88 \times 18 \times 10^6) - (54 \times 12 \times 3.600) = 13,51$ triệu J/ha . Nếu tính theo công thức của Shuttleworth (1984, thì $B' = (0,86 \times 18 \times 10^6) - (35 \times 12 \times 3.600) = 13,97$ triệu J/ha . Giá trị B' trung bình theo 2 cách tính này là 13,7 triệu J/ha .

Phần lớn bức xạ mặt trời đạt đến đất rừng được dùng để đốt nóng không khí, đất và làm bốc hơi nước, còn một phần được thảm thực vật chuyển thành sinh khối thông qua quang hợp. Trong lâm nghiệp, đơn vị diện tích mặt đất là 1ha. Vì thế, Q cũng cần đổi ra lượng bức xạ nhận được trên 1ha rừng trong thời gian nào đó (năm, mùa sinh trưởng). Ví dụ: Nếu địa điểm M trên trái đất tiếp nhận bức xạ $Q = 0,7 \text{ kcal/cm}^2\text{/ngày}$, thì trị số $Q/\text{ha} = 0,7 \times 10^8 \text{ kcal/ha/ngày}$.

Bức xạ thuần được rừng hấp thu hay phần tiêu hao của cân bằng nhiệt ở rừng ($B' = Q - B$) được mô tả bằng [Hàm 6.7](#). Ở [Hàm 6.7](#), R là lượng nhiệt dùng vào quang hợp của thực vật hay dự trữ nhiệt của thảm thực vật. Giá trị $T = T_1 + T_2 + T_3$ là tiềm nhiệt bốc hơi; trong đó T_1 là lượng nhiệt dùng cho thoát hơi nước của rừng, T_2 là lượng nhiệt để làm bốc hơi nước do tán rừng giữ lại, T_3 là lượng nhiệt để làm bốc hơi nước từ đất và thảm cỏ dưới tán rừng. Giá trị $P+G$ là hiện nhiệt; trong đó P là nhiệt trao đổi giữa rừng với không khí xung quanh, G là nhiệt truyền dẫn vào đất. Ba trị số $(T_1 + T_2 + T_3)$ được xác định bằng thực nghiệm. Lượng hơi nước do cây rừng thoát ra được tính thông qua lượng tăng trưởng thực vật khối.

$$B' \text{ (kcal/cm}^2\text{/mùa hoặc năm)} = R + T + P + G \text{ (6.7)}$$



Hình 6.1. Sơ đồ cân bằng bức xạ ở rừng.

- B = Bức xạ trực tiếp đạt đến đất rừng.
- B' = Bức xạ thuần được cây hấp thu.
- R = Dự trữ nhiệt của thảm thực vật.
- P = Nhiệt trao đổi giữa rừng với không khí.
- G = Nhiệt truyền dẫn vào đất.
- T = Tiềm nhiệt bốc hơi nước.

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng hay hiệu suất quang hợp (mức thu năng lượng) và hiệu suất sử dụng năng lượng của rừng được tính theo **công thức 6.8 và 6.9**. Ở **công thức 6.8 và 6.9**, i = tỷ suất hút năng lượng; t = nhiệt đốt 1g chất khô; ΔM là lượng tăng trưởng thực vật khối ở trạng thái khô tuyệt đối (g/m^2); Q là lượng bức xạ mặt trời ($\text{cal/cm}^2/\text{ngày}$) đi tới bề mặt đất. Tỷ lệ bức xạ sinh lý trung bình giữa những ngày nắng và ngày mưa là 50% so với tổng xạ. Vì thế, tỷ suất hút năng lượng của thảm thực vật $i = 0,5$.

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng (K):

$$K = \frac{t \times \Delta M}{\sum i \times Q} \quad (6.8)$$

Hiệu suất sử dụng năng lượng (K^+):

$$K^+ = \frac{t \times \Delta M}{\sum Q} \quad (6.9)$$

Khả năng tỏa nhiệt của thực vật khối khô tuyệt đối thay đổi tùy theo loài cây gỗ; trong đó giá trị trung bình là 5.000 kcal/kg . Theo định luật bảo toàn năng lượng, khả năng tỏa nhiệt của thực vật khối bằng năng lượng bức xạ mặt trời được thực vật hấp thu trong quá trình quang hợp. Lượng nhiệt dùng vào thoát hơi nước của thực vật và bốc hơi nước vật lý từ đất và tán cây được tính theo định luật nhiệt hóa hơi. Dưới đây dẫn ví dụ tính toán cân bằng nhiệt ở rừng.

Giả thiết chúng ta nhận được các thông số trong mùa sinh trưởng của một quần thụ như dưới đây:

1. Lượng tăng trưởng sinh khối khô tuyệt đối là 6 tấn/ha.
2. Lượng nước mà quần thụ này thoát ra không khí là 290 mm/ha hay $2.900 \text{ m}^3/\text{ha} = 2.900$ tấn/ha.
3. Bốc hơi nước từ tán quần thụ là 95 mm/ha hay $950 \text{ m}^3 = 950$ tấn/ha.
4. Bốc hơi nước dưới tán quần thụ là 30 mm/ha hay $300 \text{ m}^3 = 300$ tấn.
5. Lượng mưa trong mùa sinh trưởng là 500 mm , cả năm là 650 mm .
6. Lượng bức xạ đạt đến mặt đất trong mùa sinh trưởng là $B = 27 \text{ kcal/cm}^2$.

Từ những dẫn liệu trên đây, chúng ta tính được:

- Trong mùa sinh trưởng, rừng đã nhận được tổng số năng lượng nhiệt: $Q = B \times 10^8 = 27 \times 10^8 = 2,7 \times 10^9 \text{ kcal/ha}$.
- Lượng nhiệt mà rừng hấp thụ để tạo ra 6 tấn thực vật khối: $A_1 = T \times \Delta M = 5.000 \times 6.000 = 3,0 \times 10^7 \text{ kcal/ha}$.
- Hiệu suất sử dụng năng lượng của rừng là $K^+ = \frac{A_1}{Q} = \frac{3 \times 10^7}{2,7 \times 10^9} \times 100 = 1,11\%$. Nếu chỉ tính phần bức xạ có hoạt tính quang hợp, thì hiệu suất chuyển đổi năng lượng là $K = (T \times \Delta M) / (\sum i \times Q) = (3,7 \times 10^7) / (0,5 \times 2,7 \times 10^9) = 2,2\%$. Rừng sinh trưởng kém chỉ đạt hiệu suất chuyển đổi là 0,8-1,2%.
- Lượng nhiệt tiêu hao cho thoát hơi nước của rừng: $A_2 = (2900 \times 10^3 \times 589) = 1,7 \times 10^9 \text{ kcal/ha}$ hay $A_2\% = (1,7 \times 10^9 / 2,7 \times 10^9) = 63,0\%$. Trong ví dụ này, giá trị 589 là lượng nhiệt cần có để làm bốc hơi hết 1kg nước ở nhiệt độ 15°C .
- Lượng nhiệt làm bốc hơi nước vật lý: $A_3 = 1.250 \times 10^3 \times 589 = 7,36 \times 10^8 \text{ kcal/ha}$ hay $A_3 = (7,36 \times 10^8 / 2,7 \times 10^9) = 27,3\%$.
- Năng lượng hiển nhiệt: $(P + G) = (2,7 \times 10^9) - (3,0 \times 10^7 + 1,7 \times 10^9 + 7,36 \times 10^8) = 0,234 \times 10^9 \text{ kcal/ha}$ hay $(P+G) = (0,234 \times 10^9) / (2,7 \times 10^9) = 8,5\%$.

So với khoảnh chặt trắng và đất trống, rừng có suất phản xạ thấp hơn rất nhiều. Nguyên nhân là vì phần lớn năng lượng bức xạ được rừng hấp thu (B' cao), trong khi đó suất phản xạ của đất trống rất cao (B' thấp). Bởi vì thoát hơi nước của rừng xảy ra rất mạnh, nên phần lớn bức xạ thuần mất đi do thoát hơi nước của thảm thực vật (Ở ví dụ trên

$T = 63\%$), $P + G$ có trị số nhỏ (Ở ví dụ trên $P + G = 8,5\%$). Ngược lại, trên khoảnh chặt trắng, trị số T rất nhỏ, nhưng $P + G$ có trị số rất lớn. Điều ấy xảy ra là vì phần lớn năng lượng hấp thụ làm tăng nhiệt độ đất (G lớn); sau đó quay trở lại không khí thông qua trao đổi nhiệt (P lớn). Ví dụ: Trên đất khô và nghèo, nhiệt truyền dẫn ($P+G$) có thể đạt đến 70% bức xạ thuần.

Rừng tiêu hao nhiệt cho quang hợp, thoát hơi nước và bốc hơi nước tổng số cao hơn nhiều so với đồng ruộng, nhưng nhiệt tiêu hao cho trao đổi hoàn lưu lại thấp hơn. Điều đó gây ra sự thay đổi căn bản chế độ nhiệt ở rừng. Nói chung, nhiệt độ trong rừng vào ngày hè giảm thấp đáng kể so với đất trống. Vào những ngày hè, không khí trong rừng mát hơn so với đồng ruộng và khoảnh đất trống. Ngược lại, không khí trong rừng vào mùa đông nóng hơn so với đồng ruộng và khoảnh đất trống.

Khác với thảm thực vật, các vật thể tự nhiên vô sinh (đá, cát, đất...) tiêu hao nhiệt chủ yếu để đốt nóng vật thể và trao đổi hoàn lưu. Chính vì thế, vào mùa hè chúng ta cảm thấy không khí ở các thành phố và trên vùng đất trống nóng hơn so với không khí trong các đai cây xanh gần đó. Nhiệt độ không khí của các thành phố có thể nâng cao hơn nhiệt độ dưới tán rừng từ $10-12^{\circ}\text{C}$. Từ đó cho thấy, các công viên rừng và các đai cây xanh bao xung quanh thành phố và khu dân cư không chỉ có tác dụng làm giảm chế độ nhiệt, tạo ra không khí trong lành, làm giảm tiếng ồn và bụi, mà còn tạo ra cảnh quan đẹp.

6.2.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến rừng

6.2.4.1. Phương pháp xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến rừng

Ảnh hưởng của nhiệt độ lên quá trình phản ứng tuân theo quy luật Vant - Hoft. Theo quy luật này, khi tăng nhiệt độ lên 10°C , thì tốc độ phản ứng được thể hiện qua hệ số nhiệt Q_{10} . Hệ số nhiệt Q_{10} được tính theo [Hàm 6.10](#); trong đó $(T_2 - T_1)$ là sự chênh lệch nhiệt độ, K_2 và K_1 là tốc độ của phản ứng hoặc tốc độ sinh trưởng của thực vật tương ứng ở nhiệt độ T_2 và T_1 .

$$\ln Q_{10} = \frac{10}{T_2 - T_1} \ln \frac{K_2}{K_1} \quad (6.10)$$

Theo quy luật Vant - Hoft, biên độ nhiệt hữu hiệu là biên độ nhiệt mà tất cả các chức năng của sinh vật đều được đồng bộ hóa. Khi vượt quá biên độ ấy, các giá trị Q_{10} làm cho các đặc tính chuyển hóa khác nhau vượt ra ngoài sự đồng bộ và sinh vật sẽ chết.

Khi nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đối với thực vật, các nhà sinh thái học quan tâm đến một số chỉ tiêu dưới đây.

(1) *Độ dài của thời gian sinh trưởng*. Ở vùng ôn đới có một thời gian dài trong năm bị băng giá với nhiệt độ thấp hơn 5°C , nên cây ngừng sinh trưởng. Vì lý do đó, thời gian cây trồng bắt đầu thực hiện các quá trình sống có ý nghĩa to lớn. Ở nhiệt đới, do cây sinh trưởng quanh năm, nên chỉ tiêu này là kém ý nghĩa.

(2) *Tổng nhiệt độ sinh học*. Đó là tổng nhiệt độ cao hơn giới hạn nhiệt độ nảy mầm của hạt giống hoặc một thời kỳ phát dục nào đó của sinh vật. Nhiệt độ mà từ đó trở lên sinh vật bắt đầu thực hiện các quá trình sống (nảy mầm, sinh trưởng...) được gọi là điểm không sinh học. Tổng nhiệt độ sinh học được tính theo [công thức 6.11](#). Ở [công thức 6.11](#), T_i là nhiệt độ trung bình ngày thứ i , T_0 là điểm không sinh học, n là số ngày cần thiết để hoàn thành một giai đoạn sống nhất định. [Công thức 6.11](#) được sử dụng để tính số ngày hoặc tổng số nhiệt độ cần thiết cho một quá trình sống nào đó (nảy mầm, ra hoa quả, sinh trưởng...). Cách tính này chỉ có ý nghĩa khi các nhân tố sinh thái khác ở mức thích hợp.

$$M = \sum_{i=1}^n (T_i - T_0) \quad (6.11)$$

(3) *Tổng số nhiệt độ*. Do mỗi loài sinh vật chỉ hoàn thành đời sống của mình trong một thời gian nhất định và dưới tác động của nhiều nhân tố khác nhau, nên cách tính tổng nhiệt độ sinh học là không hợp lý. Thay vì thế, người ta đề nghị tính tổng nhiệt độ bình quân ngày trong suốt thời kỳ sinh trưởng của chúng theo [công thức 6.12](#); trong đó T_i là nhiệt độ trung bình ngày thứ i , n là số ngày cần thiết để hoàn thành một giai đoạn sống nhất định.

$$M = \sum_{i=1}^n (T_i) \quad (6.12)$$

Trong đánh giá nguồn lợi khí hậu, chỉ tiêu tổng nhiệt độ giúp cho sinh vật hoàn thành đời sống của mình có ý nghĩa rất lớn. Căn cứ vào nhu cầu nhiệt độ, người ta phân biệt các loài cây thành hai nhóm lớn: thực vật ưa nhiệt cao và thực vật chịu lạnh. Nhóm cây ưa nhiệt cao bao gồm những loài cây đòi hỏi lượng nhiệt lớn. Nhóm cây này thường sống trong những khu vực có nhiệt độ cao và ổn định của vùng nhiệt đới. Ngược lại, nhóm cây chịu lạnh có thể chịu đựng được nhiệt độ thấp trong một thời gian nhất định. Nhóm cây này thường sống ở miền ôn đới và trên núi cao.

Trong nông - lâm nghiệp, để phân tích chính xác ảnh hưởng của nhiệt độ đến sinh vật, người ta thường sử dụng các chỉ tiêu nhiệt độ sau đây: (1) Nhiệt độ trung bình năm; (2) Nhiệt độ tối cao và tối cao trung bình; (3) Nhiệt độ tối thấp và tối thấp trung bình; (4) Biên độ nhiệt độ trung bình của các tháng trong mùa sinh trưởng; (5) Tổng nhiệt độ trong mùa sinh trưởng; (6) Tần số xuất hiện nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp và thời gian kéo dài của các nhiệt độ này.

6.2.4.2. *Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thực vật*

Nhiệt độ không khí thay đổi từ -70°C ở vùng Xibêria đến $+60^{\circ}\text{C}$ ở hoang mạc nhiệt đới. Tuy vậy, các sinh vật hầu như chỉ sống được trong biên độ nhiệt từ -18°C đến $+45^{\circ}\text{C}$, trừ rất ít trường hợp đặc biệt. Những cây ở vùng ôn đới sinh trưởng kém ở nhiệt độ dưới 5°C , sinh trưởng tốt ở nhiệt độ từ $5-27^{\circ}\text{C}$, trên 35°C lại sinh trưởng kém. Ngược lại, những cây ở vùng nhiệt đới sinh trưởng kém ở nhiệt độ dưới 10°C , sinh trưởng tốt nhất trong khoảng $20-30^{\circ}\text{C}$, trên 38°C lại sinh trưởng kém. Các giai đoạn phát triển của thực vật rừng (thời kỳ nảy mầm, sinh sản, sinh trưởng của các cơ quan...) đòi hỏi biên độ nhiệt khác nhau. Chẳng hạn: Nhiệt độ tối thích cho quang hợp của nhiều loài cây gỗ ở miền ôn đới có biên độ từ $10-15^{\circ}\text{C}$; các chồi phát sinh mạnh trong khoảng $10-20^{\circ}\text{C}$. Hạt của cây rừng nhiệt đới nảy mầm tốt trong biên độ nhiệt độ từ $15-30^{\circ}\text{C}$. Trong các biên độ ấy, nếu nhiệt độ tăng, thì tốc độ của các hoạt động sống của thực vật cũng tăng theo quy luật Vant - Hoft.

Rừng mưa nhiệt đới phân bố trên một phạm vi không gian rất rộng; do đó chúng phải chịu một biên độ nhiệt khá cao. Nhiệt độ hàng năm là một hàm số của độ vĩ và độ cao. Từ xích đạo đến độ vĩ 15° , thực vật bị biến đổi không lớn ở những nơi có địa hình thấp. Nhưng từ độ vĩ 15° đến cận chí tuyến địa lý ($23^{\circ}, 27^{\circ}$), nhiệt độ giảm dần theo độ vĩ khá rõ rệt tương tự như theo độ cao. Suất giảm nhiệt độ trung bình là $0,55^{\circ}\text{C}$ mỗi khi lên cao một độ vĩ hay thay đổi lên và xuống $75-100\text{m}$ theo độ cao. Tại xích đạo, ở những nơi có địa hình thấp, nhiệt độ trung bình hàng năm là $26,6^{\circ}\text{C}$ và biến động nhỏ theo mùa. Các tháng có nhiệt độ thấp thường có mưa lớn. Nhiệt độ biến đổi theo mùa khá rõ rệt khi đi xa dần xích đạo và xa dần biển. Biến động nhiệt độ trong ngày cũng có xu hướng tăng lên khi đi xa dần biển. Đối với các thảm thực vật rừng mưa nhiệt đới nằm trong giới hạn 10° cách xích đạo, biên độ nhiệt độ ngày đêm khoảng $6-11,0^{\circ}\text{C}$, ban ngày ít khi gặp nhiệt độ cao hơn 38°C và dưới 16°C . Hiện tượng biến động nhiệt khá đều cũng thấy ở miền núi cao. Đến gần chí tuyến và vượt ra ngoài chí tuyến, biến đổi nhiệt độ giữa tháng nóng nhất và lạnh nhất là 11°C . Biên độ nhiệt độ trong ngày ở đây cũng thay đổi ít hơn so với miền xích

đạo, nhưng nhiệt độ cực hạn thì lớn hơn rất nhiều. Tại các điểm độ cao nhỏ gần chí tuyến thỉnh thoảng đã có sương muối xuất hiện, nhưng hiện tượng này xảy ra nhiều hơn khi lên các vĩ độ cao và địa hình cao.

Nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp gây thương tổn đến các chức năng và giới hạn sự phân bố của thảm thực vật tùy thuộc vào cường độ, thời gian và chu kỳ lặp lại của chúng. Các quá trình sống khác nhau của thực vật có sự thích ứng không giống nhau với nhiệt độ cực hạn. Khi gặp nhiệt độ cực hạn, trước hết nguyên sinh chất trong lá ngừng hoạt động, tiếp đến giảm quang hợp và hô hấp. Khi gặp nhiệt độ cao, tốc độ chuyển hóa và hô hấp tăng lên nhanh theo quy luật Vant - Hof. Ở nhiệt độ trên 50°C , màng tế bào bị thương tổn; cấu trúc phân tử của các protein và một số enzym bị biến tính; quá trình thoát hơi nước mạnh dẫn đến mất cân bằng nước. Nhiệt độ đất và không khí cao làm bong vỏ và cổ rễ cây non. Nhiệt độ đất và không khí thấp dẫn đến hình thành nước đá và đóng băng trong gian bào...Kết quả gây ra cái chết cho nhiều loài cây.

Tính chống chịu nhiệt độ là khả năng của cơ thể chịu đựng được nhiệt độ cao hay nhiệt độ thấp. Tính chống chịu nhiệt độ ở thực vật dựa vào khả năng biến đổi ngoại hình và cấu trúc của chất nguyên sinh và hiệu quả của các biện pháp làm chậm hay ngăn chặn sự gia tăng thương tổn. Những cách thức cho phép thực vật tránh các thương tổn khi gặp nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp bao gồm sự cách ly khỏi nhiệt độ cực hạn (cao và thấp) và tăng tính chống chịu của chất nguyên sinh. Sự cách ly có thể được thực hiện bằng cách thay đổi hình thái và vị trí phân bố. Tăng tính chống chịu bằng cách rút nước khi bị đóng băng và biến tính do nhiệt.

Thực vật thích nghi với nhiệt độ cao bằng cách thay đổi về hình thái. Chẳng hạn: Sự thay đổi về cách định hướng lá và hướng lá (góc nhận ánh sáng); Thay đổi về kích thước lá và phân bố hệ rễ và độ dày vỏ...Để thích nghi với nhiệt độ cao, thực vật hình thành lá mỏng được bao bọc bởi lớp cutin dày để làm tăng albedo và giảm sự vận động của lá, hoặc hướng lá về phía bóng râm, hoặc định hướng lá sao cho hợp thành một góc nhỏ với tia sáng mặt trời chiếu tới. Nhiều thực vật có lớp vỏ dày để ngăn chặn tác động của lửa lên tượng tầng nằm dưới vỏ. Để hạn chế tác động của nhiệt độ cao và sự thiếu hụt nước, các loài cây mọc ở sa mạc đã phát triển mạnh hệ rễ và hạn chế sự phát triển của phần trên mặt đất.

Nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp thường chỉ giới hạn vào một số thời gian trong năm và biến đổi có tính chu kỳ. Để tránh các tác động của những nhân tố bất lợi vào những thời gian nhất định, thực vật hình thành nhiều tập tính khác nhau. Ở những khu vực có sự thay đổi khí hậu theo mùa, nhiều loài cây có tập tính thay lá vào mùa đông và mùa khô, hoặc loại bỏ phần thân và chỉ sống tiềm ẩn bằng củ hoặc bằng thân ngầm dưới đất. Một số loài khác hình thành cơ quan sinh dưỡng và sinh sản vào thời kỳ thời tiết thuận lợi, ngừng các hoạt động vào lúc thời tiết bất lợi. Nhiều loài cây giữ lại hạt lâu dài trong lớp vỏ quả và chỉ phát tán hạt khi có các nhân tố bên ngoài thuận lợi. Sự thích nghi với giá lạnh cũng rất đa dạng. Một số loài cây chống lạnh bằng cách hình thành bao chồi để bảo vệ chồi non và hoa. Những loài cây đòi hỏi nhiệt độ thấp phân bố trên các núi cao hoặc mọc sâu trong tán rừng hoặc sống trong các thung lũng kín gió.

Để chống chịu và thích nghi với nhiệt độ cực hạn, chất nguyên sinh phải chịu đựng được nóng và lạnh. Đặc tính này được quy định bởi đặc điểm di truyền. Một vài loài mọc trên núi cao hay trong vùng lạnh giá có khả năng chịu được sự hình thành nước đá và đóng băng trong mô. Để có được khả năng đó, trước hết chúng phải chuyển vào trạng thái chuẩn bị được huấn luyện. Trong pha huấn luyện, chất nguyên sinh tích lũy nhiều đường và các chất bảo vệ khác, tế bào giảm nước, không bào trung tâm phân chia thành nhiều không bào nhỏ. Sau giai đoạn này, khi gặp nhiệt độ thấp, cấu trúc và các enzym của chất nguyên sinh

được cấu tạo sao cho có thể chịu được sự mất nước và sự hình thành nước đá. Tính chịu nóng của thực vật cũng có liên quan với sự thích nghi của chất nguyên sinh dựa trên những biến đổi về hình thái và cấu trúc của protein. Để chống nóng, chúng cũng phải có thời gian chuẩn bị trước khi gặp nhiệt độ cao. Tăng cường thoát hơi nước nhằm làm giảm nhiệt độ của cơ thể vào lúc nhiệt độ cao là một cách để thực vật chống lại tác động của nhiệt độ cao.

6.2.5. Ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ đất và không khí

Rừng ảnh hưởng đến chế độ nhiệt của không khí và đất thông qua một số quá trình sau đây: (1) Ngăn cản bức xạ trực tiếp của mặt trời chiếu đến mặt đất và bức xạ nhiệt từ mặt đất phát ra; (2) Hấp thụ và phản xạ bức xạ qua hệ thống tán lá; (3) Thoát hơi nước qua hệ thống lá; (4) Tích tụ và thu nước từ các lớp đất sâu...

Những ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ đất và không khí biểu hiện rất đa dạng. Trước hết, rừng làm giảm biên độ biến động nhiệt độ ngày đêm và cả năm. Vai trò lớn nhất của rừng là làm dịu biên độ nhiệt ngày đêm của không khí và đất vào mùa hè. Thật vậy, vào lúc giữa trưa hè, nhiệt độ ngoài đất trống có thể cao hơn nhiệt độ trong rừng từ 5-10⁰C. Về ban đêm, ngược lại, do rừng có khả năng bảo vệ mặt đất khỏi sự phát xạ nhiệt, nên không khí trong rừng ấm hơn so với đất trống từ 2-5⁰C. Về mùa đông, chênh lệch nhiệt độ trong rừng và đất trống ít hơn, nhiệt độ trong rừng ấm hơn đất trống từ 2-5⁰C. Cảm giác của chúng ta thấy nóng hơn khi ở trong rừng về mùa đông là vì rừng có khả năng làm giảm tốc độ gió; do đó sự tỏa nhiệt từ cơ thể con người yếu đi. Rừng ảnh hưởng rõ nhất đến nhiệt độ đất vào lúc trưa hè. Nhiệt độ bề mặt đất ở nơi trống có thể đạt 60⁰C, trong khi đó nhiệt độ bề mặt đất rừng là 25-30⁰C.

Ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ không khí có thể bao trùm lên một khoảng cách nhất định so với bìa rừng. Các nghiên cứu xác nhận khoảng cách bị ảnh hưởng bởi rừng có thể lan rộng đến giới hạn 50-100m so với bìa rừng. Sự thay đổi nhiệt độ không khí trong rừng phụ thuộc vào kiểu rừng, kết cấu loài cây gỗ, tuổi và kết cấu tán rừng. Ví dụ: Rừng hỗn giao ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất lớn hơn so với rừng thuần loài. Rừng lá rộng ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất lớn hơn so với rừng lá kim. Rừng nhiều tầng ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất rõ hơn so với rừng một tầng.

6.2.6. Vai trò của nhiệt độ đối với phân bố của thực vật

Vì nhiệt độ thay đổi theo độ vĩ và độ cao so với mặt biển, nên nó là nhân tố sinh thái ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự phân bố về địa lý của thực vật. Mặc dù sự chọn lọc tự nhiên và sự thích nghi tự nhiên làm thay đổi mối quan hệ của các quần thể thực vật với nhiệt độ, nhưng quần thể sinh vật vẫn có một giới hạn nhất định đối với khả năng thích nghi về di truyền và hình thái. Sự cạnh tranh giữa các loài thực vật thích nghi với chế độ nhiệt khác nhau cũng là một nhân tố ngăn cản những thay đổi về sự thích nghi của chúng với nhiệt độ. Trong tự nhiên, điều kiện nhiệt độ có thể giới hạn sự phân bố của các QXTV theo một số con đường khác nhau. Dưới đây chúng ta xem xét một số ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự phân bố về địa lý của các QXTV.

6.2.6.1. Các giới hạn của vùng cực và độ vĩ cao

Điều kiện nhiệt độ thấp về mùa đông ở các độ vĩ cao từ 66⁰ trở lên có thể hạn chế sự chuyển hóa của các mô chịu lạnh, làm giảm khả năng cung cấp thức ăn và nước, gây ra

những thương tổn cơ giới. Những ảnh hưởng trực tiếp của nhiệt độ thấp về mùa đông đối với sinh vật có thể ấn định sự phân bố của các loài theo độ vĩ và độ cao, nhưng điều đó thường kém quan trọng hơn ảnh hưởng gián tiếp của nhiệt độ thông qua làm thay đổi đất hay hình thành sương giá. Nhiệt độ thấp đến sớm hơn hay muộn hơn về mùa xuân có ảnh hưởng rất lớn đến thực vật. Chẳng hạn: Nhiệt độ thấp có thể giới hạn sự ra hoa hoặc tiêu diệt các hạt giống và cây non của các loài cây. Nhiệt độ thấp về mùa đông cũng đưa đến sự giới hạn phân bố của loài theo các cực đông và tây, theo hướng bắc và nam của lục địa so với biển. Phân bố của những động vật di cư thay đổi trong năm. Chẳng hạn: Mùa hè nhiều động vật di cư về vùng cực, còn mùa đông chúng di cư về vùng xích đạo. Nơi có một mùa hè ngắn và lạnh, tổng quang hợp thấp làm giảm sản lượng thuần. Tổng nhiệt độ về mùa hè lớn hơn là điều kiện cần thiết để hình thành hạt giống. Những giới hạn của độ vĩ và độ cao ảnh hưởng đến tái sinh lớn hơn so với tăng trưởng của loài.

6.2.6.2. Các giới hạn của độ cao và độ vĩ thấp

(a) *Nhiệt độ cao về mùa hè.* Ở những nơi có nhiệt độ cao về mùa hè, nhiệt độ có thể tác động đến thực vật thông qua làm biến đổi các quá trình chuyển hóa, gây ra tử vong, làm mất mát nước, làm giảm khả năng cung cấp thức ăn và nước. Những loài cây có sự cân bằng giữa quang hợp/hô hấp có thể bị hạn chế di chuyển đến các độ cao thấp hoặc độ vĩ thấp, bởi vì sự hô hấp về ban đêm lớn hơn quang hợp về ban ngày. Những nhân tố đó tạo ra ranh giới phân bố của thảm thực vật thuộc miền xích đạo và các độ vĩ thấp.

(b) *Những nơi thiếu một thời kỳ lạnh về mùa đông.* Thời gian và cường độ không thích hợp của nhiệt độ thấp là những nhân tố giới hạn sự thay đổi theo độ vĩ và độ cao của các loài cây đòi hỏi nhiệt độ thấp để nghỉ hoặc tích lũy năng lượng cho sinh sản. Nhiều loài cây lá kim và cây ăn quả mọc trên núi cao hoặc độ vĩ cao không thể sống bình thường ở những vùng thiếu một mùa đông lạnh. Các loài thực vật và động vật cũng có những thay đổi tùy theo nhiệt độ. Một số loài sống ở vùng có nhiệt độ thấp, còn một số loài khác đòi hỏi nhiệt độ mùa hè cao.

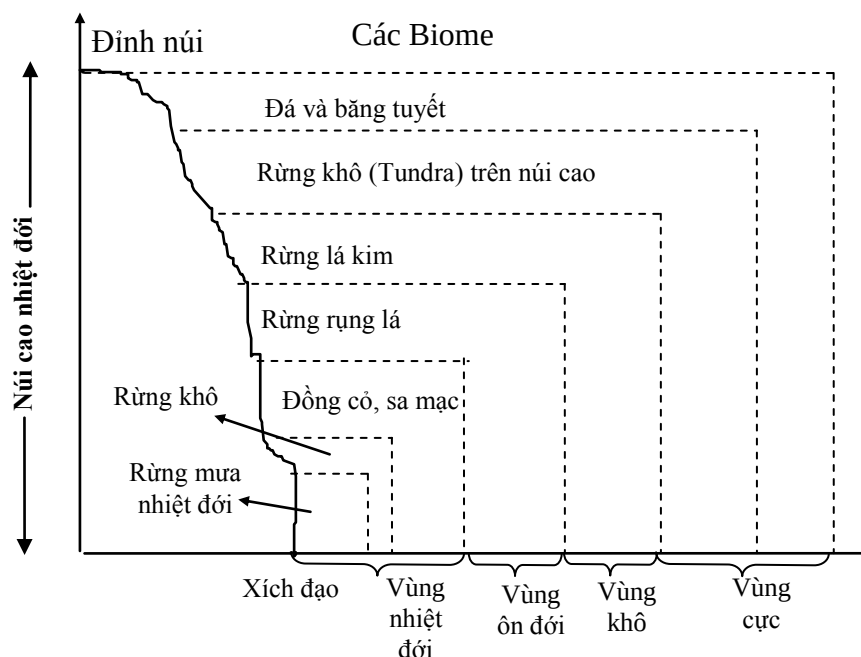
Những biến đổi của nhiệt độ không chỉ ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài cây, mà còn đến biến động về không gian của lớp phủ thực vật. Ở những nơi có điều kiện nhiệt độ giống nhau, thảm thực vật có hình thái và cấu trúc tương đồng với nhau. Nếu dùng một lát cắt theo độ vĩ từ xích đạo đến hai cực của trái đất, chúng ta nhận được biên độ nhiệt độ và những kiểu thảm thực vật cũng tương đồng với biên độ nhiệt độ và các kiểu thảm thực vật phân bố theo độ cao trên các núi cao nhiệt đới (Hình 6.2).

Từ xích đạo hướng về vùng cực trái đất và từ địa hình thấp chuyển dần lên địa hình cao của các núi cao nhiệt đới, rừng mưa nhiệt đới thường xanh xuất hiện dọc theo các bờ biển của vùng xích đạo chuyển dần sang rừng lá rộng nửa rụng lá và rừng rụng lá. Theo các hướng đó, chúng ta cũng lần lượt tìm thấy rừng khô, đồng cỏ và ở một số nơi có cả sa mạc, rồi đến rừng lá kim thường xanh và rừng khô (Tundra), cuối cùng là đá trụi hoặc vùng băng tuyết vĩnh cửu. Ở Bắc Mỹ, Tundra trên núi cao được gọi là Paramo. Sa mạc và thảm thực vật thân thảo có thể xuất hiện khi có sự tương tác giữa nhiệt độ cao với độ ẩm thấp và giữa lửa với động vật ăn cỏ.

6.2.7. Ý nghĩa của nhiệt độ trong lâm học

Nhiệt độ là một nhân tố sinh thái được các nhà lâm học quan tâm, bởi vì nó là một trong những nhân tố cơ bản ấn định các phương thức lâm sinh. Dưới đây chúng ta xem xét một số vai trò cơ bản của nhiệt độ trong lâm học.

(1) Nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp gây thương tổn các chồi non và tượng tầng có thể trực tiếp giết chết cây gỗ hoặc tạo ra cơ hội cho sự xâm nhập của sinh vật gây bệnh. Sự giảm thấp nhiệt độ một cách nhanh chóng có thể làm rạn nứt thân cây. Kết quả làm giảm giá trị gỗ hoặc tạo ra con đường cho sinh vật gây bệnh xâm nhập vào phần gỗ. Nhiệt độ thay đổi nhanh cũng ảnh hưởng đến hệ rễ cây, nhất là rễ của những cây non vừa bị phơi ra đất trống sau khi khai thác trắng. Vì thế, những biện pháp lâm sinh có ý nghĩa phòng chống nhiệt độ cực hạn là những biện pháp cần thiết. Ví dụ: Để làm giảm ảnh hưởng của nhiệt độ cao và thấp đối với cây non, nhà lâm học sử dụng khai thác chọn với cường độ thấp; Sử dụng biện pháp che phủ gốc cây non mới trồng bằng vật liệu cỏ khô.



Hình 6.2. Các kiểu thảm thực vật phân bố theo độ cao và độ vĩ phân ánh các biên độ nhiệt độ và độ ẩm của không khí.

(2) Nhiệt độ lạnh vào mùa đông và nhiệt độ nóng vào mùa hè làm cho đất mất nước và trở nên khô. Kết quả có thể gây hại cho thực vật do hiện tượng thiếu hụt nước. Thời tiết nóng về mùa hè có thể dẫn đến cái chết cho hàng loạt cây non, thậm chí ngay cả ở nơi đất ẩm, bởi vì cây con chưa đủ thời gian hình thành hệ rễ mới. Để đảm bảo đủ nước cho cây non vào những thời kỳ nắng nóng, nhà lâm học cần phải sử dụng những biện pháp ngăn cản sự bốc hơi nước từ đất. Ví dụ: Sử dụng biện pháp che phủ gốc cây non mới trồng bằng vật liệu cỏ khô; phá váng để cắt đứt con đường dẫn truyền nước từ dưới lên...

(3) Nhiệt độ cực hạn phối hợp với các nhân tố sinh thái khác (lửa, độ ẩm thấp) ảnh hưởng rất lớn đến cây gỗ. Nhiều cây gỗ sinh sản vào mùa xuân - hè, hạt giống có thể chín vào mùa đông. Quá trình này được điều chỉnh bởi tổ hợp hai nhân tố là nhiệt độ thấp và thời gian quang hợp ngắn. Những loài cây sống ở những vùng khí hậu khác nhau có lịch môi trường khác nhau. Nếu chuyển chúng đến vùng khí hậu khác, thì các hạt của chúng có thể gặp nguy hiểm, bởi vì độ cứng rắn của hạt chưa phù hợp.

(4) Những cây non sinh trưởng trong vườn ươm thuộc các độ vĩ thấp và độ cao thấp có thể gặp giá lạnh khi chúng được đưa đến các độ vĩ cao hoặc trên núi cao. Điều đó xảy ra là vì chúng chưa được huấn luyện để thích ứng với môi trường mới. Vì thế, trước

lúc đưa cây con từ vườn ươm đến môi trường mới, nhà lâm học cần phải huấn luyện cho chúng quen với môi trường mới trong một khoảng thời gian thích hợp.

(5) *Trồng những loài cây trên những khoảnh đất trống rộng hoặc trên hướng phơi có sự biến đổi lớn về nhiệt độ thường làm cho cây non bị chết hàng loạt.* Nguyên nhân của tình trạng này là do nhiệt độ thay đổi cùng với gió lớn làm cho cây thoát nhiều nước, nên cân bằng nước trong cây bị phá vỡ. Vì thế, khi trồng rừng trên những lập địa này, nhà lâm học phải tìm kiếm biện pháp giữ cân bằng nước cho cây non.

(6) *Nhiệt độ bên trong rừng mưa biến đổi khá rõ rệt theo độ cao của tán rừng.* Biên độ nhiệt ở tầng trên biến động nhiều hơn so với tầng thấp. Trong một số trường hợp có thể thấy nhiệt độ cực hạn xảy ra ngay trong tầng thấp của rừng mưa á nhiệt đới và ôn đới. Kết quả làm cho nhiều cây tái sinh bị chết. Điều đó có thể dẫn đến diễn thế cường chế. Ở rừng mưa miền núi và á nhiệt đới, khai thác trắng theo đám nhỏ có thể dẫn đến hình thành các hồ nhiệt độ thấp. Kết quả gây hại cho cây con trong khoảnh khai thác và trong các lỗ trống. Do đó, trong khi thực hiện các biện pháp lâm sinh, nhà lâm học phải lưu ý đến những đặc điểm này.

(7) *Sự kém phong phú của hệ thực vật ở các vùng thuộc vĩ độ cao và núi cao là một hệ quả của nhiệt độ thấp.* Nhiệt độ cao hoặc nhiệt độ thấp ảnh hưởng đến quá trình diễn thế của các thảm thực vật. Ở những nơi thường xuyên bị cháy, nhiệt độ cao là nhân tố kiểm soát thành phần loài cây và tiến trình diễn thế của thảm thực vật. Vì thế, muốn đẩy nhanh quá trình diễn thế rừng ở những nơi thường xuyên có lửa, nhà lâm học phải tìm cách hạn chế sự phát sinh lửa.

(8) *Chế độ nhiệt không phải là nhân tố hạn chế sự phân bố của rừng mưa nhiệt đới, trừ những nơi có mùa đông khắc nghiệt.* Sự biến mất của rừng mưa nhiệt đới ở những nơi này là hệ quả của đất bị phơi trống. Nhưng nhiệt độ có ý nghĩa định đoạt sự phân bố của thực vật bên trong rừng mưa nhiệt đới. Nó là nhân tố chủ đạo định đoạt sự phân bố tương đối giữa các quần hệ rừng mưa nhiệt đới và ôn đới.

(9) *Tiểu khí hậu, đặc biệt là tiểu khí hậu hình thành trong các lỗ trống của tán rừng, có ý nghĩa lớn đối với lâm nghiệp.* Những tiểu lập địa có thể chỉ cách nhau vài chục mét, nhưng giữa chúng có những sai khác rất lớn về nhiệt độ, độ ẩm, độ dốc, tính chất vật lý và hóa học của đất. Những hồ lạnh có thể ngăn cản tái sinh rừng trên các vi lập địa. Vì thế, tiểu khí hậu có ý nghĩa trong việc xác định các biện pháp lâm sinh.

(10) *Nhiệt độ là nhân tố đóng vai trò chủ yếu trong việc ấn định khả năng cung cấp chất khoáng, quá trình phân giải chất hữu cơ, quá trình thoát hơi nước của thực vật và bốc hơi nước từ đất.* Vì thế, các biện pháp điều chỉnh chế độ nhiệt thích hợp để đảm bảo cho khả năng cung cấp chất khoáng và làm tăng tốc độ phân giải chất hữu cơ dưới tán rừng là có ý nghĩa lớn.

(11) *Sau khi khai thác trắng, bức xạ mặt trời đến mặt đất tăng lên nhanh, sau đó phần lớn nhiệt dẫn truyền vào đất và không khí.* Điều đó làm thay đổi cân bằng bức xạ trên khoảnh chặt trắng. Kết quả làm tăng nhiệt độ không khí và đất vào ban ngày của mùa hè, còn nhiệt độ vào ban đêm giảm đi (do phát xạ từ đất) so với khoảnh rừng kế bên. So với nhiệt độ ở nơi có rừng, khi bề rộng khoảnh chặt trắng càng lớn, thì sự thay đổi nhiệt độ càng lớn (Bảng 6.4). Vì thế, khi khai thác trắng, nhà lâm học cần phải xác định bề rộng khoảnh chặt một cách thích hợp.

(12) *Giảm độ che phủ của rừng thông qua chặt trắng còn làm tăng khoảng cách phát tán của hạt giống trên khoảnh chặt trắng.* Ngoài ra, những hạt giống phát tán càng xa bìa rừng, thì thời gian chúng bị phơi ra ánh sáng càng lớn. Điều đó ảnh hưởng lớn đến chu trình dinh dưỡng, chu trình nước, chế độ thủy văn và nhiều quá trình khác. Đến lượt mình, những quá trình này lại ảnh hưởng đến tái sinh và sinh trưởng của rừng. Trong vùng nhiệt

đới, khai thác trắng làm thay đổi rất lớn cân bằng bức xạ và cân bằng nhiệt mặt đất, gây ra xói mòn đất, làm mất mát nhiều đạm của hệ sinh thái, đất nhanh chóng trở nên nghèo kiệt. Vì thế, việc áp dụng phương thức chặt trắng ở rừng nhiệt đới phải được cân nhắc thật kỹ những hậu quả của nó.

Bảng 6.4. Ảnh hưởng của kích thước khoảnh chặt trắng đến một số tham số khí tượng. Nguồn: Geiger, 1965; Dẫn theo Kimmins, 1998)

Tham số tiểu khí hậu	Kích thước khoảnh chặt trắng, m:					
	0	12	22	38	47	87
1. Góc trung bình được bảo vệ, độ	90	72	59	48	40	26
2. Bức xạ mặt đất (% so với đất trống)	0	11	31	52	66	87
3. Lượng mưa (% so với đất trống)	-	87	-	105	-	102
4. Nhiệt độ tháng 7 vào giữa trưa cao hơn so với rừng, °C	0	0.7	2.0	5.2	5.4	4.1

(13) Độ cao, độ dốc, hướng dốc, vĩ độ và kinh độ khác nhau đều ảnh hưởng đến sự biến đổi chế độ nhiệt của rừng sau khi khai thác, đặc biệt là khai thác trắng. Tiềm năng nhiệt và bức xạ từ mặt đất cũng có ý nghĩa hết sức quan trọng. Vì vật rừng có màu tối, sức chứa nhiệt thấp, sự dẫn nhiệt và truyền nhiệt thấp, albedo thấp, nên nhiệt độ của chúng rất cao về ban ngày. Ngược lại, những vật rừng màu sáng có albedo cao, khả năng chứa nhiệt cao, truyền nhiệt nhanh, nên nhiệt độ bề mặt của chúng có trị số thấp. Bức xạ nhiệt của sản phẩm rừng chưa bị xáo trộn và khô thường rất nhỏ; do đó nhiệt độ sản phẩm rừng có trị số khá cao. Kết quả có thể làm tử vong cây mầm. Chính vì thế, tùy theo tình hình cụ thể, nhà lâm học cần phải xử lý vật rừng một cách thích hợp.

6.2.8. Tóm tắt vai trò sinh thái của nhiệt độ

Nhiệt độ là một trong những nhân tố sinh thái có ý nghĩa quyết định khả năng cung cấp và hiệu quả sinh thái của nước. Nhiệt độ ảnh hưởng đến khả năng cung cấp chất khoáng cho thực vật, thức ăn cho sinh vật dị dưỡng, chu trình khoáng, chu trình nước và nhiều quá trình khác diễn ra trong các hệ sinh thái rừng. Nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến sự phân bố địa lý của các thảm thực vật và hệ động vật. Nhiệt độ đóng vai trò chủ yếu trong việc ấn định hình thái, đặc tính sinh lý và tập tính của sinh vật. Để thích nghi với sự thay đổi đa dạng của nhiệt độ, thực vật và động vật phải có sự biến đổi về sinh lý, hình thái và tập tính của chúng. Tuy vậy, mỗi sinh vật có giới hạn nhiệt độ nhất định. Nhận thức vai trò quan trọng của nhiệt độ, nhà lâm học có thể thay đổi tiểu khí hậu một cách có ý nghĩa trong một vùng đại khí hậu bằng cách xử lý thảm thực vật rừng và môi trường.

6.3. Vai trò sinh thái của nước

6.3.1. Mở đầu

Sự sống của các sinh vật bắt đầu từ môi trường nước. Sự di trú của chúng lên cạn chỉ khoảng một triệu năm. Các sinh vật chứa trong các tế bào, các mô và các bộ phận khác từ 60-80% nước. Quả của một số loài cây chứa đến 92-95% nước. Mọi hoạt động trao đổi chất của sinh vật và khả năng cung cấp chất dinh dưỡng của đất cho thực vật đều cần có nước. Vì thế, nước là nhân tố sinh thái đóng vai trò to lớn đối với đời sống của thực vật.

Mục 6.3 xem xét ảnh hưởng của nước đến đời sống của rừng, sự thích nghi của thực vật với nước, nhu cầu nước của cây, cân bằng nước của rừng và cuối cùng là ý nghĩa của nước trong lâm học.

6.3.2. Nhu cầu nước của con người và các sinh vật

Nguồn nước trên trái đất hết sức to lớn, nhưng khoảng 90-98% trữ lượng nước bị nhiễm mặn phân bố trong các biển và đại dương. Nguồn nước ngọt dùng được trong các sông, hồ và đất chỉ khoảng 1 triệu km³ hay 0,066% so với tổng trữ lượng nước trên trái đất. Nhiều quốc gia trên thế giới đang có nguy cơ không đủ nước dùng cho sinh hoạt, hoạt động công - nông nghiệp và kinh doanh rừng. Khối lượng nước ngọt trung bình cần cho sinh hoạt của một người dân trên toàn thế giới là 60-220 m³/năm. Hiện nay loài người đang có nguy cơ lâm vào tình trạng thiếu nước ngọt cho sinh hoạt và trồng trọt. Nhu cầu nước ngọt cho sản xuất của con người và đời sống của thực vật cũng hết sức to lớn (**Bảng 6.5**).

Bảng 6.5. Nhu cầu nước ngọt trong sản xuất và đời sống của thực vật.

Sản xuất 1 tấn sản phẩm khô tuyệt đối	Chi phí nước, tấn
- Sắt	120
- Nhôm	1.500
- Giấy	700-900
- Cao su	1.500
- Sinh khối thực vật	350-500
- Hình thành gỗ thân cây	900-1.100
- Tưới cho 1ha đất với mực nước ngập sâu 20 cm	2.000

Nguồn: Belov (1976)

6.3.3. Một số tính chất của nước

Nước có một số tính chất khác với các vật chất khác:

- (1) Sự nở ra khi làm lạnh dưới 4⁰C và đặc biệt khi nhiệt độ dưới 0⁰C. Tỷ trọng nước đá là 0,916 tấn/m³ ở nhiệt độ 0⁰C. Tỷ trọng nước ở thể lỏng là 1,0 tấn/m³ ở nhiệt độ 4⁰C. Vì thế, nước đóng băng đã nổi trên mặt nước ở thể lỏng.
- (2) Các phân tử nước không phải là các phân tử trung hòa về điện. Mỗi phân tử nước là một lưỡng cực. Tính chất này mang lại nhiều ý nghĩa quan trọng cho sự sống của sinh vật: (1) Sự phân ly nhiều chất khoáng thành các ion trong dung dịch; (2) Do nước rất ổn định về điện môi, nên mối liên kết giữa các ion của một chất trong dung môi bị yếu đi 81 lần; (3) Sự phát sinh áp lực thẩm thấu trong dung môi; (4) Sự xâm nhập của các ion qua màng tế bào; (5) Phản ứng hóa sinh trong môi trường nước tăng lên nhiều lần...
- (3) Nếu tăng nhiệt độ và nồng độ muối trong nước, thì tính hòa tan của các chất khí (O₂, CO₂, N₂ và không khí nói chung) vào nước sẽ giảm đi. Tính chất này rất quan trọng, bởi vì nó đảm bảo đủ oxi cho rễ cây sống trong đất và nước. Ngoài ra, tính dị thường của nước còn là nguyên nhân làm chuyển dịch CO₂ từ các vùng phương bắc xuống phương nam thông qua vòng luân chuyển của nước ở các biển và đại dương.
- (4) Sự nâng cao áp lực lên nước đá và tuyết đã làm giảm sự nóng chảy của chúng. Điều đó cho phép con người và động vật có thể đi lại trên các đối tượng này.
- (5) Sự giảm thấp nhiệt dung riêng (C) của nước khi chuyển sang thể cứng và thể hơi. Đối với nước ở thể lỏng C (kcal/kg) = 1,0; nước đá C = 0,490; nước ở thể hơi C = 0,445.
- (6) Sự bảo toàn tính chất tinh thể của nước lỏng khi nước đá tan ra trong khoảng thời gian ngắn ở nhiệt độ 0-5⁰C. Sự nở ra của nước khi đóng băng có cả ý nghĩa tốt và xấu.

Những tính chất có hại: (1) Làm tử vong cây mầm và cây non; (2) Làm nứt vỏ cây; (3) Nước đá ở dạng tinh thể đọng lại trong khoảng giữa các tế bào non của thân, cành, lá và hoa ảnh hưởng rất lớn đến các tế bào thực vật. Tính chất có lợi của nước đá là nó vẫn đảm bảo cho các sinh vật nước sống bình thường ngay trong lúc nhiệt độ không khí hạ thấp.

6.3.4. Ảnh hưởng của độ ẩm đến rừng

6.3.4.1. Vai trò của độ ẩm đối với thực vật

Nước là nhân tố hạn chế sản lượng thực vật khi đủ ánh sáng và nhiệt độ. Các nhân tố của độ ẩm là độ ẩm của không khí và đất, mưa. Hai nhân tố mưa và độ ẩm không khí thuộc về khí hậu. Độ ẩm không khí là lượng hơi nước chứa trong khí quyển. Độ ẩm không khí được biểu thị bằng giá trị tuyệt đối và tương đối. Độ ẩm tuyệt đối là lượng hơi nước chứa trong một đơn vị thể tích không khí (g/m^3). Độ ẩm tương đối là phần trăm lượng hơi nước chứa trong một đơn vị thể tích không khí so với lượng hơi nước có thể chứa lúc không khí bão hòa hơi nước ở một nhiệt độ và áp suất nhất định. Trong sinh thái học, độ ẩm tương đối của không khí kém ý nghĩa hơn so với độ ẩm tuyệt đối. Nguyên nhân là vì lúc độ ẩm tương đối của không khí như nhau nhưng lượng hơi nước trong không khí không bằng nhau. Để hiểu rõ vai trò của hơi nước đối với thực vật, các nhà sinh thái thực vật thường dùng chỉ tiêu áp suất hơi nước.

Hơi nước trong không khí không đủ thoả mãn cho nhu cầu nước của cây mà chỉ có thể thoả mãn được một phần cho chúng sống qua đêm lúc mặt trời có trị số âm. Tuy nhiên, một số thực vật phụ sinh trên núi cao có thể được thoả mãn bởi hơi nước trong các khối mây mù. Độ ẩm không khí ảnh hưởng đến chế độ nhiệt; do đó nó ảnh hưởng đến cây.

Nước trong đất thông qua sự hút của rễ cây được chuyển vận lên các bộ phận của cây. Lượng nước này chủ yếu dùng vào quá trình thoát hơi nước của thực vật (90-95%). Nhờ có đủ độ ẩm không khí, nên bộ máy thoát hơi nước của thực vật và quá trình trao đổi chất trong cây diễn ra bình thường. Sự thiếu hụt hơi nước kéo dài sẽ gây ra hậu quả rất xấu cho cây. Lượng hơi nước trong đất và không khí nhỏ hơn 50%, nhiệt độ cao kèm gió mạnh là nguyên nhân làm cho cây non bị khô héo, cây trưởng thành có thể bị cháy lá. Nắng nóng từ tháng 2 đến tháng 4 ở khu vực Đông Nam Bộ, gió tây (gió Lào) ở khu vực Trung Bộ nước ta vào các tháng hè là ví dụ điển hình về sự thiếu hụt độ ẩm trong không khí.

Mưa là nguồn độ ẩm chủ yếu từ khí quyển. Đặc điểm của mưa như lượng mưa, sự phân bố mưa theo mùa, sự ổn định và cường độ mưa có ý nghĩa khác nhau đối với thực vật. Lượng mưa hàng năm trên trái đất thay đổi rất lớn: 0mm ở Ai Cập đến 12.680mm ở Ấn Độ. Lượng mưa trung bình năm ở Việt Nam biến động từ 300-2.500mm.

Sự phân bố mưa trên thế giới có 4 đặc điểm cơ bản sau đây.

- (1) Kiểu xích đạo hai đỉnh; trong đó một đỉnh tập trung vào mùa thu, còn một đỉnh vào mùa xuân. Kiểu này xuất hiện ở Indonesia.
- (2) Kiểu xích đạo mưa đều trong năm. Kiểu này xuất hiện ở Malaysia.
- (3) Kiểu xích đạo gió mùa; trong đó có một đỉnh cao. Kiểu này xuất hiện ở Nam Mỹ và châu Phi.
- (4) Kiểu nhiệt đới gió mùa với lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa hè. Kiểu này xuất hiện ở phần lớn lãnh thổ Việt Nam.

Mưa rơi có tầm quan trọng đặc biệt về mặt sinh thái, bởi vì nó đem lại nước cho sinh trưởng của thảm thực vật. Các nhân tố của mưa bao gồm cường độ mưa, sự phân bố

mưa theo mùa và chu kỳ lặp lại của mưa hàng năm chỉ có ý nghĩa khi chúng giúp ích cho sự sống của thực vật. Dưới đây là một số ảnh hưởng của mưa đối với thảm thực vật rừng.

(1) *Đặc điểm của mưa ảnh hưởng đến sự phân định ranh giới của các quần hệ thực vật.* Ngay từ thế kỷ XIX, các nhà địa thực vật trên thế giới đã nhận thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa các kiểu thảm thực vật (sa mạc, đồng cỏ, rừng thường xanh, rừng rụng lá...) với sự khác biệt của khí hậu. Nếu điều kiện đất đai như nhau và không có sự đảo lộn lớn do hoạt động của sinh vật và độ ẩm cần cho sinh trưởng của thực vật đều do mưa cung cấp, thì giới hạn của rừng mưa trên thế giới như sau.

- (a) Rừng mưa phân mùa thường xanh tại miền nhiệt đới châu Mỹ phân bố trong vùng có lượng mưa trung bình hàng năm là 1.780mm. Mỗi năm có 3 tháng khô; trong đó mỗi tháng có lượng mưa dưới 100mm nhưng trên 50mm.
- (b) Rừng mưa nửa thường xanh phân bố giữa những nơi có lượng mưa trung bình từ 1.270-1.720 mm/năm. Mỗi năm có 5 tháng khô; trong đó mỗi tháng có lượng mưa dưới 100mm nhưng trên 25mm.
- (c) Rừng mưa thường xanh phân bố giữa những nơi có lượng mưa trung bình từ 1.200 đến trên 2.500 mm/năm. Mỗi năm có 3 tháng khô, không có tháng hạn và kiệt.

(2) *Kiểu cách mưa ảnh hưởng đến một số tính chất vật hậu của các loài cây ở rừng mưa.* Vật hậu của các loài cây gỗ là các hiện tượng xuất hiện trong năm như sự thay lá, sự nở hoa, sự hình thành quả non, quả chín và phát tán hạt... Ở những nơi mà mưa rơi theo mùa rõ rệt, sự ra hoa và kết quả của thực vật có tương quan rõ rệt với sự phân bố mưa rơi theo mùa. Khuynh hướng chung là quả của nhiều loài cây gỗ chín và phát tán vào cuối mùa khô và hạt nảy mầm vào đầu mùa ẩm. Do có đặc điểm đó nên thời kỳ mùa khô của những tháng tiếp theo sau là thời kỳ nguy hiểm nhất cho đời sống của cây tái sinh. Chính vì lý do ấy, trong các tác động lâm sinh, nhà lâm học cần phải tạo ra nhiều nhân tố có lợi cho sự sống sót của lớp cây tái sinh dưới tán rừng.

(3) *Các hiện tượng vật hậu học ở một số loài cây của rừng mưa có quan hệ với lượng mưa rơi.* Lượng mưa rơi hàng năm và chu kỳ mưa đều hay không đều ảnh hưởng đến tập tính sinh sản ở một số loài cây gỗ. Ví dụ: Những năm sai quả ở nhiều loài cây gỗ của họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae) chỉ xuất hiện sau định kỳ 3-4 năm. Một số loài cây gỗ thay lá và hình thành lá non vào mùa khô và rụng hết lá vào cuối mùa ẩm. Nhưng đa số các loài cây gỗ thay lá quanh năm.

(4) *Mùa khô gây ra hạn hán, cháy rừng.* Điều đó không chỉ gây hại cho rừng, mà còn chi phối đến tiến trình và khuynh hướng diễn thế rừng, xác định ranh giới của kiểu rừng mưa và các thảm thực vật khác. Ngoài ra, nó còn ảnh hưởng đến việc chọn lựa các phương thức lâm sinh.

(5) *Cường độ mưa hay lượng mưa ảnh hưởng mạnh mẽ đến hoạt động của thực vật và các sinh vật khác.* Mưa lớn và kéo dài có thể gây ra lũ và lụt, làm trôi đất và xói lở đất, làm trơ rễ cây và gây ra đổ gãy hàng loạt cây rừng. Mưa nhỏ dẫn đến thiếu hụt nước trong đất. Kết quả thực vật thiếu nước và sinh trưởng kém.

6.3.4.2. Hiệu quả của mưa đối với thực vật

Hiệu quả của mưa đối với thực vật được các nhà sinh thái học đánh giá theo các chỉ tiêu khác nhau. Căn cứ vào mức đảm bảo ẩm cho từng vùng, người ta xây dựng các bản đồ phân vùng nông - lâm nghiệp. Dưới đây là một số chỉ tiêu đánh giá mức đảm bảo ẩm cho thảm thực vật.

(a) Tỷ lệ giữa lượng mưa cả năm (P, mm) và sự thiếu hụt độ ẩm cả năm (D, mm). Theo chỉ tiêu này, người ta chia ra ba vùng có mức đảm bảo ẩm. (1) Vùng dư thừa ẩm: $P/D > 0,65$; (2) Vùng đủ ẩm: $P/D = 0,45-0,65$; (3) Vùng khô: $P/D = 0,35-0,45$.

(b) Tỷ lệ giữa lượng mưa cả năm (P, mm) và lượng bốc hơi nước cả năm (F, mm). Theo chỉ tiêu này, Sasco (1967; Dẫn theo Larcher, 1983) đã phân chia các vùng thực vật theo 5 mức độ đảm bảo độ ẩm.

Vùng thừa ẩm : $P/F > 1,33$.

Vùng đủ ẩm : $P/F = 1-1,33$.

Vùng thiếu ẩm: $P/F = 0,77-1,00$.

Vùng bán khô hạn: $P/F = 0,55-0,77$.

Vùng khô hạn: $P/F \leq 0,54$.

Bởi vì chúng ta rất khó xác định chính xác lượng bốc hơi nước hàng năm, nên phương pháp này ít được sử dụng.

(c) Ở Việt Nam, Thái Văn Trùng (1999) xác định hiệu quả của mưa đối với thực vật dựa theo chế độ khô ẩm. Chỉ tiêu này là tập hợp lượng mưa trung bình năm (P, mm/năm), chỉ số khô hạn (X) và độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của năm (H_m , %). Chế độ khô ẩm biểu thị bằng **công thức 6.13**; trong đó P_A là lượng mưa trung bình năm (mm/năm), X = chỉ số khô hạn, H_m = độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của năm. Dấu (.) chỉ dùng để ngăn cách các tham số.

$$P_A \cdot X = X \cdot H_m \quad (6.13)$$

Chỉ số khô hạn (X) biểu thị bằng **công thức 6.14**. Ở **công thức 6.14**, tham số S là số tháng khô. Tháng khô là tháng có lượng mưa $P_S \leq 2T$; trong đó T là nhiệt độ trung bình của tháng đó. Bởi vì nhiệt độ trung bình tháng ở Việt Nam gần bằng 25°C , nên những tháng khô là những tháng có $P_S \leq 50\text{mm}$. Tham số A là số tháng hạn trong mùa khô. Tháng hạn là tháng có lượng mưa $P_A \leq 25\text{mm/tháng}$. Tham số D là số tháng kiệt. Tháng kiệt là tháng có lượng mưa $P_D \leq 5\text{mm/tháng}$. **Bảng 6.6** dẫn các cấp mưa và chế độ khô ẩm ở Việt Nam theo đề xuất của Thái Văn Trùng (1999).

$$X = S \cdot A \cdot D \quad (6.14)$$

Bảng 6.6. Chế độ khô ẩm ở Việt Nam (Thái Văn Trùng, 1999)

Lượng mưa trung bình năm (mm)	Chỉ số khô hạn (Số tháng)			Độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất (%)	Tên gọi chế độ khô ẩm
	S	A	D		
(1)	(2)			(3)	(4)
> 2.500 (Cấp I)	0 - 3	0	0	> 85	Mưa ẩm
1.200 ÷ 2.500 (Cấp II)	1 - 3	0 - 1	0	> 85	Ẩm
	4 - 6	1 - 2	0 - 1	< 85	Hơi ẩm
600 ÷ 1.200 (Cấp III)	4 - 6	1 - 2	0 - 1	> 50	Hơi khô
	7 - 9	2 - 4	0 - 2	> 50	Khô
300 ÷ 600 (Cấp IV)	6 - 10	4 - 6	1 - 3	> 30	Hạn

Sự biến đổi của chế độ khô ẩm từ mưa ẩm đến hạn kéo theo các thay đổi trong thành phần loài cây của rừng: từ rừng gỗ lớn đến trảng cỏ và thảo nguyên. Ở vùng thấp Việt Nam (<700m ở miền Bắc và <1.000m ở miền Nam), chế độ khô ẩm khác nhau ấn định các kiểu thảm thực vật rừng khác nhau. Ví dụ: (1) Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới; (2) Rừng kín nửa rụng lá ẩm nhiệt đới; (3) Rừng kín rụng lá hơi ẩm nhiệt đới; (4) Trảng cây gỗ, cây bụi, cỏ cao khô nhiệt đới (Thái Văn Trùng, 1999).

Nói chung, khi đánh giá chế độ nước của một địa phương, các nhà nông - lâm nghiệp thường nhấn mạnh đến các nhân tố: Lượng mưa trung bình năm (mm); lượng mưa trong mùa sinh trưởng (mm); Độ ẩm tương đối và tuyết đối của không khí và đất (%); Lượng bốc hơi tiềm năng và bốc hơi thực tế (mm); Tính biến động của mưa rơi theo mùa và năm.

6.3.5. Quan hệ của các loài cây gỗ với độ ẩm

6.3.5.1. Sự thích nghi của thực vật với nước

Trong một chu kỳ đời sống, thực vật cần rất nhiều nước. Hạt giống cần đủ nước để nảy mầm. Cây mầm và cây non sẽ chết khi không đủ nước. Nước cũng rất cần cho tăng trưởng của thực vật. Khi thiếu nước, thì vật chất chuyển vào lá sẽ giảm. Thực vật điều chỉnh sự mất nước bằng cách phát triển các lớp sáp và lớp cutin không thấm nước trên bề mặt lá. Sự hút nước và thoát hơi nước còn giúp cho thực vật thu nhận chất khoáng từ đất. Sự thoát hơi nước làm tăng sự thiếu hụt nước trong cây. Chính điều đó lại dẫn đến thu nhận nước vào rễ cây. Khi đất ẩm, nước vận động vào rễ thông qua phản ứng hút nước của rễ cây. Căn cứ vào sự thích nghi của các loài cây với nước, người ta đã phân chia chúng thành ba nhóm: (1) Nhóm cây chịu hạn, (2) Nhóm cây ưa ẩm, (3) Nhóm cây trung sinh.

Nhóm cây chịu hạn bao gồm những loài cây có khả năng mọc ở những vùng khô hạn kéo dài, nơi có sức giữ nước trong đất lớn hơn 4.000Kpa. Một số loài cây nhập nội vào Việt Nam (Bạch đàn, Phi lao (*Casuarina equisetifolia*), Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) là những loài có khả năng chịu hạn cao. Chúng có thể sống ở vùng khô hạn ven biển và trên các đồi núi trọc.

Nhóm cây ưa ẩm bao gồm những loài cây chỉ sống trong môi trường đất đủ ẩm đến cao, nơi có sức giữ nước trong đất lớn hơn 100÷500Kpa. Ở Việt Nam, các loài thuộc chi Đước, Vẹt là ví dụ điển hình của nhóm cây ưa ẩm.

Nhóm cây trung sinh bao gồm những loài cây sống trên cạn. Chúng phân bố ở rừng ẩm và rừng mưa rụng lá, nơi có sức giữ nước trong đất lớn hơn 2.000Kpa. Đặc điểm chủ yếu của nhóm cây này là cần độ ẩm đất từ trung bình đến cao.

6.3.5.2. Nhu cầu nước của thực vật

Nhiều loài cây gỗ phân bố trong một biên độ rất rộng của độ ẩm đất và không khí. Một số loài cây gỗ chỉ xuất hiện và sống tốt trên đất khô. Một số loài cây gỗ sống tốt trên đất bão hòa nước. Một số loài cây gỗ sống tốt trên cả đất thiếu ẩm và đất thừa ẩm. Vì lý do đó, nhà lâm học cần phải nghiên cứu nhu cầu nước và yêu cầu nước của thực vật rừng. *Nhu cầu nước của thực vật là lượng nước cần phải có để cây thỏa mãn các quá trình sinh lý bình thường như là duy trì sức căng tế bào, đồng hóa và dị hóa, cấu tạo thực vật khối, thoát hơi nước...*

Nhu cầu nước hay lượng nước cần được sử dụng để đo hiệu suất sử dụng nước của thực vật. Nó biểu thị bằng lượng nước cần thiết để sản xuất ra 1g vật chất khô. Lượng nước cần biểu thị bằng hệ số thoát hơi nước hay hệ số sử dụng nước. Đó là tỷ số giữa lượng nước thoát hơi và trọng lượng chất khô được tạo ra trong một đơn vị thời gian (giờ). Hệ số thoát hơi nước thay đổi theo tuổi cây, thời gian ngày đêm và sự tích lũy chất khô của thực vật. Nhu cầu nước của cây rừng thay đổi từ 150 đến 350mm/g chất khô (Belov, 1969).

Nhu cầu nước của các loài cây khác nhau đã được nhiều nhà nông - lâm học chú ý, nhưng đến nay người ta vẫn chưa thật rõ nguyên nhân. Nhiều tài liệu thực nghiệm chứng tỏ

rằng, nếu năng lực cố định CO₂ và mức tăng trưởng chất khô tăng cao, thì nhu cầu nước lại giảm. Trái lại, loài cây gỗ nào quang hợp mạnh thì nó có nhu cầu nước cao. Tính chịu hạn của thực vật là khả năng chống chịu của thực vật khi đất thiếu ẩm. Nhu cầu nước và tính chịu hạn của thực vật có quan hệ rất phức tạp. Thật vậy, người ta nhận thấy có loài cây cần ít nước khi nước trong đất không đủ. Nhưng khi lượng nước trong đất nhiều thì nhu cầu nước cũng tăng lên. Một số loài cây khác cần nhiều nước hơn khi lượng nước trong đất thấp. Tính chịu hạn của thực vật có quan hệ với mức phân bố sâu và rộng của hệ rễ, kết cấu nguyên sinh chất, độ dày của tầng mô sừng (cutin), phản ứng của khí khổng... Theo Larcher (1983), tính chịu hạn của cây trồng phụ thuộc vào khả năng hút nước, sự phát triển của hệ rễ, phản ứng của khí khổng, cấu tạo mô sừng và sự thu hẹp bề mặt thoát hơi nước. Nói chung, thực vật chịu khô hạn có những biểu hiện khác nhau về hình thái và đặc tính sinh lý (Bảng 6.7).

Bảng 6.7. Những biểu hiện về hình thái và đặc tính sinh lý của thực vật trong quan hệ với việc đảm bảo nước

Đặc điểm hình thái	Đặc tính sinh lý
1. Tăng kích thước rễ/chồi	1. Tích lũy nhiều đường hơn
2. Tăng sự mở rộng hệ thống rễ	2. Giảm tỷ lệ tinh bột/đường
3. Giảm kích thước lá	3. Nồng độ dịch bào cao, thẩm thấu thấp
4. Lá dày hơn	4. Giảm lượng nước trong tế bào
5. Rụng lá vào mùa khô	5. Tăng tốc độ thoát hơi nước/đơn vị lá
6. Tế bào lá nhỏ	6. Tăng quang hợp/đơn vị lá
7. Vách tế bào dày hơn	7. Hàm lượng chất nguyên sinh thấp hơn
8. Khí khổng nhỏ và nằm sâu	8. Tăng khả năng thẩm thấu của chất nguyên sinh
9. Lá có lớp lông và cutin dày	9. Ra hoa quả sớm hơn
10. Không bào nhỏ	10. Tuổi thọ cao hơn
11. Tế bào gỗ nhỏ	11. Tăng tỷ lệ nước hấp thu/trọng lượng

Để đánh giá khả năng thoả mãn nước cho thực vật, người ta sử dụng chỉ tiêu yêu cầu nước của thực vật. *Yêu cầu nước của thực vật là khả năng thoả mãn nhu cầu nước cho cây trong những điều kiện môi trường khác nhau.* Đất có tác dụng giữ nước và làm dịu tính không đều của tuần hoàn nước. Nước phân bố trong đất ở nhiều dạng khác nhau: nước bề mặt, nước trong đất (nước liên kết, nước mao quản, nước trọng lực), nước trong dung dịch đất. Lượng nước hữu hiệu đối với một loài cây là hiệu số của lượng giữ nước lớn nhất của đất vào lúc đất bão hòa nước và lượng nước trong đất mà loài cây này không thể hút được (Hệ số héo). Lượng nước hữu hiệu thay đổi tùy theo loại đất. Đất thịt và đất thịt pha sét giữ nhiều nước hữu hiệu hơn so với đất cát và đất sét. Nhưng dù ở phạm vi nước hữu hiệu thì phản ứng của thực vật với lượng nước trong đất vẫn có sự khác nhau. Nhiều quan sát cho thấy, trước khi lá héo, quang hợp giảm thấp rõ rệt. Hiện tượng này xảy ra là vì, khi lượng nước trong đất ít thì xảy ra sự mất cân bằng giữa khả năng cung cấp nước và sự thoát hơi nước và khí khổng đóng lại. Nói chung, lượng nước cần thay đổi theo loại đất.

6.3.6. Cân bằng nước ở rừng

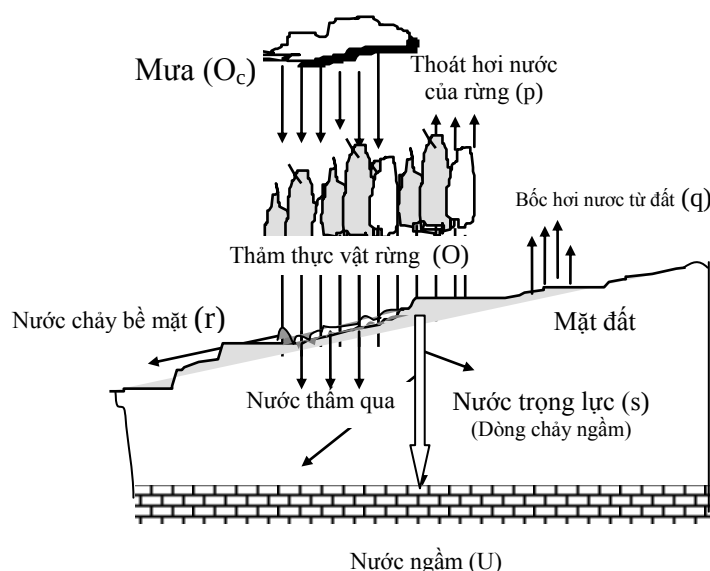
Cân bằng nước ở rừng là chỉ trong một khoảng thời gian nhất định tổng lượng nước ở thể rắn, thể lỏng, thể hơi mà không gian xung quanh cung cấp cho rừng và lượng các loại nước mất đi phải bằng không. Hình 6.3 dẫn sơ đồ mô tả cân bằng nước ở rừng.

Cân bằng nước ở rừng được mô tả bằng **Hàm 6.15**; trong đó:

- O_c = Lượng mưa rơi, mm;
- O = Lượng nước được tán rừng giữ lại sau đó bốc hơi vật lý, mm;
- p = Thoát hơi nước của rừng, mm;
- q = Bốc hơi vật lý từ mặt đất rừng, mm;
- r = Dòng chảy trên bề mặt đất rừng;
- s = Dòng chảy ngầm trong đất hay nước trọng lực, mm;
- t = Lượng nước để tạo ra sinh khối (t_1) và làm ẩm sinh khối (t_2), $t = t_1 + t_2$, mm;
- u = Lượng nước bổ sung vào nước ngầm và làm ẩm đất hoặc rút nước từ đất vào thời kỳ khô hạn. Nếu tính bình quân 5-10, thì $u = 0$.

$$O_c = O + p + q + r + s + t \pm u \text{ (mm)} \quad (6.15)$$

Phương trình cân bằng nước này chỉ đúng cho một lãnh thổ lớn với địa hình bằng phẳng. Ở những nơi có địa hình dốc, phương trình cân bằng nước cần được bổ sung thêm lượng nước chảy từ trên cao xuống. Dưới đây chúng ta phân tích chi tiết ý nghĩa sinh thái của các thành phần trong phương trình cân bằng nước ở rừng.



Hình 6.3. Sơ đồ biểu thị cân bằng nước ở rừng.

(1) *Lượng nước được tán rừng giữ lại.* Chỉ tiêu này phụ thuộc vào cấu tạo tán rừng, độ khép tán, đặc điểm mưa và cường độ mưa. Khi mưa rào, rừng giữ được nước ít hơn. Ngược lại, khi mưa phùn, thì rừng giữ được nhiều nước hơn. Lượng nước được tán rừng giữ lại còn phụ thuộc vào tuổi rừng. Nói chung, khi tuổi rừng tăng lên, thì khả năng giữ nước mưa của chúng cũng tăng lên. Sau đó khả năng giữ nước mưa của rừng giảm dần ở thời kỳ rừng thành thực và quá thành thực. Tỷ lệ nước mưa được tán rừng giữ lại rất khác nhau: 5% đối với rừng ở Costa-Rica (McColl, 1970; Dẫn theo Belov, 1976); 18-20% đối với rừng ở Faia (Malaysia, 1973; Belov, 1976); 15-25% đối với rừng Thông và Sồi của nước Nga (Belov, 1976).

(2) *Thoát hơi nước của thực vật.* Thoát hơi nước của thực vật làm tiêu hao phần lớn nước mưa và nguồn nước dự trữ trong đất. Lượng nước do rừng thoát ra thay đổi tùy theo kiểu rừng (**Bảng 6.7**). Nếu thu nhận nước do một ha rừng Bạch đàn thải ra (1.200 mm/năm hay 12.000 tấn/ha) và vận chuyển bằng ô tô với mỗi xe 4 tấn, thì số ô tô cần là 3.000 chiếc. So sánh như thế cho thấy rừng có khả năng thu nhận và thoát hơi nước rất lớn. Chính vì

thể, rừng đóng vai trò to lớn đối với việc nuôi dưỡng và làm sạch nguồn nước, làm ẩm đất và không khí ở nơi khô hạn, làm khô đất lầy.

Bảng 6.7. Thoát hơi nước của một số kiểu rừng (Larcher, 1983)

	Địa phương	Tương quan giữa thoát hơi nước của rừng với lượng mưa bình quân năm		
		Thoát hơi nước (mm)	Lượng mưa (mm)	% thoát hơi nước
Rừng bạch đàn	Nam Phi	1200	700	100
Rừng mưa thường xanh	Kenya	1570	1950	80
Rừng tre	Kenya	1150	2160	53
Rừng Fagus	Đan Mạch	522	840	62
Rừng lá kim	Trung Âu	580	1250	46
Rừng thảo nguyên	Liên Xô (cũ)	500	650	77
Rừng tai ga	Liên Xô (cũ)	150 - 310	500	60
Rừng Chaparana	Mỹ	400 - 500	500 - 600	80 - 83

Lượng thoát hơi nước của rừng thay đổi rất lớn tùy theo loài cây gỗ, tuổi rừng, ngày giờ có nắng hay âm u và điều kiện địa lý. Vì thế, phương pháp xác định hệ số thoát hơi nước của rừng là rất phức tạp và khó khăn. Người ta đề nghị xác định hệ số thoát hơi nước của thực vật thông qua cân trọng lượng một bộ phận nào đó của cây. Sự chênh lệch trọng lượng giữa hai lần đo trong khoảng thời gian nghiên cứu cho biết lượng nước cây thoát ra. Sau đó, bằng cách nội suy để tìm lượng nước thoát ra của cả cây và cả rừng. Thiểu sót của phương pháp này là việc ngoại suy quá nhiều lần từ một bộ phận của cây cho cả cây và cho một quần thụ. Phương pháp này có thể áp dụng gần đúng cho những loài cây nông nghiệp. Một phương pháp khác được đề nghị là đo lượng nước thoát hơi của một cây, rồi suy ra cho một tập hợp cây. Phương pháp này không thể áp dụng cho những cây gỗ to lớn. Phương pháp thứ ba là tính lượng thoát hơi nước của rừng từ phương trình cân bằng nước. Từ [Hàm 6.15](#), lượng nước dùng cho thoát hơi nước của rừng được xác định theo [Hàm 6.16](#).

$$p = O_c - O - q - r - s - t \pm u \quad (6.16)$$

Thoát hơi nước của thực vật (p) có thể tìm được thông qua 7 thành phần đều được xác định bằng thực nghiệm. Trong một khoảnh rừng, người ta đo lượng nước do tán cây giữ lại (O) nhờ dụng cụ đo mưa đặt dưới tán rừng và đo lượng mưa rơi ở nơi đất trống (đối chứng = O_c). Thoát hơi nước từ đất (q) được xác định bằng dụng cụ đo lượng bốc hơi ở nơi trống và dưới tán rừng. Dòng chảy bề mặt (r) được đo bằng dụng cụ chuyên dùng. Lượng nước làm ẩm đất hoặc nước rút ra từ đất (s) được xác định bằng cách đo độ ẩm đất ở thời điểm đầu và cuối kỳ quan sát. Trị số t được tìm bằng cách phân tích độ ẩm gỗ để xác định lượng nước làm ẩm gỗ và lượng nước cấu tạo gỗ. Phương pháp này có ưu điểm là trị số (p) không cần phải ngoại suy nhiều lần. Nhưng phương pháp này cũng khá phức tạp, bởi vì nó phụ thuộc vào các phương pháp đo đếm. Ngoài ra, đồng thời với việc xác định cân bằng nước còn phải xác định cân bằng nhiệt.

(3) *Bốc hơi vật lý của đất rừng và lớp thảm cỏ, cây bụi và thảm mục.* Các trị số này nhỏ hơn nơi đất trống từ 2-3 lần. Sự giảm thấp bốc hơi nước vật lý ở rừng là do nhiều nguyên nhân: (1) Sự có mặt một lớp vật rụng dày; (2) Đất rừng có khả năng thấm nước và giữ nước rất cao; (3) Tốc độ gió trong rừng thấp; (4) Độ ẩm không khí dưới tán rừng cao hơn đất trống... Trị số bốc hơi nước vật lý còn phụ thuộc vào kết cấu quần thụ và sự phát triển của cây tầng thấp, loại đất, bức xạ mặt trời xâm nhập đến sàn rừng và tải bức xạ nhiệt

từ mặt đất rừng...Lượng nước mưa được tán rừng giữ lại (O) và bốc hơi vật lý từ đất (q) đều nhờ vào nguồn nhiệt mà tán rừng nhận được. Bởi vậy, nguồn nước chi phí cho bốc hơi vật lý ở rừng tổng cộng là (O + q).

(4) *Lượng nước tiêu hao để tạo lượng tăng trưởng thực vật khối* ($t = t_1 + t_2$). Lượng nước này có trị số rất nhỏ so với tổng lượng mưa, nhưng có ý nghĩa rất lớn đối với đời sống của rừng. Để tạo ra một tấn thực vật khối khô tuyệt đối, thực vật cần trung bình 0,55 tấn nước. Lượng nước này được gọi là nước xây dựng. Các tế bào sống của thực vật chỉ hoạt động khi có đủ nước. Để làm ẩm một tấn thực vật khối khô tuyệt đối, cây gỗ cần trung bình $t_2 = 1,15$ tấn nước. Do đó, tổng lượng nước tiêu hao cho việc hình thành 1 tấn thực vật khối là $t = 0,55 + 1,15 = 1,7$ tấn. Một quần thụ năng suất cao cho lượng tăng trưởng hàng năm từ 7÷12 tấn thực vật khối khô tuyệt đối. Theo đó, lượng nước cần để hình thành lượng tăng trưởng và làm ẩm thực vật khối mới của 1ha rừng trên đây là $T = \Delta M.t = (7-12) \times 1,7 = 12 \div 20$ tấn/ha, tương đương 1,2÷2,0mm nước mưa/ha. So với toàn bộ thực vật khối, lượng tăng trưởng gỗ chiếm 45%, còn phần cành, lá và rễ là 55%. Để tính được lượng nước chứa trong thực vật khối, chúng ta cần phải biết tỷ trọng sinh khối của các bộ phận cây; ở đây tốt nhất là dùng tỷ trọng gỗ ẩm. Tỷ trọng gỗ ẩm là trọng lượng gỗ khô tuyệt đối so với 1m³ gỗ ẩm (gỗ vừa khai thác). Tỷ trọng gỗ ẩm thay đổi trong khoảng 0,3÷0,6 tấn/m³ tùy theo loài cây gỗ.

(5) *Phần nước tiêu hao cho dòng chảy bao gồm dòng chảy bề trên mặt đất (r) và dòng chảy ngầm trong đất (s)*. Khi cấu trúc của đất chưa bị phá vỡ, trị số r bằng 2% so với tổng lượng mưa. Khi đất rừng bị phá hủy lớp phủ thực vật do khai thác hay do chặn thả súc vật, thì dòng chảy bề mặt có thể tăng lên 10÷25% so với tổng lượng mưa. Khi địa hình càng dốc, thì dòng chảy bề mặt càng lớn. Chính vì thế, muốn hạn chế dòng chảy bề mặt và dòng chảy ngầm trên đất dốc, nhà lâm học cần phải xử lý đất và chọn lựa phương thức khai thác rừng hợp lý; trong đó ưu tiên khai thác chọn từng cây và nhóm cây thành thực. Dòng chảy bề mặt và dòng chảy ngầm đều hướng từ nơi cao xuống nơi thấp, rồi chảy ra suối, sông và biển. Những nơi địa hình thấp trũng có thể tích tụ nước lâu dài; do đó đất có thể bị hóa lầy và tầng đất mặt bị hóa than bùn. Nhờ hệ thống vật rụng dày và xốp, hệ rễ cây gỗ ăn sâu trong các tầng đất, nên rừng tạo ra điều kiện thuận lợi để chuyển dòng chảy bề mặt thành dòng chảy ngầm. Trong phương trình cân bằng nước, tỷ lệ dòng chảy ngầm nhận giá trị rất nhỏ và do bốc hơi tổng số chi phối. Nếu phần nước tiêu hao cho bốc hơi tổng số càng lớn, thì dòng chảy ngầm và lượng nước cung cấp cho thực vật càng nhỏ. Ảnh hưởng của rừng đến dòng chảy ngầm thay đổi theo điều kiện địa lý và trạng thái rừng. Rừng tích tụ nước ngầm cao chỉ trong những trường hợp dòng chảy ngầm cao hơn bốc hơi tổng số. Những điều kiện như thế chỉ được tạo ra khi mực nước ngầm nằm thấp hơn bề mặt phân bố của hệ rễ cây. Toàn bộ các thành phần nước mưa thấm vào đất được gọi là độ ẩm tích lũy của đất B_y (Hàm 6.17).

$$B_y (\text{mm}) = p + q + r + s + t \pm u \quad (6.17)$$

6.3.7. Rừng và chế độ thủy văn của một lãnh thổ

Ngoài lượng mưa rơi theo chiều thẳng đứng, hàng năm rừng còn nhận được một lượng nước nhỏ phân bố theo chiều ngang (sương và mây mù). Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, ở nơi có địa hình bằng phẳng, lượng nước được sương và mây mù cung cấp chỉ đạt khoảng 10÷15mm/năm, núi cao là 40÷50mm/năm, các khe núi là 100mm/năm.

Ảnh hưởng của rừng đến mưa biểu hiện qua ba đặc điểm. Một là rừng làm tăng lượng mưa rơi. Hai là rừng có khả năng tạo ra mưa do ngưng kết hơi nước trên tán rừng. Ba là rừng giữ lại một phần mưa rơi thông qua ngăn cản của tán rừng. Rừng làm tăng

lượng mưa rơi là vấn đề còn nhiều ý kiến trái ngược nhau. Một số nghiên cứu cho thấy lượng mưa rơi theo mùa tăng lên cùng với sự nâng cao độ che phủ của rừng trên mặt đất trong một lãnh thổ. Cơ cấu của hiện tượng này là ở chỗ trạng thái vật lý của tán rừng đã tạo ra độ gồ ghề lớn, nên tốc độ vận động ngược lại của khối không khí ở hướng đón gió của đai rừng tăng lên. Theo Tarankov (1990), khi tăng độ che phủ của rừng lên 10%, thì lượng mưa tăng lên bình quân là 2,5% (mưa mùa hè). Ở hướng khuất gió sau đai rừng, lượng mưa giảm thấp hơn so với hướng đón gió. Nguyên nhân rừng làm tăng lượng mưa còn là do sự trả lại độ ẩm trong quá trình thoát hơi nước của rừng. Bởi vì, khi rừng thoát hơi nước, nhiệt tỏa ra ở phía trên tán rừng và nâng hơi nước lên cao. Kết quả là phía trên tán rừng xảy ra quá trình ngưng kết hơi nước và làm tăng mưa. Trong một số trường hợp, lượng mưa rơi như thế tăng lên 6% so với nơi không có rừng.

Một trong những ảnh hưởng của rừng đến mưa là khả năng thu nhận lượng mưa nằm ngang. So với các thảm thực vật khác, chỉ rừng mới có khả năng thâm tóm độ ẩm của sương mù và mây mưa và chuyển nó vào đất. Nhiệt độ thấp và độ ẩm tương đối cao ở rừng là điều kiện thuận lợi để tích tụ mưa. Trong nhiều trường hợp, lượng mưa phân bố ở nơi có rừng đạt trị số khá lớn (10÷100 mm/năm). Những đai rừng trên núi cao thường xảy ra sự ngưng kết các hạt sương nhỏ trong không khí. Sự xuất hiện trên tán cây một lớp nước mỏng là do kết quả làm lạnh các giọt nước được tán cây giữ lại. Ở những nơi mưa ít, cây trồng vẫn sống và sinh trưởng tốt chính là nhờ vào hàm lượng nước ít ỏi như thế.

Lượng nước lọc từ sương mù bay qua rừng phụ thuộc vào lượng nước nhỏ giọt trong mây mù, khối không khí, tính lục địa của khí hậu và địa hình. Độ cao và sự chia cắt địa hình có vai trò quan trọng trong quá trình này. Vào ngày hè, sự thâm tóm nước mưa của rừng làm tăng lượng nước bốc hơi. Kết quả làm giảm sự thu nhận nước từ sương mù. Về mùa đông, sự thâm tóm nước mưa của rừng tăng lên. Ở các vùng núi cao nhiệt đới, rừng làm tăng lượng mưa khá rõ. Các hạt băng là hình thức phổ biến của mưa đá. Chúng được hình thành khi mặt đất bị lạnh đi, nhiệt độ không khí nằm dưới điểm đóng băng. Khác với hiện tượng mưa đá, mưa bụi được tạo ra khi có mây mù. Nước trong không khí một phần bị lạnh hơn và đọng lại trên tán cây ở dạng tinh thể nước đá với kích thước khác nhau. Lượng mưa tích tụ như thế có nơi đạt 50% so với tổng lượng mưa ở dạng tuyết (Tarankov, 1990).

Các nhà thủy văn cho rằng phần cơ bản của lượng mưa do biển và đại dương cung cấp, còn lượng mưa do rừng cung cấp thêm rất ít. Ở độ sâu 40÷50cm của các tầng đất mặt, nhất là đất cát, độ ẩm đất tăng lên, hơi nước bão hòa trong các khe đất và ngưng tụ lại. Khi di chuyển từ các tầng đất phía trên xuống tầng đất phía dưới, nếu gặp lạnh thì nước cũng ngưng kết lại. Hiện tượng này có ý nghĩa rất lớn đối với vùng ít mưa. Một số nghiên cứu cho thấy rừng làm giảm mực nước ngầm, nhưng làm tăng lượng mưa rơi ở lãnh thổ quanh rừng. Vì thế, sự luân phiên các đai rừng và không gian trống thích hợp dẫn đến làm tăng mực nước ngầm và làm ẩm đất. Điều này có ý nghĩa rất lớn trong việc tạo lập các đai rừng phòng hộ cho đồng ruộng. Nguyên nhân rừng làm tăng mực nước ngầm và làm ẩm đất có thể là do: (1) Rừng tích tụ mưa và làm giảm tốc độ gió dẫn đến làm giảm bốc hơi nước từ đất; (2) Rễ cây gỗ ăn sâu trong các tầng đất đã trở thành ống dẫn nước từ dưới lên trên và từ trên xuống dưới. Vì rừng có khả năng thoát hơi nước rất mạnh, nên khi mọc trên đất ẩm và đất lầy chúng đã làm đất trở nên khô hơn.

Khi đánh giá vai trò thủy văn của rừng, nhà lâm học cần thấy rằng rừng đã tạo ra điều kiện thuận lợi, ngăn cản dòng lưu thông không khí ẩm và đảm bảo cho các sông hồ luôn có đủ nước. Rừng có tác dụng chuyển dòng chảy bề mặt thành dòng chảy ngầm nhờ khả năng hấp thu nước cao của đất rừng. Sự khô kiệt của nhiều miền đất, sông và hồ là căn cứ chứng minh cho sự khai khẩn rừng không hợp lý. Độ che phủ của rừng tự nhiên ở Việt

Nam vào năm 2021 là 42%. Trị số này còn thấp so với yêu cầu bảo vệ môi trường. Do đó, việc nâng cao độ che phủ của rừng thông qua trồng rừng và sử dụng rừng tự nhiên hợp lý là một yêu cầu cấp bách. Ngày nay người ta quan tâm nhiều hơn đến độ che phủ tối ưu của rừng mà không phải là độ che phủ lớn nhất. Độ che phủ tối ưu của rừng được xác định qua ba chỉ tiêu: (1) Phần trăm diện tích có rừng; (2) Sự phân bố đồng đều và hợp lý giữa các khu rừng, đai cây xanh và đồng ruộng trên một lãnh thổ; (3) Kéo dài rừng hợp lý.

Trên quan điểm tạo lập chế độ ẩm thuận lợi cho một lãnh thổ, đặc biệt ở nơi thiếu ẩm và đủ ẩm, sự khép kín đột ngột của nguồn nước từ đất liền đến sông và biển là không có lợi. Ở những vùng có độ che phủ thấp của rừng, lũ lụt thường xảy ra vào mùa mưa, còn mùa khô thiếu ẩm. Gần đây nhất, ở miền trung Trung Bộ đã xảy ra thảm họa lũ, lụt chưa từng thấy trong vòng 100 năm qua. Một trong số những nguyên nhân gây ra tình trạng đó là do sự phá hủy rừng trên không gian rộng lớn đã làm cho chu trình nước khép kín quá nhanh. Ngăn chặn sự khép kín đột ngột của các nguồn nước mưa bằng cách tạo ra các đai rừng ngăn cản nước cho phép hạn chế những thảm họa do mưa lớn gây ra. Các nhà thủy văn đề ra hai nguyên tắc vàng. Một là con người phải luôn quan tâm đến vấn đề là làm sao cho mỗi giọt nước mưa chảy không quá nhanh, ngược lại, càng chậm càng tốt. Hai là con người phải đảm bảo cho các dòng nước được xuôi và sông mang đi luôn có một lượng như nhau. Sự vi phạm hai nguyên tắc trên chắc chắn sẽ dẫn đến những thảm họa to lớn.

Ngoài vai trò thủy văn, rừng còn có vai trò bảo vệ đất, bảo vệ bờ sông và bờ biển không bị xói lở do sóng và đập. Vai trò bảo vệ đất của rừng biểu hiện rõ nhất qua khả năng giữ ổn định và nâng cao độ phì đất. Sự bào mòn và cuốn trôi đất do sự phát triển của xói mòn nước và gió là chỉ tiêu biểu thị sự phá hủy chức năng giữ đất của rừng. Nói chung, tán rừng ảnh hưởng đến tiểu khí hậu rừng và lượng ẩm thu nhận vào đất. Hệ thống rễ cây gỗ và các vật rụng trên sàn rừng ảnh hưởng đến sự thu nhận và dẫn truyền nước trong đất. Vì thế, rừng không chỉ đóng vai trò to lớn trong chu trình nước, mà cả chu trình sinh học trong hệ thống “đất - rừng”.

Các chức năng bảo vệ đất, giữ nước và điều hòa nguồn nước của rừng có quan hệ chặt chẽ với nhau. Phá hủy rừng trên không gian rộng lớn dẫn đến xói mòn đất và làm giảm độ phì đất. Ở vùng núi cao, tốc độ dòng chảy trên sườn núi và khe núi dốc có thể đạt 10-30 km/h. Với tốc độ nhanh như thế, nước có thể bào mòn toàn bộ lớp đất và đá bị phong hóa. Kết quả là thảm thực vật rất khó định cư trở lại trên những đất bị xói mòn. Do phá hủy rừng ở phía bắc Hà Nội, nên lượng phù sa đưa vào sông Hồng rất lớn: 6.200g/m³ nước (1959) tăng lên 18.000g/m³ nước (1966). Lượng phù sa mà sông Hồng nhận và đưa ra biển ước tính từ 80÷130 triệu tấn/năm.

Đất trên địa hình càng cao thì khả năng bị bào mòn càng mạnh. Rừng được hình thành từ cây gỗ lớn có khả năng bảo vệ đất tốt hơn so với các thảm thực vật khác. Do rừng có chức năng bảo vệ và hình thành đất, bảo vệ và điều hòa nước, chống xói mòn, nên mọi người phải có trách nhiệm bảo vệ rừng, nhất là rừng phân bố trên núi cao, trên đất có thành phần cơ giới nhẹ, rừng ven sông, hồ và biển...Nếu phá hủy rừng trên không gian rộng lớn, thì chúng ta sẽ không thể tránh khỏi những thảm họa.

6.3.8. Ý nghĩa của nước trong lâm học

Nước là một trong những nhân tố ảnh hưởng việc chọn lựa các phương thức lâm sinh. Dưới đây chúng ta xem xét một số vai trò của nước trong hoạt động lâm nghiệp.

(1) *Việc điều chỉnh độ che phủ của rừng thông qua khai thác với cường độ khác nhau dẫn đến làm biến đổi các thành phần của cân bằng nước.* Thật vậy, giảm độ che phủ của rừng có thể dẫn đến: (1) Làm giảm sự ngăn đón nước mưa và sự phân bố mưa rơi trên

sản rừng; (2) Làm giảm lượng nước thoát hơi và nguồn nước thâm tẩm từ sương và mây mù bay qua rừng; (3) Làm biến đổi khả năng giữ nước và thu nhận nước từ đất; (4) Làm giảm tính thấm và khả năng dẫn nước của đất; (5) Làm tăng dòng chảy bề mặt và lượng nước bốc hơi vật lý...Kết quả của những thay đổi này dẫn đến làm tăng xói mòn đất, làm giảm độ phì đất và đất bị thoái biến. Đến lượt mình, đất bị thoái biến lại ảnh hưởng đến sự định cư và sinh trưởng của rừng. Vì thế, việc chọn lựa phương thức khai thác và cường độ khai thác rừng như thế nào đòi hỏi phải cân nhắc thật kỹ đến chu trình nước và độ phì của đất rừng.

(2) *Giữa sản lượng của rừng và nước tồn tại mối quan hệ rất phức tạp và mối quan hệ này cũng thay đổi tùy theo sự phối hợp của nước và các nhân tố sinh thái khác.* Khả năng cung cấp nước cho thực vật có quan hệ chặt chẽ với dinh dưỡng của thực vật. Sự thiếu hụt nước dẫn đến giảm quang hợp, vì rằng sự đóng khí khổng trong lúc thiếu ẩm đã giới hạn sự thu nhận CO_2 từ không khí và chất khoáng từ đất. Sự thoát hơi nước kém cũng giới hạn khả năng của rừng trong việc thu nhận chất khoáng từ đất. Kết quả làm giảm quá trình chuyển hóa và tăng trưởng của thực vật rừng. Thiếu hụt nước còn làm giảm sự hấp thu đạm. Kết quả dẫn đến giảm sản lượng rừng.

(3) *Nước và chất khoáng trong đất ấn định diện tích lá và sản lượng rừng.* Những ảnh hưởng này càng trở nên rõ ràng trong điều kiện khí hậu khô hạn. Vì thế, để nâng cao sản lượng rừng, nhà lâm nghiệp cần phải quan tâm đến những biện pháp đảm bảo nước và chất khoáng cho rừng.

(4) *Thiếu ẩm trong đất làm chậm các quá trình phân giải vật rụng và khoáng hóa chất hữu cơ.* Kết quả dẫn đến giảm sản lượng rừng. Đất thiếu nước còn làm giảm hệ động vật và vi sinh vật sống trong đất; do đó cũng ảnh hưởng đến sản lượng rừng.

(5) *Sự dư thừa hoặc thiếu hụt nước đóng vai trò chủ yếu trong việc quyết định sự thành công của quá trình tái sinh rừng.* Trong điều kiện thiếu nước, cây non bị phơi ra ánh sáng và gió mạnh có tỷ lệ tử vong rất cao, vì hệ rễ mới của chúng chưa kịp phát triển. Sự biến đổi của chu trình nước sau khi khai thác trắng ảnh hưởng lớn đến tái sinh rừng.

(6) *Trong nhiều khu vực rừng mưa nhiệt đới, giá trị kinh tế của việc điều chỉnh dòng chảy của sông, suối là rất lớn.* Việc kiểm soát chất lượng nước, duy trì sinh vật sống trong nước có thể đem lại nhiều giá trị lớn về kinh tế - xã hội. Vì thế, trong những khu vực này, việc kinh doanh gỗ có thể chỉ đứng ở vị trí thứ hai so với kinh doanh thủy sản.

6.3.9. Tóm tắt vai trò sinh thái của nước

Nước là nhân tố sinh thái kiểm soát sự sống của các sinh vật và rừng. Những đặc tính vật lý và hóa học của nước đã giúp cho nhiều quá trình sinh học hoạt động. Sản lượng của rừng tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với số lượng và chất lượng nước. Việc hiểu biết về nước trong hệ sinh thái rừng phải dựa trên kiến thức về chu trình nước. Đó là sự thu nhận nước và quá trình vận động của nước, sự hao hụt nước từ hệ sinh thái rừng. Tình trạng độ ẩm của lập địa không phải đơn giản chỉ là do lượng mưa rơi quyết định. Khả năng cung cấp nước cho rừng không đơn giản chỉ là do tình trạng ẩm của lập địa. Những tính chất vật lý và hóa học của nước, thời gian thu nhận nước vào lập địa, đặc tính của khí hậu, đất và địa hình đều ảnh hưởng đến khả năng cung cấp và hiệu quả của nước. Thực vật và động vật đều có những biểu hiện thích nghi với sự dư thừa và sự thiếu hụt nước. Những phản ứng thích nghi này đảm bảo duy trì sự sống của sinh vật trong các điều kiện của môi trường nước. Mỗi loài cây đều có một biên độ sinh thái nhất định về độ ẩm.

Nước là một trong những nhân tố sinh thái ấn định sự phân bố, sản lượng và những đặc tính của rừng. Những ảnh hưởng của nước đối với rừng không phải là trực tiếp. Sự

tương tác qua lại giữa nước và các nhân tố khác ảnh hưởng rất lớn đến đời sống của rừng. Sự phân bố, năng suất và các quá trình biến đổi của rừng ảnh hưởng đến số lượng nước, chất lượng nước và thời gian duy trì dòng chảy trong các thủy vực. Các hoạt động kinh doanh rừng ảnh hưởng lớn đến chu trình nước. Quản lý lưu vực là một bộ phận quan trọng của kinh doanh rừng trong những lãnh thổ có rừng. Do tầm quan trọng của nước trong việc nâng cao sản lượng rừng, nhà lâm học phải hiểu rõ vai trò thủy văn của rừng và những ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến chu trình nước.

6.4. Vai trò sinh thái của không khí

6.4.1. Mở đầu

Khí quyển đóng vai trò sinh thái quan trọng trong đời sống của thực vật. Cây lấy CO_2 cần cho quang hợp và O_2 cần cho hô hấp đều từ không khí. Trong cơ thể thực vật, carbon chiếm đến 50% trọng lượng khô. Sản lượng và tính ổn định của rừng cũng phụ thuộc vào không khí. Hoạt động sống của rừng có tác dụng giữ cân bằng chất khí trong khí quyển. Rừng là một bộ lọc và cung cấp khí CO_2 và O_2 cho không khí. Vì thế, rừng có khả năng làm sạch không khí bẩn.

Số lượng năng lượng bức xạ mặt trời và các nguồn năng lượng khác được không khí và đất hấp thụ thay đổi theo không gian và thời gian. Điều này dẫn đến những biến đổi của nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất theo từng vùng và thời gian. Những thay đổi của nhiệt độ không khí và đất dẫn đến những khác biệt về áp suất không khí. Ví dụ: Sự vận động của không khí (gió) từ vùng áp suất cao đến vùng áp suất thấp. Gió là kết quả chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng nhiệt; sau đó năng lượng nhiệt chuyển thành năng lượng động lực của hệ thống gió.

Gió mang lại hiệu quả sinh thái rất đa dạng. Gió chuyển hơi nước từ biển vào đất liền và nhờ thế đảm bảo mưa rơi. Sự ma sát của các khối không khí vận động hỗn loạn đã tạo ra điện. Nguồn điện này chuyển thành lửa tự nhiên và bổ sung nguồn đạm cho các hệ sinh thái bằng cách tạo ra các ôxít nitơ (NO_x). Gió chuyển bụi và các vật chất hữu cơ từ hệ sinh thái này đến hệ sinh thái khác. Gió làm xáo trộn các phần tử của lớp đất mặt. Sự di chuyển của các hạt đất nhỏ dưới ảnh hưởng của gió có thể chuyển đất có kết cấu trung bình thành đất cát, làm thay đổi độ phì và độ ẩm đất. Đây là nguyên nhân dẫn đến quá trình sa mạc hóa. Gió ảnh hưởng đến quá trình bốc hơi nước từ đất và thoát hơi nước của thực vật. Gió làm khô đất; do đó cây có thể bị chết. Gió làm lan truyền năng lượng nhiệt từ nơi nóng đến nơi lạnh. Vì thế, gió góp phần điều hòa nhiệt. Gió vận chuyển các phấn hoa và quả từ nơi này đến nơi khác. Vì thế, gió đóng vai trò to lớn trong quá trình sinh sản, phát tán các mầm sống của thực vật. Gió cũng có vai trò to lớn đối với động vật và con người. Gió làm phân tán các tác nhân gây ô nhiễm không khí. Điều đó giúp các thành phố không bị ô nhiễm. Gió lớn lại gây ra những tác hại không nhỏ cho thực vật, động vật và con người. Chẳng hạn: Gió lớn làm gãy cây; làm hư hại hoa, quả và tán lá; làm xói mòn đất; làm giảm năng suất của đất; gây ra hư hại nhà cửa và các công trình kiến trúc.

Ở [Mục 6.4](#), trước hết chúng ta xem xét vai trò của không khí và gió trong đời sống của rừng; mối quan hệ của gió với địa hình; ảnh hưởng của rừng đối với gió và thành phần không khí. Sau cùng, chúng ta thảo luận vai trò của gió trong lâm nghiệp.

6.4.2. Thành phần không khí sạch và ý nghĩa của chúng

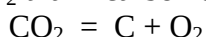
Thành phần không khí (Bảng 6.8) hầu như không thay đổi trong khoảng 1.000 năm qua, trừ CO₂. Các nghiên cứu cho thấy nồng độ khí CO₂ tăng lên khoảng 10-12% trong vòng 100 năm qua. Điều này có liên hệ với sự sống của sinh vật và hoạt động của con người. Khối lượng CO₂ và H₂O được rừng hấp thụ và khối lượng O₂ tự do mà rừng thải ra không khí có thể xác định được theo định luật bảo toàn vật chất và năng lượng và các định luật nhiệt hóa học. Theo định luật nhiệt động học hóa học, hiệu suất năng lượng chuyển hóa hóa học chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và cuối của hệ thống mà không phụ thuộc vào cách thức phản ứng xảy ra. Đối với thực vật, trạng thái đầu là CO₂, chất khoáng từ đất và bộ máy đồng hóa của cây có khả năng tạo ra chất hữu cơ dưới tác dụng của ánh sáng mặt trời. Trạng thái cuối của hệ thống là lượng tăng trưởng thực vật khối khô hàng năm trên 1ha, thành phần hóa học trong thực vật khối và lượng CO₂ dư thừa được rừng thải vào không khí. Thành phần hóa học trong các bộ phận của thực vật được xác định thông qua phân tích.

Bảng 6.8. Thành phần, tỷ trọng (d) và khối lượng riêng (V) của không khí

Chỉ tiêu	Độ ẩm (%)	Thành phần không khí (%):					P = 760 mmHg T = 20°C	
		N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	hơi nước	D (kg/m ³)	V (m ³ /kg)
1.Theo khối lượng khô	0	78,1	20,85	0,95	0,032	0	1,026	0,830
2.Theo trọng lượng khô	0	75,6	23,05	1,30	0,047	0	1,026	0,830
3.Theo trọng lượng ẩm	60	75,3	22,85	1,29	0,046	0,53	1,202	0,832
4.Theo trọng lượng ẩm	90	74,7	22,75	1,28	0,046	1,20	1,198	0,836

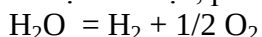
Ghi chú: Các chất khí khác chỉ chiếm một vài phần ngàn hoặc phần triệu.

Bảng 6.9 dẫn ví dụ tính toán khả năng hấp thụ CO₂ và giải phóng O₂ của rừng Vân sam ở nước Nga (Belov, 1976). Để dễ tính toán, chúng ta xét đến 1 tấn thực vật khối khô tuyệt đối. Từ số liệu ở Bảng 6.9 cho thấy, để thu được 510,4 kg carbon từ khí CO₂, rừng Vân sam cần phải thu vào 1.873kg CO₂ từ không khí. Về mặt hóa học, phản ứng chuyển đổi CO₂ thành carbon diễn ra như sau:



$$1.873 = 510,4 + (510,4 \times 2,67) = 510,4 + 1362,6 \text{ (kg)}.$$

Tương tự, để tách được 61kg hydro, rừng Vân sam cần phải thu nhận được 557,1kg H₂O. Về mặt hóa học, phản ứng chuyển đổi H₂O thành hydro diễn ra như sau:



$$557,1 = 61,9 + (61,9 \times 8) = 61,9 + 495,1 \text{ kg}.$$

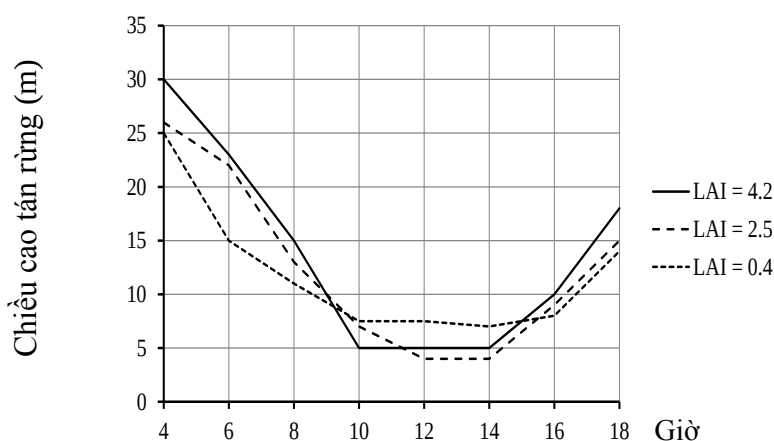
Từ những phân tích trên đây cho thấy, để sản xuất 1 tấn thực vật khối khô tuyệt đối, khối lượng O₂ được rừng thu nhận là 1.362,6 + 495,1 = 1.857,7 (kg). Nhưng theo số liệu của Bảng 6.9, trong 1 tấn thực vật khối chỉ chứa 408 kg O₂. Do đó, khối lượng O₂ mà rừng thải vào khí quyển trong khi tạo thành 1 tấn thực vật khối khô tuyệt đối là 1.857,7 - 408 = 1.449,7 kg hay 1,45 tấn. Trong quá trình tạo thành 1 tấn thực vật khối khô tuyệt đối, rừng Vân sam cũng đã thu nhận một lượng nhiệt là 5×10⁶ kcal (1.000 kg sinh khối khô×5.000 kcal/kg = 5×10⁶ kcal năng lượng mặt trời). Nói chung, khi tạo thành 1 tấn gỗ khô tuyệt đối, khối lượng O₂ mà rừng thải vào khí quyển từ 1.302-1.420 kg/tấn gỗ khô tuyệt đối (đương lượng oxi trung bình là 1,3-1,4). Để hình thành 1 tấn lá khô tuyệt đối, cây xanh thải vào khí quyển nhiều oxi hơn. Trong thực tế, hàng năm rừng trên trái đất tạo ra hàng tỷ tấn thực vật khối khô tuyệt đối. Vì thế, khối lượng oxi được rừng thải vào không khí hàng năm cũng rất

lớn, ước tính từ 400-430 tỷ tấn/năm. Từ đó cho thấy, rừng như là một nhà máy xanh khổng lồ sản xuất ra oxy tự do cần cho con người và thế giới động vật. Bởi vậy, bảo vệ rừng và các thảm thực vật khác là bảo vệ môi trường sống của chúng ta.

Bảng 6.9. Thành phần nguyên tố trung bình trong gỗ và lá của cây Vân sam ở trạng thái khô tuyệt đối (Belov, 1976)

Các bộ phận của cây	Thành phần hóa học trung bình (%):				
	C	H	O	N ₂	Tro
1. Gỗ cả vỏ	50,50	6,20	42,8	0,20	0,28
2. Lá	52,40	6,10	36,4	1,32	3,80
3. Theo trọng lượng	51,04	6,19	40,8	0,53	1,44
4. Như trên, kg/1 tấn chất khô	510,40	61,90	408,00	5,30	4,40

Khối lượng CO₂ mà rừng hấp thu và khối lượng O₂ mà chúng thải vào không khí phụ thuộc vào loài cây, tuổi và khả năng tăng trưởng của rừng. Sự phân bố CO₂ trong quần thể thực vật theo quy luật (Hình 6.4): Ở bề mặt tán của quần thụ, nồng độ CO₂ tăng dần lên, còn nồng độ CO₂ giảm nhanh ở bên trong quần thụ. Nồng độ CO₂ nhận giá trị nhỏ nhất ở lớp không khí gần tầng mật độ lá lớn nhất. Nguyên nhân là do sự hấp thụ của lá. Đến gần tầng bề mặt đất, nồng độ CO₂ lại tăng nhanh. Nguyên nhân là do sự phân giải vật rụng. Theo thời gian trong ngày, nồng độ CO₂ bên trong quần thụ giảm thấp dần từ các giờ buổi sáng và thấp nhất vào giữa trưa; sau đó tăng dần và đạt cao nhất vào các giờ giữa đêm. Sự biến đổi này cũng phụ thuộc vào chiều cao của tán rừng và diện tích lá.



Hình 6.4. Phân bố CO₂ trong quần thụ theo thời gian trong ngày.

Nguồn CO₂ ở rừng có được là nhờ sự phân giải tàn tích hữu cơ và hô hấp của hệ rễ cây. Nồng độ CO₂ trong rừng có thể đạt 50 lần lớn hơn so với không khí ngoài trời, nghĩa là từ 0,5-1,5% theo thể tích, đôi khi đến 10% (Larcher, 1983). Chính nhờ có nồng độ CO₂ cao mà nhiều cây gỗ non có thể sống bình thường dưới tán rừng kín.

Để nâng cao sản lượng, nhà lâm học cần phải sử dụng các biện pháp đẩy nhanh quá trình khoáng hóa của các vật rụng. Để thực hiện được điều đó, nhà lâm học có thể xử lý rừng bằng nhiều cách khác nhau. Chẳng hạn: (1) Khai thông tán rừng để đưa ánh sáng lọt đến sàn rừng; (2) Phát dọn dây leo, cây bụi và cây gỗ vô dụng; (3) Làm khô đất lầy...

6.4.3. Rừng và gió

6.4.3.1. Ảnh hưởng của gió đến rừng

Gió ảnh hưởng rất đa dạng đến thảm thực vật rừng. Điều này tùy thuộc vào loại gió, tốc độ và hướng gió. Dưới đây là một số ảnh hưởng của gió đến rừng mà nhà lâm học cần quan tâm.

(1) *Gió ảnh hưởng đến quá trình sinh sản và sinh lý của thực vật.* Ảnh hưởng của gió đến quá trình sinh sản của thực vật rừng biểu hiện ở chỗ gió giúp cây thụ phấn và phát tán hạt giống đi xa. Gió đưa các khối không khí ẩm có chứa một lượng lớn CO₂, oxi và hơi nước vào vùng phân bố tán cây. Gió ngăn cản hoặc làm giảm sự tích tụ CO₂ vào ban đêm ở lớp không khí bên trong và dưới tán rừng. Điều này làm thay đổi sự trao đổi CO₂ và O₂; làm giảm quang hợp vào buổi sáng. Do sự phân tán và làm giảm bề dày của lớp không khí ẩm bao quanh tán lá, gió đẩy nhanh sự khuếch tán hơi nước qua khí không và dẫn đến mất cân bằng nước trong cây. Tuy vậy, sự mất mát nước không tăng lên một cách tỷ lệ thuận cùng với tốc độ gió mà tăng theo căn bậc hai của tốc độ gió. Khi gió tăng lên, tốc độ mất nước tăng nhanh. Hiệu quả của gió biểu hiện rõ ở những đai rừng phân bố trên sườn núi. Gió foehn (gió Lào) xuất hiện ở những vùng núi cao thuộc khu vực Tây Bắc và miền Trung nước ta gây ra những ảnh hưởng lớn đến thực vật. Nhiệt độ trong gió foehn có thể đạt đến 40-45⁰C; độ ẩm không khí có thể giảm thấp đến 15-20%. Điều kiện này làm cây thoát nước mạnh và dẫn đến mất cân bằng nước. Sự mất nước lại ảnh hưởng đến sự thu nhận dinh dưỡng từ đất. Gió trong lúc thời tiết khô nóng hoặc lạnh có thể làm khô héo lá cây non và vật rụng. Hiện tượng này cũng có thể xảy ra ngay ở rừng phân bố ở vùng ẩm. Gió còn ảnh hưởng xấu đến sự phát triển của hệ rễ và qua đó cũng ảnh hưởng đến tăng trưởng của rừng.

(2) *Gió lớn ảnh hưởng đến hình thái và cấu trúc tán lá và thân cây gỗ.* Gió làm cong thân cây, làm lệch tán cây (tán lá ở phía khuất gió phát triển mạnh hơn so với phía đón gió). Kết quả gây ra hiện tượng lệch tâm các vòng năm trên thân cây gỗ. Gió mạnh làm giảm sự phát triển chiều cao, nhưng làm tăng sự phát triển đường kính thân cây. Kết quả là thân cây gỗ thường thấp. Ở những nơi có gió mạnh kèm theo gió xoáy, rừng có cấu trúc tán nhấp nhô do gió làm đổ gãy cây; trong lỗ trống xuất hiện nhiều dây leo, cây bụi... Gió lớn thành bão còn làm tróc rễ cây, làm đổ gãy cây, làm tổn hại hệ thống lá và hoa quả. Trong các rừng hỗn loài khác tuổi, các tổn hại xảy ra ít hơn là do có sự khác biệt về đặc tính loài cây. Những cây mọc ở tầng cao hay nơi trống bị hại nhiều hơn so với cây mọc trong tán rừng. Khi gió lớn thành bão, những quần thụ thuần loài đồng tuổi không bị tổn hại hoàn toàn thì cũng bị hại nặng. Rừng vừa qua tia thưa bị hại lớn hơn. Những loài cây khác nhau bị tổn hại khác nhau. Loài bị đổ, loài khác bị tróc rễ. Những cây gỗ bản địa có sức chống chịu với gió hại lớn hơn so với những loài nhập cư.

(3) *Gió ảnh hưởng đến hệ sinh thái rừng.* Thật vậy, gió có thể đưa các mầm bệnh và côn trùng cũng như không khí bị nhiễm bẩn từ nơi khác xâm nhập vào hệ sinh thái rừng. Do đó, gió gây hại cho cây rừng, làm thay đổi hệ động vật và vi sinh vật. Sự phá hủy thảm thực vật bởi côn trùng có thể làm đất bị phơi ra ánh sáng; sau đó dưới ảnh hưởng của mưa và gió, đất có thể bị xói mòn. Nhưng gió cũng đem lại lợi ích cho sự hình thành đất và diễn thế của rừng thông qua sự vận chuyển các thành phần hữu cơ từ nơi này đến nơi khác. Từ tác dụng của gió, chúng ta có thể giải thích nguyên nhân hình thành một số kiểu rừng trong một khu vực nhất định mà những nhân tố khác ít thấy sai biệt.

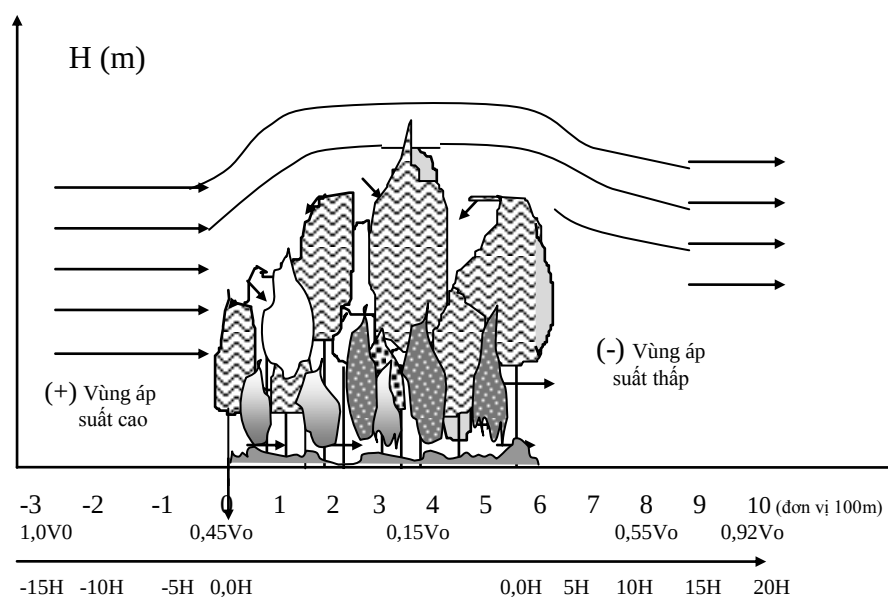
(4) *Gió ảnh hưởng đến sự hình thành tiểu địa hình.* Điều này có thể thấy xuất hiện trên những vùng đất cát và đất có thành phần cơ giới nhẹ. Đến lượt mình, tiểu địa hình có thể làm đất khô hơn và nóng hơn. Kết quả gây hại cho cây con mới trồng.

(5) *Gió ảnh hưởng đến cháy rừng.* Một tốc độ gió bất kỳ cũng sẽ làm tăng cường quá trình cháy rừng. Gió mạnh có thể chuyển cháy tầng thấp thành cháy tầng cao. Gió mạnh về mùa khô là một trong những điều kiện làm gia tăng nguy cơ cháy rừng.

6.4.3.2. Ảnh hưởng của rừng đến gió

Một dòng không khí đang di chuyển, nếu gặp đai rừng thì tốc độ và hướng di chuyển của nó sẽ thay đổi theo chiều thẳng đứng. Đồng thời phía trước đai rừng hình thành một vùng khí áp cao, còn phía sau đai rừng áp suất không khí giảm. Sự giảm thấp tốc độ gió trong rừng, trước và sau đai rừng phụ thuộc vào mật độ, chiều cao và sự phân bố cao thấp của các tán cây, nghĩa là phụ thuộc vào độ thấm gió của tán rừng.

Theo Belov (1976), sự vận động của gió khi gặp đai rừng được biểu diễn theo [Hình 6.4](#). So với tốc độ gió trước đai rừng V_0 ở khoảng cách $15H$ (H là chiều cao của đai rừng), tốc độ gió giảm dần vào phía trong đai rừng và đạt mức $0,14V_0$ ở giữa đai rừng. Sau đó tốc độ gió tăng dần lên. Khi di chuyển đến cự ly $20-25H$, thì tốc độ gió đạt mức gần như ở phía trước đai rừng. Theo quy luật phân bố tốc độ gió trong rừng và không gian ngoài đai rừng, khi thiết kế các đai rừng phòng hộ chống gió hại cho đồng ruộng, thì khoảng cách giữa 2 đai rừng dao động từ $20-30H$.



Hình 6.4. Sơ đồ vận động của gió khi gặp đai rừng.

6.4.3.3. Rừng và các chất thải độc hại trong không khí

Thông qua sự phát triển của các ngành công nghiệp, giao thông vận tải, sử dụng hóa chất trong nông - lâm nghiệp và phát triển dân số, con người đã làm cho môi trường xung quanh bị biến đổi hết sức sâu sắc. Việc thải khí độc hại và bỏ hóng vào khí quyển đã gây ra ô nhiễm không khí. Sự nhiễm bẩn môi trường nước và đất do ảnh hưởng của xói

mòn đất, hoạt động nông - lâm nghiệp và giao thông vận tải cũng đang tăng nhanh. Thuật ngữ ô nhiễm môi trường là sự xuất hiện những vật chất lạ trong một hợp phần (hay toàn bộ các hợp phần) nào đó của môi trường. Kết quả gây hại cho sinh vật và con người.

Nguồn chất nhiễm bẩn trong không khí bao gồm nguồn tự nhiên (động đất, núi lửa, cháy rừng và thảo nguyên do ảnh hưởng của sấm chớp, sự phân hủy các tàn dư hữu cơ...) và nhân tạo (các chất thải trong công nghiệp, giao thông vận tải, hoạt động nông - lâm - ngư nghiệp và sinh hoạt của cộng đồng...). Chúng có thể tồn tại ở dạng dung dịch, dạng khí và dạng rắn. Chất thải khí tồn tại ở dạng CO , CO_2 , SO_2 , NO_x (NO , NO_2 , N_2O ...), CH_3 , H_2S ... Dạng lỏng bao gồm H_2SO_4 , HCl , dầu mỡ, axit hữu cơ, xà phòng... Chất thải rắn gồm có nhựa, giấy, vỏ hộp các loại, kim loại, gỗ... Những chất độc hại này có thể tác động trực tiếp hoặc gián tiếp đến cây gỗ và các loài cây khác.

Các loài cây gỗ cũng có khả năng thích nghi nhất định với tác động xấu của môi trường. Ngoài ra, rừng có vai trò lớn đối với việc làm sạch không khí. Vai trò vệ sinh của rừng biểu hiện ở chỗ chúng có khả năng làm giảm các khí độc hại (H_2S , NO_2 , NO , CO , CO_2 , HCl ...); ngăn cản và hấp phụ một số bụi, chất phóng xạ, hơi độc... Ví dụ: 1 héc-ta rừng lục hóa thành phố có thể hấp thu 8 kg H_2CO_3 trong 1 giờ, bằng lượng CO_2 do 200 người thải ra trong một ngày. Rừng lục hóa và hệ thống cây xanh xung quanh đô thị của một thành phố có thể hấp phụ 70-80 tấn bụi/năm, làm giảm 30-40% bụi trong không khí. Ở những khu công nghiệp lớn, nồng độ bụi trong không khí đạt tới 15-20 mg/m^3 , trong khi đó ở vùng ngoại vi thành phố là 1,3 - 3,0 mg/m^3 ; quy định cho phép là 0,5 mg/m^3 .

Rừng và đai cây xanh có khả năng làm giảm sự nhiễm bẩn không khí thông qua 4 con đường cơ bản sau đây: (1) Chúng làm giảm tốc độ gió, ngăn cản sự bay lên của bụi và các phần tử đất rơi trên mặt đất; (2) Hệ thống rễ cây cố định đất và chống phân tán đất thành các phần tử nhỏ vào không khí; (3) Do gió trong đai rừng có tốc độ nhỏ, các hạt bụi khó bốc lên cao, hạt nặng bị lắng đọng xuống đất; (4) Lá và cành cây như một bộ lọc bụi và bẫy hơi. Ví dụ: Một khoảnh rừng có diện tích bề mặt lá từ 40-100 ngàn m^2/ha , bề mặt cành và thân bằng 20 - 30% diện tích lá; tổng bề mặt ngăn cản bụi đạt tới $0,5 \times 10^5$ - $1,5 \times 10^5$ m^2/ha . Chính nhờ bốn con đường này mà rừng giống như một bộ lọc khổng lồ, giữ lại trên bề mặt lá, thân và cành của chúng nhiều chất thải ở dạng bụi và khí độc. Khả năng giữ bụi của cây xanh phụ thuộc vào cấu tạo bề mặt thân, cành, lá. Để tạo rừng bảo vệ môi trường và phòng chống ô nhiễm không khí, chúng ta cần tuyển chọn các loài cây gỗ và cây bụi sinh trưởng nhanh và ổn định cao với khí độc. Nhà lâm học cũng cần nhận thấy rằng không phải bất kỳ loài cây nào cũng có khả năng chống lại sự nhiễm bẩn không khí. Nồng độ khí SO_2 tăng đến 26 mg/m^3 không khí sẽ làm cho cây lá kim bị chết; 5-26 mg/m^3 không khí sẽ gây hại đáng kể cho tất cả các loài cây gỗ. Các chất H_2S và hợp chất florua có thể phá hủy hoạt tính của lục lạp; chất nguyên sinh bị thủy phân; tế bào bị mất nước... Vì vậy, chúng ta có thể xem các mức độ bị hại của thực vật là một trong những căn cứ để dự báo mức độ độc hại của các khí thải.

Oxi được hệ thống cây xanh thải vào không khí khác với oxi nhận từ các nguồn khác bởi lượng phitonxit và ion chống ô nhiễm không khí. Oxi của rừng thải ra có mức ion hóa rất cao, hơn 2-3 lần oxi của biển và 5-10 lần lớn hơn so với oxi không khí trong các thành phố. Sự ion hóa không khí được tạo ra do sự tương tác qua lại của các điện tích không khí với các điện tích của bề mặt đất và nước biển. Các nguyên tử oxi có xác suất bị ion hóa cao hơn 10 lần so với các nguyên tử khác. Nitơ trong lớp không khí gần mặt đất không bị ion hóa. Các ion có kích thước 10^{-8}cm được gọi là các ion nhẹ (ký hiệu là $\pm n$), còn các ion có kích thước 10^{-5}cm được gọi là các ion nặng (ký hiệu là $\pm N$). Hệ số hạ cực ($q = N^+/n^+$) đặc trưng cho quá trình ion hóa. Không khí càng sạch thì q có giá trị càng nhỏ. Nồng độ các ion dương và âm trong không khí có lợi cho cơ thể con người, nhất là có tác

dùng điều trị các bệnh cao huyết áp, viêm khí quản, lao phổi. Các ion nhẹ có lợi cho sức khỏe con người.

Giới hạn thấp nhất của các ion trong không khí là 25-50. Khi ấy không khí đã gây hại cho sức khỏe con người. Các ion nặng có tác dụng về sinh lý đối với sức khỏe con người. Rừng ảnh hưởng rất lớn đến nồng độ ion hóa trong không khí. So với nồng độ ion lớn nhất ở nơi có rừng che phủ 35-60% lãnh thổ (100%), trị số này giảm còn 15-30% ở rừng có độ che phủ 5-10% lãnh thổ. Vì thế, các công viên cây xanh, các đai rừng quanh thành phố và nơi đông dân cư có vai trò quan trọng đối với sức khỏe con người.

Nhiều thực vật còn thải vào không khí các chất dễ bay hơi. Những chất này được gọi là phitonxit, nghĩa là các chất độc của thực vật. Các phitonxit tác dụng rất mạnh đến các vi sinh vật và sinh vật đơn bào khác. Về mặt hóa học, các phitonxit là các chất dầu dễ bay hơi, các alcaloid cấu thành từ các hydrocarbon. Khi tạo thành các phitonxit, thì CO_2 , H_2 và O_2 được tách ra. Vào ngày hè, một hecta rừng có thể thải ra 2-5kg phitonxit. Các nghiên cứu cho thấy 2kg phitonxit đủ để sát trùng không khí của một thành phố cỡ vừa (khoảng 1 triệu dân). Tác dụng của chúng kéo dài đến chừng nào dòng không khí đã mang đi hết phitonxit.

6.4.4. Ý nghĩa của gió trong lâm học

Trước hết, gió là nhân tố ảnh hưởng việc chọn lựa phương thức lâm sinh. So với rừng thuần loài đồng tuổi, rừng tự nhiên hỗn loài khác tuổi có tính ổn định cao hơn với gió hại. Kinh doanh rừng hỗn loài khác tuổi với việc áp dụng khai thác chọn từng cây hoặc nhóm cây thành thực có thể hạn chế được ảnh hưởng xấu của gió lớn. Đối với rừng thuần loài đồng tuổi, trồng dày sẽ làm tăng tính ổn định với gió hại. Gió lớn làm thay đổi cân bằng nước của thực vật, làm hư hại rễ cây non, làm đổ gãy cây. Trong những trường hợp như vậy, gió tham gia như một trong những nhân tố cơ bản quyết định sự thành công của các phương thức trồng rừng và khai thác rừng. Kích thước băng khai thác rừng ảnh hưởng không chỉ đến quá trình phát tán hạt giống nhờ gió, mà còn đến sự hình thành và sự sống sót của cây tái sinh trên khoảnh chặt trắng. Vì thế, khi thiết kế băng khai thác và băng trồng rừng, nhà lâm học không chỉ phải tính đến loại gió và tốc độ gió, mà còn cả đặc tính phát tán hạt giống của các loài cây gỗ. Cùng với lửa và các nhân tố sinh thái khác, gió có thể tham gia như một nhân tố đẩy nhanh hoặc hạn chế tốc độ của quá trình diễn thế rừng. Gió có ảnh hưởng đến hình thái và kết cấu của rừng. Do đó, gió là một nhân tố tham gia vào quá trình hình thành rừng.

6.4.5. Tóm tắt vai trò sinh thái của không khí

Khí quyển là một nhân tố sinh thái quan trọng trong đời sống thực vật rừng. Cây thu CO_2 cần cho quang hợp và O_2 cần cho hô hấp đều từ không khí. Sự hấp thu CO_2 và sự giải phóng O_2 của rừng không chỉ có ý nghĩa lớn đối với cân bằng các chất khí của khí quyển, mà còn có ý nghĩa phòng chống ô nhiễm môi trường. Gió ảnh hưởng khác nhau đối với thực vật. Gió tác động đến sinh trưởng và hình thái thực vật thông qua ảnh hưởng đến cân bằng nước, sự trao đổi không khí, sự phân bố lại tầng trưởng mới giữa các bộ phận của cây gỗ, sự sống sót của chồi và lá. Ảnh hưởng của gió đến rừng phụ thuộc vào loại gió và tốc độ gió. Gió lớn gây hại về cơ giới, làm giảm chất lượng gỗ. Sự vận chuyển các thành phần khoáng và chất hữu cơ từ nơi này đến nơi khác dưới ảnh hưởng của gió có ý nghĩa lớn về sinh thái. Gió còn làm phân tán các nguồn vật chất gây ô nhiễm không khí, giúp cây thụ phấn, phân tán và di chuyển các mầm sống, mở rộng khu phân bố của thực vật và ảnh

định hình thái của một số kiểu rừng. Gió cũng là nhân tố ẩn định các phương thức lâm sinh. Sự phá hủy rừng một cách định kỳ bởi gió, ảnh hưởng của gió đến sự phát tán hạt giống, tác động của gió đến cây con, ảnh hưởng của gió đến rừng sau chặt nuôi dưỡng và khai thác chính là những nhân tố quan trọng để xây dựng các phương thức lâm sinh.

6.5. Vai trò sinh thái của đất và địa hình

6.5.1. Mở đầu

Trong khoa học đất, chúng ta thường bắt gặp các thuật ngữ: đất và đất đai. Thuật ngữ đất đai biểu thị tổng hợp những nhân tố mặt đất như địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc, mức độ chia cắt của mặt đất...) và đất có liên quan đến vị trí địa lý của hệ sinh thái. Các nhà khoa học về đất định nghĩa đất là vật chất khoáng rơi rớt trên bề mặt trái đất làm thoả mãn môi trường sống của thực vật. Theo định nghĩa này, đất chỉ là phần vật chất khoáng rơi rớt trên bề mặt trái đất, còn sỏi và các mẫu đá lẫn trong lớp đất khoáng rơi rớt không phải là đất. Các nhà địa chất định nghĩa đất là toàn bộ vật chất được hình thành bởi sự phong hóa các loại đá và khoáng nằm gần bề mặt trái đất. Các nhà xây dựng định nghĩa đất là nguyên liệu có thể đào được bằng những dụng cụ đơn giản (cuốc, xẻng) mà không cần đến chất nổ. Nhà nông - lâm học định nghĩa đất là những lớp bên trên của bề mặt trái đất cung cấp cho cây những vật chất cần thiết như nước, chất khoáng và giá đỡ cho cây.

Đất có thể bao gồm chất khoáng rơi rớt và chất hữu cơ phân bố nông hoặc sâu, bị biến đổi mạnh hoặc ít. Hội khoa học đất của Mỹ (1973) định nghĩa đất là vật chất khoáng trên bề mặt trái đất bị phụ thuộc và chịu ảnh hưởng bởi các nhân tố nội sinh và ngoại sinh như đá, khí hậu, sinh vật (thực vật, động vật và vi sinh vật) và địa hình. Tất cả tác động qua lại theo thời gian và tạo ra sản phẩm khác hẳn với vật chất mà nó bắt nguồn từ đó bởi những đặc tính và những tính chất vật lý, hóa học, sinh học và hình thái. Định nghĩa này là khá đầy đủ, vì rằng nó đã nói rõ bản chất của hiện tượng mà chúng ta gọi là đất.

Nói chung, đất được biểu thị bằng một công thức đơn giản sau đây: Đất = f(khí hậu, đá mẹ, sinh vật, địa hình, thời gian). Như vậy, đất là kết quả phối hợp của các quá trình khí hậu và sinh học tác động lên đá mẹ theo thời gian.

Vị trí địa lý quyết định sản lượng và thành phần của các QXTV rừng. Ở mỗi vị trí địa lý nhất định có sự tác động tổng hợp của các nhân tố khí hậu, địa hình và đất. Các nhân tố khí hậu quyết định hình dáng bề ngoài (ngoại mạo), thành phần thực vật rừng và sản lượng của các kiểu rừng, còn đất đóng vai trò thứ yếu. Tuy vậy, khi khí hậu không thuận lợi cho thực vật, thì vai trò của đất lại đóng vai trò lớn hơn.

Đất được hình thành do ảnh hưởng của khí hậu được gọi là đất địa đới (Zonal Soil). Đất được hình thành do ảnh hưởng lớn hơn của những nhân tố phi khí hậu (mẫu chất, địa hình, thảm thực vật) được gọi là đất phi địa đới (Unzonal Soil). Dưới đây chúng ta xem xét quan hệ của rừng với một số nhân tố trong tổ hợp đất đai.

6.5.2. Ảnh hưởng của địa hình đến rừng

Địa hình là một nhân tố sinh thái độc lập. Địa hình tác động đến rừng. So với đất và khí hậu, ý nghĩa của địa hình đối với rừng kém quan trọng hơn trong việc quyết định thành phần và sự phân bố của rừng. Dưới đây chúng ta xem xét một số ảnh hưởng của địa hình đến các hoạt động sống của rừng.

6.5.2.1. Địa hình cải biến khí hậu

Địa hình ảnh hưởng đến sự phân bố nhiệt độ và lượng mưa. Theo quy luật, càng lên cao nhiệt độ càng giảm. Suất giảm nhiệt độ khoảng $\pm 0,55-1,0^{\circ}\text{C}$ mỗi khi lên cao hoặc xuống thấp 70-100m tùy từng nơi. Trong phạm vi một địa phương (vùng, miền), địa hình cải biến khí hậu ở những khu vực khá gần nhau. Năng lượng mặt trời bị cải biến rất nhiều theo các hướng dốc (hướng phơi) khác nhau. Ở bán cầu nam, các sườn dốc hướng về phương nam nhận được năng lượng bức xạ mặt trời trên một đơn vị diện tích nhỏ hơn so với các sườn núi hướng về bán cầu bắc. Ở bán cầu bắc, tình hình biến đổi ngược lại, nghĩa là các sườn núi hướng về phương nam nhận được năng lượng mặt trời trên một đơn vị diện tích lớn hơn so với các sườn núi hướng về phương bắc. Những sườn ít ánh sáng có xu hướng bốc hơi nước vật lý và thoát hơi nước của thực vật thấp hơn; do đó thảm thực vật gồm nhiều loài cây trung sinh hơn là sườn nhận nhiều ánh sáng. Hiệu quả này còn phụ thuộc vào một số nguyên nhân khác, nhưng sự khác biệt về năng lượng mặt trời nhận được ở hai sườn núi là nguyên nhân căn bản.

Địa hình là nguyên nhân gây ra sự tiếp nhận gió khác nhau ở các sườn núi. Kết quả dẫn đến sự phân bố lại thảm thực vật. Gió không chỉ ảnh hưởng đến hoạt động sống của cây gỗ, mà còn đến hình thái và sự đứng vững của cây gỗ. Ở sườn tiếp nhận gió lớn, rừng bao gồm nhiều cây gỗ thân thấp, cây bụi và cây lá cứng và cây có gai. Ngược lại, ở sườn khuất gió, rừng bao gồm nhiều loài cây gỗ thân cao lớn, tán lá rộng xum xuê. Sự tương phản sẽ càng trở lên rõ ràng hơn khi rừng bị ảnh hưởng thêm của các nhân tố khác.

6.5.2.2. Địa hình cải biến đất

Địa hình ảnh hưởng đến sự hình thành đất. Trên nơi cao, đất không ngừng bị xói mòn, để lại một tầng đất mỏng, nhiều mẩu đá. Trong khi đó, đất trên địa hình thấp (chân đồi, núi) và dưới các thung lũng luôn được bồi đắp và được làm giàu thêm các chất khoáng do sự rửa trôi từ trên cao đưa lại. Do đó, so với đất trên địa hình cao, đất phân bố ở địa hình thấp và bằng phẳng có tầng dày hơn, ẩm hơn, độ phì cao hơn, thành phần cây phong phú và sinh trưởng xum xuê. Ngược lại, trên những sườn núi, do có gió lớn, khí hậu khô và lửa thường xuyên tràn qua, nên tầng đất mỏng và rừng phát triển yếu ớt, nhiều cây thân thấp, thân có gai, lá cứng. Thảm thực vật rừng trên những sườn núi khó phát triển đến trạng thái cao đỉnh. Trái lại, các thảm thực vật rừng trên địa hình thấp và trong các thung lũng có thể phát triển đến trạng thái cao đỉnh.

6.5.2.3. Ảnh hưởng của địa hình đến sự phân bố của rừng

Theo Thái Văn Trùng (1999), nhóm nhân tố địa lý - địa hình có vai trò cao nhất trong 5 nhóm nhân tố sinh thái phát sinh thảm thực vật rừng Việt Nam; trong đó độ vĩ và độ cao đóng vai trò lớn nhất. Dưới ảnh hưởng của hai nhân tố địa lý - địa hình đã hình thành các vành đai thực vật theo độ vĩ và độ cao. Dựa theo ảnh hưởng của hai nhân tố này, rừng được phân chia thành những kiểu khác nhau.

- (a) Kiểu rừng, rú kín vùng thấp phân bố từ độ cao dưới 1.000m ở miền Nam và dưới 700m ở miền Bắc.
- (b) Kiểu rừng kín vùng cao phân bố từ độ cao 1.000-1.800m ở miền Nam và 700-1.600m ở miền Bắc.
- (c) Các kiểu quần hệ khô, lạnh vùng cao phân bố từ độ cao trên 1.600m.

Ở Việt Nam, nhiệt độ ở độ cao từ 700m trở lên ở miền Bắc và 1.000m trở lên ở miền Nam thay đổi từ $\pm 0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ mỗi khi lên xuống 75-100m. Kết quả là hình thành các vành đai khí hậu theo độ cao. Trong các đai khí hậu ấy, nhiệt độ bình quân năm cũng gần tương ứng với nhiệt độ bình quân theo độ vĩ. Vì thế, tại đây cũng xuất hiện các loài cây thường gặp trên các vành đai độ vĩ tương ứng. Đai á nhiệt đới núi thấp tầng dưới phân bố từ 1.000-1.800m ở miền Nam và 700-1.600m ở miền Bắc. Ở nơi có nhiệt độ trung bình hàng năm từ $15-20^{\circ}\text{C}$ xuất hiện các loài cây á nhiệt đới ưu thế thuộc họ Dẻ (Fagaceae), họ Re (Lauraceae), họ Du (Ulmaceae)... Trên vành đai 1.600-2.400m ở miền Bắc và 1.800-2.600m ở miền Nam, nhiệt độ trung bình là 10°C , cực trị xuống đến 0°C . Tại đây bắt gặp các loài cây lá kim như Thông năm lá Đà Lạt (*Pinus datatensis*), Thông lá dẹt (*Ducampopinus krempfii*)... Vành đai ôn đới lạnh phân bố từ 2.400m trở lên ở miền Bắc và 2.600m trở lên ở miền Nam. Ở đây xuất hiện các loài cây gỗ của họ Đỗ quyên (Encaceae) và nhiều loài cây gỗ thuộc vùng ôn đới lạnh như Lãnh sam (*Abies pindrow*) và Thiết sam (*Tsuga yunnanensis*).

6.5.3. Ảnh hưởng của đất đến rừng

6.5.3.1. Ý nghĩa của đất đối với rừng

Đất là nhân tố sinh thái có tầm quan trọng nhiều mặt đối với rừng. Điều này biểu hiện ở chỗ, trước hết đất là giá đỡ cho cây đứng vững và nơi ở cho động vật. Hai là đất cung cấp nước và chất khoáng cần thiết (K, Ca, Mg, Fe...) và nhiều chất vi lượng (Bo, Mo, Co, Mn) cho cây để cấu tạo cơ thể. Hai chức năng này của đất có tầm quan trọng ngang nhau đối với sự phát triển của rừng mưa nhiệt đới. Ý nghĩa của đất có thể thấy rõ khi quan sát một khoảnh rừng bất kỳ. Ví dụ: Trong một khu rừng rộng 40.000ha, sản lượng của các QXTV khác nhau rõ rệt, mặc dù trên thực tế chúng đều nhận được dòng năng lượng bức xạ mặt trời và lượng mưa rơi như nhau.

6.5.3.2. Ảnh hưởng của đất đến rừng

(1) Sự hình thành đất ở rừng mưa nhiệt đới

Kiểu đất không phải là một nhân tố độc lập của môi trường. Nó là kết quả của sự tác động qua lại của nhiều nhân tố lên mẫu chất của đất và chính mẫu chất tạo thành một trong những nhân tố độc lập quyết định thành phần và sự phát triển của thảm thực vật. Mẫu chất dưới tán rừng mưa nhiệt đới biến đổi rất nhiều. Dưới tác động tổng hợp của khí hậu, địa hình, sinh vật và lịch sử, quá trình phong hóa các mẫu chất đem lại lớp nền mà rừng mưa nhiệt đới mọc trên đó.

Hai nhân tố hình thành đất dưới rừng mưa nhiệt đới là độ ẩm và thảm thực vật. Ở những nơi đất bị ngập nước cả năm hoặc trong một thời gian dài, điều kiện dư thừa nước là nhân tố chi phối các nhân tố khác và hình thành đất đầm lầy. Đất đầm lầy bao gồm hai kiểu cơ bản là đất đầm lầy có than bùn và đất đầm lầy không có than bùn. Đất đầm lầy không có than bùn phân bố ven sông, hồ, biển và vùng trũng bị ngập nước dài ngày. Loại đất này hình thành từ phù sa, thành phần cơ giới nhiều hạt nhỏ, độ thoáng khí và hàm lượng chất hữu cơ ở mức rất thấp. Đất đầm lầy có than bùn phân bố ở những nơi mà đất bị ngập một số tháng trong năm. Loại đất này phân bố sau rừng ngập mặn ven biển. Độ dày của lớp than bùn thay đổi tùy theo kiểu thảm thực vật. Độ dày của lớp than bùn giảm dần khi tiến ra biên của các thảm thực vật đầm lầy. Than bùn được hình thành từ tàn dư thực vật và

động vật rừng xưa kia và thường bão hòa nước. Điều kiện dinh dưỡng thấp, yếm khí và dư thừa nước là những nguyên nhân làm cho quá trình phân hủy các tàn dư hữu cơ diễn ra chậm hơn so với quá trình tích tụ các tàn dư hữu cơ.

Đất rừng mưa trên nơi khô, địa hình cao và thoát nước tốt trải qua quá trình hình thành hoàn toàn khác so với đất đầm lầy. Trên địa hình cao, quá trình phong hóa của mẫu chất điển hình là tính chất hóa học; trong đó sản phẩm chính là silic và silicat (kaolin), các secquioxit sắt (Fe_2O_3) và nhôm (Al_2O_3) và các bazơ khác nhau. Các bazơ tan trong nước (NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$) bị rễ cây hút hoặc bị rửa trôi khỏi tầng đất. Tùy theo hàm lượng của các silicat và các secquioxit, đất dưới rừng mưa nhiệt đới được phân chia thành hai kiểu khác nhau. Đó là đất feralit (đỏ vàng) và đất pôtzôn. Đất feralit hình thành dưới điều kiện nhiệt độ cao. Các silicat trong đất feralit dễ bị hòa tan trong nước mưa, nhưng có xu hướng bị kết tủa và cố định lại trong tầng đất bởi dung dịch có chứa mùn. Các secquioxit trong đất feralit ít hòa tan trong nước mưa, nhưng lại bị huy động bởi dung dịch mùn. Trong điều kiện nhiệt đới, nhiệt độ cao đã hạn chế quá trình tích tụ mùn. Kết quả là mẫu chất đã phong hóa bị nước mưa rửa trôi các silicat xuống sâu, để lại một tầng bị rửa lọc giàu secquioxit. Quá trình này được gọi là quá trình latêrit hay quá trình feralit. Qua đó hình thành kiểu đất đỏ và vàng phổ biến ở miền nhiệt đới ẩm. Hiện tượng latêrit hóa cũng thấy xuất hiện ở một số nơi nằm ngoài vùng nhiệt đới trên những mẫu chất giàu sắt và nhôm để sinh ra đất krasnozem (đất limon đỏ).

Đất pôtzôn hình thành dưới điều kiện nhiệt độ thấp hơn. Do ảnh hưởng của nhiệt độ thấp, nên kiểu đất này có khuynh hướng tích tụ mùn. Kết quả là các secquioxit hòa tan và lắng đọng lại ở tầng bồi tụ, còn tầng rửa trôi thì giàu silicat. Kiểu đất này thường xuất hiện ở rừng mưa nằm ngoài miền nhiệt đới và rừng trên núi cao nhiệt đới, nhưng đôi khi cũng thấy xuất hiện trên những đất cát của vùng thấp nhiệt đới. Đất pôtzôn cũng có khi hình thành trên đất canh tác theo kiểu du canh. Đất pôtzôn có thành phần cơ giới nhiều hạt to và hàm lượng dinh dưỡng thấp. Vì thế, các chất hữu cơ trong loại đất này bị phân giải kém. Cát trắng chứa hàm lượng sét dưới 5%. Nếu hàm lượng sét cao hơn, thì đất có màu hung đỏ trên tầng mặt. Điều đó biểu hiện quá trình feralit đang diễn ra. Khi đất nhiều ẩm, thì chất hữu cơ bị phân giải nhanh.

(2) Độ phì của đất ở rừng mưa nhiệt đới

Hai quá trình laterit hóa và pôtzôn hóa là cơ sở để giải thích sự hình thành đất của rừng mưa nhiệt đới trên địa hình cao. Đi kèm với hai quá trình này là hiện tượng rửa trôi nhanh các bazơ khỏi đất. Điều ngạc nhiên là rừng vẫn phát sinh và phát triển tốt trên những đất kém phì nhiêu của miền nhiệt đới. Sau khi rừng bị khai thác trắng và đốt toàn diện vật liệu sau khai thác để trồng cây nông nghiệp, thì đất bị suy thoái nhanh chóng chỉ trong vòng một vài năm, sản lượng cây trồng bị giảm dần. Để thấy rõ nguyên nhân của những hiện tượng này, chúng ta cần hiểu chu trình dinh dưỡng khép kín ở rừng mưa nhiệt đới.

Khi nghiên cứu rừng mưa nhiệt đới, chúng ta dễ dàng nhận thấy đa số rễ cây trên đất có tầng mỏng phân bố gần mặt đất. Trái lại, trên những đất có tầng dày, rễ cây phân bố tới độ sâu 2-3m và lớn hơn. Khi phân bố ở tầng đất mặt, rễ cây hấp thu nhanh chóng những chất dinh dưỡng được giải phóng qua sự phân hủy chất hữu cơ. Trái lại, khi phân bố trong những tầng đất sâu hơn, rễ cây hấp thu các chất dinh dưỡng từ mẫu chất. Do đó, các chất khoáng trong đất dưới rừng mưa nhiệt đới nguyên sinh luôn được cố định trong hệ thống “thực vật - đất”. Khi rừng nguyên sinh bị khai thác kiệt và đốt toàn diện, thì các chất khoáng tạm thời được phóng ra. Sau đó do ảnh hưởng của mưa và nhiệt độ cao, chúng nhanh chóng bị rửa trôi. Trên các khoảnh rừng bị khai thác trắng, nước trong đất bị bốc hơi

rất nhanh. Sự thiếu hụt nước kèm theo nhiệt độ cao là những nguyên nhân gây ra sự mất mát nhanh chóng các chất hữu cơ và đạm trong đất, tỷ lệ C/N giảm, pH tăng lên. Khi các bazơ bị rửa trôi hết, thì đất trở thành nghèo kiệt. Nếu thảm thực vật phát triển trở lại sau khi khai thác trắng, thì chu trình chất khoáng khép kín từ đất đến cây lại dần dần được tái lập nhờ nguồn dinh dưỡng được giải phóng ra từ mẫu chất.

Trên đất nghèo, chu trình chất khoáng diễn ra chậm chạp. Theo thời gian, thảm cây bụi dần dần được thảm cây gỗ thay thế. Khi QXTV không bị phá hủy, thì quá trình diễn thế thứ sinh trên loại đất này sẽ phục hồi lại rừng mưa. Nhưng nếu thảm cây bụi và cây gỗ tiếp tục bị phá hủy, thì thảm thực vật thân gỗ bị suy thoái thành đồng cỏ nghèo kiệt.

Độ phì là một nhân tố giới hạn sự phát triển của rừng mưa nhiệt đới và chính thảm thực vật cũng luôn thích nghi tốt để sử dụng đến mức cao những chất dinh dưỡng có thể có được. Phần lớn chất dinh dưỡng có trong đất đều do mẫu chất cung cấp. Trong đất rừng mưa nhiệt đới, hàm lượng đạm giàu hay nghèo phụ thuộc vào sự cố định đạm bởi mối quan hệ cộng sinh giữa vi sinh vật và nấm với cây họ Đậu. Điều đó cho phép duy trì sự cân bằng giữa sự thu nhận và tiêu hao đạm trong đất.

(3) Ảnh hưởng của đất đến các thành phần của rừng mưa

(a) *Đất ảnh hưởng căn bản đến thành phần loài cây gỗ hình thành rừng.* Trên đất nghèo dinh dưỡng và ngập úng, loài cây gỗ nào có khả năng chịu đựng được với hàm lượng dinh dưỡng thấp và điều kiện thiếu oxy sẽ định đoạt thành phần loài và sản lượng của rừng. Kết quả là trên lập địa này hình thành những QXTV phân biệt rõ ràng. Trên những đất nghèo, các QXTV chỉ bao gồm một số loài cây gỗ ưu thế. Ví dụ: Trên đất ngập úng do nước mưa ở vùng Tây Nam Bộ, Tràm cừ (*Melaleuca leucadendron*) chiếm ưu thế gần như đơn độc. Trên đất cát ven biển của khu vực Bình Thuận và Bà Rịa - Vũng Tàu, các loài Dầu cát (*Dipterocarpus costatus*) và Sến cát (*Shorea roxburghii*) chiếm ưu thế. Ngược lại, những đất phì nhiêu luôn xuất hiện nhiều loài cây gỗ với độ ưu thế của một loài không rõ rệt. Sự chuyển tiếp khá rõ rệt giữa rừng mưa thường xanh và rừng mưa nửa thường xanh không chỉ là do lượng mưa cao hay thấp và thời kỳ khô hạn dài hay ngắn, mà còn do sự khác biệt về mẫu chất của đất.

(b) *Đất ảnh hưởng đến cấu trúc rừng.* Trên đất nghèo, rừng không chỉ nghèo nàn về thành phần loài cây gỗ, mà còn mật độ thấp và tầng thứ đơn giản. Ngược lại, trên đất có độ phì cao, rừng rất phong phú về thành phần loài cây, mật độ cao, nhiều tầng thứ rất phức tạp, nhiều dây leo, đi lại khó khăn.

(c) *Đất ảnh hưởng đến sản lượng rừng.* Sản lượng của rừng phụ thuộc vào khí hậu và đất. Đất có độ phì cao đảm bảo cho cây gỗ đủ nước và chất khoáng. Vì thế, sản lượng của rừng trên đất giàu dinh dưỡng và ẩm cao hơn so với đất nghèo dinh dưỡng và khô.

6.5.4. Ảnh hưởng của rừng đến đất

Rừng ảnh hưởng rất đa dạng đến đất. Trong quá trình sống, rừng trả về đất phần lớn các chất khoáng mà chúng rút ra từ đất. Các sản phẩm này ở dạng các vật rụng (lá, cành, hoa, quả và thân cây chết). Lượng Ca, K, P, N được rừng trả lại đất sau khi chết từ 70-90% so với nhu cầu của chúng. Khi bị phân giải, vật rụng chuyển hóa thành mùn. Mùn có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với quá trình hình thành đất và điều chỉnh sự thu nhận các chất khoáng vào đất. Trong một héc-ta rừng tự nhiên nhiệt đới có hàng chục tấn vật rụng. Khi đủ nhiệt độ, ánh sáng và độ ẩm, các lớp vật rụng dưới tán rừng được các vi sinh vật và giun đất công phá và qua nhiều biến đổi trung gian chúng trở thành mùn nhuyễn. Mùn

nhuẩn có một loạt tính chất như toi xốp, dung tích chứa khí cao...Đất còn là nơi sinh sống của các động vật thân mềm như giun đất, cuốn chiếu, các vi sinh vật và nấm. Đất có nhiều thảm mục và mùn trở thành đất có độ phì cao, cấu trúc toi xốp, thấm nước nhanh và giữ nước tốt. Giun đất có một vai trò cực kỳ quan trọng trong sự hình thành đất. Cho một lượng lớn vật rụng đi qua đường tiêu hóa, giun đất làm cho đất toi xốp, thoáng khí, giàu nitơ, photpho, canxi...Cùng với các sinh vật phân hủy khác, giun đất là nhân tố hình thành đất không thể thay thế.

Rừng ảnh hưởng đến tiểu khí hậu và điều kiện thủy văn của một lãnh thổ. Vì thế, rừng cũng ảnh hưởng đến đất của một lãnh thổ. Tán rừng là nơi ngăn giữ, phân phối lại mưa rơi và lượng nước bốc hơi từ mặt đất. Sự có mặt của rừng trên mặt đất còn có tác dụng điều hòa dòng chảy theo chiều nằm ngang và chiều thẳng đứng, làm thay đổi mực nước ngầm trong đất, tích tụ ẩm cho đất khi đất thiếu nước. Rừng làm tăng lượng giáng thủy trên một lãnh thổ có rừng phân bố, điều hòa dòng chảy, cố định đất và chống lại sự dịch chuyển đất do gió và mưa...Nếu không có rừng, thì đất có thể bị bào mòn đến tầng mẫu chất. Do đó, rừng ảnh hưởng sâu sắc đến quá trình hình thành đất và ngăn chặn sự phá hủy đất dưới ảnh hưởng của xói mòn do gió và nước.

6.5.5. Ý nghĩa của địa hình và đất trong lâm học

6.5.5.1. Địa hình và hoạt động lâm sinh

(1) *Địa hình chi phối trực tiếp đến các hoạt động lâm sinh.* Điều này xảy ra là vì địa hình cải biến khí hậu, đất và thảm thực vật. Rừng có nhiều loài cây gỗ hợp mục đích kinh doanh thường phân bố trên những địa hình phức tạp. Do đó, việc mở rộng khu phân bố của các loài cây gỗ và rừng luôn bị giới hạn bởi địa hình.

(2) *Các phương thức lâm sinh phải thay đổi tùy theo địa hình.* Ở nơi có địa hình cao, độ dốc lớn, mưa và gió có thể gây xói lở đất rất nhanh sau khi lớp phủ thực vật bị phá bỏ. Vì thế, ở đây thích hợp nhất là sử dụng phương thức khai thác chọn - tái sinh tự nhiên, còn gỗ được vận chuyển bằng đường thủy. Ngược lại, trên địa hình bằng phẳng, nhà lâm học có thể sử dụng phương thức khai thác trắng theo băng, theo đám và tái sinh nhân tạo, gỗ được vận chuyển bằng phương tiện cơ giới (máy kéo, xe tải, xe liên hợp).

(3) *Địa hình ảnh hưởng đến quản lý rừng.* Việc phân chia nhỏ rừng thành những khoảnh và lô kinh doanh, làm đường vận xuất và vận chuyển lâm sản phụ thuộc nhiều vào địa hình. Trên nơi bằng phẳng, chúng ta có thể vạch ra ranh giới của các lô và khoảnh một cách tùy ý. Nhưng trên những núi cao, việc đó phải dựa vào địa hình. Tương tự như vậy, công nghệ khai thác rừng cũng phải thay đổi tùy theo địa hình. Ở những nơi bằng phẳng, nhà lâm nghiệp có thể khai thác gỗ bằng phương pháp cơ giới. Nhưng ở địa hình cao, chúng ta phải khai thác gỗ bằng phương pháp thủ công và gỗ được vận xuất bằng dây cáp hay máy bay.

6.5.5.2. Đất và hoạt động lâm sinh

Đất ảnh hưởng sâu sắc đến sự phân bố, thành phần loài cây gỗ, sản lượng và cấu trúc rừng. Những hiểu biết này giúp ích rất nhiều cho công việc của nhà lâm học. Trước hết, tác dụng của đất được đặc biệt quan tâm trong việc chọn lựa đất trồng rừng. Trên những đất nghèo, đất có thành phần cơ giới thô, thoát nước mạnh, bất kỳ tác động nào cũng làm biến đổi mạnh mẽ thảm thực vật định cư trên đó. Trên đất sét nặng dưới tán rừng

nhật đới, tái sinh tự nhiên của rừng bằng phương thức chặt dần là không đảm bảo. Trái lại, phương thức chặt dần có thể áp dụng đối với rừng trên đất thịt pha cát.

Kỹ thuật lâm sinh có thể cải biến độ phì đất ở một chừng mực nào đó. Điều này thấy rõ trong những trường hợp mở tán rừng mạnh trên đất tích tụ nhiều mùn. Trên loại đất này, nhờ sự nâng cao lượng ánh sáng và nhiệt độ, nên tốc độ phân giải mùn diễn ra nhanh hơn. Các phương pháp tiêu nước và trồng rừng trên các lớp cao ở đất đầm lầy đã thực sự góp phần cải biến tính chất đất theo hướng có lợi cho cây trồng, tuy điều này có thể không đem lại lợi ích cho những loài cây tự nhiên sẵn có.

Để nâng cao sản lượng rừng và độ phì của đất, nhà lâm học cần phải thực hiện những biện pháp sau đây: (1) Bảo vệ các loài cây gỗ, cây bụi, thảm cỏ; (2) Bảo vệ lớp vật rụng để làm giàu mùn và đạm cho đất; (3) Điều chỉnh hợp lý độ che phủ của rừng thông qua khai thác; (4) Tạo điều kiện cho sự khoáng hóa vật rụng bằng cách bảo vệ hệ động vật và vi sinh vật đất; (5) Bổ sung thêm các nguồn năng lượng cho rừng, nhất là trên những loại đất nghèo; (6) Cải tạo đất chua, phèn, mặn bằng cách trồng rừng và xây dựng hệ thống thủy lợi hợp lý...

6.5.6. Tóm tắt vai trò sinh thái của đất và địa hình

Đất không chỉ là giá đỡ, mà còn cung cấp nước và chất khoáng cho thực vật. Kiểu đất là kết quả của sự tác động qua lại của nhiều nhân tố lên mẫu chất của đất và chính mẫu chất tạo thành một trong những nhân tố độc lập quyết định thành phần và sự phát triển của thảm thực vật. Dưới tác động tổng hợp của khí hậu, địa hình, sinh vật và lịch sử, quá trình phong hóa các mẫu chất đem lại lớp nền mà rừng mưa nhiệt đới mọc trên đó.

Đất là một nhân tố sinh thái hết sức quan trọng đối với thảm thực vật. Đất cũng là nhân tố được chú ý trong công việc lâm sinh. Nhưng đất dưới tán rừng cũng là một nhân tố khó có khả năng làm thay đổi một cách đáng kể chỉ bằng các biện pháp lâm sinh. Đất cũng đem lại nhiều điều hạn chế mà nhà lâm học cần phải thấy trước.

Câu hỏi chương 6

Mục 6.1. Vai trò sinh thái của bức xạ mặt trời

- (1) Cường độ ánh sáng ảnh hưởng đến thực vật như thế nào?
- (2) Tại sao nhà lâm học cần phải lưu ý đến việc trồng những loài cây gỗ có quang chu kỳ khác nhau?
- (3) Tại sao nhà lâm học cần phải phân biệt các loài cây gỗ theo nhu cầu ánh sáng của chúng?
- (4) Tại sao nhà lâm học cần phải quan tâm đến yếu tố ánh sáng trong khi gieo ươm, khai thác - tái sinh tự nhiên và nuôi dưỡng các loài cây gỗ và rừng?
- (5) Tại sao các loài cây gỗ rụng lá và mọc trong điều kiện ánh sáng thấp có hiệu suất quang hợp cao hơn so với các loài cây gỗ có lá thường xanh hoặc mọc ở nơi sáng?
- (6) Bằng cách nào nhà lâm học có thể tạo ra sự đa dạng về thành phần loài, cấu trúc và vị trí của các loài cây gỗ trong quần thụ?
- (7) Trong điều kiện ở rừng, nhà lâm học sử dụng những dấu hiệu nào để nhận biết quan hệ của cây gỗ với ánh sáng?
- (8) Tại sao nói ánh sáng là một trong những nhân tố quyết định việc chọn lựa các phương thức lâm sinh (gieo ươm, trồng rừng, nuôi rừng và khai thác rừng)?

Mục 6.2. Vai trò sinh thái của nhiệt độ

- (1) Khai thác trạng ảnh hưởng đến cân bằng nhiệt ở rừng như thế nào?
- (2) Rừng ảnh hưởng đến nhiệt độ đất và không khí như thế nào?
- (3) Giải thích vì sao thảm thực vật rừng thay đổi theo độ cao và độ vĩ?
- (4) Khi trồng rừng ở những nơi khô hạn và gió lớn, nhà lâm học cần phải làm gì?
- (5) Vì sao thực vật phải biến đổi về hình thái và đặc tính sinh lý theo điều kiện nhiệt độ?
- (6) Cho biết tầm quan trọng của nhiệt độ trong lâm nghiệp?
- (7) Tại sao nói nhiệt độ là một trong những nhân tố quyết định việc chọn lựa các phương thức lâm sinh (gieo ươm, trồng rừng, nuôi rừng và khai thác rừng)?

Mục 6.3. Vai trò sinh thái của nước

- (1) Những đặc tính nào của nước ảnh hưởng đến sinh thái của rừng?
- (2) Cho biết ảnh hưởng của nước đối với đời sống thực vật rừng?
- (3) Cho biết quan hệ của thực vật rừng với nước?
- (4) Viết phương trình cân bằng nước ở rừng? Từ đó phân tích sự thay đổi cân bằng nước dưới ảnh hưởng của khai thác rừng?
- (5) Bằng cách nào nhà lâm học có thể đánh giá được sự thiếu hụt nước của thực vật rừng?
- (6) Mưa ảnh hưởng đến phân bố của các kiểu rừng như thế nào? Tại sao các nhà lâm học lại gọi là rừng mưa nhiệt đới và rừng khô nhiệt đới?
- (7) Rừng đóng vai trò thủy văn như thế nào?
- (8) Cho biết ý nghĩa của nước trong các hoạt động lâm nghiệp?
- (9) Tại sao nói nước là một trong những nhân tố quyết định việc chọn lựa những phương thức lâm sinh (gieo ươm, trồng rừng, nuôi rừng và khai thác rừng)?

Mục 6.4. Vai trò sinh thái của không khí

- (1) Không khí đóng vai trò như thế nào đối với rừng?
- (2) Cho biết phương pháp xác định hàm lượng oxi mà rừng thải ra không khí và hàm lượng dioxit carbon mà rừng thu vào từ không khí?
- (3) Tại sao nói rừng có khả năng làm sạch không khí?
- (4) Tại sao trước khi mang các cây con từ vườn ươm trồng trên đất trống, nhà lâm học phải ngưng tưới nước cho chúng khoảng 1 tuần?
- (5) Khi trồng rừng trên đất trống, nhà lâm học cần phải sử dụng những phương pháp nào để hạn chế ảnh hưởng xấu của gió hại đối với rừng non sau khi trồng?
- (6) Vì sao nói gió là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến việc chọn lựa các phương thức lâm sinh (gieo ươm, trồng rừng, nuôi rừng và khai thác rừng)?

Mục 6.5. Vai trò sinh thái của đất và địa hình

- (1) Địa hình ảnh hưởng đến rừng như thế nào?
- (2) Đất ảnh hưởng đến rừng như thế nào?
- (3) Tại sao nhiều loài cây gỗ ở rừng nhiệt đới vẫn sinh trưởng tốt trên đất thiếu ẩm và nghèo chất khoáng?
- (4) Để bảo vệ độ phì và phòng chống xói mòn đất, nhà lâm học cần phải làm gì?
- (5) Vì sao nói đất là một trong những nhân tố ảnh hưởng đến việc chọn lựa các phương thức lâm sinh (gieo ươm, trồng rừng, nuôi rừng và khai thác rừng)?

Chương 7

SINH THÁI HỌC QUẦN THỂ

7.1. Mở đầu

Quần thể loài là một nhóm cá thể của cùng một loài hoặc đơn vị phân loại trong loài định cư trong một không gian hay lãnh thổ nhất định. Nói cách khác, quần thể loài là tập hợp những cá thể có quan hệ với nhau về di truyền. Ví dụ: Quần thể Dầu rái (*Dipterocarpus alatus*) bao gồm nhiều cá thể Dầu rái sống trên một không gian nhất định. Ở một số quần thể động vật, một vài cá thể có thể sống cách xa quần thể. Tuy vậy, các thành viên của một quần thể loài ít khi tồn tại độc lập. Chúng có thể tạo ra một quần thể mới, trở về quần thể mà từ đó chúng ra đi hoặc kết hợp với một nhóm cá thể khác. Cũng giống như một nhân tố môi trường nào đó, những cá thể trong một quần thể loài có thể là môi trường sống của những cá thể khác. Chẳng hạn: Những cây ưu thế và đồng ưu thế che bóng cho những cây nằm dưới tán của chúng. Do đó, sinh thái quần thể là một bộ phận quan trọng của khoa học sinh thái. Đối tượng chủ yếu của kinh doanh rừng là các quần thể cây gỗ. Vì thế, chương này cũng chỉ tập trung nghiên cứu sinh thái học quần thể cây gỗ. Những kiến thức về sinh thái học quần thể thực vật là cơ sở khoa học cho kỹ thuật lâm sinh, kinh doanh rừng, bảo tồn và quản lý tài nguyên rừng...

Chương 7 giới thiệu những vấn đề về sau đây: (1) Những đặc tính của quần thể; (2) Sinh thái quần thể thực vật; (3) Tái sinh rừng; (4) Ý nghĩa của sinh thái quần thể trong lâm học và kinh doanh rừng.

7.2. Quần thể và các đặc trưng của nó

Mỗi quần thể loài có nhiều đặc trưng khác nhau. Theo tính chất và số lượng, chúng ta có thể phân chia những đặc trưng của quần thể thành hai loại: (1) Những đặc trưng có liên quan đến tương quan số lượng và cấu trúc; (2) Những đặc trưng biểu thị thuộc tính di truyền của quần thể (sinh sản và tử vong, thành phần tuổi, kiểu sinh trưởng, sự dao động số lượng cá thể...). Dưới đây chúng ta xem xét một số đặc trưng cơ bản của quần thể.

7.2.1. Mật độ quần thể

Mật độ quần thể là số lượng cá thể hoặc thể tích hoặc sinh khối của loài trên đơn vị diện tích (m^2 , ha...) hoặc thể tích nhất định (m^3 , ha). Ví dụ: (1) Mật độ của quần thể Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) là 2.500 cây/ha; (2) Sinh khối của quần thể Dầu rái trong một khoảnh rừng tự nhiên hỗn loài là 75 tấn/ha. Mật độ quần thể là một chỉ tiêu quan trọng được nhà lâm học sử dụng để đánh giá: (1) Sự phù hợp của lập địa đối với quần thể; (2) Vai trò của loài trong quần xã; (3) Mức độ ảnh hưởng của loài đến môi trường...Tuy vậy, vai trò của loài có thể thay đổi tùy theo mật độ được tính theo số cá thể hay sinh khối...Thật vậy, một hecta rừng có 15 cây Dầu rái với $D = 60$ cm và $H = 30$ m; 2.500 cây bụi; hàng trăm ngàn cây cỏ...Khi tính vai trò của loài theo số cá thể, thì cỏ có vai trò lớn nhất, sau đó đến cây bụi và cuối cùng là Dầu rái. Bởi vì một cây Dầu rái có sinh khối hoặc thể tích lớn hơn hàng ngàn cây bụi và hàng trăm ngàn cây cỏ, nên nếu dùng sinh khối để đánh giá thì Dầu rái là loài có vai trò lớn hơn rất nhiều so với cây thân bụi và cây thân thảo. Mật độ quần thể thường không ổn định theo thời gian. Ngược lại, nó luôn thay đổi theo giai đoạn sống và những tác động từ bên ngoài. Ví dụ: Mật độ trồng ban đầu đối với 1 hecta rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi*) là 20.000 cây/ha, nhưng đến tuổi 5 chỉ còn lại 6-7

ngàn cây/ha. Nguyên nhân suy giảm mật độ quần thể theo tuổi là do ảnh hưởng của môi trường (khí hậu, đất) không thuận lợi và quy luật đào thải tự nhiên...

7.2.2. Thành phần giới tính

Thành phần giới tính biểu thị tỷ lệ (%) cá thể đực và cái trong quần thể. Đây là một đặc tính vốn có của bất kỳ quần thể động vật nào. Giới tính ở các quần thể động vật thay đổi tùy theo tuổi, môi trường (khí hậu, địa hình, đất) và phản ứng của quần thể nhằm điều chỉnh mật độ quá đông. Theo quy luật, tỷ lệ giới tính của các quần thể loài là 1:1. Nhưng do những biến động về tuổi và môi trường sống, nên tỷ lệ giới tính của các quần thể thay đổi theo môi trường và thời gian.

7.2.3. Tỷ lệ sinh đẻ

Tỷ lệ sinh đẻ biểu thị tỷ lệ gia tăng số lượng cá thể mới của quần thể trong một đơn vị thời gian nhất định. Trong thực tế, người ta biểu thị tỷ lệ sinh đẻ của quần thể theo hai cách khác nhau. Một là tỷ lệ sinh đẻ tuyệt đối được tính bằng cách chia số lượng cá thể mới phát sinh (ΔN) cho một đơn vị thời gian (Δt), nghĩa là $\Delta N/\Delta t$. Hai là tỷ lệ sinh đẻ đặc trưng được xác định bằng cách chia số lượng cá thể mới phát sinh (ΔN) trong một đơn vị thời gian (Δt) và trên số lượng quần thể (N), nghĩa là $\Delta N/N\Delta t$. Tùy theo mục tiêu nghiên cứu, trị số N có thể là mật độ của toàn bộ quần thể hoặc chỉ là một bộ phận của quần thể có khả năng sinh sản.

7.2.4. Tỷ lệ tử vong

Tỷ lệ tử vong biểu thị số cá thể của quần thể bị chết trong một đơn vị thời gian nào đó. Tỷ lệ tử vong có thể được tính theo ba cách khác nhau. Một là tỷ lệ chết tuyệt đối. Đó là số lượng cá thể bị chết ($\Delta N'$) trong đơn vị thời gian nhất định (Δt), nghĩa là $\Delta N'/\Delta t$. Hai là tỷ lệ chết đặc trưng. Đó là số lượng cá thể bị chết ($\Delta N'$) trong một thời gian nhất định (Δt) so với số lượng của toàn bộ quần thể (N) hoặc một bộ phận của quần thể, nghĩa là $\Delta N'/N\Delta t$. Ba là tỷ lệ chết sinh thái. Đó là số cá thể bị chết ($\Delta N'$) trong một điều kiện môi trường cụ thể. Tỷ lệ chết sinh thái thường không ổn định mà thay đổi tùy theo điều kiện của nơi ở và trạng thái của quần thể loài. Nếu quần thể loài sống trong điều kiện môi trường tối ưu, thì tỷ lệ chết ít nhất, khả năng tăng trưởng và sinh sản lớn nhất. Nói chung, khả năng sống sót của các cá thể phụ thuộc vào những nhân tố sinh thái ở mức giới hạn.

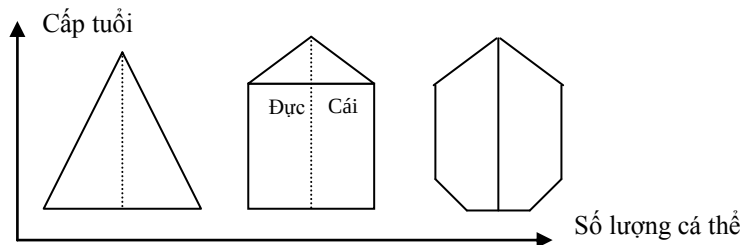
7.2.5. Cấu trúc tuổi của quần thể

Cấu trúc tuổi của quần thể biểu thị sự phân bố số lượng cá thể theo các lớp tuổi từ nhỏ đến cao. Đây là một đặc trưng quan trọng của quần thể, vì nó thuyết minh cho vai trò, sự tồn tại và sự hưng thịnh của các quần thể loài khác nhau. Những quần thể loài khác nhau có thành phần tuổi khác nhau. Trong một loài, thành phần tuổi phụ thuộc vào môi trường sống, tuổi thọ và thời kỳ trưởng thành của các cá thể.

Cấu trúc tuổi của các quần thể sinh vật có thể tồn tại ở ba dạng chủ yếu. Đó là dạng phát triển, dạng ổn định và dạng giảm sút (Hình 7.1). Dạng phát triển được đặc trưng bằng số lượng cá thể của các nhóm tuổi nhỏ luôn cao hơn so với số lượng cá thể của nhóm tuổi lớn, nghĩa là quần thể luôn có sự gia tăng thế hệ mới qua sinh sản. Dạng ổn định đặc trưng cho những quần thể mà các nhóm tuổi có số lượng gần bằng nhau và ổn định. Dạng giảm

đặc trưng cho những quần thể mà số lượng cá thể của các nhóm tuổi nhỏ ít hơn so với số lượng cá thể của nhóm tuổi lớn, nghĩa là quần thể có khuynh hướng giảm số lượng thể hệ mới. Trong môi trường tối ưu cho quần thể, cấu trúc của các nhóm tuổi thường gần bằng nhau và ổn định.

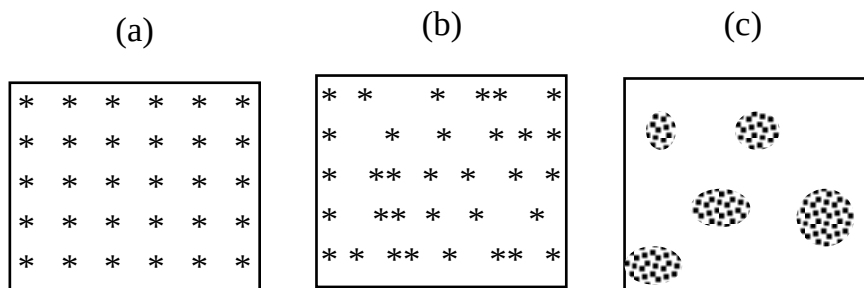
Ngược lại, khi quần thể tăng trưởng chậm hoặc gặp những nhân tố giới hạn, thì nhóm tuổi trưởng thành chiếm ưu thế. Hiện tượng này xảy ra là vì các cá thể trưởng thành có khả năng thích nghi với môi trường cao hơn so với các cá thể non trẻ.



Hình 7.1. Các dạng tháp tuổi của quần thể: (a) phát triển; (b) ổn định; (c) giảm.

7.2.6. Phân bố các cá thể trong không gian và quan hệ của những cá thể cùng loài

Sự phân bố của các cá thể của một quần thể trong không gian nơi ở của chúng có thể theo 3 kiểu: điều hòa, ngẫu nhiên và cụm hay đám (**Hình 7.2**).



Hình 7.2. Những kiểu phân bố của các loài cây gỗ trên mặt đất.

(a) Phân bố điều hòa; (b) Phân bố ngẫu nhiên; (c) Phân bố cụm.

(1) Phân bố điều hòa biểu hiện trong trường hợp (**Hình 7.2a**): (1) Loài có biến động rất nhỏ về số lượng cá thể trên diện tích có kích thước nhất định; (2) Các cá thể của loài sống cách nhau trên một khoảng cách bằng nhau. Kiểu phân bố này không bắt gặp trong điều kiện tự nhiên. Trái lại, kiểu phân bố này có thể bắt gặp ở các quần thể sinh vật được con người kiểm soát chặt chẽ như rừng trồng, đồng ruộng, vườn cây nhân tạo.

(2) Phân bố ngẫu nhiên biểu hiện ở chỗ các cá thể phân bố không theo quy luật nhất định (**Hình 7.2b**). Điều thiết yếu cho kiểu phân bố ngẫu nhiên là tính đồng nhất của môi trường. Trên quan điểm thống kê, tính đồng nhất xuất hiện trong trường hợp: (1) Mỗi cá thể của loài có xác suất bắt gặp như nhau ở bất kỳ một vị trí nào của quần thể; (2) Các xác suất này không thay đổi do sự có mặt của các cá thể khác ở gần đó. Kiểu phân bố ngẫu nhiên cũng không thường bắt gặp trong tự nhiên.

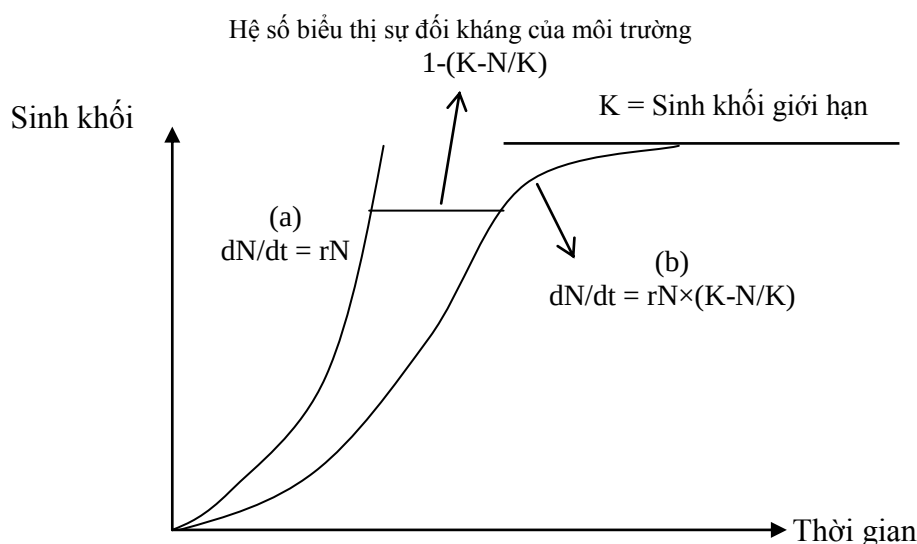
(3) Phân bố cụm hay phân bố theo đám (**Hình 7.2c**). Đó là sự sắp xếp các cá thể theo từng đám ở một số diện tích nào đó trong quần thể và hầu như không bắt gặp ở những diện tích khác. Đây là kiểu phân bố rất phổ biến trong thiên nhiên. Sự hình thành kiểu phân bố cụm có thể là do những nguyên nhân sau đây: (1) Đặc tính sinh học và sinh thái của loài

(phát tán quả và hạt xung quanh cây mẹ, sinh sản theo kiểu chồi, sự quần tụ theo bầy đàn...); (2) Sự không thuần nhất của môi trường (địa hình không bằng phẳng, nguồn thức ăn tập trung theo từng đám...); (3) Tác động chọn lọc theo đám của con người (khai thác cây rừng theo từng đám...); (4) Sự hấp dẫn của bầy đàn.

Khi nghiên cứu sự phân bố của các cá thể trong quần thể, Allee phát hiện ra quy luật: *Đa số các quần thể sinh vật sớm hay muộn đều quần tụ thành những nhóm cá thể*. Sự quần tụ của các cá thể cùng loài có thể đem lại nhiều lợi ích cho quần thể: (1) Tăng cường ưu thế trong sự cạnh tranh không gian và nguồn thức ăn; (2) Bảo vệ và hỗ trợ nhau trong quá trình chống lại kẻ thù; (3) Làm tăng khả năng sinh sản và tỷ lệ sống sót; (4) Tạo ra vi môi trường có lợi cho quần thể; (5) Phân chia lao động và hợp tác... Song sự quần tụ của các cá thể cùng loài thành từng đám với số lượng lớn cá thể có thể dẫn đến một số bất lợi: (1) Sự cạnh tranh trong loài để giành không gian và thức ăn dẫn đến làm giảm sự cạnh tranh giữa các loài, giảm khả năng sống sót của các thế hệ mới. (2) Làm tăng sự lây lan bệnh tật nguy hiểm, làm giảm sự đa dạng về hình thái, làm tăng tác động của một số nhân tố bất lợi... (3) Làm thay đổi hình thái và sức sống của các cá thể và cả quần thể. Ví dụ: Một quần thể cây rừng đông đúc có thể gây ra hiện tượng tán lá chồng lấp lên nhau. Kết quả là tán lá phát triển lệch dạng cờ, thân nhỏ, vòng năm phát triển lệch, tỉa cành sớm hoặc sự thiếu hụt ánh sáng dưới tán rừng dẫn đến sự ức chế sinh trưởng của các thế hệ mới.

7.2.7. Tăng trưởng của quần thể và các đặc trưng dân số của quần thể

Các quần thể sinh vật có hai kiểu tăng trưởng cơ bản. Một là tăng trưởng theo kiểu hình chữ J ngược (Hình 7.3a). Hai là tăng trưởng theo kiểu hình chữ S (Hình 7.3b). Tăng trưởng theo kiểu hình chữ J ngược còn được gọi là tăng trưởng theo hàm số mũ. Kiểu tăng trưởng này biểu thị tiềm năng tăng trưởng của quần thể trong môi trường không bị giới hạn về nơi ở và nguồn thức ăn.



Hình 7.3. Đường cong tăng trưởng của nấm men trong môi trường nuôi cấy (Dẫn theo Odum, 1971).

- a. Tăng trưởng dạng mũ.
- b. Tăng trưởng dạng chữ S.

Ở những quần thể có những thế hệ riêng biệt, nghĩa là thế hệ này và thế hệ khác không có sự chồng lấp lên nhau (Các loài côn trùng có một thế hệ trong mùa sinh sản; Thực vật có chu kỳ sống 1 năm), thì đường cong tăng trưởng theo hình chữ J ngược được mô tả theo [Hàm 7.1](#). Ở [Hàm 7.1](#), N_t là mật độ quần thể ở thế hệ t , N_{t+1} là mật độ quần thể ở thế hệ $t+1$, R_0 là tốc độ sinh sản hoặc số con sinh ra/số cá thể mẹ của một thế hệ. Khi $R_0 > 1$, kích thước quần thể tăng dần theo thời gian. Khi $R_0 < 1$, kích thước quần thể giảm dần theo thời gian.

$$N_{t+1} = R_0 \times N_t \quad (7.1)$$

Ở những quần thể có sự sinh sản liên tục, nghĩa là chúng tạo ra các thế hệ chồng lấp lên nhau (Cây gỗ), tăng trưởng theo hình chữ J ngược có thể được mô tả theo [Hàm 7.2](#). Ở [Hàm 7.2](#), N_0 = số lượng cá thể ở thời điểm bắt đầu nghiên cứu; N_t = số lượng cá thể ở thời điểm t (t = tuổi hay độ dài thời gian nghiên cứu); r = hệ số sinh trưởng, $r = (\ln N_t - \ln N_0)/t$; $\exp$ (Cơ số logarit Neper) = 2,7182. Đồ thị của [Hàm 7.2](#) có dạng hình chữ J. Bởi vì hệ số sinh trưởng (r) mang giá trị dương, nên khi t gia tăng vô hạn thì N_t cũng gia tăng vô hạn.

$$N_t = N_0 \times \exp(r \times t) \quad (7.2)$$

Trong thực tế, kích thước (mật độ, sản lượng gỗ, sinh khối...) của bất kỳ quần thể nào cũng không thể tăng lên vô hạn theo dạng hàm số mũ. Ngược lại, sự gia tăng kích thước của quần thể theo dạng hàm số mũ chỉ kéo dài một thời gian nhất định. Sau đó, do những giới hạn về không gian nơi ở, nguồn thức ăn, các quan hệ cạnh tranh, dịch bệnh và tiềm năng sinh học của loài, nên kích thước quần thể sẽ gia tăng chậm dần và đạt đến một giới hạn nhất định ([Hình 7.3b](#)). Dạng đường cong tăng trưởng này được mô tả bằng hàm Sigmoid ([Hàm 7.3](#)). Đồ thị của [Hàm 7.3](#) có dạng đường cong theo hình chữ S. Ở [Hàm 7.3](#), N_0 = số lượng cá thể ở thời điểm bắt đầu nghiên cứu; N_t = số lượng cá thể của quần thể ở thời điểm t ; K = số lượng cá thể cực đại của quần thể trong một môi trường nhất định; $(K - N_t)/K$ = hệ số biểu thị áp lực của môi trường; r = tỷ lệ tăng trưởng. Sự gia tăng mật độ quần thể theo [Hàm 7.3](#) còn được biểu diễn bằng hàm Logistic ([Hàm 7.4](#)); trong đó c là hằng số. Tăng trưởng theo hình chữ S có đặc trưng là quần thể tăng trưởng chậm ở giai đoạn đầu; sau đó diễn ra rất nhanh và tiếp theo thì chậm dần; cuối cùng duy trì ở trạng thái cân bằng bền vững (khi tỷ lệ chết bằng tỷ lệ sinh sản).

$$N_t = N_0 \times \exp[r \times (K - N_t/K)t] \quad (7.3)$$

$$N_t = \frac{K}{1 + \exp(c - rt)} \quad (7.4)$$

7.2.8. Biến động của quần thể sinh vật

Quần thể sinh vật là một hệ thống động, nghĩa là có sự biến đổi không ngừng theo thời gian ngày đêm, mùa trong năm và theo năm, thậm chí có cả những biến đổi khi chuyển từ thế hệ tuổi này sang thế hệ tuổi khác. Người ta phân biệt hai kiểu biến động của quần thể là biến động theo chu kỳ và biến động không theo chu kỳ. Biến động của quần thể có thể theo chu kỳ đều hoặc theo chu kỳ không đều. Ví dụ: Số năm sai quả ở loài Dầu rái là 4-5 năm. Những dao động của các quần thể sinh vật theo chu kỳ không chỉ được ấn định bởi những biến đổi theo chu kỳ của khí hậu, mà còn theo sự tương tác giữa các loài trong quần xã và hoạt động của con người. Ví dụ: Sự dao động theo chu kỳ ra hoa quả hay tăng trưởng ở cây rừng có liên hệ với hoạt động của mặt trời theo chu kỳ, còn ở thú ăn thịt có liên hệ với sự dao động theo chu kỳ của vật mồi. Sự biến động của quần thể không theo chu kỳ thường có liên hệ với những biến đổi bất thường của môi trường. Ví dụ: Cháy rừng

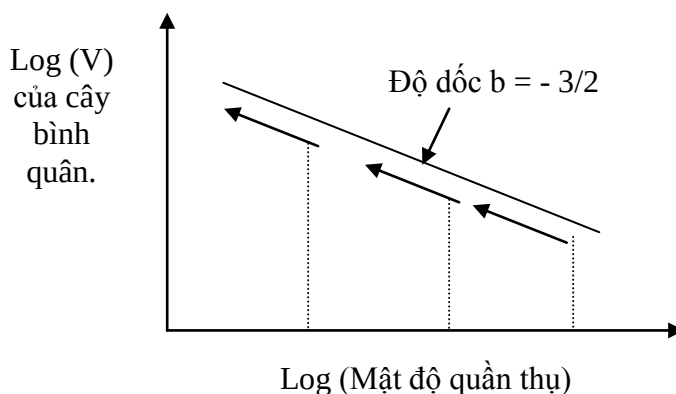
và đồng cỏ do bất cẩn của con người. Các kiểu dao động này sẽ được giới thiệu chi tiết ở [chương 8 và 9](#).

7.2.9. Lý thuyết về sự điều chỉnh kích thước quần thể

Kích thước của quần thể phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác nhau. Ở những hệ sinh thái có thành phần loài đơn giản, mật độ của quần thể thường phụ thuộc vào các nhân tố vật lý: khí hậu (ánh sáng, nhiệt độ, mưa, gió...) và nguồn chất khoáng trong đất. Ngược lại, ở những hệ sinh thái phức tạp về thành phần loài hoặc không bị kiểm soát bởi các nhân tố vật lý, mật độ của quần thể thường được ấn định bởi các nhân tố sinh học.

Lý thuyết về sự điều chỉnh kích thước quần thể cho rằng những nhân tố sinh thái không phụ thuộc vào mật độ là những nhân tố độc lập với mật độ quần thể. Ví dụ: Khí hậu, địa hình. Ngược lại, những nhân tố sinh thái bị kiểm soát bởi mật độ quần thể là những nhân tố phụ thuộc vào mật độ. Ví dụ: Các nhân tố sinh học.

Theo mức độ gia tăng mật độ, ảnh hưởng của những nhân tố phụ thuộc vào mật độ quần thể có thể gia tăng dần nhưng cũng có thể giảm dần. Mỗi quan hệ gia tăng dần được gọi là mối quan hệ ngược dương, nghĩa là khi mật độ quần thể càng cao thì những nhân tố phụ thuộc vào mật độ quần thể càng gia tăng. Mỗi quan hệ giảm dần được gọi là mối quan hệ ngược âm, nghĩa là khi mật độ quần thể càng cao thì những nhân tố phụ thuộc vào mật độ quần thể càng giảm. Những nhân tố phụ thuộc vào mật độ quần thể là cơ chế chủ yếu để ngăn ngừa sự dư thừa dân số và xác lập trạng thái cân bằng bền vững cho quần thể. Các quần thể sinh vật luôn tiến hóa theo hướng tạo ra mật độ ở mức thấp hơn so với sức chứa của môi trường hay khả năng cung cấp của lập địa. Ở các quần thể cây gỗ, sự cạnh tranh giữa các cá thể là một trong những nhân tố ấn định kích thước và mật độ cây gỗ trong quần thể. Một đám đông cá thể trong quần thể cạnh tranh với nhau sẽ dẫn đến nhiều cá thể bị chết. Kết quả làm giảm mật độ quần thể, nhưng lại làm tăng kích thước của những cây vẫn còn sống. Vì thế, theo thời gian, giữa số lượng cây gỗ và kích thước của cây trung bình tồn tại mỗi quan hệ chặt chẽ. Đó là quy luật tỉa thưa tự nhiên của quần thể.



Hình 7.4. Quy luật tỉa thưa tự nhiên biểu thị bằng hàm $\text{Log}(V) = a + b\text{Log}(N)$ với độ dốc $b = -3/2$.

Khi nghiên cứu đời sống của các quần thể, nhiều nhà lâm học (Reineke, 1933; Harper và McNaughton, 1962; Yoda và cs, 1963; Dẫn theo Curtis, 1982) nhận thấy sự suy giảm mật độ (N , cây) của các quần thể theo thời gian tuân theo quy tắc tự tỉa thưa. Ở những quần thể đã khép tán hoàn toàn, mối quan hệ giữa Logarit cơ số 10 của thể tích thân ($\text{Log}V$) của cây bình quân với Logarit cơ số 10 của mật độ quần thể ($\text{Log}N$) trên đơn vị diện tích có dạng hàm tuyến tính bậc 1, nghĩa là $\text{Log}(V) = a + b\text{Log}(N)$; trong đó độ dốc $b = -3/2$ (Hình 7.4).

Cơ sở khoa học của quy tắc này là ở chỗ bất kỳ lập địa nào cũng có khả năng mang một sinh khối cây gỗ lớn nhất. Khi quần thể cây gỗ tiếp cận đến giới hạn sinh khối lớn

nhất, thì tăng trưởng của cây cá thể chỉ tiếp tục xảy ra nếu số cây giảm. Nếu các cá thể của quần thể sống bên nhau, thì các cá thể đơn lẻ chỉ có thể gia tăng kích thước khi mật độ quần thể còn ở mức thấp. Khi quần thể cây gỗ sinh trưởng từ mật độ ban đầu thấp đến khi lấp đầy lập địa, thì mối liên hệ $\text{Log}(V)\text{-Log}(N)$ biểu hiện rõ ở thời điểm mà quần thể đạt đến sức chứa của lập địa. Đó là lúc quần thể khép tán kín. Ở những quần thể có mật độ cao, khi quá trình tự tỉa thưa tự nhiên đang xảy ra, thì mối quan hệ tuyến tính $\text{Log}(V) = a + b\text{Log}(N)$ có độ dốc $b = -3/2$. Quy luật độ dốc $b = -3/2$ thu hút sự chú ý của các nhà lâm học. Quy luật này là cơ sở cho các chỉ dẫn về mật độ trồng rừng và chế độ tỉa thưa rừng nhằm đạt tới kích thước cây cho sản lượng nhất định trước khi có sự cạnh tranh xảy ra làm ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây cá thể.

7.3. Sinh thái quần thể cây gỗ

7.3.1. Các giai đoạn trong đời sống của rừng thuần loài đồng tuổi

Từ khi phát sinh đến lúc già cỗi và chết, quần thể cây gỗ không ngừng biến đổi. Đó là quy luật chung trong đời sống của các quần thể cây gỗ. Mặt khác, các quần thể cây gỗ thường có đời sống hàng chục, thậm chí hàng trăm năm. Trong suốt quá trình đời sống, các quần thể cây gỗ luôn tồn tại hai quá trình trái ngược nhau. Đó là sự phát sinh thế hệ mới và sự loại bỏ thế hệ già. Hai quá trình này biểu hiện rất rõ trong rừng tự nhiên, nhất là rừng tự nhiên khác tuổi với nhiều loài cây gỗ. Dựa trên những đặc điểm biến đổi của rừng theo thời gian, nhà lâm học sẽ xây dựng các phương thức trồng rừng, nuôi dưỡng rừng, khai thác - tái sinh rừng... Vì thế, phân biệt rõ các giai đoạn phát triển của rừng là một nhiệm vụ của lâm học. Trong lâm học, hiện có hai phương pháp phân loại đời sống của rừng thuần loài đồng tuổi dựa theo giai đoạn phát triển của nó. Đó là phân loại đời sống của rừng về mặt sinh học và phân loại đời sống của rừng theo mục đích kinh doanh. Về mặt sinh học, đời sống của rừng thuần loài đồng tuổi được phân chia theo 5 giai đoạn, không kể thời kỳ hạt giống.

(1) *Giai đoạn cây mầm*. Giai đoạn này được tính từ khi hạt nảy mầm cho đến khi cây con đạt 1 năm tuổi. Trong giai đoạn này, rừng sinh trưởng rất chậm, sức sống kém, dễ bị biến đổi khi gặp điều kiện môi trường bất lợi (thiếu ánh sáng, chất khoáng và nước...).

(2) *Giai đoạn rừng non*. Giai đoạn này được phân chia nhỏ thành ba pha. Pha thứ nhất kể từ sau lúc rừng đạt 1 tuổi cho đến khi các cây gỗ bắt đầu giao tán với nhau. Pha thứ hai tiếp theo pha thứ nhất cho đến khi rừng khép tán kín. Pha thứ ba được kể từ lúc rừng khép tán kín cho đến khi rừng bắt đầu sinh sản. Giai đoạn rừng non có những đặc điểm cơ bản sau đây: (1) Sản lượng gia tăng rất nhanh cả ở các cơ quan trên và dưới mặt đất; (2) Sự cạnh tranh rất mạnh về ánh sáng, nước và chất khoáng; (3) Sự phân hóa và đào thải tự nhiên diễn ra mạnh; (4) Đòi hỏi nhiều ánh sáng, nước và chất khoáng.

(3) *Giai đoạn rừng trưởng thành*. Giai đoạn này được tính từ lúc rừng bắt đầu sinh sản cho đến khi sinh sản mạnh. Ở giai đoạn này, rừng có những đặc điểm cơ bản sau đây: (1) Sinh trưởng chậm về chiều cao và tán lá, nhưng sinh trưởng nhanh về đường kính và thể tích thân; (2) Sự cạnh tranh, sự phân hóa và tỉa thưa tự nhiên giảm dần; (3) Rừng bắt đầu xuất hiện thế hệ mới dưới tán cây mẹ; (4) Rừng ổn định cao với những biến đổi của môi trường (khí hậu, đất...). Đây là giai đoạn thành thực tái sinh của rừng, nghĩa là giai đoạn rừng cho tái sinh tự nhiên tốt nhất.

(4) *Giai đoạn rừng thành thực*. Giai đoạn này được tính từ sau thời kỳ rừng sinh sản mạnh cho đến khi ngừng sinh sản. Ở giai đoạn này, rừng có những đặc điểm cơ bản sau đây: (1) Giảm nhanh sinh trưởng đường kính và chiều cao; (2) Ra hoa quả kém; (3)

Tán lá thưa. Nếu kinh doanh rừng nhằm mục đích lấy gỗ, thì đây là thời kỳ cần phải thu hoạch gỗ, đồng thời tái tạo lại rừng mới.

(5) *Giai đoạn rừng quá thành thực và chết*. Giai đoạn này được kể từ lúc lượng tăng trưởng của rừng mang giá trị âm. Ở thời kỳ này, rừng biểu hiện những đặc điểm sau đây: (1) Không còn khả năng sinh sản và sinh trưởng; (2) Tính ổn định sinh học và sinh thái rất kém; (3) Dễ bị đổ gãy; (4) Chất lượng gỗ giảm. Do đó, trong kinh doanh rừng nhà lâm học không được để rừng lâm vào thời kỳ này.

Trong thực tế, nhà lâm học rất khó nhận ra ranh giới giữa các giai đoạn phát triển của rừng. Vì thế, rừng được phân loại theo 5 giai đoạn phát triển chỉ là quy ước. Tùy theo các loài cây gỗ và lập địa, mỗi giai đoạn có độ dài khác nhau và tương ứng mang những đặc điểm khác nhau. Nhưng dù sao cách phân loại này cũng đem lại nhiều điều bổ ích cho kinh doanh rừng.

Trong phân loại rừng phục vụ kinh doanh, các nhà quy hoạch rừng cũng phân chia đời sống của rừng thành 5 giai đoạn; trong đó mỗi giai đoạn là 1 cấp tuổi (A, năm): (1) Rừng non là cấp tuổi I; (2) Rừng trung niên là cấp tuổi II; (3) Rừng gần thành thực là cấp tuổi III; (4) Rừng thành thực là cấp tuổi IV; (5) Rừng quá thành thực là cấp tuổi V. Cấp A được quy định tùy theo loài cây gỗ. Mỗi cấp A của các loài cây gỗ mọc nhanh được quy ước từ 3-5 năm. Mỗi cấp A của các loài cây gỗ mọc chậm được quy ước là 5-10 năm. Dựa trên đặc điểm của mỗi cấp tuổi, nhà kinh doanh rừng nghiên cứu và đề ra hệ thống các biện pháp để điều khiển rừng. Ví dụ: Rừng ở cấp tuổi I được nuôi dưỡng bằng biện pháp chặt ánh sáng và chặt trừ. Rừng ở cấp tuổi II và III được nuôi dưỡng bằng biện pháp chặt tỉa thưa. Rừng ở cấp tuổi IV được thu hoạch gỗ.

7.3.2. Sinh trưởng và phát triển của rừng thuần loài đồng tuổi

7.3.2.1. Khái niệm về sinh trưởng và phát triển của rừng thuần loài đồng tuổi

Rừng thuần loài là rừng được hình thành từ một loài cây gỗ nhất định. Rừng thuần loài đồng tuổi là rừng được hình thành từ một loài cây gỗ; trong đó các cá thể có tuổi bằng nhau. Rừng thuần loài đồng tuổi tương đối là rừng được hình thành từ một loài cây gỗ; trong đó các cá thể chỉ khác nhau một cấp tuổi. Rừng thuần loài đồng tuổi được hình thành bằng con đường nhân tạo và tái sinh tự nhiên sau khi rừng bị khai thác trắng.

Sinh trưởng của cây gỗ và quần thụ là sự tăng lên về kích thước theo tuổi. Phát triển của cây gỗ và quần thụ là quá trình thay đổi về chất cần thiết xảy ra trong các tế bào và quá trình tạo ra các cơ quan mới. Trong quá trình sinh trưởng và phát triển của rừng, kích thước cây gỗ tăng lên cũng đồng thời kèm theo tăng cường ảnh hưởng lẫn nhau. Ở rừng non có hàng ngàn cây trên một hecta đất, đồng thời giữa chúng tồn tại mối liên hệ rất yếu. Nhưng sau khi rừng khép tán, các cây gỗ bắt đầu phát sinh sự cạnh tranh về chất khoáng, nước và ánh sáng và giữa chúng xuất hiện mối liên hệ chặt chẽ. Ngoài ra, rừng cũng tăng cường ảnh hưởng đến môi trường xung quanh thông qua nhiều mối liên hệ khác nhau. Ví dụ: Tạo ra nhiều vật rụng trên sàn rừng, hình thành vi khí hậu (thay đổi chế độ ánh sáng và nhiệt độ dưới tán rừng, ngăn chặn mưa rơi...).

Khi tuổi rừng và kích thước cây gỗ càng lớn, thì các mối quan hệ giữa cây rừng với nhau càng trở nên chặt chẽ và ảnh hưởng của chúng lên môi trường càng mạnh. Đồng thời, rừng cũng phát sinh một số hiện tượng mới mà trước đó không có như sự phát sinh thế hệ mới dưới tán rừng, sự đào thải các cá thể yếu kém, mật độ thưa dần và đến một lúc nào đó rừng ngừng sinh trưởng và chuyển vào pha thoái hóa. Quá trình tỉa thưa rừng xảy ra mạnh nhất ở thời kỳ rừng khép tán kín và ra hoa quả mạnh.

Sinh trưởng chiều cao (H , m), đường kính thân (D , cm) và thể tích thân (V , m^3) theo A ở mức cây cá thể và sinh trưởng tiết diện ngang (G , m^2/ha), sản lượng gỗ (M , m^3/ha) và sinh khối (B , kg/ha) theo A ở mức quần thụ đều có dạng đường cong hình chữ S (Hình 7.5). Sự biến đổi của những thành phần sản lượng này theo A được mô tả gần đúng bằng [Hàm 7.5](#). Ở [Hàm 7.5](#), Y_A = nhân tố điều tra (D , H , V , G , M , B) tại A năm; Y_{Max} = nhân tố điều tra tại tuổi thành thực tự nhiên, r = suất tăng trưởng của nhân tố điều tra, c = tham số biểu thị hình dạng của đường cong tăng trưởng.

$$Y_A = Y_{Max} \times \exp(-r \times A^{-c}) \quad (7.5)$$

Để hiểu rõ quy luật sinh trưởng của rừng thuần loài đồng tuổi, trước hết nhà lâm học cần hiểu rõ một số khái niệm dưới đây.

(1) *Tổng sản lượng gỗ của rừng*. Đó là tổng khối lượng gỗ được rừng sản xuất ra trên 1ha kể từ lúc phát sinh cho đến tuổi A năm (Kí hiệu = M_C , m^3). Lượng gỗ này thường không nhận thấy đầy đủ vào bất kỳ thời điểm nào trong chu kỳ sống của rừng. Nguyên nhân là vì trong khoảng thời gian nghiên cứu đã có một bộ phận cây gỗ bị đào thải và bị phân hủy trên sàn rừng. Để xác định được trị số M_C , nhà lâm học cần phải đo đếm liên tục cả lượng gỗ hiện còn trên cây còn sống hay cây đứng (M_{HC} , m^3) và phần gỗ đã bị đào thải (m = phần mất đi do tỉa thưa tự nhiên và chặt nuôi rừng). Đại lượng $M_C = M_{HC} + m$. Nếu thực hiện chặt nuôi rừng đều đặn theo cấp A , nhà lâm nghiệp có thể thu được một phần gỗ bị đào thải này.

(2) *Sản lượng gỗ hiện còn trên cây đứng*. Đó là sản lượng gỗ hiện còn trên các cây gỗ còn sống cho đến thời điểm nghiên cứu (Kí hiệu = M_{HC} , m^3). Lượng gỗ này có thể đo đạc được ở bất kỳ thời điểm nào trong chu kỳ sống của rừng.

(3) *Lượng tăng trưởng của cây gỗ và quần thụ*. Lượng tăng trưởng của cây cá thể (D , H và V) và quần thụ (G , M , B) theo A biểu thị sự biến đổi về lượng của chúng sau một năm. Ở đây, nhà lâm học cần phân biệt những loại lượng tăng trưởng dưới đây.

(3a) *Lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm của một nhân tố điều tra Y* ($Y = D, H, V, G, M, B$). Đó là sự biến đổi về lượng của một nhân tố điều tra sau 1 năm. Lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm của Y được xác định theo [công thức 7.6](#); trong đó A là năm thứ A , còn $A-1$ là năm ngay trước năm A .

$$ZY_A = (Y_A - Y_{A-1}) \quad (7.6)$$

Bởi vì nhiều loài cây gỗ và rừng sinh trưởng rất chậm, nên nhà lâm học rất khó xác định chính xác lượng tăng trưởng của một nhân tố điều tra sau 1 năm. Để dễ đo đạc, nhà lâm học thường xác định lượng tăng trưởng thường xuyên định kỳ bình quân năm của nhân tố điều tra Y (Kí hiệu = $Y_{tx,dk}$). Đó là giá trị bình quân hàng năm của một nhân tố điều tra Y trong khoảng thời gian từ A đến $A-n$ năm về trước; trong đó n là số năm định kỳ tính lượng tăng trưởng. Đối với những loài cây gỗ sinh trưởng nhanh và đời sống ngắn, n là 2 năm. Đối với những loài cây gỗ sinh trưởng chậm và đời sống dài, n là 5, 10 năm. Giá trị $ZY_{(tx,dk)}$ tại cấp tuổi A được tính theo [công thức 7.7](#).

$$ZY_{A(tx,dk)} = \frac{Y_A - Y_{A-n}}{n} \quad (7.7)$$

(3b) *Lượng tăng trưởng bình quân của nhân tố điều tra Y sau A năm*. Đó là lượng gia tăng trung bình của Y sau A năm (Kí hiệu = ΔY_A). Đại lượng ΔY_A được xác định [theo công thức 7.8](#).

$$\Delta Y_A = \frac{Y_A}{A} \quad (7.8)$$

Những công thức xác định ZY_A và ΔY_A trên đây được tính cho toàn bộ quần thụ kể từ lúc phát sinh cho đến tuổi A năm. Nếu chỉ kể đến những cây gỗ và quần thụ hiện còn

sống (cây đứng), thì 3 đại lượng ZY_A , $ZY_{A(tx,dk)}$ và ΔY_A cũng được xác định tương tự như công thức 7.6 - 7.8.

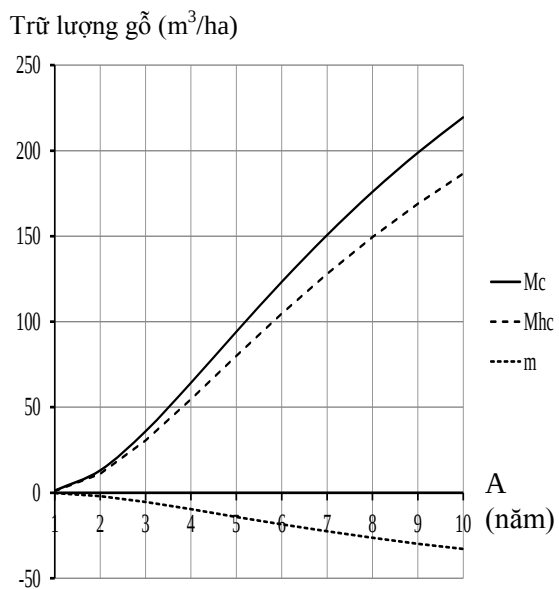
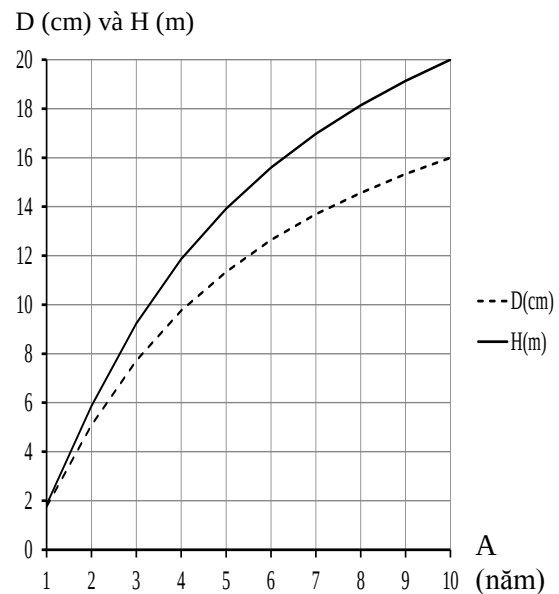
Hai đại lượng $ZY_{A(tx,dk)}$ và ΔY_A chỉ có ý nghĩa làm rõ quy luật biến đổi của Y theo tuổi. Trong sinh thái rừng, lượng tăng trưởng hàng năm (ZY_A) có ý nghĩa lớn hơn lượng tăng trưởng bình quân năm (ΔY_A). Nguyên nhân là vì ZY_A phản ánh rõ ảnh hưởng của các nhân tố môi trường (X_i) trong từng năm nhất định. Nhờ đó nhà lâm học biết được cây gỗ và rừng sinh trưởng tốt hay bị ức chế sinh trưởng ở vào thời điểm nào trong đời sống của chúng. Khi biết mối quan hệ $ZY_A = f(X_i)$, nhà lâm học xác định được các nhân tố môi trường và mức độ biến đổi có lợi của chúng đối với sinh trưởng của cây gỗ và rừng.

7.3.2.2. Đặc điểm sinh trưởng của rừng thuần loài đồng tuổi

(1) Lượng tăng trưởng H lớn nhất (ZH_{Max} , ΔH_{Max}) xảy ra vào thời kỳ rừng non, nghĩa là từ lúc rừng khép tán kín cho đến khi sinh sản mạnh. Tiếp theo, khi tuổi rừng tăng lên, thì lượng tăng trưởng H suy giảm dần. Khi rừng bước vào thời kỳ thành thực, tăng trưởng H giảm nhanh. Đến giai đoạn già cỗi, rừng ngừng tăng trưởng chiều cao.

(2) Lượng tăng trưởng D lớn nhất (ZD_{Max} , ΔD_{Max}) xảy ra sau giai đoạn rừng non, nghĩa là từ lúc rừng khép tán kín cho đến khi sinh sản mạnh. Theo Belov (1976), nếu xét tỷ lệ H/D (không kể đến đơn vị đo) theo A cây, thì chúng ta nhận thấy quy luật sau đây. Ở thời kỳ trước lúc rừng thành thực, tỷ lệ $H/D = 0,7-1,0$. Từ lúc rừng thành thực trở đi, tỷ lệ $H/D = 0,4-0,6$. Đó là những dấu

hiệu phản ánh tình trạng sinh trưởng bình thường của rừng. Sự trái quy luật này cho thấy H và D biến đổi không cân đối với nhau. Nếu $H/D \gg 1$, thì chiều cao phát triển quá mạnh. Khi hiện tượng này xảy ra, các cây gỗ có sức sống yếu và dễ bị đổ gãy do gió lớn. Ngược lại, nếu $H/D \ll 1$, thì các cây gỗ có thân thấp, nghĩa là D phát triển mạnh hơn H . Khi hiện



Hình 7.5. Sinh trưởng của rừng thuần loài theo tuổi.

tượng này xảy ra, các cây gỗ có D lớn và H thấp, độ thon thân lớn. Điều đó cho phép chúng chống chịu tốt với gió hại. Tuy vậy, về mặt kinh doanh gỗ xẻ, những cây gỗ có độ thon lớn là những cây gỗ kém giá trị, bởi vì khi xẻ phải loại bỏ nhiều gỗ bì.

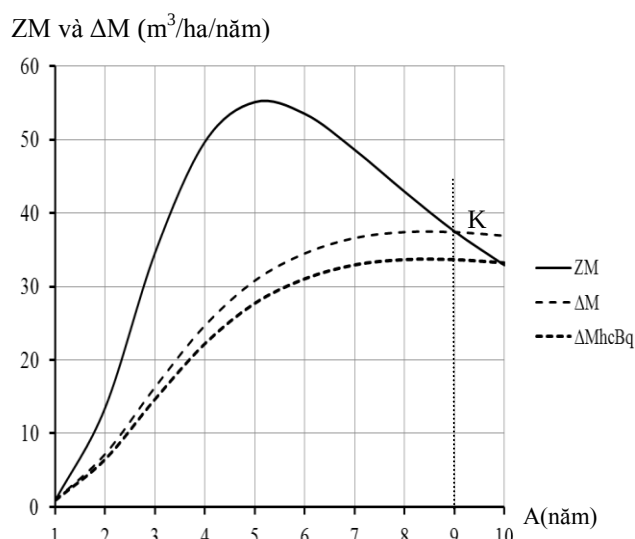
(3) Kích thước của các cây gỗ trong rừng thuần loài đồng tuổi phân hóa và biến động theo tuổi. Hiện tượng này xảy ra là do những nguyên nhân sau đây: (a) Tính không thuần nhất về di truyền của các cây cá thể; (b) Sự khác biệt về nơi ở của các cây cá thể; (c) Ảnh hưởng qua lại giữa các cây gỗ... Theo quy luật, hệ số biến động về H, D và V dao động tương ứng trong khoảng 8-20%, 25-30% và 40-60%.

(4) Đồ thị mô tả sự biến đổi của tổng sản lượng gỗ (M_C) theo A rừng có dạng đường cong hình chữ S. Ở tuổi non, $ZM_{(tx,dk)}$ tăng lên chậm; sau đó tăng lên nhanh dần và đạt cao nhất ở tuổi nào đó (Hình 7.6). Sau tuổi thành thực, đường cong $ZM_{(tx,dk)}$ hướng theo chiều đi xuống và gần song song với trục hoành. Khi rừng quá thành thực, thì $ZM_{(tx,dk)}$ tiến đến Zero. Điều đó chứng tỏ rừng giảm sút lượng tăng trưởng và chuyển vào giai đoạn già cỗi.

(5) Sự gia tăng của tổng sản lượng gỗ (M_C) là một quá trình tích phân các lượng tăng trưởng theo thời gian từ tuổi 1 đến tuổi quan tâm A (năm). Đường cong M_C tăng liên tục cho đến khi rừng bị đào thải hoàn toàn. Đại lượng $ZM_{(tx,dk)}$ cũng gia tăng dần và đạt lớn nhất ở một giai đoạn tuổi nhất định; sau đó giảm dần theo sự gia tăng tuổi rừng.

(6) Trước khi rừng bị đào thải, đại lượng ΔM mang trị số dương, bởi vì tử số của công thức 7.8 là M_C . Tuổi rừng tương ứng với ΔM_{Max} cho biết rừng đạt đến tuổi thành thực số lượng (A_{SL} , năm). Tuổi thành thực số lượng chỉ biểu thị khối lượng gỗ bình quân được rừng sản xuất ra hàng năm trên 1ha là lớn nhất. Nếu lượng tăng trưởng của rừng được xác định theo các cấp tuổi, thì nhà lâm học không biết rõ tuổi đạt đến ΔM_{Max} . Trong trường hợp này, tuổi thành thực số lượng được xác định tại tuổi giao nhau giữa hai đường cong $ZM_{(tx,dk)}$ và ΔM . Đó là điểm K trên đồ thị ở Hình 7.6. Điểm này thường không có vị trí rõ ràng trên đồ thị, bởi vì phần trên của đường cong ΔM được làm tròn đều. Trong thực tế, tuổi khai thác chính đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi thường được xác định theo tuổi thành thực công nghệ (A_{CN} , năm) và tuổi thành thực kinh tế (A_{KT} , năm). Tuổi thành thực công nghệ là thời điểm gỗ đáp ứng tốt nhất theo yêu cầu của công nghệ chế biến gỗ. Tuổi thành thực kinh tế là thời điểm rừng mang lại giá trị kinh tế trung bình năm cao nhất. Nói chung, giá trị $A_{CN} > A_{SL}$, còn $A_{KT} \geq A_{SL}$.

(7) Kể từ lúc rừng phát sinh cho đến khi đạt đến tuổi thành thực tự nhiên, số cây bị đào thải khoảng 90-95% so với tổng số cây ban đầu. Những cây chết đi mang theo 30-35% tổng sản lượng gỗ của rừng hoặc 50-60% sản lượng gỗ hiện còn trên cây đứng. Điều đó dẫn đến đường cong M_{HC} nâng cao đến tuổi thành thực, đỉnh dốc thoải ở tuổi già; sau đó giảm đến zero ở thời điểm rừng bị đào thải hoàn toàn. Do đặc điểm này, nên đường cong



Hình 7.6. Tăng trưởng sản lượng gỗ theo tuổi của rừng thuần loài đồng tuổi.

M_{HC} thay đổi và $ZM_{HC(tx,dk)}$ cũng thay đổi. Mặt khác, trước tuổi mà rừng đạt được lượng tăng trưởng gỗ lớn nhất, $ZM_{HC(tx,dk)}$ có dạng tương tự như đường cong ZM . Khi rừng bước vào tuổi thành thực tự nhiên, $ZM_{HC(tx,dk)}$ giảm nhanh đến zero, nghĩa là lượng tăng trưởng sản lượng gỗ của rừng bằng sản lượng gỗ đào thải. Sau đó, đường cong $ZM_{HC(tx,dk)}$ tiếp tục đi vào vùng giá trị âm. Điều đó cho thấy sản lượng gỗ bị đào thải hàng năm trên cây đứng lớn hơn so với sản lượng gỗ gia tăng hàng năm trên cây đứng.

(8) Trước khi rừng bước vào giai đoạn tuổi thành thực tự nhiên, lượng đào thải chủ yếu từ những cây sinh trưởng kém. Sau tuổi thành thực, lượng đào thải tập trung vào những cây già cỗi và những cây bị đổ gãy do gió lớn.

Từ quy luật sinh trưởng của rừng thuần loài đồng tuổi cho thấy, nhà lâm học không nên để rừng đạt đến tuổi thành thực tự nhiên mà phải khai thác chúng trước tuổi này. Ở vào giai đoạn tuổi thành thực tự nhiên, cây gỗ mất đi tính ổn định sinh học, dễ bị sâu hại và gió làm đổ. Mặt khác, sự tích lũy sản lượng gỗ không xảy ra. Ngược lại, sự đào thải sản lượng gỗ lại gia tăng. Chính vì lý do đó, nhà lâm học cần phải thay thế rừng này bằng rừng mới. Bởi vì rừng ở tuổi non trẻ, trung niên và gần thành thực cho tăng trưởng cao và ổn định.

7.3.3. Cấu trúc của rừng thuần loài đồng tuổi

7.3.3.1. Phân bố số cây theo tuổi

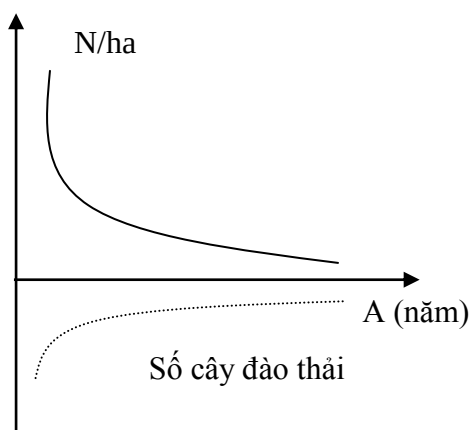
Theo thời gian, mật độ của rừng đồng tuổi thay đổi rõ rệt theo tuổi. Nói khác đi, mật độ của rừng đồng tuổi (N , cây/ha) là một hàm số của tuổi (A , năm). Sự biến đổi số cây của rừng đồng tuổi theo tuổi (N_A) có thể biểu thị bằng hàm số mũ âm (Hàm 7.9 và Hình 7.7); trong đó N_0 = mật độ ban đầu, r = suất tử vong của các cá thể, A = tuổi (năm).

$$N_A = N_0 \times \exp(-r \times A) \quad (7.9)$$

7.3.3.2. Phân bố số cây theo đường kính và chiều cao

Phân bố số cây theo cấp D (Kí hiệu = N/D) và phân bố số cây theo cấp H (Kí hiệu = N/H) của rừng trồng thuần loài đồng tuổi có dạng một đỉnh lồi (Hình 7.8). Điều đó cho thấy số cây có kích thước bình quân chiếm số đông. Tuy vậy, phân bố N/D và N/H theo dạng một đỉnh cũng biến đổi tùy thuộc vào loài cây gỗ, lập địa và giai đoạn phát triển của rừng. Ở giai đoạn rừng non, đường cong phân bố N/D và N/H thường có dạng một đỉnh lệch trái (Hình 7.8a). Ở giai đoạn tuổi trung niên, đường cong phân bố N/D và N/H thường có dạng một đỉnh gần đối xứng (Hình 7.8b). Ở giai đoạn thành thực, đường cong phân bố N/D và N/H thường có dạng một đỉnh lệch phải (Hình 7.8c).

Phân bố N/D và N/H theo dạng một đỉnh lệch trái cho thấy số cây có đường kính và chiều cao nhỏ nhiều hơn số cây có đường kính và chiều cao lớn. Ngược lại, phân bố N/D và N/H theo dạng một đỉnh lệch phải cho thấy số cây có đường kính và chiều cao lớn nhiều hơn số cây có đường kính và chiều cao nhỏ. Cả hai kiểu đường cong phân bố N/D và N/H này đều chứng tỏ tính không thuần nhất về kích thước của các cây gỗ trong quần thụ.



Hình 7.7. Phân bố số cây theo tuổi rừng.

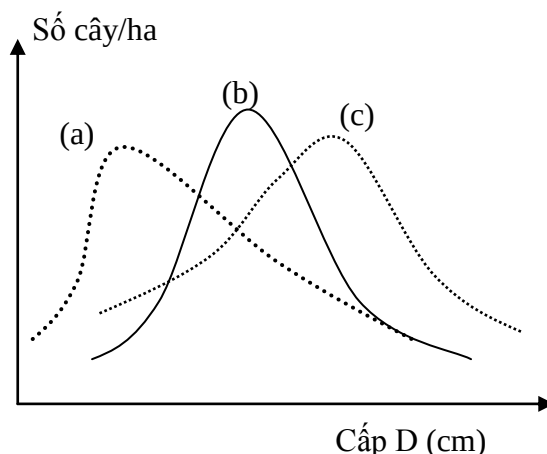
Nguyên nhân cơ bản dẫn đến hai kiểu phân bố này là do: (1) Tính không thuần nhất về đặc điểm di truyền của các cá thể hình thành quần thể; (2) Quy luật phân hóa và đào thải tự nhiên; (3) Tính không thuần nhất về tiêu chuẩn cây trồng ban đầu; (4) Tính không thuần nhất về môi trường đất và tiểu khí hậu; (5) Chặt nuôi dưỡng rừng theo phương pháp cơ giới...

Kết quả của dạng phân bố N/D và N/H có dạng một đỉnh không đối xứng sẽ dẫn đến tính không thuần nhất của kết cấu sản phẩm thu hoạch, do đó cũng ảnh hưởng đến sản lượng rừng và công nghệ chế biến gỗ. Chặt nuôi dưỡng rừng theo phương pháp khác nhau (tầng trên, tầng dưới, phối hợp, cơ giới) ảnh hưởng lớn đến phân bố N/D của rừng để lại nuôi dưỡng. Ví dụ: Chặt nuôi dưỡng theo phương pháp tầng dưới sẽ loại bỏ những cây có D nhỏ và H nhỏ. Chặt nuôi dưỡng theo phương pháp tầng trên sẽ loại bỏ những cây có D lớn và H lớn. Nhà lâm học cũng cần nhận thấy rằng, chính các phương thức lâm sinh (chặt nuôi dưỡng rừng, khai thác chính) cũng được hình thành từ việc phân tích phân bố N/D của rừng.

7.3.4. Sự phát sinh rừng thuần loài khác tuổi và rừng hỗn loài

7.3.4.1. Quá trình hình thành và phát triển của rừng thuần loài khác tuổi

Rừng thuần loài khác tuổi là rừng được hình thành từ một loài cây gỗ mà các cá thể có tuổi khác nhau. Trong các rừng khác tuổi, mỗi thế hệ tuổi có thể phát sinh do nhiều nguyên nhân khác nhau. Ví dụ: (1) Một thế hệ đồng tuổi ban đầu có thể ra đời do cháy rừng, khai thác chọn theo đám, khai thác trắng theo băng, tai biến thiên nhiên (bão, mưa lớn), khả năng tái sinh đồng loạt dưới tán rừng...; (2) Sự phát sinh của thế hệ thứ hai dưới tán của thế hệ thứ nhất, lúc đầu có thể diễn biến rất chậm; sau đó tiến triển nhanh hơn do sự thích nghi của loài cây gỗ với lập địa.



7.3.4.2. Quá trình hình thành và phát triển của rừng hỗn loài khác tuổi

Rừng hỗn loài (rừng hỗn giao) là rừng được hình thành từ hai loài cây gỗ trở lên. Rừng hỗn loài được hình thành do nhiều nguyên nhân khác nhau: (a) Sự thay thế tự nhiên của loài cây gỗ này bằng loài cây gỗ khác có khả năng phát sinh thế hệ mới trong điều kiện thiếu ánh sáng dưới tán rừng; (b) Sự định cư lâu dài và ổn định của một số loài cây gỗ trên cùng một không gian nơi ở; (c) Tác động chọn lọc loài cây gỗ của con người thông qua khai thác; (d) Môi trường thay đổi dưới ảnh hưởng của các quá trình tự nhiên (bão, lửa...) đã khiến cho loài cây gỗ này mất đi nhưng loài cây gỗ khác lại có cơ hội phát triển... Tình hình như thế diễn ra liên tục nhiều năm, cho nên trên một khoảnh đất nhất định đã có nhiều loài cây gỗ phát sinh các thế hệ nối tiếp nhau. Mặc dù hình thái và cấu trúc rừng không có những biến đổi rõ rệt từ thế hệ

Hình 7.8. Phân bố N/D và N/H trong rừng đồng tuổi.

a. Rừng non, b. Rừng trung niên
c. Rừng gần thành thục

này qua thể hệ khác, nhưng tỷ lệ và thành phần của các loài cây gỗ có những thay đổi rõ rệt. Hiện tượng này xảy ra là do đặc tính sinh học khác nhau của các loài cây gỗ.

Trong rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới, thông thường những cây gỗ cao to thuộc tầng trên là những loài cây gỗ ưa sáng qua phần lớn chu kỳ đời sống của chúng. Dưới tán của những loài cây gỗ này có thể có một hoặc nhiều thể hệ cây non của các loài cây gỗ ở tầng trên hoặc có các cá thể thành thực của các loài cây gỗ với kích thước nhỏ bé hơn... Thông thường, hiện tượng tử vong luôn diễn ra mạnh nhất ở lớp cây tái sinh và lớp cây gỗ quá thành thực ở tầng trên. Sự đổ gãy của những cây gỗ quá thành thực, nhất là những cây có tán lá to lớn, đã tạo ra các lỗ trống trong tán rừng. Thông qua các lỗ trống này, ánh sáng có thể xâm nhập trực tiếp đến sàn rừng và gây ra những biến đổi to lớn cả trong tán rừng lẫn trên mặt đất. Quá trình này diễn ra dần dần từng bước. Nhờ những lỗ trống được mở ra, nhiều cây gỗ mọc xung quanh lỗ trống, đặc biệt là những cây non khỏe mạnh, đã tiếp nhận được điều kiện thuận lợi và tăng trưởng với tốc độ nhanh hơn. Quá trình đào thải của cây rừng diễn ra nhanh hay chậm tùy thuộc vào tình trạng của rừng và những biến đổi của khí hậu.

Theo Baur (1979), tùy theo quá trình đào thải của cây gỗ già ở rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới, nhà lâm học có thể nhận ra 3 hướng biến đổi khác nhau.

Hướng thứ nhất là một hoặc một vài cây gỗ chết khô và đổ xuống từ từ. Hiện tượng này dẫn đến hình thành các lỗ trống nhỏ trong tán rừng. Kích thước các lỗ trống thường không lớn đến mức có thể tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự xuất hiện của các loài cây gỗ thứ sinh ưa sáng, cũng như không gây khó khăn cho những loài cây gỗ chịu bóng mọc xung quanh. Tuy nhiên, kích thước lỗ trống như thế cũng đủ tạo ra sự thay đổi nhất định để cho các cây mầm của các loài cây gỗ ưa sáng mọc ở tầng trên và nhiều dây leo, cây bụi và thảm cỏ có cơ hội vươn lên. Một lớp cây tái sinh của các loài cây gỗ thuộc tầng trên phát triển mạnh trong lỗ trống sẽ thay thế dần dần không gian của những cây gỗ già đã chết. Như vậy, các lỗ trống trong tán rừng được hình thành do một hoặc một vài cây gỗ già đã chết đã được thay thế bằng một nhóm cây gỗ non, tương đối đồng tuổi, có thành phần tương tự như thành phần của cây gỗ ở tầng trên.

Hướng thứ hai là một nhóm khá đông cây gỗ đang chết dần đột nhiên bị đổ xuống do ảnh hưởng của gió bão... Kết quả hình thành những lỗ trống lớn trong tán rừng. Từ đó dẫn đến sự thay đổi khá lớn của môi trường trong các lỗ trống. Bên trong các lỗ trống này, ánh sáng có cường độ khá mạnh ở phần trung tâm đã tạo điều kiện tốt cho cho tái sinh và sinh trưởng của các loài cây gỗ thứ sinh. Ở phần biên lỗ trống, cường độ ánh sáng thấp hơn đã tạo điều kiện tốt cho tái sinh và sinh trưởng của các loài cây gỗ chịu bóng. Ở phần trung tâm lỗ trống, các loài cây gỗ ưa sáng với cây non sống bền dai sẽ mọc lên và sinh trưởng nhanh hơn. Quá trình này diễn ra liên tục hàng năm. Kết quả các lỗ trống lại được lấp kín bằng một nhóm cây gỗ tương đối đều tuổi, nhưng thành phần của chúng bao gồm nhiều loài cây gỗ ưa sáng, mọc nhanh, gỗ trắng mềm, đời sống ngắn cùng sống chung với các loài cây gỗ có đời sống dài, cây mầm sống bền dai và chịu bóng.

Hướng thứ ba có thể xảy ra do một biến cố bất thường nào đó đã phá hủy một diện tích rừng khá lớn. Trong điều kiện này, thông thường những loài cây gỗ thứ sinh sẽ chiếm lĩnh khoảng trống. Ngoài ra, sự xuất hiện trong khoảng trống này còn bao gồm cả những loài cây gỗ mà cây mầm của chúng có khả năng sống bền dai. Theo thời gian, khi các loài cây gỗ thứ sinh với đời sống ngắn đã hoàn thành vòng đời của mình, thì những loài cây gỗ có đời sống dài, thân hình cao to sẽ dần dần vươn lên giành vị trí ưu thế.

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng không phải bao giờ ở rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới hoặc rừng thứ sinh nhiệt đới ổn định cũng xảy ra ba trường hợp như miêu tả trên đây. Một số tai biến bất thường có thể phá hủy hoàn toàn một diện tích lớn của rừng mưa. Ở nơi

ấy sẽ được thay thế bởi một thảm thực vật với thành phần và cấu trúc hoàn toàn khác hẳn so với rừng mưa nguyên sinh kể bên. Tuy nhiên, những biến đổi bất thường này vẫn không thể phá vỡ lý thuyết cơ bản về sự hình thành và sinh trưởng của rừng mưa nhiệt đới. Theo lý thuyết này, rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới bao gồm nhiều bức khảm; trong đó mỗi bức khảm là một quần xã cây gỗ tương đối đồng tuổi được hình thành do sự mất đi của một hoặc nhiều cây gỗ ở tầng trên. Diện tích của các khảm rừng này rộng hay hẹp và thành phần loài cây gỗ thay đổi tùy theo kích thước của các lỗ trống. Lỗ trống lớn tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự phát sinh của các loài cây gỗ ưa sáng và đời sống ngắn. Ngược lại, lỗ trống nhỏ tạo cơ hội cho sự xuất hiện của các loài cây gỗ chịu bóng và đời sống dài. Tuy vậy, thành phần loài cây gỗ trên một diện tích rừng mưa nhiệt đới nhất định vẫn thấy có nhiều biến đổi. Điều đó là tùy thuộc vào điều kiện lập địa và thành phần loài cây gỗ ở gần đó.

7.3.5. Ưu điểm và nhược điểm của rừng thuần loài và rừng hỗn loài

7.3.5.1. Đánh giá rừng thuần loài và rừng hỗn loài đồng tuổi

Trong tự nhiên, nơi nào có các điều kiện khí hậu, đất và địa hình thuận lợi cho sinh trưởng của các loài cây gỗ thì ở nơi đó rừng hỗn loài chiếm ưu thế. Ngược lại, rừng thuần loài thường phát sinh trên những lập địa xấu. Chẳng hạn: Đất dư thừa ẩm quanh năm (rừng ngập mặn ven biển, rừng trên đất úng phèn); đất khô hạn hoặc đất cát ven biển; nơi có địa hình dốc đứng ở khe núi... Trong lịch sử lâm nghiệp thế giới, các nhà lâm học đã chứng kiến một sai lầm là trồng rừng thuần loài trên những lập địa tốt. Sai lầm bộc lộ ra ở chỗ sản lượng của rừng thuần loài không ổn định đối với những tác động xấu của môi trường. Trái lại, sản lượng của rừng hỗn loài lại rất ổn định với những tác động xấu của môi trường.

Một trong những vấn đề được nhà lâm học quan tâm trong quá trình tạo rừng và nuôi dưỡng rừng là xác định mật độ và độ dày của rừng tương ứng với mỗi lập địa và cấp tuổi. Ở Đức và Áo, người ta thường trồng rừng dày, sau đó tỉa thưa. Các nhà lâm học Phần Lan và Thụy Điển lại ưa thích trồng rừng với mật độ thưa và ổn định đến khi khai thác chính. Ở Việt Nam, nhiều loài cây gỗ của họ Sao Dầu (Dầu rái, Sao đen, Vên vên...) cũng được trồng với mật độ ổn định (625 cây/ha) đến kỳ khai thác chính. Trồng rừng mật độ thấp tạo điều kiện cho đường kính thân phát triển mạnh. Trồng rừng dày dẫn đến làm tăng chiều cao thân cây. Tuy vậy, sản lượng rừng trong hai trường hợp này thường khác nhau không đáng kể.

Trong điều kiện môi trường khí hậu cực đoan, rừng tự nhiên ở tuổi cao thường không có mật độ cao. Do đó, ở những nơi có khí hậu cực đoan, nhà lâm học chỉ nên trồng rừng với mật độ thấp. Rừng mật độ cao có một số ưu điểm rõ rệt mà rừng thưa không có. Chẳng hạn: Cỏ dại phát triển kém; tiềm năng đất và khí hậu được lợi dụng tốt; đất không bị khô hạn; cây gỗ tỉa cành tốt, thân thẳng và tròn đều; sự chọn lọc tự nhiên và nhân tạo tốt; tính ổn định rất cao với gió lớn và sâu bệnh... Nhược điểm của trồng rừng với mật độ cao là vốn đầu tư lớn cho việc trồng, chăm sóc và nuôi dưỡng rừng...

Rừng thuần loài đồng tuổi có những ưu điểm cơ bản sau đây: (1) Do cấu trúc rừng đơn giản nên dễ áp dụng các biện pháp lâm sinh; (2) Kết cấu sản phẩm thuần nhất và đáp ứng tốt cho các nhu cầu về một chủng loại gỗ; (3) Nguồn giống phong phú và tập trung, dễ dàng tạo lập rừng giống; (4) Đơn giản trong thi công và dễ dàng áp dụng cơ giới hóa trong trồng rừng, chăm sóc, chặt nuôi dưỡng và khai thác rừng; (5) Lợi dụng tốt quan hệ cạnh tranh trong loài để tuyển chọn các cá thể tốt. Loại rừng này có những nhược điểm cơ bản sau đây: (1) Tính ổn định sinh học và sinh thái thấp, dễ bị sâu bệnh; (2) Đất dễ bị suy thoái;

(3) Khó khôi phục trở lại rừng cho sản lượng cao trên cùng lập địa; (4) Nếu dự báo nhu cầu gỗ không chính xác, thì chủ rừng gặp khó khăn trong việc tiêu thụ gỗ.

Rừng hỗn loài đồng tuổi có những ưu điểm sau đây: (1) Lợi dụng triệt để tiềm năng khí hậu và đất; (2) Chống lại sự suy thoái đất nhờ trồng phối hợp nhiều loài cây có tác dụng cải tạo đất; (3) Tính ổn định rất cao với tác động xấu của môi trường; (4) Phát huy tốt quan hệ cạnh tranh khác loài, nhất là quan hệ hỗ trợ; (5) Sản phẩm gỗ đa dạng, thoả mãn đầy đủ nhu cầu đa dạng của xã hội; (6) Tác dụng bảo vệ môi trường tốt, tạo ra cảnh quan đẹp; (7) Tạo ra nơi ở thuận lợi cho động vật, nhất là động vật có ích. Loại rừng này có những nhược điểm sau đây: (1) Phức tạp trong trồng, chăm sóc, nuôi dưỡng và bảo vệ; (2) Khó khăn cho cơ giới hóa khai thác; (3) Sản phẩm gỗ về một chủng loại thường thấp; (4) Sự cạnh tranh khác loài khốc liệt dẫn đến loại bỏ loài có sức cạnh tranh kém; (5) Khó khăn trong việc tạo lập rừng bao gồm nhiều loài cây gỗ có cùng nhu cầu sống, nhất là các loài cây gỗ có nhu cầu ánh sáng giống nhau...

7.3.5.2. Đánh giá rừng thuần loài khác tuổi

Ở rừng thuần loài khác tuổi, các cây gỗ trên cùng một không gian nơi ở có đủ các cấp tuổi (A, năm) với nhu cầu sống rất khác nhau: từ cây già sắp chết, cây đang ra hoa quả mạnh đến cây non trẻ và cây mới phát sinh. Rừng thuần loài khác tuổi là một hệ sinh thái rừng rất đa dạng và phức tạp. Chính vì thế, việc tạo lập và điều khiển quá trình sống của rừng thuần loài khác tuổi là một khó khăn cho nhà lâm học. Điều này thể hiện ở chỗ cùng một lúc nhà lâm học vừa phải tìm cách khai thác thể hệ cây già vừa phải đảm bảo nuôi dưỡng các thể hệ cây non trẻ đạt đến mục tiêu kinh doanh. Trong bối cảnh như thế, khai thác cây già to lớn sẽ làm đổ gãy cây non và cây để lại nuôi dưỡng. Mặt khác, nhà lâm học không thể cùng một lúc áp dụng một hệ thống biện pháp lâm sinh thống nhất, đồng thời cũng rất khó cơ giới hóa các quá trình sản xuất. Ngoài ra, những cây non trẻ phát sinh dưới tán cây mẹ có thể bị che bóng, bị sâu bệnh, lệch tán, thân cong... Những đặc điểm này cho thấy rừng thuần loài khác tuổi có sự hạn chế rõ rệt so với rừng thuần loài đồng tuổi.

Theo quy luật, rừng thuần loài khác tuổi có sự khép tán theo chiều thẳng đứng. Điều này làm tăng tính ổn định với gió hại, phát huy tốt vai trò bảo vệ đất và ngăn đón nước mưa. Nhưng đặc điểm ấy cũng là cơ hội tốt để chuyên cháy rừng ở tầng thấp thành cháy rừng ở tầng cao. Rừng thuần loài khác tuổi thích hợp với khai thác chọn. Nếu áp dụng khai thác trắng sẽ dẫn đến lãng phí gỗ. Tuy nhiên, cũng giống như rừng hỗn loài, rừng thuần loài khác tuổi có tính ổn định khá cao đối với những tác động xấu từ bên ngoài. Các rừng thuần loài khác tuổi thường chỉ được con người tạo ra. Hoạt động của con người (khai thác rừng, làm nương rẫy) cũng làm phát sinh rừng thuần loài khác tuổi. Theo quy luật, một khu rừng thuần loài đồng tuổi chưa bị tác động sớm hay muộn cũng chuyển thành rừng khác tuổi, thậm chí là rừng khác tuổi với nhiều loài cây gỗ. Do đó, về cơ bản, rừng thuần loài khác tuổi tồn tại ổn định hơn so với rừng thuần loài đồng tuổi. Kinh doanh rừng thuần loài khác tuổi không tốn kém bằng rừng đồng tuổi, nhất là không phải chi phí cao để tái sinh các thể hệ mới. So với rừng thuần loài đồng tuổi, rừng thuần loài khác tuổi còn tạo ra cảnh quan đẹp hơn và nhiều giá trị hơn. Ngoài ra, rừng thuần loài khác tuổi còn có tác dụng bảo vệ và chống xâm thực đất, chống thoái hóa đất, bảo vệ và nuôi dưỡng nguồn nước tốt hơn so với rừng thuần loài đồng tuổi. Điều đó cho thấy rừng thuần loài khác tuổi, đem lại nhiều ưu điểm hơn so với rừng thuần loài đồng tuổi. Ở vùng nhiệt đới, do khí hậu nóng và mưa nhiều, nên việc trồng rừng thuần loài khác tuổi mang lại nhiều ý nghĩa về lâm sinh và môi trường.

7.3.6. Những nhân tố ảnh hưởng đến sản lượng rừng

Sản lượng của rừng phụ thuộc vào khí hậu, đất, địa hình và biện pháp lâm sinh... Trong lâm nghiệp, chỉ tiêu khách quan để đánh giá sản lượng rừng là lập địa. Chỉ tiêu này quyết định khả năng và con đường nâng cao năng suất rừng. Nói chung, hệ thống các biện pháp nâng cao sản lượng rừng bao gồm 4 hướng cơ bản.

(1) Sử dụng rừng hợp lý, phòng chống lửa rừng và các thiệt hại khác.

(2) Đẩy mạnh sinh trưởng của rừng thông qua những biện pháp lâm sinh như xử lý đất cẩn thận trong khi trồng rừng; trồng thêm các loài cây gỗ, cây bụi và cây nông nghiệp theo hướng nông - lâm kết hợp để cải tạo đất và tiết kiệm năng lượng bức xạ mặt trời; bón phân và tưới nước cho rừng...

(3) Đẩy nhanh quá trình khôi phục và hình thành rừng mới. Điều này đòi hỏi phải quan tâm đến các biện pháp: (a) Bảo vệ rừng non trong khai thác và sau khi khai thác; (b) Nuôi dưỡng rừng non bằng các biện pháp hợp lý; (c) Chọn giống cây cho sản lượng cao và thích ứng tốt với từng lập địa; (d) Khôi phục nhanh chóng các rừng sau khai thác, nơi đất trống và nơi rừng bị cháy...

(4) Xây dựng, đổi mới và cải thiện kết cấu rừng bằng cách đưa vào giống cây mọc nhanh, sản lượng cao, nhất là những cây có tác dụng cải tạo lập địa...

Tóm lại, để nâng cao sản lượng rừng, nhà lâm học không chỉ dùng các biện pháp tác động trực tiếp hay gián tiếp vào rừng, mà còn cần phải tiết kiệm, chống thất thoát trong khai thác, vận chuyển, chế biến và sử dụng lâm sản.

7.4. Tái sinh rừng

7.4.1. Khái niệm về tái sinh rừng

Tái sinh rừng là quá trình phát sinh các thế hệ cây gỗ non dưới tán rừng. Sự xuất hiện các thế hệ rừng mới lại góp phần hình thành môi trường rừng và các thành phần khác (thực vật tầng thấp, động vật và vi sinh vật) đặc trưng cho mỗi loại rừng. Vì thế, khái niệm tái sinh rừng có thể được hiểu theo nghĩa rộng là tái sinh hệ sinh thái rừng. Trong lâm học và kinh doanh rừng, thuật ngữ tái sinh rừng chỉ được sử dụng đối với thành phần cây gỗ. Trong lâm học, tái sinh rừng được phân biệt thành ba loại: tái sinh rừng tự nhiên, tái sinh rừng nhân tạo và tái sinh rừng phối hợp giữa tự nhiên và nhân tạo.

Tái sinh rừng tự nhiên là quá trình hình thành các thế hệ mới của các loài cây gỗ dưới tán rừng hoặc trên đất trống bằng con đường tự nhiên. Tái sinh rừng tự nhiên cần được hiểu theo hai khía cạnh. Một là tái sinh rừng tự nhiên là quá trình tự tái sinh của rừng, diễn ra ở rừng tự nhiên mà không có sự can thiệp của nhà lâm học. Tính chất tự nhiên này tuân theo những quy luật xác định. Sự hiểu biết quy luật tái sinh tự nhiên của rừng cho phép giải quyết mọi vấn đề tái sinh rừng ở các dạng khác. Hai là tái sinh rừng tự nhiên là một quá trình được nhà lâm học điều khiển và định hướng. Nói khác đi, tái sinh rừng tự nhiên xảy ra dưới ảnh hưởng của phương thức lâm sinh. Ví dụ: Nhà lâm học sử dụng các phương thức khai thác, xử lý đất và thực vật tầng thấp nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát tán hạt, sự nảy mầm và sinh trưởng của cây con dưới tán rừng.

Tái sinh rừng nhân tạo là quá trình hình thành các thế hệ mới của các loài cây gỗ dưới tán rừng hoặc trên đất trống bằng con đường nhân tạo. Ví dụ: Trồng rừng mới trên đất trống sau khai thác bằng cây con được nuôi dưỡng trong vườn ươm hoặc bằng cách gieo hạt trực tiếp...

Tái sinh rừng phối hợp là quá trình hình thành các thế hệ mới của các loài cây gỗ bằng cách phối hợp giữa tái sinh tự nhiên với tái sinh nhân tạo trên cùng một khoảnh rừng. Ví dụ: Trên khoảnh khai thác trắng, nhà lâm học vừa giữ lại cây non chưa đến tuổi khai thác vừa tạo điều kiện thuận lợi cho sự gieo giống tự nhiên từ nguồn cây mẹ để lại, đồng thời trồng thêm những cây non vào những nơi thiếu cây tái sinh tự nhiên hoặc nguồn giống không thể phân tán đến.

Theo nguồn gốc tái sinh, lâm học phân biệt tái sinh rừng bằng hạt và tái sinh rừng bằng chồi. Khi tái sinh rừng từ hạt, thì cây con hình thành từ nguồn hạt giống và phát triển thành rừng hạt. Khi tái sinh rừng từ chồi, thì cây con phát sinh từ các chồi sẵn có trên gốc cây mẹ và hình thành rừng chồi. Cả hai hình thức tái sinh rừng này có thể đồng thời cùng xảy ra trên một khoảnh rừng. Mỗi kiểu tái sinh rừng diễn ra theo cách thức khác nhau, đồng thời có ý nghĩa lâm sinh - kinh tế khác nhau.

Tái sinh rừng là một hiện tượng sinh học quan trọng nhất trong đời sống của rừng. Quá trình tái sinh rừng diễn biến qua nhiều giai đoạn khác nhau: (1) Giai đoạn hình thành cơ quan sinh sản và phấn hoa, (2) Giai đoạn thụ phấn, (3) Giai đoạn hình thành quả, (4) Giai đoạn quả chín và phát tán hạt, (5) Giai đoạn nảy mầm và hình thành cây mầm, (6) Giai đoạn cuối cùng là sự hình thành lớp cây non cho đến khi chúng xâm nhập vào tán rừng. Tái sinh rừng có thể diễn ra dưới tán rừng, trên nơi đất trống trước kia đã có rừng, trên đất trống chưa hề có rừng (các bãi bồi ven sông, biển). Trong điều kiện dưới tán rừng, các giai đoạn tái sinh diễn ra không rõ nét như trên đất trống.

Khi nghiên cứu tái sinh rừng, nhà lâm học tập trung làm rõ những vấn đề sau đây:

- (1) Thành phần loài cây gỗ và đặc điểm của các thế hệ (cây mầm, cây mẹ, cây con).
- (2) Thành phần cây hạt và chồi và tương quan số lượng và chất lượng giữa chúng.
- (3) Trạng thái sức sống của cây tái sinh.
- (4) Quy luật phân bố của cây tái sinh trong không gian.
- (5) Những nhân tố sinh thái chủ đạo ảnh hưởng đến tái sinh rừng.
- (6) Những biện pháp kỹ thuật cơ bản để tạo điều kiện thuận lợi cho tái sinh rừng.
- (7) Hiệu quả lâm sinh - kinh tế của tái sinh rừng.

7.4.2. Tái sinh rừng bằng hạt

7.4.2.1. Khái niệm về tái sinh rừng bằng hạt

Tái sinh rừng bằng hạt là quá trình tái sinh rừng từ những nguồn hạt giống của các loài cây gỗ. Quá trình tái sinh hạt bao gồm nhiều giai đoạn (pha) khác nhau. Pha thứ nhất được kể từ lúc cây mẹ bắt đầu hình thành cơ quan sinh sản và phấn hoa đến khi hình thành quả, quả chín, sự phát tán quả và hạt. Pha thứ hai được tính từ khi hạt rụng tiếp đất đến lúc hoàn thành quá trình nảy mầm. Pha thứ ba tiếp theo pha thứ hai đến khi hình thành cây mạ (chiều cao khoảng 30-50cm). Pha thứ tư tiếp theo pha thứ ba đến khi cây con xâm nhập vào tán rừng hoặc có thể sống độc lập mà không cần sự che chở của tán cây mẹ. Độ dài của mỗi pha tùy thuộc vào loài cây gỗ. Trong thực tiễn sản xuất, người ta quan tâm chủ yếu đến số lượng cây con có thể xâm nhập được vào tán rừng. Tái sinh hạt thành công nhờ vào các nhân tố sau đây: (1) Số lượng và chất lượng nguồn cây giống; (2) Sản lượng và chất lượng hạt giống; (3) Điều kiện môi trường cho sự phát tán và sự nảy mầm của hạt giống; (4) Điều kiện sinh trưởng của cây mầm, cây mạ và cây con.

7.4.2.2. Thời kỳ ra hoa, quả và nhân tố ảnh hưởng

Tập tính sinh sản của cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới có biến đổi rất nhiều. Điều đó tùy thuộc vào đặc tính sinh học - sinh thái của mỗi loài cây gỗ và điều kiện môi trường. Trong rừng mưa tự nhiên nhiệt đới, những loài cây gỗ phân bố ở tầng ưu thế sinh thái sinh sản theo mùa khá rõ rệt, còn những loài cây gỗ phân bố ở tầng thấp sinh sản liên tục hoặc theo định kỳ thất thường. Những điều vừa nói chỉ đúng với những nơi có khí hậu biến đổi không lớn theo mùa. Đối với những khu vực mà khí hậu thay đổi rõ rệt theo mùa, các loài cây gỗ thường sinh sản vào một mùa nhất định trong năm. Điều đó thấy rõ ở những loài cây gỗ của họ Sao Dầu.

Một đặc điểm nổi rõ ở rừng mưa nhiệt đới là các loài cây gỗ ra hoa quả rất thất thường (Richards, 1970; Baur, 1979; Thái Văn Trùng, 1999; Daniel và cs, 2006). Đặc tính này biểu hiện rõ rệt ở những loài cây gỗ của họ Sao Dầu. Mùa sai quả của chúng thường diễn ra 2 - 5 năm một lần. Mùa sai quả của một số loài thuộc chi *Shorea* mọc trên núi cao có thể phải trải qua 17 năm. Tính chất ra hoa thất thường ở những loài cây gỗ của rừng mưa nhiệt đới có quan hệ với sự thay đổi bất thường của khí hậu.

Một đặc điểm khác của những loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới là quả chín rất sớm sau khi ra hoa. Thời kỳ này ở đa số các loài cây gỗ là 4 - 6 tháng, chỉ một số ít loài cây gỗ lá kim kéo dài đến một năm. Ở những khu vực có khí hậu phân mùa rõ rệt, trong đó có một mùa khô khắc nghiệt, thời điểm phát tán hạt giống của nhiều loài cây gỗ thường xuất hiện từ cuối mùa khô đến nửa đầu của mùa mưa.

Nói chung, tập tính sinh sản của những loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới có biến đổi rất nhiều. Một số loài cây gỗ mọc ở tầng thấp ra hoa quả vào phần lớn thời gian trong năm. Ngược lại, những loài cây gỗ to lớn, mọc ở tầng trên, thông thường là những loài hợp mục đích kinh doanh, lại ra hoa quả theo mùa một cách khá thất thường. Từ những đặc điểm này cho thấy, nếu chỉ dựa vào nguồn hạt giống của một mùa nhất định, thì nhà lâm học khó có thể xây dựng được một phương thức lâm sinh thích hợp.

7.4.2.3. Sự phát tán hạt giống và nhân tố ảnh hưởng

Sự phát tán hạt giống của những loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới diễn ra theo nhiều cách thức khác nhau. Điều đó tùy thuộc vào loài cây gỗ và vị trí của chúng trong tán rừng. Những loài cây gỗ mọc ở tầng thấp thường phát tán nhờ động vật, còn các loài cây gỗ ở tầng trên phát tán nhờ gió. [Bảng 7.1](#) dẫn kết quả nghiên cứu của Zone (Dẫn theo Baur, 1979) về cơ chế phát tán hạt của cây rừng mưa nhiệt đới tại Nijêrya.

Bảng 7.1. Cơ chế phát tán hạt của cây rừng mưa tại Nijêrya (Baur, 1979)

Cơ chế	Phân bố của cây gỗ:					
	Tầng trên		Tầng giữa		Tầng dưới	
	Số loài	%	Số loài	%	Số loài	%
1. Phát tán nhờ gió	18	46	4	9	3	8
2. Quả ăn được	18	46	32	71	29	74
3. Quả nẻ tung hạt ra	1	3	1	2	1	3
4. Không có cơ chế riêng	1	3	6	13	4	10
5. Nghi ngờ	1	3	2	5	2	5
Tổng cộng	39	100	45	100	39	100

Nhiều động vật rừng (Chim, Sóc, Chồn, Chuột...) trong lúc thu lượm thức ăn đã vận chuyển quả và hạt cây gỗ đi xa. Chính nhờ các tác nhân này mà nhiều loài cây gỗ có cơ hội tốt để mở rộng vùng phân bố của chúng ra khỏi khu vực sống của cây mẹ. Đối với các khoảnh đất trống chưa có cây gỗ mọc, sự phát tán quả và hạt nhờ gió và động vật có ý nghĩa rất lớn. Những loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới còn có một kiểu phát tán nhờ trọng lực của quả và hạt. Do kiểu cách phát tán này, quả và hạt và cây con thường phân bố tập trung trong một phạm vi hẹp của hình chiếu tán cây mẹ. Từ đó hình thành rừng có cấu trúc dạng bức khảm khá rõ rệt. Ngoài ra, sự phát tán của các loài cây gỗ còn nhờ vào sự trợ giúp của con người. Trong quá trình phát triển của mình, con người đã có tác dụng cải biến sâu sắc nguồn gốc của các loài cây gỗ. Chẳng hạn: Thuần hóa giống cây, nhập nội và nhân giống cây mới... Chính nhờ hoạt động sống của con người, nhiều loài cây gỗ sống ở các miền địa lý rất xa đã được con người chuyển đến nơi ở mới.

Khi giải quyết vấn đề tái sinh tự nhiên của rừng, nhà lâm học cần phải tính đến môi trường xung quanh cây giống. Nhà lâm học cần phải xác định khoảng cách thích hợp cho sự phát tán quả và hạt. Những hạt càng nặng thì khoảng cách phát tán của chúng càng gần. Ngược lại, những hạt càng nhẹ thì khoảng cách phát tán của chúng càng xa. Ngoài ra, tán rừng, thảm cây bụi và thảm cỏ cũng ảnh hưởng rất lớn đến khả năng phát tán và tiếp đất của quả và hạt. Nói chung, do bị tán cây gỗ, cây bụi, thảm cỏ và dây leo ngăn cản, nên quả và hạt của cây gỗ không thể phát tán đi xa.

7.4.2.4. Sự nảy mầm của hạt giống và nhân tố ảnh hưởng

Điều kiện nảy mầm và sức sống của hạt giống và quá trình hình thành cây mầm dưới tán rừng mưa nhiệt đới có những đặc điểm dưới đây.

(1) *Sau khi phát tán và tuổi thọ của hạt giống biến đổi rất nhiều.* Theo Barnard (1954; Dẫn theo Baur, 1979), hạt giống của những loài cây gỗ thuộc họ Sao Dầu mất sức nảy mầm rất nhanh. Hạt của cây gỗ thuộc chi *Shorea* có tỷ lệ nảy mầm 88% ngay sau khi thu hái; 82% sau một tuần cất trữ; hoàn toàn không nảy mầm sau hai tuần kể từ khi thu hái. Nhưng hạt giống của loài *Acacia dealbata* lại có khả năng sống bền dai đến 400 năm (Gilbert, 1959; Dẫn theo Baur, 1979).

(2) *Phần lớn hạt giống của cây rừng mưa nhiệt đới nảy mầm ngay sau khi rụng xuống đất ít ngày.* Hạt của một số loài cây gỗ có thể nảy mầm ngay từ trên cây. Trường hợp đầu bắt gặp phổ biến ở những loài cây gỗ của họ Sao Dầu (Dầu rái, Sao đen, Dầu song nòng...). Trường hợp sau có thể bắt gặp ở các loài cây gỗ mọc ven sông và biển (Mắm trắng, Đước, Vẹt...). Ngược lại, hạt của một số loài cây gỗ chỉ nảy mầm dễ dàng nếu đã qua xử lý đặc biệt (bằng nhiệt, cơ giới, qua đường tiêu hóa của động vật...). Ở những lập địa bị đảo lộn, nhờ nhiệt độ đất nâng cao, nên hạt của các loài cây gỗ thứ sinh nảy mầm khá dễ dàng.

(3) *Một số loài cây gỗ của rừng thứ sinh chỉ tái sinh nhờ vào nguồn hạt lưu trữ trong đất qua một thời gian dài.* Nhờ vào lập địa bị đảo lộn, hạt giống của các loài cây gỗ ở rừng thứ sinh có cơ hội tốt để nảy mầm. Hạt giống của nhiều loài cây gỗ ở rừng thứ sinh có thể nảy mầm dưới tán rừng kín ẩm, nhưng không có cây mầm nào sống sót. Hạt của một số loài cây gỗ nảy mầm nhanh chóng trong vòng một vài tuần sau khi rơi xuống đất, cây non sinh trưởng rất nhanh để vượt lên khỏi lớp cây xâm chiếm.

Từ những đặc điểm trên, người ta đã phân chia các loài cây gỗ của rừng mưa nhiệt đới thành một số nhóm theo kiểu cách nảy mầm của hạt giống.

(a) *Kiểu thứ nhất là những loài cây gỗ mà hạt giống của chúng chỉ nảy mầm ở ngoài sáng.* Đây là những loài cây gỗ mang những đặc điểm: (1) Thường mọc ở những lập

địa bị đảo lộn; (2) Hạt có sức sống khá bền dai; (3) Hạt chỉ nảy mầm trên đất trống; (4) Hạt không nảy mầm trong điều kiện có bóng râm.

(b) *Kiểu thứ hai là những loài cây gỗ mọc ở lập địa bị đảo lộn, hạt giống giữ được sức sống không lâu trong đất.* Nhóm này bao gồm những loài cây gỗ có đặc điểm cơ bản sau đây: (1) Hạt giống phát tán hầu như quanh năm hoặc vào một số thời gian nhất định; (2) Cây mầm chỉ hình thành khi môi trường bị đảo lộn do khai thác, do cây già chết, do cháy rừng; (3) Hạt chỉ nảy mầm trong bóng râm, cây mầm chịu bóng nhưng cây con đòi hỏi ánh sáng tương đối mạnh và nhờ có lỗ trống được mở ra, những cây mầm và cây mạ có sẵn dưới tán rừng sẽ nhanh chóng sinh trưởng để chiếm đoạt lỗ trống. Người ta gọi những loài cây gỗ thuộc nhóm này là nhóm cây gỗ lợi dụng cơ hội lỗ trống. Đại diện của nhóm cây gỗ này là những loài cây gỗ của họ Sao Dầu (Dầu rái = *Dipterocarpus alatus*; Dầu song nòng = *Dipterocarpus dyeri*; Sao đen = *Hopea odorata*, Vên vên = *Anisoptera costata*...).

(c) *Kiểu thứ ba là những loài cây gỗ chỉ nảy mầm tốt dưới tán rừng kín.* Những loài cây gỗ của nhóm này có nguồn hạt được tích lũy lâu dài trong đất; sự nảy mầm của hạt giống thường bị trì hoãn; nhiều hạt giống rơi xuống đất không nảy mầm ngay mà sống tiềm ẩn qua nhiều tháng hoặc lâu hơn. Nói chung, đây là những loài cây gỗ mà hạt giống của chúng không thể nảy mầm dưới ánh sáng hoàn toàn, cây mầm và cây con sống bền dai và chịu bóng cao, khả năng vươn lên tầng trên rất kém.

Tóm lại, chúng ta có thể phân chia các loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới thành ba nhóm theo kiểu cách nảy mầm của hạt giống và khả năng sinh trưởng của cây con: (1) Các loài cây gỗ mà hạt giống của chúng có sức sống ngắn và cây mầm không có khả năng chịu bóng; (2) Các loài cây gỗ mà cây mầm và cây con của chúng có khả năng sống bền lâu; (3) Các loài cây gỗ mà hạt giống của chúng có sức sống tương đối dài, cây mầm và cây con có thể chịu bóng cao. Phân chia 3 nhóm cây gỗ như trên cho phép nhà lâm học hiểu biết rõ về tập tính sinh thái tái sinh của các loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới.

7.4.2.5. Sự hình thành cây gỗ non và nhân tố ảnh hưởng

Các thế hệ cây gỗ non bao gồm các thế hệ cây mạ và cây con. Trong lâm học, cây mạ được quy ước là thế hệ cây tái sinh có tuổi $A < 1$ năm và chiều cao $H < 50\text{cm}$. Cây con được quy ước là thế hệ cây tái sinh có $A > 1$ năm, $H > 50\text{cm}$ và đường kính ngang ngực $D < 6\text{cm}$. Nói chung, các thế hệ cây gỗ non là các cây gỗ vẫn còn nằm dưới tán rừng và đời sống của chúng vẫn còn phụ thuộc vào cây mẹ. Để dễ dàng cho việc nghiên cứu và xử lý tái sinh rừng, các nhà lâm học đã phân chia điều kiện môi trường ảnh hưởng đến sự hình thành cây gỗ non theo 2 nhóm: (a) Điều kiện tái sinh dưới tán rừng; (b) Điều kiện tái sinh trên nơi đất trống.

(1) **Tái sinh tự nhiên dưới tán rừng.** Tái sinh tự nhiên dưới tán rừng có thể xảy ra liên tục hoặc theo định kỳ. Loại đầu thường gặp ở những loại rừng có nhiều loài cây gỗ chịu bóng và chúng ra hoa quả đều đặn trong năm. Trong trường hợp này, các cây gỗ non phân bố ở mọi chiều cao dưới tán cây mẹ. Rừng hình thành theo kiểu tái sinh liên tục là rừng phức tạp về kết cấu loài và cấu trúc. Ngược lại, tái sinh rừng theo định kỳ luôn quan hệ với các yếu tố môi trường dao động theo chu kỳ (khí hậu, khai thác, cháy rừng...) và các loài cây gỗ sinh sản theo định kỳ. Ở trường hợp này, rừng bao gồm nhiều thế hệ cây tái sinh phân hóa khá rõ rệt cả về kích thước, tuổi và mật độ. Rừng tái sinh liên tục phù hợp với khai thác chọn. Rừng tái sinh theo định kỳ phù hợp với khai thác dần hoặc khai thác trắng theo băng và theo đám. Khai thác trắng theo băng là khai thác toàn bộ cây gỗ trong

một lần khai thác theo từng băng rộng từ 10-100m. Khai thác trắng theo đám là khai thác toàn bộ cây gỗ trong một lần khai thác theo từng diện tích nhỏ từ 0,1-2,0ha.

Tái sinh tự nhiên dưới tán rừng thường gặp những điều kiện thuận lợi sau đây:

- (1) Nguồn cây giống phong phú, số lượng hạt giống rất lớn và chất lượng cao.
- (2) Độ ẩm của đất và thảm mục ổn định hơn, đất giàu chất khoáng và mùn.
- (3) Cường độ ánh sáng đủ để bảo vệ cây non.
- (4) Tán rừng làm giảm nhẹ sự tác động của ánh sáng trực xạ và nhiệt độ cao. Do đó, cây mầm và cây con không bị đốt nóng hay giá lạnh.
- (5) Cường độ ánh sáng thấp đã hạn chế sự phát triển của các loài cây bụi và cỏ dại. Điều đó làm giảm ảnh hưởng xấu của các loài cây bụi và cỏ dại đến cây gỗ non.
- (6) Sự phong phú về hệ vi sinh vật và động vật sống trong đất, đặc biệt là nấm rễ, đã tạo điều kiện cho nhiều loài cây gỗ phát sinh và phát triển tốt.

Tái sinh tự nhiên dưới tán rừng thường gặp những điều kiện khó khăn sau đây:

- (1) Sự thiếu hụt ánh sáng thường xuyên đã kìm hãm sự phát triển của cây non, nhất là các loài cây gỗ ưa sáng, làm giảm hiệu suất quang hợp của cây con.
- (2) Sự cạnh tranh khốc liệt giữa hệ thống rễ cây mẹ và cây con về nước và chất khoáng.
- (3) Khi cây tầng thấp và thảm cỏ phát triển mạnh và tầng vật rụng dày, thì hạt giống khó tiếp đất và nảy mầm, cây mầm không đủ điều kiện để tồn tại.

(a) *Ảnh hưởng của vật rụng và thảm mục đến tái sinh dưới tán rừng.* Vật rụng là những thành phần đã chết của cây (lá, cành, vỏ, hoa, quả) và thân cây chết đã đổ trên sàn rừng. Thảm mục là các vật rụng ở trạng thái bán phân hủy hoặc đã bị phân hủy hoàn toàn trên sàn rừng. Ảnh hưởng của vật rụng và thảm mục đến tái sinh rừng biểu hiện rất đa dạng. Điều đó phụ thuộc vào thành phần, mật độ, độ dày, mức độ phân giải và hàm lượng ẩm trong vật rụng và thảm mục. Ngoài ra, mức độ ảnh hưởng này còn tùy thuộc vào giai đoạn tái sinh rừng và điều kiện lập địa. Thật vậy, vật rụng và thảm mục che phủ kín mặt đất với bề dày lớn có thể hoàn toàn ngăn cản sự tiếp đất và nảy mầm của hạt giống của các loài cây gỗ, hệ rễ cây mầm không thể xâm nhập sâu vào các tầng đất. Nếu tình trạng này kéo dài, hạt giống của các loài cây gỗ sẽ mất sức nảy mầm, còn cây mầm và cây con bị khô héo và chết. Hiện tượng này thường xảy ra đối với những loài cây gỗ sống ở môi trường rừng ẩm và rừng khô. Vật rụng có thể làm biến dạng hình thái của cây mầm và hạn chế sự sinh trưởng của cây gỗ non. Những ảnh hưởng này sẽ giảm đi một khi lớp vật rụng bị phân giải hoàn toàn. Trong trường hợp này, chúng trở thành nhân tố có lợi cho tái sinh rừng. Hiện tượng như thế thấy rất rõ trong các rừng mưa nhiệt đới. Tại đây, chúng ít khi trở thành nhân tố hạn chế quá trình tái sinh rừng. Ở những nơi mà vật rụng là nhân tố ngăn cản tái sinh rừng, việc xử lý vật rụng trước lúc hạt giống rơi xuống đất và nảy mầm là biện pháp lâm sinh cần thiết. Các biện pháp xử lý có thể bao gồm việc loại bỏ hoàn toàn lớp vật rụng, xáo trộn thảm mục, tạo ra các điều kiện đủ ẩm để quá trình phân giải và khoáng hóa vật rụng diễn ra thuận lợi.

(b) *Ảnh hưởng của cây bụi và thảm tươi.* Ảnh hưởng của cây bụi và thảm tươi đến tái sinh rừng biểu hiện trên hai khía cạnh hoặc là có lợi hoặc là có hại. Mặt có lợi biểu hiện ở chỗ chúng làm đất ẩm và xốp, cải thiện độ phì trên các đất nghèo dinh dưỡng. Ngoài ra, sau thời kỳ phát triển mạnh, một số loài cây thân thảo bị đào thải, đất phơi trần ra ánh sáng và trở thành môi trường có lợi cho tái sinh rừng. Ở những vùng khí hậu khô hạn, cây bụi và thảm tươi tạo ra lớp đệm che phủ đất. Kết quả hạn chế tiêu khí hậu bất lợi cho tái sinh rừng. Mặt có hại biểu hiện ở chỗ chúng có thể tạo ra lớp đệm che phủ trên bề mặt đất, làm đất trở nên cứng chặt. Vì thế, chúng không chỉ ngăn cản sự tiếp đất và sự nảy mầm của hạt giống cây gỗ, mà còn ảnh hưởng đến quá trình hình thành cây mầm và sinh trưởng của cây gỗ non. Cây bụi và thảm tươi còn cạnh tranh gay gắt với cây tái sinh về ánh sáng, nước và

chất khoáng. Trên các đất dư thừa nước, cây bụi và thảm tươi có thể gây ra sự hóa lầy đất. Kết quả là tái sinh rừng gặp khó khăn... Cây bụi và thảm tươi còn là nguồn truyền bệnh cho cây gỗ. Khi chết đi, chúng trở thành vật liệu gây ra cháy rừng... Nói chung, cây bụi và thảm tươi ảnh hưởng rất đa dạng đến tái sinh rừng. Những ảnh hưởng này không chỉ phụ thuộc vào thành phần loài cây và độ phong phú của mỗi loài, mà còn vào độ khắc nghiệt của môi trường khí hậu và đất. Ngoài ra, những ảnh hưởng của cây bụi và thảm tươi đối với cây gỗ non còn tùy thuộc vào loài cây gỗ và tuổi của chúng, thời gian (mùa) trong năm. Để tạo điều kiện cho tái sinh rừng tiến triển thuận lợi ngay từ đầu, nhà lâm học phải xử lý cây bụi và thảm tươi. Đồng thời, khi thảm tươi tàn lụi trong mùa khô, thì phải xử lý ngay nhằm loại trừ nguồn vật liệu gây ra cháy rừng.

(c) *Ảnh hưởng của lỗ trống đến tái sinh dưới tán rừng.* Sau khi lỗ trống được mở ra trong tán rừng, điều kiện ánh sáng dưới tán rừng được cải thiện rõ rệt. Đây là điều kiện thuận lợi cho tái sinh rừng. Nhiều nghiên cứu (Nguyễn Văn Thêm, 1992; Đào Thị Thùy Dương, 2019) cho thấy những cá thể trưởng thành của các loài cây gỗ thuộc họ Sao Dầu đòi hỏi ánh sáng rất cao. Tuy vậy, khi còn là cây mẹ và cây con, chúng có khả năng chịu bóng rất cao dưới tán rừng kín. Nhưng khi đã đạt $H > 100\text{cm}$, chúng đòi hỏi ánh sáng khá cao. Ở thời điểm này, nếu các lỗ trống với kích thước từ $100\text{-}300\text{ m}^2$ được mở ra, thì tốc độ tăng trưởng chiều cao của chúng có thể đạt trung bình $70\text{-}150\text{ cm/năm}$. Sau 3-5 năm, chúng có thể vươn lên tầng tán rừng. Đây là một đặc điểm sinh thái quan trọng của những loài cây gỗ của họ Sao Dầu mọc trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới.

(2) *Tái sinh tự nhiên trên đất trống.* Đất trống là những khoảng đất sau khi rừng bị khai thác trắng và bị cháy. Đất trống còn bao gồm đất trong các lỗ trống lớn được hình thành từ cây già bị đổ gãy và khai thác chọn từng đám cây thành thực... So với điều kiện dưới tán rừng, môi trường trên khoảng đất trống biến đổi lớn hơn. Vì thế, đời sống của cây tái sinh cũng thay đổi mạnh hơn. Quá trình tái sinh trên môi trường đất trống có những điều kiện thuận lợi sau đây:

- (1) Nguồn ánh sáng đảm bảo đủ cho sinh trưởng và phát triển của cây con.
- (2) Không có sự cạnh tranh gay gắt giữa thế hệ cây con với thế hệ cây mẹ.
- (3) Đủ điều kiện thuận lợi cho sự phân giải vật rụng và khoáng hóa chất hữu cơ, tăng cường sự hoạt động của vi sinh vật đất.
- (4) Dễ dàng cho việc xử lý đất bằng cơ giới hóa và chống lửa rừng.
- (5) Do được tán rừng xung quanh bảo vệ tốt, nên cây con phân bố bên các vách rừng tránh được những biến đổi xấu do ảnh hưởng của môi trường cực hạn.

Quá trình tái sinh trên đất trống có những điều kiện khó khăn sau đây:

- (1) Rừng non có thể gặp điều kiện nhiệt độ cực hạn (cao hoặc thấp).
- (2) Đất bị khô hạn và hình thành lớp váng cứng trên bề mặt ảnh hưởng xấu đến cây mầm và cây mẹ.
- (3) Sự phát triển mạnh của cỏ dại là nhân tố cản trở sự tiếp đất của hạt giống, đôi khi xảy ra sự cạnh tranh khốc liệt với cây gỗ non về nước và chất khoáng.
- (4) Ánh sáng phong phú làm cho nhiều loài cây gỗ chịu bóng bị đào thải, nhất là khi lỗ trống được mở ra đột ngột do khai thác hay cây già đổ gãy.

Ở những môi trường bị đảo lộn do ảnh hưởng của lửa, cây tái sinh của rừng mưa nhiệt đới mọc lên nhanh chóng. Chúng thuộc những loài mà hạt giống có thể sống bền dai trong đất và những loài mà cây mầm thường bị chết trong điều kiện bóng râm. Nhiều loài cây gỗ trong số này đặc trưng cho diễn thế thứ sinh dưới ảnh hưởng của lửa và những tác nhân khác. Trong những lỗ trống lớn và ở nơi có lửa tràn qua, những loài cây gỗ không có khả năng chịu bóng sẽ xuất hiện. Vì những loài cây gỗ này sinh trưởng rất nhanh, nên sau một thời gian ngắn chúng đã che phủ kín mặt đất bị đảo lộn. Trong một vài trường hợp,

một số loài cây gỗ phát triển rất mạnh đã nhanh chóng trở thành loài ưu thế đơn độc. Phần lớn các loài cây gỗ này là loài cây ưa sáng, giữ vai trò ưu thế trong giai đoạn đầu của quá trình diễn thế, kích thước nhỏ, đời sống ngắn, gỗ trắng và mềm. Căn cứ vào đời sống của các loài cây tiên phong, **Thái Văn Trùng (1999)** phân biệt chúng thành hai nhóm: (a) Nhóm cây gỗ tiên phong tạm thời; (b) Nhóm cây gỗ tiên phong định cư. Những loài cây gỗ tiên phong tạm thời có đời sống ngắn, trung bình từ 10-20 năm, gỗ nhẹ và mềm. Một số đại diện của nhóm này là Ba bét (*Mallotus apelta*), Hu nâu (*Mallotus cochinchinensis*), Ba soi (*Macaranga denticulata*), Hu đay (*Trema ancustifolia*), Bò đề (*Styrax tonkinensis*)... Những loài cây gỗ tiên phong định cư thường có đời sống dài hơn và tồn tại cùng với các loài cây gỗ định cư. Ví dụ: Mỡ (*Manglietia glauca*), Ràng ràng mít (*Ormosia balansae*), Lim xẹt (*Peltospermum tonkinensis*)... Cả hai nhóm cây gỗ tiên phong này có thể đều cùng xuất hiện trên đất trống. Vì nhóm cây gỗ tiên phong định cư có đời sống dài hơn, thân hình cao lớn hơn, nên chúng có thể tồn tại trong rừng già cùng với các loài cây gỗ định cư. Những loài cây gỗ tiên phong định cư có khả năng tái sinh rất kém hoặc hầu như không thấy tái sinh dưới tán rừng kín.

Sau khi phát triển và hình thành tán kín, do quá trình đào thải tự nhiên diễn ra mạnh mẽ, mật độ của các loài cây gỗ ưa sáng bị suy giảm dần. Trong điều kiện này, cây tái sinh của các loài cây gỗ chịu bóng sẽ phát sinh nhanh chóng và vượt lên trên các loài cây gỗ ưa sáng. Các loài cây gỗ chịu bóng thường có giá trị cao về mặt lâm sinh và kinh tế. Các thế hệ cây mầm và cây mạ của các loài cây gỗ chịu bóng thường sinh trưởng rất chậm trong những năm đầu. Khi gặp lỗ trống được mở ra do một vài cây già chết đi, thì các thế hệ cây non của các loài cây gỗ chịu bóng sinh trưởng rất nhanh. Sau đó các loài cây gỗ chịu bóng dần dần trở thành các loài cây gỗ ưu thế trong quần xã.

7.4.3. Tái sinh rừng bằng chồi

7.4.3.1. Khái niệm về tái sinh chồi

Tái sinh chồi diễn ra bằng con đường sinh sản vô tính. Một cây mới là một bộ phận của cây mẹ được tách ra. Hậu thế nhận được bằng con đường chồi được gọi là cây chồi. Lúc cây chồi còn nhỏ được gọi là cây tái sinh chồi. Trong lâm học, tái sinh chồi ở nhiều loài cây gỗ lớn thường ít có ý nghĩa. Lý do là vì cây chồi thường có kích thước nhỏ. Ngược lại, tái sinh chồi có ý nghĩa lớn trong kinh doanh rừng giống và rừng gỗ nhỏ. Hiện nay nước ta có không ít rừng thứ sinh và rừng nguyên sinh bị suy thoái được hình thành bằng con đường chồi. Vì thế, vấn đề tái sinh chồi và kinh doanh rừng chồi cũng thu hút sự chú ý của các nhà lâm học.

Tái sinh chồi và kinh doanh rừng chồi có thể xuất hiện trong những trường hợp sau đây: (1) Khi thực tiễn có nhu cầu kinh doanh rừng chồi nhằm cung cấp gỗ nhỏ hoặc đổi mới rừng hạt thành rừng chồi để bảo vệ môi trường nông nghiệp, thủy điện và tạo cảnh quan đẹp cho các khu dân cư và thành phố; (2) Sử dụng sinh sản vô tính để tạo vật liệu cây giống; (3) Khi rừng hạt cho năng suất thấp; (4) Kinh doanh rừng nhằm cung cấp vỏ và lá để làm nguyên liệu cho các ngành mỹ phẩm và y học...

Để kinh doanh rừng chồi có kết quả, nhà lâm học cần quan tâm đến đặc tính sinh học của các loài cây gỗ, nhất là khả năng sinh sản bằng chồi và các nhân tố sinh thái chủ yếu ảnh hưởng đến khả năng tái sinh chồi của chúng. Trong tự nhiên, tái sinh vô tính của các loài cây gỗ có thể xảy ra qua các con đường: chồi gốc, chồi thân, chồi rễ, chồi cành... Chồi gốc hình thành hoặc từ các chồi ngủ (chồi dự phòng) trên gốc cây mẹ hoặc từ chồi phụ xuất hiện ở lớp tượng tiếp giáp giữa vỏ và gỗ. Chồi nước là các chồi hình thành

trên thân chưa bị đổ gãy. Các chồi nước thường mọc tập trung ở một số vị trí trên thân, nhưng chúng không thể phát triển thành cành lớn. Đặc trưng cơ bản của chồi nước là sức sống yếu, hóa gỗ ít, ruột gỗ lớn. Chồi rễ phát sinh từ các chồi ngủ ở rễ. Chồi cành phát sinh từ các chồi ngủ khi các cành tiếp xúc với đất. Ngoài ra, sinh sản vô tính cũng có thể hình thành bằng cách ghép cành hoặc ken cây. Các dạng tái sinh này được gọi là tái sinh sinh dưỡng và trồng rừng sinh dưỡng. Dưới đây chúng ta xem xét một số kiểu tái sinh chồi phổ biến nhất và có ý nghĩa lớn nhất.

7.4.3.2. Tái sinh rừng bằng chồi gốc

Đa số các loài cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới đều có khả năng tái sinh chồi gốc từ các chồi ngủ. Ví dụ: Bạch đàn, Dầu song nòng, Dầu cát, Dầu trà ben, Dầu đồng... Một số loài cây gỗ tái sinh từ chồi phụ. Chẳng hạn: Bằng lăng, Phượng vĩ... Cho đến nay, ở nước ta chưa có tài liệu thống kê chính xác về các loài cây gỗ tái sinh bằng chồi và khả năng hình thành rừng chồi của chúng. Đây là tài liệu quan trọng giúp cho các nhà lâm nghiệp tuyển chọn các loài cây gỗ để kinh doanh rừng chồi.

Về mặt kỹ thuật, nhà lâm học cần phân biệt rõ ý nghĩa của chồi gốc và chồi thân. Chồi gốc là các chồi phát sinh trên các gốc cây mẹ bị đổ gãy do gió, khai thác và cháy rừng... Khả năng phát sinh chồi gốc và mức sinh trưởng của chúng phụ thuộc vào kích thước hay tuổi của gốc chặt. Căn cứ vào đặc điểm của gốc chặt trong quan hệ với sinh trưởng của chồi, chúng ta có thể phân biệt hai trường hợp sau đây. Một là các gốc chặt tiếp tục lớn lên cùng với sinh trưởng của cây chồi. Ở trường hợp này, các cây chồi sinh trưởng và phát triển tốt, hình thành quần thụ chồi năng suất cao tương tự như quần thụ hạt hoặc đôi khi cao hơn. Tuy nhiên, gốc chặt chỉ lớn lên khi chúng nằm trong giới hạn tuổi nhất định. Điều đó phụ thuộc vào loài cây gỗ và điều kiện lập địa. Đây là trường hợp có ý nghĩa lớn trong lâm học, đặc biệt trong kinh doanh rừng giống để lấy hạt và vật liệu sinh dưỡng. Hai là kích thước gốc chặt hầu như không lớn lên được chút nào, còn cây chồi có thể sinh trưởng tốt hoặc xấu. Điều đó tùy thuộc vào loài cây gỗ và lập địa. Trong trường hợp cây chồi sinh trưởng kém, người ta không sử dụng chúng để tạo lập rừng chồi lấy gỗ, nhưng có thể sử dụng chúng để tạo rừng phòng hộ đồng ruộng, rừng chống cát bay, rừng sản xuất lá và vỏ cây nhằm đáp ứng nguyên liệu cho các ngành mỹ phẩm và y học...

7.4.3.3. Tái sinh rừng bằng chồi thân

Chồi thân là các chồi phát sinh trên thân cây chưa bị đổ gãy. Các chồi thân thường phát triển kém và ảnh hưởng xấu đến chất lượng gỗ, đôi khi kìm hãm sinh trưởng của chồi đỉnh. Về ý nghĩa sinh học, nhà lâm học không thể dễ dàng phân biệt rõ ranh giới giữa chồi gốc và chồi thân.

Ngoài hai kiểu tái sinh chồi trên đây, trong tự nhiên còn gặp tái sinh chồi rễ và chồi cành. Trong lâm học, những kiểu tái sinh này ít có ý nghĩa.

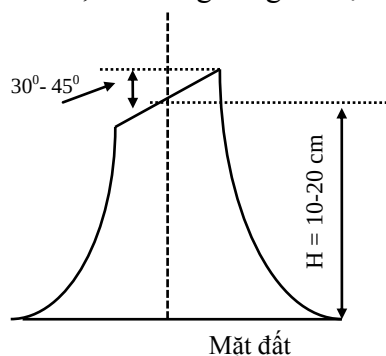
7.4.3.4. Những nhân tố ảnh hưởng đến tái sinh chồi

(1) *Tái sinh chồi của các loài cây gỗ phụ thuộc vào loài cây gỗ, tuổi và mùa trong năm.* Thật vậy, đa số các loài cây gỗ lá kim không sinh sản bằng chồi. Nhiều loài cây gỗ lá rộng chỉ tái sinh chồi trong một giới hạn tuổi hay kích thước nhất định. Chẳng hạn: Đa số cây gỗ của họ Sao Dầu chỉ tái sinh chồi khi đường kính thân không vượt quá 25-30cm. Ngược lại, nhiều loài cây gỗ của họ Đậu lại có khả năng phát sinh chồi ở mọi cấp kích

thước. Cây gỗ mọc trong tán rừng kín tái sinh chồi kém hơn so với cây gỗ mọc trên đất trống. Cây gỗ mọc trên đất ẩm tái sinh chồi tốt hơn so với cây gỗ mọc trên đất khô. Loài cây gỗ ưa sáng có khả năng tái sinh chồi mạnh hơn so với loài cây gỗ chịu bóng. Thời tiết đầu mùa xuân và đầu mùa hè là điều kiện thích hợp cho sự nảy chồi. Trong giới hạn tuổi tái sinh chồi, khả năng sinh trưởng của cây chồi cũng khác nhau. Ví dụ: Dầu song nòng có khả năng tái sinh chồi ngay từ lúc 1-2 tuổi đến khi đạt đường kính gốc 20-25 cm, nhưng cây chồi chỉ sinh trưởng bình thường trong giới hạn đường kính gốc chặt từ 2-10cm (Nguyễn Văn Thêm, 1992). Các loài thuộc chi *Eucalyptus* tái sinh chồi rất khoẻ trong giới hạn đường kính gốc chặt từ 5-15cm.

(2) *Khả năng tái sinh chồi phụ thuộc vào chiều cao gốc chặt*. Nói chung, chiều cao gốc chặt càng lớn thì số chồi càng nhiều, nhưng cây chồi càng yếu. Gốc chặt có chiều cao từ 10-20cm đảm bảo cho cây chồi khỏe và sinh trưởng nhanh hơn. Những chồi được sinh ra gần gốc cây mẹ có sức sống tốt hơn và tuổi thọ cao hơn so với những chồi hình thành xa gốc cây mẹ. Vì thế, việc khai thác để lại những gốc chặt có chiều cao thích hợp trong thời kỳ cây gỗ ra chồi khỏe không chỉ có ý nghĩa về lâm học, mà còn cả về kinh tế.

(3) *Sinh trưởng của cây chồi phụ thuộc vào hệ rễ cây mẹ và tình trạng của gốc chặt*. Theo quy luật, khi khả năng thu nhận chất dinh dưỡng của gốc chặt càng lớn, thì sinh trưởng của cây chồi trong những năm đầu càng nhanh, sức sống càng ổn định. Hiện tượng mục ruột gỗ trên gốc cây mẹ không ảnh hưởng lớn đến khả năng tái sinh chồi. Trái lại, điều đó ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng gỗ trên cây chồi như ruột gỗ xốp và bị mục. Do đó, kỹ thuật khai thác và các biện pháp phòng chống sâu bệnh cho các gốc chặt cần được đặc biệt quan tâm. Nói chung, kỹ thuật khai thác phải đảm bảo không làm xước vỏ và vỡ phần gỗ giác; bề mặt cắt ngang thân cây gỗ phải tạo ra một góc nghiêng $30-45^{\circ}$; chiều cao gốc chặt từ 10-20cm (Hình 7.9). Trong một số trường hợp, nhà lâm học có thể sử dụng hóa chất để phòng chống sâu bệnh cho các gốc chặt và cây chồi.



Hình 7.9. Sơ đồ xử lý gốc chặt để tái sinh chồi.

Về mặt kỹ thuật, việc chuyển hóa rừng hạt thành rừng chồi cần phải tính toán chính xác một số điều kiện sau đây.

(1) *Xác định đúng tuổi khai thác rừng hạt*. Tuổi khai thác rừng hạt thích hợp là thời điểm vừa đảm bảo thu hoạch tốt rừng hạt vừa tạo điều kiện tốt để rừng chồi cho sản lượng cao. Ví dụ: Đối với rừng *Eucalyptus camaldulensis*, thời điểm đó là tuổi 5-7 năm.

(2) *Mùa khai thác thích hợp*. Mùa khai thác thích hợp là thời điểm ngay trước lúc tượng tầng trên thân cây gỗ bắt đầu hoạt động, thời tiết mát và đất đủ ẩm.

(3) *Kỹ thuật khai thác và xử lý gốc chặt sau khai thác*. Để đảm bảo tái sinh chồi diễn ra thuận lợi, nhà lâm học cần quan tâm đến một số vấn đề sau đây: (a) Có nên khai thác trắng rừng hạt hay phải để lại một bộ phận làm tàn che; (b) Khai thác bằng phương tiện cơ giới hay thủ công; (c) Chiều cao gốc chặt cần để lại và cách thức xử lý gốc chặt để hạn chế sâu bệnh và nấm phá hủy ruột gỗ... Trong một số trường hợp, nhà lâm học có thể phải dùng hóa chất để chống lại sâu bệnh và nấm hại hoặc có thể dùng những chất kích thích sự nảy chồi. Ví dụ: Dùng 2,4D được pha với nồng độ thích hợp và phun lên gốc cây chặt trước lúc chồi phát sinh 10-15 ngày.

(4) *Nuôi dưỡng rừng chồi.* Kết quả tạo lập rừng chồi phụ thuộc rất lớn vào kỹ thuật nuôi dưỡng rừng chồi. Sau khi cây chồi đã phát sinh, nhà lâm học cần tuyển chọn các chồi khỏe và nuôi dưỡng tốt cây chồi. Nếu rừng chồi được sử dụng để lấy gỗ nhỏ và trung bình, thì mỗi gốc chặt chỉ nên để lại một chồi to khỏe nhất, nhiều nhất là hai chồi. Ngược lại, nếu tạo rừng chồi nhằm mục đích cung cấp nguyên liệu lá và vỏ cho y học và mỹ phẩm, thì số lượng chồi cần để lại trên gốc chặt có thể trên hai chồi. Biện pháp xử lý đất bằng cây máy, phòng chống cháy rừng và sâu hại cho rừng chồi cũng có ý nghĩa to lớn.

(5) *Dự báo chính xác chu kỳ kinh doanh rừng chồi, nhu cầu nguyên liệu gỗ và các sản phẩm khác.* Đây là vấn đề hết sức quan trọng, vì chúng ảnh hưởng đến các chi phí đầu tư và hiệu quả kinh tế trong kinh doanh rừng chồi. Khi phải hủy một rừng chồi, thì nhà lâm học cần sử dụng ngay các biện pháp chống lại sự phát sinh chồi.

7.4.3.5. Chồi nước và hiện tượng khô ngọn cây

Từ lâu, các nhà lâm học đã quan tâm đến mối liên hệ giữa sự phát sinh chồi nước và hiện tượng khô héo đỉnh sinh trưởng của cây gỗ. Nếu các hiện tượng trên đây có mối liên hệ với nhau, thì cái gì là nguyên nhân và cái gì là kết quả. Đồng thời, chúng có luôn đi kèm với nhau hay không. Nhiều nghiên cứu xác nhận rằng các chồi nước là nguyên nhân của hiện tượng khô ngọn cây. Thật vậy, khi các chồi nước hình thành nhiều trên thân cây gỗ, thì chúng phá hủy các chức năng sinh lý bình thường của cây gỗ và gây ra hiện tượng khô ngọn. Tuy nhiên, vấn đề này cũng hết sức phức tạp. Bởi vì, chúng ta có thể gặp không ít trường hợp cây gỗ bị khô ngọn nhưng không thấy chồi nước xuất hiện trên thân. Trái lại, khi có nhiều chồi nước trên thân, thì không thấy khô ngọn. Hiện tượng nêu ra trên đây thấy rất rõ ở rừng Têch (*Tectona grandis*).

Hiện tượng khô ngọn cây còn có thể do sự tác động giữa chồi nước và tán lá với môi trường bên ngoài. Tán cây gỗ phát triển tốt sẽ kìm hãm sự phát sinh chồi nước và chuyển chúng vào trạng thái ngủ. Sự thiếu hụt ánh sáng cũng là nguyên nhân làm phát sinh chồi nước. Chồi nước phát sinh mạnh gây ra hiện tượng làm suy yếu tán cây và sau đó tán cây có thể chết. Ở đây nhà lâm học cần phân biệt với hiện tượng khô ngọn cây gỗ do ảnh hưởng của điều kiện cực hạn.

Chồi nước phát sinh mạnh có thể đưa đến một số hiện tượng sau: (1) Chất lượng gỗ giảm do sự biến đổi của cấu trúc gỗ; (2) Khi chồi nước chết đi có thể là nguồn dẫn truyền sâu bệnh; (3) Giảm tăng trưởng đường kính và chiều cao thân cây... Để khắc phục hiện tượng phát sinh chồi nước, người ta đề nghị trồng rừng hỗn loài với mật độ cao. Nhưng trong kinh doanh rừng công viên, đôi khi những loài cây gỗ có nhiều chồi nước là những loài có ý nghĩa lớn.

7.4.3.6. Những đặc điểm của rừng chồi

(1) *So với rừng hạt, rừng chồi có đời sống ngắn hơn, sinh trưởng nhanh hơn, nhưng kém ổn định với tác động từ bên ngoài.* Hiện tượng sinh trưởng nhanh có liên hệ với sự cung cấp đầy đủ dinh dưỡng từ hệ rễ cây mẹ. Trong thời kỳ đầu, cây chồi ít gặp phải trở ngại, nhưng càng về sau chúng thường bị sâu bệnh gây ra mục ruột gỗ. Sức sinh trưởng của cây chồi trong một vài năm đầu có thể cao hơn cây hạt trung bình 5-10 lần, nhưng sau đó nhịp điệu tăng trưởng giảm nhanh.

(2) *Rừng chồi có chu kỳ kinh doanh ngắn, khả năng cung cấp nhanh gỗ và các sản phẩm khác, nhưng gỗ nhỏ và kém giá trị.* Gỗ của những cây chồi thường hay bị sâu hại. Hiện tượng này xảy ra nếu rừng chồi được phát sinh lại lần thứ 2-3 trở đi. Rừng chồi được

sử dụng tốt vào mục đích kinh doanh gỗ nhỏ, đặc biệt là cung cấp gỗ cho công nghiệp sản xuất giấy và ván dăm. Ngoài ra, chúng còn có ý nghĩa lớn trong tạo lập rừng phòng hộ, rừng công viên bao quanh các khu dân cư và thành phố...

(3) *Rừng chồi thích hợp với mục đích kinh doanh rừng giống lấy hạt và vật liệu sinh dưỡng, vì nó đảm bảo tính di truyền ổn định từ thế hệ cây mẹ.* Trong kinh doanh rừng lấy lá và vỏ, rừng chồi đem lại hiệu quả rất cao về kinh tế.

7.4.4. Phương pháp nghiên cứu tái sinh rừng

7.4.4.1. Nhận thức chung

Trong nghiên cứu tái sinh rừng, nhà lâm học cần lưu ý đến những vấn đề sau đây.

(1) *Đối tượng, mục đích và mục tiêu nghiên cứu tái sinh rừng.* Phân biệt đúng đối tượng nghiên cứu cho phép nhà lâm học chọn đúng các điểm quan trắc. Về mặt khoa học, mục đích của nghiên cứu tái sinh rừng là cung cấp các thông tin để hiểu rõ về đặc tính sinh thái tái sinh của các loài cây gỗ, phân tích những nhân tố môi trường ảnh hưởng đến tái sinh của các loài cây gỗ, xây dựng các mô hình dự đoán tái sinh của các loài cây gỗ... Trong kinh doanh rừng, mục đích của nghiên cứu tái sinh rừng là cung cấp các thông tin để xác định các loại hình kinh doanh rừng và hiệu quả kinh tế của tái sinh rừng. Các mục tiêu nghiên cứu thay đổi tùy theo yêu cầu của khoa học và thực tiễn. Từ các mục tiêu nghiên cứu, nhà lâm học xác định rõ nội dung và phương pháp nghiên cứu.

(2) *Tái sinh của các loài cây gỗ là một hiện tượng sinh học - sinh thái quan trọng nhất trong đời sống của chúng.* Hiện tượng này không chỉ phụ thuộc vào đặc tính sinh học của các loài cây gỗ, mà còn chịu sự chi phối của nhiều yếu tố môi trường vốn hết sức phức tạp và đa dạng. Vì thế, để hiểu rõ về tái sinh rừng, nhà lâm học phải quan tâm không chỉ đến các đặc tính sinh học của các loài cây gỗ, mà còn cả các yếu tố sinh thái.

(3) *Những hạn chế của nhà lâm học.* Tái sinh rừng là một hiện tượng tự nhiên vô cùng phức tạp. Quá trình tái sinh rừng phụ thuộc rất phức tạp vào biến động của các nhân tố sinh thái. Do hạn chế về kiến thức của nhiều khoa học, nên nhà lâm học không thể đo đạc và giải thích đúng các hiện tượng và sự kiện xảy ra ở rừng. Nhà lâm học là người hiểu biết rõ về rừng, nhưng mỗi thứ một ít và chẳng có gì thật sâu sắc. Chính điều đó đã hạn chế khả năng tự thu thập các thông tin về rừng. Bởi vậy, việc đúc kết, phân tích và ứng dụng các phương pháp nghiên cứu của các chuyên ngành khác là hết sức cần thiết. Các nghiên cứu của riêng nhà lâm học có thể dẫn đến sự phân tích hời hợt về quá trình tái sinh rừng. Nhưng những kết quả nghiên cứu về rừng của các chuyên gia thuộc chuyên ngành khoa học khác mà không có sự tham gia của các nhà lâm học thì cũng khó có khả năng nhận được kết quả thỏa đáng. Vì thế, để nhận được những kết quả nghiên cứu thỏa đáng, nhà lâm học cần phải cộng tác chặt chẽ với chuyên gia của các chuyên ngành khoa học khác.

(4) *Hạn chế về thời gian của các quá trình nghiên cứu.* Tái sinh rừng diễn ra qua rất nhiều giai đoạn. Vì thế, đây là một khó khăn cho nghiên cứu tái sinh rừng. Khi cần thiết phải đáp ứng nhanh chóng các thông tin cho quy hoạch rừng và thiết kế các biện pháp lâm sinh, thì các nội dung và phương pháp nghiên cứu tái sinh rừng cần phải thu hẹp đúng mức. Ví dụ: Để hiểu rõ quy luật tái sinh rừng, nhà lâm học cần phải bố trí các ô nghiên cứu định vị. Nhà nghiên cứu phải sử dụng các phương pháp nghiên cứu khoa học để thu thập chính xác về số lượng và chất lượng cây con hiện có dưới tán rừng. Nếu chỉ cần biết khái quát tình hình tái sinh rừng nhằm cung cấp số liệu cho quy hoạch rừng, thì nhà lâm học chỉ cần thu thập số liệu trên các ô mẫu tạm thời.

(5) *Các kết quả nghiên cứu phụ thuộc chặt chẽ vào phương pháp thu thập và xử lý số liệu.* Trong nghiên cứu tái sinh rừng, phương pháp so sánh có ý nghĩa lớn. Tất cả các quan trắc, đo đạc cần được bố trí ở nhiều nơi, ít nhất là ở hai kiểu môi trường khác nhau (kiểu lập địa). Ngoài ra, các thí nghiệm cần được bố trí ở những môi trường khác nhau không quá lớn. Cách bố trí những điểm nghiên cứu như vậy cho phép nhà lâm học phát hiện được nhiều tính chất chung giữa nhiều điểm nghiên cứu. Nếu các thí nghiệm được bố trí ở những môi trường khác nhau rất lớn, thì nhà lâm học lại gán cho nhân tố sinh thái nào đó những sai lệch quá rõ. Điều đó có thể dẫn đến những kết luận chủ quan. Nói chung, bố trí các quan trắc ở nhiều nơi cho phép nhà lâm học phát hiện những sai sót trong việc đánh giá riêng rẽ từng hiện tượng.

(6) *Rừng là một hệ thống tự nhiên rất phức tạp, nhưng hoạt động của chúng luôn tuân theo những quy luật xác định.* Các quy luật sống của rừng chịu sự tác động của nhiều nhân tố (hữu sinh và vô sinh) và chính chúng cũng tác động trở lại môi trường sống thông qua các mối liên hệ ngược. Vì thế, khi nghiên cứu tái sinh rừng, nhà lâm học cần phải phân tích ảnh hưởng của nhiều nhân tố khác nhau đến quá trình tái sinh rừng.

(7) *Phương pháp thực nghiệm kết hợp với phương pháp quan trắc theo các điểm định vị là hết sức quan trọng.* Ví dụ: Khi có yêu cầu làm rõ ảnh hưởng của chế độ ánh sáng, nhiệt độ của không khí, thành phần chất khoáng của đất đến tái sinh rừng, thì nhà lâm học cần bố trí thực nghiệm trong phòng hoặc ở vườn ươm theo những chế độ thí nghiệm nghiêm ngặt. Phương pháp thực nghiệm cho phép nhà lâm học tránh phải chờ đợi sự xuất hiện của nhân tố nghiên cứu ở ngoài rừng vốn rất khó theo dõi và phân tích.

(8) *Tái sinh rừng phụ thuộc vào biến động của các nhân tố sinh thái.* Thời gian quan trắc tái sinh rừng phải luôn gắn với các hiện tượng tự nhiên hoạt động theo chu kỳ, đồng thời công việc này phải lặp lại nhiều lần ở nhiều địa điểm khác nhau. Chỉ có như vậy nhà lâm học mới phát hiện ra mối liên hệ giữa tái sinh rừng với biến động của môi trường.

(9) *Những hạn chế về phương pháp xử lý và pháp phân tích số liệu.* Sau khi thu thập các thông tin về tái sinh rừng, nhà lâm học cần chọn phương pháp phân tích số liệu một cách thích hợp. Phương pháp phân tích tương quan và hồi quy đa nhân tố cho phép xác định chính xác những nhân tố ảnh hưởng đến tái sinh rừng. Trong thực tế, nhà lâm học không thể kiểm soát được tất cả những nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến tái sinh rừng. Vì thế, những nhân tố môi trường được chọn lựa để phân tích chỉ bao gồm những nhân tố mà nhà lâm học có thể kiểm soát được thông qua các hoạt động lâm sinh.

7.4.4.2. Phương pháp nghiên cứu tái sinh rừng

Trong lâm học, các phương pháp nghiên cứu tái sinh rừng được phân chia thành hai nhóm. Một là các phương pháp chuyên nghiên cứu quá trình ra hoa quả, đánh giá mùa vụ sai quả và xác định các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình này. Để giải quyết tốt vấn đề này, ở đây đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa nhà lâm học với các chuyên gia chuyên ngành (sinh lý, sinh hóa thực vật, khí hậu-thủy văn, đất...). Hai là các phương pháp chuyên nghiên cứu về số lượng, chất lượng cây con trong quan hệ với môi trường sống của chúng, soạn thảo các kỹ thuật xử lý tái sinh rừng. Tùy theo mục tiêu nghiên cứu đặt ra, nội dung và phương pháp nghiên cứu được xác định một cách thích hợp.

7.4.4.3. Đánh giá hiệu quả tái sinh rừng

Hiệu quả tái sinh rừng được đánh giá theo ý nghĩa lâm sinh và kinh tế. Việc đánh giá hiệu quả tái sinh rừng có thể dựa vào các chỉ tiêu dưới đây.

(a) *Mật độ cây tái sinh.* Mật độ cây tái sinh được đánh giá theo cấp tùy thuộc loài cây gỗ và lập địa. Trong thực tế, cấp mật độ cây tái sinh còn được phân chia theo ý nghĩa kinh tế của loài cây gỗ. Ví dụ: Đối với các loài cây gỗ kinh tế, số lượng cây tái sinh không thấp hơn 1.000 cây/ha với $H > 100$ cm. Khi cây con còn nhỏ ($H < 100$ cm), số lượng cây tái sinh đòi hỏi không thấp hơn 5.000 cây/ha. Các quy định này có thể thay đổi tùy theo kiểu rừng. Những quy định về mật độ cây tái sinh cho phép giảm thấp hoặc loại trừ các sai lầm trong khi quyết định phương thức tái sinh rừng.

Trong nghiên cứu sinh thái tái sinh rừng, chỉ tiêu mật độ bên cạnh nhiều chỉ tiêu khác (sức sống và sinh trưởng) có ý nghĩa thuyết minh yêu cầu sinh thái của chúng. Ở những nơi có điều kiện môi trường thuận lợi, mật độ của một loài cây gỗ nhiều hơn so với môi trường không thuận lợi. Ngược lại, nơi có mật độ loài thấp chứng tỏ điều kiện môi trường ở nơi này không thuận lợi cho tái sinh của loài cây gỗ. Tuy nhiên, điều đó cũng không hẳn đúng, bởi vì khả năng tái sinh của các loài cây gỗ còn phụ thuộc vào nguồn cây giống có phong phú hay không.

Mật độ cây tái sinh có thể được thu thập bằng phương pháp bố trí các ô dạng bản và đo độ thường gặp. Số lượng và kích thước ô dạng bản được xác định tùy theo tình trạng tái sinh và yêu cầu độ chính xác của kết quả nghiên cứu. Chẳng hạn: Ở những nơi mật độ cây con từ 5.000-10.000 cây/ha, sử dụng ô dạng bản với kích thước từ 2-10m²; số lượng ô dạng bản không thấp hơn 30 cho một lô rừng từ 2-5ha. Ngược lại, ở những nơi mà mật độ cây tái sinh thấp hơn 5.000 cây/ha và kích thước lớn, sử dụng ô dạng bản 10-20m²; số lượng ô dạng bản được tính theo phương pháp lấy mẫu trong thống kê toán học. Trong sản xuất, người ta thường áp dụng chỉ tiêu độ thường gặp để ước lượng mật độ cây con. Đối với những loài cây gỗ lớn, kích thước ô dạng bản có thể từ 4-16m² và số lượng ô dạng bản không thấp hơn 30 ô/ha. Việc sử dụng ô dạng bản từ 4-16m² dựa trên căn cứ: Khi trồng rừng cây gỗ lớn, các nhà lâm học thường bố trí diện tích sinh trưởng ban đầu là 4-16 m²/cây.

(b) *Kết cấu loài cây tái sinh.* Đây là chỉ tiêu quan trọng trong nghiên cứu tái sinh rừng và quyết định phương thức kinh doanh rừng. Theo thành phần loài cây tái sinh, nhà lâm học cần phân biệt loài ưu thế và loài có ý nghĩa kinh tế. Từ thành phần loài cây gỗ và phân bố tuổi hay kích thước của chúng, nhà lâm học có thể dự báo khuynh hướng diễn thế rừng và tương ứng đề ra biện pháp xử lý thích hợp.

(c) *Sinh trưởng của cây tái sinh.* Sinh trưởng của cây tái sinh trong quan hệ với môi trường có ý nghĩa to lớn. Chỉ tiêu này không chỉ cho phép dự báo khuynh hướng vươn lên tán rừng của các thế hệ cây tái sinh, mà còn đánh giá ảnh hưởng của môi trường đến các thế hệ cây tái sinh. Tuy nhiên, đây là chỉ tiêu rất khó xác định chính xác. Nguyên nhân là vì nhà lâm học không thể biết chính xác tuổi thực của cây con. Thay vì thế, nhà lâm học thường phân chia cây tái sinh theo cấp H. Mỗi cấp H là 20cm đối với cây mầm và cây mạ; 50-100cm đối với cây con.

(d) *Trạng thái sức sống và chất lượng cây tái sinh.* Đây là chỉ tiêu phản ánh tác động tổng hợp của các nhân tố môi trường đến cây con, đồng thời còn cho biết khả năng thích nghi của chúng đối với sự thay đổi của môi trường. Phân biệt chính xác chất lượng cây con là một yêu cầu về mặt kinh tế. Phân loại cây tái sinh giúp cho chủ rừng tránh được các thiệt hại về kinh tế trong khi quyết định phương án xử lý tái sinh rừng. Trạng thái cây tái sinh được phân chia thành 3 mức: khỏe, trung bình (nghi ngờ) và yếu. Cây tái sinh khỏe là cây tái sinh sinh trưởng và phát triển tốt, không bị sâu hại, không có biểu hiện bị ức chế. Cây tái sinh yếu bao gồm những cây sinh trưởng kém và không ổn định, bị sâu hại nặng, đang chết từng phần hoặc bị đổ gãy. Những cây có sức sống trung bình là cây có các chỉ tiêu trung gian giữa hai cấp trên, nghĩa là sinh trưởng bình thường, có thể bị sâu hại nhẹ, bị

ức chế nhưng vẫn có khả năng vươn lên tầng trên. Trong lâm học, những cây có chất lượng trung bình còn được gọi là cây nghi ngờ. Đó là những cây chưa thật rõ là cây tốt hay cây xấu.

Chất lượng của các cây tái sinh cần được phân biệt theo ý nghĩa sinh học và kinh tế. Về ý nghĩa sinh học, các cây tái sinh được phân biệt dựa vào các chỉ tiêu sinh lý - hóa sinh. Trong thực tế, nhà lâm học có thể bắt gặp những cây tái sinh có chất lượng tốt về mặt sinh học, nhưng lại không thoả mãn về mặt lâm học. Thật vậy, những cây con bị cụt ngọn hay hai thân có thể vẫn biểu hiện sức sống bình thường, nhưng chúng không thể được coi là những cây tốt về ý nghĩa kinh tế, bởi vì chúng không có khả năng tạo ra gỗ lớn. Ngược lại, cây tái sinh có ý nghĩa kinh tế phải thoả mãn điều kiện: thân thẳng, tròn đều, không bị cụt ngọn hay hai thân, tán cân đối. Để phân biệt đúng chất lượng cây tái sinh, nhà lâm học cần phải dựa vào các chỉ tiêu sinh lý - sinh hóa của nó. Nhưng khi đo đếm ở rừng, nhà lâm học không thể xác định chính xác những chỉ tiêu này. Theo quy luật, sức sống và chất lượng của cây tái sinh có mối liên hệ chặt chẽ với các chỉ tiêu hình thái thân và tán lá. Do đó, nhà lâm học thường dựa vào hình thái thân và tán lá để phân loại chất lượng của cây tái sinh.

Chất lượng của các cây tái sinh thông thường được phân ra 3 cấp: tốt (tín cây), nghi ngờ và xấu. [Bảng 7.2](#) dẫn ví dụ về hệ thống chỉ tiêu và tiêu chuẩn hình thái của các thể hệ cây con của Dầu song nòng.

Bảng 7.2. Chỉ tiêu và tiêu chuẩn đánh giá chất lượng cây con Dầu song nòng (Nguyễn Văn Thêm, 1992)

Chỉ tiêu	Tiêu chuẩn đánh giá tương ứng với các cấp cây:		
	Cây tốt	Cây nghi ngờ	Cây xấu
1. Màu sắc lá	Xanh lục	Xanh đen	Vàng, khô
2. Màu sắc thân cây	Nâu	Xám trắng	Xám, khô
3. Hình dạng thân cây	Thẳng, tròn	Cong, thon	Gãy ngọn, khô
4. Hình dạng tán lá:	Tháp	Nón	Dù
+ độ dài tán (%)	≥ 50	< 50	< 50
+ bề rộng tán (%)	≥ 50	< 50	< 50
5. Mật độ lá	Nhiều	Trung bình	Thưa, không có
Môi trường thường gặp	Lỗ trống và độ tàn che 0,5 - 0,6	Độ tàn che 0,7 - 0,8	Độ tàn che $< 0,4$ hoặc trên 0,8

Các chỉ tiêu của [Bảng 7.2](#) được đánh giá như sau:

- (1) Mật độ lá. Chỉ tiêu này được phân ra ba cấp: rậm, trung bình và thưa. Cây tốt có lá to, nhiều và sắp xếp liền nhau trên thân và cành. Cây yếu và cây nghi ngờ có lá nhỏ, thưa hoặc không có, lá bị sâu hại nặng.
- (2) Màu sắc lá. Lá xanh lục đặc trưng cho cây khỏe, mọc ở nơi sáng. Lá xanh đen hay úa vàng đặc trưng cho cây mọc ở nơi thiếu ánh sáng, cây đang chết hay đã chết.
- (3) Màu sắc thân. Cây khỏe có thân màu nâu; cây yếu thân màu xám trắng hoặc chết từng phần.
- (4) Hình dạng thân. Thân thẳng, tròn đều và không bị gãy ngọn đặc trưng cho cây khỏe và đủ tiêu chuẩn kỹ thuật. Cây yếu có thân cong, cây hai thân và ngọn cây khô từng phần.
- (5) Hình dạng tán lá. Cây khỏe có tán lá dạng hình tháp. Cây yếu có tán lá dạng dù. Hình dạng tán lá do hai chỉ tiêu quy định:
 - *Chỉ số bề rộng tán.* Đó là tỷ lệ phần trăm giữa đường kính tán ở vị trí rộng nhất và chiều dài tán lá. Chỉ số bề rộng tán của cây khỏe và cây yếu tương ứng là lớn hơn 50% và nhỏ hơn 50%.

- *Chỉ số chiều dài tán.* Đó là tỷ lệ phần trăm chiều dài tán lá và chiều cao thân. Cây khỏe có tán lá phát triển, do đó tỷ lệ này lớn hơn 50%, còn cây yếu nhỏ hơn 50%.

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng bất kỳ chỉ tiêu riêng biệt nào cũng không thể phản ánh chính xác chất lượng của cây tái sinh. Vì thế, việc đánh giá chất lượng của cây tái sinh phải được thực hiện dựa trên nhiều chỉ tiêu khác nhau. Tuy nhiên, về ý nghĩa kỹ thuật, đôi khi một chỉ tiêu thân cũng đã cho biết chất lượng cây như thế nào. Ví dụ: Một cây cụt ngọn chưa hẳn đã là cây yếu, nhưng về mặt kỹ thuật nó không có khả năng tạo ra gỗ tốt. Vì thế, nó được xem là cây yếu hay xấu.

So sánh với các nhân tố sinh lý - hóa sinh, các nhân tố hình thái ít thay đổi hơn. Các phương pháp giải phẫu - sinh lý có khả năng đi sâu vào bản chất sức sống của cây tái sinh và phản ánh được những biến động của môi trường bên ngoài và động thái sinh trưởng của cây tái sinh. Trong nghiên cứu tái sinh rừng, nhà lâm học cần phải xem xét điều kiện môi trường xung quanh cây tái sinh, phương pháp dự báo và đánh giá kết quả tái sinh rừng. Các quan điểm đánh giá tái sinh và tên gọi của các biện pháp lâm sinh phải thay đổi tùy theo loài cây gỗ và kiểu rừng.

(e) *Phân bố cây tái sinh theo không gian và tuổi.* Chỉ tiêu này phối hợp cùng với các chỉ tiêu mật độ và sức sống cho phép đánh giá chính xác hiệu quả tái sinh rừng.

(f) *Dự báo triển vọng và xác lập các biện pháp tái sinh rừng.* Đây là một nhiệm vụ quan trọng trong nghiên cứu tái sinh rừng. Để giải quyết nhiệm vụ này, nhà lâm học cần đến nhiều thông tin về các quy luật ra hoa quả, sinh trưởng và đào thải tự nhiên, diễn thế rừng tương ứng với từng kiểu rừng và điều kiện lập địa. Những thông tin này có thể nhận được thông qua các nghiên cứu định vị lâu dài. Ngày nay, các quá trình tái sinh rừng có thể được mô hình hóa khá chính xác bằng các mô hình toán.

7.5. Ý nghĩa của sinh thái quần thể trong lâm học

Kinh doanh rừng theo nghĩa rộng là sinh thái học quần thể ứng dụng. Nhà lâm học tạo lập và hình thành rừng với mong muốn đạt được mục tiêu nhất định của điều chế rừng. Mỗi quần thể có thể bao gồm một hoặc một vài loài cây gỗ với mật độ và tuổi nhất định. Chúng có thể được sắp xếp theo một trật tự nhất định về không gian và thời gian. Để đạt được mong muốn này, nhà lâm học phải hiểu rõ một số quy luật sống của các loài cây gỗ: (1) Quy luật tái sinh và diễn thế; (2) Quy luật phân hóa và tỉa thưa tự nhiên; (3) Đặc điểm của các giai đoạn hình thành rừng; (4) Tuổi thành thực của mỗi loài gỗ và cả quần thể... Ngoài ra, nhà lâm học còn phải biết các quan hệ cạnh tranh giữa các cá thể trong loài và khác loài, ảnh hưởng của các biện pháp lâm sinh đến sự hình thành rừng.

Những kiến thức về quy luật phân hóa, tỉa thưa và sinh trưởng của quần thể cho phép nhà lâm học xây dựng các phương thức nuôi dưỡng rừng và khai thác rừng.

Khi thực hiện biện pháp tái sinh tự nhiên dưới tán rừng, nhà lâm học không thể bỏ qua những kiến thức về quy luật ra hoa quả của mỗi loài cây gỗ, các kiểu cách tái sinh của mỗi loài cây gỗ, quy luật phân hóa và tỉa thưa, ảnh hưởng của ánh sáng và cây bụi - thảm tươi đến sự hình thành của lớp cây tái sinh trong những môi trường khác nhau.

7.6. Tóm tắt chương 7

Các quần thể thực vật là thành phần cấu thành hệ sinh thái rừng. Cây gỗ là đối tượng nghiên cứu của sinh thái rừng. Vì thế, nhà lâm học chỉ tập trung nghiên cứu đời sống của các quần thể cây gỗ. Trong sinh thái rừng, nhà lâm học quan tâm đến sự phân bố, mật độ, tỷ lệ sinh sản và tử vong của các cá thể trong quần thể, những nhân tố kiểm soát sinh

trưởng, tái sinh và sản lượng của các quần thể cây gỗ. Kiến thức về sinh thái quần thể cây gỗ giúp cho nhà lâm nghiệp chọn lựa các phương thức lâm sinh (khai thác - tái sinh, nuôi dưỡng rừng).

Câu hỏi chương 7

- (1) Quần thể thực vật có những đặc trưng gì?
- (2) Trình bày quy luật biến đổi mật độ của rừng thuần loài đồng tuổi theo thời gian? Hiểu biết về quy luật này mang lại ý nghĩa gì trong lâm học?
- (3) Cho biết tầm quan trọng của các nghiên cứu về cấu trúc tuổi của quần thể cây gỗ?
- (4) Rừng thuần loài đồng tuổi phát triển qua những giai đoạn nào?
- (5) Sản lượng của rừng thuần loài đồng tuổi phụ thuộc vào những nhân tố nào?
- (6) Định nghĩa tái sinh rừng? Các kiểu tái sinh rừng?
- (7) Tái sinh tự nhiên của các loài cây gỗ trải qua những giai đoạn nào?
- (8) Khi nghiên cứu những nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến quá trình tái sinh tự nhiên dưới tán rừng, nhà lâm học đặc biệt quan tâm đến những nhân tố sinh thái nào?
- (9) Hiệu quả tái sinh rừng được đánh giá theo những chỉ tiêu nào?
- (10) Vì sao rừng hồi giao mang lại hiệu quả sinh thái cao hơn so với rừng thuần loài?
- (11) Rừng chồi có những đặc điểm gì?
- (12) Tại sao nhà lâm học cần phải dự báo kết quả tái sinh rừng?

Chương 8

SINH THÁI HỌC QUẦN XÃ

8.1. Mở đầu

Sự sống sót, sự dao động và sự phân bố của một loài sinh vật nào đó theo không gian và thời gian không chỉ phụ thuộc vào môi trường vật lý (khí hậu, đất, địa hình), mà còn cả mối quan hệ qua lại giữa nó với các loài sinh vật khác. Tương tự, các quần thể sinh vật trong một hệ sinh thái cũng không tồn tại độc lập mà thường chung sống và tương tác qua lại với nhiều quần thể sinh vật khác. Vì thế, quần xã sinh vật (QXSV) được định nghĩa là tập hợp các loài sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) cùng chung sống trong một nơi ở nhất định hoặc sinh cảnh nhất định. Khi đối tượng nghiên cứu là các quần thể loài cây gỗ, thì quần xã cây gỗ là tập hợp các loài cây gỗ cùng chung sống trong một nơi ở nhất định hoặc sinh cảnh nhất định.

Quần xã sinh vật là một khái niệm rộng. Nó dùng để chỉ các phân nhóm thiên nhiên có kích thước khác nhau, từ khu sinh học của một gốc cây đến khu sinh học lớn hơn như rừng, biển và đại dương... Quần xã sinh vật là một bộ phận của hệ sinh thái. Quần xã sinh vật có những đặc trưng khác với cá thể của một loài và quần thể loài. Đó là đặc trưng về kết cấu loài, cấu trúc theo chiều đứng và ngang, sự thay đổi theo thời gian, sinh khối, dòng năng lượng và chu trình vật chất...

Trong một hệ sinh thái, các QXSV không có ranh giới rõ ràng. Thông thường, ranh giới của QXSV rừng được xác định theo quần xã thực vật rừng (QXTV). Quần xã sinh vật bao gồm QXTV, quần xã động vật và quần xã vi sinh vật. Mặc dù vậy, nhà lâm học phải luôn nhớ rằng mức độ phối hợp và sự tương tác giữa ba nhóm quần xã này là hết sức chặt chẽ. Vì thế, khi nghiên cứu về rừng, nhà lâm học không được tách biệt ba thành phần này thành những thành phần riêng rẽ. Muốn hiểu đầy đủ về cấu trúc và chức năng của quần thể thực vật và QXTV nào đó, nhà lâm học phải đặt chúng trong khuôn khổ của hệ sinh thái. Những kiến thức về QXTV là cơ sở cho việc dự báo về QXSV và hệ sinh thái.

Vào cuối thế kỷ XIX, trên cơ sở nhận thức QXSV có cấu trúc và chức năng riêng, có sự phát sinh và phát triển theo thời gian chẳng khác gì một cơ thể sống, nên nhà sinh thái học người Đức Karl Mobius đã xem QXTV giống như một siêu cơ thể sống tương đối độc lập. Khi so sánh các giai đoạn phát triển của một cá thể từ khi sinh ra cho đến khi trưởng thành và chết với các giai đoạn phát triển tuần tự kế tiếp nhau của một QXTV bắt đầu từ một nhóm cá thể non cho đến trưởng thành hay quần xã cao đỉnh (Climax), nhà sinh thái học người Mỹ Clements (1916) cũng cho rằng QXTV giống với một cơ thể sống. Nhưng sự thật là QXTV khác hoàn toàn với một cơ thể sống. Thật vậy, một cơ thể sống là sự thống nhất giữa các bộ phận (tế bào, mô, cơ quan). Các bộ phận này hoạt động theo một cơ chế rất phức tạp. Các quan hệ của chúng là quan hệ hỗ trợ nhau. Trong khi đó, mối quan hệ giữa các thành phần của QXTV chủ yếu là quan hệ cạnh tranh, ăn thịt lẫn nhau, ký sinh, cộng sinh... Một điểm khác nữa là các giai đoạn phát triển kế tiếp nhau của một cá thể là liên tục và biến đổi theo một hướng xác định không thể đảo ngược, nghĩa là không thể bỏ qua bất kỳ giai đoạn nào. Ngược lại, các giai đoạn phát triển của QXTV có thể không liên tục, nghĩa là có thể đứt đoạn và hướng phát triển không phải theo đường thẳng mà theo đường zigzag. Ngoài ra, cá thể có khả năng sinh sản, còn quần xã không có chức năng này.

Theo thời gian, các đặc tính của các QXTV (thành phần loài, cấu trúc, sự trao đổi vật chất và năng lượng...) không ngừng thay đổi. Sự thay thế QXTV này bằng QXTV khác được gọi là sự diễn thế của QXTV. Quần xã sinh vật hoạt động như một thể thống nhất nhờ vào quá trình chuyển hóa năng lượng và vật chất liên tục giữa các thành phần của chúng. Ngoài ra, quần xã sinh vật có sự sắp xếp nhất định theo không gian và thời gian nhằm duy trì khả năng sinh tồn của mỗi quần thể loài. Các loài cây gỗ là đối tượng nghiên cứu của lâm học. Vì thế, chương này chủ yếu phân tích những đặc tính của quần xã cây gỗ hay quần thụ.

8.2. Tổ chức của quần xã thực vật rừng

Quần xã thực vật rừng biểu thị một tập hợp các loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo sống trong một không gian hay sinh cảnh nhất định. Tổ chức của QXTV rừng còn được gọi là kiến trúc của QXTV rừng. Thuật ngữ này biểu thị kết cấu loài cây và cấu trúc của QXTV rừng theo không gian, thời gian và môi trường. Kết cấu loài cây của QXTV biểu thị thành phần loài cây và độ phong phú của chúng. Cấu trúc của QXTV biểu thị sự tổ chức và sắp xếp của các loài cây theo không gian, thời gian (năm) và môi trường. Đặc trưng của QXTV không chỉ là thành phần loài cây và cấu trúc, mà còn cả khả năng tự phục hồi sau khi bị phá hủy. Quần xã thực vật rừng là một hiện tượng động, nghĩa là nó luôn biến đổi theo thời gian và môi trường.

8.2.1. Thành phần dạng sống trong quần xã thực vật rừng

Warming (1901; Dẫn theo Baur, 1979) định nghĩa thành phần dạng sống là tập hợp các nhóm cây, mặc dù có sự khác nhau về hệ thống phân loại, nhưng đều có khả năng thích ứng với những điều kiện sống nhất định, có sự tương đồng về cấu tạo, chức năng sinh lý và tập tính sinh học. Trong một QXTV rừng, nhà lâm học có thể bắt gặp rất nhiều thành phần dạng sống khác nhau. Nói chung, một QXTV rừng bao gồm 7 dạng sống phổ biến.

(1) *Dạng sống cây gỗ*. Đó là tập hợp các loài cây gỗ hình thành bộ phận cơ bản nhất của rừng. Đây là dạng sống phổ biến nhất và có ý nghĩa lớn nhất về sinh thái học rừng và kinh doanh rừng. Dạng sống cây gỗ có một số đặc trưng cơ bản sau đây: (1) Sống ở mọi tầng rừng; (2) Kích thước (thân, tán lá, cành, nhánh...) to lớn; (3) Thân thẳng, phân cành cao khi trưởng thành; (4) Tự đứng vững trên mặt đất; (5) Hệ rễ ăn sâu và rộng trong các tầng đất; (6) Thân nhỏ dần từ gốc đến ngọn; (7) Hoa và quả có thể mọc trên thân...

(2) *Dạng sống cây thân bụi*. Đó là dạng sống của cây gỗ có kích thước rất nhỏ bé, tán gọn, phân cành sát gốc hoặc không có cành (cây họ Cau Dừa), luôn sống ở tầng thấp dưới tán rừng và có khả năng chịu bóng rất cao.

(3) *Dạng sống cây thân thảo*. Đó là các loài cây có thân không hóa gỗ, sống tập trung dưới tán rừng. Trong rừng mưa tự nhiên nhiệt đới, các loài cây thân thảo có lá xanh quanh năm, mọc thành từng đám dưới tán rừng và trong các lỗ trống dưới tán rừng. Vì thế, các nhà lâm học gọi cây thân thảo là thảm cỏ hay thảm tươi. Lớp thảm tươi biểu hiện rõ hai ý nghĩa. Mặt có lợi của thảm tươi là chúng tham gia tích cực vào quá trình hình thành đất, tạo ra môi trường đất ẩm và nguồn thức ăn cho hệ động vật và vi sinh vật đất. Mặt có hại của thảm tươi là chúng có thể là nguồn truyền một số bệnh cho cây gỗ, ngăn cản sự tiếp đất của hạt giống và sự hình thành cây mầm của các loài cây gỗ...

(4) *Dạng sống cây thân leo*. Đó là những loài cây có thân không tự đứng vững trên mặt đất mà phải dựa vào giá đỡ (thân của các cây gỗ và cây bụi), sống trong mọi tầng rừng. Dạng sống cây thân leo khá phổ biến trong rừng mưa nhiệt đới. Khi mới phát sinh, một vài

loài cây thân leo có hình thái giống với cây gỗ và cây bụi. Lúc còn là cây non, cây thân leo đòi hỏi rất ít ánh sáng. Khi trưởng thành, chúng cần nhiều ánh sáng. Phần lớn cây thân leo trong rừng mưa nhiệt đới không sống ổn định trong một tầng rừng. Chính vì thế, các loài cây thân leo được gọi là thực vật ngoại tầng. Nhiều loài cây thân leo bóp nghẹt những cây gỗ có giá trị, làm biến dạng thân và hạn chế sức sinh trưởng của cây gỗ. Vì lý do này, nhà lâm học đã xem một số loài cây thân leo là những loài cây xâm chiếm với nghĩa là chúng gây hại cho cây gỗ và gây khó khăn cho hoạt động lâm sinh. Trong xử lý rừng và khai thác rừng, phần lớn cây thân leo thường bị loại bỏ. Tuy nhiên, một số loài cây thân leo rất khó bị tiêu diệt, bởi vì sau mỗi lần bị xử lý, chúng như được trẻ lại và phát triển mạnh hơn. Trong trường hợp này, nhà lâm học không nên xử lý cây thân leo.

(5) *Dạng sống cây thất nghệt*. Đó là những thực vật thân gỗ, nhưng khởi đầu đời sống lại là những cây phụ sinh (cây sống bám vào cây gỗ khác). Hạt của chúng có thể rơi trên tán và những bộ phận của cây gỗ chứa nhiều vật rụng. Ví dụ: Các chỗ giao nhau giữa thân và cành hoặc trên những vết gãy của thân cây gỗ do gió làm đổ... Tại đây, hạt của cây thất nghệt nảy mầm. Sau đó hệ rễ của cây thất nghệt phát triển và lan trong không khí. Khi tiếp đất, hệ rễ của cây thất nghệt sinh trưởng rất nhanh và đan xen với nhau như một mạng lưới bao xung quanh thân cây chủ. Khi phát triển đến kích thước lớn, hệ rễ của chúng bọc kín thân cây chủ và có thể giết chết cây chủ. Vì lý do đó, ở các rừng sản xuất gỗ, nhà lâm học xem các loài cây thất nghệt là các cây xâm chiếm và bị loại bỏ trong các hoạt động lâm sinh. Chúng chỉ được xem là cây có giá trị trong các rừng cảnh quan và rừng dùng vào mục đích giải trí và du lịch sinh thái.

(6) *Dạng sống cây phụ sinh*. Đó là những thực vật sống nhờ trên thân và cành của các loài cây bụi và cây gỗ.

Đó là những thực vật sống ký sinh trên thân và cành của cây bụi và cây gỗ. (7) *Dạng sống cây ký sinh*.

Trong các dạng sống kể trên, quan trọng nhất là dạng sống cây gỗ, bởi vì chúng là đối tượng của kinh doanh rừng. Các dạng sống cây bụi, cây thân leo và cây thân thảo cũng có nhiều ý nghĩa. Mặt có lợi biểu hiện ở chỗ chúng là nguồn cây thuốc quan trọng, nguồn hoa, quả, củ và lá cho sinh hoạt của con người; tạo ra bóng che cho cây gỗ non ở giai đoạn chịu bóng; nguồn dinh dưỡng quan trọng cho động vật. Khi chết đi chúng là nguồn thức ăn cho các sinh vật hoại sinh; sau đó sản phẩm cuối cùng là các chất khoáng cần thiết để làm tăng độ phì của đất rừng. Về ý nghĩa lâm học, đa số các loài cây bụi, cây thân leo và cây thân thảo đều gây hại cho cây gỗ. Ví dụ: Chúng có thể ảnh hưởng đến cây gỗ thông qua tác động cơ giới; tạo ra bóng che làm giảm lượng ánh sáng cần cho cây gỗ non; cạnh tranh với cây gỗ về chất khoáng và nước; hạn chế tái sinh rừng; nguồn gây bệnh cho cây gỗ; vật cản trở sự đi lại trong rừng. Nói chung, trừ một số loài có lợi ích to lớn, các loài còn lại cần được xử lý trong các hoạt động lâm sinh.

8.2.2. Kết cấu loài cây của quần xã thực vật rừng

Kết cấu loài cây của QXTV rừng biểu thị thành phần loài cây và độ phong phú của chúng. Nếu chỉ phân tích thành phần loài cây gỗ, thì nhà lâm học gọi là kết cấu loài cây gỗ của quần xã cây gỗ. Tập hợp các loài cây gỗ của rừng được gọi là quần thụ. Quần thụ là đối tượng nghiên cứu của lâm học và kinh doanh rừng. Vì thế, các nhà lâm học chỉ tập trung nghiên cứu kết cấu loài cây gỗ và độ phong phú của chúng trong quần thụ. Khi nghiên cứu các quần thụ, nhà lâm học tập trung phân tích và đánh giá những vấn đề sau đây:

(1) Thành phần hệ thực vật và tỷ lệ của các loài cây gỗ trong quần thụ;

- (2) Phân bố của các loài cây gỗ theo không gian, thời gian và môi trường;
- (3) Sự kết nhóm giữa các loài cây gỗ.

8.2.2.1. Thành phần hệ thực vật

Thành phần hệ thực vật chỉ số lượng loài cây bắt gặp trong một QXTV. Rừng tự nhiên nhiệt đới có hệ thực vật hết sức phong phú và phức tạp. Điều đó thể hiện ở chỗ trên một không gian nhất định, thậm chí chỉ 1ha, nhà lâm học có thể bắt gặp hàng trăm loài cây gỗ và hàng ngàn loài cây bụi, cây thân leo và cây thân thảo cùng sống bên nhau. Mặt khác, một số loài cây bắt gặp phổ biến, nhưng một số loài cây khác chỉ bắt gặp rất ít. Một loài có thể xuất hiện rất ít ở nơi này nhưng lại rất phong phú ở nơi khác. Sự pha trộn ngẫu nhiên của các loài cây trong các QXTV rừng khiến cho nhà lâm học khó nhận ra ranh giới rõ ràng giữa các QXTV rừng. Sự phong phú về thành phần loài cây không chỉ là do đặc điểm của khu hệ thực vật, mà còn do sự thích ứng của chúng với lập địa.

Rừng mưa nhiệt đới rất phong phú về thành phần loài cây gỗ, nhưng độ ưu thế của một loài thường là thấp. Ngược lại, chúng ta có thể bắt gặp nhiều loài cây gỗ gần gũi với nhau về đơn vị phân loại cùng sống trong một lãnh thổ và giành vị trí ưu thế trong tầng ưu thế sinh thái. Chẳng hạn: Trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở miền Đông Nam Bộ, nhà lâm học có thể bắt gặp các nhóm loài cây gỗ sau đây: (1) Dầu rái + Dầu song nòng + Sao đen...; (2) Ưu hợp chi *Quercus* + *Lithocarpus*...; (3) Ưu hợp họ *Dipterocarpaceae* + *Leguminosae*...

Căn cứ vào thành phần loài cây gỗ và tỷ trọng của chúng trong các quần thụ, Thái Văn Trùng (1999) đã phân chia các quần thụ thành ba đơn vị phân loại khác nhau.

(a) Quần hợp thực vật (Plant Associations). Đó là tập hợp các loài cây gỗ của quần thụ; trong đó số cá thể của 1-2 loài cây gỗ chiếm 90% tổng số cá thể của các loài cây gỗ. Quần hợp thực vật chỉ xuất hiện trong những môi trường cực đoan. Chẳng hạn: Nơi có khí hậu khô; đất có độ phì kém; đất bị ngập úng. Để đơn giản, tên của quần hợp thực vật được đặt theo tên của 1-2 loài cây gỗ ưu thế + điều kiện khí hậu + đất + địa hình. Nếu chỉ nghiên cứu QXTV trong 1 vùng khí hậu nhất định, thì tên của quần hợp thực vật được đặt theo tên của 1-2 loài cây gỗ ưu thế + đất + địa hình. Ví dụ: Ở vùng cận nhiệt đới và đất mặn thuộc khu vực ven biển của tỉnh Cà Mau, nhà lâm học có thể bắt gặp QXTV với ưu thế tuyệt đối của hai loài Đước (*Rhizophora apiculata*) và Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*). Tên ngắn gọn của quần hợp này là “Quần hợp Đước + Vẹt tách trên đất mặn ven biển Cà Mau”.

(b) Ưu hợp thực vật (Plant Domination). Đó là tập hợp các loài cây gỗ của quần thụ; trong đó số cá thể của dưới 10 loài cây gỗ chiếm 40-50% tổng số cá thể của các loài cây gỗ; mỗi loài có khoảng 4-5% số cá thể. Để đơn giản, tên của ưu hợp thực vật được đặt theo tên của 3-5 loài cây gỗ ưu thế + điều kiện khí hậu + đất + địa hình. Nếu chỉ nghiên cứu QXTV trong 1 vùng khí hậu nhất định, thì tên của ưu hợp thực vật được đặt theo tên của 3-5 loài cây gỗ ưu thế + đất + địa hình. Ví dụ: Ở rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới thuộc khu vực Đông Nam Bộ, nhà lâm học có thể bắt gặp các quần thụ với ưu thế của nhiều loài cây gỗ thuộc họ Sao Dầu mọc trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Đó là Dầu song nòng, Dầu rái, Sao đen, Vên vên... Tên ngắn gọn của ưu hợp này là “Ưu hợp cây họ Sao Dầu (*Dipterocarpaceae*) trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp” hoặc là “Ưu hợp Dầu song nòng + Dầu rái + Sao đen + Vên vên trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp”.

(c) Phức hợp thực vật (Plant Complexity). Đó là tập hợp các loài cây gỗ của quần thụ; trong đó không có loài cây gỗ nào chiếm ưu thế rõ rệt. Đây là những quần thụ ở các giai đoạn quá độ giữa ưu hợp thực vật và quần hợp thực vật đang phát triển đến thế cân bằng với môi trường. Để đơn giản, tên của phức hợp thực vật được viết theo cấu trúc: Phức hợp + tên của 4-5 loài cây gỗ có độ ưu thế từ cao nhất trở xuống + điều kiện khí hậu + đất

+ địa hình. Nếu chỉ nghiên cứu các quần thụ trong 1 vùng khí hậu nhất định, thì tên của phức hợp thực vật được viết theo cấu trúc: Phức hợp + tên của 4-5 loài cây gỗ có độ ưu thế từ cao nhất trở xuống + đất + địa hình.

8.2.2.2. Kết cấu loài cây gỗ và vai trò sinh thái của các loài cây gỗ

Kết cấu loài cây gỗ của quần thụ rừng phản ánh thành phần loài cây gỗ và tỷ lệ của mỗi loài cây gỗ trong quần thụ. Những thông tin về kết cấu loài cây gỗ của các quần thụ không chỉ là cơ sở khoa học cho phân loại rừng trong một lãnh thổ nhất định thành các đơn vị nhỏ hơn (kiểu rừng, kiểu QXTV và QXTV), mà còn xây dựng các phương thức lâm sinh. Thế nhưng, những hiểu biết về hệ thực vật cùng với việc chỉ ra tên loài cây gỗ của các quần thụ vẫn chưa phải là kết quả cuối cùng. Vấn đề là ở chỗ nhà lâm học cần phải biết vai trò sinh thái của các loài cây gỗ tham gia vào quá trình tạo lập và hình thành các quần thụ. Vai trò sinh thái của một loài cây gỗ là khả năng của nó trong việc tạo lập rừng và cải biến môi trường của rừng.

Trong một khu rừng, các loài cây gỗ có vai trò sinh thái không giống nhau. Một loài cây gỗ có thể có vị trí quan trọng trong toàn bộ các tầng rừng, nhưng cũng có thể chỉ có ý nghĩa cao ở một tầng rừng nào đó. Vì thế, nhà lâm học cần phải phân chia mức độ ưu thế của các loài cây gỗ theo các tầng khác nhau. Nếu quần thụ chỉ có một loài cây gỗ ưu thế, thì quần thụ này được gọi là quần thụ đơn ưu thế. Ví dụ: Quần xã Đước trên đất ngập nước mặn ven biển. Trái lại, nếu quần thụ có nhiều loài cây gỗ ưu thế, thì quần thụ này được gọi là quần thụ đa ưu thế. Các quần thụ cũng có thể được phân chia theo mức độ ưu thế của các chi và họ. Các loài cây gỗ cùng ưu thế trong quần thụ được gọi là các loài đồng ưu thế. Sự ưu thế của các loài cây gỗ có thể ổn định theo thời gian, nhưng cũng có thể không ổn định theo thời gian. Các loài cây gỗ ưu thế ổn định sống lâu dài trong tất cả các giai đoạn hình thành rừng. Các loài cây gỗ ưu thế không ổn định chỉ sống trong một giai đoạn hình thành rừng nhất định. Ví dụ: Đước, Sú, Vẹt chỉ ưu thế trong giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế nguyên sinh từ rừng ngập mặn ven biển chuyển thành rừng mưa nhiệt đới hỗn loài trên đất khô. Các loài cây gỗ không ưu thế bao gồm hai nhóm. Nhóm 1 là các loài cây gỗ dần dần mất đi trong quá trình phát triển của rừng. Nhóm này thường bao gồm những loài cây gỗ ở giai đoạn đầu của các chuỗi diễn thế. Nhóm thứ hai bao gồm các loài cây gỗ có thể dần dần tham gia vào tầng ưu thế sinh thái. Nhóm này thường bao gồm những loài cây gỗ ở các giai đoạn sau của các chuỗi diễn thế. Sự phân chia rõ ràng giới giữa hai thành phần loài cây này không chỉ có ý nghĩa về sinh thái, mà còn cả kinh doanh rừng.

Mỗi loài cây gỗ có khả năng cải biến môi trường khác nhau. Khả năng cải biến môi trường của mỗi loài cây gỗ còn phụ thuộc vào các sinh vật sống kèm và tính chất của môi trường. Các sinh vật sống kèm là các sinh vật cùng chung sống với các loài cây gỗ trên một không gian nhất định. Vì thế, mỗi loài cây gỗ và nhóm loài cây gỗ trong tự nhiên có thể hình thành một kiểu sinh vật cảnh (kiểu sinh cảnh) đặc trưng riêng cho chúng.

Phân biệt rõ các loài cây gỗ và vai trò của chúng trong các quần thụ mang lại ý nghĩa lớn trong sinh thái rừng. Trước hết, nó cho phép xây dựng hệ thống phân loại các kiểu QXTV rừng và phân định ranh giới của các hệ sinh thái rừng. Ngoài ra, nó còn cung cấp thông tin cho việc hoạch định chiến lược tuyển chọn các loài cây gỗ trong kinh doanh rừng; xây dựng các phương thức trồng và nuôi dưỡng rừng, khai thác - tái sinh rừng.

8.2.2.3. Phương pháp đánh giá vai trò sinh thái của các loài cây gỗ

Để đánh giá vai trò của các loài cây gỗ, nhà lâm học thường dựa vào độ phong phú của chúng. Từ độ phong phú của các loài cây gỗ, nhà lâm học không chỉ xác định vai trò, chức năng và các mối quan hệ qua lại giữa các thành phần cây gỗ, mà còn cả tính chất tương đồng hoặc mức độ khác biệt giữa các quần thụ. Trong lâm học, thuật ngữ độ phong phú của một loài cây gỗ được sử dụng theo hai nghĩa khác nhau. Một là, theo nghĩa rộng, độ phong phú của một loài cây gỗ biểu thị khối lượng của loài cây gỗ trong quần thụ trên một đơn vị diện tích. Thông thường, sản lượng gỗ (M , m^3) và sinh khối (B , kg , $tấn$) của loài cây gỗ được tính trên 1ha. Hai là, theo nghĩa hẹp, độ phong phú của một loài cây gỗ phản ánh mật độ (N , cây) của nó trên một đơn vị diện tích; tần số bắt gặp nó (F) trong khu vực nghiên cứu; độ che tán của nó theo chiều nằm ngang trên một đơn vị diện tích (C , m^2/ha).

Độ phong phú là chỉ tiêu phản ánh vai trò sinh thái của mỗi loài cây gỗ trong sự hình thành rừng. Loài cây gỗ có độ phong phú cao đóng vai trò sinh thái cao hơn so với loài cây gỗ có độ phong phú thấp. Cơ sở của nhận định này là ở chỗ loài cây gỗ có độ phong phú cao thu nhận và thải năng lượng và chất khoáng về môi trường lớn hơn so với loài cây gỗ có độ phong phú thấp. Vì thế, xác định chính xác độ phong phú của mỗi loài cây gỗ trong các quần thụ là một nhiệm vụ quan trọng trong các nghiên cứu về rừng. Dưới đây giới thiệu một số chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của các loài cây gỗ.

(1) *Mật độ của loài cây gỗ*. Chỉ tiêu này biểu thị số lượng cá thể của loài cây gỗ sống trên một diện tích nhất định, thường là 1ha. Đối lập với thuật ngữ mật độ là diện tích trung bình mà một cá thể sử dụng. Mật độ của loài cây gỗ trên 1ha được xác định theo công thức 8.1; trong đó s (m^2) là diện tích ô mẫu, S là diện tích 1ha ($10.000 m^2$), n_i là số cây trung bình trong một ô mẫu.

$$N_i (\text{cây/ha}) = n_i \left(\frac{S}{s} \right) \quad (8.1)$$

Mật độ là chỉ tiêu đơn giản nhất để đánh giá vai trò sinh thái của loài cây gỗ trong quần thụ. Tuy vậy, mật độ không phải luôn luôn là chỉ tiêu đánh giá đúng vai trò sinh thái của một loài cây gỗ. Điều này được giải thích bởi vai trò sinh thái của một loài cây gỗ phụ thuộc không chỉ vào mật độ, mà còn vào kích thước, tuổi và sức sống của nó. Thật vậy, giả thiết 1ha rừng có 15 cây Dầu rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb) với mỗi cây có $D = 50cm$ và $H = 30m$; 15 cây Dền đỏ (*Xylopia vielana* Pierre) với mỗi cây có $D = 40cm$ và $H = 25m$. Theo chỉ tiêu mật độ, hai loài cây này đóng vai trò sinh thái tương tự như nhau trong QXTV rừng. Thế nhưng, nếu căn cứ vào kích thước (D , H), thì thể tích (V , m^3) của Dầu rái ($2,7 m^3/ha$) lớn hơn 1,9 lần so với Dền đỏ ($1,4 m^3/ha$). Từ ví dụ này cho thấy, chỉ tiêu mật độ tự nó phản ánh không chính xác độ phong phú và vai trò sinh thái của các loài cây gỗ trong QXTV rừng. Chỉ tiêu mật độ chỉ có ý nghĩa khi kích thước của các loài cây gỗ là tương đồng với nhau.

(2) *Độ che phủ của loài cây gỗ*. Chỉ tiêu này biểu thị phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang trong quần thụ mà mỗi loài cây gỗ che phủ. Độ che phủ của loài cây gỗ được phân chia thành 2 loại: độ che phủ thực và độ che chiếu. Độ che phủ thực của một loài cây gỗ là phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang mà gốc của nó che phủ. Ngược lại, độ che chiếu của một loài cây gỗ là phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang mà tán lá của nó che chiếu.

(3) *Trọng lượng và thể tích thân của loài cây gỗ*. Chỉ tiêu này biểu thị trọng lượng (sinh khối = B (kg/m^2 , $tấn/ha$) hoặc thể tích thân (V , m^3/ha) của loài cây gỗ trên một đơn vị diện tích (ha). So với V thân của loài cây gỗ, chỉ tiêu B có ý nghĩa sinh thái lớn hơn. Thật vậy, chỉ tiêu B của một loài cây gỗ cho biết khối lượng vật chất và năng lượng được nó hấp thụ và thải ra môi trường. Ngoài ra, chỉ tiêu B của các loài cây gỗ còn là chỉ tiêu quan trọng

để xác định sự kết nhóm giữa các loài cây gỗ và quan hệ giữa các loài cây gỗ với môi trường.

(4) *Độ bắt gặp của loài cây gỗ* (Tree Species Frequency = F). Chỉ tiêu này biểu thị phần mười hoặc phần trăm số ô mẫu hay điểm quan sát bắt gặp loài cây gỗ quan tâm mà không phụ thuộc vào độ phong phú của nó. Độ bắt gặp của một loài cây gỗ được xác định theo [công thức 8.2](#); trong đó n là số ô mẫu hay điểm quan sát bắt gặp loài cây gỗ quan tâm, N là tổng số ô mẫu hay tổng số điểm quan sát. Về bản chất, độ bắt gặp biểu thị xác suất bắt gặp loài cây gỗ quan tâm trên những ô mẫu có kích thước hay diện tích nhất định. Thứ bậc độ ưu thế của các loài cây gỗ được đánh theo thứ bậc cao thấp của độ bắt gặp. Chỉ tiêu F nhận giá trị cao nhất bằng 1 theo đơn vị phần mười hoặc 100% theo đơn vị phần trăm. Trong thực hành, để dễ dàng xử lý số liệu bằng toán học, hai dấu hiệu “Bắt gặp loài” và “Không bắt gặp loài” trong ô mẫu được mã hóa bằng hai biến nhị phân tương ứng là 1 và 0.

$$F = \left(\frac{n}{N}\right)100 \quad (8.2)$$

Chỉ tiêu F có một số ưu điểm. Một là nó được đo đạc và tính toán rất dễ dàng đối với những quần thụ không phong phú về loài cây gỗ. Hai là sử dụng chỉ tiêu F cho phép xác định nhanh loài cây quan tâm có mặt trong khu vực nghiên cứu hay không. Ba là chỉ tiêu F được sử dụng để xác định sự phân bố của các loài cây gỗ trong các quần thụ. Nếu một loài cây gỗ nào đó có xác suất bắt gặp cao, thì sự phân bố của nó trong quần thụ là đồng đều. Bốn là chỉ tiêu F được sử dụng để phân loại rừng. Từ so sánh F của các loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế trong các thảm thực vật rừng, nhà lâm học có thể phân chia thảm thực vật rừng của một lãnh thổ thành những đơn vị nhỏ hơn như kiểu rừng và kiểu QXTV rừng. Năm là chỉ tiêu F được sử dụng để xác định nhanh biên độ sinh thái của loài cây gỗ. Ví dụ: Thông qua F của loài cây gỗ trên những độ cao khác nhau trong một vùng sinh thái, nhà lâm học có thể xác định giới hạn độ cao mà loài cây gỗ này xuất hiện. Sáu là chỉ tiêu F có thể được sử dụng để xác định gần đúng mật độ của các loài cây gỗ trong quần thụ. Theo Gleason (1922; Dẫn theo Vasilevich, 1969), khi biết số ô mẫu nghiên cứu (q) và tổng số cá thể của loài quan tâm trên các ô mẫu (N, cây), thì độ bắt gặp của loài này được xác định theo [Hàm 8.3](#). Theo Blackman (1942; Dẫn theo Vasilevich, 1969), khi biết F của loài cây gỗ, thì số cá thể bình quân (m) của nó trên một ô mẫu được xác định theo [Hàm 8.4](#). Chỉ tiêu F được tính theo hai [công thức 8.3 và 8.4](#) chỉ cho kết quả tin cậy khi loài cây gỗ phân bố ngẫu nhiên trên mặt đất. Nhưng thông thường phân bố của các loài cây gỗ trên mặt đất là không ngẫu nhiên, bởi vì môi trường của rừng không phải là môi trường thuần nhất. Nói chung, việc xác định số cá thể bình quân (m) trên một ô mẫu thông qua F chỉ nhận được kết quả chính xác khi loài có mật độ thấp.

$$F = 1 - \left(1 - \frac{1}{q}\right)^N \quad (8.3)$$

$$m = -\ln(1-F) \quad (8.4)$$

Chỉ tiêu F có một số nhược điểm cơ bản. Một là độ bắt gặp của một loài cây gỗ phụ thuộc vào số lượng ô mẫu. Hai là độ bắt gặp của một loài cây gỗ phụ thuộc rất lớn vào kích thước ô mẫu. Khi ô mẫu có kích thước càng lớn, thì xác suất bắt gặp loài cây quan tâm càng lớn. Nguyên nhân là vì kích thước ô mẫu càng lớn, thì nó càng tiến dần đến toàn bộ không gian mà loài cây gỗ quan tâm có mặt. Vì thế, khi xác định độ bắt gặp của một loài cây gỗ, nhà lâm học cần phải tìm kích thước ô mẫu thích hợp, đồng thời phải sử dụng thống nhất kích thước và hình dạng ô mẫu cho những QXTV rừng tương đồng. Ba là sử dụng chỉ tiêu F của loài cây gỗ trên ô mẫu có thể đánh giá sai biên độ sinh thái hay điều kiện môi trường hình thành nó. Sự vắng mặt của loài cây quan tâm trong khu vực nghiên

cứu cũng chưa đủ căn cứ để nói rằng môi trường hay lập địa này là không thích hợp với nó. Thật vậy, trong biên độ sinh thái của loài cây gỗ quan tâm, vì nhiều nguyên nhân khác nhau, nên nó đã vắng mặt trên ô mẫu. Ngoài ra, nhà lâm học cũng rất khó xác định biên độ của F đối với một loài cây gỗ theo diện tích rừng. Để xác định biên độ của F, trước hết xác định F cục bộ bằng cách chia đối tượng nghiên cứu thành nhiều khối. Sau đó xác định F của loài cây gỗ trên từng khối và tìm biên độ của F giữa các khối.

Hiện nay vẫn còn tồn tại những ý kiến trái ngược nhau về ý nghĩa của chỉ tiêu F. Một số nhà sinh thái học cho rằng chỉ tiêu này vừa biểu thị độ phong phú của loài, vừa biểu thị sự phân bố của loài trong quần thụ. Nếu chỉ dựa vào chỉ tiêu F, nhà lâm học không thể đánh giá chính xác mức độ phong phú và hình thái phân bố của loài cây gỗ.

Khi sử dụng những chỉ tiêu biểu thị vai trò sinh thái của các loài cây gỗ, nhà lâm học cần chú ý đến một số vấn đề dưới đây.

(1) Mặc dù các chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của các loài cây gỗ có quan hệ chặt chẽ với nhau, nhưng mỗi chỉ tiêu có ý nghĩa khác nhau. Mật độ của loài cây gỗ là chỉ tiêu được đo đạc dễ dàng nhất, nhưng nó là chỉ tiêu này kém ý nghĩa nhất. Chỉ tiêu này chỉ có ý nghĩa khi các loài cây gỗ đem so sánh có kích thước và khả năng trao đổi năng lượng và chất tương đồng với nhau. Độ che thực là chỉ tiêu ổn định và được đo đạc dễ dàng hơn so với độ che tán. Mặc dù vậy, so với độ che thực, độ che tán có ý nghĩa sinh thái lớn hơn. Nguyên nhân là vì độ che tán phản ánh phần trăm diện tích mặt đất được loài cây gỗ này hay loài cây gỗ khác sử dụng để hấp thụ và ngăn cản ánh sáng đạt đến sàn rừng. Ngoài ra, chỉ tiêu này còn phản ánh tốt mức độ lợi dụng không gian sống của các loài cây gỗ. Độ che tán thay đổi theo các loài cây gỗ, theo mùa, theo tuổi và môi trường. Mặt khác, nhà lâm học rất khó xác định chính xác độ che tán của các loài cây gỗ. Trái lại, độ che thực là chỉ tiêu dễ đo đạc và tính toán. Vì thế, độ che thực thường được sử dụng nhiều hơn so với độ che tán. Chỉ tiêu sinh khối cho biết loài cây gỗ sử dụng không gian nơi ở và mức độ cải biến môi trường mạnh đến mức nào. Trong thực tế, sinh khối của loài cây gỗ là chỉ tiêu khó xác định tại rừng. Vì thế, nhà lâm học thường không sử dụng sinh khối để đánh giá kết cấu loài cây gỗ trên các ô mẫu. Độ bắt gặp (F) là chỉ tiêu dễ đo đạc và thường được sử dụng nhiều trong phân loại rừng. Thế nhưng, chỉ tiêu F của một loài cây gỗ thay đổi không chỉ theo số lượng và kích thước ô mẫu, mà còn theo kiểu phân bố của nó trên mặt đất. Khi sử dụng những kích thước ô mẫu khác nhau, thì F của một loài cây gỗ nhận những giá trị khác nhau. Vì thế, khi thuyết minh F của các loài nào đó, nhà lâm học cần phải chỉ rõ số lượng, kích thước và phương pháp bố trí ô mẫu.

(2) Tất cả các chỉ tiêu thuyết minh độ phong phú của loài cây gỗ chỉ có ý nghĩa khi đặt chúng trong mối quan hệ với số lượng, kích thước và phương pháp bố trí ô mẫu. Mật độ (N, cây), tiết diện ngang (G, m^2) và thể tích thân (V, m^3) của các loài cây gỗ được tính trên ô mẫu $100m^2$ nhận kết quả khác hoàn toàn so với ô mẫu 500, 1.000 và $10.000m^2$. Nguyên nhân là vì các loài cây gỗ phân bố không đồng đều trên mặt đất.

(3) Khi độ phong phú của các loài cây gỗ được xác định theo các chỉ tiêu khác nhau, thì vai trò sinh thái của chúng cũng được đánh giá khác nhau. Vì thế, để tránh tranh luận không cần thiết và đánh giá đúng độ phong phú của các loài cây gỗ, nhiều nhà lâm học đề nghị sử dụng một chỉ số tổng hợp chung. Dưới đây giới thiệu một số phương pháp thường được sử dụng để phân tích và đánh giá độ phong phú của các loài cây gỗ.

(a) *Chỉ số ưu thế của Kayama*. Kayama (1961; Dẫn theo Vasilevich, 1969) đã đề xuất vai trò sinh thái của một loài cây gỗ trong QXTV rừng được xác định theo [công thức 8.5](#); trong đó F là độ thường gặp của loài cây gỗ, C là độ che tán của loài cây gỗ trên mặt đất, N là mật độ của loài cây gỗ, B là sinh khối của loài cây gỗ. Tất cả bốn chỉ tiêu F, C, N và B trong [công thức 8.5](#) đều được tính theo đơn vị phần trăm.

$$\frac{(F + C + N)}{3} B \quad (8.5)$$

(b) *Chỉ số ưu thế của Curtis và McIntosh*. Theo Curtis và McIntosh (1951; Dẫn theo Vasilevich, 1969), vai trò sinh thái của loài cây gỗ trong QXTV rừng được biểu thị bằng chỉ số giá trị quan trọng (IVI = Importance Value Index). Chỉ số IVI của loài cây gỗ là tổng hoặc giá trị bình quân của độ thường gặp tương đối (F%), mật độ tương đối (N%) và tiết diện ngang thân tương đối (G%). Theo định nghĩa này, chỉ số IVI của loài cây gỗ thứ J trong QXTV rừng được xác định theo [công thức 8.6\(a,b\)](#); trong đó F_J , N_J và G_J tương ứng là độ thường gặp tương đối, mật độ tương đối và độ ưu thế tương đối của loài J.

$$IVI_J = (F_J\% + N_J\% + G_J\%) \quad (8.6a)$$

$$IVI_J = \frac{(F_J\% + N_J\% + G_J\%)}{3} \quad (8.6b)$$

Độ bắt gặp tương đối (F%) của loài cây gỗ thứ J là tỷ lệ giữa F tương đối của loài J (F_J) và tổng F tương đối của tất cả các loài cây gỗ (K) trong quần thu ([Công thức 8.7](#)).

$$F_J(\%) = (F_J/K) \times 100 \quad (8.7)$$

Mật độ tương đối của loài cây gỗ thứ J ($N_J\%$) là tỷ lệ giữa số cá thể của loài J (n_J , cây) và tổng số cá thể của tất cả các loài cây gỗ trong quần thu (N, cây) ([Công thức 8.8](#)).

$$N_J\% = (n_J/N) \times 100 \quad (8.8)$$

Tiết diện ngang thân tương đối của loài J ($G_J\%$) là tỷ lệ giữa tổng tiết diện ngang thân của loài J (G_J , m^2) và tổng tiết diện ngang thân (G , m^2) của tất cả các loài cây gỗ trong quần thu ([Công thức 8.9](#)). Tiết diện ngang thân ở vị trí ngang ngực của cây i thuộc loài J (g_{iJ} , m^2) được tính theo [công thức 8.10](#); trong đó D_{iJ} (cm) là đường kính thân ngang ngực của cây i thuộc loài J. Giá trị G_J được tính theo [công thức 8.11](#); trong đó g_{iJ} = tiết diện ngang thân của cây i thuộc loài J

$$G_J\% = (G_J/G) \times 100 \quad (8.9)$$

$$g_{iJ} = 0,00007854 \times D_{iJ}^2 \quad (8.10)$$

$$G_J = \sum_{(i=1, n_J)} g_{iJ} \quad (8.11)$$

Đối với tất cả các loài cây gỗ trong quần thu, tổng ($F\% + N\% + G\%$) = 300%. Nếu F, N và G được tính theo đơn vị phần mười, thì tổng các hệ số của chúng bằng 1. Chỉ số IVI của Curtis và McIntosh có một số nhược điểm dưới đây.

Một là giá trị IVI thay đổi tùy theo số lượng, kích thước và phương pháp bố trí ô mẫu. Khi kích thước ô mẫu càng lớn, thì độ bắt gặp của một loài cây gỗ nào đó càng cao. Mặt khác, nếu sử dụng ô mẫu với số lượng và phương pháp bố trí ô mẫu khác nhau, thì kết quả nhận được chỉ số IVI cũng khác nhau.

Hai là giá trị F% chỉ có ý nghĩa khi các loài cây gỗ phân bố ngẫu nhiên trên mặt đất. Thật vậy, giả thiết hai loài cây gỗ A và B có kích thước như nhau và mỗi loài có 15 cá thể. Tổng số 5 ô mẫu nghiên cứu. Loài A phân bố đều trong 5 ô mẫu với mỗi ô mẫu 3 cây. Theo số liệu này, loài A có $F = 100\%$ ($100\% = ((5 \text{ ô mẫu bắt gặp loài A} / 5 \text{ ô mẫu nghiên cứu}) \times 100)$). Trái lại, loài B phân bố không đồng đều và chỉ bắt gặp trong 3 ô mẫu với mỗi ô mẫu 5 cây. Theo số liệu này, loài B có $F = 60\%$ ($60\% = ((3 \text{ ô mẫu bắt gặp loài B} / 5 \text{ ô mẫu nghiên cứu}) \times 100)$). Từ kết quả tính toán này, kết luận là độ phong phú của loài A (100%) lớn hơn so với độ phong phú của loài B (60%). Đây là kết luận sai lầm, bởi vì hai loài A và B có kích thước như nhau và mỗi loài có 15 cá thể.

Ba là khi hai cây gỗ có D như nhau nhưng H khác nhau, thì V thân của chúng là khác nhau. Vì thế, nếu chỉ sử dụng G, thì chỉ số IVI phản ánh không chính xác khối lượng của các loài cây gỗ các quần thu.

Bốn là chỉ số F% là chỉ tiêu khó xác định cho tất cả các loài cây gỗ trong rừng tự nhiên hỗn loài nhiệt đới ở một khu vực nhất định. Nói chung, những nhược điểm của chỉ số IVI chính là do hạn chế của phương pháp xác định F của các loài cây gỗ.

(c) *Chỉ số ưu thế của Thái Văn Trùng*. Theo Thái Văn Trùng (1999), chỉ số IVI của các loài cây gỗ trong các quần thu được xác định theo giá trị trung bình của 3 tham số N%, G% và thể tích thân tương đối (V%) (**Công thức 8.12**). Giá trị V% là tỷ lệ giữa V của mỗi loài cây gỗ và tổng thể tích của tất cả các loài cây gỗ trong quần thu. Đối với loài J, V_J được xác định theo **công thức 8.13**; trong đó g_{ij} = tiết diện ngang thân của cây i thuộc loài J, H_{ij} = chiều cao của cây i thuộc loài J, F = hệ số hình dạng thân. Giá trị F = 0,5 đối với cây gỗ ở rừng trồng thuần loài đồng tuổi; F = 0,45 đối với cây gỗ ở rừng tự nhiên hỗn loài.

$$IVI = \frac{(N\% + G\% + V\%)}{3} \quad (8.12)$$

$$V_J = g_{ij}H_{ij}F \quad (8.13)$$

Chỉ số IVI của Thái Văn Trùng (1999) có nhiều ưu điểm.

Một là ba chỉ tiêu (N, G, V) đều được đo đạc và tính toán dễ dàng trên các ô mẫu. Sử dụng chỉ tiêu V thay cho chỉ tiêu F không chỉ làm giảm khó khăn trong tính toán, mà còn phản ánh rõ khối lượng của mỗi loài cây gỗ. Mặt khác, hai loài cây gỗ có N và D bằng nhau, nếu loài cây gỗ nào có H lớn hơn, thì V và B của loài cây gỗ đó lớn hơn. Như vậy, thay thế F bằng V đã phản ánh rõ hơn vai trò sinh thái của loài cây gỗ.

Hai là ba chỉ tiêu (N, G, V) không phụ thuộc vào kiểu phân bố của các loài cây gỗ trên mặt đất.

Ba là vai trò sinh thái của các loài cây gỗ có thể được đánh giá và so sánh không chỉ trên từng ô mẫu, mà còn trên nhiều ô mẫu. Ưu điểm thứ ba là rất đáng quan tâm, bởi vì trong thực tế những biện pháp lâm sinh được xây dựng không chỉ xuất phát từ đặc điểm chung của rừng, mà còn của từng khoảnh rừng.

Phương pháp của Thái Văn Trùng (1999) cũng có một số nhược điểm. Một là vai trò sinh thái của loài cây gỗ thay đổi tùy theo số lượng và kích thước ô mẫu. Hai là vai trò sinh thái của loài cây gỗ có thể nhận giá trị khác nhau nếu sử dụng phương pháp rút mẫu khác nhau.

(4) Độ tin cậy của kết quả nghiên cứu về kết cấu loài cây gỗ phụ thuộc vào phương pháp bố trí ô mẫu, kích thước, hình dạng và số lượng ô mẫu. Kết cấu loài cây gỗ còn thay đổi tùy theo điều kiện môi trường và trạng thái rừng. Vì thế, các ô mẫu cần phải được bố trí theo các môi trường và các trạng thái rừng khác nhau. Trong lâm học, các ô mẫu có thể được bố trí theo ba phương pháp: ngẫu nhiên, cơ giới và điển hình. Bởi vì rừng phân bố trên không gian rộng lớn và khó đi lại, chi phí và nhân lực nghiên cứu có giới hạn, nên hai phương pháp bố trí ô mẫu theo kiểu cơ giới và điển hình thường được áp dụng. Khi bố trí ô mẫu theo phương pháp điển hình, số lượng ô mẫu tối thiểu cần phải có là 3 cho một đối tượng nghiên cứu. Kích thước ô mẫu dao động từ 0,2-1 ha. Hình dạng ô mẫu là hình vuông và hình chữ nhật.

(5) Phương pháp phân tích kết cấu loài cây gỗ. Trước hết thống kê thành phần loài cây gỗ theo chi và họ. Sau đó xác định chỉ số IVI cho từng loài cây gỗ. Để phân tích rõ biến động của chỉ số IVI đối với mỗi loài cây gỗ, chỉ số IVI được tính cho từng ô mẫu trong các quần thu. Sau đó xác định hệ số biến động của chỉ số IVI đối với từng loài và nhóm loài cây gỗ. Để thuyết minh chung về vai trò sinh thái của mỗi loài cây gỗ, chỉ số IVI được tính bình quân từ N ô mẫu trong các quần thu. Sự khác biệt về chỉ số IVI của các loài cây gỗ trong các quần thu được so sánh bằng đường cong chỉ số IVI. Sự tương đồng về thành phần loài cây gỗ giữa các ô mẫu trong một đối tượng nghiên cứu và giữa các đối tượng nghiên cứu được xác định theo hệ số tương đồng. Theo Jaccard (1901; Dẫn theo

Vasilevich, 1969), hệ số tương đồng ($C_J\%$) giữa hai QXTV_i và QXTV_j được xác định theo **công thức 8.14**; trong đó S_{ij} = số loài cây gỗ giống nhau giữa QXTV_i và QXTV_j, S_i = số loài cây gỗ của QXTV_i, S_j = số loài cây gỗ của QXTV_j. Hệ số không tương đồng hay hệ số khác nhau giữa hai QXTV là $1 - C_J$.

$$C_J = \frac{S_{ij}}{(S_i + S_j - S_{ij})} 100 \quad (8.14)$$

Sorensen (1948; Dẫn theo Vasilevich, 1969) xác định hệ số tương đồng ($C_S\%$) giữa hai QXTV theo **công thức 8.15**; trong đó S_{ij} = số loài cây gỗ giống nhau giữa QXTV_i và QXTV_j, S_i = số loài cây gỗ của QXTV_i, S_j = số loài cây gỗ của QXTV_j. Hệ số không tương đồng hay hệ số khác nhau giữa hai QXTV là $1 - C_S$.

$$C_S = \frac{2S_{ij}}{(S_i + S_j)} 100 \quad (8.15)$$

Lưu ý rằng, nếu xác định hai hệ số C_J và C_S đối với cùng một nguồn số liệu như nhau, thì kết quả nhận được là khác nhau. Ví dụ: QXTV_i và QXTV_j tương ứng có 35 và 40 loài cây gỗ. Số loài cây gỗ giống nhau giữa hai QXTV này là 25. Từ đó tính được hệ số tương đồng của Jaccard $C_J = (25/(35 + 40 - 25)) = 50,0\%$, còn hệ số tương đồng của Sorensen $C_S = (2 \times 25/(35 + 40)) = 66,7\%$. Vì thế, khi phân tích sự tương đồng về loài cây gỗ giữa các QXTV, nhà lâm học cần phải báo cáo rõ phương pháp xác định hệ số tương đồng.

(6) Phương pháp tổng hợp và báo cáo kết cấu loài cây gỗ. Kết cấu loài cây gỗ của các quần thu cần được báo cáo theo thứ tự: (1) Tổng số họ, số chi và số loài cây gỗ bắt gặp (S , loài); (2) Các loài cây gỗ quý; (3) Các loài cây gỗ ưu thế sinh thái và đồng ưu thế sinh thái; (4) Các loài cây gỗ ít bắt gặp. Mỗi nhóm loài cây gỗ cần báo cáo rõ các thông tin về giá trị tuyệt đối (N , G và M), giá trị tương đối ($N\%$, $G\%$ và $M\%$) và chỉ số IVI trung bình. Về cơ bản, để dễ dàng tổng hợp và phân tích số liệu, kết cấu loài cây gỗ của các quần thu cần được báo cáo ngắn gọn dưới dạng “Bảng kết cấu loài cây gỗ” hoặc “Công thức kết cấu loài cây gỗ”. Theo quy ước của lâm học, bảng và công thức kết cấu loài cây gỗ đều phải cung cấp đầy đủ các thông tin theo thứ tự từ những loài cây gỗ quý, hiếm hoặc có giá trị cao về kinh tế đến loài cây gỗ ưu thế, loài cây gỗ đồng ưu thế và một số loài cây gỗ phụ thuộc có chỉ số IVI cao. Quy ước này giúp cho các nhà lâm học và các nhà kinh doanh rừng nhận được đầy đủ các thông tin về kết cấu loài cây gỗ của rừng.

Khi báo cáo kết cấu loài cây gỗ ở dạng công thức, tên đầy đủ của các loài cây gỗ được viết tắt bằng tên tiếng Việt hoặc tên khoa học. Tên viết tắt là 1, 2 hoặc 3 ký tự đầu của tên loài. Ví dụ: Sao đen = Sđ; Dầu rái = Dr; Dầu song nà = Dsn. Khi hai hay nhiều loài cây gỗ có cùng tên viết tắt như nhau, thì tên của những loài sau được viết thêm một ký tự. Ví dụ: Sao đen = Sđ; Săng đen = Sđe; Bàng lăng ôi = Bl; Bàng lăng cườm = Blc. Khi báo cáo kết cấu loài cây gỗ ở dạng công thức, lâm học quy ước chỉ báo cáo những loài cây gỗ quý, hiếm hoặc có giá trị cao về kinh tế, loài cây gỗ ưu thế, loài cây gỗ đồng ưu thế và một số loài cây gỗ phụ thuộc có chỉ số IVI $\geq 4\%$. Lưu ý rằng tổng các chỉ số IVI của tất cả các loài cây gỗ phải bằng 1 hoặc 100%.

Kết cấu loài cây gỗ được báo cáo rõ ràng nhất ở dạng bảng. Đối với những quần thu chỉ bao gồm dưới 25 loài cây gỗ, bảng kết cấu loài cây gỗ cần được báo cáo đầy đủ số lượng loài cây gỗ và các chỉ tiêu thuyết minh độ phong phú của chúng (S , N , F , G , V). Đối với những quần thu có trên 25 loài cây gỗ, bảng kết cấu loài cây gỗ chỉ báo cáo tóm tắt những thông tin cơ bản của những loài cây gỗ quý, loài có giá trị cao về kinh tế, loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế và một số loài cây gỗ phụ thuộc có chỉ số IVI $\geq 4\%$. Một cách khác là báo cáo tóm tắt các thông tin của những loài cây gỗ quý kèm theo 10-20 loài cây gỗ có chỉ số IVI từ cao nhất trở xuống. Quy định này có liên quan đến giới hạn kích thước

của trang giấy. Nói chung, kết cấu loài cây gỗ được báo cáo ở dạng bảng có ưu điểm hơn so với dạng công thức. Lý do là vì bảng kết cấu loài cây gỗ cung cấp nhiều thông tin (S, N, F, G, V) và dễ theo dõi hơn.

Ưu hợp **Vên vên ở Bảng 8.1** bao gồm 38 loài cây gỗ; trong đó Vên vên (*Anisoptera costata*) là loài ưu thế sinh thái, Dầu song nòng (*Dipterocarpus dyeri*) là loài đồng ưu thế sinh thái. Kết cấu loài cây gỗ của ưu hợp Vên vên này được viết ở dạng **công thức 8.16**; trong đó IVI = chỉ số ưu thế, Vv = Vên vên, Dsn = Dầu song nòng, Ca = Cám, Trm = Trường mật, Gm = Gụ mật, Qr = Quế rừng, Trt = Trâm trắng, Lk = Loài khác.

$$IVI\% = 25,1Vv + 8,4Dsn + 8,3Ca + 4,4Trm + 4,3Gm + 4,3Qr + 4,2Trt + 41,0Lk \quad (8.16).$$

Bảng 8.1. Kết cấu loài cây gỗ của ưu hợp Vên vên trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Đơn vị tính: 1ha

TT	Loài cây gỗ	N (cây)	G (m ²)	V (m ²)	N%	G%	V%	IVI%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Vên vên	128	10,49	91,14	15,2	29,6	30,7	25,1
2	Dầu song nòng	88	2,84	20,08	10,4	8,0	6,8	8,4
3	Cám	28	3,38	35,62	3,3	9,5	12,0	8,3
4	Trường mật	44	1,51	11,38	5,2	4,3	3,8	4,4
5	Gỗ mật	48	1,32	9,99	5,7	3,7	3,4	4,3
6	Quế rừng	8	1,95	18,75	0,9	5,5	6,3	4,3
7	Trâm trắng	52	1,22	8,48	6,2	3,4	2,9	4,2
	Cộng 7 loài	396	22,7	195,4	46,9	64,0	65,9	59,0
31	Loài khác	448	12,7	101,8	53,1	36,0	34,1	41,0
38	Tổng số	844	35,4	297,2	100	100	100	100

8.2.2.4. Vai trò sinh thái của cây bụi và thảm tươi

Vai trò sinh thái của các loài cây bụi và thảm tươi là khả năng hình thành và cải biến môi trường của chúng. Vai trò sinh thái của các loài cây bụi được xác định theo diện tích tán che của chúng trên mặt đất. Vai trò sinh thái của các loài cây thân thảo (thảm tươi) được xác định theo nhiều chỉ tiêu khác nhau: (a) Trọng lượng (tươi, khô không khí hoặc khô tuyệt đối); (b) Phần trăm diện tích mặt đất được thảm tươi định cư; (c) Số cây trên đơn vị diện tích... Căn cứ vào số lượng cá thể và phần trăm diện tích mặt đất được loài chiếm đoạt trên 1 đơn vị diện tích (1m²), Druze (Dẫn theo Vasilevich, 1969) đã phân chia độ phong phú của thảm tươi thành 7 cấp (**Bảng 8.2**). Để dễ dàng áp dụng toán học trong phân tích số liệu, số cá thể xuất hiện trên ô mẫu được mã hóa theo thứ bậc tăng dần từ 0-6.

8.2.3. Cấu trúc của quần xã thực vật rừng

8.2.3.1. Khái niệm về cấu trúc rừng

Cấu trúc rừng biểu thị các thành phần của rừng và sự tổ chức sắp xếp của các thành phần theo không gian (đứng, nằm ngang), thời gian (năm) và môi trường. Cấu trúc của QXTV biểu thị các thành phần của nó (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo) và sự

tổ chức sắp xếp của các thành phần theo không gian (đứng, nằm ngang), thời gian (năm) và môi trường. Cấu trúc của quần xã cây gỗ (quần thụ) biểu thị các loài cây gỗ và sự tổ chức sắp xếp của chúng theo không gian (đứng, nằm ngang), thời gian (năm) và môi trường. Quần thụ là thành phần chính của rừng. Vì thế, theo nghĩa rộng, cấu trúc của các quần xã cây gỗ cũng được hiểu là cấu trúc rừng. Các quần thụ là đối tượng của kinh doanh rừng. Vì thế, phần này chỉ phân tích cấu trúc của các quần thụ.

Bảng 8.2. Phân cấp độ phong phú của các loài cây thân thảo sống dưới tán rừng theo phương pháp của Druze (Dẫn theo Vasilevich, 1969)

Thứ tự	Cấp che phủ	Phân chia theo hệ thống 7 cấp:		
		Mã hóa	Tiêu chuẩn đánh giá theo:	
			Số cá thể	Độ che phủ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Soc ^(*)	6	Rất nhiều	76 - 100
2	Cop ₃	5	Nhiều	51 - 75
3	Cop ₂	4	Tương đối nhiều	21 - 50
4	Cop ₁	3	Tương đối	5 - 20
5	Sp	2	Ít	1 - 4
6	Sol	1	Rất ít	< 1
7	Un	0	Chỉ một cá thể	< 0,2

(*) Viết tắt từ chữ La tinh: *Socialis* = Soc, *Copiosus* = Cop, *Spars* = Sp, *Unicus* = Un.

Cấu trúc của các quần thụ biểu hiện ở hai khía cạnh. Một là phân bố của các thành phần của quần thụ (Số loài cây gỗ = S; Mật độ = N; kích thước (D, H, G, V) theo không gian, thời gian và môi trường. Hai là tính phức tạp về cấu trúc của quần thụ. Đặc tính này phản ánh sự đa dạng của các thành phần (N, S, D, H, G, V) của quần thụ.

Rừng và môi trường sống của chúng tồn tại những mối liên hệ rất phức tạp. Vì thế, một quần thụ bất kỳ tuyệt nhiên không phải là một sự tổ hợp ngẫu nhiên của các loài cây gỗ. Ngược lại, sự tổ hợp của nhiều loài cây gỗ ở một nơi nào đó là do sự sắp xếp theo quy luật của chúng trong tự nhiên. Nói khác đi, sự hình thành cấu trúc của các quần thụ là do ảnh hưởng qua lại giữa các loài cây gỗ và môi trường. Nếu cấu trúc của các quần thụ chỉ phản ánh sự phân bố của các thành phần theo không gian (chiều đứng, chiều ngang), thì lâm học gọi là cấu trúc hình thái của các quần thụ. Nếu cấu trúc của các quần thụ phản ánh sự phân bố của các thành phần theo thời gian và môi trường sống của chúng, thì lâm học gọi là cấu trúc sinh thái của các quần thụ.

Hiểu biết cấu trúc của các quần thụ mang lại nhiều ý nghĩa khác nhau. Trước hết, cấu trúc của các quần thụ là thông tin cơ bản để so sánh và phân loại các kiểu QXTV và kiểu rừng. Hai là cấu trúc của các quần thụ là kết quả phản ánh quan hệ qua lại phức tạp giữa các loài cây gỗ với nhau, giữa các loài cây gỗ với các sinh vật khác, giữa các loài cây gỗ và môi trường. Thông qua nghiên cứu cấu trúc của các quần thụ, nhà lâm học có thể hiểu được tính chất phức tạp của hệ thực vật, các nhân tố môi trường và các quan hệ giữa các thành phần của các quần thụ. Ngoài ra, việc nghiên cứu cấu trúc của các quần thụ còn cho phép nhà lâm học nhận được những thông tin về điều kiện sinh cảnh của chúng. Chính vì thế, khi mô tả cấu trúc của bất kỳ quần thụ nào, nhà lâm học cần phải chỉ rõ cả điều kiện môi trường hình thành nó. Nếu thiếu thông tin này, thì việc mô tả cấu trúc của các quần thụ là kém ý nghĩa.

Trong nghiên cứu cấu trúc của các quần thụ, nhà lâm học thường phân tích những thành phần chủ yếu sau đây: (1) Thành phần loài cây gỗ; (2) Chỉ số IVI của các loài cây gỗ

và nhóm loài cây gỗ, (3) Tình trạng cá thể của các loài cây gỗ; (5) Sự sắp xếp của các loài cây gỗ theo không gian, thời gian và môi trường.

Cấu trúc của các quần thụ theo không gian biểu hiện ở hai khía cạnh. Một là cấu trúc của các quần thụ theo chiều thẳng đứng. Đó là sự phân bố của các loài cây gỗ theo các tầng khác nhau. Hai là cấu trúc của các quần thụ theo chiều nằm ngang. Đó là sự phân bố của các loài cây gỗ trên mặt đất và môi trường khác nhau. Sự biến đổi của các quần thụ theo thời gian được xác định thông qua phân tích sự biến đổi của các thành phần loài cây gỗ theo thời gian. Khi nghiên cứu cấu trúc của các quần thụ theo môi trường, nhà lâm học phân tích sự biến đổi của các loài cây gỗ theo môi trường khác nhau.

8.2.3.2. Cấu trúc rừng theo chiều thẳng đứng

Cấu trúc rừng theo chiều thẳng đứng biểu thị sự phân bố của các dạng sống và các loài cây theo chiều đứng từ sàn rừng trở lên. Mục đích chung của nghiên cứu cấu trúc đứng của rừng là cung cấp các thông tin về đặc điểm phân bố của các cơ quan thực vật theo chiều thẳng đứng. Thể tích môi trường của các dạng sống được xác định theo diện tích tán che và chiều cao bình quân của chúng. Phân bố của các lớp cây theo chiều đứng là do nhiều nguyên nhân: (1) Thành phần loài cây với các dạng sống và tuổi khác nhau; (2) Các loài cây có đặc tính sinh thái khác nhau; (3) Sự thay đổi của môi trường theo không gian và thời gian dẫn đến hình thành những phổ dạng sống khác nhau (Bảng 8.3).

Bảng 8.3. Phổ dạng sống của rừng mưa theo Raunkiaer (Baur, 1979). Đơn vị tính (%)

Quần hệ phụ	Địa phương	Phụ sinh	Cây có chồi trên cao	Cây có chồi ngang đất	Cây có chồi mặt đất	Cây có chồi trong đất	Cây có chồi mùa hè (sống 1 năm)
1. Xích đạo	Guyana thuộc Anh	22	66	12	-	-	-
2. Á nhiệt đới	New South Wales	18	68	4	8	1	1
3. Ôn đới mát	New South Wales	3	63	21	7	-	6
4. Diễn thế nguyên sinh trên cạn	Krakatau						
+ Sau 3 năm		-	59	7	20	7	7
+ Sau 51 năm		-	65	6	12	2	15
5. Rừng xanh lá mùa hạ ôn đới	Đức	-	27	6	39	23	5

8.2.3.3. Cấu trúc của các quần thụ theo chiều thẳng đứng

Khi nghiên cứu cấu trúc đứng của các quần thụ, nhà lâm học cần phải chỉ ra mức độ chia cắt giữa các tầng và kết cấu loài cây gỗ của các tầng. Mức độ chia cắt giữa các tầng được xác định theo sự phân bố thẳng đứng của tán cây gỗ. Sự sắp xếp của các quần thụ trong không gian được xác định theo biểu đồ trắc diện hoặc các mô hình toán. Ở rừng tự nhiên nhiệt đới, phương pháp vẽ các biểu đồ trắc diện đứng và ngang của Davis và Richards (1934; Dẫn theo Thái Văn Trùng, 1999) được sử dụng rộng rãi. Các biểu đồ mặt cắt đứng và ngang không chỉ có giá trị về mặt mô tả cấu trúc của các quần thụ và phân loại rừng, mà còn hướng dẫn các bước xử lý lâm sinh. Ngoài ra, nếu vẽ lặp lại nhiều biểu đồ trắc diện đứng và ngang trên cùng một khoảnh rừng theo thời gian, thì chúng giúp cho nhà lâm học phân tích động thái của kết cấu loài cây gỗ theo thời gian.

Một tầng cây gỗ có thể được hình thành từ 1, 2 hoặc nhiều loài cây gỗ. Mức độ biểu hiện tầng được đánh giá theo mức độ khấp tẻ của các loài cây gỗ theo chiều nằm ngang. Tầng biểu hiện rõ khi tán lá của các loài cây gỗ đan xen với nhau theo chiều đứng và chiều ngang. Ngược lại, nếu tán lá của các loài cây gỗ không đan xen với nhau theo chiều đứng và chiều ngang, thì sự phân tầng là không rõ. Ở rừng mưa tự nhiên nhiệt đới, các tầng rừng thường bị đứt đoạn cả theo chiều đứng và theo chiều ngang. Sự đứt đoạn của các tầng rừng theo chiều đứng là do các loài cây gỗ có kích thước khác nhau hoặc cùng một loài cây gỗ nhưng các cá thể có tuổi khác nhau. Sự đứt đoạn của các tầng rừng theo chiều ngang là do các nhóm cây gỗ có tuổi khác nhau... Sự phân tầng của các quần thụ là một hiện tượng động. Các tầng có thể ổn định, nhưng cũng có thể biến đổi theo thời gian. Trong lâm học, sự phân tầng của các quần thụ thường được xác định theo 2 phương pháp.

(1) *Phương pháp 1.* Phân tích cấu trúc của các quần thụ theo các tầng. Trong nghiên cứu cấu trúc của các quần thụ, nhà lâm học cần phải phân biệt tầng ưu thế sinh thái và tầng phụ thuộc. Tầng cây gỗ là sự biểu hiện cấu trúc bên trong của các quần thụ. Sự xuất hiện các tầng cây gỗ là do sự thích ứng của các loài cây gỗ với môi trường sống. Nói khác đi, sự hình thành các tầng cây gỗ phản ánh đặc điểm của môi trường sống xung quanh. Vì thế, phân chia các tầng cây gỗ là việc làm có ý nghĩa lớn, bởi vì nó cho phép nhà lâm học làm rõ cấu trúc của các quần thụ, xác định nguyên nhân hình thành các tầng cây gỗ, phân loại rừng và xây dựng các biện pháp lâm sinh.

Thái Văn Trùng (1999) phân chia các loài cây trong rừng mưa nhiệt đới ở Việt Nam thành 5 tầng; trong đó có 3 tầng cây gỗ, 1 tầng cây bụi, 1 tầng cỏ và dương xỉ.

Tầng vượt tán (A_1) là tầng được hình thành bởi những cây gỗ có kích thước rất lớn, chiều cao có thể đạt 35-40m. Tham gia vào tầng này thường là những loài cây gỗ to lớn của họ Sao Dầu, họ Dâu tằm (*Moraceae*), họ Đậu (*Leguminosae*). Những loài cây gỗ thuộc tầng này thường là cây thường xanh, tán lá rộng, đôi khi cũng gặp một số loài cây gỗ rụng lá vào mùa khô và mùa lạnh. Phân bố của tầng A_1 không liên tục cả theo chiều đứng và chiều ngang.

Tầng ưu thế sinh thái (A_2) còn được gọi là tầng tán rừng. Đó là tầng tập trung các tán cây gỗ, chiều cao trung bình từ 20-30m, phân bố liên tục cả theo chiều đứng và chiều ngang. Những loài cây gỗ hình thành tầng này thường có đặc điểm là thân thẳng, tán lá tròn và hẹp, lá thường xanh. Tham gia cấu tạo tầng này bao gồm các loài thuộc họ Dẻ (*Fagaceae*), họ Re (*Lauraceae*), họ Vang (*Caesalpiniaceae*), họ Trinh nữ (*Mimosaceae*), họ Xoan (*Meliaceae*)...

Tầng dưới tán (A_3) bao gồm những loài cây gỗ có thân hình nhỏ, mọc rải rác, cao trung bình từ 8-15m. Tham gia cấu tạo tầng này bao gồm các loài thuộc họ Bứa (*Clusiaceae*), họ Máu chó (*Miristicaceae*), họ Du (*Ulmaceae*)... Ngoài ra, cấu tạo tầng này còn bao gồm những cây gỗ nhỏ và những cây non của các loài cây gỗ ở tầng trên.

Tầng cây bụi (B) bao gồm những cây thân gỗ nhỏ bé, thường cao từ 2-8 m. Trong rừng mưa nhiệt đới, chúng ta thường bắt gặp những loài cây bụi thuộc các họ cà phê (*Rubiaceae*), họ Na (*Annonaceae*), họ Mua (*Melastomataceae*), họ Dừa (*Palmaceae*), họ phụ Tre nứa (*Bambusoideae*). Đặc điểm của các loài cây ở tầng này là chịu bóng cao, sinh trưởng rất chậm, thân nhỏ bé, đôi khi chỉ có một thân độc nhất với một túm lá trên ngọn.

Tầng tầng cỏ và dương xỉ hay tầng cỏ quyết (C) bao gồm những loài cây thân thảo có chiều cao dưới 2m. Tham gia cấu tạo tầng này bao gồm các loài thuộc họ Ô rô (*Acanthaceae*), họ Gai (*Urticaceae*), họ Môn ráy (*Araceae*), họ Gừng (*Zingiberaceae*)...

(2) *Phương pháp 2.* Phân tích phân bố số cây theo cấp H. Theo Nguyễn Văn Trương (1984), ở rừng mưa nhiệt đới, phân bố số cây gỗ (N, cây) theo cấp H (N/H) thường có dạng đường cong một đỉnh; trong đó số cây lớn nhất phân bố ở các cấp $H = 12-20m$.

Nếu cộng dồn số cây từ dưới đến lớp $H = 20-26\text{m}$, thì tổng số cây chiếm khoảng 80-90%. Hình thành tầng trên của tán rừng là những loài cây gỗ có đường kính tán lớn ($D_T = 12-15\text{m}$), đôi khi phân nhiều cành. Những loài cây gỗ hình thành tầng giữa và tầng thấp thường có thân thẳng và tán lá dày và rậm. Do đó, nếu tính hệ số che tán (*Tỷ lệ diện tích hình chiếu vuông góc của các tán cây trên diện tích nằm ngang của đất rừng*) ở tất cả các tầng, thì trị số này bằng 2÷4 lần diện tích nằm ngang của mặt đất rừng. Sự tích tụ nhiều cây gỗ thuộc lớp $H = 12\div 20\text{m}$ là nguyên nhân gây ra sự thiếu hụt ánh sáng dưới tán rừng. Điều đó làm hạn chế khả năng tái sinh của các loài cây gỗ.

Nói chung, cả hai phương pháp này đều mô tả chưa rõ ràng các tầng của các quần thụ. Bởi vì nhiều loài cây gỗ có thể ở cùng một tầng và sự phân bố bức xạ mặt trời dưới tán rừng luôn thay đổi theo thời gian và trạng thái của rừng, nên các loài cây gỗ cũng thay đổi theo điều kiện chiếu sáng trong tán rừng. Ở rừng mưa tự nhiên nhiệt đới, các loài cây gỗ ở tầng vượt tán thường đứng riêng rẽ. Sự phân bố tán của chúng không liên tục đã tạo ra sự nhập nhô trên bề mặt tán rừng. Tầng rừng chỉ biểu hiện rõ ràng trong các rừng trồng hỗn giao khác tuổi.

8.2.3.4. Cấu trúc của các quần thụ theo chiều nằm ngang

Cấu trúc của các quần thụ theo chiều nằm ngang phản ánh phân bố số cây theo diện tích, D , G và sản lượng (M , m^3/ha); phân bố của các quần thụ theo dạng bức khảm và theo sự biến đổi của môi trường.

(1) Phân bố số cây theo đường kính. Cấu trúc đường kính của các quần thụ biểu thị phân bố số cây gỗ (N , cây) theo các cấp D (Kí hiệu = N/D). Phân bố N/D biểu thị sự sắp xếp của các cá thể cây gỗ theo độ lớn của đường kính thân. Kích thước đường kính và tuổi (A , năm) của cây gỗ có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Vì thế, phân bố N/D đôi khi cũng được sử dụng để mô tả phân bố số cây theo cấp A (Kí hiệu = N/A). Những thông tin về phân bố N/D mang lại ý nghĩa lớn cả về lâm học và kinh doanh rừng. Về lâm học, phân tích phân bố N/D trong mối quan hệ với môi trường cho phép nhà lâm học hiểu rõ tính phức tạp của các quần thụ, phân tích tiềm năng sinh học và quan hệ cạnh tranh giữa các loài cây gỗ, xác định tác động của môi trường đến các quần thụ, xây dựng các biện pháp kỹ thuật nuôi dưỡng và khai thác các quần thụ. Về mặt kinh doanh rừng, phân bố N/D của các quần thụ không chỉ là cơ sở để phân tích giá trị kinh tế của các loài cây gỗ, mà còn chọn lựa loài cây gỗ thích hợp theo các mục đích kinh tế khác nhau. Đối với rừng thuần loài đồng tuổi, phân bố N/D biểu hiện cấp năng suất và sự phân hóa các cá thể dưới ảnh hưởng của môi trường sống. Đó là cơ sở giúp cho nhà lâm học xác định các biện pháp nuôi dưỡng rừng, đánh giá sản lượng rừng, so sánh hiệu quả của các biện pháp lâm sinh... Đối với rừng tự nhiên khác tuổi, phân bố N/D thường có dạng đường cong giảm không đồng đều từ cấp D_{Min} đến cấp D_{Max} . Hiện tượng này phản ánh các quần thụ có nhiều loài cây gỗ với đặc tính sinh học và tuổi khác nhau, chịu sự tác động của nhiều nhân tố khác nhau (khí hậu, đất, địa hình...).

Phân bố N/D của rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới ở giai đoạn ổn định thường có dạng hình chữ J ngược, nghĩa là những cấp D nhỏ có số cây lớn hơn so với những cấp D lớn (Hình 8.1). Kiểu phân bố này không chỉ đặc trưng cho cả quần thụ, mà còn cho từng loài cây gỗ. Nguyên nhân dẫn đến kiểu phân bố này là do quy luật đào thải tự nhiên, các cá thể cùng loài có tuổi khác nhau, nhiều loài cây gỗ có hình thái và kích thước khác nhau. Phân bố N/D theo dạng hình chữ J có thể được mô tả gần đúng bằng Hàm 8.17. Ở Hàm 8.17, tham số m biểu thị mật độ quần thụ ở cấp D_{Min} ; tham số b biểu thị tỷ lệ suy giảm số cây sau mỗi cấp D ; tham số k là mật độ quần thụ ở cấp D_{Max} . Nghiên cứu của Lê Hồng

Việt và cs (2022) cho thấy phân bố N/D của rừng mưa nguyên sinh nhiệt đới ở miền Đông Nam Bộ có dạng hình chữ J ngược; trong đó cây họ Sao Dầu chiếm ưu thế ở mọi cấp D.

$$N = m \times \exp(-b \times D) + K \quad (8.17)$$

Theo Zone (1955, 1956; Dẫn theo Baur, 1979), phân bố N/D của các quần thụ trong rừng mưa nhiệt đới tồn tại theo 3 kiểu phổ biến.

Kiểu thứ nhất là những loài cây gỗ hầu như không thấy có ở cấp D nhỏ, nhưng chúng xuất hiện nhiều ở cấp D cao hơn. Nhóm này bao gồm những loài cây gỗ đòi hỏi nhiều ánh sáng, chỉ tái sinh khi môi trường bị đảo lộn.

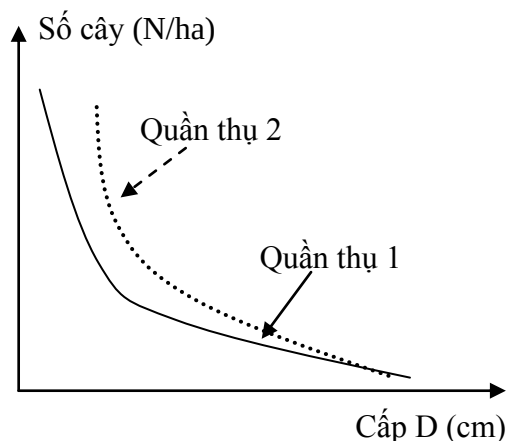
Kiểu thứ hai là những loài cây gỗ có nhiều cá thể thuộc cấp D nhỏ và lớn, nhưng bắt gặp rất ít ở cấp D trung gian. Đây là những loài cây gỗ tương đối ưa sáng, cây con có khả năng chịu bóng cao.

Kiểu thứ ba là những loài cây gỗ có số cá thể ở cấp D trung gian ngang bằng với số cá thể ở cấp D lớn thuộc tầng trên cùng. Nhóm này bao gồm những loài cây gỗ có khả năng chịu bóng tương đối cao.

(2) Phân bố của các quần thụ theo dạng bức khảm. Đặc điểm cơ bản của các quần thụ trong rừng mưa tự nhiên nhiệt đới là phân bố không đồng nhất theo không gian và thời gian. Sự sắp xếp không đồng nhất của các quần thụ theo chiều nằm ngang được gọi là trạng thái khảm. Những thông tin về trạng thái khảm là cơ sở khoa học để phân loại rừng thành các đơn vị cấu trúc nhỏ hơn. Xác định rõ những nguyên nhân hình thành các thể khảm không chỉ giúp cho các nhà lâm học phân loại rừng theo nguồn gốc phát sinh, mà còn xây dựng các phương thức lâm sinh.

Trạng thái khảm đặc trưng cho đa số kiểu rừng, đặc biệt là rừng mưa tự nhiên nhiệt đới. Trạng thái khảm được hình thành do nhiều nguyên nhân khác nhau. Tùy theo nguyên nhân hình thành, người ta phân biệt các kiểu thể khảm sau đây.

- Kiểu thể khảm thực vật - đất. Đó là các khảm rừng được hình thành do ảnh hưởng phối hợp của đất và địa hình khác nhau. Ví dụ: Các khảm rừng hình thành do địa hình cao thấp khác nhau, kiểu đất và độ dày tầng đất khác nhau...
- Kiểu thể khảm dạng sống. Đó là kiểu thể khảm được hình thành do sự phân bố của các loài cây thuộc các dạng sống khác nhau.
- Kiểu thể khảm vô tính. Đó là kiểu thể khảm được hình thành do sự khác biệt về kiểu sinh sản (hạt, chồi) của các loài cây.
- Kiểu thể khảm sinh vật. Đó là kiểu thể khảm được hình thành do sự tác động qua lại giữa các loài cây khác nhau, giữa các loài cây và các vật sống khác.
- Kiểu thể khảm động vật. Đó là kiểu thể khảm được hình thành do ảnh hưởng của động vật. Ví dụ: Các thể khảm hình thành do động vật ăn lá cây.
- Kiểu thể khảm nhân tác. Đó là các khảm rừng được hình thành do sự tác động của con người. Ví dụ: Các khảm rừng hình thành do khai thác chọn theo nhóm cây thành thực; khai thác rừng theo định kỳ; làm nương rẫy.
- Kiểu thể khảm ngoại sinh. Đó là các thể khảm phát sinh do tác động của các nhân tố môi trường bên ngoài. Ví dụ: Các thể khảm hình thành do ảnh hưởng của bão, lửa, sự thay đổi khí hậu và địa chất...



Hình 8.1. Phân bố N/D của rừng tự nhiên hỗn loài ở giai đoạn ổn định.

Các thể khảm hình thành đặc biệt rõ trong các rừng mưa tự nhiên nhiệt đới đã trải qua các tác động của con người. Việc khai thác chọn theo đám sẽ dẫn đến hình thành các thể khảm khác nhau. Thể khảm cũng được hình thành do tái sinh rừng không liên tục trong các lỗ trống. Ngoài ra, các thể khảm cũng được tạo ra một cách rõ ràng dưới ảnh hưởng của đất và địa hình không đồng nhất.

(3) Phân bố của các loài cây gỗ theo điều kiện môi trường. Khi phân tích mối quan hệ giữa các loài cây gỗ với môi trường, nhà lâm học có thể nhận thấy chúng phân bố theo một số kiểu dưới đây.

(a) Phân bố của các loài cây gỗ theo từng đám rõ ràng. Kiểu phân bố này thường bắt gặp ở những quần thụ mà các loài cây gỗ ưu thế ở tầng trên có quan hệ chặt chẽ với các loài cây gỗ phụ thuộc ở tầng dưới. Các loài cây gỗ ưu thế cạnh tranh với nhau ở mức rất mạnh. Mỗi loài cây gỗ ưu thế cùng với những loài cây phụ thuộc chiếm cứ một môi trường nhất định. Vì thế, chúng tạo thành các quần thụ có ranh giới rõ ràng.

(b) Phân bố của các loài cây gỗ theo từng đám không rõ ràng. Kiểu phân bố này bắt gặp ở những quần thụ mà các loài cây gỗ ưu thế cạnh tranh với nhau ở mức yếu. Kiểu phân bố này đặc trưng cho những môi trường đáp ứng khá đầy đủ nguồn sống cho tất cả các loài cây gỗ. Vì thế, ranh giới giữa các quần thụ biểu hiện không rõ ràng.

(c) Phân bố của các loài cây gỗ chồng lấp lên nhau ở mức hẹp. Kiểu phân bố này bắt gặp ở những quần thụ rừng mà các loài cây gỗ ưu thế cạnh tranh với nhau ở mức yếu. Kiểu phân bố này đặc trưng cho những môi trường đáp ứng đầy đủ nguồn sống cho các loài cây gỗ ưu thế.

(d) Phân bố của các loài cây gỗ chồng lấp lên nhau ở mức khá lớn. Kiểu phân bố này bắt gặp ở những quần thụ mà các loài cây gỗ ưu thế cạnh tranh khá mạnh mẽ với nhau. Kiểu phân bố này đặc trưng cho những môi trường đáp ứng khá đầy đủ nguồn sống cho các loài cây gỗ ưu thế.

(e) Phân bố của các loài cây gỗ chồng lấp lên nhau ở mức lớn. Kiểu phân bố này bắt gặp ở những quần thụ mà các loài cây gỗ ưu thế cạnh tranh không mạnh mẽ với nhau, còn các loài cây gỗ phụ thuộc lại cạnh tranh với nhau ở mức rất mạnh. Trong trường hợp này, nếu chỉ dựa vào các loài cây gỗ ưu thế, thì nhà lâm học không thể nhận thấy rõ ranh giới của các quần thụ. Kiểu phân bố này xuất hiện ở những môi trường mà các loài cây gỗ ưu thế phản ứng rõ rệt với sự thay đổi của khí hậu, còn các loài cây gỗ phụ thuộc lại phản ứng rõ rệt với sự thay đổi của đất. Nói chung, cả hai nhóm loài cây gỗ này phản ứng rất rõ rệt với sự thay đổi của lập địa. Trong lâm học, kiểu phân bố này được sử dụng để phân chia các kiểu lập địa, các kiểu QXTV và các kiểu rừng.

(f) Phân bố của các loài cây gỗ chồng lấp lên nhau ở mức rất lớn. Kiểu phân bố này bắt gặp ở những quần thụ mà các loài cây gỗ ưu thế và phụ thuộc phản ứng không rõ rệt với sự thay đổi của lập địa. Mỗi loài cây gỗ có biên độ sinh thái nhất định. Vì thế, nhiều loài cây gỗ với biên độ sinh thái khác nhau có thể cùng xuất hiện ở một nơi nhưng chúng không có kết nhóm với nhau. Kiểu phân bố này tạo ra một thể biến trạng liên tục. Ranh giới của các quần thụ được xác định thông qua phân tích sự tương đồng về thành phần loài cây gỗ giữa các thể biến trạng.

Kết quả nghiên cứu phân bố của các loài cây gỗ theo sự biến đổi của môi trường mang lại nhiều ý nghĩa khác nhau. Trước hết, nó cho biết những nguyên nhân làm phát sinh các kiểu phân bố của các loài cây gỗ trên mặt đất. Điều đó giúp cho nhà lâm học hiểu rõ đặc tính sinh thái của các loài cây gỗ, đặc điểm tái sinh rừng, diễn thế rừng, điều kiện môi trường và mối quan hệ qua lại giữa các loài cây gỗ... Mặt khác, những thông tin về phân bố của các loài cây gỗ trong quan hệ với môi trường còn giúp cho nhà lâm học phân chia các lập địa, các QXTV rừng và các kiểu rừng, xây dựng các phương thức lâm sinh.

8.2.3.5. Tính phức tạp của các quần xã cây gỗ

Tính phức tạp của các quần xã cây gỗ phản ánh sự đa dạng về loài cây gỗ, tuổi, kích thước cây gỗ và quần thụ, trạng thái sức sống của cây gỗ và quần thụ, mối quan hệ giữa các loài cây gỗ và giữa các loài cây gỗ với môi trường. Tính phức tạp về cấu trúc của các quần thụ là do chúng bao gồm nhiều đặc tính khác nhau. Các đặc tính của các quần thụ có thể được phân chia thành 4 nhóm. Nhóm 1 là những đặc tính về các loài cây gỗ hình thành rừng. Đặc tính này biểu thị sự giàu có về các loài cây gỗ. Nhóm 2 là sự đa dạng về tuổi và kích thước của các cây gỗ. Đặc tính này xuất hiện là do sự đa dạng về loài cây gỗ và nhiều loài cây tái sinh liên tục dưới tán rừng. Nhóm 3 là sự đa dạng về trạng thái sức sống của các cây gỗ và quần thụ. Nhóm 4 là sự đa dạng về những mối quan hệ giữa các loài cây gỗ và giữa chúng với môi trường. Phân tích tính phức tạp của các quần thụ không chỉ giúp cho nhà lâm học hiểu về rừng, mà còn phân loại rừng và xây dựng những phương thức lâm sinh.

Quần thụ bao gồm rất nhiều đặc tính khác nhau. Một số đặc tính dễ đo đạc. Chẳng hạn: (a) Ở mức cây gỗ, các đặc tính dễ đo đạc là D , H , V , đường kính tán (D_T) và chiều dài tán (L_T). (b) Ở mức quần thụ, các đặc tính dễ đo đạc là N , G và M . Trái lại, quần thụ có nhiều đặc tính rất khó đo đạc chính xác. Chẳng hạn: Số loài cây gỗ (S) và sinh khối (B)... Vì thế, để đơn giản trong đo đạc, tính toán, so sánh, đánh giá và phân loại rừng, các nhà lâm học đề nghị sử dụng các chỉ tiêu tổng hợp.

Tính phức tạp về cấu trúc của quần thụ có thể được đánh giá bằng chỉ số phức tạp về cấu trúc ($SCI = \text{Structural Complexity Index}$). Các chỉ số SCI là một dạng toán học. Chúng được sử dụng để biểu thị sự phức tạp về cấu trúc rừng. Chúng tóm tắt ảnh hưởng của hai hoặc nhiều đặc tính của các quần thụ. Các chỉ số SCI có thể được xác định bằng hai phương pháp. Một là các chỉ số SCI được xác định từ tổng số cây trong ô mẫu. Hai là các chỉ số SCI được xác định từ k cây gần nhất so với cây cơ sở. Các chỉ số SCI có thể ở dạng tổng số điểm của các đặc tính và dạng tích số giữa các đặc tính của rừng.

Nói chung, các chỉ số SCI được xây dựng theo 5 bước. Bước 1 là xác định những đặc tính cơ bản của các quần thụ. Bước 2 là phát triển các số đo đối với các đặc tính cấu trúc. Bước 3 là thu thập những đặc tính của các quần thụ. Bước 4 là xác định phương pháp tính các chỉ số SCI . Nếu sử dụng chỉ số SCI ở dạng tổng các đặc tính, thì nhà lâm học cần phải phân chia thang điểm và cho điểm đối với mỗi đặc tính. Những điểm số được cho từ cao xuống thấp. Đặc tính quan trọng nhất nhận điểm số cao nhất. Điểm số ở dạng tuyệt đối hoặc tương đối. Phương pháp tổng có ưu điểm là chỉ số SCI có thể bao gồm nhiều đặc tính định lượng và định tính. Nhược điểm cơ bản của phương pháp này là phương pháp cho điểm. Chỉ số SCI ở dạng tích các đặc tính có ưu điểm là tính toán dễ dàng. Nhược điểm cơ bản là khó đánh giá đối với các chỉ tiêu định tính. Bước 5 là tổng hợp điểm số của các đặc tính để nhận được điểm số của các chỉ số SCI . Tính phức tạp của các quần thụ được sắp xếp theo thứ tự giảm dần điểm số của các chỉ số SCI .

Dưới đây giới thiệu một số phương pháp xác định chỉ số SCI dựa theo một và nhiều biến số khác nhau.

(1) *Những chỉ số phức tạp dựa trên một biến số.* Gadov và Hui (2007) xác định chỉ số hỗn giao của các loài cây gỗ trong quần thụ theo [công thức 8.18](#); trong đó M_i là chỉ số hỗn giao tại điểm i trong quần thụ, k là số loài cây gỗ gần nhất so với cây cơ sở, V_j là loài cây gỗ phân bố bên cạnh cây gỗ cơ sở. Cây gỗ cơ sở là cây được chọn để so sánh với những cây gỗ khác. Giá trị $M_i = 0-1$. Tại mỗi điểm quan sát, nếu loài cây gỗ bên cạnh khác

với loài cây gỗ cơ sở, thì $V_j = 1$. Trái lại, nếu loài cây gỗ bên cạnh giống với loài cây gỗ cơ sở, thì $V_j = 0$. Nếu xác định sự hỗn giao giữa một loài cây gỗ quan tâm với những loài cây gỗ khác, thì chọn loài cây gỗ quan tâm ở một số điểm khác nhau trong quần thụ.

$$M_i = \frac{\sum_{(i=1, k)} V_i}{k} \quad (8.18)$$

Để dễ dàng tính toán và nhận được kết quả với độ tin cậy cao, chọn $k = 3$ hoặc 4 cây gỗ phân bố xung quanh cây gỗ cơ sở và giá trị M_i được tính bình quân từ N điểm khác nhau trong một khoảnh rừng, ít nhất $N = 3-5$ điểm. Mức độ hỗn giao giữa các loài cây gỗ trong quần thụ được đánh giá theo **Bảng 8.4**. **Bảng 8.5** dẫn ví dụ về mức độ hỗn giao của một khoảnh rừng được xác định từ 3 điểm quan sát.

Bảng 8.4. Phân cấp mức độ hỗn giao của các loài cây gỗ trong quần thụ

(a) Trường hợp chọn 3 cây gần nhất với cây cơ sở.

M_i	Số loài cây giống với loài cây cơ sở	Mức độ hỗn giao
(1)	(2)	(3)
0	3 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Không
0,33	2 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Thấp
0,67	1 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Trung bình
1,0	0 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Cao

(b) Trường hợp chọn 4 cây gần nhất với cây cơ sở.

M_i	Số loài cây giống với loài cây cơ sở	Mức độ hỗn giao
(1)	(2)	(3)
0	4 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Không
0,25	3 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Thấp
0,50	2 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Trung bình
0,75	1 cây gần nhất cùng loài với cây cơ sở.	Cao
1,0	4 cây gần nhất không cùng loài với cây cơ sở.	Rất cao

Bảng 8.5. Mức độ hỗn giao của các loài cây gỗ được xác định từ 3 điểm quan sát

Quan sát	Loài cây gần nhất với cây cơ sở				Tổng	M_i	Hỗn giao
1	0	0	0	0	0	0,00	Không
2	0	0	0	1	1	0,25	Thấp
3	0	0	1	1	2	0,50	Trung bình
Trung bình						0,38	Trung bình

Số liệu ở **Bảng 8.5** cho thấy giá trị M_i trung bình là 0,38. Trị số này cho biết các loài cây gỗ của khoảnh rừng này hỗn giao ở mức trung bình. Trong thực hành, đối với rừng tự nhiên nhiệt đới, nhà lâm học có thể phân tích sự hỗn giao giữa loài cây gỗ ưu thế sinh thái và đồng ưu thế sinh thái với một số loài cây gỗ có ý nghĩa kinh doanh.

Sự phân hóa về kích thước cây gỗ là mối quan tâm của lâm học. Kích thước cây gỗ (D , H , G , V) là những biến định lượng. Vì thế, tính phức tạp của quần thụ có thể được xác định bằng việc phân tích đặc trưng thống kê (trung bình, sai tiêu chuẩn, Max, Min, hệ số biến động...) đối với những biến định lượng. Sự đa dạng về D của một khoảnh rừng có thể

được phân chia thành 2 kiểu. Kiểu thứ 1 là sự khác biệt về biên độ D của các cây gỗ trong quần thụ. Kiểu thứ 2 là sự đồng đều về phân bố số cây gỗ trong các cấp D. Một cách khác là phân tích sự khác biệt về kích thước cây gỗ ở những vị trí khác nhau trong quần thụ. Sau đó tổng hợp lại để nhận được chỉ số phức tạp về cấu trúc của quần thụ.

Theo Aguirre và cs (2003), sự khác biệt về kích thước cây gỗ ở những vị trí khác nhau của các quần thụ được xác định theo chỉ số ưu thế (Dominance Index = DI) về kích thước thân cây gỗ. Chỉ số DI phản ánh mức độ khác biệt về kích thước (D, H, G, V) của những cây gỗ bên cạnh so với cây gỗ cơ sở. Chỉ số DI là tỷ lệ kích thước của cây gỗ cơ sở với k cây gỗ gần nhất (**Công thức 8.19**). Ở **công thức 8.19**, nếu kích thước của cây gỗ bên cạnh bằng kích thước của cây gỗ cơ sở, thì $V_j = 0$. Trái lại, nếu kích thước của cây gỗ bên cạnh khác với kích thước của cây gỗ cơ sở, thì $V_j = 1$.

$$DI_i = \frac{\sum_{(i=1, k)} V_i}{k} \quad (8.19)$$

Để dễ tính toán và nhận được kết quả với độ tin cậy cao, chọn 3 hoặc 4 cây gỗ phân bố xung quanh cây cơ sở và giá trị DI_i được tính bình quân từ N điểm khác nhau trong QXCG, ít nhất $N = 3-5$ điểm. Nếu phân tích sự khác biệt về kích thước của loài cây gỗ quan tâm với những loài cây gỗ khác, thì chọn loài cây gỗ quan tâm ở một số vị trí khác nhau. Trong đánh giá kết quả nghiên cứu, mức độ phân hóa về kích thước giữa các cây gỗ trong các quần thụ được đánh giá theo **Bảng 8.6**. **Bảng 8.7** dẫn ví dụ xác định mức độ đồng đều về D thân cây gỗ từ 3 điểm quan sát. Từ đó cho thấy, giá trị DI trung bình là 0,38 cho biết D thân cây gỗ trong quần thụ này phân hóa ở mức trung bình.

Bảng 8.6. Phân cấp mức độ đồng đều về kích thước của các cây gỗ trong quần thụ: Trường hợp chọn 4 cây gỗ gần nhất với cây gỗ cơ sở

DI_i	Số cây có kích thước khác với cây cơ sở	Mức độ đồng đều
(1)	(2)	(3)
0	4 cây gần nhất nhỏ hơn cây cơ sở.	Ưu thế trội
0,25	3 cây gần nhất nhỏ hơn cây cơ sở.	Ưu thế
0,50	2 cây gần nhất nhỏ hơn cây cơ sở.	Trung bình
0,75	1 cây gần nhất nhỏ hơn cây cơ sở.	Bị chèn ép
1,0	4 cây gần nhất lớn hơn cây cơ sở.	Bị chèn ép mạnh

Bảng 8.7. Mức độ đồng đều về kích thước của các cây gỗ trong quần thụ được xác định từ 3 điểm quan sát.

Quan sát	Kích thước cây gần nhất				Tổng	DI_i	Mức độ đồng đều
1	0	0	0	0	0	0,00	Ưu thế trội
2	0	0	0	1	1	0,25	Ưu thế
3	0	0	1	1	2	0,50	Trung bình
Trung bình						0,38	Trung bình

Kint (2003) đã xác định chỉ số khác biệt về D (T_D) theo tỷ lệ D của cây gỗ cơ sở và những cây gỗ xung quanh (**Công thức 8.20**). Ở **công thức 8.20**, d_{ij} là tỷ lệ D của cây nhỏ (D_{Min}) và D của cây lớn (D_{Max}) trong cặp cây cơ sở (i) và cây gần nhất (j); k là số cây gần nhất với cây cơ sở. Để dễ tính toán và nhận được kết quả với độ tin cậy cao, nhà lâm học cần chọn $k = 3$ hoặc 4 cây gỗ phân bố xung quanh cây cơ sở. Giá trị T_D nằm trong khoảng

0-1. Trong đánh giá kết quả, mức độ khác biệt về D của những cây gỗ tại mỗi vị trí trong quần thụ được đánh giá theo 4 cấp: thấp ($T_D \leq 0,3$); trung bình ($T_D = 0,3 \div 0,5$); cao ($T_D = 0,5 \div 0,7$) và rất cao ($T_D = 0,7 \div 1,0$). Để nhận được kết quả khách quan và phản ánh đúng sự khác biệt về D của các cây gỗ trong quần thụ, chỉ số T_D được tính bình quân từ N điểm khác nhau trong quần thụ, ít nhất là 3 điểm (Bảng 8.8).

$$T_D = \frac{\sum_{(i=1, k)} (1 - d_{ij})}{k} \quad (8.20)$$

Bảng 8.8. Mức độ khác biệt về đường kính của các cây gỗ trong quần thụ được xác định từ 3 điểm quan sát

D_i (cm)	D_j (cm) của 4 cây so sánh				Giá trị d_{ij}	Khác biệt D
	1	2	3	4		
10	24	22	8	6	0,40	Trung bình
22	32	17	18	15	0,32	Trung bình
45	38	40	32	25	0,44	Trung bình
Trung bình					0,39	Trung bình

Khi xác định sự đa dạng về D của các cây gỗ trong quần thụ, Clifford và Stephenson (1975; dẫn theo Kint, 2003) đã sử dụng chỉ số đa dạng của Margalef (d_{Margalef}), chỉ số đa dạng của Shannon (H'), chỉ số đa dạng của Simpson và Berger - Parker. Các chỉ số này được sử dụng để đo mức độ phong phú và sự phân bố đồng đều đối với tiết diện ngang (G) ở các cấp D. Chỉ số d_{Margalef} được xác định theo công thức 8.21; trong đó F = số cấp D, G = tiết diện ngang quần thụ (m^2/ha). Phạm vi biến đổi của chỉ số d_{Margalef} từ 0 - ∞ ; trong đó $d_{\text{Margalef}} = 0$ khi F = 1 và $d_{\text{Margalef}} = \infty$ khi F = ∞ .

$$d_{\text{Margalef}} = \frac{(F - 1)}{\ln(G)} \quad (8.21)$$

Chỉ số Shannon được xác định theo công thức 8.22; trong đó P_i là tỷ lệ giữa tiết diện ngang của từng cấp D (g_i, m^2) và tổng tiết diện ngang của quần thụ (G, m^2) trên ô mẫu. Phạm vi biến đổi của chỉ số H' từ 0 - $\ln(F)$; trong đó F = số cấp D.

$$H' = - \sum_{i=1}^F P_i \ln(P_i) \quad (8.22)$$

Chỉ số Simpson được xác định theo công thức 8.23; trong đó P_i là tỷ lệ giữa tiết diện ngang của từng cấp D (g_i, m^2) và tổng tiết diện ngang của quần thụ (G, m^2) trên ô mẫu, F = số cấp D. Phạm vi biến đổi của chỉ số D_{Simpson} từ 0-1.

$$D_{\text{Simpson}} = 1 - \sum_{i=1}^F P_i^2 \quad (8.23)$$

Chỉ số Berger - Parker (1970) được sử dụng để xác định sự ưu thế về độ phong phú của các cấp D. Chỉ số này được xác định theo công thức 8.24; trong đó $g_{i\text{Max}}$ là tiết diện ngang của cấp D có tiết diện ngang lớn nhất, G là tổng tiết diện ngang của quần thụ (G, m^2). Phạm vi biến đổi của chỉ số D_{BP} từ 0-1; trong đó $D_{\text{BP}} = 0$ khi số cấp D = 1 và $D_{\text{BP}} = 1$ khi tiết diện ngang của các cấp D bằng nhau.

$$D_{\text{BP}} = 1 - \left(\frac{g_{i\text{Max}}}{G} \right) \quad (8.24)$$

Sự đồng đều về D của các cây gỗ trong quần thụ được xác định theo chỉ số đồng đều của Shannon (Công thức 8.25); trong đó H' là chỉ số Shannon, F là số cấp D. Nếu các cấp D có tiết diện ngang bằng nhau, thì E = 1. Khi các cấp D có tiết diện ngang khác nhau, thì E sẽ giảm. Vì thế, giá trị H' của những ô mẫu được so sánh với $H'_{\text{Max}} = 1$. Nếu tiết diện ngang tập trung rất cao vào một số cấp D, thì chỉ số H' sẽ tiến đến Zero. Nếu các cây gỗ chỉ tập trung vào 1 cấp D, thì $H' = 0$.

$$E_{\text{Shannon}} = H' / \ln(F) \quad (8.25)$$

(2) *Những chỉ số phức tạp dựa trên nhiều biến số.* Khi phân tích mức độ hỗn giao của các loài cây gỗ trong các quần thụ trên các ô mẫu, Nguyễn Văn Trương (1984) đã xác định chỉ số hỗn giao (HG) theo **công thức 8.26**; trong đó S và N tương ứng là số loài cây gỗ và mật độ quần thụ trên ô mẫu.

$$HG = (S/N) \quad (8.26)$$

Holdridge (1967; Dẫn theo Cintrón và Schaeffer-Novelli, 1984) đã xây dựng chỉ số SCI ở dạng tích số giữa số loài cây gỗ (S), mật độ (N, cây), chiều cao (H, m) và tiết diện ngang (G, m²) của quần thụ trên ô mẫu (**Công thức 8.27**); trong đó 10^k là hệ số chuyển SCI về giá trị nhỏ.

$$SCI = (S \times N \times H \times G) / 10^k \quad (8.27)$$

Jaehne và Dohrenbusch (1997; Dẫn theo Neumann and Starlinger, 2001) đã xây dựng chỉ số phức tạp về cấu trúc của các quần thụ (SD) từ 4 đặc tính: (1) Biên động D (S_d); (2) Biên động số loài (S_s); (3) Biên động không gian sống của các cây gỗ (Y); (4) Biên động diện tích tán che của các cây gỗ trên mặt đất (S_C) (**Công thức 8.28**).

$$SD = (S_d \times S_s \times Y \times S_C) \quad (10.28)$$

Nói chung, ở mức cây gỗ, các đặc tính thường được sử dụng là D, H, G, V, B, diện tích tán che. Ở mức quần thụ, các đặc tính thường được sử dụng là N, S, G, M, số cấp D và cấp H của quần thụ, số lượng cây chết đứng, tình trạng phát triển của cây bụi và thảm cỏ dưới tán rừng, bề dày của sàn rừng. Rừng tự nhiên hỗn loài nhiệt đới là những hệ sinh thái rất phức tạp. Vì thế, để đơn giản trong phân tích và so sánh giữa các kiểu rừng, cấu trúc của các quần thụ thường được mô tả bằng các chỉ số cấu trúc.

8.3. Những dạng quần xã sinh thái đệm

Khi theo dõi các nhóm quần xã kế cận nhau (Coenocline), chúng ta có thể nhận thấy những vùng chuyển tiếp hay giáp ranh giữa chúng. Những vùng chuyển tiếp này được gọi là các quần xã sinh thái đệm (Ecotones). Các quần xã sinh thái đệm biểu hiện rõ ở những quần xã kế cận nhau có hình thái và loài cây khác nhau. Ví dụ: (1) Khu vực giao nhau giữa rừng và đồng cỏ; (2) Vùng chuyển tiếp giữa rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới và rừng thưa cây lá rộng hơi khô nhiệt đới; (3) Vùng chuyển tiếp giữa rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới và rừng kín nửa rụng lá ẩm nhiệt đới...

Quần xã sinh thái đệm cũng thường phát sinh ở những nơi có sự chuyển tiếp về vùng địa lý, khí hậu, đất, địa hình, phương thức canh tác... Quần xã sinh thái đệm có một số đặc trưng khác với hai quần xã kế cận. Trước hết, chúng thường có diện tích hẹp hơn. Hai là chúng thường có thành phần loài sinh vật đa dạng và phong phú hơn, không chỉ bao gồm phần lớn những loài có mặt trong hai quần xã kế cận, mà còn cả những loài đặc trưng cho quần xã sinh thái đệm. Ba là mật độ của nhiều loài sinh vật trong vùng sinh thái đệm thường cao hơn. Bốn là vùng chuyển tiếp có điều kiện môi trường và các mối quan hệ giữa các loài sinh vật biểu hiện căng thẳng hơn so với hai quần xã kế cận. Sự căng thẳng phát sinh không chỉ là do sự gia tăng về thành phần loài, mà còn do sự đa dạng về môi trường vật lý. Người ta gọi xu hướng gia tăng tính đa dạng về loài, mật độ của các loài, sự căng thẳng của môi trường cũng như các quan hệ giữa các loài ở vùng giáp ranh hai quần xã là hiệu ứng biên hay hiệu ứng giáp ranh.

Các quần xã sinh thái đệm thường thu hút sự chú ý rất lớn của các nhà sinh thái học thực vật và động vật. Trong vùng giáp biên, các loài thực vật và động vật thường sinh trưởng dưới hoàn cảnh môi trường vật lý và sinh học bị giới hạn. Vì thế, thông qua nghiên cứu những nguyên nhân hình thành quần xã sinh thái đệm, nhà lâm học có thể biết được

hiều thông tin về tính phức tạp trong cấu trúc và chức năng của các loài, các quần thể loài và QXSV, vai trò của các nhân tố sinh thái...Dưới đây chúng ta xem xét một vài quần xã sinh thái đặc trưng.

8.3.1. Những dải rừng trên núi thấp

Những dải rừng trên núi thấp thường xuất hiện ở những nơi có sự chuyển tiếp giữa rừng và đồng cỏ, giữa rừng và đồng ruộng. Ví dụ: Sự chuyển tiếp giữa rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới và đồng cỏ hay đồng ruộng. Những quần xã này thường có sự khác nhau rất rõ về hình thái. Tuy vậy, chúng ta vẫn thấy có một vài quần xã sinh thái đặc trưng là vùng chuyển tiếp từ từ giữa đồng cỏ và rừng. Những quần xã sinh thái đặc trưng này thường hình thành do những khác biệt về điều kiện đất, địa hình, nguồn nước... Ví dụ: Những quần xã sinh thái đặc trưng phát sinh do sự chuyển tiếp từ đất bazan sang đất xám, từ địa hình núi sang đồng bằng, từ khí hậu vùng núi sang khí hậu đồng bằng, từ sự khác biệt của tỷ lệ lượng mưa và lượng bốc hơi nước hoặc đôi khi còn do lửa và hoạt động canh tác của con người.

8.3.2. Những dải rừng trên địa hình cao

Thuật ngữ dải rừng trên địa hình cao biểu thị những dải rừng che phủ trên đỉnh núi. Kết cấu và cấu trúc của các dải rừng trên núi có các đặc trưng sau đây: (a) Thành phần loài cây gỗ rất nghèo với đa số thuộc họ *Pinaceae*; (b) Cây lá rộng có thân hình nhỏ, ít đáp ứng nhu cầu gỗ xây dựng như một số loài thuộc chi *Fagus*, *Populus*, *Quercus*, *Nothofagus*. Những dải rừng trên núi được hình thành do rất nhiều nhân tố kiểm soát: nhiệt độ, gió, lượng mưa và tuyết, lửa, động vật, thực vật...

8.3.3. Những dải rừng ở vùng cực

Hầu hết các kiểu rừng ở vùng cực bắc (rừng Taiga) là rừng khô. Chúng có ranh giới rõ ràng với các quần hệ cỏ - cây bụi của vùng đài nguyên (Tundra). Kết cấu loài cây của các quần xã sinh thái đặc trưng này biến đổi rất lớn. Ở khu vực Bắc Mỹ, các loài thuộc chi *Betula* chiếm ưu thế, còn ở vùng Scandinavia là các loài Thông, Vân sam, *Betula*... Tất cả các quần xã sinh thái đặc trưng này được ấn định bởi điều kiện khí hậu, đặc biệt là điều kiện nhiệt độ thấp.

8.4. Đa dạng loài cây gỗ trong các quần xã thực vật rừng

8.4.1. Khái niệm về đa dạng sinh vật

Các nhà sinh học định nghĩa đa dạng sinh học là tổng số nguồn gene, tổng số loài và tổng số hệ sinh thái của một khu vực nhất định. Gaston (2000) định nghĩa đa dạng sinh vật (Biological Diversity) là sự khác nhau ở tất cả các mức tổ chức sinh học (gene, cá thể và hệ sinh thái). Đa dạng gene biểu thị sự đa dạng trong quần thể sinh vật hoặc giữa các quần thể sinh vật. Chẳng hạn: Đa dạng về những thành phần axit nucleic. Đa dạng loài biểu thị số lượng loài sinh vật trong một môi trường nhất định hay nơi ở nhất định. Đa dạng hệ sinh thái biểu thị số lượng hệ sinh thái trong một khu vực nhất định. Nhiều nhà sinh thái học (Kimmins, 1998; Gaston, 2000; Magurran, 1988, 2004) cho rằng, bởi vì sự sống trên trái đất tồn tại chủ yếu ở dạng loài, nên thuật ngữ “Đa dạng sinh vật” thường chỉ được sử

dụng với nghĩa thông thường là “Đa dạng loài = Species Diversity”. Theo định nghĩa này, đa dạng loài cây gỗ (Tree Species Diversity) là số lượng loài cây gỗ trong một khu rừng nhất định.

Đa dạng sinh vật trong một cảnh quan hay một khu vực địa lý nhất định là đa dạng Gamma (γ - Diversity). Cảnh quan (Landscape) là các hệ sinh thái khác nhau trong một vùng đất liền kề về vị trí địa lý, khí hậu, địa hình, đất và hoạt động của con người. Cảnh quan rừng là những kiểu rừng khác nhau trong một vùng đất liền kề nhau về vị trí địa lý, khí hậu, dạng đất, địa hình và hoạt động của con người. Đa dạng Gamma biểu thị sự giàu có về loài của những QXSV khác nhau trong một cảnh quan hay một khu vực địa lý nhất định. Đa dạng Gamma được xác định bằng cách tính đa dạng của tất cả các mẫu thuộc tất cả các cảnh quan gộp lại. Đa dạng Gamma bằng đa dạng Alpha (α - Diversity) cộng với đa dạng Beta (β -Diversity). Đa dạng Alpha là đa dạng sinh vật trong một môi trường sống nhất định hoặc một hệ sinh thái nhất định. Đa dạng Alpha là giá trị bình quân của những chỉ số đa dạng loài được tính từ nhiều ô mẫu trong một hệ sinh thái nhất định. Đa dạng Beta là đa dạng loài của nhiều hệ sinh thái khác nhau trong một cảnh quan hay khu vực nhất định. Đa dạng Beta được xác định bằng cách gộp chung nhiều hệ sinh thái trong một cảnh quan hay khu vực nhất định. Nói chung, đa dạng Gamma, Alpha và Beta thay đổi tùy theo phạm vi của đối tượng nghiên cứu (Whittaker, 1972). Nếu phạm vi của đối tượng nghiên cứu là cảnh quan rừng của một vùng sinh thái, thì đa dạng Gamma là đa dạng loài của nhiều kiểu rừng khác nhau trong một vùng sinh thái. Đa dạng Beta là đa dạng loài của từng kiểu rừng trong một vùng sinh thái. Đa dạng Alpha là giá trị bình quân của những chỉ số đa dạng loài được tính từ nhiều ô mẫu trong một hệ sinh thái rừng nhất định.

8.4.2. Tầm quan trọng của những nghiên cứu về đa dạng sinh vật

Sau Hội nghị về trái đất vào năm 1992 tại Rio de Janeiro (Braxin), đa dạng sinh vật đã trở thành mối quan tâm không chỉ đối với các nhà sinh thái học và lâm học, mà còn cả các nhà môi trường, các nhà lập kế hoạch và các nhà quản lý. Nhiều nước là thành viên của Công ước về đa dạng sinh học. Theo công ước này, mỗi quốc gia đều có nghĩa vụ và trách nhiệm ghi nhận những loài cây và động vật xuất hiện ở nước mình, đồng thời đánh giá chính xác đa dạng sinh vật và xác định những chiến lược quản lý bền vững để bảo tồn đa dạng sinh vật.

Hiện nay các nước phải tập trung nghiên cứu đa dạng sinh vật bởi nhiều lý do khác nhau. Một là mỗi quốc gia cần phải bảo tồn đa dạng sinh vật. Nguyên nhân là vì nhiều hệ sinh thái rừng tự nhiên đã bị khai thác kiệt hoặc có nguy cơ biến mất. Hai là con người là một trong những thành phần cấu thành mạng lưới những hệ sinh thái. Sự sống của con người phụ thuộc vào không khí sạch, nguồn nước sạch, nguồn thức ăn an toàn và thuốc chữa bệnh... Vì sự sống còn, con người đã tác động đến hầu hết các hệ sinh thái. Kết quả đã làm suy yếu hoặc làm biến mất nhiều hệ sinh thái mà sự sống của con người phụ thuộc vào đó. Ba là đa dạng sinh vật không chỉ là mối quan tâm to lớn của các nhà sinh học, sinh thái học, lâm học và môi trường, mà còn cả các nhà quản lý và hoạch định chính sách. Bốn là hiện nay khoa học và thực tiễn vẫn còn những thảo luận khác nhau xung quanh những số đo đa dạng sinh vật. Trước đây các nhà sinh thái học đã đề xuất rất nhiều chỉ số và những mô hình để đo đa dạng sinh vật tùy theo môi trường, nơi sinh sống và vị trí khác nhau của sinh vật. Vì thế, nghiên cứu những chỉ số đa dạng và phương pháp đánh giá chính xác đa dạng vẫn cần phải được đặt ra. Năm là những thông tin về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc quần thụ, đa dạng loài cây gỗ và các QXTV là cơ sở khoa học cho quy hoạch rừng và bảo tồn đa dạng sinh vật rừng.

Nói chung, chỉ số đa dạng là một công cụ để đo đạc và so sánh sức khỏe của các hệ sinh thái ở những nơi khác nhau; đánh giá sự thay đổi đa dạng sinh vật ở một nơi nào đó theo thời gian. Việc đánh giá có thể giúp xác định những nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi đa dạng sinh vật.

8.4.3. Những số đo đa dạng sinh vật

Theo Magurran (2004), hiện nay có rất nhiều số đo đa dạng sinh vật và chúng ta rất khó quyết định phương pháp nào là phương pháp tốt nhất. Một cách thức để chọn số đo đa dạng sinh vật là kiểm định hiệu lực của phương pháp với số liệu thực tế. Về mặt khoa học, một chỉ số đa dạng tốt phải có khả năng phân loại được các hệ sinh thái và những vị trí khác nhau. Ngoài ra, nó không phụ thuộc vào kích thước ô mẫu và thành phần đa dạng được đo đạc, đồng thời được sử dụng rộng rãi và dễ hiểu.

Trong sinh thái học, đa dạng sinh vật của một khu vực nào đó được xác định thông qua ba số đo hay ba thành phần đa dạng. Một là sự giàu có về loài (Species Richness). Hai là đa dạng về loài (Species Diversity). Ba là tính đồng đều về phân bố độ phong phú hay độ ưu thế của các loài sinh vật (Evenness of Species Abundance). Sự giàu có về loài sinh vật biểu thị số lượng loài sinh vật bắt gặp trong những mẫu đo đếm. Sự giàu có về loài sinh vật chỉ đơn giản cho biết số loài sinh vật của đối tượng nghiên cứu. Sự giàu có về loài sinh vật không tính đến độ phong phú của các loài sinh vật. Hệ sinh thái nào càng nhiều loài sinh vật thì hệ sinh thái đó càng giàu có về loài sinh vật. Mức độ đồng đều về độ phong phú của các loài sinh vật biểu thị phân bố độ phong phú tương đối của các loài sinh vật trong quần xã ở một khu vực nào đó. Sự đồng đều về độ phong phú của các loài sinh vật được tính toán nhằm mục đích so sánh sự tương đồng về độ ưu thế của các loài sinh vật bắt gặp ở một khu vực nào đó.

Đa dạng sinh vật có thể được xác định theo phương pháp tham số và phương pháp phi tham số. Phương pháp tham số đòi hỏi phân bố của các số đo đa dạng tuân theo một quy luật nào đó. Trong thực hành, chúng ta không dễ dàng xác định được phân bố của các số đo đa dạng. Vì thế, phương pháp này ít được sử dụng. Phương pháp phi tham số không đòi hỏi phải biết quy luật phân bố của các số đo đa dạng. Vì thế, phương pháp này thường được sử dụng. Dưới đây chỉ giới thiệu một số số đo đa dạng theo phương pháp phi tham số.

8.4.3.1. Những số đo sự giàu có về loài

Sự giàu có về loài sinh vật biểu thị số loài (S, loài) có trong quần xã sinh vật. Theo Whittaker (1972), sự giàu có về loài cũng có thể được đo bằng chỉ số Margalef (Công thức 8.29) và chỉ số Menhinick (Công thức 8.30). Ở công thức 8.29 và 8.30, S = số loài trong quần xã; N = tổng số cá thể của S loài trong quần xã.

$$I_{\text{Margalef}} = \frac{S - 1}{\ln(N)} \quad (8.29)$$

$$I_{\text{Menhinick}} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (8.30)$$

Hai chỉ số Margalef và Menhinick được sử dụng để so sánh sự giàu có về loài tùy theo vị trí, quần xã, hệ sinh thái và kích thước ô mẫu. Hai chỉ số này đều thay đổi theo kích thước và số lượng ô mẫu. Chỉ số Margalef nhận giá trị nhỏ nhất bằng 0 khi S = 1. Trong

các QXSV rừng tự nhiên nhiệt đới, hai chỉ số này thường nhận giá trị lớn hơn 1. Khi $I = 1$, thì quần xã không giàu có về loài. Khi $I \gg 1$, thì quần xã càng giàu có về loài.

8.4.3.2. Những số đo đa dạng loài sinh vật

Phần này giới thiệu 3 phương pháp đo đa dạng loài sinh vật thông dụng nhất.

(1) *Chỉ số đa dạng của Simpson*. Theo Simpson (1949; Dẫn theo Magurran, 2004), nếu QXSV rất lớn (số cá thể là vô hạn, N_{∞}), thì việc loại bỏ một cá thể của loài nào đó cũng không ảnh hưởng đáng kể đến xác suất bắt gặp loài đó lần thứ 2. Vì thế, xác suất bắt gặp loài i lần thứ nhất là P_i ($P_i = n_i/N$), còn xác suất bắt gặp loài i lần thứ 2 là P_i^2 . Nếu QXSV có dân số nhỏ, thì việc loại bỏ một cá thể của loài nào đó có ảnh hưởng đáng kể đến xác suất bắt gặp loài đó lần thứ 2. Vì thế, xác suất bắt gặp loài i lần thứ nhất là $P_i = n_i/N$, còn xác suất bắt gặp loài i lần thứ 2 là $P_i = (n_i - 1)/(N - 1)$. Trong cả hai trường hợp kể trên, chỉ số Simpson là tổng P_i của tất cả các loài. Nói chung, khi QXSV có nhiều loài và dân số lớn, chỉ số Simpson được xác định theo [công thức 8.31](#). Trái lại, khi QXSV có ít loài và dân số nhỏ, chỉ số Simpson được xác định theo [công thức 8.32](#). Ở [công thức 8.31 và 8.32](#), N = tổng số cá thể của S loài; n_i = số cá thể của loài thứ i . Chỉ số D được tính theo [công thức 8.31 và 8.32](#) còn được gọi tương ứng là chỉ số λ và λ' . Về bản chất, chỉ số đa dạng Simpson bao gồm sự giàu có về loài (S) và độ phong phú của các loài ($P_i = n_i/N$). Vì thế, chỉ số đa dạng Simpson còn được gọi là chỉ số ưu thế của các loài.

$$D_{\text{Simpson}} = \sum_{i=1}^S (n_i/N)^2 = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (8.31)$$

$$D_{\text{Simpson}} = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right) \quad (8.32)$$

Chỉ số Simpson (D) càng nhỏ thì mức độ đa dạng càng cao. Trái lại, chỉ số D càng lớn thì mức độ đa dạng càng thấp. Khi $D = 1$ thì không đa dạng. Vì thế, để logic và dễ hiểu hơn, Gini-Simpson đã biến đổi chỉ số D thành $(1-D)$ và $(1/D)$. Chỉ số $(1-D)$ cũng nhận giá trị từ 0 đến 1. Khác với chỉ số D , nếu $(1-D)$ càng lớn thì tính đa dạng càng cao. Chỉ số nghịch đảo Simpson ($1/D$) là một cách biến đổi khác để khắc phục thiếu sót của chỉ số D . Chỉ số $1/D$ nhận giá trị nhỏ nhất bằng 1. Giá trị $1/D = 1$ cho biết QXSV chỉ có 1 loài. Nếu QXSV có ít loài và một số loài có độ phong phú lớn, thì chỉ số D nhận giá trị nhỏ, còn chỉ số $1/D$ nhận giá trị lớn. Nói chung, khi $1/D$ nhận giá trị càng lớn thì đa dạng loài càng cao. Giá trị $1/D$ lớn nhất bằng số lượng loài có mặt trong khu vực nghiên cứu. Ví dụ: Khi khu vực nghiên cứu có 5 loài, thì $(1/D_{\text{Max}}) = 5$. Trong thực tế, cả ba chỉ số D , $1-D$ và $1/D$ đều có thể được tính toán và báo cáo. Để tính 3 chỉ số này, nhà nghiên cứu cần phải biết số loài (S), số cá thể của từng loài (n_i) và tổng số cá thể của các loài (N). Ngoài ra, để ước lượng chính xác đa dạng loài của các QXSV, nhà nghiên cứu cần phải thu thập nhiều ô mẫu. Nói chung, ba chỉ số này nhận những giá trị khác nhau nhưng cùng phản ánh một mức đa dạng. Vì thế, trong thực hành, nhà nghiên cứu chỉ cần chọn 1 chỉ số nào đó. Khi loài có nhiều cá thể, thì trọng số sẽ lớn. Những loài hiếm gặp thì D ít thay đổi. Nói chung, chỉ số ưu thế Simpson được sử dụng để xác định đa dạng của những QXSV ở một môi trường nhất định (Đa dạng Alpha). Trong sinh thái học và lâm học, ba chỉ số D , $1-D$ và $1/D$ đều có thể được sử dụng để đánh giá tác động môi trường và những hoạt động lâm sinh.

(2) *Chỉ số đa dạng Shannon-Weiner*. Shannon-Weiner (1948-1949; Dẫn theo Magurran, 2004) tính chỉ số đa dạng theo [công thức 8.33](#); trong đó H = chỉ số đa dạng, S = số loài, $P_i = (n_i/N)$, n_i = số cá thể của loài i , N = tổng số cá thể của các loài.

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log(P_i) \quad (8.33)$$

Giá trị của chỉ số H phụ thuộc vào việc sử dụng Logarit cơ số 2, cơ số Neper hay cơ số 10. Trong lý thuyết thông tin, người ta thường sử dụng $\log_{(2)}$. Trong sinh thái học,

người ta thường sử dụng Logarit cơ số Neper và H được kí hiệu là H' . Chỉ số đa dạng Shannon-Weiner là một trong những chỉ số đa dạng được sử dụng rộng rãi nhất. Chỉ số này được sử dụng để so sánh đa dạng giữa những hệ sinh thái khác nhau (Đa dạng Beta) và giữa những cảnh quan khác nhau (Đa dạng Gamma). Theo Magurran (2004), giá trị H' thường nằm trong khoảng (1,5-3,5); ít khi $H' > 4,5$.

(3) *Chỉ số hiếm*. Chỉ số hiếm (IR) được sử dụng để xác định những loài hiếm gặp trong những quần xã sinh vật. Chỉ số IR được xác định theo [công thức 8.34](#); trong đó N = tổng số ô đo đếm, n = tổng số ô bắt gặp loài quan tâm. Giá trị IR thay đổi từ 0-100%. Khi $IR = 78-95\%$, thì loài ít bắt gặp trong QXTV. Khi $IR = 95-97\%$, thì loài rất ít bắt gặp trong QXTV. Khi $IR > 97\%$, thì loài cực kỳ ít bắt gặp trong QXTV.

$$IR = (1 - (n/N)) \times 100 \quad (8.34)$$

8.4.3.3. Những số đo mức độ đồng đều về độ phong phú của các loài

Đa dạng sinh vật phụ thuộc không chỉ vào số loài, mà còn vào phân bố độ phong phú của các loài. Vì thế, để so sánh đa dạng sinh vật giữa các QXSV, các nhà sinh thái học không chỉ sử dụng số loài và chỉ số đa dạng loài, mà còn cả chỉ số đồng đều (Evenness Index). Chỉ số đồng đều đo mức độ đồng về độ phong phú của các loài trong QXSV. Dưới đây giới thiệu một số chỉ số thông dụng được sử dụng để đo phân bố độ phong phú của các loài.

(1) *Chỉ số đồng đều của Pielou*. Pielou (1969; Dẫn theo Magurran, 2004) đề xuất chỉ số đo sự đồng đều về độ phong phú của các loài [theo công thức 8.35](#).

$$J' = H'/H'_{\text{Max}} \quad (8.35)$$

$$H'_{\text{Max}} = -\sum_{i=1}^S (1/S) \times \ln(1/S) = \ln(S)$$

(2) *Chỉ số đồng đều của Simpson*. Simpson (1949; Dẫn theo Magurran, 2004) đã xác định sự đồng đều về độ phong phú của các loài trong QXSV bằng cách chia chỉ số ưu thế cho số loài ([Công thức 8.36](#)).

$$E_{\text{Simpson}} = (D_{\text{Simpson}}/S) \quad (8.36a)$$

$$E_{\text{Simpson}} = (1 - D_{\text{Simpson}})/(1 - D_{\text{SimpsonMax}}) \quad (8.36b)$$

Chỉ số E_{Simpson} phụ thuộc chặt chẽ vào số lượng loài trong QXSV. Vì thế, chỉ số đồng đều của các loài trong QXSV có thể được xác định bằng cách chia chỉ số đa dạng của Simpson ở dạng nghịch đảo cho số loài ([Công thức 8.37](#)).

$$E_{1/D} = (1/D)/S \quad (8.37)$$

(3) *Chỉ số đồng đều của Shannon-Weiner*. Theo Shannon-Weiner (1948, 1949; Dẫn theo Magurran, 2004), khi chỉ số đa dạng H' tiến đến 1, thì phân bố độ phong phú của các loài trong QXSV rất đồng đều. Ngược lại, khi chỉ số đa dạng H' tiến đến 0, thì phân bố độ phong phú của các loài trong QXSV rất không đồng đều. Khi tất cả các loài có độ phong phú bằng nhau (đồng đều), thì $\sum_{i=1}^S P_i = 1/S$ và $H' = \ln(S)$. Vì thế, Shannon-Weiner đã xác định chỉ số đồng đều theo [công thức 8.38](#). Từ [công thức 8.38](#) cho thấy, nếu các loài có độ phong phú bằng nhau, thì $E_{\text{Shannon}} = 1$. Khi độ phong phú của các loài khác nhau (loài hiếm, loài nhiều), thì E_{Shannon} sẽ giảm. Vì thế, giá trị H' của những ô mẫu được so sánh với $H'_{\text{Max}} = 1$. Nếu độ phong phú tập trung rất cao vào một số loài, thì chỉ số H' sẽ tiến đến zero. Nếu đối tượng nghiên cứu chỉ có 1 loài, thì $H' = 0$.

$$E_{\text{Shannon}} = H'/\ln(S) \quad (8.38)$$

(4) *Chỉ số đồng đều của Whittaker*. Whittaker (1972; Dẫn theo Magurran, 2004) xác định số đo sự đồng đều về phân bố độ phong phú của các loài theo [công thức 8.39](#); trong đó S = số loài, N_i = độ phong phú của loài ưu thế cao nhất, N_s = độ phong phú của loài ưu thế thấp nhất.

$$E_w = \frac{S}{\ln(N_i) - \ln(N_s)} \quad (8.39)$$

Để đánh giá tính không thuần nhất về phân bố của các loài sinh vật theo không gian hoặc tính không thuần nhất về môi trường trong những QXSV, Whittaker (1972) đã sử dụng chỉ số đa dạng β (Công thức 8.40); trong đó S là tổng số loài bắt gặp ở đối tượng nghiên cứu, s là số loài bình quân bắt gặp trong một ô mẫu của đối tượng nghiên cứu. Từ công thức 10.40 cho thấy, khi $S = s$, thì chỉ số $\beta = 1$. Điều đó cho biết các loài phân bố đồng đều trong QXSV. Khi chỉ số $\beta \gg 1$ hay $S \gg s$, thì các loài phân bố không đồng đều trong QXSV. Nói cách khác, khi chỉ số $\beta = 1$, thì môi trường trong QXSV là thuần nhất (đồng đều). Khi chỉ số $\beta \gg 1$, thì môi trường trong QXSV là không thuần nhất.

$$\beta - \text{Whittaker} = (S/s) \quad (8.40)$$

8.4.3.4. Phương pháp so sánh và đánh giá đa dạng loài cây gỗ

Xác định phương pháp so sánh và đánh giá đa dạng loài cây gỗ của các QXTV rừng là một vấn đề quan trọng. Về lý thuyết, phương pháp so sánh đa dạng loài cây gỗ của các QXTV rừng là rất đa dạng. Nguyên tắc chung là chọn những phương pháp dễ tính toán và trả lời rõ ràng nhiều câu hỏi đặt ra. Từ nhiều tài liệu tham khảo cho thấy, việc so sánh và đánh giá đa dạng loài cây gỗ của các QXTV rừng được thực hiện theo các bước cơ bản sau đây.

Bước 1. Xác định những đặc trưng thống kê của các thành phần đa dạng theo từng đối tượng nghiên cứu (QXTV rừng). Những đặc trưng thống kê thường được báo cáo là trung bình, nhỏ nhất, lớn nhất, sai tiêu chuẩn, hệ số biến động. Bảng 8.9 dẫn ví dụ báo cáo tóm tắt những chỉ số đa dạng loài cây gỗ đối với ưu hợp Dầu rái trong rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai.

Bảng 8.9. Đặc trưng thống kê đa dạng loài cây gỗ đối với những ưu hợp Dầu rái trong rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Đơn vị tính: 0,25 ha

Thống kê	S	N	d	J'	H'	1- λ'	β -Whittaker
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Số ô mẫu	9	9	9	9	9	9	9
Trung bình	23	162	4,28	0,82	2,56	0,89	2,39
Nhỏ nhất	20	147	3,68	0,70	2,20	0,82	2,16
Lớn nhất	25	178	4,81	0,90	2,80	0,92	2,70
Lớn nhất-Nhỏ nhất	5	31	1,13	0,20	0,60	0,10	0,54
Sai tiêu chuẩn	2,0	12,3	0,39	0,06	0,19	0,03	0,21
CV%	8,7	7,6	9,1	7,7	7,3	3,6	8,7

Nguồn: Đào Thị Thùy Dương, 2019.

Bước 2. Đánh giá đa dạng loài cây gỗ. Theo Magurran (2004), nếu $d_{\text{Margalef}} < 2$, 2-8 và > 8 , thì độ giàu có về loài cây gỗ tương ứng ở mức thấp, trung bình và cao. Đa dạng loài cây gỗ ở mức thấp, trung bình, cao và rất cao tương ứng với $H' < 2$, $H' = 2-3$, $H' = 3-4$ và $H' > 4$. Khi loài nào có chỉ số $1-\lambda'$ càng cao, thì mức độ ưu thế của loài đó càng cao. Giá trị J' dao động từ 0-1. Khi J' càng gần 1, thì độ phong phú của các loài cây gỗ càng đồng đều. Đa dạng β - Whittaker biểu thị biến động thành phần loài theo điều kiện môi trường. Khi chỉ số β của

QXTV rừng nhận giá trị càng gần 1, thì thành phần loài cây gỗ phân bố trong QXTV càng đồng đều hay môi trường của QXTV biến động càng nhỏ. Trái lại, khi chỉ số β của QXTV rừng nhận giá trị càng lớn, thì thành phần loài cây gỗ phân bố càng không đồng đều hay môi trường biến động càng lớn.

Bước 3. So sánh các thành phần đa dạng. Sự khác nhau về ba thành phần đa dạng giữa các đối tượng nghiên cứu (QXTV rừng) có thể so sánh bằng phương pháp phân tích biến động (ANOVA) và hồ sơ đa dạng của Rényi. Phương pháp ANOVA có ưu điểm là dễ tính toán và trả lời kết quả kèm theo độ tin cậy rõ ràng. Phương pháp ANOVA có nhược điểm là phải thực hiện nhiều so sánh và khó chọn được chỉ tiêu để phân loại các QXTV rừng. Mặt khác, do các thành phần đa dạng loài cây gỗ của các QXTV rừng có biên độ biến động (Max-Min) khá rộng và chồng lấp lên nhau, nên phương pháp này phân chia không rõ ràng sự khác nhau về các thành phần đa dạng giữa các QXTV rừng.

Để xác định sự khác biệt về các thành phần đa dạng giữa các QXTV rừng, người ta đề nghị sử dụng hồ sơ đa dạng của Rényi (Công thức 8.41). Ở công thức 8.41, H_α là hồ sơ đa dạng của Rényi; $P_i = (n_i/N)$ với n_i là số cá thể của loài i , N là tổng số cá thể của các loài; α nhận giá trị = 0; 0,25; 0,5; 1; 2, 3,..., ∞ ; S = số loài cây gỗ.

$$H_\alpha = \text{Ln}(\sum_{i=1, s} (P_i^\alpha) / (1 - \alpha)) \quad (8.41)$$

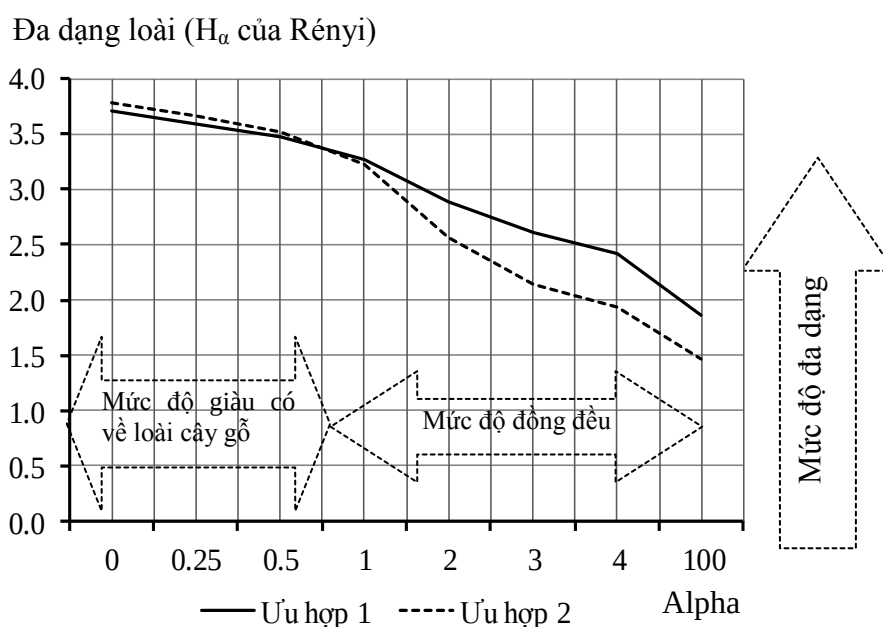
Hồ sơ đa dạng của Rényi có một số tính chất đáng lưu ý. Khi $\alpha = 0$, thì $\exp(H_\alpha) = S$. Khi $\alpha = 1$, thì $H_\alpha = H'$. Khi $\alpha = 2$, thì $H_\alpha = \text{Ln}(1/D_{\text{Simpson}})$. Khi $\alpha = \infty$, thì $H_\infty = -\text{Ln}(1/\text{Berger} - \text{Parker})$ và $1/\exp(H_\infty) = P_{\text{Max}}$ (Tỷ lệ độ phong phú của loài có độ phong phú cao nhất). Lưu ý rằng khi $\alpha = 1$ và $\alpha = \infty$ thì $\text{Ln}(H_\alpha) = 0$. Vì thế, khi tính H' và P_{Max} , giá trị $\alpha = 1$ thay bằng $\alpha = 0,999$, còn $\alpha = \infty$ thay bằng $\alpha \geq 100$.

Hồ sơ đa dạng của Rényi là những đường cong cung cấp các thông tin về ba thành phần đa dạng loài (sự giàu có về loài, sự đồng đều về phân bố độ phong phú của các loài và đa dạng loài). Ưu điểm của hồ sơ đa dạng của Rényi là các đường cong đa dạng biểu thị rõ ràng thứ bậc cao thấp của các QXTV rừng theo mức đa dạng. Mặt khác, một số thành phần đa dạng (S , H' , $1/D_{\text{Simpson}}$, P_{Max}) có thể được xác định từ tính chất của hồ sơ đa dạng. Nhược điểm của hồ sơ đa dạng là nó không cho biết rõ các thành phần đa dạng và độ tin cậy của các kết luận. Nhược điểm này được khắc phục bằng cách tính các đặc trưng thống kê đối với các thành phần đa dạng.

Khi vẽ đường cong đa dạng loài, trục hoành là giá trị α , còn trục tung là hồ sơ đa dạng loài (H_α). Trục hoành bên trái cho biết mức độ giàu có về loài. Trục hoành bên phải cho biết mức độ đồng đều về phân bố độ phong phú của các loài cây gỗ. Sự khác biệt về đa dạng loài cây gỗ giữa hai hay nhiều QXTV rừng được so sánh dựa theo vị trí cao thấp của đường cong hồ sơ đa dạng loài cây gỗ. Theo hồ sơ đa dạng, QXTV rừng nào có vị trí hồ sơ đa dạng cao hơn thì QXTV rừng đó đa dạng hơn. Bảng 8.10 và Hình 8.2 dẫn ví dụ so sánh hồ sơ đa dạng loài cây gỗ đối với hai ưu hợp Dầu rái. Mỗi ưu hợp Dầu rái bao gồm 3 ô tiêu chuẩn 0,25 ha; trong đó số loài cây gỗ của ưu hợp 1 và 2 tương ứng là 41 và 44 loài. Chỉ số đa dạng H' ở ưu hợp 1 và 2 tương ứng là 3,2 và 3,0. Từ số liệu ở Bảng 8.9 cho thấy, đối với ưu hợp 1, khi $\alpha = 0$, thì $\exp(H_0) = \exp(3,714) = 41$ loài. Khi $\alpha = 0,999$, thì $H_1 = 3,26$. Đối với ưu hợp 2, khi $\alpha = 0$, thì $\exp(H_0) = \exp(3,784) = 44$ loài. Khi $\alpha = 0,999$, thì $H_1 = 3,21$. Nếu chỉ căn cứ vào chỉ số H' , thì đa dạng loài cây gỗ của hai ưu hợp Dầu rái này tương tự như nhau. Tuy vậy, phân tích Hình 8.2 cho thấy ưu hợp 2 có số loài cây gỗ lớn hơn so với ưu hợp 1, nhưng phân bố độ phong phú của các loài cây gỗ (Chỉ số đồng đều) và đa dạng loài cây gỗ (Chỉ số đa dạng) lại nhỏ hơn.

Bảng 8.10. Hồ sơ đa dạng loài cây gỗ đối với hai ưu hợp Dầu rái. Mỗi ưu hợp Dầu rái bao gồm 3 ô tiêu chuẩn 0,25 ha.

TT	Giá trị α	Giá trị H_α của hai ưu hợp Dầu rái:	
		Ưu hợp 1	Ưu hợp 2
(1)	(2)	(3)	(4)
1	0	3,714	3,784
2	0,25	3,588	3,660
3	0,5	3,472	3,524
4	0,999	3,265	3,218
5	2	2,890	2,558
6	3	2,606	2,147
7	4	2,416	1,937
8	100	1,865	1,472



Hình 8.2. Đồ thị biểu diễn hồ sơ đa dạng loài cây gỗ của Rényi đối với hai ưu hợp Dầu rái.

8.4.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến đa dạng sinh vật

Đa dạng sinh vật thay đổi tùy theo môi trường. Những nhân tố ảnh hưởng đến đa dạng sinh vật có thể được phân chia thành một số nhóm. Nhóm 1 là những nhân tố biểu hiện trên phạm vi không gian rộng lớn như vị trí địa lý (vĩ độ, kinh độ) và độ sâu của biển và đại dương. Nhóm 2 bao gồm những nhân tố có liên quan đến biến động của khí hậu và địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc). Nhóm 3 là những rối loạn trong môi trường, sự cách ly về địa lý và những khác biệt về thành phần môi trường vô cơ. Nhóm 4 là những nhân tố thuộc về những sinh vật như số lượng loài và khả năng cạnh tranh giữa các loài, sự thay đổi về không gian, cấu trúc và giai đoạn diễn thế của các QXSV. Vì thế, nghiên cứu và giải

thích mối quan hệ giữa đa dạng sinh vật và đa dạng loài cây gỗ với những nhân tố môi trường là mối quan tâm to lớn của các nhà sinh thái học và lâm học.

Đa dạng loài cây gỗ gia tăng theo lượng mưa và độ dài ngày. Đa dạng loài cây gỗ cũng gia tăng theo sản lượng chất khô mà các loài cây gỗ tạo ra trong 1 năm. Đa dạng loài cây gỗ giảm dần theo sự nâng cao dần của độ cao địa hình. Ở các hệ sinh thái rừng trên cạn, đa dạng loài cây gỗ giảm dần từ hệ sinh thái rừng tự nhiên ở địa hình thấp đến hệ sinh thái rừng tự nhiên ở địa hình cao và vĩ độ cao hoặc núi cao.

Đa dạng loài cây gỗ thay đổi theo kiểu rừng. Ví dụ: Số loài cây gỗ bắt gặp trong rừng mưa nhiệt đới ở Malaysia là 227 loài/ha (Richard, 1969). Trái lại, số loài cây gỗ bắt gặp trong rừng lá rộng ở miền Nam Hoa Kỳ là 10-40 loài/ha (Clark, 1976; Dẫn theo Magurran, 2004).

Đa dạng loài cây gỗ còn thay đổi theo các giai đoạn diễn thế rừng. Số loài cây gỗ gia tăng dần từ giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế và đạt cao nhất ở giai đoạn giữa của chuỗi diễn thế; sau đó giảm dần đến giai đoạn rừng cao đỉnh.

8.5. Sự tương tác giữa các loài sinh vật trong quần xã

Khi chung sống cùng nhau trên một môi trường, các loài cây và các sinh vật khác không chỉ tác động qua lại với nhau, mà còn cùng nhau tạo cải biến môi trường phù hợp với sự sống của chúng. Những tác động qua lại giữa các loài cây và các sinh vật khác biểu hiện ở nhiều mặt: cạnh tranh, ký sinh, cộng sinh, hổ sinh...

(1) *Sự cạnh tranh*. Quan hệ này xảy ra khi hai loài sinh vật đều cần một nguồn lợi nhưng nguồn lợi ấy không đủ thỏa mãn cho nhu cầu của chúng. Quan hệ cạnh tranh giữa các loài cây chủ yếu về ánh sáng, độ ẩm và nguồn chất khoáng trong đất và nước. Mối liên hệ này ảnh hưởng đến số lượng cá thể trong các quần thể, sự phân bố lại về mặt địa lý và nơi ở, sự phân hóa về hình thái, sinh trưởng và sinh sản của các loài cây... Cạnh tranh giữa các loài sinh vật bao gồm hai loại: cạnh tranh trong loài và cạnh tranh khác loài. Sự cạnh tranh trong loài là cơ chế giúp cho quần thể loài tránh sự quá đông. Điều này có thể dễ dàng nhận thấy ở đường cong phân bố N/A trong các rừng thuần loài đồng tuổi. Ở thời kỳ đầu, rừng non có thể có hàng ngàn cây, nhưng đến khi thành thực, số lượng của chúng chỉ còn lại vài trăm cây/ha. Sự cạnh tranh giữa các loài hoặc là loại bỏ một loài hoặc hai loài cùng chia nhau nguồn lợi để cùng nhau sống chung trên một lãnh thổ.

Quần thể cây rừng cạnh tranh với nhau khốc liệt nhất về ánh sáng và nước. Vì thế, vấn đề này được các nhà lâm học đặc biệt quan tâm nghiên cứu và tìm cách giải quyết. Nhà lâm học sử dụng nhiều biện pháp khác nhau (tuyển chọn các loài cây có nhu cầu ánh sáng khác nhau; điều chỉnh lại mật độ và sự phân bố của chúng trong không gian đứng và ngang; tỉa cành, bón phân, khai thác cây thành thực và chặt cải thiện trong rừng tự nhiên) đều hướng đến mục đích làm giảm nhẹ quan hệ cạnh tranh giữa các cây rừng.

(2) *Ký sinh-vật chủ*. Đây là mối quan hệ biểu thị loài này sống nhờ vào mô hoặc thức ăn tiêu hóa của loài khác (vật chủ). Quan hệ ký sinh-vật chủ có thể là vật ký sinh dinh dưỡng và chuyên hóa về dinh dưỡng. Ký sinh dinh dưỡng biểu hiện ở chỗ loài ký sinh sống nhờ dinh dưỡng trên vật chủ trong nhiều năm mà không làm cho vật chủ bị chết. Hiện tượng cây tầm gửi sống trên thân và cành cây gỗ là một ví dụ điển hình cho dạng ký sinh dinh dưỡng. Trong quá trình ký sinh, sinh vật ký sinh lấy chất dinh dưỡng từ cây chủ. Trong quan hệ này, vật chủ không được lợi gì. Nếu sinh vật ký sinh quá đông đúc cũng có thể gây ra cái chết cho vật chủ. Để chống lại vật ký sinh, vật chủ có thể có sự thích nghi nhất định như tính miễn dịch của vật chủ. Ký sinh chuyên hóa biểu hiện ở chỗ vật ký sinh chuyên sống trên một vật chủ nhất định và cùng với vật chủ tạo ra môi trường sống đặc

trung cho chúng. Khả năng của sinh vật ký sinh trên vật chủ phụ thuộc vào môi trường bên ngoài và đặc tính sinh học của vật chủ. Ví dụ: Khi vật chủ sống ở điều kiện tốt nhất, thì vật ký sinh có thể có nhưng gây hại không lớn cho vật chủ. Ngược lại, khi gặp điều kiện thuận lợi, thì vật ký sinh phát triển thành dịch và tiêu diệt vật chủ.

(3) *Cộng sinh*. Cộng sinh là mối quan hệ hợp tác và giúp đỡ lẫn nhau trong quá trình cùng chung sống giữa hai loài trên cùng một nơi ở. Trong trường hợp này, hai loài không có cùng nhu cầu dinh dưỡng như nhau. Trong hệ sinh thái rừng, vi sinh vật cố định đạm và rễ nấm sống chung với cây gỗ là biểu hiện rõ nét nhất của quan hệ cộng sinh.

Vi khuẩn nốt sần cộng sinh ở rễ của nhiều loài cây của bộ Đậu có khả năng cố định đạm từ không khí, nhờ đó cây gỗ có thêm đạm. Nấm rễ giúp cây hút dinh dưỡng của đất, nhất là ở đất xấu. Trong lâm nghiệp, nhà lâm học rất quan tâm đến mối quan hệ cộng sinh giữa các loài cây gỗ với vi sinh vật cố định đạm và rễ nấm. Trồng rừng hỗn giao giữa Sao đen và Dầu rái với Keo lá tràm là kết quả ứng dụng mối quan hệ cộng sinh giữa Keo lá tràm với vi sinh vật cố định đạm. Nhờ có mối quan hệ này nên hàm lượng đạm trong đất được tăng cường. Điều đó tạo điều kiện sống tốt cho Sao đen và Dầu rái. Một ví dụ khác là người ta phối hợp trồng cây rừng với một số cây bụi, cây nông nghiệp (đậu xanh, đậu tương, đậu phộng...) có khả năng cộng sinh với vi sinh vật và rễ nấm.

Ngoài những mối quan hệ kể trên còn có quan hệ hội sinh (phụ sinh). Đó là sự hợp tác giữa hai loài sinh vật, một bên có lợi cần thiết, còn bên kia không có lợi cũng không bị hại. Nhiều loài cây sống hội sinh trên thân và cành cây gỗ và coi cây gỗ là chỗ dựa để giữ mình trong quá trình sống mà không lấy chất dinh dưỡng từ cây gỗ. Các loài phong lan sống bám trên thân và cành cây gỗ là một ví dụ điển hình về kiểu sống phụ sinh. Nhưng cũng có quan hệ hội sinh dẫn đến tiêu diệt dần loài thứ hai. Ví dụ: Hiện tượng các loài đa và si bóp nghẹt cây gỗ. Trong trường hợp này, việc xử lý cây bóp nghẹt là cần thiết. Nói chung, các quan hệ sinh học là hết sức phức tạp và đa dạng. Nhà lâm học không dễ dàng phân biệt rõ các quan hệ giữa các loài.

8.6. Dao động của quần xã thực vật

Rừng là một hệ thống động, nghĩa là rừng có sự biến đổi không ngừng trong giới hạn ngày đêm, mùa trong năm và thời kỳ nhiều năm, thậm chí có cả những biến đổi khi chuyển từ thế hệ tuổi này sang thế hệ tuổi khác. Chính vì thế, các nhà sinh thái học và lâm học phân biệt biến động của các QXTV theo ngày đêm, theo mùa và theo thời kỳ nhiều năm.

8.6.1. Dao động của quần xã thực vật theo ngày đêm

Trong vòng một ngày đêm, QXTV có thể xảy ra những biến đổi khác nhau. Ví dụ: Quang hợp và hô hấp, thoát hơi nước, hấp thụ nước và chất khoáng, hấp thụ CO_2 và thải O_2 vào không khí...Nguyên nhân của những biến đổi trên đây là do điều kiện môi trường thay đổi theo ngày đêm. Chính sự thay đổi của QXTV cũng ảnh hưởng đến điều kiện môi trường. Nhịp độ thay đổi của QXTV chỉ biểu hiện rõ ràng khi có sự biến đổi định kỳ của hiện tượng vật hậu học trong quan hệ với sự thay đổi định kỳ của môi trường. Sự nở hoa, thay lá và sắp xếp lá theo ngày đêm là sự thay đổi về vật hậu và hình thái của QXTV. Trong sự thay đổi ngày đêm của QXTV, chúng ta thấy thành phần loài cây và cấu trúc của QXTV về cơ bản không có những biến đổi lớn.

8.6.2. Dao động của quần xã thực vật theo mùa

Những biến đổi của QXTV theo mùa được gọi là sự biến đổi theo thời gian trong năm. Hiện tượng này xảy ra do những thay đổi của sinh cảnh và sự vắng mặt của một số loài có nhịp sống theo mùa. Khi điều kiện thời tiết hàng năm vào các mùa nhất định không có biến đổi lớn, thì sự biến động theo mùa của QXTV sẽ diễn ra đều đặn hàng năm. Nguyên nhân của những biến đổi theo mùa là do sự thay đổi theo mùa của các nhân tố khí hậu, chế độ thủy văn, tác động của con người và động vật. Trong các nguyên nhân này, sự thay đổi của khí hậu ảnh hưởng rõ rệt nhất. Do khí hậu của vùng nhiệt đới thay đổi ít hơn so với vùng ôn đới, nên thực vật ở vùng nhiệt đới cũng thay đổi ít hơn so với thực vật ở vùng ôn đới. Khi quan sát các QXTV vào các mùa khác nhau, chúng ta dễ dàng nhận ra chúng có những thay đổi sau đây: (1) Sự luân phiên giữa sự thay lá, ra hoa, phát tán hạt và ra lá mới; (2) Sự tàn lụi hoặc biến mất của một số loài (đặc biệt là các loài cây thân thảo) trong một vài tầng phiến. Những thay đổi này được gọi là vật hậu của loài cây và QXTV. Để theo dõi sự biến đổi của các loài cây gỗ trong một năm, các nhà thực vật học và lâm học thường lập bảng vật hậu (Bảng 8.11).

Bảng 8.11. Diễn biến vật hậu của một số loài cây gỗ. Nguồn: Lê Văn Ký (1977) và (*)Nguyễn Văn Thềm (1992)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dầu song năng ^(*)	x	x	x	0	0	/	/	/	/	/	/	-
Dầu rái	x	x	0	0	/	/	/	/	-	-	/	/
Sao đen	/	/	-	x	0	/	/	/	/	/	-	/
Keo lá tràm	0	/	/	/	/	/	x	x	x	x	0	0

Ghi chú: (-) = Rụng lá từng phần hoặc toàn bộ; (x) = Mùa sinh sản (hoa, quả non);
(0) = Trái chín và rụng; (/) = Mùa sinh trưởng.

Bảng vật hậu được ghi chép tỷ mỉ mang lại nhiều ý nghĩa khác nhau. Trước hết, bảng vật hậu cho ta một bức tranh đầy đủ về tính chất không đồng nhất của hệ thực vật, sự tham gia của các loài cây theo mùa, thời kỳ bắt đầu và kết thúc pha sinh trưởng và sinh sản (nụ hoa, hoa nở, hoa tàn, quả non và già, quả rụng và nảy mầm), sự đồng nhất hay không đồng nhất của thành phần dạng sống... Mặt khác, các pha vật hậu xảy ra thường có mối liên hệ chặt chẽ với sự thay đổi của khí hậu và đất. Vì vậy, nếu theo dõi được mối liên hệ này trong nhiều năm, chúng ta sẽ nhận được tài liệu về sự thay đổi vật hậu của các loài cây gỗ theo các điều kiện khí hậu và các nhân tố khác, sự lặp lại các pha vật hậu có theo chu kỳ hay không. Bảng vật hậu còn là tài liệu giúp cho các nhà lâm học bố trí thời gian thu hái hạt giống, trồng rừng và khai thác rừng có hiệu quả...

Sự thay đổi của các QXTV theo mùa còn biểu hiện ở sự thay đổi cấu trúc của chúng. Theo đó, chúng ta có thể phân biệt ba nhóm cây có tính ổn định cấu trúc theo mùa: (1) Nhóm cây có các cơ quan trên đất sống lâu năm (cây gỗ lớn và cây bụi); (2) Nhóm cây rụng lá theo mùa; (3) Nhóm cây dao động theo mùa. Theo các mùa, thành phần cây gỗ thay đổi không lớn, trừ khi chúng đang sống ở giai đoạn cây mầm, cây mạ và cây con. Ngược lại, các loài cây thân thảo có thể biến mất vào một thời gian nhất định trong năm. Khi thời tiết thuận lợi, chúng lại xuất hiện. Vì có sự dao động của các loài cây theo mùa, nên tương quan số lượng của các loài cây và các cơ quan của chúng cũng thay đổi theo mùa. Điều đó có thể làm cho vai trò của một số loài cây trong QXTV cũng thay đổi theo mùa. Đến lượt mình, các thay đổi này lại kéo theo sự thay đổi của các điều kiện môi trường.

8.6.3. Dao động của quần xã thực vật theo các năm khác nhau

8.6.3.1. Những nguyên nhân phát sinh dao động

Sự dao động của các QXTV theo các năm khác nhau là do một số nguyên nhân cơ bản dưới đây.

- (1) Sự thay đổi thời tiết và chế độ thủy văn theo thời kỳ nhiều năm.
- (2) Sự tác động của con người đến QXTV theo định kỳ. Ví dụ: (a) Khai thác rừng theo luân kỳ 15 năm; (b) Sự bùng nổ dân số của các sinh vật ăn thực vật...
- (3) Những thay đổi về khí hậu và hoạt động của con người không chỉ ảnh hưởng đến sự thay đổi của QXTV, mà còn cả các nhân tố khác của môi trường. Tổng hợp những thay đổi này lại gây ra sự thay đổi của QXTV.

Căn cứ vào những nguyên nhân phát sinh dao động của QXTV, người ta phân biệt các kiểu dao động sau đây: (1) Kiểu dao động do nguyên nhân sinh thái cảnh mà trực tiếp có liên hệ với sự thay đổi của khí hậu, đất, nước...; (2) Kiểu dao động do tác động của con người; (3) Kiểu dao động do hoạt động của động vật; (4) Kiểu dao động do đặc tính sinh học của các loài. Trong những kiểu dao động trên đây, kiểu dao động do ảnh hưởng của khí hậu biểu hiện rõ ràng nhất.

8.6.3.2. Cơ chế dao động của quần xã thực vật

Trải qua quá trình tiến hóa lâu dài, các QXTV đã chọn lọc được môi trường sống cho chúng. Điều đó xác định tính ổn định của QXTV với môi trường. Ở các QXTV, các kiểu dao động đều có liên hệ với sự biến động vô hướng hoặc có hướng của các điều kiện môi trường. Tương ứng với sự thay đổi của các điều kiện môi trường, các QXTV cũng xảy ra sự dao động vô hướng hoặc có hướng. Ví dụ: Sự thay thế năm khô hạn bằng năm có lượng mưa lớn sẽ làm thay đổi hoạt động sống của các QXTV. Để nhận biết các dao động này, chúng ta có thể so sánh mật độ, sinh trưởng và phát triển của QXTV theo các năm khác nhau với giá trị trung bình nhiều năm. Vào những năm có thời tiết không thuận lợi, các loài cây có thể chuyển vào trạng thái sinh trưởng và phát triển kém. Ngược lại, vào những năm có thời tiết thuận lợi, các loài cây sinh trưởng và phát triển với nhịp độ nhanh hơn. Sự phản ứng của QXTV đối với những thay đổi của môi trường diễn ra như thế, các nhà sinh thái thực vật và lâm học gọi là sự biến đổi tương đồng giữa hoạt động sống của QXTV và môi trường. Điều đó có nghĩa là sự thăng giáng của các nhân tố môi trường qua các năm so với giá trị bình quân nhiều năm sẽ kéo theo sự thăng giáng về nhịp sống của các loài cây. Trong số các nhân tố chi phối đến nhịp sống của thực vật, khí hậu thay đổi có ý nghĩa lớn nhất, bởi vì những nhân tố sinh thái khác luôn phụ thuộc vào khí hậu. Như vậy, chúng ta có thể xem sinh trưởng, mật độ và sản lượng của rừng là một hàm số của nhiều nhân tố môi trường thường xuyên thay đổi. Ví dụ: Theo Nguyễn Văn Nhân (2018), nhiệt độ không khí nâng cao vào các tháng 1-10 dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (*Keteleeria evelyniana* Masters). Trái lại, sự gia tăng nhiệt độ không khí vào tháng 11 và 12 lại dẫn đến sự nâng cao tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

8.6.3.3. Ý nghĩa nghiên cứu sự dao động của quần xã thực vật rừng

Nghiên cứu sự dao động của các loài cây gỗ và rừng trong quan hệ với sự dao động của các nhân tố môi trường mang lại nhiều ý nghĩa khác nhau. Trước hết, những thay đổi lớn xảy ra ở rừng (sự thay thế loài cây gỗ ưu thế, sự thay đổi cấu trúc và sản lượng gỗ)

giúp cho nhà lâm học nhận ra sự thay thế QXTV rừng này bằng QXTV rừng khác. Hiện tượng này được gọi là diễn thế của các QXTV rừng. Nhưng giữa sự dao động và diễn thế (Xem chương 11) có sự khác nhau. Trong dao động của QXTV rừng, thành phần hệ thực vật là ổn định, nghĩa là không có hoặc định kỳ có sự xâm nhập của các loài mới vào QXTV rừng, nhưng chỉ diễn ra trong thời gian ngắn. Ngoài ra, mặc dù có những biến đổi sâu sắc xảy ra trong các QXTV rừng, nhưng tình hình này kéo dài không lâu. Sau khi ngừng tác động từ bên ngoài, các QXTV rừng lại quay trở về trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu. Thời gian kể từ khi QXTV rừng bị biến đổi phục hồi lại trạng thái ban đầu như trước khi bị biến đổi là một chu kỳ sinh thái. Trái lại, trong diễn thế, QXTV rừng này bị thay thế bởi QXTV rừng khác.

Tóm lại, sự dao động của các QXTV rừng là những biến đổi vô hướng hoặc những biến đổi có chu kỳ từ năm này đến năm khác do những thay đổi của môi trường. Khi ngừng các tác động này, các QXTV rừng lại quay trở về trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu. Khác với dao động, diễn thế của các QXTV rừng luôn luôn diễn ra theo một hướng biến đổi nhất định, đồng thời kèm theo sự thay đổi sâu sắc về các thành phần của QXTV rừng và môi trường. Do kết quả xâm nhập của các loài cây mới vào QXTV rừng, nên diễn thế rừng không quay trở về trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu. Tuy nhiên, trong một vài trường hợp chúng ta rất khó phân biệt chính xác ranh giới giữa diễn thế với dao động của QXTV. Ví dụ: Một khu rừng bị khai thác trắng. Tiếp theo trên khu đất này xuất hiện nhiều loài cây mới. Nếu dừng lại ở thời điểm này, chúng ta có thể nhận định sự diễn thế của các QXTV đã xảy ra. Nhưng khi quan sát lâu dài, chúng ta nhận thấy QXTV ở cuối giai đoạn diễn thế giống với QXTV trước lúc đưa vào khai thác. Nếu dừng ở thời điểm này, chúng ta có thể nhận định QXTV chỉ bị dao động mà không phải là diễn thế. Từ ví dụ trên đây cho thấy không có một ranh giới thật rõ ràng giữa sự dao động và diễn thế của QXTV. Để phân biệt chính xác hai quá trình này, chúng ta phải quan sát và phân tích các QXTV trong một thời gian rất dài. Điều này là một khó khăn lớn cho các nhà lâm học. Để hạn chế các khó khăn này và tránh sự tranh luận không cần thiết, người ta quy ước phân biệt giữa diễn thế của rừng với dao động của rừng dựa theo nhân tố thời gian. Thời gian để phân biệt sự dao động và diễn thế của rừng được nhiều nhà sinh thái học đề nghị là 11 năm. Đây là một chu kỳ ngắn trong hoạt động của mặt trời. Nếu sự thay đổi của rừng chỉ diễn ra trong khoảng thời gian nhỏ hơn 11 năm, thì người ta gọi quá trình này là sự dao động của rừng. Ngược lại, nếu sự thay đổi của rừng diễn ra với thời gian dài hơn 11 năm, thì người ta gọi quá trình này là sự diễn thế của rừng.

Những thông tin về sự dao động và diễn thế của các loài cây gỗ và rừng là cơ sở khoa học cho phân loại rừng, định hướng các phương thức lâm sinh (khai thác và tái sinh rừng, trồng rừng và nuôi dưỡng rừng...), dự báo khí hậu - thời tiết, dự báo sự phát triển và gây hại của sâu bệnh hại rừng...

8.7. Ý nghĩa của sinh thái quần xã cây gỗ trong lâm học

Kiến thức về sinh thái quần xã mang lại nhiều ý nghĩa khác nhau.

(1) Điều khiển rừng đạt đến mục tiêu kinh doanh. Để đạt tới mục tiêu kinh doanh, nhà lâm học cần phải hiểu được cấu trúc và chức năng của rừng. Điều này đòi hỏi phải nghiên cứu các mối quan hệ giữa các thành phần của rừng với môi trường vô cơ của chúng.

(2) Ở [chương 3](#), chúng ta đã xem xét các thành phần sinh vật trong hệ sinh thái. Mặc dù vậy, nếu chỉ dựa trên một vài thông tin đó chưa thể điều khiển được rừng. Trong sinh thái rừng, nhà lâm học còn phải giải quyết một loạt vấn đề khác: (1) Phân loại rừng; (2) Phân tích quá trình diễn thế rừng; (3) Xác định tính ổn định của rừng dưới ảnh hưởng

của tự nhiên và con người; (4) Xác định sự tương tác giữa các loài cây gỗ...Để giải quyết được những vấn đề đó, nhà lâm học cần phải có những kiến thức của sinh thái quần xã.

(3) Những kiến thức về các phổ dạng sống, kết cấu loài cây gỗ, sự phân bố của các lớp cây gỗ theo không gian và thời gian, độ che phủ của lớp cây gỗ, các chỉ số phong phú về loài cây gỗ, sự hình thành các trạng thái khảm, sự dao động của rừng và nhiều vấn đề khác giúp cho nhà lâm học phân loại các kiểu QXTV và các kiểu rừng. Phân loại rừng là phân chia rừng thành các kiểu rừng khác nhau. Điều này có thể được giải quyết bằng nhiều cách khác nhau, nhưng có một cách dễ dàng hơn cả là dựa vào các QXTV rừng. Sự phát triển của hệ thống phân loại rừng dựa trên QXTV rừng thường kéo theo sự nhận biết các loài cây gỗ và phân bố của chúng theo những biến động của môi trường. Nếu bỏ qua kiến thức về sinh thái quần xã, thì nhà lâm học không thể xây dựng được một hệ thống phân loại rừng tốt.

(4) Những kiến thức về sự phân bố của các loài cây gỗ theo những biến động của môi trường còn cho phép nhà lâm học dự báo quan hệ giữa các loài cây gỗ với lập địa; đánh giá khả năng tạo ra sản lượng gỗ của lập địa; xác định chu kỳ dao động của các loài cây gỗ và rừng; xác định các phương thức lâm sinh (trồng và nuôi rừng, khai thác rừng).

(5) Những kiến thức về sự tương tác qua lại giữa các loài cây gỗ với những sinh vật khác cho phép nhà lâm học chọn lựa phương thức trồng rừng và nuôi rừng, cải thiện lập địa, phòng chống sâu bệnh hại rừng, phòng trừ cỏ dại...

(6) Một trong những kết quả nghiên cứu của sinh thái quần xã là cho biết sự thích nghi sinh thái của các loài cây gỗ đối với các điều kiện môi trường. Kiến thức này được nhà lâm học vận dụng để xác định phạm vi địa lý mà các loài cây gỗ có thể tồn tại và sinh trưởng tốt, đồng thời tìm kiếm khả năng mở rộng khu phân bố của chúng.

(7) Trong các hoạt động lâm sinh, nhà lâm học còn tác động vào rừng thông qua khai thác lâm sản và xử lý lập địa bằng cách cày xới, tưới nước, bón phân...Khai thác rừng có thể làm biến đổi ít nhiều môi trường sống của rừng. Những biến đổi này có thể có lợi cho các loài cây gỗ và nâng cao sản lượng rừng, nhưng cũng có thể có hại cho rừng. Do đó, kiến thức về sinh thái quần xã giúp cho nhà lâm học đưa ra những quyết định hợp lý.

(8) Ngày nay kinh doanh rừng không chỉ chú ý đến tài nguyên gỗ mà còn quan tâm đến nhiều giá trị khác của rừng như giá trị thẩm mỹ, giá trị văn hóa - xã hội, giá trị nghỉ ngơi. Các giá trị này chỉ được bảo vệ và khai thác hợp lý trên cơ sở hiểu rõ sinh thái quần xã.

8.8. Tóm tắt chương 8

Bất kỳ sinh vật nào cũng có hai môi trường sống cơ bản: môi trường vô cơ và môi trường hữu cơ. Hai thành phần này luôn có sự tương tác qua lại với nhau và cùng nhau ấn định sự dao động và vùng phân bố của các loài cây gỗ. Rừng có ba số đo về cấu trúc; trong đó hai số đo về cấu trúc theo chiều đứng và ngang, một số đo về sự biến đổi theo thời gian. Rừng cũng có những dao động không ngừng theo ngày đêm, theo mùa và năm. Quần thể loài và quần xã cây gỗ phân bố theo sự biến đổi của môi trường. Điều này có quan hệ với sự thích nghi sinh thái của các loài cây gỗ. Đến lượt mình, sự thích nghi sinh thái lại ấn định nhu cầu và khả năng chịu đựng của các loài cây gỗ đối với môi trường. Sinh thái học quần xã có ý nghĩa rất lớn trong kinh doanh rừng. Điều đó thể hiện ở chỗ muốn điều khiển được rừng, phân loại rừng, quản lý và sử dụng hợp lý các nguồn tài nguyên rừng, nhà lâm học cần phải biết sự thích nghi của các loài cây gỗ với môi trường.

Câu hỏi chương 8

- (1) Phân biệt quần xã thực vật và quần xã cây gỗ?
- (2) Phân biệt quần hợp cây gỗ, ưu hợp cây gỗ, xã hợp cây gỗ?
- (3) Quần xã cây gỗ có những đặc trưng gì?
- (4) Phân biệt diễn thế và dao động của quần xã thực vật? Những kiến thức về sự dao động của quần xã thực vật giúp ích gì cho kinh doanh rừng?
- (5) Những kiến thức về sự thích nghi sinh thái của loài cây gỗ giúp ích gì cho kinh doanh rừng?
- (6) Tại sao khi kinh doanh rừng nhiệt đới, nhà lâm nghiệp chỉ chọn và giữ lại một số loài cây gỗ hợp với mục tiêu kinh doanh?
- (7) Tại sao nói kinh doanh rừng nhiệt đới đối lập với mục tiêu bảo tồn đa dạng sinh vật?

Chương 9

DIỄN THỂ SINH THÁI

9.1. Mở đầu

Sự biến đổi theo thời gian là một trong những đặc tính của các hệ sinh thái. Các cá thể sinh vật biến đổi theo những giai đoạn khác nhau của chu kỳ sống, còn những đặc tính của hệ sinh thái thay đổi theo thời gian. Theo dõi các hệ sinh thái rừng, chúng ta có thể nhận ra ba kiểu biến đổi cơ bản.

Một là những biến đổi lâu dài trong môi trường vật lý. Ví dụ: Sự biến đổi của khí hậu, sự phát triển của đất. Kiểu biến đổi này thường diễn ra chậm chạp, kéo dài hàng chục hay hàng trăm năm và hơn nữa. Do đó, chúng ta rất khó theo dõi sự thay đổi của chúng chỉ trong một đời người. Nhưng đôi khi môi trường vật lý thay đổi nhanh chóng trong một vài chục năm hoặc trong vòng một thế kỷ. Ví dụ: Xói mòn đất, sự nâng cao các bãi bồi ven sông, hồ và biển. Kết quả của những biến đổi này dẫn đến sự thay thế các QXSV trên các môi trường này. Những biến đổi của khí hậu xảy ra trong thời gian ngắn thường không tạo ra những thay đổi căn bản của QXSV.

Hai là những biến đổi về cấu trúc di truyền của sinh vật do kết quả của chọn lọc tự nhiên. Sự chọn lọc tự nhiên là sự biến đổi ổn định về cấu trúc di truyền của các quần thể sinh vật bằng cách làm tăng sự phù hợp di truyền của chúng. Kiểu biến đổi này được gọi là sự tiến hóa của sinh vật. Những biến đổi này có thể diễn ra nhanh để thích ứng với sự thay đổi của môi trường hoặc áp lực của sự chọn lọc sinh học. Kiểu biến đổi này cũng có thể diễn ra trong thời gian dài để phản ứng với sự thay đổi của khí hậu, đất và sinh vật khác.

Ba là những biến đổi của các thành viên và các nhóm cá thể trong QXSV nhằm chiếm giữ những nơi ở nhất định. Sự biến đổi này cũng kéo theo sự biến đổi của môi trường vật lý. Kiểu biến đổi này xuất hiện không chỉ trong môi trường vật lý mới được hình thành hay môi trường vật lý chưa có sinh vật nào định cư, mà còn cả môi trường đã từng có sinh vật cư trú. Những biến đổi của các sinh vật kéo theo sự biến đổi của môi trường vật lý (tiểu khí hậu, đất), nhưng đôi khi lại thấy sự biến đổi của môi trường vật lý kéo theo sự biến đổi của các sinh vật.

Quá trình biến đổi của hệ sinh thái diễn ra sau khi môi trường bị biến đổi là diễn thể sinh thái. Quá trình biến đổi của rừng diễn ra sau khi môi trường bị biến đổi là diễn thể rừng.

9.2. Những thuật ngữ và khái niệm trong diễn thể sinh thái

(1) Diễn thể sinh thái. Thuật ngữ diễn thể sinh thái được sử dụng theo hai cách hiểu. Một là nó biểu thị một chuỗi các QXSV (thực vật, động vật và vi sinh vật) định cư kế tiếp nhau trên một khoảnh đất nhất định theo thời gian. Hai là nó biểu thị những quá trình biến đổi mà theo đó các QXSV thay thế lẫn nhau trên môi trường vật lý (khí hậu, đất) thay đổi theo thời gian. Khi thuật ngữ diễn thể sinh thái được dùng theo cách hiểu thứ hai, thì sản phẩm của diễn thể được gọi là một chuỗi diễn thể đưa đến cao đỉnh. Quần xã cao đỉnh là QXSV ở vào giai đoạn cuối cùng của chuỗi diễn thể, tương đối ổn định và có khả năng tự thay thế qua nhiều thế hệ. Quần xã thực vật cao đỉnh là QXTV ở vào giai đoạn cuối cùng của chuỗi diễn thể, tương đối ổn định và có khả năng tự thay thế qua nhiều thế hệ. Những QXSV khác nhau cùng tạo nên một chuỗi diễn thể được gọi là các giai đoạn diễn

thế (Hình 9.1). Nói chung, diễn thế biểu thị quá trình biến đổi, còn chuỗi diễn thế đưa đến cao đỉnh biểu thị sản phẩm của diễn thế.

(2) Các kiểu diễn thế. Diễn thế sinh thái bao gồm hai kiểu: diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh.

(2.1) Diễn thế nguyên sinh. Kiểu diễn thế này bắt đầu xảy ra khi QXSV phát sinh trên các môi trường trước kia chưa từng có sinh vật nào định cư. Ví dụ: Các môi trường hình thành sau hoạt động của núi lửa; các bãi bồi ven sông, hồ và biển; các đất hình thành do sự nâng cao của địa hình; các đất hình thành do sự hạ thấp mực nước sông, hồ và biển; các đất lộ ra do xói mòn; các môi trường hình thành từ chất thải công nghiệp...Chúng đều là môi trường cho sự phát sinh QXSV nguyên sinh (quần xã sinh vật khởi đầu, tiên phong).

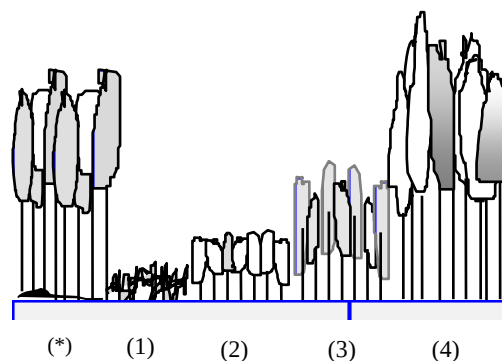
Tóm lại, diễn thế nguyên sinh hình thành trên các môi trường có sự khác nhau về tính chất vật lý và thành phần hóa học; trong đó các môi trường chưa hề có sự sống hoặc chưa lâm vào một tác động nào của giới sinh vật. Diễn thế sinh thái xuất hiện trong mọi môi trường trên trái đất, mặc dù mỗi nơi có sự biến đổi khác nhau.

Theo Clements (1916), diễn thế nguyên sinh có thể được phân biệt thành hai chuỗi. Chuỗi thứ nhất là diễn thế trên cạn; trong đó bao gồm diễn thế trên nền đá và diễn thế trên nền cát. Chuỗi thứ hai là diễn thế trên môi trường ẩm và ướt. Môi trường ẩm và ướt có thể có sự khác nhau về trạng thái dinh dưỡng. Theo đó, diễn thế sinh thái trên môi trường ẩm và ướt được phân biệt thành diễn thế trên môi trường nghèo dinh dưỡng, diễn thế trên môi trường trung dinh dưỡng và diễn thế trên môi trường giàu dinh dưỡng.

Một ví dụ điển hình về quá trình diễn thế nguyên sinh là sự hình thành thảm thực vật trên các bãi bồi ven biển. Theo Thái Văn Trùng (1999), quá trình diễn thế của thảm thực vật trên các bãi bồi ven biển ở nước ta có thể diễn ra qua 4 giai đoạn (Hình 9.2).

Giai đoạn 1. Giai đoạn tiên phong trên đất mới bồi tụ. Ở giai đoạn này, loài cây đến định cư đầu tiên thường là Mắm đen (*Avicennia marina* var. *alba*), Mắm trắng (*Avicennia marina* var. *intermedia*). Ở cửa sông, nơi nước lợ gặp loài Mắm lưỡi đồng (*Avicennia officinalis*).

Giai đoạn 2. Giai đoạn hỗn hợp trên đất hơi chặt đến chặt. Khi những loài cây ở giai đoạn tiên phong định cư được một số năm, đất dần dần trở nên cứng hơn. Đây là cơ hội thuận lợi cho một số loài cây như Đàng (*Rhizophora conjugata*), Đước xanh (*Rhizophora mucronata*), Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*) đến định cư. Hai loài Đàng (Đước bộp) và Đước xanh ưa thích loại đất mềm và sâu, còn Vẹt tách lại mọc tốt ở đất bùn hơi chặt. Những vùng đất nằm sâu hơn trong đất liền, nơi có nước đọng là môi trường thuận lợi cho loài Dà vôi (*Ceriops candolleana*) sinh sống. Những loài cây gỗ này thường hình thành các quần thụ thuần loài tương đối đồng tuổi, chiều cao đạt tới 20-25m.



Hình 9.1. Sơ đồ biểu diễn một chuỗi diễn thế của rừng thứ sinh.

(*) Quần xã trước khi bị rối loạn;
1-4: Các giai đoạn diễn thế kế tiếp nhau

Giai đoạn 3. Giai đoạn Vẹt dù, Cóc trắng, Giá... Đây là giai đoạn quá độ trước khi rừng ngập mặn bị thay thế bởi rừng Tràm (*Melaleuca leucadendra*) phân bố trên đất phèn than bùn. Ở giai đoạn này có thể thấy xuất hiện các loài cây thân thấp với tán lá thưa như Vẹt dù (*Bruguiera gymnorhiza*), Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa*), Cóc đỏ (*Lumnitzera coccinea*), Giá (*Excoecaria agallocha*) và Cỏ ráng (*Acrostichum aureum*). Trên những đất phân bố ven kênh và rạch, nơi mà nước đã chuyển từ mặn thành lợ thấy xuất hiện các loài cây như Bần chua (*Sonneratia caseolaris*), Bần ổi (*S. alba*), Bần đắng (*S. griffithii*)... Khi nước lợ dần thì loài Dừa nước (*Nipa fruticans*) và Ô rô (*Acanthus ilicifolius*) đến định cư.

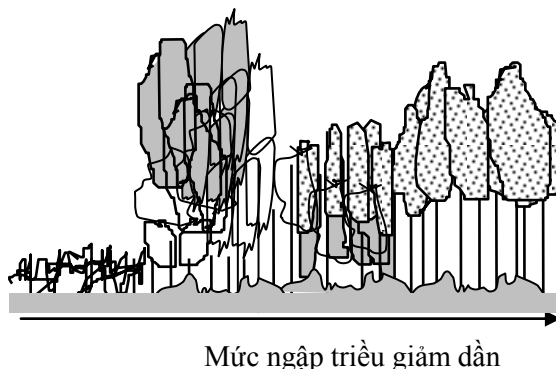
Giai đoạn 4. Giai đoạn diễn thế cuối cùng. Khi điều kiện môi trường đất không còn bị ngập nước mặn thường xuyên, nước trở nên ngọt dần và đất có chứa nhiều than bùn và chua phèn, thì rừng ngập mặn được thay thế hoàn toàn bằng rừng Tràm.

(2.2) **Diễn thế thứ sinh.** Kiểu diễn thế này xảy ra ở những nơi mà QXSV trước đó đã bị phá hủy do tác động của các nhân tố bên ngoài và ở nơi ấy phát sinh QXSV mới. Ví dụ: Diễn thế rừng sau khi rừng bị khai thác trắng; Diễn thế rừng sau khi làm nương rẫy; Diễn thế rừng sau khi có lửa tràn qua... Khác với diễn thế nguyên sinh, diễn thế thứ sinh bắt đầu xảy ra ở những nơi mà điều kiện đất đã được hình thành, đất có nhiều vi sinh vật và động vật nhỏ, các mầm sống của thực vật (hạt giống) và các cơ quan dưới đất (gốc và rễ) đang sống ở trạng thái tiềm ẩn. Vì thế, diễn thế thứ sinh luôn luôn tiến triển nhanh hơn so với diễn thế nguyên sinh. Sự phát triển nhanh của diễn thế thứ sinh không chỉ là do môi trường đất thuận lợi cho sự định cư của nhiều loài sinh vật, mà còn vì nhiều loài sinh vật phát sinh trên những môi trường này đã trải qua quá trình chọn lọc tự nhiên lâu dài. Chính nhờ những điều kiện đó mà các loài sinh vật nhanh chóng chiếm đoạt được môi trường sống tự do.

(3) Nguyên nhân diễn thế. Nguyên nhân diễn thế biểu thị những nhân tố ảnh hưởng đến diễn thế sinh thái. Dựa theo nguyên nhân gây ra diễn thế của các QXSV, chúng ta có thể phân biệt ba kiểu diễn thế chủ yếu: diễn thế tự sinh hay nội sinh, diễn thế ngoại sinh hay diễn thế do nguyên nhân bên ngoài và diễn thế sinh học.

(a) Diễn thế tự sinh là quá trình thay thế QXSV này bằng QXSV khác dưới ảnh hưởng của sự biến đổi môi trường vật lý được tạo ra bởi chính các QXSV định cư trước đó. Ví dụ: Sự định cư của QXTV trên môi trường ướt đã tạo ra lớp vật rụng và xác chết làm cho môi trường này trở thành ẩm hoặc khô. Kết quả dẫn đến QXTV này không thể tiếp tục sống được trên môi trường này mà phải nhường lại nơi ở cho một QXTV khác.

(b) Diễn thế ngoại sinh là quá trình thay thế QXSV này bằng QXSV khác dưới ảnh hưởng của những nhân tố bên ngoài thay đổi. Ví dụ: Sự thay đổi của khí hậu và những biến động về địa chất (động đất, sự nâng cao đáy sông do sản phẩm xói mòn từ trên cao) làm cho QXSV này biến mất nhưng lại tạo cơ hội cho QXSV khác định cư.



Mức ngập triều giảm dần

Thành phần loài cây trong các giai đoạn diễn thế:			
1	2	3	4
Mắm đen Mắm trắng Mắm lười đồng	Đang Đước xanh Vẹt tách Dà vôi...	Vẹt dù Cóc trắng Giá Bần chua Bần đắng Dừa nước	Tràm Cỏ ồng...

Hình 9.2. Chuỗi diễn thế trên các bãi bồi ven biển.

(c) Diễn thế sinh học là quá trình thay thế QXSV này bằng QXSV khác dưới ảnh hưởng của sự tương tác giữa nhiều sinh vật khác nhau phối hợp cùng với diễn thế tự sinh và diễn thế ngoại sinh trở thành tác nhân của diễn thế. Ví dụ: Bên cạnh các nhân tố nội sinh và ngoại sinh còn có sự can thiệp của một nhóm sinh vật dị dưỡng khác (Chẳng hạn: Côn trùng ăn lá) mà trước đó không thuộc thành viên của QXSV này. Một ví dụ khác là sự xâm chiếm của các loài cây gỗ chịu bóng với đời sống dài dưới tán các loài cây gỗ ưa sáng. Kết quả làm cho QXTV ưa sáng không thể tiếp tục tự tái sinh dưới tán của mình và tán của các loài cây chịu bóng. Vì thế, các loài cây gỗ ưa sáng phải nhường lại nơi ở cho các loài cây gỗ chịu bóng.

(4) Quần xã cao đỉnh. Mặc dù sự biến đổi về kết cấu loài và cấu trúc của các QXSV theo thời gian là một đặc tính cơ bản của hệ sinh thái, nhưng giữa các giai đoạn của chuỗi diễn thế có tốc độ biến đổi rất khác nhau. Những QXSV ở vào giai đoạn phát triển cao có biến đổi với tốc độ rất chậm hoặc kết cấu loài tồn tại khá ổn định suốt một thời gian dài. Những QXSV có những đặc trưng biến đổi rất chậm như thế được gọi là những QXSV cao đỉnh (QXSV Climax). Bởi vì hệ thực vật là thành phần ưu thế của QXSV, nên quần xã cao đỉnh có thể được nhận biết thông qua ngoại mạo (hình dáng bên ngoài), kết cấu loài và cấu trúc của QXTV. Thuật ngữ QXSV cao đỉnh cũng được sử dụng để biểu thị cho các quần hệ thực vật, các QXTV và các Biome. Quần hệ thực vật là các quần xã thực vật trong một khu vực nhất định có dạng sống và tập tính tương tự nhau. Ví dụ: Quần hệ cây gỗ, quần hệ cây bụi và quần hệ cây thân thảo trong một thảm thực vật ở vành đai nhiệt đới. Biome (Sinh hợp quần) là những quần hệ thực vật cùng chung sống với hệ động vật và vi sinh vật đặc trưng cho nó và một đới sống có một chuỗi đặc trưng về các điều kiện khí hậu miền và đất.

Nói chung, hầu hết các thuật ngữ diễn thế trên đây đều biểu thị sự phát triển của hệ sinh thái theo hướng tiến về một điều kiện cao đỉnh. Trái lại, các QXSV ở các giai đoạn sau của chuỗi diễn thế lại biến đổi theo hướng quay về các giai đoạn trước của chuỗi diễn thế được gọi là diễn thế thoái biến. Nguyên nhân của diễn thế thoái biến là do những rối loạn (lửa, động đất, khai thác rừng, làm nương rẫy, trồng trọt...) làm cho điều kiện của hệ sinh thái quay trở lại các giai đoạn phát triển trước đó. Ví dụ: Lửa thiêu hủy QXTV cao đỉnh và dẫn đến sự phát sinh một số QXTV thứ sinh tùy theo mức độ khốc liệt của lửa. Diễn thế phục hồi là sự biến đổi của rừng sau khi bị rối loạn theo hướng tiến về trạng thái ổn định về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và đặc tính của đất giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh. Ví dụ: Sau khi bị khai thác với cường độ cao, rừng nguyên sinh bị suy thoái. Sau khi ngừng tác động, rừng nguyên sinh bị suy thoái từng bước phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và đặc tính của đất giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh.

Thuật ngữ diễn thế đã được sử dụng rộng rãi trong các tài liệu sinh thái học. Lý thuyết về sự biến đổi của hệ sinh thái cho rằng diễn thế sinh thái biểu thị các kiểu biến đổi phức tạp, còn động thái của hệ sinh thái biểu thị sự biến đổi có tính cơ bản và động hơn.

(5) Cơ chế diễn thế. Cơ chế diễn thế biểu thị quá trình tương tác giữa các nhân tố dẫn đến các QXSV thay đổi kế tiếp nhau. Ví dụ: Các cơ chế của diễn thế tự sinh có thể là sự cạnh tranh, sự ký sinh, thú ăn thịt - vật mồi, mùa phát tán hạt, sự tích lũy vật rụng, sự biến đổi về khả năng cung cấp chất khoáng và nước...

(6) Hướng diễn thế. Thuật ngữ này biểu thị những kiểu biến đổi của hệ sinh thái theo thời gian. Một cách hiểu khác là chuỗi các QXSV và môi trường vật lý tương ứng thay đổi theo thời gian.

(7) Mô hình diễn thế. Đó là một sơ đồ mô tả và giải thích những QXSV biến đổi kế tiếp nhau và những cơ chế diễn thế của QXSV.

Dưới đây lần lượt xem xét bốn vấn đề cơ bản sau đây: (1) Các học thuyết về diễn thế; (2) Tại sao các QXSV lần lượt thay thế lẫn nhau theo thời gian; (3) Thảo luận về khái niệm QXSV Climax; (4) Ý nghĩa của diễn thế rừng.

9.3. Các học thuyết và mô hình diễn thế

9.3.1. Các học thuyết và mô hình diễn thế cổ điển

9.3.1.1. Học thuyết đơn cao đỉnh

Học thuyết đơn cao đỉnh được Clements (người Mỹ) đề xướng vào khoảng những năm 1904-1916. Học thuyết này cho rằng kết cấu và cấu trúc của các QXTV trên cạn của tất cả các chuỗi diễn thế đều được ấn định bởi điều kiện đại khí hậu của một vùng rộng lớn (Regional Climate). Học thuyết đơn cao đỉnh cho rằng tất cả các QXTV trong một khu vực thuần nhất về khí hậu sớm hay muộn đều đạt đến cao đỉnh khí hậu. Nguyên nhân là vì thảm thực vật thuộc các giai đoạn khác nhau của chuỗi diễn thế trước cao đỉnh đang phát triển hướng về cao đỉnh sau khi có sự rối loạn. Quần xã thực vật cao đỉnh khí hậu bao gồm những loài cây có thể tự tái sinh dưới tán của mình. Vì thế, chúng có thể tự tồn tại lâu dài dưới điều kiện khí hậu đang thịnh hành.

Học thuyết đơn cao đỉnh cũng cho rằng trong một khu vực thuần nhất về khí hậu vẫn có thể bắt gặp các QXTV ổn định không giống với QXTV cao đỉnh khí hậu. Các QXTV này được gọi là QXTV á cao đỉnh, QXTV cao đỉnh bị rối loạn, QXTV tiền cao đỉnh và QXTV hậu cao đỉnh. Các QXTV á cao đỉnh là các QXTV mà các biến đổi của chúng hướng về cao đỉnh đã không xảy ra. Nguyên nhân là vì nhiều điều kiện môi trường (đất, lửa, gió, chần thả súc vật, khai thác gỗ và củi...) ảnh hưởng đến chúng lớn hơn so với nhân tố khí hậu. Các QXTV cao đỉnh bị rối loạn là các QXTV phát sinh ở những nơi mà các QXTV thuộc các giai đoạn trước cao đỉnh thường xuyên hoặc định kỳ lâm vào tình trạng bị rối loạn (bị tác động mạnh), nhưng chúng vẫn tồn tại một cách ổn định. Ví dụ: (1) Các thảm cỏ duy trì điều kiện ổn định trong khu phân bố của rừng nguyên sinh, bởi vì chúng bị các sinh vật ăn cỏ hoặc lửa thường xuyên tác động; (2) Thảm thực vật đồng ruộng duy trì ổn định qua nhiều năm dưới hoạt động canh tác của con người theo định kỳ hàng năm. Các QXTV tiền cao đỉnh là các QXTV được hình thành do ảnh hưởng của địa hình. Các QXTV hậu cao đỉnh là các QXTV sau cao đỉnh bị biến đổi do ảnh hưởng của đất và địa hình, lửa, bão...

Học thuyết đơn cao đỉnh còn cho rằng diễn thế của các QXTV theo nguyên tắc đồng quy sinh thái. Theo Clements, trong một khu vực rộng lớn và thuần nhất về khí hậu có thể có nhiều QXTV với hình thái, kết cấu loài và cấu trúc khác nhau định cư trên những môi trường có sự khác biệt lớn về địa hình và đất... Nhưng vì quá trình hình thành QXTV diễn ra trong một thời gian rất dài (một thế kỷ hoặc nhiều thế kỷ), nên trong khoảng thời gian ấy những ảnh hưởng tổng hợp của QXTV, động vật và vi sinh vật dần dần có thể san phẳng những khác biệt của các điều kiện môi trường ban đầu. Ví dụ: Đất ướt trở nên ẩm hoặc khô, đất khô trở nên ẩm hơn, những lập địa giàu dinh dưỡng trở nên nghèo hơn, lập địa nghèo dinh dưỡng trở nên giàu dinh dưỡng hơn... Chính vì thế, các QXTV định cư trên các môi trường khác nhau trong một vùng khí hậu thuần nhất sớm hay muộn sẽ đồng quy về một QXTV cao đỉnh duy nhất: QXTV cao đỉnh khí hậu. Sự đồng quy sinh thái cũng được hiểu là sự đồng quy diễn thế.

Ngay từ khi học thuyết đơn cao đỉnh ra đời, nó đã tạo ra sự tranh luận sôi nổi trong các nhà sinh thái học thực vật và động vật. Vấn đề gây tranh luận lớn nhất là khái niệm

Climax được xem như “Một sinh vật lớn phức tạp”. Khái niệm này biểu thị một chuỗi các giai đoạn diễn thế biến đổi dần theo hướng tiến về một kiểu cao đỉnh khí hậu. Những nghiên cứu về diễn thế thứ sinh trên cánh đồng hoang và trên những khoảnh rừng sau khai thác trắng cho thấy những giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế có thể bị bỏ qua. Một số giai đoạn sớm hơn hoặc giai đoạn trung gian có thể tồn tại rất ổn định. Kết cấu hệ thực vật của một chuỗi các QXTV trong những môi trường vật lý giống nhau có thể biến đổi rất lớn theo thời gian và không gian. Điều này cho thấy việc so sánh một cách đơn giản giữa các giai đoạn của một chuỗi diễn thế với các giai đoạn phát triển của một cá thể sinh vật là thiếu căn cứ. Một vấn đề khác cũng gây tranh luận sôi nổi là QXTV sẽ tiếp tục phát triển hướng đến một QXTV cuối cùng sau nhiều thế kỷ. Quan điểm này cũng bị chống đối kịch liệt. Bởi vì nhiều nghiên cứu về thảm thực vật ở Bắc Mỹ cho thấy sự biến đổi căn bản của khí hậu và thảm thực vật chỉ diễn ra trong một thời gian ngắn hơn thời gian đòi hỏi cho sự đồng quy sinh thái (Webb và cs, 1985; Davis, 1986, 1987, 1989; Dẫn theo Kimmins, 1998).

9.3.1.2. Học thuyết đa cao đỉnh

Học thuyết đa cao đỉnh cho rằng một vùng rộng lớn với sự thuần nhất về khí hậu có rất nhiều nhân tố khác nhau (địa hình, đất, lửa, động vật, con người) tác động ngăn cản điều kiện môi trường và thảm thực vật đạt đến cao đỉnh khí hậu. Thật vậy, lửa tự nhiên là nhân tố sinh thái duy trì những đồng cỏ hoặc rừng hình thành từ những loài cây thuộc giai đoạn trung gian của chuỗi diễn thế tiến đến rừng thưa. Một ví dụ khác là thảm thực vật trên những đất giàu magiê hoặc đất giàu canxi hình thành từ đá mác ma phát triển dần đến các cao đỉnh cục bộ. Hệ thực vật của các cao đỉnh này có kết cấu loài cây và cấu trúc khác hoàn toàn so với hệ thực vật của cao đỉnh khí hậu. Những hoạt động của động vật ăn cỏ có thể duy trì ổn định quần xã đồng cỏ trong một điều kiện Climax và chúng ngăn cản sự xâm chiếm của các quần xã cây gỗ vào vùng đất này. Những khu vực có tầng đất mỏng hoặc có địa hình hiểm trở sẽ hình thành những QXTV rất ổn định, khác hẳn với những QXTV trên đất có tầng dày, địa hình bằng phẳng của những vùng đất dưới thung lũng.

Đôi lập với quan điểm đơn cao đỉnh, quan điểm đa cao đỉnh cho rằng, bên cạnh thảm thực vật cao đỉnh khí hậu, tùy theo sự tác động của các nhân tố môi trường ngăn cản sự hồi quy của các thảm thực vật hướng về cao đỉnh khí hậu, còn có các thảm thực vật cao đỉnh khác. Chẳng hạn: (1) Thảm thực vật cao đỉnh được hình thành dưới ảnh hưởng của địa hình; (2) Thảm thực vật cao đỉnh được hình thành dưới ảnh hưởng của đá mẹ và đất; (3) Thảm thực vật cao đỉnh được hình thành dưới ảnh hưởng của con người (chăn thả gia súc, trồng trọt); (4) Thảm thực vật cao đỉnh được hình thành dưới ảnh hưởng của sinh vật gây bệnh; (5) Thảm thực vật cao đỉnh được hình thành dưới ảnh hưởng của lửa... Vì thế, theo học thuyết đa cao đỉnh, thảm thực vật trong một vùng khí hậu giống như một bức khảm hình thành từ nhiều QXTV ở những giai đoạn diễn thế khác nhau. Một số QXTV có thể đạt đến cao đỉnh khí hậu tương đối nhanh (vài chục năm, vài trăm năm). Một số QXTV thuộc các giai đoạn trung gian của chuỗi diễn thế có thể phát triển rất chậm theo hướng tiến về cao đỉnh khí hậu, chậm đến mức khí hậu đã thay đổi trước khi cao đỉnh đạt được. Đối với những khu vực này, quần xã cao đỉnh trở thành lý thuyết để thảo luận về cao đỉnh khí hậu. Nhưng ở một số nơi trên thế giới, điều kiện môi trường và thảm thực vật không bao giờ tiếp cận đến cao đỉnh khí hậu của vùng, bởi vì các nhân tố phi khí hậu (địa hình, đất, sinh vật) chiếm ưu thế trong việc ấn định kết cấu loài và cấu trúc của thảm thực vật. Trong trường hợp này, về lý thuyết, diễn thế trong một vùng khí hậu không dẫn đến đơn cao đỉnh mà dẫn đến một khảm các quần xã cao đỉnh khác nhau được ấn định bởi một khảm các nơi

ở khác nhau. Mặc dù vậy, học thuyết đa cao đỉnh cũng thừa nhận sự hồi quy sinh thái có thể xuất hiện trong một số vùng khí hậu.

Những nhà sinh thái học ủng hộ quan điểm đơn cao đỉnh cho rằng, thực chất hai quan điểm đơn cao đỉnh và đa cao đỉnh không có sự khác biệt rõ ràng. Bởi vì Clements đã chia chuỗi diễn thế trước giai đoạn cao đỉnh khí hậu thành nhiều giai đoạn khác nhau. Sự khác biệt cơ bản giữa hai học thuyết này là ở chỗ, thuyết đơn cao đỉnh cho rằng bất kỳ quần xã trước cao đỉnh nào sớm hay muộn cũng hướng về cao đỉnh khí hậu. Ngược lại, quan điểm đa cao đỉnh lại cho rằng khả năng phát sinh và tồn tại các quần xã ổn định không chỉ do ảnh hưởng của khí hậu mà còn do ảnh hưởng của các điều kiện khác. Ngoài ra, khái niệm đa cao đỉnh cho biết rõ các nhân tố cơ bản ảnh hưởng đến đặc điểm của các quần xã sinh vật cao đỉnh.

Thảm thực vật cao đỉnh là một bộ phận của hệ sinh thái cao đỉnh đang nằm dưới ảnh hưởng tương ứng của khí hậu và các nhân tố sinh thái khác. Hệ sinh thái ấy thích ứng với một loại đất và một hệ động vật nhất định. Cao đỉnh khí hậu hình thành trên các đất địa đới. Đó là đất chịu ảnh hưởng của khí hậu miền (Zonal Climate). Các cao đỉnh khác hình thành trên các đất phi địa đới. Đó là đất chịu ảnh hưởng mạnh hơn từ các nhân tố phi khí hậu: mẫu chất, địa hình. Thảm thực vật cao đỉnh được đặc trưng bằng tính ổn định về thành phần loài, cấu trúc, khả năng tự tái sinh, sản lượng, các biến đổi theo mùa và theo thời gian nhiều năm. Những dấu hiệu căn bản của QXTV cao đỉnh là thành phần loài cây và cấu trúc ổn định, khả năng tự tái sinh liên tục theo thời gian, sự cân bằng về năng lượng, cân bằng hoặc gần cân bằng giữa quang hợp và hô hấp.

9.3.1.3. Học thuyết kiểu cao đỉnh

Cả lý thuyết đơn cao đỉnh và đa cao đỉnh đều thừa nhận sự tồn tại của những QXTV riêng biệt. Trái lại, một số nhà sinh thái học thực vật (Gleason, 1926, 1939; Whittaker, 1953; Dẫn theo Kimmins, 1998) cho rằng QXTV rừng là một thể biến trạng liên tục; trong đó các loài cây phân bố và thay thế lẫn nhau một cách độc lập theo sự khác biệt của môi trường. Những loài cây riêng biệt được tổ hợp lại theo nhiều cách khác nhau thành những QXTV khác nhau và một loài cây riêng biệt có thể có mặt trong rất nhiều QXTV. Vì thế, thảm thực vật là một kiểu phức hợp của nhiều QXTV hợp nhất lại, thay vì một bức khảm gồm nhiều QXTV riêng biệt. Diễn thế bên trong một kiểu phức hợp của nhiều QXTV sẽ dẫn đến một kiểu phức hợp cao đỉnh. Nhưng nhiều nhà sinh thái học cho rằng mô hình diễn thế này kém phổ biến hơn so với mô hình diễn thế đơn cao đỉnh và mô hình diễn thế đa cao đỉnh.

9.3.1.4. Những giá trị của lý thuyết diễn thế cổ điển

Nhiều nhà sinh thái học cho rằng những lý thuyết và các mô hình diễn thế cổ điển còn thiếu nhiều chi tiết về những cơ chế. Ngoài ra, theo lý thuyết đơn cao đỉnh và đa cao đỉnh, chúng ta không thể đo đạc và giải thích được sự biến động trong các chuỗi diễn thế. Sự hạn chế chủ yếu của thuyết đơn cao đỉnh là ở chỗ, trong hầu hết các khu vực, sự hồi quy diễn thế đến cao đỉnh khí hậu đòi hỏi thời gian dài hơn so với tần số dao động của các sự kiện rối loạn tự nhiên. Trong một số trường hợp khác, sự hồi quy sinh thái đòi hỏi thời gian dài hơn thời gian mà qua đó khí hậu biến đổi một cách có ý nghĩa. Mặc dù vậy, chúng ta vẫn có thể tìm thấy những hệ sinh thái ở vào giai đoạn của chuỗi cao đỉnh khí hậu trong một vài khu vực thuộc những cảnh quan chưa bị con người can thiệp.

Mô hình diễn thế đơn cao đỉnh biểu hiện rất rõ ở những cảnh quan ven biển. Trái lại, mô hình diễn thế đa cao đỉnh có thể mô tả tốt cho hệ sinh thái rừng nằm sâu trong lục địa. Nhận định này dựa trên cơ sở là rừng ẩm ven biển và rừng lục địa (rừng nằm sâu trong lục địa) có sự khác nhau về tốc độ diễn thế tự sinh, về tần số và cường độ của sự rối loạn. Thật vậy, dưới điều kiện ẩm ven biển, diễn thế có thể chuyển đổi khá nhanh các điều kiện của hệ sinh thái tới giai đoạn cao đỉnh khí hậu trước khi có một sự rối loạn tiếp theo. Ngoài ra, khi có một sự rối loạn xuất hiện (lũ, côn trùng...), nó sẽ làm cho hệ sinh thái biến đổi quay trở lại các giai đoạn trước đó của chuỗi diễn thế. Trong các rừng lục địa, ngược lại, khí hậu luôn là nhân tố ấn định tốc độ của diễn thế tự sinh và tạo ra tần số rối loạn khá cao bởi lũ và côn trùng. Những sự rối loạn này thường xảy ra trước khi hệ sinh thái đạt đến điều kiện của giai đoạn diễn thế kế tiếp. Tùy theo tần số và cường độ tác động của các rối loạn, hệ sinh thái có thể quay trở lại một hoặc một vài giai đoạn trước đó của chuỗi diễn thế. Kết quả là hình thành một khảm gồm nhiều QXTV thuộc các giai đoạn diễn thế khác nhau; trong đó có thể có một số QXTV đạt tới cao đỉnh. Tuy vậy, người ta cũng thấy có rất ít bằng chứng về sự đồng quy sinh thái trong điều kiện của chuỗi diễn thế xảy ra trên môi trường ẩm, hơi ẩm và khô.

Từ những thảo luận trên đây cho thấy, lý thuyết đơn cao đỉnh có thể áp dụng khá tốt ở mọi nơi. Tuy vậy, các nhà sinh thái học ngày nay cho rằng cần phải có những mô hình diễn thế có thể đo đạc được sự khác biệt về tốc độ, về cơ chế và hướng diễn thế giữa các vùng có khí hậu, địa hình, địa chất, đất và lịch sử rối loạn khác nhau. Để hiểu rõ những khác biệt này, nhà lâm học cần phải hiểu rõ quá trình sinh thái. Đó là quá trình phản ứng của sinh vật đối với sự biến đổi của hệ sinh thái.

9.3.2. Một số mô hình diễn thế hiện nay

Các học thuyết diễn thế cổ điển chỉ khái quát được 2 vấn đề dựa trên những quan sát. Một là thảm thực vật tự nhiên trong một vùng khí hậu thuần nhất có khuynh hướng biến đổi theo một hướng nhất định về thành phần loài cây sau khi môi trường bị biến đổi. Hai là những biến đổi của môi trường kéo theo sự thay thế những QXTV bao gồm những loài cây có tuổi thọ ngắn, kích thước nhỏ, chịu bóng kém, sinh trưởng nhanh, hạt giống phát tán trong không gian rộng bằng những QXTV bao gồm những loài có tuổi thọ cao, kích thước lớn, chịu bóng cao, sinh trưởng chậm, hạt giống phát tán trong không gian hẹp.

Ngày nay các nhà sinh thái học cho rằng các học thuyết diễn thế cổ điển chưa giải thích rõ những biến đổi của các giai đoạn diễn thế. Do môi trường của các QXTV biến đổi rất phức tạp, nên các chuỗi diễn thế thường đi chệch hướng đường thẳng. Những khác biệt của các chuỗi diễn thế là do sự khác biệt về chiến lược sống và khả năng chống chịu của các loài cây đối với sự thay đổi của môi trường. Vì thế, các học thuyết diễn thế hiện nay hướng vào giải thích và dự đoán những biến đổi của các giai đoạn diễn thế. Dưới đây giới thiệu tóm tắt một số mô hình diễn thế hiện nay.

9.3.2.1. Mô hình diễn thế của Grime (1974, 1979)

Mô hình diễn thế này dựa trên sự phân chia các loài cây theo khả năng chống chịu của chúng đối với sự thay đổi của môi trường (ánh sáng, đất, sâu bệnh, lũ...). Tiêu chuẩn để đánh giá sự thích nghi của các loài cây với môi trường là sức sống, khả năng cạnh tranh và khả năng chống chịu. Môi trường được phân chia theo 3 kiểu. Một là môi trường biến đổi thấp và loài cây bị ức chế (Stress) thấp. Hai là môi trường biến đổi mạnh và loài cây bị ức chế thấp. Ba là môi trường biến đổi thấp và loài cây bị ức chế cao. Theo Grime (1979),

sự biến đổi của một chuỗi diễn thế theo hướng từ môi trường bị biến đổi mạnh và loài cây bị ức chế thấp đến môi trường bị biến đổi thấp và loài cây bị ức chế mạnh.

9.3.2.2. Mô hình diễn thế của Tilman (1990)

Mô hình diễn thế này cũng dựa trên sự phân chia các loài cây theo khả năng chống chịu của chúng đối với sự thay đổi của môi trường (ánh sáng, đất, sâu bệnh, lửa...). Theo Tilman (1990), các loài cây có nhu cầu dinh dưỡng thấp nhất có khả năng cạnh tranh tốt nhất. Thông qua sự chiếm đoạt môi trường, chúng cải biến môi trường đến mức chỉ đủ cung cấp dinh dưỡng cho chúng. Những loài cây thích nghi tốt với đất đòi hỏi ít ánh sáng hơn. Vì thế, sự thay đổi đặc tính của đất theo thời gian là nguyên nhân dẫn đến diễn thế.

9.3.3. Một số tranh luận về khái niệm Climax

Một số nhà sinh thái học cho rằng khái niệm Climax (cao đỉnh) không giúp ích gì cho sinh thái học. Ngược lại, đa số các nhà sinh thái học cho rằng khái niệm Climax có nhiều giá trị. Thật vậy, những đóng góp của khái niệm Climax biểu hiện ở chỗ:

- (1) Nó diễn đạt được sự khác biệt về tính ổn định giữa các quần xã đang diễn thế và quần xã ổn định tự duy trì (Climax).
- (2) Nó chỉ ra được khuynh hướng và mức độ phát triển của thảm thực vật trong một vùng khí hậu nhất định.
- (3) Nó cung cấp cơ sở khoa học cho việc nghiên cứu kết cấu loài cây, cấu trúc, chức năng và kinh doanh các QXTV đang trong giai đoạn diễn thế.
- (4) Qua nghiên cứu những QXTV cao đỉnh, nó cho phép so sánh giữa các giai đoạn diễn thế.
- (5) Khái niệm Climax còn cung cấp cách thức nhận biết các kiểu môi trường vật lý và xác định rõ đại khí hậu của vùng và những biến động của điều kiện địa hình và đất.

Như vậy, khái niệm Climax là khái niệm có nhiều ưu điểm trong một số kiểu môi trường nhất định và một số ngành sinh thái học ứng dụng nhất định. Ngược lại, trong môi trường vật lý cực đoan (khí hậu khô hạn, núi cao), các chuỗi diễn thế có thể được thu gọn thành hai hoặc thậm chí chỉ một giai đoạn; trong đó những sinh vật tiên phong và sinh vật cao đỉnh chỉ là một loài hoặc là một vài loài nhất định. Vì thế, khái niệm Climax là khái niệm kém ý nghĩa trong môi trường vật lý cực đoan. Nó chỉ có ý nghĩa trong những môi trường mà diễn thế kéo theo một chuỗi các giai đoạn kế tiếp nhau hướng về trạng thái ổn định (Climax).

Một vấn đề đặt ra là bằng cách nào có thể nhận ra rừng cao đỉnh và rừng chưa cao đỉnh. Theo định nghĩa, rừng cao đỉnh là rừng ổn định tương đối theo thời gian; trong đó các loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế có khả năng tái sinh tự nhiên liên tục dưới tán rừng. Trong thực tế, chúng ta có thể bắt gặp những khu rừng thuộc một số giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế nguyên sinh tồn tại lâu dài hơn so với rừng cao đỉnh. Những khu rừng của chuỗi diễn thế này cũng có khả năng tự thay thế qua nhiều thế hệ trước khi chúng bị thay thế bởi loại rừng khác. Tuy vậy, nếu khí hậu không có sự thay đổi rõ rệt và môi trường không có sự rối loạn, thì rừng cao đỉnh luôn có khuynh hướng dao động xung quanh kết cấu loài và cấu trúc trung bình trong một khoảng thời gian rất dài (thế kỷ).

Thảm thực vật rừng cao đỉnh được nhận biết dựa theo ba dấu hiệu cơ bản. Một là những khoảnh rừng thay đổi về thành phần loài cây gỗ và cấu trúc theo thời gian dưới ảnh hưởng của sự rối loạn có thể lập thành một chuỗi diễn thế trong một vùng nhất định. Hai là phân bố N/D của những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế có dạng hình chữ J ngược. Ba là

những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế có khả năng tái sinh tự nhiên liên tục dưới tán rừng. Ngược lại, nếu một khoảnh rừng mà phân bố N/D của những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế có dạng hình chuông và các loài này không có khả năng tái sinh tự nhiên dưới tán rừng, thì khoảnh rừng đó không phải là rừng cao đỉnh (Hình 9.3).

Nói chung, rừng cao đỉnh có thể xuất hiện do những nguyên nhân cơ bản sau đây.

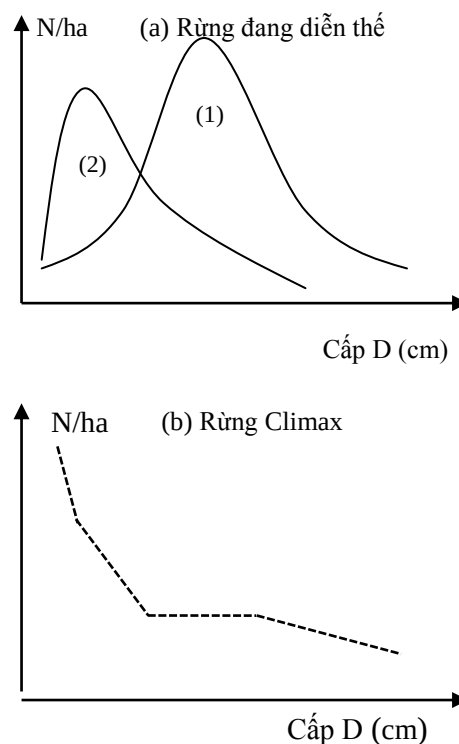
(1) Môi trường bên ngoài không có sự biến đổi sâu sắc và QXTV rừng không có khả năng tạo ra sự biến đổi tự sinh nào. Thông thường, những loài cây gỗ của rừng cao đỉnh có khả năng tự tái sinh khi chúng thích nghi tốt với sự cạnh tranh và sử dụng tốt điều kiện lập địa.

(2) Mặc dù QXTV rừng cao đỉnh có khả năng tạo ra sự thay đổi tự sinh dẫn đến sự thay thế QXTV rừng này bằng QXTV khác, nhưng các tai biến tự nhiên (lửa, sâu bệnh...) hoặc những tác động của con người lại ngăn cản quá trình này.

(3) Những loài cây xâm lấn thuộc các giai đoạn sau của chuỗi diễn thế bị ngăn cản bởi lửa, động vật, sâu bệnh, con người và khí hậu. Nguyên nhân này giống nguyên nhân thứ hai, nhưng khác nhau ở chỗ môi trường có thể đảm bảo sự sống sót cho các loài cây thuộc giai đoạn diễn thế sau, nhưng lại ngăn cản sự định cư của các loài cây xâm lấn.

(4) Những biến đổi từ bên ngoài hoặc những biến đổi tự sinh có thể tái diễn, nhưng không có loài cây gỗ nào có thể thích nghi với điều kiện lập địa mới. Trong trường hợp đó, những biến đổi có thể trở nên không có lợi cho QXTV cao đỉnh. Quần xã thực vật cao đỉnh có thể trở nên già cỗi và chết sau một thời gian nào đó.

Một số nhà sinh thái học và lâm học cũng còn hoài nghi về những loài cây gỗ cao đỉnh và sự khác biệt giữa rừng già và rừng cao đỉnh. Theo định nghĩa, những loài cây gỗ cao đỉnh là những loài cây gỗ đóng vai trò ưu thế sinh thái trong QXTV rừng; thích nghi tốt với môi trường; sinh trưởng và phát triển ổn định; tái sinh tự nhiên liên tục dưới tán rừng. Một số nhà sinh thái học và lâm học cho rằng rừng cao đỉnh là rừng già và rừng không đồng tuổi. Nhận thức đó là không đúng. Theo định nghĩa rừng cao đỉnh, rừng non tự nhiên được hình thành từ những loài cây gỗ cao đỉnh là một khoảnh rừng cao đỉnh. Rừng trồng đồng tuổi và khác tuổi, rừng trồng hỗn giao đồng tuổi và khác tuổi từ những loài cây gỗ cao đỉnh cũng là rừng cao đỉnh. Nhận định này dựa trên cơ sở là các loài cây gỗ hình thành những khoảnh rừng non tự nhiên và rừng trồng này cũng là các loài cây gỗ của rừng cao đỉnh và chúng vẫn sinh trưởng và phát triển ổn định sau thời gian rất dài. Điểm hạn chế của khái niệm rừng cao đỉnh là ở chỗ những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế ở giai đoạn cao đỉnh có thể định kỳ bị rối loạn và được thay thế bởi những thế hệ non trẻ của chúng. Kết quả hình thành nhiều khoảnh rừng không đồng tuổi với nhiều tầng tán. Trong trường hợp này, chúng ta có cảm nhận các QXTV rừng là chưa ổn định. Nhưng nếu theo dõi lâu dài, thì chúng ta sẽ nhận thấy những thế hệ của các



Hình 9.3. Phân bố N/D.

- (a) Rừng đang diễn thế.
(b) Rừng Climax.

loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế trong các khảm rừng này vẫn sinh trưởng và phát triển ổn định.

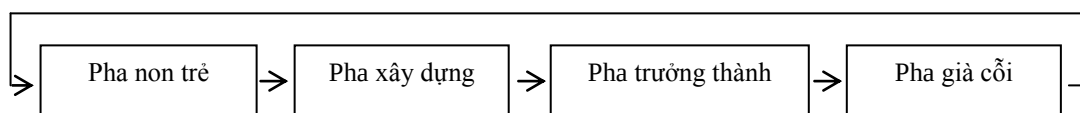
9.4. Diễn thế theo đường thẳng và diễn thế theo chu kỳ

9.4.1. Diễn thế theo đường thẳng

Diễn thế theo đường thẳng là diễn thế theo một hướng nhất định. Trong diễn thế theo đường thẳng, QXTV và môi trường phát triển từ điều kiện rối loạn của giai đoạn diễn thế trước đến các giai đoạn diễn thế sau của chuỗi diễn thế. Do có khả năng tự tái sinh, nên QXTV cao đỉnh có thể tồn tại qua thời gian dài. Quan điểm diễn thế theo đường thẳng cũng thừa nhận rằng QXTV cao đỉnh có thể trở nên già yếu và có thể thay đổi do ảnh hưởng của lửa, gió và sâu bệnh. Điều đó có thể khởi đầu cho một quá trình diễn thế thứ sinh theo đường thẳng hướng về cao đỉnh. Mặc dù vậy, khái niệm diễn thế theo đường thẳng cũng giả định rằng QXTV cao đỉnh tự tồn tại lâu bền thông qua tái sinh những thế hệ mới để thay thế các thế hệ già. Khái niệm diễn thế theo đường thẳng không sử dụng cho những trường hợp mà chuỗi các giai đoạn diễn thế phát triển theo hướng quay trở về (hồi nguyên về) các giai đoạn khởi đầu. Ví dụ: Diễn thế theo đường thẳng không sử dụng cho trường hợp rừng cao đỉnh bị suy thoái phục hồi lại trạng thái ban đầu trước khi rừng cao đỉnh bị biến đổi.

9.4.2. Diễn thế theo chu kỳ

Khi nghiên cứu diễn thế của một số QXTV, người ta còn nhận thấy có bốn pha: non trẻ, xây dựng, trưởng thành và già cỗi hay thoái hóa. Sau khi bị thoái hóa, QXTV lại quay trở về pha non trẻ ban đầu (Hình 9.4). Kiểu diễn thế này được gọi là diễn thế theo chu kỳ.



Hình 9.4. Diễn thế theo chu kỳ:

Sự thoái hóa sau khi các cá thể già cỗi và chết. Pha thoái hóa diễn ra vào thời kỳ vắng mặt loài cây ưu thế nhưng sau đó chúng tái sinh trở lại.

Khi nghiên cứu các QXTV cao đỉnh, người ta thấy rằng có một sự phức tạp dần trong tái sinh, nghĩa là tồn tại một khảm gồm nhiều QXTV khác nhau. Mỗi khảm phụ thuộc vào những khảm khác ở lân cận. Điều đó chứng tỏ rằng QXTV cao đỉnh chỉ là một QXTV ổn định tương đối với điều kiện môi trường nhất định. Vì thế, diễn thế theo chu kỳ dẫn đến toàn bộ chuỗi diễn thế tồn tại lâu dài hơn so với chu kỳ sống của một QXTV.

Lý thuyết diễn thế giả định rằng diễn thế bắt đầu tiến triển từ những QXTV không phải rừng đến giai đoạn QXTV rừng cao đỉnh tự thay thế qua nhiều thế hệ. Theo giả định này, rừng là giai đoạn cuối cùng của diễn thế. Tuy vậy, trong những điều kiện ôn đới lạnh và ẩm hoặc trên núi cao, điều đó không phải luôn luôn như vậy. Khi nghiên cứu diễn thế rừng, Oliver và Larson (1990; Dẫn theo Kimmins, 1998) đã chia chuỗi diễn thế thành bốn giai đoạn: (1) Giai đoạn khởi đầu; (2) Giai đoạn bị chèn ép; (3) Giai đoạn phân hóa; (4) Giai đoạn phục hồi lại (tái sinh) các thành phần ở tầng dưới. Bốn giai đoạn diễn thế này phù hợp với bốn giai đoạn phát triển của rừng: tái sinh, khép tán, tỉa thưa và sự hình thành một thế hệ mới trong những lỗ trống do cây già chết đi. Các loài cây gỗ của giai đoạn diễn

thế thứ tư được hình thành như là một bộ phận của tầng thấp. Khi còn ở giai đoạn tuổi non, chúng nằm dưới sự chèn ép của cây bụi. Như vậy, giai đoạn cuối của diễn thế có thể có một sự suy giảm về mật độ cây gỗ trong pha tái lập lại giai đoạn khởi đầu dưới tán rừng.

9.5. Những kiểu diễn thế khác

9.5.1. Diễn thế thoái biến và diễn thế phục hồi

Diễn thế rừng theo hướng thoái biến là quá trình biến đổi của rừng theo hướng từ rừng ổn định về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của đất đến rừng không ổn định về những thành phần này. Ví dụ: Rừng nguyên sinh ở giai đoạn cao đỉnh bị suy giảm về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của đất do ảnh hưởng của khai thác chọn với cường độ và luân kỳ khác nhau. Diễn thế thoái biến thường xảy ra ở rừng nguyên sinh không được quản lý theo những nguyên lý lâm sinh. Rừng nguyên sinh bị khai thác chọn thô với cường độ cao sẽ dẫn đến diễn thế thoái biến.

Diễn thế rừng theo hướng phục hồi là quá trình biến đổi của rừng theo hướng từ rừng bị rối loạn (khai thác, làm nương rẫy...) phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của đất giống hoặc gần giống với trạng thái của rừng trước khi bị rối loạn. Ví dụ: Sau khi bị khai thác chọn với cường độ trung bình, rừng nguyên sinh bị suy thoái. Sau khi ngừng khai thác, rừng nguyên sinh bị suy thoái sẽ phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của đất tương tự như rừng nguyên sinh trước khi bị khai thác chọn. Kiểu diễn thế này còn được gọi là sự dao động của rừng do ảnh hưởng của những rối loạn từ bên ngoài. Cơ chế của kiểu diễn thế này không chỉ là do khả năng của các loài cây gỗ còn lại sau những rối loạn gia tăng sự thu nhận năng lượng và chất khoáng từ đất, mà còn do rừng tái sinh những thế hệ mới.

9.5.2. Diễn thế đúng hướng và diễn thế chệch hướng

Diễn thế đúng hướng biểu thị sự biến đổi của thảm thực vật và môi trường sau khi bị rối loạn (khai thác, lửa, gió lớn...) theo hướng tiến về giai đoạn cao đỉnh trước đó. Kết quả của diễn thế tạo ra một thảm thực vật giống với thảm thực vật cao đỉnh trước đó. Ví dụ: Cây họ Sao Dầu và họ Đậu chiếm ưu thế trong một thảm thực vật cao đỉnh. Ngay sau khi khai thác, thành phần loài và sản lượng của hai nhóm cây gỗ này bị suy giảm. Sau khi ngừng khai thác, thành phần loài và sản lượng của hai nhóm cây gỗ này phục hồi lại tương tự như trước khi chúng bị khai thác. Cơ chế của kiểu diễn thế này không chỉ là do khả năng tái sinh và sinh trưởng của những cây gỗ còn sót lại, mà còn do môi trường vật lý chưa bị biến đổi lớn.

Diễn thế chệch hướng biểu thị sự biến đổi của thảm thực vật và môi trường sau khi bị rối loạn (khai thác, lửa, gió lớn...) không theo hướng tiến về giai đoạn cao đỉnh trước đó. Kết quả của diễn thế tạo ra một thảm thực vật không giống với thảm thực vật cao đỉnh trước đó. Diễn thế thoái biến bao gồm các giai đoạn diễn thế tiến triển theo hướng từ rừng ổn định hoặc tương đối ổn định đến rừng không ổn định. Nếu các QXTV rừng vẫn tiếp tục bị phá hủy, thì chúng sẽ chuyển dần thành các QXTV với sự ưu thế cỏ dại và cây bụi gai. Các QXTV này tồn tại khá lâu dài và về bề ngoài có hình thái giống như một QXTV cao đỉnh.

9.6. Các cơ chế biến đổi trong diễn thế

Để hiểu rõ diễn thế rừng và sự thay đổi của môi trường trong diễn thế rừng, nhà lâm học cần phải trả lời những câu hỏi: (1) Tại sao rừng có sự diễn thế theo thời gian? (2) Bằng cách nào có thể đẩy nhanh diễn thế rừng? (3) Quần xã thực vật ở giai đoạn diễn thế nào cho giá trị sử dụng và kinh tế cao nhất? Khi trả lời được ba câu hỏi này, nhà lâm học không chỉ khám phá ra những tác nhân và tốc độ điều khiển diễn thế rừng tùy theo vị trí địa lý và lập địa, mà còn xác định được QXTV rừng ở giai đoạn diễn thế nào cho giá trị sử dụng và kinh tế cao nhất.

Diễn thế xuất hiện là do kết quả của các quá trình tự sinh (quá trình sinh học) và ngoại sinh (quá trình vật lý). Nhiều diễn thế được ấn định trước hết bởi quá trình ngoại sinh (gió, lửa, đất bị xói mòn, đất được bồi tụ bởi phù sa, khai thác rừng...), nhưng sau đó chúng bị ấn định bởi quá trình nội sinh. Trong nhiều trường hợp, các quá trình ngoại sinh có thể tiếp tục đóng vai trò lớn trong suốt quá trình diễn thế. Nói chung, chúng ta có thể phân chia các quá trình ấn định diễn thế thành 3 cơ chế cơ bản: (1) Sự xâm chiếm; (2) Sự biến đổi tính chất vật lý của lập địa; (3) Sự thay thế các loài thông qua sự cạnh tranh.

(1) *Diễn thế do các loài sinh vật xâm chiếm lập địa.* Sự xâm chiếm là một quá trình gồm hai thành phần: sự xâm lược và sự sống sót. Tốc độ xâm chiếm lập địa của các loài sinh vật không chỉ phụ thuộc vào số lượng các mầm sống và tốc độ xâm nhập của chúng vào lập địa, mà còn vào thắng lợi của các mầm sống trong sự định cư và sống sót. Thắng lợi của sự xâm chiếm phụ thuộc rất lớn vào điều kiện lập địa. Tốc độ xâm chiếm và tỷ lệ chết biến đổi rất lớn tùy theo loài cây khác nhau. Những cây gỗ non trẻ và những loài cây gỗ thuộc giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế (loài cây tiên phong) có tốc độ xâm chiếm nhanh, bởi vì chúng có tốc độ sinh sản rất nhanh, hạt nhiều và nhẹ, phạm vi phát tán hạt giống rộng nhờ gió hoặc nước. Một số loài cây gỗ có khả năng sống sót cao còn nhờ vào quan hệ cộng sinh với các loài vi sinh vật cố định đạm. Nếu môi trường đất thiếu đạm và chất hữu cơ, thì tốc độ định cư và khả năng sống sót của các loài cây gỗ sẽ thấp.

Một sự thích nghi khác của các loài cây gỗ tiên phong là mức độ thay đổi về tập tính nảy mầm. Ví dụ: Hạt của một số loài cây gỗ (Đước, Vẹt...) có khả năng nảy mầm ngay từ trên cây hoặc vừa rơi xuống đất được ít ngày. Ngược lại, hạt của một số loài cây gỗ lại có khả năng sống lâu dài trong đất... Những loài cây gỗ tiên phong thường có tốc độ sinh sản rất nhanh, hạt nhiều và nhẹ, phạm vi phát tán hạt rộng nhờ gió. Chính nhờ có những tập tính ấy mà chúng có thể dễ dàng xâm chiếm những lập địa mới hoặc loại bỏ các loài khác.

Trong một số chuỗi diễn thế, chúng ta còn thấy trên cùng một lập địa tồn tại hai nhóm cây gỗ. Nhóm thứ nhất bao gồm những loài cây gỗ tiên phong với tốc độ xâm chiếm nhanh. Nhóm thứ hai bao gồm những loài cây gỗ thuộc các giai đoạn diễn thế sau có tuổi thọ cao nhưng tốc độ xâm chiếm chậm. Đây là nguyên nhân giải thích vì sao trên một lập địa cùng một lúc tồn tại nhiều loài cây gỗ thuộc các giai đoạn diễn thế khác nhau. Thông thường, những QXTV như vậy luôn xảy ra sự cạnh tranh gay gắt giữa các loài cây gỗ. Sự cải biến môi trường bởi các loài cây gỗ tiên phong thường tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự sống sót của các loài cây gỗ thuộc giai đoạn diễn thế sau.

Trước khi chuyển sang vấn đề khác, chúng ta phân tích tầm quan trọng của một số thuật ngữ: các loài cây gỗ kế tiếp và kết cấu hệ thực vật ban đầu trong diễn thế. Theo lý thuyết diễn thế đơn cao đỉnh và đa cao đỉnh, những loài cây gỗ xâm chiếm và định cư thành công trên một lập địa sớm hay muộn cũng sẽ bị thay thế bởi những loài cây gỗ khác. Mỗi giai đoạn diễn thế chuẩn bị lập địa cho một giai đoạn mới kế tiếp. Tuy vậy, trong một vài chuỗi diễn thế, những loài cây gỗ thuộc giai đoạn sau của chuỗi diễn thế có thể xuất

hiện do ảnh hưởng của những rối loạn từ bên ngoài. Mỗi nhóm cây gỗ thuộc các giai đoạn diễn thế khác nhau có tốc độ tăng trưởng và mức độ cạnh tranh khác nhau. Một số loài cây bụi và cây thân thảo có thể có mặt trong một số giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế. Tương tự, một số loài cây gỗ cũng có thể sống dưới tán cây bụi qua một số năm trước khi chúng trở thành loài ưu thế. Do đó, những loài cây thuộc các giai đoạn diễn thế kế tiếp có tầm quan trọng to lớn, nhưng tầm quan trọng này cũng thay đổi theo thời gian. Việc hiểu biết diễn thế thứ sinh trên những khu khai thác trắng có ý nghĩa quan trọng trong việc đề ra chiến lược kinh doanh rừng. Tùy theo tình trạng của cây trồng chính, nhà lâm học sẽ kiểm soát thảm thực vật đang cạnh tranh với chúng bằng các biện pháp khác nhau.

(2) *Diễn thế do sự biến đổi của các đặc tính vật lý của hệ sinh thái.* Trong giai đoạn đầu của diễn thế nguyên sinh, môi trường ban đầu hầu như không có hoặc có rất ít các chất hữu cơ. Sự bổ sung chất hữu cơ và mức độ gia tăng của chúng chỉ xảy ra khi có các sinh vật đến định cư, đặc biệt là các loài cây gỗ có khả năng chung sống cùng với các vi sinh vật cố định nitơ. Khi quá trình tích lũy chất hữu cơ đạt đến một mức độ nhất định, thì các loài cây có ống mạch đến định cư. Thoạt đầu, chúng là những loài cây sử dụng rất tiết kiệm chất dinh dưỡng và nhiều loài phải cộng sinh với sinh vật cố định đạm. Các loài cây này thường sống trong điều kiện ánh sáng mạnh, đôi khi dư thừa nước, nên chúng có tính chống chịu cao. Sự có mặt của sinh vật cố định đạm đã giúp cho đất tăng thêm đạm, còn các nguồn đạm khác cũng được bổ sung dần tuy rất ít. Khi sản xuất ra một lượng lớn chất hữu cơ, thực vật chi phối mạnh mẽ đến sự tích lũy chất hữu cơ trong đất, đồng thời thông qua các vật sống khác, chúng ảnh hưởng đến quá trình hình thành đất. Khi QXTV tiến dần đến trạng thái ổn định, thì hoạt động của sinh vật hoại sinh có ý nghĩa lớn. Để định cư trên môi trường mới, các loài cây gỗ phải có tính chống chịu cao, biên độ sinh thái rộng, hạt nhiều và nảy mầm nhanh hoặc hạt sống lâu dài ở trạng thái tiềm ẩn. Nói chung, diễn thế xảy ra nhanh trên những môi trường có nhiều chất khoáng và đạm.

Ở trạng thái ổn định, các QXTV cao đỉnh (Climax) có sự cân bằng giữa khối lượng các chất khoáng được tạo ra do sự khoáng hóa vật rụng và khối lượng các chất khoáng mất đi do biến thành thức ăn cho sinh vật dị dưỡng. Chúng cũng có sự cân bằng giữa khối lượng các chất khoáng bị rửa trôi và khối lượng các chất khoáng được rễ cây thấp thu từ các lớp đất.

(3) *Diễn thế do sự cạnh tranh giữa các loài sinh vật.* Những cơ chế làm thay đổi QXTV do chính các loài cây tham gia hình thành QXTV tạo ra được gọi là các cơ chế nội sinh (tự sinh hay nội tại). Một số cơ chế dẫn đến sự thay đổi của QXTV là do chính các loài cây tham gia trong các giai đoạn diễn thế tạo ra. Ví dụ: (1) Sự lấn át của loài mới; (2) Sự cải biến môi trường ánh sáng và đất do các loài cây hình thành QXTV; (3) Sự thay thế loài này bằng loài khác. Quá trình diễn thế có thể xảy ra nhanh trong trường hợp các loài cây không cùng sử dụng chung một nguồn dinh dưỡng. Theo quy luật, trong quá trình diễn thế, tuổi thọ của những loài cây gỗ ưu thế thuộc giai đoạn sau của chuỗi diễn thế sẽ càng gia tăng, nhưng khả năng sống sót của các thế hệ non của chúng lại giảm dần. Bên cạnh quá trình này, QXTV còn xảy ra quá trình thu hẹp tuổi thọ của những loài cây gỗ thuộc các giai đoạn trước của chuỗi diễn thế. Nguyên nhân của hiện tượng này là do các cá thể trưởng thành già cỗi và chết, còn các thế hệ mới hoặc không thể phát sinh hoặc bị chết do môi trường không thích hợp với chúng.

Tóm lại, sự phối hợp giữa môi trường đất và ánh sáng bị cải biến bởi các loài cây khác nhau, quan hệ cạnh tranh và tuổi thọ của các loài cây hình thành QXTV là những nguyên nhân dẫn đến diễn thế sinh thái.

9.7. Tốc độ thay đổi trong diễn thế sinh thái

Tốc độ diễn thế rừng phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác nhau.

(1) *Điều kiện khí hậu và đất.* Khí hậu ảnh hưởng đến các quá trình sinh học và sinh thái, còn khả năng cung cấp dinh dưỡng của đất ấn định tăng trưởng và sản lượng của rừng. Ở các vùng khí hậu nóng ẩm, nhịp độ diễn thế tiến triển nhanh hơn 5-7 lần so với vùng khí hậu khô hoặc khí hậu lạnh (Kimmins, 1998). Trên đất có hàm lượng sét cao, diễn thế biến đổi nhanh hơn trên đất nhiều cát.

(2) *Mức độ thay đổi của môi trường.* Sự thay đổi của môi trường phải xuất hiện trước khi QXTV rừng thuộc giai đoạn nào đó của chuỗi diễn thế có thể thay thế QXTV rừng khác. Khi tốc độ biến đổi của môi trường càng lớn, thì sự chuyển đổi các giai đoạn trong diễn thế càng nhanh.

(3) *Sản lượng của các sinh vật và hiệu quả cải biến môi trường của chúng.* Những loài cây sinh trưởng nhanh có khả năng cải biến môi trường và cạnh tranh mạnh hơn so với những loài cây sinh trưởng chậm.

(4) *Tuổi thọ của những loài cây ưu thế ở mỗi giai đoạn của chuỗi diễn thế.* Nếu các loài gỗ ưu thế có tuổi thọ càng ngắn, thì sự chuyển tiếp giữa các giai đoạn trong diễn thế càng nhanh. Ngược lại, nếu các loài cây gỗ có tuổi thọ càng cao, thì sự chuyển tiếp giữa các giai đoạn trong diễn thế càng dài.

(5) *Khả năng của các loài đang định cư ngăn cản sự xâm chiếm lập địa bởi những loài khác.* Nếu QXTV sinh trưởng và phát triển càng mạnh và kiểm soát lập địa càng tốt, thì thời gian chuyển tiếp giữa các giai đoạn diễn thế càng dài và ngược lại. Sự thay thế các QXTV xảy ra trước hết là do quan hệ cạnh tranh khốc liệt giữa các loài cây. Diễn thế có thể tiến triển nhanh khi loài cây này nhường nơi ở cho loài cây khác. Trường hợp này xảy ra khi các loài cây không cùng sử dụng chung một nguồn dinh dưỡng nào đó. Trong nhiều trường hợp, chúng ta có thể thấy loài cây gỗ sống lâu năm không chịu nhường nơi ở cho các thế hệ non của chúng. Do đó, chính sự có mặt lâu dài của các loài cây gỗ thuộc các giai đoạn diễn thế trước là nhân tố kìm hãm sự phát sinh QXTV mới.

(6) *Tần số và cường độ tác động của các nhân tố môi trường.* Nếu tần số rối loạn xuất hiện càng nhiều và môi trường bị biến đổi càng mạnh, thì thời gian chuyển tiếp giữa các giai đoạn diễn thế càng ngắn và ngược lại.

(7) *Hoạt động của con người.* Các hoạt động của con người là một nhân tố ảnh hưởng mạnh nhất đến thành phần loài cây, cấu trúc và sản lượng của QXTV. Con người có thể cải biến QXTV này bằng QXTV khác chỉ trong một thời gian ngắn. Ví dụ: Chặt trắng rừng tự nhiên hỗn loài để trồng lại rừng mới bằng những loài cây gỗ khác.

9.8. Vai trò của sự rối loạn trong các hệ sinh thái rừng

Diễn thế thường xảy ra do điều kiện môi trường và QXTV bị rối loạn. Sự thay thế QXTV này bằng QXTV khác thường cần đến sự rối loạn để tạo cơ hội cho các loài cây khác đến định cư. Chúng ta không thể hiểu được diễn thế nếu bỏ qua việc nghiên cứu về tần số, phạm vi, mức độ nguy hại (tính khốc liệt) và kiểu rối loạn. Sự rối loạn luôn xảy ra ở mọi kiểu rừng. Nhiều nhà lâm học đã mô tả và chỉ ra ý nghĩa của sự rối loạn đối với sự đa dạng loài cây gỗ, sản lượng gỗ và các điều kiện khác của rừng.

Hiện nay có hai nhóm quan tâm đến diễn thế rừng. Nhóm thứ nhất quan tâm đến các quá trình tự sinh ảnh hưởng đến diễn thế rừng. Nhóm thứ hai quan tâm đến những nhân tố ngoại sinh ảnh hưởng đến diễn thế rừng. Diễn thế tự sinh được điều khiển bởi các loài xâm chiếm và quá trình thay thế các loài cây. Ở rừng mưa nhiệt đới, diễn thế tự sinh

thường xảy ra do sự tử vong của những cây gỗ già cỗi đã tạo ra các lỗ trống trong tán rừng. Nhờ những lỗ trống được mở ra, các loài cây gỗ thuộc các giai đoạn diễn thế sau của chuỗi diễn thế có cơ hội xâm chiếm các lỗ trống. Quá trình hình thành lỗ trống, kích thước lỗ trống và đặc tính sinh trưởng của các loài cây gỗ là những nhân tố quyết định trong diễn thế tự sinh. Sự hình thành các lỗ trống là quá trình quan trọng ở rừng mưa nhiệt đới. Do đó, diễn thế tự sinh hình thành do sự xuất hiện các lỗ trống trong tán rừng được các nhà lâm học hết sức quan tâm.

Ở rừng mưa tự nhiên nhiệt đới, tần số rối loạn trên phạm vi không gian rộng do ảnh hưởng của sâu bệnh thường là nhỏ hơn so với đời sống của cây gỗ. Sự thay thế các thế hệ cây gỗ thường xảy ra trong các lỗ trống với kích thước nhỏ do một hoặc một vài cây già chết đi. Phản ứng của các loài cây gỗ sau khi lỗ trống được mở ra có quan hệ chặt chẽ với kích thước lỗ trống và chiều cao tán rừng. Trong kiểu rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở miền Đông Nam Bộ, sự xuất hiện các thế hệ mới của các loài cây thuộc họ Sao Dầu (Dầu song nàng, Dầu rái, Vên vên...) được điều khiển chủ yếu bởi sự hình thành các lỗ trống. Ở loài Dầu song nàng, năm nào cũng có những thế hệ cây tái sinh xuất hiện dưới tán rừng kín, nhưng phần lớn bị đào thải ngay trong năm đầu hoặc vào mùa khô năm tiếp theo. Những cá thể sống sót dưới tán rừng kín sau hai năm có thể đạt chiều cao từ 25-50 cm. Vào thời điểm này, khi lỗ trống với kích thước từ 200-300 m² được mở ra do một hoặc một vài cây già đổ gãy, thì những cây con sẵn có dưới tán rừng sẽ nhanh chóng gia tăng tốc độ sinh trưởng với mức bình quân từ 70-150 cm/năm. Sau khoảng 8-10 năm, các thế hệ cây non của Dầu song nàng đã vươn lên tầng trên và sẵn sàng thay thế các thế hệ già (Nguyễn Văn Thèm, 1992). Vì thế, để tạo cơ hội cho các loài cây gỗ cao đỉnh trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới có khả năng tự phục hồi, nhà lâm học cần phải định kỳ tạo ra các lỗ trống với kích thước thích hợp thông qua khai thác chọn từng cây hoặc từng đám cây thành thực.

Phản ứng gia tăng tốc độ sinh trưởng của cây tái sinh trong các lỗ trống chủ yếu là do sự cải thiện về chế độ ánh sáng. Thật vậy, nếu chiều cao trung bình của tán rừng từ 20m trở lên, thì hàm lượng chất khoáng của đất bên trong các lỗ trống nhỏ hơn 200 m² và dưới tán rừng là không có sự khác biệt rõ ràng.

9.9. Những thay đổi về chức năng của các hệ sinh thái trong diễn thế

Khi chuyển tiếp từ các giai đoạn diễn thế đầu và giữa đến giai đoạn diễn thế cuối cùng (giai đoạn ổn định), chức năng của các hệ sinh thái có những thay đổi như sau:

TT	Các tham số sinh thái	Giai đoạn phát triển	Giai đoạn ổn định
1	Tỷ lệ tổng năng suất/Hô hấp	>1 hoặc < 1	Gần bằng 1
2	Tỷ lệ tổng năng suất/Tổng sản lượng	Cao	Thấp
3	Chuỗi thức ăn	Đơn giản	Phức tạp
4	Tổng chất hữu cơ	Thấp	Cao
5	Đa dạng loài	Thấp	Cao
6	Sự phân tầng trong quần xã	Không rõ	Rõ ràng
7	Kích thước của cây gỗ	Nhỏ	Lớn
8	Tuổi thọ của cây gỗ	Thấp	Cao
9	Tốc độ trao đổi chất	Nhanh	Chậm
10	Quan hệ cộng sinh	Kém phát triển	Phát triển
11	Chu kỳ khoáng	Hở	Khép kín
12	Tính ổn định	Thấp	Cao

9.10. Ảnh hưởng của khai thác rừng đến diễn thế rừng

Ở thời kỳ xa xưa, ảnh hưởng của con người đến rừng biểu hiện ở mức độ không đáng kể. Nhưng cùng với sự gia tăng nhanh dân số và nhu cầu đời sống, loài người đã can thiệp rất lớn vào thảm thực vật rừng. Con người có thể ảnh hưởng tích cực đến rừng như loại bỏ rừng năng suất thấp và thay vào đó bằng rừng năng suất cao và ổn định hơn. Con người cũng có thể cải tạo giống cây, bón phân và tưới nước cho rừng... Nhờ những hoạt động ấy, diễn thế rừng tiến triển nhanh theo hướng tiến về thế ổn định (cao đỉnh). Khai khẩn rừng chỉ nhằm mục đích thu lợi lớn nhất trong khoảng thời gian ngắn có thể dẫn đến rừng bị biến đổi. Các biến đổi này phụ thuộc vào thời gian, cường độ và chu kỳ lặp lại của các tác động. Nếu thời gian và cường độ tác động nhỏ, chu kỳ lặp lại các tác động dài, thì rừng chỉ bị thay đổi rất nhỏ. Sau khi ngừng tác động, rừng sẽ phục hồi trở lại thế ổn định. Nhưng khi con người tác động vào rừng với cường độ lớn và lặp lại liên tục với thời gian ngắn, thì rừng bị biến đổi sâu sắc. Sự biến đổi này có thể xảy ra theo chiều ngược lại với khuynh hướng diễn thế tiến về cao đỉnh, nghĩa là diễn ra sự giảm dần các thứ bậc trong loạt diễn thế hướng về trạng thái ổn định.

Khai thác rừng bằng cách chặt chọn từng cây hoặc từng đám cây thành thực trên diện tích nhỏ, cường độ khai thác thấp và luân kỳ khai thác dài thường không dẫn đến diễn thế rừng. Nhưng khai thác chọn với cường độ rất cao và khai thác trắng trên không gian rộng lớn sẽ dẫn đến diễn thế thứ sinh. Trong trường hợp này, diễn thế thứ sinh phụ thuộc vào trạng thái rừng ban đầu (kiểu rừng, kết cấu loài cây, các thành phần khác của rừng), độ lớn khoảnh chặt, kỹ thuật khai thác, phương thức xử lý khoảnh chặt, nguồn cây giống... Ngay sau khi khai thác, về cơ bản, các thành phần chủ yếu của rừng không có biến đổi lớn. Song theo thời gian, điều kiện lập địa trên khoảnh khai thác diễn ra những biến đổi rất lớn. Trước hết, bức xạ mặt trời đạt đến mặt đất rừng sẽ tăng lên. Điều đó lại kéo theo sự nâng cao chỉ số albedo và nhiệt độ đất. Đến lượt mình, nhiệt độ đất nâng cao sẽ làm tăng quá trình bốc hơi nước tổng số (bốc hơi nước vật lý và thoát hơi nước ở thực vật) và đất có thể trở nên khô hạn vào thời kỳ không có mưa. Do việc loại bỏ thảm thực vật rừng, lượng mưa đạt đến mặt đất cũng tăng lên. Điều đó lại làm tăng quá trình rửa trôi các chất khoáng, tăng xói mòn đất, gây ra lũ, lụt và dịch chuyển đất. Kết quả đất trở nên nghèo kiệt và rừng có sản lượng thấp.

Khai thác trắng trên diện tích lớn còn dẫn đến sự thay đổi về tính chất vật lý và hóa học của môi trường đất. Nếu khai thác chỉ lấy ra phần thân và bỏ lại các thành phần khác (cành, lá...) trên khoảnh chặt, thì chỉ có một phần nhỏ đạm và các chất khoáng bị đưa ra khỏi rừng. Nếu toàn bộ thân cây gỗ trên khoảnh chặt bị đưa ra khỏi rừng và vật liệu bỏ lại sau khai thác (cành, lá) được xử lý bằng lửa, thì sự biến đổi của đất sẽ diễn ra hoàn toàn khác. Quá trình phân giải và khoáng hóa vật rụng tăng lên rõ rệt vào năm đầu tiên sau khi khai thác trắng. Hàm lượng chất khoáng và đạm ở tầng đất mặt tăng lên rõ rệt. Những nghiên cứu chu trình dinh dưỡng ở rừng ôn đới cho thấy hàm lượng đạm chứa trong phần thân là 6%, còn 94% chứa trong lớp vật rụng và lớp đất (Bảng 3.6). Ngược lại, ở rừng nhiệt đới, 58% đạm và chất khoáng dễ tiêu chứa trong sinh khối (Bảng 3.6). Do đó, nếu phá bỏ lớp phủ rừng nhiệt đới, thì đất sẽ nhanh chóng bị nghèo kiệt, bởi vì các sản phẩm của quá trình khoáng hóa sẽ nhanh chóng bị rửa trôi hoặc bị bào mòn do ảnh hưởng của mưa.

Các phương tiện khai thác khác nhau (máy móc hiện đại, phương tiện thủ công) ảnh hưởng không giống nhau đến các thành phần chừa lại sau khai thác. Khai thác rừng bằng cơ giới có thể làm cho đất bí chặt, tăng xói mòn, cây gỗ bị đổ gãy và bị sâu hại... Khai thác rừng cũng có thể cải thiện hàm lượng chất hữu cơ và chất khoáng trong đất nhờ đẩy nhanh quá trình phân giải vật rụng sau khi khai thác. Trong một số năm đầu, cường độ của

quá trình nitrit hóa trong đất tăng lên. Quá trình này có thể xảy ra ngay cả ở những nơi mà đất thiếu vi sinh vật thuộc nhóm Nitrosomonas và Nitrobacter. Đất chua và tỷ lệ C/N thấp vẫn thấy lượng nitrat lớn. Nhưng ở đất ẩm hoặc đất dư thừa nước, mất rừng sẽ dẫn đến làm mất nitơ, do đó thực vật không hấp thu được nitơ. Ví dụ: Khi loại bỏ hoàn toàn lớp thảm thực vật, thì lượng đạm bị rửa trôi vào năm đầu có thể đạt 58 kg/ha (Borman, 1967; Dẫn theo Baur, 1979).

Khai thác trắng còn làm tăng ảnh hưởng của của gió hại, làm bùng nổ những loài thực vật thân thảo và cây bụi. Điều này cũng gây ra khó khăn không nhỏ cho việc xử lý đất để trồng rừng và phòng chống cháy rừng.

Phương thức canh tác theo kiểu du canh được thực hiện bằng cách phá bỏ rừng để trồng cây nông nghiệp ngắn ngày cũng ảnh hưởng lớn đến diễn thế rừng. Các nương rẫy bị bỏ hóa sau một vài vụ canh tác cây nông nghiệp dần dần xuất hiện những loài cây gỗ ưa sáng và kém giá trị. Khi môi trường trên nương rẫy được cải thiện, nhiều loài cây gỗ của rừng nguyên sinh lại có khả năng tái sinh. Quá trình diễn thế thứ sinh ở đây phụ thuộc vào mức độ đất bị thoái hóa, kích thước của nương rẫy, sự gần gũi với các rừng nguyên sinh... Nếu rừng bị khai thác trên không gian lớn và chu kỳ lặp lại ngắn, thì rừng không thể phục hồi trở lại các thứ bậc cao trong loạt diễn thế tiến về cao đỉnh. Trong nhiều trường hợp sau khi nương rẫy bỏ hóa, rừng có thể tái sinh lại nhanh chóng. Nhưng cũng có không ít trường hợp khả năng ấy không xảy ra. Ngược lại, rừng có thể bị phá hủy vĩnh viễn và thay vào đó là đồng cỏ nhiệt đới (Savanna). Tùy theo tình trạng của đất sau khi khai thác và làm nương rẫy, Thái Văn Trùng (1999) đã phân chia quá trình diễn thế thứ sinh thành hai chuỗi diễn thế lớn.

(1) *Chuỗi diễn thế trên đất rừng nguyên trạng.* Đất rừng nguyên trạng là đất còn mang những tính chất cơ bản của đất rừng. Chuỗi diễn thế trên đất rừng nguyên trạng sẽ phục hồi lại các kiểu QXTV rừng trong chuỗi diễn thế nguyên sinh do chế độ nhiệt và độ ẩm không chế. Sự phục hồi thấy rõ cả ở hình thái, kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tương tự như rừng trước khi bị tác động. Do đó, kiểu diễn thế trên đất rừng nguyên trạng được gọi là diễn thế phục hồi. Tuy nhiên, trong một số trường hợp kiểu diễn thế này có thể không đạt đến trạng thái rừng ổn định. Nguyên nhân căn bản là do thảm thực vật và môi trường đất đã bị biến đổi sâu sắc dưới ảnh hưởng của con người và các nhân tố tự nhiên. Ví dụ: Đất có thể bị phơi trồng dẫn đến xói mòn mạnh; rừng bị khai thác lặp lại nhiều lần; khoanh khai thác trên sườn dốc; thành phần loài cây xưa kia đã từng định cư ở đây bị tuyệt diệt... Sự tác động của con người cũng có thể đẩy nhanh quá trình diễn thế. Chẳng hạn: Trồng các rừng mới trên khoanh khai thác, cải tạo giống cây và đất, tưới nước và bón phân cho rừng... Nhưng con người cũng có thể trở thành nhân tố ngăn cản lớn nhất đến tiến trình diễn thế rừng.

(2) *Chuỗi diễn thế trên đất rừng thoái hóa.* Đất rừng bị thoái hóa là đất không còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng. Khi lớp phủ thực vật rừng bị phá hủy hoàn toàn, thì môi trường đất có thể bị thay đổi rất lớn. Chẳng hạn: Đất bị mất lớp mùn và lớp đất mặt tối xốp; đất bị xói mòn mạnh có thể mất cả tầng A, rồi cả tầng B; đất bị kết vón đá ong... Nếu thảm thực vật và đất không lâm vào tác động lớn từ bên ngoài, thì theo thời gian rừng sẽ phát sinh và phát triển dần từng bước để đạt đến các thứ bậc cao trong chuỗi diễn thế thứ sinh tiến về rừng cao đỉnh. Kiểu diễn thế này được gọi là diễn thế đúng hướng. Nếu thảm thực vật và đất bị tác động nhiều lần (khai thác gỗ, củi, chăn thả gia súc...), thì diễn thế thứ sinh có thể diễn ra theo hướng thoái biến. Nếu các QXTV rừng vẫn tiếp tục bị phá hủy, thì chúng sẽ chuyển dần thành các QXTV với sự ưu thế cỏ dại và cây bụi gai. Các QXTV này tồn tại khá lâu dài và về bề ngoài có hình thái giống như một QXTV cao đỉnh. Kiểu diễn thế từ các QXTV với cây gỗ ưu thế đến các QXTV với cỏ và cây bụi gai ưu thế

được gọi là diễn thế chệch hướng. Nếu QXTV với ưu thế cỏ dại và cây bụi gai không tiếp tục bị con người tác động, thì theo thời gian đất và thảm thực vật sẽ tiến hóa dần để đạt đến các thứ bậc cao hơn trong chuỗi diễn thế thứ sinh. Quá trình diễn thế này có thể diễn ra như sau: Trảng cỏ $\Rightarrow$ Trảng cỏ - cây bụi $\Rightarrow$ Trảng cây bụi $\Rightarrow$ Trảng cây gỗ lớn $\Rightarrow$ Rừng thưa rụng lá $\Rightarrow$ Rừng kín rụng lá $\Rightarrow$ Rừng kín nửa rụng lá $\Rightarrow$... $\Rightarrow$ Rừng kín thường xanh ổn định với khí hậu địa phương (Rừng cao đỉnh khí hậu, Rừng cao đỉnh khí hậu - đất). Kiểu diễn thế này được gọi là diễn thế đúng hướng.

Tóm lại, mỗi giai đoạn diễn thế được ấn định bởi các điều kiện vi khí hậu, đất, địa hình, thảm thực vật, hoạt động của con người, động vật và vi sinh vật. Các QXTV đặc trưng cho một giai đoạn diễn thế nhất định bao gồm những loài cây thích nghi với các điều kiện vật lý và sinh học của giai đoạn đó. Khai thác trắng làm cho QXTV và môi trường bị biến đổi căn bản. Kết quả của những biến đổi này dẫn đến những biến đổi căn bản về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng rừng được hình thành sau khi khai thác. Khi các mục tiêu kinh doanh rừng đòi hỏi duy trì một vài loài cây gỗ thuộc một giai đoạn trung gian nào đó của chuỗi diễn thế tiếp tục tạo ra sản phẩm cho chu kỳ kinh doanh sau, thì nhà lâm học cần phải tạo ra điều kiện môi trường đất và vi khí hậu có lợi cho chúng. Chặt trắng tạo ra điều kiện môi trường thuận lợi cho sự phát triển của các loài cây gỗ ưa sáng, nhưng có thể kìm hãm sự tồn tại tiếp theo của chúng. Khi điều kiện môi trường sau khi khai thác QXTV không bị biến đổi lớn, thì các cây non của các loài cây gỗ thuộc giai đoạn diễn thế đầu không thể sinh trưởng tốt. Chúng có thể thích nghi với vi khí hậu, nhưng không thể thích nghi với điều kiện đất. Trong một số trường hợp, những biến đổi của điều kiện môi trường do ảnh hưởng của lửa và xói mòn đất có thể là điều kiện làm phát sinh thảm thực vật thuộc các giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế. Khi tình hình đó xảy ra, thời gian cần cho quá trình diễn thế rừng để đạt đến rừng cao đỉnh sẽ kéo dài. Đó là một khó khăn lớn cho kinh doanh rừng.

9.11. Ý nghĩa của diễn thế rừng

Ý nghĩa của diễn thế được xem xét theo quan điểm sinh học và kinh tế. Về ý nghĩa sinh học, diễn thế các loài cây là có lợi, bởi vì đó là quy luật tiến hóa của thảm thực vật. Trồng một loài cây gỗ qua nhiều chu kỳ trên một lập địa nhất định thường dẫn đến giống cây bị thoái hóa, sản lượng gỗ và chất lượng lập địa bị suy giảm...Do đó, sự luân canh các loài cây gỗ cho phép khắc phục được các nhược điểm nói trên. Về ý nghĩa kinh tế, diễn thế có thể có lợi nhưng cũng có thể mang lại điều bất lợi. Diễn thế có lợi xảy ra trong trường hợp một thảm thực vật kém giá trị, sản lượng thấp và tính ổn định kém được thay thế bằng thảm thực vật khác có nhiều giá trị, sản lượng cao và ổn định. Chẳng hạn: Đối với chuỗi diễn thế rừng ở ven biển, những hoạt động lâm sinh nhằm duy trì điều kiện môi trường có lợi cho sự tồn tại của rừng Đước sẽ nhận được lợi ích kinh tế cao hơn so với thảm thực vật của các giai đoạn diễn thế sau. Các diễn thế đi ngược lại mục tiêu kinh tế của con người đều được coi là diễn thế không có lợi.

Sự đối lập giữa nhu cầu kinh tế và nhu cầu của lâm học được các nhà lâm học giải quyết bằng nhiều cách khác nhau. Ví dụ: (1) Tạo ra các rừng trồng hỗn giao từ các loài cây gỗ có quan hệ tương hỗ với nhau; (2) Sử dụng phương thức khai thác thích hợp nhằm điều khiển sự diễn thế rừng; (3) Không chế các nhân tố có tác dụng lái diễn thế chệch hướng; (4) Tác động vào lập địa để duy trì những loại rừng mang lại nhiều giá trị về sử dụng và kinh tế.

9.12. Tóm tắt chương 9

Một trong những đặc trưng cơ bản của rừng là sự biến đổi theo thời gian. Đất được hình thành, phát triển và xói mòn. Thời tiết biến đổi theo mùa, còn khí hậu biểu hiện sự biến đổi theo thời gian dài. Các sinh vật riêng rẽ phát sinh, trưởng thành và chết. Cùng với các biến đổi liên tục trong môi trường cũng xảy ra những biến đổi của các quá trình tích lũy năng lượng và vật chất trong sinh khối, chu trình của các chất khoáng trong hệ sinh thái rừng. Để thích nghi với môi trường, rừng cũng phản ứng lại đối với những biến đổi của môi trường. Các kiểu biến đổi của rừng phản ánh kiểu môi trường. Sự biến đổi kế tiếp nhau của môi trường là do ảnh hưởng phối hợp của khí hậu, đất, địa hình và hoạt động của sinh vật. Những quá trình biến đổi diễn ra trong các hệ sinh thái rừng được gọi là diễn thế rừng. Rừng và môi trường thay đổi theo thời gian trên một không gian nhất định được gọi là chuỗi diễn thế rừng.

Học thuyết đơn cao đỉnh cho rằng kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của QXTV rừng của các chuỗi diễn thế đều được ấn định bởi điều kiện đại khí hậu của khu vực. Rừng cao đỉnh khí hậu bao gồm những loài cây gỗ có khả năng tái sinh tự nhiên liên tục dưới tán rừng. Nhờ đó rừng cao đỉnh tự duy trì lâu dài dưới điều kiện khí hậu đang thịnh hành. Học thuyết đơn cao đỉnh còn cho rằng tất cả các thảm thực vật trong một khu vực thuần nhất về khí hậu sớm hay muộn đều đạt đến cao đỉnh khí hậu. Nguyên nhân là vì thảm thực vật thuộc các giai đoạn khác nhau của chuỗi diễn thế trước cao đỉnh đang phát triển hướng về cao đỉnh sau khi có sự rối loạn.

Học thuyết đa cao đỉnh cho rằng kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và tính ổn định của rừng được ấn định bởi nhiều nhân tố sinh thái khác nhau. Diễn thế rừng không nhất thiết chỉ đi theo một hướng và ổn định với một QXTV cao đỉnh khí hậu. Do ảnh hưởng của nhiều nhân tố, nên thảm thực vật trên một không gian rộng lớn với sự thuần nhất về khí hậu hình thành một khảm các kiểu QXTV cao đỉnh khác nhau nằm trong thế cân bằng với nhiều nhân tố khác nhau.

Học thuyết kiểu cao đỉnh cho rằng thảm thực vật rừng là một thể biến trạng liên tục; trong đó các loài cây gỗ phân bố và thay thế lẫn nhau dọc theo gradient môi trường. Nhiều loài cây gỗ được tổ hợp lại thành những quần xã khác nhau và một loài cây gỗ có thể có mặt trong rất nhiều quần xã. Vì thế, thảm thực vật rừng là một kiểu phức hợp của nhiều QXTV hợp nhất lại, thay vì nhiều QXTV riêng biệt. Diễn thế bên trong một kiểu phức hợp sẽ dẫn đến một kiểu phức hợp cao đỉnh. Quần xã thực vật cao đỉnh chiếm phần lớn nơi ở của một khu vực thuần nhất về khí hậu là cao đỉnh khí hậu và nó biểu thị cho khí hậu của khu vực này.

Diễn thế xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau; trong đó các nhân tố sinh học điều khiển hầu hết các kiểu diễn thế. Tuy vậy, sự biến đổi của môi trường vô cơ (khí hậu, đất) cũng có tầm quan trọng trong một số trường hợp. Các quá trình diễn thế xuất hiện tùy theo điều kiện môi trường. Các chuỗi diễn thế rừng không chỉ được xác định dựa trên những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế, mà còn cả đặc tính của đất dưới tán rừng. Sự hợp nhất các chuỗi diễn thế rừng trên một kiểu môi trường là một kiểu diễn thế rừng.

Cùng với sự diễn thế của QXTV cũng xảy ra sự diễn thế của các quần xã động vật và vi sinh vật. Mỗi giai đoạn diễn thế rừng tương ứng có một tổ hợp thực vật, động vật và vi sinh vật nhất định. Những hoạt động lâm sinh và làm nương rẫy cũng ảnh hưởng đến rừng. Tùy theo cường độ và thời gian lặp lại các tác động, diễn thế có thể xảy ra theo những hướng khác nhau và tốc độ khác nhau. Muốn duy trì lâu dài sản phẩm nhận được từ một số loài cây gỗ thuộc một hoặc một số giai đoạn diễn thế nào đó, nhà lâm học phải đảm bảo môi trường luôn thích hợp với chúng.

Diễn thế sinh thái là một trong những chủ đề quan trọng của lý thuyết sinh thái rừng. Những thông tin về các quá trình, tốc độ và các kiểu diễn thế rừng là cơ sở khoa học để quyết định những biện pháp điều khiển rừng đang diễn thế. Ngoài ra, kiến thức về diễn thế rừng còn cho phép hiểu rõ tiềm năng và sự phát triển của rừng theo thời gian.

Câu hỏi chương 9

- (1) Định nghĩa diễn thế sinh thái và diễn thế rừng?
- (2) Phân biệt diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh?
- (3) Tại sao diễn thế thứ sinh tiến triển nhanh hơn so với diễn thế nguyên sinh?
- (4) Trình bày học thuyết diễn thế đơn cao đỉnh và học thuyết diễn thế đa cao đỉnh?
- (5) Diễn thế phục hồi và diễn thế thoái biến là gì?
- (6) Định nghĩa diễn thế rừng đúng hướng và diễn thế rừng chệch hướng?
- (7) Phân biệt rừng cao đỉnh và rừng đang trong giai đoạn diễn thế?
- (8) Cho biết những đặc điểm cơ bản của các loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh?
- (9) Cho biết vai trò của khai thác rừng trong diễn thế rừng? Tại sao khai thác rừng theo đúng nguyên lý lâm sinh giúp cho rừng không bị diễn thế chệch hướng?
- (10) Tại sao khai thác chọn với cường độ rất cao và khai thác trắng có thể dẫn đến rừng diễn thế chệch hướng?

Chương 10

PHÂN LOẠI RỪNG

10.1. Mở đầu

Ở các chương 6-9, chúng ta đã phân tích quan hệ qua lại giữa rừng với các điều kiện tự nhiên (khí hậu, đất, địa hình) và hoạt động của động vật và con người, các đặc tính của QXTV và diễn thế rừng. Từ những quan hệ giữa rừng và môi trường cho thấy, rừng trên những lãnh thổ rộng lớn rất đa dạng và phức tạp về hình thái bên ngoài, thành phần loài cây, cấu trúc, sản lượng và môi trường. Mặc dù vậy, chúng ta vẫn có thể phân chia chúng thành những kiểu rừng khác nhau. Mỗi kiểu rừng có những đặc trưng nhất định về hình thái bên ngoài, kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng gỗ và đặc tính của lập địa. Chính vì thế, những sự phụ thuộc giữa các đặc trưng của QXTV với các điều kiện môi trường là cơ sở khoa học của phân loại rừng.

Thảm thực vật rừng trong một lãnh thổ hay khu vực địa lý nhất định là tập hợp các loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo. Phân loại rừng là sắp xếp thảm thực vật rừng trong một khu vực địa lý nhất định thành các kiểu rừng khác nhau dựa theo những tiêu chuẩn nhất định. Kiểu rừng là tập hợp các khu rừng có sự tương đồng về hình thái bên ngoài, kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, sinh trưởng và phát triển, sản lượng gỗ và điều kiện môi trường (khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của sinh vật và con người). Từ các đặc điểm của các kiểu rừng, nhà lâm học có thể đưa ra những nhận định về đặc tính của các kiểu rừng. Mức độ chính xác của các nhận định tùy thuộc vào tính đồng nhất của mỗi kiểu rừng và những tiêu chuẩn được sử dụng để định nghĩa kiểu rừng.

Phân loại rừng thay đổi tùy theo mục đích đặt ra. Những mục đích khác nhau dẫn đến những phương pháp phân loại rừng khác nhau. Trong lâm học, mục đích của phân loại rừng là cung cấp các thông tin về đặc điểm lâm học (hình thái, kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, sinh trưởng và phát triển, sản lượng gỗ, quá trình tái sinh, diễn thế và điều kiện môi trường) của các kiểu rừng để làm cơ sở khoa học cho xây dựng các phương thức lâm sinh. Trong quản lý rừng, mục đích của phân loại rừng là cung cấp các thông tin về rừng để xây dựng các biện pháp quản lý rừng. Trong kinh doanh rừng, mục đích của phân loại rừng là cung cấp các thông tin về rừng để sử dụng hợp lý tài nguyên và ngăn ngừa sự lãng phí vốn đầu tư. Vì thế, tiêu chuẩn phân loại rừng phải được xác định tùy theo mục đích của phân loại rừng.

Để thuận lợi cho việc phân loại rừng, nhà lâm học chỉ chọn một số chỉ tiêu trội của rừng. Theo Whittaker (1972), những tiêu chuẩn phân loại rừng phải thỏa mãn 3 tính chất. Một là tính hữu dụng. Đó là tiêu chuẩn phải được nhận biết dễ dàng và đo đạc được. Hai là tiêu chuẩn phải có ý nghĩa. Đó là tiêu chuẩn phải phân biệt rõ ràng không chỉ kiểu rừng này với kiểu rừng khác, mà còn phản ánh rõ mối quan hệ giữa rừng và môi trường. Ba là tính hiệu quả. Đó là tiêu chuẩn không chỉ phản ánh rõ đặc trưng của rừng, mà còn giúp ích cho việc phân chia các kiểu rừng thành những đơn vị nhỏ hơn như kiểu phụ, quần hợp, ưu hợp, phức hợp.

Các khu rừng được tách ra theo những chỉ tiêu trội được gọi là “Thể tổng hợp những nhân tố sinh học tự nhiên”. Toàn bộ thảm thực vật rừng bao gồm vô số các đơn vị phân loại như vậy. Nhà lâm học không thể phân chia thảm thực vật rừng thành các đơn vị nhỏ hơn dựa trên nhiều chỉ tiêu khác nhau. Nguyên nhân là vì: (1) Sử dụng nhiều chỉ tiêu dẫn đến khó khăn cho việc đo đạc chúng; (2) Sử dụng nhiều chỉ tiêu không chỉ tạo ra rất nhiều đơn vị phân loại rừng, mà còn gây ra những khó khăn cho việc tổng hợp và so sánh sự khác nhau giữa các đơn vị phân loại rừng; (3) Nhiều đơn vị phân loại rừng dẫn đến khó

khăn cho việc nhận biết và áp dụng chúng trong quản lý rừng, xây dựng các phương thức lâm sinh và định hướng các phương thức kinh doanh rừng.

Cho đến nay, các nhà sinh thái học và lâm học đã xây dựng nhiều phương pháp phân loại rừng. Một số phương pháp phân loại rừng chỉ dựa vào đặc tính của môi trường vật lý (khí hậu, địa hình, đất) quyết định các đặc trưng của rừng. Ví dụ: (1) Phương pháp phân loại rừng dựa vào sự khác biệt của khí hậu; (2) Phương pháp phân loại rừng dựa vào sự khác biệt của nhân tố địa lý (độ kinh, độ vĩ). Một số phương pháp phân loại rừng dựa vào các đặc trưng cơ bản của QXTV (hình thái, kết cấu loài cây gỗ, sản lượng gỗ). Ví dụ: (1) Phương pháp phân loại rừng dựa vào hình thái của thảm thực vật; (2) Phương pháp phân loại rừng dựa vào sản lượng gỗ. Một số phương pháp phân loại rừng khác lại sử dụng tất cả các nhân tố chủ đạo của hệ sinh thái rừng trong tập hợp thảm thực vật - môi trường. Chẳng hạn: (1) Phương pháp phân loại rừng dựa vào hình thái bên ngoài của rừng và môi trường; (2) Phương pháp phân loại hệ sinh thái rừng.

Nói chung, không thể có một phương pháp phân loại rừng đơn giản tốt nhất hoặc đúng nhất đáp ứng được tất cả các mục đích của phân loại rừng, mặc dù luôn có một phương pháp tốt nhất để áp dụng kết quả phân loại rừng. Phương pháp phân loại rừng tốt nhất chỉ được định nghĩa bởi việc ứng dụng và các nhu cầu thay đổi theo thời gian. Một hệ thống phân loại rừng tốt nhất có thể chỉ đúng với 20-25 năm trước đây, nhưng nó có thể không phù hợp trong điều kiện hiện nay. Ví dụ: Trước đây phân loại rừng chỉ dựa vào sản lượng gỗ trung bình trên một đơn vị diện tích ($M, m^3/ha$) và tuổi ($A, năm$) của các loài cây gỗ đáp ứng được mục tiêu kinh tế hay kỳ vọng của con người. Bởi vì sản lượng gỗ và tuổi của các loài cây gỗ luôn thay đổi theo thời gian, nên những hệ thống phân loại rừng chỉ dựa vào hai chỉ tiêu này không cho phép nhận biết rõ ràng phạm vi ranh giới, vị trí và các đặc trưng của rừng theo thời gian.

Phân loại rừng không phải là một hoạt động tĩnh hay bất biến. Phân loại rừng phải đáp ứng tốt các nhu cầu đa dạng của lâm nghiệp và các hoạt động khác theo thời gian. Những hệ thống phân loại rừng dựa vào các đơn vị cơ bản của rừng là hệ thống phân loại phù hợp hơn so với những hệ thống phân loại rừng chỉ dựa vào một hợp phần nhỏ của rừng. Vì thế, ngày nay người ta xem phân loại rừng thật sự khoa học là phân loại rừng dựa vào nguồn gốc phát sinh rừng theo học thuyết hệ sinh thái. Hệ thống phân loại này không chỉ phản ánh rõ những đặc điểm cơ bản của rừng, mà còn cả nguồn gốc phát sinh rừng. Theo nguồn gốc phát sinh, các khu rừng được phân chia không phải theo nguồn gốc chung mà theo nguồn gốc của một hợp phần cụ thể, nghĩa là hợp phần lấy làm đơn vị phân loại rừng ở một bậc nhất định.

Chương 10 giới thiệu tóm tắt một số phương pháp phân loại rừng trên thế giới. Tiếp đến giới thiệu hệ thống phân loại rừng Việt Nam của Thái Văn Trùng (1999). Sau đó giới thiệu phân loại rừng nguyên sinh, rừng thứ sinh và các trạng thái rừng khác nhau.

10.2. Phân loại rừng dựa theo khí hậu

Khí hậu là một nhân sinh thái ấn định sự hình thành và phát triển của thảm thực vật. Các quần hệ thực vật quan hệ chặt chẽ với khí hậu trên phạm vi rộng lớn. Những biến đổi của khí hậu phản ánh thông qua sự biến đổi của kết cấu loài cây, sản lượng và tính ổn định của thảm thực vật. Khí hậu cũng ảnh hưởng đến quản lý rừng và phương thức lâm sinh. Vì thế, mối liên hệ chặt chẽ giữa thảm thực vật với khí hậu là cơ sở khoa học cho phân loại thảm thực vật.

Khi phân loại thảm thực vật dựa theo sự biến đổi của khí hậu, các thảm thực vật được phân chia thành các tổ hợp thảm thực vật - khí hậu. Tiêu chuẩn phân chia thảm thực

vật là các dạng sống (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo) và hình dáng bên ngoài của chúng như dạng sinh trưởng, kích thước thân cây, hình thái của lá (lá kim, lá rộng), vật hậu của lá (thường xanh, rụng lá) và độ che phủ của tán lá (kín, thưa). Tiêu chuẩn phân chia khí hậu thường là mức độ khô hạn và nhiệt độ.

Căn cứ vào phân bố của thảm thực vật theo chế độ nhiệt và lượng mưa, Köppen (1923; Dẫn theo Kimmins, 1998) đã phân loại khí hậu trên thế giới thành 5 kiểu ([Bảng 10.1](#)). Theo phân loại khí hậu của Köppen (1923), thảm thực vật rừng thế giới đã được phân chia thành rừng mưa nhiệt đới, rừng khô, rừng ôn đới, rừng ở vùng lạnh ẩm và rừng ở vùng cực (rừng Taiga).

Bảng 10.1. Các kiểu khí hậu trên trái đất. Nguồn: Köppen, 1923.

TT	Kiểu khí hậu
1	Kiểu khí hậu mưa nhiệt đới.
2	Kiểu khí hậu khô.
3	Kiểu khí hậu ôn đới.
4	Kiểu khí hậu lạnh ẩm.
5	Kiểu khí hậu vùng cực (Tundra = Đài nguyên).

Budurko (1956) phân loại phân loại khí hậu trên trái đất dựa theo tỷ lệ R/L_r ; trong đó R là lượng bức xạ thu nhận cả năm ($\text{kcal/cm}^2/\text{năm}$), L_r là lượng nhiệt cần thiết để làm bốc hơi hết lượng mưa cả năm ($\text{kcal/cm}^2/\text{năm}$), r là lượng mưa, L là nhiệt hóa hơi. Theo tỷ lệ R/L_r , khí hậu trái đất được phân loại thành 7 vùng ([Bảng 10.2](#)). Khi $R < 40\text{kcal/cm}^2/\text{năm}$, thì sự nâng cao nhiệt độ dẫn đến sự gia tăng sản lượng của thảm thực vật. Ngược lại, khi $R > 40\text{kcal/cm}^2/\text{năm}$, thì sự nâng cao lượng mưa dẫn đến sự gia tăng sản lượng của thảm thực vật.

Bảng 10.2. Các vùng khí hậu trên trái đất. Nguồn: Budurko (1956)

TT	Vùng khí hậu	Tỷ lệ R/L_r
1	Vùng khí hậu đủ ẩm	< 1
2	Vùng khí hậu thiếu ẩm	> 1
3	Vùng khí hậu sa mạc	> 3
4	Vùng khí hậu bán sa mạc	$2 \div 3$
5	Vùng khí hậu thảo nguyên	$1 \div 2$
6	Vùng khí hậu rừng	$0,33 \div 1$
7	Vùng khí hậu Tundra (Đài nguyên)	$< 0,33$

Căn cứ vào phân bố của thảm thực vật theo các cảnh quan địa lý, Berger (1956) đã phân loại khí hậu trên thế giới thành 12 kiểu ([Bảng 10.3](#)). Theo hệ thống phân loại khí hậu này, thảm thực vật rừng thế giới đã được phân chia thành 12 kiểu: (1) Rừng ở vùng cực Bắc (Tundra); (2) Rừng Taiga; (3) Rừng lá rộng ôn đới; (4) Thảo nguyên rừng; (5) Rừng ở địa Trung Hải; (6) Rừng ở vùng khí hậu gió mùa ôn đới; (7) Rừng á nhiệt đới ẩm; (8) Sa mạc nội địa nhiệt đới; (9) Sa mạc nhiệt đới; (10) Thảo nguyên nhiệt đới (Savanna); (11) Rừng mưa nhiệt đới; (12) Dải rừng trên núi cao khô và lạnh.

Trong thực hành, phương pháp phân loại rừng theo yếu tố khí hậu ở mức vùng và toàn quốc được thực hiện theo 3 bước. Bước 1: Lập bản đồ phân vùng khí hậu. Bước 2: Lập bản đồ thảm thực vật rừng dựa theo các dạng sống (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo) và hình thái bên ngoài của chúng. Bước 3: Xác định các kiểu rừng bằng cách chồng ghép bản đồ thảm thực vật rừng và bản đồ khí hậu.

Nói chung, các hệ thống phân loại rừng dựa theo khí hậu chỉ mang tính khái quát. Rừng không chỉ phụ thuộc vào khí hậu, mà còn vào kiểu đất và nhiều yếu tố khác (địa hình, sinh vật, con người). Vì thế, phân loại rừng theo sự biến đổi của khí hậu chỉ có ý nghĩa trong phân vùng sản xuất và quy hoạch rừng. Chúng không giúp ích nhiều cho việc xây dựng các phương thức lâm sinh.

Bảng 10.3. Các vùng khí hậu trên trái đất. Nguồn: Berger (Dẫn theo Kimmins, 1998)

TT	Kiểu khí hậu
1	Khí hậu Tundra (Đài nguyên).
2	Khí hậu Taiga.
3	Khí hậu rừng lá rộng ôn đới.
4	Khí hậu thảo nguyên.
5	Khí hậu địa Trung Hải.
6	Khí hậu gió mùa ôn đới.
7	Khí hậu rừng á nhiệt đới ẩm.
8	Khí hậu sa mạc nội địa nhiệt đới.
9	Khí hậu sa mạc nhiệt đới.
10	Khí hậu thảo nguyên - rừng thưa nhiệt đới (Savanna nhiệt đới).
11	Khí hậu rừng mưa nhiệt đới.
12	Khí hậu núi cao đóng băng vĩnh cửu.

10.3. Phân loại rừng dựa theo đất và địa hình

Kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng của rừng phụ thuộc vào đất và địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc, độ lục địa...). Địa hình là nhân tố sinh thái độc lập và thay đổi không lớn theo thời gian. Đất cung cấp nguồn sống cho rừng. Tính chất của đất không chỉ thay đổi theo khí hậu và đá mẹ, mà còn theo hoạt động sống của rừng. Vì thế, sự biến đổi của rừng theo đất và địa hình là cơ sở khoa học cho phân loại rừng. Tiêu chuẩn phân loại rừng là kiểu đất, kiểu địa hình, các dạng sống (cây gỗ, cây bụi, thảm cỏ) và hình thái bên ngoài của chúng. Kiểu đất được phân chia thành đất phù sa giàu dinh dưỡng, đất feralit, đất mùn trên núi. Địa hình được phân chia thành 3 kiểu: đồng bằng (Độ cao < 25m so với mặt biển), đồi (Độ cao = 100-300m so với mặt biển), núi (Độ cao > 300m so với mặt biển). Ưu điểm của phương pháp này là nó cho phép nhà lâm học khoanh vẽ dễ dàng ranh giới của rừng theo ranh giới của đất và địa hình.

Trong thực hành, phương pháp phân loại rừng theo yếu tố đất, địa hình và đặc trưng của thảm thực vật được thực hiện theo 4 bước. Bước 1: Lập bản đồ đất trong vùng một khí hậu nhất định. Bước 2: Lập bản đồ địa hình theo loại đất. Bước 3: Lập bản đồ thảm thực vật rừng trong một vùng khí hậu dựa theo các dạng sống và hình thái bên ngoài của chúng. Bước 4: Xác định các kiểu rừng bằng cách chồng ghép bản đồ thảm thực vật rừng, bản đồ địa hình và bản đồ đất. Các kiểu rừng là tổ hợp thảm thực vật rừng + Địa hình + Đất. Nói chung, các hệ thống phân loại rừng dựa theo đất và địa hình chỉ mang tính khái quát. Rừng không chỉ phụ thuộc vào đất và địa hình, mà còn vào khí hậu và nhiều yếu tố khác (sinh vật, con người). Vì thế, phân loại rừng theo sự biến đổi của đất và địa hình chỉ có ý nghĩa trong phân vùng sản xuất và quy hoạch rừng. Chúng không giúp ích nhiều cho việc xây dựng các phương thức lâm sinh.

10.4. Phân loại thảm thực vật rừng

10.4.1. Phân loại rừng dựa theo dạng sống và cấu trúc rừng

Phương pháp phân loại rừng dựa theo dạng sống và cấu trúc rừng còn được gọi là phân loại rừng dựa theo hình dáng bên ngoài của rừng (Physiognomic Classification). Phương pháp này bao gồm phân loại rừng dựa theo các dạng sinh trưởng (Growth Forms); Phân loại rừng dựa theo nhiều tham số của rừng; Phân loại rừng dựa theo biểu đồ trắc diện (Profile Diagrams).

10.4.1.1. Phân loại rừng dựa theo các dạng sinh trưởng

Dạng sinh trưởng biểu thị hình thái của các loài cây ưu thế và môi trường sống của chúng. Căn cứ vào thành phần các dạng sống và môi trường sống của chúng, các thảm thực vật trên một lãnh thổ được phân chia thành các quần hệ thực vật (Plant Formations). Quần hệ thực vật là các kiểu QXTV trên một lãnh thổ nhất định. Các kiểu QXTV được đặc trưng không chỉ bởi các dạng sống ưu thế và hình hình thái bên ngoài, mà còn cả môi trường sống của chúng. Định nghĩa rõ môi trường sống của rừng giúp cho nhà lâm học phân biệt rõ các kiểu rừng. Ví dụ: Rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan ở khu vực Tây nguyên và rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới trên đất phù sa cổ ở khu vực Đông Nam Bộ đều được hình thành bởi các loài thực vật có dạng sống giống nhau (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo), nhưng chúng là các quần hệ thực vật khác nhau. Nguyên nhân là vì chúng sống trên những môi trường khác nhau.

Để phân biệt rõ ràng các quần hệ thực vật, nhà lâm học cần phải dựa vào các dạng sống và hình thái bên ngoài của những loài cây ưu thế ở trạng thái cao đỉnh (Climax) hoặc giai đoạn diễn thế cuối cùng của một chuỗi diễn thế. Các thảm thực vật có những đặc trưng tương đồng với nhau được ghép thành một kiểu quần hệ. Schimper (1903; Dẫn theo Baur, 1979) phân biệt ba kiểu quần hệ: Quần thụ, quần thảo và hoang mạc. Ba kiểu quần hệ này lại được phân chia nhỏ thành các kiểu thảm thực vật. Kiểu thảm thực vật là tập hợp các thảm thực vật có cùng một dạng sống ưu thế. Ở phạm vi toàn thế giới, Whittaker (1975; Dẫn theo Baur, 1979) đã phân chia thảm thực vật thành 21 kiểu quần hệ khác nhau.

1. Rừng mưa nhiệt đới (Tropical rain forest).
2. Rừng phân mùa nhiệt đới (Tropical sub-seasonal forest).
3. Rừng mưa ôn đới (Temperate rain forest).
4. Rừng rụng lá ôn đới (Temperate deciduous forests).
5. Rừng thường xanh ôn đới (Temperate evergreen forests).
6. Rừng Taiga. Đó là rừng lá kim ở vùng cực Bắc và cận núi cao ôn đới.
7. Rừng cận núi cao nhiệt đới (Subtropical alpine forest).
8. Rừng thưa lá rộng nhiệt đới (Tropical broadleaf sparse forest).
9. Rừng cây gai (Thornwood).
10. Rừng thưa ôn đới (Temperate sparse forest).
11. Rừng cây bụi ôn đới (Temperate shrub forest).
12. Thảo nguyên nhiệt đới (Savanna).
13. Thảo nguyên ôn đới (Steppe, Temperate grasslands).
14. Rừng cây bụi trên núi cao (Alpine shrublands).
15. Thảo nguyên trên núi cao (Alpine grasslands).
16. Tundra. Đó là đồng bằng Bắc cực rải rác cây gỗ hay Đài nguyên.
17. Rừng cây bụi bán sa mạc ẩm (Warm semidesert scrubs).

18. Bán sa mạc mát (Cool semidesert).
19. Bán sa mạc núi cao bắc cực (Arctic high mountain semidesert).
20. Sa mạc á nhiệt đới (Subtropical desert).
21. Sa mạc núi cao bắc cực (Arctic high mountain desert).

Quần hệ thực vật cùng chung sống với các quần xã động vật và vi sinh vật trên một lục địa nhất định và môi trường vật lý của chúng (khí hậu, đất, địa hình) hình thành một sinh hợp (Biome). Rừng lá rộng thường xanh nhiệt đới, đồng cỏ và rừng lá kim ôn đới là ba ví dụ về các Biome. Tập hợp những Biome tương đồng với nhau về kiểu quần hệ thực vật được gọi là kiểu Biome. Ví dụ: (1) Kiểu Biome rừng rụng lá ôn đới; (2) Kiểu Biome rừng khô nhiệt đới; (3) Kiểu Biome rừng mưa nhiệt đới...Môi trường vật lý của một Biome được gọi là một đới sống (Life Zone). Ranh giới của các Biome theo hướng Đông - Tây thường thay đổi do ảnh hưởng của các núi cao, các hồ, đại dương và gió địa phương. Các Biome cũng có thể thay đổi do ảnh hưởng của độ ẩm, lửa, đất, động vật và hoạt động của con người. Các Biome thay đổi theo độ vĩ cũng tương tự như sự thay đổi theo độ cao. Trên các núi cao nhiệt đới, sự thay đổi của thực vật ở sườn bắc mạnh hơn so với sườn nam.

10.4.1.2. Phân loại rừng dựa theo nhiều tham số

Phương pháp phân loại rừng này được Kuchner đề xuất vào năm 1947 (Dẫn theo Kimmins, 1998). Sau này Dansereau (1951-1957; Dẫn theo Kimmins, 1998) tiếp tục phát triển. Theo phương pháp này, thảm thực vật được mô tả theo 6 tiêu chuẩn cơ bản: dạng sinh trưởng, kích thước cây, hình thái của lá (lá kim, lá rộng) và vật hậu của lá (thường xanh, rụng lá), hình dạng lá (lá đơn, lá kép), kích thước lá (lá lớn, lá nhỏ...), kết cấu của lá (cứng, mềm...) và độ che phủ của tán lá (kín, thưa). Mỗi tiêu chuẩn này có thể được phân chia nhỏ thành 3-6 tiêu chuẩn phụ.

10.4.1.3. Phân loại rừng dựa theo biểu đồ trắc diện

Phương pháp phân loại rừng này được Davis và Richards (1933-1934; Dẫn theo Thái Văn Trùng, 1999) sử dụng để nghiên cứu rừng nhiệt đới. Phương pháp phân loại rừng này dựa trên phương pháp mô tả cấu trúc của rừng theo chiều đứng và ngang. Các biểu đồ rừng được vẽ chi tiết theo các điều kiện môi trường hình thành rừng. Phương pháp này cho phép phân chia rừng theo điều kiện môi trường, xác định tính phức tạp của rừng, xây dựng các biện pháp lâm sinh.

10.4.2. Phân loại rừng dựa theo loài cây gỗ ưu thế

Phương pháp phân loại rừng này được thực hiện dựa trên phân loại các loài cây gỗ ưu thế trong thảm thực vật ở giai đoạn cao đỉnh (Climax). Độ ưu thế của các loài cây gỗ được đánh giá theo mật độ, thể tích thân, sinh khối và độ che phủ của tán lá trên mặt đất. Ở Mỹ, các kiểu rừng được phân chia dựa theo những loài cây gỗ ưu thế ở tầng trên. Trái lại, các kiểu rừng ở Phần Lan được phân chia dựa theo những loài cây ưu thế ở tầng dưới.

10.4.3. Phân loại rừng dựa theo kết cấu của hệ thực vật

Phương pháp phân loại rừng này được thực hiện dựa trên phân tích kết cấu của hệ thực vật. Phương pháp này được phân chia thành 3 phương pháp khác nhau. Một là phân loại rừng dựa trên kết cấu của hệ thực vật ở tầng trên. Hai là phân loại rừng dựa trên kết

cấu của hệ thực vật ở tầng dưới. Ba là phân loại rừng dựa trên kết cấu của toàn bộ hệ thực vật. Các phương pháp này được sử dụng phổ biến ở châu Âu, Nga và Canada.

10.4.4. Phân loại rừng dựa theo sản lượng gỗ

Phương pháp phân loại rừng này được thực hiện dựa vào biến động sản lượng gỗ của rừng. Sản lượng gỗ ($M, m^3/ha$) của rừng được phân chia thành các mức khác nhau. Nói chung, các hệ thống phân loại rừng dựa theo sản lượng gỗ chỉ mang tính khái quát. Sản lượng gỗ không chỉ thay đổi theo kiểu rừng, mà còn cả khí hậu, đất, địa hình và nhiều yếu tố khác (sinh vật, con người). Ưu điểm của phương pháp phân loại rừng này là nó giúp cho nhà lâm học và điều tra rừng khoanh vẽ dễ dàng ranh giới của rừng theo các mức biến đổi của sản lượng gỗ. Phương pháp này cũng giúp ích cho các nhà quy hoạch rừng phân chia rừng theo các loại hình kinh doanh. Nhược điểm của phương pháp này là tách rời mối quan hệ giữa rừng với các nhân tố hình thành rừng (khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của sinh vật).

10.5. Phân loại hệ sinh thái rừng

Phương pháp phân loại rừng này bao gồm hai kiểu. Một là phương pháp phân loại rừng dựa vào các đơn vị của thảm thực vật và đất. Theo phương pháp phân loại rừng này, trước hết xác định mối quan hệ giữa rừng với đất. Sau đó phân chia rừng theo mối quan hệ giữa rừng với đất. Hai là phương pháp phân loại rừng dựa vào mối quan hệ giữa rừng với các điều kiện môi trường. Theo phương pháp thứ 2, trước hết lập các bản đồ mô tả các điều kiện môi trường hình thành rừng (vị trí địa lý, khí hậu, đất, địa hình). Sau đó lập bản đồ mô tả các đặc trưng của thảm thực vật rừng [dạng sống ưu thế trong tầng ưu thế sinh thái, mức độ che tán của tầng ưu thế sinh thái (kín, thưa), hình thái lá (lá rộng, lá kim) và vật hậu của tán lá (thường xanh, rụng lá)]. Cuối cùng xác định các kiểu rừng bằng cách chồng ghép các loại bản đồ này.

10.6. Các kiểu rừng chủ yếu trên thế giới

Sự phân bố của rừng phụ thuộc vào chế độ nhiệt và lượng mưa. Hai yếu tố này thay đổi rõ rệt theo vị trí địa lý. Theo vĩ độ, rừng thế giới được phân chia thành ba kiểu: rừng nhiệt đới (Tropical Forest), rừng ôn đới (Temperate Forest) và rừng phương bắc (Boreal Forest).

10.6.1. Rừng nhiệt đới

Rừng nhiệt đới phân bố giữa các vĩ độ 23^0 Bắc và 23^0 Nam. Những đặc tính cơ bản của rừng nhiệt đới là đa dạng cao về thực vật, tính phân mùa khá rõ ràng (2 mùa mưa và khô rõ ràng), độ dài ngày 12 giờ. Kiểu rừng này nằm trong vùng có nhiệt độ trung bình năm từ $20-25^0C$; không có mùa đông lạnh; lượng mưa cả năm lớn hơn 1.000mm. Đây là kiểu rừng đa dạng nhất về hệ thực vật và động vật. Rừng nhiệt đới bao gồm 4 kiểu phụ.

- (a) Rừng mưa nhiệt đới (Tropical Rain Forest). Rừng có tán kín, lá rộng và thường xanh và được hình thành từ những loài cây gỗ ưa ẩm cùng với những loài cây thuộc các dạng sống khác nhau trong vành đai nhiệt đới. Kiểu rừng này phân bố ở miền nhiệt đới ẩm với lượng mưa lớn hơn 1.680 mm/năm. Kiểu rừng này cũng phân bố ở những vùng

núi cao ẩm ướt tại vành đai nhiệt đới, vùng á nhiệt đới và vùng khí hậu có tính chất đại dương. Kiểu rừng này đa dạng nhất về hệ thực vật và động vật.

- (b) Rừng ẩm nhiệt đới (Tropical Moist Forest). Kiểu rừng này phân bố ở những nơi có lượng mưa trung bình từ 1.200-2.500mm/năm. Kiểu rừng này cũng rất đa dạng về hệ thực vật và động vật.
- (c) Rừng khô nhiệt đới (Tropical Dry Forest). Kiểu rừng này phân bố ở những nơi có lượng mưa trung bình thấp hơn 1.200mm/năm. Mỗi năm có 4-6 tháng khô; trong đó lượng mưa nhỏ hơn 25mm/tháng.
- (d) Rừng ngập nước mặn ven biển (Mangrove). Kiểu rừng này phân bố ở vùng ven biển; trong đó đất bị ngập nước mặn quanh năm.

10.6.2. Rừng ôn đới

Rừng ôn đới phân bố trong vành đai vĩ độ từ 25-50⁰ Bắc. Kiểu rừng này xuất hiện ở phía đông của Bắc Mỹ, đông bắc Châu Á, phía tây và vùng trung tâm Châu Âu. Những đặc tính cơ bản của rừng ôn đới là đa dạng loài cây gỗ rất thấp (3-4 loài/km²); tính phân mùa rõ ràng (Mùa đông lạnh 4-6 tháng); lượng mưa dao động từ 700-4.500mm/năm; nhiệt độ không khí dao động từ -30⁰C đến 30⁰C, trung bình 10⁰C; ưu thế cây gỗ lá kim, cây gỗ lá rộng rụng lá hoàn toàn về mùa đông lạnh. Theo hình thái lá, vật hậu và lượng mưa, rừng ôn đới bao gồm 3 kiểu phụ:

- (a) Rừng lá kim ôn đới (Temperate Coniferous Forest). Kiểu rừng này hình thành từ những loài cây gỗ lá kim thường xanh; quả có dạng hình nón. Rừng lá kim ôn đới được phân chia nhỏ thành một số kiểu phụ: Rừng lá kim và lá rộng ẩm (Lượng mưa >2.000mm/năm); Rừng lá kim khô (Lượng mưa < 2.000mm/năm).
- (b) Rừng lá rộng ôn đới (Temperate Broadleaf Forest). Kiểu rừng này hình thành từ những loài cây gỗ lá rộng và rụng lá về mùa đông lạnh. Kiểu rừng này bao gồm 2 kiểu phụ: Rừng mưa lá rộng rụng lá ôn đới (Lượng mưa trung bình = 1.500-2.500 mm/năm); Rừng khô lá rộng rụng lá ôn đới (Lượng mưa trung bình nhỏ hơn 1.500 mm/năm).
- (e) Rừng mưa ôn đới (Temperate Rain Forest). Kiểu rừng này phân bố ở những nơi có lượng mưa trung bình trên 2.500mm/năm và nhiệt độ trung bình từ 4-12⁰C.

10.6.3. Rừng phương bắc

Rừng phương bắc còn được gọi là rừng Taiga. Kiểu rừng này xuất hiện ở vĩ độ 50-60⁰ Bắc. Kiểu rừng này có diện tích lớn nhất, tập trung nhiều ở vùng Siberia và Scandinavia, Alaska và Canada. Rừng Taiga xuất hiện ở những nơi có mùa hè ngắn, ẩm và tương đối ẩm, còn mùa đông dài, lạnh và khô. Độ dài của mùa sinh trưởng khoảng 130 ngày. Hệ thực vật và động vật rất nghèo nàn. Cây gỗ có thân thấp và mọc thưa. Rừng Taiga có 2 kiểu là rừng kín và rừng thưa.

10.7. Phân loại rừng Việt Nam của Thái Văn Trùng

10.7.1. Nguyên lý phân loại rừng

Nguyên cơ bản của hệ thống phân loại rừng Việt Nam của Thái Văn Trùng (1999) là nguyên lý sinh thái phát sinh rừng theo học thuyết hệ sinh thái. Học thuyết này cho rằng sự hình thành rừng phụ thuộc vào điều kiện môi trường. Vì thế, đây là phương pháp phân

loại hệ sinh thái rừng. Phân loại hệ sinh thái rừng là phân chia rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo vị trí địa lý, khí hậu, đất, địa hình và hoạt động của con người.

10.7.2. Các đơn vị phân loại rừng

Thái Văn Trường (1999) cho rằng rừng nhiệt đới bao gồm hai loại hình là quần hệ thực vật (Plant Formation) và QXTV rừng. Quần hệ thực vật là thảm thực vật của một lãnh thổ được phân biệt dựa theo sự khác nhau về dạng sống và cấu trúc. Quần hệ thực vật của một lãnh thổ bao gồm ba kiểu: quần hệ cây gỗ (Tree Formation), quần hệ cây bụi (Shrub Formation) và quần hệ cây thân thảo (Herbaceous Formation). Quần xã thực vật rừng là QXTV với cây gỗ ưu thế. Đối với rừng nhiệt đới, tiêu chuẩn phân chia các QXTV rừng là các ưu hợp cây gỗ (Tree Dominations); trong đó tỷ trọng của các loài cây gỗ là cơ sở cho sự phân chia các ưu hợp cây gỗ.

Đơn vị cao nhất của hệ thống phân loại rừng Việt Nam là kiểu rừng (Forest Type). Thảm thực vật rừng là tập hợp toàn bộ thực vật (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo và cây thân leo) trong một lãnh thổ nhất định. Mỗi thảm thực vật rừng trên một lãnh thổ rộng lớn bao gồm nhiều kiểu rừng khác nhau. Kiểu rừng là tập hợp những khu rừng trên một lãnh thổ có sự tương đồng về môi trường (khí hậu, đất, địa hình), dạng sống ưu thế trong tầng ưu thế sinh thái, mức độ che tán của tầng ưu thế sinh thái (kín, thưa), hình thái lá (lá rộng, lá kim) và vật hậu của tán lá (thường xanh, rụng lá). Mỗi kiểu rừng được hình thành dưới các chế độ khí hậu và kiểu đất khác nhau. Theo quan niệm này, rừng Việt Nam được phân chia thành hai kiểu dựa theo nguồn gốc phát sinh: (a) Kiểu rừng nguyên sinh trên đất địa đới (Primary Forest Type on Zonal soil); (b) Kiểu rừng thứ sinh trên đất phi địa đới (Secondary Forest Type on Unzonal soil). Đất địa đới (Zonal soil) là đất được hình thành do ảnh hưởng chủ yếu của khí hậu vùng. Đặc tính cơ bản của đất địa đới là tầng đất dày, không bị kết vón đá ong, giàu chất khoáng và chất hữu cơ, pH ở mức trung tính, mực nước ngầm nông... Đất phi địa đới (Unzonal soil) là những đất hình thành do ảnh hưởng lớn hơn của những yếu tố phi khí hậu (đất, địa hình, lửa, hoạt động của con người và động vật). Đặc tính cơ bản của đất phi địa đới là tầng đất mỏng, kết vón đá ong ở mức độ khác nhau, nghèo chất khoáng và chất hữu cơ, mực nước ngầm sâu...

Đơn vị liền ngay sau kiểu rừng là kiểu rừng phụ (Sub-Forest type). Một kiểu rừng được phân chia thành các kiểu rừng phụ dựa theo sự khác nhau về khu hệ thực vật, đá mẹ, đất, sinh vật - con người. Nếu khu hệ thực vật có các loài cây gỗ ưu thế khác nhau tùy theo môi trường sống, thì các kiểu rừng phụ được phân loại theo kiểu quần xã cây gỗ. Tùy theo loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế, các quần xã cây gỗ được phân chia thành các quần hợp thực vật (Plant Associations), ưu hợp thực vật (Plant Dominations) và phức hợp thực vật (Plant Complexity). Đối với rừng tự nhiên nhiệt đới, ưu hợp thực vật là đơn vị cơ bản của QXTV rừng. Ưu hợp thực vật là quần xã cây gỗ có tỷ lệ cá thể hoặc thể tích của dưới 10 loài cây gỗ chiếm 40-50% so với tổng số cá thể hoặc thể tích của các loài cây gỗ. Quần hợp thực vật là quần xã cây gỗ có tỷ lệ cá thể hoặc thể tích của 1-2 loài cây gỗ chiếm trên 90% so với tổng số cá thể hoặc thể tích của các loài cây gỗ. Phức hợp thực vật là quần xã cây gỗ có độ ưu thế của các loài cây gỗ phân hóa không rõ ràng, mỗi loài có chỉ số IVI < 5%.

10.7.3. Thứ bậc trên dưới của các nhân tố sinh thái

Thái Văn Trường (1999) cho rằng sự phát sinh thảm thực vật rừng Việt Nam chịu ảnh hưởng tổng hợp của 5 nhóm nhân tố sinh thái. Các nhóm sinh thái được sắp xếp theo

thứ tự giảm dần vai trò của chúng đối với sự phát sinh rừng. Thứ tự trên dưới của 5 nhóm nhân tố sinh thái như sau: (1) Địa lý - địa hình; (2) Khí hậu - thủy văn; (3) Khu hệ thực vật; (4) Đá mẹ - đất; (5) Sinh vật - con người. Những nhóm nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến quá trình phát sinh rừng là những nhóm nhân tố sinh thái phát sinh rừng. Mỗi nhóm nhân tố sinh thái đóng vai trò khác nhau trong quá trình phát sinh và hình thành rừng.

(a) Nhóm nhân tố địa lý-địa hình. Theo Thái Văn Trùng (1999), nhóm nhân tố địa lý-địa hình (độ kinh, độ vĩ, độ lục địa, độ cao địa hình, độ dốc, hướng phơi, địa chất...) là nhóm nhân tố sinh thái cao nhất trong thứ bậc của những nhóm nhân tố sinh thái phát sinh rừng ở Việt Nam. Trong nhóm này, độ vĩ và độ cao đóng vai trò lớn nhất. Dưới sự tác động của hai nhân tố độ vĩ và độ cao đã hình thành nên các vành đai rừng theo độ vĩ và độ cao. Vì thế, thảm thực vật rừng có thể được liên kết thành các kiểu rừng theo các vành đai độ vĩ và độ cao.

(b) Nhóm nhân tố khí hậu-thủy văn. Nhóm này quyết định hình thái bên ngoài và cấu trúc của các kiểu rừng. Trong nhóm này, bởi vì độ ẩm phụ thuộc vào chế độ nhiệt, nên chế độ nhiệt đóng vai trò lớn hơn so với chế độ ẩm. Mỗi kiểu rừng có một chế độ khô ẩm tương ứng. Theo đó, các kiểu rừng được sắp xếp theo thứ tự từ kiểu rừng trên môi trường rất ẩm đến kiểu rừng trên môi trường rất khô.

(c) Nhóm nhân tố khu hệ thực vật. Nhóm này ảnh hưởng đến thành phần loài cây gỗ và cấu trúc rừng. Theo đó, mỗi kiểu rừng được phân chia thành các kiểu phụ miền thực vật. Sự tác động của nhân tố khu hệ thực vật đã hình thành các kiểu phụ thực vật với sự ưu thế của một số chi và họ. Nguyên nhân đưa đến hiện tượng đó là do sự gần gũi với các khu hệ thực vật bản địa.

(d) Nhóm nhân tố đá mẹ-đất. Nhóm này quyết định sự hình thành các kiểu rừng phụ do ảnh hưởng của đất. Theo quy luật, những kiểu rừng đặc trưng cho khí hậu miền được hình thành trên các đất địa đới. Những kiểu rừng phụ được hình thành trên những đất phi địa đới có hình thái bên ngoài và cấu trúc khác với các kiểu rừng trên các đất địa đới. Chẳng hạn: Rừng trên núi đá vôi; Rừng ngập nước mặn ven biển...

(e) Nhóm nhân tố sinh vật-con người. Nhóm này quyết định sự hình thành các kiểu rừng phụ do ảnh hưởng của sinh vật và con người (khai thác rừng, làm nương rẫy, trồng trọt...). Theo Thái Văn Trùng (1999), rừng thứ sinh hình thành dưới ảnh hưởng của con người bao gồm hai kiểu. Kiểu thứ nhất là rừng thứ sinh hình thành trên đất rừng nguyên trạng. Kiểu thứ hai là rừng thứ sinh hình thành trên đất rừng bị thoái hóa. Đất rừng nguyên trạng là đất còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng Climax. Đất rừng bị thoái hóa là đất không còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng Climax. Rừng thứ sinh có thể đã phát triển khá ổn định, nhưng cũng có thể chưa ổn định.

10.7.4. Tiêu chuẩn phân loại rừng

Thái Văn Trùng (1999) phân loại rừng Việt Nam dựa theo 4 tiêu chuẩn cơ bản.

- (1) Dạng sống ưu thế của tầng ưu thế sinh thái. Tiêu chuẩn này được sử dụng để phân loại thảm thực vật trong một vùng khí hậu thành ba quần hệ: rừng, rú và trảng cỏ. Rú là QXTV với ưu thế cây thân bụi. Trảng cỏ (Thảo nguyên nhiệt đới = Savanna) là QXTV với ưu thế cây thân thảo. Trùng là các QXTV chỉ bao gồm những loài cây thân thảo mọc thưa.
- (2) Độ tàn che của tầng ưu thế sinh thái. Tiêu chuẩn này được sử dụng để phân loại rừng thành rừng có tán lá kín (rừng kín) và rừng có tán lá thưa (rừng thưa).
- (3) Hình thái sinh thái của lá. Tiêu chuẩn này được sử dụng để phân loại rừng thành 3 kiểu: rừng lá rộng, rừng lá kim và rừng hỗn hợp lá rộng - lá kim.

- (4) Vật hậu hay trạng mùa của tán lá. Tiêu chuẩn này được sử dụng để phân loại rừng thành rừng thường xanh (Rừng có lá thường xanh quanh năm) và rừng nửa rụng lá (Rừng rụng lá theo mùa).

10.7.5. Quy tắc đặt tên cho kiểu rừng

Theo Thái Văn Trùng (1999), tên của mỗi kiểu rừng bao gồm hai phần. Phần thứ nhất là một cụm từ chỉ rõ đặc trưng cơ bản của thảm thực vật; trong đó từ đầu tiên chỉ quần hệ (rừng, rú, trảng cỏ, truong), từ thứ hai chỉ mức độ che tán (kín, thưa), còn từ cuối biểu thị đặc điểm hình thái của tán lá (lá rộng, lá kim) hoặc trạng mùa của tán lá (thường xanh, nửa thường xanh) tùy theo điều kiện khô hạn trong năm. Phần thứ hai là một cụm từ biểu thị chế độ khí hậu tương ứng với các kiểu rừng. Vì mỗi kiểu rừng phụ (kiểu phụ miền thực vật, kiểu phụ đất, kiểu phụ nhân tác) có sự khác nhau về thành phần và độ ưu thế của các loài cây gỗ, chi và họ, nên tên gọi của kiểu rừng phụ phải ghi rõ những đặc điểm đó. Ngoài ra, tên gọi của các kiểu rừng phụ còn có thêm một số từ khác: (a) Thân thuộc là từ dùng để chỉ thành phần loài cây gỗ gần gũi với khu hệ thực vật rừng nào đó; (b) Trên là từ dùng để chỉ rừng phát sinh trên loại đất nào đó; (c) Sau là từ dùng để chỉ sự tác động của con người và động vật... Ví dụ: (1) Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới. Tên gọi này biểu thị quần hệ cây gỗ có tán lá kín, lá thường xanh quanh năm và phân bố trong vùng mưa ẩm nhiệt đới. (2) Kiểu phụ miền thực vật thân thuộc với khu hệ thực vật Malaysia - Indonesia, Ưu hợp họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae). Tên gọi này biểu thị một kiểu phụ của rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới; trong đó quần xã cây gỗ với ưu thế các loài cây gỗ của họ Sao Dầu. Chúng có nguồn gốc từ khu hệ thực vật Malaysia - Indonesia.

Một số tên kiểu rừng

- (1) Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới (Rkx).
- (2) Rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới (Rkn).
- (3) Rừng kín rụng lá ẩm nhiệt đới (Rkr).
- (4) Rừng thưa lá rộng hơi khô nhiệt đới (Rts).
- (5) Rừng thưa lá kim hơi khô nhiệt đới (Rtk).
- (6) Rừng kín thường xanh mưa ẩm ở nhiệt đới núi thấp (Rka).
- (7) Rừng kín hỗn hợp lá rộng lá kim ẩm á nhiệt đới núi tầng trên (Rkh).
- (8) Rừng kín lá kim ẩm ôn đới ẩm núi vừa (Rkk).
- (9) Rừng thưa lá kim ẩm á nhiệt đới và ôn đới hơi khô (Rta).

Những kiểu rừng nhiệt đới phân bố trên núi thấp

(*< 700 m ở miền Bắc; < 1.000 m ở miền Nam*)

1. Kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới (Rkx).
2. Kiểu rừng kín nửa thường xanh ẩm nhiệt đới (Rkn).
3. Kiểu rừng kín rụng lá hơi ẩm nhiệt đới (Rkr).
4. Kiểu rừng thưa cây lá rộng hơi khô nhiệt đới (Rtr).
5. Kiểu rú kín lá cứng hơi khô nhiệt đới (Rbc).
6. Kiểu rừng thưa cây lá kim hơi khô nhiệt đới (Rtk).
7. Kiểu rừng thưa cây lá kim hơi khô á nhiệt đới núi thấp (Rta).
8. Kiểu trảng cây to, cây bụi, cỏ cao khô nhiệt đới (Tet, Tcb, Tcc).
9. Kiểu truong bụi gai hạn nhiệt đới (Tbg).

Những kiểu rừng nhiệt đới phân bố trên núi thấp, núi vừa và núi cao

(*> 700 m ở miền Bắc; > 1.000 m ở miền Nam*)

- (1) Kiểu rừng kín lá rộng thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi thấp (Rka).
- (2) Kiểu rừng kín hỗn hợp cây lá rộng, lá kim, ẩm, á nhiệt đới núi thấp (Rkh).

- (3) Kiểu rừng kín cây lá kim, ẩm, ôn đới, núi vừa (Rkk).
- (4) Kiểu rừng thưa cây lá kim, hơi khô, á nhiệt đới, núi thấp (Rta).
- (5) Quần hệ khô vùng cao (Qkc).
- (6) Quần hệ lạnh vùng cao (Qlc).

Để hiểu rõ hơn về hệ thống phân loại rừng của Thái Văn Trùng (1999), người học và những ai quan tâm đến phân loại rừng có thể tham khảo trong cuốn sách: “Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Nghiên cứu trường hợp khu vực: Thảm thực vật rừng Việt Nam” của Thái Văn Trùng, Nxb. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1999.

10.8. Rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh

10.8.1. Rừng nguyên sinh và rừng nguyên sinh bị biến đổi

Rừng nguyên sinh (Primary Forest) là rừng được hình thành bằng con đường tự nhiên mà chưa bị con người tác động hoặc chỉ bị con người can thiệp thông qua thu hái hoa quả và săn bắt. Tất cả những hoạt động này không làm thay đổi thành phần và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và chức năng của rừng nguyên sinh (Kimmins, 1998; ITTO, 2002). Rừng nguyên sinh bị biến đổi là rừng nguyên sinh đã bị con người khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ (ITTO, 2002). Tùy theo mức độ can thiệp của con người, rừng nguyên sinh bị biến đổi được phân chia thành 2 loại: (1) Rừng nguyên sinh được quản lý (Management Primary Forest); (2) Rừng nguyên sinh không được quản lý (Unmanagement Primary Forest).

Rừng nguyên sinh được quản lý là rừng nguyên sinh được khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ theo những nguyên lý lâm sinh. Khi rừng nguyên sinh được quản lý theo đúng những nguyên lý lâm sinh, thì những cây gỗ hợp thành rừng được nuôi dưỡng, thu hoạch và thay thế bằng những lớp cây mới khỏe mạnh hơn. Vì thế, rừng sau khai thác không bị suy giảm mạnh về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và các chức năng của rừng. Mức độ biến đổi của rừng nguyên sinh sau khai thác và chu kỳ phục hồi lại rừng như trước khi khai thác phụ thuộc vào cường độ khai thác. Nếu rừng được khai thác với cường độ thấp và luân kỳ khai thác dài, thì thời gian phục hồi lại rừng như trước khi khai thác sẽ ngắn. Ngược lại, nếu rừng được khai thác với cường độ cao và luân kỳ khai thác ngắn, thì thời gian phục hồi lại rừng như trước khi khai thác sẽ dài. Thời gian cần thiết để rừng sau khai thác phục hồi lại rừng trước khi bị khai thác là một chu kỳ phục hồi rừng hay chu kỳ sinh thái.

Rừng nguyên sinh không được quản lý là rừng nguyên sinh được khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ không theo đúng những nguyên lý lâm sinh. Ví dụ: Rừng được khai thác chọn theo những cấp kích thước định trước hoặc khai thác cây to lớn và chất lượng tốt, luân kỳ khai thác ngắn và lặp lại nhiều lần trên 1 khoảnh khai thác. Phương thức khai thác này được gọi là khai thác chọn theo cấp đường kính hay khai thác chọn thô. Rừng sau khai thác chọn thô chỉ còn lại những cây gỗ có kích thước nhỏ và chất lượng kém, tình trạng tái sinh kém. Theo phương thức khai thác này, rừng nguyên sinh sau khai thác không chỉ bị suy giảm về thành phần loài cây gỗ và cấu trúc, mà còn cả sản lượng và các chức năng của rừng. Nếu rừng được khai thác với cường độ cao và lặp lại nhiều lần trên 1 khoảnh khai thác, thì thời gian phục hồi lại rừng như trước khi khai thác sẽ rất dài. Khi rừng nguyên sinh bị khai thác trắng và không được trồng lại rừng ngay, thì điều kiện môi trường (tiểu khí hậu, đất, sinh vật) sẽ biến đổi rất sâu sắc, đất có thể bị thoái hóa.

10.8.2. Rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái

10.8.2.1. Khái niệm về rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái

Khi quản lý rừng nguyên sinh không theo đúng những nguyên lý lâm sinh, thì rừng nguyên sinh có thể chuyển thành rừng thứ sinh (Secondary Forest) và rừng bị suy thoái (Degraded Forest). Rừng thứ sinh là các QXTV của rừng thứ sinh thay thế các QXTV của rừng nguyên sinh (Richards, 1969, 1970). Theo Thái Văn Trùng (1999), rừng thứ sinh là rừng hình thành từ những loài cây gỗ thứ sinh sau khi rừng nguyên sinh bị con người phá hủy. Tại Hội thảo về rừng thứ sinh ở châu Phi, Dominic Blay (2002) định nghĩa rừng thứ sinh là rừng phát sinh trên những đất nông nghiệp đã bị bỏ hóa.

Rừng bị suy thoái là rừng đã bị suy giảm mạnh về thành phần và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và chức năng của rừng (David Lamb và Don Gilmour, 2003). Nói chung, rừng bị suy thoái là rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh ổn định đã bị biến đổi vượt ra ngoài giới hạn biến đổi của rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh.

FAO (1995; 2001) định nghĩa rừng bị suy thoái là rừng đã suy giảm về thành phần và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ, các chức năng và các đặc tính của lập địa. Rừng bị suy thoái cũng suy giảm về khả năng cung cấp các sản phẩm và dịch vụ. Rừng nguyên sinh bị suy thoái và rừng thứ sinh bị suy thoái là rừng đã bị khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ với cường độ rất cao. Thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, chức năng và động thái của hai loại rừng này đã biến đổi vượt ra ngoài phạm vi biến đổi của rừng nguyên sinh ổn định và rừng thứ sinh ổn định. Những điều kiện môi trường dưới tán rừng bị suy thoái cũng khác với rừng nguyên sinh ổn định và rừng thứ sinh ổn định. Đất dưới tán rừng bị suy thoái thường bị cò dại và thực vật thân leo che phủ. Mức độ đất bị suy thoái và thiếu nguồn cây giống là những nhân tố ngăn cản quá trình phục hồi rừng để đạt đến các thứ bậc cao hơn trong chuỗi diễn thế tiến về cao đỉnh (ITTO, 2002).

Đất rừng bị thoái hóa là những đất không còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh ổn định. Đặc tính của đất rừng bị thoái hóa là tầng đất rất mỏng do bị bào mòn, vật chất chủ yếu chứa trong mẫu chất, nhiều sỏi và đá lộ đầu, thiếu ẩm, không còn mùn và sinh vật đất.

Rừng thứ sinh có những đặc trưng cơ bản sau đây: (a) Rừng hình thành trên những lập địa mà rừng nguyên sinh đã bị tác động mạnh; (b) Những biến đổi của rừng thứ sinh có thể là do con người hoặc tự nhiên; (c) Rừng tự tái sinh trên đất đã mất rừng; (d) Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc khác với rừng nguyên sinh. Rừng thứ sinh được hình thành bởi sự pha trộn giữa những loài cây gỗ với cây bụi, cây thân leo và cây thân thảo.

Các loài cây gỗ thứ sinh có một số đặc điểm sau đây: (1) Ưa sáng; (2) Sinh trưởng nhanh; (3) Gỗ trắng và mềm; (4) Quả và hạt phát tán nhờ gió; (5) Cây con tái sinh kém hoặc không tái sinh dưới tán rừng...

Những loài cây gỗ ở rừng thứ sinh là những loài cây gỗ chưa ổn định của một số giai đoạn đầu của chuỗi diễn thế. Nếu những loài cây gỗ thứ sinh không bị tác động bởi các động vật chăn thả, khai thác gỗ và lửa, thì chúng sẽ được thay thế dần bởi các loài cây gỗ của rừng nguyên sinh. Tốc độ thay thế phụ thuộc vào nguồn cây giống của rừng nguyên sinh và điều kiện môi trường. Thời gian thảm thực vật của rừng thứ sinh chuyển thành thảm thực vật của rừng nguyên sinh có thể kéo dài nhiều năm, thậm chí hàng trăm năm. Nếu rừng thứ sinh bị tác động thường xuyên bởi động vật chăn thả, khai thác gỗ và lửa, thì chúng không thể phát triển theo hướng tiến về rừng cao đỉnh (Thái Văn Trùng, 1999).

10.8.2.2. Phân loại rừng thứ sinh

Rừng thứ sinh có thể được phân loại dựa theo những nguyên nhân hình thành (nguồn gốc sử dụng rừng và đất, ảnh hưởng của con người), sự khác biệt về chức năng của hệ sinh thái (tốc độ tích lũy và truyền năng lượng và vật chất), thành phần loài cây gỗ, mức độ phức tạp về cấu trúc và giai đoạn diễn thế (Thái Văn Trùng, 1999; Dominic Blay, 2002). Thái Văn Trùng (1999) đã phân chia quá trình diễn thế của rừng thứ sinh thành hai chuỗi diễn thế lớn: (1) Chuỗi diễn thế trên đất rừng nguyên trạng; (2) Chuỗi diễn thế trên đất rừng thoái hóa. Đất rừng nguyên trạng là đất vẫn còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng. Đất rừng thoái hóa là đất không còn mang những tính chất cơ bản của đất dưới tán rừng. Chuỗi diễn thế trên đất rừng nguyên trạng sẽ dẫn đến phục hồi lại rừng cao đỉnh do chế độ nhiệt và khô ẩm ổn định. Kiểu diễn thế này được gọi là diễn thế phục hồi hay diễn thế đúng hướng. Chuỗi diễn thế trên đất rừng thoái hóa xảy ra khi rừng bị phá hủy hoàn toàn và đất đã bị thoái hóa. Sự phục hồi lại rừng trên đất rừng thoái hóa phải trải qua thời gian rất dài, thậm chí nhiều thế kỷ.

Căn cứ vào những nguyên nhân hình thành rừng thứ sinh, Chokkalingam và cs (2001) đã phân chia rừng thứ sinh thành 6 loại khác nhau: (1) Rừng thứ sinh sau những thảm họa; (2) Rừng thứ sinh sau khai thác gỗ; (3) Rừng thứ sinh sau nương rẫy; (4) Vườn rừng thứ sinh hình thành từ những cây ăn quả còn sót lại trên nương rẫy; (5) Rừng thứ sinh sau khi đất bị bỏ hóa; (6) Rừng thứ sinh đã được cải tạo.

Căn cứ vào các giai đoạn phát triển của rừng trong một chuỗi diễn thế, rừng thứ sinh được phân chia thành 2 kiểu. Một là rừng thứ sinh ở giai đoạn đầu của quá trình diễn thế. Hai là rừng thứ sinh ở giai đoạn sau của quá trình diễn thế. Theo Dominic Blay (2002), phân chia rừng thứ sinh theo các giai đoạn hình thành là phương pháp phân loại hợp lý. Bởi vì cách phân loại này cho phép nhà lâm học dễ dàng xác định kết cấu và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc rừng, sản lượng gỗ, tái sinh rừng của các giai đoạn hình thành rừng. Ngoài ra, phương pháp phân loại này cũng cho phép xác định những biện pháp lâm sinh phù hợp. Thiếu sót của phương pháp này là nhà lâm học rất khó nhận biết các giai đoạn hình thành trên thực địa.

10.8.2.3. Quy mô, phân bố rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái ở nhiệt đới

Theo thống kê của FAO (1993, 1995, 2001, 2016), tổng diện tích rừng nguyên sinh bị suy thoái và rừng thứ sinh ở nhiệt đới là 500 triệu ha; trong đó bao gồm 145 triệu ha (29%) ở châu Á (17 nước), 180 triệu ha (36%) ở châu Mỹ (23 nước) và 175 triệu ha (35%) ở châu Phi (37 nước). Tổng diện tích đất rừng bị thoái hóa ở nhiệt đới là 350 triệu ha; trong đó bao gồm 125 triệu ha (35,7%) ở châu Á, 155 triệu ha (44,3%) ở châu Mỹ và 70 triệu ha (20%) ở châu Phi. Theo Tổng cục lâm nghiệp (2018), tổng diện tích rừng của Việt Nam vào năm 1943 là 14,33 triệu ha (độ che phủ 43,7%), đến năm 1990 còn 8,43 triệu ha (độ che phủ 27,2%). Tốc độ mất rừng từ năm 1943÷1990 là 0,45%/năm. Theo FAO (2016), tổng diện tích rừng của Việt Nam vào năm 1995 là 9,3 triệu ha (độ che phủ 28,0%); trong đó rừng đặc dụng 3,1 triệu ha và rừng sản xuất 6,2 triệu ha. Tốc độ mất rừng hàng năm của Việt Nam trong thời kỳ 1980÷1990 là 1,4%/năm.

10.8.2.4. Chức năng và vai trò của rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái ở nhiệt đới

Chức năng của rừng thứ sinh và rừng nguyên sinh bị suy thoái ở nhiệt đới là hình thành và cải biến khí hậu, hình thành và cải biến chế độ thủy văn, hình thành và cải biến

đất, tạo ra nơi ở và nguồn sống của hệ thực vật và động vật. Hiện nay, rừng thứ sinh và rừng nguyên sinh bị suy thoái đóng vai trò chủ yếu trong việc cung cấp gỗ, lâm sản ngoài gỗ và những dịch vụ khác (môi trường, nghỉ ngơi, giải trí, lưu trữ carbon). Tuy vậy, các chức năng và vai trò của hai kiểu rừng này không thể thay thế các chức năng và vai trò của rừng nguyên sinh.

10.8.2.5. Những cách thức xử lý rừng bị suy thoái ở nhiệt đới

Theo ITTO (2002), những biện pháp xử lý thích hợp đối với rừng nguyên sinh bị suy thoái bao gồm nuôi rừng; tái sinh tự nhiên; chống lại sự suy thoái đất bằng cách trồng những loài cây gỗ đa mục đích; chuyển đổi đất canh tác cây nông nghiệp trên địa hình dốc sang cây lâm nghiệp. Đối với rừng thứ sinh, những biện pháp xử lý thích hợp bao gồm xúc tiến tái sinh tự nhiên; làm giàu rừng theo băng và rạch bằng những loài cây gỗ của rừng cao đỉnh và loài cây gỗ có giá trị cao; trồng rừng từ những loài cây gỗ có giá trị cao; trồng rừng kết hợp với cây nông nghiệp (nông lâm kết hợp). Đối với đất bị suy thoái, những biện pháp xử lý thích hợp bao gồm bảo vệ thảm thực vật tự nhiên; chống lại sự suy thoái đất bằng cách trồng những loài cây gỗ đa mục đích; chuyển đổi đất canh tác cây nông nghiệp sang cây lâm nghiệp.

10.8.2.6. Quản lý rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái

Phục hồi rừng, quản lý và cải tạo rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái là những thách thức đối với lâm nghiệp nhiệt đới. Hiện nay rừng thứ sinh và rừng bị suy thoái ở nhiệt đới chiếm diện tích rất lớn. Chúng không chỉ đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp gỗ và lâm sản ngoài gỗ, mà còn cả những dịch vụ về môi trường, nghỉ ngơi và du lịch. Vì thế, theo ITTO (2002), việc quản lý rừng phải đảm bảo cân bằng giữa ba thành phần: (a) Cung cấp bền vững về gỗ, lâm sản ngoài gỗ và những dịch vụ; (b) Thỏa mãn đầy đủ những nhu cầu của xã hội, đặc biệt là những cộng đồng dân cư phụ thuộc vào tài nguyên rừng; (c) Nâng cao chất lượng môi trường ở mức địa phương, quốc gia và toàn cầu.

10.9. Phân loại rừng theo các trạng thái khác nhau

10.9.1. Phân loại trạng thái rừng theo quan điểm thống kê và đánh giá tài nguyên

10.9.1.1. Phân loại trạng thái rừng của Loeschau

Loeschau (1966) đã phân loại rừng tự nhiên ở khu vực Đông Bắc Việt Nam thành 4 kiểu trạng thái khác nhau (Kí hiệu = I, II, III và IV). Tiêu chuẩn cơ bản để phân chia 4 kiểu trạng thái rừng là dạng sống, số tầng cây gỗ, độ tàn che tán rừng (C), đường kính thân ở vị trí ngang ngược (D, cm), tiết diện ngang của quần thụ (G, m²/ha), trữ lượng gỗ của quần thụ (M, m³/ha) và tình trạng tái sinh của quần thụ. Kiểu trạng thái I là đất trống chưa có rừng hoặc hiện tại chưa thành rừng. Đất chỉ có cỏ, cây bụi, tre và nứa mọc rải rác, độ che phủ dưới 30%. Tùy theo hiện trạng, kiểu trạng thái I được phân chia thành 3 kiểu phụ: IA, IB và IC. Kiểu trạng thái IA được đặc trưng bởi lớp cây thân thảo hoặc chuối rừng. Kiểu trạng thái IB được đặc trưng bởi lớp cây thân thảo xen cây bụi, có thể có một số cây gỗ, tre, nứa mọc rải rác. Kiểu trạng thái IC có đặc điểm tương tự như trạng thái IB, nhưng đã có lớp cây gỗ tái sinh với chiều cao trên 100cm và số lượng từ 1.000 cây/ha trở lên. Kiểu trạng thái II là rừng non phục hồi cây tiên phong có đường kính nhỏ. Theo hiện trạng và

nguồn gốc, kiểu trạng thái II được phân chia nhỏ thành 2 trạng thái phụ: IIA và IIB. Kiểu trạng thái phụ IIA là rừng non phục hồi sau nương rẫy. Kiểu trạng thái IIA hình thành từ những loài cây gỗ tiên phong. Chúng có đặc điểm là ưa sáng, mọc nhanh, đều tuổi và có kết cấu 1 tầng. Kiểu trạng thái IIB là trạng thái rừng non phục hồi sau khai thác kiệt. Kiểu trạng thái phụ IIB được hình thành từ những loài cây gỗ tương đối ưa sáng, không đều tuổi, $D < 20\text{cm}$, loài cây gỗ ưu thế chưa rõ ràng, tầng trên vẫn còn một số cây gỗ của rừng nguyên sinh trước khi bị khai thác. Kiểu trạng thái III là rừng thứ sinh đã bị tác động ở nhiều mức độ khác nhau. Đặc trưng cơ bản của kiểu trạng thái này là cấu trúc bị thay đổi cơ bản hoặc phá vỡ hoàn toàn. Kiểu trạng thái III được chia thành 2 kiểu trạng thái phụ: IIIA1, IIIA2. Kiểu trạng thái phụ IIIA1 là rừng đã bị khai thác kiệt, tán rừng bị phá vỡ từng mảng lớn. Tầng trên có thể còn sót lại 1 số cây của rừng nguyên sinh trước khi tác động, nhưng phẩm chất xấu. Dưới tán rừng có nhiều dây leo, cây bụi, tre và nứa. Tùy theo tình trạng tái sinh, kiểu trạng thái phụ IIIA1 được phân chia nhỏ thành 2 kiểu trạng thái phụ IIIA1-1 và IIIA1-2. Kiểu trạng thái phụ IIIA1-1 là rừng thứ sinh thiếu cây tái sinh mục đích có triển vọng (< 1.000 cây/ha). Kiểu trạng thái phụ IIIA1-2 là rừng thứ sinh đủ cây tái sinh mục đích có triển vọng (> 1.000 cây/ha). Kiểu trạng thái phụ IIIA2 là rừng thứ sinh đã bị khai thác quá mức, nhưng nó đã có thời gian phục hồi tốt. Đặc trưng của trạng thái rừng này là nó đã hình thành 2 tầng cây gỗ trở lên, tầng ưu thế sinh thái với đa số cây có đường kính từ 20-30cm. Tầng trên được hình thành chủ yếu từ những cây gỗ của tầng giữa và tầng vượt tán của rừng trước khi bị khai thác. Kiểu trạng thái phụ IIIA2 được chia nhỏ thành 2 kiểu trạng thái phụ: IIIA2-1 và IIIA2-2. Kiểu trạng thái phụ IIIA2-1 là rừng thứ sinh đã bị khai thác quá mức, thiếu cây tái sinh mục đích có triển vọng (< 1.000 cây/ha). Kiểu trạng thái phụ IIIA2-2 là rừng thứ sinh đã bị khai thác quá mức, nhưng đủ cây tái sinh mục đích có triển vọng (> 1.000 cây/ha). Kiểu trạng thái IV là rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh đã ổn định.

10.9.1.2. Phân loại trạng thái rừng của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn

Bộ lâm nghiệp (1984) đã phân loại rừng và đất rừng thành 4 kiểu trạng thái: (1) Kiểu trạng thái chưa có rừng (Kí hiệu = I); (2) Kiểu trạng thái rừng phục hồi (Kí hiệu = II); (3) Kiểu trạng thái rừng thứ sinh (Kí hiệu = III); (4) Kiểu trạng thái rừng nguyên sinh ổn định (Kí hiệu = IV). Các kiểu trạng thái rừng này được phân loại dựa trên 6 tiêu chuẩn: nguồn gốc rừng, thành phần loài cây gỗ, C , D_{BQ} , cấu trúc tán, trữ lượng gỗ (M , m^3/ha). Kiểu trạng thái chưa có rừng (I) là đất trống có cỏ, cây bụi và cây gỗ mọc rải rác. Kiểu trạng thái II là rừng non phục hồi lại sau khai thác và làm nương rẫy. Kiểu trạng thái III là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác với cường độ từ thấp đến rất cao. Kiểu trạng thái IV là rừng nguyên sinh ổn định.

Tùy theo nguồn gốc phát sinh và đường kính bình quân (D_{BQ} , cm) của quần thụ, 4 kiểu trạng thái này được phân loại nhỏ thành một số kiểu phụ. Kiểu trạng thái I được phân loại nhỏ thành 3 trạng thái phụ (IA, IB và IC). Kiểu trạng thái phụ IA là đất trống có cỏ và cây bụi rải rác. Kiểu trạng thái phụ IB là thảm cây bụi. Kiểu trạng thái phụ IC là thảm cây bụi xen cây gỗ rải rác với $H < 5\text{m}$. Kiểu trạng thái rừng II được phân loại nhỏ thành 2 kiểu trạng thái phụ: IIA và IIB. Kiểu trạng thái phụ IIA là rừng non phục hồi lại sau nương rẫy; trong đó $D_{BQ} = 10 \div 15\text{cm}$. Kiểu trạng thái phụ IIB là rừng non phục hồi lại sau khai thác kiệt; trong đó $D_{BQ} = 15 \div 20\text{cm}$. Kiểu trạng thái rừng III được phân loại thành 2 kiểu trạng thái phụ: IIIA và IIIB. Kiểu trạng thái phụ IIIA là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác với cường độ cao, cấu trúc bị phá vỡ hoàn toàn hoặc bị thay đổi không lớn. Căn cứ vào thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, C và M , kiểu trạng thái phụ IIIA được phân loại nhỏ

thành 3 kiểu trạng thái phụ: IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃. Kiểu trạng thái phụ IIIA₁ là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác với cường độ rất cao; trong đó $G < 8 \text{ m}^2/\text{ha}$ và $M < 75 \text{ m}^3/\text{ha}$, tán rừng bị phá vỡ từng mảng lớn ($C = 0,3 \div 0,5$), tầng trên còn sót lại một số cây mẹ với phẩm chất xấu, tầng dưới nhiều cây bụi và cây thân leo. Kiểu trạng thái phụ IIIA₂ là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác với cường độ cao; trong đó $G = 8 \div 15 \text{ m}^2/\text{ha}$, $M = 75 \div 150 \text{ m}^3/\text{ha}$, $D_{Bq} = 20 \div 30 \text{ cm}$, $C = 0,5 \div 0,6$, tầng trên còn khá nhiều cây mẹ với phẩm chất khá, tầng dưới ít cây bụi và cây thân leo. Kiểu trạng thái phụ IIIA₃ là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác chọn với cường độ trung bình hoặc rừng được phục hồi từ trạng thái rừng IIIA₂; trong đó $G = 15 \div 25 \text{ m}^2/\text{ha}$, $M = 150 \div 250 \text{ m}^3/\text{ha}$, $D_{Bq} > 30 \text{ cm}$, tán rừng tương đối kín ($C = 0,6 - 0,7$) với hai tầng cây gỗ tương đối rõ, tầng trên còn nhiều cây mẹ với phẩm chất tốt, tầng dưới ít cây bụi và cây thân leo. Kiểu trạng thái phụ IIIB là rừng thứ sinh phục hồi lại sau khai thác chọn với cường độ thấp đến trung bình; trong đó $G = 25 \div 30 \text{ m}^2/\text{ha}$, $M = 250 \div 300 \text{ m}^3/\text{ha}$, $D_{Bq} > 35 \text{ cm}$, tán rừng tương đối kín ($C > 0,7$) với 3 tầng khá rõ rệt, tầng trên còn nhiều cây mẹ với phẩm chất tốt, tầng dưới ít cây bụi và cây thân leo. Kiểu trạng thái rừng IV là rừng nguyên sinh ổn định (Climax), $M > 300 \text{ m}^3/\text{ha}$, cấu trúc tán với 3 tầng cây gỗ rõ rệt, 1 tầng cây bụi và 1 tầng cây thân thảo. Kiểu trạng thái rừng IV được phân loại nhỏ thành 2 kiểu trạng thái phụ: IVA ($M = 300 \div 400 \text{ m}^3/\text{ha}$) và IVB ($M > 400 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Năm 2009, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã phân loại rừng dựa theo 5 tiêu chuẩn: (1) Mục đích sử dụng; (2) Nguồn gốc rừng; (3) Điều kiện lập địa; (4) Loài cây gỗ ưu thế; (5) Trữ lượng gỗ. Theo nguồn gốc, rừng được phân loại thành 2 loại: rừng tự nhiên và rừng trồng. Rừng tự nhiên được phân loại thành rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh. Rừng nguyên sinh là rừng chưa hoặc ít bị tác động của con người, cấu trúc ổn định. Rừng thứ sinh là rừng đã bị tác động của con người và tự nhiên, cấu trúc không ổn định. Rừng thứ sinh được phân loại thành rừng phục hồi và rừng sau khai thác. Rừng phục hồi là rừng hình thành từ tái sinh tự nhiên trên đất đã mất rừng do khai thác, nương rẫy, cháy... Rừng trồng là rừng được hình thành do con người trồng. Rừng trồng được phân loại thành 3 loại phụ: rừng trồng mới trên đất chưa có rừng, rừng trồng lại sau khi khai thác rừng trồng và rừng tái sinh tự nhiên sau khi khai thác rừng trồng. Rừng trồng còn được phân loại theo loài cây gỗ và tuổi. Theo điều kiện lập địa, rừng được phân loại thành 4 loại: rừng trên núi đất, rừng trên núi đá, rừng trên đất ngập nước (ngọt, mặn, phèn) và rừng trên đất cát. Theo loài cây, rừng được phân loại thành 4 loại: rừng gỗ, rừng tre nứa, rừng cau-dừa và rừng hỗn giao gỗ với tre nứa. Rừng gỗ là rừng hình thành chủ yếu từ các loài cây gỗ. Rừng gỗ được phân loại thành rừng lá rộng, rừng lá kim, rừng hỗn giao cây lá rộng-cây lá kim. Rừng lá rộng là rừng có 75% số cây lá rộng; trong đó bao gồm rừng lá rộng thường xanh, rừng lá rộng rụng lá và rừng lá rộng nửa rụng lá. Rừng lá rộng thường xanh là rừng có lá xanh quanh năm. Rừng lá rộng rụng lá là rừng có trên 75% số cây rụng lá toàn bộ theo mùa. Rừng lá rộng nửa rụng lá là rừng có 25-75% số cây rụng lá toàn bộ theo mùa. Rừng cây lá kim là rừng có trên 75% số cây lá kim. Rừng hỗn giao cây lá rộng và cây lá kim là rừng có tỷ lệ hỗn giao theo số cây của mỗi loại từ 25-75%. Rừng tre là rừng hình thành từ các loài cây thuộc họ Tre (Bambusoideae); trong đó bao gồm tre, mai, diên, nứa, luồng, vầu, lô ô, le, mạy san, hóp, lũng, bương, giang. Mỗi loài tre được phân loại theo 3 nhóm (giàu, trung bình, nghèo) dựa theo đường kính và mật độ. Rừng cau dừa là rừng hình thành từ các loài cây thuộc họ Cau dừa. Rừng hỗn giao gỗ và tre nứa là rừng có số cây gỗ chiếm trên 50% độ tàn che. Rừng hỗn giao tre nứa - gỗ là rừng có số cây tre nứa chiếm trên 50% độ tàn che. Theo trữ lượng gỗ, rừng được phân loại thành 5 loại phụ: rừng rất giàu ($M > 300 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng giàu ($M = 201 \div 300 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng trung bình ($M = 101 \div 200 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng nghèo ($M = 10 \div 100 \text{ m}^3/\text{ha}$) và rừng chưa có trữ lượng ($D < 8 \text{ cm}$, $M < 10 \text{ m}^3/\text{ha}$). Để tạo thuận lợi cho thống kê và theo dõi diễn biến rừng hàng năm, Bộ Nông nghiệp và Phát

triển nông thôn (2018) đã phân loại rừng thành 4 loại tùy theo trữ lượng gỗ: rừng giàu ($M > 200 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng trung bình ($M = 101 \div 200 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng nghèo ($M = 50 \div 100 \text{ m}^3/\text{ha}$), rừng nghèo kiệt ($M = 10 \div 50 \text{ m}^3/\text{ha}$).

10.9.1.3. Ưu điểm và nhược điểm của phân loại trạng thái rừng theo quan điểm thống kê và đánh giá tài nguyên

(A) Những ưu điểm

- (1) Sử dụng các tiêu chuẩn đơn giản (loài cây gỗ ưu thế, C, D, G, M, lập địa) và có thể đo đạc dễ dàng tại thực địa.
- (2) Phân loại rừng theo trạng thái giúp cho các nhà điều tra rừng không chỉ xác định rõ ranh giới của các loại rừng tại thực địa và khoanh vẽ chúng lên bản đồ, mà còn xây dựng các phương pháp thống kê rừng.
- (3) Phân loại rừng theo trạng thái giúp cho các nhà kinh doanh định hướng các loại hình kinh doanh rừng (rừng kinh doanh gỗ nhỏ, rừng kinh doanh gỗ lớn...) và dự đoán tiềm năng thu được từ các nguồn vốn đầu tư.
- (4) Phân loại rừng theo trạng thái giúp cho các nhà quản lý xác định các đơn vị trong quản lý rừng (khoanh, lô).

(B) Những nhược điểm

(1) Hệ thống phân loại trạng thái rừng của Loeschau (1966) và Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (1984, 2009, 2018) tách rời với hệ thống phân loại các kiểu rừng trong lâm học. Ở Việt Nam, Thái Văn Trùng (1999) đã phân loại thảm thực vật rừng thành nhiều kiểu rừng khác nhau. Nếu phân loại trạng thái rừng theo M gỗ, thì những kiểu rừng khác nhau có M gỗ như nhau được xếp vào cùng một nhóm. Phương pháp phân loại này không theo đúng nguyên lý sinh thái phát sinh rừng.

(2) Xác định chưa rõ ràng nguồn gốc của rừng. Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (1984, 2009, 2018), rừng chỉ được phân loại tổng quát theo 2 nguồn gốc: rừng tự nhiên và rừng trồng. Thế nhưng, để hiểu rõ về rừng, lâm học phân loại rừng tự nhiên theo 5 nhóm: (a) Rừng nguyên sinh chưa bị tác động; (b) Rừng nguyên sinh được quản lý; (c) Rừng nguyên sinh không được quản lý; (d) Rừng thứ sinh; (e) Đất không có rừng hay đất trống. Mỗi loại rừng tự nhiên này có thể được phân loại nhỏ dựa theo loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ, tình trạng tái sinh, hướng diễn thế và điều kiện môi trường hình thành rừng (khí hậu, đất, địa hình...). Rừng trồng phải được phân loại chi tiết theo loài cây gỗ, tuổi và môi trường sống (tiểu khí hậu, đất, địa hình).

(3) Định nghĩa chưa rõ các tiêu chuẩn để phân loại các trạng thái rừng. Chẳng hạn: Định nghĩa chưa rõ độ che phủ của cây thân thảo và cây bụi; (2) Định nghĩa chưa rõ thành phần loài cây gỗ của rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh; (3) Phân loại sản lượng gỗ của quần thụ không phù hợp với các kiểu rừng; (4) Thiếu tiêu chuẩn về diễn thế của rừng; (5) Thiếu tiêu chuẩn để phân loại các giai đoạn phát triển của rừng thứ sinh và rừng trồng. Trước đây lâm học cũng đã sử dụng sản lượng gỗ ($M, \text{m}^3/\text{ha}$) để phân loại rừng. Nhược điểm của phương pháp này là nhiều kiểu rừng khác nhau có cùng M gỗ lại được xếp thành một nhóm. Chẳng hạn: (1) Một khoảnh rừng của kiểu rừng rụng lá khô nhiệt đới ở giai đoạn cao đỉnh có trữ lượng gỗ là $100 \text{ m}^3/\text{ha}$. (2) Một khoảnh rừng của kiểu rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới sau khai thác chọn với cường độ rất cao cũng có trữ lượng gỗ là $100 \text{ m}^3/\text{ha}$, nhưng trữ lượng gỗ ở giai đoạn ổn định trước khi bị khai thác là $400 \text{ m}^3/\text{ha}$. Theo

trữ lượng gỗ, hai khoảnh rừng này ở thời điểm điều tra đều là trạng thái rừng có trữ lượng gỗ thấp. Thế nhưng, theo nguồn gốc phát sinh, đây là 2 kiểu rừng khác nhau.

(4) Các kiểu trạng thái rừng phản ánh không rõ mối quan hệ giữa rừng và môi trường. Nói cách khác, các hệ thống phân loại trạng thái rừng không chỉ rõ nguồn gốc phát sinh rừng (khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của con người). Theo điều kiện lập địa, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2009) đã phân loại rừng thành 4 loại: rừng trên núi đất, rừng trên núi đá, rừng trên đất ngập nước và rừng trên đất cát. Đây là phương pháp phân loại rừng dựa theo điều kiện đất và địa hình. Nhược điểm của phương pháp phân loại này là không chỉ rõ các đặc trưng của thảm thực vật. Vì thế, ngày nay lâm học không sử dụng phương pháp này để phân loại rừng.

(5) Tên của một số kiểu trạng thái rừng phản ánh không đúng đặc trưng của rừng. Thật vậy, tên của 4 kiểu trạng thái rừng (I, II, III, IV) phản ánh chưa rõ kiểu rừng, các dạng sống, mức độ bị tác động, điều kiện môi trường, hướng diễn thế... Theo lý thuyết diễn thế sinh thái, đất chưa có rừng được phân loại thành đất thoái hóa, thảm cỏ, thảm cỏ - cây bụi, thảm cây bụi, thảm cây bụi xen cây gỗ rải rác với $H < 5m$. Theo Loeschau (1966) và Bộ lâm nghiệp (1984), tên của kiểu trạng thái II là rừng non phục hồi sau những rối loạn (khai thác, làm nương rẫy...). Trong phân loại rừng, các nhà lâm học không sử dụng thuật ngữ “Rừng phục hồi” để đặt tên cho kiểu rừng. Lâm học sử dụng cụm từ “Rừng phục hồi” để chỉ quá trình khôi phục lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ, đặc tính của lập địa và các chức năng sinh thái của rừng sau khi nó lâm vào tình trạng bị rối loạn (khai thác, lửa, bão...). Hiện tượng này được gọi là sự dao động của rừng sau khi nó lâm vào tình trạng bị rối loạn. Theo lý thuyết về sự dao động và diễn thế rừng, rừng non phục hồi lại sau những rối loạn có thể là rừng cao đỉnh hoặc rừng thứ sinh. Nếu thành phần loài cây gỗ của rừng non phục hồi lại sau những rối loạn giống với thành phần loài cây gỗ của rừng cao đỉnh, thì nó là giai đoạn đầu của rừng cao đỉnh. Trong trường hợp này, lâm học gọi loại rừng này là “*Rừng cao đỉnh ở giai đoạn non*”. Trái lại, nếu thành phần loài cây gỗ của rừng non phục hồi lại sau những rối loạn là các loài cây gỗ thứ sinh, thì nó là rừng thứ sinh. Trong trường hợp này, lâm học gọi loại rừng này là “*Rừng thứ sinh*”. Tên của kiểu trạng thái III là rừng thứ sinh (Loeschau, 1966; Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 1984, 2009) phản ánh không đúng bản chất của loại rừng này. Về bản chất, đây là rừng nguyên sinh đã bị biến đổi hoặc bị suy thoái ở các mức độ khác nhau do ảnh hưởng của những rối loạn (khai thác, bão, lửa...). Chúng đã và đang phục hồi lại sau những rối loạn để đạt đến các thứ bậc cao hơn trong chuỗi diễn thế tiến về cao đỉnh. Loại rừng này bao gồm rừng nguyên sinh được quản lý và rừng nguyên sinh không được quản lý. Nếu chỉ bị tác động ở mức thấp và trung bình, thì thành phần loài cây gỗ của 2 loại rừng này về cơ bản vẫn giống với thành phần loài cây gỗ của rừng nguyên sinh trước khi bị khai thác (Rừng Climax). Tuy vậy, chúng đã bị suy giảm về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và một số đặc tính của lập địa. Sau khi bị tác động, rừng nguyên sinh được quản lý theo những phương thức lâm sinh sẽ phục hồi lại nhanh hơn so với rừng nguyên sinh không được quản lý. Trái lại, rừng thứ sinh là rừng được hình thành từ những loài cây gỗ thứ sinh (Richards, 1970; Thái Văn Trùng, 1999). Vì thế, theo những đặc trưng của kiểu trạng thái rừng III, lâm học gọi kiểu rừng này là “*Rừng nguyên sinh đã bị biến đổi* = Modified Primary Forest” hoặc “*Rừng nguyên sinh đã bị suy thoái* = Degraded Primary Forest”.

(6) Sử dụng thuật ngữ của kinh tế học để phân loại rừng cho phép đánh giá những giá trị có thể thu được từ những khoản đầu tư trong kinh doanh rừng. Thế nhưng, nếu các định nghĩa này được áp dụng chung cho các kiểu rừng, thì nhà lâm nghiệp sẽ đánh giá sai bản chất của rừng. Thật vậy, giả sử: (1) Rừng tự nhiên ở giai đoạn ổn định (Climax) phân bố trên các lập địa xấu (khí hậu khô hạn, núi cao, đất có tầng mỏng và nghèo dinh dưỡng)

chỉ đạt được $M_{\text{Max}} = 100\text{m}^3/\text{ha}$. (2) Một loại rừng nguyên sinh sau khai thác cũng có $M = 100\text{m}^3/\text{ha}$, nhưng nó được hình thành trên lập địa tốt và trữ lượng gỗ ở giai đoạn cao đỉnh (Climax) là $400\text{m}^3/\text{ha}$. Theo thuật ngữ của kinh tế học, hai khoảnh rừng này ở thời điểm điều tra đều là rừng nghèo, bởi vì chúng có trữ lượng thấp và cho thu nhập thấp. Thế nhưng, về bản chất, mặc dù hai khoảnh rừng này đều có trữ lượng gỗ như nhau, nhưng chúng khác nhau rõ rệt về nguồn gốc, sản lượng gỗ tiềm năng, điều kiện lập địa và giai đoạn diễn thế. Một ví dụ khác là hai khoảnh rừng có M gỗ như nhau đều thuộc một kiểu rừng, nhưng chúng khác nhau về hướng diễn thế. Khoảnh rừng thứ nhất đang biến đổi theo hướng diễn thế thoái biến, còn khoảnh rừng thứ hai đang biến đổi theo hướng diễn thế phục hồi. Theo thuật ngữ của kinh tế học, hai khoảnh rừng này ở thời điểm điều tra là giống nhau, bởi vì chúng có trữ lượng như nhau. Thế nhưng, do hướng diễn thế khác nhau, nên hai khoảnh rừng này có thể khác nhau về thành phần loài cây gỗ và sản lượng gỗ tiềm năng. Theo nguyên lý lâm học, chúng không thuộc cùng một nhóm. Vì thế, thuật ngữ rừng (giàu, trung bình và nghèo) phải được định nghĩa rõ ràng theo kiểu rừng.

10.9.2. Phân loại các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên theo quan điểm lâm học

10.9.2.1. Quan điểm chung

Theo Nguyễn Văn Thêm (2023), các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên phải được phân loại theo đơn vị kiểu rừng ở mức địa phương (vùng, tỉnh). Phương pháp phân loại này dựa trên 5 quan điểm cơ bản. Quan điểm 1: Rừng là một hiện tượng địa lý, nghĩa là rừng thay đổi theo không gian và thời gian. Quan điểm 2: Phương pháp phân loại rừng khoa học nhất là phương pháp phân loại rừng dựa theo nguyên lý sinh thái phát sinh rừng. Theo 2 quan điểm này, Thái Văn Trùng (1999) đã phân loại thảm thực vật rừng Việt Nam thành các kiểu rừng khác nhau dựa theo một số tiêu chí nhất định (Xem Mục 10.7). Quan điểm 3: Hệ thống phân loại trạng thái rừng phải được liên kết chặt chẽ với hệ thống phân loại các kiểu rừng ở Việt Nam. Theo quan điểm này, các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên ở Việt Nam được phân loại theo từng kiểu rừng ở mức địa phương. Kiểu rừng được xác định theo hệ thống phân loại rừng của Thái Văn Trùng (1999). Quan điểm 4: Mỗi kiểu rừng gỗ tự nhiên ở mức địa phương có thể được phân loại nhỏ thành một số kiểu trạng thái dựa theo một số đặc tính trội của quần thụ. Trạng thái rừng là những đặc tính của rừng ở những giai đoạn phát triển khác nhau. Theo quan điểm 4, mỗi kiểu rừng gỗ tự nhiên ở mức địa phương được phân loại thành 4 kiểu trạng thái khác nhau dựa theo nguồn gốc của rừng. Kiểu trạng thái I là đất trống. Kiểu trạng thái II là rừng thứ sinh. Kiểu trạng thái III là rừng nguyên sinh bị suy thoái. Kiểu trạng thái IV là rừng nguyên sinh chưa bị tác động. Quan điểm 5: Hệ thống phân loại trạng thái rừng phải được thực hiện theo thứ bậc từ cao đến thấp. Theo quan điểm này, các trạng thái trong từng kiểu rừng gỗ tự nhiên ở mức địa phương được phân loại theo thứ bậc từ kiểu trạng thái rừng đến trạng thái phụ. Trong một kiểu trạng thái rừng, các trạng thái phụ được phân loại theo sự khác biệt về kết cấu loài cây gỗ, độ tàn che của tán rừng, sản lượng gỗ, tình trạng tái sinh, hướng diễn thế và thời gian phục hồi lại rừng sau những rối loạn (khai thác, bão, lũ, cháy...).

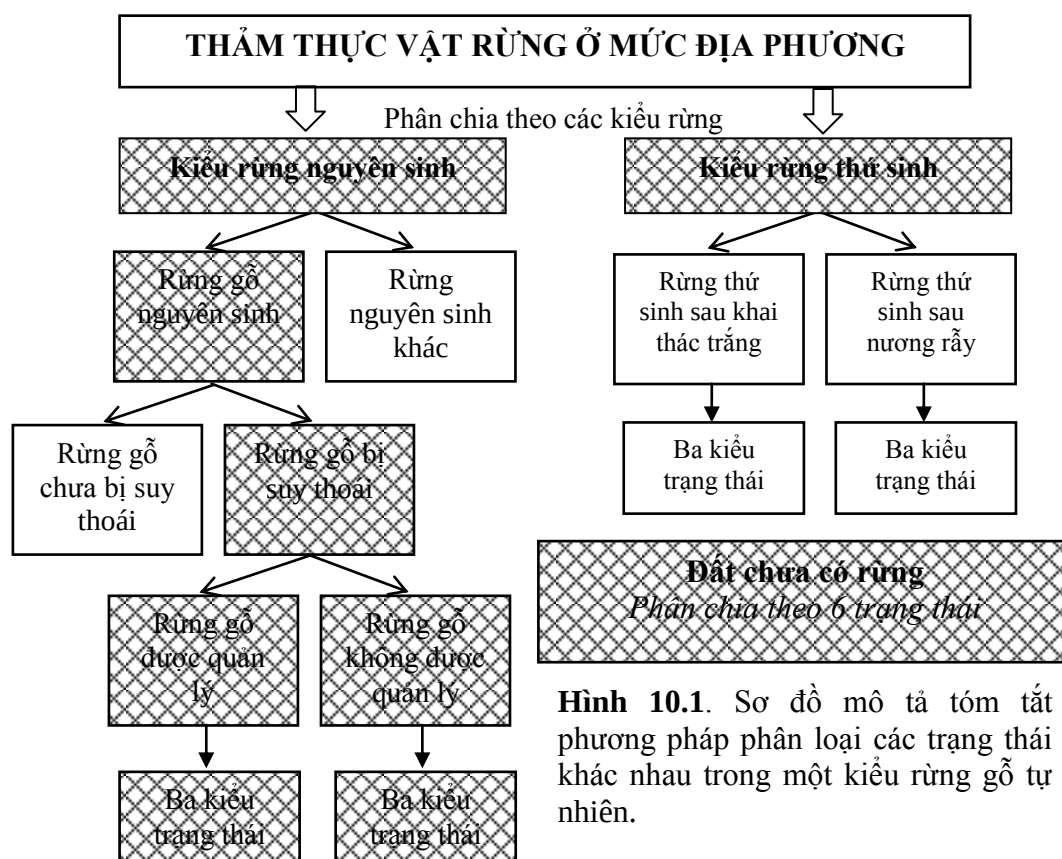
10.9.2.2. Nguyên lý phân loại các trạng thái rừng

Kiểu rừng của Thái Văn Trùng (1999) đã được phân loại theo nguyên lý sinh thái phát sinh rừng theo học thuyết hệ sinh thái. Phân loại các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên cũng dựa theo nguyên lý này. Hệ thống phân loại các trạng thái rừng phải thỏa mãn 3 yêu

cầu cơ bản: (a) Các trạng thái rừng phải được phân loại riêng rẽ theo từng kiểu rừng ở mức địa phương (tỉnh, vùng sinh thái); (b) Tiêu chí phân loại các trạng thái rừng phải đơn giản và dễ đo đạc tại thực địa, đồng thời cho phép phân loại rừng thành các trạng thái khác nhau; (c) Tên gọi của các trạng thái rừng phải phản ánh rõ đặc trưng cơ bản của rừng (thảm thực vật, môi trường, hướng diễn thế).

10.9.2.3. Các đơn vị trong phân loại các trạng thái rừng

Theo phương pháp phân loại rừng của Thái Văn Trường (1999), thảm thực vật rừng trong một lãnh thổ nhất định (vùng sinh thái, tỉnh) được phân loại thành 2 kiểu rừng dựa theo nguồn gốc phát sinh (Hình 10.1): (a) Kiểu rừng nguyên sinh trên đất địa đới; (b) Kiểu rừng thứ sinh trên đất phi địa đới. Đất địa đới là đất được hình thành do ảnh hưởng chủ yếu của khí hậu vùng. Đất phi địa đới là những đất hình thành do ảnh hưởng lớn hơn của những yếu tố phi khí hậu (đất, địa hình, lửa, hoạt động của con người và động vật).



Hình 10.1. Sơ đồ mô tả tóm tắt phương pháp phân loại các trạng thái khác nhau trong một kiểu rừng gỗ tự nhiên.

Kiểu rừng nguyên sinh được phân loại thành rừng gỗ nguyên sinh và rừng nguyên sinh khác. Rừng gỗ nguyên sinh là rừng có các cây gỗ che phủ trên 75% diện tích mặt đất. Rừng nguyên sinh khác là rừng được hình thành từ những loài cây bụi, cây thân leo và cây thân thảo, còn cây gỗ chỉ che phủ dưới 25% diện tích mặt đất. Mỗi kiểu rừng gỗ nguyên sinh ở mức địa phương (vùng sinh thái, tỉnh) được phân loại thành 2 nhóm: (a) Rừng gỗ nguyên sinh chưa bị suy thoái; (b) Rừng gỗ nguyên sinh bị suy thoái. Rừng gỗ nguyên sinh bị suy thoái được phân loại thành 2 nhóm phụ: (a) Rừng gỗ nguyên sinh được quản lý theo đúng nguyên lý lâm sinh; (b) Rừng nguyên sinh không được quản lý theo đúng nguyên lý lâm sinh. Rừng nguyên sinh được quản lý được phân loại theo 3 kiểu trạng thái: (a) Rừng

nguyên sinh sau khai thác chọn với cường độ cao ($I > 35\%M_{Max}$); (b) Rừng nguyên sinh sau khai thác chọn với cường độ trung bình ($I = 15- 35\%M_{Max}$); (c) Rừng nguyên sinh sau khai thác chọn với cường độ thấp ($I < 15\%M_{Max}$). Giá trị M_{Max} là sản lượng gỗ của mỗi kiểu rừng ở giai đoạn rừng cao đỉnh. Rừng nguyên sinh không được quản lý cũng được phân loại theo 3 kiểu trạng thái: (a) Rừng nguyên sinh bị suy thoái ở mức độ rất cao; (b) Rừng nguyên sinh bị suy thoái ở mức độ trung bình; (c) Rừng nguyên sinh bị suy thoái ở mức độ thấp.

Rừng thứ sinh được phân loại thành các kiểu dựa theo các nguyên nhân hình thành (khai thác trắng, nương rẫy, cháy...). Mỗi kiểu rừng thứ sinh được phân loại thành 3 kiểu trạng thái phụ dựa theo đường kính bình quân của các cây gỗ trong quần thụ. Đất không có rừng được phân loại theo đặc tính của đất và tình trạng che phủ của thực vật.

Nói chung, rừng gỗ tự nhiên và đất không có rừng ở mức địa phương (vùng sinh thái, tỉnh) được phân loại thành 4 kiểu trạng thái khác nhau. Kiểu trạng thái I là đất không có rừng. Kiểu trạng thái II là rừng thứ sinh. Kiểu trạng thái III là rừng nguyên sinh bị suy thoái. Kiểu trạng thái IV là rừng nguyên sinh ổn định. Đất chưa có rừng bao gồm đất bị thoái hóa và đất được bao phủ bởi các loài cây thân thảo, cây bụi và cây gỗ mọc rải rác với $H < 5m$. Kiểu trạng thái II là rừng được hình thành từ những loài cây gỗ thứ sinh. Kiểu trạng thái III là rừng nguyên sinh đã bị suy giảm về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ, đặc tính của đất và các chức năng sinh thái do ảnh hưởng của con người (khai thác, làm nương rẫy) và tự nhiên (lũ, bão...). Kiểu trạng thái IV là rừng nguyên sinh chưa bị tác động của con người hoặc chỉ bị tác động ở mức rất thấp (săn bắt thú rừng, thu hái hoa quả...).

10.9.2.4. Các tiêu chí phân loại rừng gỗ tự nhiên theo 4 trạng thái khác nhau

Các tiêu chí phân loại các trạng thái rừng và đất không có rừng phải thỏa mãn 3 tính chất. Một là tính hữu dụng, nghĩa là tiêu chí phải được nhận biết dễ dàng và đo đạc được tại thực địa. Hai là tiêu chí phải có ý nghĩa. Đó là tiêu chí phải phân biệt rõ ràng không chỉ kiểu trạng thái rừng này với kiểu trạng thái rừng khác, mà còn phản ánh rõ mối quan hệ giữa rừng và môi trường. Ba là tính hiệu quả. Đó là tiêu chí không chỉ phản ánh rõ đặc trưng của rừng, mà còn giúp ích cho việc phân loại các kiểu trạng thái rừng thành những đơn vị nhỏ hơn, định hướng các loại hình kinh doanh và xây dựng phương thức lâm sinh. Theo 3 tính chất này, [Nguyễn Văn Thêm \(2023\)](#) đã phân chia các kiểu trạng thái trong một kiểu rừng gỗ tự nhiên và đất không có rừng theo 9 tiêu chí cơ bản: (1) Độ che phủ (CP%) của cây thân thảo và cây bụi; (2) Độ tàn che của tán rừng (C%); (3) Nguồn gốc rừng; (4) Thành phần loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế của quần thụ (S, loài); (5) Sản lượng gỗ của quần thụ ($M, m^3/ha$); (6) Hướng diễn thế của rừng; (7) Thời gian phục hồi rừng sau những rối loạn; (8) Mật độ và chất lượng cây tái sinh của những loài cây gỗ phù hợp với mục đích sử dụng rừng; (9) Điều kiện môi trường hình thành rừng. Ngoài ra, mỗi kiểu rừng thứ sinh được phân loại thành 3 giai đoạn phát triển dựa theo đường kính bình quân ngang ngực (D_{BQ}, cm) của quần thụ: (1) Rừng thứ sinh với $D_{BQ} < 10cm$; (2) Rừng thứ sinh với $D_{BQ} = 10-20cm$; (3) Rừng thứ sinh với $D_{BQ} > 20cm$.

10.9.2.5. Phân loại đất không có rừng theo các trạng thái

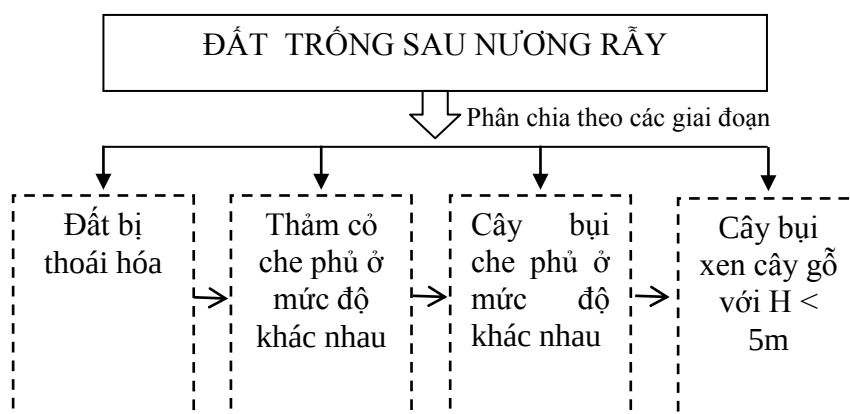
Đất không có rừng (đất trống) được phân loại thành 6 trạng thái ([Bảng 10.4](#)): (1) Kiểu trạng thái IA = Đất rừng thoái hóa; (2) Kiểu trạng thái IB = Đất rừng được thâm cò che phủ $CP < 50\%$; (3) Kiểu trạng thái IC = Đất rừng được thâm cò che phủ $CP > 50\%$; (4)

Kiểu trạng thái ID = Đất rừng được che phủ bởi thảm cây bụi; (5) Kiểu trạng thái IE = Đất rừng được che phủ bởi cây bụi xen cây gỗ với $H < 5m$; (6) Kiểu trạng thái IF = Đất rừng được che phủ bởi cây gỗ với $H < 5m$ xen cây bụi. [Hình 10.2](#) mô tả tóm tắt những trạng thái đất không còn rừng sau nương rẫy bỏ hóa. Trong lâm học, đất không còn rừng là đối tượng của phục hồi rừng.

Bảng 10.4. Phân loại đất trống theo các trạng thái khác nhau

Trạng thái đất trống	Đặc điểm cơ bản của trạng thái đất trống
IA	Đất rừng thoái hóa.
IB	Đất được thảm cỏ che phủ $CP \leq 50\%$.
IC	Đất được thảm cỏ che phủ $CP > 50\%$.
ID	Thảm cây bụi.
IE	Thảm cây bụi xen cây gỗ với $H < 5m$
IF	Cây gỗ với $H < 5m$ xen cây bụi.

Nguồn: Nguyễn Văn Thêm (2023)



Hình 10.2. Sơ đồ mô tả những trạng thái đất trống sau hoạt động nương rẫy.

10.9.2.6. Phân loại rừng thứ sinh tự nhiên theo các trạng thái

Rừng thứ sinh được phân loại theo tiêu chí 3 (nguồn gốc hình thành rừng) và tiêu chí 4 (thành phần loài cây gỗ ưu thế của quần thụ). Rừng thứ sinh là rừng có trên 75% số loài cây gỗ thứ sinh. Kiểu rừng thứ sinh được phân loại nhỏ theo điều kiện hình thành rừng. Chẳng hạn: (1) Kiểu trạng thái IIA là rừng thứ sinh sau khai thác trắng rừng nguyên sinh; (2) Kiểu trạng thái IIB là rừng thứ sinh sau khai thác chọn ở rừng nguyên sinh với cường độ rất cao ($I > 75\%M_{Max}$); (3) Kiểu trạng thái IIC là rừng thứ sinh sau nương rẫy; (4) Kiểu trạng thái IID là rừng thứ sinh sau khi rừng nguyên sinh bị cháy...Theo đường kính bình quân ngang ngực (D_{BQ} , cm), mỗi kiểu rừng thứ sinh theo nguyên nhân hình thành được phân loại nhỏ theo 3 giai đoạn. Giai đoạn 1: Rừng thứ sinh với $D_{BQ} < 10cm$. Giai đoạn 2: Rừng thứ sinh với $D_{BQ} = 10-20cm$. Giai đoạn 3: Rừng thứ sinh với $D_{BQ} > 20cm$. Ba giai đoạn phát triển này được kí hiệu tương ứng bằng số 1, 2 và 3 đứng ngay sau kí hiệu của kiểu trạng thái rừng thứ sinh theo nguyên nhân hình thành. Ví dụ: Trạng thái IIA1, IIA2, IIA3 tương ứng là rừng thứ sinh được hình thành sau khai thác trắng với $D_{BQ} < 10cm$, $D_{BQ} = 10-20cm$ và $D_{BQ} > 20cm$. [Bảng 10.5](#) mô tả tóm tắt phân loại 3 kiểu trạng thái của rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa. Những kiểu rừng thứ sinh khác cũng được phân loại tương tự như rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa.

Bảng 10.5. Phân loại các kiểu trạng thái của rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa

Trạng thái rừng	Đặc điểm cơ bản của kiểu trạng thái rừng
IIA1	Rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa với $D_{BQ} < 10\text{cm}$.
IIA2	Rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa với $D_{BQ} = 10\text{-}20\text{cm}$.
IIA3	Rừng thứ sinh sau nương rẫy bỏ hóa với $D_{BQ} > 20\text{cm}$.

Nguồn: Nguyễn Văn Thêm (2023)

10.9.2.7. Phân loại rừng gỗ nguyên sinh bị suy thoái theo các trạng thái khác nhau

Loại rừng này được phân loại theo các tiêu chí 2÷8. Rừng gỗ nguyên sinh bị suy thoái đối với mỗi kiểu rừng ở mức địa phương (vùng sinh thái, tỉnh) được phân loại thành 2 kiểu phụ: (1) Rừng gỗ nguyên sinh được quản lý (Kí hiệu = IIIQL); (2) Rừng gỗ nguyên sinh không được quản lý (Kí hiệu = IIIKQL). Nguồn gốc ban đầu của 2 kiểu phụ này đều là rừng nguyên sinh ở giai đoạn cao đỉnh hoặc gần với giai đoạn cao đỉnh.

(a) *Phân loại rừng gỗ nguyên sinh được quản lý.* Các hoạt động lâm sinh kiểm soát chặt chẽ kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng gỗ trước và sau khi khai thác. Tuy vậy, do ảnh hưởng của khai thác, nên các đặc tính của rừng vẫn bị biến đổi. Theo cường độ khai thác, loại rừng này được phân loại thành 3 kiểu trạng thái phụ (Bảng 10.6). Đó là (1) Kiểu trạng thái rừng sau khai thác với cường độ cao (Kí hiệu = IIIQL1); (2) Kiểu trạng thái rừng sau khai thác với cường độ trung bình (Kí hiệu = IIIQL2); (3) Kiểu trạng thái rừng sau khai thác với cường độ thấp (Kí hiệu = IIIQL3). Cường độ khai thác (I%) được tính theo trữ lượng gỗ (M , m^3/ha); trong đó M_{Max} là trữ lượng gỗ của rừng gỗ tự nhiên ở giai đoạn cao đỉnh (Climax) hay giai đoạn rừng ổn định.

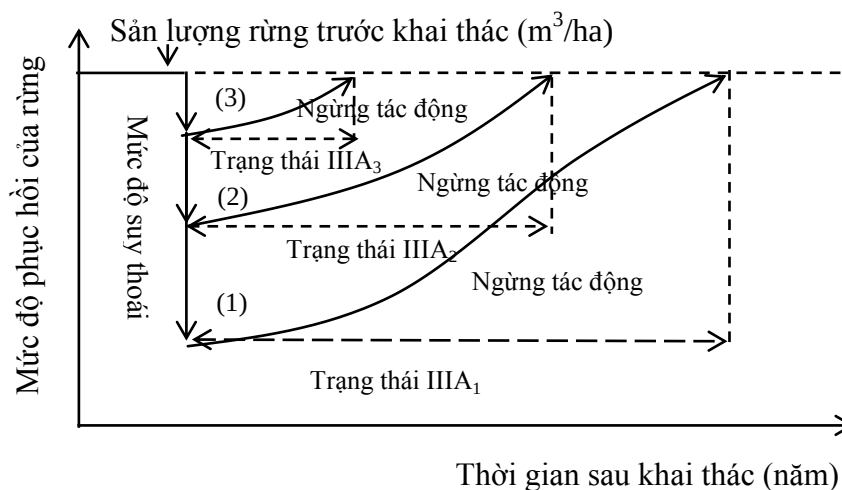
Theo lý thuyết sinh thái rừng, ba trạng thái rừng IIIQL1, IIIQL2 và IIIQL3 đều là rừng gỗ nguyên sinh bị dao động về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của lập địa do ảnh hưởng của khai thác chọn. Sau khi ngừng khai thác, chúng sẽ phục hồi lại những đặc tính của rừng cao đỉnh. Bởi vì thời gian phục hồi của rừng sau khai thác thường kéo dài hơn một chu kỳ kinh tế (5-10 năm), nên sự biến đổi của chúng theo thời gian cũng được xem là sự diễn thế. Theo khuynh hướng diễn thế, mỗi trạng thái rừng sau khai thác chọn được phân chia nhỏ thành 2 kiểu phụ: (1) Kiểu diễn thế thoái biến; (2) Kiểu diễn thế phục hồi. Kiểu diễn thế thoái biến là rừng cao đỉnh đã bị suy giảm về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng gỗ và đặc tính của lập địa do ảnh hưởng của khai thác chọn. Thời gian bị suy thoái sau khai thác chọn là dưới 5 năm và trên 5 năm. Kiểu diễn thế phục hồi là rừng cao đỉnh sau khai thác chọn đã phục hồi lại với thời gian dưới 5 năm và trên 5 năm. Để đơn giản, sử dụng kí hiệu IIIQL1A và IIIQL1B, IIIQL2A và IIIQL2B, IIIQL3A và IIIQL3B để chỉ tương ứng rừng đã phục hồi sau khai thác với thời gian dưới 5 năm và trên 5 năm.

(b) *Phân loại rừng gỗ nguyên sinh không được quản lý.* Đối với loại rừng này, các hoạt động lâm sinh kiểm soát không chặt chẽ kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng gỗ trước và sau khi khai thác. Vì thế, các đặc tính của rừng bị biến đổi rất lớn. Nguồn gốc của loại rừng này là rừng nguyên sinh ở giai đoạn cao đỉnh hoặc gần với giai đoạn cao đỉnh. Thành phần loài cây gỗ của loại rừng này không chỉ bao gồm những loài cây gỗ của rừng cao đỉnh còn sót lại sau những rối loạn, mà còn cả những loài cây gỗ thứ sinh sống trong các lỗ trống và khoảng trống. Tùy theo mức độ suy thoái (Hình 10.3), rừng nguyên sinh không được quản lý được phân loại thành 3 kiểu trạng thái phụ: IIIA1, IIIA2, IIIA3. Đặc trưng của 3 kiểu trạng thái phụ này được tóm tắt ở Bảng 10.7.

Bảng 10.6. Phân loại rừng gỗ nguyên sinh được quản lý theo các kiểu trạng thái.

TT rừng	Đặc điểm của các kiểu trạng thái rừng
IIIQL1	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ cao ($I > 35\%M_{Max}$).
IIIQL1A	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ cao ($I > 35\%M_{Max}$); thời gian phục hồi < 5 năm.
IIIQL1B	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ cao ($I > 35\%M_{Max}$); thời gian phục hồi > 5 năm.
IIIQL2	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ trung bình ($I = 15-35\%M_{Max}$).
IIIQL2A	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ trung bình ($I = 15-35\%M_{Max}$); thời gian phục hồi < 5 năm.
IIIQL2B	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ trung bình ($I = 15-35\%M_{Max}$); thời gian phục hồi > 5 năm.
IIIQL3	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ thấp ($I < 15\%M_{Max}$).
IIIQL3A	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ thấp ($I < 15\%M_{Max}$); thời gian phục hồi < 5 năm.
IIIQL3B	Rừng nguyên sinh sau khai thác với cường độ thấp ($I < 15\%M_{Max}$); thời gian phục hồi > 5 năm.

Nguồn: Nguyễn Văn Thêm (2023)



Hình 10.3. Sơ đồ mô tả rừng phục hồi lại sau khai thác chọn thô với cường độ khai thác khác nhau. Mũi tên hướng từ trục tung xuống dưới chỉ diễn thế thoái biến do ảnh hưởng của khai thác chọn. Mũi tên hướng từ trục hoành lên trên chỉ diễn thế phục hồi sau khai thác chọn.

Kiểu trạng thái phụ IIIA1 là rừng nguyên sinh đã bị suy giảm nhiều về thành phần loài cây gỗ; tán rừng bị phá vỡ từng mảng lớn ($C = 0,3 \div 0,5$); M hiện còn $< 25\%M_{Max}$; tầng trên còn sót lại một số cây mẹ với phẩm chất xấu; tầng dưới nhiều cây bụi và cây thân leo. Theo tình trạng tái sinh và khuynh hướng diễn thế, kiểu trạng thái phụ IIIA1 được phân chia nhỏ thành 3 kiểu phụ (IIIA1A, IIIA1B, IIIA1C). Kiểu trạng thái phụ IIIA1A là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức rất cao; $M < 25\%M_{Max}$; thời gian phục hồi > 5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh hiện còn trên 50%; mật độ cây tái sinh của những loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh đạt trên 500 cây/ha với $H > 100\text{cm}$ và chất lượng tốt. Kiểu trạng thái phụ IIIA1A không chỉ bao gồm những loài cây gỗ của rừng cao đỉnh còn sót lại sau những rối loạn, mà còn cả những cây gỗ non ($D > 6\text{ cm}$) của rừng cao đỉnh và rừng thứ sinh. Những

lớp cây gỗ non này được hình thành sau những rối loạn (khai thác, lửa...). Trong trường hợp này, kiểu trạng thái rừng IIIA1A là rừng diễn thế đúng hướng, nghĩa là rừng vẫn còn khả năng phục hồi lại thành phần loài cây gỗ ưu thế, cấu trúc và các chức năng sinh thái giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh do điều kiện khí hậu vùng và đất ấn định. Nói một cách khác, kiểu trạng thái rừng IIIA1A là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức độ rất cao, nhưng diễn thế đúng hướng. Khả năng phục hồi lại của kiểu trạng thái rừng IIIA1A phụ thuộc vào những cây gỗ trưởng thành còn sót lại sau khai thác, tình trạng tái sinh và lập địa. Theo khả năng tái tạo, kiểu trạng thái rừng IIIA1A được gọi là rừng còn khả năng tái tạo lại những giá trị theo kỳ vọng của con người. Để hỗ trợ kiểu trạng thái rừng IIIA1A đạt đến trạng thái cao đỉnh, lâm học sử dụng biện pháp chặt nuôi rừng và hỗ trợ tái sinh.

Bảng 10.7. Phân loại rừng gỗ nguyên sinh không được quản lý theo các kiểu trạng thái

TT rừng	Đặc điểm của các kiểu trạng thái rừng
IIIA1A	Rừng bị suy thoái ở mức rất mạnh; $M < 25\%M_{Max}$; thời gian phục hồi >5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh $>50\%$; mật độ cây tái sinh của loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh > 500 cây/ha với $H > 100\text{cm}$; diễn thế đúng hướng.
IIIA1B	Rừng bị suy thoái ở mức rất mạnh; $M < 25\% M_{Max}$; thời gian phục hồi < 5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh $= 25-50\%$; mật độ cây tái sinh của loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh > 500 cây/ha với $H > 100\text{cm}$; diễn thế đúng hướng.
IIIA1C	Rừng bị suy thoái ở mức rất mạnh; $M < 25\% M_{Max}$; thời gian phục hồi > 5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh $< 25\%$; mật độ cây tái sinh của loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh < 500 cây/ha với $H > 100\text{cm}$; diễn thế chệch hướng.
IIIA2A	Rừng bị suy thoái ở mức trung bình; $M = 25-50\% M_{Max}$; diễn thế phục hồi.
IIIA2B	Rừng bị suy thoái ở mức trung bình; $M = 25-50\% M_{Max}$; diễn thế thoái biến.
IIIA3A	Rừng bị suy thoái ở mức thấp; $M = 50-75\% M_{Max}$; diễn thế phục hồi.
IIIA3B	Rừng bị suy thoái ở mức thấp; $M = 50-75\% M_{Max}$; diễn thế thoái biến.

Kiểu trạng thái rừng IIIA1B là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức rất mạnh; $M < 25\%M_{Max}$; thời gian phục hồi <5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh hiện còn từ 25-50%; mật độ cây tái sinh của những loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh đạt trên 500 cây/ha với $H > 100\text{cm}$ và chất lượng tốt. Kiểu trạng thái rừng IIIA1B không chỉ bao gồm những loài cây gỗ của rừng cao đỉnh còn sót lại sau những rối loạn, mà còn cả những cây gỗ non ($D > 6\text{cm}$) của rừng cao đỉnh và rừng thứ sinh. Những lớp cây gỗ non này được hình thành sau những rối loạn (khai thác, lửa...). Trong trường hợp này, kiểu trạng thái rừng IIIA1B là rừng diễn thế đúng hướng, nghĩa là rừng vẫn còn khả năng phục hồi lại thành phần loài cây gỗ ưu thế, cấu trúc, sản lượng gỗ và các chức năng sinh thái giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh do điều kiện khí hậu vùng và đất ấn định. Để hỗ trợ kiểu trạng thái rừng IIIA1B đạt đến trạng thái cao đỉnh, lâm học sử dụng biện pháp chặt nuôi rừng và hỗ trợ tái sinh.

Kiểu trạng thái rừng IIIA1C là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức rất mạnh; $M < 25\%M_{Max}$; thời gian phục hồi <5 năm; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh hiện còn dưới 25%; mật độ cây tái sinh của những loài cây gỗ ở rừng cao đỉnh chỉ đạt dưới 500 cây/ha

với $H > 100\text{cm}$ và chất lượng kém. Trong trường hợp này, kiểu trạng thái rừng IIIA1C không còn khả năng phục hồi lại thành phần loài cây gỗ ưu thế, cấu trúc, sản lượng gỗ và các chức năng sinh thái giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh do điều kiện khí hậu vùng và đất ấn định. Nói một cách khác, kiểu trạng thái rừng IIIA1C là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức rất mạnh và diễn thế chệch hướng. Rừng nguyên sinh bị suy thoái diễn thế chệch hướng thường xuất hiện ở rừng khai thác chọn thô theo cấp D và theo loài cây gỗ ưu thế có giá trị kinh tế cao, cường độ khai thác rất cao ($I > 75\%M_{\text{Max}}$). Nếu thành phần loài cây gỗ và giá trị của chúng đáp ứng được kỳ vọng của con người, thì kiểu trạng thái rừng IIIA1C vẫn được xem là tài nguyên tái tạo hay đối tượng của kinh doanh rừng. Trái lại, nếu thành phần loài cây gỗ và giá trị của chúng không đáp ứng được kỳ vọng của con người, thì kiểu trạng thái rừng IIIA1C là tài nguyên không thể tái tạo. Trong trường hợp này, kiểu trạng thái rừng IIIA1C là đối tượng của cải tạo rừng hoặc chuyển sang mục đích sử dụng khác.

Kiểu trạng thái rừng IIIA2 là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức trung bình; M hiện còn khoảng $25-50\%M_{\text{Max}}$; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh vẫn còn trên 75%; tán rừng chưa bị phá vỡ ($C = 0,5 \div 0,6$); tầng trên còn khá nhiều cây mẹ với phẩm chất tốt; tầng dưới ít cây bụi và cây thân leo. Bởi vì thành phần loài cây gỗ và M gỗ chỉ bị suy giảm rất nhỏ, nên kiểu trạng thái rừng này có thể phục hồi lại trạng thái rừng nguyên sinh trước khi bị tác động.

Kiểu trạng thái rừng IIIA3 là rừng nguyên sinh đã bị suy thoái ở mức thấp; M hiện còn khoảng $50-75\%M_{\text{Max}}$; số loài cây gỗ của rừng cao đỉnh vẫn còn trên 75%; tán rừng chưa bị phá vỡ ($C > 0,7$); tầng trên còn rất nhiều cây mẹ với phẩm chất tốt; tầng dưới ít cây bụi và cây thân leo. Bởi vì thành phần loài cây gỗ và M chỉ bị suy giảm rất nhỏ, nên kiểu trạng thái rừng này có thể phục hồi lại nhanh về trạng thái rừng nguyên sinh trước khi bị tác động.

(c) Phân loại rừng gỗ nguyên sinh bị suy thoái theo sản lượng gỗ và ý nghĩa kinh tế. Theo sản lượng gỗ (M , m^3/ha), rừng gỗ tự nhiên được quản lý và rừng gỗ tự nhiên không được quản lý được phân loại thành 3 kiểu phụ: (a) Rừng có sản lượng gỗ cao ($M > 75\%M_{\text{Max}}$); (b) Rừng có sản lượng gỗ trung bình ($M = 50-75\%M_{\text{Max}}$); (c) Rừng có sản lượng gỗ thấp ($M < 50\%M_{\text{Max}}$). Bởi vì sản lượng gỗ thay đổi theo kiểu rừng, nên ba kiểu phụ này được định nghĩa riêng rẽ theo từng kiểu rừng ở mức địa phương. Ví dụ 1: Giả sử sản lượng gỗ của kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới (Kí hiệu = Rkx) ở giai đoạn cao đỉnh là $M_{\text{Max}} = 400\text{m}^3/\text{ha}$. Nếu kiểu rừng gỗ này bị suy thoái, thì rừng có sản lượng gỗ cao, rừng có sản lượng gỗ trung bình và rừng có sản lượng gỗ thấp tương ứng là $M > 300\text{m}^3/\text{ha}$, $M = 200-300\text{m}^3/\text{ha}$ và $M < 200\text{m}^3/\text{ha}$. Ví dụ 2: Giả sử sản lượng gỗ của kiểu rừng thưa lá rộng hơi khô nhiệt đới (Kí hiệu = Rts) ở giai đoạn cao đỉnh là $M_{\text{Max}} = 200\text{m}^3/\text{ha}$. Nếu kiểu rừng gỗ này bị suy thoái, thì rừng có sản lượng gỗ cao, rừng có sản lượng gỗ trung bình và rừng có sản lượng gỗ thấp tương ứng là $M > 150\text{m}^3/\text{ha}$, $M = 100-150\text{m}^3/\text{ha}$ và $M < 100\text{m}^3/\text{ha}$. Theo ý nghĩa kinh tế, rừng có sản lượng gỗ cao, rừng có sản lượng gỗ trung bình và rừng có sản lượng gỗ thấp được gọi là rừng giàu, rừng trung bình và rừng nghèo. Để xây dựng các phương thức lâm sinh phù hợp với đặc điểm của rừng, rừng gỗ nguyên sinh đã bị suy thoái có thể được phân loại chi tiết thành 5 kiểu phụ dựa theo M gỗ hiện còn. Đó là rừng có sản lượng gỗ rất cao ($M = M_{\text{Max}}$), rừng có sản lượng gỗ cao ($M = 75-100\%M_{\text{Max}}$), rừng có sản lượng gỗ trung bình ($M = 50-75\%M_{\text{Max}}$), rừng có sản lượng gỗ thấp ($M = 25-50\%M_{\text{Max}}$) và rừng có sản lượng gỗ rất thấp ($M < 25\%M_{\text{Max}}$). Theo ý nghĩa kinh tế, 5 loại rừng này được gọi là rừng rất giàu, rừng giàu, rừng trung bình, rừng nghèo và rừng rất nghèo.

10.9.2.8. Quy tắc đặt tên cho các trạng thái rừng

Tên ngắn gọn của các trạng thái rừng trong một kiểu rừng ở mức địa phương (vùng sinh thái, tỉnh) được gọi theo tên mã hóa. Đó là kiểu trạng thái I, II, III, IV. Tên đầy đủ của các trạng thái rừng trong một kiểu rừng phải phản ánh rõ kiểu rừng, kiểu trạng thái, nguyên nhân hình thành, mức độ bị tác động, điều kiện môi trường (đất, địa hình) và hướng diễn thế. Theo quy tắc này, tên gọi đầy đủ của trạng thái I và II bao gồm 4 phần. Phần thứ 1 là một cụm từ để chỉ kiểu thảm thực vật. Phần thứ 2 là nguyên nhân hình thành. Phần thứ 3 là loại đất. Phần thứ 4 là dạng địa hình. Tên gọi đầy đủ của trạng thái III bao gồm 5 phần. Phần thứ 1 là trạng thái rừng. Phần thứ 2 là nguyên nhân hình thành. Phần thứ 3 là kiểu rừng theo hệ thống phân loại rừng của Thái Văn Trùng (1999). Phần thứ 4 là loại đất. Phần thứ 5 là dạng địa hình.

Để đơn giản, tên đầy đủ của các trạng thái rừng được viết ngắn gọn theo các kí hiệu của tên trạng thái rừng, nguồn gốc hay nguyên nhân hình thành, kiểu rừng, loại đất, địa hình, hướng diễn thế và tình trạng tái sinh. Đối với trạng thái I, đất thoái hóa, đất trống có cỏ mọc rải rác, thảm cây bụi, thảm cây bụi xen cây gỗ và thảm cây gỗ xen cây bụi được viết tắt là ĐTH, ĐTC, CB, CBG, CGB. Rừng thứ sinh được viết tắt là RTS. Rừng tự nhiên bị suy thoái được viết tắt là RTNST. Rừng nguyên sinh được viết tắt là RNS. Ngay sau tên viết tắt của các trạng thái rừng, sử dụng từ “Sau = kí hiệu S” để chỉ nguyên nhân hình thành rừng. Đất thoái hóa sau khai thác rừng với cường độ cao, sau nương rẫy và sau lửa tràn qua được viết tắt tương ứng là ĐTHSKT, ĐTHSNR, ĐTHSL. Rừng thứ sinh hình thành sau khai thác, sau nương rẫy và sau lửa tràn qua được viết tắt tương ứng là RTSSKT, RTSSNR, RTSSL. Rừng tự nhiên bị suy thoái sau khai thác được viết tắt là RTNSKT. Theo giai đoạn phát triển của RTS, sử dụng cụm từ $D < 10\text{cm}$, $D = 10\text{-}20\text{cm}$ và $D > 20\text{cm}$ để chỉ tương ứng RTS với $D_{BQ} < 10\text{cm}$, RTS với $D_{BQ} = 10\text{-}20\text{cm}$ và RTS với $D_{BQ} > 20\text{cm}$. Ví dụ: RTSSKT- $D < 10\text{cm}$, RTSSKT- $D = 10\text{-}20\text{cm}$ và RTSSKT- $D > 20\text{cm}$.

Tên của kiểu rừng được viết tắt theo kí hiệu kiểu rừng của Thái Văn Trùng (1999) (Xem Mục 10.7.5). Tên của kiểu rừng đã bao gồm yếu tố khí hậu (Chế độ khô ẩm). Vì thế, điều kiện môi trường hình thành các trạng thái rừng chỉ bổ sung thêm 2 yếu tố đất và địa hình. Tên đất được viết đầy đủ hoặc theo kí hiệu của loại đất. Các kiểu địa hình núi, đồi và đồng bằng được viết tắt tương ứng là N, Đ, D. Địa hình núi cao ($>1500\text{m}$), núi trung bình ($700\text{-}1500\text{m}$) và núi thấp ($300\text{-}700\text{m}$) được viết tắt tương ứng là N1, N2 và N3. Đồi cao ($200\text{-}300\text{m}$), đồi trung bình ($100\text{-}200\text{m}$) và đồi thấp ($<100\text{m}$) được viết tắt tương ứng là Đ1, Đ2 và Đ3. Vị trí của khoảnh rừng trên địa hình núi (chân, sườn, đỉnh) được kí hiệu tương ứng là N1, N2 và N3 kèm theo số 1, 2 và 3. Ví dụ: Kí hiệu N1-1, N1-2 và N1-3 để chỉ khoảnh rừng nằm ở vị trí chân núi cao, sườn núi cao và đỉnh núi cao. Vị trí của khoảnh rừng trên địa hình đồi (chân, sườn, đỉnh) được kí hiệu tương ứng là Đ1, Đ2 và Đ3 kèm theo số 1, 2 và 3. Ví dụ: Kí hiệu Đ1-1, Đ1-2 và Đ1-3 để chỉ khoảnh rừng nằm ở vị trí chân đồi cao, sườn đồi cao và đỉnh đồi cao. Tên đất được viết đầy đủ hoặc theo kí hiệu của loại đất.

Dưới đây là ví dụ về cách đặt tên đầy đủ và tên viết tắt của các kiểu trạng thái rừng.

- (1) Đất thoái hóa sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất feralit đỏ vàng ở đồi thấp. Tên viết tắt: ĐTHSKT-Rkx-Đất feralit đỏ vàng-Đ3.
- (2) Thảm cây bụi xen cây gỗ với $H < 5\text{m}$ sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Tên viết tắt: CBGSKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (3) Rừng thứ sinh với $D < 10\text{cm}$ sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Kí hiệu: RTSSKT- $D < 10\text{cm}$ -Rkx-Đất Bazan nâu đỏ-Đ3.

- (4) Rừng thứ sinh với $D=10-20\text{cm}$ sau khi làm nương rẫy trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất xám phù sa cổ ở đồi thấp. Kí hiệu: RTSSKT-D=10-20cm-Rkx-Đất xám phù sa cổ-Đ3.
- (5) Rừng được quản lý bị suy thoái ở mức cao sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế đúng hướng và tái sinh tốt. Kí hiệu: IIIQL1SKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (6) Rừng không được quản lý bị suy thoái ở mức cao sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế chệch hướng và tái sinh kém. Kí hiệu: IIIA1BSKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (7) Rừng không được quản lý bị suy thoái ở mức trung bình sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế phục hồi. Kí hiệu: IIIA2ASKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (8) Rừng không được quản lý bị suy thoái ở mức trung bình sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế thoái biến. Kí hiệu: IIIA2BSKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (9) Rừng không được quản lý bị suy thoái ở mức thấp sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế phục hồi. Kí hiệu: IIIA3ASKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (10) Rừng không được quản lý bị suy thoái ở mức thấp sau khai thác rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ ở đồi thấp. Diễn thế thoái biến. Kí hiệu: IIIA3BSKT-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3.
- (11) Rừng nguyên sinh kín thường xanh ẩm nhiệt đới trên đất bazan nâu đỏ, đồi thấp ở ven sông Đồng Nai. Kí hiệu: RNS-Rkx-Đất bazan nâu đỏ-Đ3-ven sông Đồng Nai.
- (12) Rừng nguyên sinh kín hỗn hợp lá rộng lá kim ẩm á nhiệt đới núi tầng trên ở cao nguyên Lang Biang thuộc tỉnh Lâm Đồng. Kí hiệu: RNS-Rkh-Cao nguyên Lang Biang.

10.9.2.9. Xây dựng bản đồ rừng

Bản đồ rừng ở mức địa phương bao gồm bản đồ kiểu rừng và bản đồ kiểu trạng thái rừng. Hai loại bản đồ rừng này được xây dựng theo 3 bước.

Bước 1. Xác định tỷ lệ bản đồ rừng. Ở mức vùng sinh thái, bản đồ rừng được xây dựng theo đơn vị kiểu rừng với tỷ lệ 1/100.000. Ở mức tỉnh, bản đồ rừng được xây dựng theo đơn vị kiểu rừng với tỷ lệ 1/50.000. Ở mức Ban quản lý rừng, bản đồ rừng được xây dựng theo đơn vị kiểu rừng với tỷ lệ 1/25.000. Để thể hiện rõ các hoạt động lâm sinh, bản đồ rừng ở mức khoảnh rừng được xây dựng với tỷ lệ 1/10.000. Phương pháp xây dựng bản đồ rừng được thực hiện theo chỉ dẫn của xây dựng bản đồ trong điều tra rừng.

Bước 2. Xây dựng bản đồ kiểu rừng. Kiểu rừng là tập hợp các khu rừng có đặc điểm tương đồng về môi trường (khí hậu, đất, địa hình), dạng sống ưu thế trong tầng ưu thế sinh thái, mức độ che tán của tầng ưu thế sinh thái (kín, thưa), hình thái lá (lá rộng, lá kim) và vật hậu của tán lá (thường xanh, rụng lá) (Thái Văn Trùng, 1999). Nguồn gốc phát sinh rừng (khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của con người) được xác định theo các kiểu lập địa ở phạm vi cấp tỉnh. Tiêu chuẩn phân loại các kiểu lập địa là tiểu vùng khí hậu, loại đất, dạng địa hình và kiểu rừng. Tiểu vùng khí hậu được phân loại dựa theo sự khác biệt về chế độ khô ẩm theo phương pháp của Thái Văn Trùng (1999). Loại đất và dạng địa hình được xác định theo bản đồ đất và bản đồ địa hình. Các tổ hợp môi trường vật lý của kiểu rừng (khí hậu, đất-địa hình) được xác định bằng cách chồng ghép ba loại bản đồ tiểu vùng khí hậu, đất và địa hình. Bản đồ kiểu rừng ở mức địa phương được xác định bằng cách chồng

phép 4 loại bản đồ (thảm thực vật, tiểu vùng khí hậu, đất và địa hình). Ranh giới và diện tích của mỗi kiểu rừng là phần giao nhau giữa 4 yếu tố: thảm thực vật, tiểu vùng khí hậu, đất và địa hình.

Bước 3. Xây dựng bản đồ các kiểu trạng thái rừng. Các kiểu trạng thái rừng trong mỗi kiểu rừng bao gồm rất nhiều tiêu chuẩn (Bảng 12.4-12.7). Khi điều tra tại thực địa, chúng ta rất khó xác định thành phần loài cây gỗ ưu thế của quần thụ (S, loài), sản lượng gỗ hiện còn của quần thụ (M, m³/ha), hướng diễn thế của rừng (đúng hướng, lệch hướng), mật độ và chất lượng cây tái sinh của những loài cây gỗ phù hợp với mục đích sử dụng rừng. Để đơn giản, ranh giới của đất trống (Kiểu trạng thái I) được xác định theo đất không có thảm thực vật che phủ và các dạng sống của thảm thực vật. Ranh giới của kiểu trạng thái rừng thứ sinh (II) được xác định theo các loài cây gỗ thứ sinh ưu thế. Ranh giới của 3 kiểu trạng thái IIIQL (IIIQL1, IIIQL2, IIIQL3) và 3 kiểu trạng thái IIKQL (IIIA1, IIIA2, IIIA3) được xác định theo tiết diện ngang của quần thụ (G, m²/ha). Trị số G của 3 kiểu trạng thái ở rừng IIIQL và IIKQL được xác định thông qua điều tra sơ bộ. Từ phạm vi biến động của G trong các kiểu trạng thái rừng đã bị suy thoái và rừng cao đỉnh hoặc rừng ở trạng thái ổn định, phân loại chúng thành 3 cấp tương ứng với 3 kiểu trạng thái rừng đã bị suy thoái. Trị số G của rừng ở trạng thái ổn định là G_{Max}. Ba cấp G của 3 kiểu trạng thái IIIQL và IIKQL nhận giá trị tương ứng là $G < 0,25G_{Max}$, $G = 0,25-0,50G_{Max}$ và $G > 0,5G_{Max}$. Bản đồ các trạng thái rừng IIIQL và IIKQL trong mỗi kiểu rừng được xây dựng bằng cách chồng ghép 2 loại bản đồ kiểu rừng và kiểu trạng thái rừng. Trong mỗi kiểu trạng thái rừng, ranh giới của các kiểu trạng thái phụ được xây dựng ở mức tiểu khu và khoảng với tỷ lệ 1/5.000. Bản đồ các trạng thái phụ trong mỗi kiểu rừng ở mức tiểu khu và khoảng được xây dựng bằng cách chồng ghép 3 loại bản đồ (kiểu rừng, kiểu trạng thái rừng, kiểu trạng thái rừng phụ). Các kiểu trạng thái phụ là đối tượng của hoạt động lâm sinh. Đặc điểm của các kiểu trạng thái rừng phụ được phân tích từ các ô mẫu. Đây là nhiệm vụ của lâm học nhằm xác định những căn cứ khoa học cho các kỹ thuật lâm sinh.

10.10. Ý Nghĩa của phân loại rừng

Phân loại rừng mang lại những ý nghĩa to lớn về lý luận và thực tiễn. Về lý luận, phân loại rừng cho phép nhận thức đầy đủ về bản chất tự nhiên của rừng, sự thống nhất giữa rừng và môi trường, các quá trình phát sinh, phát triển và hình thành rừng năng suất cao... Về thực tiễn, phân loại rừng là cơ sở của phân vùng và quy hoạch lãnh thổ, xây dựng các phương thức lâm sinh, quản lý rừng và định hướng các loại hình kinh doanh rừng. Vì mỗi kiểu rừng có quá trình phát sinh và phát triển khác nhau, do đó phương thức kinh doanh và sử dụng rừng cũng phải thay đổi theo kiểu rừng. Kiến thức về các kiểu rừng cho phép nhà lâm học xây dựng các phương thức lâm sinh phù hợp với từng kiểu rừng. Nói chung, phân loại rừng là một nhiệm vụ không thể bỏ qua của lâm nghiệp. Các phương thức lâm sinh phụ thuộc căn bản vào tính đa dạng của điều kiện khí hậu và đất. Kiểu rừng không chỉ cho phép mô tả rừng một cách khách quan, mà còn giúp cho nhà lâm học phân loại chính xác các biện pháp khai thác-tái sinh rừng, nuôi dưỡng rừng, sử dụng rừng, phục hồi rừng, bảo vệ và bảo tồn các loài cây-con quý, hiếm và có giá trị cao về kinh tế, bảo vệ môi trường...

10.11. Tóm tắt chương 10

Trong các hoạt động của mình, nhà lâm nghiệp luôn phải đối mặt với một vấn đề hết sức khó khăn và phức tạp. Đó là làm thế nào có thể quản lý, bảo vệ, khai thác và sử

dụng hợp lý tài nguyên rừng? Muốn quản lý, bảo vệ, khai thác và sử dụng hợp lý tài nguyên rừng, nhà lâm nghiệp phải dự báo được những biến đổi diễn ra ở rừng, đồng thời xây dựng được chiến lược điều khiển rừng. Phân loại rừng cho phép nhà lâm nghiệp có thể giải quyết được những vấn đề đó.

Các phương pháp phân loại rừng đã được hình thành và phát triển từ nhiều thập kỷ qua. Khuynh hướng chung của các hệ thống phân loại rừng trước đây là đi từ những phương pháp sử dụng các tham số của môi trường vật lý (địa lý, khí hậu và lập địa) đến những phương pháp sử dụng tất cả các thành phần chủ yếu của hệ sinh thái rừng (Phương pháp khí hậu địa lý sinh vật; Phương pháp dựa trên nguyên lý sinh thái phát sinh theo học thuyết hệ sinh thái). Các phương pháp phân loại rừng này ít nhiều đã phản ánh được các quan hệ giữa rừng với môi trường của chúng. Phương pháp phân loại rừng dựa trên nhiều tham số sinh thái có quan hệ chặt chẽ với sự phát sinh rừng cho phép dự báo rừng chính xác hơn so với các phương pháp phân loại rừng chỉ dựa trên một vài tham số của môi trường.

Câu hỏi chương 10

- (1) Thảm thực vật rừng là gì? Kiểu thảm thực vật rừng là gì?
- (2) Giải thích nghĩa của 3 tên gọi: rừng nhiệt đới, rừng á nhiệt đới, rừng ôn đới và rừng ở vùng cực hay rừng Taiga?
- (3) Tại sao kiểu thảm thực vật rừng cần phải được phân loại thành các kiểu rừng?
- (4) Thảm thực vật rừng được phân loại theo những phương pháp nào? Phân loại rừng theo phương pháp nào là khoa học nhất?
- (5) Các kiểu rừng và các kiểu phụ rừng của Thái Văn Trùng được phân loại theo những tiêu chí nào?
- (6) Giải thích một số tên gọi: (1) Rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới; (2) Rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới; (3) Rừng thưa rụng lá hơi khô nhiệt đới?
- (7) Định nghĩa rừng nguyên sinh, rừng nguyên sinh bị biến đổi và rừng thứ sinh?
- (8) Trạng thái rừng là gì? Theo quan điểm lâm học, trạng thái rừng gỗ tự nhiên bị suy thoái được phân loại theo những tiêu chí nào?
- (9) Giải thích vì sao các trạng thái rừng gỗ tự nhiên bị suy thoái cần phải được phân loại theo từng kiểu rừng gỗ ở mức địa phương (tỉnh, vùng sinh thái)?
- (10) Trong lâm học, phân loại mỗi kiểu rừng gỗ tự nhiên bị suy thoái thành các trạng thái khác nhau mang lại ý nghĩa gì?

Phần III

ÁP DỤNG SINH THÁI RỪNG TRONG LÂM NGHIỆP

Sinh thái rừng nghiên cứu các chức năng cơ bản của rừng. Đó là quá trình thu nhận, truyền và mất mát năng lượng và vật chất trong các hệ sinh thái rừng. Ngoài ra, sinh thái rừng còn nghiên cứu những nhân tố kiểm soát đời sống của rừng, những đặc tính của quần thể và quần xã thực vật, sự dao động, diễn thế rừng và phân loại rừng. Vai trò sinh thái của rừng là do các chức năng của rừng ấn định. Ý nghĩa của sinh thái rừng trong lâm nghiệp đã được trình bày chi tiết ở Phần II.

Sự rối loạn trong tự nhiên (bão, lũ, lụt, lửa, sâu bệnh) và hoạt động kinh doanh rừng có thể dẫn đến sự suy thoái rừng. Rừng bị suy thoái mạnh cần phải được phục hồi lại. Rừng không chỉ là nguồn nguyên liệu gỗ, củi và các lâm sản ngoài gỗ, mà còn có nhiều lợi ích khác.

Kiến thức về sinh thái rừng là cơ sở khoa học cho các phương thức lâm sinh, điều tra rừng, quản lý tài nguyên rừng, quy hoạch và điều chế rừng... Đây là những phạm trù lớn. Chúng được giới thiệu trong các môn lâm sinh học, điều tra rừng, quản lý tài nguyên rừng, quy hoạch và điều chế rừng... Phần III trước hết xem xét những áp dụng kiến thức của sinh thái rừng để xác định những loại rừng còn khả năng phục hồi và những loại rừng không còn khả năng phục hồi. Sau đó phân tích các chức năng của rừng và vai trò sinh thái của rừng đối với con người.

Chương 11

KHÔI PHỤC TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN VÀ ÁP DỤNG VÀO KINH DOANH RỪNG

11.1. Mở đầu

Dân số thế giới tính đến năm 2024 là 8 tỷ người và vẫn tiếp tục gia tăng nhanh (World Economic Forum, 2024). Do đó, nguồn tài nguyên vật chất và năng lượng tái tạo đóng vai trò quan trọng đối với loài người. Vì tính khan hiếm của tài nguyên không thể tái tạo sẽ tăng lên theo thời gian, nên giá trị của chúng cũng sẽ tăng lên theo thời gian. Trái lại, giá trị của tài nguyên tái tạo gia tăng với tốc độ chậm hơn, bởi vì chúng có khả năng tái tạo sau khi sử dụng. Chương 11 giới thiệu khái niệm về tài nguyên tái tạo và tài nguyên không tái tạo; ảnh hưởng của sử dụng tài nguyên rừng đến sự tái tạo tài nguyên rừng; kinh doanh rừng ổn định và chu kỳ sinh thái.

11.2. Khái niệm về tài nguyên tái tạo và tài nguyên không tái tạo

Tài nguyên tái tạo là tài nguyên có khả năng phục hồi sau khi sử dụng. Ví dụ: Tài nguyên thực vật và động vật. Ngược lại, tài nguyên không tái tạo là tài nguyên không thể phục hồi sau khi sử dụng. Ví dụ: Tài nguyên hóa thạch và tài nguyên khoáng sản. Hai định nghĩa về tài nguyên tái tạo và tài nguyên không tái tạo trên đây là những thuật ngữ của lĩnh vực kinh tế - xã hội. Những định nghĩa này phản ánh không đầy đủ bản chất của các tài nguyên. Theo Kimmins (1998), những tài nguyên tái tạo là những tài nguyên có khả năng phục hồi lại các giá trị sử dụng ban đầu sau một thời gian bằng độ dài thời gian của một kế hoạch kinh tế - xã hội. Trái lại, những tài nguyên không tái tạo là những tài nguyên không có khả năng phục hồi lại các giá trị sử dụng ban đầu sau một thời gian bằng độ dài thời gian của một kế hoạch kinh tế - xã hội.

Theo cách hiểu truyền thống, tài nguyên rừng là tài nguyên tái tạo thông qua quá trình thu nhận và truyền năng lượng và vật chất của rừng. Rừng trồng Keo lai (*Acacia Hybrid*) trên lập địa tốt có thể đạt sản lượng gỗ 350m³/ha sau khoảng 10 năm. Rừng trồng Sao đen (*Hopea odorata*) và Dầu rái (*Dipterocarpus alatus*) trên đất xám phù sa cổ có thể đạt chiều cao 30m và đường kính 60cm sau khoảng 30 năm. Từ hai ví dụ này cho thấy, thời gian để rừng phục hồi lại các giá trị sử dụng dài hơn rất nhiều so với thời gian của một chu kỳ kinh tế (5÷10 năm).

Khi ứng dụng khái niệm tài nguyên tái tạo và không tái tạo vào quản lý rừng, nhà lâm nghiệp có thể xem những loại rừng không thể phục hồi lại các giá trị sử dụng theo kỳ vọng của con người là tài nguyên rừng không tái tạo. Tất nhiên, về mặt sinh học, rừng vẫn là nguồn tài nguyên tái tạo. Thế nhưng, thời gian tái tạo của rừng là thời gian địa chất mà không phải là thời gian theo nghĩa kinh tế-xã hội. Do đó, nhà lâm nghiệp có thể xem thời gian tái tạo của rừng dài hơn thời gian của một chu kỳ kinh tế là tài nguyên rừng không tái tạo. Chu kỳ kinh tế bao gồm chu kỳ kinh tế ngắn hạn (5 năm) và chu kỳ kinh tế dài hạn (>10 năm). Định nghĩa chu kỳ kinh tế khác nhau ảnh hưởng đến quan niệm về tài nguyên rừng tái tạo và tài nguyên rừng không tái tạo. Mặt khác, những định nghĩa về tài nguyên rừng tái tạo và tài nguyên rừng không tái tạo cũng thay đổi theo những định nghĩa về kỳ vọng của con người. Vì thế, khi xây dựng các phương thức kinh doanh rừng, các nhà quản lý và kinh doanh rừng cần phải định nghĩa rõ ràng những loại rừng có thể phục hồi và những loại rừng không thể phục hồi theo chu kỳ kinh tế và theo kỳ vọng của con người. Ví dụ 1: Nếu trồng rừng Keo lai nhằm cung cấp nguyên liệu gỗ nhỏ để sản xuất gỗ ván dăm

và bột giấy, thì chu kỳ kinh doanh rừng Keo lai có thể kéo dài 5÷10 năm. Trái lại, nếu trồng rừng Keo lai nhằm cung cấp nguyên liệu gỗ lớn để sản xuất gỗ gia dụng và gỗ xẻ, thì chu kỳ kinh doanh rừng Keo lai cần phải kéo dài 15÷20 năm. Ví dụ 2: Nếu rừng tự nhiên nguyên sinh ổn định được khai thác theo đúng nguyên lý lâm sinh, thì luân kỳ khai thác dao động từ 15÷20 năm. Vì thế, rừng tự nhiên nguyên sinh sau khai thác theo đúng nguyên lý lâm sinh là rừng có khả năng tái tạo. Do khai thác không theo đúng nguyên lý lâm sinh, nên nhiều rừng tự nhiên sau khai thác đã trở thành tài nguyên không tái tạo

11.3. Bản chất của tài nguyên vật chất

Tài nguyên vật chất là sự tập trung năng lượng và vật chất có giá trị cho con người lớn hơn giá trị bình quân của năng lượng và vật chất chứa trong lòng đất. Ví dụ 1: Một mỏ đá chứa 2÷5% hàm lượng đồng là một mỏ đồng, bởi vì việc khai thác đồng trong mỏ đá này mang lại hiệu quả cao về kinh tế. Trái lại, nếu một mỏ đá chỉ chứa 0,005% hàm lượng đồng, thì nó không phải là một mỏ đồng. Ví dụ 2: Rừng tự nhiên có sản lượng gỗ lớn ($D > 40\text{cm}$) chiếm trên 60% so với tổng sản lượng rừng là rừng gỗ lớn, bởi vì việc kinh doanh loại rừng này không chỉ đáp ứng tốt nhu cầu gỗ lớn của xã hội, mà còn mang lại hiệu quả cao về kinh tế. Trái lại, nếu rừng tự nhiên có sản lượng gỗ lớn chỉ chiếm dưới 60% so với tổng sản lượng rừng, thì loại rừng này không được xem là rừng gỗ lớn, bởi vì việc khai thác gỗ của loại rừng này không đáp ứng tốt nhu cầu gỗ lớn của xã hội. Từ những ví dụ trên đây cho thấy, giá trị của một nguồn tài nguyên được tính theo khối lượng năng lượng và vật chất có giá trị chứa trong nó.

Tốc độ hình thành tài nguyên vật chất là tốc độ truyền năng lượng thông qua hệ thống hình thành tài nguyên. Theo định luật thứ hai của nhiệt động học, sự hình thành và duy trì trật tự bên trong của một hệ sinh thái đòi hỏi phải có chi phí năng lượng. Từ đó cho thấy, sự hình thành tài nguyên rừng đòi hỏi phải có năng lượng. Tốc độ tập trung và tích lũy năng lượng và vật chất của rừng được ấn định bởi tốc độ truyền năng lượng qua hệ sinh thái rừng. Do quá trình quang hợp liên tục của thảm thực vật, nên rừng có khả năng tái tạo nhanh năng lượng và vật chất. Khả năng sản xuất ra năng lượng và vật chất của rừng trên lập địa tốt cao hơn so với lập địa xấu. Rừng được hình thành từ những cây to và khỏe có khả năng tạo ra năng lượng và vật chất cao hơn so với rừng được hình thành từ những cây nhỏ và yếu. Khác với tài nguyên sinh vật, tài nguyên khoáng sản có thời gian tái tạo rất dài. Nguyên nhân là vì năng lượng truyền qua các quá trình địa chất dẫn đến hình thành tài nguyên khoáng sản diễn ra qua thời gian rất dài. Những so sánh trên đây cho thấy sự khác biệt giữa tài nguyên tái tạo và tài nguyên không tái tạo chính là quy mô truyền năng lượng và vật chất dẫn đến hình thành tài nguyên.

11.4. Ảnh hưởng của sử dụng tài nguyên đến sự tái tạo tài nguyên

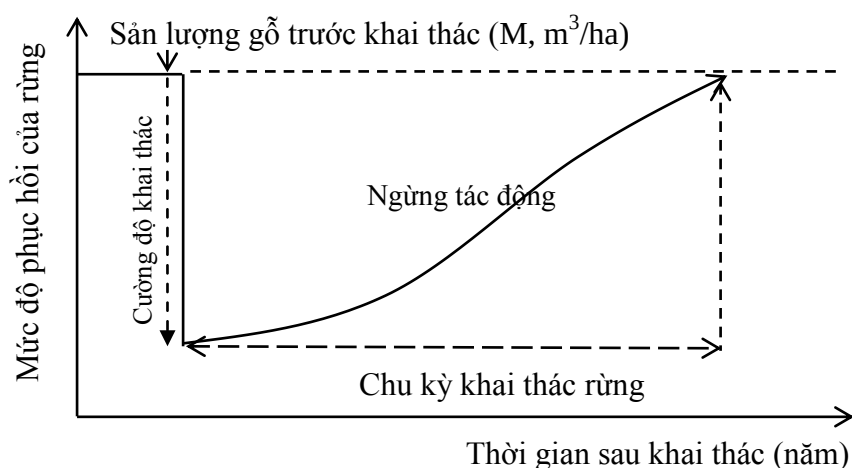
Trong tự nhiên, sự hình thành các nguồn tài nguyên phụ thuộc vào quy mô tích lũy và truyền năng lượng và vật chất. Thời gian tích lũy năng lượng và vật chất của các nguồn tài nguyên được tính theo thời gian địa chất. Nếu nguồn năng lượng và vật chất nhiều, thì các nguồn tài nguyên được hình thành nhanh. Đối với hệ sinh thái rừng, khả năng tái tạo của nó phụ thuộc vào hệ số truyền năng lượng và vật chất. Nếu rừng có hệ số truyền năng lượng và vật chất ở mức cao, thì rừng có khả năng sản xuất ra nhiều gỗ và những giá trị khác.

Sự khác biệt giữa rừng có khả năng tái tạo và rừng không có khả năng tái tạo chỉ là tương đối. Khả năng tái tạo của rừng phụ thuộc vào mức độ rối loạn trong QXTV và môi

trường. Các rối loạn xảy ra do những biến đổi của khí hậu, đất, địa hình, sinh vật và hoạt động lâm sinh. Nếu rừng tự nhiên ở giai đoạn ổn định (Climax) bị khai thác với cường độ khác nhau, thì chúng cũng bị biến đổi khác nhau. Nếu rừng tự nhiên ở giai đoạn ổn định (Climax) chỉ bị khai thác với cường độ yếu, thì chúng bị biến đổi không lớn. Trong trường hợp này, khả năng tái tạo của rừng sau khai thác sẽ cao. Nguyên nhân là vì khai thác với cường độ yếu ảnh hưởng không lớn đến sự hấp thụ và truyền năng lượng và vật chất của rừng sau khai thác. Trong lâm học, những biện pháp lâm sinh (khai thác-tái sinh, nuôi rừng, xử lý lập địa, bón phân, tưới nước, hỗ trợ tái sinh, diệt trừ sâu bệnh và phòng chống lửa rừng) có tác dụng cải thiện sức sản xuất của rừng. Nếu muốn rừng sau khi sử dụng vẫn có khả năng tái tạo nhanh, thì nhà lâm nghiệp cần phải hiểu rõ các quá trình sinh thái của rừng. Ở đây kiến thức về sinh thái rừng đóng vai trò quan trọng. Nếu việc sử dụng rừng không theo đúng quy luật sống của chúng, thì nhà lâm nghiệp đã chuyển rừng có khả năng tái tạo thành rừng không có khả năng tái tạo. Trong trường hợp này, sử dụng rừng giống như sử dụng các tài nguyên không tái tạo.

11.5. Khai thác rừng đôi lập với kinh doanh rừng ổn định

Lâm nghiệp là một ngành kinh doanh và hoạt động tạo lập và nuôi rừng, bảo vệ và quản lý rừng và đất để sử dụng liên tục gỗ và những giá trị đa dạng khác của rừng. Sản lượng rừng ổn định là nền tảng của kinh doanh rừng truyền thống. Sản lượng rừng ổn định dựa trên giả định rừng là tài nguyên tái tạo. Tuy vậy, bởi vì rừng luôn dao động theo thời gian và nhiều khu rừng được cấu tạo bởi các khảm rừng với khả năng sản xuất khác nhau, nên thuật ngữ sản lượng rừng ổn định cần phải được định nghĩa rõ ràng. Nếu rừng có khả năng tái tạo trong thời gian của một chu kỳ kinh tế, thì khái niệm sản lượng rừng ổn định là khái niệm hợp lý. Trái lại, nếu rừng không có khả năng tái tạo trong thời gian của một chu kỳ kinh tế, thì khái niệm sản lượng rừng ổn định là khái niệm không hợp lý. Trong lâm nghiệp, chu kỳ kinh doanh rừng tự nhiên thường được xác định theo thời gian phục hồi lại sản lượng gỗ sau khi khai thác bằng sản lượng gỗ đã thu hoạch ở ngay chu kỳ trước đó (Hình 11.1).



Hình 11.1. Sơ đồ mô tả chu kỳ khai thác rừng.

Trước đây lâm nghiệp truyền thống chỉ quan tâm đến sản lượng gỗ mà không quan tâm đến những giá trị khác của rừng như bảo vệ và cải thiện đất và nước, các dịch vụ nghỉ

ngoi, du lịch, đa dạng sinh vật... Sản lượng gỗ thu hoạch được xác định theo nhu cầu của xã hội. Lượng gỗ khai thác càng nhiều sẽ càng giúp ích cho xã hội. Thế nhưng, khối lượng gỗ khai thác càng nhiều sẽ càng làm giảm khả năng tái tạo của rừng. Vì thế, khai thác rừng và kinh doanh rừng ổn định luôn đối lập với nhau. Những quyết định về khai thác rừng phụ thuộc vào việc so sánh chi phí và lợi ích. Khi rừng có sản lượng cao và sức sản xuất cao, thì khai thác rừng mang lại nhiều lợi ích. Trái lại, nếu rừng không có khả năng phục hồi sau khi khai thác, thì việc chuyển rừng sau khi khai thác sang mục đích sử dụng khác sẽ mang lại nhiều lợi ích hơn.

11.6. Tính ổn định của rừng và chu kỳ sinh thái

Nguyên lý cơ bản về tính ổn định của rừng là nguyên lý tài nguyên tái tạo. Theo nguyên lý này, nhà lâm nghiệp mong muốn rằng rừng sau khi khai thác vẫn có khả năng phục hồi lại các giá trị theo thời gian bằng thời gian của một chu kỳ kinh doanh. Thế nhưng, nhiều khu rừng không thể phục hồi lại các giá trị ban đầu sau khi khai thác. Vì thế, những khu rừng này không thể được xem là tài nguyên có thể tái tạo. Để giải thích cho hiện tượng này, nhà lâm nghiệp cần phải hiểu rõ các khái niệm về chu kỳ sinh thái (Ecological Rotation) và chu kỳ thu hoạch rừng (Forest Harvest Rotation). Chu kỳ thu hoạch rừng là khoảng thời gian cách giữa hai kỳ thu hoạch liên tiếp trên cùng một khoảnh rừng. Trong lâm nghiệp, chu kỳ thu hoạch rừng có thể được xác định theo chu kỳ kỹ thuật (Technical Rotation), chu kỳ kinh tế (Economic Rotation), chu kỳ sản lượng gỗ lớn nhất (Maximum Timber Yield Rotation) và chu kỳ sinh thái (Ecological Rotation).

(1) Chu kỳ kỹ thuật là khoảng thời gian cần thiết để rừng sản xuất ra một loại sản phẩm theo tiêu chuẩn nhất định. Ví dụ 1: Thời gian cần thiết để rừng trồng Sao đen tạo ra những cây gỗ có đường kính ngang ngực từ 60cm trở lên là 50 năm. Ví dụ 2: Thời gian cần thiết để rừng trồng Keo lai sản xuất gỗ theo yêu cầu của chế biến bột giấy là 5 năm.

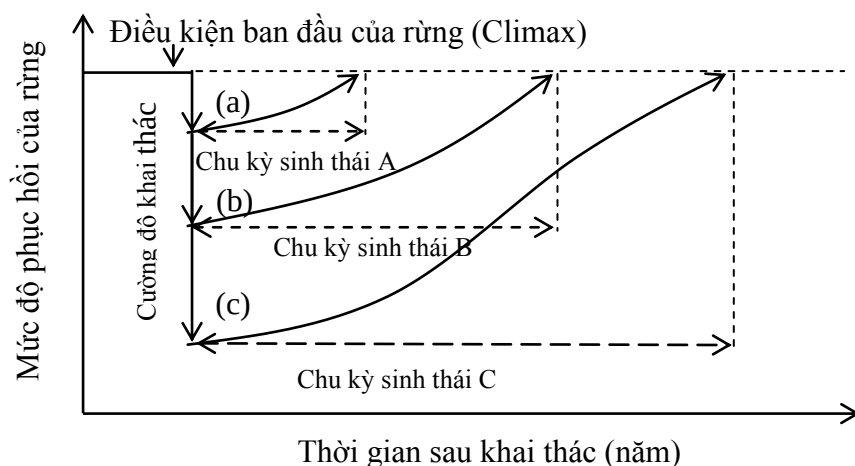
(2) Chu kỳ kinh tế là khoảng thời gian cần thiết để thu nhập bình quân năm từ một khoản đầu tư đạt được cao nhất. Ví dụ: Thu nhập bình quân năm của 1ha rừng Keo lai đạt cao nhất tại tuổi 10 năm. Do đó, chu kỳ kinh tế của rừng Keo lai là 10 năm.

(3) Chu kỳ sản lượng gỗ lớn nhất là khoảng thời gian để rừng đạt được lượng tăng trưởng gỗ bình quân năm cao nhất (ΔM , $m^3/ha/năm$). Ví dụ: Rừng Keo lai đạt được ΔM_{Max} tại tuổi 10 năm. Do đó, chu kỳ sản lượng gỗ lớn nhất của rừng Keo lai là 10 năm.

(4) Chu kỳ sinh thái là thời gian đòi hỏi phải có để rừng được kinh doanh với kỹ thuật nhất định phục hồi lại như trước khi bị rối loạn hoặc phục hồi lại một số điều kiện mới theo kỳ vọng của nhà lâm nghiệp trước khi thu hoạch lần tiếp theo. Các rối loạn xảy ra do những biến đổi của khí hậu, đất, địa hình, sinh vật và hoạt động lâm sinh. Ví dụ: Trữ lượng rừng ổn định trước khi bị khai thác là $400m^3/ha$. Cường độ khai thác là $150m^3/ha$ hay $I = 37,5\%$. Lượng tăng trưởng của rừng sau khai thác là $\Delta M = 10m^3/ha/năm$. Thời gian đòi hỏi phải có để rừng sau khai thác phục hồi lại $150m^3/ha$ là 15 năm. Vậy, chu kỳ sinh thái là 15 năm. **Hình 11.2** mô tả ba chu kỳ phục hồi lại rừng sau ảnh hưởng của ba cường độ khai thác (thấp; trung bình; cao). Cường độ khai thác cao dẫn đến thời gian phục hồi lại rừng dài hơn so với cường độ khai thác trung bình và yếu. Nói chung, nếu rừng bị tác động mạnh và lặp lại nhiều lần, thì chu kỳ phục hồi rừng sẽ kéo dài hoặc có thể chuyển từ rừng có khả năng phục hồi thành rừng không còn khả năng phục hồi. Để hiểu rõ khái niệm về chu kỳ sinh thái, nhà lâm học không chỉ cần hiểu rõ các chu trình chuyển hóa năng lượng và vật chất trong các hệ sinh thái rừng, mà còn cả diễn thế rừng.

11.7. Chu kỳ sinh thái và kinh doanh rừng ổn định

Các phương thức kinh doanh rừng có thể được xác định theo các chu kỳ sinh thái. Chu kỳ sinh thái phụ thuộc vào 3 nhân tố. Một là mức độ biến đổi của hệ sinh thái dưới ảnh hưởng của các tác động từ bên ngoài. Hai là tốc độ phục hồi của hệ sinh thái sau khi bị tác động (rối loạn). Ba là tần số lặp lại các tác động (rối loạn). Tốc độ phục hồi rừng phụ thuộc vào khí hậu, đất, địa hình, kiểu rừng và phương thức lâm sinh. Khi xây dựng một hệ thống các phương thức kinh doanh rừng ổn định cho một loại rừng, nhà lâm nghiệp có thể thay đổi chu kỳ sinh thái thông qua thay đổi cường độ và tần số tác động vào rừng. Mức độ biến đổi của rừng được điều chỉnh bằng nhiều cách khác nhau. Ví dụ: (1) Cải thiện lập địa; (2) Chặt nuôi dưỡng rừng; (3) Sử dụng phương thức khai thác khác nhau.



Hình 11.2. Sơ đồ mô tả ba chu kỳ sinh thái của rừng do ảnh hưởng của ba cường độ khai thác. (a) *Cường độ khai thác thấp*; (b) *Cường độ khai thác trung bình*; (c) *Cường độ khai thác mạnh*.

Rừng phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố. Vì thế, chu kỳ sinh thái là một hàm số của mức độ biến đổi trong hệ sinh thái gây ra bởi sự rối loạn và tốc độ của quá trình phục hồi của hệ sinh thái. Ví dụ: Sau khi khai thác chọn một khoảnh rừng nguyên sinh có trữ lượng $400\text{m}^3/\text{ha}$, trữ lượng gỗ của khoảnh này còn lại $300\text{m}^3/\text{ha}$. Để khoảnh này phục hồi lại trữ lượng gỗ như trước khi bị khai thác ($400\text{m}^3/\text{ha}$), thời gian cần phải có là 15 năm. Vậy, chu kỳ sinh thái là 15 năm. Bởi vì chu kỳ sinh thái phụ thuộc vào nhiều nhân tố, nên nhà lâm học không thể giải thích rõ ràng các nguyên nhân ảnh hưởng đến khả năng và tốc độ phục hồi rừng sau khi bị tác động và độ dài của một chu kỳ sinh thái... Để xây dựng các phương thức kinh doanh rừng ổn định, nhà lâm nghiệp cần phải hiểu rõ mối quan hệ giữa các phương thức kinh doanh và độ dài của các chu kỳ sinh thái.

11.8. Tóm tắt chương 11

Nguyên lý cơ bản về tính ổn định của rừng là nguyên lý tài nguyên tái tạo. Theo nguyên lý này, nhà lâm nghiệp mong muốn rằng rừng sau khi khai thác vẫn có khả năng phục hồi lại các giá trị theo thời gian. Để đạt được mong muốn này, nhà lâm nghiệp phải định nghĩa rõ rừng còn khả năng tái tạo và rừng không còn khả năng tái tạo. Để tái tạo rừng, nhà lâm nghiệp cũng cần phải hiểu rõ các khái niệm về chu kỳ sinh thái và chu kỳ

thu hoạch rừng. Tái tạo rừng tự nhiên vẫn còn khả năng tái tạo cho phép bảo vệ rừng và tránh được các thất thoát tài nguyên rừng và các giá trị khác của rừng (đa dạng sinh vật, đa dạng cảnh quan, giải trí, du lịch, dịch vụ môi trường rừng, vệ sinh, tâm linh...).

Câu hỏi chương 11

- (1) Thế nào là rừng còn khả năng tái tạo và rừng không còn khả năng tái tạo?
- (2) Vì sao khai thác rừng theo đúng các nguyên lý lâm sinh sẽ giúp cho rừng có khả năng tự phục hồi?
- (3) Chu kỳ sinh thái là gì?
- (4) Chu kỳ kinh doanh rừng là gì?
- (5) Chu kỳ sinh thái và chu kỳ kinh doanh rừng có đối lập với nhau hay không?
- (6) Kinh doanh rừng ổn định theo nghĩa sinh thái rừng khác với kinh doanh rừng ổn định theo nghĩa truyền thống như thế nào?

Chương 12

CHỨC NĂNG VÀ VAI TRÒ SINH THÁI CỦA RỪNG

12.1. Chức năng của rừng

12.1.1. Khái niệm về chức năng của rừng

Hệ sinh thái rừng bao gồm hai nhóm thành phần: (a) Sinh thái cảnh (ánh sáng, nhiệt độ, nước, không khí, đá mẹ, đất, địa hình...); (b) Quần xã sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật). Tất cả những thành phần này nằm trong mối quan hệ và tác động qua lại hết sức phức tạp và đa dạng. Mối quan hệ này đảm bảo cho hệ sinh thái rừng được bảo vệ và phát triển. Tập hợp toàn bộ các tác động qua lại giữa các thành phần của rừng là một quá trình sinh địa; trong đó sự trao đổi năng lượng và vật chất là hai quá trình cơ bản. Mỗi thành phần của hệ sinh thái rừng ở một mức độ nào đó không chỉ là nguồn nguyên liệu cơ bản cho một quá trình sinh địa, mà còn là một bộ máy trao đổi của quá trình sinh địa. Mỗi thành phần của hệ sinh thái tồn tại và phát triển theo những quy luật riêng. Song không có thành phần nào có thể tồn tại và phát triển độc lập. Sự trao đổi năng lượng và vật chất không ngừng giữa các thành phần ổn định tính toàn vẹn của hệ sinh thái rừng. Sự tác động qua lại của các thành phần đã liên kết chúng trong một hệ thống vật chất thống nhất. Khi tính toàn vẹn của hệ sinh thái rừng càng lớn, thì sự thay đổi của bất kỳ thành phần nào cũng kéo theo sự thay đổi của các thành phần khác. Một tính chất hết sức quan trọng của hệ sinh thái rừng là tính ổn định. Tính ổn định của rừng biểu hiện ở sự ổn định về thành phần loài, cấu trúc và chức năng, nghĩa là ổn định trong các quá trình trao đổi năng lượng và vật chất, trong nhịp điệu biến đổi theo ngày đêm, theo mùa và thời kỳ nhiều năm. Chính vì thế, hệ sinh thái rừng là hệ thống động thái mở, có tổ chức và có khả năng tự điều chỉnh.

Sự trao đổi vật chất diễn ra qua một loạt pha khác nhau. Mỗi pha dẫn đến tiêu hao một phần năng lượng và vật chất, nhưng đồng thời cũng hấp thu và sử dụng một phần năng lượng và vật chất cho quá trình tổng hợp vật chất mới. Tương quan giữa các thành phần của hệ sinh thái và giữa hệ sinh thái với các thành phần bên ngoài đem lại nhiều lợi ích cho các thành phần. Đây là điều kiện rất cần thiết cho mọi thành phần sinh vật của hệ sinh thái rừng. Cấu trúc rừng phản ánh trạng thái ổn định của rừng. Chức năng phản ánh hình thái vận động của hệ sinh thái rừng. Ở nghĩa chung nhất, nhà lâm nghiệp có thể xem chức năng của rừng là tương quan giữa thành phần này với tất cả các thành phần khác. Mỗi đặc tính của hệ sinh thái rừng là một chức năng. Nhưng một đặc tính nào đó chỉ được xem là một chức năng khi nó trở thành yếu tố bảo vệ hệ thống và thực hiện chức năng cơ bản của hệ thống.

Chức năng của rừng là những ảnh hưởng riêng biệt của rừng đến các yếu tố môi trường, các hiện tượng tự nhiên và thành phần sinh quyển. Các thành phần sinh quyển ổn định đặc điểm của các tác động qua lại trong hệ sinh thái rừng. Sự biến đổi của các yếu tố môi trường, các hiện tượng tự nhiên và thành phần sinh quyển là kết quả chức năng của rừng. Ảnh hưởng của rừng đến các yếu tố môi trường, các hiện tượng tự nhiên và thành phần sinh quyển được biểu hiện ở các quá trình ngăn ngừa, kìm hãm, kích thích, tích lũy, loại trừ hoặc khôi phục lại các chức năng của các yếu tố môi trường và hiện tượng tự nhiên theo không gian và thời gian. Đến lượt mình, tất cả điều đó lại ổn định các chức năng điều chỉnh, cải biến và nhiều chức năng khác của rừng. Bất kỳ chức năng nào của rừng cũng được ổn định bởi các điều kiện tự nhiên và các đặc điểm của rừng. Một số chức năng của rừng có thể biểu hiện rõ hoặc không biểu hiện rõ ở mọi nơi. Nhưng điều đó không có nghĩa

là nhiều chức năng của rừng biểu hiện thiếu rõ ràng. Mức độ thiếu rõ ràng là vì một số chức năng của rừng phụ thuộc vào những nhân tố biến đổi theo chu kỳ.

Các hệ sinh thái rừng có 5 chức năng cơ bản.

- (1) Chức năng năng lượng. Đó là sự hấp thu năng lượng mặt trời trong quá trình quang hợp và phân bố lại năng lượng qua các chuỗi dinh dưỡng.
- (2) Chức năng vật chất. Đó là sự tích lũy một cách chọn lọc các dạng vật chất nhất định trong quá trình hình thành và phát triển của các sinh vật. Những vật chất này dùng để cấu tạo cơ thể và trao đổi chất.
- (3) Chức năng phân hủy. Đó là sự khoáng hóa chất hữu cơ.
- (4) Chức năng truyền tải. Đó là sự vận chuyển vật chất theo chiều sâu và chiều nằm ngang.
- (5) Chức năng hình thành môi trường sống. Đó là rừng có khả năng cải biến môi trường sống.

Rừng là một thành phần cấu thành sinh quyển. Chức năng quan trọng nhất của rừng là chức năng năng lượng và hình thành môi trường sống.

12.1.2. Chức năng sinh thái của rừng

Sinh quyển là các phần chứa sự sống trên trái đất. Sinh quyển của trái đất được tính từ độ sâu nhất của hệ rễ cây đến môi trường sâu nhất của đại dương và lớp không khí có chứa sự sống ở phía trên bề mặt đất. Rừng là một trong những hệ sinh thái năng động nhất của sinh quyển. Trong các hệ sinh thái rừng, thảm thực vật là nhân tố ảnh hưởng lớn nhất đến sinh quyển. Trong những điều kiện khác nhau, ảnh hưởng của thảm thực vật rừng đến môi trường xung quanh là khác nhau. Điều đó xảy ra là vì rừng là một hiện tượng địa lý.

Trong phạm vi ảnh hưởng qua lại giữa rừng với sinh quyển, rừng có một chức năng cực kỳ quan trọng là chức năng sinh quyển hay chức năng sinh thái. Đó là sự hình thành và cải biến sinh quyển. Chức năng này biểu hiện ở chỗ rừng có khả năng cải biến tình trạng của sinh quyển. Trên bình diện chung, chức năng sinh quyển của rừng là chức năng lớn nhất. Nó biểu hiện ở khả năng hấp thu và cải biến năng lượng ánh sáng mặt trời, sản xuất vật chất hữu cơ, cố định carbon và giải phóng ra oxi tự do. Vì thế, chức năng hình thành và cải biến sinh quyển được gọi là chức năng sinh quyển hay chức năng sinh thái. Những chức năng còn lại (hình thành và cải biến khí hậu - thủy văn, hình thành và bảo vệ đất, hình thành sinh cảnh) là chức năng sản xuất và bảo tồn sự sống.

Căn cứ vào những ảnh hưởng tổng hợp và liên tục của rừng đến các thành phần của sinh quyển, chức năng sinh quyển được phân chia thành 4 nhóm.

- (1) Chức năng khí hậu. Đó là rừng có khả năng điều hòa khí hậu (ảnh hưởng đến khí hậu). Chức năng khí hậu được phân chia nhỏ thành 3 chức năng riêng biệt: điều hòa nhiệt độ, tích tụ mưa và cản gió.
- (2) Chức năng hình thành và cải biến tính chất của đất. Đó là rừng có khả năng hình thành và cải biến những tính chất của đất. Chức năng này được phân chia nhỏ thành 4 nhóm. Nhóm 1 là rừng có khả năng ngăn chặn xói lở và bào mòn bề mặt đất dưới ảnh hưởng của dòng chảy bề mặt. Nhóm 2 là chống phân tán đất. Đó là khả năng của rừng ngăn cản sự phá hủy đất và đá do gió lớn gây ra. Nhóm 3 là chức năng tích tụ đất. Đó là khả năng của rừng thu gom và tích tụ các chất khoáng từ dòng không khí và nước. Nhóm 4 là chức năng cải thiện đất. Đó là rừng có khả năng cải thiện và nâng cao độ phì đất.
- (3) Chức năng thủy văn. Đó là ảnh hưởng của rừng đến các thành phần của cân bằng nước và tình trạng của các đối tượng nước (suối, sông, hồ...). Chức năng này được phân chia nhỏ thành 3 nhóm. Nhóm 1 là bảo vệ nguồn nước. Đó là rừng có khả năng ngăn cản và tích tụ nước trong các sông, hồ; làm chậm hoặc ngăn chặn quá trình tích tụ những hợp

chất gây mặn và gây ô nhiễm nước. Nhóm 2 là điều hòa nước. Đó là khả năng của rừng làm dịu chế độ nước của các dòng suối, sông, hồ. Nhóm 3 là cải thiện chế độ thủy văn. Đó là khả năng của rừng làm chậm hoặc ngăn chặn sự hóa lầy đất.

- (4) Chức năng sinh cảnh. Đó là rừng có khả năng hình thành những quần xã sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) chuyên hóa đối với rừng.

Các chức năng sinh thái của rừng không tách rời nhau mà chúng có mối liên hệ chặt chẽ với nhau. Điều đó được giải thích bởi các thành phần của rừng có mối liên hệ trực tiếp hoặc gián tiếp với nhau thông qua các chu trình vật chất và năng lượng. Mối quan hệ giữa rừng với sinh quyển diễn ra theo sơ đồ sau đây: (a) Các thành phần sinh quyển tác động đến rừng; sau đó sự thay đổi của các thành phần sinh quyển do rừng gây ra lại tác động đến rừng; (b) Phản ứng của các thành phần sinh quyển và rừng đối với những biến đổi.

12.2. Các vai trò của rừng

12.2.1. Khái niệm về vai trò của rừng

Vai trò của rừng là ý nghĩa của rừng đối với xã hội và nền kinh tế quốc gia. Vai trò của rừng là do các chức năng của rừng ấn định. Chức năng của rừng khác với vai trò của rừng. Chức năng của rừng là những tính chất của hệ sinh thái rừng, tồn tại khách quan ngoài ý thức của con người. Ảnh hưởng của rừng đến các yếu tố môi trường, các điều kiện tự nhiên và thành phần sinh quyển xảy ra trước khi chúng được con người nhận biết. Con người chỉ nhận thức và sau đó sử dụng các chức năng có ích của rừng vì mục đích của mình. Những chức năng của rừng được con người sử dụng là ý nghĩa hay vai trò của rừng.

Tùy theo mức độ biểu hiện, các chức năng của rừng có thể có lợi nhưng cũng có thể có hại cho con người. Các chức năng có lợi của rừng như sản xuất vật chất hữu cơ, cố định carbon, thải oxi, ngăn cản và tích tụ đất và nước... Các chức năng không có lợi của rừng như tạo ra một số sinh vật gây hại và phát thải một số phytotoxin độc hại vào môi trường...

Vai trò của rừng tồn tại không tách rời mối quan hệ giữa con người với rừng. Tùy theo ý nghĩa của rừng đối với sự hình thành môi trường bao quanh con người, người ta phân biệt hai vai trò lớn của rừng: (1) Vai trò hình thành môi trường hay vai trò sinh thái; (2) Vai trò xã hội.

12.2.2. Vai trò sinh thái của rừng

Vai trò sinh thái của rừng được hiểu là rừng tạo ra môi trường tự nhiên có lợi cho sự tồn tại của xã hội loài người. Vai trò sinh thái của rừng được phân chia thành 2 nhóm.

Nhóm 1: Vai trò vệ sinh. Rừng tạo ra môi trường khí hậu có lợi cho sức khỏe của con người; cải thiện tình trạng vệ sinh của các khối không khí, các nguồn nước và đất; cải thiện chế độ thủy văn và tính chất nước của các nguồn nước ăn và nước khoáng. Nhóm này bao gồm 3 vai trò riêng biệt: (a) Vai trò làm sạch không khí, nước và đất - đó là khả năng của rừng nâng cao chất lượng nước và không khí; (b) Vai trò diệt khuẩn - đó là rừng có khả năng làm giảm mật độ và cường độ hoạt động của các vi sinh vật gây bệnh; (c) Vai trò giảm tiếng ồn - đó là rừng có khả năng phân tán, làm giảm hoặc triệt tiêu tiếng ồn.

Nhóm 2: Vai trò tinh thần. Đó là rừng có khả năng tạo ra môi trường có lợi cho sự tồn tại và hoạt động của con người về mặt tinh thần. Nhóm này bao gồm 5 vai trò khác nhau.

- (a) Vai trò tâm lý. Đó là rừng tạo ra những điều kiện có lợi về tâm lý và đạo đức của con người.
- (b) Vai trò thẩm mỹ. Đó là rừng tạo ra điều kiện có ảnh hưởng tốt đến việc sáng tạo và giáo dục nghệ thuật cho con người.
- (c) Vai trò giải trí và nghỉ ngơi. Đó là rừng tạo ra cảnh quan và điều kiện có lợi cho sự nghỉ ngơi và giải trí của con người.
- (d) Vai trò khoa học. Đó là rừng là đối tượng nghiên cứu của nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau (lâm nghiệp, chăn thả gia súc, cây dược liệu...).
- (e) Vai trò tâm linh. Đó là rừng là đài tưởng niệm của tự nhiên. Rừng là nơi ở và sinh sống của người tiên sử và động vật hoang dã. Rừng đại diện cho mối liên hệ sâu sắc giữa thế giới tự nhiên và thế giới tâm linh.

12.2.3. Vai trò xã hội của rừng

Vai trò xã hội của rừng được hiểu là rừng tạo ra môi trường có lợi không chỉ cho sự tồn tại và phát triển về tinh thần và vật chất, mà còn cả những hoạt động của con người. Vai trò xã hội của rừng biểu hiện ở chỗ rừng tạo điều kiện thuận lợi để phát triển các ngành kinh tế. Nhóm này bao gồm vai trò nguyên liệu, vai trò nông nghiệp, vai trò kinh doanh nước, vai trò giao thông, vai trò thủy sản, vai trò chăn thả gia súc. Rừng có một số vai trò quan trọng như cung cấp gỗ và củi; nguyên liệu để xây dựng, làm đồ nội thất, sản xuất giấy. Nhựa của một số loài cây được sử dụng để sản xuất một số sản phẩm cần cho con người. Rừng cung cấp rau và trái cây có giá trị kinh tế đáng kể. Một số thực vật rừng là nguồn nguyên liệu để chế biến thuốc chữa bệnh cho người.

Ngoài những vai trò trên đây, rừng còn có vai trò vô cùng to lớn là vai trò phòng thủ quốc gia. Đó là rừng cung cấp nơi ở và nơi trú ẩn cho lực lượng vũ trang. Rừng cung cấp nguyên liệu để chế tạo vũ khí và các phương tiện vận chuyển trong quân đội.

Những nhóm vai trò lớn của rừng là do các chức năng của rừng ấn định. Các vai trò riêng biệt là do một loạt các chức năng của rừng gây ra. Vai trò của rừng không chỉ được xác định theo vùng địa lý, mà còn theo các chức năng của rừng. Vai trò của rừng xác định tên đầy đủ của rừng. Đó là phạm vi sử dụng rừng cho một mục đích nhất định. Chẳng hạn: (1) Rừng kinh doanh gỗ, củi; (2) Rừng phòng hộ chống gió hại; (3) Rừng phong cảnh; (4) Rừng bảo tồn các loài thực vật và động vật hoang dã.

12.2.4. Một số vai trò quan trọng của rừng

12.2.4.1. Vai trò hành tinh và vũ trụ của rừng

Rừng là một thành phần của sinh quyển. Rừng tích lũy và phân bố lại năng lượng bức xạ mặt trời trên trái đất. Nhờ đó nhiệt độ của các lớp đất và bầu khí quyển gần bề mặt đất không vượt ra ngoài khả năng chịu đựng của sinh vật. Rừng còn ngăn cản các tia bức xạ cực tím có hại cho sinh vật. Chính nhờ đó các sinh vật đã tránh được ảnh hưởng xấu của các tia cực tím. Khi cố định năng lượng mặt trời, rừng đã làm tăng năng lượng hoạt động của sinh quyển. Trên quan điểm năng lượng, rừng là một bộ máy tích lũy và điều chỉnh năng lượng to lớn nhất của sinh quyển. Vì thế, rừng là lá chắn bảo vệ sự sống trên trái đất.

Rừng bảo vệ đất khỏi sự xói mòn. Rừng đảm bảo chế độ thủy văn cho hệ thống sông, hồ. Rừng góp phần tích cực vào quá trình điều hòa khí hậu. Rừng cố định CO₂ và cung cấp oxi tự do cho không khí. Nhờ đó rừng đã tạo ra môi trường sống tốt cho sinh vật. Vì thế, rừng đóng vai trò sinh thái hết sức to lớn.

Rừng thực hiện vai trò vũ trụ trong sinh quyển thông qua hai chức năng: (1) Sản xuất ra chất hữu cơ sơ cấp từ các chất vô cơ (CO_2 , H_2O và chất khoáng); (2) Trong quá trình sống, rừng đã thải oxy tự do và một số chất khác (phitonxit) vào không khí và bằng cách đó chúng đã điều chỉnh thành phần chất khí của khí quyển. Trong quá trình quang hợp, rừng hấp thu năng lượng mặt trời, CO_2 , H_2O và chất khoáng để sản xuất ra chất hữu cơ và giải phóng oxy tự do vào không khí. Khi hình thành một tấn gỗ khô tuyệt đối, rừng đã thu vào từ 1,7-1,8 tấn CO_2 và giải phóng ra 1,39-1,42 tấn oxy (Belov, 1976). Bằng cách này, hàng năm rừng đã cung cấp cho khí quyển hơn $\frac{1}{2}$ tổng lượng oxy mà khí quyển nhận được. Điều đó chứng tỏ rừng đóng vai trò sinh thái hết sức lớn lao.

Khi hệ sinh thái rừng tích lũy vật chất hữu cơ, năng lượng mặt trời lại có khả năng chuyển hóa tiếp tục thông qua các chuỗi dinh dưỡng. Nhờ quá trình phân hủy chất hữu cơ, năng lượng mặt trời chuyển thành năng lượng hóa năng. Khi năng lượng hóa năng trong các hệ sinh thái rừng càng lớn, thì hợp chất hữu cơ bị phân hủy càng lớn. Theo quan điểm nhiệt động học, hệ sinh thái là một hệ thống mở không đồng đều với cơ cấu của mối liên hệ ngược và tự điều chỉnh. Những hệ sinh thái rừng giàu năng lượng tự do luôn có sự đa dạng và phức tạp về thành phần sinh vật, số lượng tầng thứ trong lớp phủ thực vật và trong tầng nằm ngang của đất. Trong thế giới thực vật của cả sinh quyển, rừng chiếm vị trí lớn nhất về diện tích (39% diện tích bề mặt lục địa), lượng vật chất hữu cơ trên một đơn vị diện tích, sự phức tạp trong cấu trúc và những ảnh hưởng to lớn đến môi trường xung quanh (khí hậu, đất, thủy văn, không khí và sinh vật).

Nhờ sự tăng trưởng mạnh, đời sống dài và nhiều đặc tính khác, thực vật thân gỗ to lớn đã tích lũy và lưu giữ trong cơ thể chúng một lượng vật chất hết sức to lớn. Vì thế, khi phá hủy lớp phủ rừng trên bề mặt đất, con người đã đồng thời phá hủy một cơ cấu tự nhiên hoàn thiện nhất. Cơ cấu ấy đang che chở cho một khối lượng lớn nguyên tố hóa học không bị rửa trôi khỏi hệ sinh thái.

12.2.4.2. Vai trò sinh quyển của rừng

Năng suất sinh khối hàng năm của toàn sinh quyển ước tính là 164×10^9 tấn/năm; trong đó đại dương là 55.10^9 tấn, còn lại thuộc về các hệ sinh thái lục địa (109.10^9 tấn). Hàng năm rừng sản xuất ra 77×10^9 tấn sinh khối, nghĩa là gần 71% năng suất hàng năm của hệ sinh thái trên lục địa. Tổng trữ lượng sinh khối của rừng là 2×10^{12} tấn, bằng 90% tổng lượng vật chất hữu cơ của sinh quyển. Nguồn CO_2 được rừng cố định ước tính từ 700×10^9 đến 1.100×10^9 tấn. Hàng năm rừng hấp thu gần 100 tỷ tấn CO_2 và giải phóng vào không khí khoảng 80×10^9 tấn O_2 tự do (Tarankov, 1990).

Trước đây người ta cho rằng sinh khối và năng suất chất hữu cơ lớn nhất thuộc về đại dương. Nhưng ngày nay nhiều nhiều nghiên cứu cho rằng sinh khối ở đại dương thấp hơn đất liền đến 1.000 lần. Các hệ sinh thái rừng sản xuất ra gần 50% chất hữu cơ của sinh quyển. Rừng cũng là nơi cung cấp ổn định gỗ và các sản phẩm khác cho con người. Vì thế, rừng là thành phần quan trọng nhất của sinh quyển.

Chúng ta cần nhận thấy rằng sự phá hủy rừng cũng đồng thời phá hủy cả chế độ nước, gây ra xói mòn, làm tăng bốc hơi nước từ đất, phá hủy cơ sở hình thành và nuôi dưỡng nguồn nước ngọt, làm khí hậu thay đổi theo hướng không có lợi cho sự sống của loài người. Vì thế, nghiên cứu những biện pháp nâng cao năng suất và chức năng bảo vệ của rừng là một nhiệm vụ quan trọng của lâm học.

12.2.4.3. Vai trò của rừng đối với sự hình thành và cải biến khí hậu

(1) *Rừng điều chỉnh thành phần chất khí của khí quyển.* Tổng diện tích rừng thế giới ước tính đến năm 2020 là 4,0 tỷ ha (FRA, 2020). Sinh khối của rừng chiếm 80% tổng sinh khối trên lục địa. Thảm thực vật rừng sản xuất ra những hợp chất hữu cơ tích cực nhất, do đó chúng có khả năng làm ổn định thành phần không khí. Sự phá hủy rừng trong quá khứ đã dẫn đến sự phá hủy tương quan giữa các chất khí của khí quyển; trong đó sự gia tăng nồng độ dioxit carbon (CO_2) trong không khí là chủ yếu. Sự nâng cao nồng độ CO_2 trong không khí còn do việc đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch (than đá, dầu mỏ, khí đốt). Ngày nay, nồng độ CO_2 trong không khí là 0,032% trong khi đó ở kỷ nguyên trước là 0,028%. Sự gia tăng nồng độ CO_2 dẫn đến sự đốt nóng không khí gần mặt đất. Nhiều nghiên cứu cho thấy sự phá hủy rừng trên quy mô toàn cầu có thể dẫn đến những thảm họa sinh thái toàn cầu (Tarankov, 1990).

Rừng là nơi tạo ra môi trường không khí có lợi cho sự sống trên hành tinh. Điều đó có được là do rừng tham gia tích cực vào quá trình bảo vệ tầng ozon. Ozon được hình thành từ kết quả phân ly các phân tử oxi có nguồn gốc quang hợp. Mặc dù cho đến nay vai trò này của rừng vẫn chưa được đánh giá chính xác, nhưng đó là vấn đề không thể chối cãi. Ngày nay, do sự gia tăng lượng chất thải vào không khí, nên nồng độ và bề dày của tầng ozon đang có khuynh hướng giảm dần. Điều đó thấy rõ ở vùng Nam cực. Sự giảm thấp tầng ozon dẫn đến sự gia tăng bức xạ cực tím có hại lên mặt đất. Sự gia tăng nồng độ tia cực tím trong lớp không khí gần mặt đất có thể gây ra bệnh ung thư cho con người.

(2) *Rừng điều hòa chế độ nhiệt của không khí và đất.* Năng lượng mặt trời xâm nhập vào tán rừng bị thay đổi đáng kể cả về lượng và chất. Chế độ bức xạ dưới tán rừng rất khác so với đất trống. Vì thế, môi trường dưới tán rừng đã tạo ra những điều kiện có lợi cho sự hình thành và nuôi dưỡng nhiều sinh vật khác nhau. Độ chiếu sáng dưới tán rừng có thể thấp hơn so với nơi đất trống đến hàng chục lần.

Rừng chi phối chế độ nhiệt ở rừng. Rừng làm thay đổi không chỉ chế độ nhiệt dưới tán rừng, mà còn cả trong tán rừng. Khi độ khép tán và chiều cao của rừng càng lớn, thì chế độ nhiệt bị ảnh hưởng càng lớn. Tán rừng là bộ lọc ánh sáng và nhiệt độ. Vì thế, khi tán rừng càng dày rậm, thì không khí và đất dưới tán rừng càng ít bị đốt nóng. Ảnh hưởng của rừng đến chế độ nhiệt phụ thuộc vào kiểu rừng, vị trí của rừng trên những địa hình khác nhau và đặc tính của rừng. Trong cùng một kiểu rừng, chế độ nhiệt thay đổi theo tuổi rừng. Mức độ truyền nhiệt trong không khí dưới tán rừng thay đổi theo độ cao tán rừng. Sự truyền nhiệt cũng thay đổi theo kết cấu rừng. Nói chung, sự biến đổi của nhiệt độ từ bề mặt tán rừng đến sàn rừng theo gradient âm. Ở các rừng rụng lá, sự khác biệt về nhiệt độ ở ngoài đất trống và dưới tán rừng biểu hiện không rõ rệt. Vào ngày nhiều mây, sự khác biệt về nhiệt độ ở ngoài đất trống và trong tán rừng là rất nhỏ.

Ban ngày hình thái và trị số gradient nhiệt về cơ bản được xác định bởi lượng bức xạ mặt trời do các lá cây ngăn cản. Sự giảm thấp nhiệt độ theo chiều từ bề mặt tán lá đến sàn rừng là khá ổn định. Lúc giữa trưa, nhiệt độ ở lớp không khí gần mặt đất và trong tán cây bụi nhỏ hơn nhiệt độ của lớp không khí trong tán quần thụ là $2-3^{\circ}\text{C}$. Về ban đêm, nhiệt độ nâng cao dần từ tán rừng đến sàn rừng. Rừng có ảnh hưởng rõ rệt đến nhiệt độ cực hạn. Vào mùa hè, nhiệt độ tối cao của không khí ở rừng lá kim thấp hơn đất trống $2,5-5^{\circ}\text{C}$, còn nhiệt độ tối thấp lại cao hơn $1-1,5^{\circ}\text{C}$. Về mùa đông, nhiệt độ trong rừng luôn cao hơn nhiệt độ ở ngoài đất trống từ $2-5^{\circ}\text{C}$. Trong rừng lá rộng, ảnh hưởng của nhiệt độ cực hạn về mùa hè và mùa đông biểu hiện ít hơn. Điều đó phụ thuộc vào mức độ phát triển của tán lá. Vào thời kỳ lá cây phát triển đầy đủ, nhiệt độ tối cao nhỏ hơn đất trống $2-5^{\circ}\text{C}$, còn nhiệt độ tối thấp cao hơn $0,5-1,5^{\circ}\text{C}$ (Tarankov, 1990).

Ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ không khí cũng có tính lan truyền đến một khoảng cách nhất định so với bìa rừng. Ở miền khí hậu lạnh, rừng có khả năng làm dịu giá lạnh và rút ngắn thời gian bị giá lạnh. Ảnh hưởng của rừng đến nhiệt độ không khí xung quanh có thể phân bố đến 40-50m, đôi khi đến 100m so với vách rừng (Tarankov, 1990).

Chế độ nhiệt của đất rừng thay đổi tùy theo kiểu rừng, kết cấu loài cây, cấu trúc rừng và tuổi rừng. Nhiệt độ đất nhỏ nhất thường xuất hiện vào thời kỳ rừng non khép tán kín. Sau đó khi tuổi rừng tăng lên, thì nhiệt độ đất cũng tăng lên. Điều đó dẫn đến sự thay đổi tính chất đất.

So với nhiệt độ cực hạn ở ngoài đất trống, nhiệt độ cực hạn ở trong rừng giảm thấp rất nhiều. Vào mùa hè, nhiệt độ bề mặt đất rừng có thể thấp hơn đất trống từ 5-10⁰C. Về mùa đông, nhiệt độ đất rừng cao hơn đất trống 3-5⁰C. Biên độ nhiệt của đất rừng vào ngày hè là 20-30⁰C, còn nơi đất trống là 50-55⁰C. Sự khác biệt này biến đổi tùy theo kiểu rừng, loại đất và vị trí địa lý. Nhiệt độ trung bình năm của đất rừng ở độ sâu 20-120cm thấp hơn ở đất trống từ 1-1,5⁰C. Vào mùa đông, nhiệt độ đất rừng cao hơn nhiệt độ của đất trống từ 1-1,5⁰C. Trị số này vào mùa hè là 2,5-5⁰C (Tarankov, 1990).

Giảm diện tích rừng có ảnh hưởng đến sự thay đổi bức xạ nhiệt phát ra (albedo) của bề mặt đất. Điều đó sẽ dẫn đến làm thay đổi cân bằng bức xạ. Kết quả là điều kiện khí hậu sẽ thay đổi. Những nghiên cứu cho thấy sự thay thế rừng bằng thảo nguyên và đồng ruộng đã làm tăng albedo lên 10% (Tarankov, 1990).

(3) *Rừng điều chỉnh lượng mưa và độ ẩm không khí.* Rừng làm tăng lượng mưa nhờ vào quá trình thoát hơi nước của rừng. Do đó, phá hủy rừng sẽ dẫn đến sự biến đổi chu trình nước theo chiều hướng xấu. Ảnh hưởng của rừng đến mưa biểu hiện ở 3 đặc điểm sau đây:

- (a) Rừng làm tăng lượng mưa rơi.
- (b) Rừng có khả năng ngưng kết hơi nước.
- (c) Rừng có khả năng giữ lại hoặc thu tóm một phần mưa rơi.

Nhiều nghiên cứu cho thấy lượng mưa tăng lên cùng với sự gia tăng độ che phủ của rừng. Cơ chế của hiện tượng này về cơ bản là ở chỗ trạng thái vật lý của rừng đã hình thành nên sự chia cắt bề mặt đất. Rừng là một bề mặt đệm có độ chia cắt khá lớn. Do đó, ở phía đón gió có sự vận động đi lên của khối không khí. Ảnh hưởng của rừng đến mưa biểu hiện rõ đến khoảng cách một vài kilômét so với đai rừng. Nhiều nghiên cứu cho thấy, khi gia tăng 10% độ che phủ của rừng, thì lượng mưa sẽ tăng 2,5% (Tarankov, 1990). Sự gia tăng lượng mưa ở nơi có rừng có liên quan đến quá trình thoát hơi nước của rừng và quá trình đốt nóng tán rừng bởi bức xạ mặt trời.

Một hình thái ảnh hưởng của rừng đến mưa là khả năng thu nhận mưa nằm ngang. Trong các thảm thực vật, chỉ có rừng mới có khả năng thu tóm độ ẩm từ sương và mây dễ chuyển chúng vào đất. Độ ẩm không khí cao và nhiệt độ thấp là điều kiện thuận lợi cho sự hình thành mưa và sương ở nơi có rừng. Rừng mưa nhiệt đới có khả năng thu tóm nước trong không khí rất cao. Rừng phân bố trên núi cao có khả năng thu tóm hơi nước lớn hơn so với rừng phân bố ở vùng thấp. Độ cao so với mặt biển và tốc độ gió cũng ảnh hưởng lớn đến mưa. Do mùa hè có nhiệt độ cao và gió lớn hơn, nên rừng thu tóm nước vào mùa hè nhỏ hơn so với mùa đông. So với đất trống, lượng giáng thủy do rừng thu tóm từ mây mù có thể cao hơn 30%. Ở những vĩ độ cao và núi cao, về mùa đông trị số này có thể đạt 50-60%. Rừng trên núi cao làm tăng lượng mưa đáng kể, do đó chúng cũng làm tăng độ ẩm đất và dòng chảy bề mặt (Tarankov, 1990). Chính điều đó đã dẫn đến mối quan tâm về vai trò bảo vệ nước của rừng trên núi cao.

Bốc hơi nước từ bề mặt lục địa không chỉ ảnh hưởng đến tương quan giữa độ ẩm không khí ở đại dương và lục địa, mà còn đến đặc điểm của quá trình hình thành mưa. Bốc

hơi nước từ lục địa ảnh hưởng tốt đến sự nâng cao lượng mưa do làm tăng độ ẩm không khí và làm giảm nhiệt độ không khí. Bốc hơi nước từ lục địa dẫn đến làm tăng tổng lượng mưa. Trị số này trong nhiều trường hợp đạt đến 28-30% so với tổng lượng mưa (Tarankov, 1990).

Độ ẩm không khí trong rừng và ngoài đất trống khác nhau căn bản, đôi khi lên 10-25%. Điều đó phụ thuộc vào kiểu rừng, tình trạng rừng và thời tiết. Theo mức phát triển của tán rừng, sự thiếu hụt độ ẩm không khí trong rừng thấp hơn so với đất trống là 2-3mb (Tarankov, 1990).

(4) *Rừng điều chỉnh gió.* Rừng làm thay đổi tốc độ gió, phương hướng và cấu trúc của khối không khí. Một khối không khí đang vận động, khi gặp đai rừng một phần lớn chuyển động lên cao rồi tiếp tục lan tỏa theo hướng ban đầu; phần còn lại xuyên qua rừng. Khi vận động qua đai rừng, không khí hạ thấp dần ở phía đối diện và lại vận động theo bề mặt đất với sự giảm thấp tốc độ. Tốc độ vận động của không khí tăng dần lên và đến khoảng 500m cách đai rừng lại đạt được trị số như ban đầu. Ảnh hưởng của đai rừng đến tốc độ gió sau đai rừng có thể đến khoảng cách 20-30 lần chiều cao của đai rừng. Điều đó tùy thuộc vào kết cấu và cấu trúc của quần xã thực vật và bề rộng của đai rừng. Vì thế, rừng có ý nghĩa đối với việc phòng chống gió hại cho đồng ruộng và khu dân cư (Tarankov, 1990).

Phá hủy rừng dẫn đến sự gia tăng tốc độ gió ở bề mặt đất, làm biến đổi chế độ nhiệt và ẩm ở lớp không khí gần mặt đất và làm tăng cường độ bốc hơi nước tổng số (bốc hơi nước vật lý và thoát hơi nước ở thực vật). Trong vùng khí hậu khô, phá hủy rừng dẫn đến sự gia tăng bão bụi và xói mòn đất. Bão cát ở các sa mạc đã minh chứng cho những nhận định đó.

Nói chung, rừng là yếu tố điều chỉnh thành phần không khí, nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm và tốc độ gió. Vì thế, rừng là lá chắn bảo vệ sự sống.

12.2.4.4. Vai trò thủy văn của rừng

(1) *Vai trò bảo vệ nguồn nước.* Vai trò bảo vệ nguồn nước của rừng có thể được hiểu theo hai nghĩa. Một là rừng làm tăng dòng chảy ngầm của sông, suối vào thời kỳ mùa khô. Hai là rừng làm tăng tổng dòng chảy tổng số (dòng chảy bề mặt và dòng chảy ngầm) của hệ thống sông và suối. Theo cách hiểu chung, vai trò bảo vệ nước của rừng là bảo vệ và tích lũy độ ẩm. Nó có thể biểu hiện ở dạng làm tăng nguồn ẩm trong đất, làm giảm bốc hơi nước trong các hệ thống sông và hồ, làm sạch nước và cải thiện chất lượng nước. Nói chung, bất kỳ loại rừng nào có ảnh hưởng tốt đến nguồn nước đều được xem là rừng có vai trò bảo vệ nước. Những ảnh hưởng tốt ở đây được hiểu là rừng làm tăng tiêu hao nước để hình thành lượng tăng trưởng mới (thoát hơi nước) và điều hòa dòng chảy của suối, sông hoặc làm giảm tiêu hao nước có hại thông qua dòng chảy bề mặt và bốc hơi vật lý.

Vai trò bảo vệ nước của rừng bao gồm ảnh hưởng tốt của rừng đến chế độ nước của suối, sông, hồ và đất. Nhờ những ảnh hưởng này mà năng suất của thực vật tăng lên. Ngoài ra, rừng không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng nước của hệ thống sông, suối và hồ, mà còn cả dòng chảy ngầm trong đất. Vai trò bảo vệ nước của rừng phụ thuộc vào kiểu rừng, kết cấu loài cây, cấu trúc và tuổi rừng. Khi rừng đang tăng trưởng mạnh, thì vai trò bảo vệ nước của rừng có thể giảm. Điều đó xảy ra là vì rừng làm tăng bốc hơi nước tổng số.

(2) *Vai trò điều hòa nước.* Vai trò điều hòa nước của rừng biểu hiện ở chỗ rừng làm giảm dòng chảy bề mặt và chuyển nó thành dòng chảy ngầm. Điều đó đảm bảo cho sự thu nhận nước vào hệ thống suối, sông và hồ; làm giảm tiêu hao nước vào thời kỳ khô hạn; ngăn chặn xói mòn đất. Vai trò bảo vệ nước của rừng mang lại ý nghĩa lớn về kinh tế. Con

người có thể sử dụng vai trò này trong việc giải quyết những vấn đề về nguồn nước và phòng chống xói mòn đất. Các vai trò bảo vệ nước, điều hòa nước và bảo vệ đất của rừng có quan hệ chặt chẽ với nhau. Ý nghĩa của rừng trong bảo vệ nguồn nước biểu hiện rõ ở chỗ rừng làm giảm dòng chảy bề mặt, hạn chế lũ lụt. Ý nghĩa bảo vệ nguồn nước của rừng chủ yếu thuộc về đất rừng. Những đặc tính của đất rừng lại do chính quần xã thực vật tạo ra. Khả năng này có được là do đất rừng có tính thấm nước và dẫn nước cao. Khả năng lọc nước tốt của đất rừng là do hệ thống rễ cây gỗ xâm nhập sâu vào trong đất, khi chết đi chúng để lại những lỗ hổng trong đất. Đất rừng còn có nhiều khe hở. Những khe hở này hình thành từ hoạt động sống của hệ động vật đất và rễ cây gỗ bị chết. Trong vùng phân bố của rừng, dòng chảy bề mặt nhỏ hơn nhiều so với dòng ngầm. Sự giảm thấp dòng chảy bề mặt ở rừng có quan hệ chặt chẽ với dòng chảy ngầm. Vì thế, phá hủy rừng sẽ dẫn đến giảm thấp tính chất điều hòa nước của rừng. Khai thác rừng hợp lý sẽ không gây ra sự phá hủy đất rừng và không làm thay đổi đáng kể dòng chảy bề mặt. Dòng chảy bề mặt sẽ được phục hồi khi rừng sau khi khai thác phục hồi trở lại. Nếu đất rừng bị phá hủy, thì phải sau nhiều năm những tính chất tốt của đất rừng mới phục hồi.

Tính chất điều hòa nước của rừng biểu hiện rất rõ ở rừng trên núi và trên đất có thành phần cơ giới nhẹ. Sự nâng cao mực nước sông nhờ dòng chảy ngầm, sự giảm thấp dòng chảy bề mặt ở nơi có độ dốc lớn là những chỉ tiêu phản ánh chức năng điều hòa nước của rừng. Vai trò điều hòa nước của rừng được đánh giá qua hệ số dòng chảy, mô đun dòng chảy, hệ số ẩm tổng số, hệ số cung cấp nước ngầm cho hệ thống sông suối. Vai trò điều hòa nước của rừng có thể được đánh giá thông qua chỉ tiêu dung tích điều hòa nước và hệ số điều hòa nước. Dung tích điều hòa nước là tổng số độ ẩm do thảm thực vật, thảm mục và đất rừng giữ lại; sau đó chuyển nước vào dòng nước ngầm. Hệ số điều hòa nước là tỷ số giữa dung tích điều hòa nước của rừng và lượng mưa lớn nhất của một ngày đêm trong lãnh thổ có rừng. Ở rừng chưa qua tác động lâm sinh, dung tích điều hòa nước tổng số thay đổi từ 340 – 370mm; hệ số điều hòa nước bằng 1-1,7 (Tarankov, 1990). Phần nước mưa được rừng giữ lại sẽ bổ sung vào dòng nước ngầm. Sự suy giảm dòng chảy bề mặt và sự gia tăng dòng chảy ngầm là do ảnh hưởng của rừng.

12.2.4.5. Vai trò bảo vệ bờ sông, hồ và biển

Vai trò bảo vệ bờ sông, hồ và biển biểu hiện thông qua khả năng giữ ổn định và chống lại sự phá hủy đất ven bờ. Những khu rừng phân bố ven suối, sông, hồ và biển có khả năng chống lại sự phá hủy đất ven bờ. Bờ sông và hồ có thể bị phá hủy do ảnh hưởng của sóng lớn. Những bờ sông bị phá hủy thường thấy ở nơi không có rừng hoặc nơi có hệ rễ cây nhỏ và phân bố gần mặt đất. Đất có thành phần cơ giới nhẹ bị phá hủy mạnh hơn so với đất có thành phần cơ giới nặng. Ở nơi có gió mạnh, rừng có khả năng ngăn chặn hoặc hạn chế xói mòn đất.

Vai trò của rừng trong bảo vệ bờ sông, hồ và biển biểu thị ở khả năng ngăn chặn và làm giảm xói mòn đất theo chiều thẳng đứng. Vào lúc mưa lớn, bên cạnh dòng chảy ngầm còn có dòng chảy bề mặt. Chúng cùng phối hợp để tạo ra lực tác động rất lớn đến đất. Nếu không có hệ rễ cây gỗ, đất rất dễ bị xói mòn hoặc bị trượt. Khi có hệ thống rừng ven bờ, hệ rễ cây gỗ đan xen trong đất có tác dụng giữ cho đất không bị trượt và xói mòn. Khả năng của rừng trong bảo vệ bờ sông, hồ và biển phụ thuộc vào kiểu rừng, kết cấu loài cây, cấu trúc rừng, tuổi rừng và loại đất. Những loài cây có hệ rễ ăn sâu và rộng có tác dụng bảo vệ bờ rất tốt. Phá hủy rừng ven bờ sẽ dẫn đến xói mòn và trôi đất. Vì thế, bảo vệ và trồng các đai rừng ven sông, hồ và biển có ý nghĩa bảo vệ bờ rất tốt.

12.2.4.6. Vai trò bảo vệ đất

Vai trò bảo vệ đất của rừng biểu hiện thông qua khả năng giữ ổn định và nâng cao độ phì đất. Sự rửa trôi và bào mòn đất xảy ra do sự phát triển của xói mòn nước và gió. Sau khi phá hủy rừng hoặc khai thác rừng với cường độ cao, các quá trình rửa trôi và xói mòn đất sẽ tăng lên. Các loài cây gỗ và loại rừng khác nhau có ảnh hưởng không giống nhau đến đất. Ảnh hưởng của rừng đến đất cũng biểu hiện khác nhau tùy theo không gian và thời gian. Ảnh hưởng của rừng đến đất có thể biểu hiện ở những khía cạnh sau đây:

- (1) Rừng ảnh hưởng đến tiểu khí hậu và lượng nước thu nhận vào đất.
- (2) Hệ rễ cây gỗ và các thực vật tầng thấp ảnh hưởng đến đất.
- (3) Vật rụng ảnh hưởng đến đất.
- (4) Hệ động vật và vi sinh vật ảnh hưởng đến đất

Các chức năng bảo vệ đất, điều hòa và bảo vệ nguồn nước của rừng có quan hệ chặt chẽ với nhau. Mưa rơi trên những khu vực không có rừng che phủ làm phát sinh dòng chảy bề mặt. Trị số và cường độ của dòng chảy bề mặt phụ thuộc vào nhiều nhân tố. Dưới ảnh hưởng của dòng chảy, mối liên kết của các phần tử đất yếu đi rất nhiều. Do đó, chúng có thể bị dòng nước cuốn trôi.

Quá trình phá hủy đất và phân bố lại các sản phẩm của quá trình phá hủy đất dưới ảnh hưởng của nước chảy được gọi là xói mòn nước. Người ta phân biệt hai dạng xói mòn nước là xói mòn bề mặt và xói mòn rãnh. Khi xói mòn bề mặt xảy ra, các phần tử đất bị bào mòn tương đối đều trên diện tích lớn. Khi bị xói mòn theo rãnh, đất chỉ bị cuốn trôi cục bộ và hình thành khe và rãnh nhỏ. Quy mô và tốc độ xói mòn phụ thuộc chặt chẽ vào điều kiện khí hậu và tính chất của đất, địa hình, mức phá hủy thảm thực vật và biện pháp làm đất... Xói mòn phát triển rất chậm chỉ phá hủy một phần nhỏ đất. Xói mòn xảy ra rất mạnh dẫn đến phá hủy hoàn toàn lớp đất mặt. Ở các vùng núi, mưa lớn tạo ra các dòng chảy rất mạnh. Các dòng chảy mạnh cũng xuất hiện ở các lưu vực sông. Các dòng chảy mang đi một khối lượng lớn đất, đá, sỏi. Vận tốc dòng chảy có thể đạt 10-30km/h và lớn hơn (Tarankov, 1990). Tính chất bất ngờ phát sinh dòng chảy, thời gian ảnh hưởng ngắn và sức phá hủy rất mạnh là đặc trưng cho lũ quét.

Xói mòn do gió phát sinh dưới ảnh hưởng của gió lớn. Chúng cũng làm phá hủy thảm thực vật và đất. Đất khô và chứa nhiều cát bị phá hủy mạnh hơn. Khi tốc độ gió lớn (>10m/s) sẽ hình thành bão bụi. Nó phá hủy phần lớn lớp đất chứa nhiều mùn, di chuyển các phần tử đất đến một khoảng cách đáng kể. Những đất được rừng che phủ bị ảnh hưởng của xói mòn gió ít hơn. Nguyên nhân là vì đất được hệ rễ cây bảo vệ và cố định. Nhưng khi rừng bị phá hủy, thì đất bị ảnh hưởng đáng kể.

Xói mòn nước và gió làm tiêu tan phần lớn chất dinh dưỡng chứa trong lớp đất mặt, đất bị giảm độ phì. Năng suất của cây nông nghiệp trên đất bị xói mòn có thể giảm đến 60-70%. Sinh trưởng của rừng trên đất bị xói mòn cũng giảm 1-2 lần so với đất không bị xói mòn (Tarankov, 1990). Xói mòn rãnh dẫn đến hình thành các mương xói. Điều đó lại dẫn đến sự suy giảm mực nước thổ nhưỡng trên những khoảnh đất kề bên mương xói, làm xấu chế độ nước của đất và làm giảm độ phì đất.

Các sản phẩm của xói mòn được đưa vào các hệ thống suối, sông, hồ. Chúng gây ra sự nâng cao đáy suối, sông, hồ. Kết quả ảnh hưởng lớn đến các công trình thủy điện, thủy lợi và thủy sản. Sự nâng cao đáy sông và hồ làm giảm thời gian hoạt động và công suất của các máy thủy điện. Điều đó gây ra thiệt hại lớn về kinh tế và dẫn đến hao hụt nước.

Ở những nơi rừng không bị phá hủy, dòng nước chảy bề mặt rất nhỏ hoặc không xảy ra. Sự giảm thấp dòng nước chảy bề mặt và chuyển nó vào dòng chảy ngầm và dòng chảy thổ nhưỡng đã ngăn cản sự phát sinh quá trình xói mòn. Sự bào mòn đất có rừng che

phủ là không đáng kể. Trái lại, ở đất nông nghiệp, lượng đất bị xói mòn có thể đạt 3-8 tấn/ha (Tarankov, 1990).

Trong điều kiện vùng núi, xói mòn giảm dần theo mức nâng cao độ che phủ của rừng. Đất rừng khác với đất nông nghiệp bởi tính thấm nước rất cao. Đặc tính này xuất hiện là do đất rừng có cấu trúc tốt, nhiều lỗ hổng, nhiều mùn. Tính thấm của đất rừng phụ thuộc vào loài cây, loại rừng, tuổi và biện pháp lâm sinh. Tuổi rừng càng cao thì tính thấm nước của đất càng cao. Thảm mục rừng có ý nghĩa lớn đối với sự ngăn cản xói mòn đất. Thảm mục rừng có khả năng làm tăng tính thấm nước của đất và chuyển dòng chảy bề mặt thành dòng chảy ngầm và dòng chảy thổ nhưỡng. Thảm mục ở rừng lá rộng có khả năng ngăn cản xói mòn tốt hơn thảm mục ở rừng lá kim. Thảm mục ở rừng hỗn giao và rừng thuần loài khác tuổi ngăn cản xói mòn tốt hơn thảm mục ở rừng thuần loài đồng tuổi. Vì thế, phá hủy sàn rừng sẽ dẫn đến đẩy nhanh xói mòn đất. Sự cố định đất của hệ rễ cây phối hợp cùng với thảm mục có ý nghĩa lớn đối với sự ngăn chặn xói mòn.

Khả năng bảo vệ đất của các loại rừng không giống nhau. Vai trò bảo vệ đất của rừng biểu hiện rất rõ trên đất cát, đất ven sông, hồ và đất phân bố ở độ dốc từ 7^0 trở lên. Nhờ khả năng cố định đất, rừng đã tham gia tích cực vào quá trình ngăn cản sự dịch chuyển đất. Điều đó có ý nghĩa lớn đối với việc bảo vệ đất nông nghiệp, các hồ nước và khu dân cư. Kết quả là năng suất cây nông nghiệp và thủy sản sẽ ổn định và nâng cao, giao thông đi lại thuận lợi. Chính vì thế, ngành lâm nghiệp phải có chiến lược quản lý, bảo vệ và kinh doanh rừng hợp lý trên những đất dễ bị xói mòn.

Vai trò bảo vệ đất của rừng phân bố ven sông và hồ cũng rất rõ rệt. Rừng ven bờ sông có khả năng ngăn chặn và làm giảm xói lở đất. Chúng còn có khả năng cố định phù sa. Do đó, rừng đóng vai trò hình thành đất và làm tăng độ phì đất ở ven sông, hồ.

12.2.4.7. Vai trò vệ sinh của rừng

Nhiễm bẩn không khí là trạng thái của không khí chỉ gây ra ức chế cho hoạt động sống của con người và các sinh vật khác. Rừng có khả năng làm giảm nhiễm bẩn không khí. Những chất thải trong công nghiệp và sinh hoạt có chứa các tác nhân độc hại ở dạng dung dịch, dạng khí và dạng rắn. Chất thải khí tồn tại ở dạng CO , CO_2 , SO_2 , NO_x (NO , NO_2 , N_2O ...), CH_3 , H_2S ... Khi bay vào không khí, chúng sẽ hỗn hợp với hơi nước và hình thành các loại axit H_2SO_4 , HCl , HNO_2 và HNO_3 , H_2CO_3 . Sau đó hỗn hợp gồm nước và axit được gió mang đi xa đến hàng trăm, thậm chí ngàn kilômét. Cuối cùng hỗn hợp này rơi trở về trái đất dưới dạng mưa có chứa các axit. Loại mưa này được gọi là mưa axit. Mưa axit gây ra nhiều tác hại khác nhau. Trước hết, mưa axit gây ảnh hưởng đến đất, làm chết các sinh vật đất, gây phản ứng chua, làm chai cứng và thoái hóa đất. Đối với thực vật, mưa axit không chỉ gây hại cho rừng và đồng cỏ tự nhiên, mà còn ảnh hưởng đến cây nông nghiệp và cây ăn trái. Khi rơi vào các thủy vực, mưa axit gây ảnh hưởng rất lớn đến cá, tôm và nhiều sinh vật thủy sinh khác. Ngoài ra, mưa axit còn hủy hoại nhiều công trình kiến trúc và gây bệnh cho người.

Các loài cây và rừng có khả năng thích nghi nhất định với những tác động xấu của môi trường không khí. Ngoài ra rừng có vai trò làm sạch không khí. Vai trò vệ sinh của rừng biểu hiện ở chỗ chúng có khả năng làm giảm những chất khí độc hại như CO , CO_2 , SO_2 , NO_x (NO , NO_2 , N_2O ...), CH_3 , H_2S ...; ngăn cản khói và bụi; làm giảm chất phóng xạ và hơi độc trong không khí.

Rừng và đai cây xanh có khả năng làm giảm sự nhiễm bẩn không khí. Để tạo rừng bảo vệ môi trường và phòng chống sự ô nhiễm không khí, chúng ta cần tuyển chọn các loài cây gỗ và cây bụi sinh trưởng nhanh, có tính ổn định cao với khí độc. Nhà lâm học cũng

cần nhận thấy rằng không phải bất kỳ loài cây nào cũng có khả năng chống lại sự nhiễm bẩn không khí. Nồng độ khí SO_2 tăng đến 26mg/m^3 không khí sẽ làm cho cây lá kim bị chết, $5\text{-}26\text{mg/m}^3$ không khí sẽ gây hại lớn cho tất cả các loài cây gỗ. Các chất H_2S và hợp chất florua có thể phá hủy hoạt tính của lục lạp, chất nguyên sinh bị thủy phân, tế bào bị mất nước... Vì vậy, các mức độ bị hại của cây trồng là một trong những căn cứ để dự báo mức độ độc hại của các khí thải (Tarankov, 1990).

Nhiều thực vật còn thải vào không khí các chất dễ bay hơi. Những chất này được gọi là phitonxit, nghĩa là các chất độc của thực vật. Các phitonxit tác dụng rất mạnh đến các vi sinh vật và sinh vật đơn bào khác. Về mặt hóa học, các phitonxit là các chất dầu dễ bay hơi, các alcaloid cấu thành từ các hydrocarbon. Khi tạo thành các phitonxit, thì CO_2 , H_2 và O_2 được tách ra. Vào ngày hè, một hécta rừng có thể thải ra 2-5kg phitonxit. Các nghiên cứu cho thấy 2kg phitonxit đủ để sát trùng không khí của một thành phố cỡ vừa (khoảng 1 triệu dân cư). Tác dụng của chúng kéo dài đến chừng nào dòng không khí đã mang đi hết phitonxit (Belov, 1976).

Oxi được hệ thống cây xanh thải vào không khí khác với oxi nhận từ các nguồn khác bởi lượng phitonxit và ion chống ô nhiễm không khí. Oxi của rừng thải ra có mức ion hóa rất cao, hơn 2-3 lần oxi của biển và 5-10 lần lớn hơn so với oxi không khí trong các thành phố (Belov, 1976). Sự ion hóa không khí được tạo ra do sự tương tác qua lại của các điện tích không khí với các điện tích của bề mặt đất và nước biển. Các nguyên tử oxi có xác suất bị ion hóa cao hơn 10 lần so với các nguyên tử khác. Nitơ trong lớp không khí gần mặt đất không bị ion hóa.

Rừng còn có khả năng làm giảm và phân tán tiếng ồn. Quá trình phát triển công nghiệp có thể đem lại điều kiện sống tốt cho con người, nhưng đồng thời quá trình này cũng đưa lại những điều kiện sống không tốt cho con người. Những ảnh hưởng xấu của hoạt động công nghiệp biểu hiện không chỉ ở tình trạng môi trường bị nhiễm bẩn, mà còn gây ra tiếng ồn làm tổn hại đến hệ thần kinh, giấc ngủ, sinh hoạt của con người ... Nhịp đập của tim là 10 db. Nói thầm là 20db. Tiếng nói to là 70db. Tiếng sột soạt của lá cây là 30db. Tiếng máy ô tô là 80-95db. Tiếng máy bay là 105db. Khi cường độ của tiếng ồn lớn hơn 40 db, thì những ảnh hưởng xấu của tiếng ồn biểu hiện rõ rệt. Do đó, mức tiếng ồn thuận lợi cho sinh hoạt và nghỉ ngơi bình thường của con người là không lớn hơn 40db (Belov, 1976).

Những dải rừng xung quanh thành phố, khu công nghiệp và khu dân cư đóng vai trò lớn trong việc cải thiện điều kiện sống cho con người. Khả năng ngăn cản và làm phân tán tiếng ồn của rừng phụ thuộc vào kích thước đai rừng, kết cấu loài cây, kết cấu đai rừng và khoảng cách từ đai rừng đến khu dân cư và các trung tâm gây ra tiếng ồn.

12.2.4.8. Vai trò tinh thần của rừng

Rừng là nơi ở và sinh sống của người tiền sử và động vật hoang dã. Rừng đại diện cho mối liên hệ sâu sắc giữa thế giới tự nhiên và thế giới tâm linh. Rừng không chỉ đơn thuần là biểu tượng, mà còn được các nền văn hóa cổ đại tôn kính như nơi trú ngụ của các linh hồn, tổ tiên và các loài động vật linh thiêng. Nhiều dân tộc thiểu số trên thế giới xem một số động vật hoang dã (Đười ươi, Khỉ, Bò...) là những con vật linh thiêng. Một số dân tộc xem rừng là biểu tượng của nguồn cội. Gỗ của một số loài cây gỗ chỉ được sử dụng để làm tượng và đóng quan tài.

Nhiều chất thải của thực vật có khả năng kháng vi sinh vật, khử trùng không khí, làm sạch đất và nước, ion hóa không khí. Rừng có khả năng chống tiếng ồn và khí độc.

Những chức năng này của rừng có ý nghĩa lớn đối với con người. Do đó, rừng là một đối tượng tốt cho hoạt động nghỉ ngơi, giải trí, du lịch và nghiên cứu khoa học.

Ý nghĩa tinh thần của rừng còn biểu hiện thông qua nhiều tính chất tự nhiên khác của rừng như độ chiếu sáng, hình dạng thân cây và tán lá, mức độ thâm mỹ của cảnh quan rừng, tính chất trang trí của cây. Những giá trị này của rừng phụ thuộc vào tương quan giữa những đối tượng cấu thành cảnh quan rừng (cây gỗ, cây bụi, thảm cỏ, địa hình, sông suối...). Nói chung, khi rừng được quy hoạch để tạo cảnh quan có lợi cho sự nghỉ ngơi và giải trí của con người, thì kết cấu rừng được thiết kế theo ba kiểu xen kẽ nhau như sau (Belov, 1976):

- Cảnh quan mở (độ tàn che của rừng $< 0,2$) chiếm 15-25% diện tích khu rừng.
- Cảnh quan nửa mở (độ tàn che của rừng $= 0,3-0,5$) chiếm 10-30% diện tích khu rừng.
- Cảnh quan kín (độ tàn che của rừng $= 0,7-1,0$) chiếm 55-60% diện tích khu rừng.

Ngoài ra, lưới đường đi lại trong rừng phải được bố trí thích hợp. Nguyên tắc bố trí hệ thống đường là ít đường đi (diện tích đường không vượt quá 5% diện tích rừng), đường hẹp và cắt ngang qua nhiều loại cảnh quan khác nhau. Một cảnh quan rừng đẹp còn phải bố trí xen kẽ rừng và không gian trống thích hợp.

Ý nghĩa tinh thần của rừng còn biểu hiện ở chỗ rừng giúp cho các nhà văn, nhà thơ, nhạc sĩ và họa sĩ có nhiều cảm hứng để sáng tác. Những cảnh quan rừng đẹp là điều kiện tốt cho những hoạt động văn hóa và nghệ thuật. Rừng còn đóng vai trò là nơi cải tạo và giáo dục văn hóa, đạo đức, pháp luật cho những người phạm tội.

12.3. Tóm tắt chương 12

Chức năng của rừng là những ảnh hưởng riêng biệt của rừng đến các yếu tố môi trường, các hiện tượng tự nhiên và thành phần sinh quyển. Sự biến đổi của các yếu tố môi trường, các hiện tượng tự nhiên và thành phần sinh quyển là kết quả chức năng của rừng.

Vai trò sinh thái của rừng là ý nghĩa của rừng đối với xã hội và nền kinh tế quốc dân. Các vai trò sinh thái của rừng được ấn định bởi các chức năng của rừng. Con người có thể lợi dụng các chức năng của rừng để thỏa mãn nhu cầu của mình.

Ngày nay tài nguyên rừng tự nhiên đã bị suy giảm mạnh trong khi đó nhu cầu của xã hội hiện đại lại gia tăng và đa dạng. Vì thế, khai thác tốt tất cả những chức năng có ích của rừng là nhiệm vụ quan trọng của lâm nghiệp.

Câu hỏi chương 12

- (1) Định nghĩa chức năng của rừng và vai trò của rừng?
- (2) Tại sao nói thảm thực vật rừng là lá chắn bảo vệ sự sống trên trái đất?
- (3) Hiện tượng lũ quét xảy ra ở các vùng đồi và núi, lũ và lụt xảy ra ở các vùng đồng bằng ven biển có phải chỉ là do những hoạt động lâm nghiệp gây ra hay không?
- (4) Khai thác các loại rừng sản xuất có cần quan tâm đến bảo vệ môi trường hay không?
- (5) Hãy giải thích vì sao rừng tự nhiên ở nước ta đang thu hút sự chú ý của cộng đồng và các tổ chức hoạt động trong lĩnh vực du lịch, nghỉ ngơi và giải trí?

CÁC THUẬT NGỮ TRONG SINH THÁI RỪNG VÀ LÂM SINH HỌC

- Bảo tồn rừng (Forest Conservation).** Quản lý tài nguyên rừng nhằm duy trì những đặc tính cơ bản của rừng theo thời gian.
- Bậc dinh dưỡng (Trophic Level).** Các bậc của chuỗi chuyển hóa năng lượng từ thực vật đến các sinh vật dị dưỡng khác nhau.
- Biên độ chống chịu (Resistant Amplitude).** Vùng sống của sinh vật. Phạm vi tác động của nhân tố sinh thái mà sinh vật còn sống.
- Biên độ sinh thái (Ecological Amplitude).** Vùng hoạt động bình thường của sinh vật. Phạm vi tác động của nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật sống sót, sinh trưởng và phát triển bình thường.
- Biên độ sinh thái tối ưu (Optimum Ecological Amplitude).** Vùng hoạt động tốt nhất của sinh vật. Phạm vi tác động của nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật sinh trưởng và phát triển tốt nhất, tử vong thấp nhất.
- Biểu đồ khí hậu rừng (Forest Climatic Diagram).** Biểu đồ phản ánh mối quan hệ giữa các kiểu rừng với lượng mưa (P , mm/tháng) và nhiệt độ không khí ($T^{\circ}\text{C}$ /tháng). Trục hoành là tháng. Trục tung bên trái là lượng mưa. Trục tung bên phải là nhiệt độ.
- Biểu đồ trắc diện quần thụ (Stand Profile Diagram).** Biểu đồ biểu diễn kết cấu và phân bố của các loài cây gỗ theo chiều thẳng đứng và chiều nằm ngang của quần thụ.
- Biểu đồ trắc diện rừng (Forest Profile Diagram).** Biểu đồ biểu diễn kết cấu và phân bố của các thành phần cấu thành rừng theo chiều thẳng đứng và chiều nằm ngang.
- Bụi cây (Clump).** Một số cây bụi có nhiều thân phụ và cành sống tập trung ở một chỗ.
- Các hồ sương giá (Frost Pockets).** Những chỗ lún sâu của địa hình núi, các lỗ trống trong tán rừng hoặc khoảng khai thác hẹp ở vùng khí hậu lạnh với nhiệt độ không khí dưới 0°C , trong khi đó nhiệt độ của không khí xung quanh là trên 0°C .
- Cảnh quan (Landscape).** Một vùng đất liền kề nhau bao gồm các hệ sinh thái khác nhau về vị trí địa lý, khí hậu, địa hình, đất và hoạt động của con người.
- Cảnh quan rừng (Forest Landscape).** Một vùng đất rộng lớn liền kề nhau bao gồm nhiều kiểu rừng khác nhau về vị trí địa lý, khí hậu, địa hình, đất và hoạt động của con người.
- Cải tạo rừng (Forest Improvement).** Các tác động lâm sinh nhằm cải biến rừng tự nhiên có sản lượng thấp thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tối ưu, sản lượng cao và chất lượng gỗ tốt hơn bằng cách trồng lại. Ví dụ: Phá hủy hoàn toàn thảm thực vật rừng tự nhiên bị suy thoái mạnh để trồng lại rừng mới.
- Cải tạo rừng theo băng (Forest Improvement In Strips).** Các tác động lâm sinh nhằm cải biến rừng tự nhiên bị suy thoái mạnh thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tối ưu, sản lượng cao và chất lượng gỗ tốt hơn bằng cách trồng lại rừng mới theo từng băng với bề rộng từ 10-100 m.
- Cải tạo rừng theo đám (Forest Improvement in Mosaic).** Các tác động lâm sinh nhằm cải biến rừng tự nhiên bị suy thoái mạnh thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tối ưu, sản lượng cao và chất lượng gỗ tốt hơn bằng cách trồng lại rừng mới theo từng đám với diện tích từ 100-1.000 m^2 .
- Cải tạo rừng theo rạch (Forest Improvement In Canals).** Các tác động lâm sinh nhằm cải biến rừng tự nhiên bị suy thoái mạnh thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tối ưu, sản lượng cao và chất lượng gỗ tốt hơn bằng cách trồng lại rừng mới theo từng rạch với bề rộng từ 2-10m.

- Cải tạo rừng toàn diện (Comprehensive Forest Improvement).** Các tác động lâm sinh nhằm cải biến rừng tự nhiên bị suy thoái mạnh thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc tối ưu, sản lượng cao và chất lượng gỗ tốt hơn bằng cách trồng lại.
- Cấp đường kính (Diameter Class).** Nhóm cây gỗ có đường kính ngang ngực tương tự như nhau. Cấp đường kính được phân chia tùy theo kích thước cây gỗ trong quần thụ. Thông thường, cấp đường kính dao động từ 1-10 cm tùy theo loại rừng.
- Cấp lập địa rừng (Forest Site Class).** Cấp chất lượng lập địa rừng được đánh giá theo cấp sản lượng gỗ trên những lập địa khác nhau.
- Cấp chỉ số lập địa rừng (Forest Site Index Class).** Cấp chiều cao của những cây ưu thế và đồng ưu thế của một loài cây gỗ nhất định ở tuổi cơ sở. Tuổi cơ sở là tuổi được sử dụng để phân chia chỉ số lập địa.
- Cấp tuổi (Age Class).** Biên độ tuổi của những cây gỗ trong một khoảnh rừng được gộp lại. Cấp tuổi rừng được phân chia tùy theo loài cây gỗ. Ví dụ: 2, 5 và 10 năm tùy theo loài cây gỗ.
- Cấu trúc rừng (Forest Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của rừng (cây gỗ, cây bụi, cây thân leo, cây thân thảo, đất và lớp đá) theo không gian, thời gian và môi trường.
- Cấu trúc đứng của rừng (Vertical Forest Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của rừng (thực vật, động vật, đất, lớp đá) theo chiều thẳng đứng.
- Cấu trúc ngang của rừng (Horizontal Forest Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của rừng (thực vật, động vật, đất, lớp đá) theo chiều nằm ngang.
- Cấu trúc quần thụ (Stand Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp của các loài cây gỗ trong quần thụ theo không gian, thời gian và môi trường.
- Cấu trúc của quần xã thực vật (Plant Community Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp của các dạng sống khác nhau của quần xã thực vật theo không gian, thời gian và môi trường.
- Cấu trúc đứng của quần thụ (Vertical Stand Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp của các loài cây gỗ trong quần thụ theo chiều thẳng đứng.
- Cấu trúc ngang của quần thụ (Horizontal Stand Structure).** Sự tổ chức và sắp xếp của các loài cây gỗ trong quần thụ theo chiều nằm ngang.
- Cấu trúc sinh thái của rừng (Forest Ecological Structure).** Thuật ngữ phản ánh sự tổ chức và sắp xếp của các thành phần rừng theo sự thay đổi của môi trường (khí hậu, đất, địa hình).
- Cấu trúc tuổi của rừng (Forest Age Structure).** Thuật ngữ này thường sử dụng cho rừng trồng khác tuổi. Thuật ngữ phản ánh sự phân bố số cây gỗ của rừng trồng khác tuổi theo các cấp tuổi khác nhau.
- Cây bụi (Shrub, Woody Plant).** Những thực vật thân gỗ có một thân chính và nhiều thân phụ, cành phát sinh từ gốc, thân thấp (<3m) và sống dưới tán rừng.
- Cây chịu bóng (Shaderesistant Plant).** Cây thích nghi với điều kiện ánh sáng thấp để sinh trưởng và phát triển.
- Cây ưa sáng (Light-tolerant Plant).** Cây thích nghi với điều kiện ánh sáng cao để sinh trưởng và phát triển.
- Cây chịu hạn (Xerophyte).** Cây thích nghi với hạn hán hoặc với khả năng cung cấp nước thấp. Ví dụ: Trôm mủ (*Sterculia foetida*); Neem Ấn Độ (*Azadirachta indica*).
- Cây con (Sapling).** Cây gỗ non có kích thước trung gian giữa cây mạ và cây dạng sào. Trong lâm học, cây con là cây tái sinh có chiều cao từ 50cm đến đường kính ngang ngực khoảng 6cm.

- Cây con rễ trần (Bareroot Seedling).** Cây gỗ non sống trong vườn ươm được nhổ lên và loại bỏ đất khỏi hệ rễ.
- Cây gieo giống (Seed Tree).** Cây gỗ trưởng thành và khả năng sinh sản mạnh được sử dụng để phát tán hạt giống trên các khoảnh khai thác.
- Cây gỗ (Tree).** Thực vật chỉ có 1 thân, thân to và cao, thân mang cành và lá, thân và cành hóa gỗ, vỏ dày. Ở nghĩa rộng, những loài cây của họ Cau (Arecaceae), họ Dương xỉ (Polypodiaceae), họ Tre (Bambusoideae) cũng là cây gỗ.
- Cây gỗ chết đứng (Snag).** Cây gỗ đã chết nhưng vẫn chưa bị đổ gãy trên sàn rừng.
- Cây gỗ có tán dạng cờ (Flagshaped Crown Tree).** Cây gỗ có tán phát triển lệch về một phía theo dạng cờ do ảnh hưởng của gió lớn hay bị che bóng.
- Cây gỗ có tán lệch (Deviated Crown Tree).** Cây gỗ có tán phát triển không đồng đều về mọi hướng.
- Cây gỗ có tán tròn (Round Crown Tree).** Cây gỗ có tán phát triển đồng đều về mọi hướng.
- Cây gỗ đồng ưu thế (Codominant Tree).** Những cây gỗ có kích thước nhỏ hơn ngay dưới cây ưu thế. Cây đồng ưu thế có 50% tán vượt lên trên tầng ưu thế sinh thái.
- Cây gỗ phụ thuộc (Depended Tree).** Cây gỗ sống phụ thuộc vào những cây gỗ ở tầng ưu thế sinh thái. Những cây gỗ nằm dưới tán những cây gỗ khác.
- Cây tái sinh từ hạt (Regenerated Tree From Seeds).** Cây gỗ hình thành từ hạt. Trong thực tế, cây tái sinh từ hạt được gọi tắt là cây hạt.
- Cây tái sinh từ chồi (Regenerated Tree From Buds).** Cây gỗ hình thành từ chồi trên gốc và rễ của cây mẹ. Trong thực tế, cây tái sinh từ chồi được gọi tắt là cây chồi.
- Cây gỗ thu hoạch (Crop Tree).** Cây gỗ được chọn để nuôi dưỡng đến kỳ khai thác chính. Cây gỗ có ý nghĩa sử dụng và thương mại.
- Cây gỗ trung tính (Intermediate Tree).** Cây gỗ trung tính còn được gọi là cây trung sinh. Cây gỗ đòi hỏi ánh sáng ở mức trung bình để sinh trưởng và phát triển. Những cây gỗ khi trưởng thành sống ở lớp giữa của tán rừng. Những cây gỗ có yêu cầu ánh sáng trung gian giữa cây ưa sáng và cây chịu bóng.
- Cây gỗ ưa ẩm (Moist-tolerant Tree).** Cây gỗ sống bình thường trong môi trường đất ẩm hoặc bão hòa nước. Ví dụ: Đước (*Rhizophora apiculata* Blume); Bần chua (*Sonneratia caseolaris*).
- Cây gỗ ưu thế (Dominant Tree).** Những cây gỗ to lớn nhất phân bố ở tầng cao nhất của tán rừng. Những cây gỗ kiểm soát sự sống của những cây gỗ khác nằm dưới tán của chúng.
- Cây gỗ đồng ưu thế (Codominant Tree).** Những cây gỗ có kích thước nhỏ hơn ngay sau cây gỗ ưu thế.
- Cây gỗ vô dụng (Useless Tree).** Những cây gỗ không đáp ứng được các mục đích sử dụng và kinh doanh.
- Cây gỗ khuyết tật (Cull Tree).** Cây gỗ có trên 50% thể tích thân bị khuyết tật.
- Cây gỗ lá kim (Conifer Tree).** Những cây gỗ có lá nhỏ, tán hình tháp và quả hình nón.
- Cây lập địa (Site Tree).** Cây được sử dụng để tính toán và phân loại sản lượng rừng trên các lập địa hay môi trường khác nhau. Cây lập địa là cây ưu thế và đồng ưu thế trong một loại rừng ở một lập địa nhất định.
- Cây mầm (Seedling).** Cây gỗ non bắt đầu hình thành từ hạt; trong đó bao gồm 3 phần: rễ mầm (Radicle = Embryonic Root); trụ mầm (Hypocotyl = Embryonic Shoot) và lá mầm (Cotyledone = Seed Leaves). Cây mầm là cây gỗ non vẫn sống dựa vào chất dinh dưỡng trong lá mầm.

- Cây mạ (Young Tree).** Cây gỗ non sau giai đoạn cây mầm. Trong lâm học, cây mạ dưới tán rừng tự nhiên được quy ước là cây gỗ non có chiều cao từ 20-50cm.
- Cây mẹ (Mother Tree).** Cây gỗ đã đến tuổi sinh sản. Cây mẹ là cây gieo giống trên các khoảnh khai thác hoặc dùng để thu hái hạt giống trong trồng rừng.
- Cây phù trợ (Nurse Tree).** Cây gỗ hoặc cây bụi tự nhiên hoặc được trồng để che bóng, hạn chế cỏ dại, cải tạo đất và cải thiện hình thân cho cây gỗ mục đích ở rừng trồng.
- Cây gỗ rụng lá (Deciduous Tree).** Cây gỗ trút bỏ lá vào mùa khô hạn hoặc mùa lạnh.
- Cây sào (Pole Tree).** Những cây gỗ có kích thước nằm giữa cây con và cây trưởng thành. Trong lâm học, cây sào được quy ước có chiều cao từ 300cm đến cây trưởng thành. Cây sào là cây tái sinh có kích thước to bằng cây sào.
- Cây tái sinh (Regenerative Tree).** Các thế hệ non của các loài cây gỗ mà sự sống của chúng vẫn phụ thuộc vào cây mẹ và những cây gỗ khác trong tán rừng. Những cây gỗ chưa trưởng thành sống dưới tán rừng hoặc trên đất trống sau khai thác trắng hoặc sau nương rẫy bỏ hóa.
- Cây tầng thấp (Understory Plant).** Thực vật sống dưới tán rừng (cây bụi, cây thân thảo).
- Cây gỗ ở tầng trên (Overstory Tree).** Những cây gỗ phân bố ở phía trên của tầng tán rừng. Những cây gỗ này có thân to và rất cao ($H > 30\text{cm}$).
- Cây thân leo (Climber Plant).** Thực vật sống bằng cách bám hoặc quấn vào thân, cành và tán cây gỗ để vươn lên những lớp cao hơn của tán rừng.
- Cây thân leo hóa gỗ (Liana).** Thực vật thân leo có thân hóa gỗ.
- Cây thân leo không hóa gỗ (Nonwoody Climber Plant).** Thực vật thân leo có thân không hóa gỗ.
- Cây thân thảo (Herbaceous Plants, Herbs).** Những thực vật có ống mạch, thân mềm và không hóa gỗ. Khi sống dưới tán rừng, chúng thường xanh và được gọi là thảm tươi hay thảm cỏ.
- Cây trưởng thành (Mature Tree).** Cây gỗ không còn phụ thuộc vào sự hỗ trợ của cây mẹ và những cây gỗ khác. Trong lâm học và điều tra rừng, cây trưởng thành được quy ước theo đường kính ngang ngực (D , cm) bằng hoặc lớn hơn một trị số nào đó. Ví dụ: $D \geq 2,5\text{cm}$ (Mỹ); $D \geq 6,0\text{cm}$ (Việt Nam); $D \geq 10,0\text{cm}$ (Ấn độ, các nước Châu Âu và nhiều nước khác).
- Chặt ánh sáng (Light Cutting).** Thuật ngữ biểu thị biện pháp nuôi dưỡng rừng non chưa khép tán bằng cách chặt bỏ các cây vô dụng (cây thân thảo, cây bụi và cây gỗ kém giá trị) để cung cấp ánh sáng cho các cây gỗ được để lại nuôi dưỡng.
- Chặt trừ (Cut off).** Thuật ngữ biểu thị biện pháp nuôi dưỡng rừng non đã khép tán kín bằng cách chặt bỏ các cây gỗ kém giá trị để cung cấp ánh sáng và điều chỉnh không gian sống thích hợp cho các cây gỗ được để lại nuôi dưỡng.
- Chặt cải thiện rừng (Forest Improvement Cutting).** Một biện pháp tác động vào rừng không được quản lý theo các phương thức lâm sinh và rừng tái sinh và vệ sinh kém nhằm điều chỉnh lại kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ, cải thiện điều kiện sống, thúc đẩy tái sinh rừng và thu hồi gỗ kém giá trị.
- Chặt cảnh quan (Landscape Cutting).** Một phương thức khai thác nhằm mục đích chủ yếu là tạo lập cảnh quan và nâng cao giá trị thẩm mỹ cho các cây gỗ và quần thụ trong rừng công viên và rừng phong cảnh.
- Chặt giải phóng (Liberation Cutting).** Một phương thức lâm sinh tác động vào rừng nhằm giải phóng cho cây non và cây tái sinh bằng cách chặt điều chỉnh lại kết cấu loài và cấu trúc quần thụ, cải thiện chất lượng rừng, loại bỏ ảnh hưởng cạnh tranh của những cây vô dụng và cây mẹ đã hoàn thành chức năng gieo giống.

- Chất lượng lập địa rừng (Forest Site Quality).** Khả năng của lập địa tạo ra sản lượng rừng. Chất lượng lập địa rừng thường được đánh giá theo sản lượng gỗ của một loài cây gỗ nhất định. Trên cùng một lập địa rừng, chất lượng lập địa được đánh giá tùy theo loài cây gỗ. Theo đó, chất lượng lập địa tốt đối với loài cây gỗ này nhưng không tốt đối với loài cây gỗ khác.
- Chặt nuôi dưỡng rừng (Forest Tending Cutting).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bằng cách chặt bỏ những cây không mong muốn nhằm hạ thấp mật độ, điều chỉnh lại kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ, giảm thấp các quan hệ cạnh tranh giữa các cây gỗ để lại tiếp tục nuôi dưỡng.
- Chặt tái sinh (Reproductive Cutting).** Chặt tái sinh còn được gọi là khai thác tái sinh. Một phương thức lâm sinh biểu thị việc khai thác rừng vừa nhằm thu hoạch gỗ với quy cách và sản phẩm nhất định vừa tạo điều kiện thuận lợi cho tái sinh rừng. Tên gọi của phương thức chặt tái sinh được đặt theo tên của phương thức khai thác. Ví dụ: (1) Khai thác chọn - tái sinh tự nhiên; (2) Khai thác trắng - tái sinh nhân tạo; (3) Khai thác dần - tái sinh tự nhiên dưới tán rừng...
- Chặt tận dụng (Salvage Cutting).** Chặt tận dụng còn được gọi là chặt vét. Thuật ngữ này biểu thị việc thu hoạch những cây gỗ khuyết tật, bị cháy, bị sâu bệnh, bị đổ gãy do gió bão và những cây mẹ đã hết vai trò gieo giống trong khai thác dần nhằm bảo vệ và giải phóng cho lớp cây tái sinh.
- Chặt tỉa thưa rừng (Forest Thin Cutting).** Chặt tỉa thưa rừng còn được gọi là chặt trung gian. Một biện pháp nuôi dưỡng rừng non đến rừng gần thành thực bằng cách hạ thấp mật độ quần thụ thông qua chặt bỏ hoặc thu hoạch những cây không mong muốn.
- Chặt tỉa thưa cơ giới (Geometrical Thin Cutting).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bằng cách chặt bỏ hoặc thu hoạch những hàng cây gỗ hoặc những cây gỗ phân bố theo khoảng cách đều trong những hàng cây gỗ nào đó. Đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi, tỉa thưa cơ giới được sử dụng ở những lần tỉa thưa đầu để điều chỉnh không gian đều cho những cây được tiếp tục nuôi dưỡng.
- Chặt tỉa thưa sinh thái (Ecological Thinning).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bảo tồn nhằm tạo ra nơi ở và nguồn sống có lợi cho những cây gỗ và động vật quý, hiếm.
- Chặt tỉa thưa tầng dưới của rừng (Forest Low thin Cutting).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bằng cách chặt bỏ hoặc thu hoạch những cây gỗ không mong muốn phân bố ở dưới tầng ưu thế sinh thái.
- Chặt tỉa thưa tầng trên của rừng (Forest Overstory thin Cutting).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bằng cách loại bỏ hoặc thu hoạch những cây gỗ không mong muốn phân bố ở trên tầng ưu thế sinh thái.
- Chặt tỉa thưa theo đường kính (Diameter-Limit Thin Cutting).** Một biện pháp nuôi dưỡng rừng bằng cách loại bỏ hoặc thu hoạch những cây gỗ nằm trong phạm vi đường kính nào đó. Đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi, những cây tỉa thưa là những cây thuộc nhóm đường kính nhỏ nhất.
- Chặt trung gian (Intermediate Cutting).** Chặt một bộ phận của rừng non đến rừng gần thành thực nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho những cây gỗ được để lại tiếp tục nuôi dưỡng kết hợp thu hồi gỗ kém giá trị.
- Chặt vệ sinh rừng (Forest Sanitation Cutting).** Khai thác theo tình trạng quần thụ nhằm giúp cho quần thụ khỏe mạnh, cải thiện môi trường sống và thu hồi gỗ kém giá trị trong các loại rừng.
- Chế độ khô ẩm (Hygrometric Regime).** Tập hợp lượng mưa trung bình năm (P_A , mm/năm) và chỉ số khô hạn (X) của chế độ khí hậu gió mùa. Chế độ khô ẩm được

mô tả bằng công thức $P_A.X = S.A.D.H_m$; trong đó P_A là lượng mưa trung bình năm (mm/năm), X = Chỉ số khô hạn = $S.A.D$ (S = số tháng khô, $P \leq 2T$, T = Nhiệt độ trung bình tháng; A = Số tháng hạn, $P \leq T$; D = Số tháng kiệt, $P \leq 5\text{mm/tháng}$); H_m = độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của tháng.

Chế độ tỉa thưa rừng (Forest Thinning Regime). Số năm hay số lần hoàn thành quá trình tỉa thưa rừng để dẫn dắt rừng đạt đến mục tiêu mong muốn.

Chỉ số diện tích lá (Leaf Area Index = LAI). Tổng diện tích bề mặt của các lá riêng lẻ trên một mét vuông bề mặt đất mà quần thụ định cư. Chỉ số diện tích lá cũng biểu thị bằng tổng diện tích các mặt lá hoặc diện tích hình chiếu nằm ngang của các lá cây trên một mét vuông.

Chỉ số cạnh tranh tán ở mức cây cá thể (Single Tree Crown Competative Index = CCI). Số đo phản ánh mức độ che tán của mỗi cây gỗ trên mặt đất. Chỉ số CCI là tỷ lệ (% , phần mười) giữa diện tích tán của 1 cây gỗ trong quần thụ (S_T , m^2) và diện tích mặt đất nằm ngang (S , m^2) mà cây gỗ này định cư, nghĩa là $CCI = S_T/S$. Thông thường, chỉ số CCI ở mức cây cá thể được tính trên diện tích ô mẫu hoặc trên 1ha rừng.

Chỉ số cạnh tranh tán của quần thụ (Stand Crown Competiton Index = CCI). Số đo phản ánh mức độ che tán của tất cả cây gỗ trong quần thụ. Chỉ số CCI của quần thụ là tỷ lệ (% , phần mười) giữa tổng diện tích tán của tất cả cây gỗ trong quần thụ (S_{QT} , m^2) và diện tích mặt đất nằm ngang (S , m^2) mà quần thụ định cư, nghĩa là $CCI = S_{QT}/S$. Thông thường, chỉ số CCI ở mức quần thụ được tính trên diện tích ô mẫu hoặc trên 1ha rừng.

Chỉ số cấu trúc quần thụ (Stand Structure Index = SI). Số đo phản ánh sự đa dạng về cấu trúc của quần thụ. Chỉ số này là tổng hoặc tích của các biến quần thụ (mật độ, số loài, chiều cao, tiết diện ngang thân...) trên ô mẫu hoặc trên 1ha rừng. Các biến này không kể đơn vị đo.

Chỉ số không gian tương đối của quần thụ (Stand Relative Spatial Index = RS). Số đo phản ánh không gian sống trung bình của một cây gỗ trong quần thụ. Chỉ số RS là tỷ lệ giữa khoảng cách trung bình của các cây (S , m) và chiều cao trung bình của những cây ưu thế và đồng ưu thế (H_D , m) trong quần thụ. Chỉ số $RS = S/H_D$.

Chỉ số mật độ của quần thụ (Stand Density Index = SDI). Số đo phản ánh mật độ của quần thụ (rừng) điều tra (N , cây) so với mật độ của quần thụ (rừng) chuẩn (N_{Opt} , cây). Chỉ số $SDI = N/N_{Opt}$. Quần thụ chuẩn là quần thụ có N_{Max} .

Chỉ số mật độ quần thụ của Reineke (Reineke's Stand Density Index = $SDI_{Reineke}$). Số đo mật độ để xác định mức độ cạnh tranh giữa các cây gỗ trong quần thụ. Chỉ số $SDI_{Reineke} = N/(D_Q/25)^{-1.605}$; trong đó N = mật độ quần thụ, D_Q = đường kính quân phương ($\sum D_i^2/n$), 25 (cm) = đường kính cơ sở, -1.605 là hằng số.

Chỉ số khô hạn (Dry Index). Chỉ số biểu thị số tháng khô (Lượng mưa $P < 50\text{mm}$), số tháng hạn (Lượng mưa $P < 25\text{mm}$) và số tháng kiệt (Lượng mưa $P < 5\text{mm}$).

Chỉ số khô hạn của Thái Văn Trừng (Thai Văn Trung's Dry Index). Chỉ số khô hạn bao gồm 3 số: $X = S.A.D$; trong đó S = số tháng khô, lượng mưa $P \leq 2T$, T = Nhiệt độ trung bình; A = Số tháng hạn, lượng mưa $P \leq T$; D = Số tháng kiệt, lượng mưa $P \leq 5\text{mm/tháng}$.

Chỉ số lập địa rừng (Forest Site Index). Chiều cao trung bình của những cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế của một loài cây gỗ nhất định ở tuổi cơ sở trên lập địa nhất định. Tuổi cơ sở là tuổi được sử dụng để phân chia chỉ số lập địa. Chỉ số lập địa rừng được sử dụng để đánh giá sản lượng thực tế hay sản lượng tiềm năng của một lập địa nhất

- định. Chỉ số lập địa rừng phụ thuộc vào loài cây gỗ. Vì thế, trên cùng một lập địa, chỉ số lập địa của loài cây gỗ này khác với chỉ số lập địa của loài cây gỗ khác.
- Chỉ số phức tạp của quần thụ (Stand Complexity Index = SCI).** Chỉ số phức tạp của quần thụ còn được gọi là chỉ số đa dạng của quần thụ (Stand Diversity Index = SDI). Số đo phản ánh tính phức tạp của quần thụ. Chỉ số này có thể được tính theo chỉ số đa dạng về loài cây gỗ, sự phân hóa kích thước cây gỗ, sự phân tầng cây gỗ, tính không đồng nhất về không gian phân bố của các loài cây gỗ trong quần thụ.
- Chỉ số thu hoạch (Harvest Index).** Tỷ lệ sinh khối của thực vật thu hoạch được. Trong kinh doanh rừng lấy gỗ, chỉ số thu hoạch được xác định theo tỷ lệ giữa tổng trữ lượng gỗ thu hoạch và tổng trữ lượng gỗ cây đứng của quần thụ.
- Chiều cao toàn thân (Full Body Height, Total Height).** Chiều cao thân cây gỗ từ mặt đất đến đỉnh ngọn cây.
- Chiều cao ngang ngực (Breast Height).** Chiều cao thân tiêu chuẩn từ mặt đất đến đường kính thân ngang ngực (đường kính thân ở vị trí 1,3 m cách mặt đất).
- Chiều cao của cây ưu thế (Dominant Tree Height).** Chiều cao trung bình của những cây ưu thế (H_D , m) trong quần thụ. Chỉ tiêu H_D được sử dụng để xác định chỉ số lập địa của quần thụ.
- Chiều cao của cây ưu thế và đồng ưu thế (Dominant and Codominant Tree Height).** Chiều cao trung bình của những cây ưu thế và đồng ưu thế (H_D , m) trong quần thụ. Chỉ tiêu H_D này cũng được sử dụng để xác định chỉ số lập địa của quần thụ.
- Chồi bất định (Epicormic Buds).** Chồi hình thành từ chồi ngủ hoặc từ các mô phân sinh nằm dưới lớp vỏ sau khi cây gỗ bị che bóng được phơi ra ánh sáng hoặc chịu những tác động cơ giới nào đó.
- Chồi gốc (Stump Buds).** Chồi hình thành từ chồi ngủ ở gốc của những cây gỗ non và trung niên khi thân bị gãy do tác động cơ giới nào đó.
- Chồi rễ (Root Buds).** Chồi hình thành từ chồi ngủ ở rễ cây gỗ.
- Chu kỳ của quần thể (Population Cycle).** Những thay đổi về kích thước quần thể sau một thời kỳ dao động tương đối ổn định. Những thay đổi xuất hiện xung quanh mật độ trung bình tương đối ổn định sau thời gian dài.
- Chu kỳ của quần thụ (Stand Cycle).** Sự biến động về sinh khối, kết cấu loài, đường kính và chiều cao, mật độ quần thụ, các lớp tán, điều kiện tiểu khí hậu và đất từ lần khai thác này đến lần khai thác kế tiếp. Thời gian cách giữa hai kỳ khai thác kế tiếp nhau trên cùng một quần thụ. Thuật ngữ này thường dùng cho rừng đồng tuổi.
- Chu kỳ khai thác (Cutting Cycle).** Thuật ngữ dùng cho rừng đồng tuổi. Đó là thời gian từ khi tạo rừng đến khi khai thác chính.
- Chu kỳ kỹ thuật của rừng (Forest Technical Rotation).** Đó là khoảng thời gian cần thiết để rừng sản xuất ra một loại sản phẩm theo tiêu chuẩn nhất định.
- Chu kỳ sản lượng gỗ lớn nhất của rừng (Forest Maximum Timber Yield Rotation).** Đó là thời gian để rừng đạt được lượng tăng trưởng gỗ bình quân năm cao nhất.
- Chu kỳ sinh thái (Ecological Rotation).** Thời gian cần thiết phải có giữa các kỳ rối loạn kế tiếp nhau. Các rối loạn liên quan đến thu hoạch sản phẩm của một hệ sinh thái để phục hồi lại điều kiện trước khi xảy ra sự rối loạn hoặc để phục hồi lại một số điều kiện mới theo kỳ vọng trước khi thu hoạch lần tiếp theo.
- Chu trình vật chất (Material Cycle).** Sự vận động có tính chu kỳ của các chất khoáng trong các hệ sinh thái.
- Chu trình dinh dưỡng trực tiếp (Direct Nutrient Cycle).** Sự vận chuyển các chất khoáng từ đất và vật rụng đến rễ cây.

- Chu trình địa hóa (Geochemical Cycle).** Sự vận động của các chất khoáng giữa các hệ sinh thái.
- Chu trình sinh địa hóa (Biogeochemical Cycle).** Sự tuần hoàn của các chất khoáng giữa sinh vật và đất trong một hệ sinh thái nhất định. Các quá trình chủ yếu của chu trình sinh địa hóa bao gồm sự hấp thu, sự phân bố, sự hao hụt các chất khoáng của thực vật thông qua vật rụng và xác chết của thực vật; sự phân giải và khoáng hóa chất hữu cơ trong đất. Chu trình sinh địa hóa tiếp nhận đầu vào từ chu trình địa hóa và cũng thải vật chất vào chu trình địa hóa. Các chất khoáng được thu hút từ chu trình địa hóa vào chu trình sinh hóa. Sản phẩm sơ cấp thuần của hệ sinh thái có quan hệ chặt chẽ với số lượng vật chất khoáng tuần hoàn trong chu trình sinh địa hóa.
- Chu trình sinh hóa (Biochemical Cycle).** Sự phân bố lại các chất khoáng trong cây để thỏa mãn nhu cầu trước mắt đối với các chất khoáng không thể đáp ứng nhanh bằng cách hấp thu từ đất, nước và không khí.
- Chu trình năng lượng của hệ sinh thái (Ecosystem Energy Cycle).** Sự truyền năng lượng từ mặt trời đến thực vật và các sinh vật dị dưỡng trong một hệ sinh thái.
- Chức năng của rừng (Forest Function).** Những ảnh hưởng riêng biệt của rừng đến những hiện tượng tự nhiên và môi trường trong phạm vi phân bố của rừng và những không gian lân cận với rừng.
- Chức năng sinh quyển của rừng (Biosphere Function of Forest).** Chức năng sinh quyển của rừng còn được gọi là chức năng sinh thái của rừng. Đó là rừng hình thành và cải biến những thành phần của sinh quyển.
- Chức năng khí hậu của rừng (Climate Function of Forest).** Đó là những ảnh hưởng của rừng đến khí hậu.
- Chức năng thủy văn của rừng (Hydrological Function of Forest).** Đó là những ảnh hưởng của rừng đến các thành phần của cân bằng nước và tình trạng của các đối tượng nước (suối, sông, hồ...).
- Chức năng sinh cảnh của rừng (Biotope Function of Forest).** Đó là rừng có khả năng hình thành những quần xã sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) chuyên hóa đối với rừng.
- Chuỗi diễn thế sinh thái (Ecological Succession Series = Sere).** Chuỗi các quần xã sinh vật và môi trường vô cơ thay thế kế tiếp nhau theo thời gian để đạt đến quần xã cuối cùng tương đối ổn định và tự thay thế qua nhiều thế hệ (Quần xã cao đỉnh).
- Chuỗi diễn thế trên môi trường ẩm (Mesosere).** Chuỗi các giai đoạn diễn thế diễn ra trên môi trường ẩm từ giai đoạn tiên phong đến giai đoạn cao đỉnh.
- Chuỗi dinh dưỡng (Trophic Chain).** Chuỗi dinh dưỡng còn được gọi là chuỗi thức ăn hay chuỗi thực phẩm. Một bộ phận năng lượng từ thực vật truyền qua một loạt sinh vật khác (sinh vật thứ cấp). Một loạt sinh vật liên kết với nhau thành một chuỗi; trong đó sinh vật đứng sau sử dụng sinh vật đứng trước làm nguồn thức ăn.
- Cơ chế diễn thế rừng (Mechanism of Forest Succession).** Thuật ngữ biểu thị sự tương tác giữa các nhân tố dẫn đến diễn thế rừng. Ví dụ: Các quần xã thực vật của rừng thứ sinh thay thế các quần xã thực vật của rừng nguyên sinh là do rừng nguyên sinh bị khai thác trắng dẫn đến sự mất mát các loài cây gỗ của rừng nguyên sinh, tiêu khí hậu và đất bị biến đổi.
- Cỏ dại (Weed).** Tất cả những thực vật (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo) không mang lại lợi ích cho con người. Những cây cản trở hoạt động của con người. Trong nông nghiệp và lâm nghiệp, cỏ dại là những loài cây ảnh hưởng xấu đến cây mục đích.

- Cộng sinh (Symbiosis).** Mối quan hệ giữa hai loài trong đó hoặc một loài bị hại và ít nhất một loài được lợi.
- Cường độ khai thác chính (Main Harvesting Intensity).** Mức độ thu hoạch gỗ trong mỗi lần khai thác chính. Chỉ tiêu này biểu thị tỷ lệ (% , phần mười) số cây hoặc tiết diện ngang hoặc thể tích gỗ thu hoạch trong mỗi lần khai thác chính theo phương thức khai thác chọn và khai thác dần.
- Cường độ tỉa thưa rừng (Forest Thinning Intensity).** Mức độ loại bỏ hay thu hoạch gỗ trung gian trong mỗi lần tỉa thưa. Chỉ tiêu này có thể được tính theo tỷ lệ (% , phần mười) số cây, tiết diện ngang và thể tích bị loại bỏ hay thu hoạch trong mỗi lần tỉa thưa.
- Dạng lập địa (Site Form).** Những đơn vị chia nhỏ của một khảm lập địa dựa theo sự khác biệt về tiểu khí hậu, dạng địa hình, tính chất đất và đặc tính của thảm thực vật rừng (Kết cấu loài cây gỗ ưu thế, sản lượng của thảm thực vật).
- Dạng sinh trưởng của thực vật (Plant Growth Form).** Những phản ứng thích nghi của thực vật để bảo vệ các chồi hình thành về mùa khô hoặc mùa đông lạnh. Ví dụ: Chồi phát sinh trên, dưới và ngang mặt đất.
- Dạng sống của thực vật (Plant Life Form).** Hình dáng bên ngoài và tập tính của thực vật để thích nghi với môi trường. Toàn bộ vóc dáng và hình thái của quần xã thực vật. Cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo, cây phụ sinh, rêu, địa y là những dạng sống khác nhau.
- Dạng lập địa rừng (Forest Site Form).** Đó là một khoảnh rừng thuần nhất về tiểu khí hậu, loại đất, dạng địa hình và trạng thái rừng.
- Diễn thế sinh thái (Ecological Succession).** Thuật ngữ biểu thị một chuỗi các quần xã sinh vật (thực vật, động vật và vi sinh vật) định cư kế tiếp nhau trên một khoảnh đất nhất định theo thời gian. Một chuỗi các quần xã sinh vật (thực vật, động vật và vi sinh vật) định cư kế tiếp nhau trên môi trường biến đổi theo thời gian.
- Đa dạng loài cây gỗ (Tree Species Diversity).** Số lượng loài cây gỗ trong quần thụ. Những thước đo đa dạng loài cây gỗ là số loài cây gỗ và chỉ số phong phú về loài cây gỗ; chỉ số đồng đều về độ phong phú của các loài cây gỗ và chỉ số đa dạng loài cây gỗ.
- Đa dạng sinh thái (Ecological Diversity).** Những biến động trong đặc tính vật lý của các hệ sinh thái dọc theo một cảnh quan gây ra bởi những biến động của khí hậu, địa chất, đất, độ dốc, hướng phơi, độ cao và kèm theo sự biến động của quần xã sinh vật.
- Đa dạng sinh vật (Biodiversity).** Đa dạng sinh vật cũng đồng nghĩa với đa dạng sinh học (Biological Diversity). Số lượng, phân bố và độ phong phú của các loài sinh vật (Thực vật, Động vật, Vi sinh vật) trong một hệ sinh thái. Những thước đo đa dạng sinh vật bao gồm (1) Đa dạng di truyền; sự phong phú về loài của một hệ sinh thái (Đa dạng Alpha); (2) Sự biến đổi về thành phần loài và cấu trúc của quần xã sinh vật dọc theo cảnh quan của một khu vực (Đa dạng Beta); (3) Những biến đổi theo thời gian trong các thước đo đa dạng sinh vật (Đa dạng sinh vật theo thời gian). Tất cả các thước đo đa dạng sinh vật này có thể xuất hiện bên trong một đơn vị cảnh quan. Đa dạng cảnh quan hay đa dạng sinh thái ẩn định khuôn mẫu cho đa dạng sinh vật của vùng (Đa dạng Gamma).
- Đá mẹ của đất (Soil Parent Material).** Vật chất vô cơ mà từ đó hình thành nên khoáng chất của đất do tác động của các quá trình vật lý, hóa học và sinh học theo thời gian.

- Đất (Soil).** Bề mặt trái đất có chứa lớp vô cơ tơi rời và lớp hữu cơ được hình thành bởi các quá trình vật lý, hóa học, sinh học tác động lên đá mẹ theo thời gian mà có khả năng đảm bảo sự sống cho cây. Đất cung cấp độ ẩm, chất khoáng và ô xy cho cây, động vật và sinh vật đất.
- Đất địa đới (Zonal Soil).** Đất hình thành và phát triển dưới chế độ khí hậu vùng và thảm thực vật phản ánh chế độ khí hậu vùng. Đất địa đới có thể không phát triển hoặc cần phải có thời gian dài để phát triển trên những đá mẹ tồn tại trong điều kiện khí hậu cực đoan.
- Đất phi địa đới (Unzonal Soil).** Đất hình thành và phát triển dưới ảnh hưởng mạnh hơn từ các yếu tố phi khí hậu (mẫu chất, địa hình...) và thảm thực vật không phản ánh chế độ khí hậu vùng.
- Đất cát (Sand Soil).** Đất với thành phần cấp hạt chủ yếu là cát (Đường kính của hạt đất từ 0,05-2,0mm).
- Đất phù sa (Alluvial Soil).** Đất hình thành trên vật liệu do nước vận chuyển đến. Các vật liệu này được sắp xếp thành từng lớp rõ ràng. Tùy theo tốc độ di chuyển của nước, các lớp phù sa thay đổi từ bùn đến cát và sỏi.
- Đất sét (Clay Soil).** Đất với thành phần cấp hạt chủ yếu là sét (Đường kính của hạt đất nhỏ hơn 0,002mm).
- Đất thịt (Silt Soil).** Đất với thành phần cấp hạt chủ yếu là thịt (Đường kính của hạt đất từ 0,002-0,05mm).
- Đất lâm nghiệp (Forest Land).** Đất được quy hoạch với mục đích sản xuất gỗ và các lâm sản ngoài gỗ; bảo vệ và nuôi dưỡng nguồn nước; bảo vệ và chống thoái hóa đất; hạn chế lũ, lụt; xây dựng các công trình lâm nghiệp (nhà ở và làm việc của cán bộ lâm nghiệp, đường vận xuất và vận chuyển lâm sản...).
- Đất rừng (Forest Soil).** Đất nằm dưới sự che phủ của rừng. Đất rừng thường chua, nghèo chất hữu cơ và chất khoáng, nhưng giàu mùn, tơi xốp và sinh vật sống trong đất.
- Đất rừng nguyên trạng (Original State Forest Land).** Đất đã mất rừng nhưng tính chất của nó vẫn còn giống với tính chất của đất dưới tán rừng.
- Đất rừng thoái biến (Degraded Forest Soil).** Đất rừng bị mất mát những đặc tính có lợi cho sự sống của thực vật rừng và những sinh vật khác.
- Đất không có rừng (Unforest land).** Đất không có rừng còn gọi là đất trống. Đó là đất lâm nghiệp nhưng không có cây mọc hoặc chỉ được bao phủ bởi thảm cỏ và cây bụi xen cây gỗ với chiều cao dưới 5m.
- Điều tra rừng (Forest Inventory).** Quá trình thu thập những mẫu rừng để ước lượng kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc quần thụ, sản lượng gỗ và những đặc tính khác của rừng (khí hậu, địa hình, đất...).
- Điểm bù ánh sáng (Light Compensation Point).** Cường độ bức xạ có hoạt tính quang hợp (PAR) mà tại đó sự mất mát carbon và năng lượng qua hô hấp cân bằng với sự thu nhận carbon và năng lượng qua quang hợp.
- Điểm héo (Willing Point).** Hàm lượng nước trong đất mà tại đó thực vật bắt đầu đóng khí khổng của chúng (Điểm héo tạm thời) hoặc hàm lượng nước trong đất mà tại đó thực vật không thể phục hồi lại sau khi đất được cung cấp đủ nước (Điểm héo vĩnh viễn).
- Động thái của rừng (Forest Dynamics).** Sự thay đổi về tái sinh, sinh trưởng, cấu trúc, sản lượng, sự phân bố loài và phản ứng của các loài đối với sự thay đổi của môi trường theo không gian và thời gian.
- Diễn thế sinh thái (Ecological Succession).** Quá trình thay đổi mà theo đó một chuỗi các quần xã sinh vật khác nhau định cư kế tiếp nhau và thay thế lẫn nhau theo thời gian

trong một hệ sinh thái nhất định sau khi hệ sinh thái này bị rối loạn do khai thác, làm nương rẫy, cháy...Diễn thế sinh thái còn bao gồm cả sự thay đổi kế tiếp nhau của môi trường vật lý.

Diễn thế nguyên sinh (Primary Succession). Sự phát triển kế tiếp nhau của hệ sinh thái trên môi trường trước kia chưa từng có thảm thực vật. Diễn thế trên nền đá, trên bãi bồi ven sông và biển, trên chất thải do khai thác mỏ...

Diễn thế thứ sinh (Secondary Succession). Sự phát triển kế tiếp nhau của hệ sinh thái trên môi trường trước kia đã từng có thảm thực vật. Diễn thế rừng xảy ra sau khi rừng nguyên sinh và rừng thứ sinh bị rối loạn do khai thác, làm nương rẫy, cháy...

Diễn thế đúng hướng (Right Directional Succession). Sự biến đổi của thảm thực vật và môi trường theo hướng tiến về giai đoạn cao đỉnh trước đó. Kết quả của diễn thế tạo ra một thảm thực vật giống với thảm thực vật cao đỉnh trước đó.

Diễn thế chệch hướng (Deviatory Succession). Sự biến đổi của thảm thực vật và môi trường không theo hướng tiến về giai đoạn cao đỉnh trước đó. Kết quả của diễn thế tạo ra một thảm thực vật khác với thảm thực vật cao đỉnh trước đó.

Diễn thế cưỡng chế (Imposed Succession). Những thay đổi của thảm thực vật diễn ra theo một số giai đoạn rõ ràng do ảnh hưởng rất lớn của nhiều nhân tố khác nhau. Ví dụ: (1) Rừng thứ sinh bị phá hủy và trồng lại rừng mới từ những loài cây gỗ của rừng nguyên sinh; (2) Rừng nguyên sinh bị khai thác trắng và trồng lại rừng khác từ cây gỗ nhập nội.

Diễn thế do sinh vật (Biogenic Succession). Sự thay đổi trong quần xã sinh vật, đặc tính của đất và vi khí hậu của hệ sinh thái gây ra bởi hoạt động sống của quần xã sinh vật. Ví dụ: Dịch côn trùng, động vật ăn lá cây và sâu bệnh có thể làm cho thảm thực vật này bị thảm thực vật khác thay thế.

Diễn thế ngoại sinh (Allogenic Succession). Những biến đổi của quần xã sinh vật và đặc tính của vi khí hậu và đất trong hệ sinh thái là kết quả của những thay đổi từ môi trường bên ngoài độc lập với sự thay đổi của quần xã sinh vật. Bão, lũ, lụt, sự nâng cao đáy sông và hồ, lửa tự nhiên, sự thay đổi khí hậu, khai thác rừng với cường độ rất cao, chăn thả gia súc là các nhân tố gây ra diễn thế ngoại sinh.

Diễn thế nội sinh (Autogenic Succession). Những biến đổi về đặc tính của quần xã sinh vật, đất và vi khí hậu trong một hệ sinh thái gây ra bởi chính những sinh vật đang sinh sống. Cơ chế chủ yếu của diễn thế tự sinh là sự lấn át và sự xâm chiếm, sự cải biến môi trường và sự ngăn cản.

Diễn thế phục hồi (Restorative Succession). Sự biến đổi của rừng sau khi bị rối loạn theo hướng phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và đặc tính của đất giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh. Ví dụ: Sau khi bị khai thác với cường độ cao, rừng nguyên sinh bị suy thoái và sau đó nó từng bước phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và đặc tính của đất giống hoặc gần giống với rừng cao đỉnh.

Diễn thế thoái biến (Retrogressive Succession). Sự quay trở lại các giai đoạn diễn thế trước đó hoặc điều kiện môi trường trước đó của một hệ sinh thái do kết quả của sự rối loạn làm biến đổi quần xã sinh vật hiện tại và tạo ra các điều kiện tiểu khí hậu và đất đặc trưng cho giai đoạn diễn thế trước đó. Một cách hiểu khác là các giai đoạn diễn thế tiến triển theo hướng từ rừng ổn định hoặc tương đối ổn định đến rừng không ổn định. Ví dụ: Rừng nguyên sinh bị suy thoái đã phát triển đến một số giai đoạn gần với rừng cao đỉnh, nhưng chúng lại bị rối loạn (khai thác, làm nương rẫy...) và trên những khoảnh đất đó lại xuất hiện các loài cây gỗ của rừng cao đỉnh.

- Diễn thế trên cạn (Xerosere).** Chuỗi các giai đoạn diễn thế xảy ra trên môi trường cạn từ giai đoạn tiên phong đến giai đoạn cao đỉnh. Ví dụ: Diễn thế xảy ra trên những đất phân bố ở vùng núi.
- Diễn thế trên môi trường nước (Hydrosere).** Chuỗi các giai đoạn diễn thế xảy ra trên môi trường nước từ giai đoạn tiên phong đến giai đoạn cao đỉnh. Diễn thế trên các bãi bồi ven sông, hồ, biển.
- Diện tích tán che (Surface of Canopy).** Tỷ lệ (% , phần mười) che tán của thảm thực vật trên mặt đất nằm ngang. Thuật ngữ được sử dụng để phân loại các kiểu rừng kín rậm và các kiểu rừng thưa nhiệt đới ở Việt Nam (Thái Văn Trùng, 1999).
- Đa dạng thực vật (Plant Diversity).** Số lượng, phân bố và độ phong phú của các loài thực vật trong một thảm thực vật hoặc một hệ sinh thái.
- Đa dạng loài cây gỗ (Tree Species Diversity).** Số loài cây gỗ và phân bố độ phong phú của chúng trong quần xã thực vật rừng.
- Điều chỉnh nhiệt độ (Thermal Regulation).** Sự điều chỉnh nhiệt độ bên trong cơ thể sinh vật bằng các cơ chế sinh lý (động vật máu nóng) hoặc bằng tập tính (động vật máu lạnh, thực vật).
- Điều kiện hình thành rừng (Forest Creational Condition).** Những điều kiện môi trường (vị trí địa lý, khí hậu, địa hình, đất, hoạt động của con người...) làm phát sinh rừng.
- Động thái của rừng (Forest Dynamics).** Sự thay đổi về cấu trúc quần thụ, sinh trưởng và tái sinh, sự phân bố của các loài cây gỗ và sự tương tác của các loài cây gỗ với môi trường (khí hậu, đất, địa hình...) thay đổi theo không gian và thời gian. Sự rối loạn và diễn thế là hai động thái cơ bản nhất của rừng.
- Động thái lỗ trống (Canopy Gap Dynamics).** Những biến đổi phản ánh kiểu sinh trưởng của thực vật xuất hiện do tán rừng được mở trống.
- Đốt vật liệu (Burning).** Một hoạt động lâm sinh sử dụng lửa để làm giảm những ảnh hưởng xấu của cỏ dại và vật liệu bỏ lại sau khai thác rừng (cành, nhánh, lá...).
- Đường kính thân ngang ngực (Breast Height Diameter).** Đường kính thân cây gỗ từ mặt đất đến chiều cao thân ngang ngực (1,3 m cách mặt đất).
- Đường kính trung bình quân phương (Quadratic Mean Diameter = D_{QM}).** Căn bậc 2 của tổng đường kính bình phương của từng cây (D_i^2) chia cho số cây (n) trong ô mẫu, nghĩa là $D_{QM} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_i^2 / n}$.
- Giai đoạn cao đỉnh (Climax Stage).** Giai đoạn diễn thế mà các sinh vật trong quần xã sinh vật tự thay thế bằng những thế hệ khác cùng loài và môi trường sống (khí hậu, địa hình, đất) không biến đổi hoặc chỉ biến đổi rất nhỏ theo thời gian.
- Giai đoạn rừng cao đỉnh (Climax Forest Stage).** Giai đoạn diễn thế rừng mà các sinh vật trong hệ sinh thái rừng tự thay thế bằng những thế hệ khác cùng loài và môi trường sống (khí hậu, địa hình, đất) không biến đổi hoặc chỉ biến đổi rất nhỏ theo thời gian.
- Giai đoạn diễn thế (Seral Stage).** Những giai đoạn nhận ra được trong quá trình phát triển của một chuỗi diễn thế từ giai đoạn tiên phong đến giai đoạn cao đỉnh. Mỗi giai đoạn diễn thế được đặc trưng bởi kết cấu loài cây và cấu trúc tuổi nhất định và môi trường tiểu khí hậu và đất nhất định.
- Giai đoạn diễn thế tiên phong (Pioneer Seral Stage).** Giai đoạn khởi đầu của một chuỗi diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh.
- Giai đoạn diễn thế trước cao đỉnh (Subclimax Seral Stage).** Giai đoạn diễn thế trước giai đoạn cao đỉnh khí hậu.
- Gỗ muộn (Latewood).** Phần gỗ hình thành vào cuối mùa sinh trưởng hàng năm. Phần vòng năm tăng trưởng gỗ hàng năm có màu đậm.

- Gỗ sớm (Earlywood).** Phần gỗ hình thành vào đầu mùa sinh trưởng hàng năm. Phần vòng năm tăng trưởng gỗ hàng năm có màu sáng.
- Hệ sinh thái (Ecosystem).** Một hệ thống bao gồm các quần xã sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) và môi trường vô cơ của chúng (khí hậu, đất trong trường hợp của hệ sinh thái trên cạn; nước và đất trong các hệ sinh thái thủy vực). Các hệ sinh thái được đặc trưng bởi 5 đặc tính: cấu trúc, chức năng, tính phức tạp, sự tương tác giữa các thành phần, sự biến đổi theo thời gian.
- Hệ sinh thái rừng (Forest Ecosystem).** Hệ sinh thái ưu thế bởi các loài cây gỗ; trong đó điều kiện vi khí hậu, thủy văn, đất, chu trình khoáng, sự hình thành sinh khối, dự trữ và phân phối các vật chất, các quá trình của chuỗi dinh dưỡng phản ánh sự ưu thế của thực vật thân gỗ to lớn với đời sống dài.
- Hệ thực vật (Plant Flora).** Tập hợp các loài cây trong một vùng sinh thái nhất định hoặc một thảm thực vật nhất định.
- Hệ thực vật rừng (Forest Plant Flora).** Tập hợp những loài cây hình thành rừng ở một khu vực nhất định. Thông thường, lâm học chỉ phân tích những loài cây gỗ hình thành rừng.
- Hiện tượng chu kỳ ánh sáng (Photoperiodism).** Độ nhạy cảm của thực vật và động vật trước sự biến động về độ dài tương đối của ngày và đêm theo chu kỳ hàng năm.
- Hiện tượng hội sinh (Commensalism).** Mỗi quan hệ giữa hai loài sinh vật; trong đó một loài có lợi, còn loài kia không có lợi cũng chẳng bị hại.
- Hiện tượng ký sinh (Parasitism).** Sự tương tác đối kháng giữa hai loài sinh vật; trong đó loài này (vật ký sinh) sống nhờ vào loài khác (vật chủ) nhưng không nhất thiết tiêu diệt loài khác.
- Hiệu quả lâm sinh (Silvicultural Efficiency).** Một thước đo của biện pháp lâm sinh. Hiệu quả lâm sinh được xác định theo nhiều cách khác nhau tùy theo mục đích nghiên cứu. Mức độ cải thiện môi trường sống của rừng so với đối chứng (Không thực hiện biện pháp lâm sinh mới). Mức độ nâng cao sinh trưởng của quần thụ so với đối chứng (Không thực hiện biện pháp lâm sinh mới). Mức độ nâng cao sản lượng rừng so với đối chứng (Không thực hiện biện pháp lâm sinh mới). Ví dụ: (1) Hiệu quả nâng cao sản lượng gỗ = Sự khác biệt giữa lượng tăng trưởng gỗ trung bình năm của quần thụ (ΔM , m^3/ha) được xử lý bằng kỹ thuật lâm sinh mới và đại lượng tương ứng ở đối chứng; (2) Hiệu quả nâng cao sản lượng gỗ = $(\text{Tổng sản lượng gỗ của quần thụ được xử lý bằng kỹ thuật lâm sinh mới} / \text{Tổng sản lượng gỗ của quần thụ đối chứng}) \times 100$; (3) = Hiệu quả nâng cao hàm lượng đạm tổng số trong đất = $(\text{Hàm lượng đạm tổng số trong đất dưới tán rừng gia tăng do kỹ thuật lâm sinh mới} / \text{Hàm lượng đạm tổng số trong đất dưới tán rừng đối chứng}) \times 100$.
- Hiệu quả quang hợp (Photosynthetic Efficiency).** Hiệu quả hấp thu ánh sáng của một lá cây, một cây hoặc toàn bộ quần thể và chuyển ánh sáng thành sản lượng thuần. Hiệu quả quang hợp = $(\text{Sản lượng thuần} / \text{Năng lượng bức xạ cố định được}) \times 100$.
- Hiệu quả sinh thái (Ecological Efficiencies).** Hiệu quả truyền năng lượng giữa các bậc dinh dưỡng và kết quả ảnh hưởng đến sự tích lũy sinh khối và cấu trúc dinh dưỡng trong các hệ sinh thái.
- Hiệu quả sử dụng (Utilization Efficiency).** Hiệu quả mà các sinh vật thuộc bậc dinh dưỡng này sử dụng năng lượng trong bậc dinh dưỡng trước. Hiệu quả sử dụng là tỷ lệ hấp thụ sản lượng thuần của bậc dinh dưỡng này so với sản lượng thuần thu nhận được từ bậc dinh dưỡng trước.
- Hình tháp sinh thái (Ecological Pyramid Shape).** Sự sắp xếp số lượng cá thể hoặc sinh khối hoặc khối lượng năng lượng theo các bậc dinh dưỡng từ thấp đến cao.

- Hoạt động lâm sinh (Silvicultural Operation).** Những hoạt động của nhà lâm học như ươm cây gỗ, xử lý lập địa để trồng rừng, trồng và nuôi rừng, xử lý những loài cây gây hại, khai thác rừng...
- Học thuyết đơn cao đỉnh (Monoclimax Theory).** Học thuyết diễn thế sinh thái cho rằng kết cấu và cấu trúc của các quần xã sinh vật trên cạn của tất cả các chuỗi diễn thế đều được ấn định bởi điều kiện đại khí hậu của khu vực. Vì thế, tất cả các quần xã sinh vật trong một khu vực thuần nhất về khí hậu sớm hay muộn đều đạt đến cao đỉnh khí hậu (Climax).
- Học thuyết đa cao đỉnh (Polyclimax Theory).** Học thuyết diễn thế sinh thái cho rằng kết cấu và cấu trúc của các quần xã sinh vật của tất cả các chuỗi diễn thế không chỉ được ấn định bởi điều kiện đại khí hậu của khu vực, mà còn bởi nhiều nhân tố sinh thái khác (địa hình, đất, lửa, gió hại, hoạt động của con người và động vật). Vì thế, mỗi môi trường hình thành một chuỗi diễn thế khác nhau và các quần xã sinh vật của các chuỗi diễn thế trong một khu vực thuần nhất về khí hậu không thể hội quy về một quần xã cao đỉnh khí hậu (Climax).
- Học thuyết kiểu cao đỉnh (Polyclimax Theory).** Học thuyết diễn thế sinh thái cho rằng quần xã thực vật là một thể biến trạng liên tục; trong đó các loài cây phân bố và thay thế lẫn nhau một cách độc lập theo sự khác biệt của môi trường. Vì thế, thảm thực vật ở một nơi nào đó chỉ là một kiểu phức hợp của nhiều quần xã thực vật hợp nhất lại, thay vì một bức khảm gồm nhiều quần xã thực vật riêng biệt. Diễn thế bên trong một kiểu phức hợp của nhiều quần xã thực vật dẫn đến hình thành một kiểu phức hợp của nhiều quần xã thực vật cao đỉnh.
- Hướng diễn thế rừng (Direction of the Forest Succession).** Hướng biến đổi của rừng qua nhiều giai đoạn theo thời gian. Ví dụ: Rừng nguyên sinh sau khai thác chọn phục hồi lại rừng nguyên sinh như trước khi bị khai thác.
- Hướng diễn thế thuận lợi (Facilitation Pathway).** Một hướng diễn thế trong đó những giai đoạn sau của chuỗi diễn thế chỉ chiếm đoạt được lập địa và sinh trưởng tốt chừng nào các quần xã thuộc các giai đoạn diễn thế trước đã cải biến môi trường (độ ẩm, khả năng chất khoáng của đất...) có lợi cho các loài thuộc giai đoạn diễn thế sau.
- Kết cấu hệ sinh thái rừng (Forest Ecosystem Composition).** Thuật ngữ phản ánh sự đa dạng của các vật sống trong một hệ sinh thái rừng.
- Kết cấu loài (Species Composition).** Thành phần loài sinh vật và tỷ lệ đóng góp của mỗi loài sinh vật trong một quần xã sinh vật. Thuật ngữ này cũng có thể được mở rộng để biểu thị kết cấu các dạng sống, kết cấu họ thực vật trong thảm thực vật.
- Kết cấu loài cây (Plant Species Composition).** Thành phần loài cây và tỷ lệ đóng góp của mỗi loài cây trong một quần xã thực vật.
- Kết cấu loài cây gỗ (Tree Species Composition).** Thành phần loài cây gỗ và tỷ lệ độ phong phú của mỗi loài cây gỗ trong quần thụ. Tỷ lệ độ phong phú của mỗi loài cây gỗ được phản ánh thông qua tỷ lệ số cây, tiết diện ngang và thể tích.
- Kết nhóm của các loài cây gỗ (Tree Species Association).** Mối quan hệ giữa các loài cây gỗ trong quần xã cây gỗ. Một nhóm loài cây gỗ có quan hệ với nhau về mặt sinh thái.
- Khả năng chịu bóng (Shade Tolerance).** Khả năng của cây gỗ sống được trong bóng râm hoặc dưới tán rừng và cạnh tranh tốt với những loài cây gỗ khác.
- Khả năng sinh sản thay thế (Replacement Fertility).** Mức sinh sản của mỗi quần thể sinh vật đủ để tự thay thế.

- Khả năng tải của lập địa (Site Carrying Capacity).** Khả năng tải của lập địa còn gọi là sức chứa hay sức mang của lập địa. Số lượng hoặc khối lượng của một loài hoặc nhóm loài nhất định có thể tồn tại trong một lập địa nhất định. Ví dụ: Số cây gỗ có thể sống sót và sinh trưởng bình thường trên một đơn vị lập địa nhất định, thường là 1ha.
- Khai thác chính (Main Cutting).** Khai thác chính còn được gọi là chặt tái sinh. Thuật ngữ biểu thị khai thác những cây gỗ hay toàn bộ quần thụ đã thành thực hoặc đã đạt đến kích thước mong muốn hoặc có giá trị thương mại kết hợp tái sinh và nuôi rừng.
- Khai thác chọn (Selection Harvest).** Khai thác theo định kỳ (10, 20 năm...) từng cây gỗ thành thực hoặc nhóm cây gỗ thành thực hoặc có kích thước mong muốn nhằm mục đích thu hoạch gỗ và duy trì rừng hỗn giao khác tuổi có kết cấu loài cây gỗ và kích thước thích hợp bằng tái sinh tự nhiên và nuôi dưỡng những cây để lại sau khai thác.
- Khai thác chọn theo nhóm cây gỗ (Tree Group Selection Harvest).** Khai thác một số cây gỗ thành thực cùng xuất hiện trong một không gian nhỏ nhằm mục đích thu hoạch gỗ và duy trì rừng hỗn giao khác tuổi có kết cấu loài cây gỗ và kích thước thích hợp bằng tái sinh tự nhiên và nuôi dưỡng những cây để lại sau khai thác.
- Khai thác chọn từng cây gỗ (Single Tree Selection Harvest).** Khai thác từng cây gỗ thành thực hoặc có kích thước mong muốn nhằm mục đích thu hoạch gỗ và duy trì rừng hỗn giao khác tuổi có kết cấu loài cây gỗ và kích thước thích hợp bằng tái sinh tự nhiên và nuôi dưỡng những cây để lại sau khai thác.
- Khai thác gieo giống (Seed-Tree Cutting).** Khai thác gieo giống còn được gọi là khai thác trắng không hoàn toàn. Khai thác trắng có chừa lại những cây mẹ để gieo giống và những cây tái sinh nhằm tái sinh rừng mới bằng con đường tự nhiên.
- Khai thác rừng có điều kiện (Conditional Forest Cutting).** Khai thác những cây gỗ thành thực, quá thành thực và chất lượng xấu nhằm mục đích thu hoạch gỗ, tái sinh và nuôi dưỡng những cây để lại sau khai thác, nâng cao tăng trưởng và cải thiện điều kiện sống của rừng.
- Khai thác dần (Shelterwood Cutting).** Một phương pháp tái sinh rừng đồng tuổi tương đối mà trong đó một lớp tuổi mới phát triển dưới điều kiện môi trường được che bóng bởi những cây để lại. Phương pháp khai thác này bao gồm nhiều bước khai thác ở giai đoạn cuối chu kỳ kinh doanh để cải thiện sức sống và tiềm năng sản xuất hạt của những cây gieo giống và tạo ra điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của lớp rừng mới. Thông thường, khai thác dần bao gồm 2-3 bước khai thác trong khoảng thời gian 20 năm.
- Khai thác phối hợp (Combined Cutting).** Một tổ hợp các bước khai thác thuộc cùng một hệ thống khai thác nhất định. Trong hệ thống khai thác chính, phối hợp khai thác chọn và khai thác dần hoặc phối hợp khai thác chọn và khai thác trắng theo từng đám. Trong nuôi dưỡng rừng, phối hợp chặt tầng trên và chặt tầng dưới hoặc chặt tỉa thưa chọn lọc và chặt tỉa thưa theo hàng.
- Khai thác tổng hợp (Complex Cutting).** Sự phối hợp cùng một lúc nhiều hệ thống khai thác khác nhau. Khai thác chính phối hợp với chặt nuôi dưỡng rừng. Đối tượng áp dụng khai thác tổng hợp là rừng hỗn loài đồng tuổi hay khác tuổi và rừng thuần loài khác tuổi.
- Khai thác trắng (Clearcutting).** Khai thác toàn bộ cây gỗ trong một lần khai thác trên một khoảnh rừng. Điều kiện môi trường của khoảnh khai thác vẫn được duy trì cho đến khi thảm thực vật rừng mới được phục hồi.

- Khai thác trắng theo băng (Clearcutting in Strips).** Khai thác toàn bộ cây gỗ trong một lần khai thác theo từng băng rộng từ 10-100m. Điều kiện môi trường của băng chặt trắng vẫn được duy trì cho đến khi thảm thực vật rừng mới được phục hồi.
- Khai thác trắng theo đám (Clearcutting In Clusters).** Khai thác toàn bộ cây gỗ trong một lần khai thác theo từng diện tích rừng nhỏ (0,1-2,0ha). Điều kiện môi trường của đám chặt trắng vẫn được duy trì cho đến khi thảm thực vật rừng mới được phục hồi.
- Khai thác trung gian (Intermediate Cutting).** Khai thác một bộ phận của rừng non đến rừng gần thành thực nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho những cây được nuôi dưỡng kết hợp thu hồi gỗ kém giá trị.
- Khai thác theo giới hạn đường kính (Diameter-Limit Cutting).** Khai thác những cây gỗ trong quần thụ từ đường kính nào đó trở lên mà không kể đến loài cây gỗ, chất lượng gỗ, phân bố của các cây gỗ trong quần thụ.
- Khai thác chọn chất lượng cao (High Garding Cutting).** Khai thác những cây gỗ có chất lượng gỗ tốt hoặc giá trị thương mại cao. Kết quả làm giảm tăng trưởng, khả năng tái sinh và sức sống của rừng.
- Khảm lập địa rừng (Forest Site Mosaic).** Đơn vị chia nhỏ của một kiểu lập địa rừng. Khảm lập địa là một đơn vị thuần nhất về tiểu khí hậu, đất và thảm thực vật, nhưng khác nhau về địa hình.
- Khảm quần xã thực vật (Plant Community Mosaic).** Những quần xã thực vật khác nhau về thành phần loài cây, hình dáng, tuổi, kích thước và dạng sống phân bố bên cạnh nhau theo chiều ngang trong một vùng nhất định.
- Khảm rừng (Forest Mosaic).** Những kiểu rừng khác nhau phân bố bên cạnh nhau theo chiều ngang trong một thảm thực vật rừng hay một vùng nhất định. Ví dụ: (1) Rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới phân bố bên cạnh rừng kín nửa rụng lá hơi ẩm nhiệt đới. (2) Rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới ở giai đoạn ổn định phân bố bên cạnh rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới sau khi rối loạn (khai thác, cháy...).
- Ken cây (Girdling).** Loại bỏ vỏ và phần gỗ sớm ở phần gốc để cây gỗ bị chết đứng trong quần thụ.
- Khép tán (Crown Closure).** Cành và lá của các cây gỗ kề bên giao nhau. Khép tán dẫn đến giảm ánh sáng đạt đến sàn rừng và giảm sinh trưởng của rừng.
- Khoáng đa lượng (Macronutrient).** Thành phần khoáng cần thiết cho tăng trưởng và quá trình sinh lý bình thường ở sinh vật được tính bằng phần trăm.
- Khoáng vi lượng (Micronutrient).** Thành phần khoáng cần thiết cho tăng trưởng và quá trình sinh lý bình thường ở sinh vật được tính bằng đơn vị phần triệu (ppm = Parts Per Million = 10^{-6} g).
- Khoa học cảnh quan (Landscape Science).** Khoa học nghiên cứu và cải thiện mối quan hệ giữa các quá trình sinh thái với các hệ sinh thái nhất định.
- Khôi phục rừng (Forest Restoration, Reforestation).** Khôi phục rừng còn gọi là phục hồi rừng. Những hoạt động lâm sinh trong các rừng nguyên sinh bị suy thoái, rừng thứ sinh và đất đã mất rừng nhằm giúp chúng khôi phục lại kết cấu và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc và các chức năng sinh thái của rừng cao đỉnh (Climax). Ví dụ 1: Chặt vệ sinh trong các rừng nguyên sinh bị suy thoái và rừng thứ sinh để hỗ trợ các loài cây gỗ tái sinh tự nhiên. Ví dụ 2: Trồng các loài cây gỗ của rừng nguyên sinh theo băng, rạch và đám trong các rừng nguyên sinh bị suy thoái nhằm hỗ trợ chúng

phát triển theo hướng tiến về rừng cao đỉnh. Ví dụ 3: Trồng các loài cây gỗ trên đất đã mất rừng.

Không gian sinh trưởng của cây gỗ (Tree Growing Space). Diện tích cây gỗ sử dụng các nguồn sống (ánh sáng, nước, chất khoáng...) để tồn tại trên một lập địa nhất định.

Khuẩn căn (Mycorrhiza). Mối quan hệ tương hỗ giữa nấm đất và rễ cây; trong đó nấm đất thu nhận được các phân tử hữu cơ cao năng lượng từ thực vật, còn thực vật gia tăng khả năng thu nhận các chất khoáng và nước từ đất.

Kí sinh gây bệnh (Epidemic Parasitism). Những tương tác của vật ký sinh dẫn đến cái chết của vật môi.

Kiến trúc rừng (Forest Architecture). Thuật ngữ biểu thị các thành phần của rừng và phân bố của chúng theo không gian, thời gian và môi trường.

Kiến trúc quần thụ (Stand Architecture). Thuật ngữ biểu thị kết cấu loài cây gỗ và phân bố của những thành phần quần thụ (loài cây gỗ, đường kính, chiều cao, tiết diện ngang và thể tích thân cây gỗ) theo không gian, thời gian và môi trường.

Kiểu hệ thực vật tiếp sức (Relay Floristics Type). Một kiểu diễn thế nguyên sinh mà các quần xã sinh vật của những giai đoạn diễn thế trước đã cải biến đất và tiểu khí hậu theo hướng có lợi cho sự xâm chiếm và sinh trưởng của các quần xã sinh vật thuộc những giai đoạn diễn thế sau. Các giai đoạn trước của kiểu diễn thế này có thể dự báo được. Các giai đoạn diễn thế giữa chỉ xuất hiện khi lập địa đã được các giai đoạn diễn thế tiên phong chiếm đoạt và cải biến.

Kiểu kết cấu của thảm thực vật ban đầu (Initial Vegetative Composition Type). Hướng diễn thế trong đó một loạt các giai đoạn sau của chuỗi diễn thế được ấn định bởi sự pha trộn của các loài đã và đang xâm nhập vào hệ sinh thái sau khi xảy ra sự rối loạn. Những loài thuộc giai đoạn sau của chuỗi diễn thế không đòi hỏi sự cải biến môi trường bởi các loài thuộc giai đoạn diễn thế trước đó. Kiểu diễn thế này luôn biến đổi theo thời gian.

Kiểu lập địa rừng (Forest Site Type). Một kiểu môi trường chuyên biệt của một kiểu rừng. Mỗi kiểu lập địa rừng có sự thuần nhất về khí hậu, đất và đặc tính của thảm thực vật rừng, nhưng khác nhau về địa hình. Kiểu lập địa rừng là đơn vị thuần nhất của hệ thống phân loại rừng.

Khảm lập địa rừng (Forest Site Mosaic). Khảm lập địa rừng còn gọi là kiểu phụ lập địa rừng. Đó là những đơn vị chia nhỏ của kiểu lập địa rừng. Khảm lập địa rừng là tập hợp những khu rừng của một kiểu rừng phụ nằm trong một vùng thuần nhất về tiểu khí hậu và địa hình.

Kiểu nơi ở của rừng (Forest Habitat Type). Môi trường khí hậu và đất ấn định thảm thực vật rừng khi không có sự rối loạn (khai thác, lửa, bão...).

Kiểu rừng (Forest Type). Một nhóm rừng được phân chia dựa theo những dấu hiệu trội của môi trường (khí hậu, đất, địa hình) và các dạng sống ưu thế trong tầng ưu thế sinh thái, mức độ che tán của tầng ưu thế sinh thái (kín, thưa), hình thái lá (lá rộng, lá kim) và vật hậu của tán lá (thường xanh, rụng lá). Một thảm thực vật bao gồm nhiều kiểu rừng khác nhau (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng phụ (Sub-Forest Type). Đơn vị chia nhỏ của một kiểu rừng dựa theo sự khác biệt về môi trường (khí hậu, đất, địa hình), đặc tính của rừng (Loài cây gỗ ưu thế, sản lượng gỗ) và tác động của con người (Khai thác rừng, làm nương rẫy...).

Kiểu phụ thảm thực vật nhân tác (Artificial Vegetative Subtype). Thảm thực vật rừng được hình thành do ảnh hưởng chủ yếu của con người (Thái Văn Trùng, 1999). Ví dụ: Rừng hình thành trên các nương rẫy bỏ hóa.

- Kiểu phụ thảm thực vật thổ nhưỡng (Soil Vegetative Subtype).** Thảm thực vật rừng được hình thành do ảnh hưởng chủ yếu của điều kiện đất (Thái Văn Trùng, 1999). Ví dụ: Rừng hình thành trên các bãi bồi ven sông và biển.
- Kiểu quần hệ (Formation Type).** Nhóm những loài cây trong một lãnh thổ nhất định có sự giống nhau về dạng sống, tập tính sinh thái, cấu trúc và hình thái bên ngoài. Quần hệ cây gỗ (Tree Formation), quần hệ cây bụi (Shrub Formation) và quần hệ cây thân thảo (Herb Formation) là ba kiểu quần hệ khác nhau.
- Kiểu quần xã thực vật (Plant Community Type).** Một nhóm quần xã thực vật có sự tương đồng về kết cấu loài cây ưu thế và đồng ưu thế, sản lượng và điều kiện môi trường sống (vị trí địa lý, khí hậu, địa hình, đất...).
- Kiểu rừng khô vùng cao (Alpine Dry forest Type).** Kiểu rừng hình thành từ những cây gỗ nhỏ và trung bình, lá rộng và lá kim, cây bụi thấp, cây thân thảo cao và thấp. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi cao nhiệt đới (2.600-3.200 m). Nhiệt độ trung bình tháng 10-15⁰C; lượng mưa dao động từ 600-1.200mm/năm; mùa khô dài (3-7 tháng); đất xấu, tầng mỏng (Thái Văn Trùng, 1999).
- Kiểu rừng kín cây lá kim, ẩm, ôn đới, núi vừa (Temperate, humid, medium mountain coniferous closed forest Type).** Kiểu rừng có tán lá kín, thành phần loài là cây lá kim. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp tầng trên (1.800-2.600m) ở vành đai ôn đới. Lượng mưa từ 1.200-2.500mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25 mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).
- Kiểu rừng kín hỗn hợp cây lá rộng, lá kim, ẩm, á nhiệt đới núi thấp (Subtropical Lowmountains Moist Broadleaves-Coniferous Closed forest Type).** Kiểu rừng có tán lá kín, thành phần loài bao gồm cả cây lá rộng và cây lá kim. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp (700-1000m) ở vành đai á nhiệt đới. Lượng mưa từ 1.200-2.500mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa <50 mm/tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25 mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).
- Kiểu rừng kín lá rộng thường xanh mưa ẩm núi thấp á nhiệt đới (Subtropical Lowmountains Wetrain Evergreen Broadleaves Closed forest Type).** Kiểu rừng có tán lá kín, lá rộng và thường xanh (>75% số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh). Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp (700-1000 m) ở vành đai á nhiệt đới. Lượng mưa từ 1.200-2.500 mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa <50 mm/tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa <5 mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).
- Kiểu rừng kín nửa thường xanh ẩm nhiệt đới (Tropical Moist Semievergreen Closed Forest Type).** Kiểu rừng có tán lá kín, lá nửa thường xanh (25-75% số cây rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh). Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp và trung bình (<700m ở miền Bắc; <1.000m ở miền Nam). Lượng mưa từ 1.200-2.500mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25 mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).
- Kiểu rừng kín rụng lá hơi ẩm nhiệt đới (Tropical Semimoist Deciduous Closed Forest Type).** Kiểu rừng có tán lá kín và hình thành từ những loài cây gỗ rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp và trung bình (<700m ở miền Bắc; <1.000m ở miền Nam). Lượng mưa từ 600-1.200 mm/năm, 4-6 tháng

khô (lượng mưa <50 mm/tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa <5 mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 50% (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới (Tropical Wetrain Evergreen Closed Forest Type). Kiểu rừng có tán lá kín, lá thường xanh (>75% số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh). Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp và trung bình (<700m ở miền Bắc; <1.000m ở miền Nam). Lượng mưa lớn hơn 2.500mm/năm, 0-3 tháng khô (lượng mưa < 50mm/tháng), 0 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa <5 mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng lạnh vùng cao (Highmountain Cold forest Type). Kiểu rừng hình thành từ những cây gỗ nhỏ mọc rải rác, cây bụi thấp, cây thân thảo thấp. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi cao nhiệt đới (>3.200m). Nhiệt độ trung bình 10-15⁰C; lượng mưa dao động từ 600-1.200 mm/năm; mùa khô dài (5-7 tháng); đất xấu, tầng mỏng (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng thưa cây lá kim hơi khô á nhiệt đới núi thấp (Subtropical Lowmountains Semi-dry Coniferous Thin forest Type). Kiểu rừng có tán thưa hoặc mật độ thấp và hình thành từ những loài cây gỗ có lá nhỏ. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp (700-1.000m). Lượng mưa từ 600-1.200mm/năm, 4-6 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 50% (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng thưa cây lá kim hơi khô nhiệt đới (Tropical Semidry Coniferous Thin forest Type). Kiểu rừng có tán thưa hoặc mật độ thấp và hình thành từ những loài cây gỗ có lá nhỏ. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp và trung bình (<700m ở miền Bắc; <1.000m ở miền Nam). Lượng mưa từ 600-1.200mm/năm, 4-6 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 50% (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng thưa cây lá kim, hơi khô, á nhiệt đới, núi thấp (Subtropical Lowmountains Semi-Dry Coniferous Thin forest Type). Kiểu rừng có tán thưa, thành phần loài là cây lá kim. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp tầng dưới (1.000-1.800m) ở vành đai á nhiệt đới. Lượng mưa từ 1.200-2.500mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa < 5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).

Kiểu rừng thưa cây lá rộng hơi khô nhiệt đới (Tropical Semidry Broadleaves Thin forest Type). Kiểu rừng có tán thưa, mật độ thấp và hình thành từ những loài cây gỗ có lá rộng và rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh. Kiểu rừng này xuất hiện trên núi thấp (<700m ở miền Bắc; <1.000m ở miền Nam). Lượng mưa từ 600-1.200mm/năm, 4-6 tháng khô (lượng mưa <50mm/tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa < 25mm/tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa <5mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 50% (Thái Văn Trùng, 1999). Trong dân gian, kiểu rừng này có tên gọi là “Rừng Khộp”.

Kiểu sinh thái (Ecotype). Sự phân chia nhỏ về mặt di truyền của một loài theo phản ứng của nó đối với những biến động của môi trường mà loài này đang sống. Hầu hết các kiểu sinh thái hình thành bởi sự chọn lọc tự nhiên để phản ứng với sự biến đổi của độ dài ngày hoặc chế độ nhiệt hoặc sự khác biệt về đất hoặc môi trường sinh học.

- Kiểu thảm thực vật (Vegetative Type).** Những thảm thực vật được phân chia theo dạng sống, cấu trúc và hình thái bên ngoài của chúng. Ví dụ: Kiểu thảm cây gỗ và cây bụi trên núi thấp; Kiểu thảm cây gỗ và cây bụi trên núi cao; Kiểu thảm cây gỗ và cây bụi trên núi đá; Kiểu thảm cây gỗ và cây bụi trên núi đất.
- Kiểu thảm thực vật khí hậu (Climatic Vegetative Type).** Thảm thực vật được hình thành do ảnh hưởng chủ yếu của khí hậu.
- Kiểu thảm thực vật phi khí hậu (Unclimatic Vegetative Type).** Thảm thực vật được hình thành do ảnh hưởng mạnh hơn của những yếu tố phi khí hậu (Đất, địa hình, sinh vật).
- Kiểu thích ứng (Tolerance Type).** Một kiểu diễn thế trong đó các loài của giai đoạn diễn thế giữa và giai đoạn diễn thế sau giảm thấp tăng trưởng và khả năng xâm chiếm lập địa do sự có mặt lâu dài của những loài thuộc giai đoạn diễn thế tiên phong. Theo thời gian, các loài của chuỗi diễn thế sau sẽ dần dần loại trừ các loài thuộc giai đoạn diễn thế trước và diễn thế sẽ tiến triển. Các loài của các giai đoạn diễn thế sau không đòi hỏi sự cải biến môi trường bởi các loài diễn thế trước.
- Kỳ dẫn cách trong tỉa thưa rừng (Period in Forest Thinning).** Số năm cách giữa hai lần tỉa thưa liên tiếp trên cùng một khoảnh rừng.
- Ký sinh không gây bệnh (Endemic Parasitism).** Những tương tác do vật ký sinh gây ra; trong đó vật ký sinh chỉ làm suy yếu hoặc ảnh hưởng không lớn đến vật chủ. Đây là đặc trưng cho mối liên hệ tồn tại lâu dài giữa hai loài và giữa kẻ ăn bám và vật chủ.
- Lá ưa sáng (Bright Leaf).** Lá của loài cây sinh trưởng và phát triển bình thường trong điều kiện ánh sáng hoàn toàn.
- Lá chịu bóng (Shade Leaf).** Lá của loài cây sinh trưởng và phát triển bình thường trong bóng râm hoặc dưới cường độ ánh sáng thấp. Nó có tỷ lệ trọng lượng/diện tích bề mặt lá rất thấp, lớp cutin mỏng, điểm bù ánh sáng ở mức thấp. Lá chịu bóng còn là những lá của loài cây ưa sáng mọc trong điều kiện thiếu ánh sáng hoặc nằm sâu trong tán.
- Làm giàu rừng (Forest Riches).** Những hoạt động lâm sinh nhằm cải biến căn bản thành phần quần thụ của rừng bị suy thoái và rừng có giá trị thấp về sử dụng và thương mại thành rừng mới có kết cấu loài cây gỗ phù hợp với mục tiêu kinh doanh, chất lượng tốt và sản lượng cao hơn nhưng không dẫn đến phá hủy trạng thái cơ bản của hệ sinh thái rừng trước đó. Biện pháp chặt bỏ từng phần trong rừng bị suy thoái mạnh để trồng lại rừng mới.
- Làm giàu rừng theo băng (Forest Riches In Strips).** Những hoạt động lâm sinh nhằm cải biến kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của rừng bị suy thoái mạnh và rừng có giá trị thấp về sử dụng và thương mại theo từng băng với bề rộng từ 10-100m.
- Làm giàu rừng theo đám (Forest Riches In Clusters).** Những hoạt động lâm sinh nhằm cải biến kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của rừng bị suy thoái mạnh và rừng có giá trị thấp về sử dụng và thương mại theo từng đám với bề rộng từ 0,01-2,0 ha.
- Làm giàu rừng theo rạch (Forest Riches In Canals).** Những hoạt động lâm sinh nhằm cải biến kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của rừng bị suy thoái mạnh và rừng có giá trị thấp về sử dụng và thương mại theo từng rạch với bề rộng từ 2-10m.
- Lâm học (Silvics).** Khoa học nghiên cứu mối quan hệ giữa rừng với môi trường sống của chúng, các quy luật tái sinh, sinh trưởng và phát triển của các loài cây gỗ, động thái biến đổi của rừng theo không gian và thời gian, diễn thế và phân loại rừng.
- Lâm nghiệp bền vững (Sustainable Forestry).** Việc kinh doanh rừng nhằm duy trì một sự cung cấp liên tục hoặc theo định kỳ về một loại sản phẩm mong muốn, các dịch

vụ hoặc các điều kiện rừng theo mục tiêu của điều chế rừng. Lâm nghiệp bền vững dựa trên khái niệm về các giá trị bình quân trong một thời gian dài không bị suy giảm thay vì các giá trị ổn định. Trên một diện tích nhỏ, khái niệm này thường áp dụng cho điều chế rừng khác tuổi. Trên diện tích lớn hoặc là điều chế rừng khác tuổi hoặc là điều chế rừng đồng tuổi.

Lâm phần (Homogeneous Forest). Rừng thuần nhất về loài cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, hệ động vật và vi sinh vật, tiểu khí hậu, địa hình và đất. Tính thuần nhất của rừng chỉ xuất hiện trong không gian nhỏ. Vì thế, thuật ngữ này chỉ sử dụng cho rừng trồng thuần loài đồng tuổi và rừng trồng hỗn loài đồng tuổi.

Lâm sinh học (Silviculture, Bioforestry). Khoa học ứng dụng kiến thức của sinh thái học rừng để tái sinh rừng, nuôi dưỡng rừng có kết cấu loài cây gỗ tối ưu, cấu trúc hợp lý, sản lượng cao. Ngoài ra, những hoạt động của lâm sinh còn góp phần bảo vệ thiên nhiên, bảo vệ đất và nước, điều hòa khí hậu, bảo vệ và nuôi dưỡng hệ động vật có ích, tạo ra môi trường sống có lợi cho hoạt động của con người.

Lập địa rừng (Forest Site). Lập địa rừng là tập hợp những điều kiện môi trường (khí hậu, địa hình, đất, thảm thực vật, hoạt động lâm sinh...) trong phạm vi phân bố của rừng ở một khu vực nhất định. Một cách hiểu khác là một khu vực được đánh giá theo khả năng tạo ra sản lượng rừng. Việc đánh giá dựa trên tổ hợp các nhân tố khí hậu, đất, địa hình, thảm thực vật và hoạt động của con người.

Lập địa ẩm (Mesic Site). Lập địa ẩm là lập địa mà độ ẩm cần cho thảm thực vật được quyết định chủ yếu bởi khí hậu miền, thay vì bởi yếu tố địa hình và đất. Nói cách khác, lập địa ẩm là lập địa có chế độ ẩm của đất ở mức mát.

Lập địa rừng bị suy thoái (Degraded Forest Site). Lập địa vẫn còn cây gỗ sinh sống nhưng nó bị mất mát những đặc tính của hệ sinh thái rừng trước đó. Ví dụ: Rừng sinh trưởng kém trên đất bị xói mòn mạnh mà tính chất đất đã bị biến đổi. Rừng trên lập địa bị suy thoái không nhất thiết phải phá bỏ để trồng lại.

Lớp tán (Crown Class). Một nhóm cây gỗ được phân chia theo vị trí tán trong quần thụ.

Lớp tán ưu thế (Dominant Crown Class). Những cây gỗ có tán vượt lên trên tán rừng và tiếp nhận ánh sáng hoàn toàn ở mọi phía của tán.

Lớp tán đồng ưu thế (Codominant Crown Class). Những cây gỗ có một phần tán tiếp nhận ánh sáng hoàn toàn.

Lớp tán trung gian (Intermediate Crown Class). Những cây gỗ có tán phân bố ở giữa tán rừng, tán không tiếp nhận được ánh sáng hoàn toàn.

Lớp tán bị chèn ép (Suppressed Crown Class). Những cây gỗ có tán bị che phủ bởi tán của những cây gỗ ở lớp trên.

Lỗ trống trong tán rừng (Canopy Gap). Một không gian mở trống trong tán rừng do một hoặc một vài cây già bị chết tự nhiên, bị đổ gãy do gió lớn hoặc do khai thác gỗ hoặc bị cháy. Ánh sáng xuyên qua lỗ trống giúp cải thiện tiểu khí hậu và đất và nhờ đó tái sinh rừng diễn ra mạnh. Kích thước lỗ trống thường dao động từ 50-1.000m².

Loài cây chỉ thị (Indicator Plant Species). Loài cây có mối liên hệ chặt chẽ với một hoặc một số điều kiện môi trường. Loài cây chỉ thị là loài cây mà sự có mặt của nó có thể được sử dụng để nhận biết hoặc dự báo điều kiện môi trường và loài cây khác.

Loài cây gỗ bản địa (Native Tree Species). Loài cây gỗ có trong tự nhiên ở quốc gia đó.

Loài cây gỗ ngoại lai (Exotic Tree Species). Loài cây gỗ không có trong tự nhiên ở quốc gia đó.

Loài cây mục đích (Purpose Plant Species). Loài cây đáp ứng được kỳ vọng của con người.

- Loài cây vô dụng (Useless Plant Species).** Loài cây mà con người không sử dụng hoặc chưa biết rõ tác dụng của chúng.
- Loài cây gỗ mục đích (Purpose Tree Species).** Loài cây gỗ đáp ứng được kỳ vọng của con người. Loài cây gỗ có ý nghĩa sử dụng và thương mại.
- Loài cây gỗ vô dụng (Useless Tree Species).** Loài cây gỗ mà con người không sử dụng hoặc chưa biết rõ tác dụng của chúng. Theo nghĩa kinh doanh rừng, những loài cây gỗ không có ý nghĩa thương mại.
- Loài cây gỗ ưu thế (Dominant Tree Species).** Loài cây gỗ kiểm soát sự sống của những loài cây gỗ khác hoặc loài cây gỗ cải biến môi trường lớn nhất (loài ưu thế sinh thái). Trong lâm học, loài cây gỗ ưu thế được quy ước là loài có mật độ lớn nhất (N , cây) hoặc tiết diện ngang lớn nhất (G , m^2) hoặc thể tích thân lớn nhất (V , m^3) hoặc diện tích tán lớn nhất (C , m^2) hoặc độ bất gặp lớn nhất (F) trên một diện tích nào đó, thông thường 1 ha. Trong thực hành, loài cây gỗ ưu thế được quy ước là loài cây gỗ có chỉ số giá trị quan trọng ($IVI = \text{Important Value Index}$) lớn nhất (IVI_{Max}). Chỉ số $IVI(\%)$ là giá trị trung bình của ba tham số $N\%$, $G\%$ và $F\%$ (McIntosh, 1951) hoặc ba tham số $N\%$, $G\%$ và $V\%$ (Thái Văn Trùng, 1978, 1999).
- Loài cây gỗ đồng ưu thế (Codominant Tree Species).** Loài cây gỗ có kích thước hay vai trò sinh thái nhỏ hơn ngay dưới loài cây gỗ ưu thế và cùng với loài cây gỗ ưu thế kiểm soát sự sống của những loài cây gỗ khác. Trong thực hành, loài cây gỗ đồng ưu thế là loài cây gỗ có chỉ số IVI nhỏ hơn ngay dưới loài cây gỗ ưu thế.
- Loài cây gỗ kinh tế (Economic or Commercial Tree Species).** Loài cây gỗ có ý nghĩa kinh doanh hay có ý nghĩa thương mại.
- Loài cây gỗ phụ thuộc (Depended Tree Species).** Loài cây gỗ sống phụ thuộc vào những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế sinh thái. Trong thực hành, những loài cây gỗ phụ thuộc có chỉ số IVI nhỏ hơn loài cây gỗ đồng ưu thế.
- Loài cây gỗ tiên phong (Pioneer Tree Species).** Loài cây gỗ xuất hiện đầu tiên trên một môi trường nhất định hay một chuỗi diễn thế nhất định. Những loài cây xuất hiện đầu tiên trên các bãi bồi ven sông và biển, bãi thải than hoặc môi trường mà thảm thực vật trước đó đã bị phá hủy (nương rẫy bỏ hóa, đất nông nghiệp bỏ hóa, đất rừng sau khai thác trắng hay rừng bị cháy...). Trong trồng rừng, cây tiên phong được sử dụng để che bóng và tạo hình thân cho cây gỗ mục đích, che phủ đất để bảo vệ và cải thiện tính chất đất, hạn chế cỏ dại, làm tăng thu nhập trung gian.
- Loài cây gỗ tiên phong định cư (Stable Pioneer Tree Species).** Loài cây gỗ xuất hiện đầu tiên và tồn tại lâu dài cùng với những loài cây gỗ của rừng nguyên sinh trên môi trường nhất định.
- Loài cây gỗ tiên phong tạm thời (Temporary Pioneer Tree Species).** Loài cây gỗ xuất hiện đầu tiên trên môi trường nhất định nhưng sau đó nó bị những loài cây gỗ của rừng nguyên sinh thay thế.
- Lớp cây gỗ bị che tán (Overtopped Tree Class).** Lớp cây gỗ có tán bị chèn ép bởi những lớp cây gỗ ở tầng trên.
- Lớp cây gỗ trung gian (Intermediate Tree Class).** Lớp cây gỗ có tán nằm ở vị trí ngay dưới tầng ưu thế sinh thái.
- Lớp cây gỗ vượt tán (Emergent Tree Class).** Lớp cây gỗ nằm ở phía trên tầng ưu thế sinh thái và tiếp nhận đầy đủ ánh sáng ở phía trên và xung quanh tán.
- Luân kỳ khai thác rừng (Forest Cutting Rotation).** Thuật ngữ này dùng cho rừng tự nhiên hỗn loài. Luân kỳ khai thác còn gọi là tuổi kinh doanh hay tuổi kinh tế của rừng. Luân kỳ khai thác của một loài cây gỗ là số năm cần thiết để những cây gỗ nhỏ nhất kế cận với đường kính cho phép khai thác đạt đến đường kính khai thác.

Luân kỳ khai thác của cả khoảnh rừng tự nhiên hỗn loài được xác định từ tuổi kinh tế trung bình của những loài cây gỗ thuộc nhóm mục đích kinh doanh.

Lưới dinh dưỡng (Trophic Net). Nhiều chuỗi dinh dưỡng liên kết với nhau trong một hệ sinh thái; trong đó những sinh vật ở chuỗi dinh dưỡng này sử dụng những sinh vật ở chuỗi dinh dưỡng khác làm nguồn thức ăn.

Mật độ quần thụ (Stand Density). Số cây (N) trên một đơn vị diện tích rừng (N/ha).

Mật độ tán (Crown Density). Mức độ rậm rạp của các tán lá cây gỗ.

Mắt xích dinh dưỡng (Trophic Link). Những sinh vật trong mỗi bậc của một chuỗi dinh dưỡng.

Mô hình diễn thế rừng (Forest Succession Model). Mô hình mô tả những quần xã sinh vật rừng biến đổi kế tiếp nhau trong một chuỗi diễn thế và những nguyên nhân dẫn đến diễn thế rừng.

Môi trường sống (Life Environment). Điều kiện bên ngoài ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến đời sống sinh vật.

Môi trường cực hạn (Extreme Environment). Môi trường gây ức chế cho hoạt động sống của sinh vật. Ví dụ: (1) Nhiệt độ cao kèm theo gió lớn; (2) Môi trường trên khoảnh khai thác trắng về mùa khô hạn.

Môi trường tối ưu (Optimum Environment). Môi trường đảm bảo cho sinh vật chết ít nhất, sinh trưởng và phát triển mạnh nhất.

Mức tối ưu của nhân tố sinh thái (Optimal Level of Ecological Factor). Mức của nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật chết ít nhất, sinh trưởng và phát triển mạnh nhất, ra hoa quả nhiều nhất.

Năm sai quả (Fruit Year). Những năm mà cây gỗ sinh sản mạnh. Thuật ngữ được sử dụng để chỉ dẫn những năm thu hái hạt giống của cây rừng và chặt tái sinh rừng.

Năng suất (Productivity). Tốc độ chất hữu cơ được quần thể, quần xã sinh vật sản xuất ra trên một đơn vị diện tích (m^2 , ha) và trong một đơn vị thời gian (giờ, mùa, năm). Năng suất là trị số trung bình của sản lượng trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian. Ví dụ: Sinh khối khô trung bình của rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi là 25tấn/ha/năm.

Năng suất gỗ của rừng (Forest Wood Productivity). Khối lượng gỗ (M) được rừng tạo ra trên 1 đơn vị diện tích (1ha) và sau 1 đơn vị thời gian (1 năm). Đơn vị tính là $M = m^3/ha/năm$. Ví dụ: Năng suất gỗ cây đứng của rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi là 40 $m^3/ha/năm$.

Năng suất thu hoạch (Yield). Tốc độ tích lũy trung bình vật chất hữu cơ thu hoạch được. Nó được tính bằng cách chia sản lượng thu hoạch cho thời gian tạo ra sản lượng thu hoạch. Ví dụ: Năng suất gỗ cây đứng thu hoạch được từ rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi là 35 $m^3/ha/năm$.

Năng suất kinh tế (Commercial Productivity). Bộ phận của năng suất sinh học có giá trị về kinh tế. Ví dụ: Năng suất gỗ kinh tế của rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi là 30 $m^3/ha/năm$.

Năng suất tiềm năng của rừng (Forest Potential Productivity). Khả năng của rừng cho năng suất cao nhất nhờ lợi dụng đầy đủ tiềm năng của lập địa. Trong thực hành, năng suất gỗ tiềm năng của rừng là lượng tăng trưởng gỗ bình quân cao nhất trên một lập địa nhất định. Ví dụ: Năng suất gỗ cây đứng bình quân của rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi trên đất bazan ở khu vực Đông Nam Bộ dao động từ 40 đến 55 $m^3/ha/năm$. Theo đó, năng suất gỗ tiềm năng của rừng Keo lai 10 tuổi trên đất bazan ở khu vực Đông Nam Bộ là 55 $m^3/ha/năm$.

- Năng suất sinh học (Biological Productivity).** Lượng tăng trưởng sinh khối trên 1 đơn vị diện tích và sau 1 đơn vị thời gian. Ví dụ: Năng suất sinh khối bình quân của rừng Keo lai (*Acacia Hybrid*) 10 tuổi trên đất bazan ở khu vực Đông Nam Bộ là 65 tấn/ha/năm.
- Năng suất sinh thái (Ecological Productivity).** Vai trò tạo lập môi trường của rừng. Một cách hiểu khác là khả năng tái được sự phát triển của các ngành công nghiệp gây ra ô nhiễm môi trường.
- Ngân hàng cây con (Seeding Bank).** Tập hợp những thể hệ cây tái sinh hiện đang sống và tồn tại dưới tán rừng. Chúng sẽ được giải phóng khỏi sự ức chế thông qua các phương thức lâm sinh.
- Ngân hàng chồi (Bud Bank).** Quần thể loài cây gỗ biến mất, nhưng các chồi ngủ trên gốc của cây mẹ vẫn hoạt động và sinh trưởng nếu thân cây mẹ bị khai thác, đổ gãy, bị cháy.
- Ngân hàng hạt giống (Seed Bank).** Tập hợp những hạt giống có thể nảy mầm nhưng chưa nảy mầm hiện đang có mặt trên sàn rừng, trong lớp đất mặt và trên tán cây. Chúng sẽ nảy mầm khi gặp môi trường sống thuận lợi.
- Nghèo dinh dưỡng (Oligotroph).** Hàm lượng khoáng trong đất ở mức thấp hay độ phì của đất thấp.
- Nguồn gốc cây tái sinh (Regenerative Tree Origin).** Các cây gỗ non phát sinh từ hạt hay từ chồi.
- Nguồn gốc rừng (Forest Origin).** Rừng trước khi bị rối loạn (Khai thác, cháy...). Ví dụ: Rừng nguyên sinh tự nhiên trên một lập địa nào đó là nguồn gốc của rừng tự nhiên bị thoái biến trên lập địa đó.
- Nguyên lý lâm sinh (Silvicultural Principles).** Những nguyên lý tạo lập rừng, nuôi rừng và khai thác rừng dựa trên những kiến thức của khoa học sự sống (thực vật, sinh lý thực vật), sinh thái rừng, khoa học môi trường (khí hậu, đất), khoa học kinh tế và khoa học xã hội.
- Nhân tố sinh thái (Ecological Factor).** Nhân tố sinh thái còn được gọi là nhân tố môi trường. Đó là nhân tố cấu thành môi trường sống của sinh vật. Một cách hiểu khác là nhân tố môi trường ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến đời sống sinh vật.
- Nhân tố sinh thái vô cơ (Abiotic Factor).** Những nhân tố vô cơ (vị trí địa lý, ánh sáng, không khí, chất khoáng từ đất, nước và pH trong đất, địa hình...) ảnh hưởng đến đời sống sinh vật.
- Nhân tố sinh thái hữu cơ (Biotic Factor).** Đó là tập hợp các hoạt động sống của sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) trong một hệ sinh thái nhất định. Các sinh vật cùng với môi trường vô cơ hình thành một hệ sinh thái.
- Nhân tố sinh thái chủ yếu (Main Ecological Factor).** Đó là những nhân tố sinh thái ảnh hưởng lớn đến đời sống sinh vật. Một cách hiểu khác là những nhân tố sinh thái mà khi chúng biến đổi sẽ kéo theo sự biến đổi của những nhân tố sinh thái khác.
- Nhân tố sinh thái thứ yếu (Secondary Ecological Factor).** Đó là những nhân tố sinh thái ảnh hưởng không lớn đến đời sống sinh vật. Một cách hiểu khác là những nhân tố sinh thái mà đặc tính và sự biến đổi của chúng phụ thuộc vào những nhân tố sinh thái khác.
- Nhân tố sinh thái con người (Man Ecological Factor).** Những hoạt động của con người ảnh hưởng đến sự sống của sinh vật. Ví dụ: Khai thác rừng ảnh hưởng đến tái sinh, sinh trưởng và năng suất rừng.

- Nhân tố sinh thái tối ưu (Optimal Ecological Factor).** Đó là mức (cao, thấp) của nhân tố sinh thái giúp cho sinh vật có sức sống tốt nhất, sinh trưởng và phát triển mạnh nhất, sinh sản mạnh nhất, tuổi thọ cao nhất, chết ít nhất.
- Nhân tố sinh thái cực hạn (Extreme Ecological Factor).** Đó là mức (cao, thấp) của những nhân tố sinh thái gây ức chế (Stress) cho sự sống của sinh vật. Ví dụ: Nhiệt độ không khí trên 40°C gây ức chế cho sinh trưởng của cây gỗ non trên khoảnh khai thác trắng.
- Nhân tố sinh thái điều chỉnh (Regulating Ecological Factor).** Đó là nhân tố sinh thái ấn định kích thước, sự hoạt động và phân bố của quần thể sinh vật. Ví dụ: Sự thiếu hụt ánh sáng điều chỉnh quá trình tái sinh dưới tán rừng.
- Nhân tố sinh thái độc lập (Independent Ecological Factor).** Đó là những nhân tố sinh thái không phụ thuộc vào sự có mặt hay hoạt động của sinh vật. Ví dụ: Ánh sáng mặt trời ở mặt trên tán rừng và độ cao địa hình là hai nhân tố sinh thái độc lập với rừng.
- Nhân tố sinh thái giới hạn (Limiting Ecological Factor).** Đó là mức (cao, thấp) của những nhân tố sinh thái gây ức chế và tử vong cho sinh vật. Ví dụ: Độ ẩm đất nhỏ hơn 20% gây ra cái chết cho cây con trong vườn ươm và trên đất trồng.
- Nhân tố sinh thái lịch sử (Historical Ecological Factor).** Lịch sử tự nhiên và lịch sử hoạt động của con người trong quá khứ ảnh hưởng đến sự sống của sinh vật hiện tại. Ví dụ: (1) Bão xảy ra 5 năm trước ảnh hưởng đến tái sinh, sinh trưởng và năng suất rừng hiện tại; (2) Khai thác rừng 10 năm trước ảnh hưởng đến tái sinh, sinh trưởng và năng suất rừng hiện tại.
- Nhân tố sinh thái phụ thuộc vào mật độ (Density Dependent Ecological Factor).** Những nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến quần thể và ấn định kích thước quần thể trong hệ sinh thái. Ví dụ: (1) Mật độ sâu ăn lá thay đổi theo mật độ quần thể; (2) Tính chất của lập địa thay đổi theo mật độ quần thể; (3) Hình dáng thân cây gỗ thay đổi theo mật độ quần thể.
- Nhóm đường kính thân cây gỗ (Tree Diameter Group).** Nhóm cây gỗ có đường kính thân ngang ngực nằm trong một giới hạn nào đó. Ví dụ: Ở rừng tự nhiên nhiệt đới, mỗi nhóm đường kính dao động từ 10 đến 20cm tùy theo loại rừng.
- Nhóm hệ sinh thái rừng (Forest Ecosystem Group).** Các hệ sinh thái rừng ở giai đoạn cao đỉnh khí hậu giống nhau về loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế.
- Nhóm kiểu lập địa rừng (Forest Site Type Group).** Tập hợp những kiểu lập địa rừng có sự tương đồng về kiểu đất, kiểu địa hình và đặc tính của thảm thực vật (loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế, sản lượng gỗ).
- Nhóm sinh thái (Ecological Group).** Một nhóm loài có sự thích nghi giống nhau trong một điều kiện môi trường. Nhóm loài cùng có yêu cầu môi trường sống giống nhau. Nhóm loài cây gỗ có quan hệ với nhau về mặt sinh thái. Ví dụ: Những loài cây gỗ này che bóng cho những loài cây gỗ khác.
- Nơi ở của rừng (Forest Habitat).** Đó là nơi sinh sống và phát triển bình thường của rừng.
- Nitrát hóa (Nitrification).** Quá trình của đất trong đó ammonium (NH_4^+) được các vi sinh vật chuyển hóa thành các ion nitrat (NO_3^-). Quá trình oxi hóa khử này đặc trưng cho đất ẩm và giàu dinh dưỡng. Các ion ammonium được hình thành từ các hợp chất nitơ hữu cơ bởi quá trình amôn hóa có sự tham gia của vi sinh vật.
- Nước chảy men thân (Stemflow).** Sự thu nhận mưa rơi bởi hệ thống lá và cành thành những dòng chảy xuống thân cây gỗ. Lượng mưa đạt đến mặt đất thông qua nước chảy men thân cây gỗ.

- Nước trọng lực (Gravitational Water).** Nước chứa trong các khe hở lớn của đất ướt có thể di chuyển bởi trọng lực sau một thời gian nhất định. Nước trọng lực là hiệu số giữa hàm lượng nước của đất bão hòa nước và sức chứa nước đồng ruộng.
- Nuôi dưỡng rừng (Forest Tending).** Một phương thức lâm sinh biểu thị những cách thức và phương pháp tác động vào rừng từ giai đoạn rừng non đến giai đoạn rừng gần thành thục nhằm cải thiện điều kiện sống của rừng, điều chỉnh lại kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc rừng, nâng cao tăng trưởng, thu hồi gỗ trung gian (gỗ nhỏ và kém chất lượng), nâng cao vai trò phòng hộ và những giá trị đa dạng khác của rừng.
- Phân bố tuổi cân bằng (Stationary Age Distribution).** Sự phân bố các cá thể trong quần thể giữa các lớp tuổi khác nhau sao cho tỷ lệ số cá thể trong mỗi lớp tuổi là một hằng số và số cá thể mới sinh ra bằng số cá thể bị chết để kích thước quần thể là một hằng số. Đường cong phân bố lớp tuổi có hình dạng giống với đường cong sống sót bình thường của loài.
- Phân bố tuổi ổn định (Stable Age Distribution).** Sự phân bố các cá thể của quần thể giữa các lớp tuổi là ổn định theo thời gian. Phân bố tuổi ổn định khác với hình dạng đường cong sống sót của loài. Số cá thể mới sinh không bằng số cá thể chết và quần thể hoặc bị suy giảm hoặc phát triển.
- Phân bố tuổi không ổn định (Unstable Age Distribution).** Phân bố cấp tuổi trong đó số cá thể tương đối trong mỗi cấp tuổi thay đổi theo thời gian. Quần thể gia tăng hoặc suy giảm nhưng không bị diệt vong. Sự bùng nổ dân số ở một số quần thể đã làm phân bố tuổi của chúng không ổn định.
- Phân bố tuổi rừng (Forest Age Distribution).** Phân bố tuổi của rừng biểu thị những diện tích rừng tồn tại chủ yếu những cây gỗ có tuổi giống nhau hay cùng cấp tuổi. Một cách hiểu khác là tỷ lệ số cây hay tỷ lệ thể tích gỗ trong những cấp tuổi khác nhau. Đường cong tỷ lệ số cây theo cấp tuổi có thể khác với đường cong thể tích thân cây theo cấp tuổi.
- Phân loại rừng (Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo những tiêu chuẩn khác nhau (khí hậu, đất, địa hình, thành phần loài cây, sản lượng gỗ, kiểu tái sinh, tuổi...). Phân loại rừng có thể được thực hiện ở phạm vi toàn cầu, miền khí hậu, quốc gia.
- Phân loại rừng theo khí hậu (Climate Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo sự phân chia các vùng khí hậu.
- Phân loại rừng theo địa hình (Terrain Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo sự phân chia các kiểu địa hình.
- Phân loại rừng theo đất (Soil Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo sự phân chia các kiểu đất.
- Phân loại rừng theo hình dáng bên ngoài (Physiognomic Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo các dạng sống, dạng sinh trưởng, hình thái và cấu tạo lá.
- Phân loại rừng theo dạng sinh trưởng (Growth Form Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo các dạng sống và môi trường của chúng.
- Phân loại rừng theo nhiều tiêu chuẩn (Forest Classification By Many Criteria).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo nhiều tiêu chuẩn (dạng sinh trưởng, kích thước thân, hình thái và kích thước lá, độ che phủ của tán lá).

- Phân loại rừng theo loài cây gỗ ưu thế (Forest Classification By Dominant Trees).**
Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo những loài cây gỗ ưu thế ở giai đoạn rừng ổn định (Climax).
- Phân loại rừng theo kết cấu của các loài cây gỗ ưu thế (Forest Classification By Dominant Tree Species).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo kết cấu của các loài cây gỗ ở các tầng trong giai đoạn rừng ổn định (Climax).
- Phân loại rừng theo biểu đồ trắc diện (Forest Classification By Profile Diagrams).**
Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo biểu đồ mô tả phân bố của các thành phần theo không gian, thời gian và môi trường.
- Phân loại sinh thái rừng (Forest Ecological Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo nhiều nhân tố sinh thái (vị trí địa lý, khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của con người...).
- Phân loại rừng theo sản lượng gỗ (Timber Production Forest Classification).** Phân chia thảm thực vật rừng thành những đơn vị khác nhau dựa theo sản lượng gỗ của quần thụ ($M, m^3/ha$).
- Phát tán hạt (Seed Rain).** Sự phân tán các hạt trên một khoảng đất dưới ảnh hưởng của trọng lực, gió, hoạt động của động vật và con người.
- Phát tán quả (Fruit Rain).** Quả chín rơi rụng trên sàn rừng hoặc trên các khoảng khai thác trắng nhờ vào trọng lực, gió, nước, động vật...
- Phục hồi sinh thái rừng (Forest Ecological Restoration).** Sự tái tạo lại những đặc tính của rừng (kết cấu và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc quần thụ, sản lượng gỗ...) bằng cách trồng lại hoặc hỗ trợ cây gỗ tái sinh tự nhiên.
- Phức hợp thực vật (Plant Complexity).** Một quần xã thực vật mà các loài cây gỗ có độ ưu thế rất nhỏ (<4-5% số cá thể hoặc thể tích) (Thái Văn Trùng, 1999).
- Phương pháp khai thác (Cutting Method).** Phương pháp chặt hạ và chuyển gỗ ra khỏi rừng nhằm đảm bảo mục tiêu của lâm sinh như tái sinh rừng, nuôi dưỡng rừng, điều chỉnh kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ.
- Phương pháp chặt tái sinh (Regeneration Cutting Method).** Phương pháp khai thác để tạo ra một lớp cây tái sinh mới dưới tán rừng, trong các lỗ trống và trên khoảng khai thác trắng. Ví dụ: Phương pháp khai thác chọn - tái sinh tự nhiên.
- Phương pháp rừng đồng tuổi (Evenaged Forest Method).** Phương pháp tạo lập rừng đồng tuổi bằng khai thác trắng.
- Phương pháp rừng khác tuổi (Unevenaged Forest Method).** Phương pháp tạo lập rừng khác tuổi bằng khai thác chọn và khai thác dần.
- Phương pháp tái sinh chồi (Coppice Method).** Phương pháp tái sinh rừng bằng chồi thân hoặc chồi rễ.
- Phương thức khai thác chọn (Selection Harvest System).** Một phương thức lâm sinh được sử dụng trong các rừng khác tuổi. Thuật ngữ này biểu thị khai thác theo định kỳ (10-20 năm...) những cây gỗ thành thực hoặc có kích thước mong muốn nhằm mục đích thu hoạch gỗ, duy trì rừng hỗn giao có kết cấu loài cây gỗ và phân bố số cây theo lớp tuổi và lớp kích thước mong muốn.
- Phương thức khai thác chọn thô (Selective Harvest System).** Một phương thức khai thác chọn theo định kỳ (10-20 năm...) được thực hiện trên tất cả những loài cây gỗ kinh tế theo giới hạn đường kính nhỏ nhất cho phép khai thác. Phương thức này thường dẫn đến sự thoái hóa rừng và không được xem là một phương thức lâm sinh chân chính.

- Phương thức khai thác dần (Shelterwood System).** Một phương thức lâm sinh bao gồm những giai đoạn tỉa thưa mạnh gần vào cuối giai đoạn rừng thành thực để tạo ra lớp cây tái sinh tự nhiên tương đối đồng tuổi trong lúc vẫn duy trì điều kiện tiểu khí hậu và đất trong thời kỳ thiết lập tái sinh rừng. Những cây gỗ để lại nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho cây tái sinh phát triển sẽ bị loại bỏ khi lớp cây tái sinh đã phát triển tốt hay không cần sự trợ giúp của hệ thống tán cây mẹ.
- Phương thức khai thác trắng (Clearcutting System).** Một phương thức lâm sinh được sử dụng để thu hoạch toàn bộ gỗ và lâm sản khác trên một khoảnh rừng và rừng mới được tái tạo bằng tái sinh tự nhiên hay tái sinh nhân tạo.
- Phương thức lâm sinh (Silvicultural System).** Phương thức lâm sinh còn được gọi là hệ thống lâm sinh hoặc chế độ lâm sinh hoặc chương trình lâm sinh. Thuật ngữ này biểu thị một chương trình bao gồm nhiều bước tác động (trồng rừng, nuôi rừng, khai thác rừng) đến rừng trong toàn bộ chu kỳ kinh doanh (rừng trồng) hoặc luân kỳ kinh doanh (rừng tự nhiên) nhằm dẫn dắt rừng đạt đến mục tiêu mong muốn. Mặc dù trong một phương thức lâm sinh có thể có cả phương pháp tái sinh và hoạt động nuôi dưỡng rừng, nhưng thông thường phương thức lâm sinh chỉ sử dụng tên gọi của phương thức tái sinh. Ví dụ: Phương thức khai thác chọn - tái sinh tự nhiên bao gồm cả tỉa thưa quần thụ trong thời kỳ nuôi dưỡng rừng.
- Phương thức lâm sinh chân chính (True Silvicultural System).** Phương thức lâm sinh được xây dựng phù hợp với những nguyên lý lâm sinh và nhờ đó những cây gỗ hợp thành rừng được nuôi dưỡng, thu hoạch và thay thế bằng những lớp cây mới khỏe mạnh hơn.
- Phương thức rừng đồng tuổi (Even-Aged System).** Một hệ thống những cách thức xử lý lâm sinh được thiết kế để tạo lập hoặc duy trì rừng đồng tuổi hay rừng ưu thế một lớp tuổi.
- Phương thức rừng thác tuổi (Uneven-Aged System).** Một hệ thống những cách thức xử lý lâm sinh được thiết kế để tạo lập hoặc duy trì rừng khác tuổi.
- Quần hợp thực vật (Plant Association).** Một quần xã thực vật có kết cấu loài cây và hình dáng bên ngoài nhất định sinh trưởng trong môi trường nhất định. Quần hợp thực vật là kết quả của sự thích nghi của một nhóm loài cây có độ tin tưởng cao đối với điều kiện môi trường nhất định.
- Quần hợp cây gỗ (Tree Association).** Một quần xã cây gỗ có kết cấu loài và hình dáng bên ngoài nhất định sinh trưởng trong môi trường nhất định. Quần hợp cây gỗ là kết quả của sự thích nghi của một nhóm loài cây gỗ có độ tin tưởng cao đối với điều kiện môi trường nhất định. Trong lâm học Việt Nam, quần hợp thực vật biểu thị một quần xã cây gỗ mà số cá thể hay thể tích của 1-2 loài chiếm 90% tổng số cá thể hay thể tích của toàn bộ quần xã cây gỗ (Thái Văn Trùng, 1999).
- Quần hệ thực vật (Plant Formation).** Những quần xã thực vật trong một khu vực nhất định có dạng sống và tập tính tương tự như nhau. Ví dụ: Quần hệ cây gỗ, quần hệ cây bụi và quần hệ cây thân thảo trong một thảm thực vật ở vành đai nhiệt đới.
- Quần hệ cây gỗ (Tree Formation).** Quần hệ thực vật với cây gỗ chiếm ưu thế. Ví dụ: Tập hợp các loài cây gỗ trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Đông Nam Bộ.
- Quần hệ cây bụi (Shrub Formation).** Quần hệ thực vật với cây bụi chiếm ưu thế.
- Quần hệ cây thân thảo (Weed Formation).** Quần hệ thực vật với cây thân thảo chiếm ưu thế. Ví dụ: Các đồng cỏ (Savanna) ở nhiệt đới.
- Quần thể (Population).** Một nhóm cá thể có quan hệ với nhau về di truyền.

- Quần thể tự điều chỉnh (Intrinsic Population Regulation).** Sự điều chỉnh kích thước quần thể gây ra bởi những quá trình diễn ra trong quần thể. Ví dụ: Sự điều chỉnh kích thước quần thể gây ra bởi sự cạnh tranh giữa các loài cây, tập tính và đặc tính di truyền của loài...
- Quần thụ (Stand).** Tập hợp các cây gỗ trong một hệ sinh thái rừng. Ví dụ: Tập hợp thành phần loài cây gỗ trong một khoảnh rừng nhất định.
- Quần thụ đồng tuổi (Even Stand).** Tập hợp những cây gỗ trong rừng thuần loài đồng tuổi.
- Quần thụ thuần loài (Pure Stand, Monoculture).** Tập hợp những cá thể của cùng một loài cây gỗ trong rừng thuần loài đồng tuổi và rừng thuần loài khác tuổi.
- Quần thụ hỗn giao (Mixed Stand).** Tập hợp các loài cây gỗ trong rừng hỗn giao.
- Quần thụ khác tuổi (Uneven-Aged Stand).** Tập hợp những loài cây gỗ trong rừng thuần loài khác tuổi hoặc rừng hỗn giao khác tuổi.
- Quần thụ khác tuổi cân bằng (Regular Uneven-Aged Stand).** Quần thụ bao gồm hai hay nhiều lớp tuổi; trong đó mỗi lớp tuổi có diện tích bằng nhau.
- Quá trình sinh thái (Ecological Process).** Một chuỗi các ảnh hưởng của sinh vật và môi trường (khí hậu, địa hình, đất, hoạt động của con người) có quan hệ với sự phát sinh, sinh trưởng và phát triển của sinh vật trong môi trường sống của chúng.
- Quần xã (Community).** Tập hợp các loài sinh vật (thực vật, động vật, vi sinh vật) tương tác qua lại với nhau bằng các dòng năng lượng và vật chất trong một hệ sinh thái. Thành phần sinh vật của một hệ sinh thái nhất định.
- Quần xã thực vật (Plant Community).** Tập hợp các loài cây trong một hệ sinh thái. Thành phần loài cây của một hệ sinh thái.
- Quần xã cây gỗ (Tree Community).** Tập hợp các loài cây gỗ trong một hệ sinh thái rừng. Thành phần loài cây gỗ của một hệ sinh thái rừng.
- Quần xã cây gỗ cao đỉnh (Climax Tree Community).** Đó là quần xã cây gỗ tương đối ổn định và có khả năng tự thay thế qua nhiều thế hệ.
- Quần xã sinh thái đệm (Buffer Ecological Community).** Quần xã sinh vật bao gồm những loài sinh vật và điều kiện môi trường sống của cả hai quần xã sinh vật kế cận. Ví dụ: (1) Quần xã sinh vật nằm giữa rừng và đồng cỏ; (2) Quần xã sinh vật nằm giữa rừng trên núi thấp và núi cao.
- Quản lý rừng (Forest Management).** Áp dụng những nguyên lý sinh thái rừng, lâm sinh học, sản lượng rừng, khí hậu rừng, đất rừng, kinh tế và xã hội để kiểm soát rừng nhằm đạt được mục đích mong muốn.
- Rừng (Forest).** Rừng là một khoảnh đất được bao phủ bởi những cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo, hệ động vật và vi sinh vật và giữa chúng có mối quan hệ qua lại với nhau thông qua trao đổi năng lượng và chất khoáng. Rừng có khả năng tự tái sinh. Theo nghĩa quản lý, sử dụng và kinh doanh rừng, rừng là một khoảnh đất từ 1ha trở lên mà có cây gỗ cao hơn 5m che phủ ít nhất 10% diện tích mặt đất (FAO, 1995-2020).
- Rừng bảo vệ môi trường (Environment Protection Forest).** Rừng phân bố xung quanh những khu dân cư, khu công nghiệp và ven đường giao thông. Chúng được sử dụng để tạo lập cảnh quan, điều hòa tiểu khí hậu, phòng chống gió hại, ngăn chặn các chất gây ô nhiễm, bảo vệ khu dân cư và các công trình xây dựng.
- Rừng bị suy thoái (Degraded Forest).** Rừng bị mất mát những loài cây gỗ và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc bị phá vỡ, sản lượng gỗ và các chức năng sinh thái bị suy giảm.

- Rừng bị xáo trộn hay rối loạn (Disturbed Forest).** Rừng bị dao động về thành phần loài cây gỗ, cấu trúc, sản lượng và các chức năng sinh thái do ảnh hưởng của con người và tự nhiên trong một thời gian nào đó.
- Rừng cao đỉnh (Climax Forest).** Rừng ở giai đoạn cuối của chuỗi diễn thế có thành phần loài cây gỗ ổn định tương đối với điều kiện khí hậu vùng, quần xã cây gỗ có khả năng tự thay thế thông qua tái sinh liên tục của những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế.
- Rừng cây bụi (Thicket).** Rừng hình thành từ cây bụi có thân thấp, tán lá kín và mật độ cao kết hợp với cây gỗ nhỏ (chiều cao không quá 8 m) có tán lá kín hoặc thưa, không hoặc chỉ có lớp cỏ thưa.
- Rừng cây gỗ-cây bụi thưa (Open Woodland).** Rừng hình thành từ cây gỗ có kích thước nhỏ (chiều cao không quá 8 m) và trung bình, tán lá thưa hay tán không khép kín, dưới tán cây gỗ xuất hiện lớp cây bụi và thảm cỏ che phủ gần như liên tục ($\geq 40\%$ bề mặt đất). Ví dụ: Rừng thưa với ưu thế cây họ Sao Dầu (Diperoaceae) ở phía tây của khu vực Tây Nguyên.
- Rừng chồi (Bud Forest).** Rừng hình thành từ các cây gỗ tái sinh từ chồi (gốc, rễ).
- Rừng công viên (Park Forest).** Những quần xã cây gỗ phân bố trong những công viên được sử dụng để tạo lập cảnh quan, điều hòa tiểu khí hậu và nâng cao giá trị thẩm mỹ cho những công trình và khu dân cư (làng, xã, thị xã, thành phố).
- Rừng cây gai (Thorn Forest).** Rừng hình thành chủ yếu từ cây gỗ rụng lá, thân và cành có gai và có thể gặp nhiều thực vật mọng nước có gai.
- Rừng đặc dụng (Special Forest).** Rừng được sử dụng vào những mục đích đặc biệt như bảo tồn thiên nhiên; bảo vệ nguyên trạng các hệ sinh thái rừng tự nhiên; bảo vệ nguồn gene thực vật và động vật quý, hiếm hoặc có giá trị cao về kinh tế; bảo vệ các di tích lịch sử, văn hóa và danh lam thắng cảnh; nghiên cứu khoa học và tham quan du lịch...
- Rừng già (Old Growth Forest).** Rừng tự nhiên và rừng trồng đã phát triển đến giai đoạn ổn định về kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng tương tự như rừng nguyên sinh ở giai đoạn cao đỉnh.
- Rừng hạt (Seed Forest).** Rừng hình thành từ các cây gỗ tái sinh từ hạt.
- Rừng hỗn giao (Mixed Species Forest).** Rừng được hình thành từ hai loài cây gỗ trở lên.
- Rừng hỗn giao cây gỗ và Tre (Tree-Bamboo Forest).** Rừng hỗn giao giữa cây gỗ và tre; trong đó cây gỗ chiếm ưu thế.
- Rừng hỗn giao Tre và cây gỗ (Bamboo Tree Forest).** Rừng hỗn giao giữa tre và cây gỗ; trong đó tre chiếm ưu thế.
- Rừng hỗn giao đồng tuổi (Even Mixed Forest).** Rừng được hình thành từ hai loài cây gỗ trở lên mà tuổi của chúng bằng nhau.
- Rừng hỗn giao khác tuổi (Uneven Mixed Forest).** Rừng được hình thành từ hai loài cây gỗ trở lên mà tuổi của chúng khác nhau.
- Rừng khép tán (Crown Closure Forest).** Một giai đoạn trong đời sống của rừng mà tán của những cây gỗ kế bên đan xen vào nhau.
- Rừng khô (Dry Forest).** Rừng hình thành ở những nơi có khí hậu phân mùa rõ rệt với 6 tháng khô trở lên. Lượng mưa rất thấp (< 1.000 mm/năm) và nhiệt độ cao ($> 30^{\circ}\text{C}$). Những loài cây gỗ và cây bụi của rừng khô thường thấp, rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh. Kiểu rừng này bắt gặp cả ở miền nhiệt đới và ôn đới.
- Rừng khô nhiệt đới (Tropical Dry Forest).** Rừng hình thành từ những loài cây gỗ rụng lá về mùa khô hoặc mùa đông ở miền nhiệt đới. Loại rừng này xuất hiện ở những nơi

có lượng mưa rất thấp (<1.000 mm/năm) và nhiệt độ cao ($>30^{\circ}\text{C}$) quanh năm thuộc miền nhiệt đới.

Rừng kín (Dense or Closed Forest). Rừng được hình thành từ những cây thân gỗ to lớn với tán lá khép kín (Thái Văn Trùng, 1999). Rừng được hình thành từ những cây gỗ to lớn với độ che phủ của tán lớn hơn 70% bề mặt đất.

Rừng hơi kín (Mod Dense Forest). Rừng được hình thành từ những cây gỗ to lớn với độ che phủ của tán từ 40-70% bề mặt đất.

Rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới (Tropical Moist Evergreen Closed Forest). Rừng có tán lá kín, lá thường xanh ($>75\%$ số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh) và xuất hiện ở vành đai nhiệt đới với lượng mưa từ 1.200- 2.500mm/năm, 1-3 tháng khô (lượng mưa $<50\text{mm}$ /tháng), 0-1 tháng hạn (lượng mưa <25 mm/tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa $<5\text{mm}$ /tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).

Rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới (Tropical Semimoist Evergreen Closed Forest). Rừng có tán lá kín, lá thường xanh ($>75\%$ số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh) và xuất hiện ở vành đai nhiệt đới với lượng mưa từ 1.200- 2.500 mm/năm, 4-6 tháng khô (lượng mưa $<50\text{mm}$ /tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa $<25\text{mm}$ /tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa $<5\text{mm}$ /tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).

Rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới (Tropical Wetrain Evergreen Closed Forest). Rừng có tán lá kín, lá thường xanh ($>75\%$ số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh) và xuất hiện ở vành đai nhiệt đới với lượng mưa lớn hơn 2.500 mm/năm, 0-3 tháng khô (lượng mưa $<50\text{mm}$ /tháng), 0 tháng hạn (lượng mưa $<25\text{mm}$ /tháng), 0 tháng kiệt (lượng mưa $<5\text{mm}$ /tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí lớn hơn 85% (Thái Văn Trùng, 1999).

Rừng lá kim (Coniferous Forest). Rừng bao gồm những loài cây gỗ có lá nhỏ.

Rừng lá kim núi cao nhiệt đới (Tropical Alpine Coniferous Forest). Rừng bao gồm những loài cây gỗ có lá nhỏ mọc trên núi cao ($>1.800\text{m}$) ở miền nhiệt đới.

Rừng lá rộng (Broadleaves Forest). Rừng bao gồm những loài cây gỗ có lá rộng.

Rừng lá rộng thường xanh (Evergreen Broadleaves Forest). Rừng bao gồm trên 75% số cây gỗ có lá rộng và xanh quanh năm.

Rừng lá rộng nửa thường xanh (Semi-evergreen Broadleaves Forest). Rừng bao gồm 25-75% số cây gỗ có lá rộng và xanh quanh năm.

Rừng nửa thường xanh (Semievergreen Forest). Rừng có 25-75% số cây gỗ rụng lá về mùa khô hay mùa lạnh.

Rừng lục hóa (Green Forest). Những dải rừng, hàng cây, vườn cây, thảm cỏ và vườn hoa được sử dụng để tạo lập cảnh quan và nâng cao giá trị thẩm mỹ cho những khu dân cư và công trình xây dựng, bảo vệ môi trường sống cho con người.

Rừng mưa (Rainforest). Rừng sinh trưởng trong vùng khí hậu không có sự thiếu hụt nước trong mùa sinh trưởng. Thuật ngữ này thường được sử dụng để định nghĩa rừng tiếp nhận lượng mưa cao (>2.000 mm/năm) và phân bố đều trong năm.

Rừng nhiệt đới (Tropical Forest). Rừng sinh trưởng giữa các vĩ độ 23° Bắc và 23° Nam. Những đặc tính cơ bản của rừng nhiệt đới là đa dạng cao về thực vật, tính phân mùa khá rõ ràng (không có mùa đông lạnh; có 2 mùa mưa và khô rõ ràng), độ dài ngày 12 giờ. Rừng nhiệt đới được phân chia nhỏ thành một số kiểu: Rừng mưa thường xanh (Không có mùa khô); Rừng mưa theo mùa (2-3 tháng khô; cây gỗ tầng trên rụng lá, còn cây tầng thấp vẫn xanh); Rừng nửa thường xanh (4-6 tháng khô; cây

gỗ tầng trên rụng lá, còn cây tầng thấp vẫn xanh); Rừng khô rụng lá (6-8 tháng khô; cây gỗ đều rụng lá).

Rừng mưa nhiệt đới (Tropical Rainforest). Rừng có tán lá kín và được hình thành từ những loài cây gỗ ưa ẩm, lá rộng và thường xanh cùng với những loài cây thuộc các dạng sống khác nhau trong vành đai nhiệt đới. Loại rừng này phân bố ở miền nhiệt đới ẩm với lượng mưa lớn hơn 1.680 mm/năm. Chúng cũng phân bố ở những vùng núi cao ẩm ướt tại vành đai nhiệt đới, vùng á nhiệt đới và vùng khí hậu có tính chất đại dương.

Rừng ngập nước (Flooded Forest). Rừng hình thành trên đất ngập nước.

Rừng ngập nước mặn (Mangrove Forest). Rừng hình thành trên đất ngập nước mặn ở ven cửa sông và ven biển. Ví dụ: Rừng Đước (*Rhizophora apiculat* Blume) ở miền Tây Nam Bộ.

Rừng ngập nước phèn (Alumwater Forest). Rừng hình thành trên đất ngập nước phèn do úng nước mưa. Ví dụ: Rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở miền Tây Nam Bộ.

Rừng nguyên sinh (Primary Forest). Rừng nguyên sinh còn được gọi là rừng nguyên thủy (Primaval Forest), rừng ở giai đoạn cuối của chuỗi diễn thế (Late Seral Forest), rừng già (Old Growth Forest), rừng chưa khai phá (Virgin Forest). Rừng hình thành bằng con đường tự nhiên mà chưa bị tác động bởi con người hoặc chỉ bị con người can thiệp thông qua thu hái hoa quả, cây thuốc và săn bắt thú rừng. Tất cả những hoạt động này không làm thay đổi các chức năng, kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc, đa dạng loài sinh vật và sản lượng gỗ của rừng.

Rừng nguyên sinh được quản lý (Management Premary Forest). Rừng nguyên sinh được khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ theo những nguyên lý lâm sinh.

Rừng nguyên sinh không được quản lý (Unmanagement Premary Forest). Rừng nguyên sinh được khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ không theo đúng những nguyên lý lâm sinh.

Rừng nguyên sinh thoái biến (Degraded Premary Forest). Rừng nguyên sinh bị suy giảm về thành phần loài cây gỗ, đa dạng sinh vật, cấu trúc, sản lượng gỗ, đất. Rừng đã bị khai thác kiệt gỗ và những lâm sản ngoài gỗ. Loại rừng này hình thành từ rừng nguyên sinh và rừng nguyên sinh được quản lý, nhưng chúng bị khai thác gỗ và lâm sản ngoài gỗ với cường độ rất cao. Thành phần cây gỗ, cấu trúc, những quá trình sinh địa hóa, các chức năng và động thái của rừng nguyên sinh bị suy thoái thay đổi vượt ra ngoài phạm vi biến đổi của rừng nguyên sinh. Đất dưới tán rừng bị suy thoái thường bị cỏ dại, cây bụi và thực vật thân leo che phủ. Mức độ đất bị thoái hóa và thiếu nguồn cây giống là những yếu tố ngăn cản quá trình diễn thế tiến về các thứ bậc cao hơn trong loạt diễn thế tiến về rừng cao đỉnh.

Rừng nhiên liệu (Fuel Forest). Rừng cung cấp gỗ nhiên liệu hay củi.

Rừng ôn đới (Temperate Forest). Rừng sinh trưởng ở vành đai ôn đới. Loại rừng này phân bố ở phía đông của Bắc Mỹ, đông bắc Châu Á, phía tây và vùng trung tâm Châu Âu. Những đặc tính cơ bản của rừng ôn đới là đa dạng loài cây gỗ rất thấp (3-4 loài/km²); tính phân mùa rõ ràng (mùa đông lạnh 4-6 tháng); lượng mưa dao động từ 700-4.500mm/năm; nhiệt độ không khí dao động từ -30⁰C đến 30⁰C; ưu thế cây gỗ lá kim, cây gỗ lá rộng rụng lá hoàn toàn về mùa đông lạnh. Rừng ôn đới được phân chia nhỏ thành một số kiểu: Rừng lá kim và lá rộng ẩm (Mùa đông ẩm, còn mùa hè khô); Rừng lá kim khô (Vùng núi cao, lượng mưa thấp <2.500mm/năm); Rừng Địa Trung Hải (Lượng mưa thấp <2.500 mm/năm và tập trung về mùa đông);

- Rừng lá kim ôn đới (Mùa đông khá dài, lượng mưa >2.000 mm/năm); Rừng mưa lá rộng ôn đới (Mùa đông khá dài và có tuyết rơi, lượng mưa >2.500 mm/năm).
- Rừng phân mùa nhiệt đới (Tropical Seasonal Forest).** Rừng phân mùa nhiệt đới còn được gọi là rừng rụng lá ẩm nhiệt đới (Tropical Moist Deciduous Forest), rừng phân mùa nửa thường xanh nhiệt đới (Tropical Semi-evergreen Seasonal Forest). Loại rừng này hình thành từ một số loài cây gỗ rụng lá về mùa khô.
- Rừng phong cảnh (Landscape Forest).** Rừng tạo lập cảnh quan đẹp cho những khu dân cư, thành phố, khu nghỉ dưỡng và tham quan du lịch.
- Rừng phòng hộ (Protection Forest).** Rừng được sử dụng vào mục đích bảo vệ môi trường và hoạt động sống của con người. Ví dụ: Rừng bảo vệ và nuôi dưỡng nguồn nước; Rừng bảo vệ và phòng chống thoái hóa và xói mòn đất; Rừng bảo vệ và phòng chống cát bay; Rừng phòng chống thiên tai (bão, lũ, lụt, sạt lở đất, hạn hán...).
- Rừng phòng hộ chống cát bay (Protection Forest Against Flying Sand).** Rừng phân bố ở những vùng đất cát và được sử dụng để hạn chế gió hại và chống cát bay, cố định và cải thiện đất, bảo vệ khu dân cư và các công trình ven biển.
- Rừng phòng hộ chống gió hại (Protection Forest Against Harmful Wind).** Rừng được sử dụng để ngăn cản gió hại đối với khu dân cư và cây nông nghiệp.
- Rừng phòng hộ đầu nguồn (Watershed Protection Forest).** Rừng phân bố ở đầu nguồn nước hay thượng lưu. Chúng được sử dụng để bảo vệ và nuôi dưỡng nguồn nước, điều hòa dòng chảy, hạn chế lũ, lụt, sạt lở đất, hạn hán, điều hòa khí hậu trong khu vực và vùng hạ lưu.
- Rừng phòng hộ ven biển (Coastal Protection Forest).** Rừng phân bố ở những vùng đất khô hay ngập nước ven biển. Chúng được sử dụng để chắn sóng, hạn chế gió hại và chống cát bay, cố định và cải thiện đất, bảo vệ khu dân cư và các công trình ven biển, tạo ra môi trường sống có lợi cho các sinh vật trong vùng đất ngập nước mặn ven biển.
- Rừng rụng lá (Deciduous Forest).** Rừng có hơn 75% số cây rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh (Thái Văn Trùng, 1999). Ví dụ: Rừng ưu thế cây họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae) ở phía tây của vùng Tây Nguyên.
- Rừng rụng lá khô (Dry Deciduous Forest).** Rừng kín có hơn 75% số cây rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh, lớp cây bụi và cây thân thảo che phủ kín mặt đất (Thái Văn Trùng, 1999).
- Rừng rụng lá nhiệt đới (Tropical Deciduous Forest).** Rừng hình thành từ những loài cây gỗ rụng lá (>75% số cây rụng lá) về mùa khô hoặc mùa lạnh, ra lá mới và sinh sản vào cuối mùa khô, quả phát tán vào đầu mùa mưa. Loại rừng này phân bố ở vành đai nhiệt đới với lượng mưa nhỏ hơn 1.500mm/năm, nhiệt độ cao (>30⁰C) hoặc nơi có mùa đông không quá lạnh (>18⁰C) ở vành đai nhiệt đới.
- Rừng Sao Dầu (Dipterocarp Forest).** Rừng hỗn giao; trong đó cây họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae) chiếm ưu thế sinh thái.
- Rừng Taiga (Taiga or Boreal Forest).** Rừng Taiga còn gọi là rừng ở vùng cực bắc. Rừng xuất hiện ở vĩ độ 50-60⁰ Bắc. Rừng Taiga mọc ở nơi có mùa hè ngắn, ẩm và tương đối ẩm, còn mùa đông dài, lạnh và khô. Độ dài của mùa sinh trưởng khoảng 130 ngày. Hệ thực vật là những cây gỗ thường xanh, lá kim và chống chịu tốt với giá lạnh.
- Rừng thân cao (Tall Stem Forest).** Rừng bao gồm những loài cây gỗ to lớn, chiều cao toàn thân trên 25m khi trưởng thành.
- Rừng thân thấp (Low Stem Forest).** Rừng bao gồm những loài cây gỗ nhỏ, chiều cao toàn thân dưới 15m khi trưởng thành.

- Rừng thứ sinh (Secondary Forest).** Rừng được hình thành từ các quần xã cây gỗ thứ sinh thay thế các quần xã cây gỗ của rừng nguyên sinh. Đặc điểm chung của những loài cây gỗ ở rừng thứ sinh là ưa sáng mạnh, sinh trưởng nhanh, gỗ trắng và mềm, quả và hạt phát tán nhờ gió, cây con tái sinh kém dưới tán rừng. Rừng trồng và rừng tự nhiên phục hồi lại sau khai thác trắng hoặc sau khi bị cháy hoặc bị sâu hại cũng được gọi là rừng thứ sinh.
- Rừng thứ sinh nhân tác (Artificial Secondary Forest).** Rừng thứ sinh được hình thành do ảnh hưởng của con người. Ví dụ: (1) Rừng thứ sinh được hình thành do khai thác trắng; (2) Rừng thứ sinh được hình thành trên những nương rẫy bỏ hóa.
- Rừng thưa (Thin Forest).** Rừng được hình thành từ những cây gỗ to lớn với tán lá thưa hoặc mật độ thưa. Rừng thưa là rừng có độ che phủ của tán từ 10-40% bề mặt đất. Rừng thưa ở vùng nhiệt đới được hình thành do sự thiếu hụt nước. Rừng thưa ở vùng ôn đới được hình thành do nhiệt độ thấp.
- Rừng thưa rụng lá hơi khô nhiệt đới (Tropical Semi-dry Deciduous Thin forest).** Rừng được hình thành từ những loài cây gỗ rụng lá về mùa khô, tán thưa hoặc mật độ thấp ở những khu vực hơi khô trong vành đai nhiệt đới. Loại rừng này xuất hiện ở những nơi có lượng mưa từ 600-1.200 mm/năm, 4-6 tháng khô (lượng mưa < 50mm/tháng), 1-2 tháng hạn (lượng mưa < 25mm/tháng), 0-1 tháng kiệt (lượng mưa < 5 mm/tháng), độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất của không khí nhỏ hơn 50% (Thái Văn Trùng, 1999).
- Rừng thuần loài (Pure Species Forest).** Rừng được hình thành từ một loài cây gỗ nhất định.
- Rừng thuần loài đồng tuổi (Even Pure Forest).** Rừng được hình thành từ một loài cây gỗ mà các cá thể có tuổi bằng nhau.
- Rừng thuần loài đồng tuổi tương đối (Relative Even Pure Forest).** Rừng được hình thành từ một loài cây gỗ mà các cá thể chỉ khác nhau một cấp tuổi.
- Rừng thuần loài khác tuổi (Uneven Pure Forest).** Rừng được hình thành từ một loài cây gỗ mà các cá thể có tuổi khác nhau.
- Rừng thường xanh (Evergreen Forest).** Rừng có trên 75% số cây gỗ có lá thường xanh quanh năm (Thái Văn Trùng, 1999).
- Rừng thường xanh nhiệt đới (Tropical Evergreen Forest).** Rừng có lá thường xanh quanh năm (>75% số cây không rụng lá về mùa khô hoặc mùa lạnh) và xuất hiện ở miền nhiệt đới với lượng mưa trên 2.000mm/năm, nhiệt độ trung bình 25⁰C và không có mùa đông lạnh.
- Rừng trên núi thấp (Low mountain Forest).** Rừng hình thành trên núi có độ cao dưới 700m.
- Rừng trên núi cao (High mountain Forest).** Rừng hình thành trên núi có độ cao trên 1.500m.
- Rừng trên núi đá (Rocky-Mountain Forest).** Rừng hình thành trên núi với hơn 80% bề mặt núi là đá.
- Rừng trên núi đất (Land-Mountain Forest).** Rừng hình thành trên núi với hơn 80% bề mặt núi là đất.
- Rừng trồng (Planted Forest, Forest Plantation).** Rừng được tạo lập bằng cách trồng hoặc gieo hạt trong quá trình trồng rừng và khôi phục rừng.
- Rừng trồng cây ngoại lai (Exotic Species Plantation).** Rừng trồng từ những loài cây gỗ không có trong tự nhiên ở nước đó. Rừng trồng từ những loài cây gỗ nhập nội.
- Rừng trồng cây bản địa (Native Species Plantation).** Rừng trồng từ những loài cây gỗ có trong tự nhiên ở nước đó.

- Rừng trồng hỗn giao (Mixed Forest Plantation).** Rừng trồng từ một số loài cây gỗ.
- Rừng trồng hỗn giao đồng tuổi (Even Mixed Forest Plantation).** Rừng trồng từ một số loài cây gỗ mà tuổi của chúng bằng nhau tuyệt đối hoặc tương đối (khác nhau một cấp tuổi).
- Rừng trồng hỗn giao khác tuổi (Uneven Mixed Forest Plantation).** Rừng trồng từ một số loài cây gỗ mà tuổi của chúng khác nhau hơn một cấp tuổi.
- Rừng trồng thuần loài (Pure Species Forest Plantation).** Rừng trồng từ một loài cây gỗ nhất định. Ở nghĩa rộng, rừng trồng bao gồm 80% số cây thuộc cùng một loài.
- Rừng trồng thuần loài đồng tuổi (Even Pure Species Forest Plantation).** Rừng trồng từ một loài cây gỗ nhất định mà tuổi của chúng bằng nhau tuyệt đối hoặc tương đối (khác nhau một cấp tuổi).
- Rừng trồng thuần loài khác tuổi (Uneven Pure Species Forest Plantation).** Rừng trồng từ một loài cây gỗ nhất định mà tuổi của chúng khác nhau hơn một cấp tuổi.
- Rừng trồng công nghiệp (Industrial Plantation Forest).** Rừng trồng để sản xuất gỗ cho công nghiệp gỗ xẻ, gỗ gia dụng (bàn và ghế), gỗ trang trí nội thất.
- Rừng trồng phi công nghiệp (Nonindustrial Forest Plantation).** Rừng trồng để cung cấp gỗ nhiên liệu (Củi), lâm sản ngoài gỗ, bảo vệ và cải thiện môi trường (đất, nước).
- Rừng tự nhiên bị biến đổi (Modified Natural Forest).** Rừng nguyên sinh đã bị khai thác gỗ và những lâm sản ngoài gỗ dẫn đến sự thay đổi thành phần loài và kết cấu loài cây gỗ, đa dạng sinh vật, cấu trúc, các chức năng và quá trình sinh địa hóa.
- Sản lượng (Production).** Tổng sinh khối hoặc số lượng vật chất hữu cơ mà quần xã sinh vật tạo ra được trên một diện tích nào đó và sau một thời gian nào đó. Thuật ngữ này không chỉ được sử dụng để phản ánh số lượng vật chất hữu cơ của một quần thể và một mức dinh dưỡng nhất định, mà còn cả quần xã và hệ sinh thái. Sản lượng không chỉ bao gồm số lượng vật chất hữu cơ hiện còn trên diện tích này ở cuối kỳ, mà còn cả số lượng vật chất hữu cơ đã được tạo ra và sau đó bị mất mát trong suốt thời gian này.
- Sản lượng rừng (Forest Production).** Tổng trọng lượng hay tổng khối lượng vật chất hữu cơ mà rừng tạo ra được trên một diện tích nào đó và sau một thời gian nào đó. Trong lâm nghiệp, sản lượng rừng được quan tâm nhiều nhất là sản lượng gỗ.
- Sản lượng gỗ hiện còn (Standing Timber Crop).** Sản lượng gỗ hiện còn là sản lượng gỗ trên cây đứng hay cây còn sống. Thuật ngữ biểu thị toàn bộ trọng lượng hoặc khối lượng gỗ của những cây gỗ còn sống.
- Sản lượng rừng bền vững (Sustained Forest Yield).** Thuật ngữ này được sử dụng trong điều chế rừng. Nó biểu thị sự cung cấp liên tục gỗ hoặc các lâm sản khác theo thời gian từ một đơn vị điều chế rừng. Nó không biểu thị sản lượng ổn định hoặc các điều kiện sinh thái ổn định trong một quần thụ nào đó. Nó dựa trên khái niệm về sự dao động của sản lượng rừng xung quanh một giá trị trung bình trong một thời gian dài. Trên một diện tích rừng nhỏ, sản lượng rừng bền vững thường được áp dụng cho điều chế rừng khác tuổi. Trên diện tích rừng lớn, sản lượng rừng bền vững thường được áp dụng cho cả điều chế rừng khác tuổi và điều chế rừng đồng tuổi.
- Sản lượng sơ cấp (Primary Production = NP).** Số lượng chất hữu cơ được thực vật tự dưỡng sản xuất ra trên một diện tích nào đó và sau một thời gian nào đó.
- Sản lượng sơ cấp thuần (Net Primary Production = NPP).** Tổng lượng quang hợp của thực vật (GPP) trừ đi phần hô hấp của thực vật (R) trên 1 đơn vị diện tích và trong 1 đơn vị thời gian (giờ, tháng, mùa, năm), nghĩa là $NPP = GPP - R$.
- Sản lượng thứ cấp (Secondary Production).** Khối lượng chất hữu cơ được sinh vật dị dưỡng sản xuất ra trong một thời gian (giờ, tháng, mùa, năm).

- Sản lượng thu hoạch (Crop).** Tổng khối lượng hoặc tổng trọng lượng vật chất hữu cơ có thể thu được từ một diện tích nào đó sau một thời gian nào đó. Ví dụ: Tổng khối lượng gỗ thu hoạch được từ một héc-ta rừng Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) trong chu kỳ 10 năm là $250 \text{ m}^3/\text{ha}$. Sản lượng gỗ tính theo đơn vị diện tích (1ha) và đơn vị thời gian (1 năm) được gọi là năng suất gỗ. Ở ví dụ trên, năng suất gỗ trung bình 10 năm của rừng Keo lá tràm là $250 \text{ m}^3/10 \text{ năm} = 25 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$.
- Sản lượng thuần (Net Production).** Sản lượng thuần (NP) còn được gọi là sản lượng hiện còn. Thuật ngữ biểu thị khối lượng chất hữu cơ được sinh vật tạo ra (GPP) trong một thời gian nhất định sau khi đã chi dùng cho hô hấp (R), nghĩa là $\text{NP} = \text{GPP} - \text{R}$.
- Sàn rừng (Forest Floor).** Lớp vật chất hữu cơ ở những trạng thái bị phân hủy khác nhau phân bố trên bề mặt đất dưới tán rừng. Sàn rừng còn bao gồm những sinh vật nhỏ bé (giun, cuốn chiếu, vi sinh vật...) sống trên bề mặt của lớp đất khoáng trong một khoảng rừng. Những sinh vật nhỏ bé này đóng góp vai trò hết sức to lớn trong đời sống của rừng. Ngoài chức năng cung cấp chất khoáng cho cây, nơi ở cho động vật và vi sinh vật đất, sàn rừng còn có khả năng ngăn chặn sự truyền nhiệt qua lại giữa hai môi trường không khí và đất, hạn chế hoặc đẩy nhanh quá trình thấm nước và bốc hơi nước từ đất... Vì thế, sàn rừng là một lớp đệm của rừng.
- Sinh hợp quần (Biome).** Sự phân chia nhỏ hệ sinh thái lục địa theo một số đặc trưng như dạng sống của thảm thực vật ưu thế ở giai đoạn cao đỉnh (Climax) hoặc giai đoạn cuối của chuỗi diễn thế, khí hậu, đất, địa hình; trong đó khí hậu là dấu hiệu cơ bản nhất. Một Biome bao gồm một quần hệ thực vật cùng chung sống với hệ động vật và vi sinh vật đặc trưng cho nó và một đới sống có một chuỗi đặc trưng về các điều kiện khí hậu miền (Đơn vị chia nhỏ của khí hậu lục địa) và đất.
- Sinh hợp rừng (Forest Biome).** Các hệ sinh thái với ưu thế cây gỗ to lớn cùng chung sống với những loài cây gỗ nhỏ, cây bụi, cây thân thảo, hệ động vật và vi sinh vật được phân chia theo vĩ độ, khí hậu, đất, địa hình; trong đó vĩ độ và khí hậu là hai dấu hiệu cơ bản. Ví dụ: Theo vĩ độ và khí hậu, Biome rừng được phân chia thành ba kiểu: Rừng nhiệt đới (Tropical Forest); Rừng ôn đới (Temperate Forest); Rừng phương Bắc hay rừng Taiga (Boreal Forest). Theo độ cao, Biome rừng được phân chia thành ba kiểu: Rừng trên núi thấp; Rừng trên núi trung bình; Rừng trên núi cao. Ở nghĩa rộng, Biome rừng cũng tương đồng với thảm thực vật rừng.
- Sinh khối (Biomass).** Khối lượng của một cá thể, một quần thể, một quần xã sinh vật đang sống. Thuật ngữ sinh khối cũng được dùng để biểu thị cho sinh khối của toàn bộ các vật sống trong hệ sinh thái.
- Sinh quyển (Biosphere).** Sinh quyển là các phần chứa sự sống trên trái đất. Sinh quyển của trái đất được tính từ độ sâu nhất của hệ rễ cây đến môi trường sâu nhất của đại dương và lớp không khí có chứa sự sống ở phía trên bề mặt đất.
- Sinh thái cảnh (Ecotope).** Tập hợp các thành phần vô cơ của một hệ sinh thái: ánh sáng, không khí, đất.
- Sinh vật cảnh (Biotope).** Sinh vật cảnh hay sinh cảnh cũng đồng nghĩa với nơi ở (Habitat). Thuật ngữ biểu thị điều kiện môi trường cung cấp nơi ở và nguồn sống cho sinh vật. Môi trường sống của mỗi loài sinh vật khác với môi trường sống của quần xã sinh vật.
- Sinh thái học (Ecology).** Khoa học nghiên cứu sự tương tác giữa các sinh vật với môi trường sống của chúng. Khoa học nghiên cứu các hệ sinh thái, các thành phần của hệ sinh thái, các quá trình và sự thay đổi của chúng theo không gian và thời gian. Khoa học nghiên cứu về mật độ, động thái, sự phân bố của các sinh vật và sự tương tác giữa chúng với môi trường hữu cơ và môi trường vô cơ.

- Sinh thái học quần thể thực vật (Plant Population Ecology).** Khoa học chuyên nghiên cứu các quá trình sinh thái ấn định sự phát sinh, kích thước quần thể, sinh trưởng và phát triển, sinh sản và tử vong của quần thể thực vật.
- Sinh thái học quần xã thực vật (Plant Community Ecology = Phytocenose).** Khoa học nghiên cứu các điều kiện phát sinh quần xã thực vật, các mối quan hệ giữa các loài cây và giữa chúng với môi trường.
- Sinh thái học rừng (Forest Ecology).** Khoa học nghiên cứu sự tương tác giữa rừng với môi trường sống của chúng, các quy luật tái sinh của các loài cây gỗ, những đặc tính của quần thể và quần xã cây gỗ, động thái biến đổi của rừng theo không gian và thời gian, phân loại rừng.
- Sinh thái học ứng dụng (Practic Ecology).** Các phân môn của sinh thái học chuyên nghiên cứu và thực hành tái lập lại hoặc xây dựng mới các hệ sinh thái riêng biệt trên cơ sở những kiến thức chung của sinh thái học. Sinh thái rừng là một môn sinh thái học ứng dụng.
- Sinh thái sản lượng thực vật (Plant Production Ecology).** Khoa học chuyên nghiên cứu hệ thống các quá trình sinh thái và sinh lý ấn định diện tích lá, tổng số quang hợp, quang hợp thuần, hiệu suất quang hợp, sự phân phối sản phẩm quang hợp đến các cơ quan khác nhau của thực vật, sự hao hụt sinh khối do rơi rụng và tử vong, tỷ lệ sinh khối thu hoạch và không thu hoạch (hệ số thu hoạch).
- Sinh vật đẳng nhiệt (Homeotherm).** Sinh vật duy trì nhiệt độ bên trong cơ thể tương đối ổn định bằng khả năng của các quá trình sinh lý. Sinh vật đẳng nhiệt còn được gọi là động vật máu nóng. Chúng thường có lớp bảo vệ bên ngoài như lông và lớp mỡ dày dưới da.
- Sinh vật dị dưỡng (Heterotrophs).** Sinh vật dị dưỡng còn được gọi là sinh vật thứ cấp. Những sinh vật sống phụ thuộc vào nguồn năng lượng sinh học. Sinh vật không thể sử dụng trực tiếp năng lượng ánh sáng mặt trời.
- Sinh vật hoại sinh (Detrivore).** Những sinh vật đáp ứng nhu cầu năng lượng của mình bằng cách ăn các xác chết. Chúng bao gồm sinh vật phân hủy và sinh vật ăn xác hữu cơ thối rữa.
- Sinh vật ngày dài (Long Day Organism).** Sinh vật sử dụng độ dài ngày lớn hơn 14-16 giờ để hoàn thành một số chức năng trong lịch sử đời sống của nó. Những loài cây và động vật đặc trưng cho các vĩ độ cao.
- Sinh vật ngày ngắn (Short Day Organism).** Sinh vật sử dụng ngày ngắn hơn 14 giờ và đêm dài như là một tín hiệu môi trường để hoàn thành các chức năng sinh sản, sinh trưởng và các quá trình sinh lý trong chu kỳ sống của nó. Những loài cây và động vật đặc trưng cho các vĩ độ thấp và trung bình.
- Sinh vật quang dưỡng (Photoautotrophs).** Sinh vật tự hấp thu năng lượng từ mặt trời để đáp ứng cho tăng trưởng, sinh sản và các quá trình sống khác. Hầu hết các sinh vật quang dưỡng là thực vật.
- Sinh vật hóa dưỡng (Chemotrophs).** Sinh vật tự thu năng lượng từ sự biến đổi của các chất vô cơ để đáp ứng cho tăng trưởng, sinh sản và các quá trình sống khác.
- Sinh vật tự dưỡng (Autotrophs).** Sinh vật tự dưỡng còn được gọi là sinh vật sơ cấp. Những sinh vật tự thu nhận năng lượng cần cho sự đồng hóa từ môi trường vô cơ. Sinh vật tự dưỡng bao gồm sinh vật quang dưỡng (Sinh vật tự thu năng lượng từ ánh sáng mặt trời) và sinh vật hóa dưỡng (Sinh vật tự thu năng lượng từ sự biến đổi của các chất vô cơ).
- Sự cạnh tranh (Competition).** Sự tương tác giữa hai hay nhiều loài sinh vật sử dụng cùng một nguồn thức ăn và nơi ở nhưng nguồn thức ăn và nơi ở này có giới hạn.

- Sự chi dùng nước (Water Spender).** Thực vật duy trì tốc độ thoát hơi nước cao bằng cách đảm bảo sự cung cấp nước đều đặn cho lá. Đặc tính này thường thấy ở những loài cây có tỷ lệ rễ/chiều cao thân khá cao, rễ ăn sâu và rộng.
- Sự cố định nitơ sinh học (Biological Nitrogen Fixation).** Sự cố định nitơ được thực hiện bởi các vi sinh vật có thể khử nitơ tự do trong không khí và liên kết nó thành các phân tử hữu cơ, chẳng hạn aminoaxít và protein.
- Sự dao động của rừng (Forest Fluctuation).** Những biến đổi vô hướng hoặc có hướng của quần xã cây gỗ dưới ảnh hưởng của các điều kiện bên ngoài (sự thay đổi thời tiết theo mùa, chu kỳ ngày đêm và mùa, sự thay đổi của khí hậu, đất..), sau khi ngừng tác động chúng lại quay trở về trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu trước khi bị tác động. Ví dụ: Sau khi khai thác chọn, rừng phục hồi lại trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu trước khi bị khai thác.
- Sự dao động của thảm thực vật (Vegetative Fluctuation).** Những biến đổi vô hướng hoặc có hướng của thảm thực vật dưới ảnh hưởng của các điều kiện bên ngoài (sự thay đổi thời tiết theo mùa, chu kỳ ngày đêm và mùa, sự thay đổi của khí hậu, đất..), sau khi ngừng tác động thảm thực vật lại quay trở về trạng thái ban đầu hoặc gần với trạng thái ban đầu trước khi bị tác động. Ví dụ: Sự biến mất của một vài loài trong quần xã thực vật vào mùa khô để phản ứng với sự thiếu hụt nước của đất, nhưng đến mùa ẩm chúng lại xuất hiện và sinh trưởng bình thường trên khoảng đất này.
- Sự điều chỉnh quần thể do nguyên nhân bên ngoài (Extrinsic Population Regulation).** Kích thước quần thể bị điều chỉnh bởi các nhân tố bên ngoài quần thể. Ví dụ: Quần thể bị điều chỉnh bởi thú ăn thịt, sâu bệnh, bão, lũ, lửa...
- Sự dư thừa dinh dưỡng (Eutrophic).** Môi trường đất và nước rất giàu dinh dưỡng.
- Sự phân giải (Decomposition).** Sự mất mát khối lượng vật chất hữu cơ đã chết do những phân tử hữu cơ phức tạp hay cao năng lượng bị phân nhỏ thành những phân tử đơn giản hoặc biến đổi thành những nguyên tố hóa học và năng lượng được giải phóng.
- Sự phân phối các bon (Carbon Allocation).** Sự phân phối carbon và năng lượng được cố định trong quá trình quang hợp đến các cơ quan khác nhau của thực vật. Thuật ngữ này thường được sử dụng để chỉ sự phân phối các sản phẩm quang hợp giữa các cơ quan trên và dưới mặt đất.
- Sự thấm qua (Infiltration).** Sự thấm nước vào lớp đất mặt.
- Sự thích nghi (Acclimation).** Sự thay đổi về hình thái, sinh lý, tập tính và tuổi thọ của sinh vật để phản ứng với những thay đổi của môi trường.
- Sự thích ứng (Adaptation).** Sự thay đổi về bản chất di truyền của quần thể do kết quả của sự chọn lọc tự nhiên để phản ứng với những biến đổi của môi trường. Kiểu gene là phản ứng của sinh vật với áp lực của môi trường.
- Sức khỏe của rừng (Forest Health).** Điều kiện của rừng mà thành phần loài cây, cấu trúc, các chức năng, các quá trình sinh thái và những đặc tính của môi trường có thể giúp cho rừng chống chịu và phục hồi lại sau khi bị rối loạn. Sức khỏe của rừng được đánh giá theo tuổi, lượng tăng trưởng, đa dạng loài, tình trạng sâu bệnh, sự dao động...Tất cả những tiêu chuẩn này được đánh giá tùy theo mục tiêu của quản lý rừng.
- Tái sinh rừng (Forest Regeneration).** Quá trình hình thành những thế hệ cây gỗ non để thay thế những thế hệ cây gỗ già.
- Tái sinh dưới tán rừng (Undercanopy Regeneration).** Quá trình hình thành những thế hệ cây gỗ non dưới tán rừng để thay thế những thế hệ cây gỗ già.

Tái sinh triển vọng (Advanced Regeneration). Những cây tái sinh dưới tán rừng có khả năng vươn lên lớp trên của tán rừng.

Tái sinh rừng nhân tạo (Artificial Forest Regeneration). Quá trình hình thành những thế hệ mới của rừng bằng cách trồng rừng mới từ cây con hoặc gieo hạt trực tiếp.

Tái sinh rừng theo lỗ trống (Gap Regeneration). Quá trình hình thành những thế hệ cây gỗ non trong các lỗ trống. Đây là một kiểu cách tái sinh tự nhiên phổ biến của rừng nhiệt đới và rừng ôn đới.

Tái sinh rừng trên đất trống (Nonforest Land Regeneration). Quá trình hình thành những thế hệ cây gỗ non bằng con đường tự nhiên hay nhân tạo trên đất không có rừng.

Tái sinh rừng tự nhiên (Natural Forest Regeneration). Quá trình hình thành những thế hệ cây gỗ non dưới tán rừng để thay thế những thế hệ cây gỗ già thông qua những quá trình tự nhiên. Tái sinh tự nhiên của rừng được hiểu theo hai nghĩa. Một là quá trình hình thành thế hệ mới của rừng trong điều kiện tự nhiên mà không có sự can thiệp của con người. Hai là quá trình hình thành thế hệ mới của rừng trong điều kiện tự nhiên nhưng có sự can thiệp của nhà lâm học. Ví dụ: Quá trình phát sinh tự nhiên của các thế hệ cây gỗ mới dưới tán rừng do ảnh hưởng của khai thác chính.

Tái tạo lại rừng (Reforestation). Tạo lập lại rừng hoặc thay thế những diện tích rừng bị phá hủy để mang lại những lợi ích cho con người. Ví dụ: Trồng lại rừng trên đất nương rẫy bỏ hóa hoặc trên đất rừng bị cháy.

Tán cây gỗ (Tree Crown). Một bộ phận của cây gỗ mang cành và lá.

Tán che (Crown Cover, Canopy). Tán che còn được gọi là độ che phủ của tán rừng hay độ tàn che. Diện tích mặt đất được che phủ bởi tán của những cây gỗ theo chiều thẳng đứng. Tỷ lệ (%) hay phần trăm) hình chiếu nằm ngang của tán rừng trên mặt đất.

Tán rừng (Forest Crown). Lớp nằm ngang của quần xã cây gỗ tập trung hầu hết cành và lá.

Tầng cây gỗ (Tree Layer). Lớp nằm ngang của các cây gỗ hình thành rừng. Cây gỗ phân bố ở những lớp chiều cao khác nhau của quần thụ.

Tầng dưới tán rừng (Forest Lowercrown Layer). Lớp nằm ngang của những cây gỗ phân bố ở tầng thấp nhất của tán rừng. Những cây gỗ phân bố ở dưới tầng ưu thế sinh thái.

Tầng giữa tán rừng (Forest Middlecrown Layer). Lớp nằm ngang của một bộ phận cây gỗ phân bố ở giữa tán quần thụ. Những cây gỗ có chiều cao trung bình trong quần thụ.

Tầng trên tán rừng (Forest Uppercrown Layer). Tầng trên tán rừng còn được gọi là tầng vượt tán. Lớp nằm ngang của những cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế trong quần thụ. Những cây gỗ trong quần thụ có tán tiếp nhận ánh sáng hoàn toàn ở mọi phía.

Tầng ưu thế sinh thái (Ecological Dominant Canopy). Tầng tán rừng tập trung hầu hết các cây gỗ. Những cây gỗ có kích thước trung bình hợp thành tầng ưu thế sinh thái.

Thảm thực vật (Vegetation). Đó là tập hợp toàn bộ thực vật (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo) trong một lãnh thổ nhất định.

Thảm thực vật rừng (Forest Vegetation). Đó là tập hợp các loài cây (cây gỗ, cây bụi, cây thân thảo) hình thành rừng tự nhiên và rừng nhân tạo trong một lãnh thổ nhất định.

Thảm thực vật địa đới (Zonal Vegetation). Thảm thực vật phát sinh và phát triển trong một đại khí hậu, đại địa hình và đất địa đới theo quy luật phát sinh đất tự nhiên.

Thoái hóa rừng (Forest Degradation). Sự mất mát về kết cấu và đa dạng loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng rừng, những chức năng sinh thái của rừng.

- Thời điểm tỉa thưa lần đầu (First Thinning Period).** Tuổi rừng bắt đầu quá trình tỉa thưa. Thời điểm tỉa thưa lần đầu phụ thuộc vào loài cây gỗ và mục tiêu kinh doanh rừng.
- Thời điểm tỉa thưa lần cuối (Last Thinning Period).** Tuổi rừng kết thúc quá trình tỉa thưa. Thời điểm tỉa thưa lần cuối phụ thuộc vào loài cây gỗ và mục tiêu kinh doanh rừng. Đối với rừng kinh doanh gỗ lớn, thời điểm tỉa thưa lần cuối là giai đoạn đầu của rừng gần thành thực.
- Thời kỳ đình dục (Dormancy).** Một thời kỳ ngừng hoạt động và đồng hóa để phản ứng với tình trạng căng thẳng của môi trường. Ví dụ: Thời kỳ mà một số loài cây có hiện tượng rụng hết lá hoặc loại bỏ toàn bộ phần trên mặt đất và sống tiềm ẩn vào mùa khô hạn.
- Thời kỳ rừng non (Young Forest Period).** Thời kỳ rừng mới phát sinh tự nhiên hay mới trồng, các cây gỗ chưa sinh sản.
- Thời kỳ rừng trung niên (Middle-Aged Forest Period).** Thời kỳ rừng sinh trưởng nhanh, các cây gỗ bắt đầu sinh sản đến sinh sản mạnh. Độ dài của giai đoạn này phụ thuộc vào loài cây gỗ.
- Thời kỳ rừng gần thành thực (Forest Period Near Maturity).** Thời kỳ rừng sinh trưởng chậm, các cây gỗ sinh sản mạnh đến ngừng sinh sản. Độ dài của giai đoạn này phụ thuộc vào loài cây gỗ.
- Thời kỳ rừng thành thực (Mature Forest Period).** Thời kỳ rừng ngừng sinh trưởng và ngừng sinh sản. Kích thước cây gỗ đạt lớn nhất, chất lượng gỗ tốt nhất. Độ dài của giai đoạn này phụ thuộc vào loài cây gỗ.
- Thời kỳ rừng quá thành thực (Overmature Forest Period).** Thời kỳ rừng bị đào thải hàng loạt. Độ dài của giai đoạn này phụ thuộc vào loài cây gỗ.
- Thời kỳ tái sinh rừng (Forest Reproductive Period).** Thời gian cần thiết để làm xuất hiện thế hệ mới của rừng. Thời kỳ tái sinh rừng dài hay ngắn thay đổi theo loài cây gỗ, điều kiện môi trường sống và phương thức khai thác chính.
- Thực vật khối (Phytomass).** Đó là toàn bộ khối lượng của cây gỗ, kể cả khối lượng gỗ lõi đã chết.
- Thực vật biểu sinh (Epiphyte).** Những loài cây sinh sống trong các cơ quan trên mặt đất của những loài cây khác. Một mối quan hệ trong đó thực vật biểu sinh là kẻ có lợi, còn vật chủ là kẻ ít có lợi hoặc không có lợi gì. Một số loài cây biểu sinh cũng có thể có mối quan hệ cộng sinh hoặc đối kháng với vật chủ của chúng, nhưng chẳng phải là kẻ ký sinh trên vật chủ. Thực vật biểu sinh thường sống chung với cây gỗ trong các khu rừng ẩm và rừng phân bố trên núi cao.
- Thực vật dinh dưỡng rễ nấm (Mycotrophy).** Thực vật thu nhận chất dinh dưỡng nhờ quan hệ hỗ sinh giữa rễ cây với nấm đất (Mycorrhiza).
- Thực vật ngoại tầng (Extracellulercanopy Plant).** Tất cả những loài cây mà thân bò leo hoặc thân leo trên thân và tán cây gỗ.
- Thực vật thủy sinh (Hydrophyte).** Thực vật thích nghi với đất bão hòa nước hoặc nhận chìm trong nước suốt cả năm hoặc một thời gian dài trong năm.
- Thực vật trung sinh (Mesophyte).** Thực vật thích nghi với sự cung cấp nước điều độ hoặc điều kiện nước không quá nhiều cũng không quá ít.
- Tỉa cành (Branch Pruning).** Cắt bỏ những cành và nhánh cây để cải thiện hình thân và làm tăng chất lượng gỗ thu hoạch.
- Tỉa thưa rừng (Forest Thinning).** Nuôi dưỡng rừng bằng cách điều chỉnh lại khoảng cách giữa các cây gỗ, làm cho mật độ quần thụ sau nuôi dưỡng giảm thấp.

- Tỉa thưa rừng bằng ken cây (Girdling Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách cắt bỏ toàn bộ vỏ và phần gỗ sớm ở gốc của những cây gỗ không mong muốn để chúng chết đứng trong quần thụ.
- Tỉa thưa rừng bằng chất độc (Toxci Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách sử dụng chất độc để loại bỏ những cây gỗ không mong muốn.
- Tỉa thưa rừng chọn lọc (Selection Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách loại bỏ từng cây hoặc nhóm cây gỗ không mong muốn để tạo ra không gian thích hợp cho những cây gỗ được tiếp tục nuôi dưỡng.
- Tỉa thưa rừng cơ giới (Geometric Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách loại bỏ những cây gỗ không mong muốn trên cơ sở không gian hoặc mạng hình phân bố được ấn định sẵn.
- Tỉa thưa rừng theo băng (Strip Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách loại bỏ những cây gỗ không mong muốn phân bố trong những băng rừng nhất định.
- Tỉa thưa rừng theo hàng (Row Forest Thinning).** Tỉa thưa rừng bằng cách loại bỏ toàn bộ những cây gỗ không mong muốn trong những hàng cây gỗ nhất định.
- Tỉa thưa tầng thấp (Low Thinning).** Nuôi dưỡng rừng bằng cách chặt bỏ những cây gỗ thuộc cấp sinh trưởng kém nằm ở dưới tán của những cây hợp thành tầng ưu thế sinh thái.
- Tỉa thưa tầng trên (Overstory Thinning).** Nuôi dưỡng rừng bằng cách chặt bỏ những cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế nhằm tạo ra những điều kiện có lợi cho những cây gỗ có tiềm năng gỗ cao nhất ở tầng ưu thế sinh thái.
- Tiết diện ngang thân cây gỗ (Tree Stem Basal Area).** Diện tích mặt cắt ngang thân cả vỏ ở vị trí ngang ngực hay vị trí tiêu chuẩn (1,3 m cách mặt đất). Đơn vị tính tiết diện ngang thân là m^2 .
- Tiểu khí hậu rừng (Forest Microclimate).** Khí hậu ở lớp không khí gần bề mặt đất rừng trong khoảng 50-100cm hoặc điều kiện khí hậu mà các cá thể trong thảm thực vật rừng phải chịu đựng.
- Tính bất biến của rừng (Forest Constancy).** Một số đặc tính của rừng không bị thay đổi theo thời gian. Thước đo tính ổn định của hệ sinh thái rừng.
- Tính bền vững của rừng (Forest Stability).** Khuynh hướng của rừng tồn tại trong điều kiện hiện tại của nó để chống lại những tác động từ bên ngoài hoặc quay về trạng thái ban đầu sau khi ngừng tác động từ bên ngoài.
- Tính chịu bóng của thực vật (Plant Shade Tolerance).** Khả năng của thực vật đối với sự nảy mầm, sống sót, thu nhận dinh dưỡng và sinh trưởng trong điều kiện bị các loài cây khác che bóng.
- Tính co dãn của rừng (Forest Elasticity).** Thời gian (năm, thế kỷ) mà hệ sinh thái rừng quay trở về trạng thái ban đầu sau khi bị rối loạn. Một thước đo tính ổn định của hệ sinh thái.
- Tính đối kháng (Antagonism).** Mối quan hệ giữa hai loài trong đó ít nhất một loài bị ảnh hưởng xấu.
- Tính hướng đất (Geotropism).** Sự định hướng của thực vật và các cơ quan của chúng để phản ứng với sức kéo của lực hút nước.
- Tính lãnh thổ (Territoriality).** Một khía cạnh của tập tính ở động vật; trong đó cá thể hay quần thể bảo vệ lãnh thổ của mình để đảm bảo quyền khai thác các nguồn sống. Một cơ chế quan trọng để kiểm soát quần thể ở một số loài sinh vật.
- Tính ổn định theo chu kỳ (Cyclical Stability).** Đặc tính của một hệ sinh thái thay đổi qua một chuỗi các điều kiện hoặc giai đoạn, sau đó quay trở lại trạng thái ban đầu. Dao động theo chu kỳ.

- Tính toàn vẹn của hệ sinh thái (Ecosystem Integrity).** Sự duy trì một hệ sinh thái trong biên độ dao động của những điều kiện môi trường hoặc các giai đoạn của chuỗi diễn thế mà trong đó các quá trình diễn thế tự sinh hoạt động bình thường để đưa hệ sinh thái quay trở lại điều kiện trước khi bị rối loạn. Tính toàn vẹn của hệ sinh thái có sự khác biệt rất lớn với tính toàn vẹn của một giai đoạn diễn thế hoặc điều kiện môi trường bất kỳ nào đó. Một hệ sinh thái bị suy thoái từ điều kiện sinh trưởng hiện tại đến một giai đoạn diễn thế trước đó có thể không trải qua một sự mất mát nào về tính toàn vẹn của hệ sinh thái, nhưng sẽ có một sự mất mát trong tính toàn vẹn của điều kiện sinh trưởng ban đầu của hệ sinh thái này.
- Tốc độ tăng trưởng tự nhiên của quần thể (Population Natural Growth Rate = r).** Tốc độ gia tăng kích thước quần thể sau một đơn vị thời gian.
- Tối ưu sinh thái (Ecological Optimum).** Mức tác động của nhân tố sinh thái đảm bảo cho sinh vật có tỷ lệ sống cao nhất, sinh sản mạnh nhất, sinh trưởng và phát triển tốt nhất.
- Tổng sản lượng (Gross Production = GP).** Tổng số chất hữu cơ được sinh vật tạo ra trong một thời gian nhất định. $GP = \text{Tổng số chất hữu cơ được sinh vật tạo ra} + \text{Hô hấp trong suốt thời gian nghiên cứu}$.
- Tổng sản lượng sơ cấp (Gross Primary Production = GPP).** Tổng lượng quang hợp của thực vật trên một diện tích và trong một thời gian nhất định. $GPP = \text{Tổng quang hợp} + \text{Tổng hô hấp của thực vật trong suốt thời gian nghiên cứu}$.
- Tổng tán rừng (Total Forest Canopy).** Tổng diện tích (m^2) hình chiếu nằm ngang của tất cả tán cây gỗ hình thành quần thụ. Tỷ lệ (%) hay phần mười) giữa tổng diện tích hình chiếu nằm ngang của tất cả tán cây gỗ và diện tích mặt đất rừng.
- Trảng cây bụi (Shrubs Area).** Thảm thực vật được hình thành bởi những cây thân gỗ có kích thước nhỏ (Chiều cao $< 8m$) với tán lá kín.
- Trảng cỏ (Savanna).** Thảm thực vật được hình thành bởi những cây thân thảo với tán lá kín, có thể có cả cây bụi và cây gỗ mọc rải rác.
- Trạng thái dinh dưỡng (Trophotope).** Trạng thái độ phì của đất hoặc trạng thái dinh dưỡng của lập địa rừng.
- Trạng thái rừng (Forest Status).** Những đặc tính của rừng ở những giai đoạn phát triển khác nhau.
- Trồng rừng (Afforestation).** Tạo lập rừng trên những đất không còn rừng. Hoạt động trồng những cây gỗ trên một diện tích đất để tạo thành rừng.
- Trồng rừng dưới tán rừng (Undercanopy Afforestation).** Tạo lập rừng mới dưới tán rừng được mở trống bằng cách loại bỏ bớt những cây gỗ vô dụng, cây bị sâu hại hay gió làm đổ.
- Trồng rừng trên đất phù sa (Alluvial Soil Afforestation).** Tạo lập rừng trên những đất được hình thành từ phù sa bồi tụ ven sông, hồ và biển. Ví dụ: Trồng rừng Đước (*Rhizophora apiculata* Blume) trên những bãi bồi ven biển.
- Trồng rừng trên đất thoái biến (Degraded Soil Afforestation).** Tạo lập rừng trên những đất mà tính chất của chúng vượt ra ngoài giới hạn của đất dưới tán rừng nguyên sinh. Ví dụ: Trồng rừng trên đất nương rẫy bỏ hóa hoặc trên đất nông nghiệp bỏ hóa.
- Trồng rừng trên đất trống (Open Land Afforestation).** Tạo lập rừng trên những diện tích đất không có cây gỗ sinh sống.
- Trung dinh dưỡng (Mesotrophic).** Điều kiện chất khoáng trung bình hay độ phì của đất ở mức trung bình.
- Tuổi niên đại (Chronological Age).** Tuổi thực của cây gỗ và quần thụ. Đơn vị tính là năm.

- Tuổi quản lý (Management Age).** Số năm của cây gỗ và quần thụ đạt đến kích thước nào đó. Đơn vị tính là cấp tuổi hay cấp kích thước. Ví dụ: (1) Số năm hoàn thành tái sinh rừng; (2) Số năm để những cây gỗ có kích thước nhỏ nhất đạt đến kích thước khai thác.
- Tỷ lệ hấp thụ (Ingestad Ratio).** Tỷ số giữa nồng độ chất khoáng đa lượng và nồng độ nitơ trong thực vật sống ở môi trường dinh dưỡng tối ưu.
- Tỷ lệ P/E (P/E Ratio).** Tỷ lệ lượng mưa (P) trên lượng nước bốc hơi (E) vào không khí. Một thước đo hiệu quả sinh thái của lượng mưa. Bản đồ biểu thị P/E có tương quan chặt chẽ với bản đồ về các kiểu thảm thực vật.
- Tỷ lệ gỗ thu hoạch (Harvested Wood Ratio).** Tỷ lệ giữa khối lượng gỗ thu hoạch được và khối lượng gỗ cây đứng.
- Tỷ lệ khép tán (Canopy closing ratio).** Tỷ lệ (% , phần mười) giữa tổng diện tích tán của các cây trong quần thụ ($\sum S_{\text{Tán}}$) và diện tích lô đất có rừng. Ví dụ: Nếu diện tích tán của tất cả cây gỗ trong 1ha rừng là 18.000m², thì tỷ lệ khép tán của khoảnh rừng này là 1,8 hay 180%.
- Ưu hợp cây gỗ (Tree Domination).** Quần xã cây gỗ có số cá thể hay thể tích của khoảng dưới 10 loài chiếm 40-50% (Mỗi loài từ 4 – 5%) tổng số cá thể hay thể tích của toàn bộ quần xã cây gỗ (Thái Văn Trùng, 1999).
- Ưu hợp họ cây gỗ (Tree Family Domination).** Quần xã cây gỗ có số cá thể hay thể tích của khoảng dưới 10 họ cây gỗ chiếm 40 - 50% (Mỗi họ từ 4 – 5%) tổng số cá thể hay thể tích của toàn bộ quần xã cây gỗ (Thái Văn Trùng, 1999).
- Ưu hợp họ Sao Dầu (Dipterocarp Family Domination).** Quần xã cây gỗ có số cá thể hay thể tích của khoảng dưới 10 loài cây gỗ chiếm 40 - 50% (Mỗi loài từ 4 – 5%) tổng số cá thể hay thể tích của toàn bộ quần xã cây gỗ. Trong quần xã này, những loài cây gỗ của họ Sao Dầu là những loài ưu thế và đồng ưu thế (Thái Văn Trùng, 1999).
- Vách rừng (Forest Wall).** Mặt phẳng thẳng đứng của biên đai rừng phân bố hai bên khoảnh chặt trắng theo băng.
- Vai trò của rừng (Forest Role).** Những ý nghĩa của rừng đối với xã hội và nền kinh tế quốc dân.
- Vai trò hành tinh và vũ trụ của rừng (Planetary and Cosmic Role of Forest).** Những ý nghĩa của rừng đối với sự sống của sinh vật trên trái đất.
- Vai trò sinh thái của rừng (Forest Ecological Role).** Khả năng của rừng đối với sự hình thành và cải biến môi trường sống.
- Vai trò kinh tế của rừng (Forest Economic Role).** Khả năng của rừng đem lại lợi ích về kinh tế cho chủ rừng.
- Vật rụng trên sàn rừng (Litterfall).** Những cơ quan đã chết của cây rơi rụng trên sàn rừng. Chúng ở trạng thái chưa bị phân hủy hoặc đã bị phân hủy ở những trạng thái khác nhau.
- Vật liệu sau khai thác rừng (Harvested Tree Materials).** Đó là những thành phần không thu hoạch từ những cây bị khai thác (gốc, cành, ngọn, lá) bỏ lại trên khoảnh khai thác.
- Vết nắng (Sunfleck).** Đốm nắng nhỏ trên sàn rừng, nơi mà bức xạ mặt trời lọt qua một lỗ trống nhỏ trong tán rừng không bị biến đổi về bước sóng và không bị suy giảm mạnh về cường độ.
- Vòng năm cây gỗ (Tree Ring).** Phần gỗ hình thành hàng năm tại vị trí gốc hoặc vị trí tiêu chuẩn (1,3 m kể từ mặt đất).

- Vòng tăng trưởng hàng năm (Annual Growth Ring).** Phần mở rộng của thân, cành và rễ trong vòng năm của cây gỗ. Tổng lượng gỗ sớm và gỗ muộn là lượng tăng trưởng trong một năm.
- Vùng sinh thái (Ecological Region, Ecoregion).** Một vùng địa lý rộng lớn có điều kiện đại khí hậu tương tự nhau và nhiều hệ sinh thái khác nhau.
- Vùng sinh thái phụ (Subcoregion).** Đơn vị chia nhỏ của một vùng sinh thái dựa theo sự khác biệt về tiểu khí hậu và loại đất.
- Vùng bị ức chế (Stress Zone).** Vùng tác động của nhân tố sinh thái dẫn đến sinh vật sinh trưởng và phát triển kém, sinh sản kém).
- Vùng tử vong (Mortality Zone).** Vùng tác động của nhân tố sinh thái dẫn đến cái chết của sinh vật.
- Xử lý lâm sinh (Silvicultural Treatment).** Một quá trình hoặc một hoạt động lâm sinh được xây dựng để kiểm soát những hoạt động sống của rừng nhằm thu được những lợi ích cao nhất về lâm sinh và kinh tế.
- Xử lý lập địa rừng (Forest Site Preparation).** Những tác động vào lập địa để nâng cao tái sinh, sinh trưởng, sản lượng gỗ và chất lượng rừng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Armand, D.L. (1973). *Khoa học về cảnh quan*. Nguyễn Ngọc Sinh và Nguyễn Xuân Mậu dịch. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 242 trang.
2. Aguirre, O., Hui, G., von Gadow & Ziménez J. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest ecology and management* 183(1): 137-145.
3. Белов, С. В. (1976). *Лесоведение*. Учебное пособие для студентов лесохозяйственного факультета. Ленинградская Ордена Ленина. Лесотехническая Академия имени С. М. Кирова. 222 стр.
4. Baur, G. N., 1979. *Cơ sở sinh thái học của kinh doanh rừng mưa*. Vương Tấn Nhị dịch, Nxb. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 599 trang.
5. Bộ Lâm nghiệp (1984). Quy phạm thiết kế kinh doanh rừng, Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 100 trang.
6. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2009). Quy định tiêu chí xác định và phân loại rừng. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong>.
7. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2021). Hiện trạng rừng toàn quốc năm 2021. <https://www.vietnamplus.vn/bo-nong-nghiep-phat-trien-nong-thon-cong-bo-hien-trang-rung-nam-2021-post810161.vnp>.
8. Curtis, R.O., 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. *For. Sci.* 28: 92 – 94.
8. Cintrón, G.; Schaeffer-Novelli, Y., 1984. Methods for studying mangrove structure, In: Snedaker, S.C. (Ed.) (1984). The mangrove ecosystem: research methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*, 8. UNESCO: Paris. ISBN 978-9231021817. xv, 251 pp.
9. Chokkalingam, U., D.M. Bhat and G. von Gemmingen (2001). “Secondary forests associated with the rehabilitation of degraded lands in tropical Asia: A synthesis.” *Journal of Tropical Forest Science* 13: 816-831.
10. David Lamb and Don Gilmour (2003). *Rehabilitation and restoration of degraded forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK in collaboration with WWF, Gland, Switzerland, 110 p.
11. Daniel, L. M. Vieira and Aldicir Scariot (2006). Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration ecology* Vol. 14, No. 1, pp. 11-20.
12. Dominic Blay (2002). *Workshop on tropical secondary forest management in Africa: Reality and Perspectives*. In collaboration with ICRAF and CIFOR, Nairobi, Kenya, 9 - 13 December.
13. Đào Thế Tuấn (1984). *Sinh thái học nông nghiệp*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 174 trang.
14. Đào Thị Thùy Dương (2019). Đặc điểm sinh thái tái sinh của Dầu con rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb) dưới tán rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Luận án Tiến sỹ lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 155 trang.
15. FAO (1995). *Forest Resources Assessment 1990: Global Synthesis*. FAO Forestry Paper 124. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
16. FAO (2001). *State of the World's Forests 2001*. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
17. FAO (2016). *State of the World's Forests 2016: Land-use challenges and opportunities*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 35 pages.

18. FRA (2020). Global Resources Forest Assessment, 12 pages.
19. Gaston, K.J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature* 405 (6783): 220–227. DOI: 10.1038/35012228.
20. Gadow, K., Hui, G.Y. (2007). Characterizing forest spatial structure and diversity. *Forestry studies*, 46: 13-22.
21. International Tropical Timber Organization (2002). *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. ITTO Policy Development Series No 13.
22. Krebs, C.J. (1978). *Ecological Methodology*. New York: Harper and Row Publisher.
23. Kimmins, J.P. (1998). *Forest ecology*. Prentice- Hall, New Jersey, 750 p.
24. Kint, V. (2003). *Structural development in ageing Scots pine (Pinus sylvestris) stands in Western Europe* PhD thesis Ghent University, 194 pp.
25. Loeschau, M. (1966). Phân chia các kiểu trạng thái rừng hỗn giao lá rộng thường xanh nhiệt đới. Tổng cục lâm nghiệp, Hà Nội, 15 trang.
26. Lê Văn Ký (1981). *Kết quả nghiên cứu vật hậu học một số sắc mộc quan trọng ở miền Nam*. Bài giảng thực vật rừng, Trường Đại Học Nông Lâm Nghiệp Tp. Hồ Chí Minh.
27. Larcher, W. (1983). *Sinh thái học thực vật*. Lê Trọng Cúc dịch, Nxb. Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1983, 252 trang.
28. Lê Hồng Việt, Nguyễn Văn Thêm, Phạm Minh Toại (2022). Hàm ước lượng tỷ lệ cây họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae) trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí khoa học và công nghệ lâm nghiệp*, Số 2/2022, trang 32-40.
29. Magurran, A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd., USA, 260 pages.
30. Nguyễn Văn Trương (1984). *Quy luật cấu trúc rừng gỗ hỗn loài*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 200 trang.
31. Nguyễn Văn Thêm (1992). *Nghiên cứu tái sinh tự nhiên của cây Dầu song nòng (Dipterocarpus dyeri) trong kiểu rừng kín thường xanh và nửa rụng lá ẩm nhiệt đới ở Đồng Nai*. Luận án Tiến sĩ khoa học nông nghiệp. Viện khoa học lâm nghiệp Việt Nam, 125 trang.
32. Nguyễn Văn Thêm, Trịnh Minh Hoàng, Lê Hồng Việt, Phạm Minh Toại (2022). *Phương pháp xây dựng hàm sinh khối đối với rừng tự nhiên và rừng trồng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 250 trang.
33. Nguyễn Văn Thêm (2023). Xây dựng các hàm sản lượng và phân tích biến động sản lượng gỗ của rừng keo lai (*Acacia hybrid*) theo những lập địa khác nhau ở tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 22(5), Trang 22-35.
34. Nguyễn Văn Thêm (2023). Một số quan điểm và đề xuất phân loại các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên tại Việt Nam. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, Tập 22, Số 6, 2023, Trang 46-55.
35. Nguyễn Hoàng Trí (1999). *Sinh thái học rừng ngập mặn Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 273 trang.
36. Neumann, M., Starlinger, F. (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *For. Ecol. Manage.* 145, 91–106.
37. Nguyễn Văn Nhân (2018). *Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở khu vực Đà Lạt và Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng*. Luận án Tiến sĩ lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 125 trang.

38. Odum, E.P. (1971). *Cơ sở sinh thái học*, Tập I, Phạm Bình Quyền và các tác giả khác dịch, Nxb. Đại học và trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1978, 420 trang.
39. Richards. P.W. (1970). *Rừng mưa nhiệt đới* (Vương Tất Nhị dịch). Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, Tập II, 280 trang.
40. Thái Văn Trùng (1999). *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 566 trang.
41. Таранков, В.И. (1990). Экологическая роль леса. Воронежский Лесотехнический институт. 120 стр.
42. Tổng cục lâm nghiệp (2018). *Giới thiệu lâm nghiệp Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, trang 1-8.
43. UN Population Division (2011). World population division prospects: The 2011 revision. New York.
44. Василевич В.И. (1969). Статические методы в геоботанике. Издательство наука. Ленинградское отделение. 230 стр.
45. Whittaker, R.H. (1972). *Evolution and measurement of species diversity*. Taxon 21, 213 – 251.
46. World Economic Forum (2024). The global risks reports 2024. Pp 123.