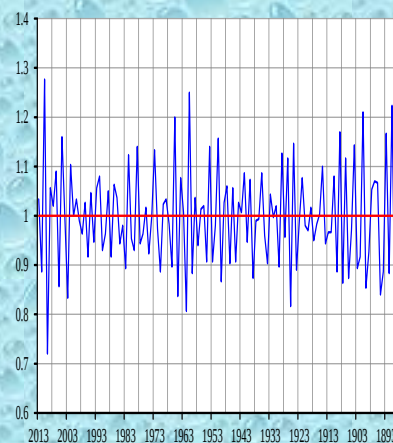


TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM Tp. HỒ CHÍ MINH

PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm

oOo

PHÂN TÍCH SỐ LIỆU SINH THÁI QUẦN XÃ
(Sách tham khảo)



NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
Chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh, 2010

PHẦN MỘT

THỐNG KÊ TRONG SINH THÁI QUẦN XÃ THỰC VẬT

Phần một giới thiệu một số cách thức và phương pháp xử lý dữ liệu trong sinh thái quần xã thực vật rừng. Phần này bao gồm 7 chương. **Chương 1** giới thiệu khái quát về phân tích số liệu trong sinh thái quần xã. **Chương 2** mô tả cách thức thu thập dữ liệu, nhận thức vấn đề nghiên cứu, xây dựng mục tiêu nghiên cứu và những giả thuyết. **Chương 3** mô tả phương pháp xác định phân bố cây trên mặt đất. **Chương 4** trình bày phân tích mối liên hệ giữa các loài cây gỗ. **Chương 5** giới thiệu những dấu hiệu của thảm thực vật. **Chương 6** trình bày những hệ số tương đồng. **Chương 7 giới thiệu** hồi quy trong sinh thái quần xã. Kiến thức của phần một có ý nghĩa giúp cho nhà lâm học chọn lựa cách thức thu thập và xử lý dữ liệu, phân tích và giải thích các hiện tượng quan sát thấy trong thảm thực vật rừng.

Chương 1

GIỚI THIỆU PHÂN TÍCH SỐ LIỆU SINH THÁI QUẦN XÃ

1.1. NHỮNG KIỂU NGHIÊN CỨU SINH THÁI

Trước hết, chúng ta cần định nghĩa sinh thái học là gì? Đó là khoa học nghiên cứu sự tương tác qua lại giữa các sinh vật trong quần thể, quần xã và hệ sinh thái với môi trường.

Có hai kiểu nghiên cứu sinh thái – đó là *sinh thái cá thể*¹ và *sinh thái quần thể*². Sinh thái cá thể nghiên cứu sự tương tác giữa một loài với môi trường. Sinh thái quần thể nghiên cứu sự tương tác giữa nhiều loài với môi trường.

Trên phạm vi không gian rộng, *sinh thái cảnh quan*³ nghiên cứu các kiểu và các quá trình có quan hệ qua lại với nhau. Nó xem xét sự phát triển của những tương tác theo không gian không thuần nhất và theo thời gian dọc theo những cảnh quan không thuần nhất. Kết quả của những nghiên cứu cảnh quan cho phép đưa ra kết luận về cách thức sử dụng và quản lý đất. *Địa lý – sinh vật*⁴ nghiên cứu phân bố của các loài trên không gian rộng trong mối quan hệ với khí hậu và đất.

Hầu hết những nghiên cứu sinh thái quần thể chỉ tập trung vào nghiên cứu quần xã thực vật; đôi khi cũng thực hiện đối với các quần xã động vật và hệ sinh thái thủy vực. Tất cả những nghiên cứu này dựa trên phân tích cảnh quan. Ví dụ, phân loại thảm thực vật và phân loại đất có thể được sử dụng để phân loại cảnh quan. Trước khi tìm hiểu các kiểu và cấu trúc cảnh quan, chúng ta cần phải xác định những quá trình ẩn định chúng. Ảnh hưởng của con người đến các quá trình làm thay đổi cảnh quan là một mối quan tâm lớn. Để nghiên cứu cảnh quan, chúng ta cần có những kiến thức về địa chất, địa lý, sinh học và thổ nhưỡng.

Cần nhận thấy rằng, chúng ta không thể phân biệt được rõ ràng giữa sinh thái quần thể và sinh thái cá thể. Bởi vì, có những thảm thực vật chỉ tồn tại một số ít loài hoặc chỉ một loài cây. Khi nghiên cứu những thảm thực vật như thế có thể định nghĩa thảm thực vật hoặc là quần thể hoặc là quần xã. Nếu mục tiêu nghiên cứu là phân loại và định nghĩa thảm thực vật như là quần xã, thì việc nghiên cứu ở đây là nghiên cứu sinh thái quần xã. Nếu mục tiêu nghiên cứu là tìm hiểu biên độ môi trường của một loài nào đó, thì việc nghiên cứu ở đây là nghiên cứu sinh thái cá thể. Nhưng nếu nghiên cứu một hệ sinh thái có loài cây ấy tham gia, thì đó là nghiên cứu sinh thái cảnh quan.

Phương pháp thích hợp để phân tích số liệu sinh thái được trình bày trong các **chương 2 – 7**. **Chương 2** mô tả cách thức thu thập dữ liệu, nhận thức vấn đề nghiên cứu, xây dựng mục tiêu nghiên cứu và những giả thuyết. **Chương 3** mô tả phương pháp xác định phân bố cây trên mặt đất. **Chương 4** trình bày phân tích mối liên hệ giữa các loài cây gỗ. **Chương 5** giới thiệu những dấu hiệu của thảm

¹ Autoecology

² Synecology

³ Landscape ecology

⁴ Biogeography

thực vật. **Chương 6** trình bày những hệ số tương đồng. **Chương 7** trình bày hồi quy trong sinh thái quần xã.

1.2. CÁC BƯỚC TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI QUẦN XÃ

Bước đầu tiên của nghiên cứu sinh thái học là nhận thức vấn đề nghiên cứu, xây dựng mục tiêu và các giả thuyết. Kế đến là chọn lựa cách thức (phương pháp) nghiên cứu. Cuối cùng là phân tích số liệu, tóm tắt số liệu hoặc tìm mối liên hệ nhân quả hoặc tương quan giữa chúng.

Nghiên cứu thực nghiệm trong sinh thái học là công việc rất khó khăn, đặc biệt là ở mức quần xã, hệ sinh thái và cảnh quan. Hầu hết những nghiên cứu ở các mức này là mô tả. Tập hợp số liệu đưa vào phân tích thường là rất lớn; chúng được thu thập ở ngoài trời. Kỹ thuật sử dụng trong phân tích tùy thuộc vào mục tiêu nghiên cứu. Kết quả nhận được chịu ảnh hưởng bởi số lượng mẫu và cách thức thu thập số liệu.

Nhiều số liệu trong nghiên cứu sinh thái bắt nguồn từ những nghiên cứu ở ngoài trời. Chúng được thu thập theo mục tiêu đã định. Mức độ chính xác của số liệu tùy thuộc vào kế hoạch nghiên cứu, nơi thu mẫu (đối tượng thu mẫu) và thời gian thu mẫu. Bởi vậy, chiến lược nghiên cứu là rất quan trọng, không chỉ tiết kiệm kinh phí, mà còn thu được số liệu có thể giải thích được.

Ở nhiều nước trên thế giới, việc quản lý tài nguyên được thực hiện theo những dự án. Chúng được xây dựng định kỳ theo thời gian dựa trên những dữ liệu đo đạc trực tiếp ở ngoài trời kết hợp với đo đạc bằng vệ tinh hoặc ảnh hàng không. Những nghiên cứu càng chi tiết, thì dự án được xây dựng càng rõ ràng, thông tin mang lại càng nhiều. Mục tiêu nghiên cứu xác định phạm vi xây dựng dự án.

Kiểm tra là quá trình thu thập lặp lại một hoặc nhiều biến môi trường (Harvey, 1981; Meijers, 1986). Phân tích những dữ liệu xuất phát từ đề án nghiên cứu có thể chỉ ra được nhiều vấn đề; chẳng hạn tình trạng ô nhiễm môi trường hoặc kết quả quản lý tài nguyên. Những biến thu thập có thể bao gồm biến hoá học, sinh học, vật lý. Trong đánh giá dự án, số liệu phải được thu thập lặp lại định kỳ theo thời gian, theo vị trí và theo một khoảng thời gian nhất định.

Số liệu dùng trong phân tích sinh thái quần xã và sinh thái cảnh quan thường là rất nhiều, nghĩa là mỗi đơn vị thu mẫu bao gồm rất nhiều đặc trưng. Điều đó có nghĩa là: (1) số liệu vừa phức tạp, vừa chứa đựng những mối liên hệ bên trong và cả bên ngoài (hệ thống); (2) dữ liệu nhiều; (3) một số thông tin chỉ có thể giải thích gián tiếp. Tính phức tạp của dữ liệu sinh thái đã được các nhà khoa học thực vật nhận thấy, và họ đã nghiên cứu tìm kiếm những phương pháp phân tích dữ liệu thích hợp. Năm 1969, các nhà thực vật xã hội học thuộc Hội khoa học thực vật quốc tế đã xây dựng những phương pháp xử lý số liệu thảm thực vật. Chính họ đã kích thích và cùng định hướng những kỹ thuật xử lý số liệu trong các nghiên cứu sinh thái quần xã và sinh thái cảnh quan (Van der Maarel *et al.*, 1976).

Phương pháp đa biến trong sinh thái học có thể chia ra 3 nhóm: (1) phân tích gradient trực tiếp hoặc phân tích hồi quy; (2) phân tích gradient gián tiếp hoặc phân tích định vị; (3) phân loại hoặc phân tích nhóm.

1.3. CÔNG CỤ NGHIÊN CỨU TRONG SINH THÁI HỌC

Kết quả nghiên cứu sinh thái học được sử dụng để hỗ trợ và đánh giá việc bảo tồn tài nguyên ở mức quốc tế, quốc gia và vùng (địa phương). Số liệu sinh thái có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như lập kế hoạch hoạt động, đánh giá việc sử dụng thảm thực vật, kiểm tra việc sử dụng nước và đất...

Mục tiêu bảo tồn thiên nhiên và lập bản đồ đều có thể gặp nhau bởi kiến thức về thủy văn, diễn thế, cấu trúc quần xã và hệ sinh thái và nhiều vấn đề khác. Trong nhiều trường hợp việc thu thập số liệu sinh học cũng phải cẩn thận và chi tiết như thu thập số liệu về môi trường và số liệu quản lý. Tất cả những số liệu này được phân tích để tìm ra các mối liên hệ. Điều đó đòi hỏi phải xác định rõ mục tiêu nghiên cứu và tìm kiếm phương pháp thu mẫu và phân tích dữ liệu tốt nhất.

Cách thức thu thập dữ liệu được xác định bởi mục tiêu nghiên cứu. Một thiết kế thu mẫu tốt sẽ làm giảm các chi phí nghiên cứu và tránh phá hoại đối tượng nghiên cứu. Chiến lược rút mẫu là rất quan trọng, bởi vì kết quả nghiên cứu phụ thuộc không chỉ vào mục tiêu và phương pháp phân tích số liệu, mà còn vào số liệu được sử dụng.

Số liệu đúng sẽ cho phép giải thích được kết quả. Mẫu nhỏ làm giảm khả năng phân tích và có thể dẫn đến khó khăn cho giải thích kết quả. Độ lệch trong mẫu dẫn đến kết luận sai. Mẫu quá lớn lại gây ra dư thừa số liệu, tốn thời gian và kinh phí. Vì thế, giai đoạn (pha) thu mẫu có ý nghĩa quyết định trong bất kỳ dự án nghiên cứu nào.

Trong sinh thái học, người ta thường sử dụng phương pháp phân tích đa biến. Phương pháp đa biến là một công cụ khoa học để thực hiện thu thập số liệu ở ngoài trời. Để phân tích thảm thực vật, chúng ta cần phải thu thập rất nhiều biến số khác nhau. Một số biến số được thu ở dạng số, số khác ở dạng biến định danh có thứ bậc hơn kém và không có thứ bậc hơn kém.

Tuỳ theo cách thu thập dữ liệu, chúng ta có cách phân tích khác nhau. Nếu dữ liệu được thu ở dạng số, chúng ta có thể xử lý chúng bằng phân tích tương quan và hồi quy (Chương 7). Nếu số liệu được thu thập ở dạng biến định danh có thứ bậc hơn kém và không có thứ bậc hơn kém, chúng ta có thể xử lý bằng phân tích tương quan có thứ bậc hơn kém và không có thứ bậc hơn kém. Một cách thức khác tóm tắt dữ liệu về loài là sử dụng phân tích nhóm. Phân tích nhóm dựa trên ý tưởng cho rằng, các kiểu quần xã tồn tại, và mỗi quần xã có một tổ hợp loài đặc trưng. Phân tích nhóm sử dụng cho mục đích mô tả các kiểu quần xã nhằm xây dựng các nhóm lập địa; trong đó kết cấu quần xã thay đổi rất mạnh theo các lập địa, nhưng thay đổi rất ít trong một lập địa. Phân tích nhóm đặc biệt hữu dụng cho việc định nghĩa các đơn vị lập bản đồ (lập địa, thảm thực vật...). Bởi vì, một đơn vị lập bản đồ đòi hỏi nó phải thuần nhất.

Một số biến môi trường, ví dụ lượng mưa, thay đổi dần dần từ nơi này đến nơi khác. Do đó, dựa theo lượng mưa chúng ta rất khó định nghĩa chính xác đơn vị lập bản đồ. Trong trường hợp này, người ta sử dụng phương pháp phân tích khuynh hướng mặt. Khía cạnh đặc biệt của những số liệu không gian chính là

những biến động theo khuynh hướng trên khoảng cách ngắn thường tồn tại quan hệ chặt chẽ với nhau, nhưng đó chỉ là những quan hệ ngẫu nhiên và thường khó giải thích. Tóm lại, không có mối liên hệ giữa vị trí lập địa và giá trị của một đặc trưng nào đó. Nhưng giá trị của một đặc trưng ở một vị trí nhất định có thể được dự đoán chính xác hơn bằng giá trị của những nơi khác bởi khuynh hướng theo không gian.

Phân tích định vị và phân tích nhóm thường được sử dụng trong pha điều tra sinh thái thực nghiệm (thăm dò). Kết quả có thể giúp ích trong việc đề ra những mối liên hệ cần nghiên cứu chi tiết hơn. Hồi quy có thể giúp ích cho việc nghiên cứu những vấn đề cụ thể của các pha nghiên cứu sau đó. Phân tích định vị và phân tích nhóm là pha nghiên cứu đầu tiên, còn phân tích hồi quy là pha nghiên cứu sau. Phân tích hồi quy cũng được sử dụng để phân tích sự tồn tại của tập dữ liệu. Cần nhận thấy rằng, phân tích định vị và phân tích nhóm được sử dụng để phân tích biến động của quần xã; chẳng hạn phân tích sự có mặt hay vắng mặt của một số loài quan tâm. Nhưng khi cần phân tích rõ quan hệ của các loài với môi trường, người ta sử dụng phân tích hồi quy. Trong trường hợp sau, việc thu thập các biến môi trường là cần thiết.

1.4. MỘT SỐ THUẬT NGỮ TRONG SINH THÁI HỌC

Trong nghiên cứu sinh thái học, người ta sử dụng những thuật ngữ theo những quy ước nhất định. Thuật ngữ “mẫu” được sử dụng theo nghĩa chung là việc chọn lựa những đơn vị mẫu thống kê. Thuật ngữ “đơn vị mẫu” biểu thị vị trí hay địa điểm lấy mẫu. Tuy vậy, thuật ngữ này cũng có sự nhầm lẫn, bởi vì từ “vị trí” cũng được sử dụng để chỉ một đơn vị đất đai trong địa lý. Để tránh nhầm lẫn với từ vị trí thu mẫu, nhiều nhà sinh thái học sử dụng từ địa điểm, đơn vị đất đai, quần thụ hoặc khoảnh – đó là những nơi thu thập mẫu thống kê. Trong một quần thụ, chúng ta có thể chọn một số vị trí đặc trưng cho quần thụ về không gian và thời gian để thu thập mẫu. Từ quần thụ này, chúng ta mô tả kết cấu và cấu trúc quần thụ, tính không đồng nhất của quần thụ và những thay đổi của nó theo thời gian. Ví dụ: (1) Một khoảnh thảm thực vật là từ dùng để chỉ những nghiên cứu thảm thực vật; (2) Một cái bẫy dùng trong côn trùng học để thu thập sự phong phú về loài; (3) Ô mẫu được các nhà lâm học sử dụng trong nghiên cứu sản lượng rừng; (4) Một phần diện đất được nhà thổ nhưỡng sử dụng nhằm đánh giá tính chất vật lý và hoá học đất...

Khác với Pielou (1984), một số nhà sinh thái xem từ “cụm hay đám” tương đồng với từ “phân loại”. Từ đám được dùng để chỉ việc phân chia các điểm mà ranh giới của chúng không rõ ràng. Số lượng các loài có thể đo đạc theo những cách khác nhau. Điều đó tùy thuộc vào loài sinh vật và mục tiêu nghiên cứu. Các nhà sinh thái học sử dụng từ “xuất hiện” để chỉ sự có mặt hay vắng mặt loài quan tâm; từ “phong phú” để chỉ số cá thể; từ “độ che phủ” để chỉ tỷ lệ diện tích (phần trăm hay phần mười) mặt đất nằm ngang được loài cây che chiếu ánh sáng.

Chương 2

THU THẬP DỮ LIỆU

2.1. THU THẬP DỮ LIỆU

Chương 2 giới thiệu một số phương pháp thống kê được vận dụng trong nghiên cứu sinh thái học. Thảm thực vật rừng chứa đựng rất nhiều thông tin về kết cấu của hệ thực vật và động vật. Những thông tin ấy rất phức tạp và lộn xộn. Chúng ta không hy vọng biết được mọi thông tin của thảm thực vật, mà chỉ muốn khám phá một số thông tin hữu ích nhất cho việc khai thác và quản lý có hiệu quả thảm thực vật.

Nếu mẫu được thu thập từ thảm thực vật ở một vùng nhất định để xác định những giá trị bản chất của nó, thì mẫu ấy phải được đặt ở vị trí (theo không gian và thời gian) khác với mẫu dùng để xác định ảnh hưởng của hoạt động công nghiệp. Trong trường hợp đầu, chúng ta phải chọn các đơn vị mẫu ngẫu nhiên từ khu vực nghiên cứu. Ở trường hợp sau, chúng ta phải chọn các đơn vị thu mẫu nằm cách khu công nghiệp theo những khoảng cách nhất định.

Mục tiêu nghiên cứu được xác định tùy thuộc vào phương pháp thu thập dữ liệu. Tập hợp dữ liệu có thể phù hợp với mục tiêu này, nhưng lại không phù hợp với mục tiêu khác. Nguồn tài liệu thu thập cho phép xác định những câu hỏi cần phải trả lời và bản chất của những câu trả lời phát sinh từ những câu hỏi này.

Thực hiện những nghiên cứu trong khuôn khổ của khoa học thực nghiệm là một quá trình điều chỉnh lặp lại (Box, 1976; Box *et al.*, 1978), trong đó hai hoạt động suy luận lý thuyết và thu thập dữ liệu có quan hệ chặt chẽ với nhau. Chính vì thế, lý thuyết và thực hành có liên hệ chặt chẽ với nhau thông qua quá trình này. Những giả định ban đầu (mô hình, lý thuyết, phỏng đoán) có thể có hệ quả logic mà có thể đem so sánh với số liệu (hiện tượng và sự kiện) thực tế. Sự khác biệt giữa lý thuyết và thực hành có thể dẫn đến sự điều chỉnh lại giả thuyết, và đó lại trở thành điểm khởi đầu cho một chu trình mới để điều chỉnh. Thu thập dữ liệu nghiên cứu không phải là một hoạt động độc lập hay không theo định hướng. Ngược lại, đây là công việc được thực hiện theo một định hướng rất cụ thể và rất rõ ràng. Trong sự tương tác giữa lý thuyết và thực hành, phương pháp thống kê đóng vai trò quan trọng.

Trong một dự án nghiên cứu, những hoạt động sau đây là cần thiết: (1) Tình trạng (trạng thái) vấn đề và mục tiêu nghiên cứu (**Phần 2.2**); (2) Lập kế hoạch thu thập dữ liệu (**Phần 2.3**); (3) Phân tích số liệu thu thập và giải thích kết quả (**Phần 2.4 & 2.5**). Đó là những hoạt động lý thuyết hỗ trợ thực hiện dự án nghiên cứu – thu thập dữ liệu. Phần sau chúng ta sẽ thảo luận chiến lược nghiên cứu.

2.2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU VÀ THU THẬP DỮ LIỆU

Theo Box *et al.* (1978), trong bất kỳ cuộc điều tra nào điều cực kỳ quan trọng là: (1) Định nghĩa rõ ràng mục tiêu cần làm của dự án nghiên cứu; (2) Phải

đảm bảo rằng mọi thành viên tham gia đều đồng ý với những mục tiêu của dự án; (3) Những tiêu chuẩn xác định mục tiêu nghiên cứu; (4) Khi mục tiêu thay đổi, phải đảm bảo rằng những thành viên nghiên cứu đều đồng ý xây dựng lại những mục tiêu mới và những tiêu chuẩn đánh giá mới”.

Tuy nhiên, chúng ta cũng cần nhận thấy rằng, việc thay đổi mục tiêu nghiên cứu không phải lúc nào cũng có thể làm được. Bởi vì, một số nghiên cứu đòi hỏi sự tham gia của rất nhiều chuyên gia, đồng thời tốn nhiều thời gian và kinh phí. Vì thế, trước khi nghiên cứu nhà khoa học phải xác định mục tiêu nghiên cứu và cách thu thập dữ liệu thật rõ ràng và chính xác.

2.3. LẬP KẾ HOẠCH THU THẬP DỮ LIỆU

2.3.1. Thiết kế nghiên cứu

Sau khi đã xác định rõ vấn đề và mục tiêu nghiên cứu, nhà nghiên cứu phải xây dựng sơ đồ tóm tắt quá trình nghiên cứu từ lúc bắt đầu cho tới khi kết thúc. Sơ đồ nghiên cứu còn gọi là thiết kế thí nghiệm hoặc thiết kế nghiên cứu. Sơ đồ nghiên cứu cho biết tất cả các chuỗi hoạt động. Sơ đồ nghiên cứu bao gồm những vấn đề chủ yếu sau đây:

- (a) Xác định những câu hỏi cần phải làm rõ. Chẳng hạn: (1) Tổng thể nào sẽ đưa vào nghiên cứu? (2) Những giả thuyết nào được đưa ra kiểm định? (3) Những tham số nào muốn ước lượng?...
- (b) Xác định chính xác đối tượng nghiên cứu (đơn vị thí nghiệm hay đơn vị thu mẫu).
- (c) Xác định biến phản hồi (phụ thuộc), biến giải thích (độc lập) và các nghiệm thức (yếu tố và các mức của yếu tố).
- (d) Thiết kế thủ tục phân phối các nghiệm thức vào các đơn vị thí nghiệm (lô hoặc đơn vị thu mẫu (ngẫu nhiên, hệ thống...)).
- (e) Xác định những biến số cần phải thu thập, phương pháp thu mẫu và tỷ lệ mẫu.
- (f) Xác định độ chính xác mong muốn của các phép đo và tính đúng đắn của phương pháp thu thập mẫu. Ở đây nhà nghiên cứu cần xác định độ chính xác của các phép đo và dụng cụ đo đạc để đảm bảo độ chính xác mong muốn.
- (g) Lập kế hoạch thời gian và quy mô (số đối tượng) nghiên cứu.
- (h) Xác định phương pháp toán thống kê sẽ áp dụng để xử lý số liệu; lập sơ đồ phân tích và cách thức mô tả kết quả (Bảng, biểu đồ, đồ thị).
- (i) Đánh giá các mục tiêu và tiêu chuẩn làm rõ những hoạt động trên đây.

2.3.2. Kiểu nghiên cứu

Sau khi thiết kế sơ đồ nghiên cứu, một nhiệm vụ quan trọng khác là xác định kiểu nghiên cứu. Các nghiên cứu trong sinh thái học có thể được chia theo mục đích. Cox và Snell (1981) đã phân chia các nghiên cứu trong sinh thái học thành hai nhóm – đó là những nghiên cứu giải thích và những nghiên cứu thực dụng. Nhóm đầu là những nghiên cứu hướng đến thu thập được một hay nhiều

hiện tượng, còn nhóm sau là những nghiên cứu với mục đích thực hành hay kỹ thuật.

Một số nhà nghiên cứu cũng phân chia các nghiên cứu thành hai nhóm. Nhóm một là những nghiên cứu hướng đến mục tiêu giải thích. Nhóm hai là những nghiên cứu hướng đến mục tiêu xác nhận lại một nghiên cứu. Nhóm đầu hướng đến mục tiêu khám phá những mối liên hệ mà những nghiên cứu trước đó (là khởi đầu cho nghiên cứu kế tiếp) đã phát hiện ra bằng việc kiểm định các giả thuyết. Nhóm sau hướng đến mục tiêu thu thập được những chứng cứ bằng việc áp dụng kiểm định giả thuyết và ước lượng các tham số.

Theo mục đích nghiên cứu, người ta phân chia các nghiên cứu dựa theo đặc tính của chúng. Cách phân loại này là rất quan trọng, bởi vì nó chỉ ra cho nhà nghiên cứu biết được kiểu kết luận có thể rút ra từ việc áp dụng những kỹ thuật thống kê đối với số liệu quan tâm, mà trước đó nhà nghiên cứu đã thu thập được trong giai đoạn nghiên cứu giải thích. Box và Snell (1981) đã phân chia những kiểu nghiên cứu sau đây:

- a. *Những nghiên cứu thực nghiệm.* Nhà nghiên cứu xây dựng và kiểm tra hệ thống nghiên cứu và xác định ảnh hưởng của những yếu tố thí nghiệm (biến độc lập) đến biến phản hồi (phụ thuộc).
- b. *Những nghiên cứu thu thập số liệu thuần túy.* Trong kiểu nghiên cứu này, nhà nghiên cứu không thể kiểm tra được việc thu thập số liệu. Bằng cách nghiên cứu này, nhà nghiên cứu có thể khám phá và xác định được mối liên hệ giữa các biến số, nhưng khi giải thích kết quả đòi hỏi sự thận trọng.
- c. *Điều tra mẫu.* Bằng việc lấy mẫu từ tổng thể, nhà nghiên cứu có thể thu được một kết quả tốt và xác định được sự sai khác giữa các tổng thể. Tuy vậy, cũng giống như nghiên cứu thu thập số liệu thuần túy, nhà nghiên cứu rất khó đưa ra lời giải thích rõ ràng cho mối liên hệ giữa các biến số.
- d. *Những nghiên cứu có khả năng giải thích.* Nhà nghiên cứu chọn lựa và đo đạc những mẫu chứa những biến số cần xem xét để tìm ra lời giải thích. Từ những mẫu đo đạc, nhà nghiên cứu nhận thấy một số sự kiện nhất định xuất hiện. Nếu tất cả những biến giải thích quan trọng đều đo đạc được, thì những nghiên cứu có khả năng giải thích có thể đưa ra được những tuyên bố về đặc tính của những biến giải thích.
- e. *Những nghiên cứu hồi tưởng giải thích.* Một biến phản hồi đặc trưng được ghi nhận và sau đó nó lại xuất hiện ở những đơn vị lấy mẫu khác khi phát hiện được biến giải thích liên quan.

2.3.3. Chiến lược thu mẫu

Chiến lược thu mẫu trình bày một khung thiết kế nghiên cứu. Để những dấu hiệu mô tả thảm thực vật có thể đưa vào xử lý thống kê, nhà lâm học cần phải thu thập chúng theo một phương pháp nhất định. Phương pháp thu thập dữ liệu phải được làm rõ trước các mục đích đặt ra. Mỗi thảm thực vật có nhiều quần xã thực vật, và một quần xã thực vật cũng có nhiều dấu hiệu khác nhau. Việc mô tả tất cả những dấu hiệu của quần xã trên một lãnh thổ rộng lớn là hết sức khó khăn, tốn nhiều thời gian và nhân lực. Thay vì thế, người ta chỉ thực hiện mô tả những

dấu hiệu đặc trưng nhất trên một bộ phận đại diện cho đối tượng nghiên cứu (nơi thu mẫu), sau đó suy diễn những tài liệu này cho toàn bộ các quần xã của thảm thực vật. Phương pháp nghiên cứu mà chỉ thực hiện trên một nhóm (bộ phận) không lớn của đối tượng và từ kết quả nhận được rút ra nhận định chung cho toàn bộ đối tượng nghiên cứu được gọi là phương pháp nghiên cứu mẫu. Tất cả đối tượng nghiên cứu được gọi là tổng thể, còn mẫu là một bộ phận của tổng thể được rút ra để nghiên cứu. Nhiệm vụ cơ bản của xử lý thống kê là trên cơ sở nghiên cứu các mẫu đưa ra những nhận định đúng cho tổng thể.

Khi nghiên cứu một thảm thực vật nào đó, tổng thể là toàn bộ các quần xã thực vật của thảm thực vật này, còn mẫu là tập hợp những ô đo đếm (ô mẫu hay ô tiêu chuẩn) nằm trong giới hạn của tổng thể đó. Nếu đối tượng nghiên cứu là toàn bộ thảm thực vật của một lãnh thổ nào đó, thì tổng thể là toàn bộ các quần xã thực vật của lãnh thổ ấy, còn mẫu là tập hợp các ô nghiên cứu nhận được. Trong những nghiên cứu quần xã thực vật, nhà lâm học thường sử dụng một chuỗi ô mẫu có hình dạng và kích thước nhất định. Để nhận được kết quả khách quan, phản ánh đúng đối tượng nghiên cứu với độ chính xác mong muốn, thì mẫu đo đếm phải thỏa mãn một số điều kiện sau đây:

- a. Mẫu đo đếm là một đại diện tốt cho tổng thể. Điều này có nghĩa là trong tập hợp các phần tử của mẫu phải chứa tất cả những biến số của tổng thể cùng với những mối liên hệ định lượng giữa chúng.
- b. Mỗi bộ phận của tổng thể phải có xác suất được chọn lựa như nhau. Điều này có nghĩa là mỗi khoảnh rừng phải có xác suất được chọn lựa để đo đếm như nhau.

Một thảm thực vật bao gồm nhiều thành phần cấu thành. Vì thế, mỗi thành phần phải được rút theo tỷ lệ mà nó có trong đối tượng nghiên cứu. Trong một thảm thực vật, diện tích của mỗi quần xã thực vật thường có biến động lớn nhất, do đó khi rút mẫu nên xuất phát từ tỷ lệ về diện tích. Điều này đặc biệt có lợi khi đánh giá trữ lượng của mỗi quần xã thực vật và tính năng suất bình quân cho thảm thực vật trên một đơn vị diện tích. Để nhận được các mẫu đại diện tốt cho đối tượng nghiên cứu (tổng thể), các nhà lâm học thường sử dụng một số phương pháp bố trí ô mẫu.

(1) Phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên

Thực chất của bố trí mẫu ngẫu nhiên là vị trí của mỗi ô mẫu (hoặc mỗi phần tử được rút) là độc lập với những ô mẫu còn lại. Chọn mẫu ngẫu nhiên là phân chia ngẫu nhiên các nghiệm thức vào những đơn vị thí nghiệm hoặc chọn những mẫu ngẫu nhiên từ những đơn vị mẫu. Đây là thủ tục thích hợp hơn so với những thủ tục không ngẫu nhiên. Lấy mẫu ngẫu nhiên là công cụ nghiên cứu hữu ích để làm tăng giá trị của những kết luận rút ra từ đối tượng nghiên cứu. Bởi vì, lấy mẫu ngẫu nhiên loại trừ được sai số hệ thống và cung cấp cơ sở cho việc áp dụng lý thuyết thống kê (kiểm định và ước lượng).

Trong thực hành, chọn mẫu ngẫu nhiên có thể được thực hiện bằng nhiều cách khác nhau. Giả thiết nhà lâm học sử dụng ô mẫu có kích thước $s = 20 \times 20 \text{ m}$ (400 m^2), diện tích cần phải đo đếm là S ha, tổng diện tích khu vực nghiên cứu là D ha. Từ đó tính được dung lượng tổng thể là $N = D/s$ và dung lượng mẫu (số ô

mẫu) cần đo đếm là $n = S/s$, tỷ lệ rút mẫu là S/D hay n/N . Trên bản đồ, chúng ta phân chia khu vực nghiên cứu thành hệ thống ô vuông liên tiếp nhau theo dạng bàn cờ, mỗi ô có diện tích là $s \text{ m}^2$. Sau đó đánh số thứ tự các ô mẫu và dùng Bảng số ngẫu nhiên hoặc rút thăm để xác định những ô đo đếm. Khi chọn lựa những ô đo đếm theo phương pháp này, nhà lâm học có thể gặp trường hợp một số ô được chọn lặp lại 2, 3...lần. Về nguyên tắc chọn mẫu, chúng ta có mẫu đo lặp (mẫu đơn giản). Tuy nhiên, để tăng tính đại diện của mẫu nhà lâm học có thể bỏ qua những ô mẫu được chọn lặp lần 2, 3...Phương pháp này có ưu điểm lớn là mẫu đảm bảo hoàn toàn ngẫu nhiên. Mặc dù vậy, nó ít được sử dụng trong các nghiên cứu lâm học, bởi vì rừng là một tổng thể tự nhiên hết sức phức tạp, diện tích lớn, khó đi lại. Mặt khác, một số ô nghiên cứu được chọn có thể rơi vào những vị trí khó đến được, hoặc không đại diện cho đối tượng nghiên cứu; chẳng hạn như chúng rơi vào khe suối, hoặc đỉnh núi...

(2) Phương pháp chọn mẫu hệ thống

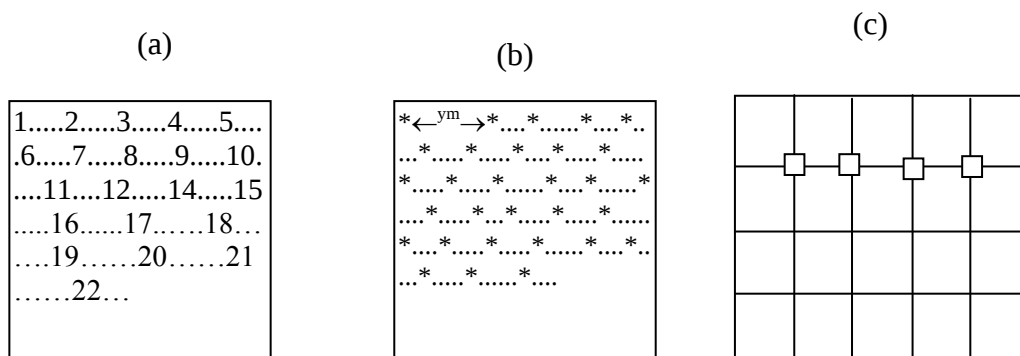
Phương pháp chọn mẫu hệ thống được vận dụng nhiều trong lâm học. Thực chất của phương pháp này là vị trí của các ô mẫu được xác định theo một nguyên tắc định trước. Giả thiết nhà lâm học cần điều tra một quần xã thực vật nào đó. Những thông tin cần phải thu thập bao gồm mật độ cây rừng, tiết diện ngang thân cây, trữ lượng rừng...Theo mục đích đặt ra, nhà lâm học cần thu thập một số ô mẫu có diện tích bằng nhau và chúng được bố trí theo một nguyên tắc định trước. Chẳng hạn, nhà lâm học dùng ô mẫu có kích thước $s = 20 \times 20 \text{ m}$ (400 m^2), diện tích cần phải đo đếm là $S \text{ ha}$, tổng diện tích khu vực nghiên cứu là $D \text{ ha}$. Từ đó tính được dung lượng tổng thể là $N = D/s$ và dung lượng mẫu (số ô mẫu) cần đo đếm là $n = S/s$. Để thu thập được n ô mẫu đại diện cho tổng thể, nhà lâm học có thể bố trí chúng theo một trong những cách sau đây:

a. *Bố trí ô hệ thống theo những số định trước.* Trước hết, nhà lâm học phân chia khu vực nghiên cứu thành những ô vuông bằng nhau và phân bố liên tục theo hệ thống ô bàn cờ, mỗi ô được đánh số thứ tự từ trái sang phải và từ trên xuống dưới. Sau đó, căn cứ trên dung lượng mẫu cần quan sát (n ô đo đếm), nhà lâm học quy ước cách rút mẫu hệ thống. Ví dụ: Thứ tự ô mẫu được rút ra nghiên cứu bắt đầu từ ô số 1, tiếp theo là ô số 3, 6... k (Hình 2.1a).

b. *Bố trí ô hệ thống trên các tuyến theo một cự ly nhất định.* Để đảm bảo các mẫu được thu thập phân bố đồng đều trên toàn bộ đối tượng nghiên cứu, nhà lâm học có thể phân chia khu vực nghiên cứu thành những tuyến (dải) song song và cách đều nhau. Khi biết tổng chiều dài các tuyến là $S \text{ (m)}$, dung lượng quan sát là k ô mẫu, thì cự ly giữa các ô mẫu là $Y = S/k \text{ (m)}$. Tiếp theo, nhà lâm học phân chia toàn bộ chiều dài của tất cả tuyến điều tra thành Y phân đoạn bằng nhau. Sau đó, nhà lâm học có thể quy ước ô mẫu đầu tiên được rút ra đo đếm bắt đầu từ một điểm nào đó trên tuyến thứ nhất. Điểm chọn đầu tiên để đặt ô mẫu thứ nhất có thể nằm cách điểm đầu của tuyến thứ nhất với một cự ly nhất định. Theo đó, các ô mẫu thứ 2, 3... k sẽ cách nhau một khoảng cách bằng $Y \text{ m}$ (Hình 2.1b).

c. *Bố trí ô hệ thống theo mắt lưới.* Trước hết, nhà lâm học phân chia đối tượng nghiên cứu trên thực địa (hoặc trên bản đồ) thành những ô vuông bằng nhau theo dạng bàn cờ. Sau đó, căn cứ vào số lượng ô tiêu chuẩn cần đo đếm, nhà

lâm học thực hiện rút mẫu bằng cách chọn tâm các ô tiêu chuẩn tại điểm giao nhau của các đường phân định ranh giới giữa các ô vuông (Hình 2.1c).



Hình 2.1. Sơ đồ bố trí ô tiêu chuẩn theo phương pháp hệ thống

- Bố trí ô hệ thống theo những số định trước
- Bố trí ô hệ thống trên các tuyến theo một cự ly nhất định
- Bố trí ô hệ thống theo mắt lưới

So với phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên, phương pháp chọn mẫu hệ thống có ưu điểm là đơn giản và rất dễ thực hiện, các phần tử được chọn phân bố đều trên đối tượng nghiên cứu... Nhưng phương pháp chọn mẫu hệ thống có nhược điểm là dễ bị ảnh hưởng do yếu tố chủ quan, đồng thời khó đánh giá được độ chính xác của kết quả nghiên cứu. Tuy vậy, phương pháp chọn mẫu hệ thống vẫn thường được nhà lâm học áp dụng trong những nghiên cứu thăm thực vật rừng.

(3) Phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên - hệ thống

Để khắc phục những nhược điểm của phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên và hệ thống, người ta đưa ra phương pháp chọn mẫu phối hợp giữa ngẫu nhiên và hệ thống. Trong trường hợp này, phần tử (ô mẫu) đầu tiên được chọn theo phương pháp ngẫu nhiên, còn các phần tử khác được chọn theo phương pháp cơ giới (hệ thống). Tuy nhiên, khi nghiên cứu trên một đối tượng lớn và phức tạp như thăm thực vật rừng, phương pháp này cũng ít được áp dụng.

(4) Chọn mẫu theo khối

Như chúng ta đã biết, thăm thực vật rừng là một hệ thống tự nhiên vô cùng phức tạp, được phân bố không đồng nhất cả theo không gian lẫn thời gian. Ngoài ra, một thăm thực vật có thể có nhiều kiểu rừng (quần xã) với những đặc trưng khác nhau. Hơn nữa khi thăm thực vật phân bố trên không gian càng rộng lớn, thì tính phức tạp sẽ càng cao. Vì thế, để thu được kết quả chính xác nhà lâm học phải phân chia đối tượng nghiên cứu thành những khối riêng biệt. Mỗi khối có thể bao

gồm một đơn vị phân loại rừng nhất định, một nhóm quần xã nhất định hoặc một giai đoạn diễn thế nhất định. Rõ ràng là, một đối tượng nghiên cứu được phân chia thành từng khối thuần nhất như thế sẽ giúp ích nhiều hơn trong nghiên cứu thảm thực vật rừng.

Sau khi chia đối tượng nghiên cứu thành những khối thuần nhất, việc rút mẫu sẽ được thực hiện theo từng khối tương ứng với đặc điểm riêng của mỗi khối. Tùy theo diện tích của mỗi khối, dung lượng mẫu sẽ được rút theo một tỷ lệ nhất định. Cách tiến hành như vậy được gọi là chọn mẫu theo khối. Phương pháp này có những ưu điểm cơ bản sau đây:

- a. Nó cho phép nhận biết và phân tích sâu sắc đặc điểm của từng đơn vị thảm thực vật, và do đó nhà lâm học dễ dàng so sánh và phân loại thảm thực vật.
- b. Nó cho phép xác định và đánh giá được tần số bắt gặp mỗi kiểu thảm thực vật.
- c. Nó cho phép thực hiện những phân tích thống kê và suy diễn cho tổng thể.
- d. Từ những thông tin của kiểu rừng hay kiểu quần xã, nhà lâm học có thể xây dựng được những căn cứ khoa học cho những phương thức lâm sinh...

Tuy nhiên, phương pháp chọn mẫu theo khối cũng có một số hạn chế mà nhà lâm học cần phải cân nhắc. Chẳng hạn, các khối có thể cho những kết quả sai khác nhau rất lớn. Để giảm bớt sự sai khác này, nhà lâm học cần phải phân chia đối tượng nghiên cứu chi tiết hơn, hoặc phải tăng khối lượng mẫu đo đếm. Điều đó lại dẫn đến làm tăng các chi phí về thời gian, nhân lực và kinh phí... Để giảm tính phức tạp của vấn đề, nhà lâm học có thể chỉ thực hiện nghiên cứu trên những đối tượng phổ biến nhất và cũng chỉ thu thập những dấu hiệu đặc trưng nhất của thảm thực vật.

Nói chung, trong các nghiên cứu nhà lâm học phải làm sao thu được những mẫu đại diện cao nhất cho đối tượng nghiên cứu với chi phí ít nhất về thời gian, nhân lực và kinh phí. Trong nghiên cứu sinh thái học, lấy mẫu ngẫu nhiên phức tạp là không cần thiết. Trong những nghiên cứu quần thể và quần xã thực vật, phương pháp lấy mẫu phân tầng hay theo khối là cần thiết. Phương pháp rút mẫu hệ thống được áp dụng nhiều trong nghiên cứu quần xã thực vật. Những mẫu đại diện tốt cho tổng thể sẽ được đưa vào xử lý thống kê nhằm tìm ra những vấn đề cần quan tâm. Nếu mẫu được thu thập không đại diện cho đối tượng nghiên cứu, thì việc xử lý số liệu bằng phương pháp thống kê toán học là vô nghĩa.

2.4. PHÂN TÍCH SỐ LIỆU VÀ THU THẬP DỮ LIỆU

2.4.1. Giới thiệu

Phân tích số liệu bao gồm những hoạt động sau đây:

- Kiểm tra dữ liệu là thủ tục xác định chất lượng của những dữ liệu. Ở đây cần phải làm rõ: Những số ngoại lai nào xuất hiện? Có những tổng sai số nào? Có những số liệu nào bị thất lạc? Có cần phải đo đạc bổ sung hay không?...
- Kiểm tra (bằng đồ thị hoặc kiểm định) những giả định mà phương pháp xử lý đòi hỏi. Số liệu có cần thiết phải biến đổi hay không (lấy log, căn bậc hai...)?
- Chuẩn bị dung lượng mẫu cho quá trình xử lý bằng máy tính hoặc phân tích.
- Xác định phương pháp xử lý đã được chọn lựa trong khi thiết kế nghiên cứu và trình bày kết quả (bằng đồ thị, biểu đồ, Bảng).

Những chương sau sẽ xem xét những phương pháp xử lý số liệu. Phần này chỉ trình bày một số khía cạnh chung có liên quan đến sự biến đổi số liệu trước

khi áp dụng những phương pháp xử lý dữ liệu. Đó là đơn vị đo, biến đổi dữ liệu và lập Bảng tần số cho các biến để phân tích...

2.4.2. Thang đo

Để dễ dàng thu thập, tính toán, phân tích và trình bày kết quả nghiên cứu, trước hết nhà lâm học cần phải định nghĩa rõ ràng những thuật ngữ được sử dụng trong nghiên cứu lâm học.

(1) Các quan sát. Thuật ngữ này biểu thị các trường hợp hay chủ thể nghiên cứu. Một trường hợp bao gồm nhiều thông tin của một đại lượng nghiên cứu. Ví dụ: Đường kính thân cây ở vị trí 1.3 m ($D_{1.3}$, cm), chiều cao thân cây (H , m), trữ lượng rừng (M , m^3/ha), tình trạng sinh lực của cây là những đại lượng quan sát trong khi mô tả thảm thực vật rừng.

(2) Các biến hay tiêu thức. Thuật ngữ này biểu thị các thông tin hay đặc điểm của từng trường hợp hay chủ thể. Ví dụ: $D_{1.3}$ (cm), H (m), M (m^3/ha), tình trạng sinh lực của cây là những biến số. Mỗi biến được đặt một tên biến cụ thể. Để mô tả tên đầy đủ của một biến, người ta dùng nhãn biến. Mỗi giá trị của một biến cũng có thể được đặt một nhãn giá trị. Ví dụ: Độ che phủ của thảm cỏ là một biến số. Giả sử biến số này có tên là ĐCP với nhãn đầy đủ là “Độ che phủ của thảm cỏ”. Mỗi biểu hiện của biến ĐCP có thể được chỉ định bằng một giá trị biến như sau: 1 = Soc, 2 = Cop₃, 3 = Cop₂, 4 = Cop₁, 5 = Sol, 6 = Sp và 7 = Un. Việc quy định đặt tên biến, nhãn biến và nhãn giá trị như trên là tạo thuận lợi cho việc xử lý số liệu.

(3) Thang đo. Trong pha lập kế hoạch nghiên cứu, nhà sinh thái học phải quyết định thang đo như thế nào. Nói chung, thang đo có vai trò to lớn trong mọi cuộc nghiên cứu. Khi đo độ phong phú của loài hoặc trạng thái của các yếu tố môi trường, số trung bình chỉ định cho mỗi đơn vị thu mẫu. Những giá trị này chứa đựng thông tin về mẫu mà chúng ta đã chọn. Các giá trị có thể có liên quan với nhau theo cách thức nào đó. Chúng được gọi là các thang đo. Trong sinh thái học người ta thường sử dụng 4 thang đo: định danh, thứ bậc, khoảng và tỷ lệ. Thang đo định danh biểu thị cho những biến số định tính. Thang đo thứ bậc và thang đo khoảng biểu thị cho những biến số định lượng.

(a) Thang đo định danh. Thang đo định danh biểu thị cho những biến mà các giá trị không có liên hệ với nhau. Những trị số của biến định danh chỉ thể hiện các nhóm phân loại không có thứ bậc hơn kém. Những giá trị đo được biểu thị bằng cấp. Mỗi cấp có thể được đánh số (số nguyên) hay gán chuỗi dạng ngắn gọn cho những biểu hiện của một biến số. Vì thế, nhà lâm học không thể xử lý chúng bằng các phép tính đại số. Ví dụ: Kiểu đất được chia thành nhiều cấp: đất cát, đất thịt, đất sét. Các giá trị được chỉ định vào các cấp này, ví dụ 10, 11 và 17, thì không sắp xếp theo thứ bậc, nghĩa là chúng không có quan hệ với nhau hay không thể mô tả bằng một hàm số. Các giá trị tương ứng chỉ biểu thị cho tên cấp.

(b) Thang đo thứ bậc. Đây là một thang đo định danh, nhưng các trị số của biến số có thứ bậc hơn kém. Do đó, những biến số được đo bằng thang đo thứ bậc được gọi là những biến định danh có thứ bậc. Biến định danh có thứ bậc còn gọi là các biến phân loại hay biến lập nhóm. Ví dụ 1: Một loại bệnh cây nào đó có thể được phân loại theo 5 cấp như sau: 1 = bệnh rất nặng, 2 = bệnh nặng, 3 = bệnh

trung bình, 4 = bệnh nhẹ và 5 = không có bệnh. Ví dụ 2: Khi nghiên cứu quan hệ giữa năng suất rừng trồng với 5 cấp đất, thì các biểu hiện của biến cấp đất có thể được ghi bằng 5 trị số sau đây: 1 = cấp đất I, 2 = cấp đất II, 3 = cấp đất III, 4 = cấp đất IV và 5 = cấp đất V. Trong sinh thái rừng, chúng ta thường gặp rất nhiều biến định danh có thứ bậc như cấp đất hay cấp năng suất, cấp bệnh cây, cấp cháy rừng, cấp lập địa, cấp sinh trưởng cây rừng...

Bảng 2.1. Thang đo độ che phủ thảm cỏ của Braun – Blanquet được Barkman và van der Maarel mở rộng

Braun – Blanquet		Barkman		van der Maarel
Kí hiệu	Che phủ (%)	Kí hiệu	Che phủ (%)	Kí hiệu
1	5	r	hiếm	1
		+	ít	2
		1	nhiều	3
		2m	phong phú	4
2	5 - 25	2a	5 – 12,5	5
		2b	12,5 - 25	6
3	25 - 50	3	25 - 50	7
4	50 - 75	4	50 - 75	8
5	> 75	5	> 75	9

Cần lưu ý rằng, trong thang đo thứ bậc hơn kém, những con số có trị số cao hơn không có nghĩa là chúng luôn ở bậc cao hơn và ngược lại. Việc gán những con số cho mỗi dấu hiệu của biến chỉ mang ý nghĩa quy ước nhằm tạo thuận lợi cho việc xử lý số liệu. Ví dụ, Braun – Blanquet đã phân chia độ phong phú của thảm cỏ thành 5 cấp (Bảng 2.1). Theo cách phân loại độ phong phú của Braun – Blanquet, chúng ta có thể thấy độ che phủ của thảm cỏ được mã hoá bằng những con số từ thấp đến cao, nhưng sự khác biệt giữa những con số ấy thì không giống nhau. Chẳng hạn, sự khác biệt giữa độ che phủ được mã hoá bằng số 1 và 2 thì nhỏ hơn hoặc lớn hơn sự khác biệt giữa số 4 và 5. Bởi vậy, theo cách đo đạc của Braun – Blanquet, giá trị trung bình và sai tiêu chuẩn của độ che phủ là những số bị sai lệch.

(c). *Thang đo khoảng*. Đó là thang đo thứ bậc có khoảng cách đều nhau. Thang đo khoảng được chia theo một đơn vị ổn định. Do đó, sự khác biệt giữa giá trị này với giá trị khác có thể xác định được. Ví dụ, đường kính thân cây được chia theo khoảng cách 2 cm; do đó giữa các con số khác nhau 2 cm. Từ số đo khoảng, chúng ta có thể tính được giá trị trung bình và sai tiêu chuẩn.

(d) *Thang đo tỉ lệ*. Đó là thang đo khoảng với một điểm zero lấy làm gốc để so sánh. Ví dụ: Đo sự khác biệt giữa hai kiểu rừng bằng việc sử dụng trữ lượng gỗ thân cây để so sánh. Độ phong phú của loài thường được đo bằng số đo tỷ lệ với đơn vị đo là phần trăm hoặc phần mười.

Cần nhận thấy rằng, trước khi chọn một thang đo nào đó, nhà lâm học cần phải lưu ý đến phương pháp xử lý số liệu. Một số phương pháp chỉ thích hợp với những thang đo dài, còn số khác lại thích hợp với thang đo ngắn.

Ngoài cách phân biệt các biến và thang đo trên đây, trong lâm học người ta còn phân biệt các biến thành biến định tính và biến định lượng. Đặc tính định lượng (hay dấu hiệu về lượng) là những đặc tính có thể đếm hay cân đo được bằng một đơn vị vật lý nào đó. Ngược lại, đặc tính định tính (hay dấu hiệu về chất) là những đặc tính không thể đo đếm bằng một đơn vị vật lý nào đó.

(e) *Đặc tính định tính.* Trong lâm học, những dấu hiệu định tính có rất nhiều, và chúng đem lại ý nghĩa rất lớn nhằm thuyết minh cho vấn đề nghiên cứu. Chẳng hạn: Khi mô tả một quần hệ thực vật, hoặc một quần xã thực vật, nhà lâm học có thể phải thu thập những dấu hiệu (biến số) mà không thể đo đạc được như: (1) màu sắc của lá, hoa và quả, (2) sự có mặt hay vắng mặt của loài cây quan tâm trên khu vực nghiên cứu, (3) tình trạng sinh lực của cá thể, (4) cây có bệnh hay không có bệnh, (5) cây đã chết hay còn sống... Ngay cả một số đặc tính định lượng, vì lý do khó đo đếm hay khó đến được để đo đếm, nhà lâm học cũng phải xem chúng như những đặc tính định tính. Ví dụ: Lượng hoa quả trên một cây gỗ, độ rậm rạp của hệ thống lá, số lượng hay độ che phủ của thảm cỏ trên một diện tích mặt đất...

Để dễ dàng đưa những biến số định tính vào xử lý hay so sánh, nhà lâm học có thể ghi nhận bên cạnh chúng số lần hay tần số bất gặp. Tổng tần số của các sự kiện gặp được phải bằng tổng số đơn vị được quan sát. Ví dụ: Nếu a, b và c là tần số của 3 sự kiện nào đó và N là tổng số đơn vị (cá thể) quan sát, thì $a + b + c = N$; còn a/N , b/N và c/N là tần suất của các nhóm. Tần suất của mỗi nhóm đối tượng có thể biểu thị bằng đơn vị phần mười hoặc phần trăm. Trong trường hợp tần suất được biểu thị bằng đơn vị phần mười, thì tổng các tần suất của các nhóm phải bằng 1, nghĩa là $a/N + b/N + c/N = 1$. Ngược lại, nếu chúng được biểu thị bằng đơn vị phần trăm, thì tổng các tần suất của các nhóm phải bằng 100%.

Bảng 2.2. Phân phối kết quả điều trị bệnh A trên 200 cây gỗ

Kết quả điều trị	Tần số	Tần suất	Tỷ lệ %
(1)	(2)	(3)	(4)
Bệnh khỏi	105	0,525	52,5
Bệnh giảm	55	0,275	27,5
Tử vong	40	0,200	20,0
Tổng	200	1,000	100,0

Bảng 2.3. Phân phối kết quả điều trị của 3 loại thuốc trên 205 cây

Kết quả điều trị	Trị liệu			Tổng
	A	B	C	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Bệnh khỏi	35	38	24	97
Bệnh giảm	21	20	17	58
Tử vong	12	16	22	50
Tổng	68	74	63	205

Tùy theo mục đích nghiên cứu, những đặc tính định tính được ghi vào Bảng phân phối theo hai cách. Cách thứ nhất là Bảng phân phối một chiều (Bảng 2.2). Cách thứ hai là Bảng phân phối hai chiều (Bảng 2.3). Từ đó, nhà lâm học có thể tiến hành những xử lý và so sánh kết quả.

(i) *Đặc tính định lượng.* Người ta phân biệt đặc tính định lượng theo hai loại – đó là đặc tính định lượng rời rạc và đặc tính định lượng liên tục.

Bảng 2.4a. Phân bố số cây tái sinh Dầu song nòng trên mặt đất qua điều tra 576 ô 1 m²

Số cây/ô	Tần số	Tần suất	Tỷ lệ %
(1)	(2)	(3)	(4)
0	350	0,6076	60,76
1	160	0,2778	27,78
2	28	0,0486	4,86
3	16	0,0278	2,78
4	14	0,0243	2,43
≥ 5	8	0,0139	1,39
Tổng	576	1,0000	100,00

+ Đặc tính định lượng rời rạc là những đại lượng của một đặc tính được biểu thị bằng những con số nguyên. Thí dụ: Số cây trên một ô mẫu có kích thước nhất định; số cây gỗ mang bệnh, số cây tái sinh trên một đơn vị diện tích... Trong Bảng thống kê, chúng ta ghi trong một cột (hoặc một hàng) các trị số 0, 1, 2... n của đặc tính, còn cột bên cạnh (hoặc hàng dưới) ghi nhận các tần số, tần suất hoặc tỷ lệ phần trăm tương ứng với chúng (Bảng 2.4a). Cần lưu ý rằng, trong một vài trường hợp, người ta còn tính các tần số dồn, tần suất dồn và tỷ lệ dồn bằng cách cộng dồn tần số (hay tần suất, tỷ lệ) của nhóm này với những nhóm trên hoặc nhóm dưới (Bảng 2.4b). Sự khác nhau của hai cách trình bày này là ở chỗ, cách thứ nhất cho biết có bao nhiêu ô tương ứng với 0, 1, 2, ..., n cây cụ thể, còn cách thứ 2 cho biết có bao nhiêu ô ít hơn (hay nhiều hơn) n cây/ô.

Bảng 2.4b. Phân bố cây tái sinh Dầu song nòng trên mặt đất qua điều tra 576 ô 1 m²

Số cây/ô	Tần số dồn	Tần suất dồn	Tỷ lệ dồn
(1)	(2)	(3)	(4)
0	350	0,6076	60,76
1	510	0,8854	88,54
2	538	0,9340	93,40
3	554	0,9618	96,18
4	568	0,9861	98,61
≥ 5	576	1,0000	100,00

Chúng ta cũng có thể lập **Bảng 2.4b** như sau:

Số cây/ô	Tần số tích lũy	Tần suất tích lũy	Tỷ lệ tích lũy
(1)	(2)	(3)	(4)
0	576	1,0000	100,00
1	226	0,3924	39,24
2	66	0,1146	11,46
3	38	0,0660	6,60
4	22	0,0382	3,82
≥ 5	8	0,0139	1,39

+ Đặc tính định lượng liên tục là những đặc tính định lượng lấy bất kỳ giá trị nào nằm trong một khoảng nào đó. Ví dụ: Những đặc tính như chiều cao và đường kính thân cây, trữ lượng và diện ngang thân cây... Tuy nhiên, trong thực tế, do những giới hạn của các công cụ đo đạc, một số đặc tính định lượng liên tục vẫn chỉ nhận được các giá trị không liên tục. Ví dụ: Vì thước đo chiều cao Blume - Leiss có độ chính xác là 0,5 m, nên trong khoảng chiều cao cây gỗ từ 20 đến 22 m chúng ta chỉ nhận được 3 giá trị là 20,5, 21 và 21,5 m.

Khi trình bày các số liệu định lượng liên tục dưới dạng Bảng, nhà lâm học phải thực hiện việc phân nhóm (chia tổ hay cấp) theo một cự ly (hay khoảng cách) nhất định và tính tần số, tần suất và tỷ lệ của các nhóm. Theo Brooks và Carruther, số nhóm (m) và cự ly giữa các nhóm (k) được tính theo công thức:

$$m \geq 5 \log N, \quad (2.1)$$

$$k = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{m} \quad (2.2)$$

trong đó N là dung lượng quan sát, $X_{\max}$ và $X_{\min}$ là những trị số lớn nhất và nhỏ nhất của dãy số liệu quan sát.

Hoppman đề nghị tính cự ly giữa các nhóm (tổ) theo công thức:

$$d = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{2\sqrt[3]{N}}. \quad (2.3)$$

Cần nhận thấy rằng, mặc dù số tổ và cự ly giữa các tổ được tính theo công thức **2.1, 2.2 và 2.3** là khách quan, nhưng thực tế có thể nhận được kết quả kém ý nghĩa. Thật vậy, cự ly của lớp chiều cao tính theo công **2.2 và 2.3** có thể là 0,2 – 0,5 m, nhưng thực tế nhà lâm học đã sử dụng dụng cụ đo cao với độ chính xác 1,0 m. Do đó, với dụng cụ đo đạc này nhà lâm học không thể tính được chính xác tần số tương ứng từng cấp. Vì vậy, tùy theo đối tượng và mục tiêu nghiên cứu, trong thực hành người ta thấy số tổ được phân chia nằm trong khoảng từ 8-12 là phù hợp, còn cự ly giữa các tổ có thể tính dựa trên độ chính xác của dụng cụ đo đạc. Ví dụ: Khi phân cấp chiều cao ở rừng trồng đồng tuổi thuần loài, nhà lâm học có thể lấy cự ly giữa các lớp chiều cao là 1-2 m, còn ở rừng tự nhiên từ 2-4 m. Khi đo đạc đường kính thân cây ở rừng trồng đồng tuổi thuần loài, nhà lâm học có thể lấy cự ly tổ là 1 cm khi đa số cây gỗ có $D_{1.3} \leq 10$ cm, 2 cm khi đa số cây gỗ có

$D_{1.3} \leq 18$ cm. Đối với rừng tự nhiên khác tuổi tuyệt đối, cự ly giữa các cấp đường kính biến động từ 4 - 12 cm tùy theo loại rừng.

Cần lưu ý rằng, khi số liệu được tổng hợp thành Bảng số liệu, nhà lâm học có thể ghi vào một cột nào đó trị trung tâm (hoặc ranh giới) của mỗi nhóm và các cột bên cạnh tương ứng là tần số, tần suất và tỷ lệ (cũng có thể bao gồm cả tần số dồn và tần suất dồn...) của mỗi nhóm. Ví dụ: Số liệu về phân bố số cây theo cấp đường kính (N - D) và cấp chiều cao (N - H) của một khu rừng có thể được ghi như **Bảng 2.5 và 2.6**. Từ **Bảng 2.5** có thể thấy, tỷ lệ số cây tương ứng với cấp kính 10 và 14 cm là 32,8% và 18,9%, còn tổng số cây có $D < 14$ cm là 51,7%.

Bảng 2.5. Phân bố số cây theo cấp đường kính

D, cm	10	14	18	22	26	30	34	38	42	≥ 46	Σ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(10)	(11)
N, cây/ha	87	50	46	28	18	11	7	5	5	8	265
N%	32,8	18,9	17,4	10,6	6,8	4,2	2,6	1,9	1,9	3,0	100
N% _{lt}	32,8	51,7	69,1	79,6	86,4	90,6	93,2	95,1	97,0	100	

Bảng 2.6. Phân bố số cây theo cấp chiều cao

H, m	11	15	19	23	27	≥ 28	Σ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
N, cây/ha	36	64	13	84	34	15	365
N%	9,9	17,5	36,2	23,0	9,3	4,1	100
N% _{lt}	9,9	27,4	63,6	86,6	95,9	100	

2.4.3. Phân bố tần số

Trong phân tích thống kê, điều quan trọng là phải biết số liệu được phân bố như thế nào. Số liệu thường phân bố theo hai kiểu – đó là phân bố liên tục và phân bố đứt quãng. Khi đại lượng nghiên cứu nhận những giá trị liên tục trong một khoảng nào đó, thì đại lượng ấy phân bố liên tục. Chẳng hạn, đường kính thân cây, chiều cao thân cây là những đại lượng nhận những giá trị liên tục. Khi đại lượng nghiên cứu nhận những giá trị xác định, thì đại lượng ấy phân bố đứt quãng. Chẳng hạn, số quả trên cây; số cây trên một đơn vị lấy mẫu (ô mẫu).

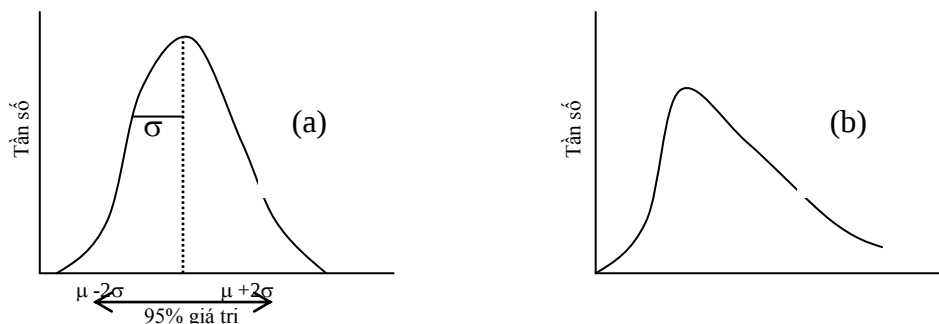
Phân bố chuẩn đặc trưng cho những biến phân bố liên tục. Phân bố nhị thức và phân bố Poisson đặc trưng cho phân bố đứt quãng.

Trong phân tích thống kê, phân bố chuẩn có ý nghĩa lớn (**Hình 2.2a**). Khi lập biểu đồ mô tả một đại lượng, ví dụ tỷ lệ loài trong ô tiêu chuẩn, biểu đồ có thể sai lệch với phân bố chuẩn, nghĩa là biểu đồ bị lệch sang phải hoặc sang trái so với giá trị trung bình. Loại phân bố lệch đặc trưng là phân bố log-normal (**Hình 2.2b**). Một biến có phân bố log-normal, nếu logarit của nó có phân bố chuẩn.

Khi một biến số có phân bố lệch, chúng ta có thể biến đổi nó về phân bố chuẩn bằng cách lấy logarit thập phân hoặc logarit tự nhiên. Việc biến đổi số liệu như trên sẽ không làm sai lệch kết quả, bởi vì giá trị trung bình của biến số đã biến đổi có thể nhận được bằng cách lấy đối log_e, nghĩa là $\exp(x)$. Trị trung bình

là một ước lượng của trung vị của phân bố log-normal. Một biến số có phân bố log-normal, nếu sai tiêu chuẩn lớn hơn giá trị trung bình, hoặc giá trị lớn nhất lớn hơn 20 lần giá trị nhỏ nhất.

Trong lâm học, phân bố chuẩn và phân bố log-normal thường được ứng dụng để mô tả phân bố số cây theo cấp đường kính. Phân bố nhị thức và phân bố Poisson thường được ứng dụng để mô tả phân bố số cây trên mặt đất (ô mẫu).



Hình 2.2. Phân bố chuẩn (a) và phân bố log-normal (b)

2.4.4. Biến đổi, chuẩn hoá và lấy trọng số

(1) Biến đổi số liệu. Việc áp dụng kỹ thuật tính toán để xử lý thông tin sinh thái là việc làm rất quan trọng. *Biến đổi số liệu là thay thế số đo này bằng số đo khác.* Trong sinh thái học, biến đổi số liệu thường được sử dụng trong trường hợp các biến số không có quan hệ tuyến tính với nhau. Kết quả của biến đổi làm cho những thành phần nào đó của thang đo đối với các biến bị co lại, còn thành phần khác bị dãn ra.

Tùy theo mục đích biến đổi, chúng ta có thể nhận ra hai nhóm biến đổi số liệu. Nhóm thứ nhất bao gồm những biến đổi số liệu theo kiểu định tâm và kiểu chuẩn hoá. Nhóm thứ hai bao gồm những biến đổi số liệu nhằm phát hiện quy luật phân bố hay mô hình nhất định. Nhóm thứ nhất phù hợp với việc tạo ra những biến so sánh. Chẳng hạn, độ phong phú của loài trong ô dạng bản, giá trị của các yếu tố môi trường. Nhóm thứ hai áp dụng thích hợp cho việc xây dựng các mô hình hồi quy, sau đó sẽ sử dụng cho các mục đích phân tích khác.

(a) *Biến đổi số liệu theo kiểu định tâm và kiểu chuẩn hoá.* Thông thường, nhà lâm học mong muốn biểu diễn một biến môi trường lấy giá trị cao hoặc giá trị thấp bằng một số nào đó. Rõ ràng là, so sánh sự khác biệt giữa số trung bình của tất cả các mẫu với số đo một mẫu sẽ dễ dàng hơn việc so sánh tất cả các số đo với nhau. Chúng ta sẽ thay thế giá trị y_{ki} bằng giá trị y_{ki}^* theo cách biến đổi như sau:

$$y_{ki}^* = y_{ki} - \frac{y_{k+}}{n} \quad (2.4)$$

trong đó: y_{ki} là giá trị đo thứ k của biến i ; y_{ki+}/n là giá trị trung bình. Cách biến đổi này được gọi là “sự định tâm”.

(b) *Biến đổi số liệu đối với những giá trị phân bố theo quy luật hay mô hình nhất định.* Nhà lâm học đã biết rằng, phản hồi của nhiều sinh vật đối với hàm lượng của các cation là phản hồi logarit. Vì thế, hàm lượng của hầu hết các cation thường được biến đổi bằng cách lấy logarit hoặc logarit âm (ion H^+ chuyển thành pH). Những biến số khác cũng thường biểu hiện quan hệ logarit thay vì quan hệ tuyến tính. Trong hồi quy tuyến tính, giả định đặt ra là sai số ngẫu nhiên của biến phụ thuộc có phân bố chuẩn. Nếu sai số ngẫu nhiên không tuân theo phân bố chuẩn, thì việc lấy logarit biến phụ thuộc là cần thiết. Đối với những giá trị phân bố theo quy luật nhất định, chúng ta có thể biến đổi chúng theo những cách sau đây:

+ Biến đổi logarit

$$y_{ki}^* = \log_e(y_{ki}) \quad (2.5)$$

Nếu biến y_{ki} có những giá trị zero, thì thủ tục biến đổi thích hợp có dạng:

$$y_{ki}^* = \log_e(y_{ki} + 1) \quad (2.6)$$

Dạng biến đổi logarit thường được sử dụng cho ba mục đích: (1) thu được đặc tính hấp dẫn về mặt thống kê của phân bố chuẩn đối với những biến phân bố log-normal; (2) nhận được trọng số nhỏ hơn đối với loài ưu thế, ngược lại thu được trọng số lớn hơn đối với số liệu định tính; (3) trong những biến môi trường, để phản ánh phản hồi của nhiều loài đối với logarit của những tác nhân độc hại hoặc với logarit của hàm lượng chất khoáng (trong biên độ hẹp) thì thay vì +1, chúng ta lấy giá trị khác zero nhỏ nhất.

+ Biến đổi căn bậc hai

$$y_{ij}^* = y_{ij}^{1/2} \quad (2.7)$$

Dạng biến đổi số liệu bằng cách lấy căn bậc hai được sử dụng cho hai mục đích: (1) trước khi phân tích những biến số có dạng phân bố Poisson (ví dụ số cá thể của loài nào đó xuất hiện trong ô thống kê theo thời gian...); (2) nhận được trọng số nhỏ hơn đối với loài ưu thế.

+ Biến đổi dạng mũ

$$y_{ij}^* = a^{y_{ij}} \quad (2.8)$$

Khi số liệu độ phong phú của loài trong quần xã được biến đổi theo dạng mũ, thì những loài ưu thế sẽ nổi bật.

(c) *Biến đổi số liệu thành thang định danh có thứ bậc.* Cách biến đổi này có thể áp dụng cho trường hợp độ phong phú của loài được tập hợp thành cấp

(nhóm). Ví dụ: Năng suất rừng được phân theo cấp độ dày tầng đất. Ở đây độ dày tầng đất và năng suất rừng đều được biến đổi thành cấp có thứ bậc hơn kém. Cần nhận thấy rằng, mã số cấp (thứ bậc) càng cao thì mã số độ ưu thế càng cao, nhưng số cấp bằng nhau không có nghĩa độ phong phú bằng nhau. Ở đây khoảng cách giữa các cấp hầu như vô nghĩa. Giới hạn cấp có thể ảnh hưởng đến kết quả phân loại. Một cực đoan là biến đổi thành thang có (mã số 1) và không có (mã số 0) hay bắt gặp và không bắt gặp (1/0). Biến đổi thành thang thứ bậc luôn luôn làm mất đi thông tin hữu ích. Tuy vậy, trong một số trường hợp việc biến đổi số liệu thành thang thứ bậc là rất hữu ích, bởi vì nó cho phép làm giảm khối lượng công việc trong những nghiên cứu thảm thực vật theo trường phái Zurich – Montpellier. Nếu đại lượng lấy giá trị liên tục, thì sự biến đổi là cần thiết.

(2) Chuẩn hoá số liệu. Cần lưu ý rằng, số liệu được biến đổi theo kiểu định tâm chỉ thích hợp cho mục đích so sánh sự khác biệt giữa số đo một mẫu (hoặc một số mẫu) với số trung bình của tất cả các mẫu. Khi mong muốn so sánh hoặc mô tả mối quan hệ giữa các biến số được đo bằng những đơn vị khác nhau (chẳng hạn, sai lệch của số đo pH khác với sai lệch của số đo phosphate (μg)), thì cách biến đổi số liệu thích hợp là chuẩn hoá. *Chuẩn hoá là áp dụng tiêu chuẩn nào đó cho tất cả các biến hoặc đối tượng (điểm thu mẫu) trước khi tính sự tương đồng hoặc áp dụng phân tích nhóm sinh thái.* Khi chuẩn hoá số liệu, giá trị y_{ki} được thay thế bằng:

$$y_{ki}^* = \frac{y_{ki} - \frac{Y_{k+}}{n}}{s_k} \quad (2.5)$$

trong đó: s_k là sai tiêu chuẩn của chuỗi số liệu. Cách biến đổi như thế được gọi là “chuẩn hoá số liệu”. Những biến chuẩn hoá có trung bình bằng zero và phương sai bằng 1.

Trong sinh thái học và lâm học, chuẩn hoá số liệu có thể được thực hiện theo những cách thức sau đây:

(a) *Chuẩn hoá đối với toàn bộ điểm thu mẫu.* Trước hết, tập hợp độ phong phú của từng loài trong một điểm thu mẫu, sau đó tính tổng độ phong phú của tất cả các loài. Kế đến tính độ phong phú tương đối (theo đơn vị phần mười hoặc phần trăm) của mỗi loài bằng cách chia độ phong phú của loài cho tổng độ phong phú của các loài. Cách biến đổi này được áp dụng trong trường hợp độ phong phú của loài được thu thập trên những ô mẫu có kích thước khác nhau. Bởi vì loài hiếm gặp có khuynh hướng xuất hiện ở những ô thống kê lớn, nên số đo sự tương đồng có thể bị sai lệch.

(b) *Chuẩn hoá đối với toàn bộ các loài.* Trước hết, tổng hợp độ phong phú của mỗi loài trong tất cả các điểm thu mẫu. Kế đến tính độ phong phú tương đối (theo đơn vị phần mười hoặc phần trăm) của mỗi loài bằng cách chia độ phong phú của loài trong một điểm thu mẫu cho tổng độ phong phú của các loài. Phương pháp này làm tăng độ phong phú của loài hiếm gặp, nhưng làm giảm độ phong phú của loài thường gặp. Cách biến đổi này chỉ được áp dụng trong những trường hợp số loài ở các điểm thu mẫu không khác biệt nhau quá nhiều và các loài có độ phong phú khác nhau. Bởi vì những loài thuộc mắt xích dinh dưỡng cao thường

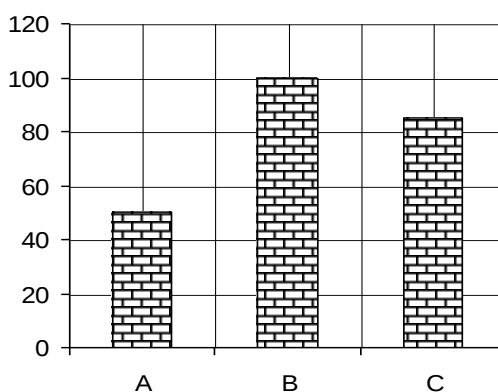
có độ phong phú (tháp sinh khối và số lượng) thấp hơn so với những loài thuộc mắt xích dinh dưỡng thấp.

(c) *Chuẩn hoá theo điểm thu mẫu lớn nhất.* Cách chuẩn hoá này được thực hiện bằng cách chia độ phong phú của mỗi loài cho độ phong phú lớn nhất của loài nào đó. Khi áp dụng cách chuẩn hoá này, nhà lâm học cần phải lưu ý đến sự phong phú thành phần loài và kích thước ô mẫu. Khi sử dụng kích thước ô mẫu lớn, thì độ phong phú của những loài thường gặp có thể nhận giá trị lớn. Nếu một chỉ số được sử dụng với trọng số độ phong phú lớn, thì những điểm thu mẫu có nhiều điểm số bằng nhau sẽ trở nên khác nhau rất lớn so với những điểm có phạm vi điểm số lớn.

(d) *Chuẩn hoá theo trị số lớn nhất của loài.* Theo quan điểm của nhiều nhà sinh thái học, những loài có độ phong phú nhỏ thường có tỷ trọng giống nhau. Do đó cách chuẩn hoá này được áp dụng cho nhiều bậc dinh dưỡng khác nhau. Cách chuẩn hoá này cũng tạo ra dãy số liệu mới ít phụ thuộc vào kiểu số liệu (sinh khối hoặc số lượng cá thể hoặc độ che phủ...).

2.5. TRÌNH BÀY SỐ LIỆU BẰNG BIỂU ĐỒ

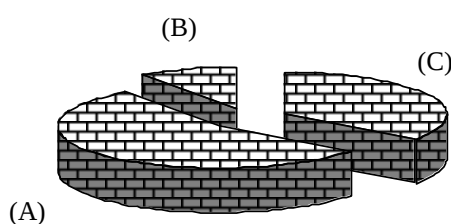
Số liệu quan sát được mô tả bằng Bảng biểu kèm theo biểu đồ sẽ giúp cho nhà lâm học thấy được toàn bộ số liệu, những đặc trưng đáng lưu ý của dãy số liệu (biên độ biến thiên, cực đại và cực tiểu, hình thái phân bố...), gợi mở những so sánh và dự đoán trước mối liên hệ giữa các đại lượng quan sát... Khi xây dựng biểu đồ, nhà lâm học chỉ đưa vào những số liệu đặc trưng, bỏ đi các chi tiết phụ đã được trình bày trong Bảng số liệu. Ngoài ra, trên biểu đồ phải có những ghi chú cụ thể như tựa đề, đơn vị của các số liệu, màu sắc hay quy ước vẽ các số liệu... Trong lâm học, các số liệu thường được mô tả bằng những loại biểu đồ khác nhau tùy theo đặc trưng của dãy số liệu và mục đích nghiên cứu. Dưới đây chúng ta xem xét một số loại biểu đồ thường dùng trong lâm học.



Hình 2.3. Diện tích các loại rừng:
A. Rừng trồng, B. Rừng tự nhiên, C. Đất trống

1. Biểu đồ hình chữ nhật¹. Ở loại biểu đồ này, mỗi số liệu được đại diện bằng một hình chữ nhật; trong đó chiều dài của hình chữ nhật tỷ lệ thuận với số liệu, còn chiều rộng hình chữ nhật là bằng nhau (Hình 2.3). Các chỉ dẫn về số liệu có thể ghi bên trong, trên hay dưới mỗi hình chữ nhật. Tùy theo dạng số liệu và mục đích trình bày, nhà lâm học có thể xếp hình chữ nhật theo chiều đứng hay ngang.

2. Biểu đồ hình quạt². Nhà lâm học có thể sử dụng loại biểu đồ này để mô tả những dữ liệu được tính bằng đơn vị phần trăm. Ví dụ: Phần trăm diện tích các loại rừng, phần trăm số cây tái sinh thuộc các nhóm chiều cao hay tuổi nào đó (Hình 2.4).



Hình 2.4. Diện tích các loại đất
Đất có rừng (A); Đất trống (B); Đất nông nghiệp (C)

Cần lưu ý rằng, hai loại biểu đồ hình chữ nhật và hình quạt chỉ thuyết minh được khái quát một vài nội dung chính của vấn đề; chúng không cho biết rõ sự biến thiên của các đặc trưng nghiên cứu. Vì thế, trong các báo cáo khoa học người ta ít sử dụng các loại biểu đồ này. Những loại biểu đồ thường được sử dụng nhiều là biểu đồ hình cột và biểu đồ đa giác tần số... Biểu đồ hình cột và biểu đồ đa giác tần số được xây dựng trên hệ tọa độ vuông góc, trong đó trục hoành ghi các trị số biểu diễn sự biến thiên của đặc tính nghiên cứu, còn trục tung ghi tần số hoặc tần suất tương ứng. Qua hình dáng của biểu đồ, chúng ta có thể hình dung ra một kiểu phân phối lý thuyết theo luật xác suất nào đó. Dưới đây là một số loại biểu đồ thường gặp.

3. Biểu đồ đa giác tần số. Loại biểu đồ này được dùng để mô tả các đặc tính định lượng rời rạc. Nó gợi ý cho ta biết phân phối thực nghiệm xích gần đến một phân phối lý thuyết nào đó (Hình 2.5). Tuy vậy, khi mô tả các đặc tính định lượng rời rạc, nó có nhược điểm là gây cho ta ấn tượng có thể nội suy được một số tần số nằm giữa hai điểm nối với nhau trên đồ thị.

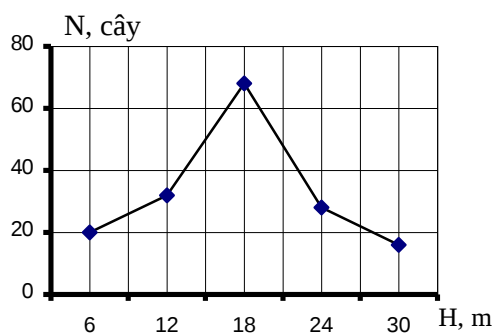
4. Biểu đồ hình cột³. Biểu đồ hình cột là những hình chữ nhật được sắp xếp liên tiếp nhau. Loại biểu đồ này được sử dụng để mô tả những đặc tính định lượng liên tục. Khi xây dựng đồ thị, ranh giới của các nhóm được đặt ở trục

¹ Bar diagram

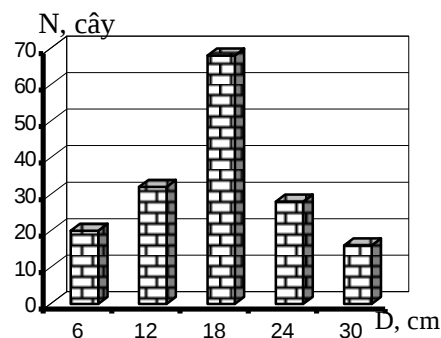
² Pie chart

³ Histogram

hoành, còn trục tung là tần số của mỗi nhóm. Trong dạng biểu đồ này, bề rộng (hay đáy) của các khối chữ nhật tương ứng với khoảng cách nhóm (hoặc bằng nhau), còn diện tích (hoặc chiều cao) hình chữ nhật tỷ lệ thuận với tần số của các nhóm (Hình 2.6).

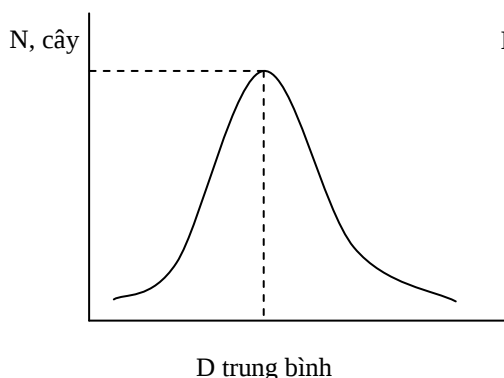


Hình 2.5. Phân bố N - H

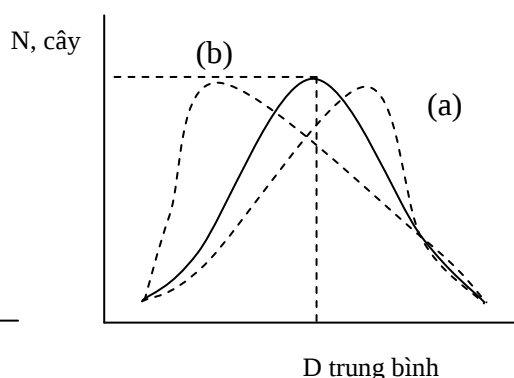


Hình 2.6. Phân bố N - D

5. Đường cong tần số¹. Từ hình 2.6 cho thấy, nếu phân chia đường kính thân cây thành nhiều cấp rất nhỏ (ví dụ 0,2 - 0,5 cm/cấp) và dung lượng mẫu rất lớn, thì dạng đồ thị hình cột và đa giác tần số sẽ không còn là đường gãy khúc mà chuyển thành một đường cong trơn - đó là đường cong tần số.



Hình 2.7. Phân bố N - D



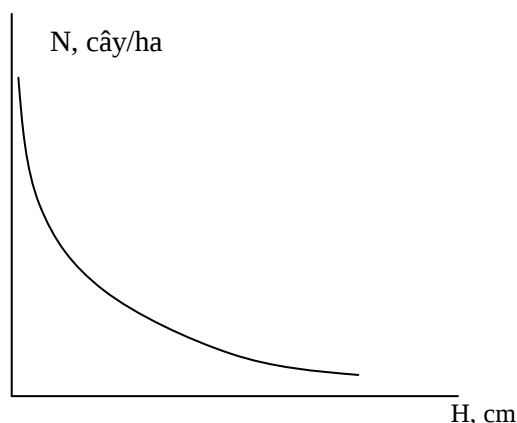
Hình 2.8. Phân bố N - D

6. Đồ thị đối xứng. Đồ thị đối xứng cho biết đường cong tần số có dạng hình chuông; trong đó tần số lớn nhất nằm ở giữa, còn tần số ở bên phải và bên trái giảm đều một cách đối xứng. Đây là biểu đồ của luật phân bố Gauss (Hình 2.7).

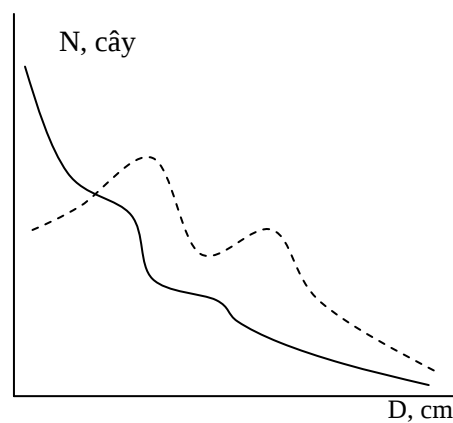
7. Đồ thị lệch hay xiên. Đó là dạng đồ thị có một đỉnh nhưng hai đuôi của nó không đối xứng qua đỉnh. Đồ thị lệch có hai kiểu là kiểu lệch trái và kiểu lệch phải. Khi đuôi dài của đường cong phân bố một đỉnh lệch về bên trái, người ta gọi nó là đường cong một đỉnh lệch trái (Hình 2.8a). Khi đuôi dài của đường cong

¹ Frequency curve

phân bố một đỉnh lệch về bên phải, người ta gọi nó là đường cong một đỉnh lệch phải (**Hình 2.8b**). Lưu ý rằng, đường cong một đỉnh lệch phải hay lệch trái còn được hiểu theo nghĩa khác. Một là, khi đồ thị có một đỉnh mà đỉnh lại lệch về bên trái so với số trung bình, người ta gọi nó là đồ thị một đỉnh với đỉnh lệch về bên trái (**Hình 2.8b**). Ngược lại, khi đỉnh đồ thị lệch về bên phải so với số trung bình, người ta gọi nó là đồ thị một đỉnh với đỉnh lệch về bên phải (**Hình 2.8a**).



Hình 2.9. Phân bố cây tái sinh (N, cây/ha) theo chiều cao (H, cm)



Hình 2.10. Phân bố N - D của rừng tự nhiên hỗn loài

Đồ thị hình chữ J. Đồ thị ở dạng này có tần số cao nhất nằm ở một đầu (bên phải hoặc trái) của đồ thị (**Hình 2.9**).

Ngoài những kiểu đồ thị trên đây, trong thực tế nhà lâm học còn gặp nhiều kiểu đồ thị đặc biệt khác như đồ thị 2 hay nhiều đỉnh; đồ thị biến thiên của đại lượng nghiên cứu trong một khoảng nào đó...

2.6. GIẢI THÍCH KẾT QUẢ

Về mặt lý thuyết, một nghiên cứu phải tuân thủ những thủ tục nghiêm ngặt sau đây:

- (1) Có mục tiêu nghiên cứu rõ ràng;
- (2) Có đối tượng nghiên cứu rõ ràng;
- (3) Quá trình thu mẫu tốt;
- (4) Giả thuyết để kiểm định và những tham số ước lượng rõ ràng;
- (5) Rút mẫu ngẫu nhiên hoặc thiết kế nghiệm thức ngẫu nhiên;
- (6) Mức sai số của quyết định sai thích hợp;
- (7) Thiết kế nghiên cứu dựa trên những thủ tục chặt chẽ;
- (8) Sử dụng những phương pháp nghiên cứu thích hợp;
- (9) Những kết luận phải rõ ràng và chỉ liên quan đến những mục tiêu (hay câu hỏi) đã đặt ra trong nghiên cứu.

Một thiết kế nghiên cứu đáp ứng được những thủ tục nghiêm ngặt như trên sẽ đưa ra được những kết luận rõ ràng về tổng thể và cung cấp cơ sở để giải thích nguyên nhân về những khác biệt (hay những ảnh hưởng) và mối liên hệ giữa các biến số. Bằng chứng của quan hệ nhân quả chỉ có tính thuyết phục cao khi các nghiệm thức được áp dụng cho đối tượng nghiên cứu. Nếu chỉ thực hiện điều tra

quan sát, thì quan hệ nhân quả sẽ khó được giải thích rõ ràng. Để chứng minh cho những nhận định trên đây, chúng xem xét hai cách nghiên cứu xác định ảnh hưởng của hàm lượng nitơ đến sinh trưởng của rừng sao đen. Để giải quyết vấn đề đặt ra trên đây, nhà nghiên cứu thiết kế các lô thí nghiệm ngẫu nhiên trên nền đất đồng nhất, trong đó các lô thí nghiệm được bón N theo mức tăng dần. Từ số liệu của thí nghiệm này, qua phân tích mối liên hệ giữa sinh khối sao đen với hàm lượng đạm trong đất, nhà nghiên cứu nhận thấy: (1) ở giới hạn thấp của hàm lượng đạm, sinh khối sao đen tăng dần nhưng tăng rất chậm; (2) kể đến khi tăng hàm lượng đạm tiếp theo, thì sinh khối sao đen tăng lên rất nhanh và đạt cực đại ở mức đạm nào đó; (3) khi tiếp tục gia tăng hàm lượng đạm lên mức rất cao, thì sinh khối sao đen lại giảm dần. Như vậy, kết quả phân tích hồi quy đã chỉ ra ảnh hưởng rõ ràng của đạm đến sinh trưởng sao đen. Nhưng cũng với vấn đề đặt ra trên đây, nhà nghiên cứu đã thực hiện thu thập sinh khối sao đen và hàm lượng đạm trong đất ở những lâm phần sao đen khác nhau. Sau đó, thông qua phân tích hồi quy, nhà nghiên cứu cũng chỉ ra ảnh hưởng của đạm đến sinh trưởng sao đen. Tuy vậy, kết luận đưa ra ở trường hợp thứ hai là kém tin tưởng, bởi vì sinh khối sao đen chịu ảnh hưởng không chỉ của đạm, mà còn của nhiều yếu tố môi trường khác. Để phân tích chính xác sự thay đổi sinh khối sao đen ở trường hợp thứ hai, nhà nghiên cứu cần phải xây dựng mối quan hệ giữa sinh khối sao đen với nhiều biến giải thích khác.

2.7. NHỮNG NGUỒN KHÔNG THỂ GIẢI THÍCH

Ở **mục 2.6** chúng ta đã xem xét độ tin cậy của những kết luận rút ra từ hai cách nghiên cứu. Mặc dù vậy, có nhiều nguồn giải thích không chính xác số liệu sinh thái, mà hầu hết chúng có ảnh hưởng đến trình trạng và phạm vi tin cậy của các kết luận. Mục đích của phần này là chỉ ra tính không phù hợp của những kết luận do nhà lâm học không tuân thủ đúng những thủ tục nghiên cứu.

(1) *Sử dụng không đúng phân tích thống kê.* Nhiều nhà thống kê toán học đã chỉ ra những sai sót của việc lạm dụng phân tích thống kê như sau:

- Quá ít thí nghiệm và phân tích thí nghiệm không đúng (Hurlbert, 1984).
- Áp dụng không đúng kiểm định Student' t (Innis, 1979).
- Sử dụng không đúng thủ tục so sánh đa biến (Johnson & Berger, 1982; Dawkins, 1983).
- Sử dụng không đúng nguyên lý thống kê (Buckland, 1982; Tacha *et al.*, 1982).
- Thiếu quan tâm đến phương pháp thiết kế và phân tích những hệ thống kiểm tra sinh học (Meyers *et al.*, 1982)...

(2) *Lấy sự khám phá làm chứng cứ.* Một trong những nguồn không thể giải thích là lấy sự khám phá để làm chứng cứ khoa học. Những nguồn không thể giải thích này có rất nhiều. Qua đánh giá việc áp dụng thống kê trong thí nghiệm đồng ruộng, Hurlbert (1984) đã đi đến kết luận rằng, tài liệu sinh thái đã đưa ra những điều khó hiểu do thí nghiệm được thiết kế ít và phân tích số liệu không đúng.

(3) *Không thể giải thích do lấy mẫu trệch.* Nếu mẫu không được rút ngẫu nhiên, nhà nghiên cứu có thể thu được một bức tranh méo mó về tổng thể (Snedecor & Cochran, 1980). Lấy mẫu trệch, chẳng hạn như chọn những điểm thu mẫu từ thảm thực vật được rút mẫu điển hình hoặc từ những vị trí của thảm

thực vật có nhiều loài. Những kiểu rút mẫu trạch có thể là nguyên nhân của những giải thích sai. Trong trường hợp này, kết quả phân tích thống kê có thể khác với kết quả đã thu được bằng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên.

(4) *Những nguồn không thể giải thích khác.* Những nguồn không thể giải thích kết quả hay hiện tượng còn do: (1) nhà nghiên cứu đặt sai giả thuyết, (2) sử dụng sai phương pháp phân tích thống kê, (3) sử dụng không phù hợp mức ý nghĩa của thống kê...

2.8. TÍNH PHỨC TẠP CỦA NGHIÊN CỨU SINH THÁI HỌC

Tính phức tạp của nghiên cứu sinh thái học biểu hiện ở chỗ: (1) Những biến nghiên cứu thường có biến động mạnh; (2) Sự tương tác phức tạp giữa các biến giải thích và giữa các biến giải thích với biến phản hồi; (3) Thiếu chắc chắn về nguyên nhân của những mối liên hệ thu được. Tất cả những khó khăn trên càng tăng lên khi nghiên cứu trong điều kiện ở ngoài trời. Biến động mạnh của những biến thu thập ở ngoài trời là do chúng chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau. Ngoài ra, những yếu tố vô sinh và hữu sinh cũng thường thay đổi theo không gian và thời gian. Ví dụ, độ phong phú của loài trong thảm thực vật có mối quan hệ không chỉ với pH, nước, nhiệt độ, mà còn với hàm lượng khoáng chất trong đất và sinh vật khác...Nhiều biến giải thích có ảnh hưởng lẫn nhau và quan hệ với nhau. Chẳng hạn, nước có ảnh hưởng đến hàm lượng khoáng và nhiệt độ đất; thành phần khoáng ảnh hưởng đến pH...Những biến phản hồi cũng có hiện tượng tương tự như biến giải thích. Vì thế, tìm ra lời giải thích đúng cho những hiện tượng quan sát được là việc làm rất khó khăn.

Một trong những cách phân tích tài liệu sinh thái là sử dụng phương pháp phân tích đa biến. Nhưng muốn áp dụng tốt kỹ thuật phân tích đa biến, thì việc thiết kế thí nghiệm và đo đạc số liệu phải đảm bảo đúng những thủ tục của thống kê toán học.

Chương 3

PHÂN BỐ CÂY TRÊN MẶT ĐẤT

Khi quan sát một thảm thực vật, chúng ta dễ dàng nhận thấy loài cây này phân bố đồng đều trên mặt đất, loài cây kia phân bố không đều, còn một số loài khác hình thành từng cụm ở một nơi nào đó. Vấn đề đặt ra là bằng cách nào có thể xác định được chính xác và khách quan đặc điểm phân bố của các loài cây trên mặt đất? Ngoài ra, nguyên nhân nào đã làm cho loài cây quan tâm có kiểu phân bố như vậy?

Sự phân bố không đồng đều của các loài cây trên mặt đất có thể là do những nguyên nhân cơ bản sau đây:

- Sự hình thành từng cụm cây ở một nơi nào đó có thể có liên quan đến đặc tính sinh học của loài. Chẳng hạn, một số loài sinh sản vô tính bằng chồi gốc; một số loài có hạt giống nặng, nên khi phát tán hạt giống của chúng chỉ rơi trên phạm vi không gian nhất định quanh gốc cây mẹ...
- Tính không thuận nhất của môi trường quần xã thực vật. Chẳng hạn như địa hình không bằng phẳng, độ che phủ của cây bụi không đồng đều...
- Bản thân các loài cây cũng có khuynh hướng hình thành những vi môi trường không thuận lợi cho chính mình.
- Sự kết nhóm giữa các loài cũng là nguyên nhân dẫn đến sự phân bố của các loài theo từng đám riêng rẽ...

Như vậy, việc phát hiện ra những nguyên nhân làm phát sinh các kiểu phân bố của loài trong quần xã thực vật sẽ cho phép nhà lâm học hiểu rõ đặc tính sinh thái của các loài cây, đặc điểm tái sinh rừng, diễn thế rừng, điều kiện môi trường quần xã thực vật và mối quan hệ qua lại giữa các loài cây... Từ đó nhà lâm học có thể xây dựng được những biện pháp thích hợp trong xử lý lâm sinh.

3.1. NHỮNG KIỂU PHÂN BỐ CỦA CÁC LOÀI CÂY TRÊN MẶT ĐẤT

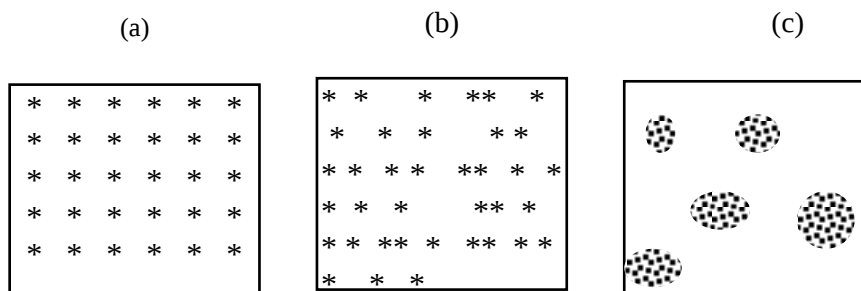
3.1.1. Phân bố điều hòa

Phân bố điều hòa biểu hiện ở chỗ mật độ của loài biến động rất nhỏ trên những ô mẫu có kích thước bằng nhau. Nói khác đi, số lượng cá thể của loài có xác suất tìm thấy như nhau trên một khoảng cách hay diện tích bằng nhau (**Hình 3.1a**). Kiểu phân bố này không xuất hiện trong tự nhiên mà chỉ có trong những lâm phần nhân tạo.

3.1.2. Phân bố ngẫu nhiên

Phân bố ngẫu nhiên xuất hiện khi điều kiện môi trường quần xã thực vật là đồng nhất (**Hình 3.1b**). Trên quan điểm thống kê, tính đồng nhất của môi trường biểu hiện rõ trong những trường hợp sau đây: (1) mỗi cá thể của loài có xác suất bắt gặp như nhau tại bất kỳ điểm nào của quần xã thực vật; (2) xác suất bắt gặp loài quan tâm không phụ thuộc vào những cá thể khác cùng loài hoặc loài khác ở

lân cận. Do đó, phân bố ngẫu nhiên cũng được hiểu là phân bố đều. Kiểu phân bố này cũng rất ít gặp trong các hệ sinh thái tự nhiên.



Hình 3.1. Những kiểu phân bố của các loài cây trên mặt đất
(a) Phân bố điều hòa; (b) Phân bố ngẫu nhiên; (c) Phân bố cụm.

8.1.3. Phân bố cụm

Phân bố cụm còn có tên gọi là phân bố theo đám. Kiểu phân bố này biểu hiện ở chỗ những cá thể của loài hình thành những đám (cụm) ở một số khu vực nào đó của quần xã thực vật, nhưng lại hoàn toàn vắng mặt ở nơi khác (Hình 3.1c). Đây là kiểu phân bố thường gặp trong tự nhiên. Kiểu phân bố cụm có liên hệ với tính không thuần nhất của môi trường và đặc tính sinh học - sinh thái của loài. Trong sinh thái học, kiểu phân bố cụm thu hút sự chú ý lớn nhất của các nhà nghiên cứu. Bởi vì thông qua việc làm rõ nguyên nhân hình thành kiểu phân bố cụm, nhà lâm học có thể hiểu rõ đặc tính sinh thái của các loài cây, đặc điểm tái sinh rừng, diễn thế rừng, điều kiện môi trường quần xã thực vật và mối quan hệ qua lại giữa các loài cây... Từ đó nhà lâm học có thể xây dựng được những biện pháp thích hợp trong xử lý rừng.

3.2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH PHÂN BỐ CÂY TRÊN MẶT ĐẤT

Để tìm hiểu đặc điểm phân bố cây rừng trên mặt đất, tùy theo mục tiêu nghiên cứu, nhà lâm học có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau như quan sát bằng mắt, phân tích theo những mô hình phân bố xác suất... Dưới đây giới thiệu một số phương pháp xác định phân bố cây trên mặt đất được nhiều nhà lâm học quan tâm.

3.2.1. Xác định phân bố cây trên đất bằng mô hình phân bố nhị thức

Giả thiết cần nghiên cứu phân bố cây tái sinh bằng cách đặt n ô dạng bản (n là dung lượng mẫu, ví dụ $n = 4, 6$ ô) tạo thành từng cụm ngẫu nhiên (hoặc đồng đều) trên toàn bộ diện tích quần xã thực vật hoặc trên một tuyến nào đó cắt ngang qua quần xã thực vật. Trên mỗi ô dạng bản, nhà lâm học chỉ thống kê hai dấu hiệu định tính đối lập nhau là “có” và “không có” loài cây quan tâm. Kết quả điều tra cho thấy loài cây quan tâm chỉ tìm thấy trong một số ô dạng bản. Tỷ lệ ô có cây là p (p = tổng số ô có cây trên tổng số ô đo đếm), còn tỷ lệ ô không có cây là $q = 1 -$

p. Từ tài liệu đo đếm này, nhà lâm học có thể phân tích đặc điểm phân bố cây rừng trên mặt đất bằng cách áp dụng phân bố nhị thức.

Phân bố nhị thức

$$(p + q)^n \quad (3.1)$$

Nếu gọi $P_{(k)}$ là xác suất tìm thấy k ô ($k = 0, 1, 2, \dots, n$) có loài cây quan tâm, thì theo nhị thức Newton ta có :

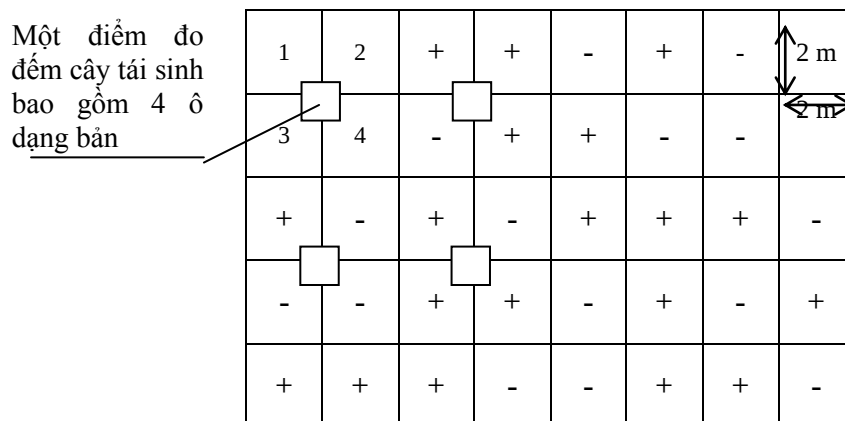
$$P(k) = C(n, k) p^k q^{n-k},$$

$$\text{với } C(n, k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (3.2)$$

Ví dụ. Khi $n = 4$ ô thì xác suất của những cụm ô chứa 0, 1, 2, 3 và 4 ô có cây là: $P_0 = q^4$; $P_1 = 4pq^3$; $P_2 = 6p^2q^2$; $P_3 = 4p^3q$ và $P_4 = p^4$. Những bước tính toán tiếp theo (tìm tần số ô chứa 0, 1, 2, 3, 4 ô có cây và kiểm định giả thuyết về dạng phân bố...) có thể tham khảo trong các sách thống kê toán học.

Trong thực hành, nhà lâm học có thể bố trí ô nghiên cứu phân bố cây theo 1 trong 2 cách dưới đây (trên ví dụ nghiên cứu tái sinh rừng).

1. Cách thứ nhất. Trước hết, nhà lâm học phân chia đối tượng nghiên cứu (quần xã thực vật, lô thí nghiệm, khu tiêu chuẩn hay ô mẫu) thành những tuyến song song cách đều với mỗi tuyến có bề rộng từ 2 - 4 m tùy theo loài cây và tuổi của chúng. Kế đến phân chia các tuyến thành N phân đoạn với chiều dài mỗi phân đoạn cũng bằng 2 - 4 m. Tiếp theo phân chia tiếp mỗi phân đoạn thành n ô dạng bản (ví dụ $n = 4$ ô) với mỗi ô có diện tích bằng 1 m^2 (Hình 3.2). Như vậy, trong lô thí nghiệm có N phân đoạn với mỗi phân đoạn gồm n ô dạng bản. Thông tin thu thập trong mỗi ô dạng bản chỉ gồm hai dấu hiệu định tính đối lập nhau là “có cây tái sinh – mã hoá bằng số 1” hoặc “không có cây tái sinh - mã hoá bằng số 0”.



Hình 3.2. Sơ đồ bố trí hệ thống ô dạng bản trên mặt đất

Ký hiệu: (+) và (-) tương ứng là ô “có” và “không có” cây tái sinh của loài quan tâm

2. Cách thứ hai. Trong đối tượng nghiên cứu, cứ theo một khoảng cách ngẫu nhiên hoặc một khoảng cách nhất định, nhà lâm học lại bố trí một điểm đo. Giả thiết nhà lâm học bố trí N điểm đo ($N = 100, 500$). Tại mỗi điểm, nhà lâm học đặt n ô dạng bản ($n = 4 - 6$ ô) liền nhau theo dạng bàn cờ hoặc theo 1 dãy liên

tục, diện tích mỗi ô dạng bản là $S \text{ m}^2$ ($1 - 2 \text{ m}^2$). Thông tin về cây tái sinh trong mỗi ô dạng bản bao gồm hai dấu hiệu định tính đối lập nhau là “có” và “không có” loài quan tâm.

Từ hai cách bố trí thí nghiệm trên đây, nhà lâm học có thể xác định được tỷ lệ ô có cây (p) và ô không có cây ($q = 1 - p$). Gọi $P_{(k)}$ là xác suất mà các phân đoạn của tuyến chứa k ô có cây. Theo nhị thức Niuton, chúng ta có $P(k = 0, 1 \dots n) = C_n^k p^k q^{n-k}$. Tần số lý thuyết của những cụm ô xuất hiện k ô có cây là $N \cdot P(k)$. Để xem phân bố của loài cây nghiên cứu có tuân theo luật phân bố nhị thức hay không, chúng ta thực hiện so sánh tần số lý thuyết với tần số thực nghiệm nhờ thống kê χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(F_m - F_{lt})^2}{F_{lt}} \quad (3.3)$$

trong đó: F_m = tần số thực nghiệm; F_{lt} = tần số lý thuyết.

Cần lưu ý rằng, kiểm định χ^2 chỉ cho kết quả chính xác khi tần số của các cấp (tổ, nhóm) lớn hơn hoặc bằng 5. Nếu $\chi^2 < \chi^2_{05}$ (hoặc $P > \alpha = 0,05$ hoặc 0,01) với số bậc tự do là $f = m - 2$ (m = số cấp sau khi gộp để tần số của các cấp lớn hơn hoặc bằng 5), thì phân bố thực nghiệm phù hợp với phân bố lý thuyết. Ngược lại, $\chi^2 > \chi^2_{05}$ (hoặc $P < \alpha = 0,05$ hoặc 0,01), thì giả thuyết bị bác bỏ.

Bảng 3.1. Phân bố của *Potentilla acaulis* trên 100 phân đoạn, mỗi phân đoạn 5 ô dạng bản và so sánh với phân bố nhị thức
(Nguồn: Vasilevich, 1969)

Số ô bắt gặp <i>P. acaulis</i>	0	1	2	3	4	5
Số phân đoạn của tuyến	23	26	22	12	10	7
Tần số lý thuyết	10,6	29,9	34,0	19,3	5,5	0,6
χ^2	14,5	0,51	4,24	2,75	19,5	
$\chi^2_{0,05}$	16,3					

Ở Bảng 3.1 dẫn ví dụ phân tích đặc điểm phân bố của loài *Potentilla acaulis* trên một tuyến gồm 500 ô dạng bản liền nhau, kích thước mỗi ô là 1 m^2 ; tuyến được chia thành 100 phân đoạn với mỗi phân đoạn gồm 5 ô dạng bản. Theo số liệu của **Bảng 3.1**, $p = 0,362$; $q = 0,638$; $n = 5$ ô; $N = 100$. Để tìm xác suất của những điểm bắt gặp 0, 1, 2, 3, 4 và 5 ô có cây, chúng ta phải khai triển nhị thức: $(0,362 + 0,638)^5$. Các bước tính toán tiếp theo có thể xem ở **Bảng 3.1**.

Từ **số liệu của Bảng 3.1**, chúng ta có thể kết luận rằng phân bố của *P. acaulis* không tuân theo luật ngẫu nhiên mà tuân theo luật phân bố cụm. Điều đó xảy ra là vì tần số lý thuyết của những phân đoạn bắt gặp 1, 2, 3 ô có cây lớn hơn nhiều so với tần số thực nghiệm. Bước tiếp theo, nhà lâm học cố gắng tìm lời giải thích vì sao loài cây này phân bố thành từng cụm trên mặt đất?

3.2.2. Xác định phân bố cây trên mặt đất bằng mô hình phân bố Poisson

Giả thiết cần nghiên cứu phân bố cây tái sinh bằng cách đặt n ô dạng bản tạo thành một hệ thống ô theo dạng bàn cờ. Thông tin thu thập trong mỗi ô dạng bản bao gồm số lượng cá thể của loài cây quan tâm. Trong mỗi ô dạng bản, nhà lâm học có thể bắt gặp 0, 1, 2...k cá thể của loài cây quan tâm. Từ tài liệu này, chúng có thể phân tích đặc điểm phân bố của loài cây quan tâm trên mặt đất bằng cách áp dụng phân bố Poisson.

Phân bố Poisson

$$P(k) = \frac{e^{-m} m^k}{k!}, \quad (3.4)$$

trong đó: $e = 2,7182$; $m =$ số cây bình quân/ô; $k =$ số cây/ô.

Từ **công thức 3.4**, chúng ta có:

$$P(k = 0) = e^{-m}$$

$$P(k = 1) = e^{-m} m$$

$$P(k = 2) = \frac{e^{-m} m^2}{2}$$

$$P(k = 3) = \frac{e^{-m} m^3}{6}$$

$$P(k = 4) = \frac{e^{-m} m^4}{24}$$

$$P(k = 5) = \frac{e^{-m} m^5}{120} \dots$$

Để kiểm định phân bố số cây trên mặt đất có phù hợp với phân bố Poisson hay không, chúng ta thực hiện các bước sau đây: (1) tìm tần số lý luận cho các ô bắt gặp 0, 1, 2...k cây; (2) kiểm định phân bố Poisson theo tiêu chuẩn χ^2 với số bậc tự do bằng số cấp sau khi gộp (điều kiện là tần số của mỗi cấp phải lớn hơn 5) trừ 2.

Phân bố Poisson có một tính chất quan trọng là trị số trung bình (X_{bq}) bằng trị số phương sai (S^2). Theo Svedberg (1922), chúng ta có thể so sánh nhanh phân bố cây tìm được với phân bố Poisson bằng cách tính tỷ số phương sai tương đối:

$$W = \frac{S^2}{X_{bq}} \quad (3.5)$$

- + Nếu $W < 1,0 \Rightarrow$ phân bố cây tái sinh trên mặt đất là đồng đều;
- + Nếu $W = 1,0 \Rightarrow$ phân bố cây tái sinh trên mặt đất là ngẫu nhiên;
- + Nếu $W > 1,0 \Rightarrow$ phân bố cây tái sinh trên mặt đất có dạng cụm.

Cần nhận thấy rằng, trị số W tự nó chưa nói lên được điều gì. Theo Blackman (1942), để biết điều kiện S^2/X_{bq} có khác 1 thực sự hay không, chúng ta có thể kiểm tra theo tiêu chuẩn sau đây:

$$S = \sqrt{\frac{2N}{(N-1)^2}} \quad (3.6)$$

với N là số ô mẫu. Khi N rất lớn (trên 200 ô), **công thức (3.6)** có thể chuyển thành:

$$S = \sqrt{\frac{2}{(N-1)}}$$

Theo Blackman, nếu $W = (S^2/X_{bq})$ nằm trong khoảng $1 \pm 2S$, thì nó không khác 1 thực sự, nghĩa là phân bố thực nghiệm phù hợp với phân bố Poisson. Nhưng nhiều nhà nghiên cứu (Greig-Smith, 1960; Vasilevich, 1969; *et al*) cho rằng kiểm định Blackman không trả lời đúng trong mọi trường hợp, và do đó chỉ nên sử dụng kiểm định này để kiểm tra sơ bộ điều kiện bằng nhau của S^2 và X_{bq} . Nói chung, trong mọi trường hợp, để biết phân bố thực nghiệm có phù hợp với phân bố lý thuyết hay không chúng ta phải sử dụng kiểm định χ^2 .

Bảng 3.2 ghi lại phân bố của một loài cây tái sinh được điều tra trên 200 ô dạng bản với mỗi ô 1 m². Để đồng hoá với phân bố Poisson, từ **Bảng 3.2** tính được: $X_{bq}/\hat{o} = 0,98$; $N = 200$ ô và $\chi^2_{tn} = 3,3$. Từ Bảng χ^2 với số bậc tự do là $4 - 2 = 2$, chúng ta nhận được $\chi^2_{(05;2)} = 5,9$. Vì $\chi^2_{tn} = 3,3 < \chi^2_{lt} = 5,9$ nên phân bố của loài cây này tuân theo luật phân bố Poisson. Nói khác đi, loài cây quan tâm phân bố theo diện tích là ngẫu nhiên. Bước tiếp theo, nhà lâm học cố gắng tìm lời giải thích vì sao loài cây này phân bố ngẫu nhiên trên mặt đất?

Bảng 3.2. Phân bố cây trên mặt đất và đồng hóa với phân bố Poisson
(Nguồn: Vasilevich, 1969)

Số cây/ô dạng bản	0	1	2	3	4
Tần số ô thực nghiệm	79	70	31	16	4
Tần số ô lý thuyết	75,2	73,6	36,1	11,7	3,0
χ^2	0,19	0,18	1,03	1,9	

3.2.3. Xác định phân bố cây trên mặt đất theo kiểm định “Lô”¹

a. Cách bố trí thí nghiệm. Khi vận dụng phương pháp này, các ô dạng bản dùng để thống kê cây tái sinh được bố trí liên tục trên các tuyến (dải) song song cách đều hoặc không đều dưới tán rừng trong lô thí nghiệm (quần xã thực vật). Bề rộng của tuyến được chọn lựa tùy thuộc vào loài cây và tuổi của chúng, thông thường là 2 đến 4 m, còn chiều dài của tuyến được bố trí tùy ý. Tiếp theo, nhà lâm học phân chia các tuyến thành những phân đoạn đều nhau với chiều dài mỗi phân đoạn bằng bề rộng của tuyến; mỗi phân đoạn được xem là một ô dạng bản (**Hình 3.3**).

b. Thu thập thông tin và kiểm định dạng phân bố. Thông tin về cây tái sinh trong mỗi ô dạng bản (mỗi phân đoạn) bao gồm hai dấu hiệu định tính – đó là “có” (kí hiệu bằng dấu (+) hoặc mã hoá là 1) và “không có” (kí hiệu bằng dấu (-) hoặc mã hoá là 0). Giả thiết điều tra N ô, chúng ta nhận được n_1 ô có cây, n_2 ($n_2 = N - n_1$) ô không có cây (hay ô trống) và R phân đoạn lặp lại dạng (++++) và (- - -).

¹ Runs Test

Tuyến I	+	+	-	+	-	-	-	2 m
II	-	+	+	-	+	-	+	2 m
III	+	+	-	-	+	-	+	+
IV	-	+	+	-	+	-	+	+
V	-	+	-	+	+	-	+	+

Hình 3.3. Sơ đồ bố trí các ô dạng bản

Kí hiệu: (+) và (-) tương ứng là ô “ có “ và “ không có “ cây tái sinh của loài quan tâm

Bây giờ chúng ta cần kiểm định giả thuyết H_0 cho rằng R (sự luân phiên của những ô trống và ô có cây) là ngẫu nhiên. Giả thuyết H_0 được kiểm định dựa trên thống kê T:

$$T = \frac{R - \frac{2n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1}{\sqrt{\frac{2n_1 n_2 (2n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (3.7)$$

Khi biết T, chúng ta so sánh T với T_α ở mức ý nghĩa $P = 0,05$ hoặc $0,01$. Theo Terenchiev (1964), nếu $T < -2$, phân bố của loài cây quan tâm trên mặt đất có dạng cụm. Nếu $T = 0$ đến ± 2 , loài cây quan tâm phân bố ngẫu nhiên. Nếu $T > +2$, loài cây quan tâm phân bố đồng đều.

Bảng 3.3. Xác định phân bố cây tái sinh dầu song năng trên mặt đất bằng tiêu chuẩn nhắc lại
(Nguồn: Nguyễn Văn Thêm, 1992)

Chỉ tiêu thống kê	Thứ tự tuyến thí nghiệm:			
	1	2	3	4
N	160	80	111	115
n (+)	103	36	57	42
n (-)	57	44	54	73
R	60	22	40	34
T	- 2,5	+ 4,1	- 3,14	- 4,1
$T_{0,05}$	2.58	2.66	2.63	2.63

Ở Bảng 3.3 dẫn ví dụ nghiên cứu đặc điểm phân bố cây tái sinh Dầu song năng (*Dipterocarpus dyeri*) trên mặt đất. Ở đây tác giả đã sử dụng ô thống kê có kích thước 1 m^2 ($1*1 \text{ m}$); chiều dài các tuyến thay đổi từ 80 - 160 m tùy theo đối

tượng nghiên cứu. Từ kết quả của **Bảng 3.3 cho thấy**, cây tái sinh Dầu song nòng phân bố trên mặt đất theo kiểu phân bố cụm.

3.2.4. Mô hình phân bố cụm

Sau khi xác định được đặc điểm phân bố cây trên mặt đất có dạng phân bố cụm, thì tùy theo mục đích nghiên cứu, nhà lâm học có thể tiếp tục phân tích sâu hơn về đặc điểm của kiểu phân bố cụm. Chẳng hạn, nhà lâm học có thể mô hình hoá phân bố cụm và xác định độ lớn trung bình của các cụm cây. Dưới đây giới thiệu hai mô hình phân bố cụm của Thomas và Neyman.

a. Phân bố Neyman

Theo Neyman, xác suất bắt gặp k cây trong 1 ô mẫu (ô dạng bản) được tính theo công thức:

$$P(X = k + 1) = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{k + 1} \sum_{t=0}^{t=k} \frac{m_2^t}{t!} P(X = k - t) \quad (3.8)$$

Trong đó:

+ m_1 = số bình quân các cụm cây trong một ô mẫu;

+ m_2 = số cây bình quân trong 1 cụm.

Giá trị m_2 và m_1 được tính theo công thức:

$$m_2 = \frac{(S^2 - X_{bq})}{X_{bq}} \quad (3.9)$$

$$m_1 = \frac{X_{bq}}{m_2} \quad (3.10)$$

trong đó: X_{bq} và S^2 tương ứng là số cây bình quân và phương sai trên 1 ô dạng bản. Từ **phương trình 3.8**, khi thay $k = 0, 1, 2...$ chúng ta sẽ tìm được tần số ô lý thuyết chứa 0, 1, 2... cá thể :

$$P_{(X=0)} = \exp(-m_1(1 - e^{-m_2}));$$

$$P_{(X=1)} = m_1 m_2 \exp(-m_2) * P_0;$$

$$P_{(X=2)} = \frac{m_1 m_2 \exp(-m_2^2)}{2} * (P_1 + m_2 P_0);$$

$$P_{(X=3)} = \frac{m_1 m_2 \exp(-m_2^2)}{3} * (P_2 + m_2 P_1 + \frac{m_2^2}{2} P_0)...$$

Việc kiểm định tính phù hợp của dạng phân bố Neyman cũng được thực hiện theo thống kê χ^2 ; trong đó số bậc tự do $f = n - 3$ (n là số tổ sau khi gộp để tần số lớn hơn 5).

b. Phân bố Thomas

Theo Thomas (1949), xác suất bắt gặp k cây trong 1 ô mẫu được tính theo công thức:

$$P_k = \sum_{r=1}^k \frac{(m^r e^{-m} (r\lambda)^{k-r} e^{-\lambda r})}{r!(k-r)!}; \quad (3.11)$$

Trong đó

+ m là số cụm cây trên ô nghiên cứu.

+ Trị số bình quân của phân bố Thomas:

$$\mu_1 = m(1 + \lambda); \quad (3.12)$$

trong đó m là số cụm cây/ô dạng bản, còn $1 + \lambda$ là số cây bình quân/cụm.

+ Phương sai của phân bố Thomas:

$$\mu_2 = m(1 + 3\lambda + \lambda^2) \quad (3.13)$$

Hai tham số m và λ được tính bằng công thức:

$$\begin{aligned} m &= -\text{Ln}\left\{\frac{n_0}{N}\right\} \\ \lambda &= -\text{Ln}\left\{\frac{n_1}{mn_0}\right\}; \end{aligned} \quad (3.14)$$

với n_0 và n_1 tương ứng là số ô không có cây và số ô chỉ bắt gặp 1 cây; N là tổng số ô điều tra. Khi $\lambda = 0$, thì phân bố Thomas trở thành phân bố Poisson.

Khi khai triển **phương trình 3.11**, chúng ta có:

$$\begin{aligned} P_0 &= e^{-m}; \\ P_1 &= me^{-m}e^{-\lambda}; \\ P_2 &= me^{-m}\lambda e^{-\lambda} + \frac{m^2 e^{-m}}{2!} (e^{-\lambda})^2 \dots \end{aligned}$$

Sau khi tính xác suất P_K , chúng ta tính tần số các cấp bằng cách nhân tổng số ô nghiên cứu với $P_{(K=0,1,\dots)}$. Việc kiểm định tính phù hợp của phân bố Thomas cũng được thực hiện bằng thống kê χ^2 với số bậc tự do $f = n - 3$, trong đó n là số tổ sau khi gộp để tần số > 5 .

3.2.5. Xác định kích thước các cụm cây

Sau khi tìm hiểu đặc điểm và nguyên nhân gây ra phân bố cụm, một vấn đề cần phải giải quyết là xác định kích thước trung bình của những cụm cây. Cần nhận thấy rằng, nếu chỉ sử dụng các ô mẫu được bố trí ngẫu nhiên hay trải đều

trong quần xã thực vật, thì việc xác định chính xác độ lớn của một cụm cây là việc làm rất khó khăn. Trên thực tế, để xác định chính xác độ lớn của các cụm cây, nhà lâm học phải đo vẽ chi tiết ranh giới của chúng. Rõ ràng đây là một công việc khó khăn, đồng thời đòi hỏi rất nhiều thời gian và nhân lực.

Để xác định độ lớn của các cụm cây và nguyên nhân dẫn đến phân bố cụm, Greig - Smith (1952) đã đề xuất cách giải quyết vấn đề như sau:

(a). Trên khu vực nghiên cứu (ô tiêu chuẩn), lập một hệ thống lưới ô vuông (mỗi ô được gọi là ô cơ sở hay ô đơn vị) khép kín theo dạng bàn cờ sao cho có thể liên kết những ô cơ sở ở lân cận thành từng khối; trong đó mỗi khối bao gồm 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 ô cơ sở...Kế đến, xác định mật độ cây và tính số cây bình quân và phương sai tương ứng với mỗi khối ô mẫu khác nhau.

(b) Tiếp theo, xây dựng đồ thị biểu diễn sự biến đổi của phương sai tùy theo kích thước khối ô mẫu. Khi lập đồ thị, trục tung đặt phương sai tương ứng với các khối ô mẫu, còn trục hoành là kích thước khối.

(c) Sau cùng nối các điểm giao nhau giữa trị số khối và phương sai tương ứng. Kết quả sẽ nhận được một đường cong có nhiều đỉnh. Theo Greig Smith, các đỉnh này tương ứng với kích thước các khối, kích thước ấy bằng diện tích bình quân của từng đám (cụm) cá thể.

Bảng 3.4. Kiểm định phân bố cây tái sinh trên mặt đất
theo phân bố Thomas và Neyman
(Nguồn: Nguyễn Văn Thêm, 1992)

Số cây/ô	Tần số quan sát	Tần số lý thuyết theo:	
		Thomas	Neyman
0	159	159.0	158.2
1	113	113.0	113.9
2	71	72.3	71.2
3	36	37.0	37.0
4	19	16.8	17.1
5	6	6.9	7.2
6	3	2.6	2.8
≥ 7	2	0.1	0.003
Tổng số	409	408	407
χ^2		0,555	0,363
χ^2_{05}		7,81	7,81
Các đặc trưng	$X_{bq} = 1,2$ $S^2 = 2,1$	$m = 0,945; \lambda = 0,285$ $X_{bq} = 1,22; S^2 = 1,88$	$m_1 = 2,3045$ $m_2 = 0,5315$

Khi nghiên cứu tái sinh tự nhiên của Dầu song nòng, chúng tôi đã nhận thấy quần thể cây con Dầu song nòng cũng phân bố theo cụm. Những cụm này hình thành là do Dầu song nòng tái sinh theo lỗ trống. Kiểu phân bố cụm của Dầu song nòng có thể mô tả gần đúng bằng mô hình phân bố Thomas và Neyman (Bảng 3.4). Khi áp dụng phương pháp của Greig – Smith, chúng tôi đã xác định được kích thước bình quân của các cụm cây tái sinh Dầu song nòng là 128 m²; số cây trung bình trong một cụm là 65 cây (Bảng 3.5 và Hình 3.4). Bằng cách biến

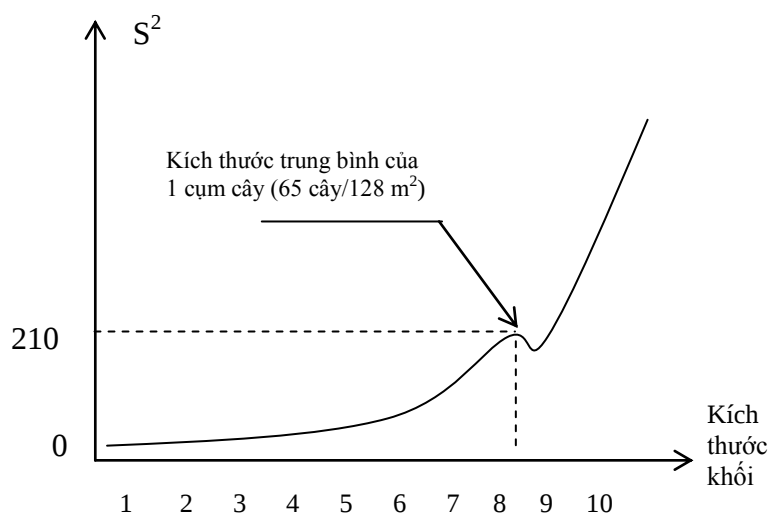
đơn giản (giả thiết hình thái của một cụm cây là hình tròn) đã nhận được đường kính trung bình của một cụm cây tái sinh Dầu song nòng là 11 – 12 m.

Khi coi độ lớn của một cụm cây tái sinh là trị số trung bình của chiều dài các phân đoạn mang dấu hiệu “có cây”, chúng tôi đã xác định được gần đúng kích thước trung bình của một cụm cây tái sinh Dầu song nòng dưới tán rừng là 7 - 12 m. Số liệu này cũng phù hợp với kết quả tính theo phương pháp của Greig – Smith. Từ thực tế cho thấy, kích thước 7 - 12 m tương ứng với hình chiếu tán nằm ngang trung bình của một cây Dầu song nòng trưởng thành.

Bảng 3.5. Sự phụ thuộc của phương sai theo kích thước ô thống kê

TT	Khối (m ²)	Số khối (n)	X _{bq} , (cây/ôdb)	S ²	W = S ² /X _{bq}
10	512	2	246	676,0	2,75
9	256	4	123	194,0	1,58
8	<u>128^(*)</u>	<u>10</u>	<u>64,8</u>	<u>210,4</u>	<u>3,23</u>
7	64	25	32,28	81,6	2,53
6	32	50	16,64	38,0	2,28
5	16	100	8,32	21,9	2,63
4	8	200	4,15	9,0	2,17
3	4	400	2,10	4,1	1,95
2	2	800	1,64	1,72	1,65
1	1	1600	0,52	0,73	1,40

(*) Độ lớn của một cụm cây tái sinh



Hình 3.4. Quan hệ giữa phương sai và kích thước ô thống kê

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng, việc tìm ra dạng phân bố cây (điều hòa, ngẫu nhiên và cụm) chỉ là bước đầu tiên của quá trình xác định kiểu phân bố cây trên mặt đất. Một nhiệm vụ quan trọng khác là phát hiện và giải thích những nguyên nhân dẫn đến kiểu phân bố này. Trong các nghiên cứu sinh thái rừng, nhà lâm học đặc biệt quan tâm đến những nguyên nhân dẫn đến loài cây này hay loài

cây khác có phân bố cụm, còn các dạng phân bố khác ít được chú ý. Để làm rõ nguyên nhân ảnh hưởng đến kiểu phân bố cụm của các loài cây, trong quá trình nghiên cứu nhà lâm học cần phải thu thập thêm những thông tin về môi trường sống của cây con, đặc biệt là vi môi trường trong mỗi ô dạng bản. Về cơ bản, phân bố cụm của các loài cây là do những nguyên nhân sau đây: (1) tính không thuần nhất của môi trường đất, (2) sự phát triển mạnh của thảm cây bụi và thảm cỏ, (3) quan hệ qua lại giữa các loài cây, (4) đặc tính sinh học của loài (sinh sản vô tính hay hữu tính), (5) ảnh hưởng của độ tàn che tán rừng, (6) kiểu cách phát tán hạt giống, (7) sự cạnh tranh giữa các loài và trong một loài cây... Cần nhận thấy rằng, việc tìm ra nguyên nhân của các hiện tượng quan sát thấy ở rừng là rất quan trọng, bởi vì chúng cho phép giải thích bản chất của hiện tượng và xây dựng giải pháp xử lý rừng thích hợp.

Khi áp dụng các mô hình toán thống kê để phân tích phân bố cây (tái sinh hoặc cây trưởng thành) trên mặt đất, về lí thuyết, độ lớn của ô thống kê bằng bao nhiêu cũng được. Nhưng trong thực tiễn, ý nghĩa của các kết luận và chi phí thời gian nghiên cứu phụ thuộc rất nhiều vào cách chọn lựa kích thước ô thống kê. Sử dụng ô thống kê quá nhỏ hoặc quá lớn đều làm giảm ý nghĩa của các kết luận. Thật vậy, khi sử dụng ô mẫu quá lớn, thì nó có thể bao trùm lên nhiều không gian không có cây. Ngược lại, khi sử dụng ô mẫu quá nhỏ, thì nhiều ô mẫu lại rơi vào chỗ trống. Ở trường hợp đầu phân bố cây có thể là phân bố cụm, nhưng chúng ta lại kết luận là phân bố đồng đều. Ngược lại, ở trường hợp sau, mật độ cây thưa thớt, nhưng chúng ta lại kết luận là phân bố cụm. Ngoài ra, kích thước ô mẫu lớn sẽ chứa nhiều cây; điều đó lại gây ra những khó khăn cho việc thống kê số cây trong ô mẫu và các thủ tục tính toán sẽ phức tạp và tốn nhiều thời gian hơn. Vì vậy, khi nghiên cứu phân bố của cây tái sinh trên mặt đất, người ta cho rằng ô mẫu có kích thước biến đổi từ 1 - 4 m² là thích hợp. Đối với cây trưởng thành, kích thước ô mẫu thích hợp là 200 - 400 m² (bằng diện tích trung bình của hình chiếu tán lá nằm ngang của một cây trưởng thành).

Chương 4

PHÂN TÍCH MỐI LIÊN HỆ GIỮA CÁC LOÀI CÂY

4.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trạng thái của một quần xã thực vật được đặc trưng bởi nhiều đại lượng khác nhau. Trước hết, đó là những đại lượng chỉ sự tham gia của loài (về mặt số lượng) trong kết cấu và cấu trúc của quần xã. Ví dụ, độ che phủ của loài, mật độ, trọng lượng, thể tích, độ thường gặp... Một số đại lượng nói lên sự phân bố của loài trên mặt đất, còn một số đại lượng khác đặc trưng cho trạng thái của môi trường. Giữa những đại lượng này tồn tại sự phụ thuộc nhất định. Người ta phân biệt hai kiểu phụ thuộc sau đây:

- **Sự phụ thuộc hàm số.** Thực chất của sự phụ thuộc hàm số là giá trị của đại lượng nào đó hoàn toàn được xác định thông qua đại lượng kia. Ví dụ, diện tích hình vuông phụ thuộc vào độ lớn của 2 cạnh.
- **Sự phụ thuộc xác suất.** Quan hệ này biểu hiện ở chỗ khi một đại lượng thay đổi, thì đại lượng khác có thể nhận được nhiều giá trị ngẫu nhiên. Quan hệ này được nghiên cứu bằng phương pháp tương quan.

Trong một thảm thực vật, nhà lâm học chỉ bắt gặp sự phụ thuộc xác suất. Như chúng ta đã biết, quần xã thực vật là một hệ thống rất phức tạp, trong đó mỗi quần thể loài (*tập hợp những cá thể của một loài hoặc đơn vị phân loại trong loài*) bị kiểm soát bởi nhiều loài khác và vô số nhân tố của môi trường. Theo Bray (1956), sự phụ thuộc giữa các loài có thể nghiên cứu trên ba mức độ không gian khác nhau. Trên mức độ địa lý, người ta nghiên cứu sự cùng chung sống của các loài trong một địa phương và đánh giá sự trùng hợp (hay sự giao nhau) của chúng trong các vùng địa lý. Trên mức độ quần xã, người ta xem xét: (1) sự liên hệ phụ thuộc giữa các loài, (2) khả năng của các loài tham gia vào cùng một quần xã và những nhân tố kiểm soát sự sống của chúng, (3) sự trùng hợp biên độ sinh thái của các loài mà đơn vị đo đếm là ô tiêu chuẩn với kích thước lớn (0,1 - 1,0 ha). Trên mức giữa các loài trong cùng một quần xã thực vật, người ta xác định quan hệ qua lại giữa các loài. Trong trường hợp này, đơn vị đo đếm là những ô mẫu có kích thước nhỏ (1 - 500 m²). Ở đây sự phân bố của loài theo diện tích quần xã thực vật là do rất nhiều nguyên nhân gây ra. Chẳng hạn như đặc điểm sinh học của loài cây, điều kiện không thuận nhất của môi trường, quan hệ giữa các loài...; trong đó quan hệ giữa các loài có ý nghĩa quan trọng.

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng, ranh giới giữa mức hai và ba là rất khó phân định. Nguyên nhân là vì khi tăng kích thước ô mẫu, chúng ta đã chuyển từ việc nghiên cứu quan hệ giữa các loài trong một vi môi trường thành quan hệ của chúng trong quần xã. Sự khác biệt có tính nguyên tắc ở mức một và hai là khi kích thước ô mẫu càng nhỏ, thì mối quan hệ giữa các loài càng đóng vai trò lớn trong việc xác định tương quan giữa các loài. Ở mức giữa các loài, nhà lâm học phải xác định những loài đem so sánh thuộc tầng phiến nào, dạng sống nào và thuộc vi môi trường nào. Trên mức quần xã, nhà lâm học phải xác định những

loài đem so sánh có thuộc về một quần xã hay không, vị trí các quần xã thực vật có tương đồng với nhau hay không.

Nhờ phân tích tương quan, nhà lâm học xác định được những giá trị của một dấu hiệu thay đổi (biến phụ thuộc) khi dấu hiệu khác thay đổi (biến độc lập hay biến điều khiển, biến dự báo). Khi mối liên hệ tồn tại thực sự, thì bước tiếp theo là xác định hình thái và cường độ của mối liên hệ. Trong sinh thái rừng, nhà lâm học cần xác định không chỉ mối liên hệ của những dấu hiệu định lượng (sinh khối, độ che phủ, số cây...), mà còn cả những dấu hiệu định tính (màu sắc lá, tình trạng bị bệnh, cấp lập địa...).

Quan hệ giữa những đại lượng khác nhau có thể được nghiên cứu bằng nhiều phương pháp khác nhau: (1) lập Bảng và vẽ đồ thị tương quan, (2) lập Bảng chéo và kiểm định mối liên hệ, (3) sử dụng phương pháp phân tích tương quan. Nói chung, tùy theo mục đích nghiên cứu và cách thu thập dữ liệu, trình tự nghiên cứu sự phụ thuộc giữa các đại lượng (biến số) có thể thực hiện theo các bước sau đây: (1) xác định sự tồn tại của mối liên hệ, (2) đo mức độ (cường độ) của mối liên hệ, (3) xác định xu hướng của mối liên hệ, (4) phân tích tương quan và hồi quy. Tuy vậy, trong nhiều trường hợp của sinh thái rừng nhà lâm học thường chỉ dừng lại ở bước một, nghĩa là xác định sự tồn tại của mối liên hệ.

4.2. XÁC ĐỊNH MỐI LIÊN HỆ GIỮA CÁC ĐẠI LƯỢNG

4.2.1. Hệ số tương quan và tỷ tương quan

Muốn biết hai biến định lượng Y và X có quan hệ với nhau hay không, người ta thường bắt đầu bằng việc xác định hệ số tương quan. Hệ số tương quan Pearson giữa biến Y và biến X được tính theo công thức:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X - X')(Y - Y')}{N\delta_x \delta_y} \quad (4.1)$$

Trong đó :

N = số cặp quan sát của biến X và biến Y;

δ_x và δ_y = sai tiêu chuẩn tương ứng với biến X và biến Y;

X' và Y' = trị trung bình của biến X và Y;

$$\text{CoV}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X - X')(Y - Y')}{N} = \text{Hiệp phương sai hay biến động chung của X và Y.}$$

Hệ số tương quan lấy giá trị từ (-1) đến (+1). Khi $r > 0$, hai dấu hiệu Y và X có tương quan dương, nghĩa là khi X tăng lên thì Y cũng tăng lên và ngược lại. Khi $r < 0$ thì Y và X có tương quan âm (nghịch), nghĩa là khi X tăng lên thì Y giảm và ngược lại. Người ta quy ước:

$0 < |r| \leq 0,3$ - tương quan yếu;

$0,3 < |r| \leq 0,5$ - tương quan vừa phải;

$0,5 < |r| \leq 0,7$ - tương quan tương đối chặt;

$0,7 < |r| \leq 0,9$ - tương quan rất chặt;

$r = \pm 1$ - tương quan hàm số.

Khi hệ số tương quan r lấy giá trị nhỏ, chúng ta phải kiểm định sự tồn tại của nó bằng thống kê T :

$$T = \frac{r}{m_r}, \text{ với } m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}}. \quad (4.2)$$

Từ đó theo Bảng phân bố T , tìm giá trị T_{05} với $f = N - 2$ bậc tự do. Nếu $T > T_{05}$ với $f = N - 2$ bậc tự do, thì giả thuyết $r = 0$ sẽ bị bác bỏ. Nhưng kiểm định sự tồn tại của hệ số tương quan bằng thống kê T là kém chính xác, đặc biệt khi N nhỏ và r lớn. Để đảm bảo độ tin cậy, người ta đề nghị nên sử dụng kiểm định Fisher. Kiểm định Fisher tính theo công thức:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{1 + r}{1 - r} \right\}. \quad (4.3)$$

Sai số của Z là $S_z = \frac{1}{\sqrt{N - 3}}$, với N là dung lượng mẫu quan sát. Trị số Z có thể tìm theo Bảng lập sẵn trong các sách thống kê. Sự khác biệt của Z so với zero được kiểm định theo thống kê $T = Z/S_z$.

Cần lưu ý rằng, trong sinh thái rừng, hệ số tương quan Pearson thường ít được quan tâm. Nguyên nhân là vì:

Hệ số tương quan Pearson chỉ được tính khi hai đại lượng có phân bố chuẩn. Điều kiện này rất khó thỏa mãn đối với các dấu hiệu quan sát trong tự nhiên.

Nhà lâm học thường quan tâm đến mối quan hệ giữa các loài hoặc giữa các loài với những biến môi trường. Nhưng phân bố của các loài cây thường tồn tại dưới dạng phân bố cụm, còn phân bố của các yếu tố môi trường (pH, mùn, độ dày tầng đất...) rất khó nhận biết do ít tài liệu.

Ngoài ra, khi tính hệ số r đòi hỏi phải phân cấp các biến số (không ít hơn 7 cấp).

Điều kiện này cũng rất khó đảm bảo trong những nghiên cứu sinh thái rừng.

Như chúng ta đã biết, hệ số tương quan biểu thị mức độ chặt chẽ giữa hai đại lượng có quan hệ tuyến tính. Trong trường hợp giữa chúng có quan hệ phi tuyến tính thì mức độ chặt chẽ của mối liên hệ giữa hai đại lượng được biểu thị qua tỷ tương quan. Tỷ tương quan tính theo công thức:

$$\eta_{XY} = \frac{\delta_{mx}}{\delta_x} \quad (4.4)$$

Trong đó δ_{mx} là sai tiêu chuẩn của các giá trị bình quân của đại lượng X tương ứng với mỗi giá trị của đại lượng Y . Tỷ tương quan không có dấu và nó cũng nhận giá trị từ 0 - 1. Sự khác nhau giữa hệ số tương quan và tỷ tương quan cho biết mức độ phụ thuộc phi tuyến tính giữa hai đại lượng.

Để đánh giá sự khác biệt giữa hệ số tương quan và tỷ tương quan, người ta sử dụng kiểm định T ; trong đó m_k là sự sai lệch giữa η và r . Giá trị m_k được tính theo công thức 4.6.

:

$$T = \frac{\eta^2 - r^2}{mk} \quad (4.5)$$

$$m_K = \frac{2\sqrt{[k - k^2(2 - \eta^2 - r^2)]}}{\sqrt{N}} \quad (4.6)$$

với $k = \eta^2 - r^2$. Nếu $T > 2,0$ thì giữa η và r khác nhau thực sự, nghĩa là quan hệ của hai đại lượng là phi tuyến tính. Kiểm định T cho kết luận kém chính xác. Để đánh giá chính xác hơn quan hệ phi tuyến giữa hai đại lượng, người ta đề nghị dùng công thức:

$$F\eta = \frac{(\eta^2 - r^2)(N - m)}{(1 - \eta^2)(m - k - 1)} \quad (4.7)$$

Trong đó N là dung lượng quan sát, m là số tổ phân chia theo biến X , k là bậc của phương trình phi tuyến. Nếu $F\eta > F_{(a)}$ ($a = 01$ hoặc 05) với số bậc tự do $k_1 = m - k - 1$ và $k_2 = N - m$, thì quan hệ phi tuyến bậc k giữa Y với X được chấp nhận.

4.2.2. Tương quan hạng

Thực chất của tương quan hạng¹ là xác định tương quan giữa các dãy số liệu được phân hạng. Để xác định và tính tương quan theo hạng, giá trị của dấu hiệu nghiên cứu phải được phân chia theo cấp và sắp xếp theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần. Tương quan hạng có thể áp dụng cho cả dấu hiệu định lượng lẫn dấu hiệu định tính. Tương quan hạng thường được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu của sinh thái rừng.

Chúng ta xem xét một ví dụ về tương quan hạng giữa độ phong phú của hai loài A và B (Bảng 4.1). Thực chất của phương pháp tương quan hạng là xác định quan hệ giữa các cấp được phân chia của hai đối tượng. Giả định có n ô đo đếm; trong đó chúng được sắp xếp theo độ phong phú của loài nào đó (chẳng hạn loài A) theo thứ tự từ nhỏ đến lớn. Chúng ta kí hiệu vị trí của mỗi ô (mỗi cấp) là X_i ($i = 1, 2, \dots, n$ ô mẫu). Tương tự chúng ta sắp xếp độ phong phú của loài B theo cấp tương ứng với loài A và kí hiệu là Y_i ($i = 1, 2, \dots, n$ ô mẫu). Nếu hai loài này có quan hệ dương, thì sự phân bố các cấp theo độ phong phú của mỗi loài là trùng hợp với nhau. Điều đó có nghĩa là ở những nơi loài A có độ phong phú thấp sẽ tương ứng với độ phong phú thấp của loài B , và ngược lại ở những nơi loài A có độ phong phú cao sẽ tương ứng với độ phong phú cao của loài B . Bởi vậy, theo mức tương quan chặt chẽ giữa hai loài, chúng ta có thể lấy sự khác biệt theo cấp giữa hai loài là d . Nhưng vì tổng sự khác biệt của các $d_i = 0$, nên chúng ta sẽ lấy chênh lệch bình phương của sự khác biệt này. Trong trường hợp này, để xác định mối liên hệ giữa hai loài, người ta thường sử dụng hệ số tương quan hạng của Spearman. Hệ số tương quan hạng được tính theo công thức:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d^2}{n^3 - n}, \text{ với } n \text{ là số ô đo đếm.} \quad (4.8)$$

¹ Rank correlation

Bảng 4.1. Độ phong phú của loài A và B trên 22 ô tiêu chuẩn
(Nguồn: V.I. Vasilevich, 1969)

Thứ tự	Độ phong phú theo loài		Độ phong phú theo loài	
	A	B	A	B
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	sp - cop ₁	cop ₂	14	15,5
2	cop ₁	cop ₂	19,5	15,5
3	sp - cop ₁	cop ₂	14	15,5
4	sp - cop ₁	cop ₁	19,5	7
5	sp	cop ₁	6,5	7
6	sp	cop ₂	6,5	15,5
7	sp	cop ₁	6,5	7
8	sp	cop ₂	6,5	15,5
9	cop ₁	cop ₂	19,5	15,5
10	sp - cop ₁	cop ₂₋₃	14	22
11	sol - sp	sp	1	1
12	sp	cop ₂	6,5	15,5
13	sp	sp - cop ₁	6,5	2
14	sp	cop ₂	6,5	15,5
15	sp	cop ₂	6,5	15,5
16	sp	cop ₂	6,5	15,5
17	sp - cop ₁	cop ₁	14	7
18	cop ₁	cop ₁	19,5	7
19	cop ₂	cop ₂	22	15,5
20	sp - cop ₁	cop ₁	14	7
21	sp	cop ₁	6,5	7
22	cop ₁ - sp	cop ₂	17	15,5

Trong thực hành, việc xây dựng dãy phân hạng (vị thứ) của các giá trị nghiên cứu được thực hiện như sau:

Trước hết, sắp xếp các số hạng của hai dãy nghiên cứu theo thứ tự từ nhỏ đến lớn. Hạng một là số hạng nhỏ nhất, còn hạng n là số hạng lớn nhất. Nếu một giá trị bắt gặp nhiều lần, thì thứ tự của hạng là giá trị bình quân của những trị số đó. Từ ví dụ ở **Bảng 4.1** cho thấy, trị số độ phong phú của loài A ở ô thứ 11 (sol-sp) là nhỏ nhất, nên nó được xếp hạng 1. Nhưng tiếp theo độ phong phú Sp xuất hiện ở 10 ô mẫu, do đó hạng của những ô này là $(2 + 11)/2 = 6,5$. Tương tự như trên, chúng ta phân hạng cho những ô khác của cả hai loài A và B.

Trong trường hợp cùng một cấp bắt gặp nhiều lần và thứ tự của cấp được lấy bình quân, thì tương quan hạng tính theo **công thức (4.8)** sẽ có sai số lớn. Để hạn chế sai số, hệ số tương quan hạng ρ được điều chỉnh theo công thức sau đây:

$$\rho = \frac{\frac{n^3 - n}{6} - (T_x - T_y) - \sum d^2}{\frac{n^3 - n}{6} - 2T_x \frac{n^3 - n}{6} - 2T_y} \quad (4.9)$$

trong đó: $\sum d^2$ = tổng chênh lệch bình phương của trị số hạng trong mỗi cấp; n = số ô đo đếm; Tx và Ty = trị số hiệu chỉnh - đó là kết quả của sự liên kết một số cấp.

Giá trị Tx (hoặc Ty) được tính theo công thức:

$$T_x = \sum_{i=1}^l \frac{t_i^3 - t}{12} \quad (4.10)$$

Trong đó i = 1, 2, ..., l với l là số cấp; t là số ô lặp lại theo mỗi cấp hoặc tần số của mỗi cấp.

Từ ví dụ ở **Bảng 4.1** có thể thấy:

+ Đối với loài A, $T_A = (990/12) + (120/12) + (60/12) = 97,5$.

+ Đối với loài B, $T_B = (336/12) + (1716/12) = 171$.

+ $\sum d^2 = (14 - 15,5)^2 + (19,5 - 15,5)^2 + \dots + (17 - 15,5)^2 = 1061,5$.

Từ đó tính được $\rho = + 0,295$.

Khi hệ số tương quan hạnh (ρ) nhận giá trị nhỏ, chúng ta cần kiểm định sự tồn tại của nó. Để kiểm định trị số ρ có khác không thực sự hay không, người ta sử dụng thống kê T:

$$T = \rho \sqrt{\frac{N - 2}{1 - \rho^2}} \quad (4.11)$$

Xác suất của T tìm theo Bảng phân phối T với số bậc tự do $f = N - 2$. Khi $P > 0,05$ thì quan hệ giữa hai đại lượng tồn tại thực sự.

4.3. XÁC ĐỊNH SỰ KẾT NHÓM GIỮA CÁC LOÀI

Trong sinh thái quần thể, khi nghiên cứu quan hệ giữa hai dấu hiệu được ghi nhận ở dạng “bắt gặp hay có” và “không bắt gặp hay không có”, người ta không gọi là tương quan giữa các dấu hiệu nghiên cứu, mà gọi là sự kết nhóm¹ giữa các dấu hiệu nghiên cứu. Ví dụ, xác định sự kết nhóm giữa hai hay nhiều loài cây khi chúng chỉ được ghi nhận ở dạng “có mặt” và “không có mặt” trong những ô mẫu.

Sự kết nhóm giữa hai hay nhiều loài cây trong quần xã thực vật có thể biểu hiện ở dạng:

- (1) *Sự kết nhóm âm*. Kiểu kết nhóm này cho biết sự gia tăng độ phong phú của loài này kéo theo sự suy giảm độ phong phú của loài khác. Bản chất của hiện tượng này là sự cạnh tranh giữa các loài.
- (2) *Sự kết nhóm dương*. Kiểu kết nhóm này cho biết sự gia tăng độ phong phú của loài này kéo theo sự gia tăng độ phong phú của loài khác. Bản chất của hiện tượng này có thể là sự cộng sinh giữa các loài hoặc sự hỗ trợ lẫn nhau giữa các loài trong quá trình sống. Từ mỗi liên hệ dương giữa các loài, chúng ta xác định được những nhóm sinh thái hoặc nhóm sinh học.

¹ Index of interspecific association

- (3) *Không tồn tại sự kết nhóm*. Điều đó có nghĩa là sự thay đổi độ phong phú của loài này không kéo theo sự thay đổi độ phong phú của loài khác. Bản chất của hiện tượng này là các loài phân bố độc lập với nhau. Sự cùng có mặt của các loài ở một nơi ở nào đó có thể là do chúng có biên độ sinh thái giống nhau.
- (4) *Sự phụ thuộc phức tạp*. Đây là mối liên hệ giữa hai loài biểu hiện dưới dạng đường cong hình chữ U.

Trong thực hành, khi phân tích sự kết nhóm giữa các loài, nhà lâm học cần phải thực hiện hai thủ tục. Một là, kiểm định tính độc lập giữa các loài bằng thống kê χ^2 . Hai là, khi hai loài tồn tại mối quan hệ với nhau, thì bước tiếp theo là tính hệ số kết nhóm giữa các loài.

4.3.1. Kiểm định tính độc lập giữa các loài

Để phân tích sự kết nhóm giữa các loài, người ta thường vận dụng Bảng 2*2 và thống kê χ^2 . Bảng 2*2 có dạng:

		Loài A		
		+	-	
Loài B	+	a (a')	b (b')	(a+b)
	-	c (c')	d (d')	(c+d)
		(a+c)	(b+d)	N

- + a = tần số ô cùng xuất hiện loài A và loài B;
- + b = tần số ô chỉ xuất hiện loài B;
- + c = tần số ô chỉ xuất hiện loài A;
- + d = tần số ô vắng mặt cả hai loài A và B;
- + (a + b) = tổng số ô bắt gặp loài B;
- + (a + c) = tổng số ô bắt gặp loài A;
- + N = tổng số ô nghiên cứu.

Từ Bảng 2*2 chúng ta có: $(a + b + c + d) = N$ hay $(a + c) + (b + d) = N$ hay $(a + b) + (c + d) = N$.

Hai loài cây không kết nhóm với nhau có nghĩa là chúng phân bố độc lập với nhau. Về lý thiết, sự có mặt của một trong số hai loài cây trên ô mẫu không ảnh hưởng đến xác suất bắt gặp loài kia khi: Tỷ lệ giữa số ô cùng bắt gặp loài một và loài hai (a) trên tổng số ô bắt gặp loài hai (a + b) bằng tỷ lệ số ô chỉ bắt gặp loài một (c) trên tổng số ô bắt gặp loài một và số ô không bắt gặp hai loài (c + d) và bằng tỷ lệ tổng số ô bắt gặp loài một (a + c) trên tổng số ô nghiên cứu N. Điều đó có nghĩa là $a/(a + b) = c/(c + d) = (a + c)/N$. Từ các tỷ lệ này, chúng ta có thể tính được các tần số ô lý thuyết khi hai loài phân bố độc lập với nhau:

$$\begin{aligned}
 a' &= (a+b)(a+c)/N; \\
 b' &= (a+b) - a' = (b + d)(a + b)/ N; \\
 c' &= (a+c) - a' = (a + c)(c + d)/ N; \\
 d' &= (b+d) - b' = (b + d)(c + d)/ N.
 \end{aligned}
 \tag{4.12}$$

Nói chung, các tần số lý thuyết trong mỗi ô của Bảng 2*2 (hoặc R*C¹) có thể được tính đơn giản bằng cách lấy trị số ở cuối cột nhân với trị số ở cuối hàng tương ứng chia cho tổng số ô nghiên cứu ở góc dưới bên phải.

Sau khi tính được tần số lý thuyết từ Bảng 2*2, chúng ta kiểm định tính độc lập của các loài bằng thống kê χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{(a - a')^2}{a'} + \frac{(b - b')^2}{b'} + \dots + \frac{(d - d')^2}{d'}; \text{ hoặc}$$

$$\chi^2 = \frac{(ad - bc)^2 N}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} \quad (4.13)$$

Nếu $\chi^2 < \chi^2_{(0.05)}$ hoặc $P > 0,05$, thì hai loài cây không có mối liên hệ với nhau, nghĩa là chúng sống độc lập với nhau. Ngược lại, nếu $\chi^2 > \chi^2_{0.05}$ hoặc $P < 0,05$ thì hai loài có liên hệ với nhau.

4.3.2. Xác định cường độ kết nhóm giữa các loài

Khi hai hay nhiều loài có quan hệ (kết nhóm) với nhau, thì bước phân tích tiếp theo là xác định hệ số kết nhóm hay cường độ kết nhóm giữa các loài. Cần nhận thấy rằng, việc kiểm định sự tồn tại mối quan hệ (kết nhóm) giữa các loài được tiến hành độc lập với việc tính các hệ số kết nhóm (cường độ kết nhóm) là một ưu điểm. Bởi vì trong một số trường hợp nhà lâm học chỉ cần biết hai hay nhiều loài cây có quan hệ với nhau hay không, thì việc tính hệ số kết nhóm là không cần thiết. Nhưng khi yêu cầu cần phải phân tích sâu hơn mối quan hệ giữa các loài, thì việc tính các hệ số kết nhóm là cần thiết. Nhiều nhà sinh thái học đã xây dựng những phương pháp tính hệ số kết nhóm khác nhau để biểu thị những khía cạnh khác nhau của mối liên hệ giữa các loài. Những phương pháp tính hệ số kết nhóm được chia thành hai nhóm. Nhóm một là những phương pháp tính hệ số kết nhóm dựa trên tần số bắt gặp loài. Nhóm hai là những phương pháp tính hệ số kết nhóm dựa trên số cá thể của loài trong các ô mẫu. Dưới đây chúng ta xem xét một số phương pháp tính hệ số kết nhóm giữa các loài trong quần xã được ứng dụng nhiều trong sinh thái học.

(1) Hệ số Forbes

Forbes (1925) đề xuất tính hệ số kết nhóm giữa các loài trong quần xã theo công thức:

$$F = \frac{aN}{(a+b)(a+c)} = \frac{a}{a'} \quad (4.14)$$

Hệ số F cho biết tỷ lệ số ô cùng bắt gặp cả hai loài so với trị số kỳ vọng. Theo Forbes, nếu hai loài phân bố độc lập với nhau, thì $F = 1$. Khi hai loài có mối liên hệ nghịch, thì $F = 0$, bởi vì $a = 0$. Hệ số Forbes có nhược điểm là không cho biết giới hạn trên, đồng thời nó phụ thuộc vào độ thường gặp của loài (độ thường gặp của loài càng nhỏ thì F càng lớn).

¹ R = Row và C = Column

(2) Hệ số tương quan giảm

Theo Pearson, khi số cấp phân chia là 2, thì hệ số tương quan được xác định theo công thức:

$$R = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}} \quad (4.15)$$

Khi biến đổi công thức (4.15), chúng ta có thể viết gọn như sau:

$$R = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}} \quad (4.16)$$

Như vậy, hệ số R chỉ được xác định thông qua χ^2 . Thiếu sót cơ bản của hệ số tương quan giảm là không cho biết mối liên hệ giữa các loài là dương hay âm. Để hệ số R nhận giá trị bằng ± 1 , thì $(a+b) = (a+c)$. Điều này chỉ xảy ra khi độ thường gặp của hai loài là bằng nhau.

(3) Hệ số Yule

Yule (1920) đề xuất tính hệ số kết nhóm giữa các loài trong quần xã theo công thức:

$$Q = \frac{ad - bc}{ad + bc} \quad (4.17)$$

Khác với các hệ số Forbes (F) và hệ số tương quan giảm (R), hệ số Yule (Q) có thể nhận giá trị từ -1 đến +1. Theo Cole (1949), hệ số Q ít được sử dụng để đo mức độ liên hệ giữa các loài, bởi vì trong công thức này số ô bắt gặp cả hai loài (a) có thể bằng số ô không bắt gặp hai loài (d). Nhưng hệ số Q có thể được sử dụng để so sánh các dấu hiệu của cùng một đối tượng. Theo Michael (1920), có những trường hợp $Q = +1$, nhưng ý nghĩa sinh thái của hệ số Q có thể rất khác nhau. Nhận xét này được chứng minh thông qua hai ví dụ dưới đây:

Ví dụ 1:

1	0	500	0
998	1	0	500

Ở cả hai trường hợp, hệ số $Q = 1$. Nhưng ở trường hợp đầu không thể nói giữa hai loài có mối liên hệ với nhau, trong khi đó ở trường hợp 2 chúng có mối liên hệ rõ rệt.

Ví dụ 2:

998	1	0	500
1	0	500	0

Ở ví dụ 2, nếu tính quan hệ giữa hai loài theo hệ số Yule thì $Q = -1$. Nhưng ở cả hai trường hợp này mối liên hệ là không rõ rệt.

(4) Hệ số Cole

Theo Cole (1949), khi hai loài phân bố độc lập với nhau, thì $a' = (a+b)(a+c)/N$. Vì số ô thực tế tìm thấy hai loài là a, nên hiệu số giữa tần số thực nghiệm

(a) và tần số lý thuyết (a') là $a - [(a + b)(a + c)/N] = (ad - bc)/N$. Nếu độ thường gặp của loài 2 nhỏ hơn độ thường gặp của loài 1, thì $(a + b) < (a + c)$. Trong trường hợp này trị số cùng bắt gặp hai loài có khả năng lớn nhất bằng độ thường gặp của loài 2, nghĩa là bằng $(a + b)$. Từ đó cho thấy, sự chênh lệch có khả năng lớn nhất bằng:

$$(a + b) - \frac{(a + b)(a + c)}{N} = \frac{(a + b)(b + d)}{N} \quad (4.18)$$

Khi chia sự chênh lệch thực tế tìm được cho sự chênh lệch có khả năng lớn nhất, chúng ta có:

$$C = \frac{(ad - bc)}{(a + b)(b + d)} \quad (4.19)$$

Công thức (4.19) chỉ được sử dụng trong trường hợp mối liên hệ là dương, nghĩa là khi $ad > bc$. Ngược lại, khi hai loài có mối liên hệ âm, thì trong trường hợp $a \leq d$ chúng ta có:

$$C = \frac{(ab - bc)}{(a + b)(a + c)} \quad (4.20)$$

$$\text{Khi } a > d \text{ thì } C = \frac{(ad - bc)}{(b + d)(c + d)} \quad (4.21)$$

Như vậy, hệ số C của Cole có thể chỉ ra sự kết nhóm dương và âm. Cole đưa ra công thức tính sai số của hệ số C như sau:

+ Khi mối liên hệ dương và $(a+b) \leq (a+c)$:

$$\delta_C = \sqrt{\frac{(a+c)(c+d)}{N(a+b)(b+d)}} \quad (4.22)$$

+ Khi mối liên hệ âm và $a \leq d$:

$$\delta_C = \sqrt{\frac{(b+d)(c+d)}{N(a+b)(a+c)}} \quad (4.23)$$

+ Khi mối liên hệ âm và $a > d$:

$$\delta_C = \sqrt{\frac{(a+b)(a+c)}{N(b+d)(c+d)}} \quad (9.24)$$

Bảng 4.2 dẫn ví dụ của nghiên cứu mối liên hệ giữa hai loài cây *Luzula multiflora* và *Leucandenum vulgare*.

Bảng 4.2. Quan hệ giữa *Luzula multiflora* và *Leucandenum vulgare*

	<i>L. multiflora</i>		
	+	-	
<i>L. vulgare</i>	66	54	120
+	(43)	(77)	
-	114	266	380
	(137)	(243)	
	180	320	500

(Nguồn: Vasilevich, 1969)

Từ số liệu **Bảng 4.2, chúng ta có:**

+ Hệ số Cole: $C = (66 \cdot 266 - 54 \cdot 114) / (120 \cdot 320) = + 0,30$.

+ Hệ số Fobes: $F = (66 \cdot 500) / (120 \cdot 180) = 1,54$.

+ Hệ số Yule: $Q = (66 \cdot 266 - 54 \cdot 114) / (66 \cdot 266 + 54 \cdot 114) = + 0,48$.

+ Hệ số $R = (66 \cdot 266 - 54 \cdot 114) / \sqrt{(120 \cdot 180 \cdot 320 \cdot 380)} = + 0,22$.

Hệ số tương quan giảm (R) lớn nhất khi độ thường gặp của hai loài $a = 120$, nghĩa là *L. vulgare* chỉ bắt gặp trên những ô xuất hiện *L. multiflora*. Vì độ thường gặp của *L. multiflora* lớn hơn *L. vulgare* 60 ô, nên trong trường hợp này $R = (120 \cdot 320 - 0 \cdot 60) / \sqrt{(120 \cdot 180 \cdot 320 \cdot 380)} = + 0,74$. Như vậy, theo tài liệu thực nghiệm, R không thể lớn hơn 0,74. Nếu hai loài không chung sống cùng nhau trên một ô nào, nghĩa là $a = 0$, thì $R = (0 \cdot 200 - 180 \cdot 120) / \sqrt{(120 \cdot 180 \cdot 320 \cdot 380)} = - 0,42$. Từ đó cho thấy giới hạn dưới của $R = - 0,42$.

(5) Hệ số liên hệ của Morisita

Theo Morisita (1959), trước hết tính hệ số:

$$R_{\delta}' = \frac{2}{(\delta_x + \delta_y)} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^q n_{xi} n_{yi}}{N_x N_y} - \frac{1}{q} \right\} \quad (4.25)$$

trong đó:

+ q = số ô nghiên cứu ($i = 1, 2, \dots, q$);

+ n_{xi} và n_{yi} = số cá thể của loài X và Y trên ô nghiên cứu thứ i ;

+ N_x và N_y = tổng số cá thể của loài X và Y trên các ô nghiên cứu;

+ δ_x và δ_y tính theo công thức:

$$\delta_x = \frac{\sum n_{xi}(n_{xi} - 1)}{N_x(N_x - 1)}; \delta_y = \frac{\sum n_{yi}(n_{yi} - 1)}{N_y(N_y - 1)}. \quad (4.26)$$

Nếu $R_{\delta}' > 0$ thì hệ số mối liên hệ giữa hai loài là $R_{\delta} = R_{\delta}'$. Nếu $R_{\delta}' < 0$ thì hệ số mối liên hệ giữa hai loài là $\frac{q \sum n_{xi} n_{yi}}{N_x N_y} - 1$. Hệ số R_{δ} có ưu điểm là ít phụ thuộc vào đặc điểm phân bố của hai loài và thay đổi nhỏ khi thay đổi kích thước ô nghiên cứu.

(6) Hệ số Dice

Tùy theo loài A hay B lấy làm cơ sở so sánh, Dice (1945) đã tính hệ số kết nhóm theo công thức:

$$B/A = \frac{a}{(a + b)} \text{ và } A/B = \frac{a}{(a + c)} \quad (4.27)$$

Cần nhận thấy rằng, những phương pháp xác định hệ số liên hệ trên đây đều không tính đến số ô không bắt gặp cả hai loài (d). Dưới đây chúng ta xem xét những hệ số liên hệ giữa hai loài khi kể đến số ô không bắt gặp hai loài.

(7) Hệ số Inversen

Để xác định mối liên hệ giữa hai loài, Inversen (1954) đưa ra công thức:

$$K = \frac{a \cdot 100}{(a+b) + (a+c) - a} \quad (4.28)$$

trong đó: a, b và c là những kí hiệu của Bảng 2*2 thông thường.

(8) Hệ số Fager

Theo Fager (1957), nếu gọi n_A và n_B tương ứng là số ô bắt gặp loài A và loài B, thì số ô cùng bắt gặp hai loài khi chúng phân bố độc lập là:

$$I = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \quad (4.29)$$

Nếu I thực tế lớn hơn I lý thuyết tính theo công thức (4.29), thì hai loài có mối liên hệ dương. Ngược lại, trị số I thực tế nhỏ hơn I lý thuyết, thì hai loài có mối liên hệ nghịch. Để đánh giá sự khác nhau giữa tần số lý thuyết và tần số thực nghiệm của độ bắt gặp cả hai loài trên cùng một ô mẫu, Fager dùng công thức:

$$T = \left\{ \frac{(n_A + n_B)(2I - 1)}{2n_A n_B} - 1 \right\} \sqrt{(n_A + n_B - 1)}$$

(9) Hệ số tương quan biên độ của Bray

Bray (1956) đề nghị tính chỉ số mối quan hệ giữa hai loài theo công thức:

$$C = \frac{2S_j}{S_A + S_B} \quad (4.30)$$

trong đó: S_j = số ô bắt gặp cả hai loài; S_A và S_B = tương ứng là số ô bắt gặp loài A và loài B.

(10) Hệ số kết nhóm của Morisita

Morisita (1959) đề nghị tính hệ số kết nhóm giữa hai loài theo công thức:

$$C\delta = \frac{2 \sum_{i=1}^q n_{xi} n_{yi}}{(\delta_X + \delta_Y) N_X N_Y} \quad (4.31)$$

$$\delta_X = \frac{\sum_{i=1}^q n_{xi} (n_{xi} - 1)}{N_X (N_X - 1)} \quad \text{và} \quad \delta_Y = \frac{\sum_{i=1}^q n_{yi} (n_{yi} - 1)}{N_Y (N_Y - 1)}$$

Trong đó q là số ô nghiên cứu ($i = 1, 2, \dots, q$); n_{Xi} và n_{Yi} - số cá thể của loài X và Y trên ô nghiên cứu thứ i ; N_X và N_Y - tổng số cá thể của loài X và loài Y trên tất cả các ô nghiên cứu. Khi mật độ của loài X và Y trên các ô mẫu không khác nhau, thì $C\delta = 1$. Khi hai loài không cùng đi kèm với nhau, thì $C\delta = 0$.

Theo Bray (1956) và Morisita (1959), các hệ số kết nhóm giữa hai loài có thể được chia thành hai nhóm: (1) những hệ số chồng lấp giữa hai loài¹, (2) những hệ số tương quan giữa hai loài. Khi tính các hệ số của nhóm một, chúng ta chỉ dựa trên những ô bắt gặp một trong những loài quan tâm, còn các hệ số của nhóm hai dựa trên tất cả các ô mẫu. Nhóm một bao gồm chỉ số tương quan biên độ của Bray, hệ số Fager, hệ số Inversen và hệ số tương quan của Morisita (1959).

Cần nhận thấy rằng, khi nghiên cứu quan hệ giữa các loài không nhất thiết chỉ chia mỗi loài theo hai dấu hiệu (bắt gặp và không bắt gặp), mà có thể chia thành ba hay nhiều cấp dấu hiệu. Dưới đây chúng ta xem một ví dụ phân tích sự kết nhóm giữa các loài, trong đó độ che phủ của chúng được chia thành 3 cấp (Bảng 4.3). Từ số liệu của Bảng 4.3, chúng ta có thể tính tần số lý thuyết của các ô mẫu và tìm χ^2 theo phương pháp thông thường với số bậc tự do là $(S - 1)(t - 1)$; trong đó S là số dòng, còn t là số cột. Theo số liệu của Bảng 4.3, giá trị $\chi^2 = 69,7$ với $P > 0.05$.

Bảng 4.3. Quan hệ giữa *Anthoxanthum odoratum* và *Rhinanthus minor*

(Nguồn: Vasilevich, 1969)

		Loài <i>A. odoratum</i>			
		Phân cấp	10 - 50	+ - 5	0
Loài <i>R. minor</i>	10 - 50	48 (35,5)	109 (97)	19 (43,3)	176
	+ - 5	47 (49,7)	141 (136)	58 (60,5)	246
	0	6 (15,8)	26 (42,2)	46 (19,2)	78
		101	276	123	500

Hệ số kết nhóm giữa hai loài có thể tính theo các phương pháp sau đây:

+ Hệ số tương quan giảm R

$$R = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}} \quad (4.32)$$

với N là tổng số ô quan sát. Khi thay các số liệu của Bảng 4.3 vào công thức 4.32, chúng ta có $R = 0,37$. Điều đó cho biết hai loài có liên hệ khá chặt chẽ với nhau.

+ **Hệ số Pearson.** Pearson tính hệ số quan hệ giữa hai loài theo công thức:

¹ Index of interspecific overlapping

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{(N + \chi^2)}} \quad (4.33)$$

Từ ví dụ của **Bảng 4.3**, hệ số $C = [69,7/(500 + 69,7)]^{1/2} = 0,35$. Hệ số C có nhiều ưu điểm, bởi vì nó có giới hạn xác định khi số cấp phân chia từ 2 - 3.

+ **Hệ số Truprov**. Truprov tính hệ số quan hệ giữa hai loài theo công thức sau đây:

$$T^2 = \frac{R^2}{\sqrt{(S-1)(t-1)}} \quad (4.34)$$

trong đó: S là số dòng, t là số cột, R là hệ số tương quan giảm tính theo **công thức 4.32**. Hệ số T có giới hạn từ 0 đến +1. Từ ví dụ của **Bảng 4.3** có thể tính được $T^2 = (0,37)^2 / \sqrt{(3-1)(3-1)} = 0,068$ hay $T = 0,261$.

Lưu ý rằng, nếu gộp những số liệu của **Bảng 4.3 thành** hai cấp là 0 và (+) ÷ 50%, hay 0 ÷ +10 và 10 ÷ 50%, thì kết quả nhận được có ý nghĩa khác nhau. Ở trường hợp thứ nhất, hệ số Cole $C = +0,46$, còn ở trường hợp thứ hai $C = +0,19$. Trường hợp một cho biết hai loài có khuynh hướng bất gặp ưu thế như nhau trên những ô mẫu. Trường hợp hai cho biết những ô mà cả hai loài cùng xuất hiện thì chúng đều có độ phong phú cao.

Cần nhận thấy rằng, việc tính nhiều hệ số kết nhóm (liên hệ) bằng cách phân chia giới hạn các cấp khác nhau của Bảng 2*2 cho phép tìm ra nguyên nhân ẩn định mỗi liên hệ của hai loài cây. Nếu phân chia các giới hạn cấp về phía độ phong phú lớn, và mỗi liên hệ dương chuyển thành mỗi liên hệ âm, thì điều đó cho biết hai loài có quan hệ cạnh tranh lẫn nhau.

4.4. TƯƠNG QUAN VÀ SỰ KẾT NHÓM RIÊNG PHẦN

Các hệ số kết nhóm tự chúng chưa cho biết đầy đủ nguyên nhân ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài theo diện tích. Để tìm hiểu rõ nguyên nhân ảnh hưởng đến sự phân bố của hai loài, nhà lâm học cần phải thu thập thêm nhiều thông tin khác nhau hoặc phải so sánh nhiều hệ số kết nhóm khác nhau bằng cách phân chia giới hạn cấp khác nhau. Tuy nhiên, điều này có thể được giải quyết bằng phương pháp tính hệ số kết nhóm (tương quan) riêng phần. Bản chất của phương pháp này là tính hệ số kết nhóm (tương quan) khi các giá trị của một hoặc một số nhân tố được cố định. Điều đó cho phép loại trừ ảnh hưởng của một số nhân tố đến quan hệ của các đại lượng nghiên cứu.

1. Hệ số tương quan riêng phần. Hệ số tương quan riêng phần tính theo công thức sau đây:

$$r_{12.3} = \frac{(r_{12} - r_{13} r_{23})}{\sqrt{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)}} \quad (4.35)$$

Trong đó $r_{12.3}$ là hệ số tương quan giữa đại lượng 1 và 2 khi cố định đại lượng 3; r_{12} , r_{13} và r_{23} - tương ứng là hệ số tương quan cặp giữa đại lượng 1 và 2, 1 và 3, 2 và 3.

2. Hệ số kết nhóm riêng phần. Theo Cole (1957), để tính hệ số kết nhóm riêng phần, trước hết chúng ta phân chia tập hợp ô mẫu mà trên cơ sở đã tính hệ số kết nhóm đầy đủ (hệ số kết nhóm giữa hai loài trong những ô mẫu có sự tham gia của tất cả các loài), thành hai phần như sau: (1) những ô bắt gặp loài cây quan tâm; (2) những ô vắng mặt loài cây quan tâm. Sau đó, trên hai nhóm ô nghiên cứu vắng mặt và có mặt loài cây quan tâm, chúng ta tính hệ số kết nhóm giữa các loài còn lại - tương ứng kí hiệu là C_1 và C_2 . Các hệ số kết nhóm nhận được theo cách tính này được gọi là hệ số kết nhóm riêng phần. So sánh hai hệ số kết nhóm riêng phần C_1 và C_2 sẽ cho phép đánh giá loài được sử dụng để phân chia hai nhóm ô mẫu đã đóng vai trò như thế nào trong việc xác định hệ số kết nhóm đầy đủ. Sự khác nhau giữa hai hệ số kết nhóm riêng phần C_1 và C_2 được kiểm định bằng thống kê T:

$$T = \frac{C_2 - C_1}{\sqrt{\delta_{C1} + \delta_{C2}}} \quad (4.36)$$

trong đó :

+ δ_{C1} là sai số của hệ số kết nhóm trên những ô mẫu “có mặt” loài thứ 3:

$$\delta_{C1} = \sqrt{\frac{(a_1+b_1)*(b_1+d_1)}{(N_1*(a_1+c_1)*(c_1+d_1))}} \quad (4.37)$$

+ δ_{C2} là sai số của hệ số kết nhóm trên những ô mẫu “vắng mặt” loài thứ 3:

$$\delta_{C2} = \sqrt{\frac{(a_2+b_2)*(b_2+d_2)}{(N_2*(a_2+c_2)*(c_2+d_2))}} \quad (4.38)$$

Trong công thức 4.37 và 4.38, N_1 là tổng số ô mẫu bắt gặp loài thứ 3; N_2 là tổng số ô mẫu vắng mặt loài thứ 3; a_1 , b_1 , c_1 và d_1 là tần số ô mẫu trong Bảng chéo dùng để tính quan hệ giữa loài 1 và loài 2 trên những ô bắt gặp loài 3; a_2 , b_2 , c_2 và d_2 là tần số ô mẫu trong Bảng chéo dùng để tính quan hệ giữa loài 1 và loài 2 trên những ô mẫu vắng mặt loài 3.

Nếu $T < T_{(\alpha=0,05)}$ thì sự khác biệt giữa hai hệ số kết nhóm riêng phần là không có ý nghĩa. Điều này có nghĩa là sự xuất hiện của loài thứ 3 trong các ô nghiên cứu không ảnh hưởng đáng kể đến sự phân bố của loài 1 và loài 2. Ngược lại, nếu $T > T_{(\alpha=0,05)}$ thì sự xuất hiện của loài thứ 3 trong các ô nghiên cứu có ảnh hưởng đáng kể đến sự phân bố của loài 1 và loài 2.

Bảng 4.4 dẫn ví dụ về kết quả điều tra 500 ô mẫu với kích thước 0,25 m². Vấn đề đặt ra là tìm hệ số kết nhóm đầy đủ giữa loài *Ranunculus acer* (loài 1) và *Carex pallescens* (loài 2) khi có mặt cả loài ưu thế *Alopecurus pratensis* (loài thứ 3). Ngoài ra, hãy cho biết loài thứ 3 đóng vai trò như thế nào trong quan hệ này?

Bảng 4.4. Kết nhóm riêng phần giữa *C. pallescens* (loài 2) và *R. acer* (loài 1)
(Nguồn: Vasilevich, 1969)

a. Sự kết nhóm đầy đủ giữa loài 1 và loài 2

		Loài 1		
Loài 2		+	-	
	+	94 (68)	132 (158)	226
	-	57 (83)	217 (191)	274
		151	349	500

b. Sự kết nhóm riêng phần giữa loài 1 và loài 2 trên những ô vắng mặt loài 3

		Loài 1		
Loài 2		+	-	
	+	75 (58)	97 (114)	172
	-	47 (64)	141 (124)	188
		122	238	360

c. Sự kết nhóm riêng phần giữa loài 1 và loài 2 trên những ô có mặt loài 3

		Loài 1		
Loài 2		+	-	
	+	19 (11)	35 (43)	54
	-	10 (18)	76 (88)	86
		29	111	140

Từ Bảng 4.4, chúng ta nhận được hệ số kết nhóm đầy đủ giữa loài 1 và 2 là + 0,31. Bây giờ chúng ta tính sự kết nhóm riêng phần giữa loài 1 và 2 trên những ô mẫu vắng mặt loài 3 và sự kết nhóm riêng phần giữa loài 1 và 2 trên những ô mẫu có mặt loài 3. Ở trường hợp đầu hệ số $C_1 = + 0,26$; còn ở trường hợp sau hệ số $C_2 = + 0,45$. Từ số liệu của Bảng 4.4, chúng ta có:

+ Sai số của hệ số kết nhóm trên những ô mẫu có mặt loài thứ 3 :

$$\delta_{C1} = \sqrt{\frac{(54*111)}{(140*29*86)}} = 0,131$$

+ Sai số của hệ số kết nhóm trên những ô mẫu vắng mặt loài thứ 3:

$$\delta_{C2} = \sqrt{\frac{(172 \cdot 238)}{(122 \cdot 360 \cdot 188)}} = 0,071$$

Khi thay những giá trị δ_{C1} và δ_{C2} vào **công thức (4.36)**, chúng ta nhận được $T = 1,28$. Vì $T = 1,28 < T_{05} = 2,0$ nên sự khác biệt giữa các hệ số riêng phần là không có ý nghĩa. Điều này có nghĩa là sự xuất hiện của loài thứ 3 trong các ô nghiên cứu không ảnh hưởng đáng kể đến sự phân bố của loài 1 và loài 2.

Bằng cách phân tích tương quan riêng phần hoặc sự kết nhóm riêng phần, chúng ta xác định được tương quan cặp giữa các loài cây và tìm ra loài cây này có ảnh hưởng đến sự phân bố của loài cây kia như thế nào. Nếu các hệ số tương quan riêng phần không khác nhau thực sự, thì chúng ta có cơ sở kết luận sự kết nhóm này không phải là do quan hệ qua lại giữa các loài. Ngược lại, sự cùng có mặt của các loài trên những ô nghiên cứu là do sự tương đồng về biên độ sinh thái của chúng. Đó là phương pháp luận để phân tích kết cấu quần xã thực vật. Phương pháp này cho phép chỉ ra quan hệ qua lại giữa các loài. Tuy vậy, phương pháp này chỉ cho kết quả thỏa đáng khi số lượng ô mẫu đủ lớn, thường là hàng trăm đến hàng ngàn ô mẫu. Chính điều kiện ấy đã hạn chế việc ứng dụng phương pháp phân tích sự kết nhóm giữa các loài.

3. Hệ số kết nhóm đa biến. Như chúng ta đã thấy, một quần xã thực vật có rất nhiều loài cây và giữa chúng tồn tại những mối quan hệ rất phức tạp. Vì thế, trong những nghiên cứu sinh thái rừng, nhà lâm học không chỉ phân tích quan hệ của loài cây này với loài cây khác, mà còn phải nghiên cứu quan hệ của mỗi loài với hai hay nhiều loài cây khác nhau thông qua hệ số kết nhóm đa biến. Cần nhận thấy rằng, hệ số kết nhóm đa biến của loài này với nhiều loài khác bao giờ cũng cao hơn hệ số kết nhóm đơn giữa loài này với một loài khác. Điều đó xảy ra là vì độ phong phú của mỗi loài luôn bị kiểm soát bởi độ phong phú của nhiều loài khác nhau trong quần xã.

Hệ số kết nhóm đa biến được tính theo công thức:

$$R_{1,23} = \sqrt{\frac{(r_{12}^2 + r_{13}^2 - 2r_{12}r_{13}r_{23})}{(1 - r_{23}^2)}} \quad (4.39)$$

trong đó: $R_{1,23}$ = hệ số kết nhóm đa biến giữa đại lượng một với đại lượng hai và ba; r_{12} , r_{13} , r_{23} = tương ứng là hệ số kết nhóm giữa hai cặp dấu hiệu nghiên cứu.

Hệ số kết nhóm đa biến nhận giá trị từ $0 \div +1$. Hệ số kết nhóm đa biến có thể được vận dụng để xác định mối liên hệ giữa các loài cây khi chúng chỉ được đo đạc bằng hai dấu hiệu định tính là có mặt và không có mặt trên ô mẫu.

Giả thiết chúng ta cần nghiên cứu quan hệ của 3 loài cây. Trước hết, chúng ta tính các quan hệ đơn giữa loài 1 và 2, 1 và 3, 2 và 3. Khi tính quan hệ giữa loài 1 với hai loài 2 và 3, chúng ta cũng lập Bảng 2*2; trong đó dấu hiệu 1 là tần số bắt gặp loài 1, còn dấu hiệu 2 là tần số cùng bắt gặp cả hai loài 2 và 3. Những ô mẫu cùng xuất hiện cả hai loài 2 và 3 được gọi là ô mẫu “bắt gặp”, còn những ô mẫu vắng mặt một trong hai loài 2 và 3 được gọi là ô mẫu “không bắt gặp”. Sau đó, bằng cách thông thường chúng ta tính hệ số kết nhóm giữa loài 1 với hai loài

kia. Như vậy, hệ số kết nhóm đa biến chỉ ra mức độ liên hệ của các nhóm sinh thái.

Cần lưu ý rằng, khi nghiên cứu hệ số kết nhóm đa biến giữa các loài hoặc giữa các loài cây và các yếu tố môi trường, chúng ta cần phải định nghĩa rõ ràng về tổng thể nghiên cứu hay đối tượng thu thập dữ liệu. Việc mở rộng phạm vi nghiên cứu có thể bao trùm lên toàn bộ biên độ sinh thái của một số loài cây, hoặc tổng thể sẽ chứa những vùng nằm ngoài biên độ sinh thái của các loài. Điều đó có thể dẫn đến sự thay đổi của hệ số kết nhóm giữa các loài cây, hoặc làm thay đổi hệ số tương quan giữa các loài và các yếu tố môi trường.

4.5. SỰ KẾT NHÓM VÀ KÍCH THƯỚC Ô NGHIÊN CỨU

Trị số và dấu của hệ số kết nhóm thay đổi tùy thuộc vào kích thước ô mẫu. Vì thế, trong nghiên cứu nhà lâm học cần phải xác định kích thước ô mẫu thích hợp để nhận được kết quả chính xác và khách quan. Pielou (1961) đã thử nghiệm xác định sự có mặt (hoặc độ phong phú) của loài cây trên những ô hình vuông bằng cách sử dụng khoảng cách từ một cây ngẫu nhiên đến cây gần nhất với nó. Qua nhiều điểm đo đạc ngẫu nhiên, Pielou nhận được 4 loại bắt cặp sau đây: (1) Cây cơ sở (cây từ đó lấy làm mốc đo khoảng cách) là loài A và cây gần nhất với nó cũng là loài A; (2) Cây cơ sở là loài A, còn cây gần nhất với nó là loài B; (3) Cây cơ sở là loài B, còn cây gần nhất với nó là loài A; (4) Cây cơ sở và cây gần nhất với nó đều là loài B.

Khi những cá thể của hai loài phân bố độc lập với nhau, thì tần số bắt cặp của loài này với loài khác sẽ tỷ lệ với tích số của số lượng cá thể mỗi loài trong quần xã của hai loài này. Từ đó chúng ta lập Bảng 2*2 như sau:

Cây cơ sở				
		Loài A	Loài B	
Cây gần nhất	Loài A	f_{AA}	f_{BA}	N_A'
	Loài B	f_{AB}	f_{BB}	N_B'
		N_A	N_B	N

Trong Bảng trên đây các tần số f_{AA} , f_{AB} , f_{BA} và f_{BB} tương ứng là tần số bắt cặp của mỗi loài; N_A là số cặp bắt gặp loài A; N_A' là số cặp bắt gặp cây gần nhất là loài A; N_B là số cặp bắt gặp loài B; N_B' là số cặp bắt gặp cây gần nhất là loài B. Sau đó tính các tần số bắt cặp lý thuyết và kiểm định χ^2 theo phương pháp thông thường. Nếu sự chênh lệch giữa tần số lý thuyết và tần số thực nghiệm là có ý nghĩa, và nếu các tần số f_{AA} và f_{BB} lớn hơn trị số lý thuyết, thì điều đó cho thấy những cá thể của mỗi loài cây có khuynh hướng đi kèm với nhau, nghĩa là chúng hình thành những nhóm thuần loài. Trong trường hợp ngược lại được gọi là sự phân ly. Pielou tính hệ số phân ly theo công thức:

$$S = 1 - \frac{f_{AB} + f_{BA}}{N(a'b + b'a)} \quad (4.40)$$

Từ số của công thức (4.40) là tổng tần số lý thuyết của các cặp hỗn giao. Nếu hai loài phân bố theo cụm riêng rẽ, thì điều đó không có nghĩa là chúng phân ly. Bởi vì hai loài cây này vẫn có thể hình thành từng đám hỗn giao.

Ở Bảng 4.5 dẫn kết quả tính toán sự kết nhóm giữa hai loài *Pinus ponderosa* (loài 1) và *Pseudotsuga menziesii* (loài 2) theo phương pháp đo khoảng cách giữa chúng. Từ Bảng 4.5 tính được $\chi^2 = 22,02 \gg \chi^2_{01} = 10,8$ với độ tự do bằng 1; $S = 1 - \frac{38 + 23}{52.2 + 37.2} = 0,318$.

Bảng 4.5. Sự kết nhóm giữa hai loài *Pinus ponderosa* (loài 1) và *Pseudotsuga menziesii* (loài 2) (Dẫn theo Vasilevich, 1969)

		Cây cơ sở		
		Loài 2	Loài 1	
Cây gần nhất	Loài 2	137 (122,8)	38 (52,2)	175
	Loài 1	23 (37,2)	30 (15,8)	53
		160	68	228

Theo Greig - Smith (1964), nguyên nhân ảnh hưởng đến sự kết nhóm giữa các loài cây có thể được xác định trên cơ sở đặc điểm biến đổi của hệ số kết nhóm. Tuy nhiên, khi thay đổi kích thước ô mẫu, thì sự kết nhóm của các loài có thể thay đổi như sau:

(1). Nếu kích thước ô mẫu bằng kích thước của mỗi cá thể loài, thì hệ số kết nhóm nhận giá trị âm. Điều đó có nghĩa là hai loài không thể sống chung trên cùng một không gian. Nhưng khi tăng kích thước ô mẫu, thì sự kết nhóm âm sẽ biến mất và thay vào đó là sự kết nhóm dương. Điều này có thể xảy ra, vì chúng ta có thể bắt gặp những loài với kích thước nhỏ trên những không gian mà ở đó vắng mặt loài có kích thước lớn.

(2). Nếu sự kết nhóm giữa hai loài cây được hình thành bởi quan hệ của chúng với môi trường là giống nhau, thì khi tăng kích thước ô mẫu sự kết nhóm âm sẽ giảm về trị tuyệt đối. Trong trường hợp này sự kết nhóm dương cũng sẽ giảm. Bởi vì, khi kích thước ô mẫu càng lớn, thì sự khác biệt giữa các ô mẫu càng nhỏ và phân bố của các loài sẽ độc lập với nhau.

(3). Nếu các loài có sự tác động qua lại trực tiếp, thì sự kết nhóm dương sẽ không thay đổi khi tăng kích thước ô mẫu. Ngược lại, khi quan hệ giữa các loài là đối lập với nhau, thì khi tăng kích thước ô đo đếm hệ số kết nhóm âm sẽ giảm về trị số, nhưng diễn ra chậm.

Nói chung, xác định kích thước ô mẫu thích hợp trong nghiên cứu sự kết nhóm giữa các loài là một vấn đề rất phức tạp. Tính phức tạp biểu hiện ở chỗ, kích thước ô mẫu lớn có thể bao trùm lên nhiều cá thể của một loài hoặc nhiều loài, còn kích thước ô mẫu nhỏ chỉ bao hàm một cá thể của loài hoặc chỉ một số ít loài. Kích thước ô mẫu lớn còn làm gia tăng khối lượng đo đạc và tính toán. Kết

quả nhận được trong cả hai trường hợp đều phản ánh kém chính xác mối liên hệ giữa các loài. Về mặt lý thuyết, kích thước ô mẫu thích hợp phải phản ánh đúng quan hệ giữa các loài. Hai loài có quan hệ với nhau khi hệ thống tán hoặc hệ thống rễ của chúng phải giao nhau cả theo chiều đứng và chiều ngang. Khi điều vừa nói không xảy ra, chúng ta không thể tin được hai loài có liên hệ với nhau. Vì hệ thống tán cây gỗ dễ dàng được nhận biết bằng mắt, nên thông thường nhà lâm học chỉ dựa vào sự giao tán để phán đoán quan hệ giữa các loài cây. Khi quan sát cây gỗ của rừng nhiệt đới có thể nhận thấy, diện tích tán của nhiều loài cây ở tuổi trưởng thành thường không vượt quá 100 – 200 m². Vì thế, nếu chúng ta xác định sự kết nhóm giữa hai loài, thì kích thước ô mẫu thích hợp có thể biến động trong khoảng 200 – 400 m². Khi nghiên cứu sự kết nhóm giữa 3 đến 4 loài cây gỗ, thì kích thước ô mẫu thích hợp có thể là 400 – 500 m².

Đối tượng nghiên cứu sự kết nhóm giữa các loài cây gỗ là một vấn đề đáng quan tâm. Cần nhận thấy rằng, kết quả nghiên cứu sự kết nhóm giữa các loài chỉ có ý nghĩa khi đối tượng nghiên cứu là một thảm thực vật đã ở vào giai đoạn ổn định hoặc ở vào những giai đoạn cuối của chuỗi diễn thế sinh thái. Bởi vì, thảm thực vật ổn định là kết quả của quá trình cạnh tranh, đào thải tự nhiên và tiến hoá lâu dài của các loài cây. Thông qua những quá trình này, các loài cây đã chọn được nơi ở thích hợp và những loài cùng chung sống bên nhau. Những thảm thực vật đang trong quá trình diễn thế ở giai đoạn đầu là những thảm thực vật chưa ổn định về thành phần loài và cấu trúc. Chúng không phải là đối tượng tốt của những nghiên cứu về sự kết nhóm giữa các loài. Những thảm thực vật đã phát triển ổn định nhưng hiện tại đang gặp những rối loạn (khai thác, lửa...) cũng không phải là đối tượng tốt của những nghiên cứu về sự kết nhóm giữa các loài.

Bên cạnh việc quan tâm đến đối tượng nghiên cứu và kích thước ô mẫu thích hợp, nhà lâm học cũng cần lưu ý đến việc chọn loài cây và số lượng loài cây nghiên cứu. Về mặt khoa học, những nghiên cứu sự kết nhóm của bất kể tập hợp loài cây nào hình thành quần xã cũng có ý nghĩa lớn. Nhưng khi nghiên cứu sự kết nhóm giữa các loài cây nhằm mục đích xây dựng cơ sở khoa học cho kỹ thuật lâm sinh, thì những loài cây được chọn nghiên cứu phải có ý nghĩa lâm sinh. Số lượng loài cây đưa vào nghiên cứu sự kết nhóm không nên quá lớn, bởi vì điều đó sẽ làm tăng số lượng ô mẫu cần thu thập và tính phức tạp của những tính toán. Chẳng hạn, khi nghiên cứu sự kết nhóm của 4 – 5 loài cây gỗ, thì số lượng ô mẫu cần phải thu thập có thể lên đến hàng ngàn.

Chương 5

NHỮNG DẤU HIỆU CỦA THẨM THỰC VẬT

5.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Những phương pháp thông kê được áp dụng trong sinh thái rừng trước hết là để nghiên cứu (mô tả) thẩm thực vật. Quần xã thực vật bao gồm nhiều nhiều dấu hiệu khác nhau. Chúng phản ánh những khía cạnh khác nhau của cấu trúc và hoạt động của quần xã. Trong chương này chúng ta xem xét những vấn đề sau đây: (1) những dấu hiệu mô tả thẩm thực vật và các đơn vị của chúng, (2) quan hệ giữa những dấu hiệu của thẩm thực vật, (3) một số phương pháp đánh giá định lượng quần xã thực vật.

Bảng 5.1. Sơ đồ những dấu hiệu của thẩm thực vật

Các dấu hiệu	Hệ thực vật	Độ phong phú	Sự phân bố	Dấu hiệu về chất
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Những dấu hiệu trên ô mẫu				
1.1. Các loài riêng biệt	Có mặt	Mật độ, độ che phủ, độ thường gặp, khối lượng...	Phân bố của loài	Sức sống
1.2. Tất cả các loài	Số loài	Tổng độ phong phú	Tổng độ phân bố (tính đồng nhất)	Ngoại mao, phổ dạng sống
2. Những dấu hiệu của đơn vị phân loại				
2.1. Các loài riêng biệt	Có mặt	Mật độ, độ che phủ, độ thường gặp, khối lượng, tính ổn định...	Phân bố các loài trong quần xã	Phổ sinh thái của quần xã
2.2. Tất cả các loài	Số loài	Tổng độ phong phú	Tính đồng nhất của một kiểu	-
3. Những dấu hiệu so sánh giữa các kiểu thẩm thực vật				
3.1. Các loài riêng biệt	Tin tưởng	-	Tối ưu về sinh thái và quần xã thực vật.	-
3.2. Tất cả các loài	Tối ưu về số loài	-	Năng suất lớn nhất của quần xã	-

Phỏng theo phân loại của Tuomikoskii (1942) và Vasilevich (1969)

Thẩm thực vật có rất nhiều chỉ tiêu cần mô tả và đo đếm, nhưng ở đây chỉ trình bày một vài chỉ tiêu được các nhà lâm học sử dụng rộng rãi. Tuomikoskii (1942) đã phân chia những dấu hiệu của thẩm thực vật thành 3 nhóm **như sau (Bảng 5.1):**

- Nhóm 1 là những dấu hiệu mô tả trên các ô tiêu chuẩn riêng biệt.
- Nhóm 2 là những dấu hiệu mô tả các đơn vị phân loại.
- Nhóm 3 là những dấu hiệu mô tả nhằm so sánh các kiểu thẩm thực vật.

Sự phân biệt các dấu hiệu theo 3 đơn vị phân loại thẩm thực vật là việc làm rất cần thiết. Bởi vì những dấu hiệu của ô mẫu không giống với những dấu hiệu của các đơn vị phân loại, mặc dù giữa chúng có một số dấu hiệu giống nhau. Theo

Tuomikoskii (1942), mỗi loại dấu hiệu của một nhóm có thể được chia thành những dấu hiệu thuộc về các loài riêng biệt và những dấu hiệu thuộc về quần xã. Các nhóm có thể được phân chia theo dấu hiệu của hệ thực vật, dấu hiệu định lượng và dấu hiệu về chất (định tính), dấu hiệu về sự phân bố... Thực ra cách phân biệt các dấu hiệu định lượng và định tính chỉ là tương đối. Những phần dưới đây chúng ta sẽ phân tích những dấu hiệu được sử dụng để mô tả ô tiêu chuẩn, các đơn vị phân loại và các kiểu thảm thực vật.

5.2. NHỮNG DẤU HIỆU MÔ TẢ LOÀI CÂY RIÊNG BIỆT

5.2.1. Sự có mặt của loài

Thuật ngữ “sự có mặt của loài” biểu thị loài có mặt (bắt gặp) hay không có mặt (không bắt gặp) trong ô mẫu. Sự có mặt của loài là một dấu hiệu định tính. Nhà lâm học không thể hiểu rõ trạng thái của quần thể loài trong quần xã (trên ô mẫu) nếu chỉ dựa trên những dấu hiệu định lượng. Trong những ghi chép và tính toán, dấu hiệu “có mặt loài hoặc bắt gặp loài” và “không có mặt loài hoặc không bắt gặp loài” trong ô mẫu được kí hiệu tương ứng bằng dấu (+) và (-) hoặc 0 và 1.

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng, sự có mặt của loài là một dấu hiệu thường được sử dụng trong việc mô tả thảm thực vật, nhưng tự nó không cho biết độ phong phú của loài. Chỉ tiêu này có ưu điểm lớn là việc đo đạc và tính toán rất dễ dàng. Mặc dù vậy, dấu hiệu “có mặt loài” và “vắng mặt loài” trong quần xã có thể thay đổi không chỉ theo kích thước và số lượng ô tiêu chuẩn, mà còn theo kiểu phân bố ô tiêu chuẩn và thời gian đo đạc trong năm...

Trong thực tế, người ta thường sử dụng chỉ tiêu “sự có mặt của loài” để phân loại rừng. Bởi vì thông qua “sự có mặt của loài” nhà lâm học có được cái nhìn đầu tiên về một loài nào đó, nhất là những quần xã có nhiều loài cây. Sự có mặt của loài trong quần xã là dấu hiệu chứng tỏ lập địa này nằm trong giới hạn sinh thái hay chính xác hơn là biên độ quần xã của loài. Tuy nhiên, nhà lâm học cần nhận thấy rằng sự không có mặt của loài cây quan tâm trong khu vực nghiên cứu cũng chưa đủ căn cứ để nói rằng lập địa này là không thích hợp với nó. Thật vậy, trong biên độ sinh thái của loài, vì nhiều nguyên nhân khác nhau, nên nó đã vắng mặt trên ô nghiên cứu. Sự có mặt hay vắng mặt của loài trên ô mẫu còn phụ thuộc vào kích thước ô mẫu. Khi ô mẫu có kích thước càng lớn, thì xác suất tìm thấy loài cây quan tâm trên đó sẽ càng lớn. Vì thế, khi xác định sự có mặt của loài, nhà lâm học cần phải tìm kích thước ô đo đếm thích hợp, đồng thời phải sử dụng thống nhất những kích thước và hình dạng ô đo đếm cho những quần xã thực vật tương đồng.

5.2.2. Độ phong phú của loài

Trong sinh thái học, thuật ngữ “độ phong phú¹” được sử dụng theo hai nghĩa khác nhau. Một là, theo nghĩa rộng, nó biểu thị khối lượng của loài trên ô mẫu. Chẳng hạn, số lượng cá thể, độ che phủ, trọng lượng, thể tích... Hai là, theo

¹ Abundance

nghĩa hẹp, nó cho biết số lượng cá thể của loài trên ô mẫu. Theo Curtis và McIntosh (1950), độ phong phú biểu thị số lượng cá thể của loài quan tâm tìm thấy trên những ô mẫu mà ở đó bắt gặp loài. Ở Anh và Mỹ, người ta dùng thuật ngữ độ phong phú theo nghĩa rộng để chỉ “số lượng loài”. Độ phong phú là một chỉ tiêu quan trọng của loài cây, bởi vì nó thuyết minh cho vai trò của mỗi loài trong sự hình thành quần xã. Dưới đây chúng ta xem xét một số chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của những loài cây gỗ, cây bụi và thảm cỏ.

a. Mật độ. Mật độ biểu thị số lượng cá thể của loài sống hay định cư trên một diện tích nhất định (m^2 , ha). Đối lập với thuật ngữ mật độ là diện tích trung bình mà một cá thể sử dụng. Trong sinh thái rừng, mật độ của loài là chỉ tiêu được sử dụng để đánh giá vai trò của loài trong quần xã. Tuy nhiên, mật độ của loài không phải luôn luôn là chỉ tiêu đánh giá đúng vai trò của loài trong quần xã. Điều này được giải thích bởi vai trò của loài phụ thuộc không chỉ vào mật độ của nó, mà còn vào nhiều chỉ tiêu khác như hình dạng và độ lớn của nó, trạng thái cá thể và điều kiện lập địa... Ví dụ, trên 1 ha rừng có 15 cây Dầu con rái với đường kính ngang ngực 50 cm và chiều cao toàn thân 28 m, vài trăm cây bụi và hàng ngàn cây tái sinh khác. Theo số liệu về số lượng cá thể của những loài cây này, chúng ta không thể dễ dàng đánh giá đúng vai trò của mỗi loài trong quần xã, bởi vì mỗi loài có độ lớn cá thể rất khác nhau. Vì lý do đó, chỉ tiêu mật độ tự nó không cho biết chính xác độ phong phú và vai trò của mỗi loài trong quần xã. Chỉ tiêu mật độ chỉ có ý nghĩa khi kích thước của những loài cây đem so sánh là tương đồng với nhau.

b. Độ che phủ¹. Chỉ tiêu này biểu thị phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang mà một loài nào đó che phủ. Người ta phân biệt hai loại độ che phủ là độ che phủ thực và độ che chiếu. Độ che phủ thực của một loài là phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang mà gốc của nó che phủ. Ngược lại, độ che chiếu của loài là phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất nằm ngang mà tán lá của nó che chiếu. Độ che phủ của cây gỗ và cây bụi thường được xác định khá chính xác và dễ dàng theo hình chiếu vuông góc của tán cây hay gốc cây trên mặt đất nằm ngang. Nhưng độ che phủ của thảm cỏ là chỉ tiêu rất khó xác định chính xác. Trong sinh thái học, độ phong phú của những loài cây hòa thảo thường được đánh giá theo nhiều chỉ tiêu khác nhau: (1) trọng lượng (tươi, khô không khí hoặc khô tuyệt đối), (2) phần trăm diện tích mặt đất được loài chiếm đoạt, (3) số cây trên đơn vị diện tích... Căn cứ vào số cá thể và phần trăm diện tích mặt đất được loài chiếm đoạt trên diện tích lấy làm đơn vị, Druze đã phân chia độ phong phú của thảm cỏ thành 7 cấp (Bảng 5.2).

Bảng 5.2. Phân cấp độ phong phú của các loài hòa thảo sống dưới tán rừng theo chỉ dẫn của Druze

Cấp Druze	Phân chia theo hệ thống 7 cấp:		
	Kí hiệu bằng số	Chỉ tiêu và tiêu chuẩn đánh giá:	
		theo lượng cá thể	theo % độ che phủ
Soc ^(*)	6	rất nhiều	76 - 100
Cop ₃	5	nhiều	51 - 75

¹ Cover

Cop ₂	4	tương đối nhiều	21 - 50
Cop ₁	3	tương đối	5 - 20
Sp	2	ít	1 - 4
Sol	1	rất ít	dưới 1
Un	0	chỉ một cá thể	dưới 0,2

(*) Các ký hiệu viết tắt từ chữ La tinh:

Socialis = Soc, *Copiosus* = Cop, *Spars* = Sp, *Unicus* = Un.

c. Trọng lượng hoặc khối lượng của loài. Chỉ tiêu này biểu thị trọng lượng (kg/m², tấn/ha) hoặc khối lượng (m³/ha) của loài trên một đơn vị diện tích hay thể tích nhất định. So với khối lượng của loài, trọng lượng của loài có ý nghĩa sinh thái cao hơn. Thật vậy, trọng lượng của loài cho biết khối lượng vật chất được loài hấp thụ và thải ra môi trường. Thông qua trọng lượng của các loài nhà lâm học có thể xây dựng được mô hình diễn tả chu trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong quần xã, đánh giá được động thái của chu trình vật chất và năng lượng, làm rõ mối liên hệ giữa thực vật với môi trường... Để biết vai trò của mỗi loài trong quần xã, trước hết nhà lâm học thực hiện phân loại các loài cây, sau đó cắt phần trên và phần dưới mặt đất của mỗi loài và tiến hành cân đo trọng lượng (tươi, khô không khí hoặc khô tuyệt đối) của chúng trên một đơn vị diện tích. Thế nhưng, không phải lúc nào và ở đâu nhà lâm học cũng có thể cân đo chính xác trọng lượng của loài, đặc biệt là cây gỗ. Thay vì thế, chúng ta có thể tìm trọng lượng của loài thông qua mối quan hệ của nó với một số nhân tố dễ đo đạc khác. Chẳng hạn, trọng lượng thân cây và cành cây có thể được ước lượng thông qua mối quan hệ của chúng với độ che chiếu của tán lá hay với đường kính thân cây trên độ cao ngang ngực... Khối lượng và độ che chiếu của các cơ quan dưới mặt đất là một chỉ tiêu rất quan trọng, nhưng việc xác định chúng cũng hết sức khó khăn. Vì thế, người ta cũng đề nghị xác định khối lượng và độ che chiếu của các cơ quan dưới đất thông qua mối quan hệ giữa chúng với các cơ quan trên mặt đất. Tuy nhiên, vì tính phức tạp trong việc xác định trọng lượng hoặc độ che chiếu của các cơ quan thực vật nằm sâu dưới đất, nên trong thực tế người ta thường chỉ tính độ che chiếu và trọng lượng của các cơ quan trên mặt đất.

d. Độ thường gặp (F¹). Chỉ tiêu này biểu thị phần mười hoặc phần trăm diện tích mặt đất bắt gặp loài quan tâm mà không phụ thuộc vào độ phong phú của nó. Độ thường gặp của một loài cây được tính theo công thức:

$$F = \frac{n}{N} \quad (5.1)$$

với n là số điểm mẫu tìm thấy loài cây quan tâm, N là tổng số điểm mẫu nghiên cứu. Về thực chất, độ thường gặp biểu thị xác suất bắt gặp loài cây quan tâm trên những ô mẫu có kích thước hay diện tích nhất định.

Khi sử dụng những chỉ tiêu biểu thị vai trò của loài trong quần xã, chúng ta cần chú ý một số điểm sau đây:

(1) Mặc dù những chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của loài có quan hệ chặt chẽ với nhau, nhưng mỗi chỉ tiêu có ý nghĩa khác nhau. Độ che thực là chỉ tiêu ổn định hơn và dễ đo đạc hơn so với độ che chiếu. Tuy nhiên, so với độ che thực, độ

¹ Frequency

che chiếu có ý nghĩa lớn hơn về mặt sinh thái, bởi vì độ che chiếu biểu thị phần trăm hoặc phần mười diện tích mặt đất được loài này hay loài khác sử dụng. Trong thực tế, ý nghĩa của chỉ tiêu độ che chiếu bị giảm thấp chỉ vì chúng ta khó tìm ra phương pháp xác định nó một cách chính xác, đồng thời trị số của nó thay đổi theo mùa, theo năm và tuổi của cây...Chỉ tiêu trọng lượng của loài cho biết loài sử dụng không gian nơi ở với cường độ mạnh đến mức nào. Mật độ của loài là chỉ tiêu dễ đo đạc nhưng kém ý nghĩa nhất. Mật độ của các loài chỉ có ý nghĩa cao khi các loài đem so sánh có kích thước và khả năng trao đổi chất tương đồng với nhau. Độ thường gặp cũng là một chỉ tiêu dễ đo đạc và thường được sử dụng nhiều trong phân loại quần xã. Tuy nhiên, độ thường gặp của loài trong quần xã thay đổi tùy thuộc vào số lượng và kích thước ô mẫu. Khi sử dụng kích thước ô mẫu khác nhau, thì độ thường gặp nhận những giá trị khác nhau. Vì thế, khi thuyết minh độ thường gặp của một loài nào đó, nhà nghiên cứu phải chỉ rõ số lượng ô mẫu và kích thước ô mẫu.

(2) Tất cả những chỉ tiêu thuyết minh độ phong phú của loài chỉ có ý nghĩa khi đặt chúng trong quan hệ với số lượng và kích thước ô mẫu nhất định. Ví dụ, độ thường gặp của một loài cây gỗ được tính trên ô mẫu 10 m² sẽ hoàn toàn khác so với ô mẫu có diện tích 100, 1000 và 10.000 m². Nguyên nhân là vì, khi kích thước ô mẫu càng lớn, thì chúng càng tiến dần đến toàn bộ không gian mà loài có mặt.

(3) Trong thực tế và trong những nghiên cứu khoa học, độ phong phú của cây bụi thường được đánh giá định lượng theo số cá thể và chiều cao trung bình (cm) của thân cây hoặc độ che phủ của hình chiếu tán lá nằm ngang trên diện tích thống kê lấy làm đơn vị. Độ phong phú của các loài cây gỗ và cây bụi có thể được đánh giá định lượng theo một trong những chỉ tiêu sau đây: (1) số lượng cá thể trên đơn vị diện tích (số cây/ha), (2) độ thường gặp của loài, (3) độ che phủ của các cơ quan trên mặt đất (thân cây, tán lá), (4) thể tích hoặc trọng lượng của những các cơ quan (thân, tán lá) trên mặt đất, (5) tiết diện ngang thân cây trên đơn vị diện tích...

(4) Khi độ phong phú của loài được tính theo những chỉ tiêu khác nhau, thì vai trò của loài cũng được đánh giá khác nhau. Vì thế, để đánh giá chính xác độ phong phú của loài, người ta đề nghị sử dụng một chỉ tiêu tổng hợp chung. Nhiều tác giả đã cố gắng tìm kiếm những chỉ số tổng hợp để biểu thị vai trò của loài trong quần xã. Dưới đây chúng ta xem xét một số chỉ số tổng hợp đáng quan tâm.

(a) *Chỉ số Kayama*. Kayama (1961) đề nghị tính vai trò của loài trong quần xã theo công thức

$$\frac{F + C + D}{3} * W ; \quad (5.2)$$

trong đó F là độ thường gặp của loài, D là mật độ của loài, C là độ che phủ của loài, W là khối lượng của loài. Tất cả ba chỉ tiêu F, C và D trong công thức 5.2 đều được tính theo đơn vị phần trăm.

(b) *Chỉ số quan trọng của Curtis và McIntosh*. Curtis và McIntosh (1951) đã đề nghị so sánh vai trò của các loài trong quần xã thông qua chỉ số quan trọng

IV¹. Chỉ số quan trọng IV được tính bình quân từ tổng của ba đại lượng – đó là độ thường gặp tương đối (F%), mật độ tương đối (N%) và “độ ưu thế tương đối” (G%):

$$IV = \frac{F\% + N\% + G\%}{3} \quad (5.3)$$

Độ thường gặp tương đối (F%) của một loài là tỷ lệ phần trăm độ thường gặp của loài so với tổng độ thường gặp của tất cả các loài trong quần xã. Mật độ tương đối (N%) của một loài là tỷ lệ phần trăm số cá thể của loài này so với tổng số cá thể của tất cả các loài trong quần xã (ô mẫu). Độ ưu thế tương đối (G%) của một loài là tỷ lệ phần trăm tổng tiết diện ngang thân cây của loài so với tổng tiết diện ngang thân cây của tất cả các loài trong quần xã (ô mẫu). Tổng cộng (F% + N% + G%) = 300%. Trong lâm học, chỉ tiêu IV được ứng dụng khá rộng rãi ở nhiều nước. Tuy vậy, chỉ tiêu IV có một số nhược điểm. Một là, giá trị IV thay đổi tùy theo số lượng và kích thước ô mẫu. Hai là, giá trị F% chỉ có ý nghĩa khi phân bố cây trên mặt đất là ngẫu nhiên. Ba là, chỉ tiêu IV không thể tính được cho từng ô mẫu. Nói chung, những nhược điểm của chỉ tiêu IV chính là do hạn chế của phương pháp xác định độ thường gặp loài.

(c) *Chỉ số quan trọng của Thái Văn Trừng và Vũ Tự Lập*. Thái Văn Trừng và Vũ Tự Lập (1970 - 1978) đã tính vai trò của các loài cây gỗ thông qua trị số bình quân của 3 tham số – đó là mật độ tương đối (N%), tiết diện ngang thân cây tương đối (G%) và thể tích thân cây tương đối (V%). Phương pháp tính vai trò của loài theo đề nghị của Thái Văn Trừng và Vũ Tự Lập có nhiều ưu điểm. Trước hết, cả ba chỉ tiêu (N%, G%, V%) đều được đo đạc và tính toán dễ dàng. Hai là, giá trị của ba chỉ tiêu (N%, G%, V%) có thể được tính toán từ mọi kích thước ô đo đếm. Ba là, vai trò của các loài 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 toàn bộ quần xã, mà còn của từng vi quần xã (khoảng rừng). Ngoài ra, vai trò của loài vẫn được đánh giá khá chính xác từ những ô mẫu điển hình. Tuy vậy, phương pháp này cũng có một số nhược điểm. Một là, vai trò của loài thay đổi tùy theo số lượng và kích thước ô mẫu. Hai là, vai trò của loài có thể nhận giá trị khác nhau nếu chúng ta sử dụng phương pháp rút mẫu khác nhau.

Cần lưu ý rằng, kết quả tính toán nhiều dấu hiệu đặc trưng cho vai trò của các loài trong quần xã có thể được ghi nhận dưới dạng vectơ. Ví dụ, vectơ của loài A được ghi như sau: A(30, 42, 17, 3); trong đó thứ tự tương ứng của các đại lượng có thể là độ che phủ, trọng lượng, sai tiêu chuẩn của độ che phủ, sức sống xếp theo cấp. Khi viết dưới dạng vectơ, số lượng và vị trí của các thành phần là tùy thuộc mục tiêu nghiên cứu. Ưu điểm của cách trình bày này là có thể vận dụng toán học để xử lý kết quả.

Theo Rabotnov (1950), thành phần tuổi và tương quan giữa các nhóm tuổi cũng là một đặc trưng phản ánh khá chính xác đặc điểm của quần thể loài. Để đánh giá đúng vai trò của loài trong quần xã, ông đề nghị cần phải đưa vào một số

¹ Importance Value of species = IV

chỉ tiêu khác như năng lực gia tăng sinh khối, sức sinh sản, cường độ cải biến môi trường...Thật vậy, nếu định lượng được các chỉ tiêu này sẽ cho phép hiểu được chu trình chuyển hóa vật chất và năng lượng trong quần xã, động thái của chu trình vật chất và năng lượng, đặc điểm của mối liên hệ giữa thực vật với môi trường...Từ những thông tin này có thể đi đến xây dựng những mô hình toán học và dự báo những biến đổi xảy ra trong quá trình sống của các loài cây trong quần xã.

(5) Như chúng ta đã biết, một quần thể sinh vật bao gồm một số đông cá thể cũng như độ ưu thế của nó. Nhưng các cá thể có thể không đồng tuổi hoặc đồng tuổi, cùng trạng thái sống hoặc khác nhau về trạng thái sống, có cá thể đang sinh sản nhưng cũng có cá thể còn non trẻ hoặc đã già cỗi...Rõ ràng là vai trò của loài trong quần xã phụ thuộc không chỉ vào độ phong phú của nó, mà còn vào trạng thái sức sống của quần thể và cá thể. Do vậy, việc nghiên cứu sự phân hóa các cá thể của quần thể loài trong một quần xã thực vật là một vấn đề cần thiết. Sức sống của loài phản ánh sự thích hợp của môi trường đối với sự sinh trưởng và phát triển của loài đến mức độ nào. Người ta phân biệt sức sống của loài thông qua 3 cấp sau đây:

- a. Cấp 3 (tốt) - những cá thể trải qua toàn bộ chu kỳ sống, ra hoa quả bình thường.
- b. Cấp 2 (trung bình) - những cá thể có chu kỳ phát triển không đầy đủ, nhưng sinh sản và phát triển tốt.
- c. Cấp 1 (kém) - những cá thể có chu kỳ phát triển không đầy đủ, các cơ quan sinh sản và phát triển kém.

(6) Hiện nay đang tồn tại những ý kiến trái ngược nhau về ý nghĩa của chỉ tiêu độ thường gặp. Một số tác giả cho rằng, độ thường gặp vừa là chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của loài, vừa biểu thị sự phân bố của loài trong quần xã. Tuy nhiên, trên thực tế, nếu chỉ dựa vào chỉ tiêu này, chúng ta không thể đánh giá chính xác mức độ phong phú và hình thái phân bố của loài. Chỉ tiêu độ thường gặp (F) có ưu điểm lớn là nó được xác định nhanh chóng, dễ dàng và ở một mức độ nào đó nó khá khách quan. Thực vậy, thông qua chỉ tiêu độ thường gặp, chúng ta có thể nhanh chóng nhận biết loài cây quan tâm có mặt trong khu vực nghiên cứu hay không. Mặt khác, nếu một loài nào đó có xác suất bắt gặp lớn, thì chúng ta dễ chấp nhận sự phân bố của nó trong quần xã là đồng đều.

Độ thường gặp của một loài cây phụ thuộc rất nhiều vào số lượng và kích thước ô mẫu. Ngoài ra, chúng ta cũng rất khó xác định biến động của nó theo diện tích quần xã thực vật. Để tính được biến động của độ thường gặp, Greig Smith (1964) đề nghị tính độ thường gặp cục bộ bằng cách chia đối tượng nghiên cứu thành từng khối, sau đó xác định độ thường gặp của loài trên từng khối và tìm biến động độ thường gặp giữa các khối.

Theo Gleason (1922), giữa độ thường gặp (F) và số cá thể của loài (mật độ – kí hiệu N) có mối quan hệ như sau:

$$F = 1 - (1 - \frac{1}{q})^N ; \quad (5.4)$$

trong đó q là số ô mẫu nghiên cứu, N là tổng số cá thể trên các ô mẫu.

Theo Ashby (1935), Blackman (1935, 1942) và Clapham (1936), giữa số cá thể bình quân (m) trên một ô mẫu và độ thường gặp F có quan hệ với nhau theo phương trình:

$$m = -\log_e (1 - F) \quad (5.5)$$

Lưu ý rằng cả hai cách tính trên đây chỉ cho kết quả tin cậy khi phân bố của loài cây trên mặt đất tuân theo luật phân bố ngẫu nhiên. Nhưng thông thường phân bố của các loài cây trên mặt đất không phải là ngẫu nhiên, bởi vì môi trường quần xã thực vật không phải là môi trường thuần nhất. Mặc dù vậy, Blackman (1942) vẫn khẳng định là ngay trong trường hợp phân bố của loài là không ngẫu nhiên, thì giữa số lượng cá thể bình quân trên một ô mẫu (m) và logarit sự vắng mặt của loài tính theo phần trăm $[-\log_e (1 - F)]$ vẫn có sự phụ thuộc tuyến tính. Một số thử nghiệm cho thấy việc xác định số cá thể bình quân (m) trên một ô mẫu thông qua độ thường gặp (F) chỉ nhận được kết quả chính xác khi mật độ của loài là thấp.

(7) Nói chung, những chỉ tiêu biểu thị độ phong phú của loài có quan hệ chặt chẽ với nhau. Vì thế, chúng ta có thể thông qua chỉ tiêu này để tìm chỉ tiêu khác.

5.3. NHỮNG DẤU HIỆU THUỘC VỀ Ô MẪU

Những dấu hiệu của ô mẫu (hay quần xã thực vật) bao gồm hệ thực vật, độ phong phú, sự phân bố và những dấu hiệu về chất.

5.3.1. Những dấu hiệu về hệ thực vật

Hệ thực vật biểu thị số lượng các loài cây thống kê được trên các ô mẫu (đối tượng nghiên cứu). Đây là một chỉ tiêu quan trọng trong lâm học và phân loại rừng, bởi vì nó chỉ ra mức độ thuận lợi của lập địa đối với sự phát triển của thảm thực vật và sự giàu có về hệ thực vật của quần xã. Cũng như nhiều chỉ tiêu khác, sự phong phú hay sự giàu có về hệ thực vật phải được tính trên những đơn vị diện tích nhất định. Bằng trực quan có thể thấy, về cơ bản, ô mẫu càng lớn thì số lượng loài cây gặp được cũng càng lớn. Vì thế, tương quan giữa số lượng các loài cây và kích thước ô nghiên cứu thu hút sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu. Dưới đây chúng ta xem xét một số phương pháp xác định mối liên hệ giữa số lượng loài với kích thước ô mẫu.

a. Phương pháp của Arrhenius

Theo Arrhenius (1921, 1922), quan hệ giữa số lượng loài với kích thước ô mẫu có thể được mô tả theo công thức sau đây:

$$\frac{X}{X_1} = \left(\frac{Y}{Y_1}\right)^n \quad (5.6)$$

Từ công thức (5.6), lấy logarit hai vế ta có :

$$\log Y_1 - \log Y = \frac{\log X_1 - \log X}{n} \quad (5.7)$$

Trong các công thức 5.6 và 5.7, Y là số lượng loài cây xuất hiện trên ô nghiên cứu với kích thước X; Y_1 là số lượng loài cây xuất hiện trên ô nghiên cứu với kích thước X_1 ; n là hằng số phụ thuộc vào đặc điểm của quần xã.

b. Phương pháp của Gleason

Theo Gleason (1922), giữa số lượng loài (Y) và kích thước ô mẫu có quan hệ với nhau theo biểu thức:

$$Y = \frac{\log B - \log A}{\log C - \log A} = \frac{b - a}{c - a} \quad (5.8)$$

trong đó:

- + A = diện tích của ô mẫu (nghiên cứu);
- + B = tổng diện tích của các ô mẫu;
- + C = tổng diện tích của đối tượng nghiên cứu;
- + a = số loài bình quân trên 1 ô mẫu;
- + b = tổng số loài trên tất cả các ô mẫu;
- + c = tổng số loài trên toàn bộ đối tượng nghiên cứu.

Theo Kylin (1926), hai công thức (5.7) và (5.8) có thể được viết gọn như sau:

- + Đối với công thức của Arrhenius

$$\log Y = \frac{1}{n} \log X + \log P \quad (5.9)$$

- + Đối với công thức của Gleason

$$Y = \frac{1}{n} \log X + \log P \quad (5.10)$$

trong đó Y là số lượng các loài cây, X là diện tích nghiên cứu, n là hằng số, P là số lượng các loài cây trên đơn vị diện tích.

Trong công thức của Gleason, số loài Y tỷ lệ với logarit của diện tích X. Qua thử nghiệm người ta thấy cả hai công thức này chỉ cho kết quả chính xác khi điều kiện môi trường là thuần nhất, hoặc các ô mẫu được bố trí trong giới hạn của cùng một quần xã thực vật. Ngoài ra, Blackman (1935) và Ashby (1936) chỉ ra rằng hai công thức của Arrhenius và Gleason chỉ cho kết quả tốt khi các ô mẫu được bố trí một cách ngẫu nhiên.

c. Phương pháp của Uranov

Uranov (1966) cho rằng, trong một quần xã có rất nhiều vi môi trường, và số lượng vi môi trường ấn định số lượng loài. Từ đó Uranov đã xây dựng công thức tính số lượng loài phụ thuộc vào kích thước ô mẫu như sau:

$$dy = n \frac{dx}{x} * y \frac{(A' - y)}{A'} \quad (5.11)$$

trong đó n là hệ số tỷ lệ, cho biết sự gia tăng số loài (dy) tỷ lệ thuận với sự gia tăng diện tích (dx), nhưng tỷ lệ nghịch với diện tích (x). Ngoài ra, sự gia tăng số loài (dy) cũng tỷ lệ thuận với chính số loài (y), vì số vi môi trường có liên quan với số loài cây. Giá trị A' là số loài bình quân trên một ô mẫu với diện tích rất lớn. Giá trị A là số loài trong quần xã. Theo Uranov, dù tăng diện tích ô đo đếm lên rất lớn thì A' vẫn nhỏ hơn A . Công thức của Uranov có nhược điểm ở chỗ là không cho biết diện tích rất lớn của ô mẫu bằng bao nhiêu.

5.3.2. Độ phong phú

Độ phong phú của tất cả các loài trong quần xã bằng tổng độ phong phú của từng loài. Mật độ của các loài được xác định bằng tổng mật độ của từng loài trên một đơn vị diện tích. Chỉ tiêu phân bố số cây của các loài trong quần xã cũng được xác định tương tự như phân bố của từng loài. Độ thường gặp của tất cả các loài là chỉ tiêu ít được chú ý. Điều này được giải thích là do phân bố của các loài trong quần xã thực vật thường khá đồng đều, nên $F = 100\%$. Độ che phủ của tất cả các loài là phần mười hay phần trăm diện tích mặt đất được các loài che phủ. Chỉ tiêu độ che phủ của tất cả các loài khó xác định hơn độ che phủ của từng loài, bởi vì các loài cây phân bố theo các tầng phiến khác nhau. Thay vì thế, người ta tính phần trăm hay phần mười độ giao tán - đó là tỷ lệ độ che phủ chung (độ tàn che) so với tổng độ che phủ (tổng tán) của tất cả các loài. Khi biết độ phong phú của các loài trong quần xã và độ phong phú của từng loài riêng biệt, chúng ta có thể tính được độ phong phú tương đối của mỗi loài trong quần xã. Độ phong phú tương đối có ưu điểm hơn độ phong phú tuyệt đối ở chỗ là tổng độ phong phú tương đối luôn bằng 100%. Vì thế, độ phong phú tương đối chỉ ra được vai trò của từng loài trong quần xã. Ngoài ra, các trị số tương đối biến động ít hơn so với các trị số tuyệt đối.

5.3.3. Phân bố của các loài trong quần xã

Các loài trong quần xã thường phân bố đồng đều, mặc dù từng loài phân bố không đồng đều. Phân bố số cây theo diện tích phụ thuộc vào nhiều nhân tố khác nhau như tính đồng nhất của môi trường, sự cạnh tranh giữa các loài... Đặc điểm phân bố cây trên mặt đất được xác định thông qua tính các đặc trưng thống kê mô tả (giá trị bình quân, sai tiêu chuẩn, biến động, độ lệch, độ nhọn...).

Để kiểm định dạng phân bố có thể dùng các mô hình toán xác suất như phân bố Poisson, phân bố nhị thức, phân bố chuẩn... Từ phân bố của các loài trong quần xã có thể tính được sự kết nhóm giữa các loài. Trên cơ sở sự kết nhóm giữa các loài, chúng ta có thể phân chia các nhóm loài cùng chung sống với nhau, phân chia các tầng phiến và các nhóm sinh học...

5.3.4. Những dấu hiệu chất lượng của quần xã

Những dấu hiệu chất lượng của quần xã thực vật bao gồm ngoại mạo của quần xã (hình dáng bên ngoài của quần xã) - đó là: (1) sự phân tầng, (2) dạng sống ưu thế, (3) nhịp điệu biến đổi theo mùa (vật hậu học), (4) mức độ ổn định của quần xã, (5) tương quan và thành phần chất lượng của các nhóm loài (phân chia theo đặc điểm sinh thái của các loài, dạng sống và vai trò của các loài trong diễn thế...).

(1) Dạng sống (kiểu sinh hoạt). Theo E. Warming (1901), thành phần dạng sống là tập hợp những nhóm cây, mặc dù có sự khác nhau về hệ thống phân loại, nhưng đều có chung khả năng thích ứng với những điều kiện sống nhất định, có sự tương đồng về cấu tạo, về chức năng sinh lý và tập tính sinh học.

Phân tích thảm thực vật rừng tự nhiên, chúng ta có thể gặp những dạng sống cơ bản như cây gỗ lớn, cây bụi, cây thân thảo, cây thân leo, cây bò leo, cây bọp nghẹt, cây ký sinh, cây cộng sinh, cây hội sinh... Căn cứ vào chiều cao thân cây, Raunkiaer đã phân chia thực vật thành những nhóm dạng sống sau đây:

(a) *Nhóm cây có chồi trên mặt đất*. Đó là những loài cây mà vào mùa không thuận lợi (không đủ nước sinh lý cho sinh trưởng bình thường) vẫn có chồi ngọn ở cao trên mặt đất. Nhóm này bao gồm:

- Cây to có chồi trên mặt đất - kí hiệu Mg (*Mégaphanérophyets*), cao trên 30 m;
- Cây vừa có chồi trên mặt đất - kí hiệu Me (*Mesophanérophyets*), cao từ 8 – 30 m;
- Cây nhỏ có chồi trên mặt đất - kí hiệu Mi (*Microphanérophyets*), cao 2 – 8 m;
- Cây thấp có chồi trên mặt đất - kí hiệu Na (*Nanophanérophyets*), cao dưới 2 m;
- Những dạng sống khác có chồi trên mặt đất như cây leo quấn, cây bò leo, cây sống nhờ, cây sống bám, cây thân cỏ, cây thân mọng...

(b) *Nhóm cây có chồi ngang mặt đất*. Đó là những loài cây mà vào mùa không thuận lợi cho sinh trưởng bình thường, các phần trên mặt đất bị chết đến chỗ trên mặt đất một chút hay ngang mặt đất.

(c) *Nhóm cây có chồi mặt đất*. Đó là những loài cây mà vào mùa không thuận lợi cho sinh trưởng bình thường, các phần trên mặt đất bị chết đến ngang mặt đất.

(d) *Nhóm cây có chồi dưới mặt đất*. Đó là dạng sống của những loài cây mà vào mùa không thuận lợi cho sinh trưởng bình thường, các bộ phận trên mặt đất đều bị chết, chỉ còn các chồi tồn tại dưới đất ở dạng củ hay thân ngầm.

(e) *Dạng sống chồi mùa hè*. Đó là những loài cây mà sự sống chỉ phát sinh vào mùa đủ nước, còn các bộ phận đều bị chết vào mùa không thuận lợi.

(2). Vật hậu học. Khi quan sát các quần xã thực vật vào những mùa khác nhau, chúng ta dễ dàng nhận ra chúng có những thay đổi sau đây: (1) sự luân phiên giữa thay lá, trổ hoa, phát tán quả và ra lá mới; (2) sự tàn lụi hoặc biến mất của một số loài (đặc biệt là các loài cây hòa thảo) trong một vài tầng phiên... Vì thế, người ta gọi vật hậu là những biến đổi nhịp nhàng trong các hoạt động sống của các loài cây và quần xã thực vật theo chu kỳ biến đổi của thời tiết trong một năm.

Khi nghiên cứu vật hậu (trạng mùa) của loài cây và thảm thực vật, nhà lâm học cần phải ghi nhận chính xác thời gian xuất hiện cơ quan sinh sản, sự phát sinh hoa và quả non, quả già, quả chín và rụng, sự thay lá mới (thời kỳ bắt đầu và kết thúc sinh trưởng...). Tương ứng với những hiện tượng biến đổi trên thực vật, nhà lâm học cũng cần phải ghi chép đầy đủ diễn biến của thời tiết trong suốt thời kỳ này. Vì thời tiết và tình trạng sinh lực của thực vật có thay đổi theo thời kỳ nhiều năm, nên muốn xây dựng được Bảng vật hậu phản ánh đúng diễn biến của thực vật, nhà lâm học phải quan sát và đo lặp lại nhiều năm và trên nhiều vị trí khác nhau. Các khu tiêu chuẩn này phải được bố trí ở những vùng địa lý khác nhau, trên những lập địa khác nhau của cùng một vùng địa lý...Để theo dõi sự biến đổi của quần xã, người ta thường lập Bảng vật hậu (Bảng 5.3).

Bảng 5.3. Diễn biến vật hậu của một số loài cây gỗ ở miền Đông Nam Bộ
(Nguồn: Lê Văn Ký, 1977; (*)Nguyễn Văn Thâm, 1992)

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dầu song nằng(*)	x	x	x	0	0	/	/	/	/	/	/	-
Dầu con rái	x	x	0	0	/	/	/	/	-	-	/	/
Sao đen	/	/	-	x	0	/	/	/	/	/	-	/
Keo lá tràm	0	/	/	/	/	/	x	x	x	x	0	0

Kí hiệu: Rụng lá từng phần hoặc toàn bộ (-); Mùa sinh sản (x);
Trái chín và rụng (0); Mùa sinh trưởng (/)

Sự thay đổi của quần xã thực vật 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 thân thảo dao động theo mùa. Theo các mùa, thành phần cây gỗ thay đổi rất ít, trừ lúc chúng đang sống ở giai đoạn cây mầm, cây mạ và cây con. Ngược lại, các loài cây hòa thảo có thể biến mất vào một thời gian nhất định trong năm, và chúng chỉ xuất hiện trở lại khi có thời tiết thuận lợi. Vì có sự dao động thành phần cây theo mùa, nên tương quan số lượng các loài và các cơ quan của chúng cũng thay đổi theo mùa. Điều đó có thể dẫn đến sự thay đổi vai trò của một số loài trong quần xã. Đến lượt mình, những thay đổi này lại kéo theo sự thay đổi của các điều kiện sinh cảnh.

Bảng vật hậu được ghi chép tỷ mỉ sẽ đưa lại nhiều ý nghĩa rất to lớn. Trước hết, chúng cho ta một bức tranh đầy đủ về tính chất không đồng nhất của hệ thực vật, về sự tham gia của các loài cây theo mùa, về thời kỳ bắt đầu và kết thúc pha sinh trưởng và sinh sản (trạng thái nụ hoa, hoa nở, hoa tàn, quả non và già, quả rụng và nảy mầm), về sự đồng nhất hay không đồng nhất của thành phần dạng sống...Mặt khác, những pha vật hậu xảy ra thường có mối liên hệ chặt chẽ với sự thay đổi của điều kiện sinh thái cảnh (khí hậu, đất). Vì vậy, nếu theo dõi được mối liên hệ này trong nhiều năm, nhà lâm học sẽ nhận được tài liệu về sự thay đổi vật hậu theo các điều kiện khí hậu và các yếu tố khác, về tính chu kỳ của các pha vật hậu. 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...

(3). Cấu trúc tầng thứ của thảm thực vật. Cấu trúc tầng thứ của thảm thực vật biểu hiện ở sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của chúng theo chiều đứng và chiều ngang. Cấu trúc tầng thứ của rừng có thể được mô tả và phân tích

theo nhiều cách khác nhau, trong đó phổ biến là dùng phương pháp vẽ biểu đồ trắc diện của Richards và Davis (1933, 1934).

5.4. NHỮNG DẤU HIỆU CỦA CÁC ĐƠN VỊ PHÂN LOẠI

Thực tiễn và nghiên cứu khoa học có thể đòi hỏi phải phân tích sâu về những dấu hiệu của các quần xã riêng biệt, các thảm thực vật và các đơn vị phân loại nhỏ hơn của thảm thực vật. Nếu những đặc trưng cơ bản của một quần xã thực vật có thể nhận biết được nhờ một số lượng giới hạn các ô mẫu, thì để có được các đặc trưng của cả thảm thực vật rộng lớn, chúng ta phải dựa trên rất nhiều ô mẫu. Khác với những nghiên cứu quần xã thực vật, những nghiên cứu thảm thực vật đòi hỏi rất nhiều ô mẫu, kích thước ô mẫu phải đủ lớn và bao trùm đầy đủ các đơn vị phân loại của thảm thực vật. Vì thế, phần này chỉ đi vào xem xét sự khác nhau giữa những dấu hiệu của các đơn vị phân loại và quần xã thực vật.

(1). Độ phong phú của nhóm loài và tất cả các loài hình thành thảm thực vật về nguyên tắc cũng giống như độ phong phú của các loài riêng biệt. Ở đây chỉ có một khó khăn về phương pháp luận - đó là bằng cách nào có thể thu thập được một mẫu đại diện cho tất cả các quần xã của một thảm thực vật nào đó hoặc các đơn vị phân loại nào đó? Ngoài ra, chúng ta cũng phải giả định một quần xã thực vật có sự đồng nhất về mặt không gian. Giả định này cho phép liên kết những nhóm ô mẫu được rút ra từ những bộ phận khác nhau của quần xã thực vật thành một mẫu chung. Một thảm thực vật có thể có sự khác nhau về độ phong phú của các loài, đồng thời độ phong phú của một loài cũng thay đổi theo thời gian và không gian. Tập hợp những ô đo đếm từ nhiều quần xã về thực chất là một mẫu của một tổng thể bất kỳ. Trong trường hợp này, độ phong phú bình quân của các loài nhận được từ vài chục ô mẫu không thể suy diễn trực tiếp cho toàn bộ tổng thể của các quần xã trong một thảm thực vật. Để có kết quả chính xác về thảm thực vật, chúng ta cần phải thu thập rất nhiều ô mẫu, trong đó số lượng ô mẫu được tính theo mức độ biến động của các chỉ tiêu cơ bản của quần xã (thành phần loài, diện tích, tiết diện ngang thân cây, trữ lượng rừng...).

(2). Bên cạnh dấu hiệu độ thường gặp loài, một dấu hiệu quan trọng của các đơn vị phân loại thảm thực vật là *tính ổn định*. Tính ổn định được xác định trên cơ sở những dẫn liệu về sự có mặt của loài và nhóm loài cây trong một loạt ô mẫu thuộc cùng một quần xã thực vật hoặc thuộc một đơn vị phân loại lớn hơn. Tính ổn định đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng lý thuyết phân loại thảm thực vật. Khi so sánh tính ổn định của loài (hay nhóm loài) trong một chuỗi đơn vị phân loại, người ta đã đưa ra khái niệm về *độ tin tưởng của loài* (hay nhóm loài). Độ tin tưởng của loài là sự trùng hợp khá lớn của loài với một đơn vị phân loại nhất định. Khái niệm về những loài “tin tưởng” là cơ sở để dự đoán các quần xã thực vật của trường phái Braun - Blanquet (trường phái Pháp - Thụy Sĩ). Theo Braun – Blanquet, độ tin tưởng đối với quần hợp thực vật là một đặc trưng quan trọng. Trong việc định nghĩa các đơn vị phân loại thảm thực vật, độ tin tưởng của loài có ý nghĩa cao hơn độ thường gặp, và độ thường gặp của một loài đặc trưng có ý nghĩa kém hơn tổ hợp độ thường gặp của những loài đặc trưng. Quần hợp thực vật được nhận biết theo nhóm loài đặc trưng có độ tin tưởng cao. Các quần

hợp phụ (thứ bậc thấp hơn quần hợp) được định nghĩa theo những loài không có độ thường gặp cao và độ tin tưởng cao, nhưng chúng có ý nghĩa giúp phân chia quần hợp thành nhiều đơn vị phụ.

Poore (1955) và Moore (1962) cho rằng, theo quan điểm của trường phái Braun - Blaquet, các quần hợp thực vật được xác định trên cơ sở các nhóm loài có sự phân bố tương đồng về tất cả các tổ hợp dấu hiệu nghiên cứu của các quần xã thực vật, còn các loài tin tưởng chỉ là một dấu hiệu đặc trưng của các quần hợp thực vật nhằm phân biệt quần hợp này với những quần hợp khác. Tuy nhiên, việc sử dụng các loài cây “tin tưởng” có một thiếu sót là chúng chỉ ứng dụng được trong một phạm vi địa lý hẹp, đồng thời các loài này cũng biến đổi ngay trong một quần hợp. Hiện nay có nhiều phương pháp đánh giá độ tin tưởng của loài về mặt thống kê. Dưới đây chúng ta nghiên cứu một số phương pháp đánh giá độ tin tưởng của loài.

a. Phương pháp của Pfeiffer. Pfeiffer (1954) xác định độ tin tưởng xuất phát từ độ ổn định tương đối của một loài nào đó trong tất cả các quần hợp mà nó có mặt (tất cả các quần hợp lấy bằng 100%). Chỉ tiêu để đánh giá có thể là độ phong phú của loài.

b. Phương pháp của Goodall. Goodall (1953) đưa ra chỉ tiêu tính mức trùng hợp của loài cây quan tâm với một đơn vị phân loại nào đó theo công thức:

$$\frac{(a - 0,5)(b + d)}{(b + 0,5)(a + c)} - 1; \quad (5.12)$$

trong đó:

+ a, b, c, d = những kí hiệu của Bảng 2* 2;

+ a = số ô mẫu mà loài quan tâm có mặt trong đơn vị phân loại thứ I ;

+ b = số ô mẫu mà loài quan tâm có mặt trong đơn vị phân loại thứ II;

+ (a + c + b + d) = tổng số ô mẫu của đơn vị phân loại I và II.

Khi đơn giản công thức của Goodall, chúng ta nhận được:

$$\frac{a(b + d)}{b(a + c)} - 1 \quad (5.13)$$

Từ đó cho thấy chỉ tiêu của Goodall thực chất là tỷ lệ độ thường gặp của loài trong những đơn vị phân loại đem so sánh trừ đi 1. Nếu độ thường gặp của loài giống nhau trên cả hai đơn vị phân loại đem so sánh, thì chỉ tiêu của Goodall nhận giá trị zero. Chỉ tiêu của Goodall sẽ tăng lên cùng với sự gia tăng mức độ tin tưởng của loài. Phương pháp của Goodall có ưu điểm là nó cho phép so sánh kiểu quần xã này với các kiểu quần xã khác. Để đánh giá mức độ tin tưởng về sự trùng hợp của loài với một đơn vị phân loại nào đó, Goodall sử dụng kiểm định χ^2 .

c. Phương pháp của Juhacz - Nagy. Theo Juhacz – Nagy (1965), một kiểu quần xã thực vật được xem là tin tưởng tuyệt đối nếu chỉ bắt gặp một loài trong quần xã. Juhacz - Nagy đã sử dụng Entropi để đặc trưng cho mức tin tưởng. Để đánh giá mức tin tưởng của loài, Juhacz - Nagy dùng công thức:

$$F(H)_{p.c} = -\log_2 \frac{S_j}{Q}; \quad (5.14)$$

trong đó S_j là số đơn vị phân loại của thảm thực vật bất gặp loài thứ j ; Q là tổng số các đơn vị phân loại.

Tương tự đối với một đơn vị phân loại nào đó chúng ta có:

$$F(H)_{pop} = -\log_2 \frac{S_k}{r} \quad (5.15)$$

trong đó S_k là số loài cây của đơn vị phân loại thứ k ; r là tổng số loài cây của các đơn vị phân loại đem so sánh.

Độ tin tưởng bình quân của tất cả các loài trong đối tượng nghiên cứu được xác định theo công thức:

$$F(H_{bq})_{pc} = \log_2 Q - \frac{1}{Qr} \sum [S_j \log_2 S_j + (Q - S_j) \log_2 (Q - S_j)] \quad (5.16)$$

Entropi trung bình đối với tất cả các kiểu quần xã được tìm theo công thức:

$$F(H_{bq})_{poc} = \log_2 r - \frac{1}{Qr} \sum [S_k \log_2 S_k + (r - S_k) \log_2 (r - S_k)] \quad (5.17)$$

Công thức 5.14 cho biết mức độ độc đáo của hệ thực vật trong các đơn vị phân loại. Công thức 5.15 cho biết mức độ khác biệt của hệ thực vật trong các đơn vị phân loại. Nói chung, cùng một hệ thực vật nhưng có thể được xem xét theo những quan điểm khác nhau.

Chương 6

NHỮNG HỆ SỐ TƯƠNG ĐỒNG

6.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Xác định sự tương đồng giữa các đối tượng là vấn đề hết sức quan trọng của bất kỳ môn khoa học nào. Phân loại các đối tượng là phản ánh nhận thức của con người về chúng. Phân loại các đối tượng là việc ghép những đối tượng có những đặc trưng tương đồng với nhau thành nhóm và tách chúng ra khỏi những nhóm khác. Nhưng để phân loại được các đối tượng, chúng ta thường phải dựa vào sự tương đồng giữa các đối tượng. Những đối tượng nào đó càng có nhiều dấu hiệu tương đồng với nhau, thì chúng ta càng có nhiều cơ sở để sắp xếp chúng vào cùng một đơn vị phân loại.

Chúng ta dễ dàng nhận thấy rằng, những đối tượng rất tương đồng về mặt này nhưng có thể sẽ không tương đồng về mặt khác. Trong trường hợp ấy, chúng ta phải xác định được những dấu hiệu (biến số hay chỉ tiêu) của đối tượng nghiên cứu là những dấu hiệu căn bản và quan trọng hơn đối với việc phân loại. Khi ứng dụng vào phân loại thảm thực vật, chúng ta có thể gặp phải hai vấn đề. Một là những quần xã thực vật có sự tương đồng cao về các loài ưu thế, nhưng có thể khác nhau về tập hợp loài thứ yếu. Hai là những quần xã thực vật có thành phần hệ thực vật gần như nhau nhưng các loài ưu thế lại khác nhau. Chúng ta cũng đã thấy rằng, thành phần loài cây ưu thế và tính chất của điều kiện lập địa cùng chi phối rất lớn đến thành phần hệ thực vật của quần xã. Mặt khác, những quần xã thực vật tương đồng ở khía cạnh này, thì chúng cũng sẽ tương đồng ở khía cạnh khác. Điều vừa nói có thể đúng nhưng không phải đúng hoàn toàn. Bởi vì, giữa các loài ưu thế và hệ thực vật có mối liên hệ với nhau, nhưng mối liên hệ ấy chỉ là mối liên hệ tương quan. Trong mỗi tổ hợp loài ưu thế cũng có biên độ biến động nhất định về thành phần hệ thực vật. Ngược lại, khi thành phần hệ thực vật ổn định, thì các tổ hợp loài ưu thế có thể cũng khác nhau. Vì thế, khi phân loại các đối tượng đòi hỏi chúng ta phải có nhiều hiểu biết về những lĩnh vực khác nhau.

Nhà lâm học cần nhận thấy rằng, vấn đề biểu thị định lượng sự tương đồng của các quần xã thực vật không thể được giải quyết một cách đơn giản và thật rõ ràng như một bài toán đơn thuần, mà nó đòi hỏi nhà lâm học phải chú ý đến nhiều khía cạnh khác nhau. Chính vì thế, ngày nay vẫn còn tồn tại nhiều ý kiến trái ngược nhau về vấn đề phân loại đối tượng dựa trên sự tương đồng giữa các đối tượng sinh học. Theo K. Heiser (1966), sự khác nhau có tính nguyên tắc giữa quan điểm phân loại định lượng và định tính là ở chỗ, phân loại định lượng cố gắng đi từ thực tế khách quan đến việc chọn lựa những dấu hiệu và ranh giới giữa các tiêu chuẩn phân loại. Tuy nhiên, kết quả cuối cùng của hai phương pháp đều tương đồng với nhau. Dưới đây chúng ta xem xét một số phương pháp xác định sự tương đồng giữa các đối tượng.

6.2. NHỮNG HỆ SỐ TƯƠNG ĐỒNG

6.2.1. Hệ số tương đồng của Jaccard

Jaccard (1901) là người đầu tiên có những thử nghiệm về việc biểu thị sự tương đồng giữa các đối tượng (quần xã thực vật, đơn vị phân loại) bằng phương pháp định lượng. Để xây dựng hệ số tương đồng giữa hai đối tượng, Jaccard đã sử dụng tỷ lệ phần trăm giữa những loài chung và tổng số loài của hai đối tượng. Hệ số tương đồng (%) giữa hai đối tượng được tính theo công thức :

$$K_J = \frac{c}{(a + b - c)} * 100 \quad (6.1)$$

trong đó:

- + c = số loài chung của hai đối tượng;
- + a = số loài của đối tượng 1;
- + b = số loài của đối tượng 2.

6.2.2. Hệ số tương đồng của Sorensen

Sorensen (1948) đã xác định hệ số tương đồng (%) giữa hai đối tượng theo công thức:

$$K_S = \frac{2c}{(a + b)} * 100; \quad (6.2)$$

trong đó:

- + c = số loài chung của hai đối tượng;
- + a = số loài của đối tượng 1;
- + b = số loài của đối tượng 2.

Cần nhận thấy rằng, cùng một số liệu như nhau, nhưng hệ số tương đồng của Jaccard và Sorensen lại nhận kết quả khác nhau.

Ví dụ: Khi $a = 15$, $b = 20$ và $c = 15$, ta có $K_J = 75\%$, còn $K_S = 86\%$. So sánh hai cách tính hệ số tương đồng của Jaccard và Sorensen có thể thấy, hệ số tương đồng của Sorensen thuận lợi hơn so với hệ số tương đồng của Jaccard.

Hệ số tương đồng của Jaccard và Sorensen được ứng dụng rộng rãi trong phân loại rừng, bởi vì chúng cho kết quả khá rõ ràng, đáng tin cậy hơn về mức độ tương đồng của hai đối tượng. Tuy nhiên, hai phương pháp này có thiếu sót là chỉ dựa vào sự có mặt của các loài mà không xem xét đến độ phong phú của chúng. Vì thế, nếu chỉ sử dụng các hệ số của Jaccard và Sorensen một cách đơn độc, thì chúng ta khó có thể tiếp tục phân tích định lượng thảm thực vật.

6.2.3. Phương pháp tính hệ số tương đồng dựa trên tần số của các loài

Người đầu tiên đi theo hướng này là nhà sinh thái học Gleason (1920). Sau này, nhiều tác giả khác (Bray và Curtis, 1957; Dix và Butler, 1960; Loucks, 1962; Christensen, 1963; Ramsay, 1964; *et al*) tiếp tục đi sâu nghiên cứu. Khi tính hệ số

tương đồng giữa hai đối tượng, họ không dựa trên các giá trị tuyệt đối mà dựa vào các giá trị tương đối. Trước hết, họ xem tổng độ thường gặp của các loài trong ô mẫu là 100%. Sau đó, họ tìm độ thường gặp của mỗi loài so với tổng độ thường gặp của các loài. Khi so sánh hai ô mẫu (hai đối tượng) với nhau, họ chỉ sử dụng tần số tương đối nhỏ nhất của mỗi loài. Hệ số tương đồng giữa hai đối tượng bằng tổng tần số tương đối nhỏ nhất của mỗi loài. Trong trường hợp $a = 100$ và $b = 100$, công thức của Sorensen có dạng:

$$K = \frac{2c}{200} * 100 = c; \quad (6.3)$$

trong đó c là tổng các tần số tương đối nhỏ nhất theo mỗi loài trong hai ô mẫu đem so sánh.

Ở **Bảng 6.1** dẫn tần số bắt gặp của các loài trong 2 hai đối tượng được thu thập trên 25 ô tiêu chuẩn. Tổng tần số ở đối tượng 1 là 122, còn ở đối tượng 2 là 129. Khi lấy các tổng này bằng 100% đối với mỗi đối tượng tương ứng, chúng ta tìm được các tần số tương đối ghi ở **cột 3 và 4 của Bảng 6.1**. Chẳng hạn, loài B là $(12 * 100) / 129 = 9\%$; tương tự tính cho các loài khác. Tổng tần số của đối tượng 2 không bằng 100% mà bằng 99%. Điều đó xảy ra là do sai số từ việc làm tròn số. Khi đưa các tần số nhỏ nhất vào công **thức (6.3)**, chúng ta nhận được $K = 50$, nghĩa là hai đối tượng tương đồng đến 50%. Tương tự như trên, chúng ta có thể tính hệ số tương đồng cho hai đối tượng bằng chỉ tiêu độ che phủ, độ che chiếu hoặc một số đặc trưng khác của quần xã vật.

6.2.4. Hệ số tương đồng của Pignatti và Mengarda

Trước hết, Pignatti và Mengarda (1962) đề nghị tìm một tổ hợp các loài đặc trưng cho chuỗi đối tượng nghiên cứu. Kế đến tính sự tương đồng của mỗi đối tượng với tổ hợp các loài theo công thức:

$$X = \frac{c * 100}{a + (b - c)}; \quad (6.4)$$

trong đó:

- + a = số loài đặc trưng của chuỗi đối tượng nghiên cứu;
- + b = số loài trong ô mẫu đem so sánh;
- + c = tổng số loài chung.

Sau đó tìm hệ số tương đồng bình quân cho thảm thực vật. Phương pháp này có ưu điểm là việc tính toán khá đơn giản. Ví dụ: Có 100 ô mẫu, chúng ta cần tính 100 hệ số tương đồng của các ô với tổ hợp loài đặc trưng, đồng thời so sánh các ô mẫu với nhau; tổng số cần tính 4950 hệ số. Phương pháp này được sử dụng để giải quyết một loạt vấn đề trong phân loại thảm thực vật.

Bảng 6.1. Hệ số tương đồng giữa hai quần xã thực vật

(Nguồn: Vasilevich, 1969)

Loài cây	Tần số		Tần số tương đối		Tần số tương đối nhỏ nhất
	Ô 1	Ô 2	Ô 1	Ô 2	
A	25	25	20	19	19
B	24	12	20	9	9
C	10	-	8	0	0
D	1	-	1	0	0
E	11	-	9	0	0
F	4	-	3	0	0
G	1	-	1	0	0
H	1	-	1	0	0
I	1	-	1	0	0
K	1	-	1	0	0
L	9	1	7	1	1
M	5	25	4	19	4
N	11	25	9	19	9
O	7	3	6	2	2
P	4	-	3	0	0
Q	6	10	5	8	5
R	1	4	1	3	1
S	0	7	0	5	0
T	0	2	0	2	0
U	0	9	0	7	0
V	0	5	0	4	0
X	0	1	0	1	0
Tổng	122	129	100	99	50

6.2.5. Hệ số tương đồng của Koch

Năm 1957, Koch đã đưa ra phương pháp tính hệ số tương đồng giữa các cặp đối tượng dựa trên chỉ số phương sai sinh học (IBD^1). Nếu gọi S là tổng số loài giống nhau trong n đối tượng (ô mẫu), còn $s_1, s_2, s_3...s_n$ tương ứng là số loài của đối tượng 1, 2... n, thì hệ số IBD được tính theo công thức:

$$IBD = \frac{(T - S) \cdot 100}{(n - 1)S}, \quad (6.5)$$

trong đó $T = \sum s_i = (s_1 + s_2 + s_3 + s_4 + ... + s_n)$. Nếu các ô mẫu hoàn toàn không có các loài chung, thì $T = S$ và $IBD = 0$. Trong trường hợp tất cả các loài của các ô mẫu là giống nhau, thì $IBD = 100\%$. Khi $n = 2$, thì công thức của Koch (6.5) chuyển thành công thức của Jaccard (6.1).

¹ Index of Biologic Dispersity

6.2.6. Tương quan giữa các ô tiêu chuẩn

Xác định tương quan giữa các ô tiêu chuẩn là một dạng khác của việc đánh giá sự tương đồng giữa chúng. Khi xác định tương quan giữa hai dấu hiệu, chúng ta đã so sánh sự phân bố của hai dấu hiệu bất kỳ trong một nhóm đối tượng và đánh giá sự phân bố này trùng hợp chặt chẽ đến mức nào. Xác định tương quan giữa các ô tiêu chuẩn (các đối tượng) là một bài toán ngược lại, nghĩa là so sánh hai ô tiêu chuẩn và đánh giá tổ hợp nhiều dấu hiệu của chúng trùng hợp (giống nhau) đến mức nào. Williams và Lambert (1961) đã tính tương quan giữa hai ô tiêu chuẩn dựa trên sự có mặt hay vắng mặt của loài cây trên hai ô tiêu chuẩn. Bằng cách đó, họ đã xác định được ma trận tương quan và sử dụng nó để phân loại các nhóm loài có biên độ sinh thái tương đồng với nhau. Khi xử lý số liệu, họ cũng lập Bảng kết nhóm kiểu 2*2 (Bảng 6.2). Từ Bảng 6.2, tìm tần số lý thuyết của các loài chung (a') cũng như các trị số khác của Bảng (b', c' và d') và dùng kiểm định χ^2 để tính sự kết nhóm. Sau đó tính hệ số kết nhóm theo công thức:

$$R = \frac{(ad - bc)}{\sqrt{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)}} \quad (6.6)$$

Hệ số R nhận giá trị âm khi $ad < bc$.

Bảng 6.2. Tính sự kết nhóm giữa hai ô tiêu chuẩn

		Ô số 1		
		+	-	
Ô số 2	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	N

trong đó:

- + a = Số loài chung của 2 ô tiêu chuẩn I và II;
- + b = Số loài chỉ tìm thấy trên ô tiêu chuẩn II;
- + c = Số loài chỉ tìm thấy trên ô tiêu chuẩn I;
- + d = Số loài vắng mặt trong hai ô tiêu chuẩn, nhưng chúng vẫn có mặt trong một chuỗi ô khác của đối tượng nghiên cứu.

Chương 7

HỒI QUY TRONG SINH THÁI QUẦN XÃ

7.1. GIỚI THIỆU

7.1.1. Mục đích và ứng dụng hồi quy

Chương 7 giới thiệu cách thức ứng dụng phương pháp phân tích hồi quy để khám phá mối liên hệ giữa các loài với các yếu tố môi trường, dựa trên những quan sát loài và các biến môi trường ở một chuỗi lập địa.

Khi phân tích mối liên hệ giữa các loài với các yếu tố môi trường, loài được ghi nhận ở dạng độ phong phú hoặc chỉ đơn giản là sự có mặt. Khác với phân tích định vị và phân tích nhóm, trong phân tích hồi quy chúng ta không thể phân tích số liệu trên tất cả các loài cùng một lúc, mà phải phân tích số liệu trên từng loài riêng biệt. Mỗi hồi quy nhắm vào một loài cụ thể và xem xét loài này có mối quan hệ với môi trường như thế nào.

Trong phân tích hồi quy, độ phong phú hoặc sự có mặt của loài là biến phản hồi, còn các yếu tố môi trường là các biến giải thích. Thuật ngữ “biến phản hồi” xuất phát từ ý tưởng cho rằng, các loài phản ứng lại hoặc phản hồi lại những tác động của môi trường (biến môi trường) theo cách thức nhân quả nào đó. Tuy vậy, nguyên nhân không thể suy luận từ phân tích hồi quy. Phân tích hồi quy chỉ trả lời được câu hỏi: Loài có quan hệ với biến (yếu tố) môi trường trong chuỗi lập địa này hay không? Khi mô hình tồn tại, chúng ta chỉ có thể nói rằng loài có mối liên hệ với biến môi trường trong chuỗi lập địa này.

Mục đích của phân tích hồi quy là rất khiêm tốn, đó là mô tả biến phản hồi như là một hàm số của một hoặc nhiều biến giải thích (biến môi trường). Hàm số này gọi là hàm phản hồi. Hàm phản hồi thường không được chọn như hàm dự đoán phản hồi không có sai số. Bằng cách phân tích hồi quy, chúng ta cố gắng tạo ra sai số nhỏ nhất và chuyển số trung bình sai số đến zero. Giá trị dự đoán bằng hàm phản hồi là phản hồi kỳ vọng – đó là phản hồi với sai số trung bình. Whittaker (1967) gọi phân tích hồi quy là “phân tích gradient liên tục”.

Trong sinh thái học, phân tích hồi quy được sử dụng để giải quyết những vấn đề sau đây:

- Ước lượng các tham số sinh thái; ví dụ tối ưu sinh thái và biên độ sinh thái của loài.
- Đánh giá những biến môi trường nào đóng góp chủ yếu vào phản hồi của loài và biến môi trường nào xuất hiện không quan trọng. Việc đánh giá được thực hiện thông qua kiểm định mức ý nghĩa (kiểm định F riêng phần).
- Dự đoán những phản hồi của loài (độ phong phú hoặc sự có mặt – vắng mặt) ở chuỗi lập địa từ những giá trị thu thập của một hoặc nhiều biến môi trường.
- Dự đoán những giá trị của một hoặc nhiều biến môi trường ở chuỗi lập địa từ những giá trị thu thập của một hoặc nhiều loài. Những dự đoán này được gọi là chuẩn đoán.

7.1.2. Mô hình phản hồi và kiểu biến phản hồi

Phân tích hồi quy dựa trên mô hình phản hồi bao gồm hai thành phần: (1) thành phần hệ thống; (2) thành phần sai số. Thành phần hệ thống mô tả cách thức mà biến phản hồi phụ thuộc vào biến giải thích. Thành phần sai số mô tả cách thức mà phản hồi quan sát sai lệch với phản hồi kỳ vọng.

Thành phần hệ thống chỉ rõ bằng một hàm hồi quy. Thành phần sai số có thể diễn tả bằng phân bố của sai số. Ví dụ, khi làm phù hợp một đường thẳng với số liệu, mô hình phản hồi có dạng (Hình 7.1):

$$y = b_0 + b_1x + \varepsilon ; \quad (7.1)$$

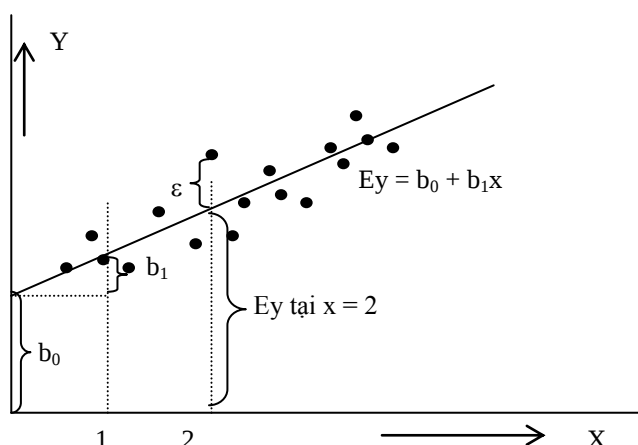
trong đó:

y = biến phản hồi,

x = biến giải thích,

ε = sai số,

b_0 và b_1 = hệ số (b_0 là điểm chặn, b_1 là độ dốc).



Hình 7.1. Mô hình phản hồi ở dạng tuyến tính

Phản hồi kỳ vọng, kí hiệu Ey , là $b_0 + b_1x$. Thành phần hệ thống của **hàm 7.1** là một đường thẳng và được biểu diễn bằng hàm:

$$Ey = b_0 + b_1x$$

Thành phần sai số là phân bố của ε , nghĩa là biến động ngẫu nhiên của phản hồi quan sát xung quanh phản hồi kỳ vọng.

Vậy mục đích của phân tích hồi quy là gì? Mục đích của phân tích hồi quy là xác định thành phần hệ thống từ toàn bộ số liệu quan sát kèm theo thành phần sai số của mô hình. Trong hồi quy tuyến tính một nhân tố, phân tích hồi quy là ước lượng các tham số b_0 và b_1 với sai số nhỏ nhất.

Ở dạng chung nhất, các tham số hồi quy (b_0 và b_1) được xác định theo nguyên lý “tổng bình phương sai lệch nhỏ nhất”. Phân bố của sai số ε được giả định là phân bố ngẫu nhiên chuẩn.

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, phân bố độ phong phú của loài là phân bố lệch và có thể mô tả bằng phân bố log-normal. Phân bố lệch của độ phong phú biểu hiện ở chỗ, những giá trị nhỏ thì nhiều, còn giá trị lớn thì ít. Dạng phân bố lệch của độ phong phú quan sát thấy ngay cả ở những nơi có điều kiện môi trường khá thuận nhất. Khi biến đổi độ phong phú bằng cách lấy logarit cơ số tự nhiên ($\log_e$), thì phân bố của chúng sẽ trở thành phân bố chuẩn (Williamson, 1972). Để phân tích những giá trị độ phong phú bằng hồi quy bình phương nhỏ nhất, việc biến đổi độ phong phú bằng cách lấy logarit là cần thiết. Một vấn đề cần lưu ý là khi độ phong phú lấy giá trị zero, thì logarit của zero là không xác định. Do đó, đối với độ phong phú đo đạc ở dạng “có mặt loài = 1” và “vắng mặt loài = 0”, thì kỹ thuật phân tích hồi quy thích hợp là hồi quy logit. Hồi quy logit biểu thị xác suất mà loài có mặt là một hàm của biến độc lập (biến giải thích, biến môi trường).

7.1.3. Những kiểu biến giải thích và những kiểu đường cong phản hồi

Biến giải thích có thể là biến định danh¹, biến có thứ bậc² hoặc biến định lượng. Kỹ thuật phân tích hồi quy có thể dễ dàng đối phó với những biến môi trường định lượng và định danh, nhưng không thể giải quyết được đối với biến có thứ bậc. Đối với những biến có thứ bậc nhỏ, cách giải quyết là chuyển thành biến định danh. Đối với những biến có thứ bậc lớn, cách giải quyết là chuyển thành biến định lượng.

Hồi quy đối với một biến giải thích định lượng bao gồm việc làm phù hợp số liệu với một đường cong. Vấn đề là ở chỗ, chúng ta cần chọn dạng đường cong nào là thích hợp với số liệu. Để giải quyết vấn đề vừa nói, chúng ta có thể sử dụng đồ thị phân tán của các biến phản hồi đối với biến giải thích hoặc dựa theo lý thuyết. Khi phân tích hồi quy, chữ x biểu thị cho biến giải thích (môi trường), còn Ey biểu thị cho biến phản hồi kỳ vọng của biến phản hồi y. Hình 7.2 mô tả những kiểu đường cong phản hồi. Từ đó cho thấy:

- Dạng hằng số.* Ey bằng một hằng số; điều đó cho biết Ey không phụ thuộc x (Hình 7.2a).
- Dạng tăng hoặc giảm đều.* Ey tăng hoặc giảm cùng với sự gia tăng giá trị x. Ví dụ: đường thẳng và đường cong sigmoid (Hình 7.2b,c,d).
- Dạng một đỉnh.* Thoạt đầu Ey tăng lên cùng với sự gia tăng giá trị x, tiếp theo đạt cực đại, sau đó thì giảm. Ví dụ: đường cong parabol với 1 cực đại (Hình 7.2e); đường cong có dạng hình chuông giống như đường cong Gauss (Hình 7.2f). Giá trị x mà tại đó Ey đạt lớn nhất được gọi là một¹ hoặc tối ưu². Giá trị tối ưu không phải là duy nhất khi đường cong có đỉnh bằng (Hình 7.2g).

¹ Nominal variable

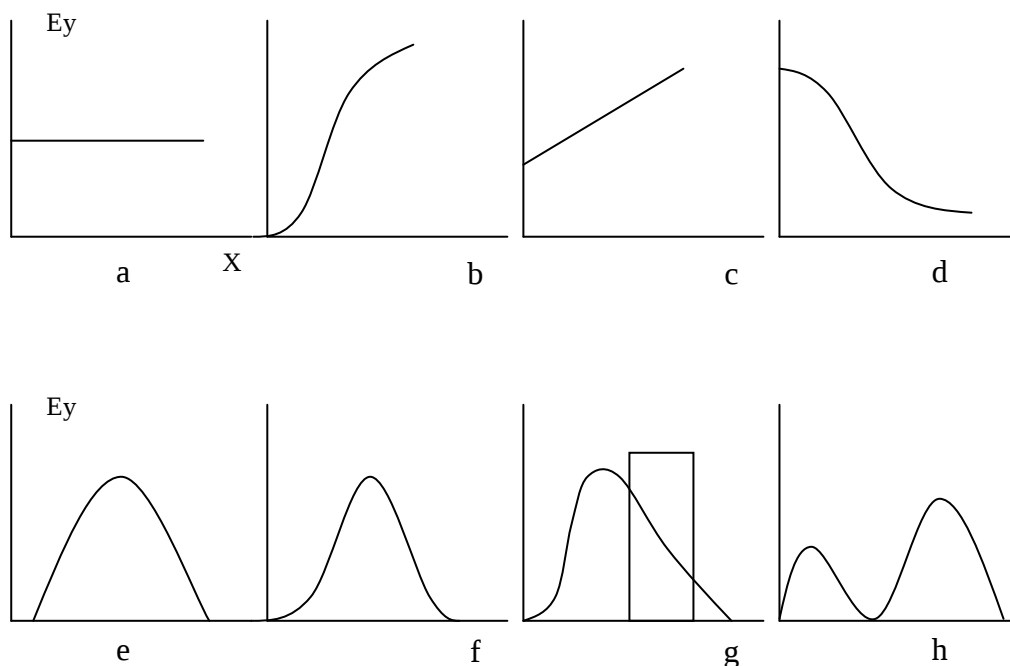
² Ordinal variable

¹ Mode

² Optimum

Đường cong một đỉnh có thể đối xứng (với tối ưu là điểm đối xứng) hoặc bất đối xứng (**Hình 7.2g**).

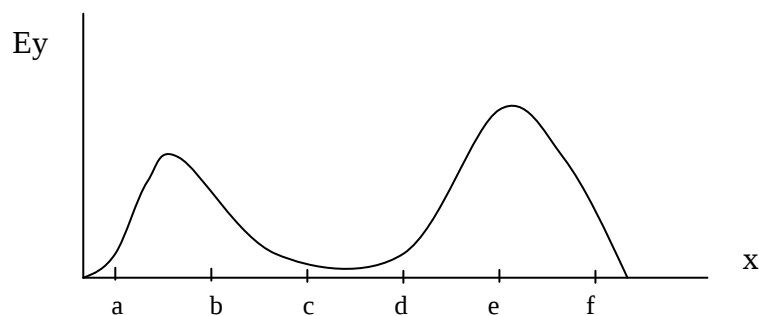
- d. *Dạng hai đỉnh.* Thoạt đầu Ey tăng lên cùng với sự gia tăng giá trị x, kể đến đạt cực đại, tiếp theo thì giảm đến một cực tiểu, sau cực tiểu Ey lại tăng lên đến cực đại mới, cuối cùng thì giảm liên tục (**Hình 7.2h**).
- e. *Dạng khác.* Ey có hình thái khác với những dạng trên.



Hình 7.2. Các dạng đường cong phản hồi được lập theo biến môi trường

- a – đường cong hằng số; b – đường cong sigmoid tăng; c – đường thẳng;
d – đường cong sigmoid giảm; e – đường cong parabol;
f – đường cong đối xứng hay đường cong Gauss;
g – đường cong bất đối xứng hay lệch và một hàm khối; h – đường cong hai đỉnh.

Lưu ý rằng, trên đây liệt kê những dạng đường cong theo mức phức tạp của chúng. Từ những dạng đường cong đó có thể nhận thấy, khi đường cong phản hồi ở dạng hằng số, thì Ey không phụ thuộc x hay biến giải thích không ảnh hưởng đến biến phản hồi Ey. Từ dạng đường cong hai đỉnh, bằng cách giới hạn khoảng thu mẫu khác nhau, chúng ta có thể nhận được những đường cong khác nhau. Thật vậy, đường cong tăng hoặc giảm đều là những trường hợp đặc biệt của đường cong một đỉnh. Khi tối ưu nằm ngoài khoảng thu mẫu, thì đường cong một đỉnh tăng dần hoặc giảm dần trong khoảng này (**Hình 7.3**). Những đường cong có 1 cực tiểu cũng có thể rơi vào trường hợp đặc biệt của đường cong hai đỉnh.



Hình 7.3. Những đường cong phản hồi được phân chia từ đường cong hai đỉnh bằng cách giới hạn khoảng thu mẫu

- + Đường cong hai đỉnh trong khoảng $x = [a, f]$
- + Một đỉnh khi $x = [a, c]$ và $x = [d, f]$, giảm đều khi $x = [b, c]$ và $[e, f]$
- + Tăng đều khi $x = [c, e]$ và gần hằng số khi $x = [c, d]$.

7.1.4. Những nội dung chính của chương 7

Trong chương này, chúng ta xem xét kỹ thuật hồi quy dùng trong phân tích số liệu độ phong phú định lượng (hồi quy bình phương nhỏ nhất – **Phần 7.2**) và số liệu dạng bất gặp – không bắt gặp loài (**Phần 7.3**). Trong cả hai phần, trước hết giới thiệu những mô hình mà biến giải thích là biến định danh, kế đến là những mô hình với biến giải thích định lượng. Những mô hình cụ thể được giới thiệu là mô hình đường thẳng và parabol.

Từ mô hình đường thẳng và parabol, chúng ta nhận được những đường cong hữu ích trong phân tích số liệu sinh thái. Đối với dữ liệu độ phong phú, chúng ta nhận được các đường cong dạng mũ và đường cong Gauss. Đối với dữ liệu dạng bất gặp – không bắt gặp loài, chúng ta nhận được các đường cong sigmoid và đường cong logit Gauss. Đường cong parabol cho phép ước lượng giá trị chỉ thị¹ (tối ưu) và biên độ sinh thái (tính chống chịu²) của loài. Những vấn đề nảy sinh trong phân tích dữ liệu định lượng là những số đo nhận giá trị zero. **Phần 7.4** sẽ trình bày cách giải quyết đối với những số đo nhận giá trị zero. Ở **phần 7.5**, cả hồi quy bình phương nhỏ nhất và hồi quy logit được mở rộng cho cả hồi quy đa biến. Hồi quy đa biến có thể được vận dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của nhiều biến môi trường (cả biến định lượng lẫn biến định tính) đến biến phản hồi của loài. **Phần 7.6** giới thiệu việc chọn mô hình và các chẩn đoán hồi quy. **Phần 7.7** giới thiệu phương pháp trung bình trọng số, đó là phương pháp đơn giản được sử dụng để xác định giá trị chỉ thị của loài. Phương pháp này đã được sử dụng từ rất lâu trong những nghiên cứu sinh thái học (Gause, 1930). Ở **phần 7.7** chúng ta cũng so sánh hai phương pháp xác định các giá trị chỉ thị – đó là phương pháp hồi quy và trung bình trọng số. **Phần 7.8** xem xét sai số ước lượng tối ưu và tính chống chịu sinh thái. **Phần 7.9** trình bày khái quát về mô hình logistic. **Phần 7.10** giới thiệu phân bố Poisson và phân tích hồi quy Poisson trong lâm nghiệp.

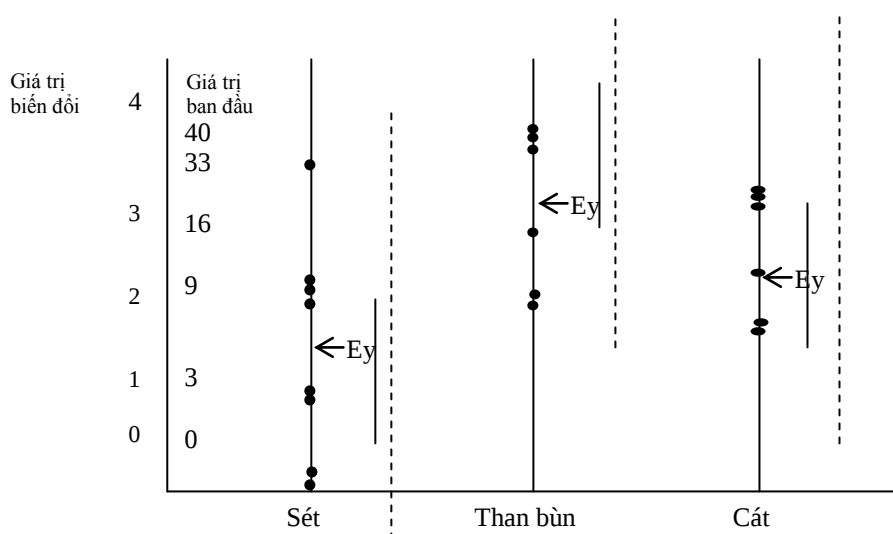
¹ Indicator value

² Tolerance

7.2. HỒI QUY ĐỐI VỚI DỮ LIỆU ĐỊNH LƯỢNG

7.2.1. Biến giải thích định danh: Phân tích biến động

Phân tích hồi quy ở đây được trình bày dựa trên dữ liệu về tỷ lệ che phủ của loài ở những lập địa phụ thuộc hệ thống vào kiểu đất của lập địa. Chúng ta giả định có 3 kiểu đất: sét, than bùn và cát. Tỷ lệ che phủ của loài có thể nhận giá trị từ zero (loài vắng mặt) đến 100%. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, tỷ lệ che phủ của loài có phân bố lệch trong mỗi kiểu đất. Do đó, để dễ dàng phân tích, chúng ta biến đổi số liệu độ che phủ ban đầu sang dạng logarit. Trước khi lấy logarit, chúng ta cộng 1 vào mỗi giá trị độ che phủ biểu thị bằng phần trăm (vì logarit của số zero thì không xác định). **Hình 7.4** mô tả những giá trị của biến phản hồi đối với ba kiểu đất sau khi đã lấy logarit.



Hình 7.4. Độ che phủ tương đối (giá trị log) của loài cây trong quan hệ với kiểu đất (sét, than bùn, cát)

Mũi tên chỉ giá trị trung bình trong mỗi kiểu đất. Thanh đứng liên tục cho biết khoảng tin cậy 95% đối với giá trị kỳ vọng trong mỗi kiểu đất. Thanh đứng chấm chấm cho biết khoảng dự đoán 95% đối với giá trị độ che phủ kỳ vọng đã chuyển thành log trong mỗi kiểu đất. Phòng theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995.

Mô hình phản hồi đối với kiểu dữ liệu này như sau. Thành phần hệ thống chứa ba phản hồi kỳ vọng, mỗi thành phần biểu thị cho một loại đất. Thành phần sai số là cách thức mà các phản hồi quan sát biến thiên xung quanh các phản hồi kỳ vọng trong mỗi kiểu đất. Từ hình 7.4 có thể nhận thấy, khi số liệu độ che phủ được lấy logarit, thì giả thuyết về phân bố chuẩn của thành phần sai số của mô hình trong mỗi loại đất đã được chấp nhận và biến động của phân bố sai số trong cả ba loại đất là giống nhau.

Bây giờ chúng ta giả định những phản hồi của loài trên ba loại đất là độc lập. Giả định này cấu thành mô hình phản hồi của phân tích phương sai (ANOVA) – đó là một dạng đặc biệt của hồi quy bình phương nhỏ nhất.

Thuật toán phân tích hồi quy bao gồm các bước: (1) Ước lượng các tham số của mô hình bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất; (2) Tính các thống kê mô tả (trung bình, sai tiêu chuẩn, khoảng tin cậy...); (3) Kiểm định sự tồn tại của

mô hình bằng thống kê t hoặc F (phân tích ANOVA); (4) Ước lượng khoảng tin cậy 95% của các tham số (phản hồi kỳ vọng) và khoảng dự đoán 95% của những phản hồi mới; (5) Tính hệ số tương quan. Ngày nay, tất cả những thủ tục tính toán trên đây được giải quyết nhanh chóng bằng các phần mềm thống kê Minitab, Statgraphics và SPSS...

7.2.2. Đường thẳng

Mối quan hệ giữa độ phong phú của loài cây (biến phản hồi) với độ ẩm môi trường đất (biến giải thích tính theo phần trăm) có thể ở dạng đường thẳng. Mô hình phản hồi của loài có dạng:

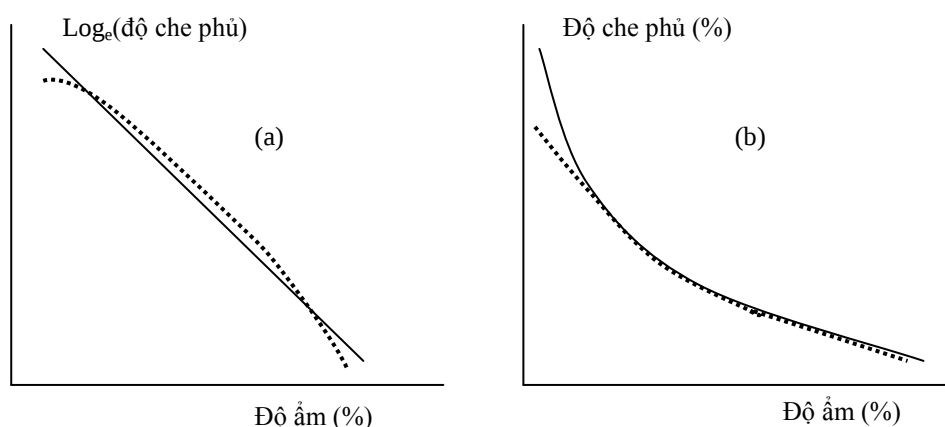
$$E_y = b_0 + b_1x + \varepsilon \quad (7.2)$$

trong đó:

E_y = biến phản hồi kỳ vọng

x = biến giải thích

b_0 và b_1 = hệ số cần tìm (b_0 là điểm chặn, b_1 là độ dốc).



Hình 7.5. Quan hệ giữa độ phong phú của loài với độ ẩm đất

(a) biến phản hồi ở dạng logarit.

(b) biến phản hồi tính theo phần trăm.

Thành phần sai số thì giống với Bảng ANOVA. Thành phần hệ thống và thành phần sai số của mô hình đường thẳng được tìm bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất và phân tích ANOVA. Song trước khi phân tích hồi quy và ANOVA đối với số liệu của ví dụ này, biến độ phong phú của loài cần phải chuyển sang dạng logarit cơ số tự nhiên. Hình 7.5a là đồ thị mô tả mối quan hệ giữa độ phong phú của loài cây (đã chuyển sang logarit) với độ ẩm môi trường đất (tính theo %). Hình 7.5b là đồ thị mô tả mối quan hệ giữa độ phong phú của loài cây (tính theo %) với độ ẩm môi trường đất (tính theo %).

Phương pháp bình phương nhỏ nhất sử dụng số liệu mẫu để tính các tham số b_0 và b_1 của hàm hồi quy ước lượng. Bản chất của phương pháp này là làm nhỏ

nhất tổng bình phương các sai lệch giữa giá trị của biến y_i và giá trị ước lượng của biến y_i .

Tiêu chuẩn bình phương nhỏ: $\min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$

Để $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$ nhỏ nhất, thì b_0 và b_1 được tính theo công thức

$$b_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (7.3a)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (7.3b)$$

n = tổng số quan sát

x_i = giá trị của biến độc lập tương ứng với quan sát i

y_i = giá trị của biến phụ thuộc tương ứng với quan sát i

$\bar{x}$ = giá trị trung bình của biến độc lập

$\bar{y}$ = giá trị trung bình của biến phụ thuộc.

7.2.3. Đường cong Parabol và đường cong Gauss

Ở mục 7.2.2 chúng ta đã mô tả quan hệ giữa độ phong phú của loài cây (tính theo logarit độ che phủ) với độ ẩm môi trường đất (tính theo %) theo mô hình tuyến tính. Trong trường hợp này, mô hình tuyến tính là kém phù hợp. Bây giờ chúng ta thử làm phù hợp số liệu trên với mô hình parabol bậc 2:

$$E y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 \quad (7.4)$$

trong đó $E y$ = biến phản hồi kỳ vọng; x = biến giải thích; b_0 , b_1 và b_2 = hệ số cần tìm.

Để phân tích và kiểm định sự tồn tại của mô hình parabol bậc 2, chúng ta lại sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất và Bảng ANOVA. Về nguyên tắc, chúng ta cũng có thể mở rộng **hàm 7.4** thành parabol bậc 3, bậc 4...

Khi làm phù hợp một parabol với độ phong phú đã chuyển sang dạng logarit, thực tế chúng ta làm phù hợp một đường cong phản hồi Gauss đối với số liệu độ phong phú gốc (tính theo phần trăm). Đường cong phản hồi Gauss có dạng:

$$z = c \cdot \exp[-0,5(x - u)^2/t^2] \quad (7.5)$$

trong đó z = giá trị độ phong phú ban đầu (tính theo phần trăm); c = độ phong phú lớn nhất của loài; u = tối ưu (giá trị x cho độ phong phú lớn nhất); t = tính chống chịu sinh thái (số đo biên độ sinh thái của loài).

Hình 7.6 mô tả đường cong Gauss và các tham số của nó. Đường cong Gauss tăng lên và giảm xuống trong khoảng $4t$. Nếu lấy logarit cơ số tự nhiên hai vế của phương **trình 7.5**, chúng ta thu được:

$$\log_e(z) = \log_e(c) - 0,5(x - u)^2/t^2 = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (7.6)$$

Khai triển các thành phần của **hàm 7.6** như sau:

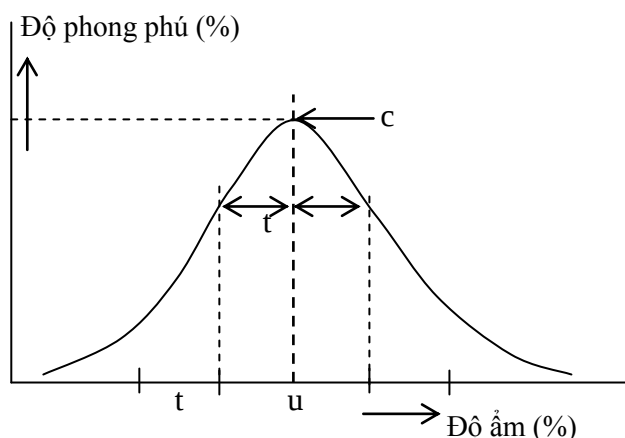
$$\begin{aligned} (x - u)^2 &= x^2 - 2ux + u^2 \\ b_0 &= \log_e(c) - u^2/(2t^2) \\ b_1 &= u/t^2 \\ b_2 &= -1/(2t^2). \end{aligned} \quad (7.7)$$

Bằng việc làm phù hợp Parabol với $\log_e$ (độ phong phú), chúng ta thu được ước lượng bình phương nhỏ nhất b_0 , b_1 và b_2 . Từ đó chúng ta cũng thu được các ước lượng:

$$\text{- tối ưu: } u = -b_1/(2b_2) \quad (7.8a)$$

$$\text{- tính chống chịu: } t = 1/\sqrt{(-2b_2)} \quad (7.8b)$$

$$\text{- lớn nhất: } c = \exp(b_0 + b_1u + b_2u^2) \quad (7.8c)$$



Hình 7.6. Đường cong phản hồi Gauss với các tham số sinh thái:
lớn nhất (c), tối ưu (u) và tính chống chịu sinh thái (t)

Lưu ý rằng, tối ưu sinh thái là giá trị của biến giải thích đảm bảo cho loài xuất hiện nhiều nhất. Tính chống chịu sinh thái là số đo biên độ sinh thái của loài. Độ phong phú lớn nhất (maximum) nhận được tương ứng với tối ưu sinh thái (u). Phạm vi xuất hiện (hay biên độ sinh thái) của loài là $4t$.

Các **hàm 7.8** xuất phát từ **hàm 7.7**, trong đó $b_2 < 0$. Nếu ước lượng $b_2 > 0$ thì đường cong có một cực tiểu thay vì một cực đại. Sai số chuẩn của optimum và tính chống chịu sinh thái của loài có thể xác định từ phương sai và đồng phương sai của b_1 và b_2 . Hai thành phần phương sai và đồng phương sai có thể xác định dễ dàng nhờ các phần mềm thống kê Minitab, Statgraphics và SPSS. Khoảng tin cậy của optimum cũng có thể tính được. Chi tiết của những tính toán này được trình bày ở **mục 7.8**.

7.3. HỒI QUY ĐỐI VỚI DỮ LIỆU CÓ – KHÔNG CÓ: Hồi quy logit

7.3.1. Những biến giải thích định danh

Bảng 7.1 chỉ ra số lượng đồng cỏ bắt gặp (có) và không bắt gặp (không) loài cây *Achillea ptarmica*. Đồng cỏ được chia thành 4 cấp tùy theo biện pháp sử dụng. Vấn đề đặt ra ở đây là tần số xuất hiện loài cây *Achillea ptarmica* có phụ thuộc căn bản vào biện pháp sử dụng đất hay không?

Biến phản hồi có mặt và không có mặt loài cây quan tâm được mã hóa tương ứng là 1 và 0. Khi biến phản hồi được ghi là 1 và 0, thì phản hồi kỳ vọng E_y là tần số kỳ vọng hay là xác suất xuất hiện loài cây *Achillea ptarmica* trong đồng cỏ. Tần số kỳ vọng nhận được bằng cách chia tần số bắt gặp loài cây cho tổng số đồng cỏ của cấp đó. Ví dụ: Ở đồng cỏ chăn nuôi (ph), tổng số ô nghiên cứu là 146; trong đó số ô bắt gặp loài cây *Achillea ptarmica* là 37, số ô vắng mặt loài là 109. Do đó, tần số bắt gặp loài cây *Achillea ptarmica* là $37/146 = 0,254$. Như vậy, tần số tương đối chính là một ước lượng xác suất bắt gặp loài cây.

Bảng 7.1. Số lượng đồng cỏ bắt gặp và không bắt gặp loài cây *Achillea ptarmica* tùy thuộc vào biện pháp sử dụng đất
(Dẫn theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995)

Loài cây	Biện pháp sử dụng đất:				
	ph	hp	ap	pp	Tổng
Có	37	40	27	9	113
Không	109	356	402	558	1425
Tổng	146	396	429	567	1538
Tần số	0,254	0,101	0,063	0,016	0,073

Kí hiệu: ph = đồng cỏ chăn nuôi; hp = đồng cỏ khô; ap = đồng cỏ ẩm;
pp = đồng cỏ thuần loại.

Nếu xác suất xuất hiện loài cây *Achillea ptarmica* giống nhau ở cả 4 cấp, thì sự xuất hiện của loài không phụ thuộc vào biện pháp sử dụng đồng cỏ. Giả thuyết không này được kiểm định bằng thống kê χ^2 . Kiểm định χ^2 được thực hiện theo thủ tục sau:

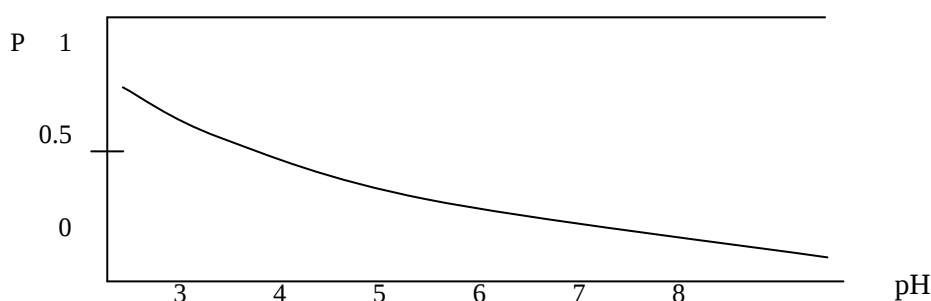
- + Trước hết, lập Bảng chéo 2*2 (hay $R \times C$ = số hàng*số cột).
- + Tính tần số lý thuyết cho các ô trong Bảng chéo 2*2 (hay $R \times C$). Tần số lý thuyết của một ô trong Bảng chéo bằng “tổng tần số theo cột nhân với tổng tần số theo dòng rồi chia cho tổng số ô nghiên cứu”.
- + Tính kiểm định độc lập bằng kiểm định χ^2 ; trong đó $\chi^2 = (y_i - y_+)^2 / y_+$, với y_i là tần số thực nghiệm, y_+ – tần số lý thuyết.
- + Xác định quy tắc kiểm định. Giả thuyết H_0 : Phân bố của loài cây độc lập với biện pháp sử dụng đồng cỏ. Đối thuyết H_0 –: Phân bố của loài cây có liên hệ với biện pháp sử dụng đồng cỏ. Để kiểm định giả thuyết H_0 , chúng ta đem so sánh χ^2 với $\chi^2_{\alpha(v)}$ với $v = (\text{số dòng}-1) \times (\text{số cột}-1)$. Đối với ví dụ ở **Bảng 7.1**, $v = 3$. Giá trị α thường lấy bằng 0,05 hoặc 0,01. Quy tắc quyết định: Nếu $\chi^2 > \chi^2_{\alpha(v)}$ hoặc $p\text{-value} < \alpha$ (0,05 hoặc 0,01), thì phân bố của loài cây có liên hệ với biện pháp sử dụng đồng cỏ. Ngược lại, nếu $\chi^2 < \chi^2_{\alpha(v)}$ hoặc $p\text{-value} > \alpha$ (0,05 hoặc 0,01), thì phân bố của loài cây không có liên hệ với biện pháp sử dụng đồng cỏ. Đối với ví

dù trên, vì $\chi^2 = 102,1 > \chi^2_{0.05(3)} = 7,81$ với $P < 0,01$, nên xác suất xuất hiện loài cây *Achillea ptarmica* có liên hệ với biện pháp sử dụng đồng cỏ.

Lưu ý rằng, thống kê χ^2 là một dạng của tổng bình phương các sai lệch, nghĩa là tổng bình phương trọng số với trọng số bằng $1/e$. Kiểm định χ^2 là kiểm định tính phù hợp; nó chỉ thích hợp với một tập dữ liệu lớn và rất nhạy cảm với hai đuôi của phân bố. Kiểm định χ^2 chỉ được sử dụng khi 75% số ô của Bảng R*C có tần số lớn hơn 5.

7.3.2. Đường cong sigmoid

Bây giờ chúng ta xét trường hợp biến phản hồi (y) là biến định danh không có thứ bậc hơn kém (dạng 1 và 0), còn biến giải thích (x) là biến định lượng. Số liệu ở dạng này chỉ ra ở **hình 7.7**.



Hình 7.7. Đường cong biểu diễn xác suất (p) xuất hiện loài trong quan hệ với pH môi trường

Khác với trường hợp ở **mục 7.3.1**, trong trường hợp này biến phản hồi kỳ vọng là xác suất xuất hiện loài ở một lập địa tương ứng với một biến môi trường định lượng nhất định. Xác suất này được mô tả bằng một đường cong. Xác suất lấy giá trị giữa 0 và 1. Do đó, số liệu trên đây mô tả bằng hàm đường thẳng có dạng

$$E_y = b_0 + b_1x \quad (7.9)$$

thì không phù hợp, bởi vì $b_0 + b_1x$ có thể cũng lấy giá trị âm. Khó khăn này được giải quyết bằng cách làm phù hợp số liệu với hàm số mũ:

$$E_y = \exp(b_0 + b_1x) \quad (7.10)$$

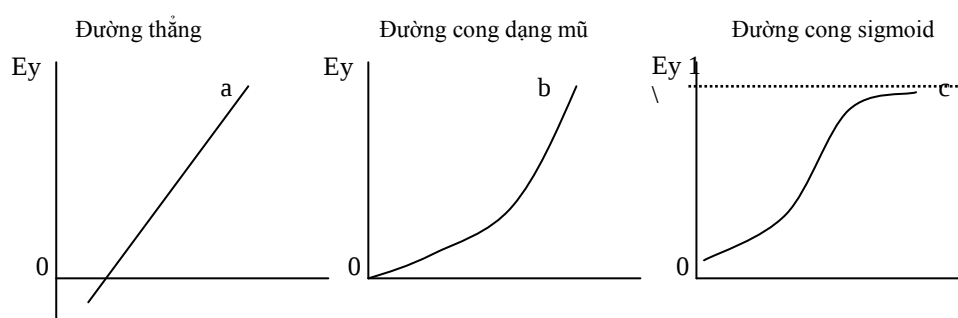
Tuy vậy, **hàm 7.10** cũng có thể nhận giá trị lớn hơn 1. Do đó, chúng ta biến đổi **hàm 7.10** thành đường cong như sau:

$$E_y = p = \frac{\exp(b_0 + b_1x)}{1 + \exp(b_0 + b_1x)} \quad (7.11)$$

Đường cong của **hàm 7.11** thỏa điều kiện là tất cả những giá trị nhận được đều nằm trong khoảng giữa 0 và 1.

Các đường **cong 7.9 - 7.11** được chỉ ra ở **hình 7.8**; trong đó **hàm 7.11** là một đường cong sigmoid. Những đường cong này tăng đều hoặc giảm đều và có hai tham số b_0 và b_1 . Thành phần $b_0 + b_1x$ biểu thị dự đoán đường thẳng. Đối với xác suất, chúng ta sử dụng kí hiệu p thay cho Ey (**hàm 7.11**).

Ở **hàm 7.11**, thành phần hệ thống của mô hình phản hồi chỉ có hai giá trị. Vì thế, phân bố sai số (ε) là phân bố nhị thức với tổng bằng 1. Phương sai của y là $p/(1-p)$. Đến đây chúng ta đã hoàn chỉnh mô tả mô hình.



Hình 7.8. Đường thẳng (a), đường cong hàm số mũ (b) và đường cong sigmoid (c) tương ứng với các **hàm 7.9 – 7.11**.

Đối với **hàm 7.11**, khi ước lượng tham số từ số liệu, chúng ta không thể sử dụng hồi quy bình phương nhỏ nhất, bởi vì sai số phân bố không theo luật phân bố chuẩn và phương sai không bằng hằng số. Thay vì thế chúng ta sử dụng hồi quy logit. Mô hình hồi quy logit là trường hợp đặc biệt của mô hình tuyến tính tổng quát (GLM¹, McCaullagh và Nelder, 1983). Thuật ngữ logit xuất phát từ biến đổi logit, đó là biến đổi của p :

$$\log_e[p/(1-p)] = b_0 + b_1x. \quad (7.12)$$

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x)}{1 + \exp(b_0 + b_1x)} \quad (7.13)$$

Vế trái của **hàm 7.12** gọi là hàm liên kết của mô hình tuyến tính tổng quát. Hàm logit còn gọi là hàm logistic (**xem mục 7.9**). Trong mô hình tuyến tính tổng quát, các tham số được ước lượng theo nguyên lý hợp lý tối đa².

7.3.3. Đường cong logit Gauss

Khi thay thế thành phần dự đoán tuyến tính **trong hàm 7.13** bằng hàm parabol, chúng ta thu được đường cong logit Gauss:

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x + b_2x^2)}{1 + \exp(b_0 + b_1x + b_2x^2)}$$

¹ General Linear Model

² Maximun likelihood principle

$$= \frac{c \cdot \exp[-0.5(x-u)^2/t^2]}{1 + c \cdot \exp(-0.5(x-u)^2/t^2)} \quad (7.14)$$

Dạng thứ 3 của **hàm 7.14** xuất **phát từ hàm 7.5 - 7.8** và chỉ mối quan hệ với đường cong Gauss (**Hàm 7.5**). Mối liên hệ giữa parabol, đường cong Gauss và đường cong logit Gauss được chỉ ra ở **hình 7.9**. Đường cong logit Gauss có đỉnh bẹt hơn đường cong Gauss. Nhưng khi maximum của đường cong logit Gauss lấy giá trị nhỏ (< 0.5), thì sự khác biệt giữa chúng không lớn.

Từ số liệu của **hình 7.7**, thông qua thuật toán có thể nhận được kết quả như ở **Bảng 7.2, 7.3 và hình 7.10**. Từ số liệu của **Bảng 7.3**, chúng ta xác định được các ước lượng sau:

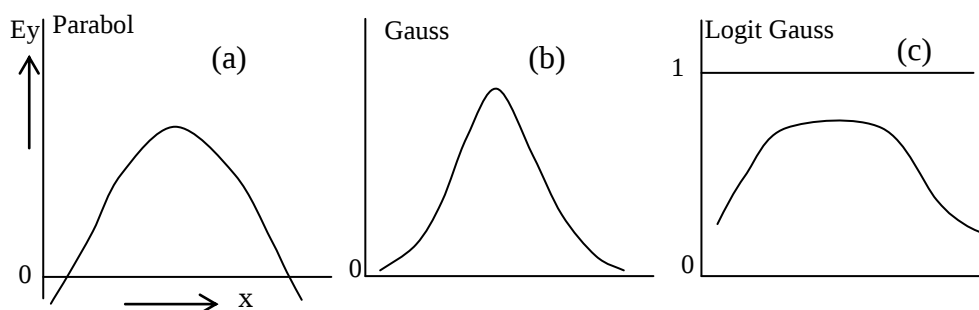
- tối ưu sinh thái: $u = b_1/(2b_2) = 49,4/(2 \cdot 4,68) = 5,28$
- tính chống chịu: $t = 1/\sqrt{-2b_2} = 1/\sqrt{-2 \cdot 4,68} = 0,327$

Bảng 7.2. Đường cong sigmoid: Tham số ước lượng và sai tiêu chuẩn đối với dữ liệu dạng có – không có
(Dẫn theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995)

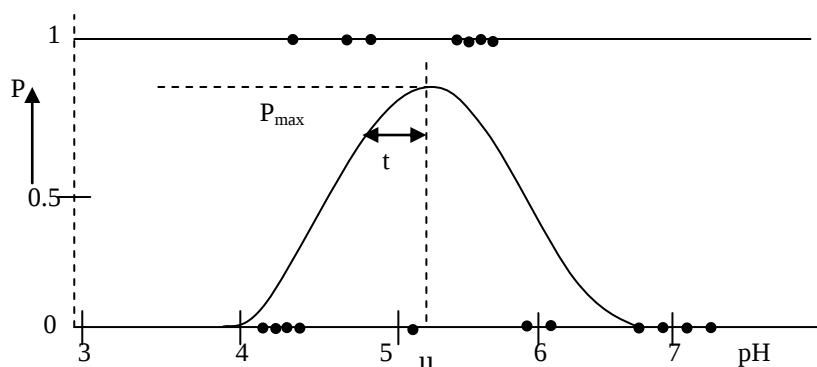
Tham số		Ước lượng	Sai số	t
Hằng số	b_0	2,03	1,98	1,03
pH	b_1	-0,484	0,357	-1,36
	d.f		Sai lệch	Sai lệch trung bình
Sai lệch		33	43,02	1,304

Bảng 7.3. Đường cong logit Gauss : Tham số ước lượng và sai tiêu chuẩn đối với dữ liệu dạng có – không có
(Dẫn theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995)

Tham số		Ước lượng	Sai số	t
Hằng số	b_0	-128.8	51,1	-2,52
pH	b_1	49,4	19,8	2,50
pH ²	b_2	4,68	1,90	-2,47
	d.f		Sai lệch	Sai lệch trung bình
Sai lệch		32	23,17	0,724



Hình 7.9. Đường parabol (a), đường cong Gauss (b) và đường cong logit Gauss (c) tương ứng với các **hàm 7.4, 7.5 và 7.14**.



Hình 7.10. Đường cong logit Gauss làm phù hợp bằng hồi quy logit để xác định xác suất bắt gặp (tại $p = 1$) và không bắt gặp (tại $p = 0$) loài cây tương ứng với pH khác nhau. Phỏng theo R. H. G. Jongman *et al.*, (1995)

Đỉnh cao nhất của đường cong lý thuyết ở hình 7.10 là xác suất (ước lượng) xuất hiện lớn nhất của loài ($p_{\max}$). Giá trị $p_{\max}$ xác định bằng cách thay b_0 , b_1 , b_2 và $x = u$ vào vế thứ hai của hàm 7.14. Từ số liệu của Bảng 7.3, chúng ta có $p_{\max} = 0,858$.

Muốn biết đường cong logit Gauss có phù hợp hơn đường cong sigmoid hay không, chúng ta thực hiện kiểm định giả thuyết b_2 có bằng 0 hay không. Để đạt được mục đích trên, chúng ta sử dụng kiểm định t . Ở đây $t_{b_2} = -2,47$; do đó đường cong logit Gauss phù hợp hơn đường cong sigmoid. Nếu $b_2 < 0$ một cách có ý nghĩa, thì tối ưu sinh thái là có ý nghĩa. Ước lượng khoảng tin cậy 95% của u là (5,0; 5,8).

Nói chung, phương pháp kiểm định thống kê trong GLM là kiểm định sai lệch; trong đó sai tiêu chuẩn của sai lệch của mô hình được so sánh với trị số tương ứng của mô hình mở rộng. Những tham số đưa thêm vào mô hình ở bước sau là có ý nghĩa khi phân suy giảm trong sai tiêu chuẩn của sai lệch lớn hơn giá trị tiêu chuẩn của phân bố χ^2 với k bậc tự do, trong đó k là số biến mới đưa vào mô hình.

Từ kết quả ghi lại Bảng 7.2 và 7.3 cho thấy, so với mô hình sigmoid, phân suy giảm của sai tiêu chuẩn của sai lệch ở mô hình logit Gauss lớn hơn giá trị tiêu chuẩn ($43,02 - 23,17 = 19,85 >> \chi^2_{.05}(1) = 3,84$). Điều đó có nghĩa là tham số b_2 tồn tại trong mô hình thực sự.

7.4. HỒI QUY ĐỐI VỚI SỐ LIỆU ĐỘ PHONG PHÚ NHẬN NHIỀU GIÁ TRỊ ZERO

Độ phong phú của loài nhận nhiều giá trị zero luôn luôn có phân bố lệch. Vì thế, trước khi phân tích chúng bằng hồi quy bình phương nhỏ nhất, chúng ta cần phải biến đổi số liệu ban đầu. Nhưng phép tính logarit độ phong phú với những số zero thì không xác định. Mặc khác khi lấy logarit của những giá trị có nhiều số zero, thì sai số do làm tròn số có thể rất lớn. Nếu thêm một giá trị nhỏ vào độ phong phú quan sát như đã giới thiệu ở mục 7.2.1, thì cách làm đó đôi khi cũng là tùy hứng. Bởi vì, nếu chúng ta thêm vào độ phong phú quan sát những giá

trị khác nhau, thì kết quả phân tích dữ liệu có nhiều số zero sẽ nhận những kết quả khác nhau. Ngoài ra, mô hình có thể nhận những giá trị độ phong phú âm. Những cách biến đổi khác cũng không thực hiện được.

Trong hồi quy bình phương nhỏ nhất, sau khi lấy logarit số liệu quan sát, giả định cho rằng độ phong phú của loài có phân bố log-normal. Tuy vậy, xác suất thu được giá trị 0 từ phân bố log-normal bằng zero.

Một phân bố xác suất cho phép giải quyết đối với những giá trị zero là phân bố Poisson. Những quan sát xuất hiện từ phân bố Poisson có thể nhận những giá trị nguyên 0, 1, 2, 3...k và phương sai thì bằng số trung bình. Số cây bắt gặp trong ô tiêu chuẩn đặt trong một quần xã thực vật chỉ lấy những giá trị nguyên. Chúng ta giả định phân bố số cây trong ô tiêu chuẩn tuân theo phân bố Poisson. Đường cong phản hồi không nhận giá trị âm, nhưng nó có thể lệch về phía giá trị 1. Vì thế, số liệu dạng này có thể sử dụng cách biến đổi theo luật số mũ. Đường cong theo luật số mũ có thể làm phù hợp số liệu bằng hồi quy log-tuyến tính. Chúng ta có thể gọi hồi quy log-tuyến tính là vì:

$$E y = \exp(b_0 + b_1 x) = \log_e(E y) = b_0 + b_1 x \quad (7.15)$$

Từ **phương trình 7.15**, nếu thay thế $b_0 + b_1 x = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$, thì chúng ta lại nhận được đường cong logit Gauss với $b_2 < 0$. Như vậy, chúng ta có thể làm phù hợp số liệu độ phong phú với những giá trị zero bằng hồi quy log – tuyến tính. Bằng cách này, chúng ta đã tránh được vấn đề phải lấy logarit những số zero. Đồng thời từ những giá trị b_0 , b_1 và b_2 , chúng ta lại nhận được những thông tin về optimum (u), tính chống chịu sinh thái (t) và độ phong phú lớn nhất $p_{\max}$.

7.5. HỒI QUY ĐA BIẾN SỐ

7.5.1. Giới thiệu

Phần trên chúng ta đã nghiên cứu phản hồi của loài với một biến giải thích (môi trường). Nhưng trong nhiều trường hợp, chúng ta cần phải nghiên cứu phản hồi của loài với nhiều hơn một biến giải thích. Để đạt được mục đích này, chúng ta cần đến phân tích hồi quy đa biến số. Trong phân tích hồi quy đa biến số, biến phản hồi là một hàm số của hai hay nhiều biến giải thích (phân tích mặt phản hồi). Phân tích riêng rẽ phản hồi đối với mỗi biến môi trường không thể thay thế được phân tích phản hồi đa biến số, nếu biến môi trường này có quan hệ chặt chẽ với một biến môi trường khác, và nhiều biến có ảnh hưởng tương tác lẫn nhau, nghĩa là ảnh hưởng của biến này lại phụ thuộc vào biến khác. Như vậy, trong phân tích hồi quy đa biến số, số liệu phải tuân theo những giả định sau đây: (1) Từng biến giải thích phải có quan hệ với biến phản hồi; (2) Các biến giải thích phải độc lập với nhau hay không có quan hệ chặt chẽ với nhau; (3) Phương sai của các biến giải thích là bằng nhau. Trong phần này chúng ta xem xét phân tích hồi quy đa biến số bằng nguyên lý bình phương nhỏ nhất và hồi quy logit đa biến số đối với những biến định lượng và cả biến định danh.

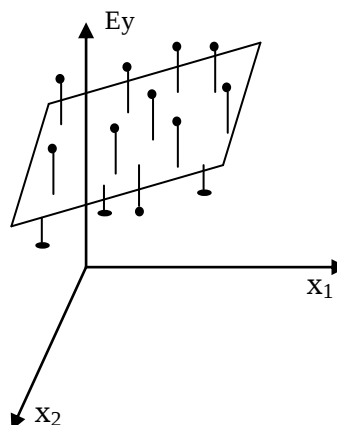
7.5.2. Hồi quy bình phương nhỏ nhất đa biến

Hồi quy đối với hai biến giải thích là một mặt phẳng (Hình 7.11). Một mặt phẳng có dạng:

$$E_y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (7.16)$$

trong đó: x_1 và x_2 = hai biến giải thích; b_0, b_1, b_2 = hệ số hồi quy phải tìm.

Hình 7.11. Hình chiếu 3 chiều của một mặt phẳng được làm phù hợp bằng hồi quy bình phương nhỏ nhất với 2 biến x_1 và x_2 .



Hệ số b_0 là phản hồi kỳ vọng khi $x_1 = 0$ và $x_2 = 0$. Hệ số b_1 và b_2 là những tỷ lệ thay đổi của phản hồi kỳ vọng tương ứng theo trục x_1 và x_2 . Hệ số b_1 là tỷ lệ thay đổi của phản hồi kỳ vọng theo trục x_1 khi x_2 = hằng số. Hệ số b_2 là tỷ lệ thay đổi của phản hồi kỳ vọng theo trục x_2 khi x_1 = hằng số. Hai tham số b_1 và b_2 được ước lượng bằng nguyên lý bình phương nhỏ nhất, nghĩa là làm tối thiểu tổng bình phương sai lệch giữa giá trị phản hồi quan sát và phản hồi kỳ vọng. Điều đó có nghĩa là mặt phẳng hồi quy được chọn sao cho tổng bình phương sai lệch của các khoảng cách đứng giữa các phản hồi quan sát và mặt phẳng hồi quy là nhỏ nhất.

Phân tích hồi quy đa biến được thực hiện theo những thủ tục như sau:

- Kiểm định những giả thuyết của phân tích hồi quy đa biến.
- Ước lượng các tham số b_0, b_1 và b_2 bằng nguyên lý bình phương nhỏ nhất.
- Kiểm định sự tồn tại của mô hình hay sự tồn tại của các hệ số hồi quy (b_0, b_1 và b_2) bằng thống kê t.
- Tính sai số chuẩn ước lượng và hệ số xác định.

Ngày nay tất cả những thủ tục trên đây được giải quyết dễ dàng bằng các phần mềm thống kê Minitab, SPSS và Statgraphics...

Khi mở rộng hồi quy bậc hai, chúng ta nhận được mặt bậc hai như sau:

$$E_y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 \quad (7.17)$$

trong đó x_1 và x_2 = hai biến giải thích; b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 = những hệ số hồi quy phải tìm.

Khi E_y trong mô hình 7.17 là logarit độ phong phú (biến phản hồi), chúng ta làm phù hợp mặt phản hồi Gauss hai biến bằng hồi quy đa biến đối với độ phong phú quan sát; trong đó hệ số b_2 và b_4 lấy giá trị âm.

Để thấy mật phản hồi có giảm đều theo hướng x_1 hay không, chúng ta phải kiểm định giả thuyết về sự tồn tại của b_2 bằng thống kê t ($H_0: b_2 \geq 0$; $H_0^-: b_2 < 0$). Tương tự, sử dụng thống kê t để kiểm định sự tồn tại của b_4 ($H_0: b_4 \geq 0$; $H_0^-: b_4 < 0$) nhằm xác định mật phản hồi có giảm đều theo hướng x_2 hay không.

Những thông tin về tối ưu (u) và tính chống chịu sinh thái (t) của loài đối với biến x_1 được tính toán bằng việc thêm các tham số b_1 và b_2 (tính từ hàm 7.17) vào phương trình 7.8(a,b). Sai số chuẩn và khoảng tin cậy đối với tối ưu sinh thái (u) được tính theo các hàm ở mục 7.8. Tương tự, những thông tin về tối ưu (u) và tính chống chịu sinh thái (t) của loài đối với biến x_2 được tính toán bằng việc thêm các tham số b_3 và b_4 (tính từ hàm 7.17) vào phương trình 7.8(a,b).

Vấn đề đặt ra: Khi thêm biến x_2 vào mô hình đã bao gồm biến x_1 , thì biến x_2 có ảnh hưởng rõ rệt đến độ phong phú của loài hay không? Để làm rõ vấn đề đặt ra, chúng ta phải kiểm định sự tồn tại của các hệ số b_3 và b_4 . Ở đây chúng ta không thể sử dụng kiểm định t mà phải sử dụng kiểm định F . Để tính kiểm định F , chúng ta phải làm phù hợp hai hàm hồi quy, trong đó một hàm chỉ với biến x_1 và x_1^2 , còn hàm kia bao gồm không chỉ biến x_1 và x_1^2 mà còn cả biến x_2 và x_2^2 . Ngoài ra, chúng ta cần tính và so sánh các tổng bình phương sai lệch RSS_1 và RSS_2 theo công thức:

$$F = [(RSS_1 - RSS_2)/(df_1 - df_2)]/(RSS_2/df_2) \quad (7.18)$$

trong đó df_1 và df_2 tương ứng là độ tự do của RSS_1 và RSS_2 . Với giả thuyết H_0 (b_3 và $b_4 = 0$), F có phân bố F với $df_1 - df_2$ và df_2 độ tự do. Giả thuyết H_0 bị bác bỏ khi $F > F_{\alpha(0.05)}$ hay $P < 0,05$.

7.5.3. Hồi quy logit đa biến: Mật logit và mật logit Gauss

Trong mục 7.3.2, hồi quy logit thu được từ hồi quy bình phương nhỏ nhất bằng việc thay thế $Ey = \log_e[p/(1-p)]$. Từ mặt phẳng của hàm 7.16, chúng ta biến đổi thành mặt phẳng logit như sau:

$$\log_e[p/(1-p)] = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (7.19)$$

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2)}{1 + \exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2)}$$

Vấn đề đặt ra: So với hàm hồi quy với một biến giải thích, hàm hồi quy đa biến có thể cung cấp thêm những thông tin gì? Ví dụ, bằng thủ tục phân tích GLM, chúng ta nhận được những kết quả như ở Bảng 7.4 và Bảng 7.5.

Hình 7.12 mô tả các biến x_1 và x_2 trong một mẫu có 35 quan sát. Những điểm đen kí hiệu sự có mặt loài, còn những điểm trắng cho biết loài vắng mặt trong lập địa này. Khi làm phù hợp hàm 7.19 với số liệu này bằng thủ tục GLM đã nhận được kết quả ghi lại ở dòng đầu của Bảng 7.4. Theo giá trị kiểm định t , chúng ta thấy hai hệ số b_1 và b_2 khác zero có ý nghĩa thống kê. Từ đó có thể kết luận sự có mặt của loài phụ thuộc vào cả hai biến x_1 và x_2 . Nhưng nếu chỉ làm

phù hợp mô hình với biến x_1 theo **hàm 7.11**, chúng ta nhận được kết quả ở dòng 2 của **Bảng 7.4**. Xác suất ước lượng sự xuất hiện của loài thậm chí tăng theo x_1 ($b_1 = 0,16$), nhưng biến x_1 không tồn tại (vì $t_{b1} = 1,33$). Như vậy, chúng ta đã kết luận sai rằng, sự có mặt của loài không phụ thuộc vào x_1 .

Tương tự, khi làm phù hợp mô hình với biến x_2 , chúng ta nhận được kết quả ở dòng 3 của **Bảng 7.4**. Xác suất ước lượng sự xuất hiện của loài giảm dần theo x_2 ($b_2 = -0,15$), nhưng biến x_2 cũng không tồn tại (vì $t_{b2} = -1,17$). Như vậy, chúng ta cũng đã kết luận sai rằng, sự có mặt của loài không phụ thuộc vào x_2 .

Bảng 7.4. Hồi quy logit đa biến chứng minh các biến giải thích có thể cùng phối hợp trong năng lực giải thích

(Dẫn theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995)

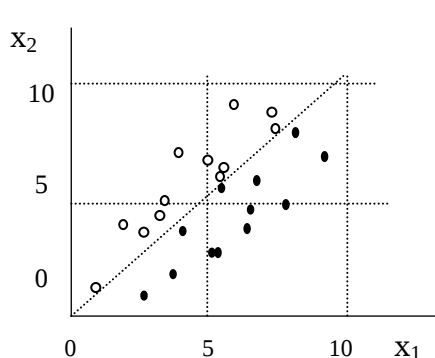
Kiểu mô hình	b_1	b_2	t_{b1}	t_{b2}	$d(res)^{(*)}$	d.f
x_1, x_2	1,53	-1,66	2,98	-2,96	23,99	32
x_1	0,16	-	1,33	-	45,25	33
x_2	-	-0,15	-	-1,17	45,69	33
	-	-	-	-	47,11	34

(*) $d(res)$ = sai tiêu chuẩn của các sai lệch

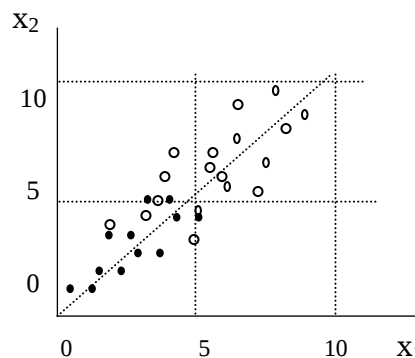
Bảng 7.5. Hồi quy logit đa biến chứng minh các biến giải thích có thể thay thế lẫn nhau trong mô hình

(Dẫn theo R. H. G. Jongman *et al.*, 1995)

Kiểu mô hình	b_1	b_2	t_{b1}	t_{b2}	$d(res)$	d.f
x_1, x_2	-0,61	-0,625	-1,63	-1,59	17,47	32
x_1	0,94	-	-2,85	-	20,57	32
x_2	-	1,016	-	-2,88	20,82	33
	-	-	-	-	41,88	34



Hình 7.12. Số liệu chứng minh các biến giải thích có thể cùng phối hợp trong năng lực giải thích.



Hình 7.13. Số liệu chứng minh các biến giải thích có thể thay thế lẫn nhau trong mô hình.

Bằng so sánh sai lệch của mô hình làm phù hợp (**Bảng 7.4**), chúng ta thấy rằng cả x_1 và x_2 đều là những biến giải thích tốt khi chúng phối hợp với nhau. Whittaker (1984) gọi những biến như thế là những biến bổ sung lẫn nhau trong năng lực giải thích.

Các giá trị b_1 và b_2 trong hồi quy đa biến mô tả rõ ràng các kiểu xuất hiện của loài ở **hình 7.12**. Tóm lại, khi x_2 lấy giá trị bất kỳ, thì xác suất xuất hiện loài tăng lên rõ rệt theo x_1 . Ngược lại, khi x_1 lấy giá trị bất kỳ, thì xác suất xuất hiện loài giảm rõ rệt theo x_2 . Đường thẳng với góc nghiêng gần 45° ở **hình 7.12** tách biệt riêng rẽ giữa sự có mặt loài và không có mặt loài.

Hình 7.12 và hình 7.13 minh họa những trường hợp tạo ra những ngạc nhiên như ở trường hợp 1. Chúng ta sẽ ít ngạc nhiên hơn khi hồi quy đa biến không tách ra được những hồi quy chỉ rõ ảnh hưởng nào, hoặc kỹ thuật phân tích lại chứng minh các biến có ảnh hưởng giống nhau. Cuối cùng cũng xảy ra trường hợp cả hai biến x_1 và x_2 chỉ ra ảnh hưởng đến loài trong các hồi quy riêng rẽ, ngược lại hồi quy đa biến chỉ cho biết có 1 biến ảnh hưởng. Điều này xảy ra khi chỉ có x_1 ảnh hưởng đến biến phản hồi, còn x_2 thì có quan hệ chặt với biến x_1 .

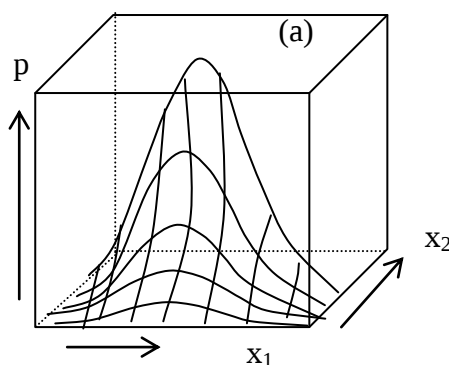
Khi phân tích hồi quy đa biến, chúng ta cũng cần phải phân tích những mô hình có nhiều hơn 2 biến giải thích (ba, bốn, năm...). Đây là một vấn đề rất quan trọng, bởi vì đôi khi chúng ta cần phải biết chọn ra những tập biến giải thích hữu ích nhất trong hàm hồi quy đa biến.

Bây giờ chúng ta trở lại các mô hình bậc 2. Khi đặt mặt bậc 2 (**Hàm 7.17**) vào vế phải của **hàm 7.12**, chúng ta sẽ nhận được mặt logit Gauss 2 biến số:

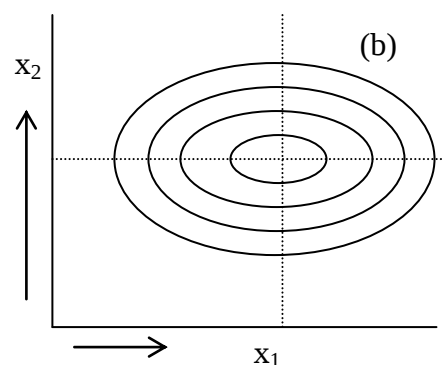
$$\log_e[p/(1-p)] = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2$$

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2)}{[1 + \exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2)]}$$

trong đó hai tham số b_2 và b_4 nhận giá trị âm (**Hình 7.14a**). Mặt logit Gauss 2 biến số có dạng êlip (đường viền quanh cho biết xác suất bằng nhau) với các trục chính song song với trục x_1 và x_2 (**Hình 7.14b**). Các tham số của mô hình bậc 2 được ước lượng theo nguyên lý GLM. Những phân tích khác cũng được thực hiện **như hàm 7.17**, ngoại trừ kiểm định F phải thay bằng kiểm định sai lệch.



Hình 7.14a. Hình chiếu ba chiều của mặt logit Gauss với xác suất P. Biến x_1 và x_2 là biến giải thích.



Hình 7.14b. Xác suất xuất hiện loài (P) được vẽ trong mặt phẳng của hai biến giải thích x_1 và x_2 . Một trục ellip song song với x_1 , trục kia song song với x_2 .

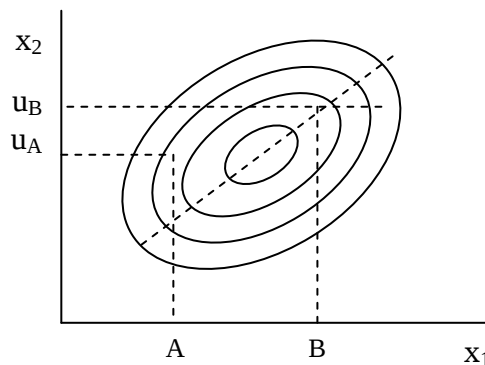
7.5.4. Sự tương tác giữa các biến giải thích

Hai biến giải thích cho thấy ảnh hưởng tương tác với nhau nếu ảnh hưởng của biến này phụ thuộc vào giá trị của biến khác. Chúng ta có thể kiểm định ảnh hưởng tương tác của hai biến x_1 và x_2 bằng cách mở rộng phương trình hồi quy với biến thứ ba là tích số $x_1 \cdot x_2$.

Bằng cách mở rộng **hàm 7.16**, chúng ta thu được

$$\begin{aligned} E y &= b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2 \\ &= (b_0 + b_2 x_2) + (b_1 + b_3 x_2) x_1 \end{aligned} \quad (7.20)$$

Biểu thức (7.20) thu được bằng cách biến đổi đại số. Nó cho biết mối liên hệ giữa $E y$ với x_1 trong mô hình này vẫn là một dạng tuyến tính, nhưng điểm chặn ($b_0 + b_2 x_2$) và độ dốc ($b_1 + b_3 x_2$) và cả ảnh hưởng của x_1 đều phụ thuộc vào x_2 . Ngược lại, ảnh hưởng của x_2 chỉ phụ thuộc vào giá trị x_1 . Tham số b_1 , b_2 và b_3 trong hàm (7.20) có thể ước lượng bằng thủ tục hồi quy đa biến; trong đó đặt $x_3 = x_1 x_2$. Tương tác có thể kiểm định bằng thống kê t.



Hình 7.15. Tương tác trong mô hình logit Gauss

Đường viền ellip biểu thị xác suất xuất hiện (p) đối với các biến giải thích x_1 và x_2 . Các trục chính của ellip không song song với hai trục x_1 và x_2 . u_A và u_B là optimum đối với x_2 tương ứng với mức $x_1 = A$ và $x_1 = B$.

Bằng việc mở rộng mô hình Gauss của **hàm 7.17** với một tích số, chúng ta thu được trong trường hợp logit:

$$\log_e[p/(1-p)] = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_1 x_2 \quad (7.21)$$

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_1 x_2)}{[1 + \exp(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_2 + b_4 x_2^2 + b_5 x_1 x_2)]}$$

Nếu $b_2 + b_4 < 0$ và $4b_2 b_4 - b_5^2 > 0$, thì phương **trình 7.21** là một mặt phẳng với đường viền ellipsoid **như hình 7.14b**. Nếu một trong những điều kiện này không thoả mãn, thì phương **trình 7.21** mô tả một mặt với một tối thiểu hoặc một điểm lõm (Carroll, 1972). Khi bề mặt là phẳng, tối ưu (u_1 , u_2) có thể được tính từ **hệ số của hàm 7.21** như sau:

$$u_1 = (b_5b_3 - 2b_1b_4)/d \quad (7.22a)$$

$$u_2 = (b_5b_1 - 2b_3b_2)/d \quad (7.22b)$$

$$d = 4b_2b_4 - b_5^2 \quad (7.22c)$$

Tối ưu đối với x_1 tương ứng với x_2 nhất định là $-(b_1 + b_5x_2)/(2b_2)$. Nếu $b_5 \neq 0$ thì tối ưu đối với x_1 phụ thuộc vào x_2 , và hai biến tương tác với nhau. Biểu thức thu được bằng việc sắp xếp lại **hàm 7.22** ở dạng parabol và sử dụng **hàm 7.7 và 7.8**. **Hình 7.15** cho thấy sự tương tác này. Để kiểm định tương tác giữa x_1 với x_2 (kiểm định b_5 có bằng zero hay không), chúng ta sử dụng thống kê t.

7.5.5. Các biến giải thích định danh

Hồi quy đa biến cũng được sử dụng để nghiên cứu ảnh hưởng của các biến giải thích (môi trường) định danh hoặc cả hai biến môi trường định danh và định lượng. Để thấy các biến định danh có thể đưa vào mô hình, chúng ta biểu diễn mô hình ANOVA của **mục 7.2.1** như là một hàm hồi quy. Trong ví dụ ở **mục 7.2.1**, biến định danh có ba cấp (ba kiểu đất): sét, than bùn và cát. Bây giờ chúng ta xem đất sét như là biến kiểm tra và định nghĩa hai biến giả (đất than bùn và đất cát) tương ứng là x_2 và x_3 ; trong đó hai biến x_2 và x_3 lấy giá trị hoặc 0 hoặc 1.

Lưu ý rằng, khi biến định danh được phân chia thành nhiều mức, chúng ta cần thận trọng trong việc định nghĩa và giải thích các biến giả. Về nguyên tắc, khi có k biến định danh, chúng ta cần mã hóa thành k - 1 biến giả; trong đó mỗi biến giả lấy giá trị 0 hoặc 1.

Bởi vì loại đất bao gồm ba mức (sét, than bùn và cát); do đó chúng ta cần có 3 - 1 = 2 biến giả để chỉ các loại đất. Mỗi biến giả sẽ được định nghĩa như sau:

$$\begin{aligned} x_2 &= 0 \text{ nếu loại đất là sét và cát} \\ x_2 &= 1 \text{ nếu loại đất là than bùn} \\ x_3 &= 1 \text{ nếu loại đất là cát} \\ x_3 &= 0 \text{ nếu loại đất là sét và than bùn} \end{aligned}$$

Theo định nghĩa như trên, chúng ta có các giá trị x_2 và x_3 như sau:

Loại đất	x_2	x_3
sét	0	0
than bùn	1	0
cát	0	1

Như vậy, các quan sát trên loại đất sét được mã hóa tương ứng $x_2 = 0$, $x_3 = 0$; các quan sát trên đất than bùn được mã hóa tương ứng $x_2 = 1$, $x_3 = 0$; các quan sát trên đất cát được mã hóa tương ứng $x_2 = 0$, $x_3 = 1$. Cách mã hóa như thế cho phép so sánh từng cặp biến phản hồi trên đất than bùn và đất cát với biến phản hồi trên đất sét.

Hàm hồi quy biểu thị quan hệ giữa biến phản hồi (E_y) với các biến giả được viết dưới dạng sau đây:

$$E(y) = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

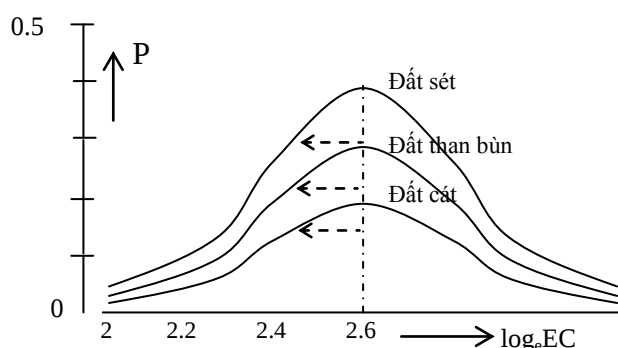
Để giải thích các tham số b_1 , b_2 và b_3 , chúng ta xem xét ba biến động của hàm hồi quy như sau:

$$E(y/\text{đất sét}) = b_1 + b_2(0) + b_3(0) = b_1$$

$$E(y/\text{đất than bùn}) = b_1 + b_2(1) + b_3(0) = b_1 + b_2$$

$$E(y/\text{đất cát}) = b_1 + b_2(0) + b_3(1) = b_1 + b_3$$

Giá trị b_1 , $b_1 + b_2$ và $b_1 + b_3$ là kỳ vọng của biến phản hồi tương ứng trên loại đất sét, đất than bùn và đất cát. Tham số b_2 là sự khác biệt trung bình của biến phản hồi trên loại đất sét và đất than bùn. Tham số b_3 là sự khác biệt trung bình của biến phản hồi trên loại đất sét và đất cát. Như vậy, so sánh với biến phản hồi trung bình trên đất sét (b_1), biến phản hồi trung bình trên đất than bùn và đất cát khác nhau tương ứng là b_2 và b_3 . Lưu ý rằng, các hệ số b_1 , b_2 và b_3 cũng được ước lượng theo nguyên lý bình phương nhỏ nhất.



Hình 7.16. Đường cong phản hồi độ phong phú của loài *Equisetum fluviatile* được làm phù hợp bằng hồi quy logit đa biến với logarit độ dẫn điện của 3 loại đất ($\log_e EC$). Phỏng theo R. H. G. Jongman *et al.*, (1995).

Bây giờ chúng ta xem xét một ví dụ nghiên cứu ảnh hưởng của tính dẫn điện (EC , mSm^{-1}) của ba loại đất (sét, than bùn và cát) đến độ phong phú của loài *Equisetum fluviatile* bằng hồi quy logit. Ở đây độ phong phú được đo bằng dấu hiệu “bắt gặp loài” (1) và “không bắt gặp loài” (0). Mô hình hồi quy logit có dạng:

$$\log_e(p/(1-p)) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_3 \quad (7.23)$$

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_3)}{[1 + \exp(b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_3)]}$$

trong đó x_1 là logarit của độ dẫn điện, còn x_2 và x_3 là hai biến giả. Ở đây hệ số b_3 và b_4 biểu thị ảnh hưởng của loại đất.

Hình 7.16 mô tả ba đường cong với cực đại khác nhau, nhưng tối ưu sinh thái và tính chống chịu là giống nhau. Hệ số b_3 là sự khác biệt giữa logit lớn nhất của đường cong đối với đất than bùn và đất sét. Hệ số b_4 là sự khác biệt giữa logit lớn nhất của đường cong đối với đất cát và đất sét. Sự khác biệt giữa các cực đại của ba đường cong này được kiểm định bằng cách so sánh sai tiêu chuẩn của sai

lệch của mô hình bao gồm biến x_1 và x_1^2 với sai tiêu chuẩn của sai lệch của hàm 7.23. Nếu kiểu đất không có ảnh hưởng đến sự phân bố của loài, thì sự khác biệt là χ^2 với 2 độ tự do. Đây là một ví dụ khác của kiểm định sai lệch.

Để tính tối ưu sinh thái và tính chống chịu sinh thái ở hàm 7.23, chúng ta sử dụng hàm 7.8. Sai số chuẩn và khoảng tin cậy đối với tối ưu sinh thái được tính theo mục 3.9.

7.6. CHỌN MÔ HÌNH VÀ PHÉP CHUẨN ĐOÁN HỒI QUY

Nhiều nguyên nhân có thể làm sai lệch kết quả phân tích hồi quy. Chẳng hạn, chọn lựa không chính xác kiểu đường cong phản hồi và phân bố sai số; sự xuất hiện những số ngoại lai làm ảnh hưởng đến hồi quy. Phát hiện chính xác những sai lầm ấy là mục đích của chuẩn đoán hồi quy (Belsley *et al.*, 1980; Cook và Weisberg, 1982).

Kiểu đường cong phản hồi được chọn trên cơ sở: (1) quan sát hình dạng của đường cong bằng cách xây dựng đồ thị phân tán, (2) dựa trên cơ sở lý thuyết sinh thái và sinh lý cây – con, (3) những kinh nghiệm của các nhà nghiên cứu... Nếu chưa hiểu rõ hình thái đường cong phản hồi, chúng ta có thể phân chia nhỏ biến môi trường định lượng thành nhiều cấp và tìm tần số xuất hiện cho mỗi cấp.

Một bất lợi của các đường cong phản hồi là chúng thúc đẩy nhà nghiên cứu chọn mô hình phản ánh sai lệch số liệu có sẵn. Ví dụ, đường cong phản hồi có đối xứng hay không? Nếu đường cong là bất đối xứng, chúng ta có thể biến đổi biến giải thích bằng cách lấy logarit, và có thể so sánh sai lệch trước và sau khi chuyển đổi số liệu. Ghi nhận lại sai lệch từ đường cong phản hồi giả định có thể giúp xác định quan hệ của loài với môi trường và cho phép bắt đầu một quá trình tìm kiếm một mô hình khác. Khi nghiên cứu độ phong phú của loài ở dạng có mặt hay vắng mặt, chúng ta cần chú ý phát hiện đúng những điểm số liệu ngoại lai. Bởi vì, những số ngoại lai có thể làm sai lệch đường cong phản hồi. Tương tự như thế, chúng ta cũng cần chú ý đến việc phân cấp các biến môi trường. Việc phân cấp không hợp lý các biến môi trường sẽ làm thay đổi hình thái đường cong phản hồi.

Để phát hiện những sai lầm trong phân tích hồi quy, chúng ta có thể thực hiện những thủ tục sau đây: (1) Xây dựng đồ thị sai lệch đối với biến độc lập x ; (2) Xây dựng đồ thị sai lệch đối với biến dự đoán y ; (3) Xây dựng đồ thị các sai lệch chuẩn; (4) Xây dựng đồ thị xác suất chuẩn; (5) Kiểm tra số ngoại lai theo số đo khoảng cách của Cook và Mahalanobis.

7.7. PHƯƠNG PHÁP TRUNG BÌNH TRỌNG SỐ

Phần này chúng ta xem xét cách xác định giá trị chỉ thị của loài bằng phương pháp trung bình trọng số. Trong thuật ngữ đường cong phản hồi, chúng ta cần định nghĩa hai giá trị chỉ thị của loài – đó là tối ưu sinh thái và trung tâm đường cong phản hồi của loài. Những định nghĩa này là giống nhau nếu đường cong phản hồi có dạng đối xứng. Trong mục 7.2.3 và 7.5.2, chúng ta đã thấy tối ưu sinh thái có thể được ước lượng bằng cách làm phù hợp số liệu với một đường

cong hoặc một mặt phản hồi thông qua phân tích hồi quy. Lưu ý rằng, tối ưu và tính chống chịu sinh thái của loài chỉ được xác định bằng phương pháp hồi quy khi biến phản hồi tuân theo một đường cong nhất định. Nhưng trước đây các nhà sinh thái định lượng đã xác định những giá trị chỉ thị của loài bằng phương pháp trung bình trọng số (Ellenberg, 1948; 1979).

Khi phân bố của loài theo yếu tố môi trường có dạng đường cong một đỉnh, thì loài thường xuất hiện nhiều nhất gần với khu vực tối ưu của đường cong. Vì thế, khi ước lượng giá trị chỉ thị của loài, chúng ta có thể lấy trung bình những giá trị của biến môi trường ở những nơi mà loài xuất hiện. Đối với số liệu độ phong phú của loài, trung bình trọng số được tính theo công thức:

$$u^+ = (y_1x_1 + y_2x_2 + \dots + y_nx_n) / (y_1 + y_2 + \dots + y_n); \quad (7.24)$$

trong đó: u^+ = trung bình trọng số; $y_1, y_2 \dots y_n$ = độ phong phú của loài; $x_1, x_2 \dots x_n$ = giá trị của biến môi trường ở mẫu 1, 2...n. Từ công thức 7.24 cho thấy, trung bình trọng số không chú ý đến sự vắng mặt của loài và nó phụ thuộc vào phân bố của biến môi trường.

Braak và Looman (1986) đã so sánh hiệu quả của hai phương pháp ước lượng tối ưu sinh thái bằng trung bình trọng số và hồi quy logit Gauss từ số liệu thực nghiệm. Họ đã đi đến nhận định rằng, phương pháp trung bình trọng số có hiệu lực tương tự như phương pháp hồi quy logit Gauss khi: (1) loài hiếm gặp; (2) loài có vùng phân bố hẹp; (3) phân bố của biến môi trường tương đối đồng nhất trên những nơi loài xuất hiện trong môi trường này.

Một số nhà nghiên cứu cho rằng, trung bình trọng số cũng có thể cho kết quả sai lệch. Đối với số liệu định lượng, ước lượng tối ưu sinh thái bằng phương pháp trung bình trọng số chỉ cho kết quả giống với phương pháp hồi quy logit Gauss khi: (1) độ phong phú của loài phân bố theo luật Poisson; (2) lập địa đặc trưng cho toàn bộ biên độ sinh thái của loài là thuần nhất.

7.8. SAI SỐ ƯỚC LƯỢNG TỐI ƯU VÀ TÍNH CHỐNG CHỊU SINH THÁI

Chúng ta kí hiệu biến động của ước lượng b_1 và b_2 trong các hàm 7.6, 7.14, 7.17 và 7.21 là v_{11} và v_{22} và đồng phương sai của chúng là v_{12} . Bằng cách khai triển Taylor, chúng ta tính được phương sai của tối ưu (kí hiệu - $\text{var}(u^{\wedge})$) và phương sai của tính chống chịu sinh thái (kí hiệu - $\text{var}(t^{\wedge})$):

$$\text{var}(u^{\wedge}) = (v_{11} + 4uv_{12} + 4u^2v_{22}) / (4b_2^2) \quad (7.25)$$

$$\text{var}(t^{\wedge}) = v_{22} / (-8b_2^3) \quad (7.26)$$

Khoảng tin cậy gần đúng $100(1-\alpha)\%$ đối với tối ưu sinh thái nhận được từ định lý Fieller (Finney, 1964). Tìm t_{α} là giá trị tiêu chuẩn của kiểm định t hai đuôi ở mức xác suất α với $n - 3$ độ tự do, trong đó n là số mẫu đo đếm. Ví dụ, $t = 2$ đối với khoảng tin cậy 95% và 63 quan sát.

Để tính khoảng tin cậy, trước hết tính:

$$g = t_{\alpha}^2 v_{22} / b_2^2 \quad (7.27a)$$

$$D = 4b_2^2 \text{var}(u^{\wedge}) - g(v_{11} - v_{12}^2 / v_{22}). \quad (7.27b)$$

Từ đó khoảng tin cậy của tối ưu sinh thái (U) được tính theo công thức:

$$U_{\text{cận dưới}}, U_{\text{cận trên}} = [u^{\wedge} + 0,5gv_{12}/v_{22} \pm 0,5t_{\alpha}(\sqrt{D})/b_2]/(1-g) \quad (7.28)$$

Nếu b_2 không khác zero một cách có ý nghĩa ($g > 1$), thì khoảng tin cậy là một độ dài vô hạn. Trong trường hợp đó, dữ liệu không có giá trị để ước lượng tối ưu và tính chống chịu sinh thái.

7.9. MÔ HÌNH LOGISTIC

7.9.1. Giới thiệu hồi quy logistic

Phân tích hồi quy logistic là kỹ thuật thông dụng nhất để mô hình hóa những biến phụ thuộc nhị phân. Hồi quy logistic mô tả quan hệ giữa một số biến dự đoán ($X_1, X_2, \dots, X_k$) với biến phụ thuộc nhị phân Y. Ở đây Y nhận hai giá trị 0 và 1. Mô hình logistic có dạng như sau:

$$E(Y) = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j)]} \quad (7.29)$$

Đối với các biến ngẫu nhiên Y nhận hai giá trị 1 và 0, E(Y) tương đồng với xác suất $p(Y = 1)$.

$$p(Y = 1) = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j)]} \quad (7.30)$$

7.9.2. Ước lượng tỷ lệ khác nhau bằng hồi quy logistic

Trong mô hình 7.30, hệ số b_j mô tả mối quan hệ giữa Y với các biến dự đoán (X_j). Đối với mô hình logistic, xác định mối quan hệ bao gồm một tham số được gọi là tỷ lệ sai khác (odds ratio). Chẳng hạn, trong lâm nghiệp tỷ lệ sai khác đo đặc ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến sự xuất hiện loài cây nào đó.

Bằng cách đo đặc ảnh hưởng, chúng ta ngụ ý một số đo so sánh hai hay nhiều nhóm trong việc dự đoán biến phụ thuộc. Để mô tả tỷ lệ sai khác, trước hết chúng ta cần định nghĩa sự sai khác (Odds) - đó là tỷ lệ giữa xác suất mà một số sự kiện xuất hiện chia cho xác suất không xuất hiện những sự kiện ấy. Như vậy, sự sai khác (Odds) đối với một số sự kiện D được tính theo công thức:

$$\text{Odds}(D) = \frac{p(D)}{1 - p(D)}$$

Ví dụ, $p(D) = 0,25$, thì $\text{odds}(D) = \frac{0,25}{1 - 0,25} = 1/3$. Điều đó có nghĩa là xác suất xuất hiện sự kiện D bằng 1/3 so với xác suất không xuất hiện sự kiện D.

Tỷ lệ sai khác (odds ratio = OR) là tỷ lệ của hai sự sai khác. Tỷ lệ của hai sự sai khác (OR_{A-B}) được tính theo công thức:

$$OR_{(A-B)} = \text{odds}(D_A) / \text{Odds}(D_B) = \frac{p(D_A)}{1 - p(D_A)} / \frac{p(D_B)}{1 - p(D_B)}$$

Ở đây A và B là hai nhóm (đối tượng nghiên cứu) đem so sánh. Ví dụ: Khi so sánh nguy cơ phát triển bệnh vàng lá giữa hai nhóm cây được bón phân chuồng hoai (PC) và không được bón phân chuồng hoai (NPC), thì D_{PC} mô tả những cây được bón phân chuồng hoai phát triển bệnh vàng lá, còn D_{NPC} mô tả số cây không được bón phân chuồng hoai phát triển bệnh vàng lá. Nếu $p(D_{PC}) = 0,10$ và $p(D_{NPC}) = 0,25$, thì RO so sánh tỷ lệ bệnh vàng lá ở những cây được bón phân chuồng hoai với những cây không được bón phân chuồng hoai. Từ số liệu trên ta có:

$$OR_{(NPC-PC)} = (0,25/1-0,25)/(0,10/1-0,10) = (1/3)/(1/9) = 3.$$

Điều đó cho thấy những cây không được bón phân chuồng hoai có nguy cơ mắc bệnh vàng lá cao hơn 3 lần so với những cây được bón phân chuồng hoai. Nếu $OR_{(NPC-PC)} = 1$, thì hai nhóm có nguy cơ mắc bệnh vàng lá ngang nhau. Điều đó chứng tỏ bệnh vàng lá không có quan hệ với việc bón phân chuồng.

Để làm phù hợp hàm logistic, người ta sử dụng dạng logit của mô hình. Logit là sự biến đổi xác suất $p(Y = 1)$; đó là logarit cơ số neper của odds(D), nghĩa là $\ln[\text{Odds}(D)]$. Nói khác đi,

$$\text{logit}[p(Y=1)] = \ln[\text{odds}(Y=1)] = \ln\left[\frac{p(Y=1)}{1 - p(Y=1)}\right] \quad (7.31)$$

Từ 7.30 và 7.31, sau khi biến đổi chúng ta có:

$$\text{logit}[p(Y=1)] = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j \quad (7.32)$$

$$\text{hay } \ln\left[\frac{p(Y=1)}{1 - p(Y=1)}\right] = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_j$$

Hàm 7.32 được gọi là dạng logit của mô hình hồi quy logistic. Dạng logit là một hàm tuyến tính. Giả sử chỉ xem xét ảnh hưởng của việc bón phân chuồng (X_1) đến sự phát triển bệnh vàng lá, chúng ta có thể viết phương trình logit như sau:

$$\ln[\text{odds}(\text{bón phân chuồng})] = b_0 + b_1 X_1 \text{ hay } \ln(p/1-p) = b_0 + b_1 X_1$$

Để thu được biểu thức đối với tỷ lệ sai khác từ mô hình logistic, chúng ta phải so sánh sự sai khác giữa hai nhóm cây. Ở ví dụ trên có hai nhóm so sánh là nhóm cây được bón phân chuồng hoai ($X_1 = 1$) và nhóm cây không được bón phân chuồng hoai ($X_1 = 0$). Từ đó chúng ta có thể viết

$$\ln[\text{odds}(\text{bón phân chuồng})] = b_0 + b_1 * 1 = b_0 + b_1$$

$$\ln[\text{odds}(\text{không bón phân chuồng})] = b_0 + b_1 * 0 = b_0$$

$$OR_{(PC-NPC)} = \text{odds}(PC)/\text{odds}(NPC) = \frac{e^{(b_0 + b_1)}}{e^{b_0}} = e^{b_1}$$

Như vậy, nếu chỉ sử dụng một biến dự đoán nhận hai giá trị 0 và 1, thì việc so sánh tỷ lệ sai khác của hai nhóm được thực hiện bằng cách lấy số mũ cơ số neper của hệ số của biến dự đoán trong mô hình.

Nói chung, khi so sánh tỷ lệ sai khác, chúng ta có thể định nghĩa hai nhóm. Hai nhóm so sánh với nhau dựa trên một tập hợp các biến dự đoán $X_1, X_2, \dots, X_k$. Nhóm A bao gồm các biến dự đoán $X_A = (X_{A1}, X_{A2}, \dots, X_{Ak})$, còn nhóm B bao gồm các biến dự đoán $X_B = (X_{B1}, X_{B2}, \dots, X_{Bk})$. Ví dụ: Khi sử dụng ba biến dự đoán ($k = 3$), trong đó X_1 = bón phân chuồng (1 = bón phân chuồng, 0 = không bón phân chuồng), X_2 = tuổi cây, X_3 = dòng (1 = dòng miền Bắc, 0 = dòng miền Nam), thì chúng ta xây dựng mô hình logit như sau:

$$\text{logit}(p/1-p) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3.$$

Tỷ lệ sai khác giữa hai nhóm cây (bón phân chuồng và không bón phân chuồng) được tính theo công thức:

$$OR_{(X_A-X_B)} = \text{odds}(X_A)/\text{odds}(X_B) = \exp(b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_{Aj}) / \exp(b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_{Bj})$$

$$\text{hay } OR_{(X_A-X_B)} = \exp[\sum_{j=1}^k (X_{Aj} - X_{Bj})b_j] \quad (7.33)$$

Ví dụ: So sánh bệnh vàng lá ở nhóm cây được bón phân chuồng (1) và nhóm cây không được bón phân chuồng (0), cây 5 tháng tuổi và dòng miền Bắc (1), chúng ta viết $X_A = (1, 5, 1)$, $X_B = (0, 5, 1)$. Từ công thức (7.33), chúng ta tính tỷ lệ sai khác giữa hai nhóm cây trên đây như sau:

$$OR_{(X_A-X_B)} = \exp(1 - 0)b_1 + (5 - 5)b_2 + (1-1)b_3 = \exp(b_1)$$

Nếu so sánh $X_A = (0, 4, 1)$, $X_B = (1, 2, 1)$, chúng ta tính tỷ lệ sai khác giữa hai nhóm cây trên đây như sau:

$$OR_{(X_A-X_B)} = \exp(0-1)b_1 + (4 - 2)b_2 + (1-1)b_3 = \exp(-b_1) + 2b_2.$$

Từ ví dụ trên đây, bây giờ giả sử cần xem xét ảnh hưởng tương tác của các biến trong mô hình logit, chúng ta có thể viết mô hình như sau:

$$\text{logit}(p/1-p) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_1*X_2 + b_5X_1*X_3$$

Lưu ý rằng, giả sử chúng ta cần xem xét tỷ lệ sai khác về bệnh vàng lá của hai nhóm cây, biến xem xét là pH = X_1 , các biến kiểm tra là tuổi (X_2) và dòng (X_3). Chúng ta viết mô hình logit như sau:

$$\text{logit}(p/1-p) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

Mô hình tương tác có dạng

$$\text{logit}(p/1-p) = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_1*X_2 + b_5X_1*X_3$$

Khi so sánh tình trạng bệnh của nhóm cây sống ở môi trường có độ pH bằng 6 và 4, từ công thức (7.33) chúng ta viết OR như sau:

$$OR_{(pH=6 - pH=4 \mid \text{tuổi, dòng})} = \exp(6 - 4)b_1 - (\text{tuổi}-\text{tuổi})b_2 + (\text{dòng} - \text{dòng})b_3 = \exp(2b_1).$$

Nói chung, nếu chỉ định so sánh pH là pH_0 và pH_1 , thì tỷ lệ sai khác (OR) được viết như sau:

$$OR_{(pH_1-pH_0 \mid \text{tuổi, dòng})} = \exp[(pH_1-pH_0)b_1]$$

Khoảng tin cậy của $OR = e^{b_1}$ được tính theo công thức:

$$\text{Exp}(b_1^* \pm Z_{1-\alpha/2} S_{b_1}) \quad (7.34)$$

trong đó b_1^* là ước lượng của hệ số b_1 , S_{b_1} là sai số của b_1^* , $1 - \alpha$ là mức tin cậy.

7.10. PHÂN BỐ POISSON

7.10.1. Giới thiệu chung

Phương pháp phân tích hồi quy Poisson giả thiết rằng, biến phản hồi Y có phân bố Poisson. Phân bố xác suất Poisson với tham số μ được tính theo công thức:

$$P(Y; \mu) = \frac{\mu^Y e^{-\mu}}{Y!}, \text{ với } Y = 1, 2, \dots, \infty \quad (7.35)$$

Một biến ngẫu nhiên Poisson có thể nhận một số nguyên không âm bất kỳ. Từ công thức (7.35), có thể tính được xác suất mà Y nhận giá trị 5 như sau:

$$P(Y = 5; \mu) = \frac{\mu^5 e^{-\mu}}{5!} = \frac{\mu^5 e^{-\mu}}{120}$$

Như vậy, $P(Y; \mu)$ thay đổi như một hàm số của μ .

Phân bố Poisson thường được sử dụng để mô tả sự xuất hiện của những sự kiện hiếm. Chẳng hạn, trong lâm nghiệp phân bố Poisson được sử dụng để mô tả số cây tái sinh của một loài nào đó xuất hiện trong ô dạng bản, số cây đạt đến một lớp chiều cao sau k năm...

7.10.2. Ví dụ về phân bố Poisson

Để minh họa tính ứng dụng của phân tích hồi quy Poisson, chúng ta xem xét số liệu so sánh số cá thể của loài sao đen thuộc những cấp kính khác nhau bị bệnh ruột ở vùng A và vùng B (Bảng 7.6).

Bảng 7.6. So sánh số cây sao đen bị bệnh rỗng ruột ở vùng A và B

TT	Cấp D, cm	Vùng A			Vùng B			RR _i
		Y _{iA}	(I _{iA})	λ _{iA}	Y _{iB}	(I _{iB})	λ _{iB}	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	10-20	2	5.500	0,00036	5	2.500	0,00200	5,5
2	21-30	4	6.000	0,00067	8	4.500	0,00178	2,7
3	31-40	5	8.500	0,00059	12	12.000	0,00100	1,7
4	41-50	8	10.000	0,00080	20	6.850	0,00292	3,6
5	51-60	10	9.500	0,00105	25	5.800	0,00431	4,1
6	61-70	11	5.500	0,00200	28	4.500	0,00622	3,1
7	71-80	12	4.550	0,00264	22	3.000	0,00733	2,8
8	> 81	6	10.000	0,00060	15	8.500	0,00176	2,9

(*) Nhóm A được sử dụng làm đối tượng so sánh

Ở ví dụ này, biến phụ thuộc Y là số cây sao đen bị bệnh rỗng ruột. Vì có tám cấp kính và 2 địa phương được xem xét, chúng ta kí hiệu Y_{ij} là số cây sao đen ở cấp kính i thuộc địa phương j; trong đó i = 1, 2, ..., 8; j = 0 (vùng A), j = 1 (vùng B). Chúng ta sử dụng I_{ij} để chỉ kích thước quần thể sao đen được nghiên cứu bệnh rỗng ruột ở cấp kính i thuộc vùng j.

Mục đích của nghiên cứu này là xác định sự rủi ro đối với bệnh rỗng ruột ở những cây sao đen thuộc những cấp kính khác nhau mọc ở vùng A có lớn hơn vùng B hay không. Thuật ngữ rủi ro biểu thị xác suất phát triển bệnh rỗng ruột ở cây sao đen.

Gọi λ_{ij} là tỷ lệ rủi ro thực của quần thể sao đen ở cấp kính i thuộc vùng j. Giá trị λ_{ij} được tính bằng cách chia số cây sao đen bị rỗng ruột ở cấp kính i thuộc vùng j cho số cây quan sát (kích thước quần thể) ở cấp kính i thuộc vùng j. Để so sánh sự khác nhau về tỷ lệ sao đen bị rỗng ruột ở vùng B so với vùng A, chúng ta sử dụng công thức

$$RR_i = \frac{\lambda_{i1}}{\lambda_{i0}} \quad (7.36)$$

Từ công thức 7.36 cho thấy, nếu RR_i = 1 thì tình trạng sao đen bị rỗng ruột ở hai vùng là bằng nhau. Ngược lại, Nếu RR_i > 1 thì tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rỗng ruột ở vùng B cao hơn vùng A.

Số liệu ở cột 9 của Bảng 7.6 chỉ ra rằng, tỷ lệ rủi ro trong các cấp kính đều lớn hơn 1. Điều đó chứng tỏ số cây sao đen ở vùng B bị bệnh rỗng ruột cao hơn so với vùng A.

Mục tiêu ở đây là sử dụng phân tích hồi quy Poisson để làm phù hợp với số liệu và sử dụng mô hình này để ước lượng tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rỗng ruột cho tất cả các cấp kính ở hai địa phương A và B. Lưu ý rằng Y_{ij} là biến số nhị thức có phân bố ngẫu nhiên với trung bình μ_{ij} = I_{ij}*λ_{ij}.

Để phát triển mô hình hồi quy Poisson, chúng ta gọi E(Y_{ij}) là số kỳ vọng của những cây bị bệnh rỗng ruột. Ở đây có hai biến quan tâm là cấp kính và địa

phương. Vì cấp kính được phân thành 8 lớp, nên chúng ta sử dụng $8-1 = 7$ biến giả để chỉ định cho biến cấp kính. Biến địa phương là 2, chúng ta sẽ sử dụng một biến giả. Như vậy, mô hình biểu thị số cây sao đen bị bệnh rỗng ruột ở cấp kính i được viết như sau:

$$E(Y_{ij}) = \mu_{ij} = l_{ij} * \lambda_{ij}; \text{ với } i = 1, 2, \dots, 8; j = 0, 1.$$

$$\ln(\lambda_{ij}) = \alpha + \sum_{k=1}^7 \alpha_k U_k + bE \quad (7.37)$$

$$\text{hay } \lambda_{ij} = \exp(\alpha + \sum_{k=1}^7 \alpha_k U_k + bE)$$

trong đó:

- $U_k = 1$ nếu $k = i$, còn $U_k = 0$ nếu $k \neq i$, với $k = 1, 2, \dots, 7$.
- $E = 1$ nếu $j = 1$ (vùng B), $E = 0$ nếu $j = 0$ (vùng A).

Khi sử dụng **mô hình 7.37**, chúng ta có thể viết sự rủi ro λ_{ij} ở dạng tham số α_i và b để thu được

$$\ln(\lambda_{i0}) = \alpha + \alpha_i \text{ và } \ln(\lambda_{i1}) = \alpha + \alpha_i + b, \text{ với } i = 1, 2, \dots, 7. \quad (7.38a)$$

$$\text{Khi } i = 8, \text{ chúng ta có } \ln(\lambda_{80}) = \alpha \text{ và } \ln(\lambda_{81}) = \alpha + b \quad (7.38b)$$

Khi $k = i = 8$ thì $U_k = 0$. Do đó,

$$\ln(*\lambda_{i1}) - \ln(*\lambda_{i0}) = (\alpha + \alpha_i + b) - (\alpha + \alpha_i) = b.$$

$$\text{Tương tự như thế, } \ln(*\lambda_{81}) - \ln(*\lambda_{80}) = \alpha + b - \alpha = b.$$

$$\text{Mặt khác, } RR_i = \frac{\lambda_{i1}}{\lambda_{i0}} = \exp[\ln(\frac{\lambda_{i1}}{\lambda_{i0}})]$$

$$= \exp[\ln(\lambda_{i1}) - \ln(\lambda_{i0})] = \exp[b] = e^b, \text{ với } i = 1, 2, \dots, 8.$$

Như vậy, khi sử dụng mô hình Poisson, chúng ta có thể ước lượng tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rỗng ruột cho bất kỳ cấp kính nào bằng việc làm phù hợp mô hình, ước lượng hệ số của biến E và sau đó lấy số mũ với cơ số neper của ước lượng này. Vì tỷ lệ cây bị bệnh rỗng ruột (e^b) là độc lập với i , nên e^b là ước lượng tỷ lệ cây bị rỗng ruột của tất cả các cấp kính ở hai vùng A và B.

Ví dụ trên đây minh họa kiểu mô hình được sử dụng để mô tả phân tích hồi quy Poisson. Trong thực tế, chúng ta có thể sử dụng không chỉ hai biến (cấp kính và địa phương), mà còn một số biến (k biến) dự đoán $X_1, X_2, \dots, X_k$ để nghiên cứu.

7.10.3. Hồi quy Poisson

Để phân tích hồi quy Poisson, chúng ta gọi Y là biến phụ thuộc. Ví dụ số cây bị bệnh rỗng ruột thu được từ một nhóm cây được mô tả bằng tập biến dự đoán $X_1, X_2, \dots, X_k$. Đối với nhóm i ($i = 1, 2, \dots, n$), chúng ta gọi:

- Y_i là số cây bị bệnh rỗng ruột;

- l_i là tổng số cây của mỗi cấp kính được nghiên cứu bệnh rỗng ruột;
- $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik})$ là tập hợp các giá trị của $X_1, X_2, \dots, X_k$ của cấp kính i ;
- $b = (b_0, b_1, \dots, b_k)$ là tập hợp những tham số chưa biết;
- $\lambda(X_i, b)$ là hàm số đặc trưng đối với X_i và b , nghĩa là $\lambda(X_i, b) = \exp(b_0 + \sum_{j=1}^k b_j X_{ij})$.

Hàm $\lambda(X_i, b)$ mô tả tỷ lệ cây bị bệnh rỗng ruột ở nhóm i . Khi đó số cây bị bệnh rỗng ruột trong nhóm i là

$$E(Y_i) = \mu_i = l_i \lambda(X_i, b), \text{ với } i = 1, 2, \dots, n; \quad (7.39)$$

trong đó Y_i là biến ngẫu nhiên có phân bố Poisson. Điều kiện $\lambda(X_i, b) > 0$.

Khi Y_i có phân bố Poisson với trung bình μ_i , thì

$$P(Y_i; \mu_i) = \frac{\mu_i^{y_i} e^{-\mu_i}}{Y_i!}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7.40)$$

Từ 7.39 và 7.40, chúng ta có:

$$P(Y_i; b) = \frac{l_i \lambda(X_i, b)^{y_i} e^{-l_i \lambda(X_i, b)}}{Y_i!} \quad (7.41)$$

Trong công thức 7.41, $Y_i = 0, 1, \dots, \infty$ và $i = 1, 2, \dots, n$. Ví dụ ở Bảng 7.6 Y_i chỉ số cây bị bệnh rỗng ruột ở những cấp kính và địa phương khác nhau.

Dưới đây chúng ta thử xây dựng một số mô hình biểu diễn ảnh hưởng của cấp kính ($i = 1, 2, \dots, n$) và địa phương ($j = 0$ và $j = 1$) đến tỷ lệ bệnh rỗng ruột ở loài sao đen.

Để mô tả số cây bị bệnh rỗng ruột trong từng cấp kính ($i = 1, 2, \dots, n$) ở hai địa phương ($j = 0$ và $j = 1$) bằng mô hình hồi quy Poisson, chúng ta xây dựng mô hình 1 như sau:

$$E(Y_{ij}) = \mu_{ij} = l_{ij} * \lambda_{ij}$$

$$\text{với } \ln(\lambda_{ij}) = \alpha + \sum_{k=1}^7 \alpha_k U_k + bE \quad (7.42)$$

Trong công thức 7.42, U_k là biến giả nhận hai giá trị 0 và 1 để biểu thị nhóm cấp kính, còn E là biến giả nhận giá trị 0 và 1 để mô tả địa phương (vùng A = 0, vùng B = 1). Các tham số của mô hình 7.42 được xác định bằng nguyên lý hợp lý tối đa. Tính phù hợp của mô hình hồi quy Poisson cũng được kiểm định bằng thống kê χ^2 .

Nói chung, việc xác định các tham số (α_0, α_i và b) của mô hình 7.42 là rất phức tạp. Ngày nay phân tích hồi quy Poisson được thực hiện dễ dàng bằng những chương trình máy tính.

Từ mô hình Poisson, chúng ta có thể tính được tỷ lệ cây bị bệnh rỗng ruột chung ở tất cả các cấp đường kính theo công thức:

$$RR_i = \frac{\lambda_{i1}}{\lambda_{i0}} = e^b. \quad (7.43)$$

Khoảng tin cậy 95% của mẫu lớn đối với e^b được tính theo công thức:

$$\text{Exp}[b^{\wedge} \pm S_{e(Sb^{\wedge})}] \quad (7.44)$$

trong đó $b^{\wedge}$ là giá trị ước lượng của hệ số b ; $S_{e(Sb^{\wedge})}$ là sai số chuẩn của hệ số ước lượng $b^{\wedge}$.

Việc kiểm định giả thuyết $H_0: b = 0$, đối thuyết $H_A: b \neq 0$ có thể được thực hiện dựa trên thống kê Wald:

$$Z = \frac{b^{\wedge} - 0}{S_{e(Sb^{\wedge})}} \quad (7.45)$$

ở đây Z có phân bố $N(0,1)$ dưới giả thuyết $H_0: b = 0$.

Từ ví dụ ở **Bảng 7.6**, bằng thuật toán thống kê chúng ta có thể xác định được mô hình Poisson biểu thị tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rỗng ruột tùy thuộc vào cấp đường kính và địa phương (**Bảng 7.7 – 7.9**). Kết quả ở **Bảng 7.7** cho thấy mô hình Poisson biểu thị tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rỗng ruột ở các cấp kính như sau:

$\lambda_{ij} = \exp(-7,46934 + 1,14918 \cdot \text{vùng} - 0,08693 \cdot D=1 + 0,0408 \cdot D=2 - 0,4418 \cdot D=3 + 0,4401 \cdot D=4 + 0,7918 \cdot D=5 + 1,2445 \cdot D=6 + 1,4477 \cdot D=7)$ (**mô hình 1**).

Bảng 7.7. Mô hình hồi quy Poisson ước lượng

Tham số	Ước lượng	Sai số chuẩn	RRi ^(*)
Hằng số	-7,46934	0,24666	
Vùng	1,14918	0,15785	3,16
Cấp kính: 1	-0,08693	0,43698	0,92
Cấp kính: 2	0,04080	0,36189	1,04
Cấp kính: 3	-0,44180	0,32655	0,64
Cấp kính: 4	0,44010	0,28876	1,55
Cấp kính: 5	0,79180	0,27625	2,21
Cấp kính: 6	1,24452	0,27067	3,47
Cấp kính: 7	1,44770	0,27767	4,25

(*) Nhóm A được sử dụng làm đối tượng so sánh

Bảng 7.8. Phân tích biến động¹

Nguồn	Biến động	df	P
Mô hình	126,871	8	0,0000
Sai lệch	2,5459	7	0,9236
Tổng	129,417	15	

¹ Deviance

Bảng 7.9. Kiểm định Likelihood Ratio

Yếu tố	χ^2	df	P
Vùng	58,69	1	0,0000
Cấp kính	75,72	7	0,0000

Bảng 7.10. Kết quả dự đoán số cây sao đen bị bệnh rỗng ruột ở vùng A và B

TT	Cấp D, cm	Vùng A			Vùng B			RRi ^(*)
		Y _{iA}	(I _{iA})	λ_{iA}	Y _{iB}	(I _{iB})	λ_{iB}	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	10-20	2,9	5.500	0,00052	4,1	2.500	0,00165	3,2
2	21-30	3,5	6.000	0,00055	8,4	4.500	0,00187	3,4
3	31-40	3,1	8.500	0,00037	13,9	12.000	0,00116	3,2
4	41-50	8,9	10.000	0,00089	19,1	6.850	0,00280	3,2
5	51-60	12,0	9.500	0,00126	23,0	5.800	0,00397	3,2
6	61-70	10,9	5.500	0,00198	28,1	4.500	0,00625	3,2
7	71-80	11,0	4.550	0,00243	23,0	3.000	0,00766	3,2
8	> 81	5,7	10.000	0,00057	15,3	8.500	0,00180	3,2

(*) Nhóm A được sử dụng làm đối tượng so sánh

Kết quả phân tích biến động (Bảng 7.8) của mô hình cho thấy $P < 0,01$. Điều đó chứng tỏ tỷ lệ bệnh rỗng ruột ở sao đen có quan hệ chặt chẽ với cấp đường kính và vùng sinh thái ở mức tin cậy 99%. Đối với sai lệch, giá trị $P > 0,10$; điều đó chứng tỏ rằng, so với mô hình tốt nhất, mô hình với hai biến (đường kính và vùng sinh thái) đạt độ tin cậy 90% và lớn hơn. Kết quả phân tích ở Bảng 7.9 cho thấy, hai biến cấp đường kính và vùng sinh thái đều tồn tại trong mô hình với $P < 0,001$. Hai biến cấp đường kính và vùng sinh thái giải thích 98,03% biến động của tỷ lệ bệnh rỗng ruột ở sao đen.

Khi sử dụng mô hình (1) để dự đoán số cây sao đen bị bệnh rỗng ruột (Y_{it}) ở 8 cấp kính thuộc hai vùng A và B, thì kết quả nhận được như Bảng 7.10. Lưu ý rằng, các giá trị λ_{ij} ở cột 5 và 8 của Bảng 7.10 được tính từ công thức 7.38(a,b). Kết quả tính toán cho thấy, tỷ lệ bệnh rỗng ruột ở các cấp kính như sau:

+ Đối với vùng A

$$\lambda_{1A} = \exp(-7,46934 - 0,08693*1) = \exp(-7,55627)$$

$$\lambda_{2A} = \exp(-7,46934 + 0,0408*1) = \exp(-7,51014)$$

$$\lambda_{3A} = \exp(-7,46934 - 0,4418*1) = \exp(-7,91114)$$

$$\lambda_{4A} = \exp(-7,46934 + 0,4401*1) = \exp(-7,02924)$$

$$\lambda_{5A} = \exp(-7,46934 + 0,7918*1) = \exp(-6,67754)$$

$$\lambda_{6A} = \exp(-7,46934 + 1,2445*1) = \exp(-6,22484)$$

$$\lambda_{7A} = \exp(-7,46934 + 1,4477*1) = \exp(-6,02164)$$

$$\lambda_{8A} = \exp(-7,46934)$$

+ Đối với vùng B

$$\begin{aligned}\lambda_{1B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 - 0,08693*1) \\ \lambda_{2B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 + 0,0408*1) \\ \lambda_{3B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 - 0,4418*1) \\ \lambda_{4B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 + 0,4401*1) \\ \lambda_{5B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 + 0,7918*1) \\ \lambda_{6B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 + 1,2445*1) \\ \lambda_{7B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1 + 1,4477*1) \\ \lambda_{8B} &= \exp(-7,46934 + 1,14918*1)\end{aligned}$$

Giá trị ở cột 3 = cột 4*cột 5, còn cột 6 = cột 7*cột 8.

Ở ví dụ trên đây hệ số ước lượng biểu thị ảnh hưởng của vùng sinh thái đến tỷ lệ cây sao đen bị bệnh rộng ruột là $b^{\wedge} = 1,14918$, với sai số $Se(s_{b^{\wedge}}) = 0,15785$. Giả thuyết $H_0: b = 0$ bị bác bỏ, bởi vì $Z = 7,28$ với $P < 0,01$. Do đó, ước lượng tỷ lệ sai khác về bệnh rộng ruột ở sao đen giữa hai vùng $RR_i = e^{b^{\wedge}} = e^{1,14918} = 3,16$. Khoảng tin cậy 95% của $e^{b^{\wedge}} = \exp[b^{\wedge} \pm 1,96*Se(s_{b^{\wedge}})] = \exp(1,14918 \pm 1,96*0,15785) = (2,32; 4,30)$.

Bây giờ chúng ta xem xét hai câu hỏi khác như sau:

1. Tỷ lệ cây bị bệnh rộng ruột ở những cấp kính khác nhau của hai vùng có khác nhau hay không?
2. Nếu tỷ lệ cây bị bệnh rộng ruột ở những cấp kính khác nhau của hai vùng là không khác nhau, thì có cần phải xem xét ảnh hưởng của cấp kính hay không?

Để trả lời câu hỏi 1, chúng ta xây dựng **mô hình 2** bằng cách đưa thêm thành phần tương tác giữa cấp kính với địa phương (U_k*E) vào **mô hình 1** như sau:

$$\ln(\lambda_{ij}) = \alpha + \sum_{k=1}^7 \alpha_k U_k + bE + \sum_{k=1}^7 \delta_k (U_k*E) \quad (7.46)$$

Ở **mô hình 2**, ý nghĩa của tương tác giữa cấp kính với địa phương được kiểm định thông qua giả thuyết $H_0: \delta_1 = \delta_2 = \dots \delta_7 = 0$. Kiểm định này được thực hiện bằng thống kê χ^2 (likelihood ratio χ^2) với độ tự do bằng số cấp kính ở hai vùng trừ đi số tham số trong mô hình. Trong trường hợp của ví dụ ở **Bảng 7.6**, độ tự do = $16 - 9 = 7$.

Để trả lời câu hỏi 2, chúng ta xây dựng **mô hình 3** bằng cách bỏ thành phần cấp đường kính ở **mô hình 1**. **Mô hình 3** có dạng:

$$\ln(\lambda_{ij}) = \alpha + bE \quad (7.47)$$

Nếu bỏ yếu tố cấp đường kính, chúng ta cần phải xem xét hệ số $b^{\wedge}$ hoặc $e^{b^{\wedge}}$ thay đổi có ý nghĩa hay không. Nói một cách cụ thể, khi bỏ thành phần tuổi trong mô hình 1 (nghĩa là $\sum_{k=1}^7 \alpha_k U_k$), chúng ta cần phải xác định hệ số ước lượng của E trong mô hình 3 thay đổi có ý nghĩa hay không. Khi xử lý với mô hình 1, hệ số của E là 1,14918, do đó $e^{1,14918} = 3,16$. Nếu xử lý mô hình 3 theo số liệu của **Bảng 7.6**, chúng ta sẽ nhận được kết quả sau đây:

$$\ln(\lambda_{ij}) = -6,9341 + 1,0678 \cdot \text{vùng} \text{ hay } \lambda_{ij} = \exp(-6,9341 + 1,0678 \cdot \text{vùng})$$

Từ kết quả ở mô hình 3 cho thấy, $b^{\wedge} = 1,0678$, $Se(s_{b^{\wedge}}) = 0,1570$ và $RRi = e^{b^{\wedge}} = e^{1,0678} = 2,91$. Khoảng tin cậy 95% của $e^{b^{\wedge}} = \exp[b^{\wedge} \pm 1,96 \cdot Se(s_{b^{\wedge}})] = \exp(1,0678 \pm 1,96 \cdot 0,1570) = (2,14; 3,95)$. Như vậy, so với mô hình 1, hệ số $b^{\wedge}$ ở mô hình 3 thay đổi đáng kể. Điều đó cho thấy, để dự đoán tỷ lệ bệnh rỗng ruột ở sao đen chúng ta không thể bỏ qua yếu tố cấp đường kính. Ở đây chúng ta xử lý cấp đường kính như là biến số thực bằng việc sử dụng 7 dạng thức $\alpha_k U_k$ ($k = 1, 2, \dots, 7$) cộng với hệ số α trong mô hình 1 để phản ánh 8 cấp kính.

Bây giờ chúng ta xem xét mô hình hồi quy Poisson được xử lý theo một cách khác. Trong trường hợp này, yếu tố cấp đường kính được xử lý như là biến đo khoảng. Biến này được biểu thị bằng cách vẽ đồ thị $\ln \lambda_{ij}^{\wedge}$ theo $\ln D_i$; trong đó biến D_i được biến đổi như sau:

$$D_i = \frac{[\text{Giá trị giữa của cấp đường kính thứ } i] - 10}{35}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, 8.$$

Đồ thị này là một đường thẳng đối với mỗi j , với hai đường song song với nhau. Đồ thị được vẽ từ số liệu ở **Bảng 7.11**. Kết quả giả định mô hình chỉ bao gồm ảnh hưởng tuyến tính của yếu tố đường kính, không có tương tác giữa đường kính với vùng (E).

Bảng 7.11. Giá trị $\ln \lambda_{i0}$ và $\ln \lambda_{i1}$ được biến đổi từ số liệu ở **Bảng 7.6**

Cấp D, cm	Giữa cấp D	D_i	$\ln D_i$	$\ln \lambda_{i0}$	$\ln \lambda_{i1}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
10-20	15	0,14286	-1,9459	-7,9194	-6,2146
21-30	25	0,42857	-0,8473	-7,3132	-6,3324
31-40	35	0,71429	-0,3365	-7,4384	-6,9078
41-50	45	1,00000	0,0000	-7,1309	-5,8363
51-60	55	1,28571	0,2513	-6,8565	-5,4467
61-70	65	1,57143	0,4520	-6,2146	-5,0796
71-80	75	1,85714	0,6190	-5,938	-4,9153
> 81	85	2,14286	0,7621	-7,4186	-6,3398

Nói một cách cụ thể, chúng ta xem xét **mô hình 4** sau đây:

$$\ln \lambda_{ij}^{\wedge} = \alpha + \theta \cdot \ln D_i + bE \quad (7.48)$$

Mô hình 4 cho biết $\lambda_{i0} = e^{\alpha} D_i^{\theta}$ và $\lambda_{i1} = e^{\alpha} D_i^{\theta} e^b$. Do đó $RRi = \frac{\lambda_{i1}}{\lambda_{i0}} = e^b$.

Khi $i = 4$ ($D_4 = 1$) và $j = 0$, chúng ta có $\lambda_{40} = e^{\alpha} D_4^{\theta} = e^{\alpha} (1)^{\theta} = e^{\alpha}$ và $\ln \lambda_{40} = \alpha$. Do đó α (điểm chặn trong mô hình 4) là logarit cơ số neper của tỷ lệ bệnh rỗng ruột thuộc nhóm tuổi 41-50. Từ số liệu ở **Bảng 7.6 và 7.11**, chúng ta nhận được kết quả như sau (**Bảng 7.12- 7.14**):

Bảng 7.12. Mô hình hồi quy Poisson ước lượng

Tham số	Ước lượng	Sai số chuẩn	RRi
Hằng số	-6,97112	0,13327	
Vùng	1,06251	0,15700	2,89361
$\ln T_i$	0,50885	0,12541	1,66337

Bảng 7.13. Phân tích biến động¹

Nguồn	Biến động	df	P
Mô hình	70,0166	2	0,0000
Sai lệch	59,4001	13	0,0000
Tổng		15	

Bảng 7.14. Kiểm định Likelihood Ratio

Yếu tố	χ^2	df	P
Vùng	50,632	1	0,0000
Cấp kính	18,866	1	0,0000

Từ kết quả ở **Bảng 7.12**, chúng ta có mô hình hồi quy ước lượng như sau:

$$Y_{ij} = \exp(-6,97112 + 1,06251 \cdot \text{vùng} + 0,50885 \cdot \ln T_i)$$

Kết quả phân tích ở **Bảng 7.13** chỉ ra mô hình 4 là phù hợp ($P < 0,01$). Ở ví dụ trên đây các hệ số ước lượng của mô hình 4 như sau:

$$\hat{\alpha} = -6,97112 \text{ với sai số } Se(s_{\hat{\alpha}}) = 0,13327;$$

$$\hat{b} = 1,06251 \text{ với sai số } Se(s_{\hat{b}}) = 0,1570;$$

$$\hat{\theta} = 0,50885 \text{ với sai số } Se(s_{\hat{\theta}}) = 0,12541.$$

Do đó, ước lượng tỷ lệ sai khác về bệnh rối ruột ở loài sao đen mọc ở hai vùng sinh thái khác nhau là $RR_i = e^{\hat{b}} = e^{1,06251} = 2,89$. Khoảng tin cậy 95% của $e^{\hat{b}} = \exp[\hat{b} \pm 1,96 \cdot Se(s_{\hat{b}})] = \exp(1,06251 \pm 1,96 \cdot 0,157) = (2,13; 3,94)$. Như vậy, sử dụng mô hình 4 cũng dẫn đến câu trả lời tương tự như mô hình 1, nhưng độ tin cậy cao hơn (bởi vì khoảng tin cậy của mô hình 4 hẹp hơn). So với mô hình 1, mô hình 4 đơn giản hơn vì chứa ít tham số hơn. Ngoài ra, mô hình 4 có hiệu lực cao hơn mô hình 1, bởi vì mô hình 4 chỉ mô tả ảnh hưởng tuyến tính của tuổi. Vì thế, mô hình 4 được chọn để mô tả tỷ lệ bệnh rối ruột ở loài sao đen mọc ở hai địa phương khác nhau.

¹ Deviance

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Vũ Tiến Hình và các tác giả khác (1992), Điều tra rừng. Trường Đại học lâm nghiệp, Hà Nội.
2. Richards P.W (1965), Rừng mưa nhiệt đới. Vương Tấn Nhị dịch, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
3. Stephen D. Wratten Gary L.A. Fry (1986), Thực nghiệm sinh thái học. Mai Đình Yên dịch, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Trương (1984), Quy luật cấu trúc rừng gỗ hỗn loại, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
5. Thái Văn Trùng (1978), Thảm thực vật rừng Việt Nam trên quan điểm hệ sinh thái, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
6. Nguyễn Hải Tuất (1982), Thống kê toán học trong lâm nghiệp, Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội.
7. Nguyễn Văn Thêm (2002), Sinh thái rừng. Nxb. Nông nghiệp, Chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh.
8. Nguyễn Văn Thêm (2004), Hướng dẫn sử dụng Statgraphics Plus Version 3.0&5.1 để xử lý thông tin trong lâm học. Nxb. Nông nghiệp, Chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh.
9. V.I. Vasilevich (1969), Những phương pháp thống kê trong địa thực vật, Nxb. “Khoa học”, Leningrad (tiếng Nga).
10. Greig – Smith P (1964), Quantitative plant ecology. Ed. 2. London.
11. Kimmins, J. P., (1998), Forest ecology. Prentice – Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
12. R. H. G. Jongman, C. J. F. Ter Braak & O. F. R. Van Tongeren (1995), Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge, University Press.
13. Van Steenis (1956), Basis principals of rain forest sociology proceeding of symposium in Kandy.
14. Whittaker R. H (1962), Classification of national communities. Bot. Rev., v. 28, No. 1.
15. David G. Kleinbaun; Lawrence L. Kupper (1998), Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. Brooks/Cole Publishing Company.

PHẦN HAI

VÒNG NĂM CÂY GỖ VÀ KHÍ HẬU (Tree Ring & Climate)

Phần hai giới thiệu cách thức và phương pháp xử lý những số liệu về tăng trưởng và khí hậu. Phần này bao gồm 8 chương, từ chương 8 – 15. **Chương 8** giới thiệu khoa học về niên đại thực vật và khí hậu thực vật. **Chương 9** xem xét những vấn đề về tăng trưởng và cấu trúc vòng năm trên thân cây gỗ. **Chương 10 và 11** thảo luận những quá trình sinh lý (trao đổi vật chất và thoát hơi nước, tổng hợp và đồng hóa thức ăn của các thành phần tế bào) đóng góp nhiều nhất vào biến động vòng năm. **Chương 12** xem xét những mô hình mô tả mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với nhiệt độ không khí và lượng mưa... **Chương 13** xem xét những đặc trưng thống kê và phân tích thống kê các bề rộng vòng năm. **Chương 14** giới thiệu những cách thức xác định quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động khí hậu. **Chương 15** trình bày khái quát những cách thức cơ bản để khôi phục lại khí hậu quá khứ bằng cách sử dụng số liệu vòng năm...

Chương 8

KHOA HỌC VỀ NIÊN ĐẠI THỰC VẬT VÀ KHÍ HẬU THỰC VẬT

8.1. GIỚI THIỆU

Khoa học thực vật đã chứng tỏ rằng, tuổi của cây gỗ có thể được xác định gần đúng nhờ những vòng năm ở phần dưới của gốc cây. Nhưng chúng ta còn biết rất ít về các kiểu vòng năm rộng và hẹp ngay trên một cây để xác định chính xác năm mà các vòng năm đã hình thành. Bằng cách so sánh vòng năm của những đoạn gỗ chưa biết tuổi với những vòng năm trên cây sống, chúng ta có thể tìm được năm mà đoạn gỗ này đã hình thành. Vì thế, các vòng năm có thể được sử dụng để xác định năm mà các sự kiện làm cho cây bị khuyết tật hoặc chết. Ví dụ, từ vòng năm có thể xác định được năm mà cây bị chặt để xây dựng nhà cửa hoặc cây bị đổ do bão và động đất, cháy rừng, dịch sâu hại, năm khô hạn... Tại sao chúng ta có thể biết thời gian chính xác của các sự kiện đã ảnh hưởng đến cây gỗ? Bởi vì, tăng trưởng của cây gỗ thường chịu ảnh hưởng bởi những biến động của khí hậu. Những năm có khí hậu thuận lợi và không thuận lợi (năm ẩm và năm khô, năm nóng và năm lạnh) được các loài cây gỗ ghi lại đầy đủ bằng các vòng năm rộng và hẹp. Các kiểu vòng năm rộng và hẹp này được ghi lại không chỉ trên những cây gỗ mọc ở vùng này mà còn cả ở những vùng lân cận. Thủ tục nghiên cứu các kiểu vòng năm trên những cây gỗ và đoạn gỗ trong một vùng nhất định được gọi là *đối chiếu thời gian*¹. Thủ tục này được sử dụng để nhận biết năm mà mỗi vòng năm đã hình thành và xác định năm lịch chính xác cho các vòng năm. Những nghiên cứu này là rất cần thiết để xác định **những** nguyên nhân có ảnh hưởng đến sự hình thành các lớp vòng năm. Khi các mẫu vòng năm được nghiên cứu tỷ mỉ, chúng ta có thể xác định được những vòng năm có vấn đề, thời gian của vòng năm ngoài cùng của một cây khi nó bị chết và thời gian khi cây còn là một cây mọc từ hạt. Ngoài ra, bằng cách khám phá vòng năm của những cây lớn tuổi (già) hoặc chồng ghép những cây có tuổi khác nhau, chúng ta có thể suy đoán được những cây đang sống đã được hình thành vào năm nào. Bằng cách đối chiếu các sự kiện lịch sử và tự nhiên tương ứng với các lớp vòng năm, chúng ta có thể phân tích được diễn biến khí hậu trong quá khứ và dự đoán tình hình khí hậu xảy ra trong tương lai. Khoa học khôi phục lại khí hậu quá khứ bằng cách sử dụng các lớp vòng năm được gọi là “*Khoa học về khí hậu thực vật*”². Đây là một phân môn của khoa học về tuổi thọ của cây gỗ hay “*Khoa học về niên đại của cây gỗ*”³. Tiếp đầu ngữ *dendro* xuất phát từ tiếng Hy Lạp, *dendron*, có nghĩa là cây gỗ; còn từ *chronology* là tên của một ngành khoa học nghiên cứu về thời gian và xác định niên đại cho các sự kiện đặc biệt.

Thủ tục tái hiện lại khí hậu quá khứ có thể được thực hiện theo các bước sau đây: (1) So sánh những ghi chép về khí tượng với bề rộng của các lớp vòng

¹ Crossdating

² Dendroclimatology

³ Dendrochronology

năm được hình thành vào cùng một thời gian; (2) Xây dựng một hàm thống kê để mô tả mối quan hệ giữa bề rộng lớp vòng năm với các yếu tố khí hậu; (3) Thay thế bề rộng của các lớp vòng năm vào phương trình để tìm một ước lượng của khí hậu quá khứ.

Như vậy, những ước lượng khí hậu từ bề rộng các lớp vòng năm có thể thay thế cho những ghi chép về khí tượng học và cung cấp những thông tin hữu ích về các thời kỳ và vùng không có thông tin khí tượng. Bề rộng của lớp vòng năm phụ thuộc không chỉ vào khí hậu mà còn vào nhiều yếu tố khác (địa hình - đất, đặc trưng quần thể, biện pháp kinh doanh...). Tuy vậy, việc nghiên cứu các lớp vòng năm có thể giúp giải quyết nhiều vấn đề của những khoa học khác nhau.

8.2. LỊCH SỬ NGHIÊN CỨU KHÍ HẬU THỰC VẬT

Vòng năm của thân cây gỗ là nguồn cung cấp thông tin về điều kiện tự nhiên diễn ra trong thời gian hình thành nó. Vòng năm là đối tượng của nhiều ngành khoa học khác nhau như sinh khí hậu học¹, khí hậu và thủy văn, sinh thái học... Bằng việc nghiên cứu vòng năm, các nhà khoa học có thể truy tìm trở lại lượng mưa, gió, tuyết, lửa rừng và các hoạt động của núi lửa cách đây hàng trăm năm. Theo Bitvinksas (1974), khi xác định được tuổi vòng năm cây gỗ và tăng trưởng hàng năm của vòng năm trong mối liên hệ với các biến động của khí hậu, chúng ta có thể khôi phục và dự báo được các hiện tượng và quá trình tự nhiên khác. Kohler (1964) và Kozlowski (1962) cho rằng, các phương pháp sinh khí hậu học (phương pháp dựa trên mối liên hệ giữa vòng năm với các nhân tố khí hậu) có thể được sử dụng rộng rãi để xác lập mối liên hệ giữa các hiện tượng xảy ra trên trái đất với hoạt động của mặt trời, khôi phục và dự báo biến động của các quá trình tự nhiên. Phương pháp sinh khí hậu học còn được sử dụng không chỉ trong các nghiên cứu về động thái nguồn nước, chế độ thủy văn, qui luật biến động của khí hậu và dự báo khí hậu, mà còn về sinh thái cá thể và quần thể cây gỗ, dự báo năng suất và diễn thế rừng, dự báo sâu bệnh, đánh giá hiệu quả các biện pháp kỹ thuật lâm sinh và ảnh hưởng của con người tới rừng (Koerber, 1970; Bitvinksas, 1974, 1985).

Theo Bitvinksas (1974) và Kohler (1981), hiện nay những nghiên cứu về khí hậu ngày càng được đẩy mạnh hơn. Mục đích của những nghiên cứu này là nhằm xây dựng những dãy số biểu hiện sự biến động của vòng năm trong thời gian dài, xây dựng những thang chuẩn của biến động vòng năm đối với từng vùng địa lý riêng biệt. Kết quả của những nghiên cứu đó sẽ làm sáng tỏ những ảnh hưởng định lượng của các nhân tố sinh thái, đặc biệt là hoạt động của mặt trời, đến sinh trưởng và năng suất của rừng.

Những nghiên cứu về sinh khí hậu còn được áp dụng để phân tích ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến sinh trưởng của các loài cây gỗ. Khi sử dụng phương pháp sinh khí hậu để phân tích biến động của tăng trưởng và phân hóa cây rừng của các lâm phần thông *Pinus sylvestris* ở Varônhêzơ (Russia), Vương Văn Quỳnh (1990) đã nhận thấy rằng những cây thuộc cấp sinh trưởng khác nhau có phản ứng không giống nhau với các điều kiện khí hậu. Ở những lâm phần non, tăng trưởng cây rừng phụ thuộc chặt chẽ vào khí hậu. Hoạt động của mặt trời ảnh

¹ Bioclimatology

hưởng trực tiếp và gián tiếp đến tăng trưởng cây rừng. Sinh trưởng của những cây thuộc cấp sinh trưởng kém phụ thuộc rất ít vào hoạt động của mặt trời. Oberhuber (2002) đã thiết lập tương quan giữa nhiệt độ và lượng mưa với biến thiên của chỉ số vòng năm của loài *Pinus longaeva*. Ông nhận thấy rằng bề rộng vòng năm nhỏ là do ảnh hưởng của nhiệt độ thấp. Fritts (1972) đã phát hiện thấy sự sinh trưởng của loài *Picea glauca* dọc theo các con kênh đào và các dòng suối phụ thuộc vào lượng mưa hàng năm. Vào những năm khô hạn, sự tăng trưởng của vòng năm kém hơn nhiều so với những năm có lượng mưa lớn.

Nhiều nhà nghiên cứu đều khẳng định rằng sinh trưởng của các loài cây gỗ có mối liên hệ chặt chẽ với các nhân tố khí hậu. Khi nghiên cứu hai loài *Abies lasiocarpa* và *Pseudotsuga menziesli*, Fritt (1980) đã nhận thấy rằng sinh trưởng của chúng có mối liên hệ chặt chẽ với nhiệt độ và lượng mưa. Chỉ số tăng trưởng đường kính của loài *Pseudotsuga menziesli* có mối quan hệ tuyến tính dương với lượng mưa từ tháng 7 năm trước đến tháng 1, 2, 6 và tháng 7 năm sau. Ngược lại, chỉ số tăng trưởng đường kính của loài *Abies lasiocarpa* có quan hệ tuyến tính dương với lượng mưa của các tháng 11 và 12 năm trước và tháng 2, 3 và 6 năm sau. Lượng mưa lớn giúp cho loài *Abies lasiocarpa* tăng trưởng trong một thời gian dài từ tháng 11 đến tháng 2. Nghiên cứu của Fritt và Mayer cũng cho thấy chỉ số tăng trưởng của cả hai loài trên đều có tương quan dương với nhiệt độ tháng 8 (tháng cuối mùa tăng trưởng).

Những quá trình diễn ra trong cơ thể sinh vật chịu ảnh hưởng cùng lúc của tất cả các yếu tố khí tượng và toàn bộ các nhân tố ngoại cảnh nói chung. Sự sống của cơ thể không thể tách rời khỏi một yếu tố nào trong tổng hợp môi trường sinh thái. Ảnh hưởng của một yếu tố đến cơ thể phụ thuộc vào giá trị của tất cả các yếu tố khác. Cùng một lượng mưa, trong trường hợp nhiệt độ không khí thấp có thể là đủ nước cho thực vật, nhưng trong trường hợp nhiệt độ không khí cao, thì lượng mưa ấy có thể là thiếu nước cho cây. Hiệu quả sử dụng ánh sáng có thể tăng lên hoặc giảm đi trong trường hợp đất được bón phân, tưới nước đầy đủ hoặc nghèo chất dinh dưỡng, khô hạn... Nói chung, khi đánh giá vai trò của nhân tố nào đó chúng ta cần phải xem xét nó trong mối quan hệ với các yếu tố khác của toàn bộ môi trường sinh thái.

Theo Eklund (1957), chỉ số tăng trưởng của loài *Picea excelsa* ở phía bắc Thụy Điển từ năm 1900 – 1944 có quan hệ chặt chẽ với một số yếu tố khí hậu theo dạng:

$$Y = 99,41 + 0,9188x_1 - 3,129x_2 - 2,405x_3 - 0,4282x_4;$$

trong đó x_1 là số ngày mưa từ 16 tháng 5 đến 31 tháng 7 cho những năm t có nhiệt độ bình quân cao nhất là 16°C , x_2 là sản lượng hạt giống của năm t , x_3 là sản lượng hạt giống của năm $t-1$, x_4 là nhiệt độ hàng ngày cao nhất của năm $t-1$. Lượng mưa cũng được đưa vào phân tích nhưng do hệ số hồi qui của nó không có ý nghĩa thống kê nên đã bị loại bỏ. Như vậy, bề rộng vòng năm gia tăng cùng với sự gia tăng số ngày mưa từ 16 tháng 5 đến 31 tháng 7. Ngược lại, khi nâng cao sản lượng hạt giống năm thứ t và $t-1$ và nhiệt độ hàng ngày cao nhất của năm $t-1$, thì bề rộng vòng năm sẽ giảm.

Khi nghiên cứu loài *Pinus halepensis* ở miền nam nước Pháp, Serre (1966) nhận thấy chỉ số vòng năm (Y) có quan hệ chặt chẽ với số năm liên tục từ năm 1 đến năm 21 (x_1), số ngày sau ngày 1 tháng giêng khi mùa hè khô bắt đầu (x_2), số ngày có tuyết rơi từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (x_3), tổng lượng mưa trong mùa khô (x_4), tổng lượng mưa trong mùa mưa (x_5) và độ dốc của các lâm phần nghiên cứu (x_6). Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 3,070 - 0,5965x_1 - 0,01811x_2 + 0,00208x_3 - 0,00018x_4 - 0,233392x_5 + 0,01199x_6$$

Bằng phương trình hồi qui tuyến tính, Schulman và Bryson (1965) đã dự đoán được vòng năm của loài *Quercus rubra* đạt tối đa khi thỏa mãn các điều kiện sau: lượng nước bốc hơi trong tháng 6 thấp, tổng lượng mưa trong tháng 5 và tháng 7 cao, nhiệt độ bình quân tháng 5 của năm trước thấp và lượng nước bốc hơi tháng 4 năm trước cao.

8.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU CỦA KHOA HỌC VỀ NIÊN ĐẠI THỰC VẬT

8.3.1. Các phân môn của khoa học về niên đại thực vật

Một số tác giả cho rằng, thuật ngữ “Khoa học về niên đại thực vật hay khoa học về tuổi thọ của cây¹” chỉ việc sử dụng lớp vòng năm của cây gỗ để ghi lại các sự kiện (De Martin, 1974; Bitvinskas, 1974). Tuy vậy, thuật ngữ “Khoa học về niên đại thực vật” có thể được sử dụng cho những nghiên cứu về môi trường và khí hậu. Khoa học về niên đại thực vật có thể được chia thành một số phân môn khác nhau. Một số môn áp dụng kiến thức của niên đại thực vật để nghiên cứu về môi trường và khí hậu. Tiếp đầu ngữ *dendro* có thể được sử dụng kết hợp với tên của một khoa học cụ thể. Chẳng hạn, thuật ngữ “Khí hậu thực vật²” biểu thị việc phân tích lớp vòng năm để nghiên cứu khí hậu quá khứ và hiện tại. Thuật ngữ “Lập bản đồ thực vật³” biểu thị việc phân tích lớp vòng năm để lập bản đồ khí hậu quá khứ và hiện tại. Thuật ngữ “Sinh thái thực vật⁴” biểu thị việc phân tích lớp vòng năm để nghiên cứu các quần xã sinh học trong quá khứ. Thuật ngữ “Thủy văn thực vật⁵” biểu thị việc phân tích lớp vòng năm để nghiên cứu các dòng chảy của sông - hồ, lịch sử lũ lụt. Thuật ngữ “Địa chất thực vật⁶” biểu thị việc phân tích lớp vòng năm để nghiên cứu các quá trình địa chất. Như vậy, những kiến thức của khoa học về niên đại thực vật có thể được áp dụng cho nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau.

8.3.2. Giá trị của khí hậu thực vật

Các lớp vòng năm trên thân cây cung cấp nhiều thông tin có giá trị về khí hậu quá khứ (Paleoclimate). Nguyên nhân là vì: (1) bề rộng vòng năm được đo để

¹ Dendrochronology

² Dendroclimatology

³ Dendroclimatography

⁴ Dendroecology

⁵ Dendrohydrology

⁶ Dendrogeomorphology

dành cho nhiều năm liên tục và chúng có thể được dùng để kiểm tra tài liệu khí hậu; (2) các vòng năm ghi lại chính xác các hiện tượng thời tiết của những năm mà chúng hình thành. Một số thông tin khí hậu quá khứ có thể được ghi lại liên tục và chính xác, còn một số khác có thể được suy diễn từ các vòng năm.

Số liệu vòng năm cũng có thể được sử dụng để truy tìm những biến động của khí hậu xuất hiện định kỳ theo một số năm nhất định. Sự tái hiện này có thể mở rộng cho việc ghi lại khí hậu quá khứ và làm tăng độ dài của chuỗi thời gian nhằm cải thiện các thông tin về biến động của khí hậu. Điều đó sẽ giúp chúng ta dự đoán được những biến đổi của khí hậu trong tương lai. Thông qua khám phá các lớp vòng năm, Lamb (1963) và Laduric (1971) đã ước đoán diễn biến của khí hậu 1000 năm về trước. Các nhà khí tượng thủy văn có thể ghi lại chính xác các biến đổi của khí hậu ở một vùng nào đó trên trái đất. Những thông tin của các vòng năm còn giúp chúng ta truy tìm biến động của khí hậu quá khứ và dự đoán diễn biến của khí hậu tương lai ở nhiều vùng khác nhau. Chẳng hạn như chúng giúp suy đoán sự lưu thông không khí; dự đoán sự xuất hiện tình trạng khí hậu xấu; dự đoán động đất, cháy rừng, dịch sâu hại...

8.3.3. Sức ép sinh học lên khoa học về khí hậu thực vật

Mối liên kết giữa khí hậu quá khứ với bề rộng lớp vòng năm đã được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Bởi vì, tăng trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng của những điều kiện cơ bản trong môi trường rừng. Một số lượng lớn các điều kiện môi trường thay đổi theo đời sống của cây gỗ và theo thời gian có thể ảnh hưởng lớn đến cấu trúc của cây gỗ. Những nhân tố giới hạn sinh trưởng của cây gỗ có thể được phân thành những yếu tố bên trong và bên ngoài. Những nhân tố giới hạn bên ngoài là nước, nhiệt độ, ánh sáng, dioxit các bon, ôxy và chất khoáng. Những nhân tố giới hạn bên trong là lượng dinh dưỡng, các chất khoáng, các chất điều hòa sinh trưởng, các enzym và nước. Trên thực tế, các yếu tố giới hạn bên trong phụ thuộc vào các yếu tố giới hạn bên ngoài. Sự tương tác phức tạp có thể xuất hiện giữa các yếu tố bên ngoài, các yếu tố bên trong, các quá trình sinh lý với tăng trưởng của cây. Một số yếu tố giới hạn đã được khám phá tương đối tốt. Hiện nay chúng ta vẫn còn thiếu những hiểu biết về mối quan hệ giữa những cây trưởng thành với các yếu tố môi trường. Hầu như những nghiên cứu về các mối liên hệ này chỉ thực hiện cho cây con trong vườn ươm, cây trồng trong nhà kính và rừng non. Rõ ràng là những nghiên cứu như thế không thể phản ánh đúng cho những cây trưởng thành trong tự nhiên.

Vào những năm gần đây, người ta cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của ánh sáng đến các lớp vòng năm ở cây gỗ. Kết quả nghiên cứu cũng được sử dụng để suy diễn ảnh hưởng của những yếu tố bên trong và bên ngoài cây gỗ. Các lớp tăng trưởng của thân cây gỗ là sự bao bọc của các tế bào. Chúng sắp xếp thành các vòng đồng tâm theo lát cắt ngang thân cây. Mỗi lớp vòng năm là kết quả của một lớp tăng trưởng. Mỗi lớp vòng năm được hình thành từ đầu mùa xuân và có thể kết thúc vào cuối mùa hè hoặc cuối mùa thu. Giữa hai lớp vòng năm có một ranh giới rõ ràng. Bởi vì các tế bào nằm dọc theo ranh giới bên trong của vòng năm thì rộng và có vách mỏng hơn so với các vách tế bào nằm ở ranh giới ngoài.

Không phải tất cả các vòng năm là những lượng tăng trưởng riêng biệt hàng năm. Khi gặp một số nhân tố giới hạn, tăng trưởng không thể bắt đầu và không có vòng năm nào được hình thành. Mặt khác, một thời kỳ không bình thường (stress) xuất hiện vào giữa mùa sinh trưởng có thể sinh ra hai hay nhiều lớp vòng năm vào cùng một năm. Trong trường hợp này, một cách đếm đơn giản các vòng năm từ ngoài vào trung tâm thân cây không thể sử dụng để xác định chính xác năm mà vòng năm được hình thành. Do đó, xác định tuổi từ những mẫu cây khác nhau là một công việc cần thiết.

Nhiều loài cây ở vùng nhiệt đới và á nhiệt đới ẩm sinh trưởng trong điều kiện môi trường ít gặp hoặc không gặp những yếu tố giới hạn. Tại đây cây gỗ có thể sinh trưởng liên tục và trong một lớp tăng trưởng có thể hình thành nhiều lớp gỗ trong cùng một năm. Các lớp vòng năm của nhiều cây gỗ biểu hiện thiếu rõ ràng. Vì thế, việc xác định tuổi cây và bề rộng các lớp vòng năm của những loài cây gỗ này nhằm nghiên cứu quan hệ giữa chúng với các yếu tố khí hậu cũng không thể thực hiện được dễ dàng.

Trong một số trường hợp, các yếu tố của lập địa và các yếu tố sinh lý ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây có thể lớn hơn các yếu tố khí hậu. Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của lớp vòng năm biểu hiện không rõ ràng trong các trường hợp mà lớp vòng năm rộng, hoặc khi cấu trúc của lớp vòng năm tương tự như nhau từ năm này đến năm khác.

8.4. NHỮNG NGUYÊN LÝ VÀ KHÁI NIỆM VỀ NIÊN ĐẠI THỰC VẬT

Mỗi khoa học đều tích lũy được một khối lượng kiến thức nhất định. Những kiến thức này có thể được hình thành từ những mẫu đo lặp và thực nghiệm. Những khái quát hoá kiến thức từ những mẫu đo lặp và thực nghiệm được gọi là các nguyên lý hoặc khái niệm. Sau đây giới thiệu một số nguyên lý và khái niệm cơ bản trong lĩnh vực khoa học về tuổi thọ của cây¹; trong đó hướng chủ yếu vào phân môn khí hậu thực vật.

8.4.1. Nguyên lý đồng dạng²

Khái niệm có tính nguyên lý đối với bất kỳ nghiên cứu quá khứ nào là nguyên lý “đồng dạng trong trật tự của tự nhiên”. Nguyên lý này do James Hutton đề xuất vào năm 1785. Nguyên lý đồng dạng trong trật tự của tự nhiên có thể được tóm lược chung như sau: Hiện tại là chìa khóa để khám phá quá khứ. Áp dụng vào lĩnh vực khoa học về tuổi thọ của cây, chúng ta có thể tóm tắt nội dung cơ bản của nguyên lý đồng dạng như sau:

Nguyên lý đồng dạng ngụ ý rằng, các quá trình vật lý và sinh học liên kết môi trường hiện tại với những biến động hiện tại trong tăng trưởng của cây gỗ cũng đã có trong quá khứ. Cũng như thế, các kiểu biến động thời tiết và các kiểu khí hậu quan sát được hôm nay cũng đã xuất hiện trong quá khứ. Nói như thế không có nghĩa là khí hậu hiện tại giống với khí hậu trong quá khứ. Mặc dù vậy, chúng ta có thể hiểu đơn giản là, nếu một kiểu điều kiện giới hạn trong quá khứ

¹ Dendrochronology

² Uniformitarian principle

đã ảnh hưởng đến hoạt động của cây như thế nào, thì chúng cũng ảnh hưởng đến các quá trình sống của cây hiện tại như thế; có chăng chỉ khác nhau về tần số, cường độ và khuynh hướng ảnh hưởng. Do đó, chúng ta có thể xây dựng mối quan hệ giữa biến động về tăng trưởng của cây gỗ với biến động của các yếu tố khí hậu trong quá khứ và hiện tại. Nhưng để làm được điều đó, điều quan trọng là toàn bộ dãy biến động khí hậu xuất hiện trong quá khứ cũng phải có trong mẫu môi trường hiện nay. Ví dụ, mẫu khí hậu hiện tại phải có ít nhất một năm khô hạn hoặc một năm ẩm ướt tương tự như mẫu khí hậu quá khứ. Nếu điều đó không xảy ra và điều kiện quá khứ nằm ngoài phạm vi của khí hậu hiện tại, thì những suy đoán từ vòng năm sẽ không phù hợp và không chính xác. Nếu những giả định của nguyên lý đồng dạng không được đảm bảo, thì các kết luận đưa ra là không có ý nghĩa.

8.4.2. Nguyên lý về các yếu tố giới hạn

Nguyên lý về các yếu tố giới hạn phát biểu rằng: Một quá trình sinh học, chẳng hạn như tăng trưởng, không thể diễn ra nhanh hơn khả năng cho phép của yếu tố giới hạn. Các yếu tố giới hạn có thể xuất hiện trong nhiều năm, nhưng mức độ và phạm vi ảnh hưởng có thể khác nhau. Nếu một yếu tố thay đổi mà vẫn chưa vượt ra ngoài giới hạn chịu đựng của cây, thì tốc độ tăng trưởng của cây vẫn tăng lên cho đến khi một số yếu tố khác trở thành yếu tố giới hạn. Ví dụ, trong thời kỳ thuận lợi nhưng không dư thừa độ ẩm, tăng trưởng của cây sẽ tăng lên cho đến khi nó bị giới hạn bởi điều kiện khác. Đây là một nguyên lý quan trọng đối với khoa học về tuổi thọ của cây gỗ. Bởi vì, bề rộng vòng năm chỉ có thể ghi lại rõ ràng năm hình thành khi một hoặc một số yếu tố môi trường trở thành yếu tố giới hạn. Các yếu tố giới hạn có thể tồn tại lâu dài và hoạt động trên một vùng địa lý rộng và ảnh hưởng giống nhau đến bề rộng vòng năm hoặc hình thái vòng năm của nhiều cây gỗ. Nguyên lý này ngụ ý rằng, những vòng năm hẹp hơn cung cấp nhiều thông tin chính xác về điều kiện khí hậu cực hạn hơn là các vòng năm rộng. Vào những năm có vòng năm rộng, các yếu tố có thể trở thành yếu tố giới hạn theo mức độ khác nhau ở mỗi cây. Điều đó tùy thuộc vào vị trí địa lý, yếu tố sinh thái và biến động của các yếu tố phi khí hậu. Như một kết quả, biến động rõ ràng trong các kiểu tăng trưởng có thể xuất hiện ở nhiều cây. Nếu tăng trưởng của một cây không bị giới hạn ở bất kể tuổi nào, thì các vòng năm của chúng không thể cung cấp cho ta những thông tin tốt về khí hậu.

8.4.3. Khái niệm về biên độ sinh thái

Mỗi loài cây, tùy theo yếu tố di truyền ấn định kiểu hình của nó, có thể sinh trưởng và tái sinh trên một phạm vi nơi ở nhất định. Phạm vi này được gọi là biên độ sinh thái của loài. Một số loài sinh trưởng trên một phạm vi không gian rất rộng, bởi vì đặc tính di truyền cho phép chúng có một biên độ sinh thái rộng. Một số loài khác chỉ sinh trưởng trên một phạm vi không gian hẹp, bởi vì đặc tính di truyền chỉ cho phép chúng sống trong một biên độ sinh thái hẹp. Một số loài chỉ sinh sống trong một vùng giới hạn, bởi vì chúng bị cách ly bởi các yếu tố địa lý.

Gần trung tâm phân bố địa lý, các loài thường gặp biến động lập địa rộng hơn. Tại đây các yếu tố khí hậu hiếm khi trở thành yếu tố giới hạn tăng trưởng. Yếu tố giới hạn chỉ xuất hiện vào những năm có khí hậu cực hạn hoặc ở những nơi có điều kiện sống bị giới hạn. Ở rìa ranh giới tự nhiên, các loài có thể xuất hiện trên một phạm vi tương đối nhỏ và tại đây khí hậu thường trở thành yếu tố giới hạn các quá trình sinh lý, kể cả tăng trưởng.

Thông thường tăng trưởng của cây gỗ ở gần giới hạn rừng khô chịu ảnh hưởng rất lớn của điều kiện khô hạn. Ngược lại, những cây mọc trên núi cao và vĩ độ cao lại chịu ảnh hưởng bởi yếu tố nhiệt độ. Những loài cây khác nhau có thể chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố sinh thái giống nhau, nếu chúng sinh trưởng trong những điều kiện tương tự như biên độ sinh thái của chúng. Chẳng hạn: (1) Những cây sống trên núi cao nhiệt đới có phản ứng với môi trường tương tự như cây sống ở phương bắc; (2) Những cây mọc ở địa hình thấp và những cây mọc ở phương nam có phản ứng giống nhau, nếu chúng đều sống gần với giới hạn rừng khô.

Những yếu tố sinh thái như thời gian chiếu sáng dài, mức độ che bóng, hàm lượng chất khoáng thấp thay đổi một cách không rõ rệt từ năm này qua năm khác cũng có thể là nhân tố giới hạn phân bố của thực vật. Chúng có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến động của lớp vòng năm. Những yếu tố phi khí hậu (lửa, dịch hại...) có thể ảnh hưởng không chỉ đến phân bố của thực vật, mà còn đến bề rộng vòng năm. Nhưng những ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu không thể sử dụng để suy đoán biến động của khí hậu, trừ trường hợp sự xuất hiện của chúng là do khí hậu gây ra.

8.4.4. Cách thức thu mẫu

Khi nghiên cứu khí hậu thực vật, điều quan trọng là phải chọn được những cây mẫu có biểu hiện rõ rệt ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến sinh trưởng của chúng. Chẳng hạn, khi xem xét ảnh hưởng của điều kiện khô hạn đến sinh trưởng của cây gỗ, chúng ta phải chọn những cây sống trong điều kiện thiếu nước. Lưu ý rằng, các nhà niên đại thực vật đòi hỏi mẫu nghiên cứu phải bao gồm một tập hợp những yếu tố giới hạn giống nhau đối với tăng trưởng của cây gỗ. Mẫu phân cấp được thu thập từ một tổng thể các bề rộng vòng năm phải chứa những thông tin bổ ích. Mẫu chọn như thế chỉ giới hạn ở một số loài có đặc tính di truyền nhất định. Sau khi chọn được một tổng thể như thế, người ta có thể chọn mẫu ngẫu nhiên từ tổng thể này. Việc chọn những cây chịu ảnh hưởng lớn của khô hạn cũng không khác với việc chọn một quần thể đồng nhất để kiểm định một biện pháp lâm sinh nào đó. Sự chọn lọc bao gồm việc giới hạn không gian thu mẫu đối với một số lượng nhỏ biến nhất định. Cách thu mẫu như thế có thể hạn chế bớt những biến động của lớp vòng năm do nhiều yếu tố môi trường cùng phối hợp ảnh hưởng.

Khi nghiên cứu khí hậu thực vật, các nhà niên đại thực vật phải áp dụng quy luật của các nhân tố giới hạn và khái niệm biên độ sinh thái nhằm thu được những thông tin cần thiết. Việc chọn lựa mẫu nghiên cứu như thế được gọi là chọn mẫu nghiên cứu hay chọn điểm thu mẫu¹. Khi nghiên cứu quan hệ giữa bề

¹ Site selection

rộng của lớp vòng năm với điều kiện khô hạn, điều quan trọng là phải chọn được những cây gỗ mọc ở những nơi khô hạn. Tại đây sinh trưởng của chúng bị giới hạn (kiểm soát) bởi điều kiện khô hạn. Khi nghiên cứu quan hệ giữa bề rộng của lớp vòng năm với điều kiện nhiệt độ, điều quan trọng là phải chọn được những cây gỗ mọc ở những nơi có địa hình cao hoặc vĩ độ cao. Bởi vì tại đây bề rộng của các lớp vòng năm ở cây gỗ bị giới hạn (kiểm soát) bởi điều kiện nhiệt độ. Trong các vùng khí hậu ôn đới và ẩm, bề rộng vòng năm của cây gỗ bị kiểm soát bởi môi trường cực hạn. Môi trường cực hạn này là do khí hậu gây ra. Vì thế, chọn mẫu cây nghiên cứu ở vùng khí hậu cực hạn cho phép chúng ta dễ dàng xác định tuổi cây và phân tích bề rộng vòng năm trong quan hệ với các yếu tố môi trường.

8.4.5. Tính nhạy cảm

Quan sát chi tiết cấu trúc các vòng năm của cây gỗ bằng kính lúp phóng đại có thể khám phá ra ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến bề rộng vòng năm. Những cây gỗ bị giới hạn bởi các yếu tố môi trường càng lớn, thì bề rộng vòng năm của chúng có biến động càng lớn. Các nhà niên đại thực vật gọi sự biến đổi của lớp vòng năm là tính nhạy cảm¹, còn hiện tượng bề rộng lớp vòng năm không biến đổi là tính thỏa mãn². Sự dao động của bề rộng các vòng năm có thể xác định được thông qua tính các đặc trưng thống kê. Khám phá ra những nguyên nhân làm cho các vòng năm thay đổi sẽ giúp ta hiểu rõ hơn về đời sống của cây gỗ.

8.4.6. Đối chiếu thời gian

Đối chiếu thời gian³ là một nguyên tắc quan trọng của khoa học về niên đại thực vật. Áp dụng nguyên tắc này có thể xác định được gần đúng thời gian hình thành các vòng năm. Bề rộng vòng năm phải được đối chiếu không chỉ ở tất cả các vòng năm trên một thân cây và trên những cây khác nhau của một quần thể nhất định, mà còn cả những cây thuộc các quần thể lân cận. Những biến động trong đặc tính của vòng năm, đặc biệt là bề rộng vòng năm, phải được kiểm tra và xác định tính tương đồng trong số các mẫu nghiên cứu của một vùng nhất định. Nếu sử dụng mẫu nghiên cứu lớn và hệ số tương đồng trong biến động các vòng năm của những cây khác nhau ở mức cao, thì năm hình thành vòng năm có thể xác định được chính xác. Nếu chúng ta biết rõ các yếu tố khí hậu và các yếu tố môi trường khác đã giới hạn sinh trưởng của cây gỗ, thì việc xác định đúng thời gian hình thành vòng năm sẽ thu được kết quả tốt hơn.

Trong lượng tăng trưởng hàng năm, những tế bào gỗ sinh ra sớm được gọi là gỗ sớm. Các tế bào hình thành gỗ sớm thường có kích thước lớn, vách tế bào mỏng hơn, mật độ thưa hơn, màu sắc tế bào nhạt hơn. Ngược lại, những tế bào gỗ sinh ra muộn hơn được gọi là gỗ muộn. Lớp gỗ muộn có kích thước nhỏ, được cấu tạo bởi những vách tế bào dày hơn, mật độ lớn hơn, màu sắc tế bào đậm hơn. Một sự bất ngờ thay đổi về kích thước và màu sắc giữa những tế bào hình thành

¹ Sensitivity

² Complacency

³ Crossdating

sớm và những tế bào hình thành muộn đã tạo ra ranh giới của các vòng năm. Đôi khi ngay trong một mùa sinh trưởng, điều kiện sinh trưởng thuận lợi có thể chuyển thành điều kiện xấu. Trong trường hợp ấy những tế bào hình thành vào lúc xuất hiện điều kiện sinh trưởng xấu sẽ có kích thước nhỏ, vách dày và mật độ cao hơn. Khi điều kiện sinh trưởng tốt hơn xuất hiện trở lại trước khi kết thúc mùa sinh trưởng, thì các tế bào hình thành lại có kích thước lớn, vách mỏng và mật độ cao hơn. Chính những thay đổi trong cấu trúc tế bào hình thành lượng tăng trưởng hàng năm đã tạo ra những lớp gỗ có ranh giới tương tự như ranh giới vòng năm. Hiện tượng đó được gọi là dải tăng trưởng trong năm hoặc vòng năm giả. Các vòng năm giả thường xuất hiện vào khoảng cuối mùa sinh trưởng. Vào những năm có khí hậu cực đoan, vòng năm không hình thành hoặc hình thành không rõ ràng trên thân cây. Trong trường hợp này, việc xác định vòng năm đòi hỏi sự thận trọng. Cần lưu ý rằng, các vòng năm giả chỉ xuất hiện trên một số cây sống trong môi trường cực đoan, nhưng đôi khi chúng cũng xuất hiện trên nhiều cây trong một vùng rộng lớn. Nếu việc xác định tuổi cây chỉ đơn giản bằng cách đếm các vòng năm từ phía ngoài vào phía tâm gỗ, thì chúng ta không thể xác định chính xác tuổi cây. Trong trường hợp xuất hiện vòng năm giả, tuổi cây chỉ được xác định đúng trên cơ sở so sánh vòng năm của nhiều cây hoặc đối chiếu thời gian hình thành các vòng năm.

Như vậy, đối chiếu thời gian bao gồm những thủ tục sau đây: (1) so sánh các kiểu vòng năm trong các mẫu; (2) kiểm định tính tương đồng của bề rộng vòng năm ở những cây khác nhau; (3) nhận biết sự thiếu trùng hợp nào đó; (4) suy đoán nơi vòng năm có thể không hình thành, vòng năm giả; (5) kiểm định cẩn thận cấu trúc các vòng năm khác nhau; (6) cuối cùng so sánh niên đại của những mẫu cây ở những vùng xung quanh.

8.4.7. Mẫu đo lặp

Số lượng mẫu nghiên cứu là một mối quan tâm lớn trong các nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật. Các mẫu sử dụng trong nghiên cứu khí hậu thực vật cần phải được kiểm tra và đối chiếu các vòng năm trên nhiều cây; đồng thời phải xác định rõ các vòng năm thiếu và vòng năm giả. Các mẫu đưa vào nghiên cứu phải có đầy đủ các vòng năm; đồng thời biến động của bề rộng các vòng năm phải tương đồng với nhau.

Mặt khác, giá trị trung bình của các phép đo lặp từ nhiều cây cung cấp ước lượng khí hậu tốt nhất. Điều đó xảy ra là vì biến động của bề rộng vòng năm có liên hệ chặt chẽ với biến động của khí hậu. Giá trị trung bình của bề rộng vòng năm được tính từ nhiều cây cho phép làm rõ không chỉ mối quan hệ giữa tăng trưởng với khí hậu, mà còn loại trừ hoặc giảm thiểu những ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu đến những cây riêng biệt trong một quần thụ và giữa các quần thụ khác nhau. Bề rộng vòng năm trên cùng một cây thường không đồng đều theo các hướng. Do đó, các phép đo lặp vòng năm trên một cây cũng cần phải được đặt ra. Các phép đo lặp cho phép so sánh biến động vòng năm trên cùng một cây và giữa những cây khác nhau của mẫu nghiên cứu. Nếu khí hậu ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của cây rừng, thì biến động vòng năm của tất cả các mẫu lặp trên cùng một cây và giữa những cây khác nhau là phù hợp với nhau. Khi đó công việc đối

chiều thời gian sẽ trở nên dễ dàng hơn. Trong trường hợp này, sự tương đồng giữa bề rộng các vòng năm có thể được phát triển từ một số lượng nhỏ cây gỗ. Nếu khí hậu không phải là một nhân tố giới hạn, thì biến động của các yếu tố phi khí hậu có thể gây ra sự khác biệt rõ rệt trong kích thước vòng năm giữa các cây gỗ. Sự khác biệt về sinh trưởng của những cây gỗ ở những lập địa kế bên có thể là do biến động trong cấu trúc quần thể và sự cạnh tranh giữa các cá thể. Trong trường hợp này, để làm rõ sự tương đồng trong sinh trưởng của các vòng năm chúng ta cần phải sử dụng một mẫu lập bao gồm nhiều cây gỗ của một lập địa. Bằng các thuật toán thống kê, chúng ta có thể tính được những đặc trưng sau đây: (1) hệ số tương đồng giữa các vòng năm trên nhiều cây mọc ở những vị trí khác nhau trong quần xã; (2) hệ số tương đồng giữa nhiều cây mọc ở những lập địa khác nhau trong cùng một đại khí hậu; (3) hệ số tương đồng giữa nhiều cây có tuổi khác nhau trong cùng một quần xã hoặc cùng điều kiện khí hậu; (4) biến động trung bình giữa các bề rộng vòng năm của nhiều cây trong một lập địa; (5) biến động vòng năm trên nhiều lập địa; (6) biến động vòng năm ngay trên một cây...

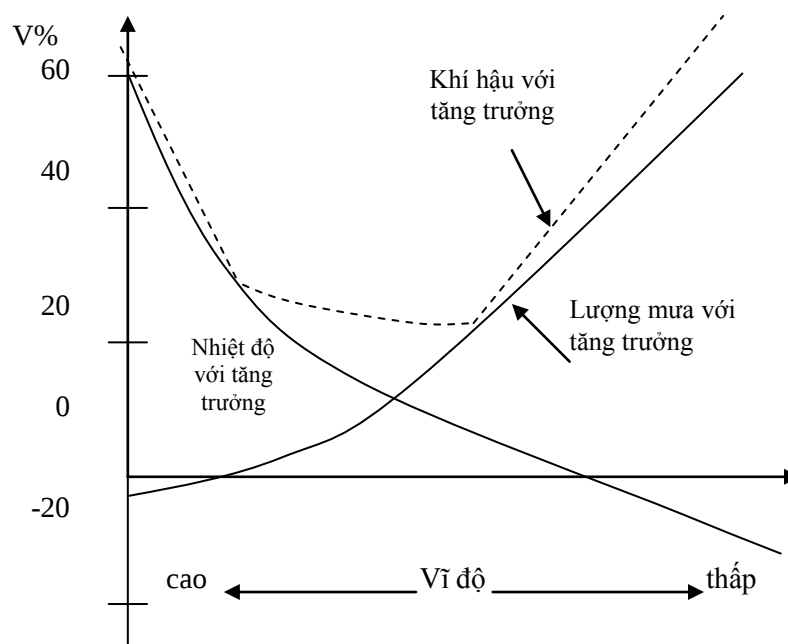
8.4.8. Chuẩn hoá

Chuẩn hoá là một thủ tục cơ bản trong khoa học về niên đại thực vật. Thủ tục này dựa trên một số nguyên tắc nhất định. Ở **chương 9** chúng ta sẽ thấy bề rộng của các vòng năm thay đổi không chỉ do sự dao động của các điều kiện môi trường, mà còn thay đổi có tính hệ thống theo tuổi cây, theo chiều cao của thân cây, theo các điều kiện và sức sản xuất của lập địa. Khi nghiên cứu biến động của vòng năm trong quan hệ với biến động của khí hậu, thông thường người ta phải loại trừ những thay đổi có tính hệ thống trong bề rộng vòng năm gây ra bởi tuổi cây, lập địa và sai số đo đạc... Sự hiệu chỉnh bề rộng vòng năm để loại bỏ những thay đổi do những yếu tố phi khí hậu (sai số đo đạc, tuổi cây, lập địa, địa hình, tác động của sinh vật và con người...) gây ra được gọi là chuẩn hoá. Các số hiệu chỉnh này được gọi là chỉ số bề rộng vòng năm. Các chỉ số nói chung không có khuynh hướng tuyến tính; trị trung bình của chúng bằng 1. Các chỉ số chuẩn hoá của nhiều cây được lấy trung bình để thu được Bảng niên đại trung bình (chỉ số chuẩn hoá trung bình) cho nơi lấy mẫu. Thuật ngữ Bảng niên đại hoặc Bảng niên đại bề rộng vòng năm được gọi là chỉ số chuẩn trung bình năm của những cây lấy mẫu ở một nơi nhất định. Chi tiết của thủ tục tính chỉ số chuẩn sẽ được giới thiệu ở **chương 13**.

8.4.9. Mô hình hoá mối quan hệ giữa tăng trưởng với môi trường

Những suy đoán về môi trường và khí hậu quá khứ có thể được thực hiện dựa theo một số ý tưởng hay mô hình về môi trường ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Mô hình có thể là một Bảng kê, một hàm số hoặc một biểu đồ mô tả một tập hợp các sự kiện và các mối quan hệ tương tác giữa chúng. Các mô hình có thể sắp xếp theo thứ tự từ đơn giản đến phức tạp. Chúng được rút ra từ những tổng quan tài liệu, từ các mẫu đo đếm ngoài trời hoặc từ nghiên cứu thực nghiệm. Các mô hình có thể được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau. Chẳng hạn như

mô hình 8.1 ở dạng biểu đồ dùng để chứng minh biến động của các vòng năm dưới ảnh hưởng của một hoặc hai yếu tố khí hậu.

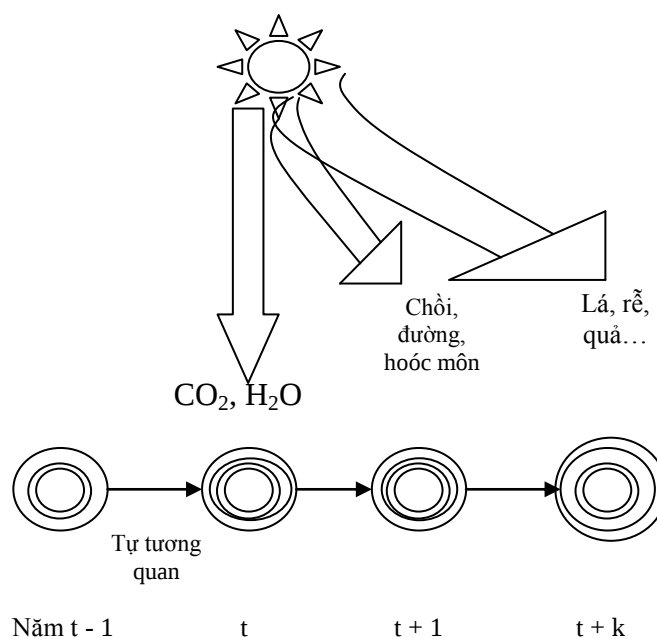


Hình 8.1. Biểu đồ mô tả biến động của vòng năm theo nhiệt độ và lượng mưa (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

Các mô hình khác nhau có thể xem như là một kiểm định giả thuyết bằng cách so sánh với thông tin rút ra từ mẫu đo đếm. Các mô hình thường được xem xét lại khi xuất hiện những tình huống mâu thuẫn hoặc số liệu đo đạc sai.

Khi các mô hình phản ánh đúng những mối liên hệ thực tế, thì chúng có thể được sử dụng để kiểm định hoặc suy đoán cho những trường hợp khác. Một mô hình ở dạng toán học hoặc mô hình nhận được từ suy luận thống kê có thể phục vụ cho việc mô tả đúng mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra của một hệ thống cụ thể. Bằng những thuật toán, chúng ta có thể xác định được những biến số và tham số của những mô hình toán học hoặc những mô hình thống kê. Sau đó những hàm số này được sử dụng để xác định ảnh hưởng của những thay đổi trong đầu vào đến đầu ra của hệ thống.

Ở **hình 8.2** mô tả ảnh hưởng của khí hậu năm t đến bề rộng vòng năm không chỉ của năm t , mà còn đến bề rộng vòng năm của năm $t + 1$ và $t + k$. Vì bề rộng vòng năm của năm t có liên hệ với bề rộng vòng năm của năm $t - 1$, nên mối quan hệ này được gọi là tự tương quan. Những mối liên hệ của bề rộng vòng năm với các yếu tố phi khí hậu có thể làm rối loạn (làm nhiễu) mối liên hệ của vòng năm với khí hậu. Chính vì thế, một số nhà nghiên cứu cũng đã mô tả ảnh hưởng của độ ẩm lập địa đến bề rộng vòng năm. Chi tiết về cách thức xây dựng mô hình sẽ được giới thiệu ở các chương 12 và 13.



Hình 8.2. Sơ đồ mô tả ảnh hưởng của khí hậu đến bề rộng vòng năm
 Các điều kiện khí hậu của năm t cũng có thể ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm của năm $t + 1$ đến $t + k$ thông qua ảnh hưởng đến chồi, hàm lượng đường và hoóc môn, lá, rễ... Vì bề rộng vòng năm của năm t và $t - 1$ có liên hệ với nhau, nên ảnh hưởng này được mô hình hoá như là tự tương quan trong bề rộng vòng năm (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

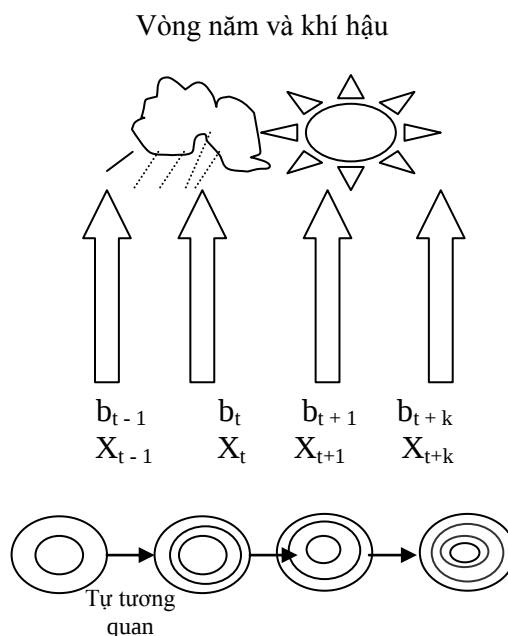
8.4.10. Cỡ mẫu và kiểm định

Từ kích thước của các vòng năm trên thân cây gỗ, chúng ta có thể suy đoán được các biến môi trường. Điều đó có thể thực hiện được bằng cách xây dựng mô hình thống kê (Hình 8.3).

Mô hình có thể bao gồm nhiều hệ số hoặc nhiều yếu tố tỷ lệ. Những hệ số của mô hình phản ánh tác động của các yếu tố môi trường đến bề rộng các vòng năm. Khi xác định được các hệ số hoặc các yếu tố tỷ lệ của mô hình (b_{t-1} , b_t , b_{t+1} , b_{t+k}), chúng ta nhân chúng với các bề rộng vòng năm hoặc các chỉ số vòng năm (X_{t-1} , X_t , X_{t+1} , X_{t+k}) của năm t . Kết quả nhận được phản ánh ảnh hưởng của khí hậu năm t đến chỉ số vòng năm của năm t . Hệ số b_{t-1} được đưa vào mô hình để làm chính xác mối liên hệ đối với những ảnh hưởng tự tương quan thống kê nào đó. Mô hình này cũng được sử dụng để khôi phục lại khí hậu ở những thời kỳ mà các chỉ số vòng năm đã biết nhưng không đo đạc được các yếu tố khí hậu. Nếu mô hình bao gồm các yếu tố khí hậu có quan hệ chặt chẽ với bề rộng vòng năm, thì nó có thể được sử dụng để làm rõ mối quan hệ nhân quả giữa bề rộng các vòng năm với các yếu tố khí hậu. Sau đó mô hình tương quan được sử dụng để khôi phục khí hậu quá khứ, thậm chí xác định các chuỗi nhân quả.

Khi thể những biến môi trường vào mô hình tương quan, kết quả nhận được bề rộng vòng năm hoặc chỉ số vòng năm. Những suy đoán rút ra từ bề rộng vòng năm có thể đem so sánh với những dữ liệu môi trường thực tế. Thủ tục này cho phép làm chính xác các ước lượng của mô hình. Việc kiểm định như thế là

cần thiết để chứng tỏ rằng những biến động được suy đoán là có thực. Những ghi chép về khí hậu quá khứ và những thông tin môi trường quá khứ cũng có thể được sử dụng để kiểm định. Chi tiết về vấn đề này được giới thiệu ở **chương 14 và 15**.



Hình 8.3. Mô hình đối với cỡ thống kê của hệ thống

Mô hình thu được từ các hệ số hoặc các yếu tố tỷ lệ (b_{t-1} , b_t , b_{t+1} , b_{t+k}) nhân với các bề rộng vòng năm hoặc các chỉ số vòng năm (X_{t-1} , X_t , X_{t+1} , X_{t+k}). Mô hình có thể được dùng để ước lượng hoặc tái hiện khí hậu ở năm t và $t - 1$. Hệ số b_{t-1} được đưa vào mô hình để làm chính xác mối liên hệ đối với những ảnh hưởng tự tương quan thống kê nào đó. Phỏng theo Fritts H. C (1971).

8.5. NHỮNG THỦ TỤC PHÂN TÍCH KHÍ HẬU THỰC VẬT

Phần 8.1 đã giới thiệu những định nghĩa về niên đại thực vật và khí hậu thực vật. **Phần 8.4** đã giới thiệu khái quát những nguyên lý và khái niệm cơ bản của khoa học về niên đại (tuổi thọ) của cây gỗ. Phần này chúng ta cần làm rõ những câu hỏi sau đây: (1) Phân tích khí hậu thực vật là gì? (2) Phân tích khí hậu thực vật có thể giải thích cho những vấn đề gì? (3) Để phân tích khí hậu thực vật, chúng ta cần phải thu thập bao nhiêu mẫu cây? (4) Phương pháp xử lý mẫu vòng năm được thực hiện ở trong phòng như thế nào? (5) Những dữ liệu về vòng năm và khí hậu được xử lý và phân tích như thế nào? (6) Những phân tích nào được làm đối với khí hậu quá khứ ?...

Trong phân tích khí hậu thực vật, chúng ta cần thực hiện một số thủ tục. Trước hết, chúng ta hãy giả định rằng, nhà khí hậu đang làm việc ở vùng bán khô hạn. Tại đây nhà khí hậu chỉ ghi lại được khí hậu của 20 - 30 năm. Bằng việc sử dụng các lớp vòng năm của những cây có tuổi thọ 200 - 300 năm, nhà khí hậu hy vọng có thể trả lời được một số câu hỏi sau đây: (1) Trị trung bình và biến động khí hậu của 200 - 300 năm qua như thế nào? (2) Những năm nào có khí hậu ẩm? (3) Những năm nào có khí hậu khô? (4) Cấu trúc khí hậu của vùng nghiên cứu

như thế nào; chẳng hạn khí hậu cực hạn lặp lại bao nhiêu năm một lần?...Ngoài ra, từ mô hình về sự hoạt động của không khí nhà kính cũng mong muốn có thể dự báo được khí hậu tương lai. Để đạt được mục đích đặt ra, nhà khí hậu có thể dựa vào những ghi chép khí hậu và mô hình diễn tả mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu.

Nhà khí hậu thực vật phải tiếp tục chọn lựa, xử lý số liệu và khai thác thông tin trong những vòng năm như thế nào? Trước hết, nhà khí hậu phải chọn số liệu từ những lập địa nào đó. Chẳng hạn, đầu tiên nhà khí hậu có thể chọn những khu rừng chưa bị tác động (rối loạn), tiếp theo chọn những khu rừng đã bị tác động do khai thác, lửa rừng và sâu bệnh...Trên những lập địa này, khí hậu phải là yếu tố giới hạn sinh trưởng của cây gỗ. Nếu cần tìm hiểu ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ, thì nơi lấy mẫu phải có trạm khí tượng. Trạm khí tượng có thể nằm ngay ở nơi lấy mẫu hoặc nằm cách nơi lấy mẫu từ 20 - 32 km, đôi khi đến 60 km. Trạm khí tượng đã ghi chép đầy đủ diễn biến thời tiết của một số năm. Những cây lấy mẫu phải thuộc những loài dễ bị tổn thương do khí hậu. Chúng sống ở đai độ cao thấp và khu vực khí hậu khô. Những cây lấy mẫu phải có hình dáng cân đối, cấu trúc vòng năm rõ ràng, không bị những tác động mạnh của những yếu tố phi khí hậu...

Những mẫu gỗ thường được thu thập bằng khoan tăng trưởng. Kể đến các mẫu gỗ được xử lý bằng cách bào nhẵn hoặc dùng dao sắc cắt dọc theo hướng xuyên tâm. Để quan sát rõ vòng năm, những mẫu gỗ cần phải được xử lý bằng nước vôi trong hoặc este. Để thu được những mẫu tốt, trước hết nhà nghiên cứu cần lấy một vài mẫu ở những lập địa tốt nhất bằng khoan tăng trưởng. Những mẫu này được xem xét các vòng năm để kiểm định biến động vòng năm và đối chiếu thời gian (xác định tuổi và năm lịch của từng vòng năm). Nếu bề rộng vòng năm lớn và biến động giữa các bề rộng vòng năm nhỏ, thì những cây mẫu này không biểu hiện rõ ảnh hưởng của các yếu tố giới hạn ở lập địa đó. Khi trường hợp đó xảy ra, nhà nghiên cứu cần phải thu thập những mẫu khác ở lập địa khô hơn, có nhiều đá hơn. Bởi vì trên lập địa này khí hậu có thể là yếu tố giới hạn tăng trưởng một cách rõ rệt. Lưu ý rằng, không nên chọn những mẫu cây sống ở những lập địa quá cực đoan. Bởi vì, tại đây nhiều vòng năm có kích thước rất nhỏ hoặc hình thành không rõ ràng. Điều đó có thể gây ra những khó khăn cho đo đạc vòng năm và đối chiếu thời gian. Nếu vòng năm trên thân của loài cây nghiên cứu biểu hiện không rõ ràng, thì nhà nghiên cứu cần phải chọn những loài cây khác.

Để xác định chính xác thời gian hình thành vòng năm, nhà nghiên cứu cần phải đối chiếu vòng năm trên nhiều cây có tuổi khác nhau ở lập địa được chọn thu mẫu. Việc đo lặp vòng năm trên hai hoặc bốn hướng theo đường kính thân cây là việc làm cần thiết. Những số liệu như thế cho phép phân tích không chỉ biến động vòng năm trên một cây, mà còn trên nhiều cây. Cũng cần lưu ý rằng, sau khi lấy mẫu gỗ, các mẫu gỗ này phải được bảo quản cẩn thận để tránh hư hỏng hoặc co rút không đều theo các hướng xuyên tâm. Để đạt được mục đích này, những mẫu gỗ cần được bảo quản cẩn thận trong những hộp kín. Thời gian bảo quản các mẫu gỗ trong các hộp kín không quá 3 - 7 ngày kể từ lúc thu mẫu. Sau khi hoàn thành công việc ở ngoài trời, các mẫu gỗ cần được đưa ngay về phòng để sấy khô, đối chiếu thời gian, đo đạc bề rộng vòng năm...Những công việc này đòi hỏi sự thận trọng, kiên nhẫn và chính xác. Đối chiếu thời gian là một công việc rất quan trọng

nhưng cũng rất khó khăn. Nó có thể được thực hiện bằng cách mục trắc, vẽ biểu đồ hoặc phân tích bằng máy tính. Để đạt được kết quả tốt, trước hết hãy phân tích và đối chiếu thời gian trên một vài cây nhất định, sau đó mở rộng cho nhiều cây.

Trong các vùng có khí hậu ôn hòa hoặc ẩm, biến động của bề rộng vòng năm có thể rất nhỏ. Điều đó gây khó khăn cho quan sát và đối chiếu thời gian bằng mắt. Trong trường hợp này, tốt nhất là đo đạc bề rộng vòng năm trước, sau đó tính các biến động vòng năm. Những tính toán này cho phép phân tích và đối chiếu thời gian chính xác hơn. Nếu một vài bề rộng vòng năm bị thiếu, thì việc phân tích thời gian bằng máy tính sẽ không thể đạt kết quả tốt bằng cách mục trắc. Để đảm bảo tốt cho công việc đối chiếu thời gian, nhà nghiên cứu cần phải đánh dấu cẩn thận những vòng năm đã được xác định rõ ràng năm hình thành.

Số lượng cây lấy mẫu là một vấn đề đáng quan tâm. Trên những lập địa cực đoan, số lượng cây mẫu dao động từ 10 - 20 cây. Trên những lập địa thuận lợi, số lượng cây mẫu dao động từ 20 - 60 cây hoặc hơn nữa. Nói chung số lượng cây mẫu không nên quá nhiều, cũng không nên quá ít. Cần lưu ý rằng, mục tiêu nghiên cứu của khí hậu thực vật là xác định rõ mối liên hệ giữa tăng trưởng vòng năm với các yếu tố khí hậu giới hạn sinh trưởng. Bởi vì trong cùng một lập địa, những cây gỗ mọc ở các vị trí khác nhau có thể nhận được điều kiện sống khác nhau, và do đó chúng có phản ứng khác nhau đối với những yếu tố khí hậu. Như đã chỉ ra ở các mục trên đây, những cây phản ứng rõ rệt với sự thay đổi của khí hậu là đối tượng thu mẫu tốt nhất. Vì thế, trong những nghiên cứu khí hậu thực vật người ta không chọn những cây mẫu một cách ngẫu nhiên, đồng thời dung lượng mẫu cũng không cần phải có số lượng lớn.

Sau khi đo đạc bề rộng vòng năm, nhà nghiên cứu cần phải mã hoá các vòng năm để tiện cho những tính toán sau này. Việc mã hoá có thể thực hiện bằng cách lập Bảng tần số bề rộng vòng năm, tính tần số lặp lại những năm khô hạn, cháy rừng, sâu hại... Đối với những cây có tuổi thọ lớn, chúng ta có thể tính bề rộng vòng năm trung bình cho khoảng 10 hoặc 20 năm. Sau đó lập đồ thị để chọn đường cong chuẩn hoá thích hợp.

Sau khi hoàn thành những công việc ở ngoài trời và trong phòng, việc phân tích số liệu được thực hiện theo trình tự 4 bước sau đây:

(a) Trước hết, bằng thuật toán thống kê nhà nghiên cứu làm phù hợp biến động bề rộng vòng năm của từng cây mẫu với một mô hình toán học nào đó. Từ mô hình phù hợp nhất, tính các bề rộng vòng năm tương ứng với tuổi cây và năm lịch nhất định. Kế đến chia trị trung bình bề rộng vòng năm của những cây mẫu cho trị trung bình của bề rộng vòng năm tính từ mô hình phù hợp. Kết quả nhận được các chỉ số sinh trưởng tương ứng với tuổi cây và năm lịch nhất định. Bằng cách đó nhà nghiên cứu có thể xác định được chỉ số sinh trưởng cho từng cây, nhóm cây và từng lập địa nhất định. Chỉ số sinh trưởng cũng có thể được tính bằng phương pháp bình quân trượt từ một nhóm $k = 2m + 1$ sự kiện (vòng năm), trong đó m là bước nhảy ($m = 1, 2, 3 \dots$ năm).

(b) Tính những đặc trưng thống kê từ các chỉ số sinh trưởng của mỗi chuỗi số liệu. Kết quả ở bước này cho phép phân tích đặc trưng mẫu.

(c) Mô hình hoá mối quan hệ giữa chỉ số sinh trưởng với các yếu tố khí hậu, đồng thời xác định khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ. Kết quả ở

bước này cho biết những biến khí hậu nào có ảnh hưởng rõ rệt đến biến động bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ.

(d) Từ mô hình mô tả mối quan hệ giữa chỉ số sinh trưởng với các yếu tố khí hậu ở bước 3, tính các đặc trưng khí hậu quá khứ. Kế đến kiểm định số liệu được tính từ mô hình với các số liệu thực tế khác. Sau đó các số liệu khôi phục khí hậu quá khứ được so sánh với tài liệu khí hậu đo đạc thực tế.

Tăng trưởng của cây gỗ cho phép chúng ta phát triển nhiều mô hình thống kê khác nhau. Chẳng hạn, chúng ta có thể làm phù hợp mối quan hệ giữa tăng trưởng với từng yếu tố khí hậu hoặc với nhiều yếu tố khí hậu của từng tháng trong năm hoặc với nhiều tháng gộp lại trong một năm... Từ các mô hình này, nhà nghiên cứu có thể trả lời được nhiều câu hỏi khác nhau: (1) Biến khí hậu nào có ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng cây rừng? (2) Thời tiết của những tháng nào trong năm có ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng cây rừng? (3) Sinh trưởng của cây rừng chịu ảnh hưởng tổng hợp của những yếu tố môi trường nào?...

8.6. NHỮNG ĐỊNH NGHĨA VÀ KHÁI NIỆM KHÁC

Ở mục 8.4 chúng ta đã xem xét một số khái niệm cơ bản về niên đại thực vật và khí hậu thực vật... Dưới đây chúng ta xem xét thêm một số khái niệm khác có liên quan đến việc nghiên cứu quan hệ giữa sinh trưởng của cây gỗ với khí hậu.

8.6.1. Phạm vi của khí hậu

Khí hậu được định nghĩa đơn giản là các hiện tượng khí tượng biểu thị thời tiết xuất hiện trong một thời gian dài. Khí hậu bao gồm các quá trình trao đổi năng lượng và vật chất giữa trái đất và không khí. Năng lượng có thể được biểu thị bởi nhiệt độ, năng lượng bức xạ, sự vận động và điều kiện của các chất lỏng và chất khí của trái đất. Tập hợp những điều kiện khí hậu được biểu thị qua những giá trị trung bình, phương sai và các cực trị (lớn nhất, nhỏ nhất) đại diện cho một vùng trong thời kỳ nhiều năm được gọi là đại khí hậu. Số liệu dùng để mô tả đại khí hậu thường dựa vào dữ kiện khí tượng của 30 năm hoặc nhiều hơn. Những số liệu khí tượng này được thu từ các trạm đơn lẻ hoặc từ các trị trung bình của nhiều phép đo ở các trạm thuộc các vị trí khác nhau trong một vùng nhất định.

Theo Gates và Mintz (1975), khí hậu là một hệ thống các đặc tính và quá trình nhất định. Khí hậu được phản ánh qua những biến số sau đây:

- Những đặc tính về nhiệt hay năng lượng như nhiệt độ không khí, nhiệt độ nước, nhiệt độ băng hà, nhiệt độ trên đất liền (lục địa).
- Những đặc tính về động lực như gió và dòng hải lưu, sự vận động của không khí theo chiều thẳng đứng, sự vận động của băng hà.
- Những đặc tính của nước như độ ẩm không khí, tình trạng mây và hàm lượng nước của mây, nước ngầm, mực nước hồ, hàm lượng nước của tuyết và đất, băng trên biển.
- Những đặc tính tĩnh như áp suất và tỷ trọng của không khí và nước biển, thành phần không khí (khô), độ mặn của đại dương, các ranh giới và hằng số vật lý của hệ thống.

Những biến số này được liên kết với nhau bởi các quá trình vật lý xuất hiện trong hệ thống, chẳng hạn như mưa và bốc hơi nước, bức xạ, sự truyền nhiệt và sự vận động bởi bình lưu, đối lưu và nhiễu loạn.

Bảng 8.1. Những thành phần của hệ thống khí hậu - thực vật bao hàm trong khí hậu thực vật và phạm vi không gian và thời gian của chúng

Mức	Thành phần	Phạm vi không gian	Phạm vi thời gian
1	Đại khí hậu	Vùng	Nhiều năm
2	Trạng thái khí hậu	Vùng	Một tháng đến nhiều năm
3	Thời tiết	Vùng và địa phương	Nhiều phút đến nhiều ngày
4	Tiểu khí hậu	Địa phương	Nhiều phút đến nhiều năm
5	Môi trường hoạt động	Bề mặt cây	Tức thời đến nhiều năm
6	Quá trình của thực vật	Phần tử	Tức thời đến nhiều giờ

Thuật ngữ đại khí hậu ngụ ý rằng, khí hậu là biểu hiện của một hệ thống ổn định ít hay nhiều. Đại khí hậu là tần số trung bình của những trạng thái khí hậu khác nhau tồn tại trong thời gian một tháng đến nhiều năm (Bảng 8.1). Những thay đổi về tần số của các trạng thái khí hậu có thể được quy cho những đặc tính vận động chậm của hệ thống khí hậu. Chẳng hạn như biến thiên của nhiệt độ đại dương và sự vận động của đại dương, những thay đổi về sự che phủ của băng và tuyết, những thay đổi trong sự lan truyền không khí, thay đổi trong sự phát xạ của mặt trời...

Những ước lượng của đại khí hậu nói chung là kém chính xác. Điều đó xảy ra là do nhiều nguyên nhân: (1) mạng lưới trạm khí tượng còn ít, (2) trạm khí tượng chưa đại diện cho cả vùng, (3) thiếu dụng cụ đo đạc, (4) thời gian thu thập dữ liệu khí tượng rất ngắn và đôi khi không liên tục...

Thuật ngữ khí hậu còn bao gồm thành phần mùa. Nó biểu thị sự biến động của khí hậu trong chu kỳ năm. Thuật ngữ thời tiết biểu thị những biến động của hệ thống khí hậu trong một khoảng thời gian ngắn. Thời tiết bao gồm tất cả những hiện tượng khí tượng thay đổi trong vài phút và từ ngày này đến ngày khác. Ví dụ: mưa, độ ẩm không khí, nhiệt độ không khí, độ chiếu sáng, gió và các yếu tố khác có ảnh hưởng đến hoạt động sống hàng ngày của sinh vật.

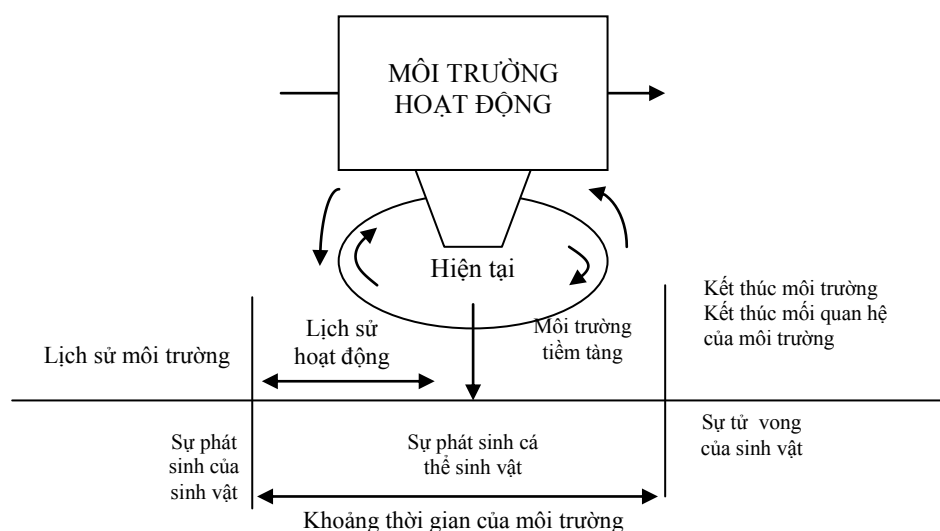
Mỗi loài sinh vật chỉ sống trong một chế độ thời tiết nhất định. Ví dụ cây gỗ chỉ chịu ảnh hưởng của điều kiện độ ẩm đất xung quanh rễ của nó; bức xạ mặt trời rơi trên lá cây, nhiệt độ và sự vận động của không khí xung quanh tán lá và thân cây. Toàn bộ các thành phần khí tượng xuất hiện bên trong một vị trí cục bộ được gọi là tiểu khí hậu. Thuật ngữ tiểu khí hậu, cũng giống như đại khí hậu, có thể biểu thị cho tập hợp thời tiết cục bộ trong nhiều năm. Tuy vậy, trong thực tế tiểu khí hậu chỉ bao gồm những số đo hiện tượng khí tượng tương đối ngắn ở một nơi nhất định.

Tiểu khí hậu có ảnh hưởng rõ rệt đến sự sống của một sinh vật và các bộ phận của nó. Thật vậy, những lá cây ở phần trên tán rừng nhận được ánh sáng trực tiếp với cường độ cao, còn lá ở trong tán rừng chỉ nhận được ánh sáng tán xạ. So với những lá nằm trong tán cây, nhiệt độ ở bề mặt những lá cây phân bố ở lớp trên tán rừng có trị số cao hơn. Gió có thể làm thay đổi độ ẩm không khí, hàm

lượng CO₂ và O₂, nhiệt độ không khí ở các tầng cao khác nhau trong tán rừng. Ở gần sàn rừng độ ẩm không khí rất cao, nhưng nhiệt độ và cường độ ánh sáng rất thấp. Tiểu khí hậu của đỉnh núi có thể khác với tiểu khí hậu của thung lũng. Sự khác biệt ở đây có thể do sự khác biệt của gió và không khí lạnh về ban đêm.

8.6.2. Phạm vi môi trường

Chúng ta dễ dàng nhận thấy rằng, không phải tất cả các thành phần của tiểu khí hậu đều có ảnh hưởng đến thực vật. Ngược lại, chỉ có một số thành phần của khí hậu giới hạn một số quá trình sinh lý mới ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Mason và Langenheim (1957) cho rằng, thuật ngữ môi trường hoạt động được sử dụng cho tất cả các mối quan hệ xuất hiện giữa các thành phần tiểu khí hậu và các quá trình sinh lý. Họ cũng cho rằng chỉ có các hiện tượng riêng biệt mới tham gia vào các mối liên hệ tại một thời điểm nhất định. Những hiện tượng ấy mới được coi là môi trường (Hình 8.3).



Hình 8.3. Biểu đồ mô tả khái niệm môi trường. Môi trường là khái niệm có quan hệ với sinh vật. Môi trường chỉ tồn tại khi nó có sự tương tác với sinh vật tại thời điểm nào đó. Các thành phần của môi trường thay đổi cùng với lịch sử sự sống của sinh vật. Môi trường bắt đầu từ khi sinh vật sinh ra và kết thúc khi sinh vật chết. Môi trường trước thời điểm xem xét (hiện tại) là môi trường lịch sử, còn môi trường sau thời điểm xem xét là môi trường tiềm tàng. Môi trường hoạt động có thể chịu ảnh hưởng bởi môi trường lịch sử. Sự biến đổi ấy được hiểu như là diễn thể của quần xã sinh vật trên lập địa này. Phỏng theo Fritts H. C (1971).

Các yếu tố của môi trường hoạt động có thể thay đổi theo ngày, tháng, mùa và năm và theo hoạt động của sinh vật. Ví dụ, nhiệt độ và độ ẩm là hai yếu tố môi trường rất quan trọng đối với cây mầm; ánh sáng và chất khoáng của đất là những yếu tố quan trọng đối với cây con và cây trưởng thành. Môi trường hoạt động cũng có thể ảnh hưởng rất phức tạp đến thực vật, nhất là những cây con sống dưới tán rừng tự nhiên.

Mỗi yếu tố môi trường có thể tham gia vào nhiều mối liên hệ tương tác trong các bộ phận khác nhau của thực vật, trong các thời điểm khác nhau của năm và trong thời kỳ khác nhau của đời sống thực vật. Đối với mục đích phân tích tăng trưởng, người ta chỉ xem xét những yếu tố môi trường có ảnh hưởng xấu hoặc tốt đến tăng trưởng của cây. Chẳng hạn, sự nâng cao bức xạ mặt trời dẫn đến làm tăng cường độ ánh sáng và nhiệt độ trên bề mặt lá cây. Đến lượt mình, sự gia tăng cường độ ánh sáng có thể làm tăng quang hợp và sức sản xuất của cây. Nhưng sự nâng cao nhiệt độ lại dẫn đến làm tăng thoát hơi nước và tiêu hao dinh dưỡng. Nhiệt độ cao và cường độ ánh sáng mạnh có thể làm tăng cường quá trình thoát hơi nước ở thực vật và có thể ảnh hưởng xấu đến nhiều quá trình sinh lý của cây. Nhiệt độ cao và cường độ ánh sáng mạnh còn làm tăng bốc hơi nước từ đất, làm tăng nhiệt độ bề mặt đất. Điều đó dẫn đến đất bị khô. Sự suy giảm độ ẩm đất có thể tác động đến sự hấp thu nước của cây, do đó tăng trưởng của cây bị suy giảm. Bức xạ mặt trời chỉ ảnh hưởng tốt đến cây khi nhiệt độ môi trường và độ ẩm đất ở mức thuận lợi cho cây.

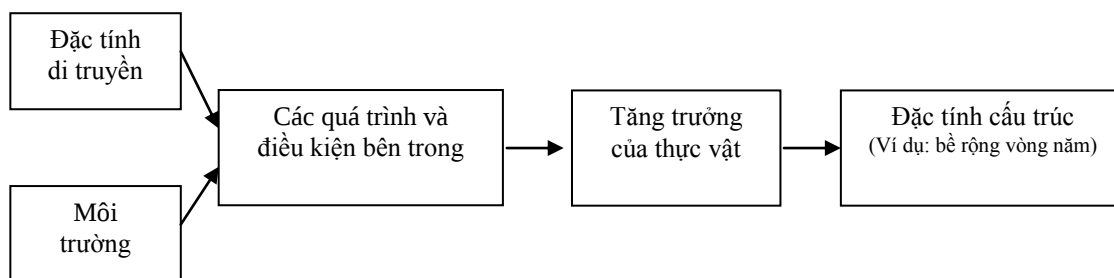
Nhiều yếu tố khác (lửa, côn trùng, bệnh...) cũng là những yếu tố môi trường. Mason và Langenheim (1957) đã phân chia những yếu tố này vào nhóm môi trường tiềm tàng. Môi trường tiềm tàng có thể được xem như là những yếu tố sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của sinh vật. Những biến động trong bề rộng vòng năm và cấu trúc tế bào giống như một giác quan hay “nhà biên niên sử” ghi lại lịch sử biến động của môi trường hoạt động trong quá khứ.

Mason và Langenheim (1957) đã loại bỏ khỏi khái niệm môi trường bất kỳ hiện tượng nào không ảnh hưởng trực tiếp đến cây gỗ. Những yếu tố bị loại bỏ bao gồm những yếu tố gián tiếp và những tương tác xảy ra do sinh vật phản ứng trở lại với những tác động của môi trường, kể cả những yếu tố mà sinh vật không có yêu cầu. Những hiện tượng ấy là một phần của lịch sử môi trường như đã mô tả ở **hình 8.3**, nhưng chúng không phải là một bộ phận của môi trường hoạt động. Tuy vậy, lịch sử tự nó có thể là quan trọng, bởi vì lịch sử là sự nối tiếp các sự kiện. Chính nhờ có những điều kiện trước đó mà điều kiện sau mới xuất hiện. Đến lượt mình, điều kiện sau lại trở thành một bộ phận của môi trường hoạt động. Sự khác biệt giữa lịch sử môi trường và lịch sử hoạt động cũng được mô tả ở **hình 8.3**. Cuối cùng điều quan trọng nhất đối với phân tích vòng năm là trạng thái môi trường kể từ khi sinh vật bắt đầu sự sống và kéo dài theo sự phát triển của sinh vật đến khi sinh vật chết. Trong toàn bộ khoảng thời gian phát triển của sinh vật, chúng ta có thể quan sát được môi trường vào một thời điểm bất kỳ nào đó. Trên **hình 8.3** thời điểm ấy được diễn tả là thời gian hiện tại. Môi trường hoạt động sẽ kết thúc vào lúc sinh vật tử vong. Bởi vì, cái chết đánh dấu sự kết thúc mối quan hệ giữa sinh vật với môi trường.

8.6.3. Phạm vi quá trình sinh lý

Các quá trình sinh lý là những biến đổi về mặt vật lý và sinh hoá diễn ra ở bề ngoài của cây và trong toàn bộ cấu trúc sống của cây. Toàn bộ các phản ứng, sự phát triển và cấu trúc của sinh vật là kết quả tích lũy tác động của môi trường đến các quá trình tăng trưởng. Tuy vậy, tất cả các quá trình sinh lý cũng phụ thuộc vào đặc tính di truyền của cá thể.

Hình 8.4 mô tả những mối quan hệ giữa đặc tính di truyền với môi trường và giữa môi trường với sinh vật. Đặc tính di truyền có thể ấn định các quá trình và điều kiện diễn ra trong cơ thể sinh vật. Môi trường cũng có ảnh hưởng đến các quá trình và điều kiện diễn ra trong cơ thể sinh vật. Phạm vi biến đổi của mỗi yếu tố môi trường có thể trở thành yếu tố giới hạn sinh trưởng của sinh vật. Điều kiện bên trong cơ thể sinh vật, kể cả trong quần xã sinh vật, cũng có thể xuất hiện và làm biến đổi tác động của môi trường bên ngoài. Chẳng hạn, sự phát triển mạnh của hệ thống tán cây đã dẫn đến làm suy yếu ánh sáng và nhiệt độ dưới tán rừng...



Hình 8.4. Mối quan hệ giữa đặc tính di truyền với môi trường và giữa môi trường với sinh vật

Một vài yếu tố của môi trường hoạt động, chẳng hạn như sương giá hoặc khô hạn, có thể ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng và cấu trúc vòng năm. Chúng có thể ảnh hưởng đến các quá trình của cây và tạo ra một loạt các phản ứng trong cây. Những yếu tố này cũng có thể ảnh hưởng đến các quá trình làm thay đổi và giới hạn tăng trưởng. Những yếu tố khác của môi trường hoạt động, chẳng hạn như sự thiếu hụt nước về mùa đông hay mùa khô, có thể không ảnh hưởng đến tăng trưởng của thực vật. Bởi vì vào thời điểm này đa số cây gỗ ngừng tăng trưởng. Mặc dù vậy, chúng cũng có thể ảnh hưởng đến các quá trình diễn ra bên trong cơ thể cây rừng. Đến lượt mình, các quá trình này có thể tác động xấu đến tăng trưởng của cây vào mùa sinh trưởng năm sau. Các yếu tố như cạnh tranh nước, che bóng, sự hình thành đất, địa hình... cũng tạo ra sự thay đổi có tính hệ thống trong môi trường hoạt động. Mặc dù những yếu tố này thay đổi có tính hệ thống và rất chậm trong suốt quá trình sống của cây, nhưng chúng cũng làm thay đổi cấu trúc và kích thước vòng năm. Những yếu tố khác như cái chết của kẻ láng giềng, lửa, nhiễm bẩn, hiện tượng rụng lá do hoạt động của côn trùng có thể gây ra những biến đổi đột ngột trong môi trường và trong cấu trúc của cây gỗ. Một sự bất ngờ gia tăng hoặc giảm thấp sinh trưởng thường dẫn đến sự điều chỉnh có tính hệ thống trong cây gỗ và những kẻ láng giềng dần dần tạo ra thế cân bằng mới bên trong sự thay đổi này.

8.7. HỆ THỐNG TĂNG TRƯỞNG - KHÍ HẬU

Bảng 8.1 trên đây đã liệt kê các thành phần của một hệ thống mà trong đó các thành phần thời tiết và khí hậu có ảnh hưởng đến tiểu khí hậu, đến môi trường hoạt động và các quá trình sinh lý kiểm soát sinh trưởng của cây gỗ. Ở các chương tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét tính đa dạng của các quá trình vật lý và sinh học. Những quá trình này bao gồm nhiều mối liên kết giữa tăng trưởng của cây gỗ với môi trường. Chúng ta cũng sẽ xem xét những mô hình chứng tỏ nhiều tương tác và mối quan hệ đan xen lẫn nhau. Tuy vậy, mặc dù có nhiều tương tác và mối quan hệ ngược phức tạp, nhưng hệ thống vẫn vận động theo một hướng, bắt đầu với đầu vào là các yếu tố khí hậu và kết quả với đầu ra là bề rộng vòng năm.

Mức độ của mối quan hệ nhân - quả, đó là ảnh hưởng mà hiện tượng này có trước hiện tượng khác, được gọi là sự nối kết. Ngược lại, sự liên kết giữa các biến động trong hai hiện tượng mà không quan tâm đến nguyên nhân và kết quả được gọi là tương quan. Nhiều hiện tượng nối kết trực tiếp với nhau được gọi chung là tương quan. Trái lại, nhiều hiện tượng có quan hệ với nhau nhưng không có nối kết trực tiếp. Tuy vậy, thông thường tương quan giữa hai hiện tượng ít nhất cũng là sự nối kết gián tiếp. Những chuỗi dài liên kết nhân - quả có thể có liên quan với nhau.

Ví dụ, các biến động trong tiểu khí hậu rừng từ ngày này qua ngày khác có liên hệ ít nhiều với các biến động thời tiết trong vùng. Bởi vì hệ thống thời tiết kiểm soát phần nhập và phần xuất năng lượng và độ ẩm có thể dùng được trong tiểu khí hậu. Nhiệt độ của bề mặt lá đơn có liên kết chặt chẽ với không khí xung quanh, với nguồn năng lượng được lá hấp thu và cho đi qua, với cách phân phối năng lượng trong lá... Một số quá trình sinh lý trong lá cây có thể chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Đến lượt mình, nhiệt độ lại liên kết với các điều kiện có ảnh hưởng đến tăng trưởng.

Vì có rất nhiều lá trong tán cây, nên những hoạt động của các mô sinh trưởng ở gốc cây có liên hệ chặt chẽ với các điều kiện trong bất kỳ lá nào. Nhưng những hoạt động của các mô sinh trưởng có thể có quan hệ nhiều hơn với điều kiện trung bình của tất cả các lá. Ngoài ra, vì bề rộng của vòng năm là trị trung bình của các quá trình tăng trưởng trong suốt mùa sinh trưởng, nên bề rộng của vòng năm cũng có mối liên kết chặt chẽ với các điều kiện trong cây ở bất kỳ thời gian nào. Như vậy, bề rộng vòng năm không có quan hệ chặt chẽ với các điều kiện cụ thể nào trong cây, mà nó chỉ có quan hệ chặt chẽ với các điều kiện được lấy trung bình theo không gian (các mô của cây) và theo thời gian (các tháng trong năm).

Từ những thảo luận trên đây cho thấy, cùng với nhiều quá trình xuất hiện trong cây, cũng có nhiều cách thức cho mối quan hệ nhân - quả, có nhiều trạng thái tiểu khí hậu từ đỉnh tán cây đến hệ rễ cây. Những thảo luận trên đây cũng cho thấy, những bằng chứng chứng tỏ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu có mối quan hệ với nhau có vẻ thiếu rõ ràng. Tuy nhiên, để làm rõ mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu, chúng ta phải chọn lựa được những cây mẫu thỏa mãn một số điều kiện sau đây: (1) Những quá trình kiểm soát tăng trưởng của những cây mẫu có quan hệ chặt chẽ với các biến khí hậu; (2) Những vòng năm

được thu thập trên một cây mẫu hoặc nhiều cây mẫu không còn chứa những biến động do ảnh hưởng của lập địa.

Như vậy, những biến động của niên đại bề rộng vòng năm từ năm này đến năm khác có quan hệ với các biến động của khí hậu là do một số nguyên nhân sau đây: (1) các quá trình sống của cây có liên hệ chặt chẽ với môi trường, (2) tính đa dạng của tiểu khí hậu, (3) những chỉ số vòng năm đã được lấy trung bình từ nhiều cây. Chúng ta có thể sử dụng mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm của nhiều cây với khí hậu miền để khôi phục lại những biến động của khí hậu quá khứ từ những biến động của các vòng năm trong quá khứ.

Khi mẫu vòng năm được thu thập từ những cây gỗ chịu ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu (lửa, dịch hại, khai thác rừng...), thì biến động vòng năm ở những cây gỗ này biểu hiện không rõ mối quan hệ với khí hậu. Ngược lại, những biến đổi dị thường trong chuỗi vòng năm của những cây mẫu này chỉ phản ánh tính dị thường của lập địa, mà không phản ánh rõ biến động của khí hậu. Vì thế, những cây gỗ này không được sử dụng để mô tả những biến động của đại khí hậu. Tuy vậy, nếu chúng ta quan tâm đến các yếu tố phi khí hậu, thì những cây như thế sẽ được sử dụng để tính thời gian và đo đặc mức ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu. Những vòng năm được thu thập từ những cây sống trong điều kiện có những rối loạn có thể chứng minh cho quy mô hay phạm vi rối loạn. Những cây chịu ảnh hưởng đồng thời của các yếu tố khí hậu và phi khí hậu có thể được sử dụng để phân tích ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố khí hậu và phi khí hậu.

Nói chung, việc thu mẫu, đánh giá và sử dụng bề rộng vòng năm phụ thuộc rất nhiều vào công việc điều tra. Trong nhiều trường hợp, sự thành công của nghiên cứu phụ thuộc rất nhiều vào khả năng của điều tra viên. Chẳng hạn: (1) Điều tra viên có khả năng giải mã tính rõ ràng trong kết cấu của vòng năm hay không? (2) Điều tra viên có khả năng liên hệ tính rõ ràng của vòng năm với các quá trình ảnh hưởng đến tăng trưởng hay không? (3) Điều tra viên có khả năng mô hình hoá và phân tích các mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với các biến khí hậu và phi khí hậu hay không? (4) Kiến thức của điều tra viên về thực vật, khí tượng - thủy văn, đất và lập địa, hình thái - giải phẫu thực vật, sinh lý - sinh hoá thực vật có tốt hay không ?...

Ở những chương sau chúng ta sẽ nghiên cứu những số liệu về tăng trưởng, thảo luận các quá trình sinh lý đóng góp nhiều nhất vào biến động vòng năm, xác định những biến môi trường có thể ảnh hưởng đến các quá trình sinh lý của cây gỗ và mối liên hệ giữa chúng với các yếu tố khí hậu. Chúng ta cũng sẽ xem xét các mô hình diễn tả mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với nhiệt độ không khí và lượng mưa... Từ **chương 12 - 15**, chúng ta sẽ xem xét các đặc trưng thống kê và phân tích thống kê các bề rộng vòng năm, mô tả những cách thức xác định biến động vòng năm với biến động khí hậu, những cách thức cơ bản để khôi phục lại khí hậu quá khứ bằng cách sử dụng số liệu vòng năm...

Chương 9

TĂNG TRƯỞNG VÀ CẤU TRÚC

9.1. GIỚI THIỆU

Những hiểu biết về tăng trưởng của cây gỗ và cấu trúc gỗ là cần thiết để xây dựng mô hình biểu thị mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố môi trường. Thật vậy, kiến thức về tăng trưởng của cây gỗ và cấu trúc gỗ cho phép giải thích: (1) Biến động về khí hậu có ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm như thế nào? (2) Nguyên nhân nào dẫn đến tăng trưởng theo mùa và theo cả đời sống của cây? (3) Các yếu tố khí hậu ảnh hưởng đến các quá trình hóa - lý kiểm soát sinh trưởng của cây gỗ như thế nào? Khi hiểu rõ cách thức và thời gian cây bắt đầu sinh trưởng và kết thúc sinh trưởng, chúng ta có thể giải thích được hiện tượng 2 vòng năm có thể hình thành trong một mùa sinh trưởng, và vì sao một số vòng năm có thể không hình thành. Chương hai giới thiệu những cách thức mà các quá trình sinh trưởng và cấu trúc gỗ có thể thay đổi theo chiều cao thân cây và rễ cây.

9.2. CẤU TRÚC VĨ MÔ

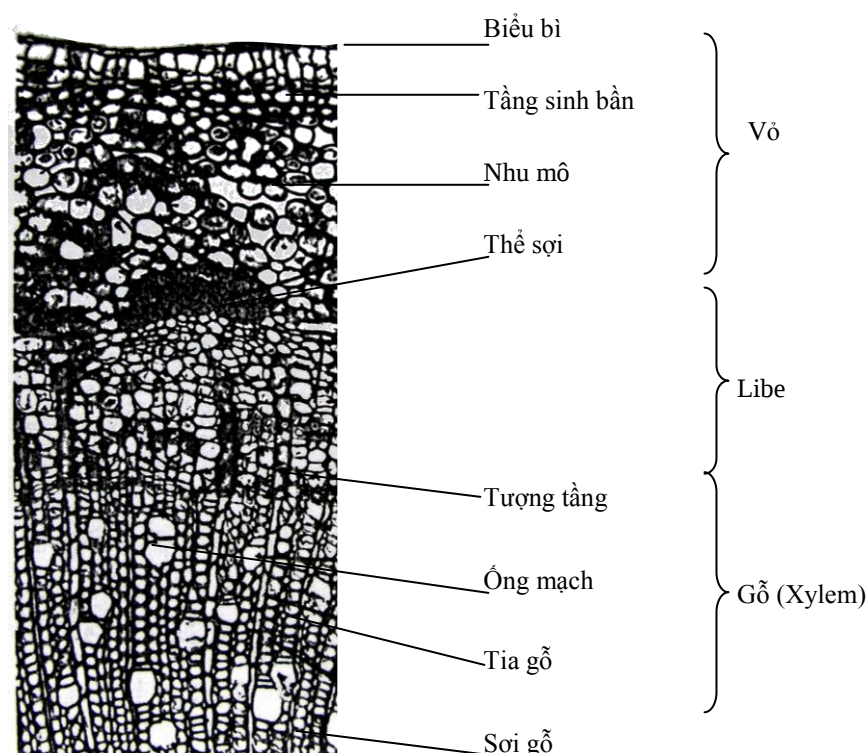
Để hiểu rõ khoa học về khí hậu thực vật, chúng ta cần phải có kiến thức về thực vật học và khí tượng – thủy văn, đồng thời phải định nghĩa một số thuật ngữ và quá trình quan trọng có liên quan đến tăng trưởng của cây gỗ.

Theo cấu trúc vĩ mô, cây gỗ có sáu cơ quan chính - đó là rễ, thân, lá, hoa, quả và hạt. Các cơ quan sinh trưởng bao gồm rễ, thân, lá. Các cơ quan tái sinh bao gồm hoa, quả và hạt. Mỗi cơ quan được cấu tạo bởi nhiều tế bào, nhiều tế bào tổ chức thành mô. Các mô được nhận biết thông qua diện mạo, cấu trúc, vị trí hoặc chức năng. Ví dụ, mô giậu là mô được đặt tên theo hình thái và màu xanh lục, bởi vì nó bao gồm những tế bào có màu xanh lục hay diệp lục. Nhu mô được đặt tên theo hình thái và cấu trúc, bởi vì mô này có các tế bào tương đối rộng và vách tế bào mỏng. Biểu bì và thịt lá là những mô được nhận biết theo vị trí. Biểu bì là những tế bào dày hơn, nằm ở phía ngoài của lá, thân non và rễ non. Thịt lá bao gồm những tế bào nằm giữa biểu bì trên và biểu bì dưới của lá. Hai mô được đặt tên theo chức năng trong hệ thống ống mạch là gỗ và libe. Gỗ là mô dẫn nước và hình thành thân cây. Libe là mô dẫn dinh dưỡng ở trong vỏ (**Hình 9.1**).

Tất cả các mô cấu tạo từ những tế bào có khả năng phân chia và sinh ra tế bào mới để hình thành một lớp chức năng của mô được gọi là các mô phân sinh. Lớp mô phân sinh mỏng nối liền gỗ và vỏ cây tạo ra hệ thống ống mạch được gọi là tượng tầng. Mô phân sinh nằm ở vỏ ngoài được gọi là tầng sinh bản (**Hình 9.1**). Tầng phát sinh ở đỉnh rễ và thân là mô có khả năng phân chia (**Hình 9.2**). Mô phân sinh còn thấy ở tất cả các chồi; chúng có khả năng hình thành cành và lá mới (còn gọi là các chồi sinh dưỡng) hoặc hoa, quả và hạt (chồi tái sinh).

Tất cả các cơ quan và cấu trúc, không kể đến các thành phần của hạt giống, đều bắt nguồn trực tiếp hoặc gián tiếp từ các mô phân sinh. Phần sắp xếp dọc theo chồi đỉnh (**Hình 9.2**) tạo thành một khối kín, các tế bào nhỏ với vách tế bào mỏng

chứa nhiều chất nguyên sinh. Các phần phụ ngắn sắp xếp xung quanh đỉnh sinh trưởng ở thân cây là các lá phôi thai hay lá chưa phát triển.

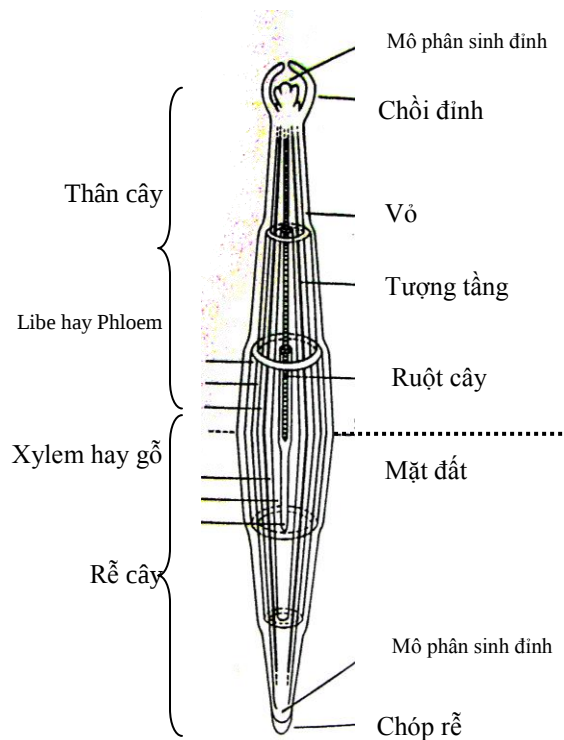


Hình 9.1. Phần cắt ngang thân cây non của loài cây lá kim

Nguồn: Fritts H. C (1971)

Các tế bào được hình thành ở hoa và phần trung tâm mô phân sinh dần rộng ra và trở thành các nhu mô xếp ở trung tâm thân cây được gọi là ruột cây hoặc tủy cây (Hình 9.2 và 9.3). Những tế bào bao xung quanh ruột cây tạo thành lớp gỗ và libe. Những tế bào nằm giữa lớp gỗ và libe tiếp tục phân chia để hình thành tượng tầng. Nhu mô nằm ngoài libe trong thân cây non trở thành biểu bì vỏ (Hình 9.1). Cuối cùng, vỏ và biểu bì bị bong mảnh và được thay thế bởi mô bản. Mô bản phát sinh từ tầng sinh bản. Tầng sinh bản trước hết hình thành trong vỏ, sau đó hình thành trong libe (Hình 9.1). Mặc dù gỗ đã hình thành trước đó và libe đều bắt nguồn từ mô phân sinh ở đỉnh, nhưng tất cả các tế bào gỗ và libe hình thành sau ở trong thân cây lại được sinh ra từ tượng tầng. Các tế bào được hình thành ở phía ngoài lớp tượng tầng trở thành libe, còn các tế bào được hình thành ở phía trong lớp tượng tầng trở thành gỗ (Hình 9.1 và 9.2). Các mô nằm ngoài lớp tượng tầng được gọi chung là vỏ.

Các chồi ở đỉnh cành ngủ chứa mô phân sinh có thể sinh trưởng thành cành, nếu tình trạng ngủ được đánh thức. Những chồi bên ở gốc lá và ở dưới chồi đỉnh có chứa mô phân sinh cũng có thể phát triển thành cành bên (nhánh) và nhánh cây. Vì chồi sinh trưởng trải qua suốt một mùa, nên những lá và hoa mới có thể được hình thành. Những chồi phía dưới và chồi già phát triển và sinh trưởng thành lá trưởng thành. Tất cả các chồi phát triển và sinh trưởng thành thân cây một năm tuổi.



Hình 9.2. Quan hệ giữa các mô với các lớp tăng trưởng ở thân cây non của loài cây lá kim 3 tuổi. Phỏng theo Fritts H. C (1971).

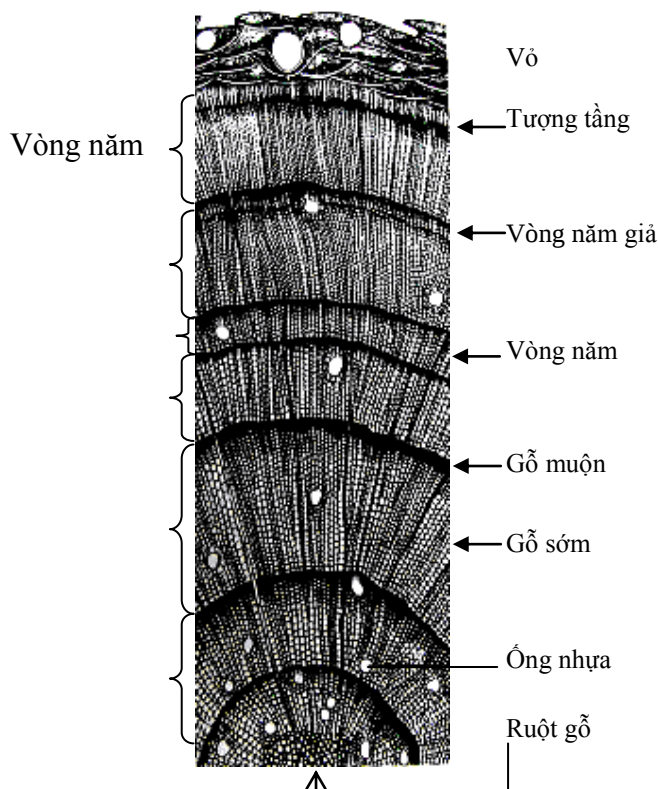
Khác với thân, rễ không có chồi bên, mô phân sinh nằm ở chóp rễ, không có ruột hay tủy, các rễ bên bắt nguồn từ mô phân sinh bên trong các rễ non. **Hình 9.2** mô tả cây con ba năm tuổi; trong đó mô tả vị trí tương đối của các lớp gỗ và libe. Ở cuối năm thứ ba, đoạn thân hình thành ba lớp gỗ bao xung quanh tủy; các lớp gỗ được tượng tầng bao quanh; lớp thứ ba là libe; sau cùng là vỏ và biểu bì. Gỗ và libe đã hình thành nằm cạnh tượng tầng. Các lớp tiếp theo là gỗ và libe của cây hai tuổi, rồi đến một tuổi.

Tượng tầng của thân và rễ có thể hình dung như hai hình paraboloid nối liền ở chu vi rộng nhất gần bề mặt đất và kết thúc ở mô phân sinh đỉnh của chồi và dưới chóp rễ. Thân sinh trưởng theo cả chiều dài và chiều rộng, các lớp gỗ và libe mới được sinh ra nằm dọc theo bề mặt paraboloid. Libe già nhất nằm gần với lớp biểu bì hoặc vỏ bị ép lại và trở thành một thành phần của vỏ. Ngược lại, vì gỗ cứng hơn nên nó vẫn duy trì được hình dạng của nó.

Hình 9.4 mô tả các lớp tăng trưởng gỗ trên thân cây. Chúng có hình dạng giống như các vòng đồng tâm trên phần cắt ngang thân cây. Các quản bào (tế bào hình ống) là các thành phần nổi bật trong vòng năm của cây hạt trần (**Hình 9.5a**). Các tế bào sắp xếp theo chiều đứng với vách hóa gỗ dày. Khi chết đi, chúng có chức năng giống như nhu mô. Theo Kramer và Kozlowski (1960), các quản bào có chiều dài khoảng 0,5 - 15 mm, rộng từ 15 - 80 μm .

Ở nhiều loài cây có sự chuyển tiếp dần dần trong kích thước và bề dày của vách tế bào từ gỗ sớm đến gỗ muộn. Ở loài *Pinus ponderosa* sự chuyển tiếp từ gỗ sớm

đến gỗ muộn diễn ra đột ngột. Gỗ sớm và gỗ muộn thường có màu sắc khác nhau. Sự chuyển tiếp rõ ràng giữa các tế bào gỗ muộn của một lớp tăng trưởng trước với các tế bào gỗ sớm của lớp tăng trưởng kế tiếp thường nhận ra dễ hơn sự chuyển tiếp giữa tế bào gỗ sớm và gỗ muộn trong cùng một lớp tăng trưởng.

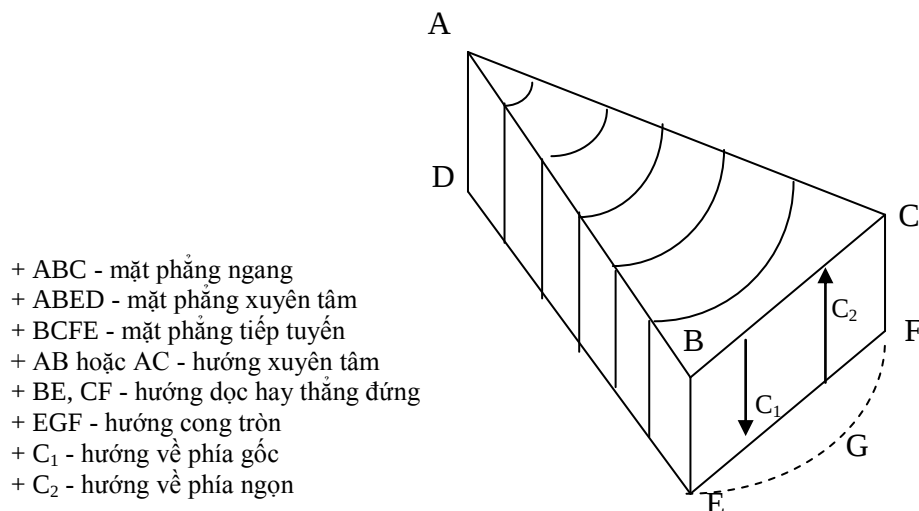


Hình 9.3. Cấu trúc tế bào của phần cắt ngang thân cây lá kim
(Phỏng theo Fritts H. C, 1971)

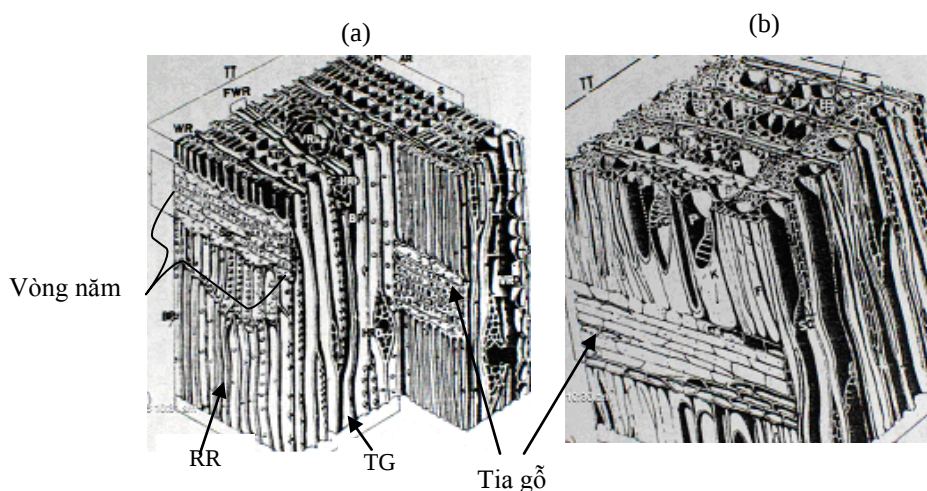
Ở **hình 9.3 và 9.5** có thể quan sát thấy nhiều kiểu tế bào hình thành gỗ của cây hạt trần. Các tế bào vách mỏng hình thành các đường hoặc dải xuất phát từ ruột gỗ được gọi là các tia gỗ. Những tế bào vách mỏng tồn tại nhiều năm trong gỗ dác. Gỗ dác có màu sáng hơn. Các chất thải của quá trình trao đổi chất được chuyển dần vào những lớp gỗ bên trong thông qua các tia gỗ sống và được lưu lại ở những tế bào đã chết. Những tế bào chết có màu đậm hơn được gọi là gỗ lõi. Độ lớn của gỗ dác và gỗ lõi phụ thuộc vào sức sống của cây, tuổi thọ của lá và diện tích tán. Khi cây có tuổi càng cao thì khối lượng gỗ lõi càng cao.

Ở các loài cây hạt trần, ống nhựa là những không gian có hình ống hướng theo chiều dọc thân cây. Chúng được bao bọc bởi các nhu mô sống. Ống nhựa hình thành một hệ thống gian bào nối liền với nhau cả theo chiều đứng và theo chiều ngang trong thân cây (**Hình 9.3 và 9.5a**). Ống nhựa cũng có thể phân bố rải rác trong các vòng tăng trưởng, hình thành từng cụm, phân bố ở ranh giới vòng năm phía ngoài hoặc có thể không có. Sự dẫn nhựa từ các ống nhựa đến các mô bị thương tổn (do côn trùng, nấm, lửa) giúp hình thành mô sống. Sức sống của cây suy giảm dần theo tuổi, theo mức độ rối loạn của lập địa và tác động của dịch hại.

Vì thế, áp lực của nhựa trong các ống nhựa có thể bị suy giảm mạnh, và cây có thể bị tử vong.



Hình 9.4. Thuật ngữ mô tả các hướng và mặt cắt ở thân cây
(Phỏng theo Fritts H. C, 1971)



Hình 9.5. Cấu trúc gỗ cây hạt trần (a) và cây hạt kín (b)

TT = mặt cắt ngang ; RR = mặt cắt xuyên tâm; TG = mặt cắt tiếp tuyến
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Gỗ của các loài cây hạt kín thường là gỗ cứng. Chúng được hình thành bởi các ống mạch và được nhu mô bao quanh theo chiều dọc. Các ống mạch được gọi là các tia gỗ hoặc tia xylem (Hình 9.5b). Bề rộng của các ống mạch có kích thước từ 20 - 400 μm , còn chiều dài từ vài xăngtimét đến vài mét. Gỗ của các loài cây hạt kín được sắp xếp thành các vòng xóp hoặc phân tán. Ở những loài mà gỗ sắp xếp theo các vòng xóp, các ống mạch trong gỗ sớm có kích thước lớn hơn các ống mạch trong gỗ muộn. Do đó, các bề rộng vòng năm cũng được nhận biết khá rõ ràng. Ở những loài mà gỗ sắp xếp phân tán, các ống mạch phân bố theo hướng

xuyên tâm. Phần lớn gỗ của các loài hạt kín có các thớ gỗ mỏng và xếp xít nhau. Các thớ gỗ nhỏ nhất phân bố ở phần gỗ muôn của vòng năm.

9.3. TẦNG PHÁT SINH ỚNG MẠCH

Tầng trưởng của tế bào bao gồm nhiều quá trình vật lý và sinh học khác nhau. Chúng ta có thể nhận ra ba pha tầng trưởng cơ bản. Pha thứ nhất là sự phân chia tế bào, bao gồm sự sao chép vật liệu và thông tin di truyền của vách tế bào mới. Vách tế bào mới này chia tế bào mẹ thành hai tế bào con. Pha thứ hai là sự lớn lên của tế bào mới xuất hiện do áp lực phát sinh bên trong tế bào. Áp lực này hình thành nhờ sự bổ sung vật chất mới vào chất nguyên sinh. Pha thứ ba là sự phân chia và trưởng thành của tế bào mới. Những tế bào mới lớn dần nhờ những vật chất bổ sung vào vách tế bào và chất nguyên sinh. Sự phân biệt và trưởng thành của những tế bào là một tên gọi đơn giản để chỉ các quá trình lớn lên của tế bào. Những tế bào mới này trở thành một bộ phận của mô. Khi kích thước và cấu trúc tế bào đã phát triển ổn định thì tế bào ngừng tầng trưởng. Trong trường hợp ống mạch và quản bào, cái chết của tế bào phải xuất hiện trước khi chúng có thể trở thành chức năng vận chuyển nước. Khi một tế bào chết đi, cấu trúc tế bào không thay đổi. Nhưng thông qua sự tử vong của tế bào có thể làm thay đổi áp suất thủy tĩnh và sức căng trong cây.

Tầng trưởng đường kính của cây gỗ xuất hiện do tầng phát sinh ống mạch (tượng tầng) phân chia và các tế bào chuyên hóa lớn lên tạo thành gỗ và libe mới. Đồng thời vì có các tế bào mới được hình thành ở phía ngoài của tượng tầng, nên lớp tượng tầng lớn dần lên. Thuật ngữ tượng tầng được sử dụng để chỉ một lớp tế bào có khả năng phân chia và tách thành những tế bào mới ở phía ngoài của lớp tế bào. Nhưng đôi khi người ta cũng sử dụng thuật ngữ này để chỉ toàn bộ tầng phát sinh, bao gồm thành phần gỗ và libe. Ở vùng tượng tầng (phần gỗ và libe), các tế bào đang lớn dần lên nhưng không có khả năng phân chia (**Hình 9.6**).

Vào những tháng tầng phát sinh ngừng hoạt động, tượng tầng thường có hai đến bốn lớp dày. Các tế bào có dạng hình chữ nhật sắp xếp vuông góc với nhau, các vách tế bào có đường nét sắc và rõ ràng. Ngược lại, vào mùa sinh trưởng, các vách tế bào trở nên bán trong suốt và có nhiều nhựa. Chất nguyên sinh chuyển từ trạng thái đặc sang trạng thái lỏng, các tế bào lớn dần lên theo hướng bán kính và vùng tượng tầng có thể dày gấp đôi. Vào mùa sinh trưởng, vỏ cây hình thành và các tế bào non có thể gặp nguy hiểm do băng giá hoặc điều kiện bất lợi khác. Những tổn thương có thể làm gián đoạn tầng trưởng, gây ra tình trạng một số tế bào duy trì ở trạng thái non trẻ, còn các tế bào khác trở nên bất thường về kích thước và cấu trúc. Hiện tượng thay đổi bất thường như thế có thể được sử dụng để phát hiện những tế bào đang sinh trưởng khi cây gỗ bị tổn thương và nằm bị tổn thương.

Vào thời gian sinh trưởng mạnh, tượng tầng hoạt động có thể là không khớp với sự phân chia tế bào nằm ở dưới vỏ, nhưng sự tái hoạt động vẫn diễn ra theo hướng từ ngọn cây đến gốc cây. Sự vận động hướng gốc của tượng tầng diễn ra với nhịp điệu nhanh nhất ở những cây có vòng năm xộp, đôi khi có thể nhầm lẫn về thời gian giữa sự khởi đầu ở phần trên và phần dưới gốc cây. Các tế bào gỗ sớm của một vài loài cây được tượng tầng sinh ra vào cuối mùa thu đến đầu mùa

sinh trưởng năm sau. Khi điều kiện môi trường thuận lợi, các tế bào dẫn ra và phân biệt rõ rệt dọc theo thân cây. Sự tái hoạt động của tượng tầng có thể không xuất hiện cho đến khi gỗ sớm phát triển đầy đủ.

Libe trưởng thành		
Libe phân hóa	Libe đang trưởng thành	
	Libe mở rộng theo hướng bán kính	
	Libe phân chia (<i>các tế bào libe mẹ</i>)	Vùng tượng tầng
Tượng tầng	Tượng tầng khởi đầu (đang phân chia)	
Gỗ (Xylem) phân hóa	Gỗ phân chia (<i>tế bào xylem mẹ</i>)	
	Gỗ (xylem) mở rộng theo hướng bán kính	
	Gỗ (xylem) trưởng thành	

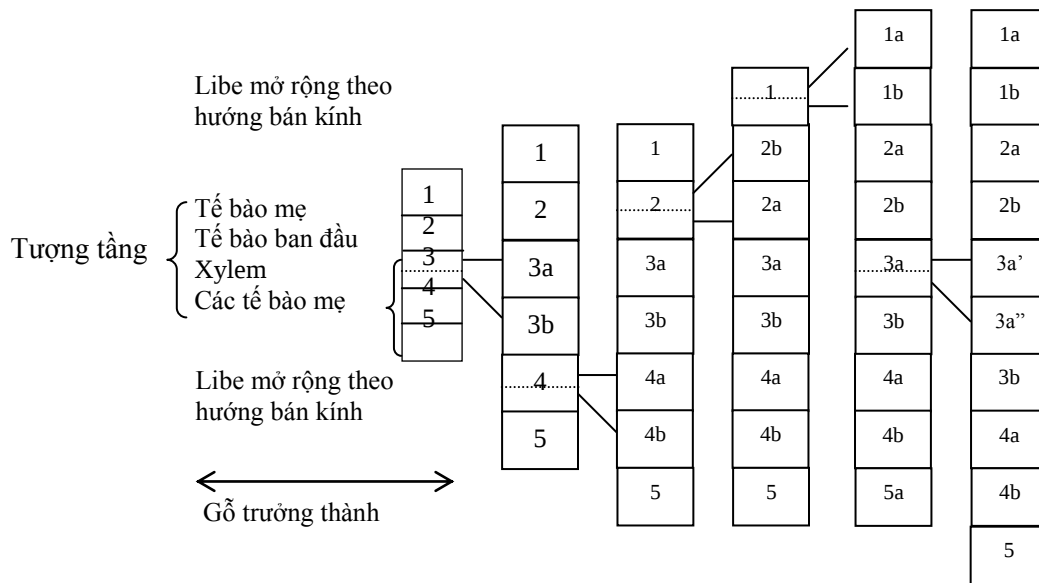
Hình 9.6. Vị trí tương đối của các mô trong vùng tượng tầng
(Phỏng theo Wilson *et al*, 1966)

Khoảng 90% tượng tầng có dạng hình thon dài giống như con suốt được gọi là tế bào hình thoi. Tầng trưởng thân cây theo hướng bán kính xuất hiện do sự phân chia của các tế bào hình thoi theo toàn bộ chiều dài của tế bào và bởi sự hình thành vách tế bào mới dọc theo mặt phẳng tiếp tuyến (Hình 9.4). Trong tượng tầng cũng có những tế bào dạng khối lập phương. Chúng cũng phân chia dọc theo mặt phẳng tiếp tuyến và làm tăng các tia gỗ và libe theo hướng nằm ngang.

Ở những cây sinh trưởng nhanh, các tế bào hoạt động có thể bao gồm 12 - 40 tế bào theo hướng bán kính, còn ở những cây sinh trưởng chậm chỉ có 6 - 8 tế bào (Hình 9.1 và 9.3). Một khi tượng tầng bắt đầu hoạt động và quy mô của vùng hoạt động được thiết lập, thì nó thường duy trì kích thước khá ổn định cho đến khi gỗ muộn hình thành. Khi gỗ muộn hình thành, tốc độ phân chia tế bào suy giảm dần, bề rộng tượng tầng cũng giảm và rơi vào trạng thái ngủ, mặc dù một số tế bào hình thành sau có thể vẫn tiếp tục lớn lên.

Wilson và Howard (1968) đã đưa ra một mô hình mô tả các tế bào được tạo ra từ tượng tầng bằng cách nào (Hình 9.7). Họ đã hình dung tượng tầng như là một nhà máy mà trong đó nguồn vật chất và năng lượng sản xuất được lấy từ gỗ và libe. Các cấu trúc phức tạp được sản xuất từ vật liệu xây dựng này, sau đó chúng được chuyển đến những tế bào gỗ và libe mới. Để lập mô hình, họ đưa ra những giả định sau đây: (1) Trong thời kỳ sinh trưởng nhanh, số tế bào trong vùng tượng tầng là hằng số; (2) Tất cả các tế bào trong vùng tượng tầng phân chia với tốc độ giống nhau; (3) Chu kỳ phân chia của các tế bào có độ dài thời gian giống nhau. Sau khi phân chia, tế bào tượng tầng có kích thước nhỏ nhất. Khi phân chia, tế bào sản sinh ra những thành phần cấu trúc mới, nhân đôi kích thước, sau đó phân chia. Sự phân chia tế bào làm gia tăng số lượng tế bào trong vùng tượng tầng. Giả thiết số tế bào phân chia là một hằng số. Sự phân chia này dẫn

đến kết quả chuyển một tế bào ở biên vùng tượng tầng đến vùng mở rộng bán kính (tại đây tế bào không phân chia nữa).



Hình 9.7. Một phần quần thể tế bào tượng tầng phát triển từ 5 tế bào trong vùng tượng tầng. Các tế bào ban đầu lớn lên thành tế bào mẹ. Năm tế bào tượng tầng sinh ra 4 tế bào gỗ (3b, 4a, 4b và 5) và một tế bào libe (1a). Phòng theo Fritts H. C (1971).

Nếu một tế bào ở vùng trung tâm tượng tầng phân chia, sau đó hai tế bào con lại bước vào chu kỳ phân chia, thì tế bào khác ở bên cạnh vùng tượng tầng sẽ phân hóa. Nếu một tế bào ở phía ngoài vùng tượng tầng phân chia, sau đó tế bào con ở phía ngoài phân hóa, thì tế bào bên trong bước vào chu kỳ phân chia.

Sự tăng kích thước tế bào kéo theo sự phân hóa và trưởng thành. Điều đó thấy rõ ở cấu trúc của vách tế bào. Sự khác biệt về vật chất tạo nên những phần tử của vách tế bào. Một số vật chất tham gia hình thành nền và khung vách tế bào ở giai đoạn đầu, còn một số khác tham gia ở giai đoạn sau. Vật chất ban đầu trong khung tế bào là xenluloza. Những vật chất ban đầu sản sinh ra ở nền vách tế bào là polisaccarit, chẳng hạn như hemixenluloza. Ở giai đoạn tế bào phân hóa, những vật chất cứng hơn như lignin sẽ được bổ sung vào. Sau khi vách tế bào thấm đầy lignin, chất nguyên sinh biến mất và sự phân hóa của quần bào hoàn thành. Vách các tế bào tia gỗ có rất ít lignin, và chúng có thể tồn tại lâu dài như là một bộ phận của gỗ dác. Các vách của tế bào gỗ (xylem) thường bị ép thành một vùng mỏng hoặc thành sẹo. Ở những loài cây lá kim vách tế bào gần vùng sẹo lớn dần lên và được gọi là sẹo biên.

Vỏ của những cây gỗ lớn tuổi bao gồm một lớp mô bản ở phía ngoài và một lớp libe còn đang sống ở phía trong. Vỏ và biểu bì hình thành ở nhánh cây bị gãy và bong ra. Libe được cấu tạo từ những tế bào lớn, không hóa gỗ, có vách dày, được gọi là tế bào hình ống. Libe được cấu tạo từ những tế bào nhỏ hơn được gọi là tế bào sánh đôi. Các tế bào hình ống giúp vận chuyển chất hữu cơ đi khắp các bộ phận của cây. Ở nhiều loài cây gỗ, các tế bào ống không còn chức năng gì sau một mùa sinh trưởng. Chúng bị ép bởi các libe mới đang phát triển. Nhưng

đôi khi các tế bào ống cũng hoạt động trở lại vào đầu mùa sinh trưởng năm sau. Ở một vài loài cây gỗ, các tế bào ống có thể duy trì chức năng trong một thời gian khá dài. Vùng libe cũng bao gồm các nhu mô và các sợi có vách dày. Đôi khi những sợi này sắp xếp dọc theo chiều thẳng đứng của vỏ.

Sự phân chia các thành phần trong tế bào libe ở phía ngoài tạo thành tầng sinh bản hình cung (**Hình 9.3**). Những tế bào này phân chia hướng ra phía ngoài thân và hình thành các tế bào bản, được gọi là lục bì. Khi các tế bào lục bì phân hóa, các vách xenluloza sẽ thấm đầy chất không thấm nước giống như sáp, được gọi là chất bản. Khi thân cây lớn dần lên về bề rộng và vỏ bị đẩy ra phía ngoài, thì các tế bào nhu mô ở phía trong vỏ lại phân chia và lớn lên. Điều đó dẫn đến sự mở rộng vỏ theo đường chu vi thân cây. Ở một số loài cây, tầng sinh bản và lớp tế bào nhu mô tạo ra một vùng mềm, sau đó bị tróc ra thành từng mảng. Đó là một dấu hiệu giúp các nhà thực vật phân biệt loài cây này với loài cây khác. Vỏ dày là một chức năng di truyền của cây, thể hiện sức sống của cây. Những cây có vỏ dày thường sinh trưởng nhanh hơn so với cây có vỏ mỏng. Nhờ có vỏ dày, cây gỗ có khả năng chống lại nhiệt độ cao, lửa và sương giá và bảo vệ những mô mỏng trước những tác động cơ giới.

9.4. TĂNG TRƯỞNG - MỘT QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỘNG

Tăng trưởng ở thực vật bao gồm những quá trình cơ bản như phân chia tế bào, sự lớn lên của tế bào và sự phân hóa tế bào. Phần sau chúng ta sẽ thấy quá trình tăng trưởng của cây gỗ có thể chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố môi trường bên ngoài và cả những quá trình diễn ra bên trong cơ thể thực vật. Tốc độ tăng trưởng có thể thay đổi theo ngày, theo mùa trong năm và thời kỳ nhiều năm (tuổi cây). Theo Kramer và Kozlovskii (1960), nhiều mô sinh trưởng và phát triển về ban ngày và chúng có thể bị teo đi. Điều đó xảy ra là do ảnh hưởng của các điều kiện sống xung quanh cây. Cũng tương tự như thế, hoạt động của các mô phân sinh ở đỉnh và tượng tầng thay đổi theo năm. Về mùa đông, các mô sinh trưởng rơi vào trạng thái nghỉ, đến mùa xuân chúng sẽ hoạt động trở lại. Hiện tượng này xảy ra là do tính phân mùa của môi trường khí hậu. Thông thường, những cây non tăng trưởng mạnh hơn và kéo dài hơn cây lớn tuổi.

Tính định kỳ của tăng trưởng cũng thấy ở nhiều cơ quan và mô cây gỗ. Ví dụ, tăng trưởng chiều cao và đường kính thân cây có thể xảy ra cùng một lúc, nhưng tăng trưởng chiều cao có thể kết thúc sớm hơn. So với thân cây, tăng trưởng rễ có thể bắt đầu muộn hơn vào mùa xuân và cũng kết thúc muộn hơn. Nghiên cứu của Krueger và Trappe (1967) cho thấy, ở miền nhiệt đới hệ rễ cây có thể sinh trưởng quanh năm. Tăng trưởng ở đỉnh rễ có thể xuất hiện không cùng lúc với tăng trưởng đường kính thân cây (Kozlovskii, 1971).

Trong quá trình tăng trưởng ở cây gỗ có thể xuất hiện nhiều quá trình tương tác với nhau. Những quá trình tương tác bao gồm sự điều chỉnh tốc độ tăng trưởng, phân phối lại nguồn dinh dưỡng, thay đổi tốc độ của nhiều quá trình sinh lý khác nhau... Phần sau chúng ta sẽ thảo luận tăng trưởng (đường kính và chiều cao thân cây) thay đổi theo ngày, mùa và năm như thế nào.

9.5. NHỮNG BIẾN ĐỘNG TRONG TĂNG TRƯỞNG CHIỀU CAO

Hoạt động của tượng tầng ở cây lá kim và cây lá rộng đều được điều chỉnh bởi các hoóc môn hoặc chất điều hòa sinh trưởng. Kích thước và cấu trúc của các tế bào gỗ, tốc độ phân chia tế bào cũng được điều khiển bởi các chất điều hòa sinh trưởng. Bởi vậy, bề rộng và cấu trúc các vòng năm ở cây gỗ có quan hệ chặt chẽ với số lượng và thời gian tăng trưởng thân cây.

Nhịp điệu tăng trưởng hàng ngày về chiều cao có thể quan sát được; trong đó tăng trưởng về ban đêm mạnh hơn ban ngày. Tuy vậy, nếu nhiệt độ về ban đêm lạnh hơn ban ngày, thì tốc độ tăng trưởng về ban ngày lại diễn ra mạnh hơn. Nhiều nghiên cứu cho thấy, trong một mùa tăng trưởng sự tích lũy về chiều cao thân cây của các loài cây ở vùng ôn đới có dạng đường cong sigmoid hay hình chữ S. Điều đó có nghĩa là lúc đầu tăng trưởng diễn ra rất chậm, tiếp đến tăng trưởng diễn ra rất nhanh, sau cùng tăng trưởng diễn ra chậm dần.

Vì ban ngày có nhiệt độ cao hơn và độ dài thời gian cũng dài hơn ban đêm, nên tăng trưởng chiều cao khởi đầu về ban ngày. Trong một vùng địa lý nhất định, hầu hết các loài cây có thời gian tăng trưởng vào cùng một thời gian, nhưng thời gian kết thúc tăng trưởng có thể khác nhau. Hiện tượng ngừng tăng trưởng thông thường là do tác động của các yếu tố giới hạn từ bên ngoài. Tuy vậy, các yếu tố giới hạn cũng có thể đi kèm với các yếu tố sinh lý hình thành do điều kiện khí hậu kém thuận lợi. Sự thiếu hụt nước kìm hãm quá trình phân chia và lớn lên của thể bào, và do đó cũng ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm. Khí hậu vào đầu mùa sinh trưởng (khi chồi bắt đầu hình thành hoặc tượng tầng bắt đầu hoạt động) có ảnh hưởng đến tăng trưởng và sức sống của thực vật lớn hơn khí hậu vào giữa mùa sinh trưởng.

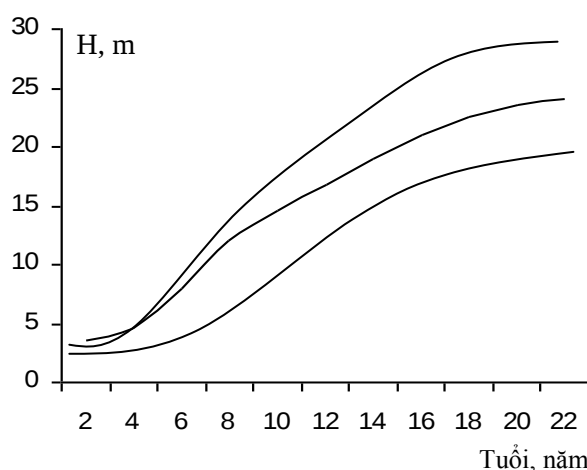
Trong một mùa nhất định, tăng trưởng thân cây có thể không tuân theo đường cong sigmoid. Theo Alvim (1964), thời điểm tăng trưởng của nhiều loài cây nhiệt đới có thể diễn ra ổn định. Ngược lại, một số loài cây tăng trưởng không ổn định; quá trình này có thể ngừng khi hệ thống lá đã hình thành đầy đủ. Ở những nơi có khí hậu không thuận lợi, nhiều loài cây gỗ có thời kỳ và tốc độ tăng trưởng khá giống nhau. Tuy vậy, tính tương đồng trong tăng trưởng vào một mùa nhất định cũng không thể đảm bảo chắc chắn rằng lượng tăng trưởng có quan hệ chặt chẽ với khí hậu của mùa.

Nhiều loài cây lá kim và lá rộng sống ở vùng ôn đới và trên núi cao nhiệt đới cũng có thể ngừng tăng trưởng một thời gian trong mùa sinh trưởng (Kozlowski, 1964). Sau khi thời kỳ ngủ được đánh thức, tăng trưởng có thể phục hồi lại và nhiều chồi phụ phát sinh ở các chồi đỉnh.

Biến động tăng trưởng chiều cao theo mùa còn có quan hệ với tuổi cây. Vào mùa xuân, tăng trưởng chồi non diễn ra gần giống nhau ở những cây có tuổi khác nhau. Thời kỳ tăng trưởng chồi non ở cây trưởng thành ngắn hơn cây non. Tăng trưởng của chồi sinh ra muộn diễn ra kém hơn là do tăng trưởng chồi thân. Vòng tăng trưởng hình thành ở những cây có nhiều thân và một số cành tăng trưởng mạnh có thể tạo ra những bề rộng vòng năm khác nhau. Điều đó xảy ra là vì nhiều cành được nuôi dưỡng bởi những mảng tượng tầng khác nhau.

Tốc độ tăng trưởng có thể thay đổi tùy theo tuổi. Trên đồ thị, đường cong tăng trưởng tích lũy có dạng đường cong sigmoid. Một thời kỳ tăng trưởng ngắn có thể diễn ra trong giai đoạn phát sinh hạt giống. Thời kỳ tốc độ tăng trưởng cao thường xuất hiện ở tuổi non. Khi tuổi tăng lên thì tốc độ tăng trưởng giảm dần

(Hình 9.8). Những cây mọc trong điều kiện lập địa xấu, đường cong tăng trưởng có thể ngắn hơn so với cây mọc ở lập địa tốt. Chính vì thế, chiều dài tán cây trên lập địa xấu ngắn hơn, tán có dạng dẹt, còn tán cây trên lập địa tốt có dạng hình nón. Ngay trong một loài, tán cây cũng có thay đổi ít nhiều. Điều đó càng tỏ ra rõ ràng, nếu những cá thể cùng loài sống trong những hoàn cảnh sinh thái khác nhau. Những khác biệt về đặc tính di truyền có thể ảnh hưởng đến cách thức mà cây gỗ phản ứng với môi trường khí hậu. Nhưng vì đặc tính di truyền là ổn định, nên những biến động này không đặc trưng cho những biến động của vòng năm từ năm này đến năm khác.



Hình 9.8. Tăng trưởng chiều cao thân cây tích lũy theo tuổi

9.6. NHỮNG BIẾN ĐỘNG TRONG TĂNG TRƯỞNG ĐƯỜNG KÍNH

Thông thường những thông tin khí hậu nhận được từ các vòng năm dựa trên sự khác biệt hay biến động của bề rộng vòng năm từ năm này đến năm khác. Nhưng thông tin khí hậu cũng có thể tìm thấy ở mật độ và màu sắc của gỗ. Cả hai nguồn thông tin khí hậu này đều phản ánh những biến động trong tốc độ tăng trưởng của cây gỗ theo ngày và mùa, bởi vì tốc độ tăng trưởng của cây gỗ phụ thuộc vào các yếu tố môi trường. Mặc dù vậy, tốc độ tăng trưởng của cây gỗ còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như tốc độ tăng trưởng của năm trước, tuổi cây, đặc tính di truyền của cây và những giới hạn của lập địa. Tất cả những biến động trong tăng trưởng có thể được phản ánh cho những biến động của môi trường và những quá trình tương tác lẫn nhau trong cơ thể cây rừng. Vì thế, bề rộng vòng năm phản ánh ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố khí hậu và nhiều yếu tố khác vào cùng một thời gian nhất định. Phần này chúng ta sẽ thảo luận những kiểu cách tăng trưởng đường kính không chỉ theo các vị trí khác nhau của thân cây, mà còn theo những thời gian khác nhau trong năm, theo tuổi và lập địa khác nhau. Những vấn đề chi tiết về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường và những quá trình diễn ra trong cây gỗ sẽ được giới thiệu ở những chương tiếp theo.

9.6.1. Đo đặc tăng trưởng đường kính

Độ lớn của tăng trưởng đường kính có thể xác định được dễ dàng bằng các thiết bị vi phẫu, kính hiển vi hoặc kính lúp... Nhưng điều quan trọng hơn mà chúng ta cần biết là, nếu chỉ thông qua đo đặc vòng năm thì bằng cách nào chúng ta có thể biết được thời gian và cách thức hình thành vòng năm trên thân cây gỗ. Điều đó có thể được giải quyết bằng cách so sánh sự khác biệt của một mẫu gỗ và vỏ vào thời gian bắt đầu và kết thúc sinh trưởng. Nhưng bất lợi chủ yếu của việc sử dụng các mẫu gỗ chính là vết cắt đã bị thương tổn và tốc độ tăng trưởng của tượng tầng có thể thay đổi do kỹ thuật lấy mẫu. Wolter (1968) đã khắc phục khó khăn này bằng cách dùng những đinh ghim nhỏ đính theo chiều ngang từ vỏ vào gỗ. Những đinh ghim có thể làm thương tổn một số ít tế bào tăng trưởng. Những tế bào bị thương tổn này sẽ được ghi lại bằng những dấu vết bên trong gỗ. Sau một thời gian, người ta lấy những đinh ghim ra khỏi gỗ. Những tế bào bị thương tổn sẽ được nghiên cứu sau khi cây đã hoàn thành tăng trưởng. Các hàng tế bào bị thương tổn được đo đặc trên dụng cụ vi phẫu. Bằng cách ấy chúng ta có thể biết được tốc độ tăng trưởng của vòng năm theo thời gian. Serre (1973) đã sử dụng các vi mẫu ở các vị trí khác nhau trên thân cây để thu được vật liệu tượng tầng sau mỗi 2 tuần mà không cần làm chúng bị thương. Tuy vậy, phương pháp này cũng ít được ứng dụng, bởi vì vị trí lấy mẫu khác nhau trên thân cây không phản ánh rõ tình trạng tăng trưởng của cây gỗ trong một hay nhiều mùa sinh trưởng.

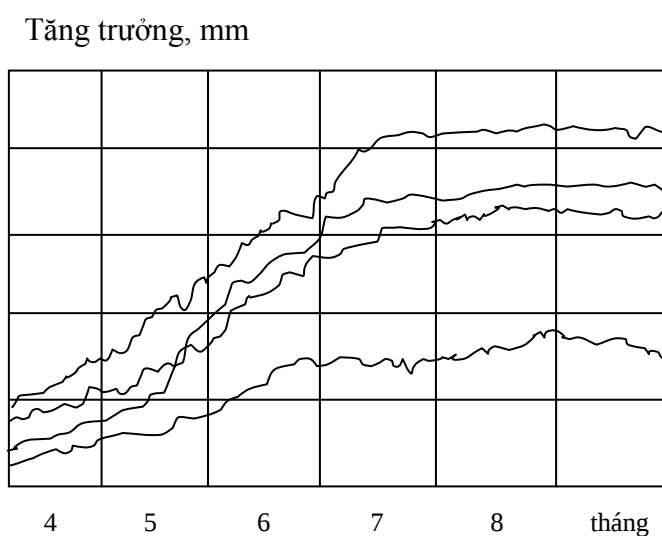
Hiện nay có nhiều kiểu dụng cụ và kỹ thuật được sử dụng để đo đặc và ghi lại những thay đổi của vòng năm. Ví dụ, dụng cụ để đo bề rộng vòng năm như compa, thước khắc vạch đến 0,01 cm hay nhỏ hơn; các máy điện tử có thể ghi lại bề rộng vòng năm sau từng phút hoặc từng giờ. Thước đo cây là dụng cụ được dùng rộng rãi để đo tăng trưởng thân cây. Sự khác biệt về số đo giữa hai lần đọc số cho biết tăng trưởng của cây. Nhược điểm của các dụng cụ đo cây là chúng đòi hỏi đọc liên tục các số vào những thời gian được thiết kế sẵn. Ngoài ra, sai số có thể gặp phải, nếu dụng cụ đo bị hỏng hoặc việc đọc bị nhầm lẫn. Một thiết bị đo cây khác có tên là biểu đồ thực vật. Thiết bị này do Friendrich thiết kế. Nó có thể ghi lại liên tục sự thay đổi kích thước tăng trưởng vòng năm.

Một vấn đề rất quan trọng là xác định quan hệ giữa sự thay đổi kích thước vòng năm với các yếu tố môi trường. Worrall (1966) đã tìm thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa bề rộng vòng năm với sự thiếu hụt nước. Nói chung, những dụng cụ để đo đặc những thay đổi của tế bào và vòng năm trong một thời gian ngắn đòi hỏi không chỉ đơn giản, mà còn phải có độ chính xác cao. Chỉ có những thiết bị đo đặc chính xác, chúng ta mới dễ dàng nghiên cứu được mối quan hệ giữa biến động tăng trưởng vòng năm với sự biến động của các yếu tố môi trường.

9.6.2. Tính định kỳ hàng ngày trong tăng trưởng đường kính

Hoạt động sống của thực vật trong một ngày đêm có tính nhịp điệu. Hiện tượng này diễn ra là do sự vận động của trái đất quanh mặt trời. Chính những biến động của các yếu tố môi trường diễn ra hàng ngày đã làm xuất hiện những biến động trong tốc độ của các quá trình khác nhau ở thực vật. Chúng có thể xuất hiện rất nhanh và mất đi cũng rất nhanh. Điều đó có ảnh hưởng đến tăng trưởng của

thực vật. Những yếu tố xuất hiện nhanh hoặc mất đi nhanh có thể ảnh hưởng đến cấu trúc bên trong cây. Vì thế, nghiên cứu những thay đổi ở thực vật diễn ra trong thời gian ngắn (phút, giờ, ngày) có ý nghĩa rất lớn. Bởi vì, những yếu tố ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ là tập hợp những thành phần hợp thành cơ bản theo ngày, tháng và năm. Nhưng muốn nhận thấy rõ những ảnh hưởng của các nhân tố xuất hiện trong thời gian ngắn, chúng ta cần phải có những công cụ đo đạc chính xác như biểu đồ thực vật. **Hình 9.9** mô tả kích thước thân cây thay đổi được ghi bằng dụng cụ biểu đồ thực vật. Nhờ dụng cụ này chúng ta có thể quan sát được sự thay đổi kích thước thân cây diễn ra trong thời gian ngắn.



Hình 9.9. Sự thay đổi hàng ngày của kích thước thân cây được ghi bằng dụng cụ biểu đồ thực vật

Cần nhận thấy rằng, kích thước cây thay đổi phản ánh sự thay đổi của kích thước tế bào. Kích thước tế bào thay đổi là do biến động hàm lượng nước trong tế bào. Kích thước tế bào lớn lên hay nhỏ đi là do hiện tượng hấp thụ nước và thoát hơi nước của cây. Do đó, tốc độ thay đổi kích thước của các mô trong thân cây là một hàm số của hai yếu tố - đó là sự hấp thụ nước và thoát hơi nước. Về ban đêm, do có nhiệt độ thấp, thoát hơi nước qua lá nhỏ hơn hấp thụ nước từ rễ. Vì thế, về ban đêm hàm lượng nước trong tế bào nhiều và kích thước tế bào lớn. Ngược lại, về ban ngày, do có nhiệt độ cao, thoát hơi nước qua lá lớn hơn hấp thụ nước từ rễ, do đó kích thước các tế bào giảm. Khi quá trình hấp thụ nước và thoát hơi nước ở thực vật cân bằng với nhau, thì kích thước tế bào luôn duy trì ở trạng thái ổn định. Từ **hình 9.9** cho thấy, trong điều kiện khô hạn, nắng nóng và gió mạnh vào thời kỳ khô hạn trong năm, hoạt động thoát hơi nước ở thực vật diễn ra mạnh; do đó kích thước tế bào nhỏ. Sức căng của tế bào chỉ đạt được khi mặt trời có trị số âm. Trong môi trường thiếu hụt nước, hàm lượng nước của tế bào có thể giảm đến mức nhỏ nhất, trong khi chỉ có một lượng nước rất nhỏ được rễ hấp thu, quá trình thoát hơi nước có thể diễn ra rất chậm chạp. Tiếp theo, khi lượng mưa gia tăng dần, đất đủ nước, rễ cây hấp thụ nhiều nước; do đó các mô thực vật lớn lên nhanh.

Dưới điều kiện thuận lợi cho sự hấp thụ và thoát hơi nước, sự thay đổi kích thước thân cây có thể được sử dụng để phỏng đoán điều kiện thủy tĩnh trong cơ

thể thực vật. Về ban đêm, biểu đồ thực vật ghi lại kích thước thân cây tăng dần, bởi vì quá trình mất nước qua lá nhỏ hơn rất nhiều so với sự hấp thu nước qua rễ. Về ban ngày, ngược lại biểu đồ thực vật ghi lại kích thước thân cây nhỏ dần, bởi vì quá trình thoát hơi nước tăng dần từ sáng đến giữa trưa. Lưu ý rằng, biểu đồ thực vật ghi lại sự thay đổi kích thước thân cây bao gồm cả vỏ và tượng tầng. Do đó, kích thước thân cây thay đổi phản ánh không chỉ sự thay đổi kích thước tượng tầng mà còn cả gỗ và libe. Nếu các mô trưởng thành co rút nhanh hơn các mô tăng trưởng, thì sự suy giảm kích thước thân cây có thể đo được vào lúc tượng tầng hoạt động. Sự thay đổi kích thước thân cây từ ngày này qua ngày khác được xem là chỉ số tăng trưởng hàng ngày, mặc dù các số đo có thể bao gồm cả sự gia tăng kích thước mô. Số liệu này rất hữu ích cho việc phân tích không chỉ ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến tăng trưởng, mà còn đến sự lớn lên và phân chia tế bào.

9.6.3. Tính định kỳ theo mùa trong tăng trưởng đường kính

Theo dõi tăng trưởng của đường kính theo mùa là việc làm có ý nghĩa lớn. Trước hết, thông tin này giúp chúng ta nhận biết được thời gian bắt đầu và kết thúc hoạt động của tượng tầng. Từ đó chúng ta xác định được thời gian và độ dài của mùa sinh trưởng. Hai là, sự khác biệt về tốc độ phân chia và lớn lên của tế bào cho biết tốc độ tăng trưởng đường kính. Ba là, nó còn giúp ta giải thích sự khác biệt về kích thước và cấu trúc tế bào.

(1) Độ dài mùa sinh trưởng

Độ dài của mùa sinh trưởng là thời gian kể từ khi tượng tầng bắt đầu và kết thúc hoạt động. Nói chung, tăng trưởng của tượng tầng trên các bộ phận của cây bắt đầu vào thời gian giống nhau, nhưng tăng trưởng của chồi thân và cành diễn ra sớm hơn một chút. Thời kỳ hoạt động của tượng tầng ở các loài cây không ổn định mà thay đổi từ năm này qua năm khác. Điều đó xảy ra là do khí hậu thay đổi từ năm này qua năm khác, do sự khác biệt về môi trường lập địa... Ở vùng ôn đới, tăng trưởng đường kính có thể bắt đầu vào tháng ba đến đầu tháng tư và kết thúc vào tháng tám hoặc tháng chín. Mùa sinh trưởng của cây lá rộng luôn kéo dài hơn cây lá kim từ 2 - 3 tháng. Những cây mọc ở vĩ độ cao hoặc núi cao nhiệt đới có thể bắt đầu và kết thúc sinh trưởng ngắn hơn bốn đến sáu tuần. Những cây mọc ở vĩ độ thấp có thể kéo dài thời kỳ sinh trưởng suốt sáu tháng và lớn hơn. Ở nơi ẩm hoặc vùng ôn đới, cây lá kim thường có thời kỳ hoạt động của tượng tầng dài hơn cây lá rộng trong cùng một môi trường. Thời kỳ sinh trưởng của cây non kéo dài hơn cây già. Thời kỳ sinh trưởng của cây mọc ở nhiệt đới cũng dài hơn cây mọc ở ôn đới.

Trên lập địa khô và lạnh, độ dài thời gian hoạt động của tượng tầng ở cây lá kim ngắn hơn so với điều kiện tối ưu. Fritts (1969) đã nghiên cứu tăng trưởng đường kính của cây lá kim ở các đai độ cao lớn và nhận thấy thời gian tăng trưởng chỉ kéo dài 45 ngày. Những loài cây thuộc giống *Picea* ở vĩ độ cao chỉ sinh trưởng trong 4 - 6 tuần (Giddings, 1943); nhưng ở vĩ độ thấp có thể kéo dài 2

- 3 tháng (Fraser, 1962; Zumer, 1969). Sự khởi đầu tăng trưởng bắt đầu từ ngọn đến gốc cây.

Một số nhà thực vật học cho rằng, sự kết thúc sinh trưởng ở chồi có thể diễn ra sớm hơn ở thân. Nhưng một số khác lại cho rằng, sự kết thúc sinh trưởng ở thân cây diễn ra sớm hơn. Nói chung, những hiểu biết về mùa sinh trưởng, về sự khác biệt giữa thời gian sinh trưởng ở các đỉnh sinh trưởng và thân cây là rất cần thiết. Tuy vậy, điều quan trọng hơn chính là tìm ra nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi bề rộng các vòng năm.

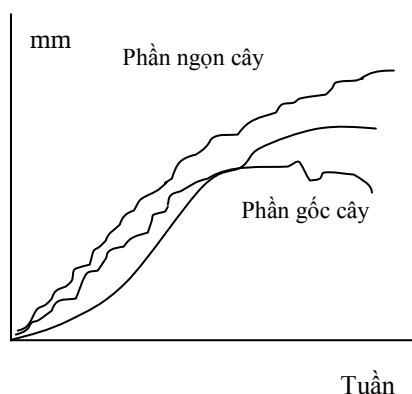
Kozlowski và Peterson (1962) nhận thấy rằng, trong một mùa sinh trưởng những cây non trẻ tăng trưởng suốt chiều dài thân cây, còn những cây trưởng thành lại ngừng tăng trưởng ở phần gốc cây ngay vào giữa mùa sinh trưởng trong khi phần thân cây phía trên vẫn tiếp tục tăng trưởng. Họ cũng nhận thấy rằng, giữa phần gốc cây và ngọn cây của những cây thuộc cấp sinh trưởng khác nhau có sự khác biệt khá lớn về độ dài của mùa sinh trưởng. So với những cây thuộc cấp sinh trưởng tốt, những cây bị bệnh hoặc cây thuộc cấp sinh trưởng kém kết thúc tăng trưởng đường kính và chiều cao sớm hơn. Những cây mọc trong các quần thụ thưa thường có mùa sinh trưởng dài hơn cây mọc trong quần thụ dày. Thời kỳ sinh trưởng của những cành thấp và cành già cũng ngắn hơn so với những cành phân bố trên cao và cành non. Cần nhận thấy rằng, những khác biệt chỉ ra trên đây là tùy thuộc vào vùng khí hậu, vào lập địa và loài cây.

(2) Tốc độ tăng trưởng đường kính thân cây

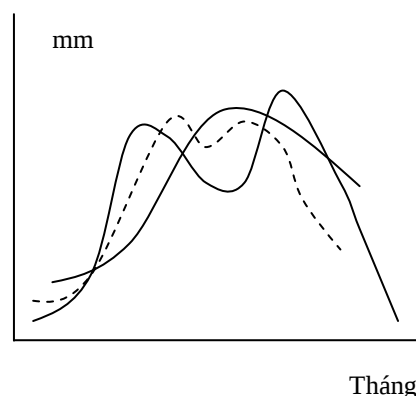
Đường cong tích lũy tăng trưởng đường kính thân cây trong một mùa sinh trưởng cũng có dạng đường cong sigmoid giống như tăng trưởng chiều cao trong cả quá trình đời sống của cây gỗ (Hình 9.9). Vào đầu mùa sinh trưởng, tăng trưởng đường kính diễn ra chậm, kế đó tăng rất nhanh, đến cuối mùa sinh trưởng lại tăng chậm dần. Tăng trưởng đường kính trong một mùa sinh trưởng ít khi được mô tả bằng một hàm số. Tốc độ tăng trưởng thay đổi và có nhiều biến động trong đường cong tích lũy tăng trưởng. Khi vẽ đồ thị tăng trưởng theo đơn vị thời gian (giờ, tuần, ngày), chúng ta có thể nhận ra những biến động ngay trong khoảng thời gian rất ngắn. Hiện tượng đó xảy ra là vì có rất nhiều yếu tố môi trường và những điều kiện bên trong cây cùng ảnh hưởng đến tăng trưởng. Tốc độ tăng trưởng đường kính ở phần ngọn cây luôn diễn ra nhanh hơn phần gốc cây (Hình 9.10). Tăng trưởng các mô của cây gỗ non diễn ra nhanh hơn các mô của cây gỗ già. Một số sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng còn do sự khác nhau về đặc điểm di truyền của cây gỗ. Các loài cây gỗ thuộc giống *Quercus* có hai thời kỳ tăng trưởng mạnh trong một mùa sinh trưởng: một thời kỳ trùng với thời kỳ cây phát sinh chồi, còn một thời kỳ trùng với thời kỳ lá phát triển đầy đủ. Nhưng loài *Fagus Grandifolia* chỉ có một đỉnh tăng trưởng mạnh trùng với khoảng nửa đầu mùa sinh trưởng (Hình 9.11).

Những biến động trong tốc độ tăng trưởng đường kính có thể được giải thích là do những biến động của các nhân tố sinh thái giới hạn. Ví dụ: (1) Nhiệt độ thấp có thể ảnh hưởng đến sự phân chia tế bào và nhiều quá trình sinh lý khác của cây gỗ; (2) Thiếu nước kìm hãm quá trình hấp thu nước qua rễ và do đó làm chậm pha hydrat hóa; (3) Bức xạ mặt trời mạnh, nhiệt độ không khí cao và độ ẩm

không khí thấp cũng làm suy giảm tăng trưởng. Thời tiết trong xanh sau khi mưa và điều kiện mây tốt có thể làm tăng quá trình hydrat hóa và gây ra sức căng thân cây. Điều kiện mây kéo dài có thể làm suy giảm quá trình quang hợp và ảnh hưởng đến quá trình sản xuất chất điều hòa sinh trưởng ở lá cây. Thời tiết trong xanh sau khi mưa có thể làm tăng sự mất nước ở cây. Điều đó có thể làm giảm tốc độ tăng trưởng thân cây (Fritts, 1958). Ở **chương 10, 11 và 12** chúng ta sẽ thảo luận kỹ hơn về ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến tăng trưởng của thực vật.



Hình 9.10. Đường cong tăng trưởng tích lũy theo tuần (Phỏng theo Kramer, 1952).



Hình 9.11. Biến động tăng trưởng theo mùa ở loài *Quercus alba* và *Fagus Grandifolia* (Phỏng theo Kramer, 1952).

Biến động trong tốc độ tăng trưởng còn do sự tương tác giữa các quá trình diễn ra trong cơ thể thực vật. Sự gia tăng tốc độ tăng trưởng của các mô phân sinh ở đỉnh sinh trưởng (ngọn và rễ cây) có thể làm giảm tăng trưởng đường kính thân cây. Hiện tượng rụng lá, lửa, cắt cành và tia tán cây có thể nâng cao tăng trưởng, nhưng cũng có thể làm giảm tăng trưởng. Một số loài cây gỗ tăng trưởng rất mạnh ở những nơi cây bị thương do lửa, do cắt cành... Những vết thương trên thân cây còn là nơi phát sinh sâu bệnh. Điều đó cũng có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Tác động cơ giới của hệ động vật và côn trùng ăn lá cây cũng có ảnh hưởng đến tăng trưởng đường kính. Tia thưa rừng làm tăng cường ánh sáng đến sàn rừng, do đó cũng làm tăng tốc độ tăng trưởng đường kính thân cây.

(3) Biến động do sự dẫn ra và phân hóa tế bào

Biến động trong sự dẫn ra và phân hóa tế bào xuất hiện trong suốt mùa sinh trưởng. Hiện tượng này cũng làm tăng biến động trong cấu trúc và sự sắp xếp các vòng năm. Vào đầu mùa sinh trưởng, cây lá kim hình thành quản bào đường kính rộng với vách mỏng. Điều kiện sinh lý thay đổi bên trong cây và điều kiện môi trường xung quanh thay đổi có thể làm không khí xung quanh ẩm và khô. Điều đó có thể dẫn đến đường kính quản bào co hẹp lại, vách quản bào dày hơn. Thông thường, vào cuối mùa sinh trưởng quản bào nhỏ nhất với vách dày được hình thành ở phía ngoài vòng năm. Đường kính và vị trí của các tế bào gỗ sớm có thể thay đổi từ vòng năm này đến vòng năm khác. Thông thường, đường kính của

một số lớp tế bào gỗ sớm ở phía ngoài khá lớn, sau đó giảm dần vào phía trong. Ở những cây lá rộng có vòng năm lớn, ống mạch gỗ sớm và lá được hình thành sớm vào đầu mùa sinh trưởng và trưởng thành nhanh. Các ống mạch nhỏ và libe vách dày được hình thành vào phần còn lại của mùa sinh trưởng.

Quản bào có đường kính rộng cũng tìm thấy ở các vòng năm của cây lá kim. Chúng có quan hệ với thời kỳ tối ưu về ẩm độ và nhiệt độ, với sự tăng trưởng nhanh của thân và rễ, với tốc độ quang hợp nhanh (Zahner, 1968). Khi hoạt động của chồi và sự lớn lên của lá giảm dần kèm theo thiếu hụt nước thì kích thước của các quản bào trưởng thành cũng giảm. Sự suy giảm kích thước quản bào thấy rõ ở phần thân cây phía dưới và ở những cây non. Sự bổ sung thêm độ ẩm của đất hoặc giảm sự thiếu hụt nước có thể kéo theo sự phục hồi tăng trưởng thân và rễ cây. Hiện tượng đó có thể làm cho quản bào không hóa gỗ, do đó làm tăng kích thước gỗ sớm. Sự gia tăng kích thước tế bào trưởng thành có thể tạo ra một dải gỗ sớm giữa hai dãy gỗ muộn. Kết quả là hình thành vòng năm giả. Sự bắt đầu tăng trưởng trở lại thường xuất hiện ở những cành một năm tuổi hoặc ở phần thân phía trên. Đôi khi hiện tượng sinh trưởng trở lại cũng làm tăng đường kính quản bào ở phần gốc cây.

Theo Glock (1960), tăng trưởng vòng năm của những cây lá kim sống ở vùng có mùa lạnh kéo dài và ở môi trường trung gian giữa thuận lợi và không thuận lợi, chẳng hạn như mùa đông ẩm ướt, mùa xuân khô và mùa hè ẩm, thường xuất hiện một số dải gỗ muộn. Đôi khi người ta còn thấy hiện tượng ngừng tăng trưởng hoàn toàn xuất hiện ngay trước mùa sinh trưởng của năm sau. Ví dụ, ở nơi khô hạn, mưa mùa hè thường bắt đầu vào thời kỳ sinh trưởng thứ hai, và nếu mưa lớn thì sự hồi phục tăng trưởng có thể xuất hiện dọc theo thân cây. Các quản bào rộng hình thành bên cạnh những quản bào hẹp, và một vòng năm rõ rệt sẽ được hình thành vào mùa sinh trưởng. Tuy vậy, ở nhiều cây tượng tầng luôn hoạt động sẽ hình thành một lớp tăng trưởng với vòng năm rõ ràng. Thông qua việc đối chiếu thời gian hình thành các vòng năm, chúng ta có thể phát hiện được hoàn cảnh môi trường đã xuất hiện vào lúc các vòng năm được hình thành.

Kích thước tế bào và bề rộng vòng năm ở các vị trí khác nhau trên thân cây cũng khác nhau. Phần sau chúng ta sẽ thảo luận kỹ hơn về vấn đề này.

9.7. QUAN HỆ GIỮA VẬT HẬU HỌC VỚI VÒNG NĂM

Các hiện tượng học (vật hậu học)¹ như sự thay lá già bằng lá non, sự đâm chồi, ra hoa và kết quả... có quan hệ chặt chẽ với các giai đoạn hoạt động của tượng tầng và biến động trong cấu trúc bề rộng vòng năm. Theo dõi những hiện tượng vật hậu học có thể cung cấp nhiều thông tin về thời gian và cách thức của các quá trình tăng trưởng, về điều kiện môi trường. Ví dụ, ở giống *Quercus* tăng trưởng diễn ra trước hết ở phần gốc cây khi mà các chồi đầu tiên hình thành. Ở loài *Pseudotsuga menziesii*, khả năng quang hợp của tán lá diễn ra sớm vào đầu mùa sinh trưởng có ảnh hưởng đến khả năng hấp thu dinh dưỡng vào mùa hè và bề rộng vòng năm đang hình thành. Ở các loài thuộc giống *Pinus*, nếu các lá hình thành trễ thì chúng không thể phát triển đầy đủ vào cuối mùa sinh trưởng. Bởi vì các lá hình thành không đầy đủ, nên ảnh hưởng của khí hậu chỉ biểu hiện rõ trên

¹ Phenology

vòng năm của những năm tiếp theo. Tuy vậy, những chất điều hòa sinh trưởng được các lá sản sinh ra có thể làm thay đổi hoạt động của tượng tầng và cấu trúc tế bào, và bằng cách đó chúng cũng ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm.

9.8. BIẾN ĐỘNG CỦA BỀ RỘNG VÒNG NĂM VÀ CẤU TRÚC TẾ BÀO CỦA VÒNG NĂM

Bề rộng và cấu trúc tế bào của các lớp vòng năm của cây gỗ thay đổi một cách hệ thống. Điều đó xảy ra là do những thay đổi của điều kiện sinh lý và môi trường sống. Ở thời kỳ đầu, những cây gỗ non sinh trưởng rất chậm, bởi vì hệ rễ của chúng chưa phát triển. Sau khi hệ rễ phát triển mạnh, ăn sâu và rộng hơn, tán lá rộng, thì tăng trưởng thân cây hàng năm sẽ tăng lên nhanh. Khi hạt giống nảy mầm thành cây mầm, tốc độ tăng trưởng của cây mầm tăng lên rất nhanh. Nguyên nhân là vì các mô phân sinh và tượng tầng đang hoạt động với tốc độ lớn nhất. Khi cây mầm chuyển sang giai đoạn cây con, sự sống của nó bắt đầu phụ thuộc vào các sản phẩm quang hợp được. Vì quang hợp lại bị giới hạn bởi các điều kiện sinh lý và môi trường, nên tốc độ tăng trưởng của cây con giảm nhanh. Khi vào giai đoạn trưởng thành, tốc độ tăng trưởng của cây khá ổn định. Tốc độ tăng trưởng của cây gỗ cũng thay đổi tùy theo lập địa. Ở lập địa tốt, tốc độ tăng trưởng của cây gỗ diễn ra nhanh hơn so với lập địa xấu.

Biến động hệ thống trong các lớp vòng năm còn có quan hệ chặt chẽ với đường kính các vòng năm và sự phát triển tán cây. Bề rộng vòng năm của loài cây này cũng chịu ảnh hưởng bởi những loài cây khác sống bên cạnh. Các vòng năm ở phần ngọn rộng hơn các vòng năm ở phần thân dưới tán. Nói chung, bề rộng vòng năm ở phần gốc và phần ngọn thường to hơn phần thân cây chính. Bề rộng vòng năm còn thay đổi theo mật độ và tuổi lâm phần. Bề rộng vòng năm của những cây hình thành lâm phần có mật độ cao hẹp hơn so với lâm phần thưa. Vòng năm của cây có tán hẹp cũng nhỏ hơn cây có tán lớn. Khi cây đang ở thời kỳ cạnh tranh mạnh, vòng năm cũng hẹp hơn. Ở những cây lá rộng, bề rộng vòng năm giảm nhanh theo tuổi. Cần nhận thấy rằng, vì nhiều yếu tố môi trường biến động rất phức tạp, nên không có một phương trình nào mô tả chính xác biến động của vòng năm theo tuổi cây.

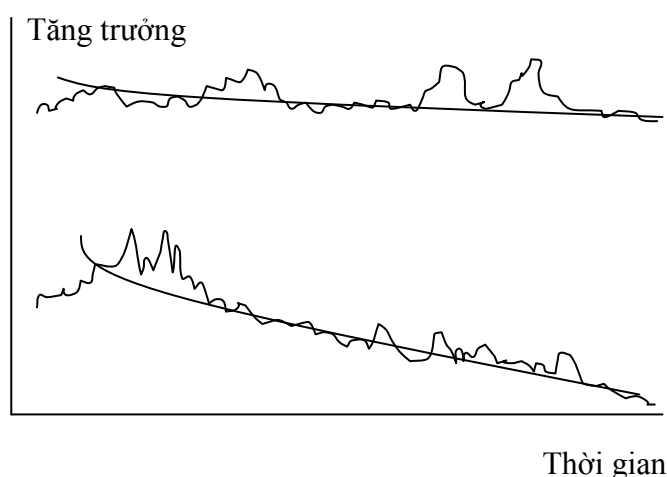
Những vòng năm của thân cây bị lệch biến động cũng có tính hệ thống. Khi thân cây không đứng thẳng, cấu trúc gỗ và bề rộng vòng năm thay đổi và hình thành gỗ dị thường. Tính dị thường của gỗ luôn có quan hệ với đặc điểm giải phẫu của tế bào. Gỗ dị thường được gọi là gỗ phản ứng. Ở những loài cây lá kim, gỗ phản ứng thường xuất hiện ở phần dưới của thân cây và được gọi là gỗ nén. So với các vòng năm ở phần thân chính, các vòng năm của gỗ nén có kích thước rộng hơn và chứa nhiều gỗ muôn hơn. Gỗ nén cũng có kích thước dày hơn và giòn hơn gỗ bình thường. Quản bào gỗ nén hóa gỗ và có khuynh hướng sắp xếp theo chiều ngang, giữa các tế bào có nhiều không gian hơn gỗ bình thường.

Ở những loài cây lá rộng, gỗ phản ứng xuất hiện ở phần trên của thân cây và được gọi là gỗ ép. So với gỗ bình thường, ống mạch của gỗ ép ít hơn và nhỏ hơn, lignin hóa cũng ít hơn.

9.9. Ý NGHĨA CỦA TĂNG TRƯỞNG VÀ CẤU TRÚC TẾ BÀO ĐỐI VỚI KHOA HỌC KHÍ HẬU THỰC VẬT

Tăng trưởng của cây gỗ có thể thay đổi theo nhiều cách thức khác nhau và theo thời gian (tuổi). Ví dụ: (1) Những thay đổi trong kích thước các mô theo giờ để phản ứng với sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm; (2) Những thay đổi của tế bào theo ngày đêm để phản ứng với sự thiếu hụt nước... Tăng trưởng của cây gỗ cũng thay đổi theo mùa với tần số một vài ngày hoặc một vài tháng. Những thay đổi theo mùa là kết quả từ sự thay đổi các mô phân sinh ở đỉnh và sức sống của các tế bào tượng tầng hoặc từ sự thay đổi của các yếu tố môi trường giới hạn một hoặc nhiều quá trình sống của cây gỗ. Nhiều yếu tố môi trường thay đổi theo chu kỳ ngày hoặc mùa. Đó là kết quả của những biến động về khí hậu. Nhiều biến động của các yếu tố môi trường có thể được làm phức tạp thêm bởi các quá trình xảy ra trong cơ thể thực vật, bởi những thay đổi về cấu trúc thân, rễ, lá. Những thay đổi lâu dài trong tăng trưởng có thể xuất hiện với tần số từ vài thập kỷ đến vài trăm năm; điều đó là tùy thuộc vào tuổi thọ của cây gỗ. Những thay đổi này thường xuất hiện từ những thay đổi có tính hệ thống trong đời sống cây gỗ và môi trường. Khí hậu cũng có biến động theo chu kỳ nhiều năm. Khi điều đó xảy ra thì các cây gỗ trong một vùng khí hậu nhất định sẽ có chung một phản ứng với những thay đổi của khí hậu.

Bề rộng vòng năm có thể chịu ảnh hưởng sâu sắc bởi các biến động của môi trường xuất hiện với các tần số khác nhau. Những biến động hàng năm của bề rộng vòng năm chính là do những biến động trung bình của các yếu tố và quá trình giới hạn tăng trưởng diễn ra hàng ngày và mùa trong năm. Những biến động này cũng phản ánh cả những biến động của khí hậu và những yếu tố khác xảy ra từ năm này đến năm khác.



Hình 9.12. Chuẩn hóa các số đo bề rộng vòng năm để làm rõ quy luật biến đổi của chúng theo tuổi

Những kỹ thuật chủ yếu của niên đại thực vật, bao gồm cả sự chuẩn hóa, được phát triển để làm rõ những biến động với tần số nhất định và làm giảm thiểu những biến động với tần số khác. Ví dụ, đường cong chuẩn hóa của một vài dạng

nhất định có thể được làm phù hợp với những thay đổi của vòng năm để phản ánh quy luật biến đổi vòng năm theo tuổi (Hình 9.12). Những đường cong này được dùng để nắm những biến động có tính hệ thống xuất hiện trong đời sống cây gỗ, bao gồm cả những biến động theo các bộ phận khác nhau của cây và theo các mối quan hệ của cây với môi trường.

Kỹ thuật làm phù hợp đường cong không phân biệt có hay không có những biến động lâu dài gây ra bởi các yếu tố khí hậu hoặc các yếu tố phi khí hậu. Đường cong làm phù hợp với những biến động hàng thế kỷ trong bề rộng vòng năm của những cây sống ở lập địa khô và lập địa ẩm là rất cần thiết. Chúng cho phép loại bỏ những biến động của các yếu tố phi khí hậu. Các đường cong được làm phù hợp với một hàm số nào đó còn cho phép dự đoán thông tin khí hậu (quá khứ và tương lai). Những cây gỗ sống lâu năm ở vĩ độ cao và núi cao hoặc ở nơi giá lạnh có thể ghi lại được lịch sử biến động của khí hậu và những yếu tố phi khí hậu. Những biến động trong vòng năm là kết quả ảnh hưởng đồng thời của cả các yếu tố khí hậu lẫn các yếu tố phi khí hậu. Tuy vậy, so với các yếu tố phi khí hậu, biến động khí hậu có ảnh hưởng đến biến động vòng năm lớn hơn. Vì thế, việc tìm kiếm những cách thức thu mẫu, biến đổi và xử lý số liệu để tách biệt riêng rẽ những ảnh hưởng này là rất cần thiết. Ở đây kỹ thuật phân tích thành phần biến động có ý nghĩa lớn.

Cần lưu ý rằng, biến động trong cấu trúc tế bào phản ánh những biến động không chỉ do các yếu tố môi trường (khí hậu và lập địa) gây ra, mà còn do các quá trình diễn ra trong cây. Mặc dù những biến động nhỏ trong kích thước tế bào có ảnh hưởng không lớn đến bề rộng vòng năm, nhưng những thông tin này là rất quan trọng. Thông qua mối quan hệ chặt chẽ giữa kích thước tế bào, mật độ gỗ với các yếu tố môi trường, chúng ta có thể xác định được những biến động của bề rộng vòng năm. Mặt khác, so với bề rộng vòng năm, thông tin về mối quan hệ giữa mật độ gỗ với các yếu tố môi trường có ý nghĩa lớn hơn trong việc khám phá ảnh hưởng của khí hậu quá khứ đến biến động vòng năm.

Chương 10

NHỮNG QUÁ TRÌNH SINH LÝ CƠ BẢN: Trao đổi vật chất và mối quan hệ của nước

10.1. NHỮNG YẾU TỐ SINH THÁI GIỚI HẠN

Ở chương 8 chúng ta đã thấy các yếu tố khí hậu ảnh hưởng không chỉ đến các quá trình sống của cây gỗ và cấu trúc vòng năm, mà còn đến các yếu tố môi trường xung quanh cây. Ảnh hưởng của khí hậu đến đời sống cây rừng còn tùy thuộc vào các mô sinh trưởng, vào hoạt động tương đối của các quá trình sinh lý và lịch sử tác động của các yếu tố môi trường. Những điều kiện giới hạn các quá trình sống của cây gỗ có thể thay đổi theo năm. Vòng năm có thể có quan hệ trực tiếp với khí hậu của một năm hoặc một số năm, nhưng có thể hoàn toàn không có quan hệ rõ rệt với khí hậu của một năm nào đó. Ví dụ, tăng trưởng của cây gỗ vào mùa xuân có thể bắt đầu vào năm ấm áp sớm hơn so với năm lạnh, bởi vì nhiệt độ là nhân tố giới hạn sinh trưởng của cây gỗ. Nhiệt độ cao còn làm cho thời tiết nóng hơn; kết quả dẫn đến kìm hãm các quá trình hình thành các enzyme và hoóc môn sinh trưởng. Sự gia tăng nhiệt độ còn làm tăng cường quá trình thoát hơi nước. Nếu tình trạng vừa nói xảy ra ở những điều kiện đất thiếu ẩm, thì thoát hơi nước mạnh ở cây gỗ có thể gây ra hiện tượng mất cân bằng nước trong cây. Hiện tượng ấy dẫn đến cây sinh trưởng kém hoặc có thể chết. Như vậy, nhiệt độ vào một thời gian nào đó của năm có thể có quan hệ nghịch với bề rộng vòng năm. Nếu nhiệt độ thấp xảy ra vào thời kỳ thiếu nước, thì sự biến động của nhiệt độ có thể không phản ánh rõ rệt trên tăng trưởng các vòng năm. Ngược lại, thời tiết ẩm áp vào mùa đông có quan hệ rất chặt chẽ với trạng thái nước trong các mô sinh trưởng. Điều đó lại kích thích các quá trình sống của cây. Trong trường hợp này, bề rộng các vòng năm có quan hệ rất chặt chẽ với nhiệt độ. Những ví dụ trên đây chỉ là những lời giải thích cho mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu. Ở những phần sau chúng ta sẽ thấy bề rộng vòng năm còn được ấn định bởi rất nhiều yếu tố khác nhau của môi trường.

Theo Liebig (1843), không phải bất kỳ yếu tố môi trường nào cũng trở thành yếu tố sinh thái giới hạn. Từ đó ông đã đưa ra định luật tối thiểu¹ sau đây: *“Một quá trình diễn ra bình thường được điều khiển bởi một số yếu tố riêng rẽ, nhưng tốc độ của quá trình ấy bị giới hạn bởi yếu tố ở mức thấp nhất”* (Meyer et al., 1973). Ngày nay nhiều nhà sinh thái học cho rằng, định luật giới hạn của Liebig còn quá đơn giản, bởi vì cùng một lúc có rất nhiều nhân tố kiểm soát quá trình sống của cây. Thật vậy, Mitscherlich (1909) cho rằng, sản lượng của thực vật bị giới hạn bởi sự thiếu hụt của một số nhân tố. Từ việc mô phỏng lại định luật Liebig bằng cách thêm vào sự tương tác giữa các yếu tố, Mitscherlich đã nhận thấy sản lượng của cây được giới hạn bởi yếu tố mà hàm lượng của nó bị thiếu hụt.

¹ Law of the Minimum

Lundegardh (1931) đã đưa ra một nguyên lý được gọi là *định luật ảnh hưởng tương đối*¹. Nội dung của định luật này phát biểu rằng: “*Khi một yếu tố nằm ở gần vùng thấp nhất, thì sự thay đổi hàm lượng của nó có ảnh hưởng đến thực vật lớn hơn so với yếu tố khác. Khi hàm lượng của một yếu tố tăng lên rất lớn, thì ảnh hưởng tương đối của nó đến thực vật giảm dần. Khi một yếu tố nằm trong vùng lớn nhất của nó, thì sự thay đổi hàm lượng của nó không có ảnh hưởng lớn đến thực vật*”.

Nhiều nghiên cứu cũng nhận thấy rằng, một số yếu tố môi trường ở mức dư thừa có ảnh hưởng đến thực vật lớn hơn khi chúng ở mức thiếu hụt (Lundegardh, 1931; Daubenmire, 1959; Glock, 1962). Nhưng khi phân tích tình hình một cách cẩn thận, chúng ta có thể nhận thấy rằng yếu tố dư thừa thường là kết quả của một yếu tố giới hạn khác. Ví dụ, sự dư thừa độ ẩm trở thành yếu tố giới hạn các quá trình nào đó. Nguyên nhân là vì khi không khí bị đẩy ra khỏi đất và ôxy giảm đến mức thấp nhất, thì ôxy trở thành yếu tố giới hạn các quá trình trao đổi chất ở rễ. Như vậy, trong trường hợp này yếu tố giới hạn là sự thiếu hụt ôxy chứ không phải là sự dư thừa nước. Nhiệt độ thấp và cao đều trở thành yếu tố giới hạn tốc độ phản ứng. Tuy vậy, nhiệt độ cao có thể không phải là yếu tố giới hạn trực tiếp. Ngược lại, yếu tố giới hạn trực tiếp có thể là sự thiếu hụt hệ thống enzyme.

Quy luật giới hạn sinh thái của Liebig và quy luật ảnh hưởng tương đối của Lundegardh có tầm quan trọng to lớn đối với việc thảo luận các quá trình sinh lý. Chúng nhấn mạnh rằng không phải tất cả các yếu tố sinh thái cùng trở thành yếu tố giới hạn sinh trưởng của thực vật. Những điều kiện và hoàn cảnh thực tế có thể được quy cho một số ít yếu tố giới hạn.

10.2. MỘT SỐ THUẬT NGỮ VÀ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Sự vận chuyển vật chất từ đất vào cây, từ tế bào này đến tế bào khác và đi ra khỏi cơ thể thực vật được thực hiện bởi hai quá trình cơ bản – đó là sự vận động và sự khuếch tán vật chất. Sự vận động của vật chất là sự di chuyển của các phân tử hoặc các phần tử vật chất từ nơi này đến nơi khác thông qua sự gắn kết với một vài lực lượng từ bên ngoài. Những lực lượng từ bên ngoài bao gồm trọng lực, áp suất của nước, hiện tượng kết dính và bám trên bề mặt của các phân tử. Sự vận động vật chất là sự lan truyền của các phân tử theo một hướng nhất định. Ví dụ, sự thấm nước vào đất sau khi mưa; sự nâng cao độ ẩm của đất nhờ hoạt động của các mao quản; sự vận chuyển vật chất và nước từ rễ lên các bộ phận của cây qua các ống mạch (xylem); sự vận chuyển thức ăn và chất khoáng thông qua các thành phần có dạng ống - lọc của libe; sự thoát hơi nước qua hệ thống lá cây...

Sự thu nhận vật chất vào cơ thể thực vật và sự thải vật chất ra khỏi cơ thể thực vật được thực hiện chủ yếu nhờ vào quá trình khuếch tán. Khác với sự vận động của vật chất, sự khuếch tán là do năng lượng của các phân tử và ion được sinh ra liên tục, do sự vận động ngẫu nhiên của các phân tử vật chất. Sự khuếch tán là sự lan truyền của các phân tử hoặc ion từ vùng có hàm lượng cao đến vùng có hàm lượng thấp. Ảnh hưởng tổng hợp của nồng độ và tính hoạt động của phân tử được gọi là năng lượng tự do. Thuật ngữ năng lượng tự do là thước đo sự vận

¹ Relative Effects

động tương đối (động năng) của các phân tử của một loại vật chất nhất định. Sự vận động tương đối sẽ tăng lên cùng với sự gia tăng số lượng các phân tử (nồng độ). Do đó, sự khuếch tán có thể định nghĩa như là sự vận động của các phân tử (hoặc ion) của một loại vật chất nhất định từ vùng có năng lượng tự do cao (nồng độ cao) đến vùng có năng lượng tự do thấp (nồng độ thấp) (Meyer *et al.*, 1973). Sự khác biệt về hoạt tính phân tử giữa hai vùng được gọi là gradient năng lượng tự do. Mỗi chất khuếch tán độc lập tương đối so với sự khuếch tán của chất khác cho đến khi trạng thái cân bằng đạt được. Ở trạng thái cân bằng, tất cả các phân tử trong một hệ thống mở bị phân tán ngẫu nhiên và năng lượng tự do của mỗi chất là gần như nhau. Trong một hệ thống mở sự vận động của phân tử vẫn tiếp diễn nhưng không có sự thay đổi nào về nồng độ. Năng lượng tự do cần cho sự vận động của phân tử thực chất là nhiệt lượng bên trong vật chất. Sự vận động của vật chất tỷ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối. Về lý thuyết, phân tử không vận động và không khuếch tán ở nhiệt độ không tuyệt đối (-273°C). Tốc độ khuếch tán của phân tử phụ thuộc rất lớn vào nhiệt độ. Do đó, năng lượng bức xạ mặt trời và năng lượng nhiệt của môi trường được xem như nguồn năng lượng gây ra sự vận động của phân tử và sự khuếch tán vật chất bên trong cơ thể thực vật. Khi nhiệt độ tăng lên thì sự vận động của phân tử tăng lên và sự khuếch tán cũng nhanh hơn. So với mùa đông, về mùa ấm áp sự vận động và khuếch tán vật chất đi vào và đi ra khỏi cơ thể thực vật xảy ra nhanh hơn. Nói chung, tốc độ khuếch tán tăng lên từ 1,2 - 1,3 lần mỗi khi nhiệt độ tăng lên 10°C (Mayer *et al.*, 1973).

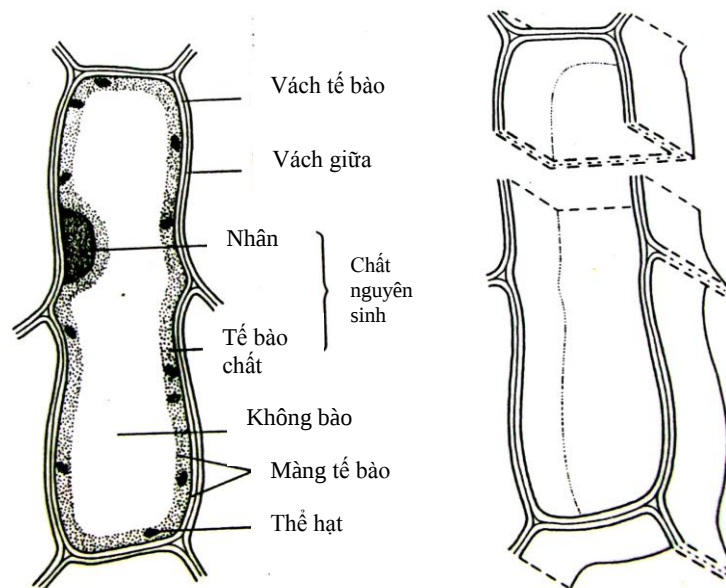
Sự khuếch tán cũng phụ thuộc vào kích thước của vật chất. Các phân tử nhỏ và nhẹ vận động và khuếch tán nhanh hơn các phân tử lớn và nặng. Độ dốc của gradient năng lượng (sự khác biệt về năng lượng trên khoảng cách nào đó) cũng ảnh hưởng đến tốc độ khuếch tán. Sự khác biệt về năng lượng tự do và độ dốc của môi trường càng lớn, thì tốc độ khuếch tán càng nhanh.

Sự khuếch tán của các phân tử và ion có thể bị ảnh hưởng, nếu xung quanh chúng có các vật chất cản trở sự vận động của chúng. Các lớp mỏng hoặc các màng nhầy trong tế bào chất có thể có tính thấm khác với các phân tử bao quanh chúng. Những lớp mỏng này được gọi là các màng nhầy có tính thấm khác nhau. Chúng có thể thay đổi tính thấm và bằng cách đó chúng điều chỉnh tốc độ vận động của vật chất trong cơ thể thực vật. Những vách tế bào đã chết không có khả năng thấm các phân tử hoặc ion. Nhưng những vách tế bào được thấm đầy sáp hoặc chất béo, chẳng hạn như cutin và chất bản phân bố ở biểu bì hoặc vỏ, vẫn có khả năng thấm các phân tử hoặc ion. Vì nước không hòa tan trong các vật chất, nên nó vẫn có khả năng khuếch tán qua vách tế bào thấm đầy vật chất. Sự mất nước qua lá và thân cây được gọi là sự thoát hơi nước. Sự khuếch tán của nước qua các màng thấm trong tế bào chất được gọi là sự thẩm thấu.

Sự khuếch tán vật chất trong cây không giống với hiện tượng dẫn truyền vật chất trong cây. Dẫn truyền vật chất là hiện tượng các vật chất hoặc ion vận động qua màng tế bào nhờ vào gradient năng lượng tự do. Chẳng hạn, sự vận động vật chất có thể xuất hiện trong các ống dẫn của rễ cây. Hiện tượng này được gọi là sự vận chuyển tích cực. Nó đòi hỏi sự hao phí năng lượng có liên quan với hoạt động trao đổi chất của cây.

10.3. TRẠNG THÁI NƯỚC CỦA TẾ BÀO

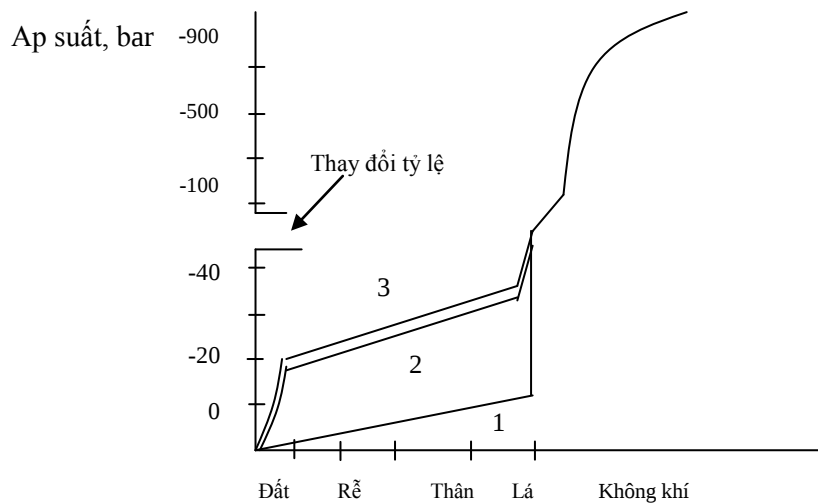
Tăng trưởng của cây gỗ được kiểm soát chặt chẽ bởi sự vận động của nước hơn là sự vận động của bất kỳ chất đơn lẻ nào. Trong trạng thái môi trường thiếu hụt nước, tăng trưởng không thể xuất hiện, bởi vì nước cần thiết cho sự phát triển và sự lớn lên của tế bào. Chức năng bình thường của các quá trình sinh lý kiểm soát tăng trưởng phải xuất hiện trong dung dịch nước; các vật chất sống vận động vào và ra khỏi tế bào cũng nhờ vào dung dịch nước; tất cả biến động về kích thước tế bào cũng nhờ vào sự vận động của nước đi vào và đi ra khỏi cây.



Hình 10.1. Những thành phần của tế bào
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Các tế bào sống bao gồm tế bào chất (**chất nguyên sinh**). Chất nguyên sinh được bao bọc bởi một màng có khả năng thẩm thấu và một vách tế bào khá cứng (**Hình 10.1**). Vách tế bào mềm dẻo nhưng nó lại có khả năng giới hạn thể tích tế bào lớn nhất. Các tế bào vách mỏng mềm dẻo hơn vách tế bào dày. Tế bào chất chỉ là một lớp mỏng nằm giữa bề mặt vách tế bào phía trong và một màng nhầy. Tế bào chất bao xung quanh nhân tế bào chứa vật liệu di truyền. Đôi khi các nhân tế bào chuyên hóa chất nguyên sinh được gọi là **các thể hạt**. Không bào chiếm giữ vị trí trung tâm của tế bào. Không bào chứa đầy nước và các chất hòa tan được gọi là **nhựa tế bào**. Một màng có tính thấm khác nhau ngăn cách tế bào chất với không bào.

Tất cả nước vận động trong cây là do sự xuất hiện các gradient giảm dần năng lượng tự do của nước (**Hình 10.2**). Theo Kozlowski (1968), năng lượng tự do (còn gọi là **tiềm năng của nước**) được đo bằng đơn vị áp suất (bars), đó là sự chênh lệch về năng lượng tự do của nước sạch ở áp suất không khí bình thường và ở hệ thống đang nghiên cứu. Trên **hình 10.2**, tiềm năng nước của đất gần bằng zero, còn tiềm năng nước của thực vật thay đổi từ -1 hoặc -2 đến -30 bars. Tiềm năng nước có trị số nhỏ hơn ở phần nằm dọc theo phía ngoài của bề mặt tế bào lá.



Hình 10.2. Sơ đồ năng lượng của dòng nước chảy qua đất - cây - không khí dưới điều kiện thoát hơi nước bình thường (đường cong 1), héo tạm thời (đường cong 2) và héo vĩnh viễn (đường cong 3). Phòng theo Fritts H. C, 1971).

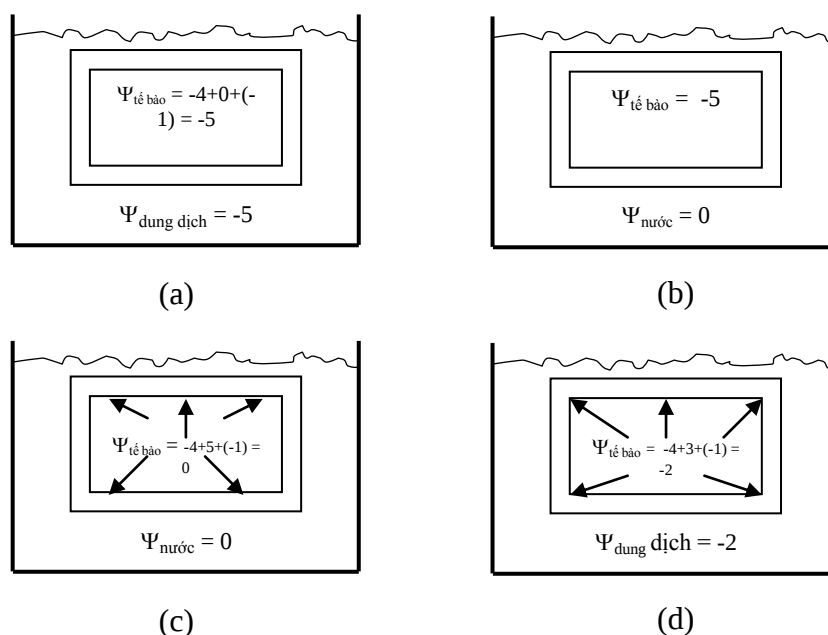
Đường cong ở **hình 10.2** mô tả những khác biệt xuất hiện trong sơ đồ gradient năng lượng của dòng nước chảy qua đất - cây - không khí dưới điều kiện thoát hơi nước bình thường (đường cong 1), làm héo tạm thời (đường cong 2) và làm héo vĩnh viễn (đường cong 3).

Thế nước (kí hiệu Ψ) của một dung dịch tự do (không bị giới hạn) là một hàm số của lượng chất tan và lực thủy tĩnh. Lượng chất tan trong dung dịch được biểu thị là khả năng thẩm lọc (Ψ_s). Tuy vậy, nếu dung dịch trong chất nguyên sinh và không bào bị giới hạn, thì thế nước cao hơn áp suất sẽ phát sinh trong tế bào. Thành phần này của thế nước được gọi là thế áp suất (Ψ_p) hoặc áp suất trương, và nói chung nó lấy giá trị dương (Kozlowski, 1969). Thế nước của tế bào chưa cương (ở đây thế nước bằng zero) sẽ bằng thế nước của dung dịch tự do, ngoại trừ trường hợp các chất keo có thể giữ nước hoặc hiện tượng bề mặt có thể sử dụng một lực bổ sung. Các lực hình thành bởi hiện tượng bề mặt được biểu thị là thế nền (Ψ_m) và lấy giá trị âm giống như khả năng thẩm lọc. Từ đó cho thấy trạng thái nước của một tế bào thực vật bằng tổng số các thế khác nhau, nghĩa là

$$\Psi_{\text{tế bào}} = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m \quad (10.1)$$

Khi một tế bào được đặt trong một dung dịch nước, nó sẽ không bị thay đổi hình dạng nếu thế nước bên trong tế bào bằng thế nước bên ngoài tế bào (**Hình 10.3**). Tuy vậy, sự khuếch tán (trong trường hợp này là thẩm thấu) sẽ xảy ra nếu có sự khác biệt trong thế nước bên ngoài và bên trong tế bào. Ví dụ, nước sẽ khuếch tán vào bên trong tế bào nếu thế nước của tế bào thấp hơn thế nước của môi trường xung quanh tế bào. Khi nước xâm nhập vào tế bào, thế nước trong tế bào sẽ tăng dần lên và thế áp suất tác động lên vách tế bào cũng tăng lên cho đến

khi thế nước bên trong tế bào bằng thế nước bên ngoài tế bào. Gradient thế nước như thế thường tồn tại không lâu dài và tính thẩm thấu sẽ ngừng.

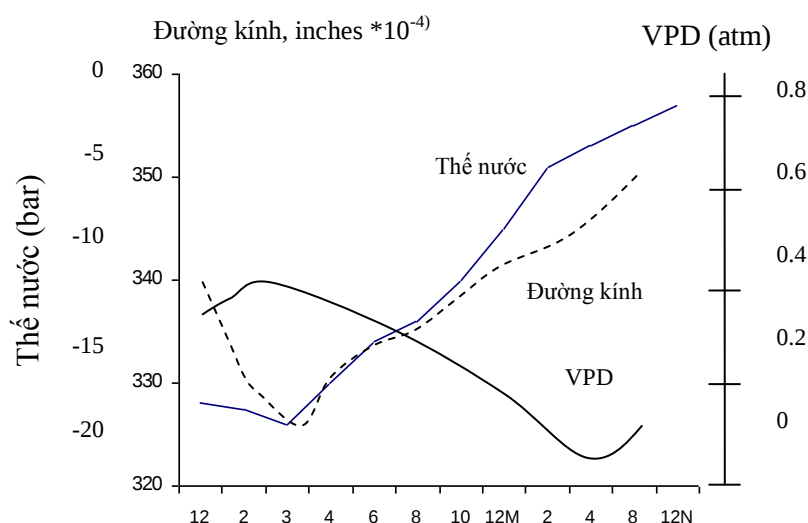


Hình 10.3. Một tế bào thực vật giả định; trong đó: (a) khả năng thẩm lọc = -4 bar, thế áp suất = 0, thế nền = -1 bar, do đó tổng thế nước của tế bào = -5 (xem phương trình 10.1). Nếu tế bào được đặt vào một dung dịch có thế nước giống với thế nước của tế bào thì không có gradient thế nước và thế nước ở trạng thái cân bằng. Nếu tế bào được đặt vào nước sạch (b) thì sự chênh lệch thế nước ở bên trong và bên ngoài tế bào là 5 bar. Nước khuếch tán vào bên trong tế bào (c) cho đến khi thế áp suất (các mũi tên) tác động hướng ra phía ngoài bằng sự chênh lệch các thế nước (giả định là thể tích tế bào thay đổi có ý nghĩa) và một gradient tồn tại không lâu dài. Khi ấy tế bào phồng lên và được gọi là trương tế bào. Nếu thế nước bên ngoài tế bào thay đổi từ 0 đến -2 thì nước bên trong tế bào sẽ khuếch tán ra bên ngoài (d) cho đến khi thế áp suất (các mũi tên) giảm dần từ 5 bar xuống 3 bar. Lúc đó nước bên trong tế bào đạt đến trạng thái cân bằng mới và tế bào ít phồng lên. Dưới điều kiện thực tế, do nước khếch tán vào tế bào có chứa các chất tan, nên thế thẩm lọc của tế bào tăng lên và thế áp suất giảm đến một vài giá trị nhỏ hơn những giá trị chỉ ra ở ví dụ trên. Phồng theo Fritts (1971).

Sự thay đổi trong các thế nước và kích thước tế bào phản ánh sự vận động của nước trong cây. Theo Fritts (1970), những thay đổi về kích thước thân cây và thế nước của lá có thể đo được hàng ngày (Hình 10.4). Từ hình 10.4 cho thấy, trước 4 giờ chiều thế nước ở lá đạt trị số thấp nhất, trong lúc ấy thân cây co rút lại vì lượng nước mà nó nhận được từ rễ rất ít, và sự thiếu hụt áp suất hơi nước (VPD^1 = hiệu số giữa áp suất hơi nước thực tế của không khí và áp suất hơi nước bão hòa ở cùng nhiệt độ) tiến gần đến trị lớn nhất trong ngày. Sau 4 giờ chiều, sự thiếu hụt áp suất hơi nước của không khí bắt đầu giảm về trị số tuyệt đối. Tình trạng đó xảy ra là vì, cả nhiệt độ không khí và sự thiếu hụt áp suất hơi nước đều giảm. Gradient thế nước giảm và lượng nước cây thoát hơi nhỏ hơn lượng nước rễ cây hút lên từ đất. Khi đó lượng nước truyền lên thân cây nhiều hơn sự hao phí nước, do đó kích thước các tế bào thân cây và thế nước của các lá tăng dần lên.

¹ Vapor pressure deficit

Vào lúc 8 giờ sáng, khi lá cây trương phồng lên thì thế nước và hàm lượng nước trong cây đạt tới trị số lớn nhất. Tuy vậy, lúc này sự thiếu hụt áp suất hơi nước giữa lá và không khí bắt đầu giảm và điều đó lại gây ra mất nước bởi thoát hơi nước qua lá lại tăng lên. Khi lượng nước thoát hơi qua lá lớn hơn lượng nước thu nhận từ rễ, thì thân cây lại co rút và thế nước trong lá lại giảm dần. Như vậy, biến động hàng ngày trong trạng thái nước của cây có ảnh hưởng đến các quá trình phân chia và lớn lên của tế bào, đến sự hấp thụ và tiêu dùng thức ăn... Do đó, điều kiện môi trường làm thay đổi trạng thái nước cũng có ảnh hưởng đến tăng trưởng. Nếu tình trạng này xảy ra từ ngày này qua ngày khác, thì ảnh hưởng tích lũy của chúng sẽ biểu hiện rất rõ trên biến động của vòng năm.



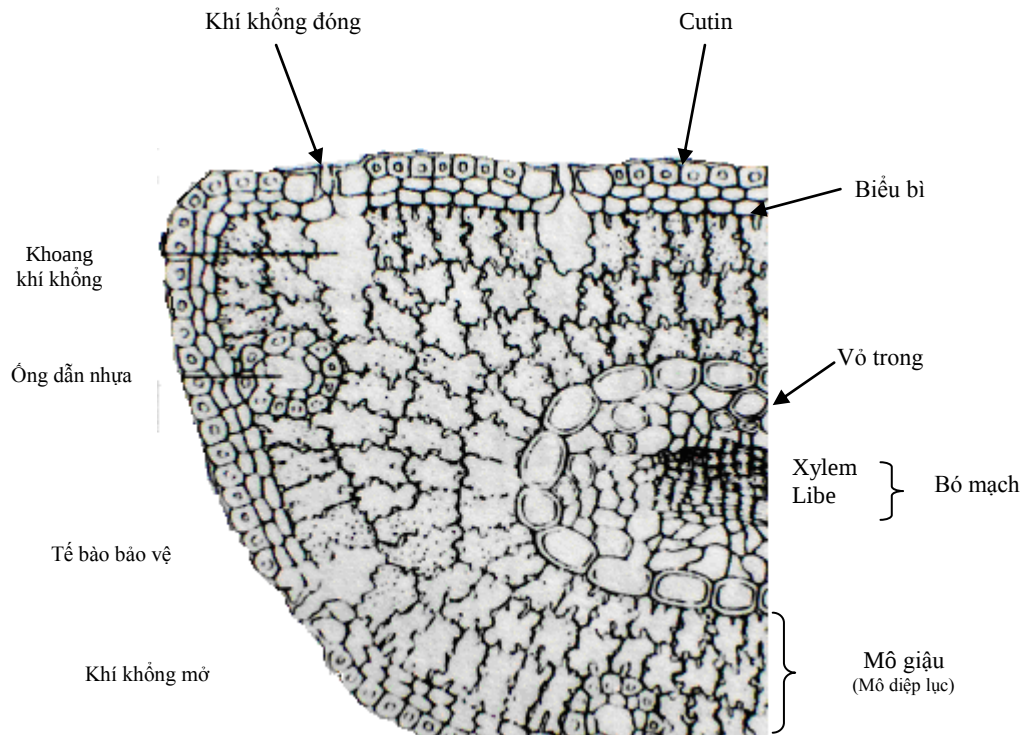
Hình 10.4. Thế nước của lá cây, số đo đường kính thân cây và sự thiếu hụt áp suất hơi nước (VPD) xung quanh cây *Pinus ponderosa* vào những giờ khác nhau trong ngày (Phỏng theo Fritts, 1970)

10.4. THOÁT HƠI NƯỚC CỦA THỰC VẬT

Thoát hơi nước của thực vật là sự mất nước bởi sự thoát hơi từ tất cả các thành phần (thân cây, hoa, quả và lá) bị phơi ra không khí. Phần bốc hơi từ lá xảy ra theo hai giai đoạn. Trước hết, nước thoát ra từ các vách tế bào ẩm đi vào các khoang khí khổng và không gian giữa các tế bào bên trong lá (Hình 10.5). Kế đến hơi nước khuếch tán từ không gian giữa các tế bào qua biểu bì lá đến không khí bên ngoài. Đường đi của nước qua biểu bì tạo thành một lỗ cực nhỏ trong biểu bì được gọi là **khí khổng**. Các vách ngoài của tế bào khí khổng chứa đầy sáp được gọi là **cutin**. Lớp sáp này có chức năng điều chỉnh lượng nước mất mát qua tế bào biểu bì luôn nhỏ hơn lượng nước đi qua các khí khổng mở. Một lượng nước nhỏ cũng bị mất mát từ thân, cành và nhánh cây thông qua những lỗ nhỏ ở vỏ.

Một lá cây có rất nhiều khí khổng. Ở những loài cây khác nhau, số lượng và hình dạng khí khổng cũng khác nhau. Những tế bào bảo vệ bao quanh khí khổng có chức năng điều chỉnh kích thước đóng mở của khí khổng. Khi khí khổng mở, nước sẽ khuếch tán vào bên trong các tế bào bảo vệ và thế tích của chúng tăng lên. Hoạt động đóng và mở của khí khổng được thực hiện nhờ vào

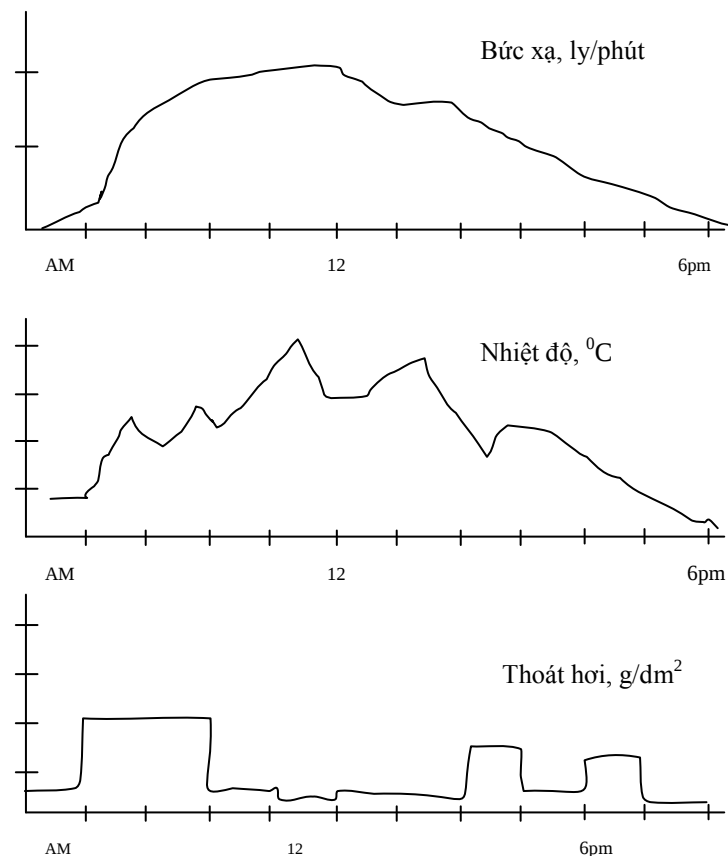
hoạt động của các vách tế bào bảo vệ nằm sát khí khổng. Khi vách ngăn cách hai tế bào bảo vệ căng ra, thì hai tế bào sẽ bị uốn cong, và khi đó khí khổng sẽ mở ra. Ngược lại, khi vách ngăn cách hai tế bào bảo vệ co lại, thì hai tế bào sẽ bị thu nhỏ, và khi đó khí khổng sẽ đóng lại. Nói chung, khí khổng mở ra về buổi sáng và đóng lại về buổi chiều. Việc đóng mở khí khổng có ảnh hưởng đến tốc độ thoát hơi nước qua lá cây.



Hình 10.5. Phần cắt ngang một nửa lá kim; trong đó chỉ ra những mô khác nhau và các khí khổng đóng và mở
(Phỏng theo Fritts H. C, 1971)

Tùy theo kích thước và số lượng khí khổng trên lá cây, số lượng năng lượng hấp thu và phát xạ từ lá cây có ảnh hưởng đến nhiệt độ bề mặt lá và tốc độ thoát hơi nước. Về ban đêm hoặc ở nơi có bóng che, lá có thể phát xạ nhiều hơn năng lượng hấp thu; do đó nhiệt độ lá nhỏ hơn nhiệt độ không khí. Dưới điều kiện có bức xạ mặt trời mạnh, lá hấp thu năng lượng nhiều hơn năng lượng chi dùng; do đó nhiệt độ lá lớn hơn nhiệt độ không khí (**Hình 10.6**). Gió có thể làm lạnh lá, và vì thế về ban ngày nhiệt độ của lá có thể thấp hơn nhiệt độ xung quanh. Nhưng vào ban đêm gió cũng có thể truyền năng lượng đến các lá lạnh và làm nhiệt độ lá nâng cao hơn nhiệt độ xung quanh. Sự thoát hơi nước tự nó cũng tiêu hao năng lượng, bởi vì quá trình bốc hơi nước đòi hỏi có nhiệt lượng. Theo Gates (1968), khả năng thoát hơi nước của cây đòi hỏi phải có sự khác biệt giữa thế nước bên trong lá và thế nước bên ngoài lá. Độ ẩm và nhiệt độ cũng có ảnh hưởng đến gradient năng lượng tự do. Vì nước khuếch tán từ trong lá ra không khí tự do, nên quá trình này phụ thuộc vào bề dày lớp cutin, vào kích thước và hình dạng tế bào biểu bì, vào nhiệt độ và độ ẩm không khí bên ngoài lá...

Trong trường hợp những cây mọc ở nơi khô, nơi có gió và ánh sáng cao, các lá cây được làm thoáng khí rất cao. Điều đó làm đơn giản các mối quan hệ, vì nhiệt độ lá trong ngày có quan hệ chặt chẽ với nhiệt độ không khí xung quanh và các khí khổng vẫn mở trong những ngày có thiếu hụt nước. Trong trường hợp này không có một lớp độ ẩm cao ở gần bề mặt lá tiếp xúc với không khí hoặc trong tán rừng kín, và gradient năng lượng tự do giữa hơi nước gần bề mặt lá và không khí xung quanh là rất lớn. Khi độ ẩm không khí thấp, nhiệt độ không khí là nhân tố giới hạn sự mất nước và nó có quan hệ chặt chẽ với sự thay đổi trạng thái nước. Đến lượt mình trạng thái nước và nhiệt độ có ảnh hưởng lớn đến bề rộng vòng năm.

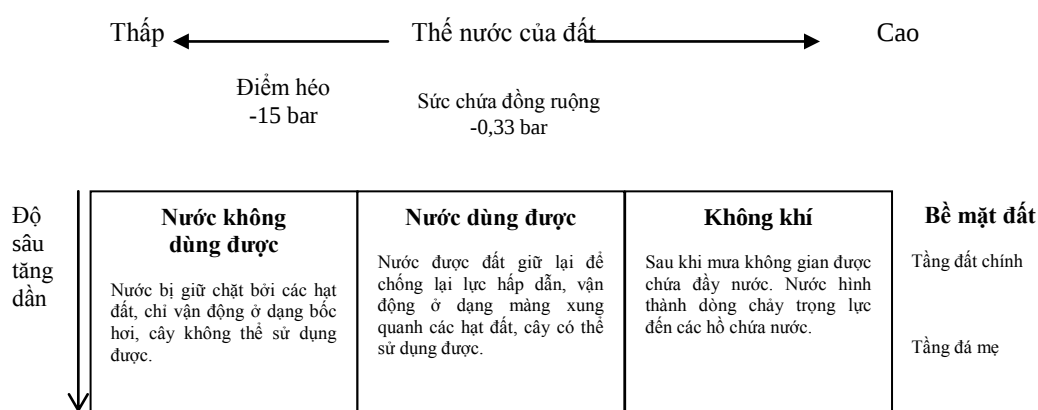


Hình 10.6. Bức xạ trên một bề mặt nằm ngang, khác biệt nhiệt độ của lá và không khí xung quanh và thoát hơi nước từ cây con *Pinus ponderosa*. Phỏng theo Fritts H. C (1971).

Kích thước khí khổng có thể thay đổi cùng với sự biến động của cường độ ánh sáng. Điều đó có thể tạo ra những thay đổi rõ rệt về tốc độ thoát hơi nước của cây. Ví dụ, các khí khổng mở vào lúc bình minh và đóng lại về ban đêm có ảnh hưởng rất rõ rệt đến tốc độ thoát hơi nước của cây. Cường độ ánh sáng thấp vào lúc thời tiết nhiều mây có thể làm khí khổng đóng lại và làm giảm cường độ thoát hơi nước. Thoát hơi nước của những cây nằm dưới tán rừng chịu ảnh hưởng của cường độ ánh sáng nhiều hơn so với biến động nhiệt độ và gió. So với điều kiện ở

nơi trồng và lập địa khô, trạng thái nước của những cây dưới tán rừng có quan hệ yếu với nhiệt độ, nhưng lại có quan hệ chặt với cường độ ánh sáng.

Một phương pháp đo kích thước lỗ khí khổng của cây lá kim là chuyển những lá cây tươi vào buồng áp suất có chứa đầy dung dịch nước - alcohol. Sau đó tăng dần áp suất và quan sát các lá dưới kính hiển vi. Ở điều kiện áp suất nào đó ethanol sẽ hình thành thông qua mở khí khổng. Khi khí khổng mở ra, không khí trong lá bị thay thế bởi dung dịch, do đó màu của lá trở nên tối. Kích thước mở khí khổng tỷ lệ với áp suất cần có để tạo ra sự xâm nhập của dung dịch (Fry và Walker, 1967). Nghiên cứu với loài *Pinus ponderosa* cho thấy, nếu biểu thị áp suất xâm nhập bằng một chỉ số, thì khi khí khổng mở hoàn toàn chỉ số áp suất bằng 20. Ngược lại, khi khí khổng đóng hoàn toàn thì chỉ số áp suất bằng hoặc lớn hơn 60.



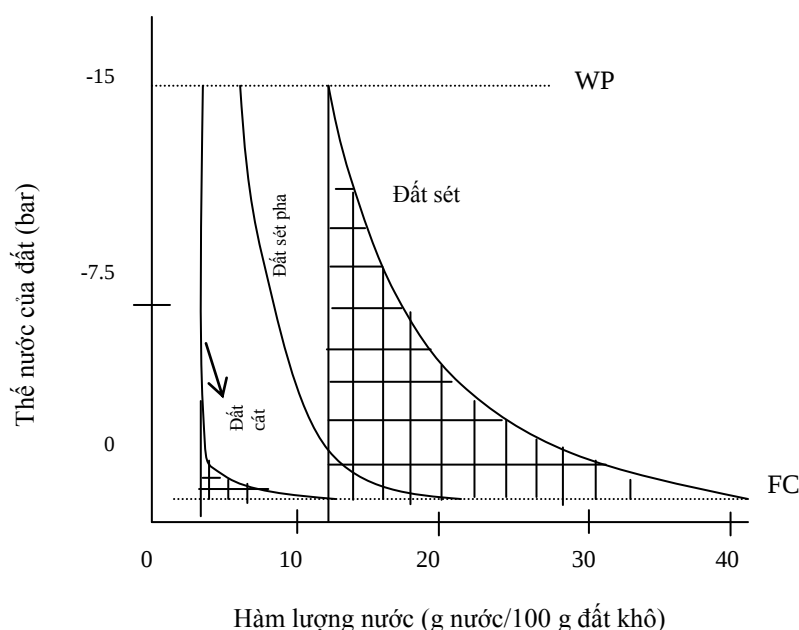
Hình 10.7. Sơ đồ về các dạng nước trong đất ẩm. Phần lớn nước bị giữ chặt ở thể nước thấp (nhỏ hơn điểm héo); chúng không khuếch tán vào rễ cây và cây không sử dụng được. Tương tự, nước bị giữ ở thể lớn hơn sức chứa đồng ruộng; chúng chảy theo trọng lực và phần lớn cây không sử dụng được. Không gian trống và sức chứa không khí giảm theo độ sâu (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

10.5. ĐỘ ẨM CỦA ĐẤT

Nhờ có một lực nào đó trong các phân tử nước và giữa nước với các mẫu đất, nên thể nước của đất thay đổi tùy thuộc vào hàm lượng nước trong đất (Hình 10.7 và 10.8). Khi toàn bộ không gian trống trong đất được chứa đầy nước, thì đất được gọi là đất no nước và khi ấy thể nước gần bằng zero (thể nước cao; Hình 10.7). Lượng nước này được gọi là nước trọng lực. Cây không thể sử dụng được nước trọng lực, vì lượng nước này rút ra khỏi đất sau 1 - 2 ngày. Sự rút nước ngừng ở thể hiệu nước là -0,33 bar, và nước của đất duy trì ở thể hiệu này được gọi là sức chứa nước đồng ruộng. Lượng nước được giữ lại trong đất ở sức chứa nước đồng ruộng có thể cung cấp cho cây và nó có thể di chuyển trong đất như một màng mỏng xung quanh các hạt đất hoặc bởi sự khuếch tán của phân tử nước.

Nước trong đất có thể bị mất bởi sự bốc hơi vào không khí hoặc khuếch tán vào rễ cây. Khi một lượng nước tương đối lớn mất đi khỏi đất, thì thể nước sẽ thay đổi (Hình 10.8). Khi đất đã khô, thì chỉ có một lượng nước nhỏ bị mất mát trên một đơn vị thay đổi thể nước. Lúc đó cây bắt đầu héo. Khi thể nước gần bằng -15 bar, thì nhiều cây bị héo. Nước của đất ở trạng thái nhiều cây bị héo như thể

được gọi là điểm héo vĩnh viễn. Sau điểm héo vẫn có một lượng nước nhỏ khuếch tán đến rễ cây, nhưng lượng nước này không đủ đáp ứng theo yêu cầu của cây. Mặc dù ở trạng thái bão hòa nước, sức chứa nước đồng ruộng và điểm héo có thể thay đổi ít nhiều theo loài cây, nhiệt độ đất và các điều kiện khác của lập địa, nhưng chúng ta vẫn có thể xem chúng là các hằng số của đất. Mưa với cường độ 25 mm chỉ làm ẩm đất mặt đến độ sâu khoảng 254 mm, còn phần đất sâu hơn vẫn bị khô. Khi mưa với cường độ nhỏ hơn 25 mm, thì nước không thể thấm theo trọng lực vào các lớp đất sâu. Khi mưa lớn, độ ẩm ở lớp đất mặt tăng lên lớn hơn sức chứa nước đồng ruộng. Khi ấy nước sẽ chảy vào các lớp đất sâu hơn cho đến khi toàn bộ lớp đất ẩm đạt được sức chứa nước đồng ruộng. Ở thời điểm này sự vận động của nước theo trọng lực xuống các lớp đất sâu hơn sẽ dừng lại.



Hình 10.8. Hàm lượng nước được cố định trong các đất khác nhau bởi thể nước thay đổi từ 0 bar (bão hòa nước) đến -15 bar (điểm héo). Nước được cây sử dụng là hiệu số giữa sức chứa nước đồng ruộng (FC) và điểm héo (WP); đối với đất sét và đất cát là vùng gạch chéo. Lượng nước dùng được ở đất sét cao hơn đất cát (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

Ở sức chứa nước đồng ruộng (-0,33 bar) và ở điểm héo (-15 bar), nước vẫn khuếch tán trong đất. Lượng nước thổ nhưỡng lớn nhất mà cây có thể sử dụng được là sự chênh lệch giữa nước được giữ lại ở sức chứa nước đồng ruộng với nước được giữ lại ở điểm héo (Hình 10.8). Tùy theo kết cấu của đất (cát, thịt, sét), ở sức chứa nước đồng ruộng và ở điểm héo nước vẫn có thể khuếch tán trong đất. Thực vật có thể sử dụng được lượng nước khuếch tán này. Ví dụ, so với đất cát, đất sét có khả năng giữ được lượng nước cần cho cây lớn hơn 5 lần, còn đất thịt giữ nước ở mức trung gian. Lượng nước giữ lại trong đất thịt ở điểm héo có thể lớn hơn lượng nước mà đất cát giữ lại ở sức chứa nước đồng ruộng. So với đất sét, điểm uốn của đường cong đối với đất cát rõ ràng hơn. Điều đó chứng tỏ rằng, so với đất sét, thể nước trên lượng nước mất mát từ đất cát thay đổi lớn hơn. Như vậy, ở đất cát và đất có nhiều sỏi toàn bộ nước mà thực vật có thể sử dụng được

giữ lại lỏng lẻo ở -2 bar hoặc lớn hơn, còn ở đất sét là dưới 40%. Vì thế **gradient thế hiệu** nước đối với đất cát dốc hơn đất thịt và đất sét.

Theo Kramer (1969), nước trong các mao dẫn, các lỗ và vết nứt ở đất vận động trước hết như một chất lỏng. Tốc độ vận động của nước phụ thuộc vào kết cấu đất và hàm lượng ẩm trong đất. So với đất thịt mịn ẩm, vận động mao dẫn trong đất cát thô ẩm diễn ra nhanh hơn. Nguyên nhân là vì, trong đất cát thô có nhiều khe hở hơn đất sét mịn. Nhưng dưới điều kiện khô hạn, khi màng nước mỏng hơn, thì vận động mao dẫn trong đất cát thô lại diễn ra chậm hơn so với đất sét. Nguyên nhân là vì, so với đất cát, đất sét có diện tích bề mặt lớn hơn và diện tích tiếp xúc giữa đất với các màng nước cũng lớn hơn.

Nhờ các mao dẫn, nước có thể vận động lên xuống ít nhiều. Độ cao vận động mao dẫn trong đất sét lớn hơn so với đất cát. Tuy vậy, trong cả hai loại đất vận động mao dẫn của nước từ vùng ẩm đến vùng khô diễn ra rất chậm, đặc biệt khi độ ẩm đất thấp hơn sức chứa nước đồng ruộng. Trong thời kỳ thoát hơi nước nhanh, nước dùng được ở sát các hạt đất tiếp xúc với rễ cây vận động vào rễ cây nhanh hơn so với nước vận động mao dẫn hoặc vận động phân tử. Điều đó tạo ra một trụ đất xung quanh rễ cây bị hút hết nước, mặc dù ở phía xa vài milimét hàm lượng nước có thể gần bằng sức chứa nước đồng ruộng (Kramer, 1967). Theo thời gian, vận động mao dẫn có thể thay thế một phần nước mà rễ cây đã hút. Khi độ ẩm đất thấp, khoảng cách lan truyền nước trong đất, bao gồm cả sự nâng cao nước mao quản, không thể cung cấp đủ nước theo nhu cầu của cây gỗ. Tuy vậy, sự vận động của nước mao quản có thể cung cấp đủ ẩm để ngăn cản cái chết của cây gỗ trong mùa khô hạn.

10.6. ĐẤT VÀ CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐẤT

Ở phần trên chúng ta đã thấy vai trò của đất trong việc cung cấp nước cho cây gỗ. Trên thực tế, đất là một hệ thống lý - sinh rất phức tạp. Đất phát triển ở lớp trên của vỏ trái đất. Theo Jenny (1941, 1958 và 1961), đất là một hàm số của 5 yếu tố hình thành đất: khí hậu, sinh vật sinh trưởng bên trong và trên bề mặt đất, địa hình, đá mẹ mà từ đó đất được hình thành và thời gian. Trong phần này, trước hết chúng ta xem xét phẫu diện đất và sự thay đổi của nó theo địa hình và dòng chảy. Kế đến chúng ta xem xét sự phân tầng và đặc điểm của các tầng đất có ảnh hưởng đến sự phân bố rễ cây, sự hấp thu nước, cân bằng nước và bề rộng các vòng năm.

Do các quá trình phát triển của đất, đất được phân chia thành các lớp riêng biệt, người ta gọi là các tầng đất. Các tầng đất được phân biệt bởi những đặc tính hình thái, vật lý, hóa học và khoáng vật. Phân bố theo chiều đứng của các tầng đất từ bề mặt đất đến tầng đá mẹ được gọi là phẫu diện đất. Một phẫu diện đất được phân chia thành 4 tầng rõ rệt, trong đó có một tầng hữu cơ và ba tầng chất khoáng. Tầng hữu cơ thường phân bố ở lớp trên cùng, bao gồm vật rụng và vật chất hữu cơ đã phân hủy. Tầng chất khoáng cao nhất được gọi là tầng A. Tầng A là những bộ phận của đất mà từ đó những chất khoáng chủ yếu đã bị mất mát và những chất khoáng khác được bổ sung bởi các quá trình hình thành đất. Tầng A được gọi là tầng tàn tích¹. Tầng chất khoáng thứ hai (tầng B) được hình thành từ

¹ Eluviation

các chất khoáng rửa trôi từ tầng A theo chiều sâu. Tầng B được gọi là tầng tích tụ. Tầng thứ ba và thấp hơn được gọi là tầng C. Tầng C bao gồm các đá mẹ chưa phân hóa rõ. Các tầng A và B được hình thành từ tầng C. Các tầng A, B và C có thể được chia nhỏ thành tầng $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2 \dots$

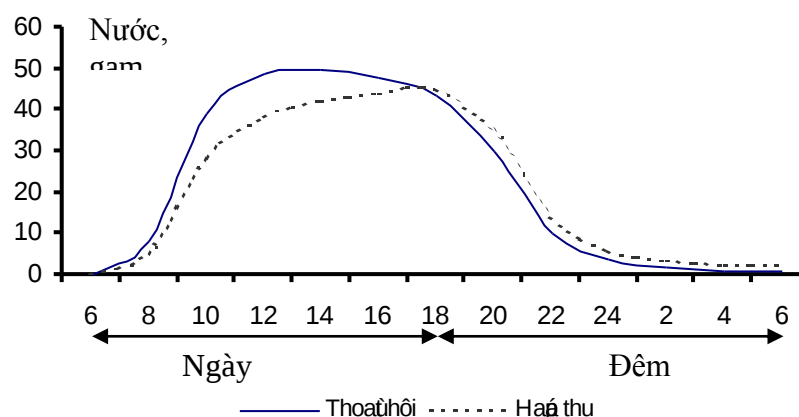
Tầm quan trọng tương đối của các quá trình hình thành đất và các phản ứng hóa học diễn ra trong ba tầng đất là một hàm số của năm yếu tố hình thành đất. Hệ số ẩm của đất, hóa tính đất, sự phân bố rễ cây, hàm lượng cát, thịt và sét biến động tùy theo tầng đất và loại đất. Ví dụ, đất xám phát triển trên phù sa cổ dưới rừng cây họ Dầu ở miền Đông Nam Bộ có hàm lượng cát cao hơn nhiều so với đất feralit đỏ vàng phát triển trên đá phiến sét. Những khác biệt về kết cấu của các loại đất là kết quả sự vận động của các chất từ tầng A đến các tầng thấp hơn và các quá trình hình thành đất khác. Theo chiều sâu của phẫu diện, tỷ lệ phần trăm rễ cây cũng giảm dần. Phần lớn rễ cây (80 - 90%) phân bố ở tầng A và B (từ 0 - 1,0 m). Sở dĩ rễ cây tập trung nhiều ở tầng A và B là vì, ở các tầng này có nhiều chất khoáng mà cây dễ hấp thu, kết cấu đất tốt, thoáng khí. Ngược lại, càng xuống sâu hơn kết cấu đất càng trở nên cứng hơn, hàm lượng oxy thấp hơn, và do đó tỷ lệ rễ cây cũng giảm nhanh. Khi đất dư thừa ẩm, nước xâm nhập vào các khe đất dẫn đến thiếu oxy, do đó rễ cây phát triển kém. Khi đất dư thừa ẩm được làm khô, không khí giàu oxy xâm nhập vào các khe đất, do đó rễ cây lại phát triển mạnh. Những cây có hệ rễ ăn nông trên các đất thoát nước kém có thể hút ẩm nhiều hơn so với những cây có hệ rễ ăn sâu sống trên đất thoát nước tốt. Điều đó xảy ra là vì, tổng bề mặt rễ cây và thể tích nước có thể dùng được cho những cây có rễ nông nhỏ hơn thể tích nước có thể dùng được cho những cây có rễ ăn sâu. Bốc hơi nước ở lớp đất mặt có thể làm mất mát một phần lớn nước mà những cây rễ nông có thể sử dụng được. Như vậy, nếu các yếu tố sinh thái khác là như nhau, thì vòng năm của những cây có rễ nông biến động lớn hơn vòng năm của những cây có hệ rễ sâu.

Xói mòn trên những sườn dốc đứng có thể làm mất mát một khối lượng đất lớn hơn rất nhiều so với đất được hình thành do sự phát triển của các lớp đất theo chiều ngang. Vì thế, đất trên các sườn dốc biểu hiện sự phân hóa hình thái kém rõ rệt hơn; kết cấu đất giống với đá mẹ nhiều hơn. Những tính chất khác của đất (độ chặt, độ xốp, pH, hàm lượng chất khoáng...) cũng có ảnh hưởng đến độ ẩm đất, sự phân bố rễ cây và năng suất của đất. Tuy vậy, chúng thay đổi rất ít từ năm này đến năm khác, và do đó chúng có ảnh hưởng không rõ rệt đến bề rộng các vòng năm.

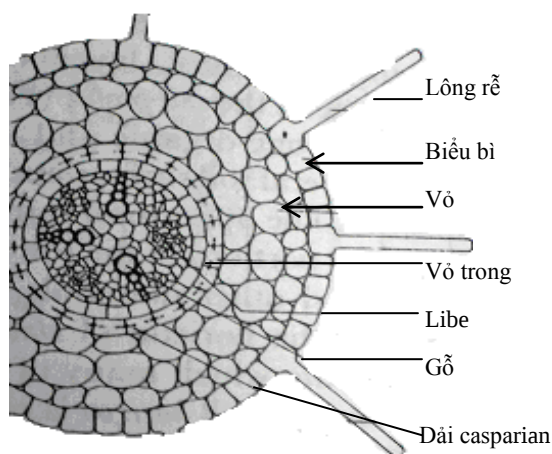
10.7. SỰ HẤP THỤ NƯỚC

Hầu hết nước được cây hấp thu qua rễ. Tốc độ hấp thu nước phụ thuộc một phần vào thể hiệu nước trong cây. Thể hiệu nước trong cây được ấn định bởi sự thoát hơi nước từ lá cây. **Hình 10.9** dẫn ví dụ về tốc độ hấp thu và thoát hơi nước của *Pinus ponderosa* trong một ngày đêm. Sức căng tăng lên và sự co rút xuất hiện trong xylem cho đến khi hai đường cong (thoát hơi nước và hấp thu nước qua rễ) cắt nhau. Tại thời điểm đó thân cây bắt đầu trương lên. Tốc độ hấp thu nước làm thay đổi tốc độ thoát hơi nước trong ngày. Tuy vậy, sự hấp thu nước còn phụ thuộc vào: (1) diện tích bề mặt rễ, (2) tốc độ vận động của nước từ đất

vào rễ, (3) gradient thế hiệu nước (trị số này giảm dần cùng với sự suy giảm độ ẩm đất bao quanh rễ cây).



Hình 10.9. Tốc độ hấp thu và thoát hơi nước của *Pinus ponderosa* trong một ngày đêm. Tốc độ hấp thu làm thay đổi tốc độ thoát hơi nước



Hình 10.10. Phần cắt ngang rễ non có các mô mà nước đi qua trong quá trình vận động từ đất vào rễ non (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

Hình 10.10 biểu diễn khái quát phần cắt ngang các mô mà nước phải đi qua trong quá trình vận động từ đất vào rễ non. Diện tích bề mặt hấp thu của rễ tăng lên do sự vươn ra của tế bào biểu bì (được gọi là lông rễ) hoặc nấm rễ. Nước có thể khuếch tán vào các tế bào rễ dọc theo bề mặt phân cách rễ với đất. Nước cũng có thể vận động thông qua vỏ cây dọc theo các vách tế bào xenluloza hoặc qua chất nguyên sinh và không bào. Tuy vậy, một lớp vỏ trong (nằm ở phía trong vỏ nhưng bên ngoài mô tượng tầng của gỗ và libe) có các vách tế bào nằm ngang theo hướng xuyên tâm được thấm đầy chất bần tạo thành một màng bần. Nước không thể thấm qua màng bần. Nhưng nước có thể vận động qua mô nội bì bằng cách khuếch tán vào chất nguyên sinh và thông qua màng nhầy của các tế bào nội bì. Như vậy, nội bì hoạt động như một cái ba-ri-e, nghĩa là chúng chỉ cho nước

khuếch tán qua bằng cách thẩm thấu. Nếu thoát hơi nước diễn ra chậm và khả năng thẩm thấu chậm (**Phương trình 10.1**), thì rễ có thể sinh ra một áp lực mạnh bởi vì toàn bộ khối nội bì nằm dọc theo vách tế bào. Khi thoát hơi nước diễn ra nhanh, thì gradient thế nước lớn, áp lực mạnh biến mất và áp lực âm xuất hiện.

Khi rễ trưởng thành, nội bì bị đứt gãy và bị phá hủy bởi hoạt động của tầng sinh bản hình thành từ vỏ ngoài. Tầng trưởng của các tế bào bản làm tăng sức chống lại sự khuếch tán nước. Vì thế, các rễ trưởng thành hoàn toàn không thẩm nước (Kozlowski, 1960).

Hầu hết cây gỗ đều có hệ rễ không chỉ lan rộng mà còn ăn sâu vào các tầng đất. Hệ rễ phát triển dày đặc trong các lớp đất giàu ôxy và ẩm độ, bởi vì những yếu tố này cần cho các quá trình sinh lý và tăng trưởng. Một cây gỗ có tán lá phát triển mạnh có thể duy trì sự hấp thu nước bằng cách phát triển nhiều cành và hệ rễ ăn sâu vào các lớp đất ẩm. Như vậy, sự hấp thu nhanh nước thông qua rễ phụ thuộc vào sự lan rộng và tăng trưởng của rễ. Nếu hệ rễ hoàn toàn ngừng tăng trưởng, lớp đất bị các rễ già cỗi chiếm giữ, thì cây gỗ sẽ lâm vào tình trạng thiếu nước, đặc biệt khi thoát hơi nước gia tăng.

Ở phần trên đây chúng ta đã thấy rằng, sự hấp thu nước tùy thuộc vào gradient thế nước cả ở đất và ở cây, vào khả năng cung cấp nước, vào gradient năng lượng tự do của nước xung quanh rễ và sự vận động của nước vào rễ. Muối và các chất khoáng hòa tan vào dung dịch đất có thể làm giảm gradient năng lượng tự do và có ảnh hưởng lớn đến sự vận động nước vào rễ cây. Tuy vậy, muối hiếm khi hòa tan nhiều trong dung dịch đất để trở thành yếu tố giới hạn tăng trưởng. Nhiệt độ thấp làm tăng tính nhớt của nước và làm giảm sự vận động của nước theo dạng mao quản. Điều đó cũng có thể làm giảm khả năng hút nước của rễ cây. Tùy theo điều kiện môi trường, tốc độ lan rộng và tăng trưởng của rễ cây có ảnh hưởng đến khả năng hấp thu nước của rễ. Đến lượt mình, khả năng hấp thu nước của rễ sẽ ảnh hưởng đến các quá trình sinh lý và tăng trưởng của vòng năm.

10.8. NHỮNG MỐI QUAN HỆ CỦA NƯỚC TRONG CÂY

Nước trong cây hình thành một hệ thống thủy tĩnh liên tục (MacDougal, 1924). Khi các phân tử nước trong tế bào lá khuếch tán ra bên ngoài tế bào lá, thì các phân tử nước khác lại thay thế chúng. Thông thường sự hấp thu nước vào rễ có tác dụng làm chậm sự mất nước, để khi thế tích nước trong xylem giảm, tế bào co rút lại không đáng kể. Ngoài ra, sự hấp thu nước còn giúp tế bào luôn căng và đảm bảo tính liên tục của nước trong cây. Nếu thế hiệu nước trong xylem nhỏ hơn rõ rệt thế hiệu nước của vỏ rễ, thì lượng nước khuếch tán ra bên ngoài nhanh hơn lượng nước hấp thu vào. Trong trường hợp này sức trương của các mô vỏ có thể giảm và tình trạng căng của các mô vỏ hạn chế xylem mở rộng ra bề mặt rễ. Như một kết quả của tình trạng căng, nước bị hút bởi dòng khối lượng không chỉ thông qua xylem, mà còn từ biểu bì qua vị trí bên ngoài rễ (Kramer và Kozlowski, 1960; Meyer *et al.*, 1973).

Sở dĩ tình trạng nước trong cây được duy trì liên tục là vì có lực liên kết rất mạnh không chỉ trong số các phân tử nước bị giữ lại trong tế bào, mà còn bởi lực kết dính giữa nước với vách tế bào. Nếu một trong số những khối nước ấy bị phá vỡ, thì vách tế bào sẽ co lại như màng cao su và tế bào hoặc hệ thống điều khiển

nước không thể hoạt động lâu dài (Kramer và Kozlowski, 1960). Tuy vậy, nước luôn duy trì liên tục trong tế bào để hạn chế sự vận động của nước từ rễ ra lá. Điều đó đã giúp cho cây không bị thiếu nước.

Thông thường lượng nước hấp thu trong ngày luôn lớn hơn lượng nước thoát ra từ lá. Khi áp lực âm tăng lên, các lực kết dính của nước tạo ra lực kéo rất lớn lên tế bào xylem. Lực này lan truyền qua hệ thống thủy tĩnh dẫn đến làm giảm thể tích các tế bào khác. Chính điều đó đã làm thay đổi kích thước thân cây như đã mô tả ở **chương 9**.

Tốc độ hấp thu nước tăng lên trong ngày cho đến khi tốc độ hấp thu nước cân bằng với tốc độ thoát hơi nước, và tại thời điểm đó thể tích tế bào ổn định. Khi đất đủ ẩm và thoát hơi nước chậm, thì tế bào không co rút. Điều đó chỉ xảy ra vào buổi chiều tối. Nhưng về ban ngày, nếu đất khô và thoát hơi nước mạnh, thì tốc độ hấp thu nước chậm hơn so với tốc độ thoát hơi nước cho đến khi mặt trời lặn. Khi khí khổng đóng hoàn toàn, tốc độ hấp thu nước lại lớn hơn so với tốc độ thoát hơi nước. Lúc đó lượng nước được rễ cây hấp thu lại cao hơn so với lượng nước bị mất mát qua lá cây; kết quả là thể tích tế bào thân cây tăng lên, thân cây phình to ra.

Những nghiên cứu chi tiết quần thể *Pinus ponderosa* 110 tuổi ở vùng Arizona cho thấy, sự thay đổi kích thước thân cây trong ngày có quan hệ chặt chẽ với lượng nước tự nhiên, tốc độ thoát hơi nước, biến động bức xạ mặt trời, nhiệt độ và sự trao đổi dioxit cacbon (Brown, 1968; Budelsky, 1969; Drew, 1972 *et al.*, 1972).

10.9. SỰ THIẾU HỤT ĐỘ ẨM VÀ HÌNH THÁI CÂY GỖ

Cạnh tranh nước trong các mô khác nhau là yếu tố có ảnh hưởng đến sự phát triển và hình thái cây. Theo Kramer và Kozlowski (1968), những mô có thể nước thấp hấp thu được nhiều nước hơn so với những mô có thể nước cao. Những lá non thường giành được nhiều nước hơn so với các lá già. Những lá bị che bóng có thể bị khô héo và chết trước khi chúng nhận đủ ánh sáng. Nguyên nhân của hiện tượng đó là vì chúng không thể hình thành thể nước thấp. Những mô đang sinh trưởng mạnh cũng giành được nhiều nước hơn so với các mô khác. Ví dụ, ngọn cây có thể tiếp tục lớn lên và tượng tầng có thể duy trì hoạt động vào thời điểm các mô khác đang co rút (Fritts *et al.*, 1965; Budelsky, 1969).

Độ cao mà nước phải nâng lên ở những cây gỗ cao lớn có thể cũng ảnh hưởng đến độ trương trong các mô và sự cạnh tranh nước trong cây. Những cành cao của các cây gỗ cao lớn có thể phải chịu tình trạng thiếu hụt nước nhiều hơn so với các bộ phận khác của cây. Vì thế, ngọn của nhiều cây gỗ già thường sinh trưởng chậm chạp và trong trường hợp môi trường cực đoan chúng có thể chết trong khi những cành khác vẫn sinh trưởng. Theo thời gian, tán của những cây gỗ non chuyển dần sang dạng hình cầu hay dù. Hệ thống rễ già cỗi và chết cũng gây ra tình trạng ngọn cây bị chết. Xói mòn đất làm hao hụt đất xung quanh rễ cây, do đó hệ rễ có thể chết từng phần và gây ra tình trạng thiếu hụt nước trong cây. Nhiều cành cây đã chết nhưng vẫn tồn tại trên thân cây trong nhiều năm. Đây là một trong những dấu hiệu cho thấy cây bị già cỗi hoặc lâm vào tình trạng thiếu hụt nước.

10.10. TÍNH NHẠY CẢM CỦA BỀ RỘNG VÒNG NĂM

Tính nhạy cảm của bề rộng vòng năm được biểu hiện thông qua số lượng biến động tương đối trong bề rộng vòng năm từ năm này đến năm khác. Tính nhạy cảm của vòng năm thường thấy rất rõ ở những cây gỗ mọc trên lập địa khô, tầng đất mỏng, sườn dốc đứng có nhiều đá lộ đầu hoặc ở nơi có khí hậu khô hạn kéo dài. Rễ của những cây non mọc trên đất khô và có nhiều đá lộ đầu có thể xâm nhập dần dần vào những khe đất giàu dinh dưỡng. Khi hệ rễ và các bộ phận khác gia tăng, lượng nước cần cho sinh trưởng của cây cũng gia tăng. Khi hệ rễ phát triển rộng, thể tích của rễ có thể không gia tăng. Khi các lá và cành mới phát triển mạnh, thì nhu cầu về nước của cây cũng sẽ tăng lên. Nếu lượng nước được rễ cây hấp thu không đáp ứng đủ nhu cầu, thì sự cạnh tranh về nước giữa các mô sẽ xảy ra. Sự cạnh tranh nước giữa các mô gia tăng dần và lan đến nhiều cơ quan khác nhau. Kết quả là nhiều cành bị che bóng có thể chết dần do tình trạng bị thiếu hụt nước. Nếu không có sự mở rộng về môi trường đất, thì sự gia tăng tốc độ tăng trưởng sẽ không xảy ra. Khi độ ẩm đất được cải thiện thông qua mưa, bề rộng vòng năm sẽ thay đổi. Lượng gỗ tăng trưởng hàng năm duy trì ổn định tương đối sau một thời gian nhất định. Những cây đơn lẻ sống hàng trăm năm hoặc cả ngàn năm trong một môi trường cực đoan biểu lộ rất rõ rệt biến động trong bề rộng vòng năm. Hiện tượng ấy có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa và nhiệt độ không khí.

Những khe nứt trong các hốc đá cũng có thể giúp cho cây già hấp thu được một phần nước mưa và dinh dưỡng khoáng. Ở những nơi có nhiều đá thường hình thành những hố trũng nhỏ. Tại đây có thể tích tụ nước vào những ngày có mưa lớn. Nhưng lượng nước tích lũy trong các khe nứt thường không lớn. Vào những ngày không có mưa và nhiều nắng, lượng nước ít ỏi này có thể bốc hơi và gây ra tình trạng thiếu hụt nước trong lớp đất mặt. Trong trường hợp như thế chỉ có những rễ ăn sâu mới hấp thu đủ nước để duy trì sự sống cho những cây gỗ vào những lúc không có mưa. Vì những hốc đá chứa lượng nước rất nhỏ, nên chúng có thể bị rút hết nước vào những lúc không có mưa. Thế nước của cây giảm nhanh giữa các trận mưa, do đó điểm héo lại xuất hiện. Tình trạng thiếu hụt nước kéo dài giữa hai trận mưa có thể gây ra cái chết cho nhiều cây gỗ non, còn cây gỗ trưởng thành cũng chịu ảnh hưởng lớn. Nhiều nghiên cứu cho thấy, biến động bề rộng vòng năm của những cây gỗ mọc trên các lập địa thiếu hụt nước có quan hệ rất chặt chẽ với biến động lượng mưa và nhiệt độ ngày và tháng, quan hệ rất yếu với biến động nhiệt độ và lượng mưa bình quân năm. Vì thế những cây gỗ mọc trên lập địa cực đoan kéo dài là một đối tượng tốt cho các nghiên cứu khí hậu thực vật.

Khi gặp môi trường tối ưu về ẩm độ và nhiệt độ, sự phát triển của tán cây có ảnh hưởng rất lớn đến bề rộng vòng năm. Nhưng khi nhiệt độ môi trường cao, thì thoát hơi nước qua tán lá có thể tăng lên rất lớn. Điều đó có thể dẫn đến tình trạng thiếu hụt nước trong cây. Sự khô hạn kéo dài nhiều tháng hoặc nhiều năm có thể ảnh hưởng đến sự phát triển tán cây và bề rộng vòng năm. Khi gặp một thời kỳ thiếu nước, những cây mọc trên lập địa đủ ẩm kéo dài có thể phản ứng không rõ rệt với thời kỳ có khí hậu thuận lợi. Trong thời kỳ khô hạn, sự phát triển

tán, tăng trưởng gỗ và sức sống của cây có thể rất kém. Nhưng vòng năm hẹp vào thời kỳ này có thể có quan hệ yếu với điều kiện khí hậu.

10.11. SỰ HẤP THU CHẤT KHOÁNG

Các chất khoáng hòa tan trong nước thổ nhưỡng hoặc trên bề mặt của các phần tử đất có thể vận động vào rễ, rồi được chuyển vận trong cây và sử dụng cho các quá trình tăng trưởng. Các phân tử và ion khoáng cũng vận động bằng cách khuếch tán theo hướng giảm dần gradient năng lượng tự do. Các yếu tố ảnh hưởng đến gradient năng lượng tự do, chẳng hạn như tính thấm lọc và tăng trưởng của rễ, có thể ảnh hưởng đến sự hấp thu chất khoáng. Thực vật cũng tích lũy chất khoáng để chống lại gradient năng lượng tự do thông qua chi phí năng lượng trao đổi chất. Sự tích lũy chất khoáng như thế được gọi là sự hấp thu tích cực.

Tế bào thực vật có thể tích lũy chất khoáng ở nồng độ cao hơn so với nồng độ của chúng trong môi trường. Quá trình tích lũy chất khoáng có tính chọn lọc, nghĩa là nồng độ các chất khoáng này được kiểm soát độc lập với nồng độ các chất khoáng khác. Vì sự hấp thu tích cực chịu ảnh hưởng bởi hoạt động sinh lý của rễ cây, nên các yếu tố như nồng độ ôxy trong đất, nhiệt độ thấp, hàm lượng thức ăn thấp và các chất kích thích tăng trưởng có thể giới hạn sự hấp thu chất khoáng.

Những chất khoáng được hấp thu ở bề mặt rễ - đất thông qua sự trao đổi ion giữa rễ và đất. Hệ rễ sản sinh ra ion H^+ và HCO_3^- và những ion này sẽ trao đổi với các ion Ca^{2+} , Fe^{3+} và K^+ ... trong dung dịch đất. Sự trao đổi này cũng xảy ra giữa rễ với các chất khoáng trong dung dịch nước cả ở bên ngoài lẫn bên trong rễ.

Nếu sự hấp thu chất khoáng của cây biến động rất nhỏ từ năm này đến năm khác, thì bề rộng vòng năm có biến động không lớn. Tuy vậy, những thay đổi trong chu trình chất khoáng của đất có thể là kết quả của sự thay đổi đất hoặc sự nhiễm bẩn đất. Điều đó có ảnh hưởng đến nồng độ chất khoáng trong cây. Khi các yếu tố sinh thái khác không ở mức giới hạn, thì khả năng cung cấp chất khoáng có thể là yếu tố giới hạn và có ảnh hưởng đến đặc tính của các vòng năm. Một số chất nhiễm bẩn hoặc chất đồng vị phóng xạ hòa tan trong nước mưa có thể xâm nhập vào đất và từ đó được rễ hoặc lá hấp thu. Điều đó cũng có ảnh hưởng đến cấu trúc vòng năm. Mưa axit có ảnh hưởng rõ rệt đến các yếu tố đất chi phối tăng trưởng của thực vật. Nếu sự nhiễm bẩn và mưa axit xảy ra trên không gian rộng, thì chúng có ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm. Hiện tượng này có thể ảnh hưởng đến mối quan hệ giữa biến động của bề rộng vòng năm với biến động của các yếu tố khí hậu.

10.12. SỰ VẬN CHUYỂN VẬT CHẤT TRONG CÂY

Sự vận động của các chất hữu cơ và vô cơ từ bộ phận này sang bộ phận khác của cây được gọi là sự vận chuyển vật chất trong cây. Thuật ngữ này bao hàm cả sự vận động của các chất khoáng hòa tan trong nước rồi vận động từ rễ lên các bộ phận của cây thông qua xylem. Nhưng thuật ngữ này không áp dụng cho sự khuếch tán chất tan từ tế bào này sang tế bào khác. Các chất khoáng từ lá có thể được chuyển đến các mô khác nhau của cây thông qua libe. Nói chung, vật

chất hữu cơ được chuyển vận thông qua libe. Một số chất khoáng hấp thu từ đất như nitơ, photpho và lưu huỳnh có thể tương tác với các chất hữu cơ được chuyển vận đến rễ cây. Các chất khoáng cũng được chuyển vận đến rễ thông qua libe (Kramer và Kozlowski, 1960). Tuy vậy, con đường chuyển vận các chất khoáng hướng lên phía trên thường là xylem. Khi tốc độ thoát hơi nước mạnh, nồng độ chất khoáng trong dung dịch đất cao và đất thoáng khí, thì sự vận chuyển các chất khoáng qua xylem càng nhanh.

Sự vận chuyển các chất qua xylem khác với sự vận chuyển các chất qua libe. Ở trường hợp đầu các chất có thể được vận động theo hai hướng lên và xuống, còn ở trường hợp sau chỉ đi theo một hướng. Sự vận chuyển vật chất qua libe có thể xuất hiện với tốc độ cao thông qua các tế bào sống. Vận động của các chất hữu cơ sang hai phía thân cây diễn ra theo các tia gỗ.

Trước đây nhiều nhà nghiên cứu đã đưa ra những giả thuyết để giải thích cơ chế vận chuyển các chất trong libe. Giả thuyết thứ nhất cho rằng, các chất khuếch tán một cách đơn giản trong libe. Giả thuyết thứ hai cho rằng, các chất vận động dọc theo bề mặt chất nguyên sinh của libe. Những giả thuyết khác cho rằng, vật chất trong cây vận động nhờ dòng chảy tích cực của chất nguyên sinh thông qua các ống xếp dọc trong libe và vận động theo khối lượng được hình thành bởi gradient thế nước dọc theo cây. Tuy vậy, nhiều người cho rằng những giả thuyết trên đây vẫn chưa thật thuyết phục (Dẫn theo Kramer và Kozlowski, 1960).

Sự vận chuyển của các chất hữu cơ từ các cành lớn xuống phía dưới xảy ra theo hướng thẳng đứng trong gỗ thớ thẳng. Ở những cây có thớ xoắn, sự vận chuyển vật chất xuất hiện theo hướng xoắn. Vòng năm được hình thành bởi tầng phát sinh (tượng tầng). Vì thế, những thay đổi trong tầng trưởng và hình dạng tán lá có ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm. Những cây có tán lá không đều hình thành những vòng năm bất đối xứng. Nếu tượng tầng tiếp tục sinh trưởng trong nhiều năm, thì nó sẽ tạo ra các thớ gỗ có dạng phiến. Những thớ gỗ bị xoắn là nguyên nhân làm cho các dải vỏ bao xung quanh thân cây cũng bị xoắn lại.

Khi vỏ cây bị thương tổn, thì libe có thể bị phá hủy. Khi vỏ bao quanh thân cây bị chết, sự chuyển vận thức ăn đến rễ sẽ bị ngừng. Nếu vết thương tồn tại lâu dài, thì toàn bộ thân cây và vỏ cây xung quanh vết thương có thể bị chết. Nếu bị thương tổn nhẹ hoặc một bộ phận vỏ còn nguyên vẹn, thì sự thay đổi mô dẫn xuất hiện và xylem mới và libe mới lại được hình thành xung quanh vết thương. Xylem và libe mới lại thực hiện chức năng vận chuyển vật chất lên và xuống trên thân cây. Khi thân cây bị thương tổn nặng do lửa, thì 90% vỏ xung quanh phần dưới thân cây có thể bị chết. Điều đó có ảnh hưởng rất xấu đến tầng trưởng ở phần dưới thân cây. Nấm, côn trùng và động vật cũng ăn vỏ cây hoặc tạo ra các vết thương trên vỏ cây. Một vài bệnh còn tác động đến cả tế bào libe, tượng tầng và gỗ giác. Điều đó cũng gây ra những ảnh hưởng xấu cho tầng trưởng của cây gỗ.

Ghép rễ tự nhiên có thể tạo ra mối quan hệ giữa hệ thống rễ của những cây kế bên. Thức ăn, nước và khoáng chất có thể trao đổi từ cây này với cây khác cùng loài thông qua các mô ghép tự nhiên. Một nhóm gốc ghép có nhiều chồi, các chồi ghép sẽ trao đổi vật chất cho nhau. Ảnh hưởng của các gốc ghép đến niên đại bề rộng các vòng năm cho đến nay vẫn chưa được làm rõ. Ghép rễ tự nhiên có

ảnh hưởng không rõ rệt đến các thông tin khí hậu trong bề rộng vòng, bởi vì tất cả những cây ghép rễ với nhau có phản ứng với biến động khí hậu giống nhau.

Sự vận chuyển của vật chất hữu cơ trong cây có thể bị kiểm soát bởi các yếu tố sinh lý có ảnh hưởng đến sự trao đổi vật chất trong cây. Kozlowski và Kramer (1960) cho rằng, những thay đổi về nhiệt độ có thể ảnh hưởng đến các quá trình trao đổi chất và tốc độ vận chuyển các chất trong libe. Tốc độ vận chuyển lớn nhất xuất hiện ở phần ngọn và rễ cây vào buổi tối. Ôxy cũng rất cần cho các quá trình trao đổi chất trong cây. Vì thế, đất thiếu ôxy có thể ngăn cản sự trao đổi chất trong hệ thống rễ cây. Wardlaw (1968) cho rằng, ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến sự vận chuyển thức ăn và các chất hữu cơ khác cũng biểu hiện rõ trên bề rộng vòng năm. Các yếu tố môi trường có ảnh hưởng đến các quá trình hấp thu và sử dụng thức ăn lớn hơn so với tốc độ vận chuyển thức ăn.

Chương 11

NHỮNG QUÁ TRÌNH SINH LÝ CƠ BẢN: Tổng hợp và đồng hóa thức ăn của các thành phần tế bào

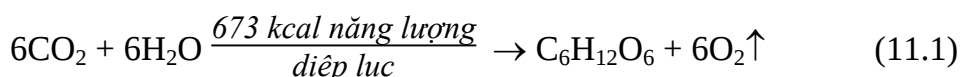
11.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Sự sống của thực vật phụ thuộc vào nguồn năng lượng liên tục được lấy từ thức ăn. Vào thời kỳ sinh trưởng mạnh, thực vật cần rất nhiều thức ăn, không chỉ năng lượng, mà còn cả chất khoáng để cấu tạo cơ thể. Như đã chỉ ra ở các chương trước, các quá trình sinh trưởng của thực vật xuất hiện với tốc độ khác nhau và thay đổi theo thời gian (phút, giờ, tháng và năm). Khả năng cung cấp thức ăn thay đổi có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Những ảnh hưởng này cũng phụ thuộc vào các quá trình tăng trưởng, tốc độ hoạt động của các mô trong năm và tuổi cây. **Chương 10** đã giới thiệu các quá trình trao đổi vật chất trong cây và giữa cây với môi trường bên ngoài. **Chương 11** giới thiệu một số quá trình hóa - sinh quan trọng như: (1) sự sản xuất các chất hữu cơ, (2) sự giải phóng năng lượng trong các tế bào sống, (3) sự tổng hợp các chất hữu cơ và vô cơ cần cho sự sống và sự hình thành chất nguyên sinh và tăng trưởng.

11.2. QUANG HỢP VÀ HÔ HẤP

Quang hợp hay sự đồng hóa cacbon là một quá trình mà đường (glucoza) được sản xuất từ dioxit cacbon và nước bởi các mô chứa diệp lục (mô diệp lục) dưới ảnh hưởng của ánh sáng, cùng với ôxy được hình thành như là một sản phẩm phụ. Năng lượng ánh sáng được hấp thu bởi các thể hạt chứa diệp lục (còn gọi là lạp lục) và biến đổi thành năng lượng hóa học trong các phân tử glucoza.

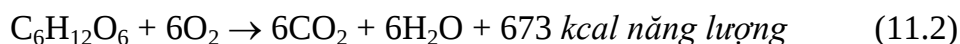
Phương trình hóa học đơn giản nhất đối với quang hợp được viết như sau:



Thực tế quá trình quang hợp là một quá trình rất phức tạp mà ở đó cacbon từ dioxit cacbon trở thành một thành phần của một số chất trước khi glucoza được hình thành. Quang hợp diễn ra theo hai bước cơ bản; trong đó bước một đòi hỏi phải có ánh sáng, còn bước hai bao gồm các phản ứng hóa học. Các phản ứng hóa học trong quang hợp chỉ phụ thuộc chặt chẽ vào nhiệt độ môi trường mà không phụ thuộc vào ánh sáng.

Ở thực vật bậc cao có hai loại diệp lục khác nhau (diệp lục a và diệp lục b). Về cơ bản, mỗi phân tử diệp lục được tạo thành từ cacbonhydrat và các muối nito và magiê. Các muối sắt cũng rất cần thiết cho các phản ứng hóa sinh để tổng hợp diệp lục (Meyer *et al.*, 1973). Quang hợp là một quá trình rất quan trọng. Bởi vì phân tử glucoza (hoặc những thành phần biến đổi hóa học từ glucoza) hình thành vật liệu mà từ đó tất cả các chất hữu cơ khác được tạo ra. Nguồn năng lượng dự trữ trong các phân tử glucoza có thể được giải phóng bởi một chuỗi các phản ứng

hóa sinh được gọi là hô hấp¹. Một bộ phận năng lượng bị mất mát dưới dạng nhiệt. Phần còn lại được chuyển thành các phân tử cao năng lượng (ATP = *Adenozin triphotphat*). Năng lượng được dự trữ trong các phân tử ATP cho đến khi nó được sử dụng trực tiếp bởi các quá trình xuất hiện trong tế bào. Phương trình hóa học đơn giản nhất đối với hô hấp được viết như sau:



Như vậy, hô hấp sử dụng ôxy và glucoza và giải phóng ra dioxít cacbon, nước và năng lượng. Kiểu hô hấp này được gọi là hô hấp hiếu khí. Phân tử glucoza bị biến đổi hóa học để tách ra thành các phân tử nhỏ hơn. Một số phân tử lần lượt hình thành các đơn vị cấu trúc cơ bản để tổng hợp các thức ăn khác nhau và những chất xây dựng tế bào. Hô hấp làm mất mát trọng lượng khô và quá trình này xuất hiện liên tục trong các tế bào sống cả ngày lẫn đêm. Hô hấp có thể diễn ra rất chậm trong các hạt ngủ và cây đang trong thời kỳ ngừng tăng trưởng. Nhưng hô hấp có thể diễn ra rất nhanh trong các mô phân sinh, bao gồm tượng tầng, chồi đang sinh trưởng, đỉnh rễ, lá non và hoa quả.

Khi thiếu ôxy không khí, hô hấp yếm khí (không đòi hỏi có ôxy tự do) có thể xuất hiện trong tế bào của các loài này. Hô hấp yếm khí cũng xuất hiện trong các rễ cây phân bố trong vùng đất thiếu không khí và trong các mô mà sự khuếch tán ôxy bị kìm hãm bởi những cấu trúc không thấm nước, chẳng hạn như vỏ hạt (Kramer và Kozlowski, 1960). Không giống như hô hấp hiếu khí, hô hấp yếm khí chỉ giải phóng ra một phần năng lượng hóa học trong phân tử đường. Các chất khác như aldehyd và alcohol là những sản phẩm phụ. Khi những chất này tích lũy nhiều, thì chúng có thể trở thành độc chất cho các mô mà tại đó chúng được hình thành. Khi lượng ôxy được cung cấp không đầy đủ, thì cả hai quá trình hô hấp hiếu khí và hô hấp yếm khí đều xuất hiện.

11.3. TỔNG HỢP VÀ ĐỒNG HÓA THỨC ĂN

Nếu mục tiêu đặt ra là xây dựng mô hình và phân tích tăng trưởng vòng năm như là một hàm số của các yếu tố khí hậu, thì nhà nghiên cứu cần phải xem glucoza là thành phần có vai trò lớn nhất (Fritts, 1971). Phần sau đây sẽ mô tả ba lớp vật chất hữu cơ cơ bản được tổng hợp từ glucoza và chức năng của chúng trong tăng trưởng của thực vật. Thuật ngữ thức ăn được dùng ở đây chỉ biểu thị cho các phân tử hữu cơ như hydratecacbon, các chất béo và các protein có chứa năng lượng hóa học. Các chất khoáng có thể rất cần thiết cho tăng trưởng của thực vật, nhưng chúng không được xem là chất dinh dưỡng, bởi vì chúng không được sử dụng như là một nguồn năng lượng quan trọng. Thức ăn hydratecacbon tốt nhất là đường và tinh bột. Mặc dù đều được tổng hợp từ thức ăn, nhưng đường và tinh bột khác với xenluloza và lignin, bởi vì hai chất sau không được sử dụng lại như là một nguồn thức ăn hoặc năng lượng. Các loại đường, chẳng hạn glucoza, được dùng trong hô hấp và tổng hợp hai loại thức ăn khác là chất béo và protein.

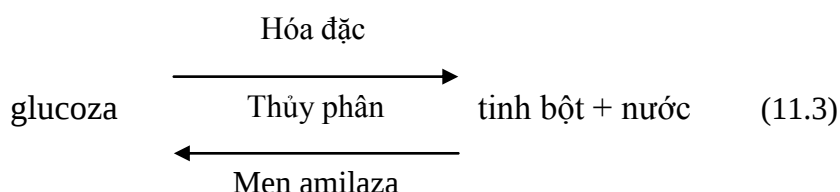
¹ Respiration

Glucosa nào không được sử dụng có thể tích lũy hoặc biến đổi thành tinh bột hoặc một số loại thức ăn dự trữ khác.

Chất béo và các chất giống như chất béo có mặt trong mọi tế bào sống. Chúng là thành phần quan trọng của chất nguyên sinh và có thể tích lũy với số lượng lớn trong các mô dự trữ hoặc hình thành các sáp (cutin, bần) trong vách tế bào biểu bì và vỏ.

Protein cũng là thành phần quan trọng của chất nguyên sinh. Trong một số trường hợp, protein có thể dùng làm vật liệu thức ăn dự trữ trong hạt. Ngoài ra, hầu hết các enzym xúc tác cho các phản ứng hóa học trong các tế bào đều là protein. Các phân tử protein bao gồm nhiều chuỗi amino axit. Các đặc tính hóa học của mỗi protein được ấn định bởi trật tự sắp xếp của các amino axit trong chuỗi.

Các phản ứng hóa sinh trong tổng hợp thức ăn diễn ra cực kỳ phức tạp. Các phản ứng này dựa trên hai kiểu quá trình hóa học. Thứ nhất, phản ứng thủy phân biểu thị sự thay đổi chất tan của chất phản ứng trong nước nhưng bao hàm thay đổi năng lượng rất nhỏ:

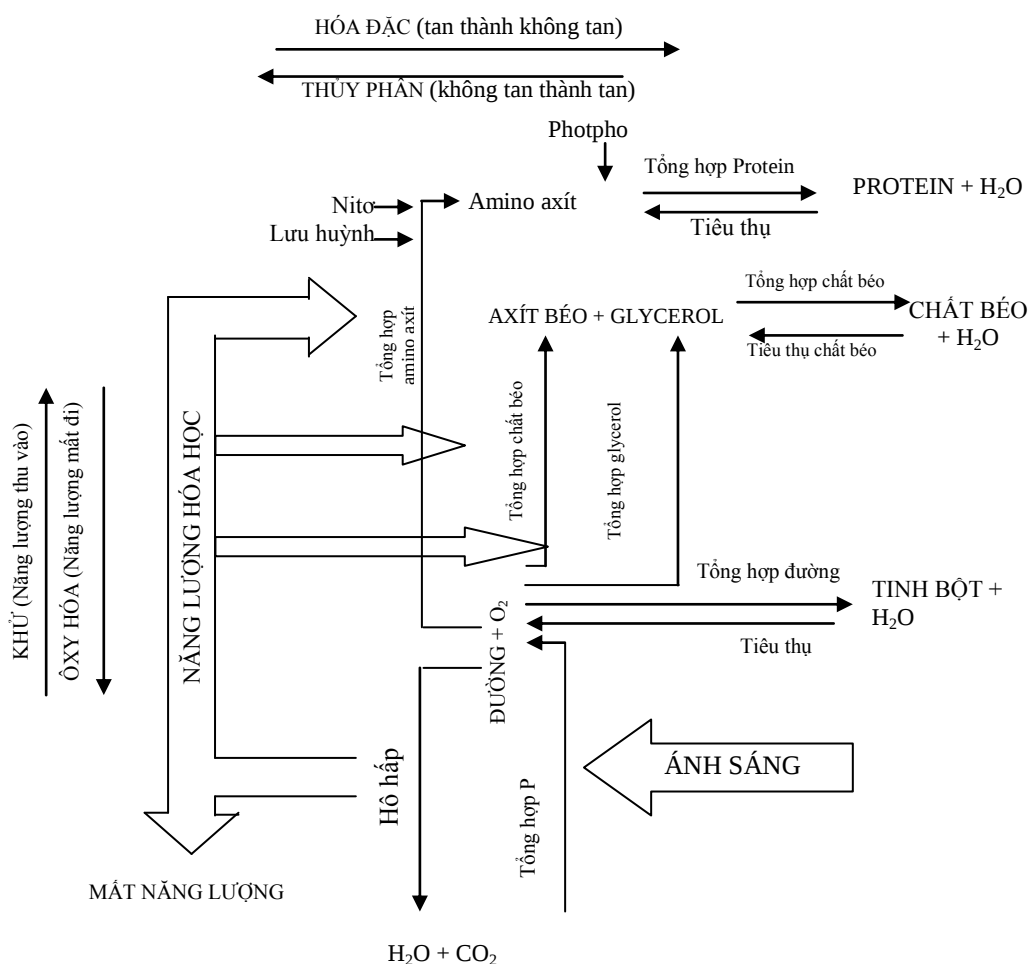


Khi sự hóa đặc làm xuất hiện các phân tử chất tan, chẳng hạn như glucosa, thì chúng kết hợp với những chất khác để hình thành chất không tan và rất nhiều chất khác (chẳng hạn như tinh bột). Thủy phân là một hướng ngược lại của sự hóa đặc; trong đó các chất không tan được biến đổi thành những chất tan nhỏ hơn. Những chất tan nhỏ hơn này xuất hiện trong cơ quan tiêu hóa. Cả hai kiểu phản ứng này đều được xúc tác bởi các enzym do thực vật sản sinh ra, nhưng hướng và tốc độ các phản ứng được kiểm soát bởi một tổ hợp các enzym chuyên hóa, nồng độ các chất phản ứng, tính axit của dung dịch và nhiều điều kiện khác trong cây. Sự có mặt của enzym amilaza cần cho cả quá trình tổng hợp tinh bột từ glucosa và phản ứng thủy phân tinh bột thành glucosa.

Tốc độ phản ứng thủy phân - hóa đặc phụ thuộc vào tốc độ sản xuất, tiêu thụ và truyền glucosa thông qua các mô của thực vật. Về ban ngày, khi quang hợp diễn ra nhanh, nhiều glucosa được lá cây tạo ra sẽ khuếch tán đến những tế bào màu xanh của lá và được truyền đến những bộ phận của cây mà sự hóa đặc glucosa diễn ra thấp hơn. Sau đó glucosa được dùng cho tăng trưởng hoặc có thể tích lũy trong các tế bào sống. Sự tích lũy glucosa điều khiển phản ứng hóa đặc biến đổi glucosa thành tinh bột.

Vào những lúc không có ánh sáng, quang hợp ngừng nhưng hô hấp vẫn xảy ra, glucosa phân bố khá đồng đều trong các bộ phận của cây, và sự hóa đặc suy giảm cho đến khi phản ứng thủy phân được thúc đẩy. Về buổi sáng, tinh bột lại được chuyển thành glucosa.

Ý nghĩa của phản ứng thủy phân - hóa đặc là ở chỗ tinh bột không hòa tan trong nước; do đó sự có mặt của tinh bột trong tế bào không làm thay đổi thể tích nước. Những thay đổi về tốc độ và hướng hóa đặc và thủy phân có ảnh hưởng đến sự hòa tan các vật chất trong tế bào, đến mối quan hệ của tế bào với nước. Điều đó đóng một vai trò quan trọng trong nhiều quá trình như sự đóng và mở khí khổng, sự thoát hơi nước và tăng trưởng.



Hình 11.1. Quá trình tổng hợp thức ăn trong cây xanh

Ở phía dưới là các phản ứng oxy hóa; trong đó năng lượng bị hao hụt. Ở phía trên là các phản ứng khử; trong đó năng lượng được thu vào. Những mũi tên nằm ngang hướng sang bên phải cho biết sự hóa đặc, còn hướng sang trái là sự thủy phân. Các chất hữu cơ ở bên trái là chất tan, còn ở bên phải là chất không tan. Ánh sáng mặt trời cung cấp nguồn năng lượng cho quang hợp. Hô hấp giải phóng năng lượng dự trữ trong phân tử đường (glucoza). Năng lượng được giải phóng hoặc được truyền đến các phản ứng khử, chẳng hạn như tổng hợp glycerol, tổng hợp chất béo và amino axit (mũi tên đánh dấu năng lượng hóa học ở bên trái). Amino axit hóa đặc được biến đổi thành protein không tan, axit béo thành chất béo, còn đường thành cacbonhydrat không tan (chẳng như tinh bột). Các chất không tan chuyển hóa thành chất tan trong quá trình tiêu hóa. Tất cả các phản ứng này đòi hỏi phải có các enzym. Nitơ, photpho và lưu huỳnh là những chất cần thiết để hình thành các amino axit và protein (Phỏng theo M. Huggins).

Kiểu phản ứng hóa - sinh thứ hai trong thực vật là phản ứng oxy hóa. Phản ứng oxy hóa bao gồm sự chuyển hóa năng lượng trong phản ứng. Năng lượng thường được tách ra từ ATP. Phân tử thu được năng lượng được gọi là chất khử, còn phân tử mất năng lượng được gọi là chất oxy hóa.

Hình 11.1 mô tả những mối liên hệ trong các quá trình sản xuất thức ăn cơ bản. Những mũi tên theo hướng thẳng đứng biểu thị phản ứng oxy hóa khử, còn các mũi tên theo chiều nằm ngang biểu thị cho các phản ứng thủy phân - hóa đặc. Việc tổng hợp nhiều loại thức ăn bao gồm cả hai loại phản ứng. Ví dụ, trong tổng hợp các chất béo, cacbonhydrat là chất khử trong phản ứng oxy hóa khử để hình thành glycerin và các axit béo chứa năng lượng. Sau đó các chất béo lại được tổng hợp bởi sự hoá đặc glycerin và ba axit béo khác. Bởi vì các axit béo chứa nhiều năng lượng hơn cacbonhydrat. Trước khi các chất béo không hòa tan được tiêu thụ trong quá trình hô hấp và tạo ra các thành phần của tế bào, chúng phải được thủy phân thành nhiều axit béo và glycerin có thể hòa tan được.

Sự tổng hợp amino axit (**Hình 11.1**) kéo theo sự suy giảm các chất khoáng do chuyển thành chất hữu cơ. Ví dụ, nitơ và đôi khi cả lưu huỳnh được kết hợp với hợp chất cacbon tách ra từ các hydratecacbon. Tổng hợp amino axit tan đòi hỏi sự hao phí năng lượng. Sau đó các amino axit có thể kết hợp với những chất khác bởi một chuỗi các phản ứng hóa đặc để tạo thành các phân tử protein không tan.

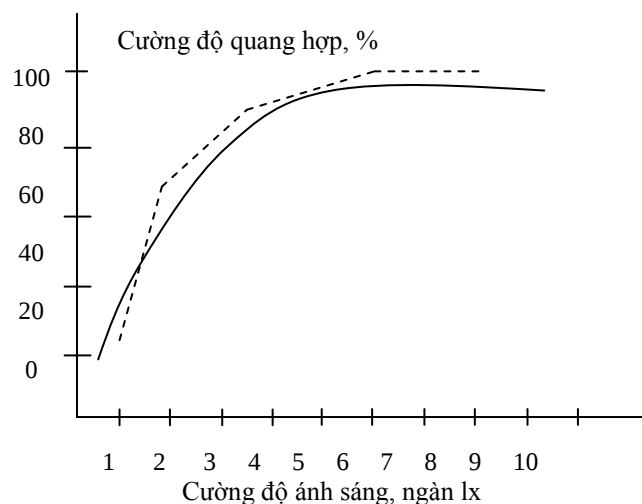
Thuật ngữ đồng hoá được dùng ở đây có thể hiểu theo nghĩa rộng là sự tổng hợp thức ăn. Ở nghĩa thông thường, đồng hóa có thể biểu thị cho sự sử dụng các hydratecacbon, chất béo, protein để tổng hợp chất nguyên sinh, vách tế bào và nhiều chất khác tạo thành hệ thống enzyme, các sắc tố và cấu trúc thực vật. Đồng hóa cũng giống như các phản ứng tổng hợp thức ăn, điểm khác là các sản phẩm cuối cùng trở thành các thành phần chức năng của tế bào. Đồng hóa đòi hỏi năng lượng được giải phóng từ hô hấp. Đồng hóa sử dụng các thức ăn và chất khoáng ở dạng tan và nó phụ thuộc vào hệ thống các enzyme trong các tế bào sống. Tất cả các thành phần của vòng năm được tạo ra bởi sự đồng hóa. Đồng hóa có thể không phụ thuộc vào các yếu tố giới hạn quang hợp và hô hấp, sự tổng hợp thức ăn và các mức trao đổi chất trong cây.

11.4. ĐO QUANG HỢP VÀ HÔ HẤP

Vì quá trình quang hợp và hô hấp phải trải qua một số lượng lớn các phản ứng và cả hai quá trình này đều xảy ra đồng thời. Do đó, việc đo đạc chúng là rất khó khăn. Cả hai quá trình quang hợp và hô hấp đều phụ thuộc vào số lượng glucoza trong cây và sự trao đổi dioxit cacbon và oxy giữa không khí và cây. Hô hấp tối có thể đo đạc trực tiếp từ sự trao đổi CO_2 , O_2 và trọng lượng chất khô, vì rằng quang hợp không xảy ra trong bóng tối. Về ban ngày, sự thay đổi nồng độ CO_2 , O_2 và trọng lượng chất khô được tính bằng cách lấy quang hợp trừ đi hô hấp; hiệu số của hai đại lượng này được gọi là quang hợp thuần. Quang hợp tổng số là tổng lượng glucoza được tạo thành không có quan hệ với việc tiêu thụ nó trong các quá trình khác. Nếu giả định rằng tốc độ hô hấp ánh sáng (ban ngày) bằng tốc độ hô hấp tối (ban đêm), thì quang hợp tổng số có thể được ước lượng bằng cách cộng hô hấp ánh sáng với quang hợp thuần. Quang hợp và hô hấp cũng có thể được xác định bằng cách đo đặc hàm lượng CO_2 tăng lên hoặc giảm xuống trong dòng không khí vận động ở phía trên cây. Tốc độ của quang hợp và hô hấp được biểu thị bằng gram CO_2 chi dùng hoặc mất mát trên trọng lượng chất khô của cây. Một cách khác là đo đặc lượng O_2 hấp thụ hoặc sự thay đổi lượng chất khô.

11.5. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUANG HỢP VÀ HÔ HẤP

Vì tất cả nguồn thức ăn và cấu trúc tế bào được lấy từ các phân tử glucoza, nên tăng trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi các điều kiện ảnh hưởng đến tốc độ quang hợp và hô hấp. Các yếu tố bên ngoài và bên trong cây đều có ảnh hưởng đến tốc độ của các quá trình quang hợp và hô hấp. Những yếu tố môi trường quan trọng nhất bao gồm ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, không khí và độ phì đất. Các điều kiện bên trong cây bao gồm trạng thái sinh lý của các mô, điều kiện của khí khổng, sự tích lũy hoặc khả năng cung cấp thức ăn (glucoza, protein, chất béo...), sự thay đổi cấu trúc các mô do ảnh hưởng của tăng trưởng, sự gia tăng tuổi, sự thương tổn một số bộ phận của cây... Dưới đây chúng ta xem xét một số nhân tố có ảnh hưởng lớn nhất đến quang hợp và hô hấp.



Hình 11.2. Tốc độ quang hợp ở cây gỗ non thay đổi tùy theo cường độ ánh sáng. Cường độ quang hợp tính theo % so với mức quang hợp cao nhất.

11.5.1. Ánh sáng

Ánh sáng là một yếu tố quan trọng cho quá trình quang hợp, bởi vì nó cung cấp năng lượng để dùng vào việc hình thành glucoza và nhiều chất khác. Ở cường độ thấp, ánh sáng luôn là yếu tố giới hạn. Tốc độ quang hợp thay đổi là một hàm số của cường độ ánh sáng. Khi ánh sáng có cường độ cao, sự gia tăng tiếp tục của cường độ ánh sáng có thể không làm tăng tốc độ quang hợp, bởi vì diệp lục tố lâm vào tình trạng “bão hòa ánh sáng” và nhiều yếu tố khác có thể trở thành yếu tố giới hạn quá trình quang hợp (**Hình 11.2**). Độ dài của thời gian chiếu sáng ban ngày có ảnh hưởng đến độ dài thời gian quang hợp. Đó là một yếu tố quan trọng cho tăng trưởng và sống sót của cây gỗ ở các vĩ độ cao.

Những lá trong tán cây hấp thụ ánh sáng không giống nhau. Những lá mọc ở phía đông tiếp nhận ánh sáng sớm hơn về buổi sáng, còn những lá mọc ở phía tây tiếp nhận ánh sáng muộn hơn về buổi chiều. Những lá nằm sâu trong tán cây

có thể chẳng bao giờ đạt được trạng thái bão hòa ánh sáng. Vì bị che bóng, nên những lá trong tán cây có khuynh hướng gia tăng quang hợp thuần khi cường độ ánh sáng gia tăng. Như một kết quả, tốc độ quang hợp lớn nhất đối với lá đơn xuất hiện ở cường độ ánh sáng thấp hơn so với toàn bộ tán cây.

Cường độ ánh sáng mà tại đó sự bão hòa ánh sáng xảy ra có thể thay đổi, bởi vì sự khác biệt về cấu trúc và mật độ lá. Những lá mọc ở nơi có ánh sáng hoàn toàn có đặc điểm là dày hơn và xanh lục đậm hơn so với những lá bị che bóng (Kramer và Kozlowski, 1960). Những lá dày hấp thu ánh sáng hiệu quả hơn và trở thành những lá bão hòa ánh sáng ở cường độ ánh sáng cao hơn so với những lá bị che bóng. Quang hợp của những lá này cũng tốt hơn so với những lá bị che bóng. Khi tán cây phát triển, những lá và cành phía dưới bị che bóng, nên quang hợp của chúng bị giới hạn và chúng tiêu thụ thức ăn cũng ít hơn. Do không nhận đủ thức ăn, nên những cành thấp này bị đào thải dần dần. Ngược lại, những cành còn sống có thể nhận được nhiều thức ăn hơn; do đó tăng trưởng của chúng mạnh hơn.

Những cây gỗ thuộc cùng một loài mọc trong điều kiện chiếu sáng khác nhau có sự khác nhau về hình thái thân cây, cách phân 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, hoặc cũng có thể là do sự khác nhau về nhiệt độ, gió, ẩm độ kèm theo sự thay đổi của ánh sáng. Những loài khác nhau đòi hỏi cường độ ánh sáng tối thiểu khác nhau để tiến hành quang hợp. Vì thế, người ta đã phân loại cây rừng theo nhu cầu ánh sáng. Những loài cây cần nhiều ánh sáng hơn cho quang hợp được gọi là cây ưa sáng. Ngược lại, những loài cây cần ít ánh sáng hơn cho quang hợp được gọi là cây chịu bóng. Những tập tính ưa sáng hay chịu bóng phản ánh sự thích nghi về di truyền của các loài cây để làm tăng sự phù hợp của chúng trong điều kiện chiếu sáng khác nhau. Những loài cây mà lá có lớp cutin mỏng, thiếu các mô dẫn và mô dự trữ thường thích nghi kém với điều kiện chiếu sáng mạnh. Ngược lại, những loài cây mà lá có lớp cutin dày, có các mô dẫn và mô dự trữ có khả năng thích nghi với điều kiện chiếu sáng mạnh, với nhiệt độ và ẩm độ không khí ở mức cao. Tuy vậy, những đặc tính ấy lại ngăn cản chúng sống trong điều kiện thiếu ánh sáng. 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 có ít tế bào bảo vệ hơn 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% (Daubenmire, 1974). Những lá bị che bóng phát triển các lớp thịt lá tốt hơn nhằm hấp thu CO_2 và nước có hiệu quả hơn. Do có cấu tạo như vậy, nên các lá tối có hiệu suất quang hợp cao hơn các lá sáng đến 20% (Daubenmire, 1974).

Sự phân phối sinh khối mới giữa rễ và thân, giữa tăng trưởng đường kính và chiều cao được điều chỉnh bởi các hoóc môn sinh trưởng. Các hoóc môn này được hình thành ở đỉnh sinh trưởng, có tác dụng kích thích sự phân chia và giãn tế bào. Trong điều kiện ánh sáng cao, các hoóc môn có thể bị phá hủy một phần hoặc hoàn toàn. Kết quả là tăng trưởng chiều cao giảm, các vật chất sinh trưởng được tích lũy vào thân và rễ, và do đó đẩy nhanh sinh trưởng thân cây. Dưới điều kiện ánh sáng yếu (trong rừng kín tán hoặc có mật độ cao), các hoóc môn 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 của hiện tượng ấy 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. Những loài cây ưa sáng biểu hiện sự phát triển hình thái như vậy được gọi là cây bị ưa vàng. Hiện tượng ấy rất ít gặp ở những loài cây chịu bóng. Ngoài ra, ánh sáng còn ảnh hưởng đến sự định hướng của thực vật. Hiện tượng ấy được gọi là dinh dưỡng ánh sáng.

Cây tái sinh của những loài ưa sáng đòi hỏi nhiều ánh sáng hơn, do đó chúng thường mọc ở nơi có nhiều ánh sáng, nơi tán rừng bị phá hủy hoặc trong các lỗ trống. Ngược lại, những cây non của các loài chịu bóng thường sống và phát triển dưới tán của các loài ưa sáng. So với cây tái sinh của các loài ưa sáng, cây tái sinh của các loài cây chịu bóng chuyển đổi giai đoạn trễ hơn.

Người ta phân biệt hai nhóm cây khác nhau về phản ứng hô hấp hoá - sinh. Nhóm một là những cây mà khi tiến hành hô hấp chúng cần phải có ánh sáng; chúng được gọi là cây C-3. Nhóm hai là những loài cây tiến hành hô hấp không cần ánh sáng; chúng được gọi là cây C-4. Mặc dù ánh sáng không ảnh hưởng đến hô hấp của cây C-4, nhưng nó vẫn ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng hô hấp, bởi vì nó được chuyển thành năng lượng dự trữ và ảnh hưởng đến nhiệt độ của cây. Ánh sáng ảnh hưởng trực tiếp đến quang hợp, mà quang hợp lại làm tăng các chất oxy hóa cần cho hô hấp. Ánh sáng có ảnh hưởng đến các phản ứng hóa học dẫn đến sự dự trữ thức ăn. Ánh sáng còn ảnh hưởng đến sự đóng mở khí khổng, đến sự trao đổi khí cần cho hô hấp. Kết quả ảnh hưởng của ánh sáng đến cây gỗ được phản ánh một phần trên bề rộng các vòng năm.

11.5.2. Nhiệt độ

Quang hợp và hô hấp ở thực vật có thể xảy ra ở biên độ nhiệt độ rất rộng. Nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến nhiều quá trình khác (thời kỳ ngủ, hoạt động phân sinh, tái sinh, tăng trưởng...).

Nhiệt độ tối thiểu cho quang hợp thuần từ -2° đến -5°C (Tranquillini, 1964). Quang hợp cũng xuất hiện vào mùa đông lạnh ở những chồi non của những loài cây rụng lá (Perry, 1971).

Nhiệt độ cao giới hạn cả quang hợp và hô hấp. Quang hợp và hô hấp gia tăng dần trong giới hạn nhiệt độ từ $0 - 15^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ cao có thể làm thay đổi quang hợp ít hơn. Nhưng trong giới hạn nhiệt độ từ $10 - 30^{\circ}\text{C}$, hô hấp sẽ tăng lên 2 – 2.5 lần mỗi khi nhiệt độ tăng lên 10°C (Mayer *et al.*, 1973). Nhiệt độ tối ưu cho quang hợp thuần ở cây ôn đới là $15 - 30^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ tối ưu cho quang hợp thuần ở cây nhiệt đới và á nhiệt đới là $25 - 30^{\circ}\text{C}$. Khi nhiệt độ tăng lên cao hơn nhiệt độ tối ưu, thì quang hợp thuần sẽ giảm. Nguyên nhân là vì hô hấp cao hơn quang hợp. Nhiệt độ gây ra cái chết cho đa số loài cây là $50 - 60^{\circ}\text{C}$. Nguyên nhân là vì, ở nhiệt độ $50 - 60^{\circ}\text{C}$, protein trong thành phần chất nguyên sinh bị co lại (Mayer *et al.*, 1973).

Hô hấp giảm dần cùng với sự suy giảm nhiệt độ. Tốc độ hô hấp cao ở những cơ quan không quang hợp (thân, cành, rễ...) vào mùa khô nóng là nguyên nhân làm cho cây rụng lá.

11.5.3. Nước

Slatyer (1976) đã định nghĩa hai kiểu hoạt động thiếu hụt nước ở thực vật: (a) ảnh hưởng gián tiếp của thiếu hụt nước đến sự đóng mở khí khổng; (b) ảnh hưởng trực tiếp của thiếu hụt nước đến phản ứng hoá sinh trong quang hợp. Theo Slatyer (1976), quang hợp phụ thuộc vào 4 quá trình sau đây: (1) quá trình khuếch tán nước phối hợp cùng với sự cung cấp CO₂ cho những cơ quan quang hợp; (2) quá trình quang hoá phối hợp cùng với sự thu nhận năng lượng ánh sáng; (3) quá trình hoá học cùng với sự suy giảm CO₂; (4) quá trình vận chuyển ảnh hưởng đến sự phân phối sản phẩm quang hợp.

Nói chung tốc độ quang hợp có thể bắt đầu suy giảm khi thế nước nhỏ hơn -1 đến -3 bar và tiếp tục suy giảm mạnh hoặc theo hàm tuyến tính khi các tế bào trương lên. Sự trao đổi CO₂ giữa lá và không khí diễn ra theo chiều hướng đảo nghịch. Khi CO₂ trong lá lớn hơn CO₂ trong không khí, thì CO₂ từ lá phóng thải vào không khí và ngược lại.

Sự đóng mở khí khổng là cơ chế điều chỉnh cân bằng nước và duy trì cân bằng nước thích hợp trong cây. Như đã xem xét ở chương 10, khi những tế bào bao xung quanh khí khổng gia tăng kích thước, chúng uốn cong lại và khí khổng sẽ mở ra. Quang hợp xảy ra khi những tế bào bảo vệ được chiếu sáng vào buổi sáng và hàm lượng CO₂ trong chất lỏng của tế bào giảm thấp vào ban đêm. Từ CO₂ hình thành một axit yếu trong nước, nên tế bào cũng trở thành axit yếu do CO₂ bị thoát ra ngoài. Sự thay đổi tính axit này làm cho tinh bột bị thủy phân thành đường glucoza. Khi sự gia tăng glucoza thấp hơn khả năng thẩm thấu của tế bào, thì sự thẩm thấu sẽ xuất hiện, và nước sẽ di chuyển từ tế bào này sang tế bào bên cạnh. Điều đó kéo theo áp suất tăng lên và những tế bào bảo vệ trương lên; kết quả làm cho khí khổng mở ra. Vào buổi tối, những điều kiện trái nghịch xuất hiện và khí khổng sẽ đóng lại.

Khi khí khổng đóng lại, sức chống chịu của lá với sự khuếch tán hơi nước tăng lên và tốc độ thoát hơi nước của lá sẽ giảm. Sự thiếu hụt nước có ảnh hưởng đến sự đóng mở khí khổng lớn hơn so với sự thiếu hụt CO₂, bởi vì nước là nhân tố giới hạn quang hợp.

Sự thiếu hụt nước có ảnh hưởng đến tốc độ hô hấp và quang hợp thuần. Nếu thiếu hụt nước bất thành hình, thì trước hết sự gia tăng tốc độ hô hấp có thể xuất hiện. Nhưng sau lúc thiếu hụt nước, sự suy giảm hô hấp sẽ xuất hiện. Nếu tình trạng căng thẳng tác động từ từ đến cây, thì tốc độ hô hấp cũng suy giảm từ từ.

Khi đo quang hợp và hô hấp ở những cây *Pinus longaeva* ở tuổi từ 20 – 40 năm, Wright và Mooney (1965) đã nhận thấy chúng bị héo ở mức thế nước trong đất lớn hơn -15 bar.

Khi xem xét ảnh hưởng của độ ẩm đến quang hợp của *Pinus ponderosa*, Brown (1968) đã nhận thấy rằng, khi độ ẩm đất giảm dần từ tháng 4 – 6, tốc độ quang hợp thuần cũng giảm dần. Vào tháng 9 - 10, khi nhiệt độ môi trường nâng cao, thoát hơi nước và quang hợp thuần lại nâng cao.

11.5.4. Thành phần không khí

Quang hợp ở cây gỗ sống trong môi trường đủ nước và ánh sáng thường bị giới hạn bởi sự thiếu hụt CO_2 trong không khí. Tốc độ quang hợp sẽ tăng lên khi hàm lượng CO_2 trong không khí gia tăng.

Hàm lượng CO_2 trong những rừng kín tán thường bị giới hạn vào buổi chiều. Hàm lượng CO_2 trong không khí trên núi cao cũng thấp hơn so với nơi thấp. Nguyên nhân là vì áp suất không khí giảm dần theo độ cao và tốc độ khuếch tán CO_2 giảm (Gale, 1972; Kramer và Kozlowski, 1960).

Hàm lượng O_2 trong không khí không phải là nhân tố giới hạn những cơ quan của cây sống trên mặt đất. Ngược lại, hàm lượng O_2 trong đất là nhân tố giới hạn những quá trình sống của hệ rễ cây. Khi hàm lượng O_2 trong đất suy giảm hơn 10% thì hoạt động sống của cây bị ảnh hưởng.

Một số chất khí khác có thể trở thành độc chất cho cây, chẳng hạn hàm lượng cao của SO_2 và O_3 . Nhiều loài cây có thể bị thương tổn hoặc bị chết khi hàm lượng SO_2 và O_3 ở một vài ppm (Mayer, 1973).

11.6. ĐIỀU KIỆN SINH LÝ VÀ NHỮNG HỆ THỐNG LIÊN QUAN

Tăng trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng trực tiếp không chỉ bởi những yếu tố môi trường hiện tại, mà còn bởi những yếu tố môi trường tồn tại trước đó. Một số yếu tố có ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm: (1) sự tích lũy và dự trữ thức ăn; (2) sản lượng rễ và cành; (3) những thay đổi xuất hiện cùng với sự thay đổi tuổi và kích thước cây gỗ; (4) hàm lượng những chất điều khiển tăng trưởng của cây; (5) sự ngừng hoạt động của diệp lục vào thời kỳ lạnh; (6) thời kỳ ngủ do lạnh hay khô hạn; (7) ảnh hưởng của sương giá; (8) ảnh hưởng của lửa; (9) ảnh hưởng của côn trùng ăn lá; (10) những ảnh hưởng của quản lý lâm sinh...

11.6.1. Tình trạng ngủ

Những cây gỗ không sinh trưởng liên tục. Nguyên nhân là vì chúng gặp những điều kiện sống khác nhau trong năm. Những cây gỗ nhiệt đới thường sống trong môi trường thuận lợi, do đó chúng sinh trưởng gần như quanh năm. Ngược lại, những cây ôn đới có thời kỳ sinh trưởng và ngừng sinh trưởng tách biệt nhau. Vì thế, cây ôn đới có thể sinh ra nhiều vòng tăng trưởng trong cùng một năm. Thời kỳ ngủ ở cây gỗ ôn đới có thể được phân thành thời kỳ ngủ tạm thời và thời kỳ ngủ lâu dài. Thời kỳ ngủ tạm thời chỉ kéo dài một vài tuần, sau đó chúng có thể tăng trưởng trở lại do môi trường biến đổi theo hướng thuận lợi. Thời kỳ ngủ lâu dài có thể xuất hiện nhiều tuần hoặc nhiều tháng, bởi vì chúng gặp những điều kiện bất lợi kéo dài nhiều tuần hoặc nhiều tháng. Ở vùng ôn đới, thời kỳ mùa đông có thể kéo dài nhiều tháng. Thời kỳ ngủ của cây có thể hình dung như “yếu tố an toàn” để giúp cây tránh những tác động bất lợi của môi trường.

Thời kỳ ngủ là một mối quan tâm lớn của những nghiên cứu khí hậu thực vật, bởi vì nó giúp điều chỉnh đúng phản ứng tăng trưởng của cây với những yếu tố môi trường ở những giai đoạn vật hậu của cây. Những yếu tố khí hậu vào mùa thu có thể ảnh hưởng đến những điều kiện thúc đẩy hoặc làm gia tăng thời kỳ

ngủ. Sau khi cây kết thúc thời kỳ ngủ, khí hậu có thể ảnh hưởng trực tiếp đến sản lượng của những chất điều hoà sinh trưởng và quá trình tăng trưởng, đến quang hợp và hô hấp, đến sự tích lũy và phân phối thức ăn, đến khả năng cung cấp nước và sự hấp thu nước của cây gỗ...

Vào thời kỳ ngủ, khí hậu có thể không ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng, nhưng khí hậu có thể ảnh hưởng đến tăng trưởng của thời kỳ sau khi ngủ thông qua ảnh hưởng đến độ ẩm đất, quang hợp, sự tích lũy thức ăn... Tính đa dạng trong ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến tăng trưởng có thể được làm rõ thông qua phân tích tương quan giữa tăng trưởng với các yếu tố khí hậu ở những tháng và năm khác nhau.

11.6.2. Tính chống chịu sương giá

Sương giá thường xuất hiện vào mùa xuân. Sương giá có thể làm ức chế hoạt động của lá hoặc tiêu diệt lá cây, làm thương tổn hoặc tiêu diệt các mô của cây và chồi non.

Giá lạnh là yếu tố rất nguy hiểm đối với sự sống của cây, bởi vì nhiệt độ thấp làm nước đóng băng trong gian bào. Kết quả có thể làm chết những tế bào trong những mô của cây. Khi băng giá xuất hiện nhanh, nước đóng băng trong tế bào chất hoặc trong không bào của những tế bào sống (Mayer *et al.*, 1973). Băng giá làm thương tổn tượng tầng ở những cành non. Thương tổn do băng giá sẽ tạo ra những mô xylem (gỗ) bị vằn vẹo, người ta gọi là những vòng năm do sương giá. Cấu trúc bất thường của những vòng năm do ảnh hưởng của sương giá có thể dễ dàng quan sát thấy bằng mắt. Nhờ những vòng năm bị ảnh hưởng của sương giá, chúng ta có thể xác định được mức độ tác động của sương giá và năm xuất hiện sương giá.

11.6.3. Những ảnh hưởng của lửa

Nhiệt độ cao hoặc lửa có thể làm rụng lá cây, làm tổn thương hoặc tiêu diệt nhiều mô cây. Khi phần lớn lá bị chết do lửa, thì thương tổn do lửa có thể ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm. Diện tích của những vòng năm bị thương tổn do lửa có thể rộng hơn bình thường. Lửa có thể hạn chế sự cạnh tranh của những cây gỗ trong quần thụ. Nguyên nhân là vì, lửa tiêu diệt nhiều cây yếu kém về sinh trưởng, lửa làm phong phú chất khoáng và cải thiện điều kiện đất... Nhưng lửa khốc liệt làm xấu điều kiện sống của cây. Sau khi có lửa tràn qua, vòng năm của cây có thể phát triển mạnh và biến động vòng năm có thể biểu hiện quan hệ không rõ rệt với các yếu tố khí hậu. Nguyên nhân là vì, sau khi có lửa tràn qua, biến động của bề rộng vòng năm rất nhỏ.

Chương 12

HỆ THỐNG TĂNG TRƯỞNG - KHÍ HẬU

12.1. GIỚI THIỆU

Những bước quan trọng và cơ bản trong nghiên cứu khí hậu thực vật là mô hình hóa hệ thống tăng trưởng khí hậu. Cơ sở sinh học của hệ thống đã được mô tả ở các **chương 9 - 10**. Bây giờ điều rất cần thiết là xác định hệ thống sinh học nào có quan hệ chặt chẽ với khí hậu, những biến lập địa nào có ảnh hưởng đến mối quan hệ giữa tăng trưởng với khí hậu, cấu trúc và thành phần nào của hệ thống có thể được mô hình hoá để làm rõ những mối quan hệ giữa tăng trưởng với các thành phần khí hậu. Như đã giới thiệu ở **chương 8**, mô hình hóa có thể được thực hiện bằng các sơ đồ ngôn ngữ, những bản vẽ logic, các hàm toán học hoặc các sơ đồ mô tả những mối quan hệ quan trọng giữa các hiện tượng nhân quả, trong trường hợp này nguyên nhân (đầu vào) là các biến khí hậu và lập địa, còn kết quả (đầu ra) là bề rộng vòng năm.

Chương 12 trước hết xem xét hai thành phần cơ bản của hệ thống tăng trưởng khí hậu - đó là năng lượng và cân bằng nước. Kế đến xem xét các yếu tố lập địa (địa hình, chất nền, độ cao...) có ảnh hưởng đến mối quan hệ tăng trưởng - khí hậu. Tiếp theo thảo luận hệ thống tăng trưởng - khí hậu; trong đó bắt đầu từ một mô hình của các yếu tố hoặc điều kiện giới hạn tăng trưởng. Cuối cùng từ một mô hình đơn giản, mở rộng và phát triển thành một mô hình phức tạp hơn.

12.2. CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG VÀ CÂN BẰNG NƯỚC

Số lượng năng lượng và nước cần cho thực vật phụ thuộc vào khả năng cung cấp của chúng và khả năng hấp thu của cây. Khả năng cung cấp năng lượng và nước thay đổi tùy theo điều kiện nhiệt độ và lập địa. *Dòng đi vào và đi ra, các nguồn cung cấp, sự hao hụt và truyền năng lượng được gọi là cân bằng năng lượng. Dòng đi vào và đi ra, các nguồn cung cấp, sự hao hụt và phân phối nước cho các thành phần được gọi là cân bằng nước.*

Theo Sellers (1965), cân bằng năng lượng đối với một khối không khí và đất được biểu thị bằng công thức:

$$G = (Q + q)(1 - a) + I\downarrow - I\uparrow - H - LE + F_i - F_a; \quad (12.1)$$

trong đó:

G = năng lượng thuần đi vào hoặc mất mát khỏi hệ thống;

Q = bức xạ mặt trời trực tiếp đạt đến bề mặt đất;

q = bức xạ tán xạ từ bầu trời;

a = albedo của bề mặt đất;

$I\downarrow$ = sự hấp thu bức xạ sóng dài hoặc bức xạ hồng ngoại từ không khí đạt đến bề mặt đất;

$I\uparrow$ = sự mất mát bức xạ (phát xạ) sóng dài từ mặt đất vào không khí;

H = sự trao đổi nhiệt giữa đất và không khí;
 LE = sự mất mát nhiệt do bốc hơi nước, trong đó L là tiềm nhiệt bốc hơi (làm lạnh bằng cách bốc hơi - 590 cal/g), còn E là hàm lượng nước bị bốc hơi;
 Fi = sự truyền nhiệt từ bề mặt đất theo chiều nằm ngang;
 Fa = sự truyền nhiệt đến mặt đất theo chiều nằm ngang.

Cân bằng nước của một khối đất được biểu thị bằng công thức:

$$g = r + D + fi - E - fa; \quad (12.2)$$

trong đó:

g = tỷ lệ trao đổi nước trong một khối đất;
 r = lượng nước bổ xung vào đất do mưa cung cấp;
 D = lượng nước bổ xung vào đất do ngưng kết từ sương;
 fi = sự trao đổi nước trong khối đất theo chiều ngang;
 E = lượng nước mất mát do bốc hơi;
 fa = lượng nước mất mát theo chiều ngang và chiều sâu (nước chảy theo trọng lực).

Gate (1962) biểu thị cân bằng năng lượng đối với thực vật theo công thức:

$$G_0 = Q_s - (a + t) Q_s + eR - LE - H_g - H_a \pm s - P + M \quad (12.3)$$

trong đó:

G_0 = sự trao đổi bức xạ thuần giữa không khí và cây;
 Q_s = bức xạ mặt trời chiếu đến cây;
 s = dự trữ nhiệt bằng cách làm nóng hoặc làm lạnh sinh khối cây;
 a = suất phản xạ hoặc albedo của cây;
 t = khả năng cố định nhiệt (năng lượng) của cây;
 e = sự phát xạ của cây;
 R = bức xạ sóng dài truyền đến cây từ các vật thể xung quanh;
 LE = nhiệt hoặc năng lượng mất mát do thoát hơi nước của cây;
 H_g = sự truyền nhiệt từ cây vào đất;
 H_a = sự truyền nhiệt từ cây vào không khí;
 P = năng lượng hấp thu do quang hợp;
 M = năng lượng mất mát do hô hấp của cây.

12.3. NHỮNG YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG

Nhiều hiện tượng vật hậu ở cây gỗ chịu ảnh hưởng của những yếu tố môi trường. Ví dụ, địa hình và đất là kết quả của những quá trình địa chất, vật lý, sinh học xảy ra trong quá khứ. Những quần xã thực vật sống trên một môi trường nào đó còn chịu ảnh hưởng của sự di trú của thực vật quá khứ. Cái chết của nhiều cá thể là do kết quả ảnh hưởng của rất nhiều nhân tố vô sinh và hữu sinh. Tất cả

những yếu tố này cùng phối hợp ảnh hưởng đến cân bằng năng lượng và cân bằng nước.

12.3.1. Địa hình

Địa hình là một yếu tố quan trọng của lập địa. Địa hình bao gồm một số yếu tố mặt đất như độ cao đáng đất, độ dốc mặt đất, hướng phơi (hướng theo chiều chiếu sáng của mặt trời), độ dài sườn dốc...Địa hình có ảnh hưởng đến cân bằng năng lượng và cân bằng nước thông qua việc kiểm soát bức xạ và lượng mưa đạt đến mặt đất. Những sườn dốc của hướng nam thuộc bán cầu bắc tiếp nhận bức xạ mặt trời nhiều hơn so với những hướng khác (Haase, 1970).

Một nghiên cứu của Fritts (1969) cho thấy, biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ ở những vùng khô hạn có liên quan không chỉ với địa hình, mà còn với hướng phơi khác nhau. Cây sống ở sườn nam và sườn tây tiếp nhận được bức xạ cao hơn, do đó biến động vòng năm mạnh hơn. Những cây sống ở sườn đông nam tiếp nhận được bức xạ nhiều nhất, do đó bề rộng vòng năm rộng và biến động nhỏ hơn.

12.3.2. Đất

Đất là yếu tố cần thiết cho cây, bởi vì nó cung cấp cho cây nước và chất khoáng. Kiểu đất có ảnh hưởng đến khả năng cung cấp chất khoáng, albedo, nhiệt độ, độ ẩm...

Khi nghiên cứu biến động vòng năm của những loài cây lá kim sống trên những đất khác nhau, Fritts (1969) nhận thấy vòng năm biến động mạnh trên đất granit và đất cát, biến động ít trên đất hình thành từ dolomit. Điều đó chứng tỏ các chất khoáng có ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm. Nhiều nhà nghiên cứu thực vật cũng nhận thấy vòng năm biến động mạnh trên những đất hình thành từ đá vôi và dolomit.

States (1968) và Erdman (1969) nhận thấy, ở những vùng bán khô hạn cây gỗ sinh trưởng tốt trên những đất hình thành từ đá bị vỡ vụn thành nhiều mảnh nhỏ. Những đặc tính khác của đất như tỷ lệ đá lộ đầu, tỷ lệ che phủ của thảm cỏ, khối lượng vật rụng cũng có ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng của cây gỗ. Tuy vậy, do đặc tính của đất có biến động rất ít từ năm này đến năm khác, nên ảnh hưởng của đất đến biến động vòng năm là thiếu rõ ràng.

12.3.2. Yếu tố độ cao

Độ cao là yếu tố có ảnh hưởng đến chế độ mưa và nhiệt độ của lập địa. Nhiệt độ không khí giảm dần theo sự gia tăng độ cao so với mặt biển. Ở vùng ôn đới, mức độ suy giảm nhiệt độ là $0,5^{\circ}\text{C}$ trên 100 m độ cao (Geiger, 1965), còn ở vùng nhiệt đới là từ $0,6 - 1,0^{\circ}\text{C}$ tùy theo vị trí.

Mật độ của cột không khí cũng giảm dần theo độ cao. Điều đó cũng có ảnh hưởng đến sự hấp thụ và phản xạ bức xạ mặt trời. Như một kết quả, những cây mọc trên núi cao thường nhận được bức xạ và nhiệt độ cao hơn vào những ngày có mây ít. Về ban đêm, mặt đất trên núi cao mất nhiệt nhanh hơn, bởi vì phần bức

xạ từ lớp không khí phản hồi ngược trở lại mặt đất ít hơn. Do đó nhiệt độ của bề mặt tán cây có thể hạ xuống thấp hơn nhiệt độ không khí xung quanh.

Núi giống như một ba-ri-e ngăn cản sự di chuyển hơi nước trong không khí. Những vùng núi cao tiếp nhận lượng mưa nhiều hơn so với vùng thấp. Vì nhiệt độ trên núi cao thấp hơn, nên bốc hơi nước xảy ra chậm hơn, lượng tuyết về mùa đông nhiều hơn. Vì tuyết phản xạ bức xạ mạnh hơn, nên bức xạ mặt trời được đất hấp thụ rất nhỏ. Tuyết cũng có khả năng bảo vệ và giữ ẩm mặt đất, làm giảm bức xạ sóng dài phát ra từ mặt đất. Vì thế nhiệt độ ban đêm của những cơ quan trên mặt đất của cây có thể hạ thấp hơn điểm đóng băng.

Những sườn núi khuất gió tiếp nhận mưa ít hơn so với những sườn đón gió. Những yếu tố khác cũng có ảnh hưởng đến tiểu khí hậu là foehn hoặc chinook (gió ẩm ở miền nam nước Mỹ), sự trao đổi không khí lạnh, sự nghịch nhiệt, gió núi...(Geiger, 1965). Vì thế, mối quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động của các yếu tố đại khí hậu có thể bị chi phối bởi các yếu tố tiểu khí hậu.

12.4. NHỮNG YẾU TỐ SINH HỌC VÀ NHỮNG YẾU TỐ KHÁC

Vị trí và những điều kiện môi trường xung quanh cây gỗ cũng có ảnh hưởng đến những yếu tố kiểm soát tăng trưởng của cây gỗ. Vì thế, khi phân tích quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm với biến động của các yếu tố khí hậu, chúng ta cần phải loại trừ những yếu tố phi khí hậu này. Những ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ biểu hiện chậm chạp và thường không mang tính hệ thống. Một số nghiên cứu đã hướng vào việc làm rõ năm gây ra những thương tổn trên thân cây do ảnh hưởng của những yếu tố phi khí hậu (lửa, côn trùng, khai thác rừng, độc chất từ chất thải...). Những nghiên cứu này có ý nghĩa lớn không chỉ về mặt sinh thái học, mà còn cho phép xác định những vòng năm bất thường hoặc những vòng năm bị mất.

Dựa trên sự thay đổi cấu trúc gỗ của các vòng năm, nhiều tác giả (Sigafos, 1964; Potter, 1969; Page, 1970; Alestalo, 1971; LaMarche và Wallace, 1972) còn khám phá được lịch sử của những sự kiện tự nhiên như động đất, mưa lũ... Những tổn thương có thể tạo ra những vết sẹo trên thân cây. Ở những cây hạt trần, gỗ bị ép có thể hình thành vòng năm rộng ở phía dưới những chỗ bị thương tổn.

Theo Alestalo (1971), thương tổn có thể tạo ra những vết sẹo trên thân cây, làm thay đổi cấu trúc vòng năm và hình dạng tán lá... Kết quả ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm. Một số nhà nghiên cứu (Weaver, 1951; Erdman, 1969; Kilgore, 1970; Heinselman, 1973) sử dụng những vết sẹo ở phần gốc cây để xác định năm cây bị động vật phá hoại, loài động vật phá hoại, năm cây bị nghiêng... Nhiều nhà nghiên cứu đã sử dụng các bon phóng xạ để xác định tuổi cây cổ xưa.

12.5. MÔ HÌNH MỐI QUAN HỆ GIỮA BỀ RỘNG VÒNG NĂM VỚI NHỮNG YẾU TỐ KHÍ HẬU

Ở những phần trước đã mô tả khái quát những quá trình sống quan trọng nhất có ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm, đồng thời cũng đã phân tích những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm. Như đã thấy, trong một hệ sinh thái không có quá trình sinh học và những mối liên kết nào hoạt động riêng rẽ. Tất cả là những thành phần cấu thành của một hệ sinh thái. Trong hệ thống này, các quá trình và các thành phần có quan hệ qua lại với nhau và cùng phối hợp ảnh hưởng đến mối liên hệ giữa vòng năm với các yếu tố khí hậu (Billings, 1952).

Mặc dù hệ sinh thái là một hệ thống rất phức tạp, nhưng chúng ta vẫn có thể mô tả hệ sinh thái bằng những mô hình đơn giản. Dưới đây chúng ta xem xét cơ sở, cách tiếp cận và những giới hạn của mô hình biểu diễn mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu.

12.5.1. Cơ sở khoa học

Cơ sở khoa học của các mô hình là bản chất cơ bản của một hệ thống phức tạp có thể được biểu diễn ở dạng dễ hiểu nhất. Hình thái của mô hình phù hợp với những giả thuyết và việc mở rộng khái niệm. Mô hình ban đầu có thể chỉ bao gồm một số biến số, kể cả những biến số không có quan hệ với nhau. Kế đến tìm kiếm và đưa vào mô hình những biến số khác. Sau đó đánh giá và chọn ra những biến số hợp lý để xây dựng mô hình. Một mô hình phù hợp với hệ thống tự nhiên phải là một mô hình có khả năng kiểm định những kết luận hoặc những giả thuyết về hệ thống, dự đoán được những điều kiện và hoàn cảnh khác thường, phát hiện được những vấn đề và cách giải quyết mới, cũng như cho phép mở rộng những mô hình mới... Tính hữu ích nhất của một mô hình chính là việc sử dụng nó để xác định và phát triển những mô hình thống kê đa biến. Sau đó những mô hình thống kê đa biến sẽ được sử dụng không chỉ để định lượng và kiểm định những mối liên hệ phức tạp của nhiều thành phần cấu thành hệ thống, mà còn giúp chuẩn đoán¹ dữ liệu khí hậu và tăng trưởng, ước lượng biến động khí hậu quá khứ từ biến động bề rộng vòng năm.

12.5.2. Cách tiếp cận

Trước hết, nhà nghiên cứu khí hậu thực vật cần nhận thấy rằng, một hệ thống tự nhiên bao gồm rất nhiều phản ứng sinh hoá rất phức tạp và những mối liên hệ qua lại của nhiều thành phần. Do đó, chúng ta rất khó xây dựng được một mô hình chi tiết để diễn tả đầy đủ những quá trình sinh lý và những mối liên hệ của các thành phần trong hệ thống tự nhiên. Trong trường hợp những quá trình nối tiếp nhau đã được mô hình hoá, và kết quả nhận được có thể đáng tin cậy, nhưng mô hình ấy cũng chỉ phản ánh được một phần nhất định của hệ thống.

Trong thực tế, chúng ta không thể khái quát được biến động của tất cả các thành phần và những quá trình sinh lý trong một hệ thống. Bởi vì, chúng ta không

¹ Calibration

thể hiểu rõ mọi quá trình và những mối liên hệ của các thành phần trong hệ thống. Vì thế, khi mô hình hoá một hệ thống, chúng ta chỉ chọn lựa những quá trình cơ bản và những thành phần cơ bản của hệ thống. Những quá trình và những mối liên hệ của các thành phần trong hệ thống có thể được làm rõ thông qua số liệu thực nghiệm. Một số mô hình cũng có thể được xây dựng thành công từ những số liệu quan sát và đo đạc ở thực địa.

Tính hợp lý của một mô hình phải thể hiện ở chỗ, nó mô tả đúng bản chất của hệ thống, đồng thời phải phù hợp với những số liệu thực nghiệm hoặc những kết luận và giả thuyết nhất định. Khi điều vừa nói không thỏa mãn, chúng ta phải xác định lại mô hình, đo đạc lại dữ liệu, kiểm định lại những giả thuyết...

Để mô hình hoá một hệ thống, cách tiếp cận hợp lý nhất cho những nghiên cứu khí hậu – thực vật có lẽ phải đi từ những nghiên cứu sinh học, bởi vì mục đích cơ bản của khí hậu – thực vật là sử dụng cấu trúc vòng năm để khôi phục lại khí hậu quá khứ. Vì thế, một mô hình phù hợp phải thể hiện rõ những quá trình diễn ra trong hệ thống và những mối liên hệ giữa các thành phần. Ngoài ra, mô hình ấy phải cho phép phát triển những nghiên cứu về khí hậu – thực vật và sinh thái thực vật.

12.5.3. Những hạn chế của mô hình

Những phần trên đây đã chỉ ra những biến khí hậu có ảnh hưởng đến nhiều quá trình sống của cây, và đến lượt mình những quá trình này lại ảnh hưởng đến tăng trưởng và cấu trúc vòng năm. Mặt khác, nhiều quá trình và nhiều biến khí hậu có ảnh hưởng phi tuyến tính đến bề rộng vòng năm. Do đó, một hạn chế của mô hình là nó không thể mô tả đầy đủ những quá trình và những mối liên hệ phức tạp giữa các thành phần. Khi điều đó xảy ra, thì mô hình ấy phản ánh sai bản chất của hệ thống. Hạn chế của mô hình còn thể hiện ở chỗ, một mô hình thường chỉ được xây dựng từ một hay một số dữ liệu của chuỗi khí hậu và chuỗi niên đại vòng năm. Nếu sử dụng mô hình này để nghiên cứu quan hệ giữa tăng trưởng với một tập hợp biến khí hậu ở một giai đoạn khác, thì kết quả có thể bị sai lệch.

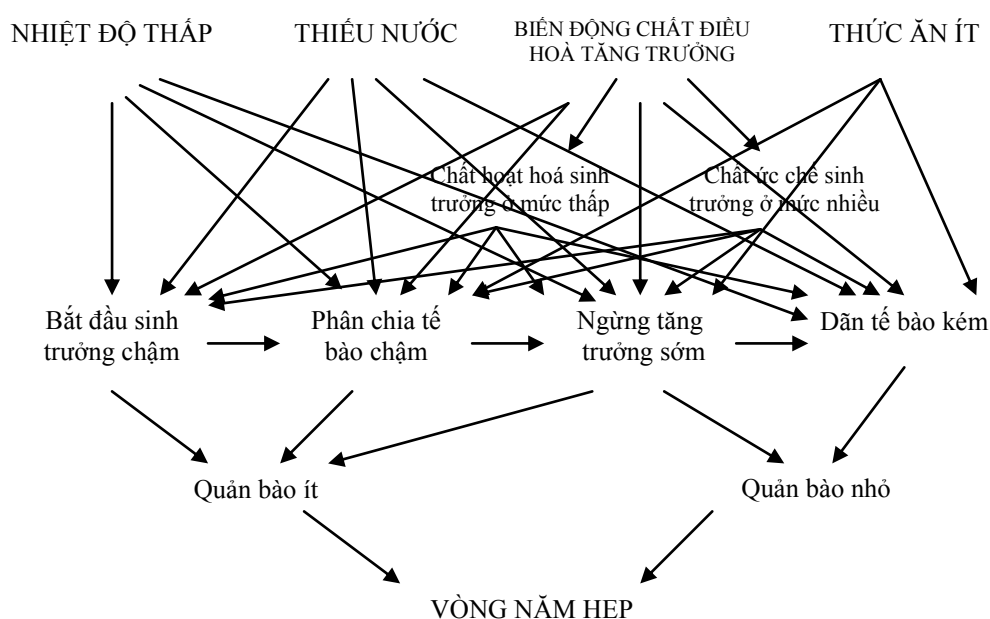
12.6. MÔ HÌNH HOÁ NHỮNG NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HOẠT ĐỘNG CỦA TƯỢNG TẦNG VÀ BỀ RỘNG VÒNG NĂM

Trước hết, chúng ta xem tượng tầng như một nhân tố được xây dựng bởi những chất khoáng, nguồn năng lượng, các hoóc môn và nước do libe và xylem cung cấp. Vì thế, những nhân tố giới hạn khả năng cung cấp chất khoáng, nguồn năng lượng, các hoóc môn và nước cũng là nhân tố giới hạn tăng trưởng. Cấu trúc tế bào của vòng năm được hình thành và bổ sung trong quá trình đồng hoá phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường. Khi nhiệt độ ở tượng tầng thấp, thì đồng hoá và tăng trưởng đều suy giảm.

Khi mô hình hoá những nhân tố ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng và bề rộng vòng năm, chúng ta cần đưa vào bốn yếu tố là nhiệt độ thấp, thiếu hụt nước, hàm lượng chất điều hoà sinh trưởng, số lượng chất khoáng (thức ăn và muối khoáng). **Hình 12.1** mô tả mô hình những nhân tố ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng và bề rộng vòng năm.

Như đã chỉ ra ở những phần trên đây, bề rộng vòng năm chịu ảnh hưởng không chỉ của hoạt động tượng tầng, mà còn bởi rất nhiều nhân tố khác của môi trường. Vì thế, chúng ta cần phải xem xét ảnh hưởng tổng hợp của nhiều nhân tố môi trường đến những quá trình xuất hiện ở những thời gian khác nhau trong năm.

Nhiệt độ có ảnh hưởng đến những nhân tố kiểm soát quá trình hô hấp và đồng hoá. Nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng đường kính bắt đầu vào mùa sinh trưởng. Ở những địa hình cao hoặc vĩ độ cao, mùa sinh trưởng ngắn, nhiệt độ thường hạ thấp trong thời kỳ hoạt động của tượng tầng. Nhiệt độ thấp cũng làm cho cây gỗ giảm khả năng thu nhận bức xạ, khoáng chất và nước. Tất cả những giới hạn trên đây sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng, do đó tăng trưởng đường kính suy giảm.



Hình 12.1. Mô hình những nhân tố ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng và bề rộng vòng năm. Phòng theo Fritts H. C (1971).

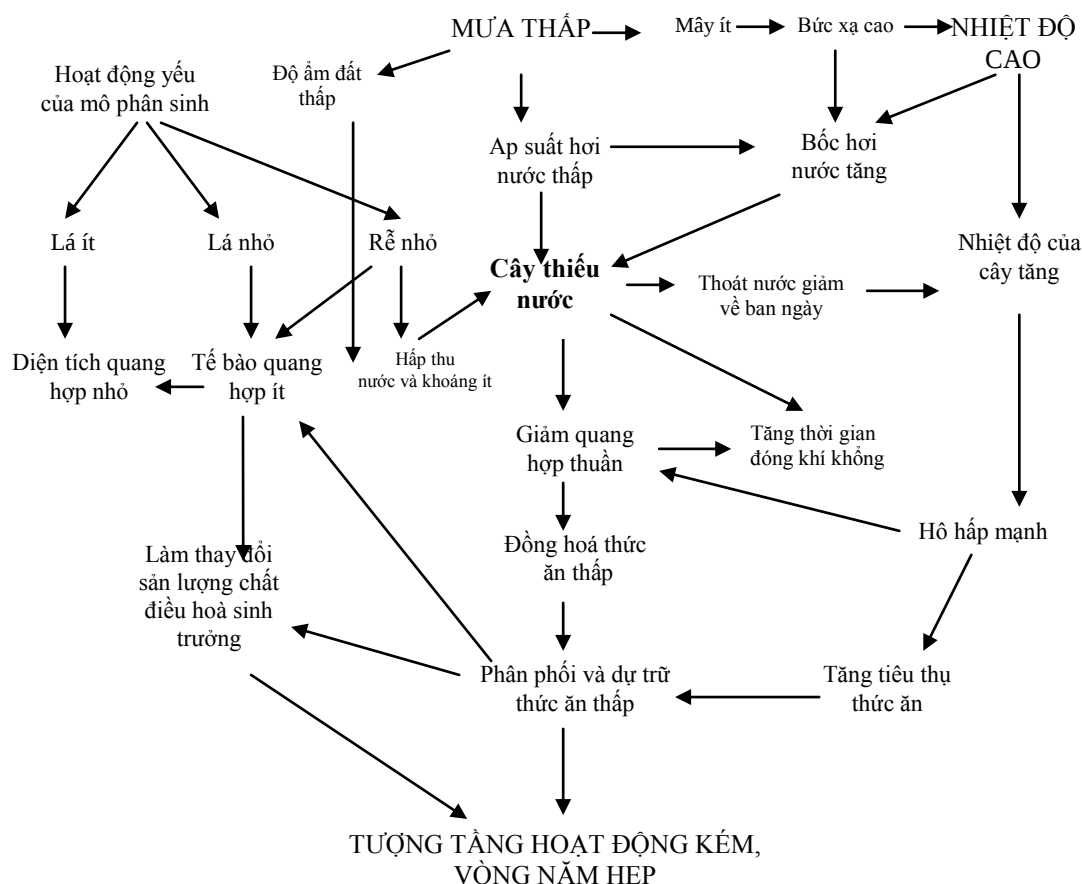
Sự thiếu hụt nước cũng có ảnh hưởng rõ rệt đến bề rộng vòng năm. Bởi vì sự thiếu hụt nước giới hạn sự phân chia và mở rộng tế bào.

Thông thường nhiệt độ và sự thiếu hụt nước cùng phối hợp ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng. **Hình 12.2** mô tả ảnh hưởng của nhiệt độ cao và lượng mưa thấp đến hoạt động của tượng tầng.

Một cách tổng quát, mô hình mô tả ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến hoạt động của tượng tầng và bề rộng vòng năm là một hàm đa biến. Mô hình tổng quát có dạng:

$$W_t = G_t \left[\sum_{j=1}^m (\alpha_j A + \beta_j B + k_j C) \right] \quad (12.4)$$

trong đó: W_t là bề rộng vòng năm; G_t là hàm tăng trưởng thay đổi theo tuổi cây (t); α_j , β_j , k_j là những hệ số biểu thị tỷ lệ ảnh hưởng của các nhân tố A, B, C tương ứng với tháng m của các năm khác nhau.



Hình 12.2. Mô hình ảnh hưởng của lượng mưa thấp và nhiệt độ cao đến hoạt động của tượng tăng và bề rộng vòng năm (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

12.7. KHÁI NIỆM CỬA SỔ KHÍ HẬU

Ảnh hưởng riêng biệt của các yếu tố khí hậu đến bề rộng vòng năm thay đổi tùy theo loài cây và lập địa. Ngoài ra, khí hậu của một số tháng trong một năm có thể ảnh hưởng lớn hơn so với khí hậu của những tháng khác. Cây gỗ có thể được xem như “một cửa sổ hoặc “một bộ lọc” cho đi qua và giữ lại những yếu tố khí hậu bên trong bề rộng vòng năm. Những loài cây khác nhau cho đi qua “cửa sổ” những thông tin khí hậu khác nhau ở những thời gian khác nhau của năm. Những khác biệt này có thể biểu thị bằng những giá trị tuyệt đối của các hệ số α , β và k đối với những tháng khác nhau.

12.8. KHÁI NIỆM HÀM PHẢN HỒI

Tương quan giữa tăng trưởng của cây gỗ với các yếu tố khí hậu thay đổi từ tháng này đến tháng khác. Mỗi tương quan này có thể biểu thị bằng những hàm

phản hồi¹. Phân tích hàm phản hồi có thể nhận thấy vai trò của những biến khí hậu đối với sinh trưởng của cây gỗ. Những hệ số dương của hàm phản hồi đối với một tháng nhất định chỉ ra ảnh hưởng tốt (trực tiếp) của biến khí hậu, nghĩa là những giá trị lớn của biến khí hậu tương ứng với những giá trị lớn của bề rộng vòng năm. Những hệ số âm của hàm phản hồi đối với một tháng nhất định chỉ ra ảnh hưởng xấu của biến khí hậu, nghĩa là những giá trị lớn của biến khí hậu tương ứng với những giá trị nhỏ của bề rộng vòng năm. Như vậy, bằng việc phân tích hồi quy tương quan, chúng ta có thể chỉ ra được ảnh hưởng tốt hoặc ảnh hưởng xấu của từng biến khí hậu trong những tháng khác nhau của năm đến sinh trưởng đường kính của những loài cây khác nhau.

12.9. SỰ PHÙ HỢP VÀ GIỚI HẠN CỦA MÔ HÌNH TĂNG TRƯỞNG

Trước hết, chúng ta cần nhận thấy rằng không có mô hình nào phản ánh chính xác hoàn toàn hệ thống tăng trưởng – khí hậu. Nguyên nhân là vì: (1) sinh trưởng và những quá trình sinh lý của cây gỗ chịu ảnh hưởng tổng hợp của rất nhiều nhân tố khí hậu và phi khí hậu; (2) ảnh hưởng của những nhân tố khí hậu đến cây gỗ thay đổi tùy thuộc vào những hoạt động sống của cây; (3) nhân tố khí hậu này có thể ảnh hưởng tốt đến quá trình sinh lý nào đó của cây, nhưng ảnh hưởng không tốt đối với quá trình khác; (4) ảnh hưởng của nhân tố khí hậu này tùy thuộc không chỉ vào những nhân tố khí hậu khác, mà còn vào những điều kiện khác của lập địa (địa hình – đất, sinh vật...)... Tuy vậy, bằng phân tích những hàm phản hồi chúng ta có thể nhận thấy những ảnh hưởng khác nhau của những biến khí hậu đối với những biến động của bề rộng vòng năm.

Mặt khác, chúng ta cũng cần nhận thấy rằng, những nhân tố khí hậu ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây gỗ thường là ảnh hưởng tích lũy. Chúng có thể là nhân tố sinh thái giới hạn sinh trưởng của cây gỗ ở những thời kỳ này (ngày này, tháng này, năm này), nhưng không trở thành nhân tố giới hạn ở những thời kỳ khác. Một số nhân tố khí hậu ảnh hưởng xấu đến cây gỗ trong khoảng thời gian rất ngắn, nhưng cũng có những nhân tố ảnh hưởng xấu lâu dài. Biến động trong tăng trưởng của cây gỗ phản ánh ảnh hưởng tích lũy của nhiều nhân tố. Tính đa dạng của những ảnh hưởng như thế là tùy thuộc vào điều kiện sống, thời gian trong năm, quá trình sinh lý và nhiều yếu tố khác. Do đó, mô hình tăng trưởng – khí hậu thường không phản ánh ảnh hưởng riêng rẽ của từng nhân tố, mà chỉ ra ảnh hưởng tổng hợp của nhiều nhân tố. Để làm rõ ảnh hưởng riêng rẽ của mỗi nhân tố, chúng ta cần phải sử dụng thuật toán phân tích tương quan từng phần và tương quan riêng phần.

¹ Response functions

Chương 13

THỐNG KÊ BỀ RỘNG VÒNG NĂM VÀ SỐ LIỆU KHÍ HẬU

13.1. ĐỘ TIN CẬY CỦA CÁC PHÉP ĐO

Trước hết, chúng ta cần thấy rằng mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu chỉ được định lượng chính xác trên cơ sở các số đo đáng tin cậy. Vì thế, việc xem xét độ chính xác của các phép đo bề rộng vòng năm và các chỉ tiêu khí hậu là việc làm cần thiết. Dưới đây thảo luận những cách thức thu thập và xử lý các dữ liệu bề rộng vòng năm và các chỉ tiêu khí hậu.

13.1.1. Chọn số liệu ngoài thực địa thích hợp

Việc chọn lựa nơi lấy mẫu và cây mẫu là thủ tục quan trọng hàng đầu không chỉ cho vấn đề thu mẫu, mà còn cho những phân tích sau này. Vì thế, nhà nghiên cứu cần phải ghi chép cẩn thận và chính xác thời gian (ngày, tháng, năm), loài cây, vị trí, độ cao, hướng phơi, độ dốc và nhiều đặc trưng khác của đối tượng nghiên cứu. Vị trí của nơi lấy mẫu phải chỉ rõ độ vĩ, độ kinh, tên vùng, tên địa phương, loại đất, đặc trưng quần xã thực vật. Nơi lấy mẫu phải được ghi chú thật cẩn thận trên bản đồ địa hình. Ngoài ra, nhà nghiên cứu còn phải ghi nhận vị trí của trạm khí tượng thủy văn gần nhất với nơi thu mẫu. Tất cả những ghi chép này là cần thiết không chỉ cho việc xây dựng bản đồ thảm thực vật, mà còn giúp ích cho việc tìm lại vị trí nghiên cứu sau này. Nói chung, đối tượng nghiên cứu cần phải được liệt kê đầy đủ những thông tin như **Bảng 13.1**.

Bảng 13.1. Những thông tin cơ bản của đối tượng nghiên cứu

- ✧ Họ, tên và địa chỉ của những người thu mẫu
- ✧ Ngày tháng thu thập mẫu
- ✧ Nguồn gốc cây mẫu (cây đang sống hay đã chết...)
- ✧ Tên địa phương của nơi thu thập mẫu
- ✧ Vị trí địa lý: kinh độ, vĩ độ...
- ✧ Địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc...)
- ✧ Số cây lấy mẫu. Tổng số vòng năm, số vòng năm/cây
- ✧ Kiểu đo đạc (tổng bề rộng vòng năm, bề rộng gỗ sớm/muộn, mật độ gỗ)
- ✧ Đơn vị đo và độ chính xác của phép đo (cm, mm, 0,1 cm, 0,1 mm...)
- ✧ Năm bắt đầu và kết thúc tính niên đại (tuổi thọ) của cây
- ✧ Tên, kiểu và tỷ lệ bản đồ
- ✧ Những đặc tính cơ bản của đất (đá mẹ, mức độ thoát nước của đất, độ dày, mức phân tầng, độ chặt, độ xốp, thành phần cơ giới, hàm lượng mùn, pH...)
- ✧ Đặc điểm của quần xã thực vật và cây mẫu
- ✧ Kiểu rừng
- ✧ Tình trạng lâm phần và cây lấy mẫu (có bị khai thác, sâu bệnh, lửa...hay không ?)

- ✧ Tài liệu khí hậu của nơi thu thập mẫu cây (tên trạm khí tượng, vị trí địa lý, những chỉ tiêu khí hậu được thu thập...).

13.1.2. Số lần đo lặp thích hợp

Thủ tục quan trọng thứ hai là xác định dung lượng mẫu và số lần đo lặp thích hợp. Về lý thuyết, số lượng cây mẫu càng lớn và tuổi cây mẫu càng cao thì độ tin cậy của dữ liệu càng cao. Tuy vậy, trong các nghiên cứu khí hậu thực vật điều quan trọng là chọn được những cây mẫu phản ánh rõ rệt biến động của khí hậu. Để đạt được mục đích này, số lượng cây mẫu có thể chỉ là một số ít cây, thậm chí chỉ là một cây.

13.1.3. Xử lý mẫu thích hợp

Thủ tục quan trọng thứ ba là xử lý mẫu gỗ để tạo thuận lợi cho việc quan sát và đo đạc bề rộng các vòng năm. Nếu lấy mẫu bằng khoan tăng trưởng, thì các mẫu gỗ cần phải được bảo quản cẩn thận trong hộp gỗ, hộp nhựa hoặc lọ thủy tinh kín. Mục đích của việc làm này là hạn chế tính co rút và cong vênh của các mẫu gỗ sau khi thu thập. Sự biến dạng các mẫu gỗ có thể dẫn đến việc đo đạc sai bề rộng vòng năm. Cần lưu ý rằng, nhựa cây trên bề mặt gỗ có thể nhanh chóng bị ôxy hóa và làm mờ nhạt ranh giới các vòng năm. Trong trường hợp này, việc quan sát và đo đạc chính xác bề rộng các vòng năm là rất khó khăn. Ở những loài cây không có nhiều nhựa, việc quan sát và đo đạc chính xác bề rộng các vòng năm là khá đơn giản. Để quan sát vòng năm dễ dàng, chúng ta có thể xử lý bề mặt gỗ bằng cách bào nhẵn, cắt gọt bằng dao sắc hoặc đánh bóng bằng giấy nhám mịn. Nhựa cây trên bề mặt gỗ có thể được làm sạch bằng xăng hoặc ngâm trong nước sôi trong. Lưu ý rằng, các mẫu gỗ thu thập bằng khoan tăng trưởng có thể bị gãy trong lúc xử lý. Để tránh hiện tượng mẫu gỗ bị gãy, trước khi làm nhẵn bề mặt mẫu gỗ, các mẫu gỗ được kẹp chặt vào giữa hai thanh gỗ cứng.

13.1.4. Đối chiếu thời gian

Đối chiếu thời gian là thủ tục xác định thời gian hình thành các vòng năm trên thân cây gỗ. Đây là một thủ tục hết sức quan trọng, bởi vì mỗi bề rộng vòng năm phải đảm bảo được đặt vào một điều kiện khí hậu của một năm lịch nhất định. Nhưng đây là một công việc rất khó, bởi vì quy luật hình thành vòng năm của nhiều loài cây gỗ diễn ra rất phức tạp. Một số loài cây có thể hình thành một vòng năm trong một mùa sinh trưởng, nhưng cũng có loài hình thành hai vòng trong một mùa sinh trưởng. Do tác động của nhiều yếu tố khác nhau, nên một số vòng năm có thể hình thành không hoàn chỉnh. Vì thế, trước khi đối chiếu thời gian nhà nghiên cứu cần phải có những nghiên cứu đầy đủ về quy luật hình thành vòng năm. Nếu có những vòng năm bị thiếu hoặc một năm hình thành hai vòng năm, thì thủ tục đầu tiên là đo đạc tất cả các vòng năm. Kế đến, tính toán và vẽ đồ thị để tạo thuận lợi cho quá trình đối chiếu thời gian.

13.1.5. Đo đặc chi tiết các vòng năm

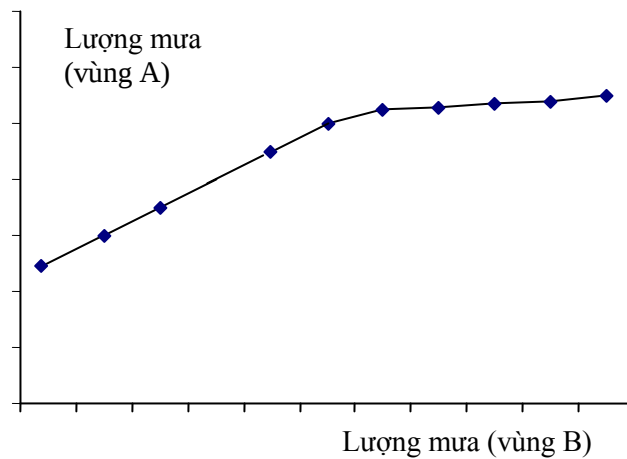
Để đo đặc chính xác các vòng năm, trước hết cần phải đo đặc tổng số bề rộng các vòng năm. Kế đến phân chia các vòng năm thành từng nhóm 3 - 5 vòng hoặc 5 - 10 vòng, rồi thực hiện đo đặc bề rộng từng nhóm vòng năm, kết quả nhận được đem đối chiếu với số liệu đo lần đầu. Nếu sai số của phép đo nằm trong giới hạn cho phép, thì bước tiếp theo là đo đặc bề rộng vòng năm của từng nhóm vòng năm. Để đảm bảo số liệu tin cậy, các vòng năm có thể được đo lặp lại hai ba lần với mỗi lần là một người khác nhau. Bề rộng vòng năm được đo bằng kính lúp có thước đo với độ chính xác đến 0,1 mm. Nếu sai số của các lần đo lớn hơn 0,1 mm, thì việc đo đặc lại là một yêu cầu bắt buộc.

13.1.6. Kiểm định tính không đồng nhất của tài liệu khí hậu

Thủ tục kiểm định tính không đồng nhất của tài liệu khí hậu cần phải được thực hiện trước khi xem xét mối quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm với biến động của các yếu tố khí hậu. Khi có dưới 5% số liệu khí tượng nằm trong vùng nghiên cứu bị thất lạc hoặc không đo được, thì những số liệu này có thể được thay thế bằng số liệu của các trạm khí tượng gần nhất. Để đảm bảo độ chính xác của tài liệu lượng mưa, các ước lượng cần được tính từ hai trạm nằm cách vùng nghiên cứu khoảng 160 km. Số liệu về nhiệt độ của những tháng bị thất lạc có thể được ước lượng từ số liệu của những tháng khác bằng phương pháp hồi quy tuyến tính. Số liệu khí tượng thất lạc của một tháng hay một số năm nào đó cũng có thể được ước lượng từ những số liệu khí tượng của các năm khác.

Tất cả các tài liệu khí tượng cần phải được kiểm định tính không thuần nhất. Bởi vì, khi các khuynh hướng dị biệt hoặc những thay đổi bất thường xuất hiện do dụng cụ đo kém chính xác hoặc do ảnh hưởng của các yếu tố phi khí hậu, thì chúng có thể làm sai lệch mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu. Theo Kohler (1949), để kiểm định sự thuần nhất của các số đo lượng mưa, trước hết số liệu lượng mưa hàng tháng từ mỗi trạm khí tượng gần nhau được tập hợp để tính lượng mưa theo mùa. Các số liệu này được sử dụng để so sánh. Thủ tục so sánh được thực hiện bằng cách tổng hợp số liệu lượng mưa theo mùa, bắt đầu với năm gần nhất, để thu được lượng mưa tích lũy hàng năm. Số liệu về lượng mưa của các trạm được vẽ thành đồ thị (Hình 13.1); trong đó trục hoành là năm, còn trục tung là lượng mưa. Nếu đồ thị biểu diễn lượng mưa của các trạm biến đổi theo một đường thẳng, thì số liệu của các trạm này được đánh giá (dự đoán) là tương đối đồng nhất. Nếu có sự thay đổi về độ dốc của đường thẳng, thì chỉ có dữ liệu của một trong số hai trạm khí tượng là thuần nhất. Nếu số liệu của cả hai trạm bị ảnh hưởng bởi những yếu tố biến đổi theo thời gian, thì một số thay đổi về độ dốc của đường cong sẽ xuất hiện.

Kiểm định sự thuần nhất về nhiệt độ và những yếu tố khác cũng được làm theo cách tương tự như lượng mưa, trong đó trục hoành là năm. Khi các yếu tố khí hậu (nhiệt độ, lượng mưa, số giờ nắng, độ ẩm không khí...) của các trạm có sự biến động không lớn, thì chúng ta có thể sử dụng trị trung bình làm kết quả đo.



Hình 13.1. Kiểm định thuận nhất lượng mưa của hai trạm khí tượng - thủy văn

13.2. NHỮNG ĐẶC TRƯNG THỐNG KÊ CƠ BẢN

Bề rộng vòng năm chịu ảnh hưởng bởi sự biến động của rất nhiều yếu tố khác nhau theo thời gian. Nguyên nhân gây ra sự biến động của một chuỗi số theo thời gian được gọi là quá trình phát sinh. Những biến động của một đại lượng như là một chuỗi số sắp xếp theo thời gian được gọi là chuỗi thời gian. Vì chuỗi vòng năm trên thân cây gỗ có những biến động theo thời gian, nên người ta gọi nó là chuỗi niên đại vòng năm. Trong phần này, chúng ta xem xét một số phương pháp biểu thị một chuỗi số biến đổi theo thời gian.

Những đặc trưng cơ bản của chuỗi vòng năm có thể được mô tả bằng những tham số thống kê sau đây:

+ **Trị trung bình** (m_x)

$$m_x = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t \quad (13.1)$$

trong đó X_t là trật tự bề rộng vòng năm sắp xếp theo thời gian từ 1 đến n năm.

+ **Phương sai** (S_x^2). Trị số này đo đặc mức độ phân tán của các bề rộng vòng năm (X_t) xung quanh trị trung bình (m_x):

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (X_t - m_x)^2 \quad (13.2)$$

+ **Sai tiêu chuẩn** (S_x)

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad (13.3)$$

+ **Hệ số biến động (V%)**

$$V = \frac{S_x}{m_x} * 100 \quad (13.4)$$

+ **Sai số chuẩn của số trung bình (SE_m)**

$$SE_m = \sqrt{\frac{S_x^2}{n}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (13.5)$$

+ **Hệ số chính xác (P%)**

$$P\% = \frac{V\%}{\sqrt{n}} = \frac{SE_m}{m_x} * 100 \quad (13.6)$$

+ **Hệ số tương đồng giữa hai dãy số (F)**

$$F = \frac{n^{-/+}}{n} * 100 \quad (13.7)$$

Trong đó: n là tổng số cặp vòng năm nghiên cứu; n^{-/+} là số cặp vòng năm cùng tăng hoặc cùng giảm. Khi F > 50%, hai chuỗi vòng năm (hoặc giữa chuỗi vòng năm với yếu tố môi trường) biến đổi tương đồng với nhau hay có quan hệ chặt chẽ với nhau. Ngược lại, nếu F < 50% thì hai chuỗi vòng năm biến đổi không tương đồng với nhau hay không có quan hệ rõ rệt.

+ **Hệ số tương quan (r_{xy})**

$$r_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (X_t - m_x)(Y_t - m_y)}{(n-1)s_x s_y} \quad (13.8)$$

Trong đó: m_x, m_y, s_x, s_y tương ứng là trị trung bình và sai tiêu chuẩn của biến X và Y; t là thời gian. Trị số r_{xy} lấy giá trị từ -1 đến +1. Khi r_{xy} = 0 thì hai đại lượng X và Y độc lập với nhau hay không có quan hệ với nhau. Khi r_{xy} < 0 thì X và Y nghịch biến. Ngược lại, khi r_{xy} > 0 thì X và Y đồng biến.

Lưu ý rằng, trong khí hậu thực vật hệ số tương quan đo đặc không chỉ mối quan hệ giữa hai chuỗi thời gian khác nhau, mà còn đo mối quan hệ giữa hai đối tượng trượt dần (nhảy dần) theo thời gian. Ví dụ, bề rộng vòng năm của năm hiện tại t có thể có quan hệ với bề rộng vòng năm của năm trước (năm t – 1) hoặc năm sau đó (năm t + 1) hoặc tương quan với bề rộng vòng năm với bước nhảy lớn hơn 1. Để thu được hệ số tương quan r_{xy} được tính cho đối tượng Y_t và Y_{t+1} (ở đây Y là bề rộng vòng năm), chúng ta gọi L là bước nhảy thời gian của vòng năm thứ hai sau vòng năm thứ nhất và n là độ dài của bước nhảy L. Trong trường hợp này, kết quả thống kê được gọi là hệ số tự tương quan. Khi L = 1 năm, r_{xy} được gọi là

hệ số tự tương quan trật tự thứ nhất. Khi $L = 2$ năm, r_{xy} được gọi là hệ số tự tương quan trật tự thứ hai. Khi $L = m$ năm, r_{xy} được gọi là hệ số tự tương quan trật tự thứ m . Nếu hai chuỗi thời gian biến động ngẫu nhiên, thì hệ số tự tương quan sẽ nhận giá trị rất nhỏ và dao động xung quanh trị trung bình bằng zero.

+ **Tính nhạy cảm trung bình (ms_x)**

Tính nhạy cảm trung bình (ms_x) đo đặc sự khác biệt tương đối trong bề rộng vòng năm từ năm này đến năm khác. Douglass (1936) gọi tính nhạy cảm trung bình là biến động trung bình (tính theo %) từ vòng năm này đến vòng năm khác. Tính nhạy cảm trung bình được tính theo công thức:

$$ms_x = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(X_{t+1}-X_t)}{X_{t+1}+X_t} \right| \quad (13.9)$$

Trong đó: X_t là bề rộng vòng năm của năm t , X_{t+1} là bề rộng vòng năm của năm $t+1$, n là số vòng năm nghiên cứu, dấu gạch đứng biểu thị giá trị tuyệt đối. Giá trị của tính nhạy cảm trung bình thay đổi từ 0 đến 2. Giá trị zero cho biết không có sự khác biệt tương đối trong bề rộng vòng năm từ năm này đến năm khác. Giá trị 2 cho biết giá trị zero xuất hiện bên cạnh giá trị khác zero trong chuỗi thời gian.

Cần nhận thấy rằng, kích thước của bề rộng vòng năm này có thể phụ thuộc vào kích thước của bề rộng vòng năm khác. Điều đó xảy ra là do tính kiên trì, do khuynh hướng, do tính chu kỳ hoặc do những thành phần không ngẫu nhiên khác được hình thành bởi biến động của khí hậu và các quá trình diễn ra trong cây gỗ. Vì thế, các nhà khí hậu thực vật sử dụng những thông tin từ vòng năm không chỉ để khôi phục lại điều kiện khí hậu, mà còn giải thích bản chất các quá trình sống của cây gỗ. Nếu các giá trị của chuỗi thời gian (vòng năm) thay đổi theo một trật tự rõ ràng hoặc có tương quan chặt chẽ với nhau, thì kích thước mẫu nghiên cứu sẽ giảm. Vì thế, trong khi nghiên cứu quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm với biến động của các yếu tố môi trường, nhà nghiên cứu cần phải chú ý đến hiện tượng tự tương quan.

Hiện tượng tự hồi quy là một kiểu không ngẫu nhiên. Thuật ngữ hồi quy được dùng trong trường hợp giá trị của đại lượng này bị ảnh hưởng (hoặc được xác định) bởi điều kiện của giá trị khác. Tiếp đầu ngữ “tự” được sử dụng khi mỗi liên hệ bao gồm những giá trị được sắp xếp theo trật tự nhất định trong một chuỗi thời gian.

Tương quan biểu thị mối quan hệ của hai biến số mà không ngụ ý đến phương hướng của sự phụ thuộc. Tuy vậy, các hệ số tự tương quan được tính cho một số bước nhảy khác nhau có thể được sử dụng để ước lượng bản chất của mối liên hệ tự hồi quy. Kiểu đơn giản nhất của sự phụ thuộc là tự hồi quy trật tự thứ nhất. Nó mô tả mối liên hệ của mỗi giá trị trong chuỗi thời gian với giá trị đứng trước nó. Trong trường hợp này, tương quan trật tự thứ nhất ($L = 1$) là cần thiết để ước lượng mức độ của mối quan hệ.

Cần lưu ý rằng, tự tương quan đối với những bước nhảy cao hơn ($L > 1$) sẽ giảm dần theo dạng:

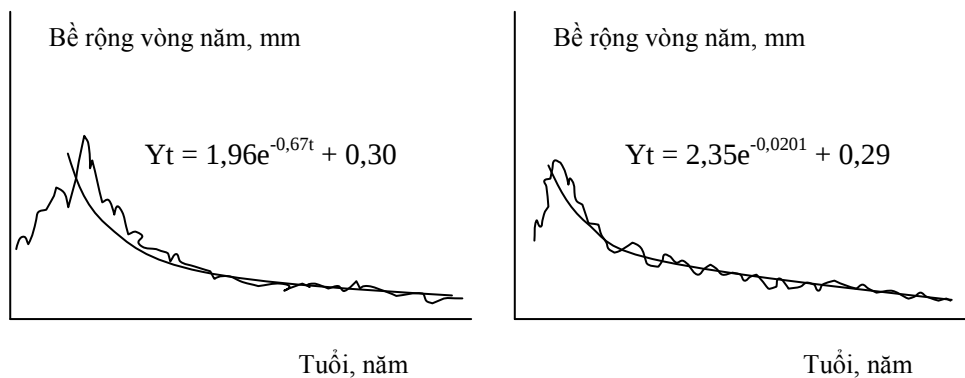
$$r_L = r_1^L \quad (13.10)$$

Trong đó r_L là tương quan giữa các thành phần của chuỗi thời gian với bước nhảy L , còn r_1 là tự tương quan trật tự thứ nhất, chữ L viết bên trên là số mũ mà r_1 phải nâng lên trong khi tính toán. Ví dụ, nếu $r_1 = 0,5$ thì tương quan với bước nhảy 2 hay trật tự thứ 2 là $(0,5)^2 = 0,25$; tương quan trật tự thứ ba là $(0,5)^3 = 0,125$. Về lý thuyết, giá trị của tự tương quan trật tự cao luôn tồn tại, mặc dù nó tiến dần đến zero.

Chu kỳ tăng trưởng, những biến động lâu dài trong bề rộng vòng năm (có thể kéo dài một số năm) và những khuynh hướng trong dãy số liệu (có ảnh hưởng đến tự tương quan) có thể tồn tại hoặc không tồn tại tùy theo bước nhảy và bản chất của mối quan hệ. Trong trường hợp những biến đổi có tính chu kỳ, các hệ số tự tương quan sẽ tồn tại từ bước nhảy 1 đến bước nhảy xấp xỉ bằng 1/4 độ dài của chu kỳ. Khi bước nhảy bằng 1/2 độ dài của chu kỳ, thì các hệ số tự tương quan không tồn tại. Khi khuynh hướng và tính kiên trì rất dài, thì chỉ có tự tương quan trật tự thứ nhất tồn tại. Nói chung, chúng ta thường bắt gặp sự phối hợp của nhiều kiểu không ngẫu nhiên trong chuỗi bề rộng vòng năm.

Các hệ số tự tương quan được tính toán cho một số bước nhảy (pha) có thể được vẽ thành đồ thị để nhận biết bản chất tính không ngẫu nhiên trong chuỗi vòng năm. Tuy vậy, khi các bước nhảy lớn dần, thì độ tin tưởng của ước lượng tự tương quan cũng giảm dần. Nguyên nhân xảy ra tình trạng đó là vì dung lượng mẫu giảm dần theo bước nhảy tăng dần. Nhưng điều đó không tạo ra khó khăn nào cho phân tích nếu số bước nhảy không vượt quá 20% dung lượng mẫu (Jenkins và Watts, 1968). Như vậy, nếu chuỗi thời gian có 100 phần tử, thì chúng ta chỉ tính toán tự tương quan cho những bước nhảy từ 1 đến 20.

Những kiểu biến động không ngẫu nhiên là kết quả của các chu kỳ với độ dài khác nhau (dưới 8 năm đến trên 8 năm và lớn hơn). Thông thường người ta gọi những kiểu biến động không ngẫu nhiên trong bề rộng vòng năm kéo dài với tần số lớn hơn 8 năm là biến động với tần số thấp hay với tần số dài. Những biến động của vòng năm với tần số dài có liên quan đến sự thay đổi trong cấu trúc thân cây và môi trường, đặc biệt là khí hậu. Khi độ dài biến động lớn hơn độ dài của chuỗi vòng năm, thì người ta gọi biến động ấy là khuynh hướng. Khuynh hướng xuất hiện là do kết quả thay đổi của điều kiện sinh trưởng (khí hậu, đất...) theo thời gian. Những kiểu biến động không ngẫu nhiên trong bề rộng vòng năm kéo dài với tần số nhỏ hơn 8 năm được gọi là biến động với tần số cao hay với tần số ngắn. Những kiểu biến động với tần số cao có thể là do bề rộng vòng năm thay đổi từ năm này đến năm khác hoặc do biến động trong chu kỳ sai quả và biến động khí hậu. Khi tuổi cây tăng lên, thì những biến động không ngẫu nhiên, tính chu kỳ và khuynh hướng trong bề rộng vòng năm sẽ giảm (Hình 13.2).



Hình 13.2. Các kiểu chuỗi vòng năm của cây gỗ (Nguồn: Fritts H. C, 1971).

13.3. KỸ THUẬT CHUẨN HÓA

Trong một loài cây, bề rộng vòng năm trung bình, sai tiêu chuẩn và giá trị tự tương quan có thể thay đổi tùy theo điều kiện sống của cây. Khi vòng năm có biến động lớn và xu hướng biến đổi thể hiện rõ ràng do ảnh hưởng quá lớn của các yếu tố ngẫu nhiên, thì các số liệu cần phải được biến đổi theo một thủ tục đặc biệt. Thủ tục ấy được gọi là **chuẩn hóa**. Thủ tục chuẩn hóa hình thành một chuỗi thời gian với khuynh hướng bị loại bỏ, còn trị trung bình và biến động trở nên thuần nhất hơn (Matalas, 1962). Ở **Bảng 13.2** dẫn các đặc trưng thống kê của ba chuỗi vòng năm. Ở chuỗi A, bề rộng vòng năm trung bình là 0,53 mm; sai tiêu chuẩn là 0,42 mm; tự tương quan thứ nhất là 0,75; tính nhạy cảm trung bình là 0,61. Tính nhạy cảm lấy giá trị cao chỉ cho biết sự có mặt của những biến động với tần số cao. Như đã thấy ở **hình 13.2**, khi tuổi cây tăng lên thì khuynh hướng tăng trưởng giảm dần.

Phân tích số liệu của **Bảng 13.2** cho thấy, bề rộng vòng năm lớn nhất ở chuỗi B, thấp nhất ở chuỗi A. Tự tương quan trật tự thứ nhất của vòng năm có giá trị rất cao ở cả ba chuỗi. Điều đó chứng tỏ sự có mặt của khuynh hướng trong các dãy vòng năm. Khi tính hệ số tự tương quan với bước nhảy từ 0 - 20 năm cho cả ba chuỗi vòng năm thấy rằng, với bước nhảy zero, mỗi chuỗi tự tương quan với chính nó, do đó hệ số tự tương quan lấy giá trị 1. Khi bước nhảy tăng dần lên thì hệ số tự tương quan giảm dần. Mức độ giảm của hệ số tự tương quan cho biết độ dài của khuynh hướng lớn hay nhỏ.

Khuynh hướng biến đổi của bề rộng vòng năm ở **hình 13.2** có thể được mô tả bằng hàm số mũ theo dạng:

$$Y_t = ae^{-bt} + k; \quad (13.11)$$

trong đó a, b và k là các hệ số, e là cơ số logarit tự nhiên, Y_t là tăng trưởng vòng năm kỳ vọng ở năm t. Các giá trị a, b và k thay đổi tùy thuộc vào đặc điểm (độ dốc) của từng chuỗi vòng năm. Giá trị t thay đổi từ 1 đến n năm.

Bảng 13.2. Các đặc trưng thống kê của ba chuỗi bề rộng và chỉ số vòng năm
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Thống kê	Chuỗi vòng năm		
	A	B	C
- Bề rộng vòng năm trung bình, mm	0,53	0,80	0,73
- Chỉ số trung bình	1,00	1,00	1,00
- Sai tiêu chuẩn bề rộng vòng năm, mm	0,42	0,60	0,60
- Sai tiêu chuẩn chỉ số vòng năm	0,54	0,45	0,55
- Tự tương quan trật tự thứ nhất của vòng năm	0,75	0,81	0,78
- Tự tương quan trật tự thứ nhất của chỉ số	0,10	0,31	0,60
- Tính nhạy cảm của bề rộng vòng năm	0,61	0,43	0,39
- Tính nhạy cảm của chỉ số	0,61	0,41	0,39

Tùy theo loài cây, bề rộng vòng năm thường lấy trị số lớn ở những tuổi khác nhau, thông thường là ở giai đoạn rừng mới khép tán. Ở giai đoạn tuổi non, hình dạng đường cong tăng trưởng có dạng hàm bậc cao. Ở tuổi cao hơn, hình dạng đường cong tăng trưởng có dạng hàm bậc nhất. Nếu xem xét toàn bộ đời sống của cây, thì hình dạng đường cong tăng trưởng có dạng hàm số mũ. Nhiều nghiên cứu cho thấy, bề rộng vòng năm ở tuổi non cho biết rất ít thông tin về mối quan hệ của chúng với khí hậu. Do đó, nếu nghiên cứu quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động khí hậu, thì các vòng năm ở tuổi cao hơn sẽ cho nhiều thông tin hơn.

Để mô tả khuynh hướng tăng trưởng của cây gỗ, người ta đã sử dụng nhiều dạng đường cong khác nhau như hàm parabol, hyperbol, logarit, hàm đa hợp (Compound) và trung bình di động hay trung bình trượt. Nguyên nhân là vì những hàm số này có thể phù hợp với nhiều trường hợp khác nhau. Tùy theo lĩnh vực lý thuyết, người ta chọn các dạng hàm khác nhau. Với mục đích nghiên cứu khí hậu thực vật, người ta thường sử dụng các hàm đa hợp, trung bình di động và hàm số mũ.

Nhiều nghiên cứu cho thấy, các hàm số mũ, hàm bậc nhất với độ dốc âm và hàm đa hợp mô tả không hoàn toàn chính xác một số khuynh hướng và phạm vi biến động rộng của bề rộng vòng năm. Với mục đích loại bỏ biến động của khí hậu xảy ra 22 năm và lớn hơn, Bisvinskis (1974) đã sử dụng các dạng đường cong để mô tả khuynh hướng biến động của chỉ số vòng năm được tính theo phương pháp trung bình trượt (di động) 22 năm. Theo Fritts (1972), vì thời gian là thông tin quan trọng trong phân tích khí hậu, nên các chỉ số được tính theo phương pháp trung bình di động 22 năm là kém phù hợp cho những phân tích khí hậu thực vật.

Sau khi tìm được hàm số phù hợp với khuynh hướng biến đổi của đường cong tăng trưởng, kế đến tính các trị số bề rộng vòng năm kỳ vọng cho từng năm (Y_t). Sau đó các bề rộng vòng năm được biến đổi thành chỉ số (I_t) bằng cách chia bề rộng vòng năm thực tế của năm t (W_t) cho bề rộng vòng năm kỳ vọng ứng với năm t (Y_t):

$$I_t = \frac{W_t}{Y_t} \quad (13.12)$$

Các chỉ số tăng trưởng được tính theo cách như trên sẽ loại bỏ được khuynh hướng biến đổi của bề rộng vòng năm theo tuổi cây. Các chỉ số tăng trưởng có thể được vẽ thành đồ thị; trong đó trục tung đặt chỉ số, còn trục hoành là tuổi cây. Từ đây về sau, các chỉ số tăng trưởng được gọi là *các chỉ số bề rộng vòng năm* hay *Bảng niên đại bề rộng vòng năm chuẩn hóa*. Cần lưu ý rằng, chỉ số bề rộng vòng năm trung bình bằng 1,0; sai tiêu chuẩn và biến động của chỉ số vòng năm thường nhỏ hơn các trị số tương ứng của bề rộng vòng năm; hiện tượng tự tương quan giảm hoặc bị loại bỏ; tính nhạy cảm của chuỗi bề rộng vòng năm và chỉ số vòng năm hầu như giống nhau.

Theo Douglass (1936), chuẩn hóa là phương pháp san phẳng hoặc làm giảm bớt sự khác biệt về bề rộng vòng năm ở tuổi khác nhau trên cùng một cây và ở những cây có tuổi khác nhau. Bằng cách đó, những chỉ số vòng năm của những cây có tuổi khác nhau hoặc loài cây khác nhau có thể ghép lại thành *Bảng niên đại trung bình*. Lưu ý rằng, mặc dù cây mọc nhanh hay mọc chậm, cây sinh trưởng trong điều kiện khí hậu khác nhau, nhưng trị trung bình của tất cả các chỉ số trong các chuỗi vòng năm đều lấy giá trị bằng 1,0. Chuẩn hóa trước khi tính trung bình làm cho biến động của các dãy vòng năm trở nên giống nhau. Khi các chuỗi vòng năm được lấy trung bình, thì mỗi chuỗi vòng năm sẽ nhận được một trọng số giống nhau.

Nếu điều kiện khí hậu thay đổi chậm chạp theo một chu kỳ dài, thì chúng ta không thể phân biệt được rõ rệt ảnh hưởng lâu dài của sự thay đổi khí hậu với ảnh hưởng của tuổi cây. Tùy theo thủ tục làm phù hợp đường cong tăng trưởng, chuẩn hóa sẽ loại bỏ một cách không cố ý những biến đổi lâu dài của tăng trưởng do khí hậu biến động với tần số thấp.

13.4. KỸ THUẬT LỌC

Một phương pháp nghiên cứu biến động của bề rộng vòng năm với tần số nhất định là loại bỏ những biến động gây nhiễu (do nhiều nguyên nhân khác nhau) bằng cách sử dụng trị trung bình của bộ lọc số hoặc trung bình di động. Trung bình di động là trung bình số học của một nhóm bề rộng vòng năm thay đổi kế tiếp nhau theo thời gian. Trung bình di động của một chuỗi thời gian được đưa ra nhằm loại bỏ hoặc hạn chế những ảnh hưởng của các yếu tố ngẫu nhiên, đồng thời làm cho dãy số liệu trở nên “phẳng hơn”. Bằng cách đó, nó cho phép thể hiện rõ ràng xu hướng biến đổi của chuỗi thời gian. Trung bình di động thứ nhất được tính từ một nhóm k số (sự kiện) đầu tiên của chuỗi số liệu. Sau đó, như theo tên gọi “di động hay trượt”, số trung bình thứ hai được tính bằng cách lần lượt loại trừ dần các trị số đầu, đồng thời đưa dần các trị số (sự kiện) kế tiếp vào chuỗi tính toán sao cho tổng số các sự kiện tham gia tính toán số trung bình luôn luôn không đổi.

Một cách tổng quát, giả sử có n sự kiện của một chuỗi thời gian, tương ứng ký hiệu là $X_1, X_2, \dots, X_n$. Nếu gọi $X_t^{(*)}$ là số trung bình di động tương ứng với thời gian t được tính từ một nhóm $k = 2m + 1$ sự kiện ($m = 1, 2, 3, \dots$ = bước nhảy), thì $X_t^{(*)}$ được tính theo công thức:

$$X_t^{(*)} = \frac{X_{t-m} + X_{t-m+1} + \dots + X_t + \dots + X_{t+m-1} + X_{t+m}}{2m+1} = \frac{1}{2m+1} \sum_{i=-m}^{+m} X_{t+i} \quad (13.13)$$

Trong công thức 13.13, X_t được gọi là số trung tâm, còn X_{t-1} , X_{t-2} ... và X_{t+1} , X_{t+2} ... được gọi là các số ở hai biên trái và biên phải so với số trung tâm. Khi tính trung bình di động ba năm, thì m bằng 1. Số trung bình di động thứ nhất là trung bình của ba trị số X_1 , X_2 và X_3 ; số trung bình di động thứ hai là trung bình của ba trị số X_2 , X_3 và X_4 ; số trung bình di động thứ ba là trung bình của ba trị số X_3 , X_4 và X_5 ... Cần lưu ý rằng dãy số trung bình di động luôn ít hơn dãy số liệu gốc $2m$ số hạng (m số hạng đầu và m số hạng cuối). Ví dụ, một dãy số thời gian bao gồm 10 số hạng xếp theo thứ tự từ X_1 , X_2 , ..., X_{10} , thì dãy số trung bình di động 3 năm ($m = 1$) chỉ có 8 số hạng xếp theo thứ tự từ $X_2^{(*)}$, $X_3^{(*)}$, ..., $X_9^{(*)}$.

Trong các nghiên cứu niên đại thực vật, trung bình di động 3 năm và 5 năm được sử dụng phổ biến để san phẳng những biến động của vòng năm xuất hiện với thời kỳ lớn hơn ba năm. Trung bình di động 3 năm và 5 năm có tác dụng làm rõ những biến động với tần số cao và cho qua những biến động với tần số thấp.

Từ công thức 13.13 cho thấy, trung bình di động sử dụng trọng số giống nhau ($k = 2m + 1$) cho tất cả các vòng năm được tính trung bình. Điều đó có thể tạo ra những điểm lỗi và lỗi không tương đồng giữa chuỗi số liệu vòng năm gốc và chuỗi số liệu vòng năm được tính theo trung bình di động. Để khắc phục hiện tượng ấy, số trung bình di động có thể được lấy trọng số khác nhau; trong đó trọng số của giá trị trung tâm lớn gấp hai lần trọng số của các giá trị ở hai biên. Trung bình di động được tính theo trọng số khác nhau như thế sẽ đặt các đỉnh lỗi và lỗi của chuỗi vòng năm sau khi biến đổi vào các vị trí giống với chuỗi số liệu gốc. Khi tính trung bình di động ba năm, trọng số của số trung tâm có thể lấy giá trị bằng 0,5, còn trọng số của các số ở hai biên trái và biên phải so với số trung tâm sẽ lấy giá trị bằng 0,25. Đối với các số trung bình di động 13 năm, trọng số của các giá trị trung tâm và các giá trị biên trái và biên phải được **dẫn ra ở Bảng 13.3**. Nói chung, số năm tính trung bình và giá trị trọng số có thể thay đổi tùy theo tần số biến động của các yếu tố ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ.

Trọng số sử dụng để tính trung bình di động được gọi là bộ lọc. Trung bình di động 3 năm được sử dụng để xác định những biến động với tần số cao (bước sóng ngắn) và cho qua những biến động với tần số thấp (bước sóng dài). Khi kết quả trung bình chỉ giữ lại những biến động tần số thấp và cho qua (hay san phẳng) những biến động tần số cao (bước sóng ngắn hơn 8 năm), thì trọng số được gọi là bộ lọc cao. Khi kết quả trung bình chỉ giữ lại những biến động tần số cao và cho qua những biến động tần số thấp (bước sóng dài hơn 8 năm), thì trọng số được gọi là bộ lọc thấp. Người ta đã thiết kế những bộ lọc khác nhau để lọc những biến động xảy ra với chu kỳ 11 năm và 22 năm; chẳng hạn như chu kỳ hoạt động của mặt trời.

Bảng 13.3 ghi lại trọng số của hai bộ lọc cao và bộ lọc thấp. Những bộ lọc này được sử dụng để phân tích vòng năm. Đây là những bộ lọc có quan hệ với nhau. Bộ lọc cao làm thay đổi hoặc cho qua những tần số cao (giống với sóng ngắn) và giữ lại những biến động với tần số lớn hơn 8 năm. Ngược lại, bộ lọc

thấp làm thay đổi hoặc cho qua những tần số thấp (giống với sóng dài) và giữ lại những biến động với tần số nhỏ hơn 8 năm. Vì chúng có quan hệ với nhau, nên các bộ lọc có thể được áp dụng cho cả bề rộng vòng năm lẫn các chuỗi chỉ số vòng năm để tách biệt các biến động thành các thành phần tần số cao và tần số thấp. Cần nhận thấy rằng, không có bộ lọc nào hoàn chỉnh để diễn tả những biến động với tần số gần bằng 8 năm.

Giá trị lọc bình quân của năm t (X_{tbq}) bằng tổng của tích số giữa trọng số (W_i) của bộ lọc với các giá trị của bề rộng vòng năm ở năm $t + i$ (X_{t+i}), nghĩa là

$$X_{bqt} = \sum_{i=-n}^{i=+n} W_i X_{t+i} \quad (13.14)$$

Trong **công thức 13.14**, i lấy giá trị từ $(-n)$ đến $(+n)$; trong đó $(-n)$ và $(+n)$ tương ứng là giá trị ở biên trái và biên phải của vòng năm trung tâm. Khi sử dụng số trung bình di động 3 năm, thì $n = 1$, còn i thay đổi từ -1 đến $+1$. Trong trường hợp trung bình di động 3 năm, trị số lọc của năm t bằng bề rộng vòng năm của năm t (giá trị trung tâm) nhân với trọng số (có trị số bằng 0,5), kết quả cộng với tổng của tích số giữa trọng số (bằng 0,25) với hai trị số bề rộng vòng năm ở hai biên của trị trung tâm. Ví dụ, ở **Bảng 13.4** ghi lại một chuỗi vòng năm được tính trung bình di động ba năm. Từ số liệu ở **Bảng 13.4** cho thấy, trị số lọc của năm 1968 là $0,59 = 0,5 \cdot 0,60 + (0,25 \cdot 0,60 + 0,25 \cdot 0,55)$. Tương tự như thế, trị số lọc của năm 1969 là $0,59 = 0,5 \cdot 0,55 + (0,25 \cdot 0,60 + 0,25 \cdot 0,65)$. Những năm tiếp theo cũng được tính toán tương tự như trên.

Bảng 13.3. Trọng số của hai bộ lọc có tần số cao và tần số thấp

Thứ tự	Số trọng số ^[a]	Giá trị trọng số	
		Bộ lọc cao ^[b]	Bộ lọc thấp ^[c]
1	+6	-0,0003	0,0003
2	+5	-0,0030	0,0030
3	+4	-0,0161	0,0161
4	+3	-0,0537	0,0537
5	+2	-0,1208	0,1208
6	+1	-0,1933	0,1933
7	0 ^[d]	0,7744	0,2256
8	-1	-0,1933	0,1933
9	-2	-0,1208	0,1208
10	-3	-0,0537	0,0537
11	-4	-0,0161	0,0161
12	-5	-0,0030	0,0030
13	-6	-0,0003	0,0003

[a]. Thứ tự trọng số so với giá trị trung tâm của dãy số liệu;

[b]. Bộ lọc cao cho qua biến động với độ dài bước sóng < 8 năm;

[c]. Bộ lọc thấp cho qua biến động với độ dài bước sóng > 8 năm;

[d]. Trọng số trung tâm

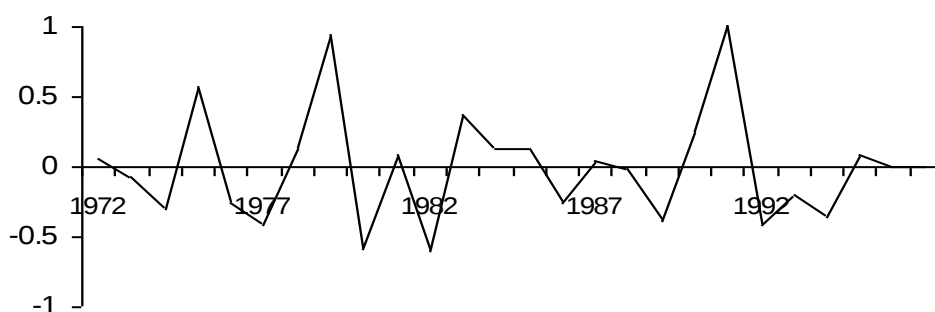
Bảng 13.4. Chuỗi vòng năm và số trung bình di động 3 năm

Năm	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
X_t , cm	0,60	0,60	0,55	0,65	0,85	0,55	0,95	0,55	0,70	0,30	1,20
X_t^* , cm	-	0,59	0,59	0,68	0,73	0,73	0,75	0,69	0,56	0,63	-

Bảng 13.5. Những chỉ số tăng trưởng được xử lý theo bộ lọc cao

Năm	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Y_t	1,00	0,80	1,10	1,00	1,60	1,50	1,50
Y_t^*							0,05
Năm	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979...
Y_t	1,40	1,20	2,10	1,30	1,20	1,80	2,60...
Y_t^*	-0,07	-0,30	0,58	-0,26	-0,41	0,14	0,94...

Khi sử dụng trọng số của hai bộ lọc với tần số cao và tần số thấp ở **Bảng 13.3**, thì $n = 6$, và thứ tự trọng số thay đổi từ -6 đến -1 và +1 đến +6. Trị số lọc thứ nhất bằng trọng số theo thứ tự từ -6 đến -1 và +1 đến +6 nhân với 6 giá trị ở mỗi biên của số trung tâm và cộng với tích của trọng số trung tâm và trị số bề rộng vòng năm ở trung tâm. Giá trị lọc tiếp theo nhận được bằng cách thay đổi trọng số và trị số trung tâm. Ví dụ tính toán được dẫn ra ở **Bảng 13.5** và **hình 13.3**.



Hình 13.3. Đồ thị biểu diễn chỉ số tăng trưởng được xử lý với bộ lọc cao

Lưu ý rằng, tổng trọng số của 13 bộ lọc thấp bằng 1. Sử dụng bộ lọc với trọng số như trên nhằm đảm bảo rằng, những số liệu lọc với tần số thấp luôn có số trung bình và biến động tần số thấp giống như số liệu gốc. Ngược lại, tổng trọng số ở bộ lọc cao bằng 0. Điều đó đảm bảo cho các số liệu lọc với tần số cao luôn có số trung bình bằng zero. Ở bộ lọc thấp, các giá trị của trọng số được chọn sao cho những biến động tần số cao trong một bộ lọc cũng giống với thành phần tần số cao của số liệu gốc.

Bảng 13.6. Biến động và tương quan của ba chuỗi niên đại trước và sau khi lọc
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

	Chuỗi chỉ số vòng năm		
	A	B	C
Số liệu chưa qua lọc			
- Biến động	0,289	0,202	0,299
- Tương quan với A	-	0,486	0,485
- Tương quan với B	-	-	0,379
Bộ lọc cao			
- Biến động	0,190	0,097	0,092
- % so với biến động chưa lọc	66%	48%	31%
- Tương quan với A	-	0,695	0,403
- Tương quan với B	-	-	0,619
Bộ lọc thấp			
a. Biến động	0,067	0,083	0,176
b. % so với biến động chưa lọc	23%	41%	59%
c. Tương quan với A	-	0,198	0,605
d. Tương quan với B	-	-	0,252

Phân tích tập hợp số liệu đã được lọc (Bảng 13.6) cho thấy, quan hệ giữa ba Bảng niên đại thay đổi tùy thuộc vào tần số biến động. Phần lọc cao của Bảng niên đại B có quan hệ chặt chẽ với Bảng niên đại A và C (0,695 và 0,619), nhưng thành phần lọc thấp của Bảng niên đại B lại có quan hệ yếu với hai thành phần A (0,198) và C (0,252). Khi sử dụng bộ lọc thấp, giữa các Bảng niên đại A và C có quan hệ chặt chẽ với nhau (0,605), mặc dù biến động ở bộ lọc thấp khác nhau rõ rệt (0,176 và 0,067). Kết quả này chứng tỏ rằng, phương pháp làm phát sinh hai ưu thế tần số có thể phân loại được ba tập hợp số liệu.

Từ những ví dụ dẫn ra trên đây chứng tỏ rằng, hai bộ lọc có quan hệ với nhau có thể được sử dụng để tách biệt và nghiên cứu biến động ở tần số khác nhau theo thời gian. Nơi nào có mối quan hệ yếu với tần số thấp hơn tần số cao, thì chúng ta có thể phỏng đoán rằng hoặc do quá trình phát sinh rừng khác nhau hoặc do lịch sử của rừng khác nhau về nguồn gốc và lập địa. Sự khác biệt ở tần số cao có thể giải thích là do kết quả biến động của đại khí hậu hoặc do các yếu tố phi khí hậu tạo ra những biến động trong thời gian ngắn (tần số cao).

Julian và Fritts (1968) cũng đã sử dụng những bộ lọc cao và bộ lọc thấp để nghiên cứu những đặc điểm niên đại của 3 loài cây thuộc 11 quần thụ ở những nơi có địa hình giống nhau thuộc vùng Denver (Colorado). Những quần thụ này nằm ở những vị trí cách nhau từ 1 - 150 km. Khi xử lý số liệu, họ đã xác định quan hệ giữa 11 niên đại từ năm 1860 - 1964. Sau khi xử lý với bộ lọc cao, họ lại tính quan hệ giữa các tập hợp chỉ số (quần thụ) đã được lọc. Kết quả cho thấy mức độ quan hệ giữa các quần thụ giảm dần theo khoảng cách. Julian và Fritts (1968) cũng đã lọc số liệu của ba trạm khí tượng gần nhau và nghiên cứu quan hệ giữa lượng mưa với biến động chỉ số bề rộng vòng năm. Kết quả phân tích cho thấy,

nếu dùng bộ lọc cao, thì quan hệ giữa chỉ số vòng năm với khí hậu sẽ giảm dần theo mức gia tăng khoảng cách giữa nơi lấy mẫu vòng năm và trạm khí tượng.

13.5. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP KHÁC ƯỚC LƯỢNG ĐƯỜNG CONG TĂNG TRƯỞNG

Những biến động của bề rộng vòng năm theo một hệ thống nhất định có thể được ước lượng bằng những cách thức khác với những phương pháp đã mô tả trên đây. Phipps (1967) đã giả định rằng, thể tích gỗ sinh ra hàng năm là một hàm của chu vi tương tăng và chiều cao thân cây. Theo Baker (1950), bề rộng vòng năm có thể biến đổi thành tăng trưởng thể tích cho toàn bộ thân cây, và một hàm số tăng trưởng sẽ cung cấp một ước lượng tốt về những thay đổi theo tuổi cây.

Một phương pháp khác là biến đổi bề rộng vòng năm bằng cách lấy logarit. Mục đích của cách biến đổi này là làm giảm biến động của những vòng năm rộng và làm tăng biến động của những vòng năm hẹp, nhưng những hiệu ứng biến đổi theo tuổi cây vẫn không thay đổi. Jonsson (1969) đã tính chỉ số bề rộng vòng năm theo công thức

$$x_i = \exp(\ln i_t - \ln i_t^* - \sigma^2/2) \quad (13.15)$$

trong đó: $\ln(i_t)$ = logarit của bề rộng vòng năm thứ t (i_t); $\ln(i_t^*)$ = trị trung bình của logarit bề rộng vòng năm thứ t ($\ln i_t$); σ^2 = phương sai của $\ln i_t$.

Chỉ số vòng năm được tính theo công thức 13.15 sẽ có trung bình bằng 1.0. Lưu ý rằng, để tính được $\ln i_t^*$ đòi hỏi phải có nhiều chuỗi bề rộng vòng năm ở cùng một tuổi. Jonsson và Fritts đã so sánh hai cách chuẩn hoá trên cùng một số liệu và nhận thấy 77% biến động là tương đồng với nhau.

Hollstein (1975) đã chuẩn hoá chuỗi vòng năm bằng cách, trước hết lấy logarit tỷ số giữa bề rộng vòng năm của năm hiện tại (x_t) và bề rộng vòng năm của năm trước đó (x_{t-1}); giá trị của tỷ số này kí hiệu là x_i . Kế đến, tính những giá trị trung bình của những tỷ số x_i đối với mỗi năm từ số liệu của nhiều mẫu cây (kí hiệu x_i^*). Tiếp theo làm phù hợp chuỗi logarit trung bình của các x_i^* với giá trị năm hồi quy bằng hàm tuyến tính. Hiệu số giữa giá trị thực x_i với giá trị tính theo hàm hồi quy nhận giá trị zero. Nhưng phương pháp này có nhược điểm là chỉ số bề rộng vòng năm của một năm nhất định không phản ánh đúng quan hệ với những yếu tố khí hậu của chính năm đó. Nguyên nhân là vì, giá trị logarit tỷ số giữa bề rộng vòng năm của năm hiện tại và bề rộng vòng năm của năm trước đó biểu hiện ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu của cả hai năm liên tiếp.

13.6. PHÂN TÍCH PHƯƠNG SAI

Ở những chương trước chúng ta đã phân tích những yếu tố có ảnh hưởng đến hệ thống tăng trưởng – khí hậu và những đóng góp của mỗi yếu tố trong biến động bề rộng vòng năm. Ở mục 13.2 chúng ta đã xem xét những thống kê cho phép định lượng những biến động này. Tuy vậy, bằng việc tính những đặc trưng thống kê của bề rộng vòng năm hoặc chỉ số vòng năm, chúng ta chưa thể phân loại và đo đạc được tỷ lệ hay mức độ đóng góp (tính theo phần trăm) của mỗi yếu

tổ môi trường trong biến động tăng trưởng của cây gỗ. Để làm rõ vấn đề đặt ra, chúng ta cần phải sử dụng kỹ thuật phân tích thành phần biến động.

Phân tích phương sai là một kỹ thuật rất hữu ích trong việc phân loại và đo đạc những nguồn khác nhau trong hệ thống tăng trưởng - khí hậu có ảnh hưởng đến biến động của chuỗi niên đại.

Ví dụ, bằng phân tích biến động của những chỉ số vòng năm trung bình được tính từ nhiều cây trong vùng nghiên cứu, chúng ta có thể chỉ ra biến động do ảnh hưởng của những yếu tố đại khí hậu. Bằng phân tích biến động của những chỉ số vòng năm giữa các quần thể khác nhau trong cùng một đại khí hậu, chúng ta có thể làm rõ biến động của vòng năm do ảnh hưởng của địa hình, đặc tính đất, sự tương tác giữa các quần xã với khí hậu. Thuật ngữ “tương tác” biểu thị ảnh hưởng phối hợp của biến này với biến khác đến tăng trưởng của cây gỗ trong một đại khí hậu. Những khác biệt về vòng năm cũng xuất hiện trên những cây khác nhau trong cùng một quần thể. Hiện tượng vừa nói được giải thích là do sự khác biệt về sức sống của mỗi cây, cạnh tranh giữa các cá thể, sự hình thành cành và rễ khác nhau, điều kiện sống khác nhau của mỗi cây. Tầm quan trọng tương đối của những nguồn biến động này có thể được đánh giá bằng phân tích phương sai. Như vậy, thông qua phân tích phương sai, các nguồn biến động sẽ được tách ra thành từng nguồn biến động riêng biệt.

Bây giờ chúng ta xem xét một ví dụ của Fritts (1975) về phân tích phương sai nhằm làm rõ những nguồn biến động vòng năm của loài *Pinus longaeva* ở California do ảnh hưởng của khí hậu, tuổi cây và hướng dốc. Trước hết, để làm rõ ảnh hưởng của tuổi cây đến tăng trưởng vòng năm, Fritts đã phân chia quần thể *Pinus longaeva* thành hai nhóm có số cây bằng nhau, một nhóm cây non và một nhóm cây già. Mỗi nhóm tuổi chọn ngẫu nhiên 4 cây để nghiên cứu tăng trưởng vòng năm. Để đánh giá biến động do ảnh hưởng của hướng thân cây khác nhau (hướng dốc), Fritts thu thập hai chuỗi vòng năm ở hai hướng khác nhau trên mỗi cây. Trong ví dụ này, hướng khoan mẫu thứ 1 và mẫu thứ 2 trên một cây tương ứng là hướng cây mọc chậm và hướng cây mọc nhanh. Để làm rõ ảnh hưởng của khí hậu, Fritts đã thu thập 5 vòng năm của 8 cây (mỗi nhóm tuổi 4 cây) tương ứng với khoảng thời gian từ 1950 – 1954. Lưu ý rằng, trong thực tế khoảng thời gian nghiên cứu trên một chuỗi vòng năm càng dài thì càng tốt (50 – 100 năm). Nguyên nhân là vì, ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng vòng năm thường kéo dài trong nhiều năm.

Tóm lại, để làm rõ những nguồn biến động vòng năm của loài *Pinus longaeva* ở California do ảnh hưởng của tuổi cây, hướng dốc và khí hậu, Fritts đã phân chia quần thể *Pinus longaeva* thành hai nhóm tuổi (non và già); mỗi nhóm chọn ngẫu nhiên 4 cây nghiên cứu; mỗi cây đo đạc vòng năm ở 2 hướng (mọc nhanh và mọc chậm); mỗi hướng khoan thu thập 5 vòng năm từ 1950 - 1954. **Bảng 13.7** ghi lại 5 chỉ số vòng năm (từ 1950 – 1954) của 2 nhóm tuổi (non và già) với mỗi nhóm 4 cây và 2 hướng lấy mẫu vòng năm trên một cây.

Để xây dựng Bảng phân tích thành phần biến động, trước hết thủ tục tính toán đối với mỗi nhóm cây (non và già) bao gồm những nội dung sau đây:

- Tổng các chỉ số tăng trưởng theo từng hướng khoan (cột 9).
- Tổng các chỉ số tăng trưởng bình phương theo từng hướng khoan (cột 10).
- Tổng cộng các chỉ số tăng trưởng của hai hướng khoan trên mỗi cây (cột 11).

- d. Bình phương tổng các chỉ số tăng trưởng của hai hướng khoan trên mỗi cây, sau đó cộng lại (cột 12).
- e. Tổng các chỉ số tăng trưởng của từng hướng khoan trong mỗi nhóm cây (cột 13).
- f. Bình phương tổng các chỉ số tăng trưởng của mỗi hướng khoan tương ứng với từng năm, sau đó cộng dồn lại (cột 14).
- g. Tổng các chỉ số tăng trưởng theo từng hướng khoan (mọc chậm và mọc nhanh) của cả hai nhóm cây (cột 15).
- h. Bình phương tổng các chỉ số tăng trưởng của mỗi hướng khoan theo từng năm của mỗi nhóm cây; sau đó cộng các bình phương này theo từng nhóm cây (Cột 16).
- i. Tổng các chỉ số tăng trưởng trong mỗi nhóm cây non và cây già (cột 17).
- j. Bình phương tổng các chỉ số tăng trưởng trong từng năm của nhóm cây non và cây già; sau đó cộng dồn lại theo từng nhóm cây (cột 18).
- k. Tính tổng các chỉ số tăng trưởng của cả hai nhóm cây non và già, kể đến bình phương các tổng này và cộng dồn lại (hàng cuối cùng của **Bảng 13.7**).

Phương sai được tính toán từ các tổng và tổng bình phương theo những công thức ở **Bảng 13.8**. Bước tiếp theo trong phân tích phương sai bao gồm một số thủ tục khá phức tạp. **Bảng 13.9** dẫn kết quả tính toán biến động tăng trưởng của loài *Pinus logaeva* từ số liệu ở **Bảng 13.7**; trong đó:

- Dòng 1 – 5 là phương sai nhóm, phương sai hướng khoan mẫu, trung bình trên một cây, các tổng bình phương được điều chỉnh bằng cách trừ đi bình phương của một số tổng (xem công thức ở dòng 1 – 11 của **Bảng 13.8**).
- Tính bình phương trung bình hay phương sai bằng cách chia mỗi giá trị bình phương điều chỉnh cho số độ tự do. Dòng 1 – 5 là phương sai nhóm cây, hướng khoan trên cây và các trung bình của cây. Cần lưu ý rằng, về lý thuyết những phương sai tính theo những giá trị này là không có ý nghĩa, bởi vì thủ tục chuẩn hoá đã điều chỉnh các mẫu có giá trị trung bình giống nhau. Nhưng khi chọn thời gian phân tích ngắn (ở đây là 5 năm), thì một số biến động có thể có ý nghĩa.
- Những phương sai thành phần ở **Bảng 13.8** thu được đối với niên đại trung bình (**Y ở hàng 6**) và các nguồn biến động tương tác với nó (**dòng 7 – 11, Bảng 13.8 và 13.9**). Chúng là những ước lượng phương sai đối với mỗi nguồn. Những nguồn biến động này được tính toán bằng cách tách tổng bình phương trung bình thành những thành phần tương ứng và chia số thành phần cho mỗi bộ phận (**Bảng 13.8**).

Như vậy, phân tích phương sai chia các nguồn biến động thành nhiều thành phần, sau đó đánh giá tầm quan trọng của mỗi thành phần dựa trên sự khác biệt giữa chúng. Thủ tục phân tích tổng biến động thành nhiều thành phần đã được mô tả chi tiết ở **Bảng 13.7 – 13.9**. Dưới đây chỉ giải thích một cách tóm tắt.

- Những phương sai đóng góp vào Bảng niên đại của cây được trừ đi phương sai của 16 hướng khoan (8 cây, mỗi cây khoan hai hướng). Phương sai của cây luôn lấy giá trị nhỏ hơn, bởi vì những phương sai khác nhau trong các hướng khoan đã được loại bỏ trong quá trình tính toán. Những biến động lớn xuất hiện giữa những cặp niên đại theo hướng khoan ở cùng một cây (**dòng 11, Bảng 13.8**).

- Biến động chung của cả hai nhóm cây trừ đi biến động của cây trong nhóm đặc trưng cho nguồn biến động do ảnh hưởng của các niên đại cây trong nhóm (dòng 8, Bảng 13.8).
- Biến động chung của cả hai nhóm cây trừ đi biến động của nhóm cây non và nhóm cây già đặc trưng cho nguồn biến động do ảnh hưởng của tuổi cây (dòng 7, Bảng 13.8).
- Tương tự như thế, tổng biến động của nhóm cây trừ đi biến động của các hướng khoan đặc trưng cho nguồn biến động do ảnh hưởng của hướng cây mọc nhanh và mọc chậm (dòng 9 và 10, Bảng 13.8).
- Cuối cùng, tổng biến động còn lại trong 5 năm cộng dồn theo các hướng, các cây và các nhóm tuổi đặc trưng cho nguồn biến động do ảnh hưởng của khí hậu (dòng 6, Bảng 13.8).

Cần lưu ý rằng, nếu biến động của bề rộng vòng năm giống nhau ở tất cả các hướng khoan, các cây mẫu và nhóm tuổi, chỉ một lượng nhỏ biến động được loại bỏ trong quá trình lấy trung bình bề rộng vòng năm, thì biến động còn lại là do ảnh hưởng của khí hậu.

Từ phân tích trên đây có thể suy luận rằng, một số yếu tố trên phạm vi rộng, chẳng hạn như khí hậu, thay đổi từ năm này đến năm khác đã ảnh hưởng giống nhau đến tăng trưởng vòng năm trên tất cả các hướng của cây và nhóm cây. Ngược lại, nếu có sự khác biệt lớn trong các niên đại theo hướng khoan và những cây thu mẫu, thì có thể suy luận rằng, hàng năm biến động của những yếu tố giới hạn tăng trưởng đã làm giảm ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của cây. Khi chỉ số vòng năm của một cây được tính trung bình từ hai hướng khoan và chỉ số vòng năm của nhóm cây được tính trung bình từ nhiều cây trong nhóm, thì biến động của chỉ số vòng năm sẽ giảm. Do đó, nếu có biến động lớn về chỉ số vòng năm ở những hướng khoan khác nhau, thì có thể suy luận hiện tượng ấy là do ảnh hưởng của một số yếu tố như hình dạng tán cây không đều, thương tổn hoặc đo đạc không chính xác. Khi chỉ số vòng năm được tính trung bình từ nhiều cây, thì biến động chỉ số vòng năm sẽ giảm. Ngược lại, nếu biến động chỉ số vòng năm được tính trung bình từ nhiều cây nhận giá trị lớn, thì có thể suy luận hiện tượng ấy là do ảnh hưởng của khí hậu.

Trong thực tế điều tra viên có thể chọn những nhóm cây, những cây trong nhóm và những hướng khoan khác nhau trên một cây để phân tích ảnh hưởng của những thành phần khác của môi trường. Chẳng hạn: (1) chọn những cây ở những độ dốc khác nhau để so sánh ảnh hưởng của độ dốc; (2) chọn những cây ở những kiểu đất khác nhau để so sánh ảnh hưởng của đất; (3) chọn những cây ở những độ cao khác nhau để so sánh ảnh hưởng của địa hình; (4) chọn những cây ở những năm khô và năm ẩm khác nhau để so sánh ảnh hưởng của lượng mưa...

Cần lưu ý rằng, khi phân tích những thành phần biến động (phương sai) ở tất cả những trường hợp trên đây, thì việc thiết kế mẫu phải là mẫu cân bằng và được lặp lại một số lần tương tự như Bảng 13.7. Điều này có nghĩa là tất cả những cây dùng để so sánh tăng trưởng phải được thu thập vòng năm vào những năm lịch giống nhau; số hướng khoan trên thân cây phải giống nhau; số cây trong các nhóm tuổi cũng phải giống nhau. Tuy vậy, trong mỗi nhóm tuổi những cây mẫu có thể được chọn ngẫu nhiên. Ngoài ra, cây thứ nhất của nhóm một không có

quan hệ với cây thứ nhất của nhóm hai. Theo cách chọn mẫu như trên, những kết luận đưa ra phải chỉ rõ năm lịch, hướng khoan và nhóm cây nhất định.

Biến động thành phần tương ứng với chuỗi niên đại theo hướng khoan trong một nhóm cây và giữa các nhóm cây (**dòng 9 và 10, Bảng 13.9**) thường lấy giá trị bằng hoặc gần bằng zero. Điều đó chỉ ra rằng, sự khác biệt về niên đại ở những hướng khoan tăng trưởng khác nhau là không có ý nghĩa.

Ở ví dụ này (**Bảng 13.7 và 13.9**), thành phần biến động của hai hướng khoan nhận giá trị âm rất nhỏ. Đôi khi trị số âm xuất hiện là do ngẫu nhiên hoặc do làm tròn số trong quá trình tính toán. Khi trị số âm xuất hiện, chúng ta thay chúng bằng trị số zero trong tính toán thành phần biến động theo phần trăm. Về lý thuyết, biến động mang trị số dương, không có biến động nào lấy giá trị lớn và âm. Những trường hợp xuất hiện biến động lớn và âm là do tính toán sai các tổng và tổng bình phương.

Những chuỗi niên đại vòng năm ở những hướng khoan khác nhau được sử dụng để kiểm định giả thuyết cho rằng, biến động chỉ số vòng năm trên những hướng khác nhau của thân cây là có quan hệ với nhau. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sự khác biệt về biến động chỉ số vòng năm ở những hướng khoan khác nhau trên thân cây là do ảnh hưởng của độ dốc (thân cây thường nghiêng theo độ dốc) và hình dạng tán cây (tán cây sâu hay mỏng, cành trên thân nhiều hay ít...).

Từ kết quả tính toán ở **Bảng 13.9** có thể đi đến một số nhận định sau đây:

- Sự khác biệt về chỉ số vòng năm trung bình trong toàn bộ chuỗi niên đại đóng góp 48% biến động. Biến động này phản ánh ảnh hưởng của khí hậu.
- Sự khác nhau về niên đại của những cây mẫu trong cùng một nhóm đóng góp 30% biến động. Biến động này phản ánh tính phức tạp của lập địa và những yếu tố khác có ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm.
- Biến động do hướng khoan mẫu trên thân cây là 21%. Biến động này phản ánh ảnh hưởng của kích thước và hình dạng tán cây, sự cạnh tranh, thương tổn, sự phân bố vật chất không đồng đều trên thân cây...
- Biến động do sự khác nhau về hai nhóm cây (non và già) là 1%. Kết quả này chỉ ra rằng, khi phân chia đối tượng nghiên cứu thành hai nhóm cây (non và già), mỗi nhóm chỉ chọn ngẫu nhiên 4 cây, mỗi cây chỉ chọn 5 vòng năm, thì niên đại của hai nhóm cây có sự khác biệt rất nhỏ. Do đó, niên đại của hai nhóm cây non và già có thể được gộp lại thành một Bảng niên đại chung cho loài cây.

Bảng 13.7. Số liệu phân tích phương sai
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Cột			Năm					Hướng khoan cây		Cây		Cấp hướng khoan trong nhóm		Cấp hướng khoan		Các nhóm	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Nhóm	Cây	B.kính	1950	1951	1952	1953	1954	C*T/G	Y*C*T/G	T/G	Y*T/G	C*G	Y*C*G	C	Y*C	G	Y*G
Non	1	1	0,341	1,031	1,026	0,713	0,817	3,928	3,408	9,042	18,104	19,264	76,064	37,885	298,936	39,544	321,296
	1	2	0,415	1,251	1,395	0,928	1,125	5,114	5,810			20,281	84,768	38,071	300,488		
	2	1	0,479	1,291	0,814	1,105	1,088	4,777	4,963	8,953	17,210						
	2	2	0,581	1,226	0,785	0,96	0,625	4,177	3,769								
	3	1	1,116	1,385	1,164	1,205	0,931	5,801	6,837	11,667	27,602						
	3	2	1,069	1,308	1,159	1,349	0,98	5,865	6,977								
	4	1	0,844	0,921	0,980	1,095	0,918	4,758	4,563	9,882	19,668						
	4	2	0,882	1,295	1,000	0,971	0,977	5,125	5,352								
Già	1	1	0,706	0,974	1,355	1,336	0,935	5,306	5,942	0,825	24,346	18,621	74,132			36,071	281,329
	1	2	0,711	1,083	1,145	1,303	1,276	5,518	6,315			17,790	66,788				
	2	1	0,261	1,050	1,255	1,130	1,070	4,766	5,167	9,166	18,754						
	2	2	0,366	1,000	1,059	1,172	0,804	4,401	4,275								
	3	1	0,788	0,939	0,971	0,955	0,692	4,345	3,836	8,808	15,604						
	3	2	0,713	0,928	0,870	0,846	1,106	4,463	4,065								
	4	1	0,160	1,203	0,524	1,379	0,938	4,204	4,529	7,613	14,600						
	4	2	0,184	1,047	0,495	1,058	0,625	3,409	2,885								
Tổng			9,616	17,932	9,616	17,932	15,997	17,505	14,907	1198,572							

Ghi chú:

Số 1 và 2 của cột 3 = hai hướng bán kính thân cây; Cột 4 – 8 = chỉ số tăng trưởng vòng năm; Cột 9 = tổng cột 4 đến 8, giá trị của hàng cuối cùng (1198.572) là tổng các tổng bình phương của hai nhóm cây; Cột 10 = tổng bình phương các chỉ số ở cột 4 – 8; Cột 11 = tổng các chỉ số tăng trưởng từ hai hướng khác nhau của mỗi thân cây; Cột 12 = tổng bình phương các chỉ số tăng trưởng từ hai hướng khác nhau của mỗi thân cây; Cột 13 = Tổng các chỉ số tăng trưởng theo từng hướng mọc chậm và mọc nhanh; Cột 14 = tổng bình phương các chỉ số tăng trưởng theo từng hướng mọc chậm và mọc nhanh; Cột 15 = tổng và tổng bình phương các chỉ số tăng trưởng theo hướng mọc chậm và mọc nhanh; Cột 16 = Tổng và tổng bình phương các chỉ số tăng trưởng của tất cả cây mẫu theo mỗi hướng khoan; Cột 17 = Tổng cộng các tổng chỉ số tăng trưởng trong mỗi nhóm cây non và già; Cột 18 = tổng cộng các tổng chỉ số tăng trưởng bình phương trong mỗi nhóm cây (non và già).

Những kí hiệu: G = hai nhóm cây (non và già); C = 2 = số hướng bán kính lấy mẫu (số lõi gỗ khoan/cây); T = 4 = số cây thuộc mỗi nhóm tuổi; N = 5 = số vòng năm/cây.

Bảng 13.8. Những tính toán trong phân tích biến động của niên đại vòng năm

Dòng	Nguồn biến động	Tổng bình phương và điều chỉnh	Tổng bình phương điều chỉnh	Độ tự do	Trung bình bình phương	Thành phần biến động	Phần trăm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1*	Trung bình nhóm (G)	$\frac{1}{tcn} \left[\sum_{n=1}^g \left(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2 \right] - K^{(**)}$	$= G_c$	$g - 1$	$G_c/g-1 = MS(G)$		
2	Trung bình các hướng khoan (C)	$\frac{1}{gtn} \left[\sum_{j=1}^c \left(\sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t \sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2 \right] - K$	$= C_c$	$c - 1$	$C_c/c-1 = MS(C)$		
3	Trung bình cây trong nhóm (T/G)	$\frac{1}{cn} \left[\sum_{n=1}^g \sum_{i=1}^t \left(\sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2 \right] - G_c - K$	$= T_c$	$(t - 1)g$	$T_c/(t-1)g = MS(T)$		
4*	Trung bình hướng khoan trong nhóm (C*G)	$\frac{1}{tn} \left[\sum_{h=1}^g \sum_{j=1}^c \left(\sum_{i=1}^t \sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2 \right] - G_c - k$	$= CG_c$	$(c-1)(g - 1)$	$CG_c/(c-1)(g - 1) = MS(CG)$		
5	Trung bình hướng khoan của những cây trong nhóm (C*T/G)	$\frac{1}{n} \left[\sum_{n=1}^g \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c \left(\sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2 \right] - G_c - C_c - T_c - CG_c - K$	$= CT_c$	$(t-1)(c - 1)g$	$CT_c/(t-1)(c - 1)g = MS(CT)$		
6	Chỉ số trung bình trong toàn bộ niên đại (Y)	$\frac{1}{gtc} \left[\sum_{k=1}^n \left(\sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c y_{hijk} \right)^2 \right] - K$	$= Y_c$	$(n-1)$	$Y_c/(n-1) = MS(Y)$	$\frac{MS(Y)-MS(YT)}{gct} = VC(Y)$	$\frac{VC(Y)*100}{\text{Tổng VC}}$

Bảng 13.8. Những tính toán trong phân tích biến động của niên đại vòng năm (tiếp)

Dòng	Nguồn biến động	Tổng bình phương và điều chỉnh	Tổng bình phương điều chỉnh	Độ tự do	Trung bình bình phương	Thành phần biến động	Phần trăm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
7*	Niên đại của các nhóm (Y*G)	$\frac{1}{tc} \left[\sum_{t=1}^n \sum_{h=1}^g \left(\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c y_{hijk} \right)^2 \right] - Y_c - G_c - K$	$= YG_c$	$(n-1)(g-1)$	$YG_c/(n-1)(g-1) = MS(YG)$	$\frac{MS(YG)-MS(YT)}{ct} = \frac{VC(YG)*100}{\text{TổngVC}}$	
8	Niên đại của cây trong các nhóm (Y*T/G)	$\frac{1}{c} \left[\sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t \left(\sum_{j=1}^c y_{hijk} \right)^2 \right] - Y_c - G_c - T_c - YG_c - K$	$= YT_c$	$(n-1)(t-1)*g$	$YT_c/[(n-1)(t-1)*g] = MS(YT)$	$\frac{MS(YT)-MS(YCT)}{c} = \frac{VC(YT)*100}{\text{TổngVC}}$	
9	Niên đại của các hướng khoan (Y*C)	$\frac{1}{gt} \left[\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^c \left(\sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t y_{hijk} \right)^2 \right] - Y_c - C_c - K$	$= YC_c$	$(n-1)(c-1)$	$YT_c/(n-1)(c-1) = MS(YC)$	$\frac{MS(YC)-MS(YCT)}{gt} = \frac{VC(YC)*100}{\text{TổngVC}}$	
10	Niên đại của các hướng khoan trong các nhóm (Y*C*G)	$\frac{1}{t} \left[\sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^g \sum_{j=1}^c \left(\sum_{i=1}^t y_{hijk} \right)^2 \right] - Y_c - G_c - C_c - YG_c - YC_c - CG_c - K$	$= YCG_c$	$(n-1)(c-1)(g-1)$	$YCG/(n-1)(c-1)(g-1) = MS(YCG)$	$\frac{MS(YCG)-MS(YCT)}{t} = \frac{VC(YCG)*100}{\text{TổngVC}}$	
11	Niên đại của các hướng khoan của những cây trong các nhóm (Y*C*T/G)	$\left[\sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c (y_{hijk})^2 \right] - Y_c - G_c - C_c - T_c - CG_c - CT_c - YG_c - YC_c - YT_c - YCG_c - K$	$= YCT_c$	$(n-1)(c-1)(t-1)g$	$YCT_c/(n-1)(c-1)(t-1)g = MS(YCT)$	$MS(YCT) = VC(YCT)$	$\frac{VC(YCT)*100}{\text{TổngVC}}$

Ghi chú:

(*) Khi $g = 1$ thì các nguồn biến động không tồn tại, và trung bình bình phương bằng zero;

(**) $K = \frac{1}{gtcn} \left(\sum_{h=1}^g \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{hijk} \right)^2$; Tổng (VC) = VC(Y)+VC(YG)+VC(YT)+VC(YC)+VC(YCG)+VC(YCT);

$h = 1, 2, \dots, g$ = số nhóm; $i = 1, 2, \dots, t$ = số cây trong một nhóm; $J = 1, 2, \dots, c$ = số hướng khoan trên một cây;
 $k = 1, 2, \dots, n$ = số năm nghiên cứu.

Bảng 13.9. Phân tích kết quả biến động của loài *Pinus logaeva*^(a)
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Dòng	Nguồn biến động	Tổng theo hàng	Tổng điều chỉnh	Độ tự do	Trung bình bình phương	Thành phần biến động	Phần trăm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1*	Trung bình nhóm (G)	72,243	0,127	1	0,127		
2	Trung bình các hướng khoan (C)	72,117	0,001	1	0,001		
3	Trung bình cây trong nhóm (T/G)	73,242	0,999	6	0,167		
4*	Trung bình hướng khoan trong nhóm (C*G)	72,282	0,038	1	0,038		
5	Trung bình hướng khoan với những cây trong nhóm (C*T/G)	73,518	0,237	6	0,040		
6	Chỉ số trung bình trong toàn bộ niên đại vòng năm (Y)	74,907	2,791	4	0,698	0,039	48
7*	Niên đại của các nhóm (Y*G)	75,328	0,294	4	0,074	0,001	1
8	Niên đại của cây trong các nhóm (Y*T/G)	77,944	1,617	24	0,064	0,025	30
9	Niên đại của các hướng khoan (Y*C)	74,928	0,020	4	0,005	-0,002	0
10	Niên đại của các hướng khoan trong các nhóm (Y*C*G)	75,438	0,051	4	0,013	-0,001	0
11	Niên đại của các hướng khoan của những cây trong các nhóm (Y*C*T/G)	78,691	0,400	24	0,017	0,017	21
		K = 72.116		N = 80		0,082 (không kể giá trị âm)	

(a) Kết quả tính toán theo các công thức ở **Bảng 13.8**

13.7. PHÂN TÍCH SAI SỐ

Như đã trình bày ở **mục 13.2**, trung bình và phương sai được tính từ mẫu nhỏ là những ước lượng trệch. Sự chênh lệch giữa các trị số thực với số trung bình ước lượng được gọi là sai số (**công thức 13.2 và 13.3**).

Khi một Bảng niên đại được phát triển từ một số hướng khoan và một số cây trong một số nhóm cây, thì phương sai tính riêng rẽ cho mỗi loại niên đại đặc trưng cho một nguồn biến động (hướng khoan, cây và nhóm cây). Sai số chuẩn đối với bất kỳ giá trị của niên đại nào (SE_y) được tính từ các phương sai thành phần (**xem Bảng 13.9**) như sau:

$$SE_y = \left(\frac{VC(YT)}{t} + \frac{VC(YCT)}{ct} \right)^{1/2} \quad (13.16)$$

Trong đó: VC(YT) là thành phần phương sai của niên đại cây trong các nhóm; VC(YCT) là thành phần phương sai của niên đại các hướng khoan của những cây trong các nhóm; t là số cây sử dụng trong một Bảng niên đại; c là số hướng khoan trên một cây trong một Bảng niên đại.

Bảng 13.10. Sai số chuẩn đối với số cây và hướng khoan khác nhau^(a)
(Nguồn: Fritts H. C, 1971)

Số cây	Số hướng khoan trên cây			
	1	2	3	4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	0,092	0,082	0,078	0,077
6	0,084	0,075	0,072	0,070
7	0,078	0,069	0,066	0,065
8	0,073	0,065	0,062	0,061
9	0,068	0,061	0,058	0,057
10	0,065	0,058	0,055	0,054
11	0,062	0,055	0,053	0,052
12	0,059	0,053	0,051	0,049
13	0,057	0,051	0,049	0,047
14	0,055	0,049	0,046	0,046
15	0,053	0,047	0,045	0,044
16	0,051	0,046	0,044	0,043
17	0,050	0,044	0,043	0,042
18	0,048	0,043	0,041	0,040
19	0,047	0,042	0,040	0,039
20	0,046	0,041	0,039	0,038

Ghi chú: (a) Những tính toán ở **Bảng 13.10** dựa trên thành phần phương sai của cây trong nhóm (0,025) và phương sai của niên đại hướng khoan (0,017) ở **Bảng 13.9 và phương trình 13.16**.

Vì các hướng khoan và các nhóm cây được chọn theo chủ định (không chọn ngẫu nhiên), nên việc tính toán chỉ bao gồm biến động theo các niên đại cây và những tương tác của chúng với các hướng khoan.

Bảng 13.10 ghi lại kết quả tính toán sai số ước lượng chuẩn trung bình đối với số cây và hướng khoan khác nhau từ tài liệu của **Bảng 13.9** và những trường hợp thu thập vòng năm của 20 cây, mỗi cây khoan 4 hướng khác nhau.

Phân tích kết quả của **Bảng 13.10** cho thấy, khi nâng cao số cây thu mẫu trong nhóm và số hướng khoan, thì sai số chuẩn giảm dần. Tuy vậy, bởi vì sự khác biệt trong cấu trúc phương sai của mẫu được ấn định bởi các phương sai thành phần, nên sự suy giảm sai số phụ thuộc vào số cây lấy mẫu trong nhóm nhiều hơn so với số hướng khoan ở mỗi cây trong nhóm. Thật vậy: (1) Khi yêu cầu sai số chuẩn là 0,05, thì nếu chỉ khoan một hướng trên một thân cây, chúng ta cần phải thu thập mẫu khoan trên 17 cây; (2) Nếu khoan 2, 3, 4 hướng trên một thân cây, thì số cây mẫu dùng để thu thập mẫu khoan tương ứng là 14, 13 và 12 cây. Nói chung, số hướng khoan trên một cây và số cây thu mẫu thay đổi tùy theo điều kiện môi trường và yêu cầu của cuộc điều tra. Theo Fritts (1975), trong một số trường hợp sai số chuẩn phụ thuộc tuyến tính dương vào chỉ số vòng năm trung bình.

13.8. PHÂN TÍCH TƯƠNG QUAN

Như đã thấy ở **mục 13.6 và 13.7**, phân tích phương sai là một thủ tục rất hữu ích, bởi vì nó cho phép chỉ rõ những nguồn gây ra (hay ảnh hưởng đến) biến động vòng năm. Tuy vậy, phân tích phương sai lại đòi hỏi phải có nhiều mẫu đo lặp. Trong thực tế, điều kiện của kỹ thuật phân tích phương sai không phải lúc nào cũng đạt được. Chẳng hạn, số cây của đối tượng thu mẫu có hạn, hoặc việc đi lại và đo đạc khó khăn... Vì thế, trong nhiều trường hợp chúng ta có thể sử dụng kỹ thuật phân tích tương quan thay cho phân tích phương sai. Nhưng so với phân tích phương sai, phân tích tương quan kém hữu dụng hơn. Nguyên nhân là vì phân tích tương quan chỉ đo được biến động tương đối giữa hai tập hợp biến và không thể tách riêng rẽ từng biến động thành phần. Phân tích tương quan có ưu điểm cơ bản là tính toán dễ dàng, đôi khi lại thích hợp hơn phân tích phương sai.

Phân tích tương quan được thực hiện với những bề rộng vòng năm đã chuẩn hoá. Những tương quan cần tính bao gồm:

- Tương quan giữa những tập hợp chỉ số vòng năm trong cùng một nhóm niên đại. Trong trường hợp này biến động tương tự như phương sai trong một cây.
- Tương quan cặp giữa hai hay nhiều hướng khoan tăng trưởng trên những cây khác nhau. Biến động ở đây tương tự như phương sai trong những cây khác nhau.
- Tương quan giữa những khoảng niên đại khác nhau (5, 10, 20 năm) trên một chuỗi niên đại. Kết quả ở đây cho phép chỉ ra ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của cây gỗ.
- Tương quan giữa những cặp cây khác nhau trong một nhóm cây. Kết quả ở đây cho phép chỉ ra ảnh hưởng của lập địa và những yếu tố khác thuộc về quần xã.

Lưu ý rằng, hệ số tương quan trung bình đối với tất cả các cặp giữa những cây khác nhau có quan hệ chặt chẽ với thành phần biến động đối với niên đại của nhóm cây trong phân tích phương sai (VC(Y), **Bảng 13.7**). Điều đó có nghĩa là hệ

số tương quan trung bình được tính từ nhiều niên đại sẽ tăng lên theo số hướng khoan ở những cây khác nhau.

Phân tích tương quan và phân tích biến động giữa hai hay nhiều chuỗi niên đại (theo những cây khác nhau, hướng khoan khác nhau, nhóm tuổi và vị trí cây khác nhau) cho phép đưa ra quyết định chọn mẫu thích hợp trong nghiên cứu. Chẳng hạn: (1) Nếu tất cả niên đại trong một nhóm tuổi có biến động giống nhau, thì chúng được gộp chung để tính niên đại trung bình cho nhóm tuổi; (2) Nếu biến động của tất cả những niên đại theo hai hướng khoan trên một thân cây là giống nhau, thì chúng được gộp chung để tính niên đại trung bình cho cây mẫu.

13.9. NHỮNG ĐẶC TRƯNG THỐNG KÊ CỦA BỀ RỘNG VÒNG NĂM TRONG MỘT CÂY GỖ

Ở những phần trên chúng ta đã xem xét biến động vòng năm trên thân cây gỗ ở những lập địa khác nhau. Trong nghiên cứu, nhà khí hậu thực vật cần biết biến động vòng năm không chỉ ở những lập địa khác nhau, mà còn ở những giai đoạn tuổi khác nhau ngay trên cùng một cây gỗ. Chẳng hạn, nhà khí hậu thực vật có thể xác định: (1) những đặc trưng thống kê của vòng năm trong toàn bộ chuỗi niên đại; (2) những đặc trưng thống kê của vòng năm trong từng khoảng thời gian (5, 10, 20 năm...) của chuỗi niên đại; (3) những đặc trưng thống kê của vòng năm theo những hướng khoan (bán kính) khác nhau; (4) những đặc trưng thống kê của vòng năm theo những phân đoạn khác nhau trên thân cây. Dưới đây chúng ta xem xét một số đặc trưng thống kê của bề rộng vòng năm trong một cây gỗ.

(1) Hệ số tương quan ở những giai đoạn khác nhau của các chuỗi niên đại

Trước hết, bề rộng vòng năm của 4 hướng bán kính tương ứng với những khoảng thời gian khác nhau (5, 10, 20...năm) của chuỗi niên đại được chuyển thành chỉ số bằng kỹ thuật chuẩn hoá (**Hàm 13.11 và 13.12**). Kế đến tính 6 hệ số tương quan cặp giữa 4 hướng bán kính trên mỗi phần hay mỗi phân đoạn của chuỗi niên đại, nghĩa là hệ số tương quan cặp giữa hướng 1-2, 2-3, 3-4, 4-1, 2-4 và 3-1. Giá trị trung bình của 6 hệ số tương quan cặp được gọi là hệ số tương quan trong những khoảng thời gian khác nhau hay trong những phần khác nhau của chuỗi niên đại.

(2) Hệ số tự tương quan

Trước hết, chỉ số vòng năm của bốn hướng bán kính được tính trung bình. Kế đến, tính hệ số tự tương quan trật tự thứ nhất, sai tiêu chuẩn và tính nhạy cảm cho mỗi khoảng thời gian khác nhau của chuỗi niên đại.

(3) Hệ số tương quan giữa các chỉ số vòng năm ở những giai đoạn khác nhau

Trước hết, chuỗi niên đại vòng năm được phân chia thành nhiều phân đoạn (5, 10, 20...năm). Kế đến, tính hệ số tương quan giữa những khoảng niên đại khác nhau (1 – 2, 2 – 3, ..., 1 – 3, 3 – 5...).

Những đặc trưng thống kê ở mục 13.9 được sử dụng để xác định những thay đổi của chỉ số vòng năm có liên quan với biến động theo chiều cao thân cây, tuổi cây, hướng thân cây khác nhau. Việc tính toán những đặc trưng thống kê ở mục 13.2 và 13.9 là nhằm vào những mục đích sau đây:

- a. Chứng minh những chỉ số vòng năm ở những vị trí khác nhau trên thân cây có quan hệ chặt chẽ với nhau.
- b. Những chỉ số vòng năm ở vị trí đường kính ngang ngực có thể được sử dụng để đánh giá những ảnh hưởng của các yếu tố đại khí hậu và những yếu tố phi khí hậu khác nhau.
- c. Chỉ dẫn cách thức tuyển chọn cây mẫu và hướng khoan mẫu trên thân cây.
- d. Trợ giúp cách thức chọn mô hình thống kê để mô tả quan hệ giữa chỉ số vòng năm với những yếu tố môi trường.
- e. Đề xuất cách thức xử lý dữ liệu từ các chuỗi niên đại vòng năm.
- f. Xây dựng ngân hàng chỉ số vòng năm để sử dụng vào những mục đích khác nhau...

13.10. BIẾN ĐỘNG CỦA VÒNG NĂM GIỮA CÁC LẬP ĐỊA

Ở những phần trên, chúng ta đã xem xét những đặc trưng thống kê của một chuỗi thời gian (vòng năm và chỉ số vòng năm) như trung bình, phương sai, sai tiêu chuẩn, biến động, hệ số tương đồng, hệ số tương quan, tự tương quan và tính nhạy cảm trung bình... Những tham số thống kê này có thể thay đổi, bởi vì chuỗi thời gian trên những cây mẫu có thể khác nhau.

Ở chương 8 và chương 11 đã chỉ ra rằng, những thay đổi trong đặc tính của vòng năm là kết quả trực tiếp không chỉ của sự thay đổi khí hậu, mà còn của sự thay đổi lập địa. Chẳng hạn, lượng mưa thay đổi tùy theo địa hình; sự thay đổi địa hình có ảnh hưởng đến độ ẩm đất; hướng phơi khác nhau có ảnh hưởng đến sự thu nhận bức xạ, lượng mưa, nhiệt độ, gió, bốc hơi nước... Vì các chỉ số vòng năm có quan hệ với sự biến động độ ẩm lập địa, nên chỉ số vòng năm có thể được sử dụng để ước lượng tình trạng của môi trường có ảnh hưởng đến cây gỗ.

Bằng phân tích so sánh những đặc trưng thống kê (trung bình, phương sai, sai tiêu chuẩn, biến động, hệ số tương đồng, hệ số tự tương quan và tính nhạy cảm trung bình...) của những chuỗi chỉ số vòng năm trong cùng một loài hoặc giữa những loài cây khác nhau mọc ở những lập địa khác nhau, chúng ta có thể xác định được ảnh hưởng của địa hình, độ cao và loại đất đến tăng trưởng của cây gỗ. Những nghiên cứu này là rất hữu ích trong khí hậu – thực vật và sinh thái rừng.

Chương 14

ĐỊNH CỠ VÒNG NĂM

14.1. GIỚI THIỆU

Bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ mọc ở những lập địa xấu có biến động rất lớn từ năm này qua năm khác. Sự biến động của bề rộng vòng năm là một hàm số của (hay được xác định bởi) khí hậu và các yếu tố khác của môi trường. Điều đó xảy ra là vì, khi khí hậu thay đổi sẽ kéo theo sự thay đổi của các yếu tố phi khí hậu. Đến lượt mình, sự thay đổi của các yếu tố phi khí hậu lại ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Mức độ quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu tùy thuộc vào (1) biên độ sinh thái của loài, (2) thời gian cây bị phơi ra các yếu tố giới hạn, (3) phạm vi biến động của các yếu tố giới hạn có ảnh hưởng đến tăng trưởng...

Ở những chương trước chúng ta đã thấy rằng, quá trình kiểm soát tăng trưởng của cây gỗ trên lập địa ẩm của vùng khí hậu ôn hòa bị giới hạn ít hơn. Ngược lại, ở những điều kiện lập địa khô những biến động của khí hậu có ảnh hưởng rất lớn đến biến động vòng năm.

Chương 14 xem xét những vấn đề sau đây: (1) những thủ tục xác định biến động bề rộng vòng năm chuẩn hóa trong mối quan hệ với các yếu tố khí hậu, (2) phương pháp xác định mối quan hệ giữa tăng trưởng với điều kiện khí hậu.

14.2. THỦ TỤC ĐỊNH CỠ VÒNG NĂM

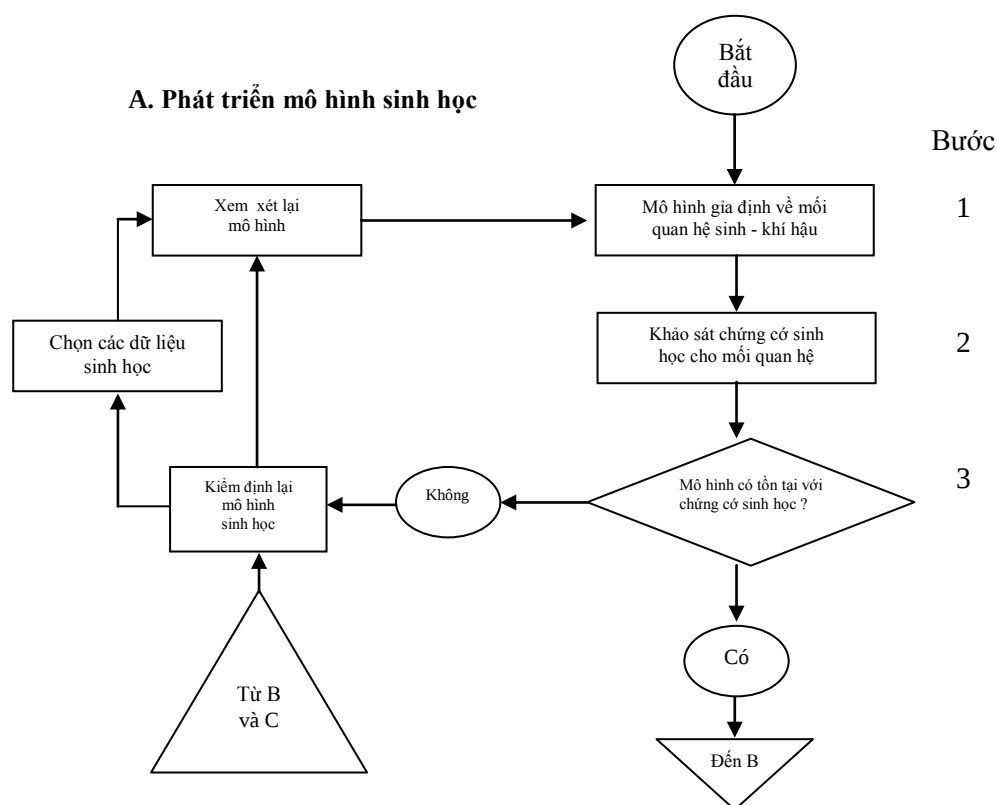
Chúng ta có thể hình dung những biến động trong bề rộng vòng năm giống như biến động độ cao của cột thủy ngân trong nhiệt kế. Theo đó, những biến động trong bề rộng vòng năm được xem như một dụng cụ để đo đặc khoảng cách đều đặn của thời gian hoặc biến động của các biến môi trường theo thời gian. Vì thế, những biến động của bề rộng vòng năm đem so sánh với những điều kiện môi trường có thể biết được mức độ thay đổi của biến môi trường. Biến số ở đây được định nghĩa là một đặc tính hoặc một yếu tố nhận các giá trị khác nhau khi hoàn cảnh thay đổi. Trong trường hợp bề rộng vòng năm, các chỉ số tăng trưởng là các giá trị của một biến số tăng trưởng trên cây gỗ. Trong trường hợp khí hậu, lượng mưa và nhiệt độ không khí trung bình của các tháng trong năm là những giá trị của các biến số khí hậu. Những yếu tố khí hậu thay đổi sẽ tác động và gây ra sự thay đổi bề rộng vòng năm. Phạm vi thay đổi của bề rộng vòng năm (rộng hay hẹp) tùy thuộc vào cường độ và thời gian tác động của các yếu tố khí hậu. Do đó, người ta gọi phạm vi thay đổi của yếu tố khí hậu được cây gỗ ghi lại trên bề rộng vòng năm là sự định cỡ⁽¹⁾. Kết quả định cỡ đo đặc biến động vòng năm tăng lên hoặc giảm xuống tùy theo tập hợp biến khí hậu dùng để ước lượng vòng năm.

Mục đích của định cỡ là xác định sự biến đổi về mặt thống kê của biến động bề rộng năm khi thay đổi biến khí hậu, và ngược lại. Việc định cỡ bề rộng vòng năm có thể thu được bằng nhiều cách. Thủ tục đơn giản nhất là sử dụng một

¹ Calibration

biến hữu ích để xác định bản chất của mối quan hệ. Một số phương pháp phức tạp hơn sử dụng các thống kê để xác định những mối quan hệ dựa trên nhiều biến số. Trong trường hợp này, bắt đầu từ nhiều biến, thủ tục thống kê sẽ chọn lựa những biến có ý nghĩa và loại bỏ dần những biến kém ý nghĩa.

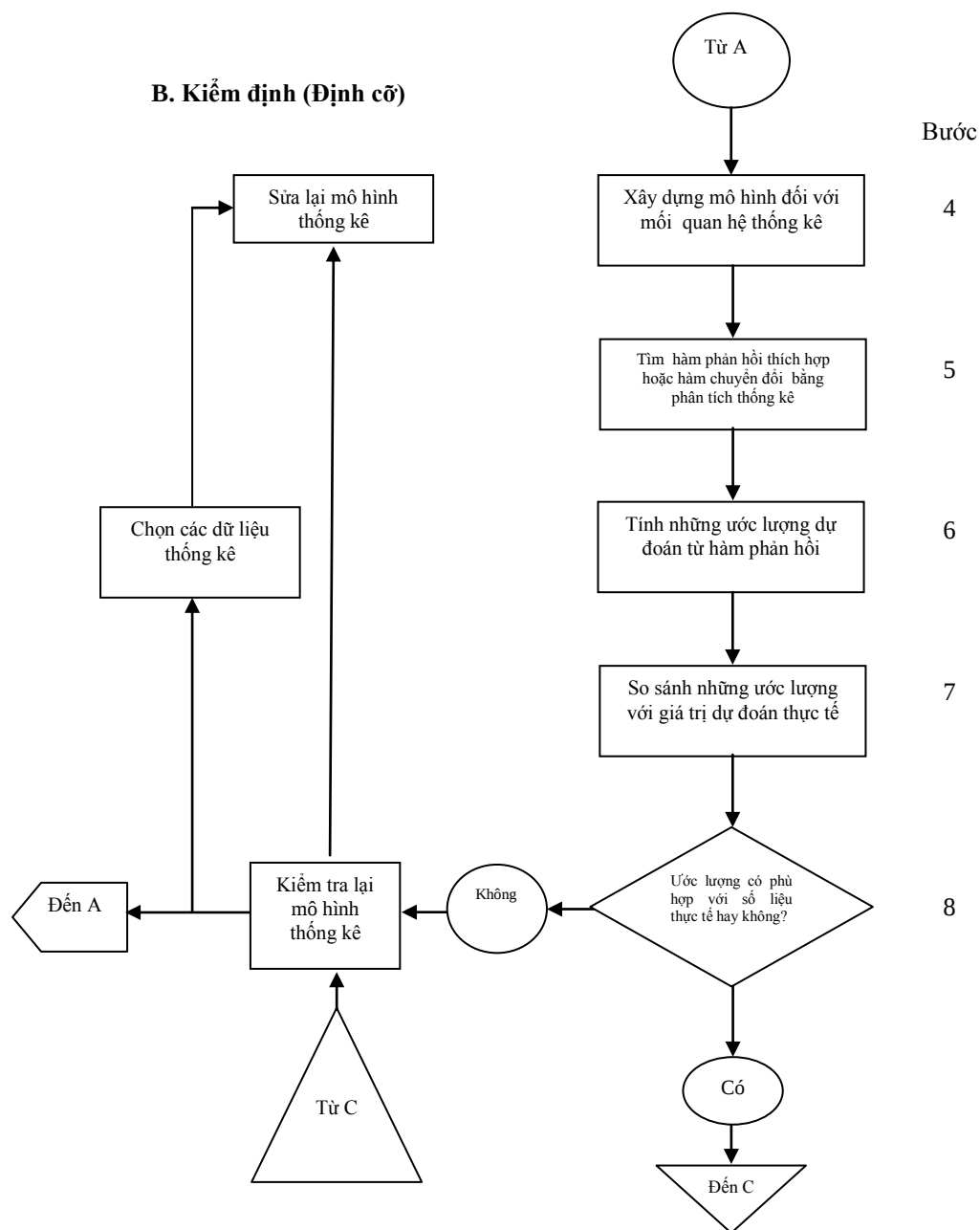
Tất cả thủ tục định cỡ bao gồm một số mô hình mô tả hoặc xác định mối liên hệ giữa quá trình sinh học với khí hậu. Số lượng mô hình đã chỉ ra ở **chương 12**. Chương này có nhiệm vụ làm đơn giản hóa các mô hình và định lượng chúng.



Hình 14.1 (a). Biểu đồ dòng mô tả các bước xác định mối quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động khí hậu (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

14.2.1. Mô hình sinh học

Phần A của hình 14.1a là một biểu đồ dòng mô tả tóm tắt nhiệm vụ phát triển các mô hình sinh học. Trước hết, chúng ta giả định một số mối liên hệ sinh – khí hậu (**bước 1**). Chẳng hạn: (1) bề rộng vòng năm phụ thuộc vào độ ẩm đất, còn độ ẩm đất lại phụ thuộc vào lượng mưa của một số tháng trong năm; (2) bề rộng vòng năm phụ thuộc vào số giờ mà nhiệt độ đảm bảo cho quang hợp của cây...

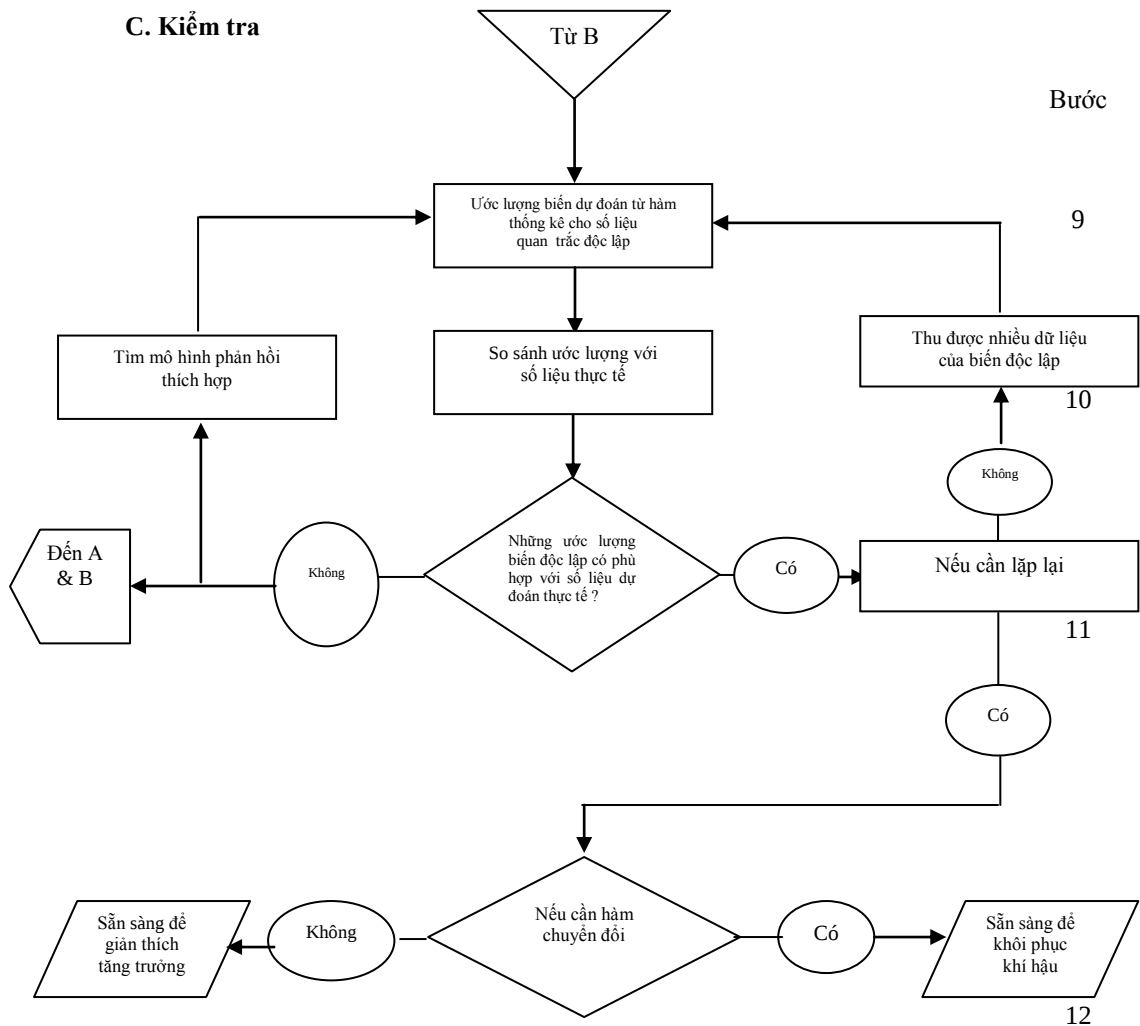


Hình 7.1 (b). Biểu đồ dòng mô tả các bước xác định mối quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động khí hậu (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

Nhà nghiên cứu có thể giả định một mô hình cụ thể nào đó. Kế đến, khảo sát số liệu và kiểm định số liệu bằng thực nghiệm hoặc bằng những chứng cứ thu thập ở thực địa (**Hình 14.1a, bước 1, 2 và 3**). Nếu thiếu những thông tin sinh học cho mỗi quan hệ, nhà nghiên cứu có thể chọn nhiều số liệu trước khi kiểm định mô hình khác. Nếu thông tin sinh học không phù hợp với mô hình, nhà nghiên cứu cần xem xét lại giả định, chỉnh sửa lại mô hình và kiểm định lại mối liên hệ mới (**bước 2 và 3**). Khi thông tin phù hợp với mô hình sinh học giả định, nhà nghiên cứu sẽ sử dụng mô hình này để xây dựng mô hình thống kê dùng cho việc kiểm định hay định cỡ (**phần B, Hình 14.1b**).

14.2.2. Mô hình thống kê

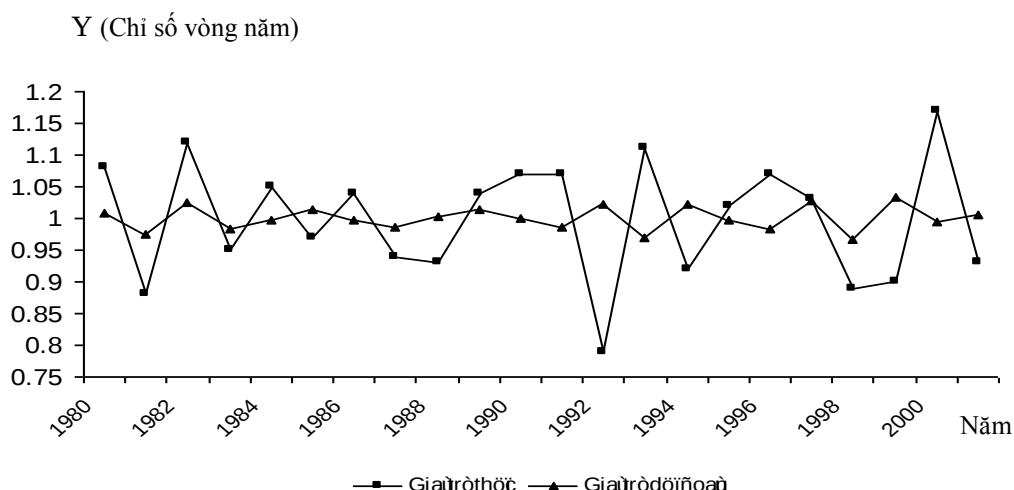
Mô hình thống kê được xây dựng nhằm mục đích mô tả những đặc trưng của mô hình sinh học. Mô hình thống kê là một dạng đơn giản hoá mối quan hệ giữa tăng trưởng với những biến khí hậu. Khi thay những biến tăng trưởng và khí hậu vào mô hình, chúng ta sẽ nhận được những ước lượng (Hình 14.1b, bước 4, 5, 6, 7). Nếu mô hình thống kê giống với mối quan hệ thực tế, thì những biến động trong những giá trị tính toán từ mô hình (số đo lý thuyết hay ước lượng) sẽ giống với những giá trị mẫu (số đo thực tế).



Hình 14.1 (c). Biểu đồ dòng mô tả các bước xác định mối quan hệ giữa biến động vòng năm với biến động khí hậu (Phỏng theo Fritts H. C, 1971).

Trong ví dụ mối quan hệ giữa tăng trưởng với lượng mưa, chúng ta có thể giả định mối quan hệ tuyến tính giữa tăng trưởng và tổng lượng mưa trong những tháng nào đó. Lượng mưa hàng tháng được tập hợp theo năm và so sánh với số đo tăng trưởng hàng năm. Trong ví dụ sử dụng nhiệt độ và tăng trưởng, nhiệt độ đo đạc ở trạm khí tượng được so sánh với số đo tăng trưởng.

Những giá trị bề rộng vòng năm được tính toán từ mô hình thống kê là những ước lượng của tăng trưởng. Trong những ví dụ này, tài liệu khí tượng là biến quan trắc (biến độc lập hay biến giải thích), còn tăng trưởng thực là biến dự đoán hay biến phụ thuộc (Hình 14.1b, bước 6, 7 và 8). Trong thống kê, thuật ngữ biến quan trắc và ước lượng được sử dụng để biểu thị tương ứng số liệu thống kê đầu vào và kết quả thống kê đầu ra. **Biến dự đoán** là số liệu thực tế mà những ước lượng đem so sánh. Những sai khác (chênh lệch) giữa những giá trị dự đoán thực tế và những giá trị ước lượng được gọi là những sai lệch. Những sai lệch mô tả biến động của hệ thống và những dấu hiệu không đưa vào mối quan hệ thống kê.



Hình 14.2. Giá trị thực tế và giá trị dự đoán của bề rộng vòng năm từ hàm phản hồi ở loài thông ba lá (*Pinus kaysia*)

Những hệ số của mô hình thống kê kết hợp với các biến quan trắc để tạo ra những ước lượng được gọi là hàm phản hồi hoặc hàm chuyển đổi (Hình 14.1b, bước 5). Hàm phản hồi biểu thị những ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng cây gỗ. Những hệ số của hàm phản hồi kết hợp với chỉ tiêu khí hậu được dùng để ước lượng tăng trưởng. Những hệ số của hàm phản hồi phản ánh cây gỗ “phản hồi lại” khí hậu như thế nào.

Khác với hàm phản hồi, hàm chuyển đổi biểu diễn biến động khí hậu theo biến động của các chuỗi niên đại vòng năm. Trong hàm chuyển đổi, số liệu khí hậu là biến số dự đoán, còn niên đại vòng năm là biến số quan trắc (biến độc lập hay biến giải thích). Ở đây những ghi nhận tăng trưởng của cây gỗ (thông qua bề rộng vòng năm) được “chuyển thành” những dữ liệu khí hậu. Hàm chuyển đổi cũng bao gồm một tập hợp hệ số khác nhau được sử dụng để ước lượng khí hậu từ những giá trị bề rộng vòng năm. Những hệ số của hàm chuyển đổi kết hợp với chỉ số vòng năm được dùng để ước lượng khí hậu. Cần lưu ý rằng, vì khí hậu của một năm nhất định có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ sau một số năm, do đó hàm chuyển đổi có thể được xây dựng từ một số chỉ số vòng năm sau khi khí hậu xuất hiện. Ngoài ra, vì chuỗi vòng năm có thể có hiện tượng tự tương quan, do đó hàm chuyển đổi cũng có thể bao gồm một số chỉ số vòng năm của những năm trước khi khí hậu xuất hiện. Nói chung, thủ tục xây dựng hàm chuyển đổi cũng

được thực hiện bằng phân tích hồi quy đa biến giống như hàm phản hồi. Hàm chuyển đổi có thể đơn giản, nhưng cũng có thể rất phức tạp. Điều đó tùy thuộc vào số lượng niên đại được sử dụng để xây dựng hàm chuyển đổi.

Ở hình 14.2 dẫn một ví dụ mô tả biến động của những chỉ số vòng năm thực tế ở loài thông ba lá (*Pinus kaysia*) và những chỉ số vòng năm dự đoán từ hàm phản hồi. Ở ví dụ này, chỉ số vòng năm dự đoán được ước lượng từ mối quan hệ giữa biến động chỉ số bề rộng vòng năm (Y) với biến động chỉ số thủy nhiệt tháng 9 (X) ở Đà Lạt. Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 0,821 + 0,179 \cdot X; \quad (14.1)$$

$$r = 0,54; t_a = 12,66 (P < 0,01); t_b = 2,84 (P < 0,01).$$

Ở bước 6, chúng ta sử dụng hàm phản hồi để ước lượng biến dự đoán. Kết quả nhận được đem so sánh với giá trị thực tế (**bước 7**). Khi số liệu thực tế và số liệu dự đoán phù hợp với nhau, thì đồ thị mô tả quan hệ giữa chúng là một đường thẳng đi qua gốc tọa độ. Nếu điều vừa nói không thỏa mãn (**Hình 14.1b, bước 8**), thì việc định cỡ bị bác bỏ, và chúng ta cần phải xem xét lại mô hình sinh học, mô hình thống kê hoặc cả hai. Khi giá trị ước lượng của biến dự đoán phù hợp với số liệu thực tế, thì bước kế tiếp là kiểm tra (**phần C, Hình 14.1c, bước 9**).

14.2.3. Kiểm tra

Kiểm tra thu được bằng việc sử dụng số liệu từ phân tích định cỡ. Những hệ số của hàm định cỡ được áp dụng vào một tập hợp số liệu dự đoán cho một khoảng thời gian khác nhau, cho một trạm khí tượng, hoặc cho những cây mà từ đó đã tính mỗi liên hệ định cỡ. Số liệu sử dụng trong định cỡ đầu tiên được gọi là một tập hợp phụ thuộc, còn số liệu sử dụng để kiểm tra là một tập hợp độc lập.

Việc kiểm tra được tiến hành nhằm xác định những ước lượng nhận được từ tập hợp biến quan trắc độc lập có giống với tập hợp biến dự đoán độc lập hay không. Thủ tục này có thể được lặp lại nhiều lần; điều đó tùy thuộc vào số liệu dự đoán có phù hợp với số liệu kiểm tra độc lập hay không (**Hình 14.1c, bước 11**). Nếu mỗi quan hệ giữa biến quan trắc độc lập và biến dự đoán độc lập phù hợp với nhau, thì việc định cỡ được chấp nhận. Đến đây chúng ta có thể sử dụng mối liên hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu để khôi phục khí hậu quá khứ hoặc để giải thích tăng trưởng (**Hình 14.1c, bước 12**).

14.3. VAI TRÒ CỦA THỐNG KÊ VÀ KÍCH THƯỚC MẪU

Việc định cỡ thành công hay thất bại phụ thuộc rất lớn vào việc chọn mô hình thống kê và kích thước mẫu. Để việc định cỡ thành công theo mong đợi, mô hình thống kê phải được xác lập trên những tập hợp biến có quan hệ chặt chẽ với nhau. Bề rộng vòng năm có quan hệ không chỉ với những yếu tố khí hậu, mà còn với những yếu tố phi khí hậu. Bề rộng vòng năm cũng không ổn định, mà thay đổi tùy thuộc vào cây mẫu, tuổi cây và vị trí của cây trong lập địa. Vì thế, việc thu mẫu vòng năm để xác định mối liên hệ với những biến khí hậu là việc làm rất quan trọng. Khi biến động vòng năm ở những cây mẫu giống nhau, thì giá trị

trung bình của vòng năm là có ý nghĩa. Ngược lại, khi biến động vòng năm ở những cây mẫu không giống nhau, thì giá trị trung bình của vòng năm được tính từ nhiều cây gỗ là không có ý nghĩa.

Theo lý thuyết thống kê, mẫu lớn làm giảm biến động của giá trị trung bình. Mặc dù vậy, nhiều nghiên cứu trong khí hậu thực vật đã chỉ ra rằng, việc gia tăng kích thước mẫu không phải lúc nào cũng có lợi. Chẳng hạn, khi tăng kích thước mẫu từ 5 cây lên 10 cây, thì tín hiệu sẽ gia tăng và biến động sẽ giảm nhiều hơn so với việc tăng kích thước mẫu từ 15 lên 20 cây. Cần lưu ý rằng, trong các nghiên cứu khí hậu thực vật điều quan trọng là chọn được những cây mẫu phản ánh rõ biến động của khí hậu. Để đạt được mục đích này, số lượng cây mẫu có thể chỉ là một hoặc một số ít cây.

14.4. CHỌN NHỮNG MÔ HÌNH THỐNG KÊ

Mô hình thống kê cho các hàm phản hồi bao gồm một vài trọng số (hệ số) kết hợp với số liệu của biến khí hậu trung bình tháng hoặc trung bình mùa (một số tháng). Nhiều nghiên cứu cho thấy, bề rộng vòng năm phản ứng không rõ rệt với những biến khí hậu trung bình năm. Mỗi trọng số của hàm phản hồi nhân với tài liệu khí hậu, kết quả tập hợp lại để thu được các ước lượng tăng trưởng. Nếu hàm phản hồi phù hợp với thực tế, thì kết quả sẽ mở rộng cho những năm khác có điều kiện khí hậu tương tự. Đối với những trường hợp mà các điều kiện khí hậu gần với giá trị trung bình, kết quả tăng trưởng nhận được sẽ gần với giá trị trung bình.

Nhiều mô hình dự đoán tăng trưởng đã rất thành công trên cơ sở mối quan hệ giữa tăng trưởng với các biến lượng mưa hàng tháng, nhiệt độ hàng tháng, cân bằng nước hàng tháng, số ngày trong mùa sinh trưởng và nhiều yếu tố khác kiểm soát tăng trưởng. Thông thường có rất nhiều mô hình về mối quan hệ giữa tăng trưởng với các biến khí hậu. Tuy nhiên, thông qua kiểm định thống kê chúng ta cần phải chọn được những mô hình hữu ích nhất. Mô hình thống kê hữu ích nhất là mô hình phản ánh đầy đủ mối quan hệ giữa tăng trưởng với các biến khí hậu. Cần nhận thấy rằng, sự thành công của mô hình phần lớn phụ thuộc vào trình độ nhận thức của nhà nghiên cứu. Nói chung, trước hết nhà nghiên cứu có thể bắt đầu từ những mô hình đơn giản, sau đó tiến dần đến những mô hình phức tạp hơn.

Dựa vào số liệu quan trắc sản lượng vải của 11 vụ (từ 1970 – 1980) ở Phú Hộ của Vũ Công Hậu (1980), **Nguyễn Văn Thêm (2002)** đã xây dựng 14 mô hình biểu diễn mối quan hệ giữa chỉ số sản lượng vải với các chỉ số khí hậu (**Bảng 14.1 và 14.2**).

Tăng trưởng của cây gỗ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác nhau, trong đó bao gồm cả yếu tố khí hậu lẫn các yếu tố phi khí hậu. Sinh trưởng của một loài cây gỗ có thể phụ thuộc rất chặt chẽ vào điều kiện khí hậu của tháng này, nhưng phụ thuộc rất yếu vào điều kiện khí hậu của tháng khác. Đôi khi tăng trưởng của năm này phụ thuộc rất chặt chẽ vào điều kiện của một số tháng nào đó, nhưng tăng trưởng của năm khác lại phụ thuộc vào điều kiện khí hậu của các tháng khác. Điều tương tự cũng xảy ra ở những loài cây gỗ khác nhau. Ngoài ra, những loài cây gỗ khác nhau mọc trong cùng một điều kiện khí hậu có phản ứng với các yếu tố môi trường (khí hậu, phi khí hậu) không giống nhau. Ngay trong cùng một loài cây, những cá thể mọc ở những địa hình và đất khác nhau cũng phản ứng khác

nhau với khí hậu vùng. Điều đó cho thấy, việc chọn mô hình thống kê để diễn tả mối quan hệ giữa tăng trưởng với các yếu tố kiểm soát tăng trưởng (khí hậu, phi khí hậu) là rất phức tạp. Vì thế, nhà nghiên cứu cần phải linh hoạt trong việc chọn lựa các mô hình thống kê.

Bảng 14.1. Tương quan giữa chỉ số sản lượng Vải với các chỉ số khí hậu ở khu vực Phú Hộ tỉnh Phú Thọ

TT	Quan hệ giữa chỉ số sản lượng vải (Y) với:	Phương trình hồi quy
1	Tổng nhiệt độ từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = 21,9154 - 20,8261X$ $r = -0,695$, $F = 6,56$ với $P < 0,05$
2	Tổng nhiệt độ tháng 11 năm trước và tháng 2, 3 năm sau (X)	$Y = 19,1756 - 18,0346X$ $r = -0,819$, $F = 14,31$ với $P < 0,05$
3	Tổng lượng mưa từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = 4,3070 - 3,1490X$ $r = -0,832$, $F = 15,7$ với $P < 0,005$
4	Tổng lượng mưa tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau (X)	$Y = 3,2735 - 2,0534X$ $r = -0,869$, $F = 21,17$ với $P < 0,005$
5	Tổng số giờ nắng từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = -2,0292 + 3,0787X$ $r = +0,732$, $F = 8,1$ với $P < 0,05$
6	Tổng số giờ nắng từ tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau (X)	$Y = -0,7963 + 2,0104X$ $r = +0,732$, $F = 8,1$ với $P < 0,05$

Bảng 14.2. Tương quan đa biến giữa chỉ số sản lượng vải (Y) với các chỉ số khí hậu từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau ở Phú Hộ

TT	Quan hệ giữa chỉ số sản lượng vải (Y) với:	Phương trình hồi quy
1	Nhiệt độ tháng 11 = X_1 , Mưa tháng 11 = X_2 và nắng tháng 11 = X_3)	$Y = 15,2587 - 15,8531X_1 - 0,3760X_2 + 2,1374X_3$ $R = 0,942$, $F = 13,3$; $P < 0,005$
2	Mưa tháng (11 = X_1 , 12 = X_2 và 1 = X_3)	$Y = 3,8309 - 0,3549X_1 - 0,7951X_2 - 0,7951X_3$ $R = 0,940$, $F = 12,7$; $P < 0,008$
3	Nắng tháng (11 = X_1 , 12 = X_2 và 1 = X_3)	$Y = -3,2621 + 3,2296X_1 + 1,5144X_2 - 1,1804X_3$ $R = 0,902$, $F = 7,35$; $P < 0,05$
4	Lượng mưa tháng (11 = X_1 và 12 = X_2); nhiệt độ tháng (11 = X_3 và 12 = X_4)	$Y = -0,3319 - 0,1739X_1 - 0,5376X_2 + 1,5783X_3 + 0,6586X_4$ $R = 0,928$, $F = 6,24$; $P < 0,05$
5	Tổng lượng mưa (X_1) và tổng số giờ nắng (X_2) từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau	$Y = 1,8243 - 2,3137X_1 + 1,6244X_2$ $R = 0,891$, $F = 11,5$; $P < 0,008$
6	Tổng lượng mưa (X_1), tổng số giờ nắng (X_2) và tổng nhiệt độ (X_3) từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau	$Y = 5,6996 - 3,2181X_1 + 1,7048X_2 + 8,3543X_3$ $R = 0,90$, $F = 7,1$; $P < 0,05$
7	Hệ số thủy nhiệt của 3 tháng $X = (11, 12, 1)$	$Y = 3,3129 - 2,0953X$ $r = -0,869$, $F = 21,7$; $P < 0,002$
8	Hệ số thủy nhiệt của 5 tháng $X = (11 \div 3)$	$Y = 5,1663 - 4,0162X$ $r = -0,840$, $F = 16,7$; $P < 0,004$

14.5. TÍNH ĐA DẠNG TRONG VIỆC CHỌN BIẾN SỐ

Kết quả của một mô hình diễn tả mối quan hệ giữa tăng trưởng với các yếu tố khí hậu phụ thuộc vào việc chọn khoảng thời gian trong năm. Nếu chọn các khoảng thời gian khác nhau, thì mô hình sẽ nhận các kết quả khác nhau. Khi nghiên cứu tăng trưởng của cây gỗ trên lập địa khô hạn, Glock (1950) đã chọn

những biến khí hậu rơi vào những thời kỳ như sau: tháng 4, tháng 5, tháng 6, tháng 7, tháng 8, tháng 11 năm trước đến tháng 5 năm sau, tháng 2 - 5, tháng 2 - 8, tháng 3 - 4, tháng 3 - 6, tháng 3 - 7, tháng 5 - 6, tháng 5 - 7, tháng 5 - 8... Khi nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng đường kính của loài *Quercus* ở West Virginia, Tryon và True (1958) đã sử dụng thời kỳ mưa rơi vào các tháng như sau: (1) mùa sinh trưởng năm hiện tại (tháng 5 - 6, tháng 5 - 7, tháng 5 - 8), (2) mùa sinh trưởng của năm trước (tháng 7 - 8, tháng 7 - 12). Fritts (1969) đã nghiên cứu quan hệ giữa tăng trưởng với các yếu tố lượng mưa và nhiệt độ của từng tháng trong năm và tập hợp các tháng 7 - 11, tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau, tháng 4 - 6... Khi nghiên cứu quan hệ giữa bề rộng vòng năm của loài *Pinus halepensis* ở Southern France với khí hậu, Serre (1966) đã phân tích những biến sau đây: số năm liên tiếp từ 1 - 21; số ngày sau ngày 01 tháng 02 khi thời kỳ mùa hè khô bắt đầu; số ngày sau ngày 01 tháng 02 khi thời kỳ mùa hè khô kết thúc; số ngày sương giá từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau; tổng lượng mưa mùa khô; tổng lượng mưa mùa ẩm.

Một số nghiên cứu còn hướng vào các yếu tố phi khí hậu khác như sự lên xuống của mực nước hồ, sự thiếu hụt độ ẩm đất. Glock (1950) và Schulman (1956) đã nghiên cứu quan hệ giữa các chỉ số tăng trưởng vòng năm với chỉ số khí hậu, trong đó các chỉ số được tính trung bình trượt ba năm với trọng số của số trung tâm lớn hơn trọng số của hai số biên là hai lần. Thông thường tăng trưởng bề rộng vòng năm được đưa vào phân tích là trị trung bình của nhiều cây gỗ. Nhưng Phipps (1972) chỉ sử dụng bề rộng vòng năm bất thường trên nhiều cây gỗ để xem xét quan hệ với khí hậu.

14.6. KỸ THUẬT ĐA BIẾN SỐ

14.6.1. Giới thiệu

Ở chương 12 đã chỉ ra rằng, tăng trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng của rất nhiều nhân tố khác nhau (khí hậu và phi khí hậu). Một nhân tố sinh thái nào đó ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ cũng thay đổi theo thời gian. Điều đó xảy ra là do sự thay đổi nhu cầu sống của cây và do ảnh hưởng phối hợp của nhiều yếu tố môi trường khác nhau. Chẳng hạn, ảnh hưởng của nước về mùa mưa đến cây gỗ khác với mùa khô, vì mùa khô nhiệt độ không khí cao hơn. Mặt khác, ảnh hưởng của yếu tố khí hậu này cũng phụ thuộc vào yếu tố khí hậu khác trong năm. Chẳng hạn, nhiệt độ không khí thay đổi tùy theo lượng mưa cao hay thấp. Do đó, nhà nghiên cứu cần phải chọn lựa những biến hữu ích nhất để đưa vào mô hình biểu thị mối quan hệ giữa tăng trưởng với những yếu tố khí hậu.

Kỹ thuật tương quan và thống kê đa biến cho phép xác định những biến hữu ích nhất để biểu thị mối quan hệ giữa tăng trưởng với những yếu tố khí hậu. Để làm rõ những biến hữu ích, trước hết nhà nghiên cứu có thể bắt đầu từ việc phân tích tương quan đơn. Nhưng tương quan đơn không phải lúc nào cũng có giá trị trong việc xem xét quan hệ giữa tăng trưởng với khí hậu, bởi vì các biến khí hậu luôn có quan hệ chặt chẽ với nhau. Do đó, tương quan đơn có một giới hạn là không tách biệt được hiện tượng cộng tuyến tính giữa các biến trong hệ thống khí hậu. Cần nhận thấy rằng, tương quan dương trong các biến khí hậu có thể làm

tăng quan hệ đơn giữa một số yếu tố không có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Ngược lại, tương quan âm trong các biến khí hậu có thể làm giảm quan hệ đơn giữa một số yếu tố có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Một cách tốt nhất để loại bỏ ảnh hưởng của hiện tượng cộng tuyến tính là sử dụng tương quan và hồi quy đa biến. Bằng thủ tục loại bỏ dần từng biến, kết quả sẽ nhận được những biến khí hậu phản ánh chính xác mối quan hệ với tăng trưởng. Nói chung việc tính toán hồi quy đa biến là một thủ tục rất phức tạp. Bạn đọc có thể tham khảo lý thuyết hồi quy và tương quan đa biến trong các sách thống kê toán học. Ngày nay thủ tục phân tích hồi quy và tương quan đa biến có thể được thực hiện rất dễ dàng nhờ những phần mềm thống kê như Statgraphics Plus Version 3.0 – 5.1, SPSS, MINITAB...

14.6.2. Tương quan và hồi quy đa biến

Tương quan và hồi quy đa biến sử dụng một thủ tục thống kê để làm rõ quan hệ giữa các biến số sao cho phương trình thu được giải thích rõ ảnh hưởng của mỗi biến dự đoán (biến độc lập, biến giải thích) đến biến phản hồi (biến phụ thuộc, ở đây là tăng trưởng của cây gỗ). Mô hình thống kê giả định mối quan hệ giữa tăng trưởng vòng năm với các biến khí hậu có dạng:

$$Y = b_0 + b_1x_{1t} + b_2x_{2t} + \dots + b_mx_{mt}; \quad (14.2)$$

trong đó:

Y = biến phản hồi (biến phụ thuộc), thay đổi từ năm t đến mt ;

$b_1, b_2, \dots, b_m$ = hệ số hồi quy (hệ số hồi quy riêng phần);

$x_1, x_2, \dots, x_m$ = biến dự đoán;

b_0 = tỷ lệ của phương trình so với trị trung bình của biến phụ thuộc.

Các hệ số của **phương trình 14.2** được xác định bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Bạn đọc có thể tham khảo lý thuyết hồi quy và tương quan đa biến trong các sách thống kê toán học. Dưới đây giới thiệu các bước thực hành phân tích tương quan và hồi quy tuyến tính đa yếu tố với sự trợ giúp của phần mềm thống kê SPSS.

Bước 1. Thăm dò mối quan hệ đơn giữa Y với các X_i và xác định sơ bộ những biến X_i đưa vào mô hình. Mục đích của thủ tục này là nhằm xác định tương quan giữa Y với các X_i và tương quan giữa các X_i với nhau thông qua một ma trận tương quan. Ở bước này, những hệ số tương quan cao giữa biến Y với X_i sẽ được chọn, bởi vì chúng có ảnh hưởng lớn đến kết quả phân tích hồi quy và mô hình dự đoán.

Bước 2. Phân tích hồi quy tuyến tính bội. Mục đích của bước này là nhằm tính các hệ số hồi quy riêng phần, kiểm định quan hệ tuyến tính giữa biến Y với các biến X_i , xác định các hệ số hồi quy và kiểm định cộng tuyến tính.

a. Xác định tầm quan trọng của từng biến X_i trong mô hình. Nội dung này được giải quyết bằng cách phân tích các hệ số hồi quy chuẩn hoá, các hệ số tương quan trật tự không, hệ số tương quan riêng phần hay cục bộ và hệ số tương quan từng phần.

Hệ số hồi quy chuẩn hoá Beta được đưa vào nhằm xác định mức ý nghĩa của từng biến X_i trong mô hình. Các hệ số hồi quy chuẩn hoá mô tả hồi quy giữa biến chuẩn hoá Y với các biến chuẩn hoá X_i . Bởi vì các hệ số hồi quy từng phần B_k (mỗi hệ số được điều chỉnh theo các biến độc lập khác) là các hệ số không được chuẩn hoá (nghĩa là chúng được đo đạc bằng các thang đo khác nhau), nên chúng không thể giải thích rõ tầm quan trọng của từng biến trong mô hình. Hệ số chuẩn hoá Beta tính theo công thức: $Beta_k = B_k(S_k/S_y)$; trong đó B_k là hệ số hồi quy từng phần của biến k , S_k – độ lệch chuẩn của biến độc lập thứ k , S_y – độ lệch chuẩn của biến Y . Cần nhận thấy rằng, hệ số $Beta_k$ và hệ số B_k đều phụ thuộc không chỉ vào số lượng biến số đưa vào mô hình, mà còn bởi quan hệ giữa các biến độc lập. Vì thế, chúng phản ánh vẫn chưa chính xác tầm quan trọng của từng biến số độc lập.

Hệ số tương quan trật tự không là hệ số tương quan giữa Y với từng X_i nhưng chưa loại bỏ ảnh hưởng tuyến tính của các biến độc lập khác. Các hệ số tương quan này cũng phản ánh không chính xác tầm quan trọng của từng biến số độc lập.

Hệ số tương quan từng phần và hệ số tương quan riêng phần đo ảnh hưởng của từng biến độc lập trong mô hình. Hệ số tương quan từng phần đo mức độ quan hệ giữa biến phụ thuộc Y với biến số độc lập thứ i sau khi đã loại bỏ ảnh hưởng tuyến tính của các biến độc lập khác đối với biến số độc lập thứ i . Hệ số tương quan riêng phần đo mức độ quan hệ giữa biến phụ thuộc Y với biến độc lập thứ i sau khi đã loại bỏ ảnh hưởng tuyến tính của các biến độc lập khác đối với cả biến phụ thuộc Y lẫn biến độc lập thứ i .

Bình phương của hệ số tương quan từng phần tính theo công thức:

$$R^2_{\text{change}} = R^2 - R^2_{(i)} \quad (14.3)$$

Bình phương của hệ số tương quan riêng phần tính theo công thức:

$$P_{Ri}^2 = \frac{(R^2 - R^2_{(i)})}{(1 - R^2_{(i)})} \quad (14.4)$$

Trong công thức 14.3 và 14.4, R^2 là bình phương của hệ số tương quan bội khi mô hình bao gồm tất cả các biến X_i ; $R^2_{(i)}$ là bình phương của hệ số tương quan bội khi tất cả các biến đều được đưa vào mô hình trừ biến i . Bởi vì mẫu số của $P_{Ri}^2 \leq 1$, nên $P_{Ri}^2 > R^2_{\text{change}}$.

b. Thống kê cộng tuyến tính. Thống kê cộng tuyến tính đo mức độ quan hệ tuyến tính giữa các biến độc lập. Để đo mức độ cộng tuyến tính, người ta sử dụng thống kê độ chấp nhận và yếu tố khuếch đại phương sai.

Độ chấp nhận của biến $X_i = 1 - R^2_i$; trong đó R^2_i là hệ số tương quan giữa biến độc lập thứ i với các biến độc lập khác. Khi biến độc lập thứ i có quan hệ yếu với các biến độc lập khác, thì độ chấp nhận sẽ lớn. Ngược lại, khi biến độc lập thứ i có quan hệ chặt chẽ với các biến độc lập khác, thì độ chấp nhận sẽ nhỏ. Cần lưu ý rằng, độ chấp nhận của biến thứ i được tính nhằm xác định biến i có ý nghĩa hay không, hay nó có thể được đưa vào mô hình hay không. Tiêu

chuẩn độ chấp nhận mặc định là 0,0001. Vì thế, nếu một biến được đưa vào mô hình, thì độ chấp nhận của nó phải lớn hơn 0,0001.

Yếu tố khuếch đại phương sai của biến X_i (VIF_i) tính theo công thức:

$$VIF_i = 1/[1 - R^2_i] \quad (14.5)$$

Từ công thức 14.5 cho thấy, yếu tố khuếch đại phương sai là trị số nghịch đảo của độ chấp nhận. VIF_i được dùng để tính phương sai cho hệ số hồi quy thứ i . Khi độ chấp nhận nhỏ, thì VIF sẽ lớn. Nói khác đi, khi VIF_i nhận giá trị lớn, thì hệ số hồi quy thứ i biến động mạnh. Sự biến động mạnh của hệ số hồi quy thứ i cho biết biến này có ý nghĩa kém trong mô hình.

Kiểm định cộng tuyến tính được thực hiện theo các số đặc trưng, các chỉ số điều kiện và tỷ lệ đóng góp trong phương sai. Giá trị đặc trưng cho biết số lượng chiều khác nhau giữa các biến độc lập (hay số lượng biến đưa vào mô hình). Khi giá trị đặc trưng ≈ 0 , thì các biến X_i có quan hệ chặt chẽ với nhau. Các chỉ số điều kiện là căn bậc 2 của các tỷ số giữa giá trị đặc trưng lớn nhất với giá trị đặc trưng kế tiếp với từng biến. Nếu chỉ số điều kiện của một biến nào đó lớn hơn 15, thì biến số đó có thể có hiện tượng cộng tuyến tính với những biến khác. Các phần đóng góp trong phương sai là các phần phương sai của những ước lượng được giải thích bởi từng bộ phận có liên quan đến từng trị số đặc trưng. Nếu một biến số nào đó có hiện tượng cộng tuyến tính với các biến độc lập khác, thì phần đóng góp của nó trong phương sai của các biến khác sẽ lớn.

Bước 3. Xây dựng mô hình hồi quy tuyến tính bội. Sau khi chọn được những biến dự đoán (độc lập) có quan hệ chặt chẽ với biến phụ thuộc, bước tiếp theo là xây dựng mô hình và chọn mô hình phù hợp. Nhưng trước khi nghiên cứu những thủ tục xây dựng mô hình, chúng ta cần phân tích những thông số thống kê của các biến được đưa vào mô hình hồi quy và các biến không được đưa vào mô hình hồi quy.

Những biến được đưa vào mô hình và những biến bị loại ra khỏi mô hình. Khi có nhiều biến độc lập (dự đoán) được chọn để xây dựng mô hình, chúng ta cần phải biết những biến nào sẽ tạo ra một mô hình tốt. Để chọn được những biến đưa vào mô hình và những biến bị loại ra khỏi mô hình, người ta sử dụng phương pháp chọn biến từng bước. Mục đích của chọn biến từng bước là nhằm xác định những biến dự đoán hữu ích để đưa vào mô hình. Trước khi xem xét các thủ tục xây dựng mô hình, chúng ta cần phân tích kết quả khi đưa vào hoặc loại bỏ các biến trong mô hình cũng như các thống kê đối với các biến không ở trong mô hình.

Phân tích kết quả những biến đưa vào và những biến bị loại bỏ khỏi mô hình. Một biến được đưa vào mô hình khi nó làm thay đổi đáng kể hệ số R^2 . Để biết một biến đưa vào mô hình có làm thay đổi đáng kể hệ số R^2 hay không, người ta tính hệ số tương quan từng phần (kí hiệu là R^2_{change}). Giả thuyết H_0 cho rằng, giá trị thực của hệ số tương quan từng phần trong tổng thể bằng không, nghĩa là $R^2_{\text{change}} = 0$. Giả thuyết này được kiểm định bằng thống kê F riêng phần (kí hiệu là F_{change}):

$$F_{\text{change}} = \frac{R^2_{\text{change}}(N - p - 1)}{q(1 - R^2)} \quad (14.6)$$

trong đó N là dung lượng mẫu, p là số lượng biến dự đoán (độc lập), q là số lượng biến được đưa vào mô hình ở từng bước, R^2 là bình phương của hệ số tương quan giữa biến phụ thuộc với những biến độc lập ở bước trước.

Khi mức ý nghĩa của F_{change} (viết tắt là Sig. F_{change}) $< \alpha$ ($\alpha = 0,05$ hoặc $0,01$), thì giả thuyết H_0 bị bác bỏ. Lưu ý rằng, giả thuyết mức độ thay đổi của $R^2 = 0$ cũng tương đồng với giả thuyết các $B_i = 0$. Tóm lại, một biến được đưa vào mô hình khi nó làm thay đổi đáng kể hệ số R^2 .

Những thông số thống kê của những biến không ở trong mô hình. Mục đích của việc xem xét những thông số thống kê của những biến không ở trong mô hình là xác định những biến nào sẽ được đưa vào mô hình ở bước tiếp theo. Khi xem xét những biến không được đưa vào mô hình ở từng bước, chúng ta cần chú ý đến các thống kê sau đây: Beta In, t , mức ý nghĩa của t (Sig hay P) và hệ số tương quan riêng phần.

Thống kê Beta In tương ứng với mỗi biến là hệ số hồi quy chuẩn hoá của mỗi biến khi nó được đưa vào mô hình ở bước tiếp theo. Giả thuyết H_0 : Beta In = 0. Giả thuyết này được kiểm định bằng thống kê t . Khi mức ý nghĩa của thống kê t nhỏ ($< 0,05$ hay $0,01$), thì giả thuyết H_0 bị bác bỏ. Khi giả thuyết H_0 bị bác bỏ, thì biến ấy sẽ được đưa vào mô hình ở bước sau.

Số lượng biến dự đoán “tối ưu”. Hệ số xác định đa biến (R^2) được tính theo công thức:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (14.7)$$

trong đó SSR = tổng các chênh lệch bình phương do hồi quy, SSE = tổng các chênh lệch bình phương do sai số, $SST = SSR + SSE$ là tổng các chênh lệch bình phương do hồi quy và do sai số.

Về lý thuyết, khi đưa vào mô hình càng nhiều biến, thì hệ số xác định (R^2) càng cao. Mặt khác, hệ số R^2 sẽ không bao giờ giảm khi các biến dự đoán tiếp tục được đưa vào mô hình. Nhưng một mô hình với nhiều biến số không có nghĩa là nó sẽ phù hợp hơn với tổng thể. Một mô hình với nhiều biến số có thể dẫn đến làm tăng sai số chuẩn của ước lượng. Nguyên nhân là vì mỗi biến số được đo đạc với một sai số nhất định và sai số tích lũy từ nhiều biến. Vì thế, việc xác định những biến dự đoán “tối ưu” là cần thiết. Để đạt được mục đích này, người ta sử dụng hệ số R^2 điều chỉnh¹ ($R^2_{d/c}$). Hệ số $R^2_{d/c}$ được tính theo công thức:

$$R^2_{d/c} = 1 - \left\{ \frac{\frac{SSE}{n - (k + 1)}}{\frac{SST}{n - 1}} \right\} \quad (14.8)$$

trong đó n là số cặp biến Y và X_k , k là số biến dự đoán đưa vào mô hình. Hệ số R^2 điều chỉnh không nhất thiết tăng lên khi đưa thêm một biến vào mô hình. Vì thế, R^2 điều chỉnh là thước đo mức độ phù hợp của các biến độc lập trong mô hình.

¹ Adjusted R^2

Bước 4. Xác định phương pháp chọn biến. Trong phân tích tương quan và hồi quy tuyến tính bội có ba phương pháp chọn biến: (1) phương pháp loại bỏ dần từng biến; (2) phương pháp đưa dần từng biến vào; (3) phương pháp chọn biến từng bước.

a. *Phương pháp loại bỏ dần từng biến*¹. Phương pháp này khởi đầu với tất cả các biến được dự định xây dựng mô hình từ chúng. Sau đó, chương trình sẽ tuần tự loại bỏ dần từng biến thông qua tiêu chuẩn loại trừ². Đây là phương pháp mặc định của chương trình SPSS. Để loại trừ dần từng biến, chương trình SPSS sử dụng hai tiêu chuẩn là giá trị $F_{\min}$ hay F_{ra} và xác suất tối đa của $F_{\min}$.

Theo giá trị $F_{\min}$ hay F_{ra} ³, một biến được để lại trong mô hình khi $F_{\min}$ của nó lớn hơn $F_{\min}$ tiêu chuẩn. Ngược lại, một biến bị loại ra khỏi mô hình khi $F_{\min}$ của nó nhỏ hơn $F_{\min}$ tiêu chuẩn. Giá trị $F_{\min}$ tiêu chuẩn có thể được chỉ định theo yêu cầu của nhà nghiên cứu. Giá trị $F_{\min}$ mặc định là 2,71. Vì thế, khi sử dụng $F_{\min} = 2.71$, thì một biến được để lại trong mô hình nếu $F_{\min} > 2,71$. Ngược lại, khi một biến có $F_{\min} < 2.71$, thì biến đó bị loại ra khỏi mô hình.

Theo xác suất tối đa của $F_{\min}$, một biến được để lại trong mô hình khi xác suất của F tính nhỏ hơn xác suất tiêu chuẩn và ngược lại. Giá trị xác suất tiêu chuẩn mặc định là 0,10.

b. *Phương pháp đưa dần từng biến vào*⁴. Phương pháp này khởi đầu với mô hình không có biến nào. Sau đó, việc chọn những biến đưa vào mô hình sẽ được tiến hành qua nhiều bước. Ở bước thứ nhất, biến dự đoán đầu tiên có tương quan thuận hay nghịch cao nhất với biến phụ thuộc sẽ được đưa vào phân tích. Ở những bước tiếp theo, biến nào có hệ số tương quan cục bộ cao nhất sẽ được đưa dần vào phân tích. Lưu ý rằng, một biến X_i được đưa vào mô hình khi nó làm cho hệ số R^2 thay đổi đáng kể hoặc hệ số $B_i \neq 0$. Giả thuyết $B_i \neq 0$ được kiểm định theo thống kê F. Để biết một biến có được đưa vào mô hình hay không, chúng ta so sánh F tính với F tiêu chuẩn. Chúng ta có thể chỉ định thống kê F theo giá trị tiêu chuẩn F to enter ($F_{vào}$) hoặc xác suất của F to enter⁵. Giá trị mặc định của F to enter hay $F_{vào}$ là 3,84. Vì thế, một biến được đưa vào mô hình khi F tương ứng với nó lớn hơn F tiêu chuẩn, nghĩa là $F_{tính} > F_{to\ enter} = 3,84$. Khi một biến không thỏa mãn điều kiện này, thì biến ấy sẽ bị loại ra ở bước sau. Lưu ý rằng, F to enter tiêu chuẩn có thể được chỉ định theo yêu cầu của nhà nghiên cứu. Xác suất mặc định của F to enter = 0,05. Khi một biến được đưa vào mô hình, thì xác suất (kí hiệu Sig.) tương ứng với F phải nhỏ hơn 0,05 (mặc định) hay một xác suất mà chúng ta chỉ định.

Nếu những điều kiện trên đây thỏa mãn, thì những bước tiếp theo sẽ được thực hiện tiếp. Ngược lại, khi những điều kiện ấy không thỏa mãn, thì việc chọn biến sẽ dừng.

c. *Phương pháp chọn biến từng bước*⁶. Phương pháp này là sự kết hợp giữa hai phương pháp đưa dần vào từng biến độc lập và loại bỏ dần từng biến độc lập. Đây là phương pháp thông dụng nhất hay hữu ích nhất, bởi vì nó cho phép phân

¹ Backward selection

² Removal Criteria

³ F to remove = $F_{\min}$

⁴ Forward Selection

⁵ Probability of F to enter

⁶ Stepwise selection

tích rõ nguyên nhân vì sao biến này được đưa vào mô hình, còn biến kia bị loại bỏ khỏi mô hình. Thủ tục chọn biến từng bước được thực hiện theo trình tự như sau: Trước hết, chương trình bắt đầu chọn biến thứ 1 theo phương pháp chọn dần từng bước. Khi biến thứ 1 thỏa điều kiện vào (F vào – kí hiệu F_{IN} , và xác suất vào - kí hiệu P_{IN}), thì chương trình sẽ tiếp tục chọn biến thứ 2. Biến thứ 2 được chọn là biến có hệ số tương quan riêng phần cao nhất. Những biến khác (3, 4...) cũng được phân tích tương tự như trên.

Khác với thủ tục đưa dần vào từng biến, thủ tục chọn biến từng bước xem xét có nên loại bỏ biến thứ nhất hay không dựa theo tiêu chuẩn F ra (F to remove) hoặc xác suất của F ra. Cách thức này giống như thủ tục loại trừ dần từng biến. Trong những bước kế tiếp, những biến nào chưa đưa vào mô hình sẽ được xem xét để đưa dần vào; đồng thời những biến đã được đưa vào mô hình ở những bước trước sẽ được xem xét lại để loại ra. Khi không còn biến nào thỏa điều kiện bị loại ra, thì chương trình sẽ dừng và kết quả cuối cùng sẽ được báo cáo. Cần lưu ý rằng, một biến có thể được đưa vào và loại ra nhiều lần. Để tránh hiện tượng này, xác suất vào phải nhỏ hơn xác suất ra hay $F_{IN} > F_{OUT}$. Thủ tục sẽ dừng khi không còn biến nào thỏa điều kiện vào và ra.

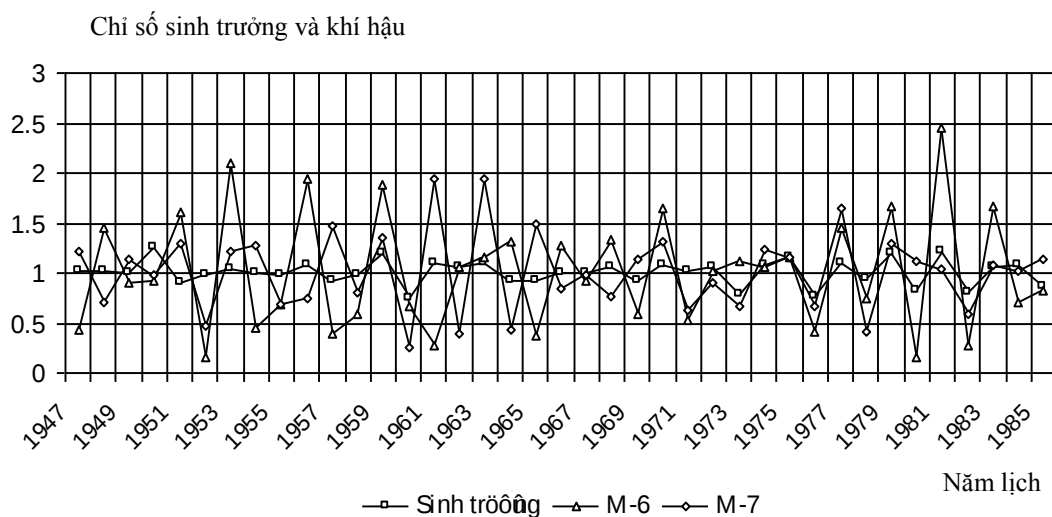
Tóm lại, phân tích hồi quy đa tuyến tính có thể làm rõ ảnh hưởng của mỗi biến khí hậu đến tăng trưởng của cây gỗ. Những ảnh hưởng này được phản ánh thông qua các hệ số hồi quy. Hệ số hồi quy riêng phần chỉ ra ảnh hưởng tương đối của mỗi biến dự đoán (khí hậu) đến biến phụ thuộc (tăng trưởng). Hệ số tương quan đa biến mô tả quan hệ giữa tăng trưởng với các biến khí hậu. Bình phương của hệ số tương quan đa biến nhân với 100 cho biết các biến khí hậu gây ra bao nhiêu phần trăm biến động của tăng trưởng ở cây gỗ. Vì thế, khi hệ số tương quan đa biến càng lớn, thì các biến khí hậu có ảnh hưởng đến tăng trưởng càng lớn. Khi đưa vào mô hình càng nhiều biến, thì hệ số tương quan đa biến càng cao. Nguyên nhân là vì mỗi khi thêm một biến dự đoán vào mô hình, thì biến động và độ tự do của mô hình sẽ giảm. Nhưng một mô hình với nhiều biến số không có nghĩa là nó sẽ phù hợp hơn với tổng thể. Một mô hình nhiều biến số có thể dẫn đến làm tăng sai số chuẩn của ước lượng (dự đoán). Vì thế, việc xác định những biến dự đoán “tối ưu” là việc làm cần thiết. Để đạt được mục đích này, người ta sử dụng hệ số R^2 điều chỉnh.

Để làm rõ kỹ thuật phân tích hồi quy và tương quan đa biến, ở **Bảng 14.3 – 14.9 và hình 14.3** dẫn ví dụ phân tích ảnh hưởng của lượng mưa và nhiệt độ từ tháng 6 đến tháng 8 đến sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* ở khu vực Varonhezơ thuộc nước Nga.

Các chỉ số sinh trưởng đường kính của loài thông *Pinus sylvestris* và các chỉ số khí hậu từ năm 1946 – 1986 được tính trung bình di động ba năm. Từ số liệu của **Bảng 14.3** đã tính ma trận tương quan giữa chỉ số sinh trưởng (ST) của loài thông *Pinus sylvestris* với chỉ số mưa (M) và chỉ số nhiệt độ (T) từ tháng 6 đến tháng 8. Kết quả phân tích tương quan cho thấy, sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* có quan hệ dương chặt chẽ với lượng mưa tháng 6 ($r = 0,523$ với $P < 0,01$), tháng 7 ($r = 0,389$ với $P < 0,05$), tổng lượng mưa từ tháng 6 - 8 ($r = 0,590$ với $P < 0,01$) và hệ số thủy nhiệt tháng 6 – 8 ($r = 0,621$ với $P < 0,01$), quan hệ âm chặt chẽ với nhiệt độ tháng 6-8 ($r = -0,642$ với $P < 0,01$).

Bảng 14.3. Chỉ số sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* và chỉ số mưa (M), nhiệt độ (T) từ tháng 6 đến tháng 8 ở Varonhezơ (Nga)

Năm	Sinh trưởng	Chỉ số mưa tháng:			Năm	Sinh trưởng	Chỉ số mưa tháng:		
		6	7	8			6	7	8
1947	1,02	0,43	1,21	0,44	1967	1,00	0,92	0,98	1,01
1948	1,02	1,45	0,71	0,73	1968	1,06	1,34	0,77	1,34
1949	1,00	0,91	1,14	1,80	1969	0,92	0,59	1,14	0,56
1950	1,25	0,92	0,98	0,49	1970	1,08	1,65	1,32	1,26
1951	0,91	1,61	1,30	0,67	1971	1,01	0,52	0,63	1,26
1952	0,98	0,15	0,47	1,92	1972	1,05	1,01	0,91	0,73
1953	1,04	2,10	1,22	0,39	1973	0,78	1,12	0,67	0,13
1954	1,00	0,45	1,27	1,40	1974	1,08	1,06	1,24	2,07
1955	0,98	0,69	0,69	0,94	1975	1,16	1,15	1,15	0,44
1956	1,07	1,95	0,74	0,56	1976	0,77	0,41	0,67	1,54
1957	0,92	0,39	1,47	1,60	1977	1,09	1,46	1,64	0,71
1958	0,99	0,59	0,80	0,71	1978	0,94	0,75	0,41	1,46
1959	1,19	1,88	1,36	1,24	1979	1,19	1,66	1,30	0,76
1960	0,75	0,67	0,25	0,67	1980	0,82	0,16	1,11	0,46
1961	1,09	0,27	1,94	1,37	1981	1,21	2,45	1,04	1,55
1962	1,06	1,05	0,40	0,93	1982	0,81	0,27	0,58	0,91
1963	1,09	1,15	1,94	1,07	1983	1,06	1,67	1,07	1,07
1964	0,92	1,32	0,43	0,59	1984	1,08	0,70	1,02	0,96
1965	0,92	0,37	1,50	1,55	1985	0,86	0,83	1,13	0,73
1966	1,00	1,27	0,85	0,64					



Hình 14.3. Chỉ số sinh trưởng của loài *Pinus sylvestris* và chỉ số lượng mưa tháng 6 và 7 từ năm 1947 – 1985 ở khu vực Varonhezơ (Nga)

Bảng 14.4. Ma trận tương quan giữa chỉ số sinh trưởng (ST) của loài thông *Pinus sylvestris* với chỉ số mưa (M) và nhiệt độ (T) từ tháng 6 đến tháng 8 ở Varonehzor (Nga)

	Chỉ số khí hậu:						
	M-6	M-7	M-8	M6-8	Tổng lượng mưa tháng 6 - 8	T6-8	Hệ số thủy nhiệt (K_{6-8})
r	0,523 ^{**}	0,389 [*]	0,102	0,590 ^{**}	0,341 [*]	-0,642 ^{**}	0,621 ^{**}
P	0,001	0,014	0,538	0,000	0,034	0,000	0,000
N	39	39	39	39	39	39	39

^{**} Tương quan ở mức ý nghĩa 0,01

^{*} Tương quan ở mức ý nghĩa 0,05

Bảng 14.5. Tóm tắt mô hình thống kê

Mô hình	R	R^2	$R^2_{d/c}$	$\pm S_e$	Thống kê thay đổi:				
					R^2	F	df1	df2	P
1	0,523 ^a	0,273	0,253	0,1047	0,273	13,902	1	37	0,001
2	0,621 ^b	0,386	0,352	0,0976	0,113	6,611	1	36	0,014
3	0,641 ^c	0,411	0,360	0,0969	0,025	1,463	1	35	0,235

a. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6)

b. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6), mưa tháng 7 (M-7)

c. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6), mưa tháng 7 (M-7), mưa tháng 8 (M-8)

Bảng 14.6. Phân tích biến động (ANOVA)

Mô hình		SS	df	MS	F	P
1	Hồi quy	0,152	1	0,1520	13,90	0,0010 ^a
	Sai lệch	0,406	37	0,0110		
	Tổng	0,558	38			
2	Hồi quy	0,215	2	0,1080	11,31	0,0000 ^b
	Sai lệch	0,343	36	0,0095		
	Tổng	0,558	38			
3	Hồi quy	0,229	3	0,0764	8,13	0,0000 ^c
	Sai lệch	0,329	35	0,0094		
	Tổng	0,558	38			

a. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6)

b. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6), mưa tháng 7 (M-7)

c. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6), mưa tháng 7 (M-7), mưa tháng 8 (M-8)

Bảng 14.5 và 14.9 ghi lại kết quả phân tích tương quan và hồi quy đa biến giữa chỉ số sinh trưởng với chỉ số mưa của tháng 6 – 8. **Từ Bảng 14.5** cho thấy, khi đưa biến lượng mưa tháng 6 (M-6) và tháng 7 (M-7) vào mô hình, thì hệ số tương quan R^2 thay đổi đáng kể (tương ứng là 0,273 và 0,113; $P < 0,01$). Nhưng khi đưa biến lượng mưa tháng 8 (M-8) vào mô hình, thì hệ số tương quan R^2 thay đổi không đáng kể ($R^2 = 0,025$ và $P = 0,235$). Kết quả phân tích hồi quy từng bước (**Bảng 14.6 – 14.9**) đã chứng tỏ rằng, biến lượng mưa tháng 6 và 7 có ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris*. Ngược lại, biến

lượng mưa tháng 8 có ảnh hưởng không rõ rệt đến sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris*.

Bảng 14.7. Phân tích hồi quy

Mô hình	Biến số	Hệ số của mô hình			t	P	Tương quan			Thống kê cộng tuyến tính	
		B	±S	Beta			R _{Zero} ^(*)	R _a ^(**)	R _b ^(***)	Độ chấp nhận	VIF
1	Hằng số M-6	0,894 0,110	0,034 0,029		26,206 3,729	0,000 0,001					
				0,523			0,523	0,523	0,523	1,000	1,000
2	Hằng số M-6 M-7	0,798 0,102 0,102	0,049 0,028 0,040		16,352 3,708 2,571	0,000 0,001 0,014					
				0,487 0,338			0,523 0,389	0,526 0,394	0,484 0,336	0,989 0,989	1,011 1,011
3	Hằng số M-6 M-7 M-8	0,757 0,109 0,095 0,042	0,059 0,028 0,040 0,034		12,773 3,901 2,380 1,209	0,000 0,000 0,023 0,235					
				0,520 0,314 0,162			0,523 0,389 0,102	0,550 0,373 0,200	0,506 0,309 0,157	0,947 0,967 0,943	1,056 1,034 1,061

(*) R_{Zero} = tương quan trật tự không; (**) R_a = tương quan riêng phần; (***) R_b = tương quan từng phần

Bảng 14.8. Phân tích những biến số không đưa vào mô hình

Mô hình	Biến số	Beta In	t	P	R _a	Thống kê cộng tuyến tính		
						Độ chấp nhận	VIF	Độ chấp nhận nhỏ nhất
1	M-7 M-8	0,338 0,209	2,571 1,485	0,014 0,146	0,394 0,240	0,989 0,964	1,011 1,038	0,989 0,964
2	M-8	0,162	1,209	0,235	0,200	0,943	1,061	0,943

a. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6)

b. Biến dự đoán: (Hằng số), mưa tháng 6 (M-6), mưa tháng 7 (M-7)

Bảng 14.9. Thống kê cộng tuyến tính

Mô hình	Biến số	Eigenvalue	Chỉ số điều kiện	Tỷ lệ đóng góp trong phương sai			
				Hằng số	M-6	M-7	M-8
1	1 2	1,871 0,129	1,000 3,805	0,06 0,94	0,06 0,94		
2	1 2 3	2,755 0,181 0,064	1,000 3,898 6,564	0,01 0,03 0,95	0,03 0,86 0,12	0,02 0,21 0,77	
3	1 2 3 4	3,577 0,254 0,118 0,050	1,000 3,750 5,495 8,447	0,01 0,00 0,00 0,99	0,01 0,55 0,20 0,23	0,01 0,00 0,67 0,32	0,01 0,25 0,40 0,34

Từ kết quả phân tích hồi quy tương quan từng bước (Bảng 14.6 – 14.9) cho thấy, mô hình thống kê biểu thị ảnh hưởng của lượng mưa tháng 6 (M-6) và lượng mưa tháng 7 (M-7) đến sinh trưởng (Y) của loài thông *Pinus sylvestris* có dạng:

$$Y = 0,798 + 0,102 \cdot M-6 + 0,102 \cdot M-7; \quad (14.9)$$

$$R = 0,621; P < 0,01; t_a = 16,35 (P < 0,01);$$

$$t_b = 3,71 (P < 0,01); t_c = 2,57 (P < 0,01).$$

Những phân tích tương tự như trên cho thấy, mô hình thống kê biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ tháng 6 – 8 (T_{6-8}) và hệ số thủy nhiệt của tháng 6-8 (K_{6-8}) đến sinh trưởng (Y) của loài thông *Pinus sylvestris* có dạng:

+ Đối với nhiệt độ của tháng 6 – 8 (T_{6-8})

$$Y = 2,150 - 1,145 \cdot T_{6-8}; \text{ với } r = 0,642 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.10)$$

+ Đối với hệ số thủy nhiệt của tháng 6 – 8 (K_{6-8})

$$Y = 0,770 + 0,234 \cdot K_{6-8}; \text{ với } r = 0,621 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.11)$$

14.7. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỔI

Mục tiêu cơ bản của khí hậu thực vật là khôi phục lại khí hậu quá khứ. Cách thức khôi phục lại khí hậu quá khứ là coi những biến động của tham số khí hậu tương ứng với những biến động của bề rộng vòng năm. Để đạt được mục đích này, trước hết tìm mối liên hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu. Bước tiếp theo là xây dựng các hàm chuyển đổi để biểu diễn mối quan hệ giữa những biến khí hậu với chỉ số vòng năm. Sau đó sử dụng những mô hình chuyển đổi để suy diễn những yếu tố khí hậu từ các chỉ số vòng năm tương ứng với những thời gian khác nhau.

Cần lưu ý rằng, độ chính xác của việc suy diễn những biến khí hậu trong quá khứ phụ thuộc chặt chẽ vào việc chọn chuỗi vòng năm. Để suy diễn chính xác các yếu tố khí hậu quá khứ, yêu cầu đặt ra là những biến động của chuỗi vòng năm được chọn để xây dựng hàm chuyển đổi phải tương đồng với những biến động của chuỗi vòng năm được sử dụng để suy diễn biến khí hậu. Điều vừa nói được kiểm định thông qua phân tích hệ số tương đồng hoặc kiểm định dấu.

Phân tích ví dụ ở **Bảng 14.3 và hình 14.4 và 14.5** cho thấy, sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa và nhiệt độ tháng 6 – 8. Vì thế, để khôi phục nhiệt độ và lượng mưa của tháng 6 – 8 chúng ta cần phải xây dựng các hàm chuyển đổi tương ứng. Từ số liệu của **Bảng 14.3** và thông qua thuật toán thống kê cho thấy, chỉ số lượng mưa và nhiệt độ của tháng 6 – 8 (Y) ở khu vực Varonhezơ (Nga) có thể được suy diễn từ chỉ số sinh trưởng (ST) của loài thông *Pinus sylvestris* như sau:

+ Chỉ số lượng mưa tháng 6

$$Y = -1,490 + 2,488 \cdot ST, \text{ với } r = 0,523 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.12)$$

+ Chỉ số lượng mưa tháng 7

$$Y = -0,286 + 1,292 \cdot ST, \text{ với } r = 0,389 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.13)$$

+ Chỉ số lượng mưa tháng 6 – 8

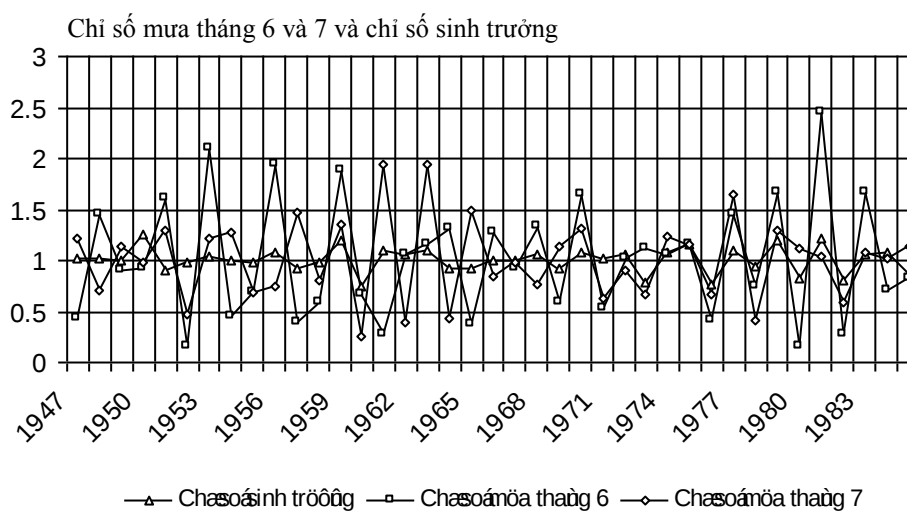
$$Y = -0,342 + 1,338 \cdot ST, \text{ với } r = 0,590 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.14)$$

+ Chỉ số nhiệt độ tháng 6 – 7

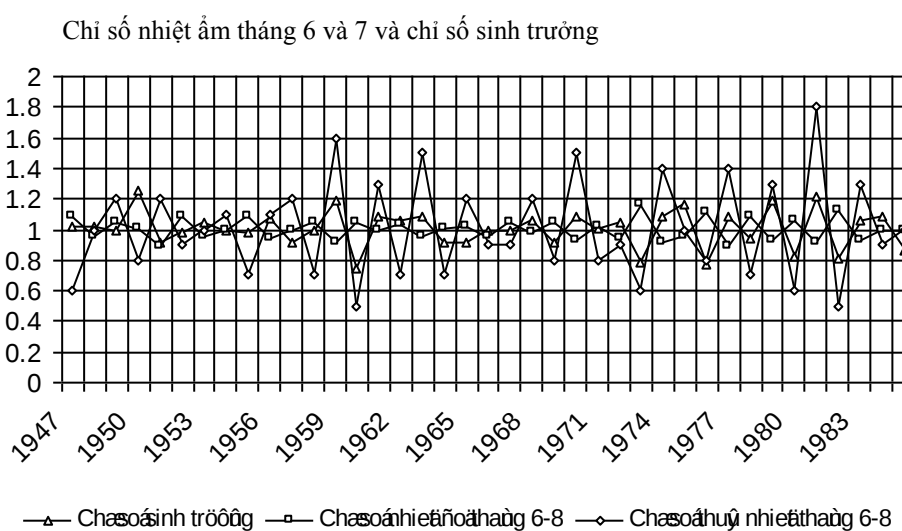
$$Y = 1,642 - 0,360 \cdot ST, \text{ với } r = 0,642 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.15)$$

+ Chỉ số thủy nhiệt tháng 6 – 7

$$Y = -0,654 + 1,650 \cdot ST, \text{ với } r = 0,621 \text{ và } P < 0,01. \quad (14.16)$$



Hình 14.4. Biến động của lượng mưa tháng 6 và 7 và chỉ số sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* ở khu vực Varonhezo (Nga)



Hình 14.5. Biến động của nhiệt độ tháng 6 và 7 và chỉ số sinh trưởng của loài thông *Pinus sylvestris* ở khu vực Varonhezo (Nga)

Chương 15

GIẢI THÍCH ĐỊNH CỠ, KHÔI PHỤC VÀ KIỂM TRA KHÍ HẬU

15.1. GIỚI THIỆU

Mối quan hệ giữa biến động của bề rộng vòng năm với những yếu tố khí hậu có thể được mô tả bằng nhiều cách khác nhau. Biến động khí hậu có thể xác định dựa trên biến động vòng năm trên thân cây gỗ bằng thủ tục hàm chuyển đổi. Sau đó sử dụng hàm chuyển đổi để suy diễn biến động khí hậu quá khứ.

Những nghiên cứu khí hậu thực vật bao gồm một số phân tích định lượng. Trong **chương 14** chúng ta đã xem xét hai vấn đề chính: (1) hàm phản hồi đa biến dùng để mô tả phản hồi của bề rộng vòng năm với biến động khí hậu; (2) hàm chuyển đổi đa biến dùng để chuyển bề rộng vòng năm thành những ước lượng khí hậu. **Chương 15 giới thiệu** một số hàm phản hồi, phân tích những điểm mạnh và điểm yếu của hàm phản hồi, ý nghĩa của năng lực hàm phản hồi, đánh giá ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng, cách thức khôi phục và kiểm tra khí hậu.

15.2. NHỮNG HÀM PHẢN HỒI

15.2.1. Những ví dụ về các hàm phản hồi

Mối quan hệ giữa tăng trưởng với các yếu tố khí hậu có thể được mô tả bằng nhiều hàm phản hồi khác nhau. Tính đa dạng của các hàm phản hồi là tùy thuộc vào việc chọn lựa những biến khí hậu ở những khoảng thời gian khác nhau trong năm. Nếu chọn các khoảng thời gian khác nhau, thì mô hình phản hồi sẽ nhận các kết quả khác nhau. Dưới đây dẫn một số mô hình phản hồi để làm ví dụ.

(1) Khi nghiên cứu tăng trưởng của cây gỗ trên lập địa khô hạn, Glock (1950) đã chọn những biến khí hậu của tháng 4, tháng 5, tháng 6, tháng 7, tháng 8, tháng 11 năm trước đến tháng 5 năm sau, tháng 2 - 5, tháng 2 - 8, tháng 3 - 4, tháng 3 - 6, tháng 3 - 7, tháng 5 - 6, tháng 5 - 7, tháng 5 - 8...

(2) Khi nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng đường kính của loài *Quercus* ở West Virginia, Tryon và True (1958) đã sử dụng thời kỳ mưa rơi của những tháng thuộc mùa sinh trưởng của năm hiện tại (tháng 5 - 6, tháng 5 - 7, tháng 5 - 8) và những tháng thuộc mùa sinh trưởng của năm trước (tháng 7 - 8, tháng 7 - 12).

(3) Fritts (1969) đã nghiên cứu quan hệ giữa tăng trưởng với các yếu tố lượng mưa và nhiệt độ của từng tháng trong năm và tập hợp các tháng 7 - 11, tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau, tháng 4 - 6...

(4) Khi nghiên cứu quan hệ giữa bề rộng vòng năm của loài *Pinus halepensis* ở Southern France với khí hậu, Serre (1966) đã phân tích những biến sau đây: số năm liên tiếp từ 1 - 21; số ngày sau ngày 01 tháng 02 khi thời kỳ mùa hè khô bắt đầu; số ngày sau ngày 01 tháng 02 khi thời kỳ mùa hè khô kết thúc; số ngày sương giá từ tháng 11 đến tháng 3; tổng lượng mưa mùa khô; tổng lượng mưa mùa ẩm.

(5) Phạm Trọng Nhân và Nguyễn Văn Thêm (2002) đã nghiên cứu quan hệ giữa tăng trưởng của loài thông ba lá (*Pinus kaysia*) với một số yếu tố khí hậu ở Đà Lạt. Kết quả cho thấy:

+ Biến động chỉ số bề vòng năm của thông ba lá (Y) có quan hệ tuyến tính âm chặt chẽ với biến động chỉ số nhiệt độ của tháng 3 (T_3). Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 4,242 - 3,245T_3; \quad (15.1)$$

$$r = -0,59; t_a = 4,281 (P = 0,000); t_b = -3,274 (P = 0,004).$$

+ Giữa biến động chỉ số bề vòng năm của thông ba lá (Y) và biến động chỉ số nhiệt độ của tháng 9 (T_9) tồn tại mối quan hệ tuyến tính âm rất chặt chẽ dưới dạng:

$$Y = 9,461 - 8,459T_9; \quad (15.2)$$

$$\text{với } r = -0,70; t_a = 4,895 (P = 0,00); t_b = -4,378 (P = 0,00).$$

+ Biến động chỉ số bề vòng năm của thông ba lá (Y) phụ thuộc rất chặt chẽ vào biến động của tổ hợp chỉ số nhiệt độ tháng 2 (T_2), chỉ số lượng mưa tháng 2 (T_2) và chỉ số giờ nắng tháng 2 (N_2). Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 3,91 - 0,04M_2 - 1,74T_2 - 1,13N_2; \quad (15.3)$$

$$\text{với } R = 0,82 (P = 0,00); t_a = 6,87 (P = 0,00); t_b = -2,37 (P = 0,03);$$

$$t_c = -3,90 (P = 0,00); t_d = -4,65 (P = 0,00).$$

+ Biến động chỉ số bề vòng năm của thông ba lá (Y) cũng có mối quan hệ rất chặt chẽ với biến động của tổ hợp chỉ số nhiệt độ tháng 9 (T_9), chỉ số lượng mưa tháng 9 (T_9) và chỉ số giờ nắng tháng 9 (N_9). Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 8,117 + 0,058M_9 - 7,000T_9 - 1,172N_9; \quad (15.4)$$

$$\text{với } R = 0,81 (P = 0,00); t_a = 4,609 (P = 0,00); t_b = -1,05 (P = 0,30);$$

$$t_c = -3,996 (P = 0,001); t_d = -1,828 (P = 0,08).$$

+ Chỉ số tăng trưởng của thông ba lá (Y) có quan hệ rất chặt chẽ với chỉ số nhiệt độ của tháng 2 (T_2) và tháng 9 (T_9), chỉ số giờ nắng của tháng 2 (N_2), chỉ số giờ nắng của tháng 3 (N_3) và chỉ số giờ nắng của tháng 9 (N_9). Phương trình mối quan hệ có dạng:

$$Y = 7,309 - 1,380T_2 - 0,482N_2 - 0,331N_3 - 3,849T_9 - 0,267N_9; \quad (15.5)$$

$$\text{với } R = 0,93; t_a = 6,228 (P = 0,00); t_b = -3,891 (P = 0,001);$$

$$t_c = -2,392 (P = 0,029); t_d = -2,228 (P = 0,041); t_e = -2,802 (P = 0,013);$$

$$t_f = -4,379 (P = 0,000).$$

(6) Dựa vào số liệu quan trắc của Vũ Công Hậu (1980) về sản lượng vải của 11 vụ (từ 1970 – 1980) ở Phú Hộ (Phú Thọ), Nguyễn Văn Thêm (2002) đã xây dựng 14 mô hình biểu diễn mối quan hệ giữa chỉ số sản lượng vải với các chỉ số khí hậu như sau:

TT	Quan hệ giữa chỉ số sản lượng vải (Y) với:	Phương trình hồi quy
15.6	Tổng nhiệt độ từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = 21,9154 - 20,8261X$ $r = -0,695$, $F = 6,56$ với $P < 0,05$
15.7	Tổng nhiệt độ tháng 11 năm trước và tháng 2, 3 năm sau (X)	$Y = 19,1756 - 18,0346X$ $r = -0,819$, $F = 14,31$ với $P < 0,05$
15.8	Tổng lượng mưa từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = 4,3070 - 3,1490X$ $r = -0,832$, $F = 15,7$ với $P < 0,005$
15.9	Tổng lượng mưa tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau (X)	$Y = 3,2735 - 2,0534X$ $r = -0,869$, $F = 21,17$ với $P < 0,005$
15.10	Tổng số giờ nắng từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau (X)	$Y = -2,0292 + 3,0787X$ $r = +0,732$, $F = 8,1$ với $P < 0,05$
15.11	Tổng số giờ nắng từ tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau (X)	$Y = -0,7963 + 2,0104X$ $r = +0,732$, $F = 8,1$ với $P < 0,05$
15.12	Nhiệt độ tháng 11 = X_1 , Mưa tháng 11 = X_2 và nắng tháng 11 = X_3)	$Y = 15,2587 - 15,8531X_1 - 0,3760X_2 + 2,1374X_3$ $R = 0,942$, $F = 13,3$; $P < 0,005$
15.13	Mưa tháng (11 = X_1 , 12 = X_2 và 1 = X_3)	$Y = 3,8309 - 0,3549X_1 - 0,7951X_2 - 0,7951X_3$ $R = 0,940$, $F = 12,7$; $P < 0,008$
15.14	Nắng tháng (11 = X_1 , 12 = X_2 và 1 = X_3)	$Y = -3,2621 + 3,2296X_1 + 1,5144X_2 - 1,1804X_3$ $R = 0,902$, $F = 7,35$; $P < 0,05$
15.15	Lượng mưa tháng (11 = X_1 và 12 = X_2); nhiệt độ tháng (11 = X_3 và 12 = X_4)	$Y = -0,3319 - 0,1739X_1 - 0,5376X_2 + 1,5783X_3 + 0,6586X_4$ $R = 0,928$, $F = 6,24$; $P < 0,05$
15.16	Tổng lượng mưa (X_1) và tổng số giờ nắng (X_2) từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau	$Y = 1,8243 - 2,3137X_1 + 1,6244X_2$ $R = 0,891$, $F = 11,5$; $P < 0,008$
15.17	Tổng lượng mưa (X_1), tổng số giờ nắng (X_2) và tổng nhiệt độ (X_3) từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau	$Y = 5,6996 - 3,2181X_1 + 1,7048X_2 + 8,3543X_3$ $R = 0,90$, $F = 7,1$; $P < 0,05$
15.18	Hệ số thủy nhiệt của 3 tháng $X = (11, 12, 1)$	$Y = 3,3129 - 2,0953X$ $r = -0,869$, $F = 21,7$; $P < 0,002$
15.19	Hệ số thủy nhiệt của 5 tháng $X = (11 \div 3)$	$Y = 5,1663 - 4,0162X$ $r = -0,840$, $F = 16,7$; $P < 0,004$

15.2.2. Giải thích các hàm phản hồi

Một câu hỏi đặt ra là hàm phản hồi cung cấp cho chúng ta những thông tin gì? Trước hết, những hàm phản hồi không cho biết rõ nguyên nhân của mối quan hệ nhân quả giữa tăng trưởng của cây gỗ với khí hậu, mà chúng chỉ cho biết những yếu tố môi trường nào có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng của cây gỗ. Những yếu tố này là những thành phần cấu thành hàm phản hồi. Thứ hai, thông qua những thành phần của hàm phản hồi, chúng ta có thể biết được chiều hướng và mức độ ảnh hưởng tương đối của mỗi yếu tố khí hậu đến tăng trưởng của cây gỗ.

Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng với nhiệt độ có thể thấy, nhiệt độ mùa hè có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ mọc ở những địa hình cao hoặc vĩ độ cao, đặc biệt ở sườn bắc và nơi có khí hậu lạnh. Nguyên nhân là vì, nhiệt độ thấp làm giảm hô hấp và quang hợp, và đến lượt mình, hai quá trình này lại có ảnh hưởng đến bề rộng vòng năm.

Bề rộng vòng năm của những cây gỗ mọc ở nơi bán ẩm thường có quan hệ chặt chẽ với nhiệt độ trung bình tháng. Nguyên nhân là vì, nhiệt độ làm thay đổi tốc độ bốc hơi nước tổng số (bốc hơi nước vật lý và thoát hơi nước của thực vật).

Đến lượt mình, sự thiếu hụt nước làm cho các quá trình sống của cây bị rối loạn. Do đó, nhiệt độ có ảnh hưởng gián tiếp đến bề rộng vòng năm.

Biến động lượng mưa hàng tháng cũng có quan hệ chặt chẽ với bề rộng vòng năm của những cây gỗ mọc ở vùng bán ẩm. Khi mưa lớn, nước xâm nhập vào đất nhiều sẽ dẫn đến sự hòa loãng các chất khoáng, làm giảm hàm lượng ôxy và nhiệt độ đất. Kết quả cũng ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Ở đây lượng mưa là nhân tố ảnh hưởng gián tiếp đến tăng trưởng của cây gỗ, còn sự thiếu hụt ôxy là nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng của cây gỗ.

Những yếu tố khí hậu cũng có quan hệ chặt chẽ với nhau. Chẳng hạn, lượng mưa cao kéo theo trời nhiều mây, đến lượt mình mây nhiều làm giảm cường độ ánh sáng và nhiệt độ. Năng nhiều làm tăng nhiệt độ đất và không khí, kết quả làm tăng quá trình bốc hơi nước tổng số. Đến lượt mình, sự thiếu hụt nước lại có ảnh hưởng đến tăng trưởng của cây gỗ. Ở đây nhiệt độ đất và không khí là những nhân tố ảnh hưởng gián tiếp đến tăng trưởng của cây gỗ, còn sự thiếu hụt nước là nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng của cây gỗ.

Chiều hướng ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến tăng trưởng của cây gỗ được làm rõ thông qua phân tích dấu của các hệ số của hàm phản hồi. Những hệ số của hàm phản hồi mang dấu dương kết hợp với biến khí hậu cho biết sự gia tăng của biến khí hậu có ảnh hưởng tốt đến sinh trưởng của cây gỗ. Ngược lại, những hệ số của hàm phản hồi mang dấu âm kết hợp với biến khí hậu cho biết sự gia tăng của biến khí hậu có ảnh hưởng xấu đến cây gỗ (hay dẫn đến làm giảm tăng trưởng của cây gỗ).

Cần nhận thấy rằng, dấu của các hệ số của hàm phản hồi thay đổi tùy thuộc vào các biến khí hậu và sự xuất hiện của chúng trong năm. Mặt khác, phản ứng của các loài cây gỗ đối với các yếu tố khí hậu không giống nhau. Ngay trong cùng một loài cây gỗ, những cây mọc ở những vị trí khác nhau trong cùng lập địa cũng có phản ứng không giống nhau với các yếu tố môi trường. Vì thế, khi phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của cây gỗ, nhà nghiên cứu cần phải chú ý không chỉ đến việc chọn những biến khí hậu và thời gian chúng xuất hiện, mà còn cả loài cây gỗ và vị trí sống của chúng.

Mức độ ảnh hưởng (hay vai trò) của những yếu tố khí hậu được nhận biết thông qua hệ số tương quan hay hệ số xác định đa biến (R^2). Mức độ ảnh hưởng tương đối của từng yếu tố khí hậu được xác định thông qua hệ số tương quan riêng phần và hệ số tương quan từng phần. Ở đây cũng cần lưu ý rằng, hệ số tương quan từng phần thay đổi tùy theo cách chọn biến và thứ tự đưa biến vào mô hình.

15.3. NHỮNG ĐIỂM MẠNH VÀ YẾU CỦA HÀM PHẢN HỒI

Phân tích hàm phản hồi cung cấp một công cụ hữu ích để xác định mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ với các yếu tố khí hậu. Thực tế cho thấy, những biến nhiệt độ và lượng mưa hàng tháng có ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng của cây gỗ. Bởi vì hai yếu tố này chi phối nhiều nhất đến những quá trình khí hậu và sinh lý của cây. Vì thế, phân tích hàm phản hồi cho phép chỉ ra những nhân tố nào có ảnh hưởng chủ yếu đến tăng trưởng của cây gỗ. Ngoài ra, hàm phản hồi còn cho biết vai trò hay cường độ ảnh hưởng tương đối của mỗi

nhân tố đối với tăng trưởng. Điều vừa nói có thể nhận thấy thông qua những hệ số tương quan riêng phần và những hệ số hồi quy chuẩn hóa.

Phân tích hàm phản hồi có một số điểm hạn chế. Hạn chế thứ nhất là hàm phản hồi đòi hỏi những thành phần cấu thành phải độc lập với nhau. Nhưng những yếu tố khí hậu lại có quan hệ chặt chẽ với nhau. Chẳng hạn, nắng nhiều dẫn đến nhiệt độ cao; nhiệt độ cao dẫn đến bốc hơi nước tổng số nhiều; bốc hơi nước nhiều thì gây ra mưa lớn; mưa lớn thì trời nhiều mây; trời nhiều mây thì nắng nhỏ và nhiệt độ hạ thấp... Ngoài ra, tất cả những yếu tố nào có liên quan với nhiệt độ và lượng mưa đều có ảnh hưởng đến mối quan hệ của hàm phản hồi. Hạn chế thứ hai là hàm phản hồi đòi hỏi những thành phần cấu thành phải có quan hệ tuyến tính với nhau. Khi những thành phần đưa vào hàm phản hồi có quan hệ phi tuyến tính với nhau, thì việc áp đặt mối quan hệ tuyến tính là kém chính xác. Hạn chế thứ ba là hàm phản hồi chỉ cho biết rõ mức độ ảnh hưởng chung của tập hợp các yếu tố, mà không cho biết rõ vai trò hay mức độ ảnh hưởng riêng rẽ của mỗi yếu tố. Nói chung, mối quan hệ giữa tăng trưởng của cây gỗ với các biến môi trường là rất phức tạp.

15.4. Ý NGHĨA CỦA NĂNG LỰC HÀM PHẢN HỒI

Một trong những yêu cầu đặt ra đối với phân tích quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu là những yếu tố phi khí hậu phải đồng nhất. Khi những mẫu vòng năm được thu thập trên một không gian rất rộng với sự khác biệt rất lớn về lập địa và khí hậu, thì biến động vòng năm chịu ảnh hưởng không chỉ của khí hậu, mà còn của nhiều yếu tố phi khí hậu khác (địa hình – đất, tuổi cây). Vì thế, khi sử dụng hàm phản hồi để phân tích những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng đến tăng trưởng, nhà nghiên cứu cần phải lưu ý đến năng lực của hàm phản hồi. Năng lực của hàm phản hồi cao hay thấp phụ thuộc không chỉ vào cách thức lấy mẫu (vòng năm và khí hậu), mà còn vào cách xây dựng mô hình phản hồi. Khi những hàm phản hồi được xây dựng từ những mẫu vòng năm được thu thập từ vùng có lập địa thuần nhất, thì năng lực của hàm phản hồi sẽ cao hơn so với những vòng năm được thu từ những lập địa khác nhau. Do đó, khi phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến biến động bề rộng vòng năm, thì những mẫu vòng năm phải được thu thập trên những cây mẫu thuộc cùng một lập địa. Ngoài ra, những cây mẫu phải ở vào vị trí chịu ảnh hưởng rõ rệt của khí hậu.

15.5. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ HẬU ĐẾN TĂNG TRƯỞNG

Hàm phản hồi cho phép phân tích ảnh hưởng của những yếu tố môi trường đến tăng trưởng của cây gỗ. Tỷ lệ đóng góp của mỗi thành phần môi trường trong biến động vòng năm thể hiện thông qua những hệ số của hàm phản hồi. Tỷ lệ đóng góp của mỗi thành phần trong hàm phản hồi nhận được thông qua phân tích hồi quy từng bước. Để thấy rõ ảnh hưởng riêng biệt của mỗi thành phần môi trường đến biến động vòng năm, chúng ta phải sử dụng thủ tục phân tích hồi quy riêng phần. Phân tích hồi quy đa biến cho phép làm rõ ảnh hưởng tổng hợp của nhiều yếu tố môi trường đến tăng trưởng của cây gỗ.

15.6. KHÔI PHỤC VÀ KIỂM TRA KHÍ HẬU

Mục tiêu cơ bản của khí hậu thực vật là khôi phục lại khí hậu quá khứ. Cách thức khôi phục là coi những biến động của tham số khí hậu tương ứng với những biến động của bề rộng vòng năm. Khi phân tích mối liên hệ giữa biến động bề rộng vòng năm với những biến động khí hậu, nhà nghiên cứu phải quan tâm đặc biệt đến những biến đổi bất thường của vòng năm và yếu tố khí hậu. Chính nhờ những dấu hiệu bất thường ấy mà chúng ta có thể nhận ra được mối liên hệ giữa tăng trưởng với khí hậu.

Sau khi đối chiếu những biến đổi bất thường trên chuỗi niên đại vòng năm và điều kiện khí hậu của các năm, bước tiếp theo là tìm mối liên hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu. Thủ tục phân tích mối liên hệ giữa bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu có thể theo trình tự sau đây:

- a. Chọn lựa sơ bộ những biến khí hậu có ảnh hưởng đến tăng trưởng vòng năm.
- b. Phân tích ma trận tương quan đơn giữa biến động của các chỉ số vòng năm với từng yếu tố khí hậu. Kết quả ở đây cho biết những biến khí hậu nào có quan hệ chặt chẽ với biến động của chỉ số vòng năm. Những biến khí hậu này sẽ được sử dụng để phân tích hàm phản hồi.
- c. Phân tích hồi quy từng phần và hồi quy riêng phần để xác định vai trò của từng biến khí hậu đóng góp vào biến động vòng năm.
- d. Xây dựng hàm phản hồi đa biến từ những biến khí hậu có quan hệ chặt chẽ với biến động vòng năm bằng thủ tục phân tích hồi quy đa biến từng bước.
- e. Xây dựng các hàm chuyển đổi để biểu diễn mối quan hệ giữa những biến khí hậu với chỉ số vòng năm và sử dụng chúng để suy diễn những yếu tố khí hậu từ các chỉ số vòng năm tương ứng với những thời gian khác nhau.

Cần lưu ý rằng, độ chính xác của việc suy diễn những biến khí hậu trong quá khứ phụ thuộc chặt chẽ vào việc chọn chuỗi vòng năm. Để suy diễn chính xác các yếu tố khí hậu quá khứ, yêu cầu đặt ra là những biến động của chuỗi vòng năm được chọn để xây dựng hàm chuyển đổi phải tương đồng với những biến động của chuỗi vòng năm được sử dụng để suy diễn biến khí hậu. Điều vừa nói được kiểm định thông qua phân tích hệ số tương đồng hoặc kiểm định dấu.

15.7. NHỮNG KẾT LUẬN TỪ BẢNG NIÊN ĐẠI VỚI NHỮNG PHẢN HỒI TĂNG TRƯỞNG KHÁC NHAU

Những thông tin thu được từ phân tích hồi quy hoặc từ hàm phản hồi được xây dựng trên một chuỗi vòng năm hay một Bảng niên đại nhất định chỉ cung cấp ước lượng chung về biến động khí hậu trong quá khứ diễn ra từng năm hoặc một số năm. Từ thông tin này, chúng ta không thể xác định chính xác mùa nào xuất hiện khí hậu bất thường, sự thiếu hụt nước và nhiệt độ có ảnh hưởng đến tăng trưởng như thế nào. Tuy vậy, những điều vừa nói có thể được giải quyết thông qua những mẫu vòng năm được thu thập trên nhiều cây cùng loài và nhiều loài cây sống ở những vị trí khác nhau. Điều đó xảy ra là vì, mỗi cá thể cùng loài và mỗi loài cây khác nhau có phản ứng không giống nhau với sự thay đổi khí hậu. LaMarche (1974) đã áp dụng nguyên lý này để làm rõ biến động khí hậu quá khứ

bằng việc sử dụng hai niên đại vòng năm ở cùng một loài, nhưng chúng sống ở những nơi khác nhau trong vùng nghiên cứu.

Như vậy, độ chính xác của việc khôi phục khí hậu quá khứ và những kết luận về mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với khí hậu phụ thuộc rất lớn không chỉ vào cách thức chọn mẫu vòng năm, mà còn vào cách thức xây dựng hàm phản hồi hoặc hàm chuyển đổi. *Bản chất chung của phân tích khí hậu thực vật là tìm được mối liên hệ chặt chẽ giữa biến động bề rộng vòng năm với biến động khí hậu.* Để đạt được điều vừa nói, nhà nghiên cứu cần phải lưu ý đến những vấn đề sau đây:

- a. Tuyển chọn nhiều chuỗi vòng năm trên cùng một loài cây gỗ sống ở những lập địa khác nhau. Những cây thu mẫu vòng năm phải có những phản hồi rõ rệt với các biến khí hậu.
- b. Để làm rõ những đặc trưng khí hậu của từng mùa hoặc nhiều năm, nhà nghiên cứu cần phải tuyển chọn nhiều chuỗi vòng năm trên nhiều loài cây gỗ sống ở những lập địa khác nhau. Những cây thu mẫu vòng năm ở mỗi lập địa phải có những phản hồi rõ rệt với các biến khí hậu.
- c. Thực hiện cẩn thận những thủ tục đối chiếu thời gian. Việc xác định chính xác từng vòng năm tương ứng với mỗi năm lịch nhất định là một thủ tục rất quan trọng. Bởi vì phản hồi của cây gỗ với các yếu tố khí hậu biểu hiện rõ rệt không chỉ trong từng năm, mà còn ở những năm khác nhau.
- d. Chọn mô hình thống kê phù hợp và tuân thủ nghiêm ngặt thủ tục phân tích hồi quy tương quan. Bởi vì những kết luận và giải thích kết quả về mối quan hệ giữa tăng trưởng với khí hậu phụ thuộc chặt chẽ vào phương pháp phân tích thống kê.
- e. Phân tích nhiều hàm phản hồi và chọn những hàm phản hồi phù hợp nhất để mô tả quan hệ giữa tăng trưởng với khí hậu, đồng thời sử dụng chúng để khôi phục khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

16. **Vũ Công Hậu (1980)**, Một số kết quả nghiên cứu về sinh thái cây Vải (*Nephelium litchi*), Trong cuốn sách: “Tuyển Tập các công trình nghiên cứu khoa học và kỹ thuật nông nghiệp”, Bộ Nông Nghiệp.
17. **Phạm Trọng Nhân (2003)**, Nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến sinh trưởng của thông ba lá (*Pinus kesyra*) tại Đà Lạt, Luận văn thạc sỹ khoa học nông nghiệp, Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.
18. **Nguyễn Văn Thêm (2001)**, Sử dụng phương pháp vòng năm để nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến sinh trưởng và phát triển của cây gỗ, Tập san KHKT. NLN, Trường ĐHNLT Tp. Hồ Chí Minh, số 3/2001.
19. **Nguyễn Văn Thêm (2002)**, Sinh thái rừng. Nxb. Nông nghiệp, Chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh.
20. **Nguyễn Văn Thêm (2003)**, Khôi phục nhiệt độ và lượng mưa ở Đà Lạt dựa trên thông tin khí hậu từ các vòng năm của Thông ba lá, Tạp chí KHKT. NLN, Trường ĐHNLT Tp. Hồ Chí Minh, số 4/2003.
21. **Nguyễn Văn Thêm (2004)**, Phản ứng của Thông ba lá đối với biến động của các yếu tố khí hậu ở Đà Lạt. Tạp chí NN&PTNT, số 2/2004.
22. **Bitvinskis, T. T (1974)**, Dendroclimatic investigations, *Gidrometeoizdat, Leningrad*.
23. **Douglass, A. E (1936)**, Climatic cycles and tree growth. Vol. III. A study of cycles. *Carnegie Inst. Wash. Publ*, 289.
24. **Douglass, A. E (1937)**, Tree rings and chronology. *Univ. Ariz. Bull* 8(4), *Phys. Sci.* Ser. 1.
25. **Eklund, B (1957)**, The annual ring variations in spruce in the centre of Northern Sweden and their relation to the climatic conditions. *Statens Skogsforskningsinstitut* 47(1), 2 – 63.
26. **Fritts, H. C (1971)**, Dendroclimatology and dendroecology. *Quaternary Res.* 1(4), 419 – 449.
27. **Fritts, H. C (1974)**, Relationships of ring widths in arid – site conifers to variation in monthly temperature and precipitation. *Ecol. Monogr.* 44(4), 411 – 440.
28. **Fritts, H. C. and Shatz, D. J (1975)**, Selecting and characterizing tree – ring chronologies for dendroclimatic analysis. *Tree – rings Bulletin*. 35, 31-40.
29. **Kozlowski, T. T (1962)**, Daily radial growth of oak in relation to maximum and minimum temperature. *Bot. J. Gaz.* 124(1), 9-17.
30. **Kozlowski, T. T (1971)**, Growth and development of trees, II. Cambial growth, Root Growth and Reproductive Growth. Academic Press. New York.
31. **Kohler, M. A (1949)**, On use double – mass analysis for testing the consistency of meteorological records and for making required adjustments. *Bul Amer. Meteorol. Soc.* 30, 188-189.

32. **Koerber, T. W. And Wickman, B.E (1970)**, Use of tree – ring measurements to evaluate impact of insect defoliation. *In* “Tree – ring Analysis with special Reference to Northwest America” (J. H. Smith and J. Worrall, eds.), pp. 101 – 106. Univ. of British Columbia *Fac. Forest. Bull.* 7, Vancouver.
33. **Schulman, M.D. and Bryson, R.A (1965)**, A statistical study of dendroclimatic relationships in South Central Wisconsin. *J. Appl. Meteorol.* 4(1), 107-111.