

Trần Đức Viên, Nguyễn Thanh Lâm
Trường đại học nông nghiệp I Hà Nội

GIÁO TRÌNH SINH THÁI HỌC ĐỒNG RUỘNG



WWW.THUQUAN.NET, 2008.

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG NGHIỆP I

PGS.TS. TRẦN ĐỨC VIÊN - TS. NGUYỄN THANH LÂM

Chủ biên: PGS.TS. TRẦN ĐỨC VIÊN

GIÁO TRÌNH

SINH THÁI HỌC ĐỒNG RUỘNG

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Trong các hệ sinh thái lục địa thì hệ sinh thái đồng ruộng là nơi có biến đổi tự nhiên sâu sắc nhất kể từ khi có loài người đến nay. Trong lịch sử phát triển của sinh thái học, bộ môn được phát triển đầu tiên là sinh thái học liên hệ với rừng, sau đó với đồng cỏ, ao hồ, sau cùng mới xây dựng được sinh thái học liên quan với đồng ruộng. Loài người bắt đầu làm ruộng vào cuối thời đại đồ đá cũ (trước công nguyên khoảng 7.000 năm), so với lịch sử lâu dài một triệu năm của loài người thì phải nói là khá gần. Trong quá trình phát triển nông nghiệp, trí tuệ loài người không dừng lại ở việc điều khiển môi trường sống cho cây trồng, mà còn tiến lên điều khiển di truyền của thực vật.

Sự phát triển của nông nghiệp hiện đại đặt ra nhiều vấn đề cần giải quyết. Khuyh hướng tăng việc đầu tư, thực chất là sự đầu tư năng lượng hoá thạch, để thay thế dần cho các nguồn lợi tự nhiên đã làm môi trường sống bị hủy hoại. Do vậy, cần phải phát triển một nền nông nghiệp dựa nhiều hơn vào việc khai thác hợp lý các nguồn lợi tự nhiên của hệ sinh thái và bảo vệ môi trường sống. Đó là nhiệm vụ số một của sinh thái học nông nghiệp - cơ sở của việc bố trí cơ cấu cây trồng và vật nuôi hợp lý ở các vùng sản xuất nông nghiệp.

Sự phát triển kinh tế - xã hội đặt ra yêu cầu ngành nông nghiệp phải phấn đấu để tăng năng suất cây trồng hơn nữa. Ruộng cây trồng năng suất cao là một hệ sinh thái hoạt động hài hoà, đạt được sự cân đối giữa các yếu tố cấu thành nó. Do vậy, thực chất của kỹ thuật tăng năng suất cây trồng là kỹ thuật điều khiển sự hoạt động của hệ sinh thái đồng ruộng năng suất cao.

Giáo trình "**Sinh thái học đồng ruộng**" bao gồm 5 chương. Chương I cung cấp khái niệm chung về hệ sinh thái đồng ruộng. Chương II mô tả cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng. Chương III mô tả sự vận động của hệ sinh thái đồng ruộng liên quan đến các nhân tố ánh sáng, đất đai, cây trồng, cỏ dại, tuần hoàn vật chất và phân bón. Chương IV giới thiệu các biện pháp điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng. Chương V giúp cho người học, đặc biệt là sinh viên sau đại học hệ thống hoá các khối kiến thức đã học và các kỹ thuật học hệ thống của hệ sinh thái đồng ruộng.

Để giúp học tốt môn này, trong từng chương có phần đầu giới thiệu nội dung, mục đích và yêu cầu đối với sinh viên. Sau mỗi chương, có trình bày phần tóm tắt, câu hỏi ôn tập và tài liệu đọc thêm. Phần cuối của giáo trình là danh mục tài liệu tham khảo và phần từ vựng (Glossary) để mô tả các khái niệm và các định nghĩa quan trọng được sử dụng trong giáo trình này.

Giáo trình này tổng hợp các kiến thức đã có của nhiều môn khoa học liên quan dành cho sinh viên bậc đại học và sau đại học chuyên ngành trồng trọt. Điểm mấu chốt của giáo trình này là giúp cho người học phương pháp tư duy tổng hợp thông qua các phương pháp tiếp cận hệ thống đã được nhiều nước trên thế giới áp dụng thay thế cho cái nhìn đơn lẻ trước đây.

Đối với sinh viên cao học hoặc nghiên cứu sinh, đây là tài liệu tốt giúp nhà nghiên cứu lựa chọn các biện pháp nghiên cứu phù hợp.

Với thời lượng có hạn dành cho sinh viên bậc đại học (2 đơn vị học trình), nên sinh viên cần nắm được những nguyên lý cơ bản của sinh thái học áp dụng cho chuyên ngành trồng trọt. Đồng thời những công thức và phương trình toán học trong giáo trình này chỉ là tài liệu bổ sung cho khối kiến thức chính và không có trong nội dung thi của sinh viên. Trong quá trình giảng dạy, giáo viên sẽ hướng dẫn sinh viên lồng ghép kiến thức về sinh thái học đồng ruộng với các khối kiến thức rải rác ở các môn học chuyên ngành và cơ sở thông qua các buổi thảo luận nhóm và seminar.

Chúng tôi hy vọng người học sẽ thấy được, chỉ có trong mối liên hệ sinh thái học giữa hệ sinh thái thiên nhiên với hệ sinh thái đồng ruộng thì mới có thể đặt cơ sở sáng tạo ra hệ thống sản xuất nông nghiệp bền vững và từ đó tìm ra một con đường duy trì năng suất cao trong nông nghiệp.

*Do hạn chế về thời gian và trình độ, chắc chắn cuốn giáo trình "**Sinh thái học đồng ruộng**" còn nhiều khiếm khuyết, rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và đồng đạo bạn đọc. Tác giả xin chân thành cảm ơn và sẵn lòng tiếp thu các ý kiến đó để nội dung giáo trình càng hoàn thiện hơn.*

CÁC TÁC GIẢ

Chương I

ĐỒNG RUỘNG VÀ SINH THÁI HỌC ĐỒNG RUỘNG

Nội dung

Bên cạnh sinh thái học nông nghiệp, sinh thái học đồng ruộng đóng góp một phần không nhỏ vào sự phát triển một nền nông nghiệp bền vững. Đây là một môn khoa học tổng hợp nghiên cứu về mối quan hệ giữa cây trồng với các thành phần sinh vật khác (con người, động vật, vi sinh vật, nấm và cỏ dại) thông qua các dòng trao đổi vật chất, thông tin và năng lượng trong môi trường ánh sáng, nhiệt độ, không khí, nước, độ ẩm, đất đai,... Trong suốt quá trình phát triển của nông nghiệp, các sinh vật chủ đạo trên đồng ruộng đã có sự thay đổi sâu sắc (về thành phần giống, năng suất, kiểu hình, chất lượng, khả năng chống chịu, v.v...). Đồng thời, con người đã tạo ra các vùng phân bố đặc trưng cho các kiểu đồng ruộng khác nhau. Chính vì vậy, các hệ sinh thái đồng ruộng đã xuất hiện với các cấu trúc và chức năng đặc trưng cụ thể cho từng vùng.

Các nội dung được đề cập trong chương I:

- ❖ Khái niệm chung về sinh thái học đồng ruộng.
- ❖ Quá trình hình thành và phát triển đồng ruộng.
- ❖ Cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng.



Ảnh. Hệ canh tác nương rẫy tổng hợp của người Tày ở Đà Bắc, Hòa Bình:
Ruộng bậc thang ở thung lũng, nương lúa và sắn ở trên lưng chừng đồi
và rừng tái sinh ở trên đỉnh đồi

Mục tiêu

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần nắm vững:

- ❖ Khái niệm, nội dung, đối tượng của sinh thái học đồng ruộng.
- ❖ Sự hình thành và phát triển của đồng ruộng.

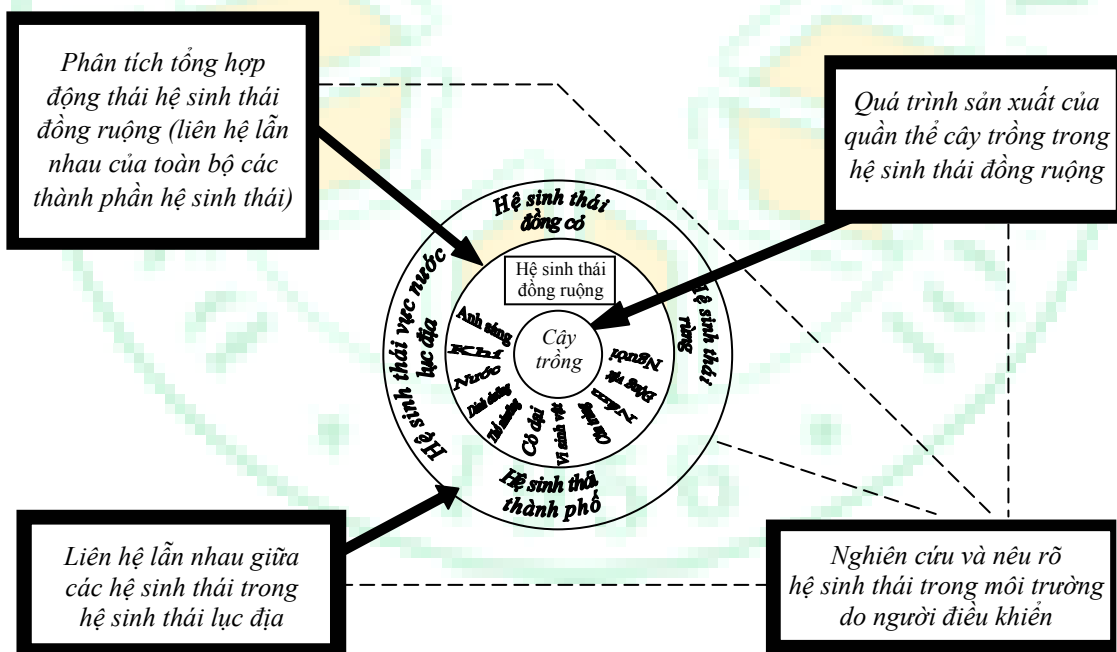
1. Khái niệm chung về sinh thái học đồng ruộng

1.1 Ý nghĩa và tác dụng của sinh thái học đồng ruộng

Từ trước đến nay đã có nhiều nghiên cứu về môi trường đối với cây trồng - đối tượng của sản xuất nông nghiệp. Nhưng phần nhiều là nhằm vào những ảnh hưởng của điều kiện môi trường riêng biệt như thổ nhưỡng, khí hậu, cỏ dại... đối với cây trồng; rất ít những nghiên cứu coi đồng ruộng là một hệ thống được cấu thành từ loài người cho đến vi sinh vật.

Hệ sinh thái đồng ruộng được đặt ngang hàng với các hệ sinh thái tự nhiên như rừng, đồng cỏ, vực nước, lục địa... Thuật ngữ "hệ sinh thái đồng ruộng" mãi gần đây mới có được vị trí rõ ràng trong sinh thái học ứng dụng. Hệ sinh thái đồng ruộng là một hệ thống với quần thể hoặc các quần thể cây trồng là trung tâm tương tác chặt chẽ với môi trường xung quanh bao gồm ánh sáng, không khí, nước, địa hình, đất đai, cỏ dại, côn trùng, vi sinh vật, động vật, v.v... (hình 1.1). Hệ sinh thái đồng ruộng là một trong những hệ sinh thái trong sinh quyển, vì vậy về nguyên tắc, phương pháp và cách nghiên cứu sinh thái học đều thích hợp với nó. Ngược lại, những quy luật và phương pháp mà sinh thái học đồng ruộng tìm ra cũng có thể vận dụng cho các lĩnh vực sinh thái học khác.

So với sinh thái học nông nghiệp hay sinh thái học cây trồng mà nội dung chủ yếu là địa lý học sinh thái cây trồng thì sinh thái học đồng ruộng có đặc điểm là được tiến hành nghiên cứu trong hệ sinh thái một cách tổng hợp và động hơn.



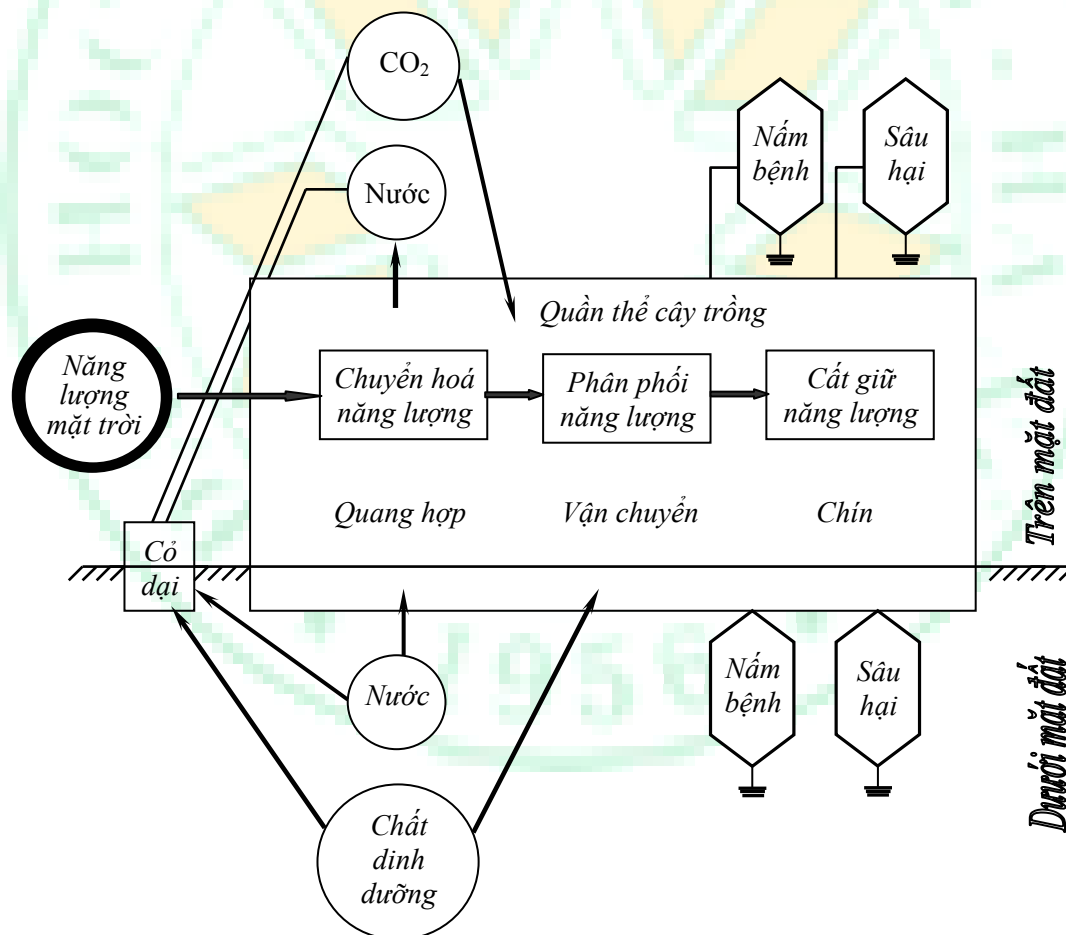
Hình 1.1. Phạm vi nghiên cứu của sinh thái học đồng ruộng

Mặt khác, nói về sự cân bằng toàn bộ hệ thống, trình độ điều khiển kỹ thuật nông nghiệp hiện nay đối với hệ sinh thái đồng ruộng còn cách xa mới được như mong muốn. Thí dụ, khi chúng ta tìm cách ức chế một loại cỏ dại nào đó phát triển thì có thể dẫn đến

làm một loại cỏ dại khác phát triển; điều khiển di truyền vốn là để tăng sản lượng vật chất khô của cây trồng, nhưng kết quả có khi ngược lại là giúp làm tăng sinh khối của loài có hại; hay cày sâu quá mức lại làm giảm khả năng sản xuất của đồng ruộng do đã làm bốc phèn. Tóm lại, có thể thấy tác dụng của sinh thái học đồng ruộng là thông qua việc giải thích hệ sinh thái đồng ruộng mà tìm ra quy luật hay phương pháp nghiên cứu hệ sinh thái khác. Nghiên cứu một cách động và tổng hợp theo cách tiếp cận hệ thống trong mối liên hệ giữa hệ sinh thái đồng ruộng với các hệ sinh thái khác xung quanh nó để tìm ra con đường điều chỉnh nâng cao năng suất sản xuất và chỉ đạo kỹ thuật sản xuất cụ thể (Altieri, 2002, Phạm Chí Thành và ctv, 1996, Trần Đức Viên, 1998).

1.2. Các hướng nghiên cứu chính của sinh thái học đồng ruộng

Sinh thái học đồng ruộng tập trung nghiên cứu theo ba hướng: (1) Quá trình sản xuất của quần thể cây trồng trong hệ sinh thái đồng ruộng; (2) Giải thích tổng hợp động hệ sinh thái đồng ruộng (liên hệ lẫn nhau của toàn bộ các phần hợp thành); (3) Quan hệ lẫn nhau giữa hệ sinh thái đồng ruộng với các hệ sinh thái khác xung quanh nó (Trần Đức Viên, 1998).



Hình 2.1. Quan hệ của chuyển hoá năng lượng và các phần hợp thành trong hệ sinh thái đồng ruộng lấy quần thể cây trồng làm trung tâm

Nội dung nghiên cứu của sinh thái đồng ruộng hết sức rộng, bao gồm nội dung nghiên cứu từ mức cá thể đến mức giữa các hệ sinh thái. Cũng như các hệ sinh thái khác, quá trình cơ bản của hệ sinh thái đồng ruộng là sự chuyển hoá năng lượng và tuần hoàn vật chất của hệ sinh thái mà hạt nhân là sinh vật. Chi tiết sẽ đề cập ở phần cuối chương này, ở đây chỉ nêu một thí dụ, trong hệ sinh thái đồng ruộng biểu thị bằng hình vẽ, chuyển hoá năng lượng lấy quần thể cây trồng làm trung tâm, năng lượng mặt trời chiếu trên đồng ruộng dưới ảnh hưởng của các thành phần hợp thành khác nhau của hệ sinh thái, thông qua quần thể cây trồng mà tiến hành trao đổi, cố định, phân phối và cất giữ (hình 2.1). Do đó, tùy theo việc nêu rõ những nhân tố và quá trình, lại làm rõ thêm sự diễn biến và quá trình thích ứng của cả hệ sinh thái, giải thích kết cấu, chức năng và động thái của nó, đồng thời áp dụng phương pháp của kỹ thuật học hệ thống phân tích cả hệ sinh thái, mới có thể hiểu hệ sinh thái đồng ruộng một cách toàn diện hơn.

2. Quá trình hình thành và phát triển đồng ruộng

2.1 Bắt đầu của nông nghiệp là sự hình thành và phát triển đồng ruộng

Theo hiểu biết hiện nay, loài người cổ xưa nhất (*Australopithecus*) sinh ra vào thời kỳ băng hà thứ nhất (trước công nguyên khoảng 1 triệu năm), qua thời kỳ băng hà thứ tư (trước công nguyên khoảng 25.000 năm) cho đến cuối thời đại đồ đá cũ (trước công nguyên khoảng 7.000 năm), mới tiến hoá thành loài người ngày nay (*Homo sapiens*), thời gian khoảng 1 triệu năm. Trong thời gian đó, loài người sinh sống dựa vào săn bắt và hái lượm, sau đó mới bước vào thời đại chăn nuôi và làm ruộng. Do sự khác nhau giữa các khu vực, việc phân chia ra các thời đại săn bắt, chăn nuôi, làm ruộng còn phụ thuộc vào điều kiện thuận lợi và khó khăn của từng vùng. Nhưng dù thế nào, làm ruộng vẫn là khuynh hướng đã làm cho loài người định cư thành bộ lạc, đồng thời cũng thúc đẩy phát triển nhanh kỹ thuật sản xuất nông nghiệp và phát triển văn hoá-kinh tế-xã hội.

Buổi đầu của kỹ thuật nghề nông, theo truyền thuyết, là được gợi ra từ hạt cốc vùi trong đất nảy mầm và sinh trưởng. Nông cụ cổ xưa nhất là cây gậy và rìu đá để đào đất, điều này cũng nói rõ kỹ thuật nghề nông đầu tiên là bắt đầu từ việc đào lật đất (Peake, 1928; Kumadai, 1970). Cây lật đất là cách điều khiển do con người bắt đầu tác dụng vào hệ sinh thái tự nhiên như rừng, đồng cỏ, bãi sông..., kết quả là đã sinh ra đồng ruộng chung quanh nhà ở của những người định cư. Nương rẫy đốt là hình thái đầu tiên của từng mảnh ruộng, tức là đốt rẫy, chọc lỗ bỏ hạt, từ đó đến thu hoạch không chăm sóc gì cả, qua nhiều năm đất nghèo đi thì bỏ hoá chuyển đến nơi khác, lại tiến hành kiểu nông nghiệp bóc lột đất như vậy. Ở Việt Nam đến thời các vua Hùng đã có nền nông nghiệp ruộng nước, thể hiện qua các truyền thuyết như câu chuyện về Sơn Tinh, Thủy Tinh.

Trên mặt đất của hệ sinh thái nương rẫy có tro là nguồn phân vô cơ phong phú. Ngoài ra, lửa có thể đốt chết nấm bệnh, côn trùng, vi sinh vật và cỏ dại, có lợi trong một thời gian ngắn. Đất nương rẫy trong thời gian bỏ hoá, được nghỉ và hồi phục dần. Nền nông nghiệp nguyên thủy này đến nay vẫn còn tồn tại ở nhiều vùng nhiệt đới.

Sau này cùng với sự phát triển và thay đổi chế độ sở hữu đất đai, để duy trì độ màu mỡ của đất, người ta đã áp dụng phương thức cho đất nghỉ. Đồng thời để nâng cao độ màu mỡ của đất và mức sử dụng đất, người ta đã tiến hành luân canh. Đồng ruộng được chia thành nhiều mảnh, có đất nghỉ, đất gieo vụ cốc xuân, đất gieo vụ cốc đông. Do kỹ thuật cây bừa phát triển, đất nghỉ không có nghĩa là không quản lý, mà vẫn cây bừa để trừ cỏ dại và cải thiện điều kiện thông thoáng cho đất, nghĩa là áp dụng nhiều cách tích cực để khôi phục độ màu mỡ của đất. Hơn nữa, do tiến bộ của kỹ thuật luân canh, ngoài cây cốc ra, còn có thêm nhiều loài cây trồng khác, hệ sinh thái đồng ruộng ngày càng thêm phức tạp (Grass, 1925; Orwin, 1949).

Cùng với nương rẫy và chế độ canh tác ruộng nước ở vùng đất cao, ở vùng đất thấp cũng phát triển đồng ruộng. Các dân tộc định cư ở vùng ven hồ, sông, đầm lầy, qua giai đoạn đánh bắt cá, lượm hái quả, cũng học cách làm ruộng. Nền văn hoá phương Đông cổ đại phát triển ở bên các dòng sông lớn như Tigơ, Ôfrat, Nil; nền văn hoá dân tộc Hán bắt nguồn từ lưu vực sông Hoàng Hà; nền văn minh lúa nước của người Việt ở vùng Đồng bằng sông Hồng ..., đều lấy cơ sở là văn minh nông nghiệp.

Theo tài liệu khảo cổ, sự phát triển của đồng ruộng là từ vùng đất cao xuống vùng đất thấp (Furusima, 1947; Marukufuchi, 1968). Nông nghiệp đất thấp còn gọi là nông nghiệp đất ngập nước, một mặt có những chất lắng đọng phù sa do dòng sông chuyển tới đã hình thành đồng ruộng màu mỡ, mặt khác kỹ thuật điều khiển ngập lụt của nước sông được phát triển không ngừng theo sự phát triển của thể chế chính trị, xã hội, như ở Việt Nam đã hình thành hệ thống đê điều và hệ thống “dẫn thủy nhập điền”. Vì thế, hệ sinh thái đồng ruộng của nông nghiệp đất thấp, thông qua các biện pháp trị thủy và dẫn tưới, lấy việc khống chế nước làm trung tâm, duy trì cân bằng sinh thái của cả hệ thống (Morimoto, 1941; Marukufuchi, 1968).

2.2. Sự phân bố của đồng ruộng

Nước là một trong những nhân tố hạn chế sự tồn tại hay không tồn tại của đồng ruộng, do đó, đối chiếu sự phân bố mưa của lục địa cho thấy: vùng có lượng mưa nhỏ hơn 250 mm hầu như không có diện tích đồng ruộng. Ngay lúa mì, một cây trồng chiếm diện tích đồng ruộng rộng nhất thế giới với tổng số 257 khu vực trồng thì 83% số khu vực là nằm trong vùng có lượng mưa 500 - 1000 mm/năm.

Sự phân bố của đồng ruộng, nói một cách khái quát là do nước, nhiệt độ, địa hình và vĩ độ hạn chế. Đối với các loại cây trồng chủ yếu thì bị các điều kiện môi trường nhất định liên hệ với giống cây đó hoặc quan hệ tổ hợp của một số điều kiện nào đó hạn chế. Ở từng khu vực cục bộ thường bị ảnh hưởng của sâu bệnh. Vì thế, về mặt quy hoạch đất thích hợp với cây trồng, việc nghiên cứu địa lý sinh thái cây trồng là một trong những lĩnh vực quan trọng của sinh thái học đồng ruộng. Việt Nam có hai vựa lúa chính là Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long, đó là hai vùng địa hình bằng phẳng nhất so với các vùng khác trong cả nước.

Bảng 1.1. Diện tích trồng lúa tại 4 vùng sản xuất lúa chính của cả nước theo địa hình tương đối

Vùng	Diện tích (1000 ha)	Địa hình tương đối				
		Cao	Và cao	Và	Và thấp	Trũng
Đồng bằng sông Cửu Long	2082,7		87,9	813	1073,3	108,5
Đồng bằng sông Hồng	667,3	6,6	64,9	227,4	291,6	76,8
Duyên hải Bắc Trung Bộ	395,8	31,6	91,1	177,8	66,9	28,4
Duyên hải Nam Trung Bộ	279,9	15,1	63,7	55,6	117,9	27,6
<i>Tổng cộng</i>	<i>3425,7</i>	<i>53,3</i>	<i>307,6</i>	<i>1273,8</i>	<i>1549,7</i>	<i>241,3</i>

Nguồn: Viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp, 2003

Theo số liệu trong bảng 1.1, diện tích lúa nước tập trung chủ yếu ở hai vùng đồng bằng chính là Đồng bằng sông Cửu Long và Đồng bằng sông Hồng. Đồng thời, do điều kiện địa hình nên diện tích lúa nước ở vùng Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ có diện tích nhỏ hơn rất nhiều, chỉ bằng một nửa diện tích lúa Đồng bằng sông Hồng và 1/7-1/8 diện tích lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long. Ở mỗi vùng, lúa nước lại được chia ra theo địa hình tương đối như cao, và cao, và, và thấp và trũng (Viện Quy hoạch và Thiết kế nông nghiệp, 2003).

2.3. Sự hợp thành của hệ sinh thái đồng ruộng

Điểm khác nhau chủ yếu về thành phần hợp thành của hệ sinh thái đồng ruộng so với hệ sinh thái khác là quần thể cây trồng mang tác dụng chủ đạo do con người điều khiển một cách đầy đủ; người và gia súc cũng là thành phần hợp thành của hệ sinh thái. Ngoài ra, còn có một số biện pháp điều khiển của con người có ảnh hưởng sâu sắc đến sự hợp thành của hệ sinh thái đồng ruộng như biện pháp làm đất, bón phân, phòng trừ sâu, bệnh, cỏ dại, phủ đất, tưới nước và điều khiển di truyền chọn giống (Trần Đức Viên, 1998; Phạm Chí Thành và ctv, 1996).

Sự hợp thành của hệ sinh thái đồng ruộng như trong hình 1.1, là quần thể cấu thành bởi cây trồng đơn nhất (giống) và cùng với quần thể cây trồng chủ đạo là quần thể cây trồng khác, quần thể cỏ dại, sâu hại, động vật ..., tạo thành quần xã sinh vật của hệ sinh thái đồng ruộng. Giữa các thành phần hợp thành này tồn tại mối quan hệ qua lại phức tạp (sẽ nói kỹ ở phần sau), ở đây chỉ nêu một thí dụ. Như trong bảng 2.1, trong quá trình chuyển biến từ hệ sinh thái tự nhiên (đồng cỏ) sang hệ sinh thái đồng ruộng (đất lúa mì), quần thể côn trùng, thành phần hợp thành của hệ, bị ảnh hưởng rõ rệt. Từ đồng cỏ biến thành đất lúa mì, năm thứ nhất, số loài côn trùng đều giảm đi, nhưng tổng số cá thể đều

tăng lên. Nếu tính theo loài, như phần dưới của bảng 2.1, sự tăng giảm số cá thể của các loài khác nhau, có một số loài có tác dụng ức chế đối với loài khác, số cá thể của chúng tăng lên, kết quả chung là làm cho số cá thể tăng lên.

Bảng 2.1. Ảnh hưởng của sự chuyển biến từ hệ sinh thái tự nhiên sang hệ sinh thái đồng ruộng đối với thành phần quần thể côn trùng (WATT, 1968)

Tên côn trùng	Đồng cỏ	Đất lúa mì	Tăng giảm (lần)
Số loài			
<i>Homoptera</i>	35	12	- 2,9
<i>Heteroptera</i>	38	19	- 2,0
<i>Coleoptera</i>	93	39	- 2,4
<i>Hymenoptera</i>	37	18	- 2,1
Loài khác	137	54	- 2,5
Cộng các loài	340	142	- 2,4
Tổng số cá thể/m ²	199	351	+ 1,8
Số cá thể của các loài khác nhau/m ²			
<i>Caeculus dubius</i>	2,23	0,06	- 37,2
<i>Sminthurus viridis</i>	7,65	0,19	- 40,2
<i>Ectobius duskei</i>	2,83	0,13	- 94,3
<i>Leptothorax nassonovi</i>	16,48	0,03	- 550,0
<i>Haptothrips tritiae</i>	1,07	300,40	+ 280,8
<i>Phyllotreta vittula</i>	0,05	1,03	- 20,6
<i>Hadena sordida</i>	0,09	2,25	+ 25,0

Hệ sinh thái đồng ruộng là hệ thống phức tạp cấu thành bởi các thành phần vô cơ và các thành phần sinh vật, nên phải phân tích động thái mối quan hệ lẫn nhau giữa các thành phần hợp thành đó mới có thể giúp kỹ thuật trồng trọt tổng hợp nâng cao sản lượng quần thể cây trồng.

TÓM TẮT

- *Hệ sinh thái đồng ruộng là một trong những hệ sinh thái trong sinh quyển, vì vậy, phương pháp và cách nghiên cứu sinh thái học về nguyên tắc là đều thích hợp với nó. Ngược lại, những quy luật và phương pháp mà sinh thái học đồng ruộng tìm ra về nguyên tắc cũng có thể vận dụng cho các lĩnh vực sinh thái học khác.*
- *Sinh thái học đồng ruộng hiện đang tập trung nghiên cứu theo ba hướng: (1) Quá trình sản xuất của quần thể cây trồng trong hệ sinh thái đồng ruộng; (2) Giải thích tổng hợp động hệ sinh thái đồng ruộng (liên hệ lẫn nhau của toàn bộ các phần hợp thành); (3) Quan hệ lẫn nhau giữa hệ sinh thái đồng ruộng với các hệ sinh thái khác xung quanh nó.*
- *Lịch sử phát triển đồng ruộng đã trải qua một thời gian dài. Làm ruộng vẫn là khuynh hướng làm cho loài người an cư, lạc nghiệp, đồng thời cũng thúc đẩy phát triển nhanh kỹ thuật sản xuất nông nghiệp và phát triển văn hoá- kinh tế- xã hội.*
- *Sự phân bố của đồng ruộng, nói một cách khái quát là do nước, nhiệt độ, địa hình, đất đai và khí hậu hạn chế. Đối với các loại cây trồng chủ yếu thì bị các điều kiện môi trường nhất định liên hệ với giống cây đó hoặc quan hệ tổ hợp của một số điều kiện nào đó hạn chế như kinh tế - xã hội của từng vùng. Ở từng khu vực cục bộ thường bị ảnh hưởng của sâu bệnh. Vì thế, về mặt quy hoạch đất thích hợp với cây trồng, việc nghiên cứu địa lý sinh thái cây trồng là một trong những lĩnh vực quan trọng của sinh thái học đồng ruộng.*
- *Điểm khác nhau chủ yếu về thành phần hợp thành của hệ sinh thái đồng ruộng so với hệ sinh thái khác là quần thể cây trồng mang tác dụng chủ đạo do con người điều khiển một cách toàn diện; Thành phần loài sinh vật trên đồng ruộng có sự thay đổi sâu sắc nếu con người thay thế cây trồng chủ đạo. Những tác động này có những ảnh hưởng khác nhau đến lợi ích con người.*

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Đặc trưng cơ bản của hệ sinh thái đồng ruộng là gì?
2. Phạm vi nghiên cứu của hệ sinh thái đồng ruộng?
3. Tại sao hiện nay sinh thái học đồng ruộng tập trung vào 3 hướng nghiên cứu chính?
4. Tại sao các hệ sinh thái đồng ruộng lại khác nhau theo độ cao và khác nhau theo vùng?
5. Sự khác biệt căn bản về thành phần loài giữa hệ sinh thái đồng ruộng và hệ sinh thái tự nhiên?

TÀI LIỆU ĐỌC THÊM

1. Phạm Chí Thành, Phạm Tiến Dũng, Đào Châu Thu, Trần Đức Viên. *Hệ thống nông nghiệp*. NXB Nông nghiệp. Hà Nội - 1996.
2. Trần Đức Viên. *Sinh thái học nông nghiệp*. NXB Giáo dục. Hà Nội - 1998.

Chương II

CẤU TRÚC VÀ CHỨC NĂNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG

Nội dung

Trong lịch sử nghiên cứu hệ sinh thái rừng và đồng cỏ tự nhiên, việc nghiên cứu cấu trúc quần xã thực vật được phát triển tương đối sớm, điều đó có tác dụng nhất định đối với việc xây dựng khái niệm quần xã thực vật. Khái niệm cấu trúc quần xã phải bao gồm: các loài hợp thành và kiểu sinh sống của chúng, sự phân bố không gian của chúng, sự phân bố về lượng đo bằng đại lượng hay chỉ số nào đó (như mật độ, tần độ, trọng lượng...) và những biến đổi của chúng theo thời gian...

Hệ sinh thái đồng ruộng, trừ quần xã cỏ dại ra, thường rất đơn giản, tức là quần thể cây trồng chỉ do một loài cấu trúc thành. Mặt khác, hệ sinh thái cây trồng lấy quần thể cây trồng làm chính cùng với các thành phần phụ như quần thể cỏ dại, động vật, quần thể vi sinh vật và môi trường vật lý. Vì thế, khi nêu rõ cấu trúc và chức năng của hệ thống, không chỉ giới hạn ở cấu trúc của quần thể cây trồng, còn phải làm sáng tỏ cấu trúc quần thể sinh vật khác, môi trường vật lý và động thái tác dụng giữa chúng với nhau.

Các nội dung sau đây sẽ được đề cập trong chương này:

1. Cân bằng lượng nhiệt và cân bằng nước của đồng ruộng
2. Môi trường đất
3. Môi trường sinh vật
4. Cấu trúc của quần thể cây trồng
5. Cấu trúc môi trường của hệ sinh thái đồng ruộng
6. Quang hợp của quần thể cây trồng
7. Sự sinh trưởng của quần thể cây trồng
8. Sự cạnh tranh trong hệ sinh thái đồng ruộng
9. Năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng
10. Mô hình hóa hệ sinh thái đồng ruộng.

Mục tiêu

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần:

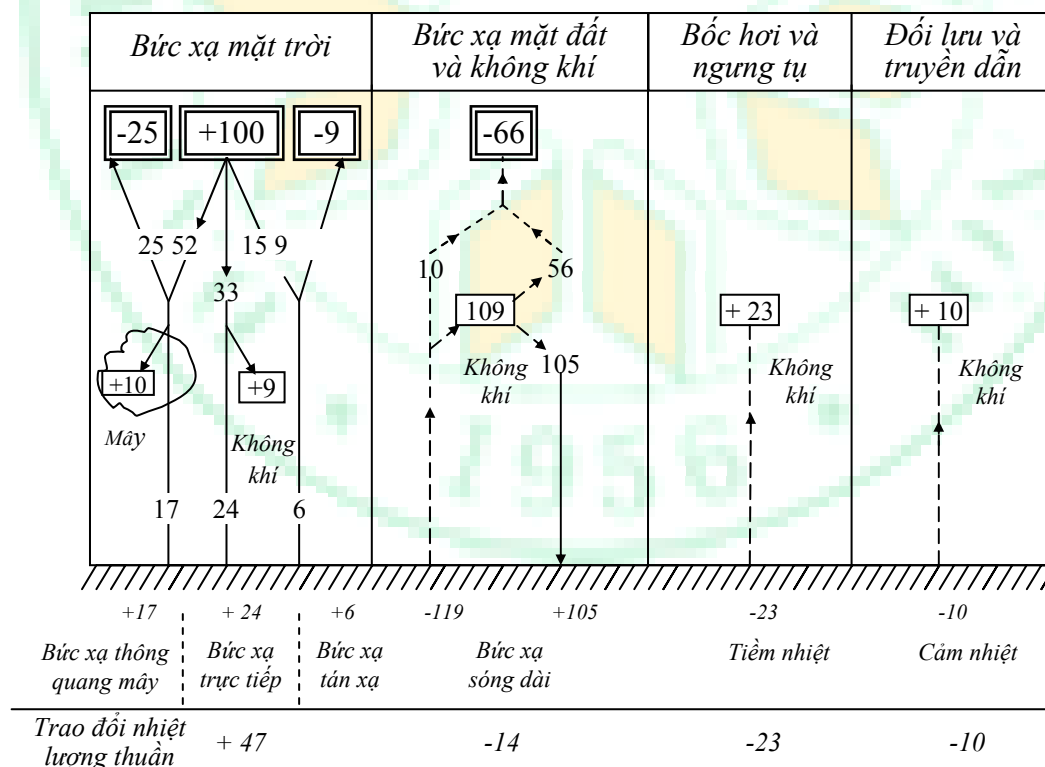
1. Hiểu được cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng,
2. Hiểu được môi trường đất, môi trường sinh vật của hệ sinh thái đồng ruộng,
3. Hiểu được mối quan hệ giữa cỏ dại và cây trồng, sự sinh trưởng của quần thể cây trồng trong hệ sinh thái đồng ruộng.

Năng lượng của sự vận động suy cho cùng đều bắt nguồn từ năng lượng mặt trời, do đó nghiên cứu tác dụng của môi trường vật lý và quần thể cây trồng đối với quá trình trao đổi năng lượng mặt trời ở tầng không khí gần mặt đất có thể nêu rõ cấu trúc môi trường của hệ sinh thái đồng ruộng. Cấu trúc của hệ sinh thái đồng ruộng rất phức tạp, quyết định cấu trúc và chức năng của hệ thống. Thí dụ, quang hợp của quần thể cây trồng, cấu trúc của quần thể bị mật độ tầng lá và phân bố không gian của tầng lá quyết định. Nhưng quang hợp lại hình thành lá mới, làm thay đổi cấu trúc tầng lá và lại ảnh hưởng tới chức năng và cấu trúc của hệ thống. Quan hệ này có nghĩa là: không có định lượng cấu trúc của hệ thống sẽ không thể nêu rõ một cách định lượng chức năng của hệ thống. Xuất phát từ quan điểm đối với cấu trúc môi trường như vậy, dưới đây sẽ nêu rõ vấn đề cân bằng lượng nhiệt và cân bằng nước của đồng ruộng, vấn đề biểu hiện định lượng cấu trúc của hệ thống và hàm số hoá chức năng của hệ thống.

1. Cân bằng lượng nhiệt và cân bằng nước của đồng ruộng

1.1. Cân bằng lượng nhiệt của đồng ruộng

Nghiên cứu sự trao đổi năng lượng mặt trời trên đồng ruộng, cơ bản nhất là nghiên cứu về cân bằng bức xạ và cân bằng lượng nhiệt. Cân bằng bức xạ là tổng bức xạ năng lượng mặt trời, không khí và mặt đất, có nghĩa là nhiệt năng thuần mà mặt đất đồng ruộng thu được, cũng gọi là bức xạ thuần. Sự biến đổi năng lượng mặt trời chủ yếu với hình thức nhiệt, cho nên cũng dùng thuật ngữ cân bằng lượng nhiệt làm từ đồng nghĩa của thuật ngữ cân bằng năng lượng.



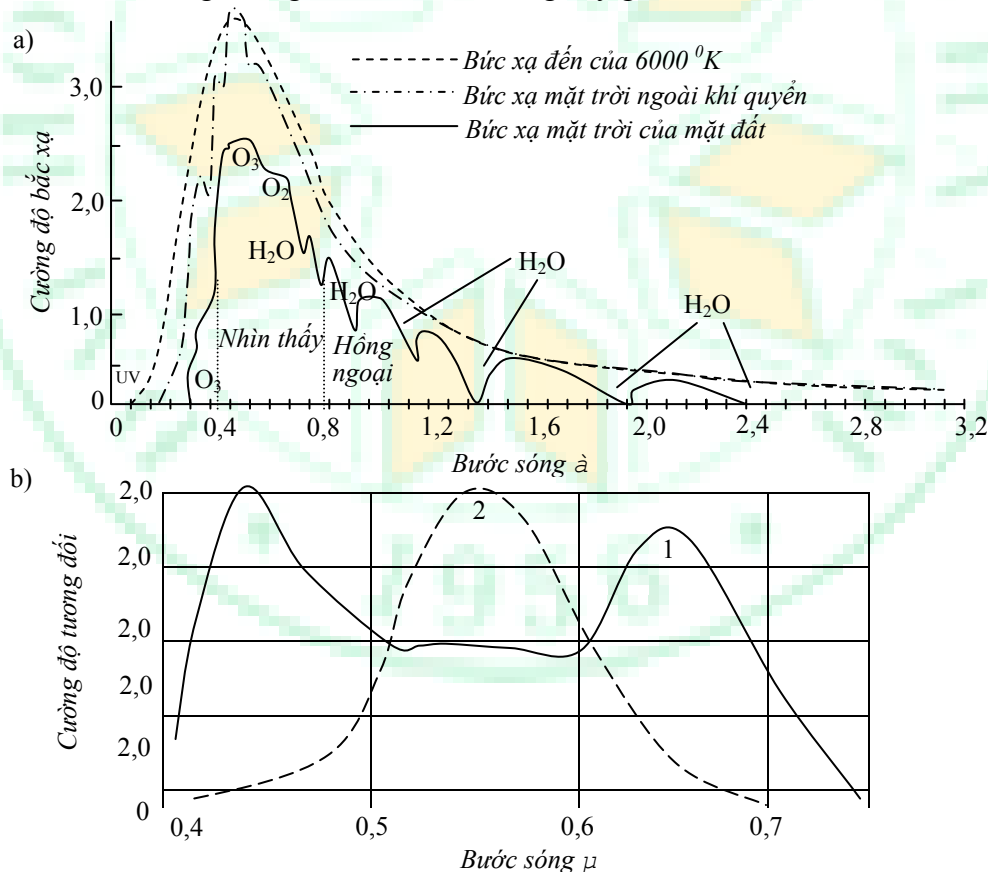
100 đơn vị = 0,485 cal/cm²/min

Hình 1.2. Cân bằng lượng nhiệt của mặt đất (Gates, 1962)

Bình quân năm của cân bằng nhiệt lượng đồng ruộng:

Hình 1.2 là tình hình phân phối lại của năng lượng mặt trời biểu thị bằng trị số bình quân năm của Bắc bán cầu. Lấy bức xạ mặt trời là 100, trị số này tương đương với $0,485 \text{ cal/cm}^2/\text{phút}$, trong đó chiếu trực tiếp xuống mặt đất 33, không khí hấp thụ 49, đến mặt đất 24 trở thành bức xạ trực tiếp; 52 đến bề mặt mây, từ đó mất 25 phản xạ vào trong không gian vũ trụ, 10 được mây hấp thụ, 17 thông qua mây đến mặt đất. Mặt khác, 15 đơn vị tỏa mất trong không khí, 9 đơn vị tỏa vào vũ trụ, còn 6 đơn vị đến mặt đất, cùng với ánh sáng thông qua mây đến mặt đất nói trên thành bức xạ tán loạn (tán xạ). Kết quả là năng lượng mặt trời chiếu vào tầng trên không khí chỉ có 47% đến được mặt đất, 34% phản xạ vào không gian vũ trụ.

Từ mặt đất chiếu ra bức xạ nhiệt sóng dài 119, trong đó 10 đi vào không gian vũ trụ, số còn lại được không khí hấp thụ. Từ không khí lại với bức xạ sóng dài 105 đến mặt đất. Do đó, để làm trao đổi lượng nhiệt sóng dài trọn vẹn bị mất đi 14 từ mặt đất. Do có 56 bức xạ sóng dài từ không khí chiếu vào không gian vũ trụ, cho nên toàn bộ nhiệt năng mà quả đất mất vào vũ trụ là 100, làm cho độ nhiệt của toàn thể quả đất không lên cao. Trong số 47 đến mặt đất, có 23 là lượng nhiệt bốc hơi rồi tiêu tan trong không khí. Loại lượng nhiệt lưu động tỏa ra và hấp thụ khi nước bốc hơi và ngưng tụ đó gọi là tiềm nhiệt. Cuối cùng còn lại 10 được gió chuyển vận, thông qua đối lưu và truyền dẫn, nằm trong không khí, loại nhiệt năng này gọi là hiện nhiệt.



Hình 2.2. Quang phổ bức xạ mặt trời (a). So sánh đường cong quang phổ quang hợp của lúa mì và độ cảm giác nhìn thấy tương đối (b)

1. Quang hợp của lúa mì (Gates, 1962); 2. Độ cảm giác nhìn thấy tương đối (Laisk, 1965)

Công thức cân bằng nhiệt lượng đồng ruộng:

Hình thái của năng lượng mặt trời tuy có biến đổi, nhưng theo định luật bảo toàn năng lượng thì không mất đi. Vậy công thức cân bằng nhiệt như sau:

$$R + H + IE = 0 \quad (1)$$

Trong đó: R: Bức xạ thuần; H: Cảm nhiệt; I: Tiềm nhiệt bốc hơi; E: Lượng bốc hơi trên đơn vị diện tích, đơn vị thời gian.

Nếu xét đến những biến đổi trong thời gian tương đối ngắn, trên đồng ruộng, thì công thức trên có thể đổi thành:

$$R + H + IE + B + P = 0 \quad (2)$$

Trong đó: B là nhiệt tồn trữ trong đồng ruộng, dùng vào sự lên xuống độ nhiệt đất và độ nhiệt thân thực vật; P là nhiệt tồn trữ ở hóa năng của quang hợp. Trị số của chúng rất nhỏ so với các số hạng khác, hầu như có thể bỏ qua.

Bức xạ thuần: có thể biểu thị bằng công thức sau đây:

$$R = (1 - a) (Q + q) + S \quad (3)$$

a là suất phản xạ của đồng ruộng

Q và q là bức xạ mặt trời chia ra trực tiếp và tán loạn

S là bức xạ hữu hiệu sóng dài, là tổng của bức xạ sóng dài từ mặt đất ra và từ không khí đến.

Dấu của các số hạng trong các công thức từ (1) đến (3) lấy chiều chiếu vào mặt đất là dương, chiều phản xạ là âm.

Bức xạ mặt trời và bức xạ quang hợp được:

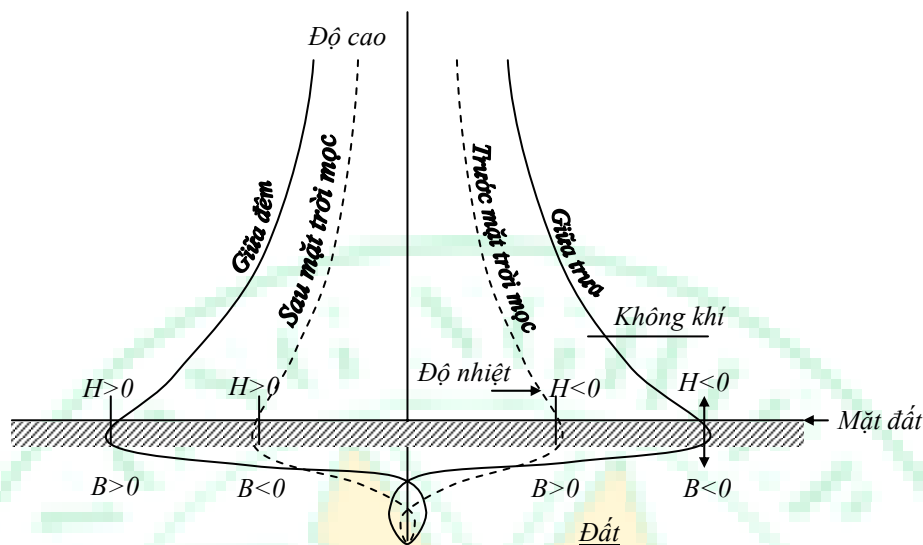
Về đại thể, bức xạ mặt trời gồm có bức xạ băng sóng 0,2 - 4,0 μ , gọi là bức xạ sóng ngắn, cường độ của các bước sóng khác nhau như hình 2.2 (a) cho thấy, ở ngoài khí quyển thì gần như bằng bức xạ từ nguồn 6000⁰K, còn ở trong không khí thì được hơi nước, oxi, ozon, bụi hấp thu, hình thành mây khe lõm. Trong đó, băng sóng cho quang hợp được, như hình 2.2 (b) cho thấy, gần bằng với phần nhìn thấy được: 0,38 - 0,71 μ . Bức xạ của băng sóng này gọi là bức xạ quang hợp được. Hình 2.2 còn cho biết, quang phổ có tác dụng đối với quang hợp và đường cong biểu thị độ cảm giác của mắt người đối với các bước sóng khác nhau rõ ràng là khác nhau. Do đó, khi đo quang hợp, dùng lux để biểu thị cường độ ánh sáng là không chính xác.

Bức xạ quang hợp được đại thể tương đương với một nửa của bức xạ mặt trời. Tooming và Guliaep (1967) cho rằng, trị số tính tích ngày và trị số tính tích tháng có quan hệ như sau:

$$\Sigma Q_{\phi} = 0,42 \Sigma Q + 0,60 \Sigma Q \quad (4)$$

Trong đó: Q_{ϕ} là bức xạ quang hợp được. Từ đó cho thấy, tỷ lệ bức xạ quang hợp được của bức xạ tán xạ là cao hơn.

Thông lượng hiện nhiệt và tiềm nhiệt:



Hình 3.2. Biến đổi trong ngày về phân bố độ nhiệt đồng ruộng

Hình 3.2 cho thấy, biến đổi trong ngày theo chiều thẳng đứng của độ nhiệt không khí và độ nhiệt đất ở mặt đất vào ban đêm là thấp nhất, buổi trưa trở nên cao nhất. Biến đổi trong ngày của nhiệt độ đất có thể đến độ sâu khoảng 30cm, ở độ sâu hơn nữa hầu như không có biến đổi độ nhiệt. Nhưng căn cứ vào đường cong biến đổi trong năm của độ nhiệt đất thì sự biến đổi độ nhiệt có thể đến độ sâu 600 cm. Xem độ dốc của đường cong trong hình có thể thấy hiện nhiệt của mặt đất, hướng truyền dẫn của nhiệt truyền dẫn trong đất và mức độ lớn nhỏ của nhiệt, như mũi tên trong hình. Truyền dẫn nhiệt thành tỷ lệ với độ dốc của đường cong ($\frac{DT}{dz}$), độ dốc càng lớn thì dẫn nhiệt càng nhiều.

Độ dốc độ nhiệt và thông lượng hiện nhiệt ở một thời gian nào đó có quan hệ như sau:

$$H = \rho C_p K_H \frac{DT}{dz} \quad (5)$$

Trong đó: ρ là mật độ không khí; C_p là tỷ nhiệt định áp của không khí;

K_{Hr} là hệ số khuếch tán xạ

$\frac{DT}{dz}$ tỷ lệ biến đổi độ nhiệt theo độ cao (độ dốc thẳng đứng).

Cũng như trên, tiềm nhiệt có thể biểu thị như sau:

$$IE = \rho K_w I \frac{dq}{dz} \quad (6)$$

Trong đó: q là độ ẩm tương đối, K_w là hệ số khuếch tán dòng xoáy của hơi nước.

Hai công thức (5) và (6) cho biết: hệ số khuếch tán dòng xoáy càng lớn, độ dốc thẳng đứng của nhiệt hay độ ẩm càng lớn, thì thông lượng hiện nhiệt và tiềm nhiệt sẽ càng lớn.

Lượng biến đổi nhiệt tồn trữ:

Nhiệt tồn trữ trong đồng ruộng (B) biểu thị sự thay đổi lượng nhiệt của một cột cầu thành do rễ cây trồng và đất tính từ mặt đất trở xuống, cũng tức là thông lượng nhiệt tồn trữ. Trên mặt đất trong quần thể cây trồng, có thể theo công thức (2), tức là:

$$R_0 + IE_{0r} + H_0 + B_0 = 0 \quad (7)$$

Trong công thức này, B_0 biểu thị nhiệt truyền dẫn từ mặt đất xuống dưới đất và gọi là nhiệt truyền dẫn trong đất, có thể biểu thị bằng công thức sau đây:

$$B_0 - \lambda \left. \frac{dT_s}{dz} \right|_{z=0} \quad (8)$$

Trong đó: λ là hệ số dẫn truyền nhiệt của đất ($\text{cal/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$);

$\left. \frac{dT_s}{dz} \right|_{z=0}$ biểu thị độ dốc thẳng đứng phân bố độ nhiệt đất của mặt đất.

Trị số B_0 tiến hành phân tích 1 năm thì gần bằng không.

Từ (2) đến (7) ta được: $B_p = B - B_0 \quad (9)$

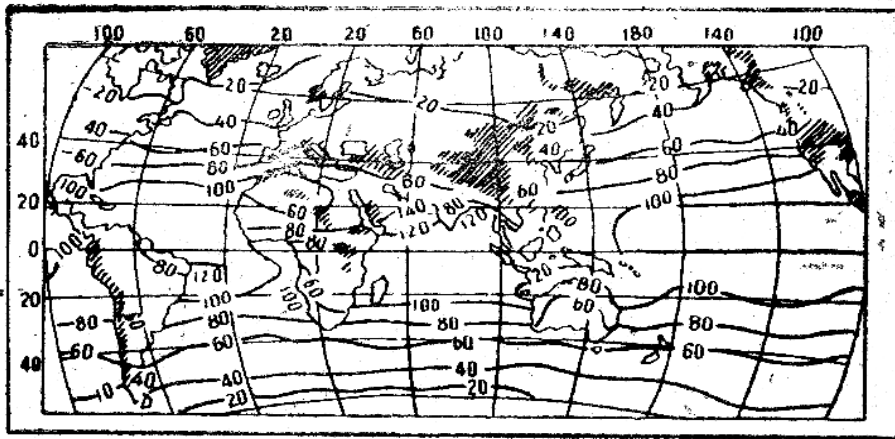
Trong đó: B_p là lượng biến đổi nhiệt trữ trong thân cây trồng và trong không khí của quần thể cây trồng.

Sự phân bố địa lý về cân bằng lượng nhiệt:

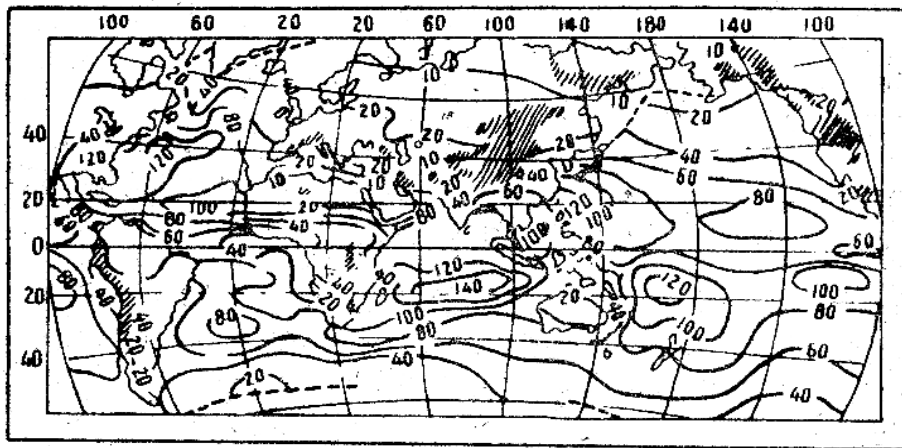
Nhà khí hậu học Liên Xô Bưđuko dùng phương pháp khí hậu học đã nghiên cứu sự phân bố địa lý về cân bằng lượng nhiệt: lượng nhiệt toả ra do bốc hơi, lượng trao đổi nhiệt khuếch tán. Nghiên cứu chỉ ra rằng, về mặt lượng nhiệt của cả năm, như hình 4.2 (a) cho thấy, bức xạ thuần trên lục địa và trên biển khác nhau rõ rệt, đường ranh giới biểu thị trị số không liên tục. Đó là do tỷ lệ suất phản xạ của mặt biển nhỏ hơn so với bề mặt lục địa cùng vĩ độ. Trị số lớn nhất của bức xạ thuần trên quả đất được thấy ở phần Bắc biển Arabi, khoảng $140 \text{kcal/cm}^2 \cdot \text{năm}$. Ở biển, đường thẳng trị thành từng băng kéo dài hướng Đông Tây; ở đới vĩ độ cao, trị số bức xạ thuần hạ thấp rất nhanh.

Trên lục địa, trị số bức xạ thuần lớn nhất được thấy ở vùng nhiệt đới ẩm, cũng chỉ có $100 \text{kcal/cm}^2 \cdot \text{năm}$, rất nhỏ so với trên biển. Ngoài ra, nếu so sánh vùng khô với vùng ẩm thì trị số nhỏ hơn. Đó là do suất phản xạ của bức xạ sóng ngắn ở vùng khô lớn hơn, bức xạ hữu hiệu sóng dài cũng lớn (độ nhiệt bề mặt cao, ngày râm ít, độ ẩm thấp).

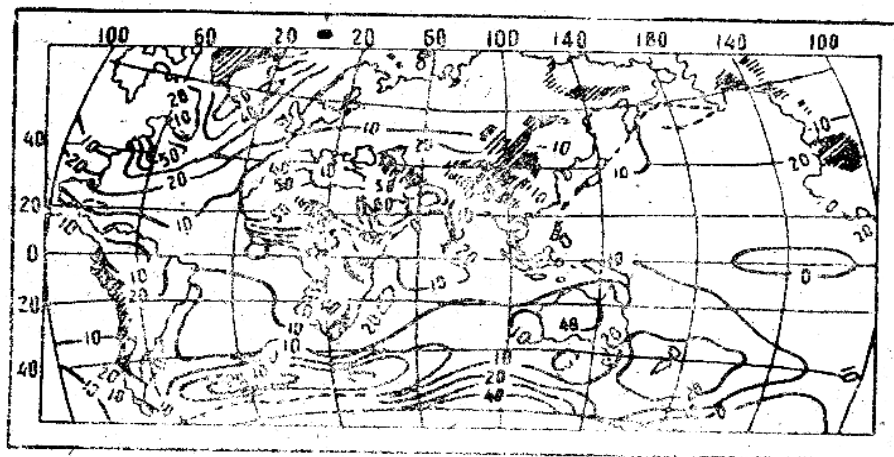
Hình 4.2 (b) biểu thị nhiệt toả ra do bốc hơi. Trị số của lục địa và biển khác biệt nhau rõ rệt, thay đổi rõ rệt ở đường ranh giới. Ở đây cũng giống với tình hình bức xạ thuần nói trên, nhưng phân bố phức tạp hơn, dù trên lục địa hay trên biển cũng đều không thành từng băng. Trên biển, trị số của đới khí áp cao lớn hơn một chút so với gần xích đạo. Ở vùng dòng nước ấm và vùng dòng nước lạnh dù ở cùng một vĩ độ, cũng chênh lệch nhau 2 - 3 lần. Mặt khác, trên lục địa nếu lượng nước trong đất đầy đủ, thì nhiệt toả ra do bốc hơi chủ yếu quyết định ở bức xạ thuần. Còn ở những vùng sa mạc, nửa sa mạc, đất thiếu nước, thì gần bằng với lượng mưa năm. Lượng bốc hơi lớn nhất toàn năm ở lục địa có thể đến 100 mm (độ cao cột nước), trên biển có thể đến 200 mm.



(a) phân bố lượng bức xạ thuận trong năm ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{năm}$).



(b) Lượng nhiệt tỏa ra do bốc hơi trong năm ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{năm}$).



(c) Lượng trao đổi nhiệt dòng xoáy trong năm ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{năm}$)

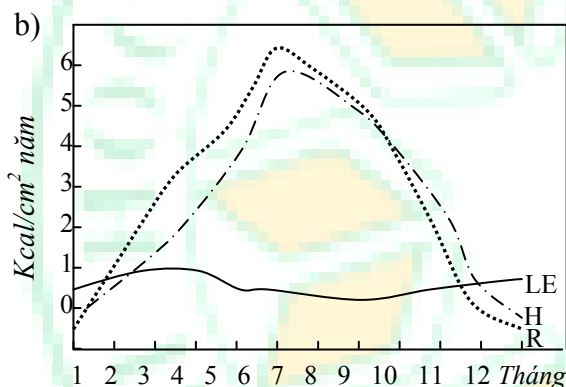
Hình 4.2 a, b, c. Sự phân bố địa lý trong năm về cân bằng lượng nhiệt ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \cdot \text{năm}$)
(Buđuko, 1956), phần gạch chéo là thiếu tài liệu

Lượng trao đổi nhiệt do dòng xoáy (trong hình 4.2c dấu âm và dương là xác định ngược), tất cả mặt đại lục và phần lớn mặt biển đều cung cấp nhiệt cho không khí, trị số cả năm của vùng sa mạc và nhiệt đới là lớn nhất, từ 50 - 60 kcal/cm² năm trở lên.

Biến đổi trong năm về cân bằng lượng nhiệt

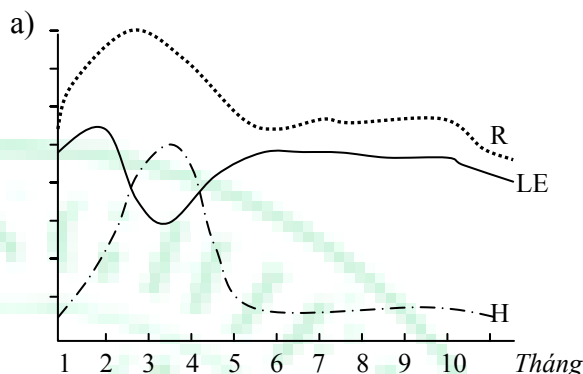
Hình 5.2 là sự biến đổi trong năm về cân bằng lượng nhiệt của một số địa điểm thuộc các vùng khí hậu điển hình (trên hình vẽ ngoài bức xạ thuần ra, dấu của các số hạng khác xác định ngược).

Hình 5.2a biểu thị tình hình của thành phố Hồ Chí Minh vùng khí hậu gió mùa xích đạo, bức xạ thuần của mùa khô cao, mùa mưa thấp (đới xích đạo nói chung, trừ vùng gió mùa ra, biến đổi trong năm của bức xạ thuần rất nhỏ).



5.2b. Vùng khí hậu lục địa á nhiệt đới (Krasnovodsk, 40° độ vĩ Bắc, 52°59' độ kinh Đông)

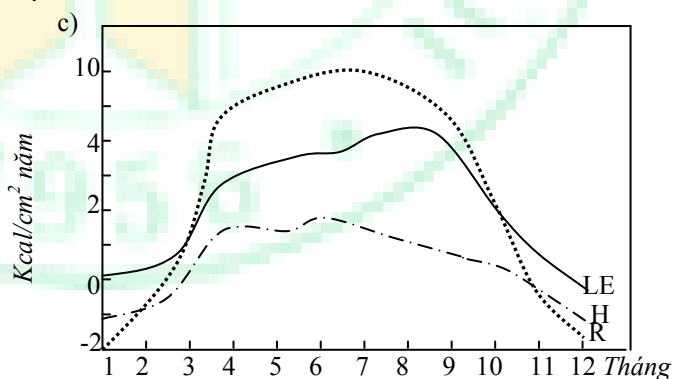
Lấy vùng khí hậu lục địa là Krasnovodsk ở Trung Á làm thí dụ, như hình 5.2(b). Ở đây do nguyên nhân của thiên văn học, bức xạ thuần biến đổi trong năm tương đối lớn, mà mùa đông có trị số âm. Vì mưa ít, lượng nhiệt bốc hơi rất nhỏ, vào mùa hạ lại càng thấp. Do đó, trao đổi nhiệt dòng xoáy đặc biệt cao vào mùa hạ, vượt bức xạ thuần vào mùa đông hướng từ không khí xuống mặt đất.



5.2a. Vùng gió mùa xích đạo (Tp. Hồ Chí Minh 10°47' độ vĩ Bắc, 52°59' độ kinh Đông)

Nhiệt toả ra do bốc hơi rất cao vào đầu mùa khô, thấp xuống rất nhiều vào cuối mùa khô vì đất đã khô (tháng 4), đến mùa mưa lại tăng lên.

Chú ý là trị số bốc hơi thấp nhất đến muộn hơn trị số bức xạ thuần lớn nhất, quan hệ giữa lượng nước trong đất và sự bốc hơi có thể nói rõ vấn đề này. Sự biến đổi trong năm về trao đổi nhiệt dòng xoáy, thường là ngược lại với trao đổi nhiệt bốc hơi, mùa khô rất cao.



5.2c. Vùng khí hậu gió mùa vĩ độ trung bình (Vladivostok 43°07' độ vĩ Bắc, 134°54' độ kinh Đông); R: bức xạ thuần, LE: nhiệt toả ra do bốc hơi; H: Trao đổi nhiệt xoáy

Hình 5.2a, b, c. Đường cong biến đổi trong năm về cân bằng lượng nhiệt ở các vùng khí hậu điển hình (Buduko, 1956)

Lấy Vladivôxtôc làm thí dụ về vùng khí hậu gió mùa có độ vĩ trung bình (hình 5.2c, trị số của các loại cân bằng lượng nhiệt mùa hạ ở đây chịu ức chế của trời râm, nên đường cong hơi bằng.

Ở trên biển nói chung, trao đổi nhiệt dòng xoáy hết sức nhỏ, biến đổi trong năm cũng rất nhỏ. Bức xạ thuần và nhiệt toả ra do bốc hơi khác nhau theo độ vĩ và vùng khí hậu, vì lượng nhiệt toả ra do bốc hơi cao hơn hẳn hoặc thấp hơn hẳn bức xạ thuần mà sinh ra thiếu hoặc thừa lượng nhiệt; tình trạng thiếu hoặc thừa này được bù đắp bằng lượng nhiệt đối lưu giữa tầng sâu và tầng nông của biển hoặc lượng nhiệt vận chuyển nhờ dòng nước biển.

1.2. Cân bằng nước trên đồng ruộng

Dựa vào định luật bảo toàn năng lượng, có thể dùng công thức cân bằng lượng nhiệt để biểu thị tình hình phân phối lại năng lượng mặt trời chiếu trên đồng ruộng. Cũng lý luận như vậy, có thể dùng công thức cân bằng nước để nói rõ sự phân phối lại nước trên đồng ruộng. Công thức cân bằng nước của đồng ruộng cho thấy là chỉ trong một thời gian nhất định, tổng lượng nước ở dạng rắn, dạng lỏng, dạng hơi mà không gian chung quanh cung cấp cho đồng ruộng và lượng các loại nước mất đi phải bằng không. Công thức đó như sau (Buduko, 1956):

$$r + E + fw + m = 0 \quad (10)$$

Trong công thức này r là lượng nước mưa, E là chênh lệch bốc hơi và ngưng tụ trên bề mặt đồng ruộng; fw là nước chảy mất trên mặt đất; m là trao đổi nước của mặt đất với tầng dưới của đồng ruộng. Dấu của các số hạng trong công thức (10) giống như trong công thức cân bằng lượng nhiệt, phương hướng vào đồng ruộng có trị số dương. Giá trị của m bằng tổng của nước trọng lực từ mặt đất chảy xuống tầng sâu, nước của rễ thực vật hấp thu và lượng lưu động theo chiều thẳng đứng toàn bộ nước trong các tầng có hàm lượng khác nhau. Công thức 10 cũng có thể dùng cho trường hợp đã biến đổi ít nhiều, tức là nước lưu động theo chiều thẳng đứng bằng tổng lượng nước trong đất chảy ra fp và hàm lượng nước trong đất tầng mặt b .

Tổng của nước bề mặt chảy ra fw và nước trong đất chảy ra fp bằng tổng lượng nước chảy ra f ($f = fw + fp$), do đó biểu thị thành công thức sau đây:

$$r + E + f + b = 0 \quad (11)$$

Công thức này có thể dùng để tính toán cân bằng nước của cả một cái hồ, hoặc cân bằng nước của một vùng nhất định (thí dụ lưu vực một dòng sông). Lúc này, f là tổng số nước phân phối lại theo chiều nằm ngang trong thời gian nghiên cứu nhất định, cả mặt nước và trong tầng đáy đất. Nếu lấy trị số bình quân thì số hạng b rất nhỏ. Công thức (10) có thể biến dạng thành công thức sau đây:

$$r + E + f = 0 \quad (12)$$

Đối với toàn quả đất, phân phối lại của nước theo chiều nằm ngang bằng 0 vậy:

$$r + E = 0 \quad (13)$$

Bình quân năm của vùng đất sa mạc không tưới sẽ như công thức (13).

2. Môi trường đất

Đất

Đất có cây trồng hoặc thực vật bậc cao sinh trưởng phát triển trong hệ sinh thái còn gọi là “đất trồng” hay “thổ nhưỡng”. Cùng với cây trồng, đất cũng là đối tượng kinh doanh của con người. Nhưng cho đất một định nghĩa chính xác thật không phải đơn giản như vậy. Thành phần chủ yếu cấu thành đất cổ nhiên là những chất vô cơ trong đá mẹ, nhưng nếu không có vô số vi sinh vật, động vật sinh sống trong đất và chất hữu cơ phân giải từ xác thực vật, động vật, thì không thể coi đó là đất. Cho đến nay, định nghĩa về đất được nhiều người thừa nhận là định nghĩa của Đacutraiép. Kira (1959) cho rằng đất là thể kết hợp không thể chia cắt của sinh vật và vô sinh, do hệ thống tác dụng và phản tác dụng cấu thành, và chỉ ra rằng “Cái trở thành một bộ phận của hệ sinh thái nào đó, ở lâu dài tại cùng một địa điểm, trong tác dụng lẫn nhau với giới sinh vật, trở thành cái có cấu trúc nhất định thích ứng với những đặc tính của hệ sinh thái ấy, đó tức là đất”. Đất nông nghiệp chịu rất nhiều ảnh hưởng của con người, kết quả là làm cho tác dụng lẫn nhau của sinh vật và vô sinh được thúc đẩy hoặc bị ức chế. Chi tiết về những phát triển gần đây của môn học đất, tác dụng lẫn nhau giữa đất và cây trồng, đề nghị tham khảo những tài liệu liên quan, ở đây chỉ chủ yếu nói rõ vấn đề hình thành đất liên hệ chặt chẽ với môi trường vật lý.

Thành phần của đất

Đất có ba pha, đầu tiên là pha rắn, tức là phần thể rắn bao gồm những mảnh đá vụn, các thành phần vô cơ của sản phẩm phong hoá đá mẹ và các chất hữu cơ đất là sản phẩm phân giải xác sinh vật; rồi đến pha khí và pha lỏng nằm giữa khe hồng của pha rắn. Đó gọi là khe ba pha của đất. Tỷ lệ của pha rắn, pha lỏng và pha khí, cũng tức là sự phân bố của ba pha, dù là cùng một loại đất cũng thay đổi, nhất là trong điều kiện khí hậu khác nhau, tỷ lệ ở pha lỏng và pha khí thay đổi khá lớn. Ở đồng ruộng, do cây bừa và các biện pháp canh tác, sự phân bố ba pha của đất cũng khác nhau. Nói chung, sự phân bố ba pha của đất do sự khác nhau về chủng loại đất và vị trí lớp đất mà hình thành trị số đặc tính tương ứng.

Thành phần của pha rắn, theo độ to nhỏ của hạt mà chia ra cát, limon và sét. Sự hợp thành theo đường kính hạt của những hạt chất vô cơ này gọi là thành phần cơ giới. Phân loại dựa theo đó gọi là phân loại đất theo thành phần cơ giới. Ví dụ: đất cát pha, đất thịt nhẹ, đất thịt trung bình, đất thịt nặng, đất sét nhẹ, đất sét trung bình và đất sét nặng.

Trong thiên nhiên, các hạt cát, limon và sét thường ít ở dạng hạt đơn mà chúng thường liên kết với nhau nhờ các keo hữu cơ và vô cơ để tạo thành các hạt có kích thước lớn hơn. Hạt kết trong đất có hình dạng khác nhau tùy theo loại đất: dạng phiến, dạng trụ, dạng hòn, dạng cầu và các biến thể của chúng. Các hạt kết này có thể xem như các “viên gạch” bé nhỏ cấu trúc thành đất. Những đất được cấu tạo từ các hạt kết viên được gọi là “đất có kết cấu viên” hoặc “đất có cấu trúc viên”. Đó là loại đất có độ phì thiên nhiên cao, như đất đen vùng ôn đới hay đất đỏ bazan của Việt Nam.

Nước trong đất

Nước trong đất dạng lỏng có thể gọi là dung dịch đất, vì nó chứa các chất hoà tan gồm nhiều loại chất vô cơ và chất hữu cơ. Căn cứ vào lực liên kết của nước trong đất với hạt đất, có thể chia: nước liên kết chặt với hợp chất khoáng, nước hút ẩm, nước làm nhão, nước mao quản và nước trọng lực. Trong đó, nước mà cây trồng có thể hút là nước mao quản và nước trọng lực, gọi là nước hữu hiệu. Để biểu thị cường độ hút nước trong đất trên hạt đất, Schofield (1935) đề nghị dùng logarit biểu thị độ cao cột nước (cm) tương đương với lực hút gọi là PF. Hình 6.2 nói rõ quan hệ của PF với loại nước trong đất và hằng số nước trong đất.

PF	Khí áp tương ứng	Loại nước trong đất	Hằng số của nước trong đất	Phương pháp đo
0	0,001	Dịch đục vẩn	Đục vẩn Dung tích lắng	
1,5	0,031	Nước trọng lực	Lượng giữ nước lớn nhất Giới hạn trên tính dẻo, điểm thành hạt	
2,7	0,5	Nước mao quản	Lượng giữ nước đồng ruộng	
4,2	15		Lượng giữ nước nhỏ nhất Đương lượng nước điểm khó động mao quản	
4,5	31		Giới hạn dưới co rút Giới hạn dưới tính dẻo	
6,0	1.000	Nước hút ẩm	Điểm khô héo Khí ẩm mất thấy được	
7,0	10.000		Hệ số hút ẩm (dưới độ ẩm bão hoà) Hệ số hút ẩm (R.H - dưới 50%) 105 °C khô mất nước	

Hình 6.2. Quan hệ của PF, khí áp tương ứng, loại và hằng số nước trong đất và phương pháp đo

- Hệ số hút ẩm: Nước hút từ không khí ẩm vào khi rải mỏng đất ra.
- Hệ số khô héo (độ ẩm cây héo): Lượng nước trong đất làm cho thực vật bắt đầu héo gọi là hệ số khô héo ban đầu, lượng nước mà sau khi héo không thể phục hồi lại nguyên trạng gọi là hệ số khô héo vĩnh cửu.
- Đương lượng nước: Cho đất bão hoà nước, đưa vào máy ly tâm tương đương với 1000 lần trọng lực, nước còn lại trong đất là đương lượng nước, gần tương đương với nước mao quản.
- Lượng giữ nước đồng ruộng: Nước mưa và nước tưới trở thành nước trọng lực di động xuống dưới, sau đó đi lên nhờ tác dụng mao quản, khi loại nước này hầu như ngừng di

động, lượng nước của tầng đất mặt, gọi là lượng chứa nước đồng ruộng. Trị số PF khoảng 1,5-1,7. Trong khoảng giữa của trị số này và hệ số khô héo ban đầu là nước hữu hiệu.

Hình 6.2 còn cho biết phạm vi có thể của các phương pháp khác nhau đo nước trong đất, căn cứ vào phạm vi của trị số PF cần thiết mà chọn phương pháp đo tương ứng.

Không khí trong đất

Thành phần không khí trong đất cũng giống như khí trời, gồm ôxi, nitơ, cacbonic và các khí hiếm khác. Điểm khác nhau chủ yếu giữa không khí trong đất và không khí trong khí quyển là hàm lượng CO₂. Trong không khí thông thường, hàm lượng CO₂ khoảng 0,33% còn trong không khí tầng đất mặt thường là 0,2 - 1%. Trong ruộng nước, có thể không khí hoà tan vào nước mặt ruộng rồi khuếch tán vào đất. Trong đất, ôxi được tiêu dùng, sinh ra CO₂, H₂ và mêtan, thành bọt khí đi lên mặt nước rồi vào không khí. Thành phần của không khí trong đất sởi dĩ không giống với không khí thông thường là vì sự hô hấp của rễ thực vật và vi sinh vật cần tiêu hao ôxi và thải ra CO₂.

Bảng 1.2. Sự tiêu hao ôxi trong đất khi có cây trồng và không có cây trồng

Đất	Cây trồng	Lượng tiêu hao ôxi (l/m ² .ngày)		
		Tổng lượng tiêu hao	Không có cây trồng	Lượng tiêu hao cho cây trồng
Đất cát pha	Khoai tây	7,6	4,8	2,8
Đất than bùn	Thuốc lá	13,0	9,4	3,6

Bảng 1.2 nói rõ sự khác biệt về lượng tiêu dùng khí ôxi, ở trạng thái có cây trồng và không có cây trồng. Bảng chứng rõ ràng là ôxi tiêu hao cho sinh vật đất nhiều hơn cho cây trồng. Trong đất gần bộ rễ, sự tồn tại của bộ rễ đã thúc đẩy hoạt động của vi sinh vật, cho nên trong thực tế, ôxi dùng cho cây trồng còn nhỏ hơn nữa; còn về động thái CO₂ trong đất sẽ được đề cập tới ở phần sau.

3. Môi trường sinh vật

Sinh vật trong đất

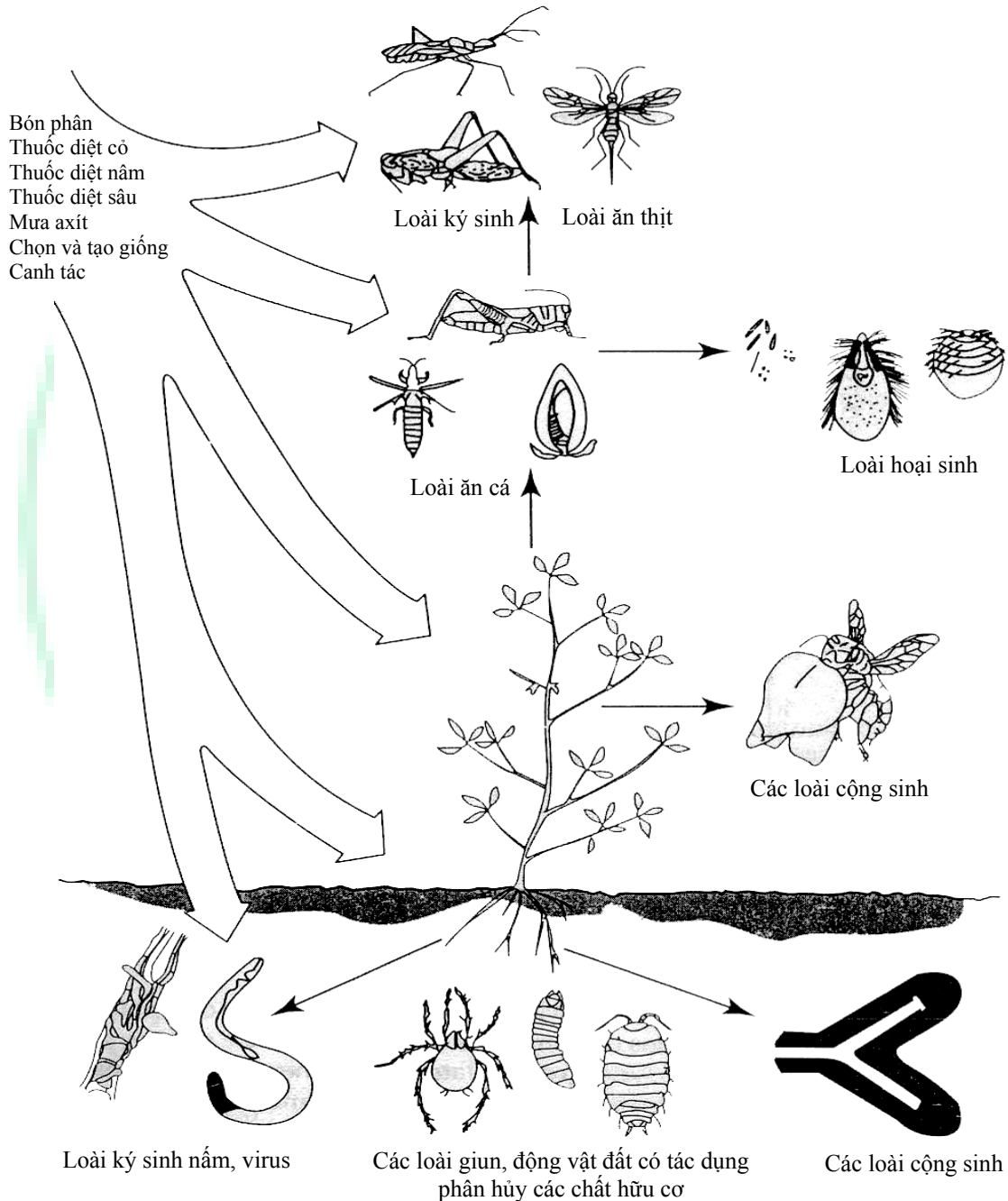
Nhiều loài động vật và thực vật cư trú trong đất. Trong đó thực vật chủ yếu là: nấm, vi khuẩn, xạ khuẩn, tảo; động vật có loài biến hình amip, bọ hung, động vật tiết túc lớn, giun, động vật thân mềm... Những sinh vật đất này trong quá trình chuyển hoá năng lượng của hệ sinh thái đồng ruộng, là loại tiêu dùng và loại phân giải năng lượng, liên hệ với nhau không qua tác dụng và phản tác dụng của hệ thống chủ thể - môi trường (hình 7.2). Về vi sinh vật đất đề nghị tham khảo giáo trình Vi sinh vật đất của Trường Đại học Nông nghiệp I.

Côn trùng, sinh vật nguồn bệnh

Sự hiện diện của côn trùng trong sản xuất cây trồng thường được coi là có hại, hoàn toàn trái ngược với hệ thống cố định, chuyển dịch năng lượng mặt trời của cây trồng. Vì thế trọng điểm nghiên cứu thường là phòng trừ sâu hại. Đứng về góc độ của hệ sinh thái đồng ruộng, lại rất chú ý đến vấn đề sinh thái của những quần thể động vật, ít ra cũng phải làm rõ sự chuyển hoá năng lượng tuần hoàn vật chất của những quần thể động vật này và sinh vật nguồn bệnh.

Cỏ dại

Cỏ dại trong hệ sinh thái đồng ruộng là đối tượng được những nhà nghiên cứu cây trồng và những nhà sinh thái học thực vật hết sức quan tâm. Cỏ dại là đối thủ cạnh tranh của cây trồng, là đối tượng phải phòng trừ. Gần đây trong việc nghiên cứu cỏ dại, ngày càng có nhiều người vận dụng phương pháp sinh thái học (có lẽ người đầu tiên đi theo hướng này là Arai, 1961). Về cỏ dại trong hệ sinh thái đồng ruộng, sẽ được đề cập đến ở mục cạnh tranh..



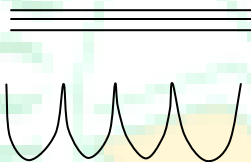
Hình 7.2. Mối quan hệ giữa cây trồng, các loài sinh vật đất, côn trùng dưới các biện pháp điều khiển của con người thông qua hệ sinh thái đồng ruộng
(Nguồn: Shiyomi và Koizumi, 2001)

4. Cấu trúc của quần thể cây trồng

Cấu trúc sản xuất của quần thể cây trồng

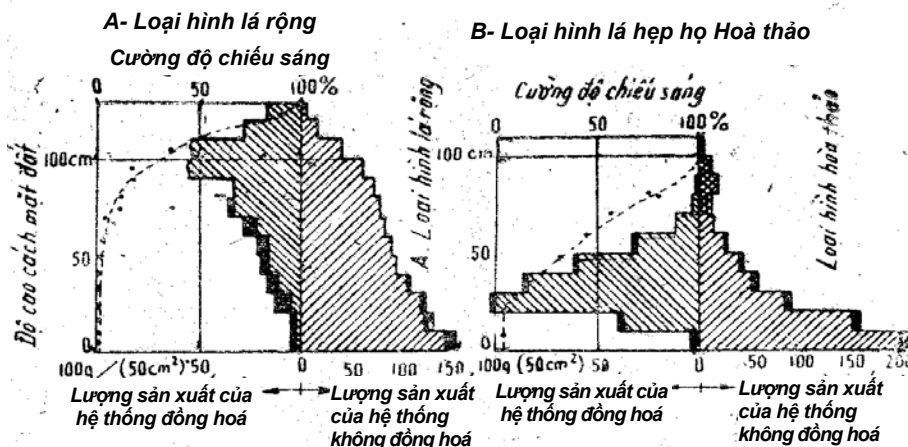
Bất kỳ cây trồng nào cũng đều cấu thành do nhiều phiến lá để quang hợp tức là hệ thống quang hợp và hệ thống không quang hợp như rễ, thân. Hơn nữa, vì cây trồng trên đồng ruộng là quần thể do nhiều cá thể hợp thành, cho nên quang hợp và sản xuất vật chất của một phiến lá so với một cá thể hoặc thậm chí một quần thể, thì tính chất và mức độ phức tạp của nó rất khác nhau.

Khi so sánh sản xuất vật chất của một phiến lá với một cá thể, chủ yếu phải xét trong quang hợp, do phương thức xếp đặt phiến lá khác nhau nên mỗi phiến lá nhận được cường độ chiếu sáng sẽ khác nhau, nên cường độ quang hợp cũng khác nhau. Hơn nữa, trong việc phân phối và tiêu dùng sản phẩm quang hợp, cũng phải xét tỷ lệ số lượng giữa hệ thống quang hợp và hệ thống không quang hợp, tỷ lệ hình thành hệ thống không quang hợp... Sự xếp đặt của lá, hình thái của tán cây có sự khác nhau giữa các loài thực vật, điều đó hết sức quan trọng đối với sự tìm hiểu quang hợp của cá thể và quần thể. Hình 8.2 cho thấy, khi diện tích lá bằng nhiều lần mặt đất (khi lá hết sức rậm rạp), lá nằm ngang không có lợi cho tổng quang hợp của tầng lá.



Hình 8.2. Mô hình xếp đặt nhóm lá. Giả thiết diện tích lớp trên và dưới như nhau, nhưng hướng bề mặt và vị trí tương đối khác nhau. Nếu ánh sáng chiếu từ trên xuống, thì lượng đồng hoá của lớp lá dưới là lớn hơn

Người ta gọi tình trạng xếp đặt lá như vậy là hệ thống đồng hoá, nhưng chưa tiến hành phân tích định lượng hệ thống đồng hoá.



Hình 9.2. Hai loại hình cấu trúc sản xuất của quần lạc trong hệ sinh thái đồng cỏ (Monsi, Saeki - 1953)

A. Cây dầu giun - *Chenopodium album* L. quần lạc thuần.

B. Cỏ voi - *Pennisetum purpurascens* Nak. quần lạc thuần, phần màu đen là loài khác.

Hai loại hình cấu trúc sản xuất này cũng thấy ở quần thể cây trồng.

Người đầu tiên đứng về góc độ sản xuất vật chất, nêu rõ được định lượng cho cấu trúc quần thể thực vật là Monsi và Saeiki (1953). Họ tiến hành chia tầng cắt cây theo những khoảng cách nhất định từ cao xuống thấp toàn bộ thực vật trong một diện tích nhất định, rồi phân biệt định lượng theo hệ thống đồng hoá (hệ thống quang hợp) và hệ thống không đồng hoá, tìm ra sự phân bố theo chiều thẳng đứng số lượng các tầng, gọi là phương pháp cắt tầng. Sự phân bố về lượng của các tầng tìm được như ở hình 9.2, bên trái đường giữa là hệ thống quang hợp, bên phải là hệ thống không quang hợp, làm thành bản đồ cấu trúc, sản xuất. Trong hình vẽ lấy cường độ chiếu sáng bề mặt quần thể là 100, bên trong quần thể lần lượt biểu thị cường độ chiếu sáng theo độ cao, sự khác biệt theo tầng lá của loại hình lá rộng và loại hình lá hẹp họ hoà thảo, điều kiện chiếu sáng và cấu trúc quần thể có quan hệ rõ ràng, có thể thấy ngay được. Hình vẽ này tuy là hai loại hình điển hình cấu trúc sản xuất của quần thể đồng cỏ, nhưng về cơ bản cũng có thể phản ánh loại hình cấu trúc sản xuất của quần thể cây trồng.

Phương thức biểu hiện cấu trúc quần lạc lấy phương pháp cắt tầng và bản đồ cấu trúc sản xuất làm cơ sở chỉ nêu rõ được sinh khối của tầng lá và hệ thống quang hợp, nhưng chưa xét đến sự xếp đặt tầng lá như Boysen - Jensen đã nêu ra, đây là một vấn đề còn phải nghiên cứu.

Hệ thống lá và hệ thống thân của quần thể cây trồng

Sumida (1960) dùng phương pháp nghiên cứu sản xuất vật chất, đã tiến hành phân tích giống năng suất cao của cây trồng. Ông đã phát triển thêm một bước cách suy nghĩ về hệ thống đồng hoá của Boysen - Jensen, gọi tầng lá của cá thể hay quần thể là hệ thống lá. Phương pháp tiến hành phân tích hệ thống lá của Sumida là (1) xem chiều hướng của lá, từng phiến lá trải bằng hay đứng thẳng; (2) tỷ lệ diện tích trọng lượng của phiến lá (tỷ diện lá), tức lá dày hay lá mỏng; (3) diện tích của một phiến lá to hay nhỏ; (4) trạng thái xếp đặt (nằm ngang) của lá, chia ra loại hình thưa và dày. Trong khi phân tích hệ thống lá, đồng thời đã quan sát màu lá đậm nhạt, hàm lượng đạm... Đứng về góc độ sinh thái của giống, phương pháp này không dừng lại ở giai đoạn định tính, mà đã tiến một bước vào những định lượng, về mặt nghiên cứu sản xuất vật chất cũng còn khá nhiều nội dung nhưng chưa nêu được rõ ràng quan hệ giữa nó với cấu trúc môi trường.

Cấu trúc sinh học của quần thể cây trồng

Ross (1970) xuất phát từ lập trường đề xướng nghiên cứu vật lý học đối với quần thể thực vật, đã tiến hành nghiên cứu tỷ mỉ cấu trúc quần thể (cấu trúc tầng lá).

Ross và Ninson (1965) cho rằng: để phân tích định lượng quần thể cây trồng, chỉ cần tìm ra hàm số phân bố mật độ diện tích bề mặt của các cơ quan thân, lá, bông và hàm số xếp đặt không gian của chúng. Diện tích bề mặt của lá cũng tức là diện tích lá, thường chỉ là một nửa của tổng diện tích, cũng là diện tích một mặt của lá. Ngoài ra, đối với thân và bông, khi nghiên cứu độ lọt ánh sáng (mức thấu quang) bên trong quần thể, có thể lấy diện tích mặt cắt. Khi tìm hàm số phân bố mật độ diện tích bề mặt các cơ quan khác nhau, cần giả thiết là các cơ quan xếp đặt tùy cơ trên phương nằm ngang. Giả thiết này thích hợp với quần thể phát triển bình thường, còn thời kỳ đầu phát triển chưa thể có được. Do đó, hàm số phân bố mật độ diện tích bề mặt chỉ xét đến sự biến đổi theo chiều thẳng đứng là được. Có nghĩa là, đối với lá chỉ cần tìm ra diện tích lá có ở đơn vị thể tích không gian trong phạm vi độ cao z . Vậy có công thức sau đây:

$$L_0 = \int_0^h U_L(z) dz \quad (14)$$

L_0 : chỉ rõ diện tích lá

H : độ cao của quần thể (cm)

$U_L(z)$: mật độ diện tích lá (cm^{-1}) ở độ cao z (cm).

Cũng như thế, có thể tìm ra chỉ số diện tích bề mặt của thân như sau:

$$L_0 = \int_0^h U_r(z) dz \quad (15)$$

Còn về hàm số xếp đặt của lá $g_L(z)$ thì phân tích như sau: trước hết coi phiến lá là một tấm phẳng, lá cong hoặc nhăn có thể coi như một phiến lá được chia nhỏ ra thành nhiều tấm phẳng và coi các tấm phẳng đó như một phiến lá. Sau đó, lấy phương chỉ mặt trên (bề mặt) của phiến lá là phương của pháp tuyến dựng trên mặt lá, như vậy thì pháp tuyến của lá trải nằm ngang sẽ là thẳng đứng, pháp tuyến của phiến lá đứng thẳng là nằm ngang, phương chiều của pháp tuyến ($\vec{r}_L$) do hai tọa độ sau đây quyết định:

$$(\vec{r}_L) = (\theta_L, \varphi_L) \quad (16)$$

θ_L : là góc thiên đỉnh của pháp tuyến trên mặt lá (góc hợp thành do pháp tuyến và trục thẳng đứng đo được từ phía trên dương);

φ_L : là góc phương vị của pháp tuyến (góc hợp thành do pháp tuyến và trục Bắc - Nam, lấy Bắc là 0° , tiến hành đo thuận theo chiều kim đồng hồ).

Trong quần thể cây trồng, trên thực tế có thể coi bề mặt lá hướng về nửa trên quả đất, không gian của pháp tuyến trên mặt lá là 2π ; θ_L ở trong khoảng $0 \approx \frac{\pi}{2}$; θ_L biến thiên trong khoảng $0 \sim 2\pi$. Sự phân bố của pháp tuyến trên mặt lá ở độ cao z tùy ý, biểu thị như công thức sau đây:

$$\frac{g_L(z, \vec{r}_L)}{2\pi} = \frac{g_L(z, \theta_L, \varphi_L)}{2\pi} \quad (17)$$

Với mọi phương của ($\vec{r}_L$) tiến hành tích phân đối với g_L , sẽ thành:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} g_L(z, \vec{r}_L) d\Omega_L = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi_L \int_0^{\pi/2} g_L(z, \theta_L, \varphi_L) \sin \theta_L d\theta_L = 1 \quad (18)$$

Trong đó:

$d\Omega_L = \sin \theta_L d\theta_L d\varphi_L$, biểu thị đơn vị góc lập thể chung quanh $\vec{r}_L$, phương tùy ý. Hàm số $g_L(z, \vec{r}_L)$ biểu thị tỷ lệ chiếm của diện tích lá trên pháp tuyến trong của đơn vị góc lập thể phương chiều $\vec{r}_L$ so với toàn bộ diện tích lá trong đơn vị không gian ở độ cao z ; và gọi là hàm số sắp xếp không gian của lá. Giả thiết θ_L không có quan hệ với φ_L , thì:

$$g_L(z; \theta_L, \varphi_L) = g_L(z; \theta_L) g_L(z; \varphi_L) \quad (19)$$

Vẫn thường dùng hàm số sau đây để thay cho $g_L(z; \theta_L)$:

$$g_L(z; \theta_L) = g_L(z; \theta_L) \sin \theta_L \quad (20)$$

Trong trường hợp này:

$$\int_0^{\pi/2} g_L(z, \theta_L) d\theta_L = 1 \quad (21)$$

$$\int_0^{2\pi} g''_L(z, \theta_L) d\theta_L = 2\pi \quad (22)$$

Trong đó: $g_L d\theta_L$ là tỷ lệ chiếm của diện tích lá ở góc thiên đỉnh của pháp tuyến giữa θ_L và $\theta_L + d\theta_L$ so với tổng diện tích lá.

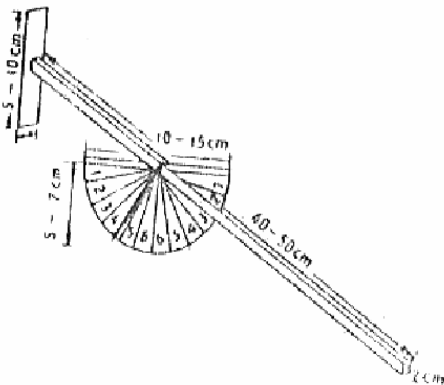
Đặt giả thiết giữa θ_L và φ_L không có quan hệ tương quan, nói đúng ra là không được đầy đủ, nhưng chỉ tìm giá trị gần đúng thì có thể bỏ qua quan hệ tương quan. Ross đứng về góc độ của hình học không gian tầng lá để biểu hiện cấu trúc quần thể cây trồng như vậy và gọi nó là cấu trúc hình học của tán cây.

Warren Wilson (1965) người Ôxtrâyliia, dùng phương pháp điểm mẫu để phân tích cấu trúc tầng lá. Ông gọi độ góc của lá, diện tích lá chia tầng là stand structure (cấu trúc của thảm cây). W.A. Williams và ctv. (1968) ở Mỹ cũng dùng phương pháp giống như vậy tiến hành nghiên cứu tầng lá và gọi nó là canopy (community architecture - cấu trúc tầng tán của quần thể). Về sau, có một số người cũng dùng các danh từ này, nhưng chưa được sự ủng hộ của nhiều người.

Phương pháp đo cấu trúc hình học quần thể cây trồng

- *Phương pháp đo bằng thước đo độ nghiêng lá*: Theo phương pháp cắt tầng của Monsi và Saeki, khi tiến hành cắt theo độ cao nhất định, dùng thước đo độ nghiêng lá của Laisk (1965) để đo góc thiên đỉnh của pháp tuyến của mỗi phiến lá (thực tế là bằng góc tạo thành bởi mặt lá và mặt nằm ngang), θ_L chia và cắt theo độ rộng nhất định tùy ý, lần lượt tìm diện tích lá. Lấy diện tích lá tìm được chia cho tổng diện tích lá của tầng đó, số thương là $g_L(z)$. Thí dụ, đặt θ_L chia và cắt theo góc 15° thì đánh số thứ tự $0^\circ \sim 15^\circ$, $15^\circ \sim 30^\circ \dots$ là $j = 1, 2 \dots$ và được đẳng thức sau đây:

$$g_L(z) = g'_j(z, \theta_{Lj}) = \frac{\bar{g}_j(z, \theta_{Lj})}{\sum_{j=1}^J \bar{g}_j(z, \theta_{Lj})} \quad (23)$$



Hình 10.2. Thước đo độ nghiêng lá

Ở đây $\bar{g}'_j(z, \theta_{Lj})$ biểu thị tổng diện tích của lá mà pháp tuyến có góc thiên đỉnh là θ_{Lj} ở chỗ có độ cao z . Thước đo độ nghiêng lá do Laisk thiết kế như hình 10.2.

Dùng bàn phương vị để quyết định hàm số sắp xếp lá $g_L(z, \varphi_L)$ có quan hệ với góc phương vị của pháp tuyến trên mặt lá: do góc phương vị của pháp tuyến, lần lượt tìm diện tích theo nhóm pháp tuyến giống như trường hợp góc thiên đỉnh, tính toán bằng công thức sau đây:

$$\frac{g_L(z, \varphi_L)}{2\pi} \approx g''_k(z, \varphi_{Lk}) = \frac{\overline{g}_k(z, \varphi_{Lk})}{\sum_{k=1}^k \overline{g}_k(z, \varphi_{Lk})} \quad (24)$$

Ở đây, $g_k'(z, \varphi_{Lk})$ biểu thị tổng diện tích của lá mà pháp tuyến có góc phương vị φ_{Lk} ở độ cao z .

Diện tích lá tách riêng theo góc thiên đỉnh và góc phương vị của những pháp tuyến khác nhau được tiến hành đo đồng thời, nên đối với một số tầng cần đo số nhóm j, k diện tích lá. Lúc này có quan hệ như sau:

$$\frac{g_L(z, \theta_L, \varphi_L)}{2\pi} \approx g''_j(z, \theta_{Lj}) \cdot g_k(z, \varphi_{Lk}) = \frac{\overline{g}_{jk}(z, \theta_{Lj}, \varphi_{Lk})}{\sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k \overline{g}_{jk}(z, \theta_{Lj}, \varphi_{Lk})} \quad (25)$$

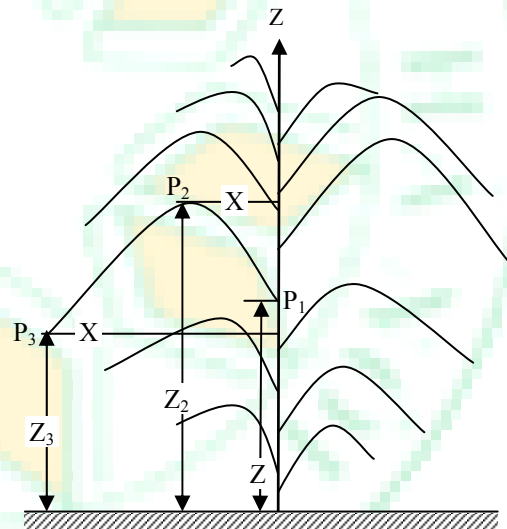
$g_{jk}(z, \theta_{Lj}, \varphi_{Lk})$ biểu thị tổng diện tích của lá mà pháp tuyến có góc thiên đỉnh θ_{Lj} , góc phương vị φ_{Lk} ở độ cao z .

- *Phương pháp hình chiếu* (còn gọi là phương pháp quỹ tích)

Hình 11.2 cho thấy, trên đồng ruộng đo toạ độ $X - Z$ của phần chân lá (P_1), điểm cao nhất của phần cong (P_2), đỉnh (phần nhọn) lá (P_3) của mỗi phiến lá của các cây. Đo toàn chiều dài l của lá, vẽ quỹ tích của lá lên hình vẽ. Sau đó, cắt độ rộng z tùy ý, dùng thước đo độ góc để đo góc nghiêng β_L của lá trong tầng z và $z + \Delta z$, lúc này chia cắt lá ra một cách thích đáng, cho đến mức có thể nhìn thành tám phẳng (trên thực tế, một phiến lá ngô có thể chia cắt theo 5 - 10 cm).

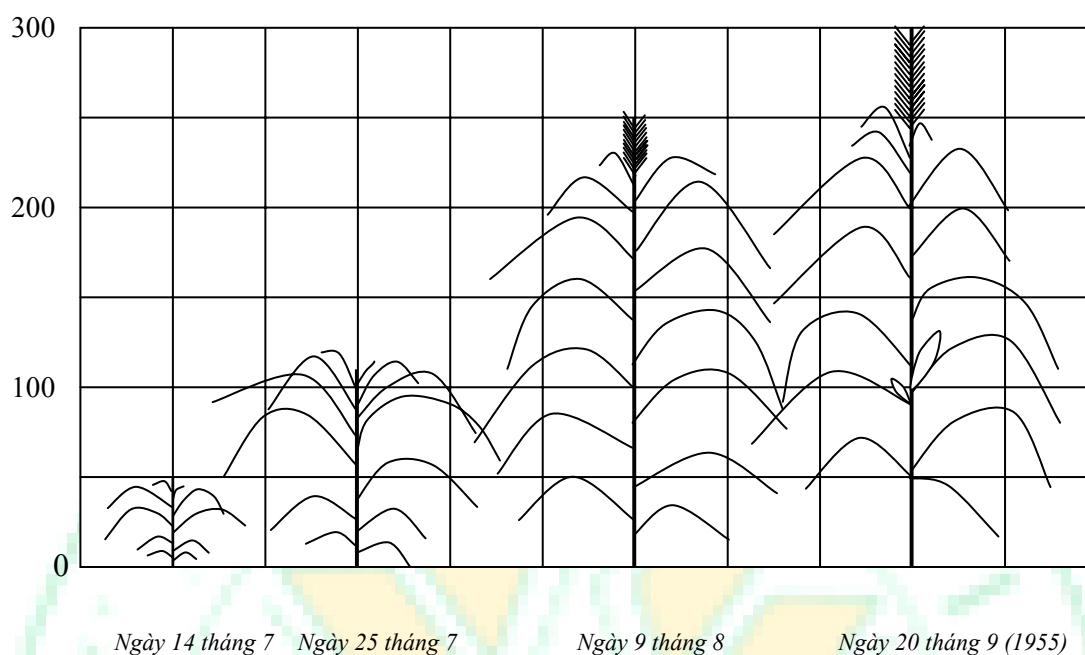
Đo diện tích lá bắt đầu từ phần chân lá, cứ 10cm đo một lần, dùng phương pháp hình học để đo diện tích của lá. Cách làm sau đó giống như trường hợp dùng thước đo độ nghiêng đã nói ở trên.

Hình 12.2, bản vẽ hình chiếu tìm được bằng phương pháp hình chiếu phản ánh sự biến đổi của cây ngô trong quá trình sinh trưởng phát triển. Tình hình biến đổi độ góc nghiêng của nhóm lá biểu hiện rất rõ.



Hình 11.2. Phương pháp hình chiếu nghiên cứu quần thể cây trồng

Hình này lấy cây ngô làm ví dụ. Trên đất thí nghiệm, đo toạ độ $X - Z$ của P_1 , P_2 và P_3 của mỗi phiến lá, dùng chiều dài phiến lá để vẽ quỹ tích của lá



Hình 12.2. Bản vẽ hình chiếu tầng lá ngô (giống lai số 7) biến đổi qua các thời kỳ sinh trưởng phát triển

• *Phương pháp điểm mẫu*

Dùng chiếc kim nhỏ dài, cắm vào quần thể theo độ góc nhất định, ghi chép số lượng tầng lá mà mũi kim cắm được, chia cho khoảng cách mà kim cắm vào, sẽ tìm thấy được tần độ tiếp xúc. Độ nghiêng bình quân của tầng lá α tính bằng công thức sau:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi}{2} \left(\frac{0,1 \times f_0}{f_{00}} \right) = 0,157 \frac{f_0}{f_{00}} \quad (26)$$

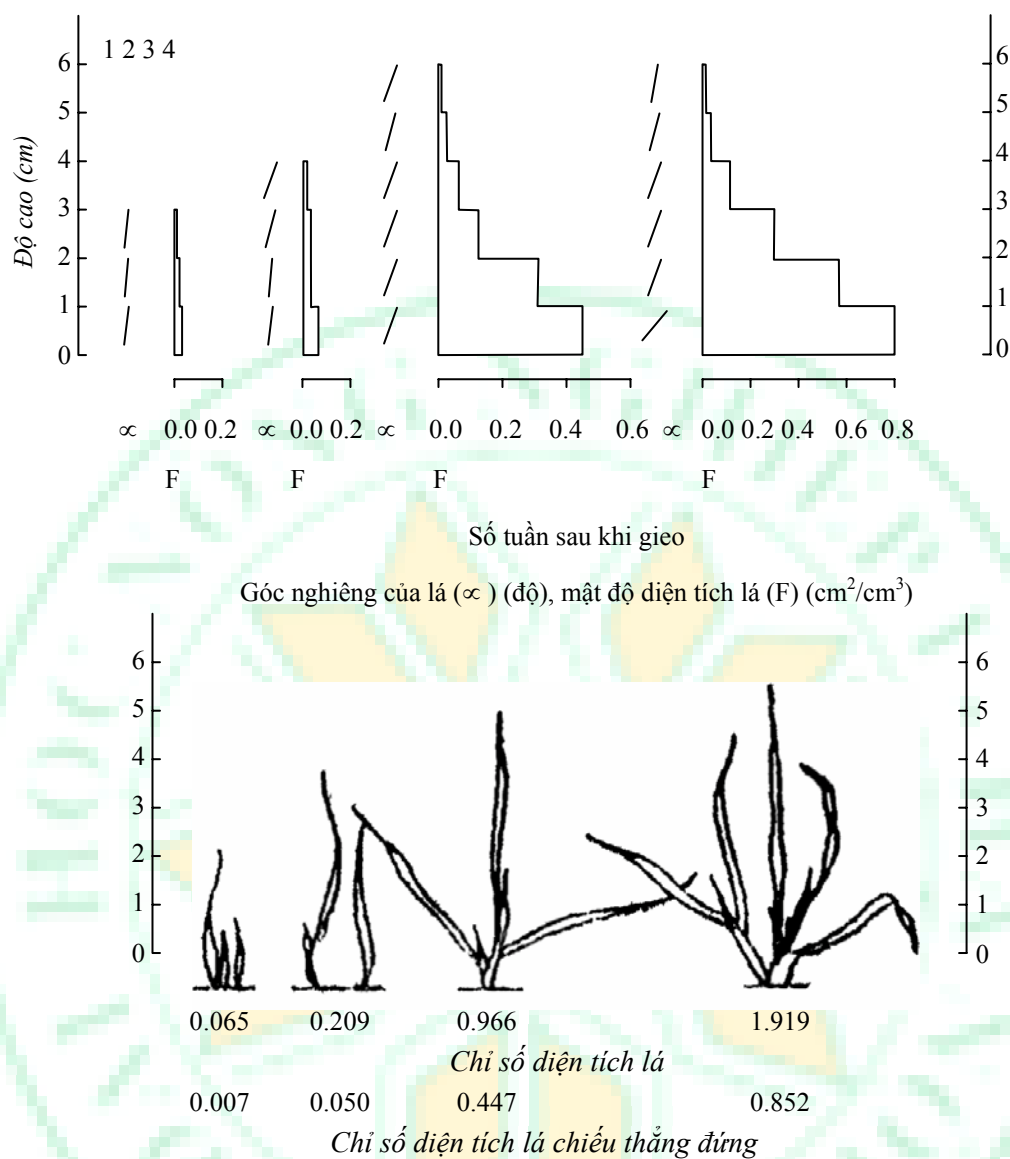
Trong đó:

f_{0u} là số lượng cắm được khi kim di động nằm ngang 10cm;

f_{00} là số lượng cắm được khi kim di động thẳng đứng 1 cm.

Sau khi tìm được α thì mật độ diện tích lá F là:

$$F = f_{00} \sec \alpha \quad (27)$$



Hình 13.2. Thí dụ về đo cấu trúc tầng lá bằng phương pháp điểm mẫu

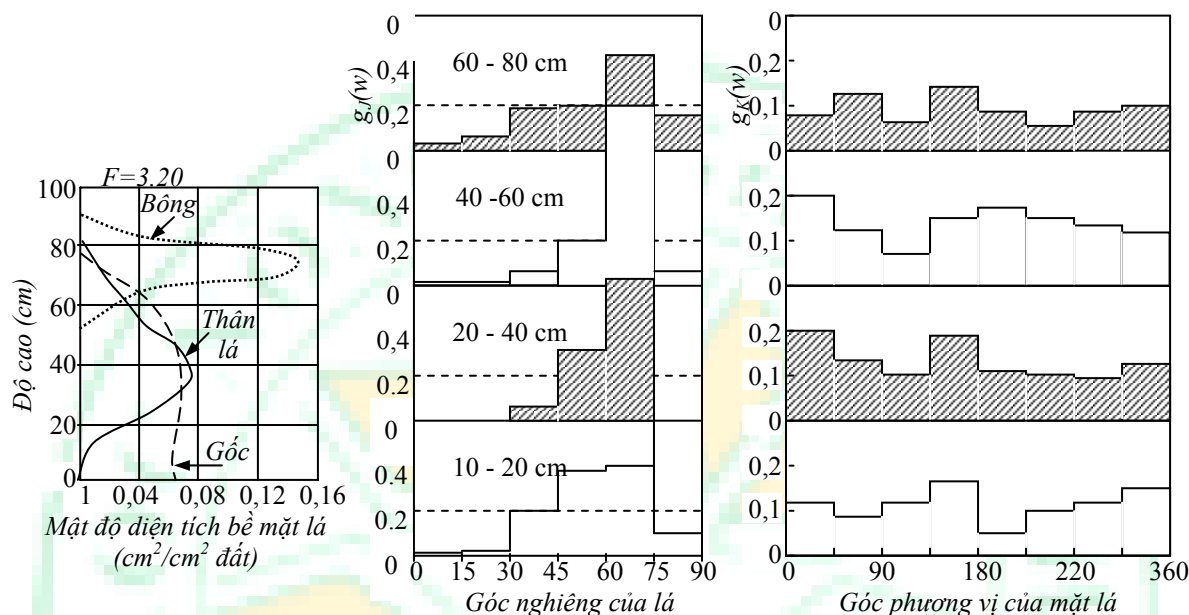
Đo theo tầng như vậy có thể tìm được độ góc nghiêng bình quân của lá và mật độ diện tích lá theo tầng. Hình 13.2 là thí dụ thực khi đo mạch đen nhiều hoa (*Lolium multiflorum*).

• *Trạng thái thực tế của cấu trúc quần thể cây trồng*

Hình 14.2 là kết quả đo cấu trúc hình học thời kỳ chín của quần thể đại mạch. Có thể thấy là: diện tích bề mặt của bông đại mạch tương đối lớn; ở tầng trên cùng và tầng thấp nhất, lá có độ nghiêng nhỏ chiếm tỷ lệ lớn; lá dựng đứng (70°) tầng giữa khá nhiều. Ngoài ra, góc phương vị của lá tựa như phân bố tuý cơ. Hơn nữa, đối với đại mạch và hướng dương, giữa mật độ trồng và cấu trúc quần thể có quan hệ như hình 15.2.

Bảng 2.2. Phân bố lá theo góc phương vị

	Nam	Tây	Bắc	Đông
Lúa mì	0,26	0,26	0,23	0,25
Ngô	0,23	0,27	0,24	0,26

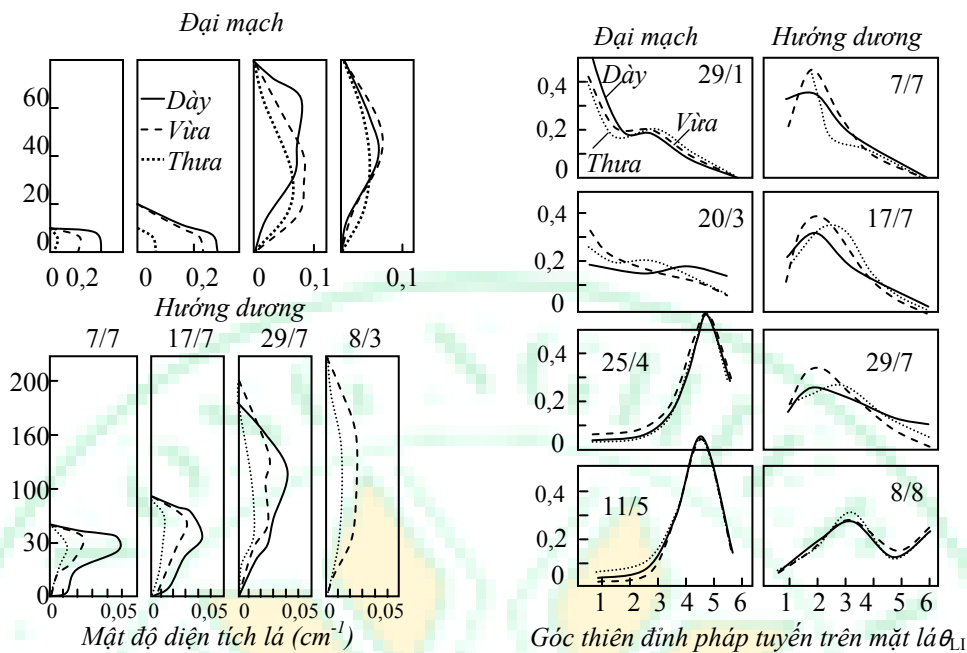


Hình 14.2. Cấu trúc hình học của quần thể đại mạch

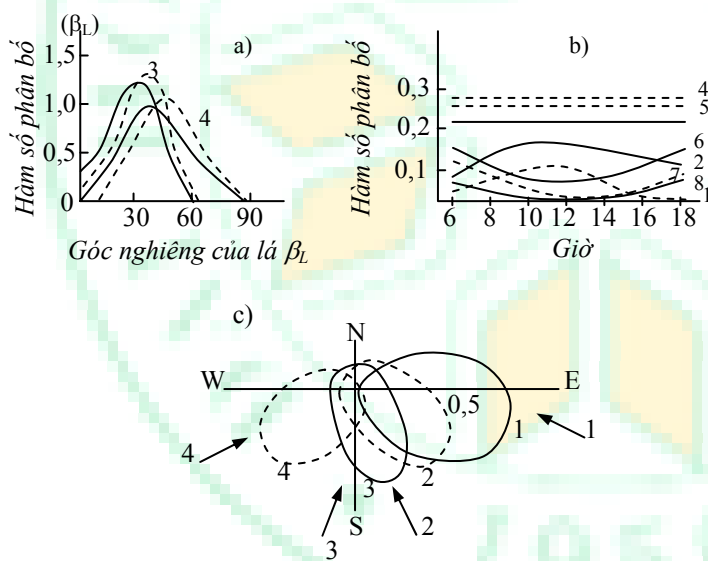
Ở thời kỳ đầu sinh trưởng, phân bố mật độ diện tích lá rõ ràng là chịu ảnh hưởng của cách xử lý mật độ, đến thời kỳ sau, đặc biệt là đại mạch, ảnh hưởng của các cách xử lý khác nhau càng không rõ rệt, hầu như không có khác biệt. Hàm số sắp xếp của lá có quan hệ với góc nghiêng, góc phương vị của lá, vì thời kỳ sinh trưởng phát triển có biến đổi rất lớn, nhưng không thấy ảnh hưởng của cách xử lý mật độ đối với nó. Điều đó có nghĩa là hàm số sắp xếp của lá là đặc tính cố hữu của loài hoặc giống, khó có thể cải thiện qua phương pháp trồng trọt.

Cấu trúc tầng lá của một số cây trồng thay đổi trong ngày rõ ràng. Nhiều cây họ đậu như đậu tương, lá có vận động trong ngày, lá của hướng dương cũng như vậy. Hình 16.2 là kết quả nghiên cứu của Ross (1970). Đa số lá quay theo mặt trời, sáng sớm hướng đông, buổi trưa hướng nam, buổi chiều hướng tây. Nhưng vận động của lá chậm 30° so với vận động của mặt trời.

Đê Wit (1965) dùng phương pháp giống như của Ross, đã tìm ra hàm số phân bố của lá. Về góc phương vị, ông dùng kết quả tùy cơ của Nichiporovic (bảng 2.2) và lấy sự phân bố tương đối diện tích lá tìm được theo góc nghiêng mặt lá làm hàm số phân bố của lá. Đê Wit đã chỉnh lý kết quả đo được ở các thời kỳ sinh trưởng khác nhau của chiều cây trồng như ngô, cải đường, cỏ ba lá trắng, khoai tây, mạch đen... và chia ra làm 4 loại hình như hình 17.2.



Hình 15.2. Ảnh hưởng của mật độ trồng đến cấu trúc hình học của nhóm lá



Hình 16.2. Biến đổi trong ngày của cấu trúc hình học nhóm lá cây hướng dương (Ross, 1970)

- a) Biến đổi trong ngày của góc nghiêng mặt lá:
 1: 1 - 6 giờ 30 phút; 2: 10 giờ 30 phút
 3: 12 giờ 30 phút; 4: 16 giờ 30 phút
- b) Đường cong tỷ lệ của diện tích lá (góc nghiêng mặt lá chia theo 10° một) trong tổng diện tích lá: 1: $0^\circ \sim 10^\circ$; 2: $10^\circ - 20^\circ$ 7: $60^\circ - 70^\circ$; 8: $70^\circ - 90^\circ$.

Trong hình 17.2, tán lá ngang (pla-nophile canopy) là cấu trúc của loại hình lá bằng, như cỏ ba lá trắng và khoai tây. Tán lá đứng (erectophile canopy) là cấu trúc của loại hình lá đứng thẳng, như mạch đen. Tán lá nghiêng (plagiophile canopy) là của loại hình lá góc nghiêng $30 - 60^\circ$ chiếm đa số, như cải đường, ngô, cải dầu, khá nhiều cây trồng thuộc loại hình này. Nhưng Đê Wit chưa chỉ ra loài tương ứng với tán lá bằng - đứng (extremophile canopy). Ngoài ra, cây cỏ mạch đen lâu năm (*Lolium perenne*) mùa xuân là loại hình lá đứng, sau khi qua một vụ cắt, từ loại hình lá đứng thẳng trở thành loại hình lá nghiêng, đến mùa hạ lại trở thành loại hình lá bằng.

5. Cấu trúc môi trường của hệ sinh thái đồng ruộng

Như trên đã nói, lấy quần thể cây trồng làm chủ thể của hệ sinh thái đồng ruộng, thì môi trường vật lý của nó sẽ được xem như là một hệ thống chủ thể - môi trường. Để nêu rõ quy luật vận động của hệ thống này, điều quan trọng nhất là làm sáng tỏ quy luật biến đổi năng lượng và vật chất của nó. Đối với môi trường vật lý thì phân tích vật lý tầng không khí gần mặt đất, còn đối với sinh vật (cây trồng) thì nghiên cứu khí hậu sinh học.

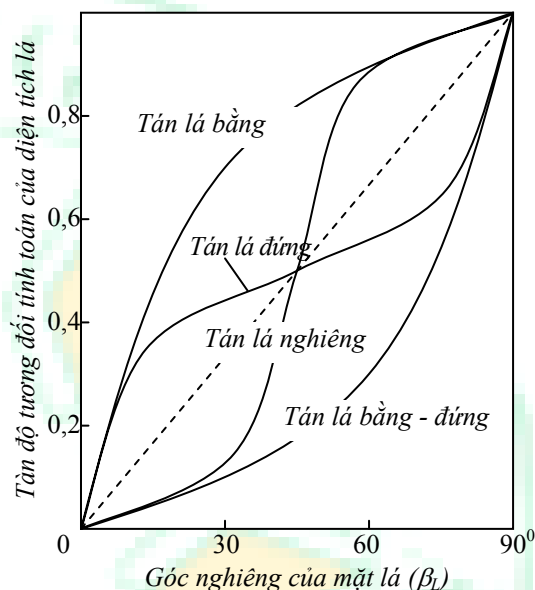
Vật lý của tầng không khí gần mặt đất

Xét về mặt khí tượng học, vị trí của hệ sinh thái đồng ruộng ở trong phạm vi trên mặt đất 50 - 60 cm, tức là ở trong tầng không khí gần mặt đất. Do đó, sự biến đổi năng lượng và vật chất giữa cây trồng và môi trường bị các định luật vật lý có tác dụng đối với tầng không khí gần mặt đất quyết định. Môi trường bên ngoài (điều kiện khí hậu) có thể chia ra dạng nhiệt và dạng nước của tầng không khí gần mặt đất, kể cả tầng đất canh tác. Chúng phản ánh quá trình và kết quả trao đổi nhiệt và nước. Thông qua việc nghiên cứu sự cân bằng lượng nhiệt và cân bằng nước trong tầng không khí gần mặt đất có thể làm sáng tỏ các định luật vật lý quyết định các quá trình trao đổi này.

Nghiên cứu vật lý đối với tầng không khí gần mặt đất, lấy phương pháp cân bằng lượng nhiệt và cơ học không khí đã phát triển nhanh chóng làm phương pháp chính.

Cân bằng lượng nhiệt, như trên đã nói là một phương pháp dựa vào phương trình cân bằng lượng nhiệt đồng ruộng để nghiên cứu sự trao đổi nhiệt và tiềm nhiệt. Budoiko đã nghiên cứu có hệ thống đối với vấn đề này, không những dùng cho việc nghiên cứu vật lý tầng không khí gần mặt đất, mà còn dùng cho việc nghiên cứu nhiều mặt khác như trạng thái lượng nhiệt trong nhà kính, nhà ẩm trồng cây.

Phương pháp động lực học không khí tức là dùng phương pháp đã phát triển từ cơ học hàng không vào việc nghiên cứu tầng không khí gần mặt đất. Trong đó phương pháp dùng để xác định bốc hơi - thoát hơi nước, kết hợp với sự phát triển lý luận về dòng xoáy không khí, đã trở thành phương pháp cần thiết không thể thiếu được trong việc nghiên cứu trạng thái khí hậu tầng không khí gần mặt đất.



Hình 17.2. Loại hình phân bố diện tích lá phân loại theo góc nghiêng mặt lá (De Wit, 1965)

- Planophile canopy - tán lá bằng
- Erectophile canopy - tán lá đứng bằng phẳng
- Plagiophile canopy - tán lá nghiêng
- Extremophile canopy - tán lá bằng đứng

Hiện nay, một số người làm công tác khí tượng nông nghiệp khi nghiên cứu tiêu khí hậu đồng ruộng đã sử dụng các phương pháp đó.

Sự biến đổi trong ngày về cân bằng lượng nhiệt đồng ruộng

Hình 18.2 là một thí dụ, nêu rõ sự biến đổi trong ngày về cân bằng năng lượng theo công thức (2). Đó là kết quả quan sát trên đồng cỏ gieo hỗn hợp Luzec và Bromut được tưới đầy đủ. Buổi trưa, phần lớn bức xạ thuần dùng cho bốc hơi - thoát hơi nước, thông lượng hiện nhiệt nhờ trao đổi dòng xoáy là khoảng 15 % của bức xạ thuần; ban đêm và chiều tối, bốc thoát hơi nước vượt bức xạ thuần, ban đêm hầu như gần bằng 0, hoặc ít nhiều cũng là số dương. Trong hình vẽ, trừ bức xạ thuần ra dấu của các số hạng trong công thức (2) đều đề ngược lại, tức là:

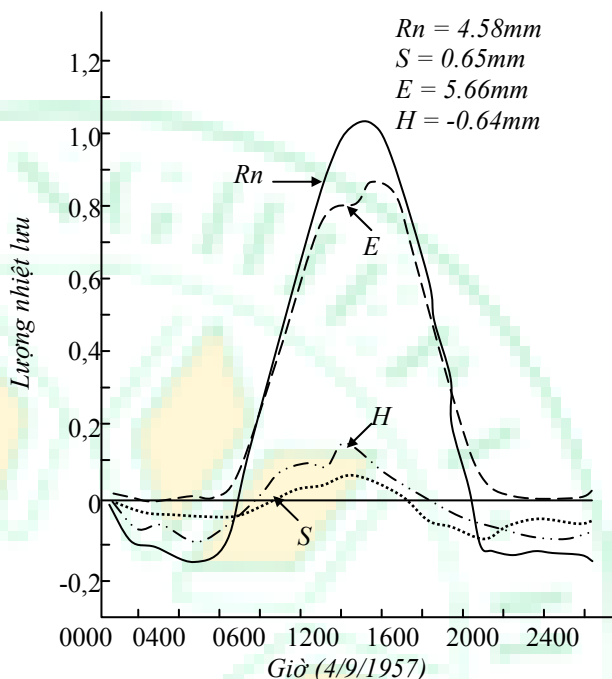
$$R = IE + H + B \quad (2a)$$

Lượng nhiệt dùng cho thoát hơi nước đã vượt xa thuần, nghĩa là thông lượng hiện nhiệt của dòng xoáy và nhiệt truyền dẫn trong đất là nguồn năng lượng bổ sung cho năng lượng thiếu. Cũng như hình 18.2 đã cho thấy, kiểu phân bố nhiệt ban đêm xuất hiện vào buổi tối, nhiệt truyền dẫn trong đất chỉ truyền từ mặt đất xuống dưới đất trong một thời gian tương đối ngắn buổi trưa, ban đêm chỉ bằng khoảng một nửa bức xạ thuần. Hình này còn biểu thị lượng tính toán trong ngày của công thức (2a) tức là trị số của các số hạng của (2b).

$$\sum R = \sum IE + \sum H + \sum B \quad (2b)$$

Từ đó biết được lượng thoát hơi đã vượt bức xạ thuần. Mặt khác, nhiệt toả từ dưới đất lên mặt đất, đồng thời cũng có nhiệt với số lượng gần như thế từ không khí xuống mặt đất để bù chỗ thiếu của bức xạ thuần.

Xét đến quá trình mất nhiệt do bốc hơi nước của đất, IE phải giảm nhỏ dần và H tăng lên, tỷ số của thông lượng hiện nhiệt và thông lượng tiềm nhiệt là:



Hình 18.2. Biến đổi trong ngày về cân bằng lượng nhiệt ở đồng cỏ chăn nuôi (Tanner, 1960)

Đơn vị trên trục tung là mm/giờ.

t mm/giờ = 0,1 cal/cm². phút

Gieo hỗn hợp Medicago + Bromut được tưới đầy đủ

Rn - Bức xạ thuần; S - Nhiệt truyền dẫn trong đất

E - Thông lượng tiềm đất (bốc hơi và thoát hơi nước)

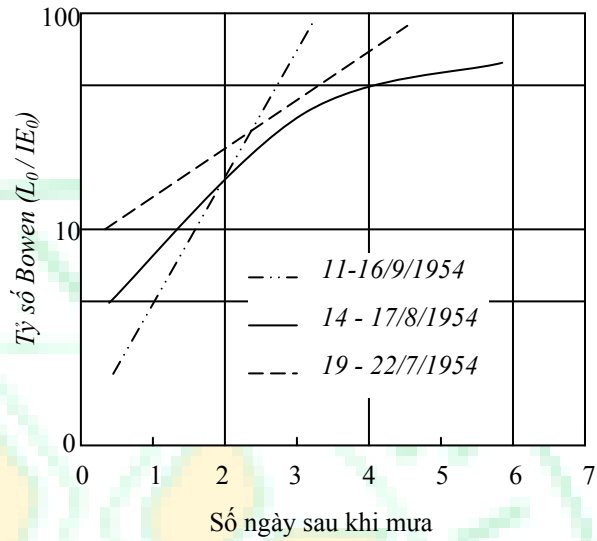
H - Thông lượng hiện nhiệt

$$\beta = \frac{H}{IE} \quad (28)$$

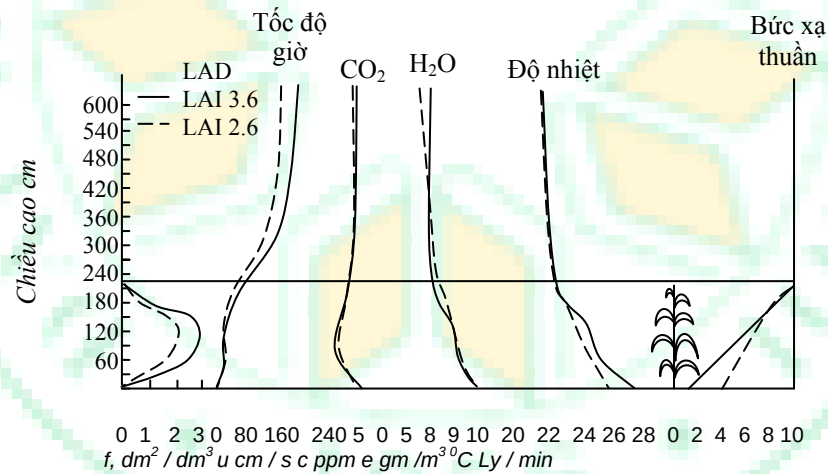
Tỷ số này gọi là tỷ số Bowen, là một đại lượng nêu rõ sự phân phối nhiệt năng trong tầng không khí gần mặt đất. Hình 19.2 nêu rõ sự biến đổi của tỷ số Bowen sau khi mưa. Sau mưa, IE giảm, H tăng lên, tỷ số Bowen tăng dần.

Phân bố điều kiện khí hậu trong và ngoài quần thể cây trồng

Hình 20.2 biểu thị sự phân bố theo phương thẳng đứng bức xạ thuần, độ nhiệt không khí, hơi nước, nồng độ CO₂ và tốc độ gió trong và ngoài quần thể ngô và phân bố mật độ diện tích lá của quần thể ngô. Đó là kết quả đo được từ hai quần thể có mật độ trồng khác nhau.



Hình 19.2. Biến đổi tỷ số Bowen sau khi mưa (Rauner, 1960, Uchijima vẽ hình, 1964)



Hình 20.2. Phân bố điều kiện khí hậu trong và ngoài quần thể ngô mật độ trồng khác nhau (Lemon, 1970) trị số bình quân trong khoảng thời gian 11 giờ 45 phút - 12 giờ 15 phút ngày 15-8-1968

Nơi quan sát và đo: Ellis Hollow, Ithaca, New York.

Trước khi đo đã tỉa cây, điều chỉnh mật độ.

Bức xạ thuần và suất phản xạ

Bức xạ thuần bên trong quần thể giảm rất nhanh, rõ ràng nhất là khu trồng dày có chỉ số diện tích lá lớn. Điều này có quan hệ chặt chẽ với sự giảm độ chiếu sáng.

Hình 21.2 cho thấy sự biến đổi trong ngày về cân bằng phản xạ ruộng nước ($a(Q + a)$), dựa trong công thức (3) ngược lại). Có thể thấy bức xạ thuần có thể đạt đến khoảng 66% bức xạ mặt trời. Bức xạ hữu hiệu sóng dài thông thường là trị số âm (từ mặt đất hướng lên không khí), buổi trưa trị số gần như cố định, bằng 0,2 ly/min⁽¹⁾.

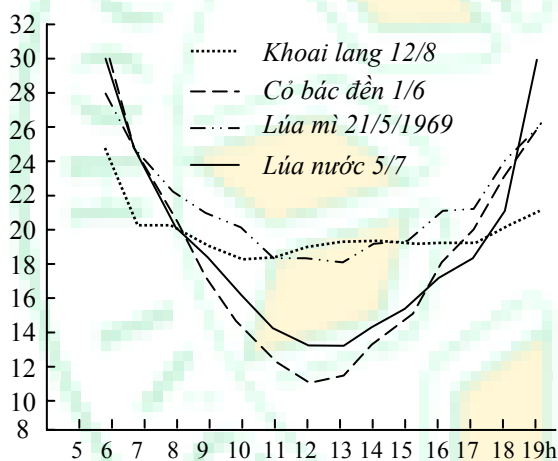
Hình 22.2 cho thấy sự biến đổi trong ngày của suất phản xạ của một số cây trồng, bất kỳ loài cây trồng nào, sự biến đổi trong ngày đều rõ ràng, hơn nữa, suất phản xạ còn biến đổi theo chỉ số diện tích lá, khi LAI⁽²⁾ (chỉ số diện tích lá) = 2,5 trở lên thì xấp xỉ bằng 0,2 (hình 23.2). Quan hệ này biểu thị bằng công thức sau:

$$a = a_p - (a_p - a_w) \exp(-0,56F) \quad (29)$$

a_p là suất phản xạ khi cây trồng rậm rạp
 a là suất phản xạ của mặt nước,
 F là trị số diện tích lá.

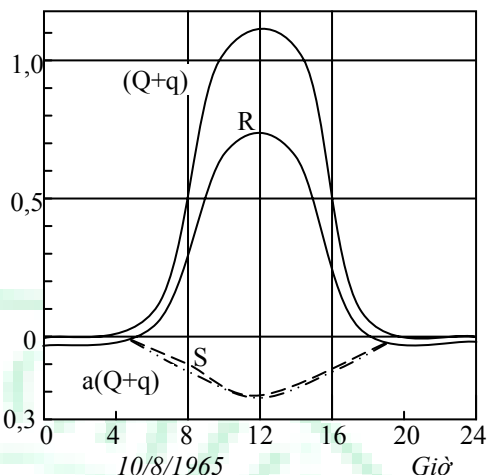
Trị số tính theo công thức (29) vẽ thành đường gạch gạch trong hình vẽ.

Mặt khác, bức xạ thuần, như công thức (3) cho thấy, là hiệu của thành phần hướng xuống chiếu sáng trực xạ, chiếu sáng tán xạ và thành phần hướng lên -

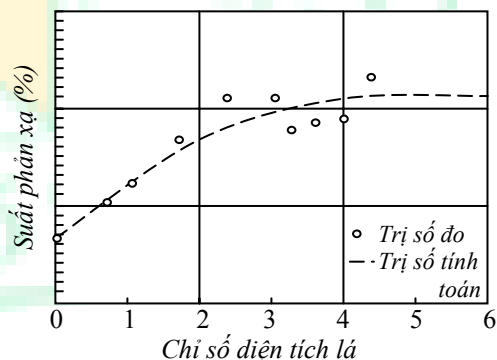


Hình 22.2. Biến đổi trong ngày về phản xạ của một số cây trồng

sóng dài. Nửa tuần một, thu thập và tính toán kết quả đo chiếu sáng trực xạ và chiếu sáng tán xạ, biểu thị như hình 24.2. Có thể thấy là, thời kỳ mưa phùn hầu như không có chiếu sáng trực xạ. Ngoài ra, tỷ lệ chiếu sáng trực xạ cao nhất có thể đạt 60% trở lên.



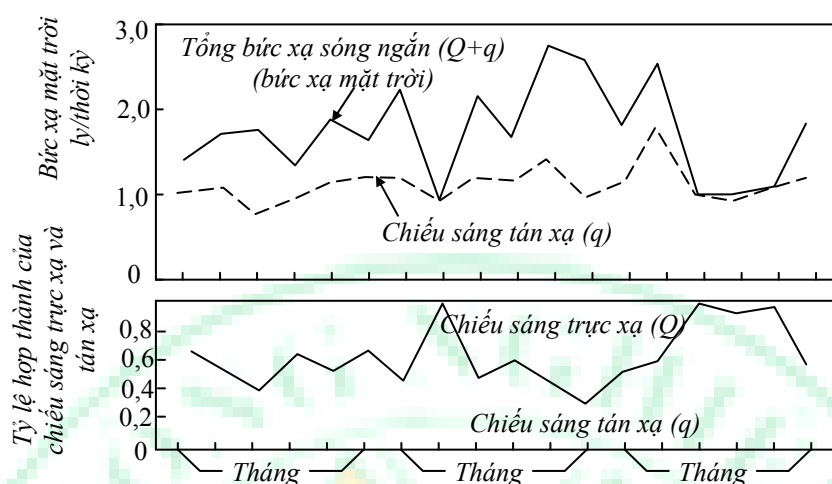
Hình 21.2. Biến đổi trong ngày về cân bằng bức xạ ruộng nước



Hình 23.2. Quan hệ giữa chỉ số diện tích lá và suất phản xạ ở ruộng nước

⁽¹⁾ Ly/min là đơn vị biểu thị cường độ bức xạ mặt trời, tức là số calo chiếu theo một cm² một phút.

⁽²⁾ LAI = Leaf Area Index; exp = exponent: số mũ.



Hình 24.2. Chiếu sáng tán xạ và tỷ lệ của nó theo tính toán nửa tuần một lần

Gió:

Tốc độ gió có sự khác nhau do mật độ của quần thể cây trồng. Thông thường trên đồng ruộng, tốc độ gió bên trong quần thể giảm xuống rất nhanh. Về phân bố tốc độ gió của đồng ruộng, có định luật logarit sau đây:

$$u(z) = \frac{V_*}{K} \ln \frac{z-d}{z_0} \quad (30)$$

Trong đó: $V_* = (T/\rho)^{1/2}$ tốc độ ma sát (cm/s); $K = 0,4$ hằng số Kaman;
 z : độ cao cách mặt đất; d = trị số hiệu chỉnh mặt đất (cm); z_0 : mức độ gồ ghề (cm); T : ứng lực ma sát của không khí (g/cm^3).

Nói một cách chặt chẽ hơn, công thức (30) chỉ được xác lập khi không có ảnh hưởng của sự phân bố độ nhiệt. Morin và Obuenop đã chỉ ra: công thức phân bố tốc độ gió khi có phân bố nhiệt trong tầng không khí gần mặt đất, như sau:

$$u(z) = \frac{V_*}{K} \ln \frac{z-d}{z_0} + \alpha \frac{z-d}{L} \quad (31)$$

α : 6,0 hằng số, L là độ dài Obuenop.

Hình 25.2 chỉ rõ tình hình biến đổi theo tốc độ gió của trị số hiệu chỉnh mặt đất d và độ gồ ghề z_0 trong công thức (30) và (31) đo được trong ruộng đại mạch. Trị số hiệu chỉnh mặt đất giảm xuống rất nhanh cùng với tốc độ gió, khi tốc độ gió đạt đến 4 m/s trở lên thì trở thành một trị số nhất định, không thay đổi trong suốt cả thời gian sinh trưởng. Độ gồ ghề z_0 ở thời kỳ đầu sinh trưởng có tăng lên tương ứng theo tốc độ gió, nhưng lại giảm xuống vào thời kỳ cuối sinh trưởng. Có thể vì thời kỳ cuối sinh trưởng do tốc độ gió tăng lên, cây biến thành nghiêng, d giảm đi, z_0 tăng lên. Một số kết quả quan sát khác cũng phù hợp với kết luận này.

Về phân bố tốc độ gió bên trong quần thể cây trồng, như hình 25.2 cho thấy, giảm rất nhanh ở tầng trên quần thể, người ta đã dùng các công thức với hàm số mũ sau đây để biểu thị sự phân bố tốc độ gió này:

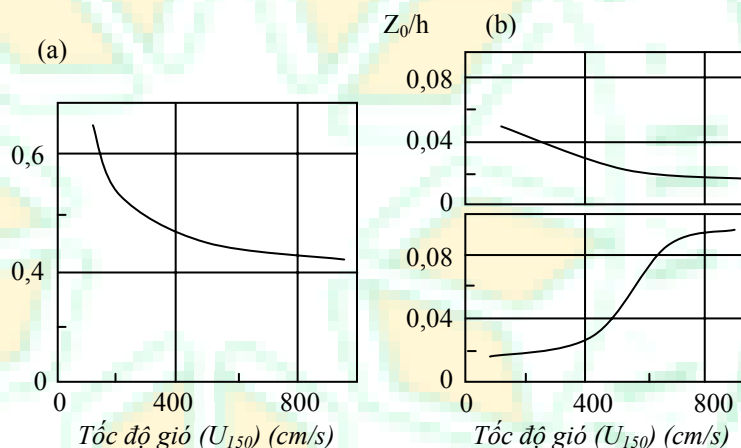
$$\text{Công thức Saito: } u(z) = u_H \exp\left(-\int_Z^H p(z) dz\right) \quad (32)$$

$$\text{Công thức Inoue: } u(z) = u_H \exp\left\{-\alpha\left(1 - \frac{H}{Z}\right) dz\right\} \quad (33)$$

$$\text{Công thức Takeda: } u(z) = \frac{V_*}{K} \ln \frac{H-d}{z_0} \exp\left\{-\sqrt{\frac{C_D}{2\alpha}} \frac{F}{1-F}(H-z)\right\} \quad (34)$$

Ở đây, $p(z)$, α là hệ số có xét đến sự phân bố cây trồng, u_H là tốc độ gió bề mặt quần thể, H là độ cao của quần thể cây trồng, F là mật độ cây trồng, C_D là hệ số đề kháng.

Ba công thức nói trên đều nói rõ: tốc độ gió bên trong quần thể cây trồng khác với bề mặt quần thể, tùy theo hệ số đặc trưng phân bố mật độ cây, giảm xuống thành hàm số mũ. Ngoài ra, công thức Saito và Inoue được lập ra theo kinh nghiệm sau khi nghiên cứu lý luận đối với công thức Takeda, nhưng ở gần bề mặt quần thể, thì các công thức này đều gần giống nhau.



Hình 25.2. Trị số hiệu chỉnh mặt đất và độ gồ ghề trong công thức phân bố tốc độ gió biến đổi theo tốc độ gió

(a): quan hệ của trị số hiệu chỉnh mặt đất (d) và độ cao cây (h) với tốc độ gió
(b): quan hệ của tỷ số độ gồ ghề (z_0) và độ cao cây (h) với tốc độ gió.

Nồng độ CO₂: U 150 là tốc độ gió ở chỗ cách mặt đất 150 cm. Kết quả ở ruộng đại mạch ở bề mặt quần thể nồng độ CO₂ tăng dần lên, còn ở bên trong quần thể thì giảm xuống rất nhanh, ở gần tầng mật độ diện tích lá lớn nhất thì thấp nhất, còn đến gần mặt đất thì lại tăng lên. Ở đây nói rõ, vào buổi trưa, CO₂ của dòng ruộng lưu động từ phía trên xuống phía dưới, đến gần mặt đất thì ngược lại, từ mặt đất lưu động lên trên.

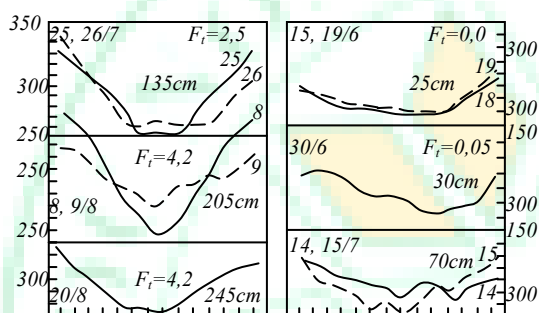
Hình 26.2 cho thấy sự biến đổi trong ngày của nồng độ CO₂ ở bề mặt quần thể cây ngô. Có thể thấy rõ, nồng độ CO₂ giảm vào buổi trưa; trong trường hợp chỉ số diện tích lá 0,5 trở xuống, nồng độ là 20 - 30 ppm. Nếu chỉ số diện tích lá (F_t tăng lên, tức là khi $F_t = 0,56$ thì nồng độ CO₂ tương ứng là 30 - 40 ppm, khi $F_t = 2,5$ nồng độ là 70 - 80 ppm; khi $F_t = 4,2$ thì nồng độ là 100 ppm; có thể thấy, lượng hạ thấp nồng độ CO₂ vào buổi trưa là tăng

lên tương ứng. Sự biến đổi này rõ ràng là có quan hệ chặt chẽ với quang hợp. Sự biến đổi nồng độ CO_2 của ngày 8 và ngày 9 tháng 8 tuy nói là thời kỳ sinh trưởng phát triển giống nhau, cũng vẫn có khác nhau rõ rệt, nguyên nhân chính có thể là tốc độ gió trên quần thể không giống nhau, tốc độ gió ở chỗ cao cách mặt đất 245 cm buổi trưa ngày 8 tháng 8 là 40 cm/s, còn ngày 9 là 50 - 90 cm/s.

Sự phân bố theo phương thẳng đứng của nồng độ CO_2 có thể tính theo công thức:

$$C_0 - C_z = \frac{P_H}{kV^*} \ln \frac{z - d}{z_0} \quad (35)$$

C_0 , C_z là nồng độ CO_2 ($\text{g CO}_2/\text{cm}^3$) ở độ cao $d + z_0$ và z ; p_H là thông lượng CO_2 trên thảm thực vật ($\text{g CO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$).



Hình 26.2. Biến đổi trong ngày của nồng độ CO_2 ở bề mặt quần thể ngô

Hình này biểu thị chỉ số diện tích lá F_i và độ cao đo. Chữ số trên đường cong là ngày tháng đo

Nếu p_H (tương đương với cường độ quang hợp của quần thể) là trị số nhất định, thì nồng độ CO_2 tỷ lệ nghịch với V^* .

Dưới đây sẽ đề cập tới nồng độ CO_2 ở bên trong quần thể, như hình 26.2 cho thấy, cũng có biến đổi trong ngày rõ ràng. Nhất là ngày 8 tháng 8 tốc độ gió tương đối nhỏ, quang hợp mạnh, có thể hiện thành mặt cắt rất phát triển. Tầng thấp của nồng độ CO_2 , sáng sớm xuất hiện ở gần tầng mặt quần thể, sau đó vị trí ⁽³⁾ của nó thấp xuống theo với mặt trời lên cao, đến 11 giờ 35 phút, khi gần giờ đứng Nam ⁽⁴⁾,

xuống thấp đến độ cao 100 cm (cách mặt đất). Lúc này CO_2 trong và ngoài quần thể chênh lệch đến 27 ppm.

Độ nhiệt, độ ẩm: dạng thức phân số độ nhiệt không khí và độ nhiệt đất như hình 25.2. Từ sự phân bố độ nhiệt không khí trong hình 26.2 có thể thấy nhiệt độ không khí như hơi cao hơn ở khu trồng cây. Điều này có thể có quan hệ với tốc độ gió bên trong quần thể.

Quan sát nồng độ hơi nước ở hình 27.2, ở bề mặt quần thể, nồng độ này giảm dần theo độ cao. Có nghĩa là ngược lại với sự phân bố CO_2 đã nói ở trên. Vào buổi trưa, hơi nước lưu động từ mặt đất lên trên, tức là sự bốc hơi và thoát hơi nước rất mạnh.

Độ nhiệt đất của đồng ruộng có ảnh hưởng rất lớn đến sự nảy mầm của hạt giống, sự phát triển của rễ, sự hút nước và chất dinh dưỡng. Độ nhiệt đất chủ yếu do lượng nhiệt mà mặt đất tiếp thu (lượng nhiệt truyền dẫn xuống dưới đất) và tính chất nhiệt của đất quyết định.

⁽³⁾ Tức độ cao cách mặt đất

⁽⁴⁾ Giờ đứng Nam là giờ mặt trời đi qua đường Bắc - Nam

Các đại lượng đặc trưng cho nhiệt của đất là: hệ số truyền dẫn nhiệt của đất λ (cal/cm.s. $^{\circ}$ C) hệ số khuếch tán nhiệt của đất K (cm 2 /s), dung lượng nhiệt của đất $C_V = c_p$ (cal/cm 3 . $^{\circ}$ C).

Trong bốn đại lượng trên, λ và C_V là các đại lượng đặc trưng cơ bản, các đại lượng khác gọi là đặc trưng dẫn xuất.

Hình 28.2 biểu thị sự biến đổi trong ngày, biến đổi trong năm của nhiệt độ đất và sự lưu động của nhiệt tương ứng (nhiệt truyền dẫn dưới đất). Như trên đã nói, sự lưu thông nhiệt dưới đất có thể tính bằng công thức

(8), trên thực tế $\left. \frac{dT_s}{dz} \right|_{z=0}$ khó xác định, nên thường dùng ba phương pháp sau đây:

Phương pháp phân tích độ nhiệt: căn cứ vào sự phân bố theo phương thẳng đứng của độ nhiệt đất, tính bằng công thức sau:

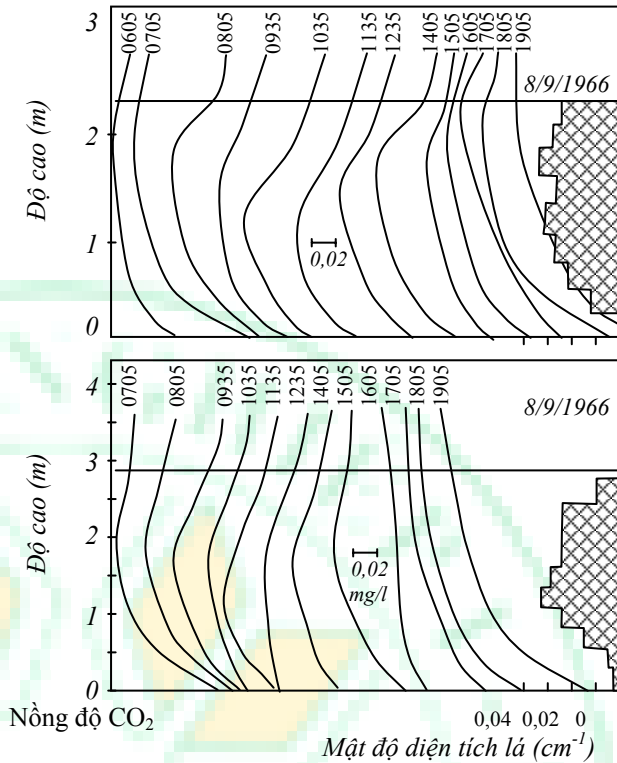
$$\int_{t_1}^{t_2} B_0 dt = \sum_{n=1}^n H_n \cdot \bar{C}_{v,n} \cdot \Delta \bar{T}_n \quad (36)$$

H_n : độ dày của tầng đất khác nhau (cm);

$\bar{C}_{v,n}$: dung lượng nhiệt bình quân của tầng đất khác nhau.

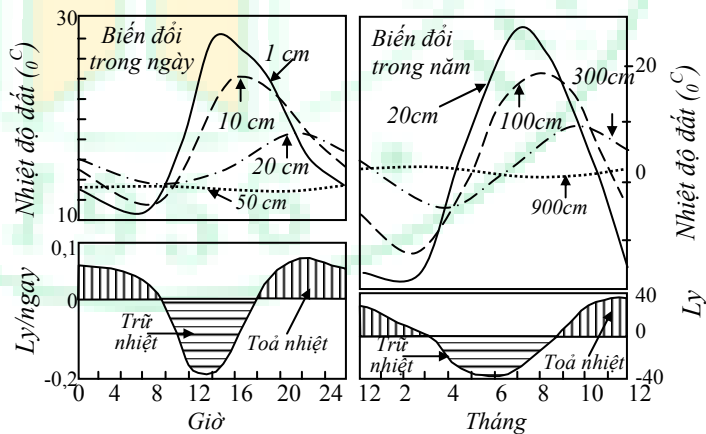
$$\Delta T_n = (T_{t_2} - T_{t_1})_n$$

Công thức (36) cho thấy, lấy chênh lệch độ nhiệt ở thời gian t_2 và t_1 của mỗi tầng đất đã phân, nhân với độ dày tầng đất và C_n bình quân của các tầng, tổng của các tầng tức là B_0 .



Hình 27.2. Biến đổi trong ngày của nồng độ CO $_2$ trong quần thể ngô (Uchijima và ctv, 1968)

Chữ số trên đường cong là thời gian, phần gạch bên phải hình biểu thị sự phân bố phương thẳng đứng mật độ diện tích lá



Hình 28.2. Biến đổi trong ngày, biến đổi trong năm của nhiệt độ đất và lưu động nhiệt dưới đất tương ứng

Phương pháp tấm truyền nhiệt: Vận dụng phương pháp đo lượng nhiệt truyền qua tường, các nhà kiến trúc đã dùng công thức sau để tính toán trong kỹ thuật truyền nhiệt:

$$B_z = \frac{\lambda_a (T_e - T_u)}{L} = a (T_e - T_u) \quad (37)$$

T_e và T_u là độ nhiệt ($^{\circ}\text{C}$) mặt trên và mặt dưới của tấm truyền nhiệt

λ_a là hệ số truyền nhiệt của tấm ($\text{cal/cm.s. } ^{\circ}\text{C}$)

L là độ dày của tấm (cm); a là hằng số thực nghiệm

Trên thực tế, bên trong tấm truyền nhiệt có kẹp cặp nhiệt điện, dùng để đo $T_e - T_u$.

Phương pháp truyền dẫn nhiệt: Dựa vào lý thuyết dẫn nhiệt mà tiến hành xử lý đường cong biểu diễn sự biến đổi trong ngày (biến đổi trong năm) của độ nhiệt mặt đất,

tìm $\left. \frac{dT_s}{dz} \right|_{z=0}$ của công thức 8, vì:

$$\frac{dT_s}{dz} \propto z=0 = \frac{\omega c p}{\lambda} \Delta T_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4} + \varphi\right) \quad (38)$$

$$\text{Do đó: } B(O, t) = -\sqrt{\lambda c p} \cdot \sqrt{\omega} \Delta T_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2} + \varphi\right) \quad (39)$$

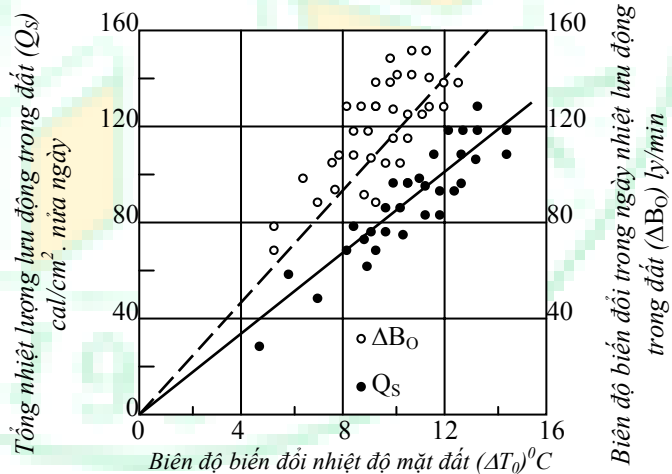
ΔT_0 là biên độ biến đổi độ nhiệt đất.

$\omega = 2\pi/\tau$ góc thời gian, φ góc lệch pha.

Về quan hệ giữa biên độ biến đổi nhiệt độ mặt đất và sự lưu động nhiệt dưới đất, biểu thị như hình 29.2.

Phương pháp xác định hệ số khuếch tán dòng xoáy và tốc độ trao đổi:

Quan sát khói từ ống khói đi ra, có thể thấy sự lưu động của khói không hình thành hướng có quy tắc. Lại như khi gió bão, đồng hồ đo tốc độ gió và đồng hồ đo hướng gió cũng không ngừng dao động. Cho nên sự vận động của không khí không phải là sự lưu động có quy tắc, mà là không quy tắc, cũng tức là dòng xoáy. Gọi là dòng xoáy, như trong cùng một thể lỏng, bao gồm một cách quy tắc nhiều chỗ



Hình 29.2. Quan hệ của biên độ biến đổi độ nhiệt mặt đất và lưu động động nhiệt dưới đất (Uchijima, 1961)

Q_s là tổng nhiệt lượng tích trữ trong đất trong suốt thời gian độ nhiệt đất lên cao

xoáy phức tạp to nhỏ khác nhau. Những chỗ xoáy như vậy gọi là dòng xoáy. Trong tầng không khí gần mặt đất, do sự cọ sát của không khí với mặt đất đã hình thành những lưu động đặc thù, gọi là tầng ranh giới dòng xoáy. Ngoài ra, thông lượng vật chất (khuếch tán) trong dòng xoáy so với thông lượng ở tầng không dòng xoáy thì lớn hơn rõ ràng. Bởi vì thông lượng (lượng khuếch tán) được độ dốc nồng độ vật chất và hệ số khuếch tán dòng xoáy quyết định.

Phương pháp khí động lực: Khuếch tán dòng xoáy ở độ cao z_1 và z_2 trên bề mặt quần thể cây trồng, lấy CO_2 làm thí dụ, có thể biểu thị như sau:

$$P = D_{1-2} (C_1 - C_2) \quad (40)$$

Trong công thức này, P là thông lượng (lượng khuếch tán dòng xoáy), C là gam $\text{CO}_2 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$;

D_{1-2} là tốc độ trao đổi (cm/s) giữa z_1 và z_2 ;

C_1, C_2 là nồng độ CO_2 (gam $\text{CO}_2 / \text{cm}^3$) ở chỗ z_1 và z_2 .

D_{1-2} là số nghịch đảo của hệ số đề kháng khuếch tán r_{1-2}

Quan hệ giữa chúng như sau:

$$D_{1-2} = \frac{1}{r_{1-2}} = \frac{1}{\int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{K(z)}} \quad (41)$$

K là hệ số khuếch tán dòng xoáy (cm^2/s). Từ công thức (40) và (41) có thể thấy, nếu đã biết một số nào đó trong ba số: hệ số khuếch tán dòng xoáy, hệ số đề kháng khuếch tán và tốc độ trao đổi, thì có thể dựa vào lượng chênh lệch nồng độ vật chất trong tầng không khí gần mặt đất (CO_2 chẳng hạn) để tìm ra lượng khuếch tán dòng xoáy. Ứng dụng công thức phân bố tốc độ gió (30) nói trên, thì ứng lực ma sát của không khí - lượng khuếch tán dòng xoáy τ của lượng vật chất vận động tính bằng công thức sau:

$$\tau = \frac{\rho K^2 (u_2 - u_1)^2}{\left(\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d} \right)^2} \quad (42)$$

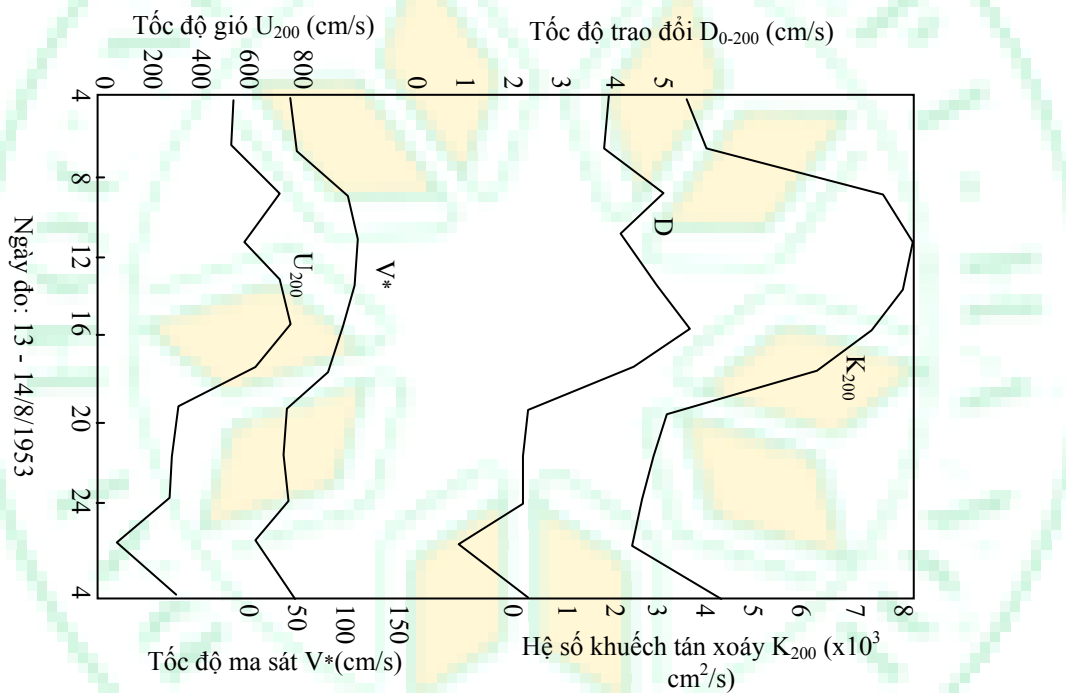
Căn cứ vào công thức (41) và (42), tính tốc độ trao đổi của lượng vật chất vận động như sau:

$$\tau = \frac{K^2 (u_2 - u_1)^2}{\left(\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d} \right)^2} \quad (43)$$

Thay công thức (43) vào công thức (40) có thể tìm ra thông lượng CO_2 (lúc này giả thiết trong sự lưu chuyển lượng vật chất vận động và lưu chuyển CO_2 có hệ số khuếch tán dòng xoáy bằng nhau). Phương pháp dựa vào việc xác định phân bố tốc độ gió để tìm hệ số khuếch tán dòng xoáy, rồi mới tìm thông lượng CO_2 như vậy, là phương pháp

do Thornthwaite và Holzman đề xuất trước tiên (1941) để tìm thông lượng hơi nước, sau đó mới được gọi là phương pháp của động lực học không khí.

Hình 30.2 cho thấy: dựa vào trị số Uchijima đo được trên đồng cỏ, dùng công thức (43) tìm được tốc độ trao đổi, biến đổi trong ngày của hệ số khuếch tán dòng xoáy, tốc độ gió tương ứng (U_{200}) và tốc độ ma sát. Buổi sáng gió to, tốc độ ma sát, tốc độ trao đổi và hệ số khuếch tán dòng xoáy đều tăng lên, trong đó tốc độ trao đổi theo sát nhất với sự biến đổi của tốc độ gió. Trong tiết nói về sự phân bố tốc độ gió đã nêu lên, gọi là định luật logarit, nói một cách chặt chẽ thì chỉ khi tầng không khí gần mặt đất là trung lập (tức là khi không có sự phân bố độ nhiệt) mới được xác lập. Do đó, công thức (42) và (43) rút ra từ công thức (30) rút ra từ công thức (30) sẽ không dùng được khi tốc độ gió nhỏ, trong tầng không khí có sự phân bố nhiệt rõ rệt (như mưa mùa hạ...). Xét đến cả sự phân bố độ nhiệt thì tốc độ trao đổi có thể biểu thị như sau:



Hình 30.2. Biến đổi trong ngày của hệ số khuếch tán dòng xoáy, tốc độ trao đổi, tốc độ ma sát và tốc độ gió, (U_{200} là tốc độ gió ở chỗ độ cao 200cm)

$$D_{(1-2)} = (1 - \sigma \bar{R}_i) \frac{K^2 (u_2 - u_1)}{\left(\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d} \right)^2} \quad (44)$$

Ở đây $\bar{R}_i$ gọi là số Richardson bình quân, biểu thị như công thức sau:

$$\overline{R_i} = \frac{g}{T} \frac{T_1 - T_2}{u_2}$$

σ là hằng số kinh nghiệm, g là gia tốc trọng trường (cm/s^2), T_1 và T_2 là độ nhiệt không khí ở độ cao z_1 và z_2 và trị số bình quân của chúng T (dùng độ nhiệt tuyệt đối ^0K); $z = z_1 + 0,5 (z_2 - z_1)$; u biểu thị tốc độ gió của z .

Khi sử dụng công thức (43), (44) còn một vấn đề là xác định d . Như đã nói ở trên, d biến đổi theo tốc độ gió, nên trước hết dùng công thức phân bố tốc độ gió khi trung lập (tức là không có phân bố độ nhiệt) làm rõ quan hệ của d và tốc độ gió.

Phương pháp cân bằng lượng nhiệt

Giả thiết hệ số khuếch tán dòng xoáy của nhiệt và hơi nước (K_H , K_{Wu}) trong tầng không khí gần mặt đất là bằng nhau, thì tốc độ trao đổi giữa độ cao z_1 và z_2 biểu thị như sau:

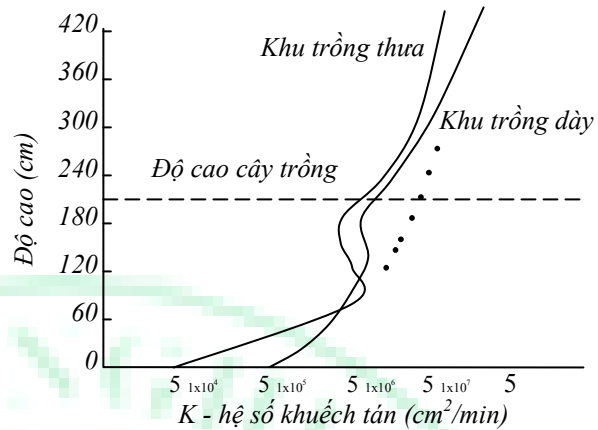
$$D_{1-2} = \frac{R - B}{I(1 + \beta) \Delta} \quad (45)$$

Trong công thức này, $\Delta_a = a_1 - a_2$ là chênh lệch độ ẩm tuyệt đối ($\text{g H}_2\text{O/cm}^3$) của z_1 và z_2 . Công thức (45) lấy công thức cân bằng lượng nhiệt (2a) làm cơ sở, dùng tỷ số Bowen, $H = \beta \cdot IE$, để lập ra. Do đó, phương pháp này được gọi là phương pháp cân bằng lượng nhiệt. Khi tìm tốc độ trao đổi bằng phương pháp này, do mặt trời lúc hiện lúc ẩn bức xạ thuần gần như bằng không, sai số có thể lớn, nên phải chú ý.

Bên cạnh quần thể, hoạt động hấp thu và toả ra hiện nhiệt và tiềm nhiệt rất mạnh, lượng bức xạ thuần cũng biến đổi nhanh, cho nên càng không thể dùng công thức (45). Uchijima dựa vào công thức cân bằng lượng nhiệt đã biểu thị hệ số khuếch tán dòng xoáy ở độ cao nào đó trong quần lạc (K_z) như sau:

$$K_z = \frac{R_z - B}{-C_p \left(\frac{d}{dz} + \frac{1}{C_p} \frac{dq}{dz} \right)} \quad (46)$$

Hình 31.2 biểu thị hệ số khuếch tán dòng xoáy trong và ngoài quần thể ngô do Lemon (1970) tìm được theo số liệu của hình 26.2. Khu trồng thưa trong quần thể và khu trồng dày trong tầng không khí gần mặt đất đã biểu hiện trị số tương đối lớn.



Hình 31.2. hệ số khuếch tán dòng xoáy trong và ngoài quần thể cây ngô (cm^2/min)

Trong các phương pháp đánh giá hệ số khuếch tán dòng xoáy, ngoài phương pháp cơ học không khí và phương pháp cân bằng lượng nhiệt đã nêu, còn có phương pháp cân bằng lượng vận động và phương pháp hàm số cấu tạo của dòng xoáy (Inoue, 1968).

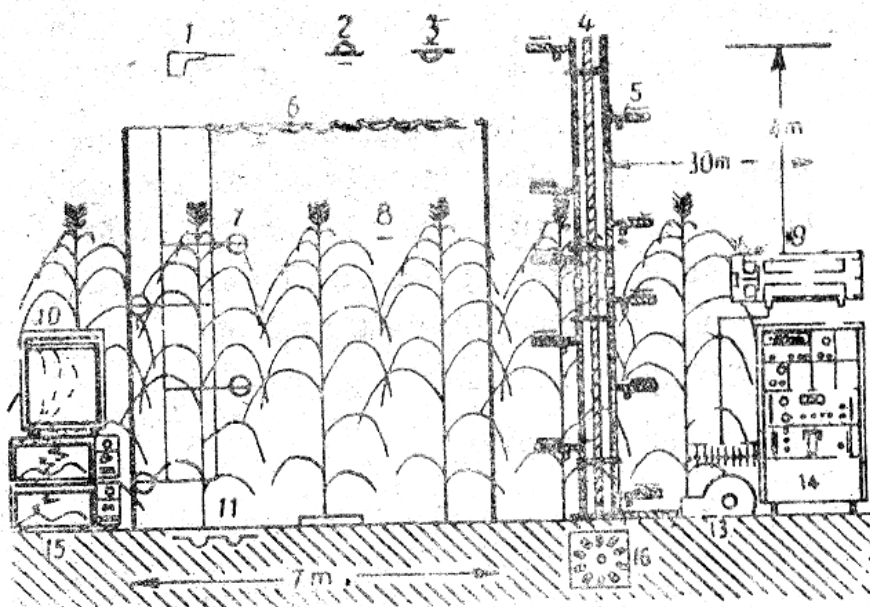
Cách quan trắc của phương pháp khí động lực học và phương pháp cân bằng lượng nhiệt

Khi tiến hành đo bằng phương pháp trên cần chú ý: tầng khí trong và ngoài quần thể cây trồng phải giữ được nguyên trạng thái của dòng ruộng được quan trắc, tiến hành quan trắc trên khu vực ruộng đủ thoáng. Nói đến giữ nguyên trạng thái, phía trên hướng gió cần để ít nhất có khoảng cách 50 - 100 lần đo độ cao đo, nơi có điều kiện tương đối tốt cần có diện tích khoảng 1 hecta. Hình 32.2, là một ví dụ dụng cụ đo lường khí xác định thông lượng CO_2 bằng phương pháp cân bằng lượng nhiệt.

Bức xạ thuần: Đo bức xạ thuần trên quần thể dùng bức xạ kế thuần Beckmann, đo bức xạ thuần bên trong quần lạc dùng 4 chiếc bức xạ kế thuần Fank, treo trên dây thép, di động qua lại trong khoảng 7 m để lấy số bình quân.

Lấy mẫu CO_2 : có các lỗ lấy mẫu trên tháp lấy mẫu không khí cao 4m, dùng bơm hút lấy.

Độ nhiệt, độ ẩm: ở lỗ lấy mẫu không khí có lắp nhiệt - ẩm độ kế kiểu thông gió, bộ phận cảm ứng là cặp nhiệt điện, dùng minivon kế để ghi.



Hình 32.2. Bố trí thiết bị để xác định hệ số khuếch tán bằng phương pháp cân bằng nhiệt

1. Bức xạ thuần Becman; 2. Máy đo chiếu sáng; 3. Máy đo phản xạ; 4. Tháp lấy mẫu khí; 5. Lỗ lấy mẫu khí; 6. Dây thép để di động bức xạ kế; 7. Bức xạ kế thuần Frank; 8. Máy đo tốc độ gió dây nhiệt; 9. Máy phân tích khí; 10. Milivon kế biểu bóng điện từ; 11. Tấm truyền nhiệt; 12. Máy đo chiếu sáng kiểu ống; 13. Bơm chân không kiểu cánh quạt; 14. Milivon kế kiểu bấm nút; 15. Milivon kế kiểu tự ghi; 16. Bản vẽ mặt cắt của tháp lấy mẫu không khí gắn lỗ lấy mẫu không khí 5 có lắp bộ phận cảm ứng nhiệt của nhiệt kế kiểu cặp nhiệt điện.

Nhiệt truyền dẫn trong đất: Ở độ sâu khoảng 1 cm có lớp tấm truyền nhiệt, dùng minivon kẻ để ghi.

Chiếu sáng và phản xạ: Chiếu sáng trên quần thể dùng máy đo chiếu sáng Consinke, bên trong quần lạc dùng máy chiếu sáng kiểu ống, về suất phản xạ dùng máy đo phản xạ.

Khi quan trắc bằng phương pháp khí động học, phía trên quần lạc cần ít nhất 5 - 6 cái đồng hồ đo tốc độ gió, có khả năng thì tốt nhất nên dùng 7 - 8 cái, lắp lần lượt theo bội số độ cao từ dưới lên trên, 4 cái thành một nhóm, chuẩn bị 2 nhóm.

6. Quang hợp của quần thể cây trồng

Mô hình quang hợp của quần thể cây trồng

Mô hình ánh sáng: Từ khi Monsi và Saeki (1953) đề xuất mô hình toán học quang hợp của quần thể thực vật cho đến nay, việc nghiên cứu sinh thái sản xuất vật chất của quần thể thực vật lấy quang hợp của quần thể làm trung tâm, đã có những phát triển rất lớn. Căn cứ của những nghiên cứu này là sự chiếu lọt của ánh sáng trong quần thể và đường cong quang hợp của phiến lá, do đó có thể gọi là mô hình ánh sáng về quang hợp của quần thể. Về mô hình ánh sáng sẽ trình bày thêm ở phần sau.

Mô hình hiệu suất nhận ánh sáng: Một số nhà nghiên cứu cây trồng như Murata, Takeda lấy việc nghiên cứu quang hợp của lúa nước làm trung tâm, đã nghiên cứu quang hợp và sản xuất vật chất của nhiều loại cây trồng. Nghiên cứu của họ chủ yếu bằng phương pháp phòng thí nghiệm. Về quang hợp quần thể P, có thể biểu thị như sau:

$$P = Afp_0 = Ap_0e^{-bA} \quad (47)$$

Trong đó: p_0 là cường độ quang hợp của một phiến lá; A - diện tích lá; f - hiệu suất nhận ánh sáng, b - hằng số thực nghiệm.

Một số nhà khoa học đã đề xuất khái niệm hiệu suất nhận ánh sáng do tích của quang hợp lá đơn và diện tích lá quyết định. Như công thức (47) cho thấy, hiệu suất ánh sáng giảm với hàm số mũ ngược theo sự tăng lên của diện tích lá, tuy tương đối gần sát với mức lọt ánh sáng của quần thể, nhưng do khái niệm có phần chưa rõ, nên chưa đủ làm căn cứ cho lý luận. Tựa như là một mô hình của ánh sáng, kỳ thực vẫn là mô hình hiệu suất nhận ánh sáng.

Mô hình khuếch tán: có một số nhà khí tượng học nông nghiệp nghiên cứu vật lý tầng không khí gần mặt đất đã ứng dụng phương pháp cơ học không khí vào việc nghiên cứu sự quang hợp của quần thể. Cũng có người thông qua việc nghiên cứu thông lượng (khuếch tán) CO_2 trong tầng không khí gần mặt đất, mà đẩy mạnh việc nghiên cứu sự quang hợp quần thể.

Những suy nghĩ cơ bản về mô hình này sẽ nói sau đây: Giả thiết trên một cánh đồng đủ rộng, cây trồng tiến hành quang hợp mạnh. Quang hợp càng mạnh thì tiêu dùng càng nhiều CO_2 gần mặt lá cây trồng, nồng độ CO_2 sẽ càng hạ thấp. Để bù đắp vào sự hạ thấp đó, sẽ cần vận chuyển CO_2 từ trong không khí bên trên quần thể và từ trong đất về mặt lá. Lúc này do diện tích đồng ruộng rộng, nên không phải xét đến sự lưu động theo phương nằm ngang của CO_2 . Bởi vì ở phần bất kỳ của dòng khí CO_2 , đơn vị thời

gian, đơn vị diện tích mặt cắt của thông lượng của nó cũng đều bằng nhau. Do đó, sự lưu động như vậy của CO₂ có thể hiểu là cung cấp cho sự quang hợp của quần thể sử dụng. Cách nhìn nhận như vậy là khác với mô hình của ánh sáng, có thể gọi là mô hình khuếch tán.

Mô hình chống khuếch tán: Mô hình chống khuếch tán có thể coi là biến thể của mô hình khuếch tán, chủ yếu do các học giả châu Âu đề xướng, cho rằng quang hợp quần thể P và sự chống khuếch tán tỷ lệ nghịch với nhau:

$$P = \frac{[CO_2]_{\text{air}} - [CO_2]_{\text{cl}}}{[r_a + r_s + r_{mc}] CO_2} \quad (48)$$

[CO₂] air và [CO₂] chất lượng tương ứng là nồng độ CO₂ trong không khí và trong diệp lục tố, r_a, r_s, r_{mc} tương ứng là sự chống khuếch tán đối với CO₂ của khoảng giữa không khí xung quanh và mặt lá, khí khổng, mô thịt lá. Quan hệ giữa sự chống khuếch tán và hệ số khuếch tán như công thức (41).

Mô hình quang hợp quần thể cây trồng: Sự quang hợp của quần thể được quyết định bởi hàm số quang hợp, hô hấp của lá đơn (ánh sáng, độ nhiệt, nước), cấu trúc quần thể và tình trạng phân bố CO₂, ánh sáng, độ nhiệt, hệ số khuếch tán, ... trong và ngoài quần thể. Do đó, một số mô hình nêu ra ở đây là không toàn diện.

Sự phân bố ánh sáng trong quần thể cây trồng:

Monsi và Saeki (1953) dùng công thức sau đây để biểu thị sự lọt ánh sáng vào trong quần thể thực vật (ở đây là quần thể cây trồng).

$$I = I_0 e^{-KF} \quad (49)$$

Trong đó: I₀ là độ chiếu sáng nằm ngang của mặt trên quần thể; I là độ chiếu sáng nằm ngang của tầng F diện tích lá tính toán tầng mặt quần thể; K là hệ số tiêu tán ánh sáng.

Cần chú ý: Sự giảm yếu của ánh sáng là trị số đo của ánh sáng tán xạ. Sau đó, Kuroiwa và một số người khác chia ánh sáng mặt trời làm ánh sáng trực xạ và ánh sáng tán xạ, đã đề ra một công thức có xét đến cấu trúc hình học của quần thể. Ở đây chỉ giới thiệu nghiên cứu của Ross (1970).

Về vấn đề giảm yếu ánh sáng trực xạ, Ross và Nilson (1965) đã đề ra một công thức có xét đến cấu trúc của quần thể:

$$\cos \theta_0 \frac{\partial \alpha}{\partial w} = - \left[U_s(w) \sin \theta_0 \frac{1}{\pi} + U_L(w) \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} g_L(w, \bar{r}_L) \left| \cos \bar{r}_0^\wedge \bar{r}_L \right| d_{\Omega L} \right] \alpha \quad (50)$$

Trong công thức: θ₀ - góc thiên đỉnh của mặt trời; α - tỷ lệ diện tích của phần hướng về mặt trời; w- độ sâu từ tầng mặt quần thể trở xuống; U_g, U_L - mật độ diện tích bề mặt của thân, lá; g_L(w, $\bar{r}_L$) là hàm số sắp xếp của lá - công thức (17).

$$\cos \bar{r}_0^\wedge \bar{r}_L = \cos \theta_0 \sin \theta_L + \sin \theta_0 \sin \theta_L + \cos (\varphi_0 - \varphi_L) \quad (51)$$

Trong đó: $\vec{r}_0(\theta_0, \varphi_0), \vec{r}_L(\theta_L, \varphi_L)$ biểu thị hướng của bức xạ mặt trời và pháp tuyến trên mặt lá. Dựa vào công thức (50) và (51) có thể tìm ra tỷ lệ diện tích lá phản hướng về mặt trời α ở tầng bất kỳ trong quần thể (tỷ lệ diện tích mà ánh sáng trực xạ có thể chiếu vào). Hình (71) biểu thị $g_L(w, \vec{r}_L)$ đo thực ở quần thể đậu tương, trị số α tính được bằng công thức (50) và tỷ lệ lọt vào của ánh sáng trực xạ đo được bằng cốc đo diện tích hướng về mặt trời. Về ánh sáng tán xạ, có công thức kinh nghiệm như sau (Ross và Bichele, 1968):

$$D(L, h_0, \vec{r}_L) = D_0(h_0) [1 - V(L) \sin^2 \theta_L] e^{-kdL} \quad (52)$$

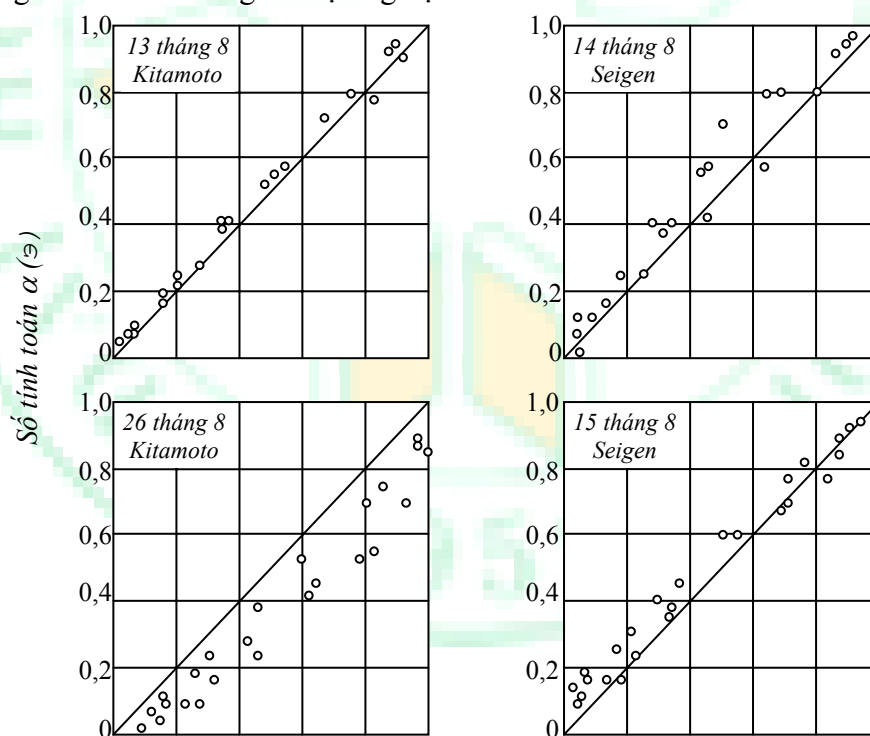
Trong công thức, $D_0(h_0)$ là bức xạ tán không gian phía trên quần thể, kdL , $V(L)$ là hằng số kinh nghiệm.

Quang hợp quần thể biểu thị bằng mô hình ánh sáng

Quang hợp thuần A của phiến lá đơn bằng tổng quang hợp p trừ đi hô hấp r, giữa quang hợp quần thể và cường độ ánh sáng I, thông qua thực nghiệm được phương trình biểu diễn quan hệ như sau:

$$A = \frac{bI}{1 + aI} - r \quad (53)$$

Trong đó a và b là hằng số thực nghiệm.



Sơ đồ thực $\alpha(\vartheta)$

Hình 33.2. Tỷ lệ lọt vào của ánh sáng trực xạ đo được trong quần thể đậu tương và tính được theo cấu trúc hình học (Ito và Udagawa, 1971)

Lấy I trên mặt lá ở độ sâu F tìm được hằng số công thức (49) thay vào công thức (53), thì:

$$A = \frac{b (KI_0e - KF)}{1 + a (KI_0e - KF)} - r \quad (54)$$

Quang hợp thuần của toàn bộ các tầng của quần thể tìm được bằng cách lấy tích phân từ F = 0 đến F đối với công thức (55):

$$P = \frac{b}{Ka} \ln \left(\frac{1 + aKI_0}{1 + a KI_0e - KF} \right) - rF \quad (55)$$

Đó chính là mô hình toán học mà Monsi và Saeki đã nói tới. Ross và Bichele cũng với phương pháp giống như vậy đã tìm ra tổng quang hợp $\varnothing K^0$ của đơn vị diện tích phản hướng về mặt trời của diện tích lá ở độ sâu L:

$$\varnothing K_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} \frac{g(\vec{r}_L) d\Omega}{\frac{1}{\varnothing m} + \frac{1}{a [S |\cos \vec{r}_0 \vec{r}_L| + D(L, h_0, \theta_L)]}} \quad (56)$$

Trong công thức: a và $\varnothing m$ là thông số của đường cong ánh sáng - quang hợp; D (L, h_0 , θ_L) là cường độ ánh sáng tán xạ.

Mặt khác nữa, quang hợp $\varnothing_{KS}$ của đơn vị diện tích lá phản râm là:

$$\varnothing_{KS} = \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} \frac{g(\vec{r}_L) d\Omega}{\frac{1}{\varnothing m} + \frac{1}{a D(L, h_0, \theta_L)}} \quad (57)$$

Ở độ sâu L biểu hiện bằng diện tích là tính toán của bề mặt quần thể, tỷ lệ diện tích lá phản hướng về mặt trời α_s ở đây là :

$$\alpha_s(L, \vec{r}_0) = \exp [-LG(\vec{r}_0) \operatorname{cosec} h_0] \quad (58)$$

Trong công thức, G biểu thị lượng hình chiếu hữu hiệu của diện tích lá hướng về hướng $\vec{r}_0$. Do đó, ở độ sâu L, lượng quang hợp tính toán là $\varnothing_K$ trong tầng đơn vị độ dày có thể biểu thị như sau:

$$\varnothing_K(L, h_0) = \alpha_s \varnothing K^0 + (1 - \alpha_s) \varnothing_{KS} \quad (59)$$

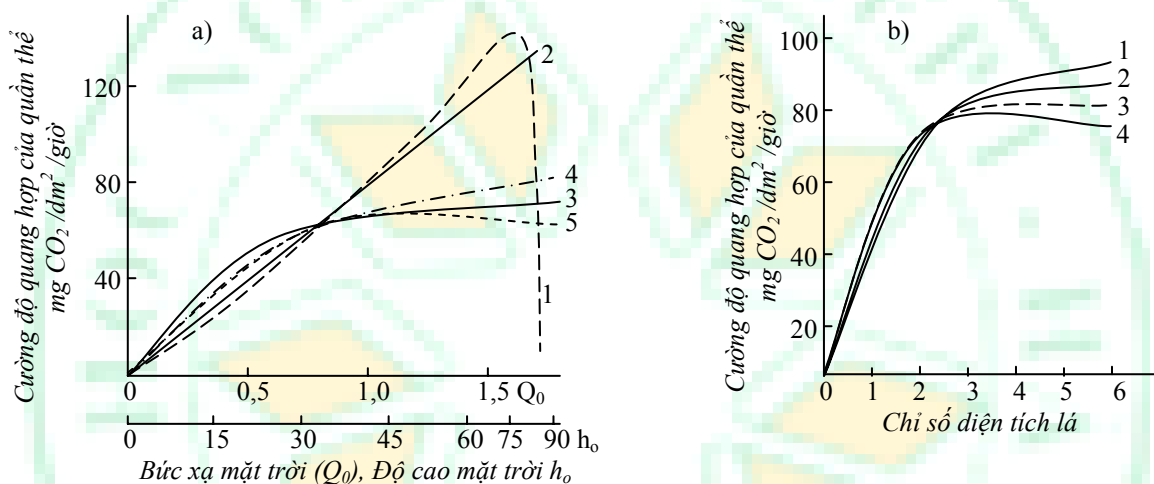
Tích tích phân đối với công thức (59) là tìm được lượng quang hợp $\varnothing$ của toàn thể quần thể.

$$\varnothing(L_0, h_0) = \varnothing_K(L, h_0) dL \quad (60)$$

Hình 34.2 cho thấy kết quả tính toán bằng công thức (60) với giả thiết cường độ quang hợp của lá đơn là nhất định: (1) quần thể cấu thành do lá thẳng đứng; (2) quần thể

cấu thành do lá phân bố đều; (3) quần thể cấu thành do lá nằm ngang và (4) quần thể mà lá nằm ngang chiếm ưu thế.

Từ trong hình (a) có thể thấy, đường cong của quần thể lá nằm ngang tương tự với lá đơn, quần thể lá phân bố từ 0,2 ly/min trở lên thì gần thành đường thẳng. Quần thể lá thẳng đứng đạt trị số lớn nhất khi gần 1,5, sau đó giảm xuống rất nhanh; ở từ 1,0 ly/min trở xuống thì quần thể lá nằm ngang đạt quang hợp cao nhất. Từ hình (b) cho thấy: quan hệ của tổng quang hợp với diện tích lá, trong quần thể lá tương đối thưa (chỉ số diện tích lá < 2), quang hợp quần thể tăng rất nhanh theo sự tăng lên của chỉ số diện tích lá, ảnh hưởng của cấu trúc quần thể nhỏ hơn và quang hợp của loại hình lá nằm ngang cao. Khi chỉ số diện tích lá = 2, quang hợp của quần thể không có quan hệ cấu trúc hình học của quần thể. Ở quần thể có chỉ số diện tích lá lớn, ảnh hưởng của cấu trúc hình học lớn, quang hợp của loại hình lá thẳng đứng cao nhất.



Hình 34.2. Quang hợp của quần thể tính theo mô hình ánh sáng (Ross và Bichele, 1968)

(a) Quan hệ của quang hợp quần thể và bức xạ mặt trời, LAI = 6

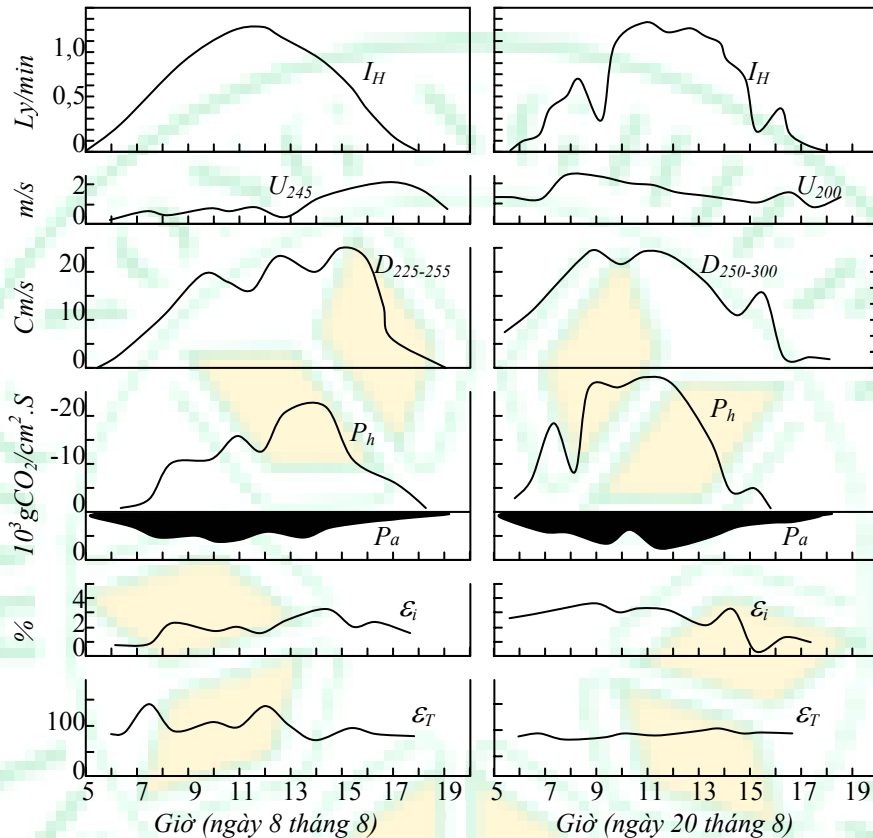
(b) Quan hệ của quang hợp quần thể và chỉ số diện tích lá, độ cao mặt trời 50°

1. Quần thể lá thẳng đứng; 2. Quần thể lá phân bố đều; 3. Quần thể lá nằm ngang; 4. Quần thể lá nằm ngang chiếm ưu thế; 5. Đường cong ánh sáng - Quang hợp của lá đơn

Như trên cho thấy, đặc điểm của mô hình ánh sáng lá ở chỗ có thể nêu rõ quan hệ của quang hợp quần thể với các điều kiện chiếu sáng, với cấu trúc quần thể, đặc biệt là cấu trúc hình học. Ngoài ra, cần thiết phải chỉ ra rằng: dạng mô hình này chưa xét đến sự phân bố phương nằm ngang của ánh sáng ở bên trong quần thể (cách giải quyết xét đến sự phân bố hướng nằm ngang của ánh sáng, đề nghị tham khảo sách sinh thái học rừng trong toàn tập nghiên cứu sinh thái học).

Dùng mô hình khuếch tán để nghiên cứu quang hợp của quần thể: Inoue và ctv. (1968) dùng phương pháp cân bằng lượng nhiệt để tiến hành phân tích quang hợp quần thể, đối với quần thể ngô. Những nghiên cứu này tiến hành trên diện tích ngô khoảng 1 ha và theo các thời kỳ sinh trưởng phát triển khác nhau của cây ngô. Việc bố trí các dụng cụ quang trắc như hình 32.2 đã nói rõ.

Biến đổi trong ngày của quang hợp quần thể: Dựa vào kết quả đã biết, chúng ta hãy xem lượng CO_2 và tốc độ trao đổi (hình 35.2). Ngày 8 tháng 8 từ buổi sáng đến khoảng 1 giờ chiều, tốc độ gió 30 cm/s trở xuống, tốc độ gió rất thấp. Nhưng ngày 20, tốc độ gió buổi sáng là 200 cm/s trở lên, sau đó giảm nhẹ dần, nhưng vẫn cao hơn 100 cm/s. Chiều sáng của hai ngày đó đều rất cao, trị số cao nhất chừng là 1,2 ly/min. Biến đổi trong ngày về tốc độ trao đổi trong ngày về tốc độ gió có xu thế gần giống nhau.

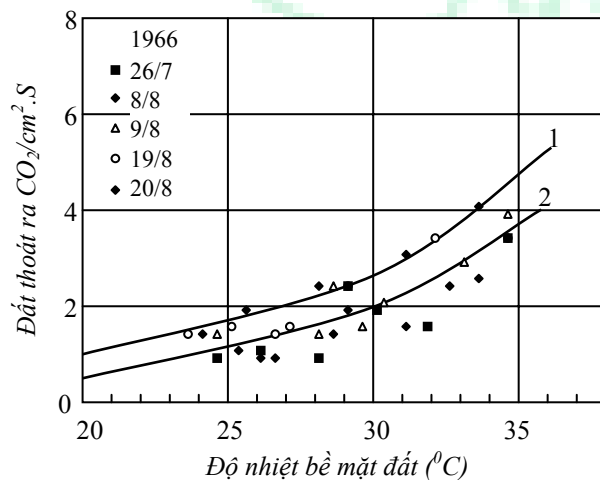


Hình 35.2. Kết quả quang hợp đo được của quần thể ngô bằng phương pháp cân bằng lượng nhiệt (Inoue và ctv., 1968)

I_H - Chiều sáng; U_{245} - tốc độ gió ở độ cao 245cm

P_h - Dòng khí (thông lượng) CO_2 từ tầng không khí gần mặt đất đi lên,

P_a - Dòng khí CO_2 từ mặt đất lên, ϵ_i - hiệu suất lợi dụng năng lượng chiếu sáng, ϵ_T - hệ số bốc hơi



Hình 36.2. CO_2 thải từ đất ra (Inoue và ctv., 1968)

$$1 - P_0 = 0.11 \times 10^{-8} \times 3.0^{T/10}$$

$$2 - P_0 = 0.15 \times 10^{-8} \times 3.5^{T/10}$$

Đường cong trong hình là kết quả tính toán bằng 2 công thức trên

Ngoài ra, biến đổi trong ngày về thông lượng CO_2 từ tầng không khí gần mặt đất lên quần thể (P_h), trừ đoạn sau buổi chiều ra, cũng rất giống với sự biến đổi trong ngày của tốc độ trao đổi. Như trước đã nói, trong quần thể cây trồng vì có CO_2 toả ra từ đất ra, nên nồng độ CO_2 gần mặt đất tương đối cao (hình 36.2). Giống với trường hợp của tầng không khí gần mặt đất, căn cứ vào tốc độ trao đổi trong quần thể và chênh lệch nồng độ CO_2 có thể tìm được thông lượng CO_2 từ mặt đất đi lên quần thể cây trồng. Thông lượng CO_2 (P_s) tìm được biểu thị như hình 36.2. Trong đất suốt ngày đều thải ra CO_2 , nhưng buổi trưa cao hơn so với sáng, P_s trước và sau buổi trưa bằng khoảng 20% của P_h CO_2 từ đất thải ra (hô hấp đất) có quan hệ chặt chẽ với sự hô hấp của vi sinh vật đất và rễ, ở đây dựa vào những tài liệu quan trắc được, biểu thị mối quan hệ giữa lượng thải CO_2 và độ nhiệt đất liên quan chặt chẽ với nó như hình 36.2.

Độ nhiệt đất trong hình là trị số độ nhiệt bề mặt đất. Khi độ nhiệt mặt đất từ 25°C lên 34°C , P_s lên khoảng 4 lần. Đường cong trong hình là quan hệ mà Monteich (1964) tìm được trong phạm vi độ nhiệt $3 - 15^\circ\text{C}$, đo thực tế để tìm ra:

$$P_s = P_{s0} Q^{T/10} \quad (61)$$

Trong công thức: P_{s0} là thông lượng CO_2 khi $T_s = 0^\circ\text{C}$, T - độ nhiệt đất, Q - hằng số thực nghiệm.

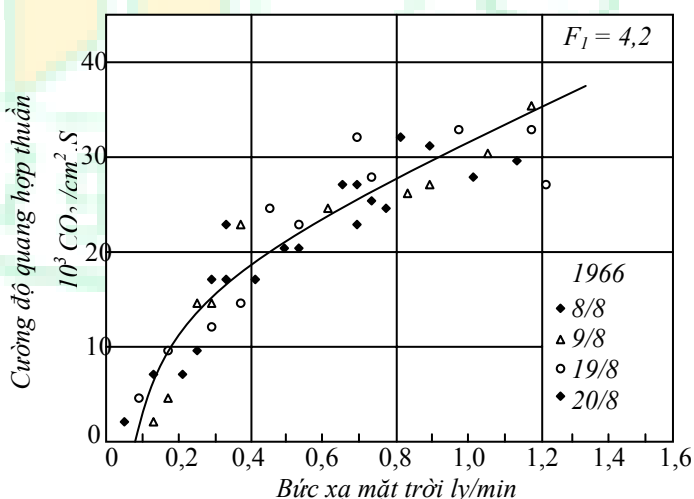
Dùng phương pháp cân bằng lượng nhiệt để đánh giá P_s có thể nói là tương đối thoả đáng.

Quan hệ của quang hợp quần thể với chiếu sáng và tốc độ gió: Quang hợp thuần của quần thể ngô, có thể tìm được bằng công thức sau đây:

$$P_N = P_H - P_s \quad (62)$$

Quan hệ của P_N tìm được như vậy ở độ chiếu sáng được biểu thị như hình 37.2.

Một số điểm trong hình khá phân tán, nhưng vẫn phân bố tương đối đều hai bên đường cong. Đường cong vẽ theo tính toán của công thức Monsi và Saeki nói rõ kết quả của công thức mô hình ánh sáng và phương pháp cân bằng nhiệt là nhất trí với nhau về đại thể. Trị số quan trắc vẽ trên hình sẽ đi



Hình 37.2. Quan hệ giữa quang hợp thuần của quần thể ngô tìm được bằng phương pháp cân bằng lượng nhiệt với bức xạ mặt trời (Inoue và ctv., 1968)

Đường cong trong hình là vị trí số tính toán theo công thức mô hình ánh sáng. $1,0 \times 10^{-8} \text{g CO}_2 / \text{cm}^2 . \text{S} = 3,6 \text{mg CO}_2 / \text{dm}^2 . \text{h}$

khá phân tán, một là do những sai khác về ngày tháng đo gây nên, hai là cũng có ảnh hưởng của sự biến đổi tốc độ gió. Hình 38.2 (Yabuki và Hamotani, 1971) biểu thị thông lượng CO_2 đo bằng phương pháp khí động học, có thể thấy rõ ràng là cường độ quang hợp thuần tăng theo tốc độ gió tăng. Đó là một điểm có lợi của phương pháp khí động học.

Cân bằng CO_2 của quần thể ngô như hình 35.2 và trị số của các ngày đo khác trong cùng thời gian được chỉnh lý lại như bảng 3.2.

Bảng 3.2. Cân bằng CO_2 của quần thể ngô ban ngày (6 giờ đến 18 giờ)
(Inoue và ctv., 1968)

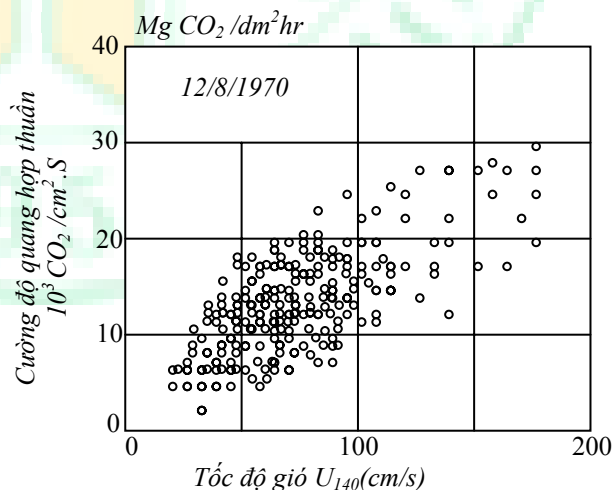
Ngày tháng	Lượng chiếu sáng (ly/ngày)	ΣP_h	ΣP_s	$\Sigma (P_h - P_s)$	ΣP_s	ϵ_l	ϵ_T
		mg/cm ² . ngày			$\Sigma (P_h - P_s)$		
26/7	407,5	- 4,13	+ 0,85	- 4,98	0,171	0,031	51,2
27/7	455,1	- 4,88	+ 0,92	- 5,80	0,159	0,033	70,0
8/8	528,5	- 5,73	+ 1,56	- 7,28	0,214	0,035	92,6
9/8	208,8	- 5,45	+ 0,64	- 6,09	0,105	0,074	42,1
19/8	276,5	- 6,06	+ 0,82	- 6,88	0,119	0,063	49,7
20/8	450,7	- 7,07	+ 1,83	- 8,90	0,205	0,050	47,4

ΣP_h ΣP_s tương ứng là thông lượng CO_2 của đồng ruộng canh tác và từ đất thải ra; ϵ_l - hiệu suất lợi dụng năng lượng; ϵ_T - hệ số thoát hơi nước.

Bảng này chỉ giới hạn ở ban ngày, trong thời gian này lượng CO_2 từ không khí chuyển xuống quần thể là 4,13 - 7,07 mg CO_2/cm^2 , lượng CO_2 từ mặt đất chuyển lên quần thể ở trong khoảng 0,64 - 1,83 mg CO_2/cm^2 . Như vậy, số lượng từ mặt đất cung cấp chiếm 10 - 20% tổng lượng CO_2 mà quần thể hút. Trị số này cơ bản giống với trị số do Monteith (1964) tìm được.

Hiệu suất sử dụng năng lượng và hệ số thoát hơi nước: Hiệu suất sử dụng năng lượng bức xạ mặt trời ϵ_l trong quang hợp thuần của quần thể tìm được như vậy ghi trong bảng 3.2 và hình 35.2. Ngày 8/8 tốc độ gió nhỏ, nồng độ CO_2 thấp, ϵ_l là 2 - 4%; ngày 20 tốc độ gió mạnh hơn ϵ_l là 4 - 5 %. Những trị số đo vào các ngày khác cũng có trị số cao đến 7%, như vậy nếu so với hiệu suất lợi dụng năng lượng tính theo lượng tăng khối lượng chất khô thì hơi cao hơn một chút, có thể là do chưa bao gồm lượng hô hấp ban đêm.

Hình 35.2 và bảng 3.2 còn cho thấy rõ hệ số thoát hơi nước (lượng



Hình 38.2. Quan hệ của cường độ quang hợp thuần đo bằng phương pháp khí động học với tốc độ gió (Yabuki, Hamotani, 1971).

Lượng chiếu sáng 1,2 ly/min

nước cần) tính ra bằng công thức sau đây:

$$\varepsilon_T = \frac{E_T}{\alpha (P_h - P_s)} \quad (63)$$

Trong công thức: ε_T là hệ số thoát hơi nước, E_T là lượng bốc - thoát hơi nước tìm được bằng phương pháp cân bằng lượng nhiệt, $\alpha = C_6H_{12}O_6/6CO_2 = 0,66$.

Trị số E_T tìm ra theo số lượng ban ngày ở trong khoảng 42 ~ 93; trị số biến đổi trong ngày ở trong khoảng 50 ~ 150. Trị số này nhỏ hơn nhiều so với trị số đã biết (270 - 380). Bởi vì thời gian tiến hành tính bình quân, phương pháp đo và môi trường đo đều khác nhau, số liệu trước đây phần lớn lấy từ thí nghiệm trong chậu, đương nhiên khác với trị số tìm được ở diện tích lớn hiện nay, hơn nữa sự sai khác này có thể có liên quan tới sự ảnh hưởng của nhiệt di động.

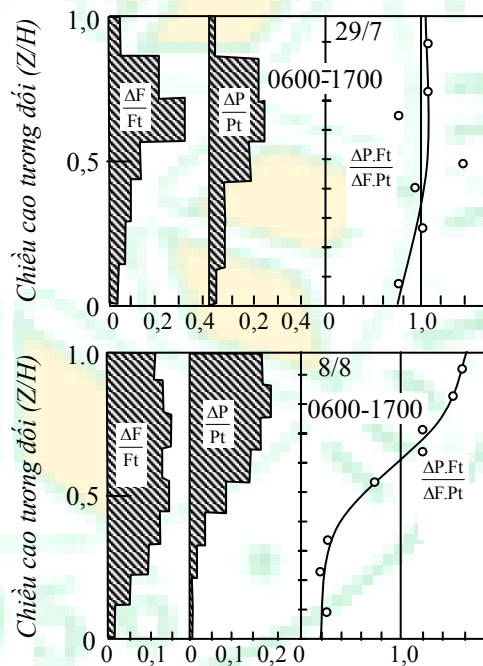
Quang hợp của các tầng khác nhau trong quần thể: thông lượng CO_2 , P_z tiến hành vi phân ở độ cao z được công thức sau đây:

$$Q_p(z) = \frac{dP_z}{dz} = - \frac{d}{dz} \left(Kz \frac{dC}{dz} \right) \quad (64)$$

Trong công thức: $Q_p(z)$ là cường độ nguồn hút CO_2 ; Kz là hệ số khuếch tán dòng xoáy, C là nồng độ CO_2 . $Q_p(z)$ tương đương với cường độ quang hợp thuần ở các tầng của quần thể. Nếu không dùng $Q_p(z)$ mà thay vào đó là thông lượng CO_2 của các tầng, lấy trị số này chia cho tổng lượng quang hợp sẽ tìm được trị số của các tầng so với tổng quang hợp của quần thể.

Hình 39.2 nêu lên một thí dụ về đo cường độ quang hợp. Hình này cho thấy diện tích lá của các tầng ($\Delta F/F_t$) và cường độ quang hợp của đơn vị diện tích lá.

Ngày 26 tháng 7, hình dạng của $\Delta F/F_t$ và $\Delta P/P_t$ rất giống nhau, còn ngày 8 tháng 8 thì có sai khác tương đối, nói rõ $\Delta P/P_t$ ở tầng dưới quần thể hầu như không có quang hợp. Sự sai khác giữa hai ngày được phản



Hình 39.2. Quan hệ giữa cường độ quang hợp của các tầng trong quần thể ngô với cường độ quang hợp của đơn vị diện tích lá (Inoue, 1968)

$\Delta F/F_t$ - diện tích lá tương đối

$\Delta P/P_t$ - cường độ quang hợp (hút CO_2) theo tầng
(trị số tương đối)

$\Delta P.Ft/\Delta F.Pt = (\Delta P/P_t) (\Delta F/F_t)$ - cường độ quang hợp của đơn vị diện tích lá (trị số tương đối).

ánh rất rõ ràng ở cường độ quang hợp của đơn vị diện tích lá.

7. Sự sinh trưởng của quần thể cây trồng

Suất sinh trưởng tương đối và suất quang hợp thuần

Về mặt định lượng của quần thể cây trồng, có thể biểu thị bằng kích thước của cây trồng (kích thước hình học), cũng có thể biểu thị bằng khối lượng. Sự sinh trưởng của quần thể cây trồng thể hiện chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng, cho nên dùng khối lượng chất khô làm chỉ tiêu là tất nhiên. Nói chung, sự sinh trưởng của sinh vật có dạng hàm số mũ. Blackman là người đầu tiên dùng quan hệ đó để phân tích sự sinh trưởng của thực vật và ông đã nêu ra công thức sau đây:

$$r = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (65)$$

Trong đó: r là suất sinh trưởng (suất sinh trưởng tương đối - viết tắt là RGR), tức là lượng tăng của khối lượng chất khô W tỷ lệ với khối lượng chất khô lúc đó. Tích phân công thức (65) được:

$$W = W_0 e^{rt} \quad (66)$$

Trong công thức, W_0 là khối lượng chất khô khi $t = 0$. Lấy logarit hai vế, công thức (66), thành công thức sau:

$$\ln W = \ln W_0 + rt \quad (67)$$

$\ln W$ tiến hành tổ hợp theo t sẽ tìm được độ dốc r . Đó chính là định luật Fourier về sinh trưởng thực vật của Blackman (1919). Kira (1953) theo dõi sự biến đổi của trị số r theo sự sinh trưởng, không dùng công thức (65) và (66), ông đã đưa ra công thức:

$$\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} = r(t) \quad (65a)$$

$$W = W_0 \exp \left[\int_0^t r(t) dt \right] \quad (66a)$$

Đó là định luật Fourier đã phát triển, dùng thích hợp cho mọi đường cong sinh trưởng bất kỳ. Để tìm r bình quân trong khoảng t_1 và t_2 , có thể dùng công thức sau:

$$r = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{d \ln W}{dt} \pm \frac{\Delta \ln W}{\Delta t} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (68)$$

Đơn vị của r là ngày⁻¹, tuần⁻¹.

Trên thực tế suất sinh trưởng r của cây trồng thường có trị số lớn ở thời kỳ đầu sinh trưởng, sau đó thấp dần. Như thế, do r liên quan với quá nhiều nhân tố nên không thể tiến hành giải tích. Người ta thường dùng cơ quan sản xuất ra chất khô, tức là đơn vị diện tích lá để biểu thị sự tăng của khối lượng chất khô và lấy đó làm thước đo của hiệu suất quang hợp, gọi là suất đồng hoá NAR, NAR tính theo công thức sau:

$$NAR = \frac{1}{A} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (69)$$

$$\frac{1}{u} \cdot \frac{du}{dt}$$

Trong đó: u là diện tích lá. Khi tính NAR theo trị số đo thực có thể dùng công thức sau:

$$\begin{aligned} \text{NAR} &= \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{d \ln u}{du} \cdot \frac{dW}{dt} \pm \frac{\Delta \ln u}{\Delta u} = \\ &= \frac{\ln u_2 - \ln u_1}{u_2 - u_1} \cdot \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \end{aligned} \quad (70)$$

Theo khái niệm của NAR thì:

$$r = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} = \frac{u}{W} \cdot \frac{1}{u} \cdot \frac{dW}{dt} = \text{LAR} \cdot \text{LAR} \quad (71)$$

Như vậy, RGR bị chia cắt thành NAR và LAR (suất diện tích lá). LAR là diện tích lá của đơn vị trọng lượng của cây trồng, theo công thức (70) cũng có thể tìm được:

$$\text{LAR} = \frac{u}{W} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{W_2 - W_1} \cdot \frac{u_2 - u_1}{\ln u_2 - \ln u_1} \quad (72)$$

Đồng thời dùng NAR và LAR để giải tích sự sinh trưởng của thực vật sẽ càng tỷ mỉ hơn với dùng riêng RGR để giải thích.

Về sự sinh trưởng của quần thể cây trồng, có thể biểu thị khối lượng chất khô theo đơn vị diện tích đất đai, lượng tăng của nó gọi là suất sinh trưởng cây trồng CGR.

$$\text{CGR} = \frac{dy}{dt} = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \cdot F = \text{NAR} \cdot \text{LAI} \quad (73)$$

Trong đó, F là diện tích lá của đơn vị diện tích đất đai, gọi là chỉ số diện tích lá LAI.

Hệ phương trình sinh trưởng:

Về mô hình sinh trưởng cây trồng, ở đây xin giới thiệu hệ phương trình sinh trưởng do Rot (1967) đề xuất. Munekata (1967) khi thảo luận mô hình chức năng của năng suất lúa nước, đã nêu lên khả năng dùng hệ phương trình vi phân để biểu thị về mặt định lượng sự sinh trưởng của cây trồng. Mô hình của Rot (1967) lấy quan điểm sau đây làm cơ sở: 1) sinh trưởng của cây trồng không phải dùng tổng trọng lượng khô của cá thể để biểu thị, mà phải lần lượt xét theo sự sinh trưởng của các cơ quan; 2) sinh trưởng của các cơ quan lại chia ra sản phẩm quang hợp mới sản xuất lúc đó và sản phẩm quang hợp được tích trữ. Theo quan điểm thứ nhất, thực vật được chia ra lá (1), thân và cành (2), rễ (3) và cơ quan dự trữ sinh thực (4). Trọng lượng chất khô của các cơ quan này là $m_i(t)$. Theo quan điểm thứ hai, giữa lá và thân vừa có sản phẩm quang hợp tạo thành với hình thức $(A_{21} - A_{12})$ và $(B_{21} - B_{12})$, đồng thời sản phẩm quang hợp được tích trữ cũng tiến hành trao đổi. Chữ số viết trong ngoặc đơn 21 là chỉ sự vận chuyển từ cơ quan 2 (thân) đến cơ quan 1 (lá). Còn sự vận chuyển quang hợp mới từ cơ quan i đến cơ quan j thì biểu thị bằng công thức sau đây:

$$A_{ij} = K_p P_i \alpha_{ij} \quad (74)$$

Trong đó, α_{ij} là tỷ suất vận chuyển sản phẩm quang hợp sản xuất ra trong cơ quan thứ i ($K_p P_i$) đến trong cơ quan thứ j ; K_p là hệ số tính đổi từ CO_2 thành chất khô. Vậy có công thức sau đây:

$$\sum_{j=1}^4 \alpha_{ij} = 1 \quad (75)$$

Về sự trao đổi của sản phẩm quang hợp được tích trữ, nó tỷ lệ với tổng khối lượng chất khô của cây trồng, tức là:

$$B_{ij} B_{ji} = \beta_{ij} \cdot M \quad (76)$$

Trong đó, $M = \sum_{j=1}^4 m_j$; β_{ij} biểu thị bằng hình thức tỷ số đối với 1 gam tổng khối lượng chất khô của cây trồng, là lượng trao đổi sản phẩm quang hợp tích trữ giữa cơ quan thứ i và thứ j , do đó có quan hệ như sau:

$$\sum_{i,j=1}^4 m_j \equiv 0 \quad (77)$$

$$\beta_{ij} = -\beta_{ji} \quad (78)$$

Căn cứ vào công thức (74), (75), (76), có thể được phương trình sau đây:

$$\frac{dm_j}{dt} = K_p \sum_{i=1}^4 \alpha_{ij} P_i - K_r R_j - V_j + \sum_{i=1}^4 \beta_{ij} M \quad (79)$$

R_j trọng lượng hô hấp của cơ quan thứ j ; V_j là lượng chất khô tương ứng, $K_p \pm K_r$.

$\alpha_{ij}(t)$ và $\beta_{ij}(t)$ gọi lần lượt là ma trận của sinh trưởng dinh dưỡng và sinh trưởng sinh thực. Nếu đã tìm ra α_{ij} và β_{ij} thì việc giải thích sinh trưởng cây trồng sẽ càng được tiến triển hơn.

Dưới đây không dùng $\alpha_{ij}(t)$, mà thay nó bằng hàm số vector bình quân của sinh trưởng dinh dưỡng $\vec{a}(t)$, tức là:

$$\vec{a}(t) = \frac{K_p \sum_{i=1}^4 \alpha_{ij} P_i - K_r R_i - V_i}{\sum_{j=1}^4 (K_p P_j - K_r R_j - V_j)} \quad (80)$$

Cũng hoàn toàn giống như trên, có thể dùng công thức sau đây để thay ma trận sinh trưởng sinh thực bằng hàm số bình quân $\vec{b}(t)$.

$$b_j(t) = \sum_{i=1}^4 \beta_{ji} \quad (81)$$

Theo công thức (80) và (81) thì công thức (79) có thể biến dạng như sau:

$$\frac{dm_j}{dt} = a_j(t) \frac{dM}{dt} + b_j(t) M \quad (82)$$

$a_j(t)$ trong công thức (82) được biết theo công thức (80) là tỷ suất phân phối chất khô sản xuất trong thời gian t về cơ quan thứ j . Trong thời gian sinh trưởng dinh dưỡng, $b_j(t) = 0$ cho nên:

$$a_j(t) = \frac{dm_j}{dM} \quad (83)$$

Trong thời gian sinh trưởng sinh thực:

$$b_j(t) = \frac{\frac{dm_j}{dt}}{M} \quad (84)$$

Hình 40.2 biểu thị hai hàm số sinh trưởng a_j và b_j của các cơ quan khác nhau của đại mạch đo được ở nước Cộng hoà Extônia. Sau khi vừa mới nảy mầm, sản phẩm quang hợp được dùng vào sinh trưởng của lá và rễ, tỷ suất của chúng ước chừng là 2 : 1. Sau khi đã phân phối xong vào lá và rễ, sự phân phối vào thân cũng bắt đầu tăng lên, khi cao nhất cần tiêu dùng 70%, cuối cùng mới phân phối cho bông.

Định luật phân phối chất khô:

Moritani (1970) đã tìm ra kết quả về phân phối chất khô sản xuất của nhiều loại cây trồng, như giữa tổng khối lượng chất khô, khối lượng bộ phận của lúa nước và đậu tương có quan hệ như sau:

$$F = \mu W - vW^2 \quad (85)$$

$$C = (1 - \mu) W + vW^2 \quad (86)$$

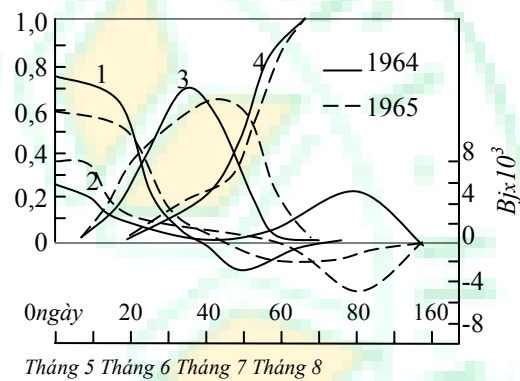
Trong công thức: F và C tương ứng là khối lượng của bộ phận phiến lá và không phải phiến lá; W - khối lượng toàn bộ; μ và v là hằng số kinh nghiệm.

Cũng như trên, đối với ngô và củ cải đường tìm ra công thức bậc 3 sau đây:

$$F = \mu W - vW^2 + \lambda W^3 \quad (85)$$

$$C = (1 - \mu) W + vW^2 - \lambda W^3 \quad (86)$$

Cũng như vậy, quan hệ giữa khối lượng phần trên mặt đất và rễ cũng có thể biểu thị bằng công thức bậc 3. Trên thực tế khi nghiên cứu vấn đề sinh trưởng, nói về tỷ suất cấu thành các cơ quan của các cây trồng đó không quan trọng bằng nói về sự phân phối những chất đã sản xuất. Monsi có một công thức về sản xuất là:



Hình 40.2. Hàm số sinh trưởng tại các cơ quan của đại mạch (Rot, 1967)

1. Lá; 2. Rễ; 3. Thân, 4. Bông

$$\Delta W = (p - r) F - r C \quad (87)$$

Trong đó: p là lượng quang hợp; r và r là lượng hô hấp của F và C . Dem công thức (85) và (86) thay vào công thức (87):

$$\Delta W = a W - b W^2 \quad (88)$$

Tiến hành phân tích đối với công thức (88) (coi a , b là hằng số) sẽ được phương trình sinh trưởng sau đây:

$$W = \frac{a/b}{1 + Ke^{-at}} \quad (89)$$

Trong công thức: $a = \mu (p - r + r)$; $b = v (p - r + r)$; K là hằng số tích phân (trên thực tế a , b không phải là hằng số, nên công thức (89) không thể thành lập được).

Hoàn toàn giống như vậy, có thể từ công thức (85a) và (86a) tìm ra:

$$\Delta W = aW - bW^2 + cW^3 \quad (88a)$$

$$\ln = \frac{KcW^2}{cW^2 - bW + a} + \frac{2b}{\beta} \operatorname{tg}^{-1} \frac{2cWb}{\beta} = t \quad (89a)$$

Trong công thức, $c = \lambda (p - r + r) \beta^2 = 4ac - b^2$

Công thức (89) có đồ thị là một đường cong lôgarit dạng chữ S. Moritani (1970) đã nghiên cứu quan hệ của μ và v với năng suất: khi μ to và v nhỏ, thì $F_{\max} = (\mu^2/4v)$, khối lượng khô khi khối lượng lá đạt đến lớn nhất ($\mu/2v$) càng lớn, trọng lượng thóc thuần của lúa nước cũng càng lớn. Với đậu tương, quan hệ của năng suất với μ , v còn chưa rõ. Ngô và cải đường trong trường hợp v nhỏ và μ/v lớn thì năng suất cao hơn. Ở thời kỳ đầu sinh trưởng, nhìn vào quan hệ:

$$F \approx \mu W \quad (90)$$

Trọng lượng lá tỷ lệ với tổng khối lượng cây, còn đối với μ , v và λ sau này vẫn cần thiết phải nghiên cứu kỹ thêm.

8. Sự cạnh tranh của hệ sinh thái đồng ruộng

Giữa các thành phần sinh vật cấu thành hệ sinh thái có sự tác động lẫn nhau, đó là điểm căn bản cấu thành hệ thống. Những tác động lẫn nhau này chia ra quan hệ trong loài và quan hệ giữa các loài, chia nhỏ hơn thì có quan hệ cạnh tranh và quan hệ hỗ trợ. Quan hệ giữa các loài coi là cạnh tranh thì ngoài cạnh tranh ra, còn có bắt ăn và sống gửi (ký sinh). Ở đây chỉ thảo luận vấn đề cạnh tranh giữa các loài. Hơn nữa, trong loài cũng có cạnh tranh, nếu mật độ quần thể tăng lên, có thể xuất hiện hiện tượng gọi là cạnh tranh của hiệu quả mật độ. Dưới đây sẽ nói đến vấn đề quan trọng nhất trong hệ sinh thái đồng ruộng là vấn đề cạnh tranh giữa các loài, giữa cây trồng và cỏ dại...

Cỏ dại

Cỏ dại vốn là từ dùng để chỉ những thực vật thân thảo nhỏ mà con người không cần, không chỉ giới hạn ở đồng ruộng, cả những thực vật thân thảo nhỏ không được hoan nghênh trong đời sống loài người phát sinh trên đường cái, vườn hoa, trong rừng,

trên thảm cỏ đều là cỏ dại. Cỏ dại ở đồng ruộng nông nghiệp gọi là cỏ dại đồng ruộng dễ phân biệt. Cỏ dại đồng ruộng vì thế có thể hiểu là loài tự sinh trên đất đồng ruộng như ruộng nước, đất cày, bờ ruộng và đất lân cận ngoài cây trồng, có nguy hại trực tiếp hoặc gián tiếp đối với cây trồng. Quần thể cỏ dại trong đồng ruộng là một giai đoạn của diễn thế. Nếu không có xử lý của con người thì cỏ dại mọc rậm rạp, diễn thế về phía thiên nhiên phát sinh biến đổi nhanh chóng về hướng quần thể che phủ đất cao nhất trước đây. Nhưng vì có canh tác (một loại hoạt động của con người), mới làm cho hướng diễn thế của quần thể cỏ dại từ hướng tự nhiên quay ngược trở lại, dừng ở khởi điểm.

Loài và loại hình cỏ dại đồng ruộng

Phạm Hoàng Hộ (1993) mô tả 10.500 loài cỏ dại ở Việt Nam bao gồm các loài cỏ dại ở trên cạn và dưới nước. Nguyễn Hồng Sơn (2000) phát hiện 60 loài cỏ dại xuất hiện trên ruộng lúa ở vùng Đồng bằng sông Hồng. Theo mức độ phát sinh, nguy hại của cỏ dại và phòng trừ khó dễ thì có thể chia ra ba loại: cỏ dại nghiêm trọng, cỏ dại thông thường và cỏ dại nhẹ. Cỏ dại nghiêm trọng ở trên đất lúa có 29 họ với 82 loài cỏ dại (Nguyễn Mạnh Chính và Mai Thành Phụng, 2004).

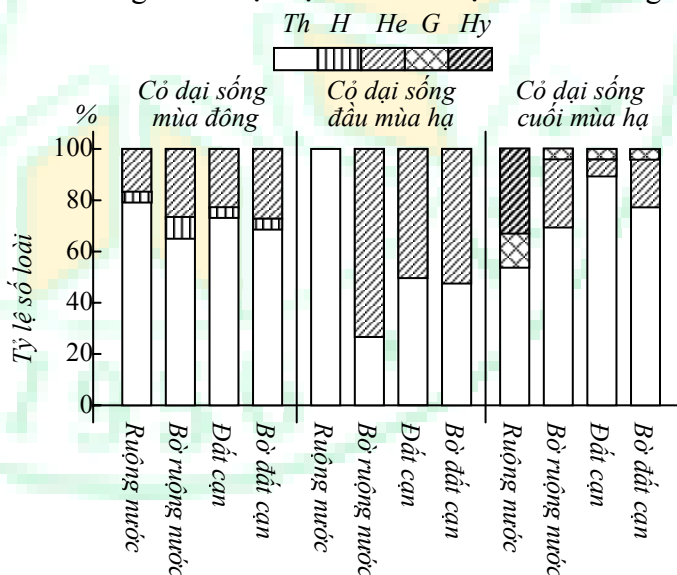
Nói chung thường dùng kiểu sống làm đặc trưng của quần thể thực vật để tiến hành phân loại. Như vậy, đối với quần thể cỏ dại cũng có thể dùng kiểu sống hay kiểu nhân giống của chúng để tiến hành phân loại. Hình 41.2 biểu thị sự sai khác về số loài theo kiểu sống của cỏ dại ở các loại đất khác nhau.

Có thể thấy là so với bờ của ruộng nước và đất cày, nói chung thực vật mầm mặt đất và thực vật mầm dưới đất của đồng ruộng xuất hiện ít hơn. Đất mới khai khẩn càng thuộc thì cỏ dại sống lâu năm phát sinh càng ít. Từ sự thực của hai mặt để so sánh giữa hai bờ và trong ruộng, người chăm nom ít hơn, gần hơn với trạng thái đồng cỏ tự nhiên, cho nên số loài sống lâu năm nhiều.

Arai và ctv. (1951b) xuất phát từ lập trường nghiên cứu cỏ dại đồng ruộng, đã đề ra cách phân loại theo thời kỳ phát sinh của cỏ dại và theo tính thích ứng của chúng với lượng nước trong đất (bảng 4.2).

Sự phát sinh cỏ dại và lượng cỏ dại

Hãy lấy ruộng nước có trồng vụ đông làm thí dụ, Arai và ctv (1951) đã chỉ ra một số quan hệ như hình 42.2. Qua quan sát phát hiện tính khu vực



Hình 41.2. Phân loại kiểu sống cỏ dại đồng ruộng ở các loại đất khác nhau và sự sai khác về số loài của chúng (Arai, Yokomori, 1951 b)

Th - thực vật sống 1 năm, H - thực vật mầm mặt đất, G - thực vật mầm dưới đất, He - thực vật sống đồng lầy, Hy - thực vật sống ở nước

về thành phần và lượng cỏ dại của quần thể cỏ dại, có quan hệ chặt chẽ với sự phát sinh của cỏ dại, nhất là những cỏ dại chủ yếu của ruộng nước trồng vụ đông.

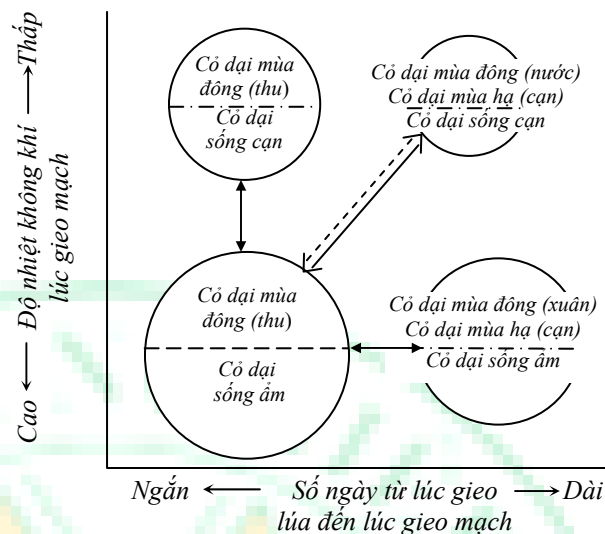
Nếu thời gian từ khi rút nước cho lúa đến thời kỳ gieo trồng cây vụ đông kéo dài, số lượng hạt giống *A. fulvus* [cỏ dại sống mùa đông (thu)] giảm đi, số lượng hạt giống *Stellaria uliginosa* [cỏ dại sống mùa đông (xuân)] ít bị thay đổi vì thế mà tăng lên một cách tương đối, thậm chí dẫn đến biến đổi thành phần hợp thành của quần lạc cỏ dại (di động về phía bên phải theo trục hoành của hình 42.2). Nếu độ nhiệt không khí ở thời kỳ gieo trồng mì mạch mà thấp đến dưới độ nhiệt thích hợp cho hạt cỏ dại nảy mầm thì so sánh với số lượng hạt giống, tỷ lệ cây mọc mầm thấp, số lượng hạt cỏ dại cũng giảm.

Bảng 4.2. Phân loại cỏ dại đồng ruộng theo thời kỳ phát sinh và theo tính thích ứng với lượng nước trong đất (Arai và ctv. 1951b)

Phân loại theo thời kỳ phát sinh		Phân loại theo tính thích ứng với lượng nước trong đất
Cỏ dại mùa hạ	Phát sinh từ mùa xuân đến thu	<i>Cỏ dại ưa nước</i>
Sống mùa hạ (sớm)	Phát sinh rộ tháng 4 - 5	Ưa nước (nước)
Sống mùa hạ (sớm, vừa)	Như trên, nhưng sau đó cũng nhiều	Ưa nước (ẩm)
Sống mùa hạ (vừa)	Phát sinh rộ tháng 5 - 6	<i>Cỏ dại ưa ẩm</i>
Sống mùa hạ (vừa, muộn)	Phát sinh rộ tháng 5 - 6, 9 - 10	Ưa ẩm (nước, khô)
Sống mùa hạ (muộn)	Phát sinh rộ tháng 7 - 8	Ưa ẩm (ẩm)
Cỏ dại mùa đông	Phát sinh mùa thu và xuân	Ưa ẩm (khô)
Sống mùa đông (thu)	Phát sinh rộ tháng 9 - 10	<i>Cỏ dại ưa hạn</i>
Sống mùa đông (xuân)	Như trên, nhưng mùa xuân cũng nhiều	Ưa hạn (ẩm) Ưa hạn (khô)

Mặt khác, trồng tiếp vụ đông trên ruộng nước, trước vụ trồng mì mạch vào mùa thu cũng như trước vụ cấy lúa nước vào mùa xuân đều phải cày lật đất. Như thế cũng có thể làm thay đổi số lượng cây của cỏ dại (hình 42.2). Phần nửa trên của hình là số lượng *Alopecurus Fulvus*, phần nửa dưới là số lượng của *Stellaria uliginosa*. Cây mùa xuân làm hạt giống bị vùi vào trong đất, do cách cày khác nhau mà sự phân bố của hạt giống cỏ cũng có khác nhau; nếu cày xới nông thì hạt giống ở tầng mặt nhiều, trước khi cày mùa thu, sự phát sinh của hai loài cỏ dại đều tăng.

Alopecurus fulvus trong thời gian rút nước, số hạt giống sống giảm đi, khi cây mùa thu nếu cấy sâu, đất được đảo lật nhiều, thì sự phân bố hạt giống ở tầng trên tăng lên, số cây nảy mầm tăng lên nhiều. Trong trường hợp cấy xới nông, do chỉ đảo đất tầng mặt tương đối ít hạt giống, cho nên phát sinh cỏ dại lại ít. Trái lại, sự phân bố hạt giống cỏ *Stellaria uliginosa* và số cây có thể nảy mầm nhiều hay ít, do phương thức cấy mùa xuân quyết định, sau khi cấy mùa xuân giữ nguyên không động đến, đến khi cấy càng nhiều. Ngược lại nếu mùa thu tiến hành cấy lật sâu thì số cây mọc ít hơn. Tóm lại, lượng phát sinh hai loài cỏ này, do áp dụng tổ hợp phương pháp cấy đất mà có phản ứng khác nhau, thành phần hợp thành quần lạc cũng khác nhau. Trong hệ thống cấy lật sâu mùa thu, cỏ *Alopecurus fulvus* tăng lên; còn hệ thống cấy xới nông mùa thu, thì tỷ lệ cỏ *Stellaria uliginosa* tăng lên.



Hình 42.2. Mô hình cấu trúc có tính khu vực về lượng cỏ dại hình thành và thành phần hợp thành quần lạc cỏ dại của ruộng nước, có trồng tiếp vụ mì mạch

Sự cạnh tranh giữa cây trồng và cỏ dại

Cỏ dại cạnh tranh ánh sáng, chất dinh dưỡng, nước với cây trồng đồng thời là nguồn truyền bệnh và sâu hại cho cây trồng (Trần Đức Viên, 1998). Cỏ dại xuất hiện trên đồng ruộng sẽ che bớt ánh sáng của cây, đồng thời hút một phần chất dinh dưỡng và nước làm giảm độ phì của đất và ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Trong thực tiễn sản xuất, cỏ dại cạnh tranh mạnh mẽ nhất với lúa cạn vào thời kỳ 28 - 42 ngày sau gieo (Nguyễn Mạnh Chính và Mai Thành Phụng, 2004).

Nhiều loại sâu bệnh hại cây trồng sinh sống và phát triển được trên cỏ dại và nó lấy cỏ dại làm ký chủ trung gian để từ đó truyền bệnh sang cây trồng. Theo Nguyễn Mạnh Chính và Mai Thành Phụng (2004), các loài nấm bệnh đạo ôn, khô vằn, sâu cuốn lá lúa, bọ xít sinh sống được trên nhiều loài cỏ hòa bản như cỏ lồng vực, đuôi phụng, cỏ chỉ. Kozaka (1965) thông báo có tới 188 loại cây thuộc 32 họ thực vật là ký chủ của nấm trên lúa và nấm tách ra từ nhiều cây khác đều có khả năng gây bệnh cho lúa ở Nhật Bản. Ở Việt Nam, bèo lục bình là nơi truyền bệnh nấm bệnh khô vằn.

Về sự cạnh tranh giữa cây trồng và cỏ dại, người ta còn lấy chất tiết ra của rễ làm môi giới gọi là hướng nghiên cứu từ góc độ tác dụng lẫn nhau về hàng hoá giữa thực vật. Nếu khéo léo lợi dụng được quan hệ cạnh tranh như vậy giữa cây trồng và cỏ dại, sẽ có khả năng trở thành phương pháp phòng trừ cỏ dại vừa lý tưởng vừa chính xác.

Người ta cho rằng có hai phương hướng phòng trừ cỏ dại. Một là, nhờ kỹ thuật canh tác làm biến đổi môi trường đồng ruộng, tạo ra điều kiện môi trường không có lợi cho sự nảy mầm, nở hoa và kết hạt của cỏ dại, do đó mà ức chế sự nhân giống và đạt hiệu quả phòng trừ cỏ dại. Đó chính là phương pháp phòng trừ bằng sinh thái. *Hướng thứ hai* là tìm cách trừ diệt cỏ dại đã phát sinh và đang phát sinh, có thể gọi là phương pháp diệt trừ cỏ dại. Dù phương pháp nào cũng đều phải nghiên cứu đầy đủ sinh lý và sinh thái của cỏ dại, lý tưởng nhất là lợi dụng quan hệ cạnh tranh giữa cây trồng và cỏ dại để tiến hành phòng trừ.

Cạnh tranh giữa cây trồng

Kiểu cạnh tranh khác loài và cùng loài cây trồng xảy ra rất phổ biến trên ruộng trồng xen, trồng gối, ruộng trồng một loài cây trồng. Cạnh tranh cùng loài là một nhân tố quan trọng để tạo dáng đứng của cây và mật độ cây trồng. Để tăng năng suất và hạn chế sự cạnh tranh cùng loài, các giống cây trồng được tạo ra có lá tạo với thân thành góc nhỏ. Để hạn chế cạnh tranh khác loài, người ta lựa chọn các loài cây ưa sáng và ưa bóng trồng xen với nhau hoặc các cây trồng có các chu kỳ sinh trưởng hoặc kích thích khác nhau như đỗ xanh trồng gối với ngô đông.

Mặt khác, cây trồng cũng như cỏ dại đều có khả năng tiết ra các hoạt chất sinh lý có khả năng kìm hãm sự phát triển của các loài khác như một số loài cây có khả năng tiết ra tinh dầu.

9. Năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng

Khái niệm về năng suất

Sản xuất, vốn là thuật ngữ của kinh tế học, đó là khái niệm ngược lại với tiêu dùng. Trên ý nghĩa đó, sản xuất trong nông nghiệp tức là sự tác động vào tự nhiên và cây trồng để thu được những vật chất cần thiết. Vì thế, đương nhiên không phải chỉ tất cả các bộ phận của cây trồng, mà chỉ là những phần cần thiết. Đồng thời cũng sinh ra một khái niệm ngược lại với nó, tức là sản xuất sinh học. Gọi là sản lượng sinh học trong một thời gian nhất định của một quần thể sinh vật nào đó tức là tổng lượng chất hữu cơ mà quần thể sinh vật đó sản xuất ra trong thời gian đó. Đối với sản lượng của đơn vị diện tích trong thời gian nhất định được gọi riêng là năng suất. Tổng lượng năng suất của thực vật xanh lục (lượng quang hợp) gọi là sản lượng thô, sau khi đã khấu trừ lượng tiêu hao do hô hấp, phần còn lại gọi là sản lượng thuần. Để tránh lẫn lộn khái niệm về năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng, cũng cần có sự phân biệt. Khi nêu riêng sản lượng hoặc năng suất, là chỉ vật chất thu hoạch cuối cùng của cây trồng (tức sản lượng), còn tổng sản lượng (tức tổng sản phẩm quang hợp) thì gọi là sản lượng sinh học. Ngoài ra, năng suất quang hợp (sản lượng quang hợp) còn gọi là năng suất sơ cấp.

Phương pháp tính năng suất sinh học

Thông thường có hai phương pháp tính năng suất sinh học: (i) căn cứ vào lượng sinh vật tồn tại trên diện tích nhất định tức là lượng hiện còn; (ii) căn cứ vào sự trao đổi vật chất. Phương pháp đầu lại chia ra: 1/ Phương pháp căn cứ vào lượng hiện còn cuối cùng hay cao nhất để ước tính (hiệu chỉnh lượng chất khô mà động vật ăn mất là có thể

tìm ra sản lượng thuần); 2/ Phương pháp tiến hành tính liên tục lượng hiện còn (tiến hành tính lặp đi lặp lại lượng hiện còn, tìm được năng suất từ lượng sinh trưởng giữa các lần tính); 3/ Phương pháp ước tính căn cứ vào lượng hiện còn, lượng quang hợp và lượng hô hấp (căn cứ vào lượng quang hợp và hô hấp của đơn vị sinh khối được tính, rồi xét đến lượng hiện còn ở các thời gian tìm ra sản lượng sinh học).

Phương pháp sau là phương pháp không lấy lượng hiện còn làm căn cứ, tức là trực tiếp đo sự trao đổi của O_2 và CO_2 và từ đó tìm ra số liệu, phương pháp này được ứng dụng rộng rãi vào việc nghiên cứu sinh vật phù du, gần đây cũng đã bắt đầu ứng dụng vào việc nghiên cứu cây trồng.

Năng suất sinh học của quần thể cây trồng

Năng suất sinh học của quần thể cây trồng do sự quang hợp và hô hấp của quần thể quyết định, như phần trước đã nêu, có quan hệ với sự quang hợp và hô hấp của lá đơn và cấu trúc của quần thể. Cũng cần phải xét đến sự hô hấp của các cơ quan ngoài lá. Các đặc điểm đó lại được tính di truyền, phương pháp trồng trọt và điều kiện môi trường của cây trồng quyết định. Năng suất sinh học lớn nhất một ngày của các cây trồng khác nhau được nêu rõ trong bảng 5.2, lớn nhất là hướng dương và ngô: 0,79 và 0,52 tấn/ha tương đối nhỏ là lúa nước và cải đường: 0,3 tấn/ha. Nếu đổi thành trị số của một ngày, có thể dùng trị số bình quân của thời gian sinh trưởng để biểu thị: 0,05 - 0,15. Các trị số này so với ở các điều kiện trồng trọt khác, thí dụ nuôi trong dung dịch, thì trị số trong thời gian rất ngắn là 1,22. Ở điều kiện của hệ sinh thái tự nhiên thì gần với cây trồng, hoặc hơi thấp hơn.

Hãy lấy sản lượng thuần và tổng sản lượng trong cả thời gian sinh trưởng hoặc một năm (cây lâu năm) của các loại cây trồng để so sánh với hệ sinh thái tự nhiên.

Bảng 5.2. Năng suất sinh học của các cây trồng khác nhau (Willson, 1968)

Năng suất sinh học một ngày (trị số lớn nhất) tấn/ha. ngày	
Hướng dương	0,79
Ngô	0,52
Cỏ xu đăng	0,51
Mía	0,38
Cải củ	0,34
Lúa nước	0,33
Cải đường	0,31
Nuôi cấy nhân tạo đơn bào	1,22
Tảo	0,86
Trị số bình quân của cây trồng trong thời gian sinh trưởng	0,05 - 0,15
Hệ sinh thái tự nhiên	
Hương bồ <i>Typha latifolia</i>	0,53
Sa thảo <i>Scirpus lacustris</i>	0,28
<i>Pteridium aquilimum</i>	0,20

Bảng 5.2 cho thấy, trong số các cây trồng, trừ mía và ngô ra, sản lượng thuần đều là kết quả tích cực trồng trọt với mục tiêu là năng suất cao, đã đạt đến con số rất cao. So với tình hình đó, trị số của hệ sinh thái rừng và đồng cỏ là gần giống nhau, thường đều thấp hơn cây trồng. Còn về tổng sản lượng, hệ sinh thái rừng thể hiện rõ trị số rất cao, trong hệ sinh thái đồng ruộng, thí dụ lúa nước, đại mạch gần bằng hoặc hơi cao hơn rừng. Mặt khác, ở các thời gian sinh trưởng khác nhau, nếu dùng trị số một ngày để biểu thị, thì sản lượng thuần hay tổng sản lượng của hệ sinh thái đồng ruộng đều biểu thị trị số khá cao, nhưng đáng được chú ý là rừng cây *Zelcova serrata* (Mark), loại rừng lá rộng rụng lá cũng có trị số gần giống như thế.

Năng suất và sản lượng sinh học

Nói chung, cây trồng lấy hạt và cây trồng lấy thân lá, có cấu trúc quyết định sản lượng rất không giống nhau. Vì cây trồng lấy hạt phải trải qua hai quá trình: quá trình hình thành cơ quan vật chất thu hoạch và quá trình tích lũy sản phẩm quang hợp vào trong cơ quan đó. Với cây trồng lấy thân lá thì chủ yếu là quá trình hình thành cơ quan.

Thí dụ lúa nước, quan hệ giữa sản lượng sinh học (năng suất chất khô) và sản lượng, có thể lấy thời kỳ trổ bông làm ranh giới, trong khoảng thời gian một tháng trước và sau trổ bông là không giống nhau. Năng suất chất khô trước khi trổ nhiều hay ít có quan hệ chặt chẽ với số hạt thụ tinh (số hoa) nhiều hay ít, chỉ cần định được số hoa, mặc dù năng suất chất khô sau khi trổ vẫn tăng nhiều lên, nhưng sau khi sản lượng đạt đến mức độ nhất định thì không tăng tương ứng nữa. Ngoài ra, giữa năng suất chất khô sau khi trổ và khối lượng hạt chắc cũng có tương quan chặt chẽ, tức là năng suất chất khô càng cao, khối lượng nghìn hạt cũng càng lớn. Tóm lại năng suất chất khô và hai quá trình quyết định sản lượng có mối liên hệ riêng biệt, nên mới hình thành kết quả nói trên. Có thể thấy quan hệ giữa năng suất và sản lượng sinh học khá phức tạp.

Tính khu vực của năng suất

Năng suất lúa nước của Việt Nam, theo số liệu của Tổng cục Thống kê (2004) và Bộ Nông nghiệp và PTNT, bình quân các năm 2000-2003 dao động từ 4,24-4,63 tấn/ha, tỉnh Thái Bình đạt năng suất cao nhất 6,3 tấn/ha; tỉnh Lai Châu thấp nhất với 2,54 tấn/ha (2002).

Người ta cho rằng có thể dùng hàm số lượng chiếu sáng mặt trời (thời gian chiếu sáng của mặt trời) và nhiệt độ không khí của thời kỳ chín để biểu thị sự sai khác về khu vực. Murata gọi đó là số chỉ năng suất khí tượng, thu được bằng công thức sau đây:

$$Sf(t) = S [1,20 - 0,021 (t - 21,5)^2] \quad (93)$$

Trong đó: S là lượng chiếu sáng bình quân ngày từ trước khi trổ 10 ngày đến sau khi trổ 30 ngày, t độ nhiệt không khí bình quân ngày trong thời gian trên, Sf(t) là số chỉ năng suất khí tượng, f(t) là chỉ số năng suất độ nhiệt. f(t) trong công thức (93) tìm được bằng phương trình bậc 2, có nghĩa là có tồn tại độ nhiệt tối thích. Habu chỉ ra rằng:

$$YR = S [4,14 - 0,13 (21,4 - \theta R)^2] \quad (94)$$

Trong đó: YR là số chỉ lượng chín khí hậu, S là tổng số giờ chiếu sáng trong 40 ngày sau khi trổ, θR là độ nhiệt không khí bình quân trong thời gian nói trên.

Từ đó tìm ra thời kỳ trở bông để cho trị số YR trở thành cực đại của các khu vực, như vậy đã nêu rõ quan hệ phân bố địa lý của trị số cực đại của YR. Những kết quả này đã nói rất rõ tính khu vực của năng suất lúa nước, đương nhiên còn phải xét đến quan hệ về sự sai khác của năng suất của đất với sự hình thành tính khu vực của năng suất tác động. Hơn nữa, trong số hạng $f(t)$ của công thức (93) cũng phải xét cả đến tác động của con người như kỹ thuật trồng trọt.

Bảng 6.2. Sản lượng thuần và tổng sản lượng của các hệ sinh thái

Cây trồng hoặc thực vật ưu thế của hệ sinh thái	Địa điểm	Trong suốt thời gian sinh trưởng			P _n	P _n ngày	P _g ngày	Năng suất tấn/ha
		Sản lượng thuần P _n	Tổng sản lượng P _g	Lượng hô hấp R	P _g	tấn/ha/ngày		
Đồng ruộng								
Mía	Chiba	33,0				0,10		
Lúa mì		29,0*	52,7*	32,7*	0,55	0,13	0,24	10,01
Lúa nước		27,8*	52,5*	24,7*	0,53	0,19	0,37	10,51
Ngô	Nagano	26,5				0,21		
Đậu tương	Miyagi	20,9*	29,2*	18,3*	0,53	0,17	0,32	7,85
Cải đường	Hokaido	17,1				0,10		11,40
Lúa nước	Nagatama	16,3	30,8*	14,5*	0,53	0,14	0,26	6,24
Đại mạch	Kitama	15,3	26,4*	11,1*	0,58	0,08	0,13	5,20
Đậu tương	Iwate	8,0	15,0*	7,0*	0,53	0,07	0,13	2,96
Rừng								
Rừng mưa nhiệt đới	Thái Lan	28,6	123,2	94,6	0,23	0,08	0,34	
Rừng trồng châu Âu	Đan Mạch	13,5	23,5	10,0	0,57	0,07	0,12	
Rừng trồng samu	Kumamoto	***	84,1	55,0	0,35	0,09	0,25	
- nt -	Oita	***	52,6	36,4	0,31	0,07	0,22	
Đồng cỏ lâu năm	Omuri	28,6**						
Csium Nipponirum	Gunma	20,6**						

** Trị số lớn nhất của lượng hiện còn

10. Mô hình hoá hệ thống hệ sinh thái đồng ruộng

Gần đây, phương pháp kỹ thuật học hệ thống đã nêu rõ chức năng hệ sinh thái đồng ruộng, ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực sinh thái học. Chi tiết sẽ được nói đến ở chương sau. Ở đây chỉ thuyết minh mô hình hoá của các hệ thống phụ (subsystem) cấu thành hệ sinh thái đồng ruộng.

Mô hình hoá môi trường CO₂ trong quần thể cây trồng

Điều kiện CO₂ trong và ngoài quần thể cây trồng có quan hệ chặt chẽ với quang hợp của bản thân cây trồng, điều kiện khuếch tán dòng xoáy của tầng khí chung quanh, lượng hô hấp của đất... Do đó, nêu rõ điều kiện môi trường CO₂ sẽ giúp ta tìm hiểu quang hợp của quần thể cây trồng.

Mô hình khuếch tán: Trong quần thể cây trồng, khuếch tán CO₂ với mức độ bất kỳ được biểu hiện bằng công thức sau:

$$- \frac{d}{dz} \left(K \frac{dC}{dz} \right) = - f_L(z) p(z) + f_L(z) r_p \quad (95)$$

Trong đó: C là nồng độ CO₂ (mgCO₂/cm³), K: hệ số khuếch tán dòng xoáy (cm²/s), f_L(z): mật độ diện tích lá (cm²/cm³), p(z): cường độ hút CO₂ (quang hợp) của đơn vị diện tích lá (g CO₂/cm².s), r_p: cường độ thải CO₂ (hô hấp) của đơn vị diện tích lá (g CO₂/cm².s).

Biết được sự biến đổi trong quần thể cây trồng của hệ số khuếch tán, mật độ diện tích lá, cường độ quang hợp và hô hấp, tích tích phân đối với công thức (95) là có thể tìm được sự biến đổi theo chiều cao của thông lượng CO₂ và phân bố CO₂ trong quần thể. Về cường độ quang hợp, cường độ hô hấp, hệ số khuếch tán và mức độ lọt qua của ánh sáng có thể dùng các công thức sau:

$$P = D_c \max C \frac{Q}{a + Q} \quad (96)$$

$$r_p = \text{hằng số} = \alpha p_\infty \quad (97)$$

$$K = K_H - \delta (H - z) \quad (98)$$

$$Q = \frac{K}{1-\tau} Q_H \exp \left\{ -k \int_z^H f_L(z') dz' \right\} \quad (99)$$

Trong công thức trên, D_c max là tốc độ trao đổi ở điều kiện bão hoà ánh sáng, Q: cường độ bức xạ mặt trời, P_∞ = D_c, max. C_a cường độ quang hợp ở điều kiện bão hoà ánh sáng, H: độ cao của quần thể, α và δ là hằng số, k là hệ số tiêu tán, τ là mức (tỷ lệ) ánh sáng lọt qua của lá.

Bây giờ chúng ta hãy thông qua K để nói rõ cấu trúc hình học của quần thể. Tích tích phân theo z đối với công thức (95) biến đổi của các số lượng có liên quan là thành đường thẳng thì lớp mỏng h kẹp giữa hai độ cao gần nhau có quan hệ gần đúng như sau:

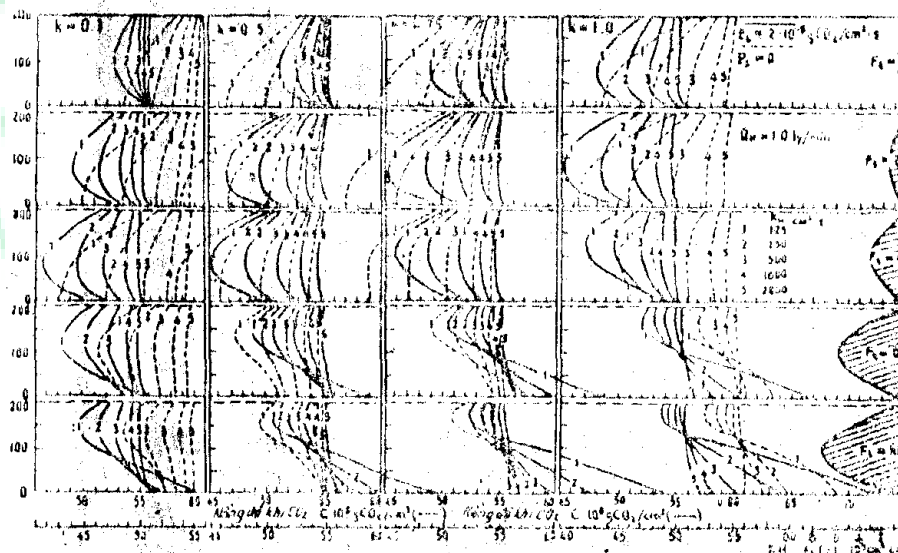
$$\bar{C}_{j,j+1} = \frac{(C_i + 1 + C_j)}{2} \approx \bar{C}_{j,j+1} - \frac{p_j}{K_j} \cdot h \quad (100)$$

$$P_{j+1} \approx (r_p \cdot \Delta F + p_j) - D_{c, \max} \cdot \Delta F \cdot \frac{1}{a + Q} \cdot \bar{C}_{j,j+1} \quad (101)$$

P_j và K_j là thông lượng CO_2 và hệ số khuếch tán mức j ; ΔF : số gia diện tích lá trong tầng, Q : trị số bình quân cường độ ánh sáng mặt lá trong mức j và $j + 1$. Các thông số lấy các trị số sau đây: $D_{c, \max} = 0,41$; $a = 0,73$; $H = 200$ cm; $\alpha = 0,063$; $\tau = 0,1$; $h = 10$ cm; $K_H = 125, 250; 500; 1000; 2000; 3000 \text{ cm}^2/\text{s}$; $k = 0,3; 0,5; 0,75; 1,0$; $F_t = 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0$; $Q_H: 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 \text{ ly/min}$; $P_S: 0,0; 2,0; 4,0; (10^{-8} \text{ g } \text{CO}_2/\text{cm}^2.\text{s})$

F_t là chỉ số diện tích, P_S là cường độ thải CO_2 của mặt đất. Theo các tổ hợp này, tính toán khoảng 25000 thí dụ, nghiên cứu sự biến đổi theo chiều cao của thông lượng và phân bố CO_2 trong quần thể mô hình, một phần kết quả thể hiện ở hình 43.2 và 44.2.

Quan hệ cấu trúc hình học của quần thể cây trồng và sự phân bố nồng độ CO_2 : Mật cắt phân bố của CO_2 có quan hệ chặt chẽ với độ rậm rạp của quần thể, nồng độ CO_2 hạ thấp theo mật độ diện tích lá tăng lên, cuối cùng hình thành mật cắt phân bố mà nồng độ ở giữa quần thể là thấp nhất (hình 43.2). Điều này nói rõ có sự bổ sung CO_2 từ mặt đất và tầng không khí gần mặt đất. Trong quần thể mà hệ số tiêu tán tương đối lớn (tức loại hình lá nằm ngang), xu thế này rất rõ ràng. Trong trường hợp hệ số khuếch tán lớn (tốc độ gió lớn), nồng độ CO_2 chênh lệch nhỏ. Nếu mật độ diện tích lá lớn, thì sự chênh lệch nồng độ CO_2 do hệ số khuếch tán lớn hay nhỏ gây ra, ở tầng trên và tầng dưới của quần thể sẽ là ngược lại.

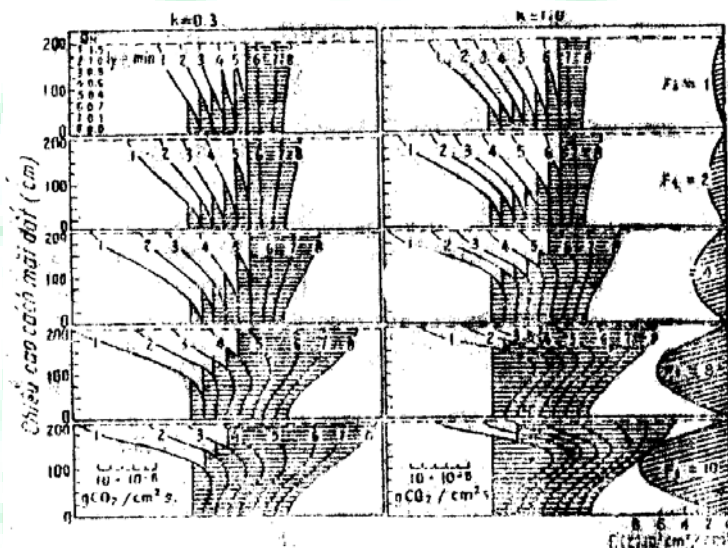


Hình 43.2. Quan hệ của nồng độ CO_2 với diện tích lá, hệ số tiêu tán, hệ số khuếch tán, trong quần thể mô hình (Uchijima và Inuo, 1970).

Ghi chú: Đường liền biểu thị trường hợp đất có CO_2 thải ra, đường chấm chấm biểu thị không có CO_2 thải ra. Lượng chiếu sáng $1,0 \text{ ly/min}$.

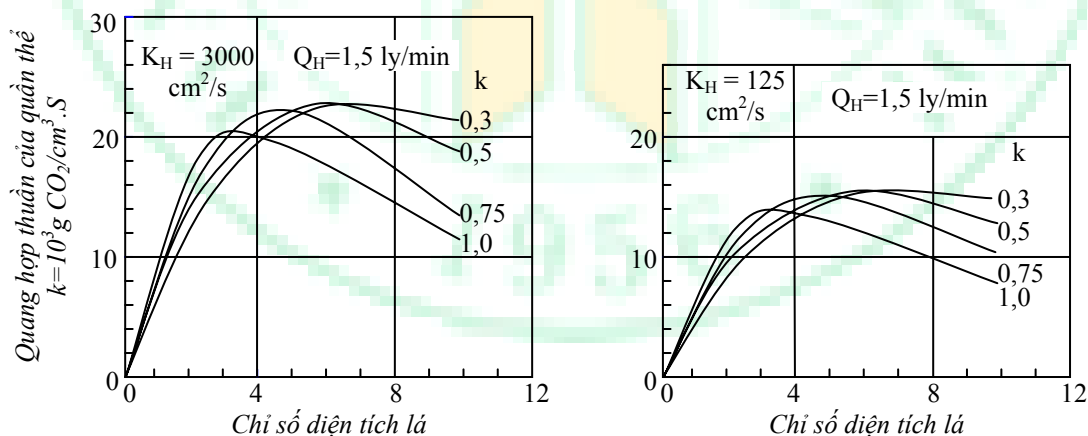
Hệ số khuếch tán có 5 đoạn biến đổi, hệ số tiêu tán có 4 đoạn biến đổi

Trường hợp mặt đất không thải ra CO_2 (hình 43.2, đường chấm chấm), chỉ số diện tích lá 2 trở xuống, không có quan hệ với k , nồng độ CO_2 giảm xuống theo độ sâu. Khi chỉ số diện tích lá từ 8 trở lên, nếu k lớn, thì xuất hiện mặt cắt phân bố CO_2 rõ rệt. Đó là vì lá tầng dưới do ánh sáng lọt qua không tốt, do đó tăng lên hô hấp thải ra CO_2 . Mặt khác, nồng độ CO_2 bình quân trong quần thể giảm xuống theo sự tăng lên của chỉ số diện tích lá, khi đến một chỉ số nào đó thì trở nên thấp nhất, nếu vượt quá chỉ số đó, như thấy rõ trong hình, thì lại tăng lên. Khi $k = 0,3; 0,5; F_t = 4,0$; khi $k = 0,7; 1,0; F_t = 2,0$.



Hình 44.2. Sự biến đổi thông lượng CO_2 trong quần thể mô hình do mật độ diện tích lá, hệ số tiêu tán và lượng chiếu sáng gây ra (Uchijima và Inoue, 1970)

Hệ số khuếch tán dòng xoáy tính toán theo $K_H = 2.000 \text{ cm}^2/\text{s}$, $P_s = 2 \times 10^{-8} \text{ gCO}_2/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$



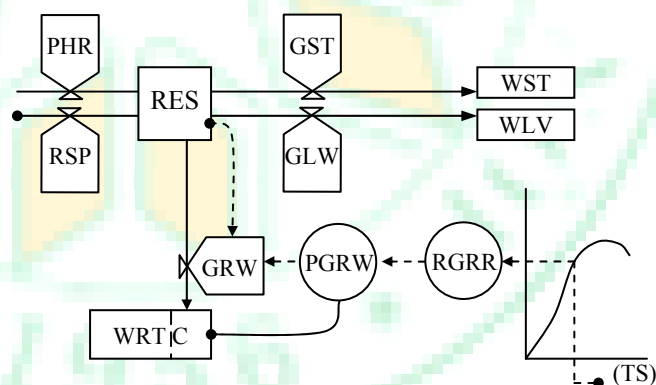
Hình 45.2. Quan hệ của chỉ số diện tích lá với cường độ quang hợp thuần (Uchijima và Inoue, 1970)

Thông lượng CO₂ và cấu trúc hình học của quần thể: Thông lượng CO₂ trong trường hợp lá nằm ngang ($k = 1,0$) và lá thẳng đứng ($k = 0,3$) nêu rõ như hình 44.2. Đường cong của thông lượng vẽ theo $2,0 \times 10^{-8}$ CO₂/cm² s di động về bên phải. Loại hình lá thẳng đứng ($k = 0,3$), khi $F_t = 1,0$, thông lượng biến đổi chậm, nếu F_t tăng lớn lên, thì thông lượng CO₂ hạ thấp rất nhanh, khi đến một độ sâu nào đó, dòng khí từ hướng đi xuống quay lại thành hướng đi lên (phần vẽ đường ngang trong hình). Độ sâu làm cho dòng khí đổi hướng ngược lại là đồng thuận với tầng nồng độ thấp nhất của hình 44.2. Ngoài ra, F_t nếu đạt đến một mức độ nào đó trở lên thì sẽ xuất hiện tầng lớn nhất dòng khí hướng lên trên. Cường độ chiếu sáng của tầng này gọi là điểm bù sáng. Từ tầng này trở lên, tức là tầng nồng độ CO₂ thấp nhất trở xuống, CO₂ hút trong tầng này là do mặt đất và tầng dưới hô hấp thải ra. Hình 45.2 còn nói rõ một điểm quan trọng là: có một chỉ số diện tích lá mà ở đây cường độ quang hợp thuần của quần thể lớn nhất. Đó gọi là diện tích lá tốt nhất, trị số này là 8 khi $k = 0,3$ và là 4 khi $k = 1,0$, mà suất quang hợp thuần lại gần như không đổi. Trong trường hợp $K_H = 3.000$, $k = 0,3$, cường độ quang hợp thuần lớn nhất của quần thể là 22,1, khi $k = 0,5$ là 22,2; khi $k = 0,75$ là 21,3; khi $k = 1,0$ là 19,9 (đều 10^{-8} g CO₂/cm².s).

Nếu $K_H = 125$, tức là trong trường hợp tốc độ gió hết sức yếu, $K = 0,3$, suất quang hợp thuần lớn nhất của quần thể là 14,7; khi $k = 0,5$ là 15,0; khi $k = 0,75$ là 14,7; khi $k = 1,0$ là 14,1; nghĩa là giảm khá nhiều so với trường hợp $K_H = 3.000$. Có thể thấy rõ là quang hợp đã chịu ảnh hưởng của hệ số khuếch tán, tức là chế độ gió. Do đó, ở điều kiện chiếu sáng mạnh, hệ số khuếch tán có ảnh hưởng rất mạnh tới thông lượng CO₂ (quang hợp của quần thể), nhưng trường hợp chiếu sáng yếu, tức là Q_H 0,4 erg/min, thì hầu như không có sự khác biệt.

Từ những điều đã nêu trên cho thấy mặt cắt phân bố nồng độ CO₂ trong quần thể chịu ảnh hưởng rất mạnh của sự thải CO₂ từ mặt đất, chiếu sáng, độ lọt qua của ánh sáng và hệ số khuếch tán, đương nhiên cấu trúc của quần thể cũng có ảnh hưởng ở mức độ nhất định.

Mô hình hoá sinh trưởng của quần thể cây trồng: Đê Wit đã lập mô hình cơ bản của sự sinh trưởng cây trồng (gọi là Elementary Crop growth Simulator - ELCROS). Đầu tiên là kho tồn trữ sản phẩm quang hợp (RES). Hợp chất glucit của



Hình 46.2. Kiểu mô hình cơ bản của sự sinh trưởng của quần thể cây trồng (ĐêWit, Brower, De Vries 1970)

PHR- quang hợp, RSP- hô hấp, RES- kho dự trữ, GST- sinh trưởng khối lượng thân, GLW- sinh trưởng khối lượng lá, GRW- sinh trưởng khối lượng rễ, WRT- khối lượng cơ quan rễ, WST- Khối lượng cơ quan thân, WLW- Khối lượng cơ quan lá, PGRW- Lượng sinh trưởng có khả năng của khối lượng rễ, RGRR- Suất sinh trưởng tương đối của rễ, TS- độ nhiệt đất

sản phẩm quang hợp, đồng thời do hô hấp, đã dùng mất một số hợp chất glucit. Hợp chất glucit tiêu dùng cho sự tăng thêm trọng lượng của rễ, lá và thân, cũng từ kho tồn trữ mà ra. Đó là WRT, WLV và WST biểu thị ở 4 góc của hình 46.2. Sự sinh trưởng của rễ tiến hành theo phương thức nêu ở phía dưới hình. Nếu cho trước độ nhiệt đất, thì có thể căn cứ vào đường cong phía dưới bên phải hình để tìm ra suất sinh trưởng tương đối của rễ (RGRR). Đường cong này khác nhau do loài cây trồng, RGRR và sự sinh trưởng không có quan hệ trực tiếp, nhưng tích của RGRR và khối lượng mô non C liên quan tới sự sinh trưởng trong khối lượng cơ quan rễ, tức là lượng sinh trưởng có khả năng của rễ PGRW phát sinh quan hệ với sự sinh trưởng. Trong kho dự trữ còn dồi dào, PGRW sẽ trở thành lượng sinh trưởng khối lượng của rễ thực tế (GRW). Đường vẽ liền trong hình biểu thị sự lưu chuyển của chất hữu cơ ($\text{kg CH}_2\text{O/ha. ngày}$), đường chấm chấm biểu thị sự lưu chuyển thông tin.

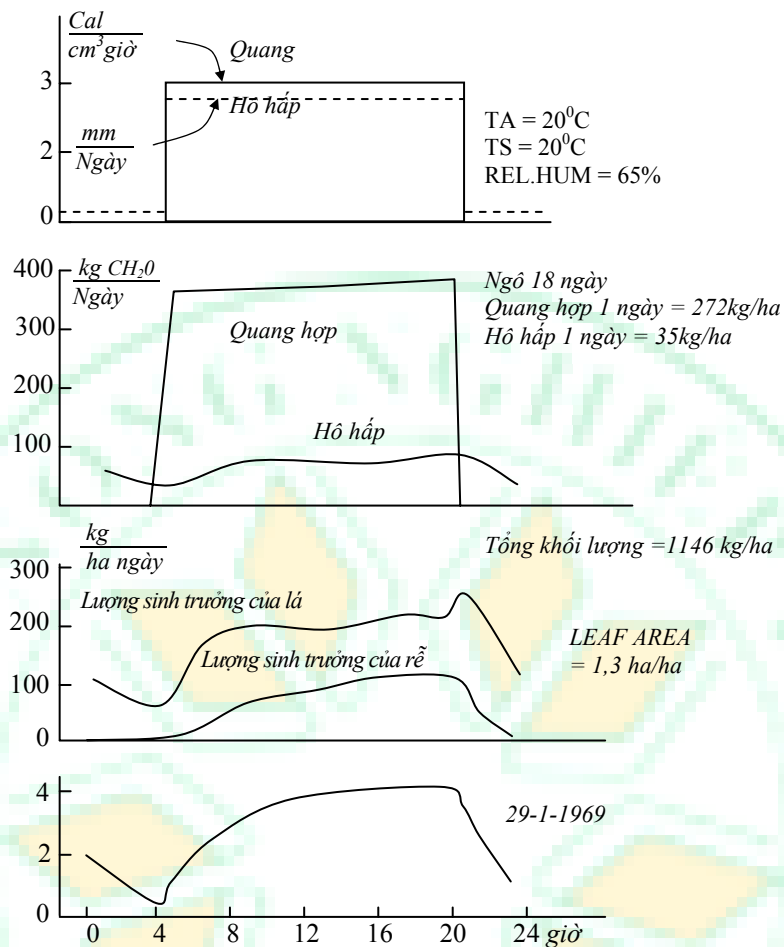
Trong tính toán thực tế, theo thời gian để tính toán trị số bình quân của 1 giờ. Bây giờ lấy cây ngô làm đối tượng giả thiết để lập mô hình theo trình tự như hình 46.2.

Khi tính toán cường độ quang hợp, có thể không xét tuổi năm của lá, lấy hàm số sin của diện tích lá và độ cao mặt trời để lập bảng, nó là số liệu trong trình tự. Độ nhiệt lá giả thiết giống như độ nhiệt không khí (cách mặt đất 10 cm trở lên), độ nhiệt không khí 2 giờ, biên độ dao động định là 0,45 lần.

Sinh trưởng của lá tìm được theo phương thức sau đây. Khi nhú mầm là 0, thời kỳ hoa đực xuất hiện là 1 DVS bước phát triển (development stage) căn cứ vào tuổi mỗi ngày (quyết định ở độ nhiệt và độ dài chiếu sáng) để tìm ra suất phát triển (development rate - DVR). Lại căn cứ vào sự phân bố DVS của lá để quyết định sự phân bố của tuổi (age). Lượng sinh trưởng của lá (GLG) là tích của suất sinh trưởng tương đối được quyết định do độ nhiệt không khí và lượng sinh trưởng có khả năng của lá (WLVC) tìm được từ phân bố tuổi, cũng tức là căn cứ vào lượng sinh trưởng có khả năng của lá (PGLV) và tỷ suất tồn trữ (RPR) để tìm ra. Ngoài ra, từ suất sinh trưởng của trọng lượng lá (GLW) có thể tìm ra lượng sinh trưởng của diện tích lá (GLA).

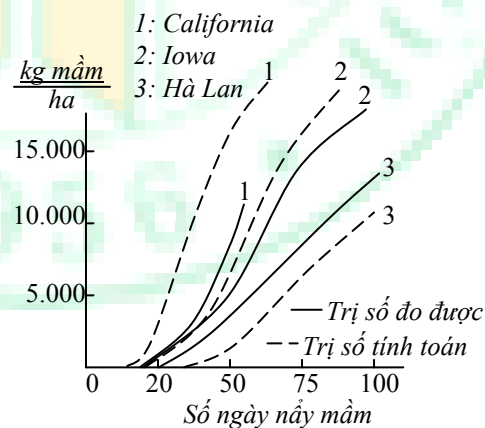
Hô hấp có thể chia ra làm hô hấp tiêu dùng cho sinh trưởng và hô hấp tiêu dùng cho duy trì cơ thể thực vật. Hô hấp cho sinh trưởng tìm được bằng cách lấy lượng sinh trưởng của rễ thân lá nhân với 0,33. Hô hấp cho duy trì tìm được bằng cách lấy tổng số khối lượng khô của lá ở các tuổi khác nhau có xét đến cả hàm lượng đạm protein với hệ số 0,08.

Lấy một thí dụ cụ thể biểu thị như hình 47.2, nêu rõ sự biến đổi trong ngày. Ban đêm, tỷ suất tồn trữ (RPR) thấp xuống, ban ngày lại tăng lên. Tương ứng như thế, lá và rễ cũng có sinh trưởng. Đến trước lúc mặt trời lặn thì xuất hiện đỉnh cao sinh trưởng, đó là do sự khôi phục áp lực giãn nở có liên quan tới sự giảm thấp bốc hơi mà có. Sau khi mặt trời lặn, sinh trưởng lập tức giảm xuống. Mặt khác, phần liên hệ giữa hô hấp với lượng sinh trưởng cũng rất lớn, sự tăng lên của hô hấp bắt đầu chậm hơn so với quang hợp. Hoạt động quang hợp có tăng lên chút ít vào buổi trưa, đó là do diện tích lá tăng lên mà có.



Hình 47.2. Mô hình hoá sự sinh trưởng của ngô
(Đê Wit và ctv, 1970)

Hình 48.2 là sự đối chiếu giữa kết quả của mô hình hoá và trị số đo thực. Đó là sự so sánh trị số tính toán dựa vào vĩ độ ngày nẩy mầm và số hiệu khí tượng ở các địa điểm thuộc *California*, *Iowa*, Hà Lan với trị số đo thực ở cây ngô. Đường liền và đường chấm chấm trong hình tương ứng biểu thị trị số đo thực và trị số tính toán, ta thấy có hai trị số đó khác nhau rất lớn. Nhưng nếu căn cứ vào độ dốc của đường cong trong hình để tìm ra suất sinh trưởng của cây trồng CGR (crop growth rate) thì dù ở điểm nào, hai trị số đều rất đồng thuận.



Hình 48.2. Đối chiếu đo thực và mô hình sinh trưởng của ngô (Đê Wit và ctv, 1970)

Đê Wit và ctv (1970) cho rằng điều này nói lên khả năng dự báo của mô hình ELCROS là đáng tin cậy. Đương nhiên, với mức độ như vậy là rất không đầy đủ. Sự tìm tòi bản thân mô hình cổ nhiên là quan trọng, việc nghiên cứu các thông số trong trình tự cũng rất quan trọng. Vì vậy, không những cần nghiên cứu lại các số liệu đã có mà nhất định còn cần tiến hành thực nghiệm phù hợp với mục đích.

Mô hình hoá sự thoát hơi nước

Trước hết giả thiết giữa đất và quần thể, đất và không khí không có trao đổi nhiệt và nước. Đối với quần thể phát triển đầy đủ thì giả thiết này là gần đúng. Có thể chia sự thoát hơi nước thành 4 quá trình:

1. Quá trình nước trong đất với dạng lỏng chảy vào lông rễ.
2. Quá trình nước dạng lỏng từ bề mặt lông rễ chảy về tế bào vách mỏng của lá, ở bề mặt này biến thành hơi nước.
3. Quá trình hơi nước thông qua khe tế bào khuếch tán lên bề mặt lá.
4. Quá trình trao đổi hơi nước giữa không khí tiếp xúc bề mặt lá với không khí gần đó.

Dưới đây sẽ lần lượt nghiên cứu các quá trình

Sự vận động nước từ đất lên lông rễ

Trong hệ thống phụ từ đất lên lông rễ này, giả thiết sự vận động của nước ở trạng thái nhất định, có thể biểu thị như sau:

$$Q_1 = 2 \pi l^2 \rho^* k \frac{dW}{dl} \quad (102)$$

Trong công thức trên, phần hấp thụ của lông rễ là khối bán cầu bán kính l_0 , giả thiết mặt nước đồng mức trong đất là khối bán cầu bán kính l , lượng nước chảy vào trong bán cầu là Q_1 , ρ^* là mật độ (trọng khối) của nước, W là biểu thị nước trong đất, tiến hành tích phân công thức (102), cho l lớn hơn nhiều so với l_0 , thì:

$$Q_1 = 2 \pi \rho^* k l_0 (W^\infty - W_R) \quad (103)$$

W^∞ và W_R tương ứng là nước trong đất ở chỗ cách lông rễ khá xa và ngay ở bề mặt lông rễ. W^∞ có thể coi là bằng nước bình quân của đất, lấy số lông rễ j ($1/\text{cm}^3$) trong dung tích đất tùy ý nhân với hai vế của công thức trên, ta được công thức sau:

$$Q^* = j Q_1 = 2 \pi j \rho^* k l_0 (W - W_R) \quad (104)$$

Q^* biểu thị thông lượng nước bình quân trong đất hướng về lông rễ phân bố trong đơn vị dung tích đất W . Cho nên lấy độ dày tầng đất vùng rễ z_k nhân với hai vế của công thức (104) là có thể tìm được tổng thông lượng nước đối với toàn bộ lông rễ trên đơn vị diện tích đồng ruộng trong đơn vị thời gian.

$$Q_R = k_s (W - W_R)$$

$$\text{Trong đó : } Q_R = Q^* z_K \text{ (g/cm}^2 \cdot \text{s)} \quad (105)$$

$$k_s = 2 \pi j \rho^* l_0 k z_k$$

Sự vận động nước từ lông rễ đến tế bào nhu mô lá

Sự vận động nước ở đây chủ yếu do lực hấp dẫn gây ra, biểu thị như công thức sau:

$$Q_p = \frac{\varepsilon}{g} \frac{\leq P_s}{\leq z} \quad (106)$$

Trong đó, Q_p là nước thực vật thải ra ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$), ε là hệ số độ truyền dẫn nước của các mô khác nhau của thực vật, g là gia tốc trọng trường, $\leq P_s / \leq z$ là độ dốc của sức hút (bar/cm). Do sự vận động của nước trong cơ thể thực vật không phải là nhất định, nên đối với một đơn vị diện tích đồng ruộng, công thức (106) phải đổi thành:

$$\frac{\leq Q}{\leq z} = \rho^* \frac{\leq V}{\leq t} \quad (107)$$

Trong công thức trên, t là thời gian, V - hàm lượng nước trong đơn vị dung tích của cơ thể thực vật, từ đó tìm ra được công thức sau:

$$\frac{\leq}{\leq z} \left(\frac{\varepsilon}{g} \cdot \frac{\leq P_s}{\leq z} \right) = \rho^* \frac{\leq V}{\leq t} \quad (108)$$

Trong đó, P_s và V có liên hệ với nhau, giữa sức hút P_s , áp suất thẩm thấu P_0 , áp lực dẫn nỡ P_T có quan hệ như sau:

$$P_s = P_0 - P_T \quad (109)$$

$$P_s = 2P_{00} + \xi_1 V_0 \left(\frac{P_\infty}{V_0} + \xi_1 \right) v \quad (110)$$

Trong đó, P_∞ - áp suất thẩm thấu khi bắt đầu phân ly chất nguyên sinh, V_0 - thể tích ban đầu của tế bào, ξ_1 - hệ số của đường thẳng quan hệ giữa thể tích tế bào ($V - V_0$) và áp lực dẫn nỡ. Công thức (110) nếu xét đến quan hệ của áp lực thẩm thấu và áp lực dẫn nỡ, thể tích tế bào với dung dịch làm loãng, thì tìm được:

$$\frac{\leq P_s}{\leq z} = - \left(\frac{P_\infty}{V_0} - \xi_1 \right) \frac{\leq V}{\leq t} \quad (111)$$

Lấy công thức (108) thay vào công thức (111):

$$\frac{\leq}{\leq z} \left(\frac{\varepsilon}{g} \frac{\leq P_s}{\leq z} \right) = - \rho^* \left(\frac{V_0}{P_\infty + \xi_1 V_0} \right) \frac{\leq P_s}{\leq t} \quad (112)$$

ξ hệ số, là hàm số của z .

Để công thức (112) đơn giản hơn, định $\leq P_s / \leq t = 0$, giả thiết nó là một trạng thái nhất định. Tiến hành tích phân từ $z = 0$ đến $z = z_H$ sẽ được công thức sau:

$$Q_p = \frac{1}{g \int_0^{z_H} \frac{dz}{\varepsilon}} (P_{s,1} - P_{s,R}) \quad (113)$$

Trong đó: $P_{S,L}$ là lực hấp dẫn của lá, $P_{S,R}$ là lực hấp dẫn của rễ, đặt phần trước dấu ngoặc về phải của công thức (113) là η , thì:

$$Q_F = \eta (P_{S,L} - P_{S,R}) \quad (114)$$

η là tốc độ trao đổi (cm/s)

Ở trạng thái nhất định như vậy, kết hợp công thức (105) và (114) với nhau sẽ được công thức biểu thị sự vận động nước từ đất lên lá.

Sự vận động nước từ đất lên lá

Giữa áp lực của nước trong đất và nước trong đất có quan hệ như sau:

$$Q_{G,R} = P_{G,O} \left(\frac{\xi_2}{W_R + \xi_2} \right)^n \quad (115)$$

Trong đó: $Q_{G,R}$ và $P_{G,O}$ tương ứng là áp lực của nước trong đất khi nước trong đất là W_R và $W_R = 0$; ξ_2 và n là hằng số kinh nghiệm.

Khử W_R từ công thức (105) và (115) thì tìm được công thức sau:

$$Q_R = k_S \left\{ W - \xi_2 \left[\left(\frac{P_{G,O}}{P_{G,R}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \right\} \quad (116)$$

Ở bề mặt lông rễ $P_{G,O} = P_{S,R}$, do đó quan hệ của thông lượng dòng nước trong đơn vị diện tích dòng ruộng chảy về tế bào nhu mô của lá với nước trong đất ở tầng đất bộ rễ, sức hút của lá như sau:

$$P_{S,L} = \frac{Q_P}{\eta} + \frac{P_\infty}{\left[\frac{1}{\xi_2} \left(W - \frac{Q_P}{K_S} \right) + 1 \right]^n} \quad (117)$$

Q_P và Q_R ở trạng thái nhất định là bằng nhau. Theo kết quả thực nghiệm $n = 3$, $P_\infty = 25$ bar, $\xi = 0,063$; như vậy tìm ra quan hệ $Q_P = f(P_{S,L}, W)$ biểu thị như hình 49.2, chứng tỏ nếu nước trong đất tăng lên, thì Q_P và $P_{S,L}$ trở thành quan hệ đường thẳng.

Sự vận động nước từ tế bào nhu mô lá đến bề mặt lá

Nước từ dạng lỏng biến thành dạng hơi, thường phát sinh ở bề mặt lá, nhưng cũng có thể ở bề mặt tế bào nhu mô. Sự trao đổi nước giữa lá và bề mặt lá chủ yếu là thông qua khí khổng. Nước từ ngoài khe khí khổng thải ra (thoát hơi nước) gọi là thoát hơi cutin, phần này chỉ có 5 - 10% tổng lượng thoát hơi, nếu bỏ qua không tính thì được công thức sau đây:

$$E_T = \rho_a \frac{A_m}{\leq z} (q_o - q_s) \quad (118)$$

Trong đó:

E_T - lượng thoát hơi nước ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$),
 ρ_a - mật độ không khí, A_m - hệ số khuếch tán phân tử, $\leq z$ là khoảng cách từ bề mặt tế bào nhu mô đến bề mặt lá, q_0 và q_s lần lượt là độ ẩm tương đối của không khí ở bề mặt tế bào nhu mô của lá và ở bề mặt lá.

Đặt $D_l = A_m / \leq z$ thì $A_m = 0,26 \text{ cm}^2/\text{s}$, $\leq z$ - lần lượt là độ dày của lá và một nửa của khoảng cách giữa khí khổng tức là bằng 60 - 600 μ . Vậy $D_l = 13 - 48 \text{ cm/s}$, đó là trị số ước tính của D_l .

Vận động nước từ bề mặt lá đến không khí

Trao đổi nước giữa bề mặt lá với không khí là:

$$E_T = \rho_a D_a (Q_s - q_2) \quad (119)$$

Trong công thức, D_a - tốc độ trao đổi giữa bề mặt lá với không khí, q_s và q_2 tương ứng là độ ẩm tương đối của không khí ở bề mặt lá và ở chỗ độ cao 2cm. Khử mất q_s từ công thức (118) và (119) thì:

$$E_T = \rho_a \frac{D_l D_a}{D_l + D_a} (q_0 - q_a) \quad (120)$$

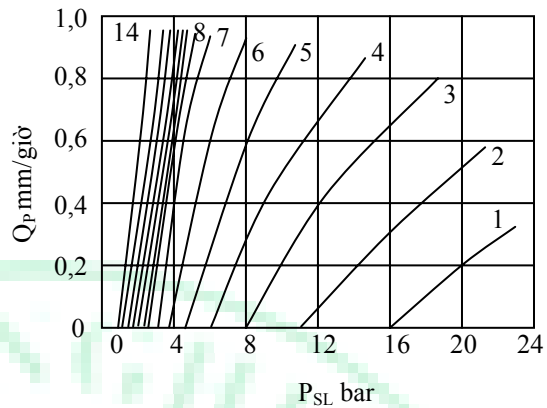
Coi độ ẩm tương đối của không khí ở bề mặt tế bào nhu mô là bằng độ ẩm tương đối bão hoà của độ nhiệt lá, khai triển công thức Taylo đối với q_0 , được công thức sau:

$$E_T = \frac{C_p}{\frac{D_a}{D_l} C_p + C_p + L\varphi} + \left(\rho_a D_a d + \frac{\varphi}{C_p} R \right) \quad (121)$$

Trong công thức, C_p là tỷ nhiệt của không khí, L - tiềm nhiệt hoá khí, φ - vi hệ số của đường cong độ ẩm bão hoà độ nhiệt.

Bây giờ giả thiết:

$$\left. \begin{aligned} b_1 &= \frac{C_p P_a}{C_p + L\varphi} \\ b_2 &= \frac{\varphi}{C_p + L\varphi} \\ b_3 &= \frac{D_a C_p}{C_p + L\varphi} \end{aligned} \right\} \quad (122)$$



Hình 49.2. Quan hệ của nước vận chuyển lên tế bào nhu mô của lá và sức hút của lá, nước trong đất hữu hiệu

Q_p - Lượng dòng nước, P_{SL} - Sức hút của lá
 W - Nước trong đất hữu hiệu (số % trung bình)

Công thức (121) có thể trở thành:

$$E_T = \frac{1}{1 + \frac{b_3}{D_L}} (b_1 D_a d + b_2 R) \quad (123)$$

Năng lượng bốc hơi nước:

$$E_p = b_1 D_a d + b_2 R \quad (124)$$

Do đó có công thức sau:

$$\frac{E_T}{E_p} = \frac{1}{1 + \frac{b_3}{D_L}} \quad (125)$$

Khi D_L nhỏ, nếu b_3 lớn, thì $E_T/E_p = 0,96$. Nếu b_3, D_L là trị số trung gian, thì $E_T/E_p = 0,99$, rất gần với 1. D_L được quyết định ở độ mở của khí khổng, cho nên:

$$D_L = f(P_T) \quad (126)$$

Theo công thức (100) tìm được:

$$D_L = f \left[\frac{\xi_1 V_O (P_{OO} - P_{S.L})}{P_{OO} + \xi_1 V_O} \right] \quad (127)$$

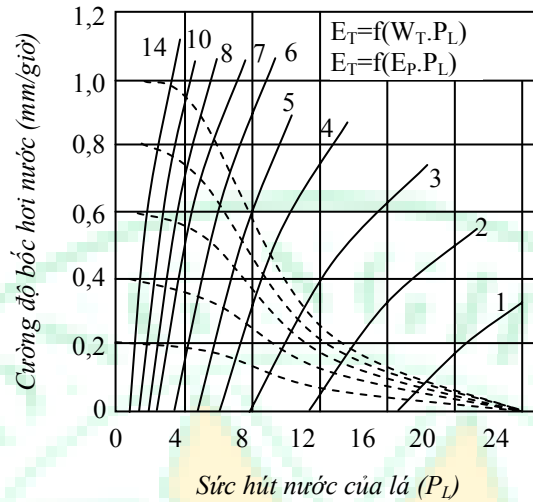
Trong công thức, P_{OO} là V_O của tế bào điều tiết khí khổng, để xác định dạng hàm số của công thức (127), cần có kiểu mô hình toán học của vận động khí khổng.

Dựa vào công thức (125) và (127), tìm ra:

$$\frac{b_3 E_T}{E_p - E_T} = f \left\{ \xi_3 \left[P'_{OO} - \frac{E_T}{\eta} - \frac{P_{OO}}{\left[\frac{1}{\xi_2} \left(W - \frac{E_T}{k_s} + 1 \right) \right]^3} \right] \right\}$$

Hình 50.2 biểu thị $E_T = f(W, P_{S.L})$ và $E_T = f(E_p, P_{S.L})$. Tung độ của giao điểm bất kỳ của đường cong hàm số sau và đường cong hàm số trước khi $W =$ hằng số, biểu thị lượng bốc hơi với trị số năng lượng bốc hơi khác nhau.

Sự thoát hơi nước và năng lượng bốc hơi nước



Hình 50.2. Quan hệ của cường độ bốc hơi và sức hút nước của lá

Đặt $Q_p = f(w, P_L)$; $E_T = f(E_p, P_L)$, tiến hành tính toán theo $Q_p = E_T$, chữ số trên đường vẽ liền là % nước trong đất, trên đường chấm chấm biểu thị năng lượng bốc hơi

Lợi dụng kết quả nói trên, dẫn đề quan hệ $E_T = f(E_p)$ và $P_{L.S} = f(E_p)$, đồng thời còn nêu rõ $E_T = f(W)$ khi $E_p = \text{const}$ và có quan hệ $P_{S.L} = f(W)$. Như vậy đã tìm ra quan hệ của năng lượng bốc hơi nước trong đất và thoát hơi nước (hình 50.2) khi trị số W nhỏ, $E_T = f(W)$ trở thành đường thẳng, khi trị số W lớn thì E_T / E_p bằng 1. Điểm mà ở đó đường thẳng phát sinh cong tức là hàm lượng nước trong đất tới hạn (W_O).

Từ đó rút ra kết luận như sau: Ở đất ẩm ướt đầy đủ, lượng thoát hơi nước của quần thể rậm rạp và năng lượng bốc hơi nước tính toán theo số liệu khí tượng là bằng nhau, tức là:

$$E_T = E_p \quad (129)$$

Quan hệ này được thành lập trong điều kiện $W > W_C$, W_C biểu thị như sau:

$$W_C = W_{C.\min} + \xi_5 E_p \quad (130)$$

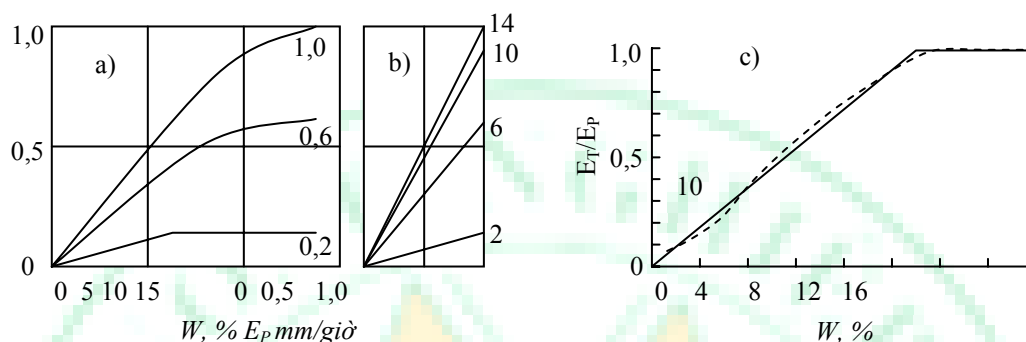
Trong đó:

$$\xi_B = \frac{E_T}{k_S} - \frac{\xi_2 (P_{O.O})^{1/3}}{3\pi (P_{S.L})^{4/3}}$$

$W_{C.\min}$ là hàm lượng nước trong đất tới hạn khi $E_p = 0$, biểu thị như sau:

$$W_{C.\min} = \xi_2 \left[\left(\frac{P_{O.O}}{P_{O.O} - P_T} \right)^{1/3} - 1 \right] \quad (131)$$

Khi $W < W_C$ thì lượng thoát hơi nước có quan hệ với năng lượng bốc hơi nước, nước trong đất, tốc độ trao đổi và độ nhiệt không khí. Quan hệ này ở điểm héo trở xuống mới được thành lập. Nếu nước trong đất thiếu hơn nữa, thì cần phải nghiên cứu riêng.



Hình 51.2. Quan hệ của năng lượng bốc hơi nước trong đất và thoát hơi nước

- a) Quan hệ nước trong đất và sự thoát hơi nước (chữ số là năng lượng bốc hơi nước);
- b) Quan hệ của bốc hơi nước và thoát hơi nước (chữ số là lượng nước trong đất);
- c) Quan hệ của tỷ số bốc hơi nước (E_p/E_T)

(1- Vẽ theo hình 45.2; 2- Giải gần đúng)

Điều khiển sự thoát hơi nước

Từ công thức mô hình của sự thoát hơi nước nói trên, nếu đã biết E_p , là có thể tìm ra lượng nước cần thiết để duy trì E_T . Căn cứ vào lượng nước này để tính ra lượng tưới. Ngoài ra, áp dụng biện pháp đối với các quá trình khác nhau của sự thoát hơi nước, chẳng hạn như phủ màng mỏng để hạ thấp D_1 sẽ có thể ức chế sự thoát hơi nước. Mặt khác, gây ảnh hưởng đối với E_p để hạ thấp sự thoát hơi nước, chẳng hạn như biện pháp hạn chế chiếu nắng, là có thể được.

Khi căn cứ vào mô hình quá trình sinh lý của hoạt động thoát hơi nước để ức chế hoạt động thoát hơi nước, có một số vấn đề vẫn còn phải chờ đợi những nghiên cứu để định ra các thông số. Trên thực tế, quyết định việc tưới phải xét đến cả sự bốc hơi nước mặt đất, nghĩa là do lượng bốc - thoát hơi quyết định.

TÓM TẮT

- Chương này trình bày tương đối tỷ mỉ về cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng. Vấn đề cần đưa ra thảo luận là các dòng năng lượng ở dạng nhiệt và nước, ánh sáng có quyết định quan trọng đến cấu trúc của hệ thống. Bên cạnh đó đất, quần thể sinh vật cây trồng cũng như dịch hại đều có tổ chức và cấu trúc đặc trưng cho từng quần xã. Môi trường không khí cũng có tác dụng đáng kể đến sự phát triển của quần thể cây trồng và khả năng hấp thụ năng lượng bức xạ của mặt trời.
- Để quan sát và đánh giá cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái đồng ruộng hàng loạt mô hình và phương trình toán học đã được xây dựng và mô phỏng theo các tính chất của chúng. Mô hình thoát hơi nước và cân bằng nước được sử dụng làm ví dụ cho các quá trình mô phỏng đó.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày khái niệm về cân bằng lượng nhiệt của đồng ruộng?
2. Sự khác nhau giữa bức xạ mặt trời và bức xạ dùng trong quang hợp?
3. Trình bày một cách khái quát về sự phân bố địa lý và cân bằng lượng nhiệt?
4. Trình bày phương trình cân bằng nước ở trên đồng ruộng?
5. Đất gồm những thành phần gì?
6. Trình bày nguồn gốc xuất hiện của các côn trùng và sinh vật gây bệnh ở trong đất?
7. Hãy trình bày cấu trúc sinh học của quần thể cây trồng?
8. Hãy nêu đặc điểm của hệ thống lá và hệ thống thân của quần thể cây trồng?
9. Hãy nêu đặc điểm vật lý của tầng không khí gần mặt đất?
10. Hãy nêu đặc điểm phân bố khí hậu trong và ngoài quần thể cây trồng?
11. Hãy trình bày đặc thù của cách quan trắc của phương pháp khí động lực học và phương pháp cân bằng lượng nhiệt?
12. Hãy trình bày các mô hình của quần thể cây trồng?
13. Tại sao người ta lại sử dụng mô hình khuếch tán để nghiên cứu quang hợp của quần thể?
14. Hãy mô tả sự biến đổi trong ngày của quang hợp quần thể?
15. Hãy nêu mối quan hệ của quang hợp quần thể với chiếu sáng và tốc độ gió?

16. Hãy mô tả hiệu suất sử dụng năng lượng và hệ số thoát hơi nước?
17. Hãy mô tả khả năng quang hợp ở các tầng khác nhau trong quần thể?
18. Thế nào là suất sinh trưởng tương đối và suất quang hợp thuần?
19. Vai trò của hệ phương trình sinh trưởng?
20. Hãy nêu định luật phân phối chất khô?
21. Hãy liệt kê một số loài cỏ dại trên đồng ruộng Việt Nam?
22. Hãy mô tả quá trình phát sinh cỏ dại và số lượng cỏ dại trên các loại đất khác nhau như thế nào ?
23. Hãy mô tả sự cạnh tranh giữa cây trồng và cỏ dại?
24. Hãy mô tả sự cạnh tranh giữa cây trồng và cây trồng?
25. Thế nào là năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng? Phương pháp tính năng suất sinh học?
26. Hãy trình bày tính khu vực của năng suất sinh học của cây trồng?
27. Mô hình hóa môi trường CO₂ trong quần thể cây trồng?
28. Mô hình hóa sinh trưởng của quần thể cây trồng?
29. Hãy mô tả quá trình vận động của nước từ đất qua rễ, thân, lá ?
30. Thế nào là sự thoát hơi nước và năng lượng bốc hơi của nước?
31. Hãy trình bày các quá trình điều khiển sự bốc hơi của nước?

TÀI LIỆU ĐỌC THÊM

1. Ota Keizaburo, Tanaka Ichir, Udagawa Taketoshi và Munekate Ken, 1972 *Sinh thái học đồng ruộng*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội 1981 (Bản dịch của Đoàn Minh Khang).
2. Trần Đức Viên. *Sinh thái học nông nghiệp*. NXB Giáo dục. Hà Nội. 1998.
3. Trần Đức Viên (Chủ biên). *Thành tựu và thách thức trong quản lý tài nguyên và cải thiện cuộc sống của người dân ở trung du miền núi Việt Nam*. NXB Chính trị Quốc gia. Hà Nội, 2001.
4. Masae Shiyomi and Hiroshi Koizumi. *Structure and Function in Agroecosystem design and management*. CRC Press. New York. 2001.
5. Nguyễn Mười, Trần Văn Chính, Đỗ Nguyên Hải, Hoàng Văn Mùa, Phạm Thanh Nga, Đào Châu Thu. *Giáo trình thổ nhưỡng học*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội. 2000.

6. Nguyễn Tất Cảnh. *Nghiên cứu mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất và chẩn đoán nhu cầu tưới cho ngô và đậu tương trên đất bạc màu Đông Anh và phù sa sông Hồng, Gia Lâm*. Luận án Tiến sĩ Nông nghiệp. ĐHNLI, Hà Nội. 2000.
7. Nguyễn Mạnh Chính và Mai Thành Phụng. *Cỏ dại trong ruộng lúa và biện pháp phòng trừ*. NXB Nông nghiệp. 2004.
8. Hà Thị Hiền. *Các biện pháp phòng trừ sâu bệnh, cỏ dại*. NXB Văn hóa dân tộc. 2003.
9. Phạm Hoàng Hồ. *Cây cỏ Việt Nam*. Montreal, Pháp. 1993.
10. Nguyễn Hồng Sơn. *Một số nghiên cứu về cỏ dại trên ruộng lúa cấy và biện pháp phòng trừ ở Đồng bằng sông Hồng*. Luận văn Tiến sĩ Nông nghiệp. 2000.

Chương III

SỰ VẬN ĐỘNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG

Nội dung

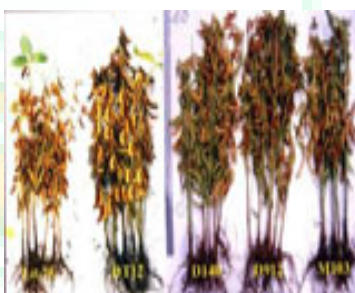
Trồng trọt bắt đầu từ việc trừ cỏ trên đồng ruộng, thúc đẩy vô cơ hoá các chất hữu cơ trong đất. Như thế có nghĩa là đồng ruộng luôn luôn giữ giai đoạn ban đầu của hàng loạt diễn biến thiên nhiên, đồng thời, chất hữu cơ mà thảm thực vật thiên nhiên tích lũy hàng chục năm, hàng trăm năm đang trong quá trình bị tiêu hao. Chương này sẽ bàn về đặc trưng của diễn biến đồng ruộng, những thay đổi hình thức sản xuất để duy trì khả năng sản xuất của đồng ruộng và quan hệ giữa năng suất cây trồng với vùng thích ứng sinh thái.

Các nội dung sau đây sẽ được đề cập trong chương này:

1. Diễn biến của đồng ruộng.
2. Sự biến đổi hình thức sản xuất nông nghiệp và ý nghĩa sinh thái của nó.
3. Trồng cây thích hợp với vùng đất trồng.



a. Nghiên cứu ngô nếp lai vụ thu đông 2004



b. Nghiên cứu cải tiến giống đậu tương



c. Sinh viên làm thí nghiệm trong nhà lưới

Ảnh 1.3. Một số nghiên cứu về cải tiến giống cây trồng của khoa Nông học, trường Đại học Nông nghiệp I
(Nguồn: http://www.hau1.edu.vn/khoa/nonghoc/images/khoa_hoc)

Mục tiêu

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần:

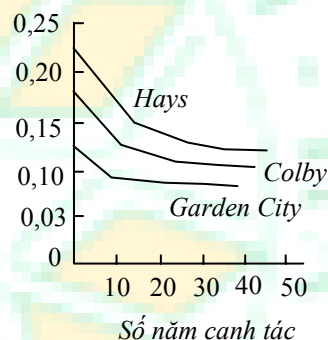
1. Hiểu được sự diễn biến trên đồng ruộng về dinh dưỡng đất, thành phần cây trồng và cỏ dại.
2. Nắm được sự thích ứng của cây trồng với vùng đất trồng.
3. Nắm được một số phương pháp điều khiển dinh dưỡng, thành phần cây trồng và cỏ dại ở trên đồng ruộng.

1. Diễn biến của đồng ruộng

1.1. Sự biến đổi hàm lượng tổng số của đất đồng ruộng và sự cân bằng vi sinh vật

Cùng với những diễn thế sinh thái của thảm thực vật tự nhiên, lượng đạm tổng số trong đất dần dần tăng lên. Người ta thấy rằng, đất trở nên màu mỡ rõ rệt khi diễn thế thảm thực vật tự nhiên trên những chất phun ra từ núi lửa, từ đất trồng đến quần thể thực vật ổn định nhất (climax), rừng lá rộng thường xanh. Trong quần thể rừng ổn định nhất có thể tích lũy đạm nhiều đến 1 kg/m^2 . Do khai khẩn rừng và đồng cỏ làm cho trạng thái cân bằng giữa thảm thực vật thiên nhiên và đất bị phá vỡ, diễn biến của đất theo chiều ngược lại, dẫn đến phân giải và tiêu hao chất hữu cơ, trong điều kiện tác động của con người sẽ chuyển sang trạng thái cân bằng mới. Hình 1.3 cho thấy sự biến đổi hàm lượng đạm trong đất của những đồng cỏ khác nhau sau khi khai khẩn và qua canh tác như nhau. Lượng đạm tổng số trong đất giảm xuống rất nhanh từ khi bắt đầu canh tác đến năm thứ 10, sau đó có xu thế chậm dần và sau 40 năm thì đến trạng thái ổn định.

Đất ẩm thấp qua cải tạo biến thành đất cạn cũng có xu thế biến đổi giống như vậy. Đất lúa nước sau khi thoát nước, lượng đạm tổng số, hiệu quả phân giải chất hữu cơ ở đất cạn và tỷ lệ amôn hoá cũng giảm dần từng năm, qua 7 - 10 năm sẽ gần bằng các trị số của đất cạn. Thời gian đầu ruộng nước cải tạo thành đất cạn, nhiều chất hữu cơ dễ phân giải được tích lũy khi đất ướt sẽ phân giải thành các chất vô cơ mà hiệu quả đạm đối với lúa hết sức rõ ràng (Harada, 1963). Từ đất hoang biến thành đồng ruộng, hay trong quá trình từ đất ướt biến thành đất cạn, chất hữu cơ trong đất giảm đi là đặc trưng của diễn biến đồng ruộng, nhưng trong điều kiện bón phân vẫn không thể nói nhất định sẽ dẫn đến giảm ngay năng suất. Trong đất ướt có khá nhiều chất



Hình 1.3. Biến đổi N trong đồng ruộng qua nhiều năm

Ghi chú: Hays, Colby, Graden, City là địa danh của bang Kanzat

hữu cơ chưa mục nát, gặp độ nhiệt cao sẽ phân giải rất nhanh, vì sự khử oxi của đất thường thường gây nên mục rữa và tạo thành nhiều $\text{NH}_3\text{-N}$, cây hút chất dinh dưỡng không cân đối và bị đổ. Sau khi cải tạo thành đất cạn, chất hữu cơ dễ phân giải giảm đi, tình trạng dao động năng suất do thời tiết thất thường cũng giảm tương ứng, và rồi năng suất ổn định. Nhưng sự giảm chất hữu cơ trong đất vượt quá một giới hạn nhất định, thường dẫn đến giảm năng suất, vì chất hữu cơ trong đất là nguồn cung cấp các loại chất dinh dưỡng vô cơ cần thiết cho cây trồng sinh trưởng; trong điều kiện thông thoáng khí, độ chua và lượng nước phù hợp thì hiệu quả phân đặc biệt rõ rệt. Mặt khác, thủy canh cũng thu được năng suất cao, nên có những sự nhìn nhận khác nhau về ý nghĩa của chất hữu cơ đất. Tập đoàn sinh vật đất gồm vô số vi khuẩn, sợi nấm và động vật nguyên sinh. Nguồn dinh dưỡng và năng lượng của những vi sinh vật này là chất hữu cơ của đất, do

đó chất lượng của chất hữu cơ trong đất đủ để làm thay đổi vi sinh vật. Sự giảm nhanh chất hữu cơ do diễn biến đồng ruộng và việc bù đắp lại bằng cách sử dụng quá nhiều phân hoá học đều có thể phá vỡ những loại cân bằng nào đó giữa những vi sinh vật, khiến cho sâu, bệnh lây lan trong đất có xu thế tăng lên.

Trong đất có rất nhiều tuyến trùng và nấm bệnh lan truyền, nhưng cũng có nhiều loài vi sinh vật chống lại chúng. Những loài trực tiếp ký sinh trong nấm gây bệnh và diệt chết chúng, đã biết được có: *Coniothyrium minitans* đối với *Sclerotinia*, *Trichoderma lignorum*, *Papulospora*; *Penicillium vetmiculatum* đối với *Rhizoctonia solani*; *Trichoderma* đối với *Armillaria mellea*, một loại nấm dạng tuyến đối với tuyến trùng... Khi trồng một loại cây liên tục thì năng suất giảm rõ rệt, một trong những nguyên nhân chính là sự phá hại của tuyến trùng và nấm bệnh lan truyền trong đất. Thí dụ, khi trồng lúa cạn liên tục có một loài tuyến trùng phá hoại, qua luân canh có thể tránh được sự phá hại đó. Nhưng cũng có nơi có thể trồng liên tục một loại cây. Đất của vùng quen trồng liên tục tường có tầng dày, hơn nữa phần nhiều có hàm lượng nước khá cao; chất hữu cơ đất, kể cả phân chuồng bón vào đã có tác dụng tránh hoặc làm giảm nhẹ tác hại của việc trồng liên tục. Hiệu quả ở đây là có thể cung cấp dinh dưỡng vô cơ ổn định cho cây trồng, ngoài ra là tác dụng của sinh vật - phát triển những loài vi sinh vật và động vật nhỏ nào đó có tác dụng tiêu diệt hoặc hạn chế sự phát triển của tuyến trùng.

Ngoài ra, bón phân hữu cơ còn có thể phòng trừ có hiệu quả đối với *Rhizoctonia solani*, phát triển được khuẩn *Fusarium* có thể làm tan chất vỏ cứng trên *Fusarium oxysporum* (nấm bệnh héo rũ vàng), do đó mà có tác dụng ức chế nấm bệnh. Các vấn đề nói trên đều là sự lợi dụng tác dụng kháng sinh và cạnh tranh lẫn nhau của vi sinh vật lấy chất hữu cơ làm môi giới. Từ đó cho thấy, ý nghĩa của chất hữu cơ của đất đồng ruộng không chỉ ở chỗ là nguồn dinh dưỡng trực tiếp của cây trồng, đứng về quan điểm cân bằng sinh vật, còn cần được nghiên cứu nhiều hơn nữa.

1.2. Diễn biến của cây trồng

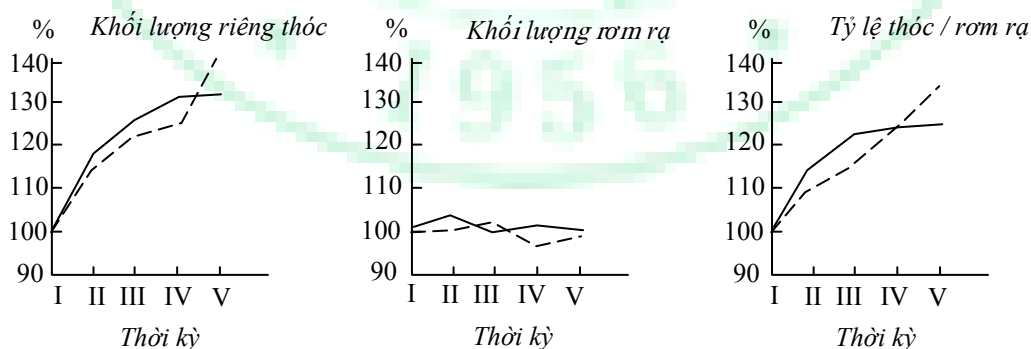
Như trên đã nói, đặc tính tổng số của đất biến thiên theo thời gian - diễn biến của đất, cũng biểu hiện về mặt diễn biến cây trồng. Trong trường hợp này, diễn biến của cây trồng do sự lựa chọn của con người tạo nên. Diễn biến của cây trồng dẫn đến diễn biến đất. Trong quá trình biến đất hoang thành đất thuộc, tính chất lý hoá học của đất phát sinh biến đổi, từ đó dẫn đến diễn biến cây trồng. Đất khai hoang thời gian đầu mới khai khẩn nhiều chất hữu cơ và được vô cơ hoá do hiệu ứng đất cạn, dễ dẫn đến đất thiếu ôxi, nên trước hết trồng lúa cạn, khoai sọ và mạch đen là những cây chịu được tình trạng thiếu ôxi; đợi đất thuộc dần, sự phân giải chất hữu cơ giảm đi, mới trồng các cây cần tương đối nhiều ôxi hơn như ngô, đại mạch, cỏ ba lá và khoai tây. Nếu thời gian đầu mới khai khẩn bón nhiều phân chuồng và phân lân, tiến hành cải tạo đất, thì sự biến đổi của cây trồng sẽ quyết định chủ yếu ở sự thay đổi qua các năm về vô cơ hoá chất hữu cơ đất. Bảng 1.3 là tình hình biến đổi năng suất cây trồng sau khi dùng nhiều phân lân và phân chuồng trên đất xám núi lửa trung tính. Thí dụ, năm đầu sau khi khai khẩn đất ở

thời kỳ đạm phân giải ra tương đối ít thì cây trồng thích ứng là khoai tây. Thời kỳ chất hữu cơ của đất vô cơ hoá dần dần tăng lên thì cây trồng thích hợp là đậu tương. Thời kỳ cung cấp chất dinh dưỡng tốt nhất thì trồng ngô vì cây này có tính chống đổ khoẻ.

Bảng 1.3. Quan hệ giữa năng suất cây trồng (kg/a) và sự thuần thực của đất qua các năm

Cây trồng Năm Phân bón	Đậu tương				Khoai tây				Ngô			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Phân tiêu chuẩn	17,1	26,7	25,1	27,0	82,5	63,3	70,3	86,0	56,6	50,1	58,1	69,0
Phân tiêu chuẩn + Phân chuồng	23,6	31,8	30,1	27,0	96,7	81,3	65,8	84,0	61,7	61,8	65,8	69,0
Phân lân 3 lần	26,9	29,4	28,5	28,0	106,1	85,5	75,1	86,0	56,7	58,0	67,7	70,0
Phân lân 3 lần + Phân chuồng	32,2	29,0	31,7	32,0	109,3	74,5	68,8	89,0	62,2	64,0	71,6	70,0

Tình trạng chất dinh dưỡng đất thay đổi rất lớn do lượng phân bón, dẫn đến thay đổi giống cây trồng tương ứng. Lượng phân bón, nhất là phân hoá học qua từng năm, đã tăng lên rõ rệt. Như lượng phân hoá học dùng ở Nhật Bản, phân đạm năm 1928 là 36,2 kg/ha, đến năm 1975 tăng lên tới 124,6 kg/ha. Hiện nay vẫn tiếp tục tăng lên. Tình hình này ở Việt Nam cũng tương tự. Thích ứng với lượng phân cao như vậy, một số giống chịu phân, chống đổ và chống bệnh khoẻ được tạo ra. Qua các thời kỳ, khuynh hướng chọn và bồi dục giống lúa nước là tỷ lệ thóc/rom rạ và hệ số kinh tế cao (hình 2.3). Đáng chú ý là trọng lượng thóc tăng lên qua các năm, còn trọng lượng rom rạ thì hầu như không thay đổi. Phân liều cao đã làm tăng diện tích lá và cường độ quang hợp, do đó đã nâng cao năng suất chất khô, nhưng mặt khác cũng dễ lốp đổ. Để khắc phục mâu thuẫn sinh ra do phân liều cao, người ta đã tiến hành cải tiến giống, kết quả đã xuất hiện một số giống có tỷ lệ thóc/rom rạ lớn, chống lốp và chống đổ tốt hơn.



Hình 2.3. Sự biến đổi tính chất giống cây trồng qua các thời kỳ

Ngoài ra, những chất tiết ra từ rễ cây trồng, chất phân giải của xác hữu cơ hoặc sâu bệnh lây lan trong đất... cũng có thể gây ra diễn biến cây trồng. Ở đây sẽ nói thêm về tác dụng tương hỗ hoá học (*allelopathy*). Tác dụng tương hỗ hoá học tức là những chất sinh ra trong quá trình trao đổi chất của thực vật này có ảnh hưởng tới sự nảy mầm hay sinh trưởng phát triển của thực vật khác, quan hệ tương hỗ giữa thực vật với nhau như vậy gọi là Allelopathy. Đó là một trong những nguyên nhân dẫn đến diễn biến cây trồng. Thí dụ điển hình là đại mạch.

Overland (1966) đã trồng lẫn đại mạch và *Stellaria media*, phát hiện chất tiết ra từ bộ rễ đại mạch có tác dụng ức chế rõ rệt đối với sự sinh trưởng của *Stellaria media* (hình 3.3). Tác dụng của chất này khác nhau đối với từng loại cây. Như ức chế rõ rệt đối với thuốc lá, hoàn toàn không ảnh hưởng đối với lúa mì. Chất lấy được từ cây sống và rễ sống có hiệu quả ức chế lớn hơn lấy từ cây chết.

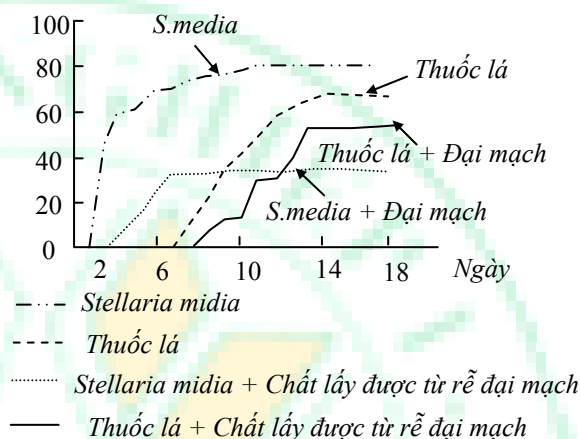
Theo một số tài liệu, chất này là từ rễ hay thân bỏ chết của cỏ mào gà (*Agropyrum repens*) khi ở nồng độ cao, có thể ức chế nảy mầm của cải dầu và yến mạch, nhưng ở nồng độ thấp lại có tác dụng kích thích (Numada, 1971).

Những thí dụ trên cho thấy, diễn biến thảm cây của đồng ruộng ngoài diễn biến của đất ra, còn có tác dụng sinh học của bản thân cây trồng.

1.3 Diễn biến của cỏ dại

Để giữ đồng ruộng ở trạng thái ban đầu, hàng năm cần tiến hành cày đất, xới đất, làm cỏ để ngăn chặn diễn biến tự nhiên. ảnh hưởng của những hoạt động như vậy được phản ánh trên sự diễn biến cỏ dại trên đồng ruộng. Trên đất mới khai khẩn, thực vật dưới rừng như loại cây thân rễ, thân ngầm, cây dây leo, hoặc các loại cây cỏ lâu năm của đất hoang chiếm ưu thế. Đất càng thuộc dần thì các loài cỏ hàng năm càng trở thành số nhiều.

Trong chế độ luân canh ruộng nước - ruộng cạn, điều kiện trồng trọt mà lượng nước trong đất thay đổi có tính chu kỳ, diễn biến của cỏ dại rất rõ. Biện ruộng nước thành đất cạn, rồi sau một thời gian nhất định lại đổi thành ruộng nước, cách trồng trọt này khá phổ biến ở miền Bắc Việt Nam trong vụ đông. Ở Mỹ, Italia và Nhật Bản, vùng trồng rau và nuôi tương đối nhiều bò sữa cũng có phương thức luân canh này.



Hình 3.3. Ảnh hưởng của chất lấy được từ rễ đại mạch đối với sự nảy mầm của cây thuốc lá và *Stellaria media* (Overland, 1966)

Bảng 2.3. Diễn biến cỏ dại trên ruộng nước luân canh

Xử lý	Thời gian trồng lúa				Thời gian trồng màu			
	Loài cỏ dại	1 năm quay lại (cây)	2 năm quay lại (cây)	3 năm quay lại (cây)	Loài cỏ dại	1 năm quay lại (cây)	2 năm quay lại (cây)	3 năm quay lại (cây)
Ruộng nước liên tục	Ưa nước	1.166	1.571	2.237	Ưa cạn	83	239	471
	Ưa ẩm	194	169	166	Ưa ẩm	486	8.580	7.532
Ruộng nước luân canh I	Ưa nước	261	641	1.680	Ưa cạn	15	49	177
	Ưa ẩm	71	138	200	Ưa ẩm	23	405	3.864
Ruộng nước luân canh II	Ưa nước	581	1.488	1.727	Ưa cạn	36	260	470
	Ưa ẩm	101	144	257	Ưa ẩm	59	1.335	7.868

Bảng 2.3 cho thấy, khi đất cạn quay lại thành ruộng nước, so sánh với ruộng nước liên tục, số lượng cỏ dại phát sinh ở ruộng nước luân canh cả trong thời gian trồng lúa và mùa đông đều ít và sau 1 năm thì dần dần gần sát với ruộng nước liên tục, đến năm thứ ba thì hầu như không còn sai khác. Loài cỏ dại của ruộng nước luân canh cũng thay đổi qua các năm, tỷ lệ cỏ dại ưa ẩm trong thời gian trồng lúa và tỷ lệ cỏ dại ưa cạn trong thời gian mùa đông đều giảm và dần dần gần với ruộng nước liên tục.

Khi biến ruộng nước thành đất cạn để luân canh, cũng có xu thế giống như vậy. Luân canh ruộng nước - đất cạn có tác dụng ức chế đối với cỏ dại, chủ yếu do có ảnh hưởng rất lớn đến đường lan truyền hạt giống cỏ dại. Nhất là đất ruộng tưới bằng nước ao, hồ, cỏ dại mọc tương đối ít trong thời gian dài. Còn đất ruộng tưới bằng nước sông, hạt giống cỏ dại chảy theo nước vào ruộng nhiều hơn. Thay đổi phương pháp tưới cỏ và phương pháp trồng trọt cũng dẫn đến diễn biến cỏ dại khác nhau. Trong ruộng nước gần đây, một số loài cỏ tăng lên, người ta cho rằng do bỏ việc sục bùn, dùng phổ biến thuốc trừ cỏ để phòng trừ cỏ dại một năm và do giảm trồng xen.

2. Sự biến đổi hình thức sản xuất nông nghiệp và ý nghĩa sinh thái của nó

Lấy những biến đổi về phương pháp tưới nước trồng lúa làm thí dụ

Rừng và đồng cỏ sau khi khai khẩn thành đồng ruộng, chất hữu cơ của đất mà thảm thực vật thiên nhiên tích lũy bị tiêu hao dần qua nhiều năm trồng trọt, độ màu mỡ của đất vì thế mà giảm đi. Nông nghiệp, trong quá trình lâu dài nhờ sáng tạo ra một số hình thức sản xuất vừa tránh được thoái hoá đất vừa giữ được năng suất cao, mà được phát triển. Trong đó, tưới ngập nước trồng lúa và chế độ luân canh đất cạn có tác dụng vô cùng quan trọng đối với việc giữ năng suất cao cho cây trồng và sự tái sản xuất. Nông nghiệp hiện đại đang lấy đó làm cơ sở để phát triển. Tưới ngập nước và chế độ luân canh có hiệu quả cao trong việc giữ độ màu mỡ của đất, đồng thời có thể giảm nhẹ và

tránh được những nguy hại do cỏ dại và trồng liên tục, có tác dụng lớn về mặt ổn định năng suất cây trồng.

Trong nông nghiệp hiện đại, cây trồng có năng suất tăng rõ rệt trong điều kiện nhiều phân do các chất dinh dưỡng vô cơ cần thiết cho cây trồng được cung cấp đầy đủ. Nhưng cũng vì thế mà dẫn đến cây thừa dinh dưỡng, tạo nên nguy cơ lốp đổ và sâu bệnh phá hại.

Nguy hại của đồng ruộng quá màu mỡ thường phát sinh cùng với những năm có thay đổi thất thường về điều kiện khí tượng như chiếu sáng, nhiệt độ. Do đó hình thức sản xuất hiện đại phải thích ứng với biến động khí tượng và chú ý nghiên cứu khống chế hiệu lực độ màu mỡ như thế nào, nhằm hiểu rõ hơn sự cân bằng động thái giữa cây trồng và môi trường trên trình độ thâm canh cao để đạt năng suất cao.

Phương pháp trồng lúa và tính hai mặt của cách tưới nước ngập

Người ta cho rằng có các phương thức trồng lúa sau đây: (1) trồng lúa sử dụng nước trời; (2) trồng lúa tưới chu kỳ, không liên tục; (3) trồng lúa tưới ngập nước liên tục; (4) cuối cùng phát triển thành trồng lúa cấy (mạ) ngập nước liên tục. Nguyên nhân biến đổi của các phương thức trồng lúa khác nhau đó là thiên tai, hạn hán, cỏ dại và cây mọc không đều. Phương thức sản xuất trồng lúa ở các nơi trên thế giới hiện nay có khác nhau rõ rệt do tình hình xã hội và điều kiện tự nhiên. Vùng Đông Á như Nhật Bản, Trung Quốc, Triều Tiên... trồng lúa phần lớn là cấy ngập nước. Ở Đông Nam Á, Ấn Độ, SriLanka, Italia... có cấy lúa, cũng có gieo thẳng ngập nước. Khác với các nước trên, ở Mỹ, Ôxtrâyliya, Xurinam đều trồng lúa cơ giới hoá diện tích lớn, phát triển thành loại hình gieo thẳng ngập nước. Ở Costa Rica, Panama (Trung Mỹ) lợi dụng mưa nhiều (300 mm/tháng trở lên) trong thời gian làm lúa, áp dụng rộng rãi gieo thẳng không tưới. Trồng lúa ở Nhật Bản 99% là cấy ngập nước, một số ít vùng như Kigyoku, Okayama, Saga, Kumamoto có gieo thẳng ruộng khô (sau nẩy mầm 30 ngày giữ trạng thái ruộng khô, sau đó mới ngập nước), cũng có gieo thẳng ngập nước (có nước ngay khi gieo). Như vậy, phương thức trồng lúa, tỷ lệ gieo thẳng và cấy có sự khác nhau theo vùng. Nói chung, trừ vùng cá biệt ra, đều tiến hành trồng lúa ở trạng thái nước ngập ruộng, lý do như sau:

(1) Ngập nước có thể thúc đẩy tảo xanh và vi sinh vật cố định đạm và tăng lân dễ tiêu trong đất. Sự phân giải chất hữu cơ đất bị ức chế, độ màu mỡ đất tiêu hao ít.

(2) Trong nước tưới có các thể keo hữu cơ và các loại muối vô cơ N, K, Ca, Si, Mg... vì thế ở trạng thái đất ngập nước, lượng cung cấp cao hơn ở trạng thái đất cạn. Tưới nước có khi dẫn đến hiện tượng quá màu mỡ, nhưng có khác nhau do tính chất nước tưới, đặc tính vật lý của đất và độ sâu nước ngầm. Nếu đất không có tầng đế cày thì lại tiêu hao mất dinh dưỡng khi ở trạng thái ngập nước.

(3) Tỷ nhiệt của nước cao, tưới nước sâu (15 cm hoặc hơn) vào mùa lạnh có thể bảo vệ lúa tránh tác hại của độ nhiệt thấp.

(4) Ngập nước có thể ức chế rõ rệt cỏ dại mọc, nhất là loài *Panicum* sp. cạnh tranh kịch liệt với lúa, ngập nước khoảng 15 cm hầu như phòng trừ được.

(5) Lúa nước trồng ngâm nước dù có trồng liên tục mấy chục năm cũng không bị hại như cây trồng cạn bị hại do trồng liên tục. Lúa nước trồng trên cạn liên 2-3 năm thì năng suất thấp đi rõ rệt, do một loại tuyến trùng phá hại (tuyến trùng *Heterodera* hại lúa).

Mặt khác, ngập nước thường không lợi cho cơ năng sinh lý của rễ lúa, tuy rằng cây lúa nước có mô thông khí vận chuyển oxi từ lá xuống rễ, có thể nhờ oxi tiết ra từ rễ để thích ứng với trạng thái khử oxi, nhưng cùng với độ nhiệt tăng lên, sự khử oxi của đất tăng mạnh và tích lũy càng nhiều các loại chất bị khử như metan, axit hữu cơ, H₂S, cuối cùng làm cho lúa không thích ứng được và bị thối rễ. Kết quả làm suy giảm sự hút chất dinh dưỡng của cây lúa, thậm chí gây ra các bệnh sinh lý như bệnh lúa đực (*Straight head*), bệnh khô đỏ, bệnh khô đóm lá và bệnh đồng thau (*Bronzing*).

Ở trạng thái ngập nước, ôxi hoà lẫn trên mặt ruộng nước nhờ khuếch tán và thẩm thấu mà bổ sung vào đất. Oxi hoà lẫn trên mặt ruộng nước, do quang hợp của các loài tảo mà thay đổi từng ngày, trong điều kiện chiếu sáng có thể đạt 12 -14 mg/lít Oxi này thẩm thấu xuống đất nhờ nước (tốc độ thẩm thấu tương đương số milimet độ sâu nước giảm một ngày). Nhưng trên 95% oxi hoà lẫn trên mặt ruộng nước tiêu dùng cho vi sinh vật sống ở lớp 2 cm bề mặt, vì thế oxi nhờ thẩm thấu qua nước cung cấp cho vùng rễ bị hạn chế rất lớn (bảng 3.3). Từ đó cho thấy, ngập nước đối với sự sinh trưởng phát triển của lúa nước có tính hai mặt hoàn toàn đối lập nhau.

Bảng 3.3. Lượng oxi hoà lẫn (mg/l) vào trong nước trong đất nhờ thẩm thấu qua nước (Tanaka, 1970)

Xử lý	Ngày giờ lấy mẫu	Ngày 19/8	Ngày 20/8	Ngày 21/8	Ngày 22/8	Ngày 31/8	Ngày 9/9	Ngày 13/9
	Vị trí lấy mẫu	13 giờ	14 giờ	6 giờ	13 giờ 20 phút	13 giờ	13 giờ	13 giờ
Đối chứng	Nước trên đất							
	Nước trong đất (2cm)	9,4 0,4	9,0 0,4	3,0 0,4	9,1 0,2	6,4 0,3	14,1 0,4	13,1 0,6
	Nước trong đất (12cm)	0,4	0,7	0,6	0,5	0,3	0,5	0,4
Nước thẩm thấu	Nước trên đất							
	Nước trong đất (2cm)	11,4 0,3	12,2 0,6	4,4 0,5	12,2 0,5	9,0 0,4	13,3 0,3	10,3 0,3
	Nước trong đất (12cm)	0,3	0,6	0,6	0,7	0,3	0,2	0,3

Để giải quyết mâu thuẫn trong cách tưới ngập nước như vậy, từ trước đến nay đã có biện pháp tháo nước tạm thời, phơi ruộng giữa vụ để đề phòng thối rễ. Thời kỳ phơi ruộng giữa vụ tương ứng vào thời kỳ sau đẻ nhánh khi tác dụng khử oxi của đất rất mạnh, trước khi sắp phát sinh thối rễ nhiều. Lúc này, đúng là thời kỳ cây lúa có tính chống chịu với sự thiếu nước mạnh nhất trong cả thời gian sinh trưởng của nó, qua một

số ngày rút nước ngầm trong đất sẽ có thể phòng tránh thối rữa. Ở vùng ẩm áp, do tác dụng khử oxy của đất rất mạnh, nên áp dụng rộng rãi biện pháp phơi ruộng giữa vụ. Đối với đất ẩm ướt hoặc dùng quá nhiều phân xanh và quá màu mỡ dẫn tới chậm chín, biện pháp này cũng có hiệu quả. Trong khi tưới ngập nước, xen vào một thời gian phơi khô ruộng giữa vụ, có thể khắc phục phần lớn mâu thuẫn do tưới ngập nước gây ra, làm cho sản xuất lúa phát triển lên trình độ cao hơn.

Hai vấn đề mới của cách tưới ngập nước

Sản xuất lúa nước qua quá trình phát triển: không tưới - tưới gián đoạn - tưới ngập nước - tưới ngập nước + phơi ruộng giữa vụ, chính là để khắc phục hạn hán, giảm nhẹ tác hại của cỏ dại, duy trì độ màu mỡ của đất và tránh được tác hại do trồng liên tục. Nhưng nghề trồng lúa tưới ngập nước hiện nay đứng trước vấn đề làm thế nào điều tiết hiệu lực phân đạm và tiết kiệm nước. Ở Việt Nam và nhiều nước trồng lúa khác, để thu được năng suất lúa cao trên diện tích đất đai có hạn, đã sử dụng ngày càng nhiều phân bón, nhất là phân đạm. Trong điều kiện lượng phân cao, khi điều kiện khí tượng (chiếu sáng, nhiệt độ...) biến đổi thất thường, sự hút đạm của lúa nước thường hay ở trạng thái quá thừa, do đó dẫn đến lốp và đổ. Để nâng cao khả năng làm dịu đối với những biến đổi khí tượng, biện pháp thường áp dụng trước đây là dùng giống chịu phân chống đổ, phòng trừ sâu bệnh, bón phân nhiều lần... Nhưng quan trọng nhất là điều tiết sự hút đạm tương ứng với biến đổi điều kiện khí tượng. Vấn đề thứ hai là lợi dụng hợp lý nước. Lượng nước tiêu dùng cho trồng lúa là 10.000 - 14.000 m³/ha, dẫn đến mâu thuẫn ngày càng lớn với nước dùng cho công nghiệp và thành phố. Do đó, hệ thống quản lý nước hợp lý cần được nghiên cứu.

Quan hệ giữa lượng nước trong đất và sự sinh trưởng phát triển của lúa

Với điều kiện nước trong đất như thế nào thì lúa nước mới có thể sinh trưởng và cho năng suất tốt nhất là đề tài quan trọng nói rõ sự diễn biến hệ thống sinh thái lúa nước. Về quan hệ giữa lượng nước trong đất với sự sinh trưởng phát triển và năng suất của lúa nước đã có nhiều nghiên cứu chỉ rõ: năng suất lúa nước ngày càng tăng theo lượng nước trong đất, đất ngập nước thường có thể có năng suất cao nhất, lúa thiếu nước thì năng suất giảm, nhất là từ thời kỳ làm đòng đến khi trổ mà gặp hạn thì giảm năng suất càng rõ. Lượng nước cần của lúa nước là 280 - 310 gam, bằng hoặc hơi nhiều hơn các cây trồng cạn. Về sự tiêu dùng nước sinh lý, lúa nước không nhất thiết đặc biệt cần ngập nước, nó chỉ cần nước cung cấp cho tiêu hao bốc thoát hơi nước là được. Bảng 4.3 chỉ rõ sự biến đổi năng suất của lúa nước và lúa cạn trồng ở trạng thái đất ngập nước, ẩm ướt và khô. Điều kiện nước ở đây là khu ngập nước có mực nước sâu 5 cm, khu ẩm ướt có mực nước ngầm -5 cm, không ngập nước; khu đất cạn điều tiết nước trong trạng thái có lượng chứa nước đồng ruộng bình thường (lượng chứa nước lớn nhất) hoặc gần như thế. Bảng 4.3 cho thấy năng suất trong điều kiện đất cạn hầu như hơn hẳn so với điều kiện ngập nước. Ở đất cạn, sở dĩ tăng năng suất là do đã giảm nhẹ hiện tượng thối rữa, đã thúc đẩy phân giải chất hữu cơ đất, tăng sự hút đạm lên một cách tương ứng. Điều đó nói rõ điều kiện cung cấp nước và dinh dưỡng vô cơ có quan hệ tới năng suất, ngập nước không nhất thiết là điều kiện không thể thiếu được đối với sự sinh trưởng, phát triển của lúa nước.

Rễ của lúa nước phân bố nông hơn so với các cây trồng đất cạn. Trên 90% số rễ và trọng lượng rễ lúa nước ở điều kiện đất cạn được phân bố trong lớp đất 20cm dưới mặt đất, cho nên phạm vi hút nước và dinh dưỡng vô cơ thật nhỏ hẹp. Từ hình 4.3 có thể thấy: lúa nước trồng đất cạn, lượng tiêu dùng nước ở tầng đất mặt rất lớn, dù vào cuối đời rễ đã ăn rất sâu, mức tiêu dùng nước ở tầng mặt đất (0-20cm) vẫn chiếm 80%. Lúa cạn thì ngược lại, tiêu dùng nước ở tầng đất sâu nhiều, tính chống

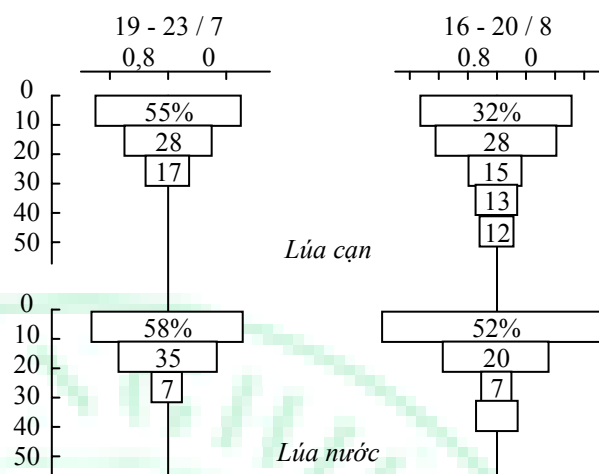
hạn khoẻ. Khi lượng nước trong đất tương đương với 75-100 % lượng chứa nước lớn nhất, quang hợp của lúa nước sẽ không biến động vì nước, nhưng nếu thấp hơn 75% thì giảm thấp nhanh chóng. Điều kiện nước trong đất dẫn tới sẽ giảm thấp quang hợp thì lúa nước cao hơn đậu tương và lạc. Từ đó cho thấy, lúa nước là một loài cây trồng dễ bị giảm năng suất chất khô khi sự hút nước và thoát hơi nước ở trạng thái không cân bằng.

Lượng thoát hơi nước của lúa nước tăng lên theo sự sinh trưởng, phát triển từ thời kỳ làm đồng đạt diện tích lá lớn nhất đến thời kỳ trổ bông, một ngày có thể đến 7-8mm. Lúa nước trồng thường xuyên ở trạng thái đất cạn thì giảm năng suất.

Bảng 4.3. Năng suất lúa nước ở điều kiện đất ngập nước, ẩm ướt và đất cạn (Tanaka, 1970)

Giống	Điều kiện năng suất	Sinh khối (g/m ²)	Trọng lượng bông (g/m ²)
Manryo	Ngập nước	1.100	521
	ẩm ướt	956	437
	Đất cạn	1.755	666
Kusabue	Ngập nước	1.033	470
	ẩm ướt	1.015	446
	Đất cạn	1.622	465
Tachiminoru	Ngập nước	945	472
	ẩm ướt	1.142	534
	Đất cạn	1.724	811
Lúa nếp Norin - 1	Ngập nước	960	500
	ẩm ướt	1.039	498
	Đất cạn	1.634	728

Ghi chú: Manryo và Kusabue là giống lúa nước;
Tachiminoru và lúa nếp Norin - 1 là giống lúa cạn.



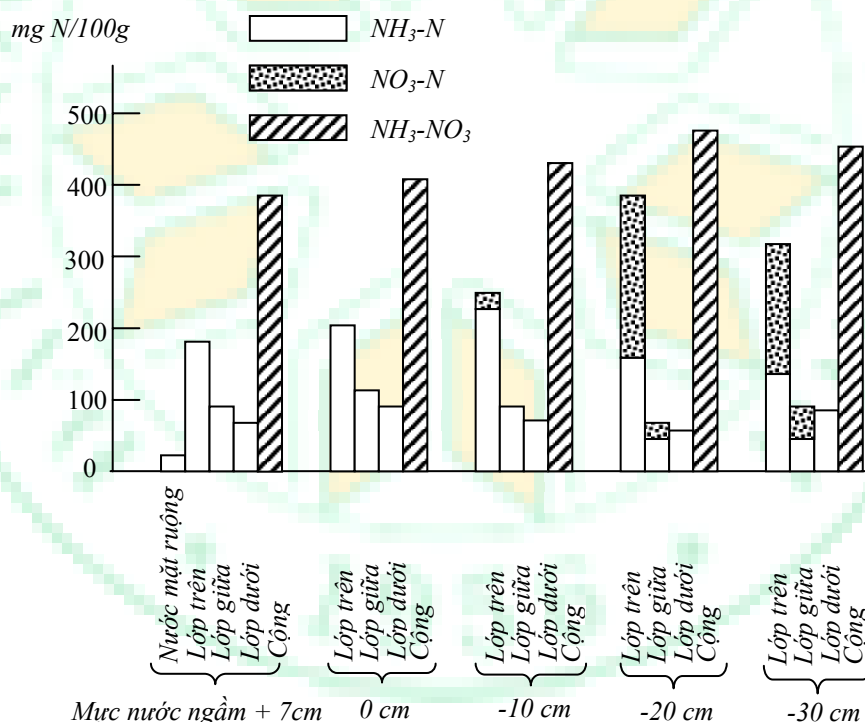
Hình 4.3. Tiêu dùng nước ở các lớp đất khác nhau của lúa cạn và lúa nước trồng cạn (trích dẫn từ "trồng lúa nước trên đất cạn" của Hasegawa)

Nhưng nếu lấy thời kỳ làm đồng làm trung tâm, cho đất ngập nước trên dưới 10 ngày, còn các thời kỳ còn lại dù vẫn ở trạng thái đất cạn, cũng có thể thu được năng suất bằng như thường xuyên ngập nước.

Từ đó cho thấy, lúa nước sở dĩ thường tiến hành trồng trọt ở trạng thái ngập nước không phải vì không ngập nước bất lợi đối với cơ năng sinh lý của lúa nước, mà là do lúa nước là cây rễ nông, ở trạng thái không ngập nước dễ gặp mưa thất thường dễ bị thiếu nước, nhất là trước và sau thời kỳ làm đồng, thiếu nước khi lượng thoát hơi nước lớn nhất sẽ ảnh hưởng xấu đến năng suất lúa.

Quan hệ của sự vận động nước với đạm trong đất

Như trên đã nêu, lúa nước ở khu đất cạn tăng năng suất là do tăng sự hút đạm. Nhưng phần lớn đạm ở đây là đạm dạng vô cơ trong đất ($\text{NO}_3 - \text{N}$) nếu gặp mưa thất thường hoặc biến động mức nước ngầm, dễ bị rửa trôi và mất đạm, do đó mà không ổn định. Dưới đây sẽ đề cập đến vấn đề mực nước ngầm cao thấp ảnh hưởng đến sự vận động nước ở đất cạn, quan hệ của sự biến đổi chu kỳ và lượng thấm thấu của nó với hàm lượng đạm dạng vô cơ trong đất.



Hình 5.3. Quan hệ giữa mực nước ngầm và đạm dạng vô cơ trong đất (Tanaka, 1970)

Ghi chú: Lớp trên: 0 - 10 cm
Lớp giữa: 10 - 20 cm
Lớp dưới: 20 - 30 cm

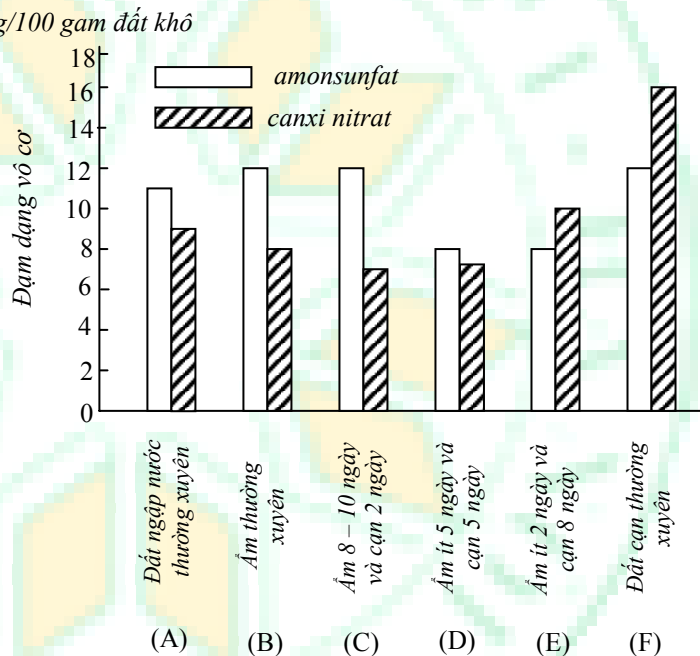
Hình 5.3 nói rõ hàm lượng đạm dạng vô cơ ($\text{NH}_3 - \text{N}$ và $\text{NO}_3 - \text{N}$) của đất tăng lên rõ rệt khi mực nước ngầm hạ thấp đến 20cm cách mặt đất. Làm hạ thấp mực nước ngầm, trở thành trạng thái đất cạn, nói chung có thể thúc đẩy hoạt động của vi khuẩn hảo khí, giảm bớt sự mất đạm, dẫn tới tăng thêm đạm dạng vô cơ trong đất. Nhưng phần lớn đạm dạng vô cơ của khu đất cạn là đạm dạng nitrat, trước khi được lúa nước hút, nếu gặp biến động mực nước ngầm hay mưa, dễ bị mất mát.

Ngoài ra, ở điều kiện đất cạn, chất hữu cơ của đất tiêu hao nhanh chóng, nếu không bón phân chuồng hay phân rác ủ thì lượng đạm vô cơ sẽ ít hơn khu ngập nước. Đây là một vấn đề cần quan tâm của việc trồng trọt có tưới nước ở đất cạn.

Trên thực tế, mực nước ngầm của ruộng đại trà thường biến động do mưa, tưới và chảy ngầm, làm cho đất ở trạng thái lúc ướt lúc khô. Hình 6.3 cho thấy ảnh hưởng lặp đi lặp lại trạng thái đất cạn và đất ướt (trạng thái bão hoà nước) do biến đổi chu kỳ mực nước ngầm, trị số trong hình là sau 30 ngày bắt đầu làm thí nghiệm.

Có thể thấy đạm dạng vô cơ trong đất giảm rõ rệt do biến động mực nước ngầm. Loại đạm này bị mất mát nhiều chủ yếu do mực nước ngầm biến động làm cho quá trình oxi hoá và khử oxi trong đất xen nhau liên tiếp, do đó dẫn tới mất đạm. Vì vậy, để giữ được hàm lượng đạm dạng vô cơ cao hơn trong đất, phải ổn định mực nước ngầm, làm cho đất giữ được trạng thái oxi hoá hay khử oxi. Ngược lại, như tưới gián đoạn cho thấy, khi đất ở trạng thái oxi hoá và khử oxi có tính chất chu kỳ lặp đi lặp lại thì sự mất đạm sẽ tăng lên.

Ở trạng thái đất cạn, hàm lượng đạm vô cơ của đất giảm xuống gần thành đường thẳng theo lượng thấm nước, ngoài sự mất mát như trên ra, còn lượng đạm mất do đạm dạng nitrat của tầng đất mặt di động xuống tầng sâu về chỗ nồng độ oxi thấp hơn, số lượng này không nhỏ. Người ta đã dùng ^{15}N tiến hành thí nghiệm, khi nồng độ oxi là 19%, bón đạm dạng nitrat bị mất đi 16% do mất đạm, khi nồng độ oxi là 4,2%, đạm bón bị mất đi 52%, điều đó nói rõ khả năng phát sinh mất đạm tăng do oxi giảm.



Hình 6.3. Ảnh hưởng của sự biến động chu kỳ mực nước ngầm đối với đạm dạng vô cơ trong đất (Tanaka - 1970)

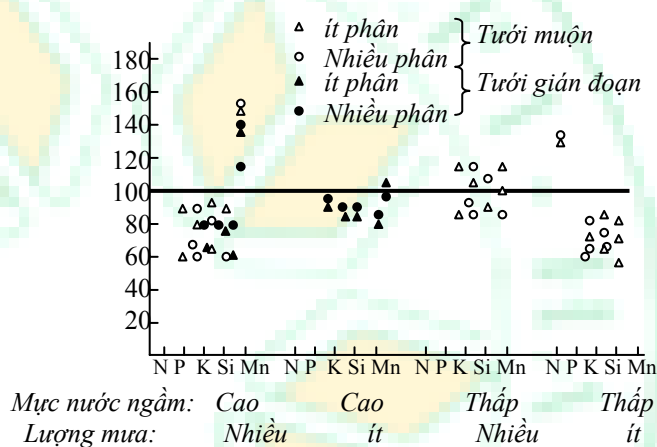
Ghi chú: Đạm dạng vô cơ là $\text{NH}_3 - \text{N} + \text{NO}_3 - \text{N}$, lượng phân bón là 7,3 mg N/100 g đất khô

Hàm lượng đạm dạng vô cơ trong đất ở trạng thái không ngập nước chịu ảnh hưởng của lượng mưa nhiều ít và mực nước ngầm cao thấp, nếu so sánh với trạng thái ngập nước thì từ trạng thái dương tức trạng thái có lợi trở thành trạng thái âm, bất lợi.

Tưới gián đoạn và tưới muộn

Như trên đã nêu, hàm lượng đạm dạng vô cơ của đất có thể được điều tiết nhờ mực nước ngầm cao thấp và việc tưới ngập nước không phải là không thể thiếu đối với sự sinh trưởng phát triển của lúa nước. Phần này với một phương pháp thực dụng điều tiết hiệu lực phân, tức là tưới nước từng đợt làm xuất hiện lặp đi lặp lại chu kỳ trạng thái ngập nước và không ngập nước, với cách tưới gián đoạn như vậy đem so sánh với cách tưới muộn không ngập nước trong thời kỳ đẻ nhánh, bắt đầu ngập nước từ thời kỳ hình thành đồng và cách tưới sớm ngập nước từ thời kỳ đẻ nhánh đến thời kỳ chín, để nói rõ những đặc trưng và hiệu quả của các cách tưới khác nhau.

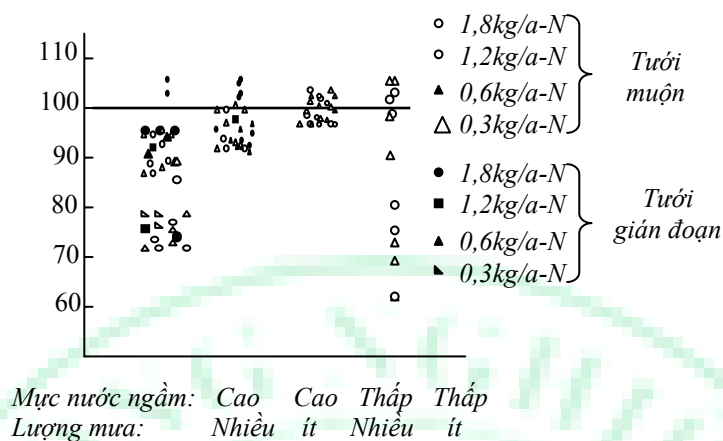
Hình 7.3 cho thấy hiệu quả của tưới gián đoạn và tưới muộn đối với sự hút dinh dưỡng và năng suất, tức là mực nước ngầm và lượng mưa liên hệ với cách tưới khác nhau ở thời kỳ đẻ nhánh (tương đương với thời kỳ không ngập nước và của cách tưới muộn), chia làm bốn loại sau đây: loại ẩm ướt mực nước ngầm cao, mưa nhiều; loại ẩm ướt vừa mực nước ngầm cao, mưa ít; loại đất cạn mực nước ngầm thấp, mưa nhiều và loại khô cạn mực nước ngầm thấp, mưa ít.



Hình 7.3. Ảnh hưởng của tưới muộn và tưới gián đoạn đối với sự hút dinh dưỡng vô cơ của lúa nước (Tanaka, 1970)

Phân loại như vậy, đạm vô cơ trong đất cạn, như hình 23, khi mực nước ngầm ở -20cm trở xuống, nhiều hơn khu ngập nước; và khi -20 cm trở lên thì không thấy sai khác có ý nghĩa. Ngoài ra, lượng thoát hơi nước của thời kỳ đẻ nhánh là từ 4-6 mm/ngày. Nói mực nước ngầm cao là mực nước bình quân ở trong khoảng từ -7 cm đến -18 cm; nói thấp là trong khoảng từ -25 cm đến -35 cm; mưa nhiều thì bình quân là 5,0-5,3 mm/ngày, mưa ít thì bình quân là 3,0 mm/ngày.

Hình 7.3 cho thấy, lượng hút đạm của loại đất ẩm ướt giảm, loại đất cạn và loại khô cạn thì có tăng lên. Nhưng lượng hút Mn có chiều hướng ngược lại với lượng hút đạm; lượng hút lân và silic đều giảm ở tất cả các loại, rõ nhất là ở loại khô cạn. Về năng suất, hình 8.3 cho thấy, không chỉ có quan hệ với điều kiện nước mà còn có quan hệ với lượng đạm bón. Ở loại ẩm ướt, thì ít phân: giảm năng suất, nhiều phân: không sai khác, rất nhiều phân: tăng năng suất; ở loại khô cạn thì ít phân: không sai khác, nhiều phân: bị đổ và giảm năng suất; ở loại ẩm ướt vừa và loại ẩm đất cạn thì ở khoảng giữa.



Hình 8.3. Ảnh hưởng của tưới muện và tưới gián đoạn đối với khối lượng gạo lật (Tanaka, 1970)

Như trên đã nêu, sự hút đậm của cây lúa nước có thay đổi do cách tưới, giữa những thay đổi này và năng suất trong điều kiện khí tượng nhất định có quan hệ biểu hiện bằng phương trình bậc hai sau đây:

$$Y = 14,42 + 6,79 X - 0,33 X^2 \quad (1)$$

Y: là khối lượng gạo lật (kg/a)

X: là hàm lượng đậm của cây lúa nước thời kỳ làm đồng (g/m²).

R = 0,901 (hệ số tương quan)

Dựa vào công thức này, tìm ra hàm lượng đậm tốt nhất là 10,35 g/m².

Nghĩa là hiệu quả của các cách tưới quyết định ở mức độ sát gần của hàm lượng đậm cây lúa thay đổi do cách tưới so với hàm lượng đậm tốt nhất. Dự đoán là trị số tốt nhất này còn có quan hệ với lượng chiếu sáng nhiều hay ít; đương nhiên, quản lý nước cũng là một trong những con đường quan trọng để đạt đến trị số tốt nhất này.

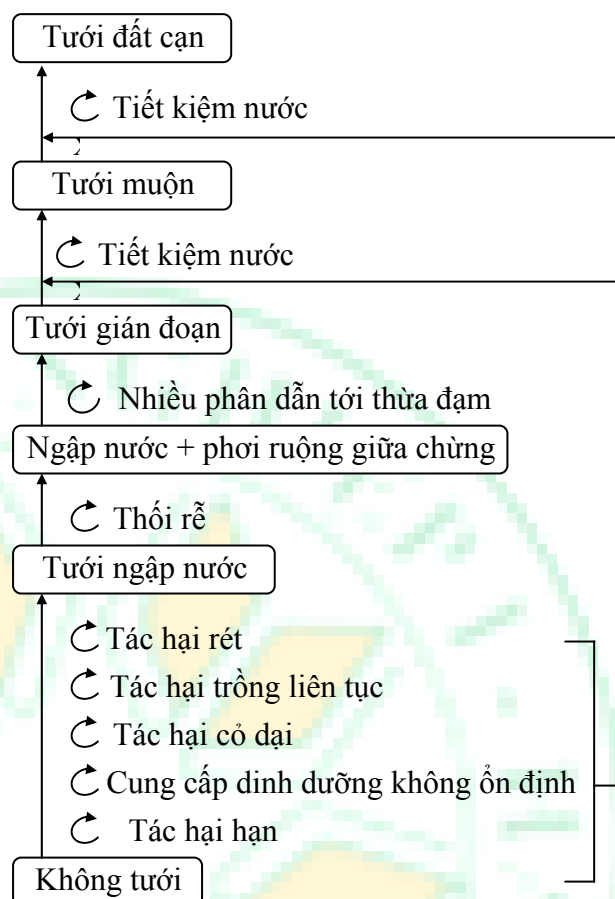
Sự biến đổi cách tưới và ý nghĩa sinh thái của nó

Phần này sẽ đi đến kết luận nhỏ về ý nghĩa sinh thái của các cách tưới nước cho lúa trồng đã nói ở trên. Trồng lúa ở Việt Nam về cơ bản chịu ảnh hưởng của nhiệt độ và lượng mưa. Khí hậu Việt Nam là khí hậu nhiệt đới gió mùa, một kiểu khí hậu thích hợp cho lúa nước sinh trưởng phát triển. Nhưng nhiệt độ và lượng mưa khác nhau tùy theo vùng và biến động rõ rệt theo năm. Để làm dịu những nguy hại do biến động của điều kiện tự nhiên - khô hạn và giá rét, như vẫn thường nói, tưới ngập nước có tác dụng quan trọng. Không chỉ như vậy, tưới ngập nước còn ức chế sự tiêu hao độ màu mỡ của đất, giảm cỏ dại, tránh tác hại do trồng liên tục, hoàn thành vụ sản xuất năm này lại đảm bảo chắc chắn điều kiện tái sản xuất năm sau. Vì thế, ở trạng thái này có thể làm cho sản xuất lúa nước và môi trường của nó phát triển ở trạng thái ổn định hơn (hình 9.3).

Trồng lúa kết hợp tưới ngập nước cổ nhiên có thể làm cho sản xuất ổn định, nhưng cũng đem lại một số tác hại như sinh ra thối rữa. Thối rữa xảy ra ở nhiều vùng ẩm áp, đất ẩm thấp giàu chất hữu cơ hoặc trong ruộng nước có hàm lượng sắt thấp, đó là một trong những nguyên nhân chủ yếu cản trở sản xuất lúa. Vì thế, thực hiện phơi ruộng giữa vụ (làm thoát nước ngầm) phòng chặn thối rữa có tác dụng quan trọng để khắc phục mâu thuẫn do tưới ngập nước. Kết hợp tưới ngập nước và phơi ruộng giữa vụ có thể làm cho năng suất lúa nước tăng lên chủ yếu dựa vào cung cấp nước ổn định và bón nhiều phân. Dựa vào bón nhiều phân để có năng suất cao chủ yếu bị điều kiện khí tượng, độ chiếu sáng và nhiệt độ hạn chế. Nhất là tình trạng chiếu sáng và nhiệt độ thay đổi khác thường theo từng

năm, thường làm cho lúa nước bón nhiều phân ở vào trạng thái quá thừa đạm, hiện tại ngoài cách tưới gián đoạn thúc đẩy sự mất đạm, vẫn chưa có biện pháp thích đáng nào khác. Tưới gián đoạn cố nhiên có thể nâng cao tính thích ứng với sự thay đổi điều kiện khí tượng, do đó ức chế lớp do hút đạm quá thừa, nhưng do cách tưới này có tác dụng ức chế hút đạm tương đối lớn, vì vậy về nguyên tắc chỉ thích hợp với điều kiện trồng trọt nhiều phân. Then chốt của việc tăng năng suất lúa nước là làm thế nào trong điều kiện thời tiết cụ thể, đến gần với lượng hút đạm tốt nhất và loại trừ những chất có hại sinh ra trong đất. Nhiều phân kết hợp với tưới gián đoạn có thể làm cho năng suất lúa nước tiến tới ổn định và từng bước tiến sát gần tới trạng thái ổn định của nó.

Tưới muện và tưới đất cạn có thể hiểu đó là phương hướng phát triển của tưới gián đoạn. Thoát nước có thể giảm bớt thối rữa, nhưng sự cung cấp nước và chất dinh dưỡng vô cơ lại trở nên không đủ do thiếu ổn định. Hiệu quả của các cách tưới này như thế nào, chủ yếu nhất là xem sự cung cấp nước và chất vô cơ có thể ổn định đến mức độ nào. Tiến hành trồng lúa nước ở trạng thái đất cạn, nếu lượng nước trong đất giữ được trạng thái lượng chứa nước đồng ruộng lớn nhất hoặc gần như thế, thì có thể thu được



Hình 9.3. Sự biến đổi cách tưới lúa nước và các nhân tố liên quan với nó

năng suất bằng hoặc thậm chí cao hơn trồng trọt ngập nước. Nhưng tưới đất cạn khó mà thích ứng được với sự thay đổi độ nhiệt và mưa, nhất là chất dinh dưỡng chảy mất khi mưa nhiều, khó bảo đảm cung cấp nước khi mưa. Bộ rễ lúa tương đối nông, lợi dụng được ít chất dinh dưỡng và nước ở lớp đất sâu, nhất là thời kỳ từ hình thành bông đến trổ bông với lượng thoát hơi nước lớn, năng suất chất khô dễ bị giảm do thiếu nước. Sự thay đổi lượng nước trong đất tất nhiên liên quan tới sự hút chất dinh dưỡng vô cơ, nhất là lân và silic trở lên không ổn định. Ngoài ra, môi trường sinh học của lúa nước - cỏ dại, bệnh truyền nhiễm trong đất.... do ở trạng thái không ngập nước (tưới đất cạn hoặc tưới muện) lâu dài sẽ trở nên phức tạp hơn so với trạng thái ngập nước.

Tưới ngập nước sở dĩ được sử dụng rộng rãi vì có thể ức chế cỏ dại và dễ làm cỏ bằng tay hoặc bằng máy. Ở Mỹ và Italia, nhờ tưới nước sâu và luân canh ruộng nước - đất cạn để phòng trừ cỏ dại, có hiệu quả tiết kiệm sức lao động làm cỏ cỏ dại. Điểm này dù kỹ thuật trừ cỏ có phát triển nhảy vọt như ngày nay cũng không cho phép coi thường. Còn nói về sâu bệnh hại lan truyền trong đất, để đảm bảo điều kiện tái sản xuất của lúa nước, tác hại do trồng liên tục là một vấn đề. Lúa nước trồng liên tục lâu dài hầu như không dẫn tới tác hại như cây trồng cạn. Người ta thấy rằng, ở điều kiện tưới đất cạn, hại do trồng liên tục của lúa cạn tuyệt nhiên không nhẹ đi. Trong điều kiện tưới muện cho ngập nước từ thời kỳ hình thành bông, thì không thấy hại do trồng liên tục. Còn khi gieo thẳng ruộng khô (thời kỳ đầu đẻ nhánh ở trạng thái đất cạn) đã thấy có tác hại của một loài tuyến trùng. Tác hại trồng liên tục khác nhau do các điều kiện như loại cây trồng, số năm trồng liên tục, điều kiện khí tượng, đất đai... quyết định; khi tiến hành lâu dài tưới muện ở trạng thái đất cạn thì dễ có khả năng bị hại.

Tóm lại, từ tưới gián đoạn đến tưới muện và phát triển cho đến tưới đất cạn, tất nhiên liên quan tới nhiều vấn đề đã gặp phải trong quá trình không tưới nước đến tưới ngập nước như không ổn định cung cấp nước và chất dinh dưỡng, tác hại của cỏ dại... Những vấn đề này còn đang khó giải quyết với trình độ kỹ thuật hiện nay. Do đó cần phát triển thành một loạt phương thức tưới phù hợp, từ tưới gián đoạn đến tưới muện và tưới đất cạn.

3. Trồng cây thích hợp với vùng đất trồng

Thảm cây thiên nhiên trải qua diễn thế tự nhiên, đa số trở thành quần xã ổn định (climax) với một số loài ổn định nhất thích hợp với điều kiện thích ứng của nó - chủ yếu là điều kiện khí hậu (nhiệt độ, mưa) và đất đai. Còn sự phân bố và năng suất của cây trồng không hoàn toàn do điều kiện tự nhiên quyết định mà còn chịu ảnh hưởng của lịch sử cải tiến phương pháp tạo giống, phương pháp trồng trọt và ảnh hưởng của hoạt động xã hội. Có thể lấy việc trồng lúa ở Việt Nam làm thí dụ để nói rõ sự cải biến cây trồng đúng vùng đất theo sự phát triển của kỹ thuật. Ngô của nước Mỹ cũng là một thí dụ về trồng cây đúng vùng đất trồng. Mục này sẽ bàn về những quan hệ giữa năng suất cây trồng và vùng sinh thái thích hợp.

Biến đổi theo vùng về năng suất lúa của Việt Nam

Bảng 5.3. Năng suất lúa hè thu và đông xuân tại các vùng khác nhau từ năm 1995-2003

Khu vực	Năng suất lúa hè thu (tấn/ha)				
	1995	2000	2001	2002	2003
Đồng bằng sông Hồng	4,17	5,09	4,89	5,30	4,83
Đông Bắc	2,80	3,62	3,77	3,96	4,03
Tây Bắc	2,17	2,45	2,69	2,76	2,91
Bắc Trung Bộ	2,48	2,87	3,24	3,46	3,65
Duyên hải Nam Trung Bộ	2,54	3,05	3,22	3,19	3,45
Tây Nguyên	2,14	2,80	3,05	2,84	3,39
Đông Nam Bộ	2,48	2,69	2,98	3,18	3,25
Đồng bằng sông Cửu Long	2,89	3,12	3,39	3,41	3,67
Năng suất lúa đông xuân (tấn/ha)					
Đồng bằng sông Hồng	4,71	5,97	5,79	5,99	6,13
Đông Bắc	2,95	4,56	4,47	4,65	4,87
Tây Bắc	3,50	4,74	4,77	4,94	5,18
Bắc Trung Bộ	3,65	4,91	4,95	5,32	5,44
Duyên hải Nam Trung Bộ	3,52	4,36	4,49	5,07	5,13
Tây Nguyên	3,85	4,98	4,96	4,28	4,72
Đông Nam Bộ	3,52	3,95	3,94	4,15	4,23
Đồng bằng sông Cửu Long	5,16	5,26	5,04	5,70	5,66

Nguồn: Tổng cục thống kê (2004)

Từ sau Cách mạng tháng Tám (1945) đến nay, năng suất lúa của nước ta tăng lên không ngừng, nhưng sự khác nhau giữa các vùng về năng suất lại rất khác nhau theo thời kỳ và giữa các vùng sinh thái. Bảng 5.3 cho thấy năng suất lúa bình quân ở Đồng bằng sông Hồng và Đồng bằng sông Cửu Long luôn cao hơn các vùng khác, phù hợp với điều kiện địa hình và đất phù sa rất thuận lợi cho sản xuất lúa ở hai vùng này. Mặt khác, năng suất lúa vụ đông xuân có xu hướng cao hơn vụ hè thu tại nhiều vùng của cả nước.

Năng suất lúa nước, trên mặt hình thái có thể biểu thị là: số bông/m² × tỷ lệ chín × khối lượng nghìn hạt. Munekata xét đến đặc trưng hình thái lúa nước thời kỳ trổ bông, độ nhiệt không khí và chiếu sáng ở thời kỳ chín, đề ra công thức tính năng suất sau đây:

$$Y = \alpha \cdot a_v \cdot \frac{N}{N + 50.000} \cdot \frac{S}{S + 500} f(LB, T) \quad (1)$$

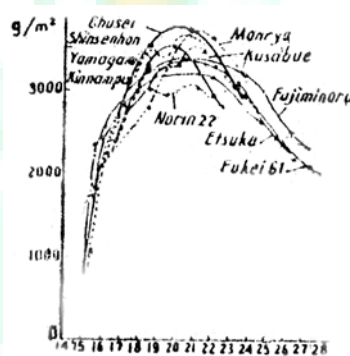
Trong đó:

N: số bông/m²; Y: khối lượng gạo lật; S: lượng chiếu sáng bình quân ngày trong 30 ngày sau khi trổ đều; T: nhiệt độ không khí bình quân ngày (°C) trong 30 ngày sau khi trổ đều; LB: khối lượng phiến lá/m²; F (LB,T): chỉ số hiệu ứng tổng hợp của LB và T so với năng suất (tính được bằng đồ thị tính toán); a_v: hệ số giống; α: chỉ số hiệu ứng của những nhân tố chưa biết ngoài N, LB, S, T, a_v.

Nói chung, năng suất tính ra bằng công thức này tăng lên theo số bông/m² và lượng chiếu sáng tăng lên, trên một địa điểm nào đó thì gần như là nhất định. Nhưng ở thời kỳ chín, khi độ nhiệt không khí cao (27°C trở lên) nếu lượng chiếu sáng mặt trời ở điều kiện 450cal/cm²/ngày, thì lại có tác dụng ngược lại đối với năng suất. Về ảnh hưởng của độ nhiệt ở thời kỳ chín, như hình 10.3 cho thấy, chỉ số năng suất của bất kỳ giống nào cũng đều thành đường cong tối thích mà điểm đỉnh ứng với 20 - 22°C, hơn nữa, đường cong về phía độ nhiệt thấp thì hạ thấp rất nhanh, về phía độ nhiệt cao thì hạ thấp chậm hơn. Matsushima đã nghiên cứu ảnh hưởng của chênh lệch độ nhiệt ngày đêm trong thời kỳ chín đối với tỷ lệ chín của lúa nước. Kết quả chứng minh: tỷ lệ chín cao xuất hiện ở tình hình độ nhiệt ngày 26°C, đêm 16°C (độ nhiệt bình quân 21°C), nếu nhiệt độ/ ngày và nhiệt độ/đêm quá cao hoặc quá thấp, tỷ lệ chín đều giảm thấp. Ngoài ra, nhiệt độ thích hợp lại chịu ảnh hưởng của điều kiện chiếu sáng, chiếu sáng mạnh thêm, độ nhiệt thích hợp cũng cao lên tương ứng.

Như trên đã nói, độ nhiệt tốt nhất, trong thời kỳ chín quyết định năng suất cuối cùng của lúa nước là tương đối thấp, do đó điều kiện độ nhiệt quá cao cũng như độ nhiệt thấp đều có tác dụng ngược đối với năng suất.

Hình 11.3 cho thấy quan hệ của năng suất gạo lật với thời kỳ trổ đều của các vùng khác nhau theo điều kiện khí tượng thời kỳ chín, nói rõ năng suất lúa ở Okayama,

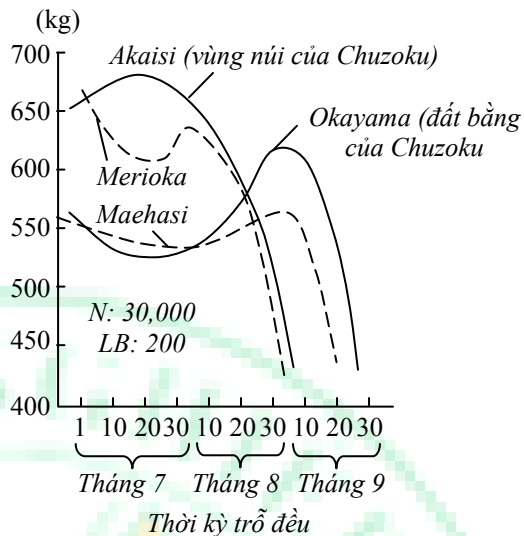


Độ nhiệt không khí bình quân trong 30 ngày sau khi trổ đều

Hình 10.3. Quan hệ của độ nhiệt không khí bình quân trong 30 ngày sau trổ đều và chỉ số hiệu chỉnh năng suất của các giống lúa khác nhau (a^a là số giá có quan hệ với việc trừ hiệu quả chiếu sáng thời kỳ chín)

(Munekata, 1967)

Maehasi nằm ở vùng đồng bằng ẩm áp, nhìn vào thời kỳ trổ đều thích hợp nhất, rõ ràng là thấp hơn ở Akaisi thuộc vùng cao rét hay Morioka ở Đông Bắc. Điều đó có nghĩa là nguyên nhân tăng năng suất với mức độ cao của vùng giá rét như Đông Bắc là ở việc sử dụng ruộng mạ bảo vệ làm cho lúa trổ sớm lên nhiều, làm cho thời kỳ chín kết hợp được với điều kiện chiếu sáng mạnh của tháng 8, hơn nữa độ nhiệt thời kỳ này đúng gần với độ nhiệt thích hợp (21°C). Từ đó cho thấy, vùng thích hợp của cây trồng không phải là không thay đổi, mà thay đổi do cải cách phương pháp trồng trọt.

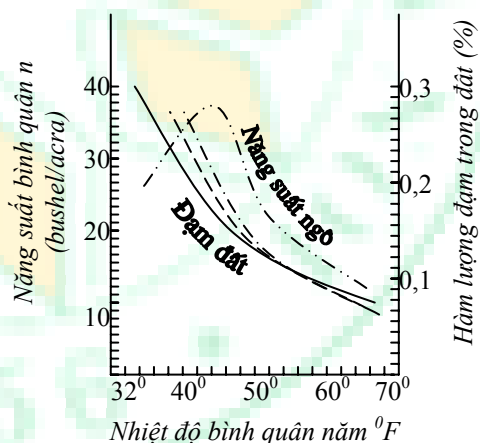


Hình 11.3. Quan hệ giữa năng suất và thời kỳ trổ khác nhau (Munekata, 1967)

Năng suất ngô của nước Mỹ và vùng sinh thái thích hợp

Ở nước Mỹ, người ta dựa vào điều kiện khí tượng và đất đai của môi trường sống khác nhau, tương ứng chia ra: vành đai ngô, vành đai lúa mì đông, vành đai lúa mì xuân, vành đai bông và vành đai cây á nhiệt đới. Từ vùng rừng đến vùng đồng cỏ cao đều có thể trồng ngô một cách rộng rãi, nhất là vùng lầy miền trung Iowa làm trung tâm, là vùng sản xuất ngô chính. Người ta đã phân tích hàm lượng đạm trong đất của các vùng trồng ngô của bang Mixixipi, và đã nghiên cứu quan hệ giữa N% trong đất, nhiệt độ với năng suất ngô (hình 12.3), và thấy hàm lượng đạm trong đất rừng và đất đồng cỏ hạ thấp hàm số mũ theo nhiệt độ tăng lên. Năng suất ngô ở bang Iowa với bình quân năm 10°C (50°F) là cao nhất, nhưng độ nhiệt tăng lên nữa thì năng suất lại thấp xuống và gần thành tỷ lệ với sự giảm N% trong đất. Đó là một trong những nguyên nhân khiến năng suất ngô thấp hơn ở vùng độ nhiệt cao hơn, điều đó nói rõ là do độ nhiệt cao, chất hữu cơ đất bị tiêu hao, tất nhiên giảm dinh dưỡng cho cây trồng.

Mặt khác, khi độ nhiệt bình quân năm trên 10°C , dù N% trong đất rất cao, năng suất ngô vẫn thấp, chứng tỏ nhiệt đã trở thành



Hình 12.3. Quan hệ năng suất ngô với đạm của đất và độ nhiệt (Jenny, 1990)

Ghi chú:

- Năng suất ngô
- N của đất đồng cỏ
- ... N của tầng mặt đất rừng
- .- N của tầng dưới đất rừng

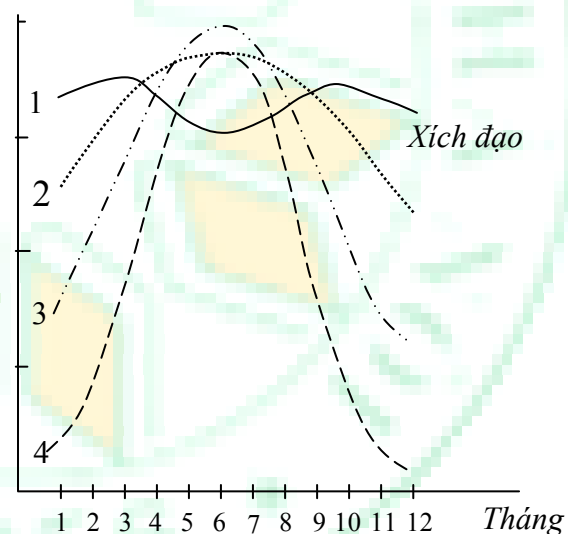
nhân tố hạn chế. Wallace và Brassama cũng cho rằng vành đai băng (vùng độ nhiệt cao phía Nam) nếu đất màu mỡ cũng có thể trở thành vùng ngô mạnh. Họ căn cứ vào các điểm năng suất cao dùng nhiều phân trồng dày đạt 200 bushel/acơ trở lên hầu như đều ở các vùng phía Nam. Do đó có người cho rằng vùng độ nhiệt cao, năng suất ngô thấp có liên quan với tình hình sâu bệnh hại nhiều, nước thiếu do mưa phân bố không đồng đều. Từ đó cho thấy, vành đai ngô của nước Mỹ trên mức độ rất lớn là bị độ màu mỡ của đất hạn chế chịu ảnh hưởng của độ nhiệt, độ ẩm. Klages (1949) cho rằng, một cây trồng nào đó thích ứng với vùng đất nào đó thường biểu hiện là năng suất cao đồng đều và tương đối ít thay đổi qua các năm. Năng suất ngô của các vành đai ngô nước Mỹ cao hơn so với các vùng khác và ít biến động, cũng tức là ngô của vành đai ngô, đúng như quần thể ổn định của thảm cây thiên nhiên climax, giữ được trạng thái tương đối ổn định với môi trường.

4. Sự cân bằng năng lượng của quần thể cây trồng

Khai khẩn rừng và đồng cỏ để mở ra địa bàn có điều kiện chiếu sáng tốt hơn cho cây trồng, tức là sản xuất nông nghiệp đã hình thành. Loài người trong thực tiễn sản xuất nông nghiệp đã chọn ra một số giống cây trồng có khả năng lợi dụng bức xạ mặt trời cao hơn, đồng thời nhờ điều tiết sự cung cấp nước và dinh dưỡng, đã tìm ra con đường lợi dụng năng lượng ánh sáng mặt trời với mức độ ngày càng cao.

Sự phân bố năng lượng ánh sáng và quang hợp của thực vật

Nguồn năng lượng của sinh vật, bắt nguồn trực tiếp hay gián tiếp từ năng lượng bức xạ mặt trời. Thực vật màu xanh lục hấp thụ năng lượng mặt trời, đồng thời lợi dụng hoá năng do CO_2 , nước và chất vô cơ sinh ra trong quá trình quang hợp, tạo thành các loại chất hữu cơ có năng lượng. Năng lượng mà thực vật màu xanh lục cố định được trong hệ sinh thái, được động vật và sinh vật dị dưỡng khác tiêu dùng, biến thành nhiệt và toả đi mất. Cường độ năng lượng mặt trời ở lớp trên khí quyển là khoảng $1,9 \text{ cal cm}^{-2}\text{phút}^{-1}$, gọi là hằng số mặt trời. Cường độ ánh sáng đến mặt đất khác nhau theo vĩ độ. Ở vùng vĩ độ cao, độ cao mặt trời thấp hơn, khoảng cách mà ánh sáng xuyên qua khí quyển dài, cường độ ánh sáng vì thế giảm thấp. Thí dụ lượng tổng bức xạ mặt trời vào tiết xuân phân có lượng mây đều, ở 40° vĩ Bắc thấp hơn 30% so với gần xích đạo.



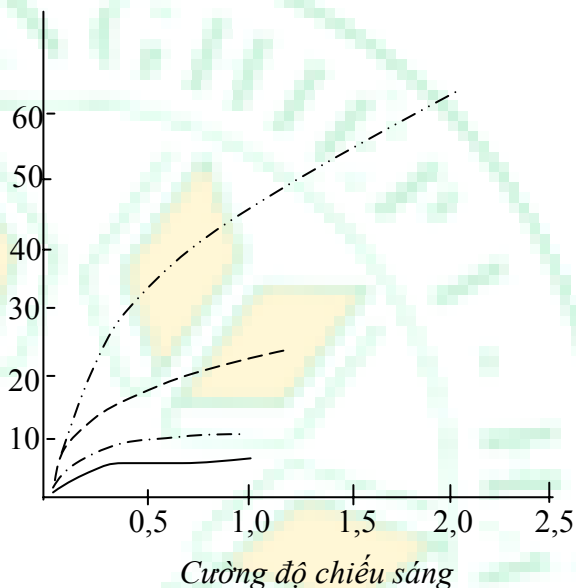
Hình 13.3. Quan hệ của vĩ độ và lượng tổng bức xạ mặt trời (Berliand)
1) Xích đạo; 2) 20° vĩ Bắc;
3) 40° vĩ Bắc; 4) 60° vĩ Bắc

Năng lượng ánh sáng một ngày mà thực vật tiếp thu không những có quan hệ với cường độ ánh sáng mà còn chịu ảnh hưởng của thời gian chiếu sáng. Lượng tổng bức xạ mặt trời của ngày nắng (hình 13.3) ở gần xích đạo cả năm gần như cố định (khoảng 650 cal/cm²/ngày). Ở vùng vĩ độ cao, có thay đổi rõ rệt theo mùa, lượng tổng bức xạ mặt trời vào cuối xuân đến mùa hạ lại nhiều hơn ở gần xích đạo. Tốc độ sinh trưởng và thời gian sinh trưởng của cây trồng ở vùng vĩ độ cao, tuy bị độ nhiệt hạn chế rõ rệt, nhưng chiếu sáng ngày dài và năng lượng ánh sáng phong phú của mùa hạ đủ để bù lại sự hạn chế của độ nhiệt thấp, có tác dụng quan trọng đối với tính ổn định của sản xuất đồng ruộng.

Yếu tố khí hậu, nhất là lượng mây, có ảnh hưởng rất lớn tới điều kiện chiếu sáng. Điều kiện chiếu sáng ở vùng nhiệt đới có sự khác nhau giữa mùa mưa và mùa khô, số giờ chiếu sáng của mùa mưa ít hơn 40 - 50% so với mùa khô.

Bản thân thực vật cũng có thể làm thay đổi điều kiện chiếu sáng của môi trường. Cường độ ánh sáng lọt qua trong quần thể cây trồng giảm theo diện tích lá tăng và cây vươn cao. Quần thể lúa nước sinh trưởng tốt, thân lá xanh tốt, mức lọt sáng giảm còn 20% trở xuống. Cỏ dại trong quần thể cây trồng cạnh tranh với cây trồng, tốc độ phát triển và sinh trưởng của chúng bị sự thay đổi điều kiện chiếu sáng trong quần thể cây trồng chi phối rất lớn.

Thực vật trong quá trình tiến hoá, không ngừng biến đổi để thích ứng với các điều kiện chiếu sáng khác nhau trên mặt đất, qua đào thải tự nhiên một số loài còn sống lại, cùng với ảnh hưởng do con người bồi dục định hướng về mặt nông học, làm cho sự lựa chọn của loài càng nhanh. Sự khác nhau giữa các loài về cường độ quang hợp với cường độ chiếu sáng như hình 14.3, các cây trồng như ngô, mía, cỏ vệt (*Dactylis glomerata*)... trồng ở điều kiện đồng ruộng được mặt trời chiếu sáng tốt có cường độ quang hợp cao hơn một số thực vật như các cây họ thối (*aceraceae*) sống trong hoàn cảnh rừng có sự cạnh tranh về chiếu sáng. Ngoài ra, từ vùng vĩ độ cao chuyển sang vùng nhiệt đới vĩ độ thấp, từ đất thấp chuyển lên núi cao, từ vùng tương đối nhiều mây sang vùng tương đối nhiều nắng cùng vĩ độ, loài thực vật có cường độ quang hợp cao hơn càng nhiều.



Hình 14.3. Sự khác nhau giữa các loài và phản ứng ánh sáng quang hợp (Moss, 1963)

Ghi chú:

- — — Ngô
- - - - Cỏ vệt (cỏ ba lá đỏ, cải đường, thuốc lá)
- Cây sồi (*Quercus L.*) nhiều loài thực vật thân gỗ
- Cây họ thối (*Aceraceae*) (thực vật chịu râm)

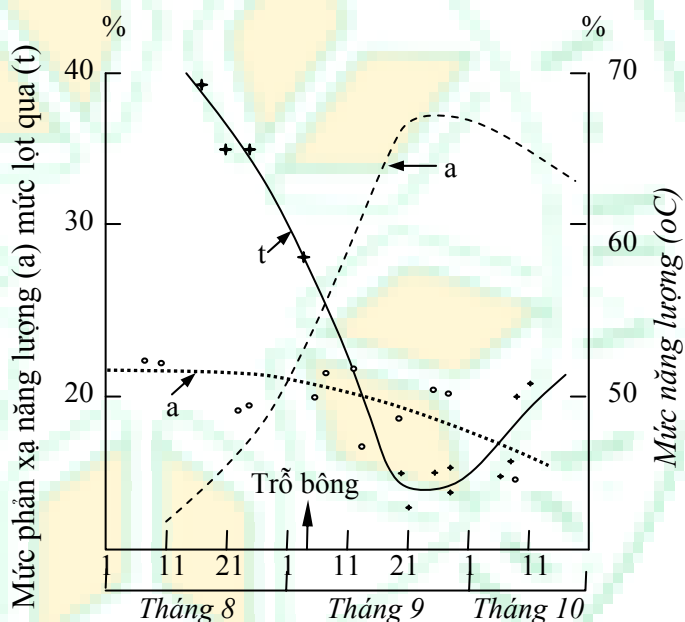
Thí dụ, các thực vật C_4 như ngô, mía miễn gốc ở nhiệt đới trồng ở điều kiện chiếu sáng mạnh, cường độ quang hợp của chúng cao hơn các thực vật C_3 ^(1[1]) gốc ôn đới như lúa mì, luzec hoa tím, cải đường, thuốc lá; hơn nữa, phạm vi thích ứng nhiệt của quang hợp cũng cao hơn. Thực vật C_4 còn có đặc tính sinh lý là nhu cầu nước để sản xuất 1 gam chất khô ít hơn so với thực vật C_3 . Trong thực vật núi cao thường có những loài có cường độ quang hợp cao hơn, có thể đạt $100 \text{ mgCO}_2/\text{cm}^2 \text{ h}$.

Cỏ đại chủ yếu trên đồng ruộng thường là thực vật C_4 , ở điều kiện chiếu sáng mạnh, cường độ quang hợp cao. Cỏ đại sở dĩ sinh tồn được trong ruộng không những vì chúng có tính thích ứng rộng hơn với nước và nhiệt độ, thân lá và rễ phát triển nhanh, tốc độ và số lượng nảy mầm của hạt giống cao, mà còn có quan hệ chặt với việc chúng có thể lợi dụng được đầy đủ điều kiện chiếu sáng tốt của đồng ruộng và có cường độ quang hợp mạnh.

Mức hút và hiệu suất sử dụng năng lượng của quần thể cây trồng

Như đã nêu ở trên, thực vật trong quá trình tiến hoá lâu dài một số loài thích ứng được với điều kiện chiếu sáng được chọn ra. Các loài thực vật này trong thời gian sinh trưởng tương đối ngắn nhờ mở to phiến lá và vươn cao cây lên, hút và cố định năng lượng ánh sáng với mức độ lớn nhất.

Hình 15.3 là sự cân bằng năng lượng của quần thể lúa nước ở trạng thái sinh trưởng bình thường (chỉ số diện tích lá lớn nhất là 3,5). Ánh sáng chiếu tới trong quần thể, một phần từ tầng mặt quần thể phản xạ đi, tương đương với 17 ~ 20% của ánh sáng chiếu vào, trong suốt thời gian sinh trưởng, chênh lệch rất nhỏ.



Hình 15.3. Sự chuyển đổi cân bằng năng lượng trong quần thể lúa nước (Murata và ctv., 1968)

(^{1[1]}) Thực vật C_3 ở giai đoạn đầu khử CO_2 đã tạo ra $\text{PGA}(\text{C}_3)$ của đường cacbon từ RuDP (ribulodifofat). Trái lại, thực vật C_4 sinh ra từ axit oxaloaxetic (C_4) của đường 4 cacbon từ DEF (fotfoenola piruvat). Thực vật C_3 có hệ hô hấp ánh sáng nhỏ CO_2 dưới điều kiện ánh sáng mặt trời; thực vật C_4 không có hệ hô hấp ánh sáng. Trong quang hợp của thực vật C_3 có hô hấp ánh sáng xem ra là vô dụng, hiện nay ý nghĩa sinh học của hoạt động đó vẫn chưa rõ ràng. Về đặc trưng giải phẫu hình thái, lá của thực vật C_4 có bao bó mạch có diệp lục, thực vật C_3 không có mô này. Vì thế, việc có hay không có bao bó mạch có diệp lục là một dấu hiệu quan trọng có thể phán đoán một cây chưa biết nào đó thuộc thực vật C_3 hay C_4 . Phần nhiều thực vật gốc ở nhiệt đới là thực vật C_4 nhưng lúa nước là ngoại lệ, thuộc thực vật C_3 .

Mức hút năng lượng của quần thể tăng theo sự sinh trưởng phát triển, sau khi trổ bông khoảng 20 ngày, đạt đến trị số lớn nhất, khoảng 70%. Mức lọt qua và mức hút đại thể là có quan hệ nghịch, khi thân lá xum xuê nhất, mức lọt qua giảm nhiều, tương đương dưới 20% ánh sáng chiếu vào. Sự biến đổi về cân bằng năng lượng này có quan hệ chặt chẽ với sự tăng giảm diện tích lá, trổ bông và sự biến đổi hình dạng cây tương ứng.

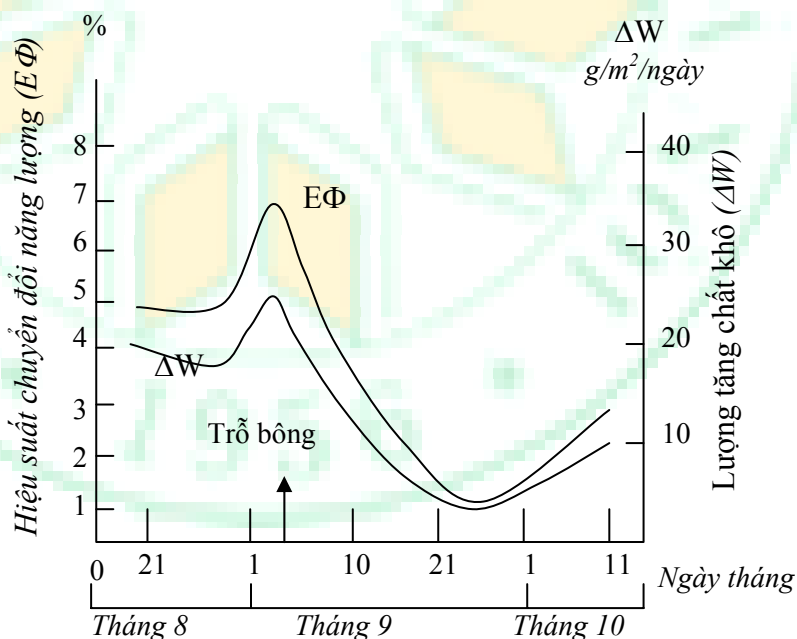
Nhưng mức hút năng lượng ánh sáng của lá lại có khác biệt rõ rệt do bước sóng của quang phổ mặt trời. Theo Gates và Loomis (1965), mức hút của lá ở vùng màu xanh da trời ($0,4 \sim 0,5 \mu\text{m}$) là 80 - 95 %, vùng màu xanh lục ($0,5 \sim 0,6 \mu\text{m}$) là 60 - 80 %, vùng màu đỏ ($0,6 \sim 0,7 \mu\text{m}$) là 80 - 90% còn ở vùng hồng ngoại ($0,7 \sim 1,1 \mu\text{m}$) thì chỉ hút 5%, phần lớn năng lượng ánh sáng mất đi theo phản xạ hoặc lọt qua. Điều đó cho thấy lá là cơ quan quang hợp có đặc tính hút lựa chọn đối với năng lượng của bước sóng hữu hiệu ($0,4 \sim 0,7 \mu\text{m}$) để tiến hành các phản ứng quang hoá học.

Trong số năng lượng ánh sáng mà quần thể cây trồng hút thì bao nhiêu năng lượng được quang hợp cố định? Biểu thị bằng hiệu suất chuyển đổi năng lượng ($E\Phi$) và hiệu suất sử dụng năng lượng ($E\mu$) như sau:

$$E\Phi = \frac{K \cdot \Delta W}{\Sigma \alpha \cdot S} \quad E\mu = \frac{K \cdot \Delta W}{\Sigma S}$$

K: nhiệt đốt 1 gam chất khô, lúa nước là khoảng 3.760 cal/g, suốt trong thời gian sinh trưởng hầu như không thay đổi; ΔW : lượng tăng chất khô (g/m^2); α : tỷ suất hút năng lượng; S: lượng chiếu sáng của mặt trời ($\text{cal/m}^2/\text{ngày}$).

Hình 16.3 chỉ rõ hiệu suất chuyển đổi năng lượng ($E\Phi$) tương ứng với sự sinh trưởng phát triển của quần thể lúa nước. Trước khi trổ bông có trị số khoảng 4,7%, thời kỳ trổ bông là 6,9%, là trị số lớn nhất, sau đó giảm rất nhanh. Nói một cách khác, trong số năng lượng ánh sáng được hút quang hợp cố định được không quá 7% (hiệu suất sử dụng năng lượng là 3,7%), phần rất lớn năng lượng hút được bị mất đi qua bốc hơi nhiệt và phóng xạ nhiệt.



Hình 16.3. Sự chuyển đổi hiệu suất chuyển đổi năng lượng trong quần thể lúa nước (Murata và ctv, 1968)

Hình 16.3 cho thấy, hiệu suất chuyển đổi năng lượng sau khi trở thấp đi rất nhanh là do:

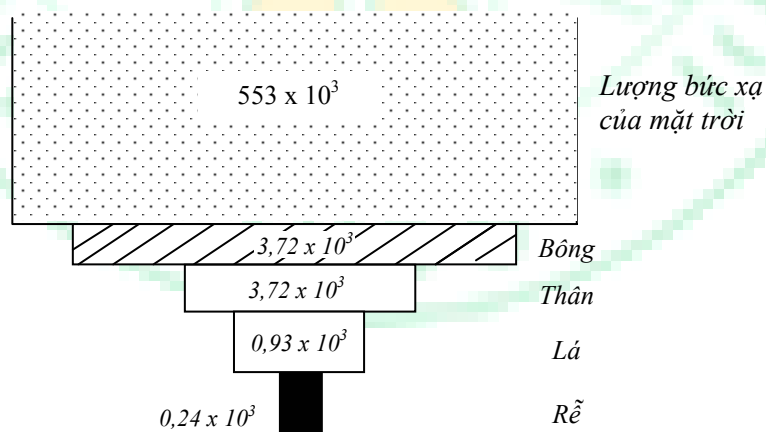
- 1/ Lá hoá già dẫn đến hạ thấp cường độ quang hợp.
- 2/ Cường độ quang hợp của bông thấp nhưng hút ánh sáng lại tăng.
- 3/ Góc mở của lá đã nằm ngang làm giảm hiệu suất sử dụng năng lượng ánh sáng.

Do đó, một trong những phương pháp nâng cao hiệu suất chuyển đổi năng lượng là phải chọn giống sau khi trở bông có tư thế thu nhận ánh sáng tốt và bón phân hợp lý để nâng cao cường độ quang hợp.

5. Sự chuyển hoá năng lượng của đồng ruộng

Trong số năng lượng cố định nhờ quang hợp, có một phần bị tiêu hao để duy trì các hoạt động sống của thực vật, như sinh tổng hợp và vận chuyển vật chất protit, lipit, nhiều loại đường và sự sinh trưởng, sinh sản của bản thân thực vật. Trong đó, tỷ lệ lượng hô hấp so với tổng lượng quang hợp có sự khác nhau do tỷ lệ giữa phần đồng hoá và phần không đồng hoá của quần thể, do điều kiện nhiệt độ, điều kiện phân bón... theo nghiên cứu ở quần thể cây trồng, hàng năm là khoảng 30 ~ 40%. Trong số chất hữu cơ mà cây trồng sản xuất ra có tới 70 ~ 90% bị lấy ra khỏi đồng ruộng. Lượng để lại đồng ruộng như lá rụng, gốc, rễ... rất ít. Trong các cây trồng, tỷ lệ giữa lượng để lại so với toàn bộ lượng chất hữu cơ, đạt lớn hơn cả là cây đậu tương, khoảng 30%; lúa cạn, ngô, khoai,... chỉ khoảng 10 - 20%.

Chất hữu cơ thu hoạch từ đồng ruộng, làm thức ăn cho người và gia súc, trong đó có một phần phân chuồng và phân rác trả lại đồng ruộng, cùng với lượng chất hữu cơ còn lại trên đồng ruộng được vi sinh vật phân giải, biến thành nhiệt và toả vào không trung.



Hình 17.3. Lượng tích trữ năng lượng cố định của lúa nước trong các bộ phận (kcal/m²)

Ghi chú: Hình 17.3. căn cứ vào số liệu của Trại thử nghiệm nông nghiệp Nagano thực hiện theo "Chương trình sinh học quốc tế ở Nhật Bản" (JIBP)^(2[2]) và nhóm nghiên cứu năng suất lục địa (PP)^(3[3]), mẫu lấy là giống lúa Mantya, thời kỳ lấy mẫu là 27 tháng 9 (lúa chín), trị số biểu thị bằng kcal/m². Năng lượng tích trữ của các cơ quan tính theo lượng nhiệt toả ra khi đốt (cal/g) × lượng chất khô (g/m²). Nhiệt đốt cháy: bông = 4.040, lá tươi = 3.930, lá khô = 3.580, thân (kể cả bẹ lá) = 3.400, rễ = 3.330.

Bảng 6.3 trình bày mối quan hệ giữa năng suất chất khô và hiệu suất sử dụng năng lượng của các loại cây trồng khác nhau nhằm phân tích quan hệ của điều kiện khí tượng và sản lượng cây trồng trong điều kiện Nhật Bản. Năng suất cây trồng ở đây đạt đến mức khá cao so với các nông hộ thông thường. Hiệu suất sử dụng năng lượng có sự khác biệt tùy cây trồng, ngô là cao nhất, đậu tương là thấp nhất. Hiệu suất sử dụng năng lượng cao nhất mà các thí nghiệm đó đạt được như sau: Lúa nước 1,64%, đậu tương 1,13%, ngô 2,18%, cải đường 1,8%. Hiệu suất sử dụng năng lượng tính theo năng suất kinh tế thì cải đường là cao nhất, đậu tương thấp nhất, theo toàn bộ lượng chất khô, thì trị số này là 1/2 - 1/3 hiệu suất sử dụng năng lượng.

Bảng 6.3. Quan hệ năng suất chất khô và hiệu suất sử dụng năng lượng của các loài cây trồng khác nhau (JIBP/PP, 1970)

Hạng mục Loài cây trồng	Lượng chất khô (tấn/ha)		NAR ^(4[4]) (g/m ² diện tích lá/ngày)		Trọng lượng hạt (trọng lượng củ) (tấn/ha)		Hiệu suất sử dụng năng lượng (%)	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
Lúa	15,05	14,64	11,54	15,86	6,08	6,33	1,17	1,26
Đậu tương	7,28	9,99	7,60	8,05	2,87	2,76	0,17	0,81
Ngô	18,38	16,68	16,66	13,35	9,07	7,56	1,52	1,36
Cải đường	16,37	20,01	9,67	10,28	10,17	12,27	1,16	1,18

Ghi chú: Hiệu suất sử dụng năng lượng là trị số lấy được trong suốt cả thời gian sinh trưởng. NAR là trị số lớn nhất.

Trong điều kiện khí hậu Việt Nam, nếu trồng trọt thâm canh với các cây trồng thì hiệu suất sử dụng năng lượng của chúng có thể mong muốn đạt từ 2,5 đến 5,0 trên đất tốt (đất màu mỡ, thâm canh cao) và từ 1,5 đến 3,5 trên đất bạc màu, ít được thâm canh (bảng 7.3). Đồng thời hiệu suất năng lượng cũng khác nhau theo thời vụ và loài cây trồng. Từ đó cho thấy, trong điều kiện khí tượng Việt Nam, trị số giới hạn trên của hiệu suất sử dụng năng lượng có thể đạt được với tiền đề các giống cây trồng và phương pháp trồng trọt hiện có từ 5,0% trở lên sẽ tăng thêm không được bao nhiêu.

^(2[2]) JIBP (Japan International Biological Programme): Chương trình sinh học quốc tế Nhật Bản.

^(3[3]) PP: Nhóm nghiên cứu năng suất lục địa

^(4[4]) NAR (Net Assimilation Rate): Suất đồng hoá thuần (còn gọi là hiệu suất quang hợp thuần)

Bảng 7.3. Các giá trị cực đại của hệ số sử dụng hữu hiệu bức xạ quang hợp trong điều kiện của Việt Nam

Cây trồng	Vụ trồng	Hệ số sử dụng hữu hiệu bức xạ quang hợp		Hệ số kinh tế	Năng lượng thu được khi đốt cháy 1g chất khô
		Đất màu mỡ, thâm canh cao	Đất bạc màu, ít thâm canh		
Lúa	Đông xuân	3,00	1,50	0,55	3.760
	Hè	2,85	1,50	0,50	
Ngô	Đông	4,50	2,50	0,30	3.660
	Xuân	4,50	1,50	0,30	
	Hè thu	2,50	1,50	0,25	
Đậu tương	Đông xuân	2,50	1,50	0,34	4.100
	Thu đông	2,50	1,50	0,34	
Lạc	Đông xuân	2,50	1,50	0,57	3.000
	Hè thu	2,50	1,50	0,40	
Khoai tây	Đông xuân	5,00	3,50	0,71	1.000

Nguồn: Trần Đức Hạnh và cộng tác viên, 1997

Có thể căn cứ vào trọng lượng khô của các cơ quan cây trồng, kể cả lượng chất khô của cây trồng để suy ra năng lượng mà cây trồng đồng ruộng cố định được đã chuyển hoá theo hướng và mức độ như thế nào. Nhưng chính xác hơn vẫn phải biểu thị bằng năng lượng. Thí dụ, tính toán năng lượng của các cơ quan lúa nước (như hình 17.3), có thể thấy trong số năng lượng được cố định, 53% ở phần bông, 44% ở thân lá, 2% ở phần rễ. Phần rất lớn bông và thân lá làm nguồn năng lượng của người và gia súc, bị lấy ra khỏi đồng ruộng, do đó nếu không có phân chuồng, phân rác để trả chất hữu cơ lại đồng ruộng, thì nguồn năng lượng cho vi sinh vật đất ruộng, nói chung, chỉ có dưới 10% số năng lượng mà cây trồng cố định được. Do giảm bớt nguồn năng lượng cho vi sinh vật đất, dẫn đến làm xấu dần đặc tính lý - hoá của đất liên quan tới hoạt động của vi sinh vật đất, và ảnh hưởng tới sản xuất cây trồng.

6. Tuần hoàn vật chất của đồng ruộng

Chức năng của hệ sinh thái gồm chủ yếu các giai đoạn sau:

- (1) thực vật màu xanh lục hút năng lượng ánh sáng, sản xuất chất hữu cơ;
- (2) động vật và thực vật dị dưỡng tiêu dùng và dị hoá chất hữu cơ;
- (3) dưới tác dụng của vi sinh vật, chất hữu cơ bị phân giải thành chất vô cơ và dạng thích ứng. Trong đó, quá trình sản xuất chất hữu cơ của thực vật xanh lục và quá trình

phân giải của vi sinh vật là không thể thiếu được đối với sự duy trì chức năng của hệ sinh thái, hơn nữa hai quá trình đó phải giữ được quan hệ cân bằng động thái.

Giữa sinh vật và môi trường có đến vài chục loại trao đổi chất, đó là một số nguyên tố cần thiết cho thực vật như C, H, O, P, N, K, S, Zn, Cu, Mn, Fe, B, Mo, Ca, Mg... Trong các nguyên tố này, thiếu bất kỳ một nguyên tố nào, đời sống sẽ có thể bị ngừng lại. Nguồn C là ở CO_2 ; nguồn O ở O_2 , CO_2 và H_2O ; H ở H_2O ; N lấy từ các hợp chất đạm hoá trong đất như muối NO_3 và muối NH_4 , suy cho cùng là từ N_2 trong không khí, các nguyên tố khác đều lấy từ chất khoáng trong đất, tốc độ cung cấp những vật chất đó cho thực vật chịu ảnh hưởng của lượng cung cấp và tính hữu hiệu. Hàm lượng CO_2 trong không khí chỉ là 0,03% nhưng do hô hấp của sinh vật, hoạt động của núi lửa, toả ra từ các đại dương, đốt cháy than và dầu... mà được cung cấp không ngừng, do đó nói chung có thể cân bằng được giữa tiêu thụ và cung cấp cho hoạt động quang hợp của thực vật. O_2 trong không khí hết sức phong phú, trong môi trường lục địa, trừ ở loại đất kém thông khí ra, O_2 hầu như không phải là một nhân tố hạn chế. N và H_2O mặc dù có phong phú, nhưng lượng hữu hiệu trong đất có thể cung cấp cho thực vật trực tiếp hút nếu không quá ít thì lại quá thừa, dễ dẫn đến gây tác hại, có ảnh hưởng rất lớn đối với chức năng của thực vật. Lượng cung cấp các nguyên tố như P, K, Zn... có sự khác biệt rõ rệt tùy thuộc điều kiện đất. Ở một vùng nhất định, do thiếu các thành phần dinh dưỡng này mà ảnh hưởng rất lớn đến năng suất cây trồng. Nhưng so sánh với N và H_2O thì thường lượng cung cấp của chúng tương đối ổn định. Do đó, dưới đây chủ yếu lấy N và H_2O để nói rõ sự tuần hoàn vật chất của đồng ruộng.

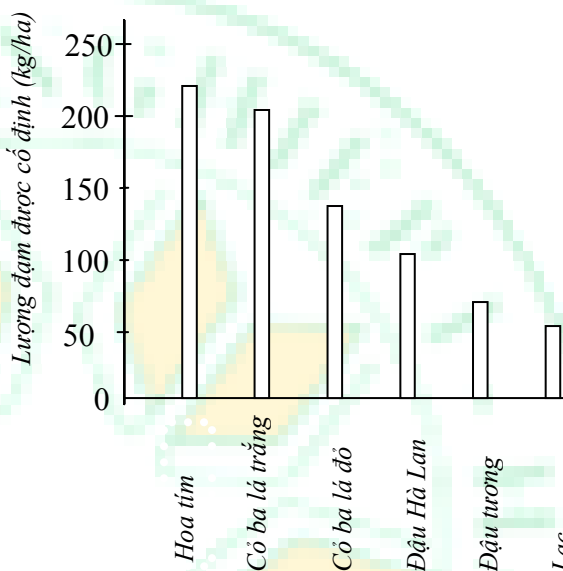
Tuần hoàn của đạm

Cố định đạm từ trong không khí: Đạm mà thực vật sử dụng suy cho cùng là bắt nguồn từ đạm ở dạng phân tử trong không khí. Nhưng rất nhiều thực vật không thể trực tiếp lợi dụng đạm ở dạng phân tử, chỉ hút đạm của hợp chất đạm hoá như muối nitrat và muối amon. Có những loài thực vật có thể cố định đạm từ trong không khí, như vi khuẩn nốt sần cộng sinh với cây bộ đậu, tảo xanh, loài vi khuẩn quang hợp và vi sinh vật dị dưỡng *Azotobacter*, *Clostridium*... Những sinh vật cố định được đạm này có tác dụng quan trọng đối với sự cân bằng đạm của tự nhiên.

Khuẩn nốt sần cộng sinh với cây bộ đậu tiếp thu hợp chất glucit từ ký chủ, làm nguồn năng lượng cần thiết để khử đạm dạng phân tử, rồi lại trả axit amin tạo ra cho ký chủ. Lượng đạm cố định được của khuẩn nốt sần có sự khác nhau do chủng loại ký chủ và dòng khuẩn. Như hình 18.3 cho thấy, trong số những cây bộ đậu, luzec hoa tím, cỏ ba lá trắng có lượng đạm cố định được tương đối cao, có thể vượt 200 kg/ha, lạc và đậu tương cũng được khoảng 50 kg/ha. Lượng đạm cố định được của luzec hoa tím có thể đạt đến bằng 2-3 lần lượng hút của thực vật không phải bộ đậu lấy ở đất trong một năm, điều đó nói rõ việc đưa cây bộ đậu vào hệ thống luân canh có hiệu quả giữ độ màu mỡ của đất như thế nào. Trong những vi sinh vật không cộng sinh, có các vi khuẩn dị dưỡng có thể cố định đạm như *Azotobacter*, *Clostridium*, *Aerobacter*; các vi khuẩn quang hợp cố định đạm là *Rhodospirillum*, *Chromotium*, *Chlorobium*, *Rhodomicrobium*; tảo xanh

cố định đạm là *Nostoc*, *Calothrix*. Trong số các vi sinh vật này, lượng đạm cố định của *Azotobacter*, *Clostridium* và tảo xanh tương đối cao. Tảo xanh thích ứng được điều kiện môi trường khá rộng, nhất là dễ phát triển trong nước. Tảo xanh cố định đạm có thể nâng cao hàm lượng đạm của ruộng nước, đã được nêu rõ từ năm 1943. Sau Chiến tranh thế giới lần thứ hai, người ta đã phát hiện nhiều loài tảo xanh ở vùng nhiệt đới, có năng lực cố định đạm tương đối cao, đã tiến hành thí nghiệm cấy giống nhiều lần trên đồng ruộng.

Kết quả chứng minh rằng, khi tảo xanh sinh trưởng phát triển tốt, đã tăng cao lượng hút đạm của lúa nước, năng suất thóc tăng 5-15%. Độ nhiệt thích hợp cho sinh trưởng của tảo xanh là 30 - 35°C và cần chiếu sáng đầy đủ cho quang hợp. Ruộng nước ở vùng nhiệt đới Đông Nam Á, Ấn Độ... có điều kiện thích hợp cho tảo xanh sinh trưởng phát triển. Do đó, tảo xanh có tác dụng quan trọng đối với sự cân bằng đạm của ruộng nước. Vi sinh vật không cộng sinh ở đây như *Azotobacter*, *Clostridium* đều lợi dụng năng lượng tự do khi chất hữu cơ oxi hoá, vừa khử đạm, vừa tạo ra hợp chất cần cho các khuẩn thể. Vì thế, lượng đạm cố định được của các vi khuẩn này dễ bị ảnh hưởng của điều kiện chất hữu cơ do rễ tiết ra và những mô rụng ra, đáp ứng cho sự sinh trưởng của *Azotobacter* và *Clostridium*. Theo ước tính, năng lực cố định đạm của các vi khuẩn này là khoảng 7 kg/ha. Như vậy, lượng cố định đạm của các vi sinh vật không cộng sinh này thấp hơn khuẩn nốt sần.

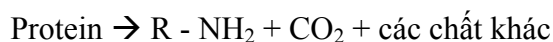


Hình 18.3. Lượng đạm cố định được của cây bộ đậu (Erdman, 1959)

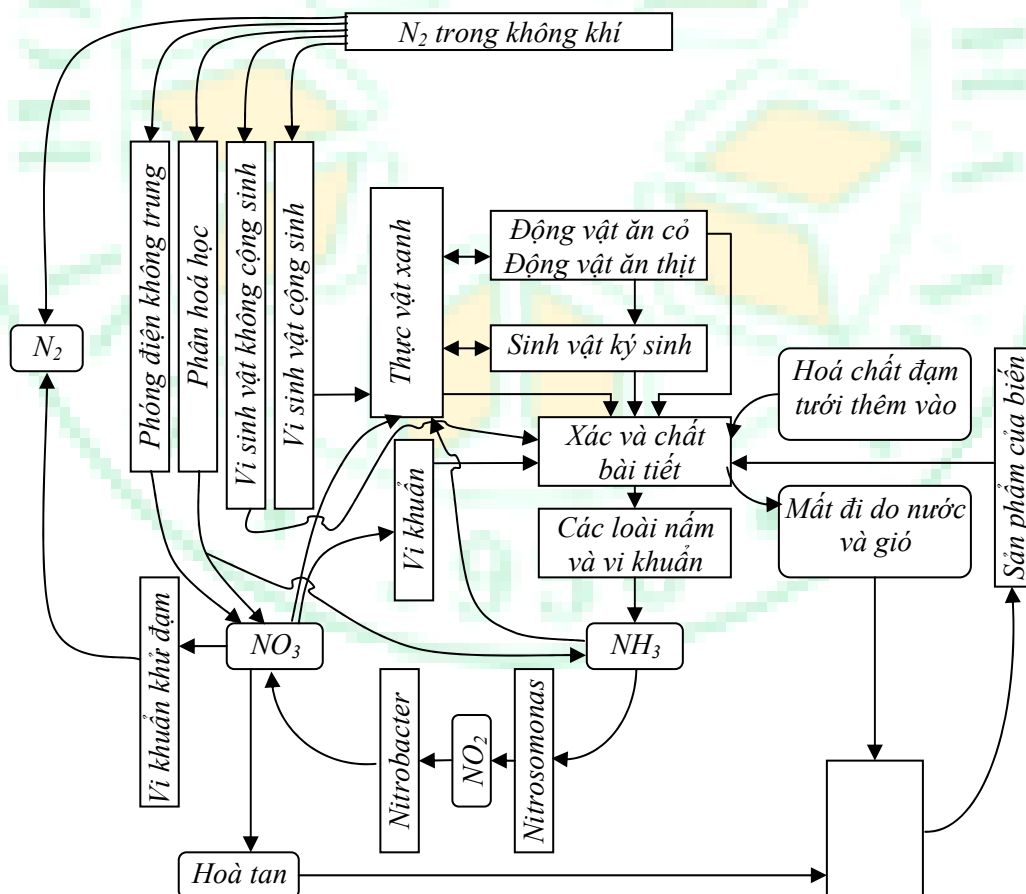
Ghi chú: Trích dẫn của Tisdale và Nelson;
Dinh dưỡng đất và phân bón

Ngoài đạm cố định do sinh vật ra, còn có axit nitric, amon... do mưa cung cấp. Có amon trong không khí là do khí thải của các nhà máy và amon bốc hơi từ mặt đất. Axit nitric có từ hiện tượng phóng điện trong không khí và khí thải của các nhà máy. Theo nhiều tài liệu thì sự cung cấp đạm nước mưa dao động từ 1 - 62kg/ha/năm, phần nhiều là dưới 10kg/ha.

Phân giải chất hữu cơ và quá trình chuyển biến: Các hợp chất đạm trong xác và chất bài tiết của động vật và thực vật bị một số loại nấm và vi khuẩn phân giải, qua hợp chất amon và axit amin biến thành muối.

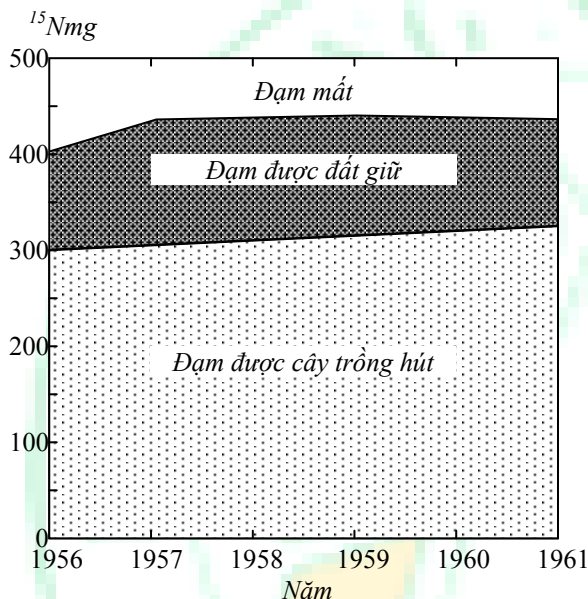


Những vi sinh vật tham dự các quá trình phân giải này, trong đất khô hạn chủ yếu là các loài khuẩn, còn trong đất ẩm ướt và ngập nước thì vi khuẩn có tác dụng chính. Những biến đổi sau khi tạo thành amôn là: (1) dưới tác dụng của vi khuẩn nitrat hoá, qua oxi hoá axit hữu cơ thành axit nitric, (2) trực tiếp cho thực vật hấp thu; (3) để cho vi sinh vật dị dưỡng phân giải glucit. Trong đất thông khí tốt, amôn hầu như chuyển toàn bộ thành nitrat. Nitrat hoá chia làm hai giai đoạn: quá trình $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ và quá trình $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$. Các quá trình oxi hoá này được hoàn thành nhờ hoạt động của vi khuẩn dị dưỡng. Dưới tác dụng của *Nitrosomonas*, amon biến thành muối nitric dưới tác dụng của *Nitrobacter*, muối nitric oxi hoá thành muối nitrat. Các vi sinh vật này lợi dụng năng lượng tự do khi oxi hoá axit nitơ và amôn để tiến hành khử CO_2 , nên có thể sinh sống được chỉ bằng chất vô cơ. Trong quá trình amôn biến thành nitrat, về cơ bản là cần oxi, cho nên ở điều kiện kỵ khí, vi khuẩn nitrat hoá sẽ không hoạt động. Tuần hoàn đạm ở điều kiện kỵ khí, amon có hình thành cũng sẽ ngừng lại. Trong đất thông khí tốt, tốc độ oxi hoá từ NO_2 sang NO_3 nhanh hơn tốc độ hình thành NH_3 sang NO_3 , hơn nữa tốc độ hình thành NO_2 nhanh hơn tốc độ NH_3 , do đó NO_3 được tích lũy trong đất. Nói chung, thực vật sinh trưởng trên đất khô hạn được bón muối nitrat thì sinh trưởng tốt hơn so với bón muối amon. Ngược lại, lúa nước ở ruộng ngập nước thì bón muối amôn tốt hơn. Điều này có liên hệ chặt chẽ với các hợp chất đạm chủ yếu của môi trường.



Hình 19.3. Quá trình chủ yếu của tuần hoàn đạm trong tự nhiên

Phần lớn nitrat nói trên được thực vật hút, phần còn lại bị mất đi do mưa rửa trôi và tác dụng phản nitrat hoá. Khi nước trong đất ở trạng thái bão hoà do mưa hoặc ngập nước, do thiếu ôxi mà sinh ra phản nitrat hoá. Có thể nêu ra một số khuẩn phản nitrat hoá: *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Bacillus*... Chúng lấy O_2 từ NO_2 , khử thành N_2 và thoát ra khỏi đất. Hình 19.3 là quá trình chủ yếu của tuần hoàn đạm trong tự nhiên. Hợp chất đạm mà thực vật hút từ đất, một phần như gốc rễ được trả lại đất, phần còn lại được động vật và thực vật dị dưỡng tiêu thụ, lại biến thành các chất bài tiết và xác và trả lại đất. Những chất hữu cơ này dưới tác dụng của nhiều loài vi sinh vật, nấm, bị khử thành đạm ở dạng hữu hiệu.



Hình 20.3. Quan hệ về bón phân hoá học và cân bằng đạm của đất (Jansson, 1963)

Ghi chú: Trích từ Soil - Plant Relationship của Black

Trên thực tế trong tuần hoàn này, đạm bị mất đi khá nhiều. Phần lớn phân người và gia súc theo nước thải chảy ra biển; do tưới, do mưa mà số lớn đạm trong đất bị rửa trôi, cuối cùng chảy vào biển. Số đạm này, một phần được trả lại bằng phân bón có nguồn gốc từ sản phẩm của biển, nhưng phần rất lớn là ở dạng mà thực vật lục địa hầu như không thể sử dụng được nữa, nghĩa là bị loại ra ngoài hệ thống tuần hoàn. Đạm cố định bằng con đường sinh học nhờ khuẩn nốt sần của cây họ đậu và vi sinh vật không cộng sinh, đạm cố định, do phóng điện trong không khí và đạm của phân hoá học được sử dụng đã bù đắp những mất mát đạm như vậy, nhờ đó mà giữ được cân bằng đạm của môi trường lục địa.

Quan hệ của việc dùng phân hoá học và sự cân bằng đạm trong đất: Sự cân bằng đạm của đồng ruộng bị nhiều nhân tố hạn chế. Dưới tác dụng của vi sinh vật, chất hữu cơ của đất biến thành chất vô cơ hoặc chất vô cơ biến thành chất hữu cơ, sự hút đạm của thực vật và sự khử xác hữu cơ, sự mất đạm do phản nitrat hoá và bốc hơi và sự cố định đạm của khuẩn nốt sần hay vi khuẩn, mất do rửa trôi và được do bón phân, mất do nước và gió cuốn và được do tưới..., quan hệ giữa các nhân tố này vô cùng phức tạp. Người ta đã dùng ^{15}N để phân tích về biến đổi số lượng giữa chúng. Jansson (1963) đã quan sát trong khoảng thời gian 6 năm về ảnh hưởng của việc bón phân đạm đối với cân bằng đạm của đất. Trong thực nghiệm này, đậu Hà Lan được bón $NaNO_3$, $(NH_4)_2SO_4$ đánh dấu bằng ^{15}N , đã trồng 6 năm để nghiên cứu động thái của ^{15}N . kết quả đo $Na^{15}NO_3$ như hình 21.3.

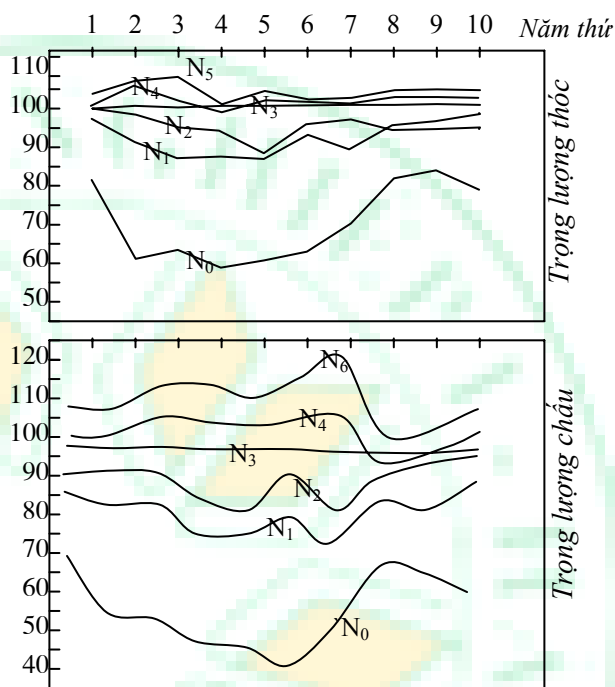
Năm đầu bón 500 mg ^{15}N vào 5,5, kg đất cát, sau đó dùng phân thường để trồng trọt. Trong thực nghiệm, phần rửa trôi do mưa đều được trả lại cho đất. Như hình 20.3

cho thấy, thoát đầu ^{15}N bón vào có 57% được cây trồng hút, 17% toả mất vào không khí, còn lại 26% ở lại trong đất, mà phần lớn là đạm đã hữu cơ hoá. Năm thứ hai về sau, ^{15}N còn lại được cây trồng hút với tỷ lệ rất thấp, chỉ bằng 2,6 - 3,9% hàm lượng trong đất lúc bắt đầu trồng. Với tỷ lệ như vậy thì phải 20 năm mới thu về được một nửa N đánh dấu. Điều đó nói rõ một khi đạm đã hữu cơ hoá thì việc vô cơ hoá sẽ cực kỳ chậm.

Nishikaki từ năm 1955 đã tiến hành thí nghiệm truy tìm vết tích bón ^{15}N . Thí nghiệm chứng minh, 1,4% của $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bón năm đầu được lúa nước năm sau hút, nếu năm nào cũng bón $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ thì tỷ lệ đó chứa trong lúa nước cũng tăng hàng năm. Nghĩa là, ruộng nước do được bón liên tục hàng năm bằng phân hoá học loại amôn sunfat nên đã dần dần hình thành độ màu mỡ đạm hữu hiệu. Nhưng sự hình thành độ màu mỡ đạm của đất quyết định ở những quan hệ phức tạp về hoạt động vi sinh vật với phân thu hoạch và để lại của cây trồng, vì thế mà không thể nói, việc bón phân hoá học hiệu lực nhanh luôn luôn có thể dẫn đến tăng tốc độ màu mỡ đạm của đất.

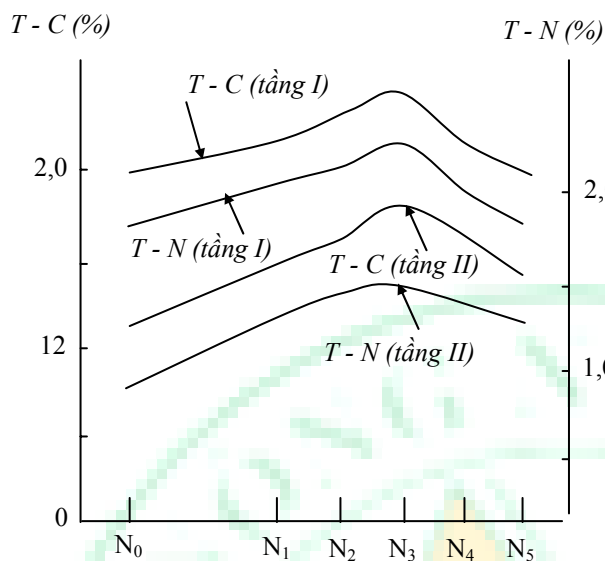
Joka từ 1962 đã tiến hành nhiều thí nghiệm về năng suất của lúa nước và động thái đạm của đất khi chỉ dùng phân bón hoá học với điều kiện bón phân như nhau trong thời gian khoảng 10 năm. Đầu tiên năng suất lúa nước biến đổi từng năm như hình 21.3, tính theo trọng lượng thóc, trong 5 năm đầu thí nghiệm lượng bón phân thích hợp nhất là công thức N_5 . Nhưng sau đó lại xuống thấp dần từng năm, trị số cao nhất về trọng lượng thóc trong 3 năm cuối cùng là công thức N_2 . Mặt khác, nếu tính trọng lượng rơm rạ, thì bất kể năm nào cũng tăng theo lượng đạm tăng. Nói một cách khác lúa nước bón nhiều phân năng suất rơm, rạ hàng năm tuy cao, nhưng dần dần trở thành dạng thoái hoá kết hạt ít hơn.

Để làm rõ nguyên nhân, hãy quan sát cacbon tổng số (T - C) và đạm tổng số của đất sau 10 năm thí nghiệm, như hình 22.3, cả hai đều lấy giới hạn ở lượng bón phân nào đó (công thức N_3), từ tăng chuyển sang giảm. Điều đó nói rõ nếu nhiều năm liên bón lặp lại liều phân cao hiệu lực nhanh ở mức nhất định trở lên, tất sẽ dẫn đến tiêu hao độ màu mỡ của đất.



Hình 21.3. Biến đổi năng suất lúa nước do bón liên tục bằng phân hoá học (Joka, 1962)

Ghi chú: N_0 - không bón phân, 0kg/ha,
 N_1 - 45kg/ha; N_2 - 60kg/ha;
 N_4 - 90kg/ha; N_5 - 105kg/ha



Hình 22.3. Biến đổi màu mỡ của đất do liên tục dùng phân hoá học

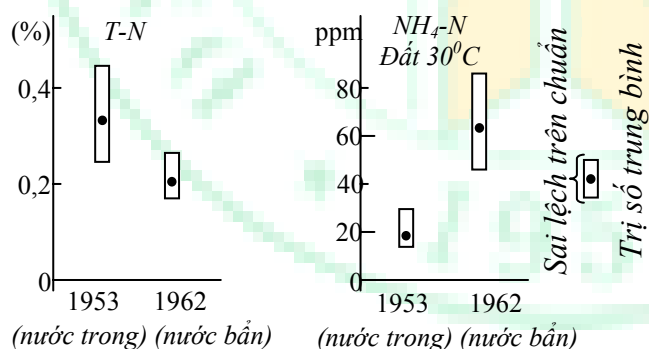
Ghi chú: Tầng I: 0 - 12cm; tầng II: 12 - 17cm

Lúa nước bón phân liều cao liên tục nhiều năm làm đất bị thoái hoá, độ màu mỡ tiềm tàng bị tiêu hao do hiệu lực của phân không tiếp tục duy trì được vào thời kỳ cuối sinh trưởng của lúa. Ruộng nước thường xuyên sử dụng nước bẩn của thành phố có chứa nhiều đạm dạng amon và chất hữu cơ, cũng có hiện tượng tương tự như sự tiêu hao độ màu mỡ đạm của đất do dùng quá nhiều phân hoá học.

Hình 23.3 cho thấy, sau khi tưới nước bẩn, lượng đạm tổng số của đất đã giảm đi. Ở 30°C, ngập nước 4 tuần lễ lượng đạm được phân giải thêm rõ rệt chứng tỏ đạm quá thừa dễ gây hại. Nói khác đi, đạm dạng amon và chất

hữu cơ trong nước bẩn hầu như chẳng có tác dụng gì để tăng thêm chất mùn cho đất, chỉ tăng thêm chất hữu cơ dễ phân giải.

Như trên đã nói, độ màu mỡ đạm của đất tăng lên do bón phân hoá học nhưng khi bón vượt quá mức độ nhất định thì giảm xuống. Như đã biết, độ màu mỡ đạm của đất chỉ trong tình hình giải phóng ổn định mới có ảnh hưởng rõ rệt đến năng suất cây trồng. Mấy năm gần đây, lượng phân đạm bón cho ruộng nước ở Việt Nam đã vượt quá 80-100 kg/ha/vụ, có nơi đến mức 120 kg/ha/vụ (Agroviet, 2002). Nhưng việc bón phân chuồng, phân rác lại giảm đi rõ rệt, hầu như đều được thay bằng phân hoá học. Trồng



Hình 23.3. Hàm lượng đạm trong đất trước và sau khi tưới nước bẩn (Trại thí nghiệm Nông nghiệp Tokyo, 1967)

trọt mà dùng phân liều cao lệch về phân hoá học như vậy, đất bị suy thoái lâu dài dẫn đến những hậu quả khó lường trước được.

Tuần hoàn nước: Nước dưới tác dụng của năng lượng mặt trời, tuần hoàn trên quả đất qua các quá trình bốc hơi, ngưng đọng, lưu động. Sinh vật sống trong vòng tuần hoàn vô hạn đó của nước và chiếm giữ một phần trong lưu chuyển của nước. Các đặc tính lý,

hoá học: biến đổi năng lượng tính di động, tính hoà tan, tỷ nhiệt cao... của nước có quan hệ chặt chẽ với toàn bộ hoạt động sống của sinh vật.

Mưa và lượng nước trong đất: Tổng lượng nước trên quả đất ước tính khoảng 165.000×10^9 acơ - fut⁽⁵⁾, trong đó nước ngọt chiếm khoảng 7%. Phần lớn nước ngọt là nước ngầm và băng tuyết ở hai cực quả đất, cộng tất cả nước sông ngòi, ao hồ và nước trong đất dùng được trong nông nghiệp chỉ bằng khoảng 0,08% tổng lượng và chỉ bằng khoảng 0,05% lượng mưa hàng năm (bảng 8.3).

Bảng 8.3. Ước tính lượng nước của thủy quyển quả đất (Ackerman, 1959)

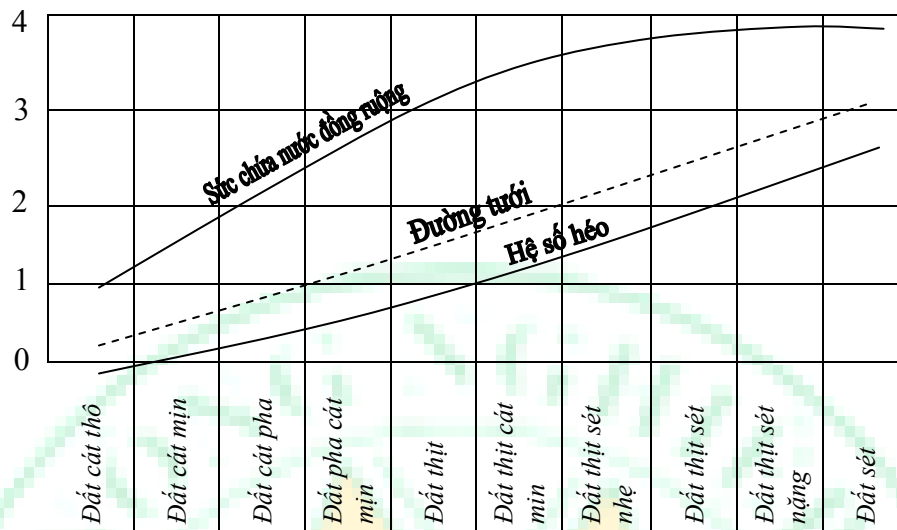
	acơ - fut	So với lượng mưa năm
Tổng lượng nước	165.000×10^9	1850
Toàn lượng nước ngọt	11.000×10^9	124
Nước ngầm	8.200×10^9	92
Sông và hồ	118×10^9	1.3
Nước trong không khí	12×10^9	0.14
Nước trong đất	6.5×10^9	0.07
Thực vật và động vật	0.9×10^9	0.01
Lượng mưa năm	89×10^9	1.0
Lượng chảy ra năm	17×10^9	0.2

Ghi chú: Acơ = 0,4047 ha; fut = 0,3048 m

Về mặt nông nghiệp, tuần hoàn nước quan trọng nhất là tuần hoàn lượng nước mưa. Lượng mưa ở Việt Nam khoảng 1920 mm/năm, nhưng khác biệt rất lớn giữa các vùng. Ví dụ lượng mưa cao nhất tại huyện Bắc Quang (Hà Giang): 4.802 mm, lượng mưa thấp nhất tại Phan Rí - Mũi Dinh (Ninh Thuận): 600 mm trong năm.

Đối với sản xuất cây trồng, sự phân bố mùa mưa quan trọng hơn lượng mưa. Ở vùng mưa nhiều, nếu phân bố mùa mưa không khớp với mùa cần nước của cây trồng thì dễ dẫn đến hạn hán. Tính không đều của phân bố mưa là một trong những đặc trưng tuần hoàn nước, không thể tránh khỏi. Đất, với tư cách là vật hút chứa nước, có tác dụng quan trọng về mặt làm dịu tính không đều của tuần hoàn nước. Nước mà cây trồng hút được từ đất (nước hữu hiệu) thường biểu thị bằng trị số lấy lượng giữ nước lớn nhất của đất trừ đi lượng nước cây trồng không hút được (hệ số héo). Hình 24.3 cho thấy, nước hữu hiệu khác nhau tùy loại đất, đất thịt, đất thịt pha sét giữ được nhiều nước hữu hiệu hơn đất cát hay đất sét. Nhưng phản ứng của cây trồng đối với lượng nước trong đất dù trong phạm vi nước hữu hiệu cũng vẫn có khác nhau. Hình 25.3 cho thấy, thực vật trước khi héo, quang hợp thấp xuống rõ rệt, đó là do lượng nước trong đất ít đi, hút nước và thoát hơi nước ở trạng thái không cân bằng, khí khổng đóng kín lại.

⁽⁵⁾ Lượng nước ngầm đến độ sâu 3.810 m.



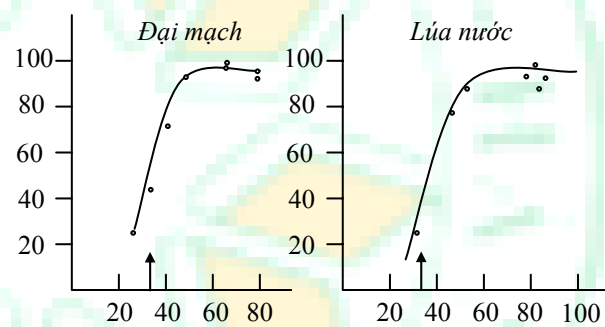
Hình 24.3. Quan hệ giữa loại đất và sức giữ nước
(U.S.D.A. Yearbook, Agr, 1955)

Hàm lượng nước trong đất giảm (% so với sức chứa nước lớn nhất) dẫn đến hạ thấp quang hợp cũng khác nhau tùy loại cây trồng: lúa 57%; đậu tương 45%; đại mạch 41%; lạc 33% (Inoyama và ctv., 1961). Hình 20 cho thấy, lượng nước cần tưới cũng khác nhau tùy loại đất canh tác.

Cân bằng nước của các lưu vực khác nhau và lượng nước dùng cho ruộng nước:

Mưa phân bố không đều và chưa chắc đã khớp với nhu cầu nước của cây trồng, vì vậy muốn sản xuất ổn định cần có nguồn nước ổn định. Nhất là đối với nền nông nghiệp ruộng nước có nhu cầu nước nhiều hơn, sông ngòi có cung cấp nước đặc lực hay không, rõ ràng là nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sản lượng đồng ruộng. Nhưng nước không chỉ dùng cho nông nghiệp; thành phố và công nghiệp cũng dùng khối lượng nước rất lớn, nên phải nắm vững cân bằng nước theo lưu vực.

Trên thế giới, diện tích đất được tưới tăng khoảng 36% từ năm 1970 - 1990. Tổng lượng nước sử dụng năm 1990 cho nông nghiệp khoảng 2.700 km³. Mặc dù diện tích được tưới chiếm 1/6 tổng diện tích canh tác nhưng nó sản xuất 1/3 sản lượng lương thực trên thế giới (Lê Văn Khoa và ctv, 1999). Như vậy việc sử dụng nước hiệu quả trong nông nghiệp sẽ đảm bảo an ninh lương thực của loài người.



Hình 25.3. Quan hệ giữa lượng nước trong đất và quang hợp
Kí hiệu ↑ là chỉ hệ số héo

Ở Việt Nam, nhìn chung số lượng nước và chất lượng nước đủ phục vụ cho sản xuất nông nghiệp. Năm 1995, Việt Nam có hơn 5,6 triệu ha chủ động được tưới, 1,4 triệu ha chủ động tiêu. Bảng 9.3 cho thấy nhu cầu nước cho 7 vùng kinh tế sinh thái của Việt Nam khoảng 47 tỷ m³ vào năm 1990, 61 tỷ m³ năm 2000 và dự kiến nhu cầu sử dụng nước cho ngành nông nghiệp 74 tỷ m³ (Nguyễn Trọng Sinh, 1998). Tuy nhiên, hạn hán thỉnh thoảng vẫn xảy ra như vào đầu mùa khô năm 2004 ở miền Trung Nam Bộ và Tây Nguyên đã làm thiệt hại hàng trăm tỷ đồng do cây trồng bị khô héo và chết hàng loạt.

Bảng 9.3. Nhu cầu nước cho nông nghiệp ở Việt Nam (triệu m³)

Vùng	1990	2000*	2010*
Miền núi và trung du Bắc Bộ	5.959,4	8.793,2	11.273,5
Đồng bằng Bắc Bộ	7.283,8	7.750,0	9.067,5
Duyên hải Bắc Trung Bộ	5.353,3	6.206,6	7.699,8
Duyên hải Nam Trung Bộ	4.583,8	6.618,2	7.610,9
Tây Nguyên	1.792,6	2.888,3	4.324,5
Đông Nam Bộ	3.622,5	4.951,6	6.719,3
Đồng bằng sông Cửu Long	18.398,6	23.774,8	27.340,1
Tổng cộng	46.976,6	60.928,7	74.035,6

Nguồn: Nguyễn Trọng Sinh (1998) trích từ Lê Văn Khoa và ctv., (1999)

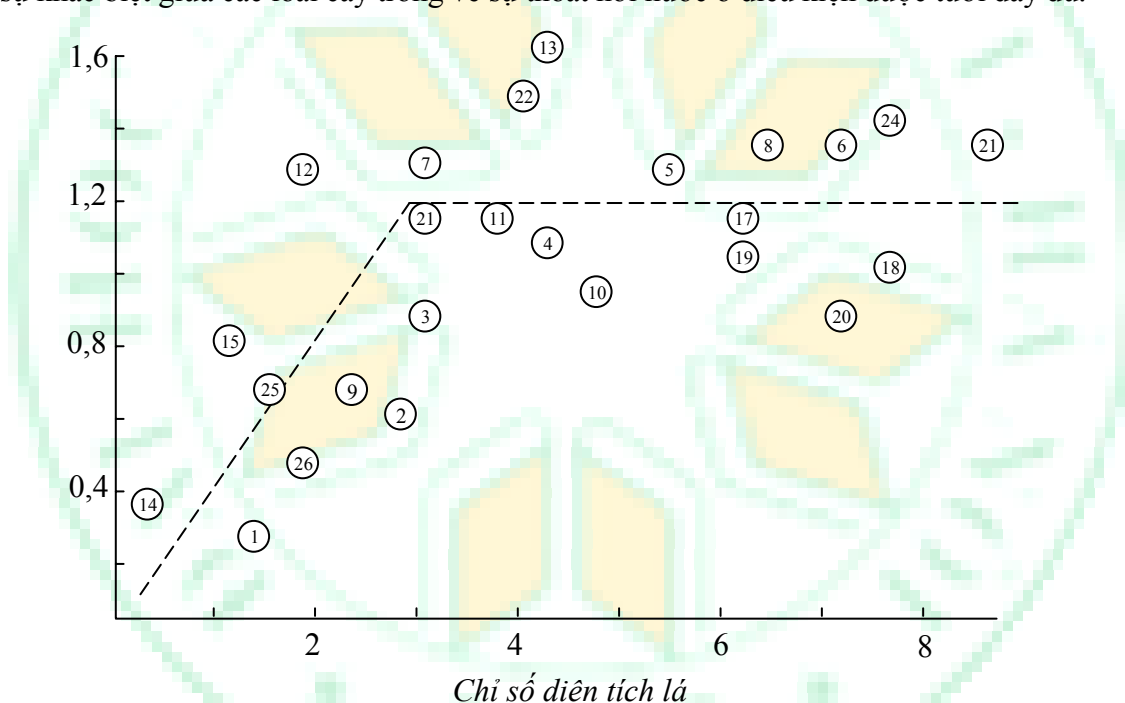
Ghi chú: Mùa hạ tháng 6-9; lượng mưa cả năm: 1920 mm; lượng mưa mùa hạ: 1500-1700 mm; lượng tiêu dùng nước trong chính vụ ruộng nước (trồng lúa) là 10-20 m³/ngày.

* Ước tính

Lượng tiêu dùng nước của ruộng lúa bằng tổng của lượng bốc hơi, lượng thấm xuống đất và lượng chảy mất trên mặt. Lượng nước bốc hơi của ruộng lúa là 4-7 mm/ngày, ít sai khác giữa các vùng. Mặc dù sau khi lúa tốt có tác dụng che phủ, trị số đó cũng hầu như không thay đổi. Nước chảy trên bề mặt có thể được tiếp tục dùng lại, xem xét nước dùng cho cả khu vực rộng lớn thì thấy không thành vấn đề. Về lượng nước thấm xuống đất thì có khác biệt rất lớn, do tính vật lý của đất, mực nước ngầm dưới đất, ruộng nước được cày lật hay không, ở ruộng nước thường thay đổi từ mấy milimet đến mấy chục milimet. Vì thế lượng tiêu dùng nước của ruộng nước có sự sai khác rất lớn, tùy theo cách xử lý đối với lượng nước thấm. Động thái của nước thấm xuống đất vẫn còn một số điểm chưa rõ ràng, một phần nước thấm xuống đất có thể trở lại thành nước chảy bề mặt và được dùng lặp lại. Do nâng cao mức sử dụng lại nước, lượng tiêu dùng nước của ruộng nước diện tích lớn sẽ dần dần gần với lượng bốc hơi. Nhưng nước tồn tại lúc nào, nơi nào và với hình thức nào lại trở thành vấn đề đối với nông nghiệp. Để thỏa mãn nhu cầu nước cho sinh trưởng phát triển và việc trồng trọt chăm sóc cây trồng, chủ yếu nhất là nhân tố thời gian. Diện tích ruộng nước của nước ta khoảng 4,24 triệu hecta (diện tích gieo trồng 7,35 triệu ha/2 vụ, 2003), không tăng nhiều

trong hơn một thập kỷ qua (Tổng cục Thống kê, 2002; Bùi Thị Hương và cộng tác viên, 2004). Nhìn về điều kiện phát sinh đất, đất ruộng có thể khai khẩn được đều đã khai khẩn hết. Mặt khác, trong quá trình khai khẩn lâu dài, hệ thiếu nước là bỏ hoang, kết quả qua vô số lần sai lầm như vậy, cuối cùng mới tìm được cân bằng tự nhiên giữa diện tích ruộng nước và nguồn nước.

Thoát hơi nước của cây trồng và lượng nước cần: Thực vật có tác dụng quan trọng trong quá trình tuần hoàn nước. Trong những chất mà thực vật lấy ở môi trường thì lớn nhất là nước. Lúa nước sinh trưởng tốt, một ngày hút lượng nước khoảng 70 tấn/ha. Số nước hút này, có 5% dùng để duy trì chức năng của chất nguyên sinh và quang hợp, phần lớn số còn lại biến thành hơi nước thoát ra qua khí khổng. Quan hệ giữa các nhân tố bên trong như sự thoát hơi nước, diện tích lá, cấu trúc lá, độ mở của khí khổng với các điều kiện bên ngoài như cường độ chiếu sáng, độ nhiệt, độ ẩm, gió, lượng nước trong đất... vô cùng phức tạp. Phần dưới sẽ đề cập tới quan hệ định lượng giữa chúng, ở đây chỉ nêu lên sự khác biệt giữa các loài cây trồng về sự thoát hơi nước ở điều kiện được tưới đầy đủ.



Hình 26.3. Tỷ số thoát hơi nước của các loài cây trồng khi chỉ số diện tích lá lớn nhất (Uchifuji 1969)

1. Rau diếp; 2. Xà lách; 3. Rau cần; 4. Su hào; 5. Bắp cải không cuộn; 6. Su lơ; 7. Bắp cải cuộn; 8. Bắp cải Sơn Đông; 9. Khoai tây; 10. Khoai sọ; 11. Gừng; 12. Ớt xanh; 13. Cà; 14. Bí ngô; 15. Dưa hấu; 16. Lúa nước (1962); 17. Lúa nước (1963); 18. Lúa nước trồng cận (1962); 19. Lúa nước trồng cận (1963); 20. Ngô; 21. Dưa chuột (có cọc leo); 22. Dưa chuột (bò mặt đất); 23. Đậu tương; 24. Đậu tương; 25. Cây ngấy (Rubus); 26. Nho

Hình 26.3 cho thấy quan hệ giữa tỷ số thoát hơi nước và chỉ số diện tích lá của các loài cây trồng ở điều kiện gần sát với sức chứa nước đồng ruộng, khi đạt đến diện tích lá

lớn nhất. Tỷ số thoát hơi nước còn gọi là lượng thoát hơi nước tương đối, là trị số tìm được do lấy lượng thoát hơi nước chia cho lượng bốc hơi khoảng trống (đo bằng chậu đo bốc hơi), dùng phương pháp này có thể loại trừ được ảnh hưởng của khí tượng. Từ hình 26.3 cho thấy, các cây trồng có chỉ số diện tích lá từ 3 trở xuống, diện tích lá càng lớn thì tỷ số thoát hơi nước càng cao. Nhưng khi chỉ số diện tích lá lớn hơn 3, cây trồng khác nhau sẽ không thay đổi gì nữa, trị số bình quân là 1,2. Điều này cho thấy rõ trước khi hình thành tầng tán cây, lượng thoát hơi nước do nhân tố cây trồng là diện tích lá quyết định; sau khi đã hình thành tầng tán cây thì lại chịu ảnh hưởng nhiều hơn của điều kiện khí tượng.

Người ta cho rằng: trong quần thể cây trồng đủ nước và cây che đều hoàn toàn mặt đất, dù loại cây trồng khác nhau, chỉ cần suất phản xạ (albedo) giống nhau (màu sắc lá giống nhau), không kể loại hình đất như thế nào, thì khả năng bốc thoát hơi nước là cố định và do điều kiện khí tượng quyết định. Như vậy, hình 26.3 ở một mức độ nào đó là nhất trí với luận điểm này. Qua các báo cáo và tỷ số thoát hơi nước và khả năng bốc thoát hơi nước cho thấy, trị số này phần nhiều ở trong phạm vi 1,0 - 1,4, khác biệt giữa các loài cây trồng tương đối nhỏ (Uchifuji, 1969). Khi diện tích lá đạt đến mức nào đó trở lên, lượng thoát hơi nước của cây trồng có xu thế cố định, đó là do lượng chiếu sáng mặt trời quan hệ chặt chẽ với sự thoát hơi nước, có hạn độ nhất định. Diện tích lá như nhau, nhưng với từng loại cây trồng có sự khác nhau chút ít về lượng thoát hơi nước là vì có sự khác về lượng thu nhận ánh sáng do cấu trúc tầng lá có khác nhau, có sai khác về suất phản xạ của tầng tán cây và có sự sai khác về sự di động hiện nhiệt và tiềm nhiệt gây ra bởi dòng xoáy khi gió lay động và độ cao cây không đều.

Lượng nước cần được dùng làm thước đo hiệu suất sử dụng nước của thực vật, là lượng nước cần thiết để sản xuất 1 gam vật chất khô. Lượng nước cần là tỷ số của lượng thoát hơi nước so với trọng lượng chất khô, nên nó cũng chịu ảnh hưởng của điều kiện môi trường liên quan với hai nhân tố đó. Trị số lượng nước cần khác nhau ở các loài thực vật khác nhau. Hà Học Ngô (1986) và Lê Thị Nguyên (1984) đã nghiên cứu và tìm ra nhu cầu nước của các loại cây trồng chính ở vùng Đồng bằng sông Hồng (bảng 10.3).

Bảng 10.3. Nhu cầu nước của một số loại cây trồng ở vùng Đồng bằng sông Hồng

Cây trồng	Lượng nước cần (m ³ /ha)	Nguồn
Đậu tương đông	2390	Hà Học Ngô (1986)
Đậu tương xuân	2886	
Khoai tây	2594 - 2687	
Lạc xuân	3347	
Thuốc lá đông	2974	
Thuốc lá xuân	2652	
Bắp cải	2498 - 3625	Lê Thị Nguyên (1984)
Lúa xuân	3000 - 3700	
Lúa mùa	4750 - 5890	

Theo Lê Sâm (1995) và Lê Thị Nguyên (1984), lượng nước cần để tạo ra một tấn sản phẩm thay đổi theo mùa vụ trong năm. Ví dụ, đậu tương xuân yêu cầu 1.064 m³ nước, đậu tương hè thu yêu cầu 876 m³ (Nguyễn Tất Cảnh, 2000). Các nghiên cứu của Hà Học Ngô (1986) cho thấy đậu tương xuân cần nhiều nước hơn đậu tương đông, Lê Thị Nguyên (1994) đã tìm ra nhu cầu nước của lúa mùa lớn hơn rất nhiều so với lúa xuân.

Nhiều công trình nghiên cứu của Việt Nam (Đàm Xuân Hoàn, 1994; Nguyễn Tất Cảnh, 2000) cho thấy có mối quan hệ chặt giữa độ ẩm đất và lượng nước cần bình quân ngày của ngô vụ đông xuân và vụ xuân trên đất phù sa sông Hồng. Theo Nguyễn Tất Cảnh (1994), lượng nước cần của đậu tương vụ xuân trên đất thịt nhẹ (0,23 - 4,28 mm/ngày) có mức dao động lớn hơn so với mức nhu cầu của cây trên đất thịt trung bình (0,25 - 3,73 mm/ngày). Bảng 11.3 cho thấy lượng nước cần (mm/ngày) của ngô đông xuân tỷ lệ thuận với độ ẩm trong đất.

Bảng 11.3. Quan hệ giữa độ ẩm đất và lượng nước cần bình quân ngày của ngô vụ đông xuân

Độ ẩm tính theo % độ giữ ẩm tối đa	Lượng nước cần (mm/ngày)	
	Đất thịt nhẹ	Đất thịt trung bình
80 - 100	1,29	1,27
70 - 79	1,13	1,10
60 - 69	0,62	0,57

Nguồn: Đàm Xuân Hoàn (1994)

Theo kết quả đo được của Akrron ở Colorado đối với 150 loài thực vật thì trị số này thay đổi rất lớn, từ 216 ở loài cỏ kê Kursk (*Setaria*) đến 1131 ở loài cỏ dại *Fraseria*. Vấn đề khác biệt về lượng nước cần giữa các loài thực vật đã được chú ý từ lâu, nhưng vẫn chưa rõ nguyên nhân. Gần đây, về mặt quang hợp người ta đã nghiên cứu sự khác biệt giữa các loài thực vật về sự tăng trọng lượng chất khô, dùng nó làm một trong những chỉ tiêu của lượng nước cần, khiến cho vấn đề được tiến triển. Như trên đã nêu, cường độ quang hợp của thực vật C₄ cao hơn thực vật C₃, như bảng 12.3, có thể thấy lượng nước cần của thực vật C₄ thấp hơn rõ rệt so với thực vật C₃, chỉ bằng 1/2 nhưng vì sao lượng nước cần của thực vật C₄ thấp, thì lý lẽ vẫn chưa rõ ràng lắm. Căn cứ vào thực nghiệm của Shakawy và Hesketh (1965), lượng thoát hơi nước/cm²/h của ngô là thực vật C₄ không chênh lệch lớn lắm so với hướng dương, yến mạch là thực vật C₃. Nhìn vào kết quả này, nguyên nhân chủ yếu là lượng nước cần của thực vật C₄ thấp có thể là do năng lực cố định CO₂ cao, mức sinh trưởng tương ứng cũng cao, kết quả là làm giảm một cách tương đối lượng nước cần để sản xuất chất khô.

Bảng 12.3. Lượng nước cần của một số loài cây trồng phụ thuộc vào hệ thống quang hợp

Hệ thống quang hợp	Tên loài	Lượng nước cần
Thực vật C ₄	Kê chỏi <i>Panicum</i>	267
	Lúa miến	304
	Ngô	349
	Rau giền <i>Amaranthus</i>	260
	Rau sam <i>Portulacc</i>	281
Thực vật C ₃	Đại mạch	518
	Lúa mì	557
	Yến mạch	583
	Cỏ mào gà <i>Agropyren semicostarim</i>	678
	Lúa	682
	Bông	368
	Mạch đen	644
	Cà	487
	Cải bẹ trắng	614
	Cải dầu	714
	Dưa hấu	377
	Dưa chuột	686
	Cỏ ba lá tía <i>Trifolium incarratum</i>	636
	Luzec hoa tím	844

Nguồn: Shantz và Piemeisel (1927)

Mặt khác, ngay trong cùng một loài cũng có thực vật C₄ và cũng có thực vật C₃. V.G. Alexandrop (1924) trong thời kỳ còn chưa biết thực vật C₃ và C₄ đã chỉ ra rằng các loài gần nhau về mặt phân loại, lượng nước cần của chúng cũng khác nhau, hơn nữa, lượng nước cần là bao nhiêu lại có quan hệ với mô lá có hay không có bao bó mạch có diệp lục. Như *Atriplex laciniatum* trong loại *Atriplex* là thực vật C₄ có bao bó mạch có diệp lục, tiêu phí 1000 gam nước, sản xuất 5 gam chất khô. Ngược lại, *A. hortense* (thực vật C₃) không có bao bó mạch có diệp lục, chỉ sản xuất 3,4 gam chất khô. Trong họ *Zygophyllaceae*, *Tribulus terrestris* có bao bó mạch có diệp lục có lượng sản xuất chất khô trên mỗi đơn vị nước dùng cao hơn *Zygophyllum fabago*, *Peganum harmala* không có mô này. Alexandrop không có luận thuyết nào về tác dụng về bó mạch có diệp lục, Maximop cho rằng mô này có tác dụng thúc đẩy sản phẩm đồng hoá chảy nhanh và nhiều từ lá ra, do đó có thể tăng nhanh quá trình tích lũy chất khô trong thân thực vật, và suy luận, cũng có quan hệ với quá trình di động nước trong thân thực vật.

Lượng nước cần khác nhau theo loài, vậy thì giữa nó và tính chịu hạn có quan hệ gì? Vấn đề này đã được nhiều người chú ý. Ngay từ năm 1957 Burton đã thu được kết quả thực nghiệm rất thú vị về quan hệ giữa lượng nước cần và tính chịu hạn. Cỏ chăn nuôi (thực vật C_4) đồng phương Nam trồng trong điều kiện nước khác nhau, trong đó một loài cỏ gà (*Cynodon dactylon*) có tính chịu hạn khoẻ, lượng nước cần khi lượng nước trong đất không đủ lại thấp hơn khi đất đủ nước. Một loài cỏ gà (*Cynodon dactylon*), một loài *Paspalum* sp., cỏ Pangola (*Digitaria decumbens*), thường thấy tính chịu hạn kém hơn thì ngược lại, trong trường hợp lượng nước trong đất không đủ thì lượng nước cần tăng thêm.

Maximop căn cứ vào nhiều thí nghiệm đã chỉ ra rằng tính chịu hạn và lượng nước không có quan hệ trực tiếp. Parker cho rằng tính chịu hạn có quan hệ với độ sâu và rộng của bộ rễ, kết cấu của nguyên sinh chất, độ dày của tầng mô sừng (cutin), tính phản ứng của khí khổng... cũng không đề cập quan hệ với lượng nước cần. Song cùng với những tiến triển gần đây về nghiên cứu quang hợp, lượng nước cần giữa các loài có sự khác nhau, nguyên nhân ngày càng rõ ràng. Vì vậy, vấn đề quan hệ giữa lượng nước cần và tính chịu hạn cần được xem xét lại trong mối liên hệ với hệ thống quang hợp.

Sự di động vật chất nhờ nước: Nước có tác dụng hoà tan, chuyển vận vật chất, do vận động của nước mà đất bị mất màu hay được thêm màu. Phần lục địa của quả đất không ngừng bị mưa bào mòn, đưa nhiều loại muối qua các dòng sông ra biển, số lượng này hàng năm đến 2.491 triệu tấn. Người ta thấy rằng, các dòng sông của hệ thống đá trầm tích, lượng Ca chảy qua khá lớn; các dòng sông của hệ thống đá macma (núi lửa) thì lượng chảy ra của oxit silic lại nhiều hơn. Ruộng nước sở dĩ màu mỡ hơn đất cạn vì ở trạng thái ngập nước có tảo xanh và vi khuẩn quang hợp tiến hành cố định đạm, sự phân giải chất hữu cơ ở trạng thái bị ức chế và được thiên nhiên bù đắp Ca, Mg, SiO_2 và K có khá nhiều trong nước tưới. Hiện tượng tưới nước làm giàu đồng ruộng do động thái của nước ở ruộng nước, nhất là động thái của nước ngầm mà ta chưa biết rõ, hơn nữa còn lượng mưa và sự phân bố mưa, số lượng các chất dinh dưỡng vô cơ hoà tan trong nước sông biến động khá lớn, nên hiện nay chưa thể nêu rõ về mặt định lượng. Nền nông nghiệp dựa vào nước ở điều kiện khí hậu khô, có chiếu sáng đầy đủ, có thêm dinh dưỡng vô cơ cung cấp theo nước tưới, vì thế mà thu được năng suất cao. Nhưng ở điều kiện khí hậu này, tưới lâu dài làm cho các loại muối tích tụ trên mặt đất, thường dẫn đến giảm năng suất cây trồng. Vì vậy, để khử các loại muối tích tụ trong đất cần phải có đầy đủ nước. Nền nông nghiệp của Đồng bằng sông Cửu Long được duy trì nhờ sự cung cấp các chất dinh dưỡng vô cơ và các chất hữu cơ do sông Cửu Long không ngừng mang lại và tác dụng rửa mặn của nước lũ chu kỳ.

Ngược lại, vùng ẩm ướt nhiều, đất bị bào mòn và tiêu hao dinh dưỡng rõ rệt, nhất là ở các vùng đất dốc, bào mòn là một vấn đề lớn. Để giữ nước và đất, mặt đất cần có cỏ tự nhiên hay các lớp thảm tự nhiên hay nhân tạo khác che phủ, và cần bón phân hữu cơ để hình thành cấu trúc viên bền trong nước, tiến hành trồng trọt theo băng và canh tác theo đường đồng mức.

TÓM TẮT

- Hệ sinh thái đồng ruộng có quá trình phát triển lâu dài bao gồm sự biến đổi đạm tổng số và các chất dinh dưỡng khác trong đất kết hợp với diễn biến của cây trồng và cỏ dại. Các phương pháp điều khiển sự phát triển của cây trồng, hạn chế sự phát triển của cỏ dại và huy động thành phần dinh dưỡng trong đất được đề cập đến trong chương này. Số lượng và thành phần loài cỏ dại có sự thay đổi sâu sắc khi đất được thuần thực hóa. Đặc biệt, phương pháp tưới gián đoạn và tưới muện có khả năng điều khiển hàm lượng đạm vô cơ trong đất thông qua sự thay đổi mực nước ngầm cao hay thấp.
- Khác với sự phân bố của thảm thực vật tự nhiên, sự phân bố và năng suất của cây trồng không hoàn toàn do điều kiện tự nhiên quyết định mà còn chịu ảnh hưởng của lịch sử cải tiến phương pháp tạo giống, phương pháp trồng trọt và ảnh hưởng của hoạt động xã hội. Lựa chọn cây trồng thích hợp với từng vùng sinh thái có nghĩa là chọn cây trồng phù hợp với điều kiện đất đai và khí hậu của từng vùng. Đây cũng là chủ trương chuyển đổi cơ cấu cây trồng và vật nuôi của Chính phủ Việt Nam.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hãy trình bày sự biến đổi đạm tổng số của đất đồng ruộng và sự cân bằng vi sinh vật?
2. Quá trình diễn biến của cây trồng xảy ra như thế nào trên đồng ruộng?
3. Hãy nêu diễn biến của cỏ dại trên đồng ruộng?
4. Sự thay đổi về phương pháp tưới nước có ý nghĩa sinh thái như thế nào?
5. Hãy nêu mối liên hệ giữa phương pháp trồng lúa và tính hai mặt của cách tưới ngập?
6. Hai vấn đề mới của cách tưới ngập nước?
7. Mối quan hệ của sự vận động nước với đạm trong đất?
8. Sự khác biệt giữa tưới gián đoạn và tưới muện?
9. Hãy nêu phương hướng lựa chọn cây thích hợp với vùng đất trồng ?

TÀI LIỆU ĐỌC THÊM

1. Ota Keizaburo, Tanaka Ichir, Udagawa Taketoshi và Munekate Ken, 1972 *Sinh thái học đồng ruộng*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội 1981 (Bản dịch của Đoàn Minh Khang).
2. Masae Shiyomi and Hiroshi Koizumi. *Structure and Function in Agroecosystem design and management*. CRC Press. New York. 2001.
3. Nguyễn Tất Cảnh. *Nghiên cứu mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất và chẩn đoán nhu cầu tưới cho ngô và đậu tương trên đất bạc màu Đông Anh và phù sa sông Hồng, Gia Lâm*. Luận án Tiến sỹ Nông nghiệp. ĐHNLI, Hà Nội. 2000.
4. Trần Đức Viên. *Sinh thái học nông nghiệp*. NXB Giáo dục. Hà Nội. 1998.
5. Trần Đức Viên (Chủ biên). *Thành tựu và thách thức trong quản lý tài nguyên và cải thiện cuộc sống của người dân ở trung du - miền núi Việt Nam*. NXB Chính trị Quốc gia. Hà Nội. 2001.
6. Tổng cục Thống kê. *Niên giám thống kê 2003*. NXB Thống kê, Hà Nội. 2004.

Chương IV

ĐIỀU KHIỂN HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG

Nội dung

Trong lịch sử phát triển của loài người, hệ sinh thái đồng ruộng không ngừng được cải tiến và điều chỉnh theo hướng có lợi cho con người. Về phương pháp điều khiển, người ta thường nhấn mạnh đến kỹ thuật điều khiển vật lý, điều khiển hóa học, điều khiển sinh học (bao gồm lai tạo giống).



Ảnh 1.4. Nghiên cứu tổ hợp ngô lai Đ5 X TN115 tại trường ĐHNN I (năm 2003)

Các nội dung sau đây sẽ được đề cập trong chương này:

- Ý nghĩa và phương pháp điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng
- Điều khiển quá trình của hệ sinh thái đồng ruộng

Mục tiêu

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần:

- Hiểu được cơ sở lý luận và thực tiễn của các phương pháp điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng

1. Ý nghĩa và phương pháp điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng

Hệ sinh thái đồng ruộng trong điều kiện hoạt động của con người đã không ngừng được điều chỉnh theo chiều hướng có lợi nhằm cung cấp những sản phẩm cần thiết cho con người. Trên phương diện này, nó có thể được gọi là hệ sinh thái bị điều khiển. Tuy nhiên, con người đã phá vỡ mỗi cân bằng vốn có của thế giới tự nhiên do giới hạn về khoa học công nghệ cũng như nhận thức. Chính vì vậy, những tác động của con người trong sản xuất nông nghiệp cần được nghiên cứu một cách kỹ lưỡng để đề ra các biện pháp khắc phục hợp lý. Về phương pháp điều khiển, người ta thường nhấn mạnh đến kỹ thuật canh tác; nói một cách tương đối, theo quan điểm cải tạo chức năng của hệ sinh thái thì chưa đầy đủ (Phạm Chí Thành và ctv, 1996; Trần Đức Viên, 1998). Nhờ việc cải tạo bản thân cây trồng, tức là phát triển kỹ thuật tạo giống đã làm năng suất tăng vọt, đương nhiên không chỉ thoả mãn tính năng cho năng suất cao mà còn nâng cao cả tính chống chịu sâu bệnh và thiên tai, v.v... Vấn đề điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng nêu trong chương này chủ yếu là cải tiến chức năng của hệ sinh thái nhằm nâng cao năng suất cây trồng.

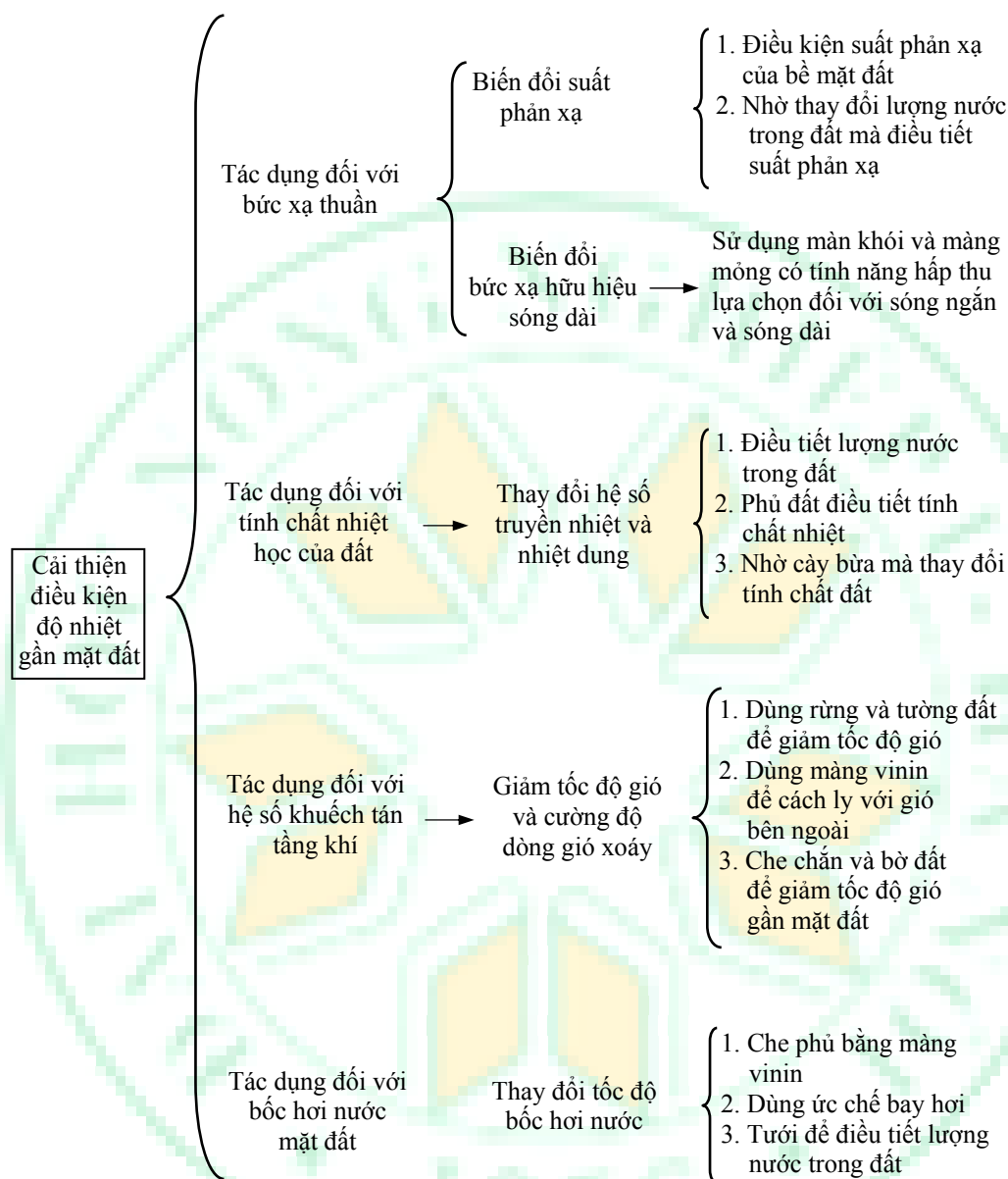
Phương pháp điều khiển có thể chia ra làm ba kiểu: điều khiển vật lý, điều khiển hoá học và điều khiển sinh học.

Điều khiển vật lý

Môi trường xung quanh cây trồng có thể hiểu là điều kiện khí tượng và khí hậu trong tầng không khí gần mặt đất, các điều kiện này thường có tác dụng bất lợi đối với sự sản xuất của cây trồng. Để có thu hoạch ổn định, phải khắc phục các điểm bất lợi đó, nghiên cứu cải thiện điều kiện khí tượng và khí hậu. Vì thế đặc biệt coi trọng nghiên cứu cấu trúc môi trường mà quan trọng là bức xạ mặt trời (chiếu sáng mặt trời) và hệ số khuếch tán. Đối với bức xạ mặt trời, tác dụng của biện pháp nông nghiệp nhiều lắm mới chỉ là đề phòng độ nhiệt lên cao do chiếu sáng quá độ, hoặc dùng vật liệu che phủ để thay đổi suất phản xạ, hầu như khó gây được tác dụng nào tích cực hơn nữa. Trồng rừng chắn gió để giảm tốc độ gió, vật che chắn hay bờ đất cũng có thể giảm tốc độ gió gần mặt đất, nghĩa là có tác dụng đối với hệ số khuếch tán. Đối với đất, nhờ cày bừa mà cải thiện tính chất vật lý của đất, tưới nước có thể điều khiển tình trạng nước của cây trồng, nếu không nói đến tác dụng nào khác, thì chính là để cải thiện tình trạng độ nhiệt gần mặt đất.

Bảng 1.4 là một kết luận nhỏ về sự cải thiện điều kiện độ nhiệt gần mặt đất. Do có sự tồn tại của cây trồng, nên những tác dụng đó ít nhiều cũng có biến đổi, ảnh hưởng của bản thân cây trồng đối với nhiệt thì không lớn, nhưng sự tồn tại của cây trồng đã làm thay đổi mức lọt vào của ánh sáng hoặc làm giảm tốc độ gió, một số ảnh hưởng như vậy tương đối rõ rệt.

Bảng 1.4. Điều khiển vật lý đối với sự cải thiện điều kiện độ nhiệt gần mặt đất



Điều khiển hoá học

Dùng chất hoá học để điều khiển sự sinh trưởng phát triển của cây trồng có hai hướng: một là tác dụng của phân bón đối với sinh lý dinh dưỡng của cây trồng; hai là tác dụng của các chất điều tiết sinh trưởng mà chủ yếu là chất kích thích với sinh lý sinh trưởng phát triển của cây trồng. Ngoài ra, việc điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng còn gồm cả việc sử dụng rộng rãi các chất hoá học (thuốc bảo vệ thực vật) để điều khiển quần lạc cỏ dại và phòng trừ sâu bệnh. Việc sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hiện nay đang tồn tại nhiều vấn đề do đã coi thường những hậu quả bởi những tác dụng và phản tác dụng

của thuốc bảo vệ thực vật gây nên trong hệ sinh thái. Đây không chỉ là vấn đề của hệ sinh thái đồng ruộng, nếu thiếu suy xét sâu xa đến các hệ sinh thái khác thì vấn đề cũng sẽ không được giải quyết.

Điều khiển hoá học sự sinh trưởng phát triển của cây trồng phải gồm những nội dung sau đây và các phương thức này được gọi là điều khiển hoá học đối với cây trồng.

1. Điều khiển nảy mầm, ngủ nghỉ.
2. Điều khiển hoá học sinh trưởng chiều cao cây, đẻ nhánh.
3. Điều khiển hoá học trổ bông nở hoa.
4. Điều chế hoá học hiện tượng chín và hiện tượng hoá già.
5. Điều khiển hoá học các đặc tính sinh thái: tính chống nóng, tính chống rét.
6. Điều khiển hoá học chất lượng sản phẩm.

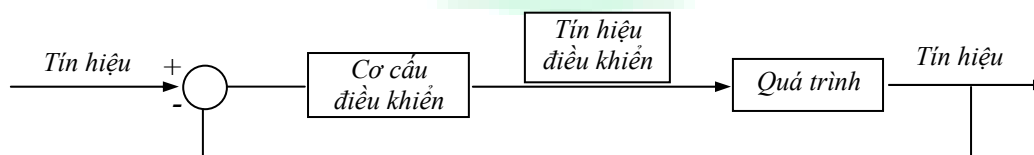
Điều khiển sinh học

Cho đến nay, nói điều khiển sinh học là người ta nghĩ ngay đến việc cải tiến giống cây trồng, chọn tạo ra các giống mới. Tạo giống đã có tác dụng rất lớn trong việc tăng năng suất lúa nước của Việt Nam và thế giới (Trần Công Tạn và ctv, 2002). Công tác nghiên cứu tạo giống gần đây đã tiến thêm một bước do đã tạo ra các giống lúa lai 2 dòng, 3 dòng (Nguyễn Thị Trâm, 2003).

Về mặt phòng trừ sâu bệnh hại, việc nghiên cứu lợi dụng thiên địch từ lâu đã được chú trọng (Odum, 1983; Trần Đức Viên, 1998). Thiên địch của sâu hại có côn trùng ký sinh, virus, vi khuẩn, động vật nguyên sinh..., trong đó, việc lợi dụng vi sinh vật đang được coi trọng nhất. Từ đó cho thấy, phương hướng điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng, ngoài các phương pháp đã có ra, tiến hành điều khiển bằng những tác dụng tương hỗ giữa cây trồng và môi trường ngày càng trở nên quan trọng. Do đó, nêu rõ tính quy luật định hướng về tác dụng tương hỗ giữa cây trồng và môi trường là hết sức cần thiết.

Dưới đây xin lấy việc điều khiển độ nhiệt làm thí dụ để nói rõ sự cải thiện môi trường trồng trọt; đối với hệ sinh thái đồng ruộng, đây có thể là một ví dụ tương đối đặc thù. Sau đó sẽ bàn đến những suy nghĩ về điều khiển tổng hợp, điều khiển hệ thống phụ và việc sản xuất cây trồng có kế hoạch.

2. Điều khiển quá trình của hệ sinh thái đồng ruộng



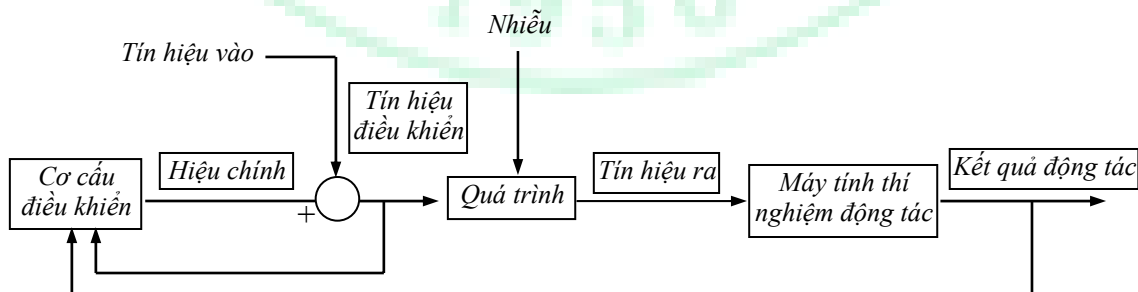
Hình 1.4. Phương thức điều khiển cơ bản

Hệ thống điều khiển thích ứng

Trong sản xuất công nghiệp thường gặp phải vấn đề: để cho sản phẩm phù hợp với một yêu cầu của một chỉ tiêu nào đó, phải tiến hành điều khiển và đo giám định đối với chức năng bộ phận của hệ thống chế tạo sản phẩm đó, thông thường gọi đó là vấn đề điều khiển quá trình, là một lĩnh vực nghiên cứu của kỹ thuật điều khiển. Phương thức điều khiển này là một loại điều khiển tự động, thu được thông tin từ bộ phận của hệ thống hoặc từ đầu chuyển ra, nhờ đó mà điều khiển chức năng của hệ thống. Hình 1.4 là một thí dụ cơ bản và giản đơn trong hệ thống có chức năng như vậy. Đó là phương thức lấy thông tin chuyển ra của hệ thống quy về phía chuyển vào, nhờ đó kiểm tra sai số tồn tại mà điều tiết tín hiệu chuyển đi. Phương thức điều khiển này có hiệu suất và độ chính xác kém, phạm vi thích hợp hẹp, không thích hợp dùng vào hệ thống quy mô lớn. Hệ thống xử lý trong kỹ thuật hệ thống nói chung đều có nhiều lớp chuyển vào, quá trình bên trong phức tạp và thường phát sinh tác dụng qua lại. Quá trình của hệ thống này còn có một đặc tính là biến đổi có thời gian theo một số nguyên nhân phát sinh ở bên ngoài hoặc bên trong. Do đó, để điều khiển hệ thống quy mô lớn, phải nắm vững sự thay đổi đặc tính của quá trình do các biến động này gây ra, nói một cách khác là phải hiểu được đặc tính động thái của quá trình. Hệ sinh thái mà chúng ta nghiên cứu hoàn toàn có thể coi là hệ thống quy mô lớn như vậy. Để nắm vững đặc tính động thái của quá trình, cần tiến hành tính toán và đo lường nhất định để thu được những tài liệu phán đoán cần thiết cho việc điều khiển. Những phán đoán này được hoàn thành qua máy tính điện tử. Để dùng máy tính điện tử vào quá trình sản xuất, ít nhất cần có đủ ba điều kiện sau đây:

1. Có những máy đo lường thích đáng với độ tin cậy cao.
2. Có hệ thống điều khiển chỉ lệnh trả lời chính xác và nhanh.
3. Phải có một mô hình quá trình tiêu chuẩn biểu hiện được điều kiện tốt nhất.

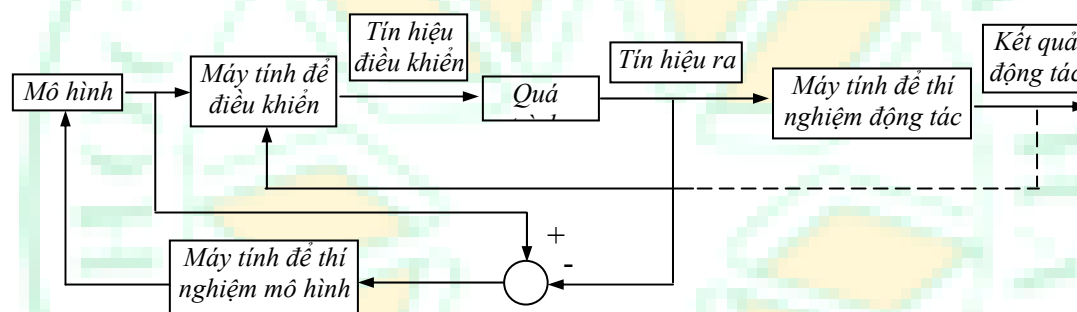
Điều khiển quá trình cần có mô hình (Ahuja, 2002; Phạm Chí Thành và ctv, 1996; Tsuji và ctv, 2002). Hình 2.4 là phương thức điều khiển quá trình không có mô hình. Trong phương thức này, để hiệu chỉnh chuyển vào, đã sử dụng tín hiệu chính phát ra chu kỳ, ngoài việc dùng máy tính để thí nghiệm động tác ra, về cơ bản là giống với hình 1.4. Phương pháp này do không lợi dụng thông tin bên trong hệ thống, cho nên lượng thông tin của tín hiệu chính từ cơ cấu điều khiển ra rất ít.



Hình 2.4. Phương thức điều khiển quá trình không có mô hình

Khác với phương thức trên, phương thức điều khiển như hình 3.4 có thể thu được nhiều thông tin hơn trong quá trình điều khiển, có thể liên tục tiến hành thao tác tốt nhất. Điểm khác với phương thức điều khiển không có mô hình là phương thức này có mô hình hoàn toàn độc lập và dùng máy tính điện tử để kiểm nghiệm độ chính xác của mô hình. Do đó, trong hệ thống này, có thể vừa bước vào điều khiển quá trình, vừa chỉnh lý kết quả của hành vi mình tạo ra, nhờ đó tiến hành hiệu chỉnh tùy lúc đối với môi trường mình ở để hiệu chỉnh quyết định tiêu chuẩn, nên cũng gọi là hệ thống điều khiển thích ứng. Trong hệ thống quy mô lớn tương đối phức tạp, trước hết cần đặt mô hình vào trong hệ thống, vì thế phải làm rõ cần điều khiển biến số nào trong mô hình, tức là điều khiển bộ phận nào trong quá trình, sau đó mới tiến hành điều khiển chính xác.

Cần nghiên cứu làm thế nào để sản xuất cây trồng trong hệ sinh thái đồng ruộng trở thành hệ thống điều khiển thích ứng như vậy để mà điều khiển. Nhưng hiện nay vẫn chưa có mô hình dùng thích hợp với hệ thống tổng hợp, thậm chí ngay đến mô hình sản xuất (sinh trưởng) cây trồng cũng không hoàn thiện. Dưới đây sẽ nói đến cơ sở của sự điều khiển quá trình hệ sinh thái đồng ruộng - điều khiển quang hợp của quần thể cây trồng.



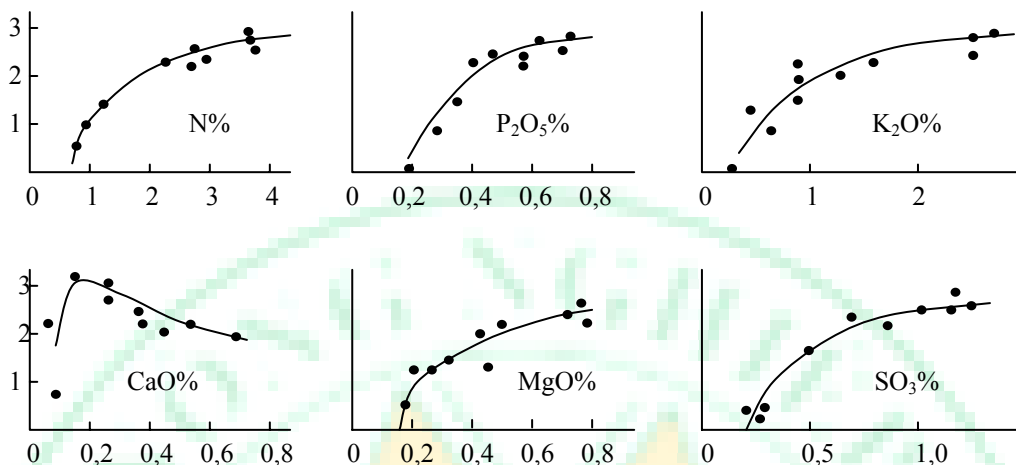
Hình 3.4. Phương thức điều khiển thích ứng (Kunizawa và ctv., 1964)

Điều khiển quang hợp của quần thể cây trồng

Hệ thống sản xuất cây trồng là một hệ thống phụ của hệ sinh thái đồng ruộng, mà quang hợp quần thể lại là một hệ thống con của hệ thống sản xuất cây trồng. Về sự quang hợp của quần thể cây trồng, mặc dù có nhiều thông tin, nhưng phương pháp điều khiển coi nó là hệ thống điều khiển thích ứng thì lại hầu như chưa được nghiên cứu. Mô thức mô hình hoá nêu ra ở chương trước có thể dùng làm mô thức điều khiển. Từ công thức (95) đến (99) có thể thấy rõ quang hợp của quần thể quyết định ở:

1. Hàm số ánh sáng - quang hợp của phiến lá
2. Hàm số CO_2 - quang hợp của phiến lá
3. Hàm số hô hấp của phiến lá
4. Cấu trúc hình học của quần thể (hệ số tiêu ánh sáng)
5. Hệ số khuếch tán trong và ngoài quần thể
6. Bức xạ mặt trời
7. Mật cắt phân bố thẳng đứng của nồng độ CO_2 .

Do đó, phương pháp điều khiển cũng phải nghiên cứu lần lượt từng yếu tố.



Hình 4.4. Hàm lượng thành phần vô cơ và cường độ quang hợp của phiến lá lúa nước

Hàm số quang hợp của phiến lá

Những nhân tố chủ yếu quan trọng quyết định hàm số quang hợp của phiến lá là: cấu trúc của lá (kể cả cấu trúc của chất diệp lục), tuổi của lá và cá thể cây, thành phần vô cơ (hữu cơ) của lá, lượng nước của lá và năng lực di truyền của giống. Trong đó, thông qua điều kiện canh tác có thể thay đổi chủ yếu là thành phần vô cơ (hữu cơ) và lượng nước của lá. Các thành phần vô cơ có tác dụng là nhân tố hạn chế đối với hàm số quang hợp của lá (hình 4.4). Nhưng đó là kết luận rút ra ở điều kiện trồng trong nước và trồng trong cát khi thành phần dinh dưỡng vô cơ hết sức thiếu. Còn ở các trường hợp thông thường, thành phần dinh dưỡng vô cơ, như đạm chẳng hạn, chỉ ảnh hưởng chút ít tới hàm số quang hợp mà thôi (thực tế chỉ ảnh hưởng tới hàm lượng protein). Đạm có tác dụng quyết định đối với sự mở rộng diện tích lá, đặc biệt quan trọng đối với sự điều khiển quang hợp thuần của quần thể thiếu nước thì từ trước khi héo cũng đã đủ để hạ thấp quang hợp. Nói chung, quan hệ hàm số quang hợp và độ nhiệt có thể vẽ thành đường cong tốt nhất, độ nhiệt ứng với gần đỉnh đường cong tương đối gần với nhiệt độ không khí của thời kỳ trồng trọt cây trồng đó.

Hàm số hô hấp của lá đơn

Thông thường, hoạt động hô hấp và hoạt động quang hợp là song song, có nghĩa là, lá có hoạt động hô hấp mạnh thì hoạt động quang hợp của nó cũng mạnh. Vì thế hoạt động hô hấp có quan hệ chặt chẽ với tuổi lá, lá càng non thì càng mạnh. Ngoài ra hàm lượng đạm cũng có quan hệ chặt chẽ với hoạt động hô hấp. Do cung cấp đạm, hoạt động hô hấp và sự tổng hợp protein làm nhân quả cho nhau và đều được thúc đẩy. Như đã biết, độ nhiệt thấp có thể hạ thấp hoạt động hô hấp, nhưng độ nhiệt tốt nhất của hô hấp lại khác nhau tùy loại cây trồng. Cứ cao lên 10⁰C so với độ nhiệt tốt nhất, thì thúc đẩy hô hấp lên gấp 2 - 3 lần, giống với trị số của những phản ứng hoá học nói chung.

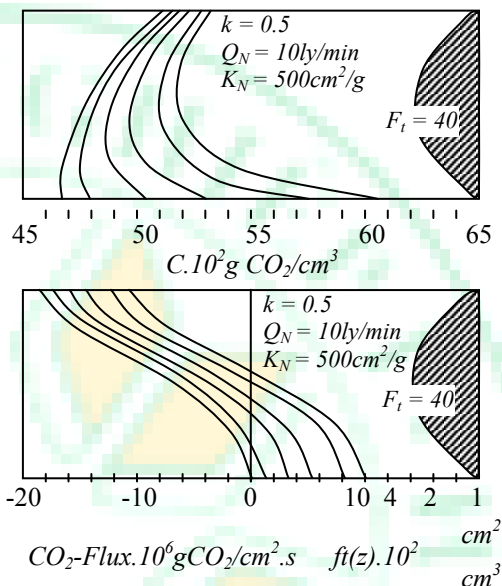
Cấu trúc hình học của quần thể

Chương trước đã nói kỹ vấn đề này, chỉ nhấn mạnh là mật độ quần thể khác nhau thì phương thức ảnh hưởng khác nhau rõ rệt. Hệ số khuếch tán quyết định ở tốc độ gió và cường độ dòng xoáy. Nói chung, tốc độ gió càng lớn thì hệ số khuếch tán cũng càng lớn, tốc độ trao đổi (tích phân của hệ số khuếch tán) gần như tỷ lệ với tốc độ gió.

Mặt cắt thẳng đứng của nồng độ CO_2

Nồng độ CO_2 từ đất thải ra có ảnh hưởng đối với mặt cắt thẳng đứng của nó (hình 5.4). Đất được bón phân hữu cơ, làm tăng rõ rệt CO_2 , có ý nghĩa quan trọng làm nguồn cung cấp CO_2 trong nhà ẩm trồng cây.

Như trên đã nói, mặc dù quan hệ và tác dụng của mỗi một nhân tố đã được nghiên cứu rõ ràng trên mức độ nào đó, nhưng không thể căn cứ vào thực nghiệm của mô thức mô hình hoá để nhìn ra phương hướng điều khiển thích ứng đối với quang hợp của quần thể cây trồng, vẫn cần phải có những sửa đổi tương ứng với mô hình theo mục đích yêu cầu.



Hình 5.4. Quan hệ của sự phân bố nồng độ CO_2 trong quần thể cây trồng với CO_2 từ đất thải ra

Hình trên: Nồng độ CO_2 ; Hình dưới: Thông lượng CO_2

Trồng trọt theo kế hoạch năng suất cao

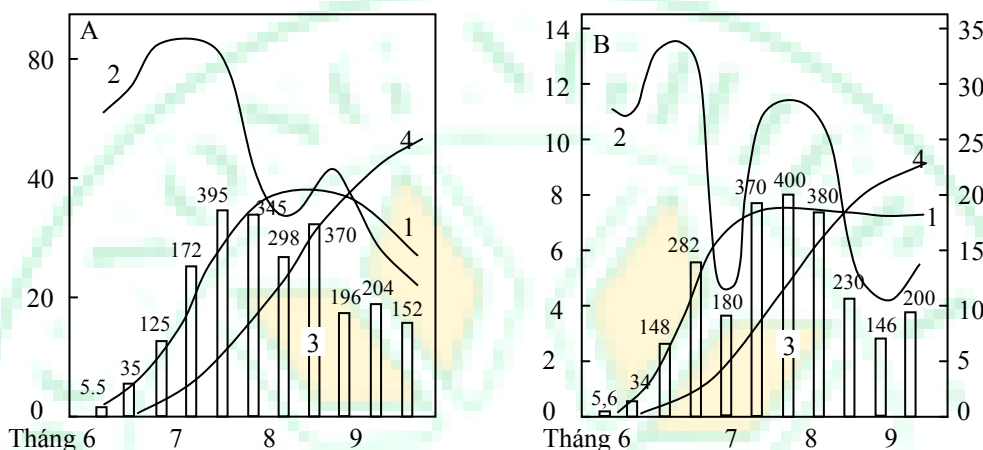
Ở Liên Xô (cũ), người ta đã tiến hành thí nghiệm trồng ngô theo kế hoạch năng suất cao ở vùng Vonga. Người ta đã lần lượt xét đến các chỉ tiêu cơ bản của quần thể cây trồng như sau:

1. Đường cong tăng diện tích lá
2. Tạo thành thể năng quang hợp cần thiết có hiệu suất quang hợp nhất định
3. Hệ số sử dụng năng lượng mặt trời trong quang hợp
4. Hệ số thoát hơi nước.

Việc lập trình tự của chúng dựa vào các số liệu dưới đây: Với điều kiện của vùng Vonga, từ ngày 20 tháng 5 nảy mầm đến ngày 20 tháng 9 thu hoạch, trong thời gian đó ngô đã hút 1.800 triệu kcal/ha, trong số 3.000 triệu kcal/ha bức xạ quang hợp được tới mặt đất, tồn trữ vào trong hạt ngô năng lượng 220 - 270 triệu kcal/ha (tương đương với khối lượng chất khô 55 - 65 tấn/ha, hoặc khối lượng hạt 20 - 25 tấn/ha). Đó là con số khả năng lớn nhất của năng suất ngô thời ấy. Có năm, người ta đặt mục tiêu là đạt 1/2 con số đó, tức là thu được 12 tấn/ha ngô hạt. Nếu tỷ lệ chất khô tích lũy trong hạt là 0,43 - 0,45 thì cần có năng suất trọng lượng chất khô tổng cộng là 23 - 24 tấn/ha.

Trong điều kiện nước trong đất thích hợp và phân bón đủ, hiệu suất quang hợp bình quân trong toàn thời gian sinh trưởng của ngô là 7- 8 g/m² ngày. Nếu lấy hiệu suất quang hợp bình quân là 8 g/m² ngày, thì để tạo thành 24 tấn chất khô/ha sẽ cần thể năng quang hợp (diện tích lá tính toán trong cả thời gian sinh trưởng, lấy đơn vị là hecta) là khoảng 3.000 nghìn m² ngày.

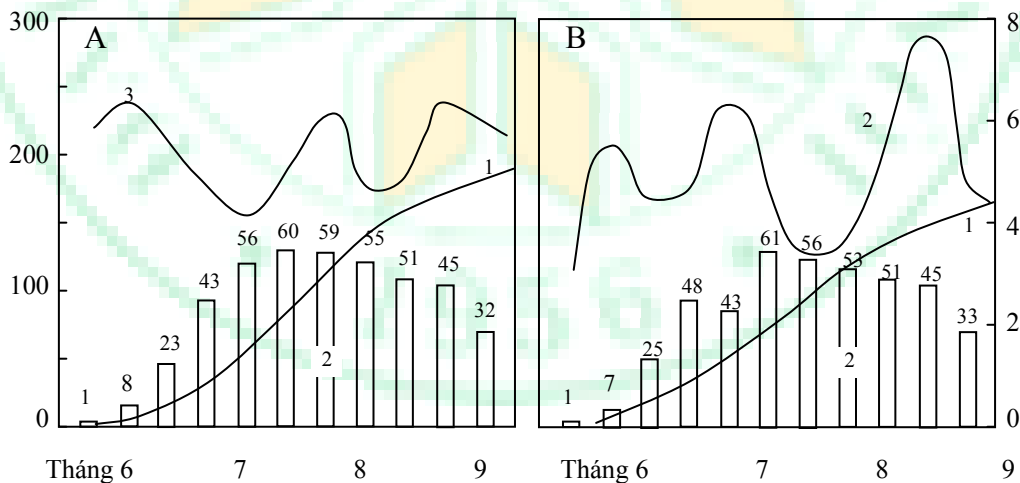
Nếu chỉ số diện tích lá của quần thể ngô vào tháng 7 và 8 là 4,0 và 6,0 thì trải qua cả thời gian sinh trưởng sẽ có thể hình thành thể năng quang hợp nói trên.



Hình 6.4. Trị số đo thực của trình tự thí nghiệm trồng trọt theo kế hoạch đối với giống ngô VIR-156

A: trình tự, B: trị số đo thực (1964)

1. Diện tích lá x 10³ m²/ha; 2. Hiệu suất quang hợp (g/m² ngày); 3. Lượng tăng trong ngày của chất khô (kg/ha); 4. Khối lượng chất khô toàn bộ (tấn/ha)



Hình 7.4. Lượng thoát hơi nước và hệ số thoát hơi nước của ngô trồng trọt theo kế hoạch giống ngô VIR-156

A: trình tự, B: trị số đo thực

1. Lượng thoát hơi nước (tấn/ha.ngày); 2. Lượng nước tiêu hao cho thoát hơi nước (x10³ tấn/ha); 3. Hệ số thoát hơi nước;

Dựa vào các số liệu nói trên, có thể tìm thấy được đường cong trình tự sinh trưởng diện tích lá 1 và đường cong trình tự hiệu suất quang hợp 2 của giống ngô VIR - 156 (hình 6.4.). Đã có đường cong diện tích lá và quang hợp, trải qua cả thời gian sinh trưởng sẽ có thể tìm được lượng tăng khối lượng chất khô của từng 10 ngày một (hình 6.4., đường cong 4). Năng suất toàn bộ chất khô cuối cùng là 24,3 tấn/ha. Đồng thời, căn cứ vào chênh lệch giữa trị số tỷ suất năng lượng mặt trời và năng lượng mặt trời được hút là có thể tìm được năng lượng tiêu dùng cho thoát hơi nước (hình 7.4.).

Lập kế hoạch bón phân và kế hoạch tưới nước: Đặt chỉ số diện tích lá số lớn nhất của VIR-156 là 4,0, thế năng quan hợp là 2927 nghìn m^2 ngày, trị số thực tế tương ứng là 3,7 và 2908 nghìn/ m^2 ngày. Trị số kế hoạch và trị số đo thực của hiệu suất quang hợp bình quân lần lượt là 8,3 g/ m^2 ngày và 8,3 g/ m^2 .ngày; trị số đo thực là 23,8 tấn/ha. Trị số bình quân trong tuần (10 ngày) của hiệu suất quang hợp đo thực và trị số thiết kế chênh lệch nhau rất rõ rệt. Nguyên nhân là do trong thời gian hiệu suất quang hợp giảm thấp, bức xạ quang hợp được tương đối ít. Hệ số sử dụng hữu hiệu quang hợp bằng trị số kế hoạch là 0,45.

Kết quả trên chứng tỏ, thông qua điều khiển quang hợp sẽ có thể thực hiện được con đường đạt năng suất cao phù hợp với hệ số sử dụng năng lượng bức xạ mặt trời theo kế hoạch định trước. Trọng điểm của kế hoạch này là ở chỗ làm thế nào duy trì được quang hợp mạnh, vì thế kế hoạch bón phân và tưới nước là rất quan trọng. Để làm cho việc sản xuất cây trồng trở thành hệ thống điều khiển thích ứng, phải có trình tự hoá như nói trên, mà mô thức hoá hệ thống trở nên rất quan trọng.

Sự việc nêu trên là một thí dụ thành công, thực tế khi thực hiện kế hoạch như vậy có thể xuất hiện rất nhiều vấn đề, trong đó việc dự báo khí tượng sẽ là một vấn đề rất quan trọng.

TÓM TẮT

- Hệ sinh thái đồng ruộng trong điều kiện hoạt động của con người, đã không ngừng được điều chỉnh theo chiều hướng ngược lại với quy luật tự nhiên để cung cấp những sản phẩm cần thiết cho loài người. Phương pháp điều khiển có thể chia ra làm ba kiểu: điều khiển vật lý, điều khiển hoá học và điều khiển sinh học. Trong chương này đã đề cập đến các khía cạnh của hệ thống điều khiển thích ứng và ứng dụng các mô hình trong điều khiển quần thể cây trồng. Điều khiển về giống và nâng cao hiệu suất quang hợp là nhân tố quyết định trong việc nâng cao năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng. Đồng thời điều khiển nhiệt độ thông qua nhà kính ngày một trở nên phổ biến ở các nước vùng ôn đới và nhiệt đới. Bản thân nhà kính có thể được coi là một hệ sinh thái đồng ruộng trong đó các thông số về nhiệt độ được con người kiểm soát một cách tích cực.*

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Anh/chị hiểu như thế nào là điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng?
2. Trong thực tiễn sản xuất ở Việt Nam, người nông dân điều khiển hệ sinh thái ruộng lúa nước như thế nào?
3. Hãy nêu các ưu điểm của việc áp dụng mô hình hóa trong điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng?
4. Anh chị hãy đánh giá kinh nghiệm truyền thống của người nông dân Việt Nam thông qua câu tục ngữ sau “Nhất nước, nhì phân, tam cần, tứ giống”. Thứ tự của các biện pháp này đã thay đổi như thế nào trong điều kiện hiện nay? Hãy chứng minh?
5. Ông cha ta thường nói “người đẹp vì lụa, lúa tốt vì phân”. Đúng về góc độ các nhà trồng trọt, anh/chị hiểu như thế nào?
6. Hàm số quang hợp của lá phụ thuộc vào những yếu tố nào?
7. Cần làm gì để nâng cao khả năng quang hợp của quần thể cây trồng? Giải thích?
8. Hãy nêu một số ví dụ về khả năng sáng tạo của người nông dân Việt Nam trong quá trình điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng?

TÀI LIỆU ĐỌC THÊM

1. Ota Keizaburo, Tanaka Ichir, Udagawa Taketoshi và Munekate Ken. *Sinh thái học đồng ruộng*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội 1981 (Bản dịch của Đoàn Minh Khang).
2. Ahuja, L.R., Ma, L., and Howell, T.A. *Whole System Integration and Modeling - Essential to Agricultural Science and Technology in the 21st Century*; pp. 1-8. In: L.R. Ahuja, L. Ma, T.A. Howell (eds.), *Agricultural system models in field research and technology transfer*. Lewis publishers; Boca Raton, USA. 2002.
3. Nguyễn Công Tạn, Ngô Thế Dân, Hoàng Tuyết Minh, Nguyễn Thị Trâm, Nguyễn Tri Hoan, Quách Ngọc Ân. *Lúa lai ở Việt Nam*. NXB Nông nghiệp. Hà Nội. 2002.
4. Nguyễn Thị Trâm. *Kết quả chọn tạo giống lúa lai 2 dòng TH3-3 với thời gian sinh trưởng ngắn, năng suất và chất lượng cao*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn 6: 686-688. 2003.
5. Nguyễn Tất Cảnh. *Nghiên cứu mô hình mô phỏng động thái độ ẩm đất và chẩn đoán nhu cầu tưới cho ngô và đậu tương trên đất bạc màu Đông Anh và phù sa sông Hồng, Gia Lâm*. Luận án Tiến sỹ Nông nghiệp. ĐHNHI, Hà Nội. 2000.
6. Phạm Chí Thành, Phạm Tiến Dũng, Đào Châu Thu, Trần Đức Viên. *Hệ thống nông nghiệp*. NXB Nông nghiệp. Hà Nội. 1996.
7. Odum, E.P. *Basic Ecology*. Saunders college publishing. Tokyo. 1983.
8. Trần Đức Viên. *Sinh thái học Nông nghiệp*. NXB Giáo dục. Hà Nội. 1998.
9. Tsuji, G.Y, duToit, A., Jintrawet, A., Jones, J.W., Bowen, W.T., Ogoshi, R.M., and Uehara, G. *Benefit of models in Research and Decision support: The IBSNAT Experience*; pp: 71-90. In: L.R. Ahuja, L. Ma, T.A. Howell (eds.), *Agricultural system models in field research and technology transfer*. Lewis publishers; Boca Raton, USA. 2002.

Chương V

KỸ THUẬT HỌC HỆ THỐNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG

Nội dung

Thế giới tự nhiên rất phức tạp và đa dạng đòi hỏi con người phải có phương thức tiếp cận một cách hệ thống trong nghiên cứu hệ sinh thái đồng ruộng. Quần thể cây trồng phát triển trên đồng ruộng có mối quan hệ chặt chẽ không chỉ điều kiện khí tượng, đất đai, chế độ nước mà còn chịu ảnh hưởng sâu sắc bởi các mối quan hệ với các loài sinh vật khác và các điều kiện kinh tế xã hội của từng địa phương. Nội dung cơ bản của chương này là mô hình hóa các mối quan hệ trên để nghiên cứu chức năng và cấu trúc của hệ sinh thái đồng ruộng nhằm cho một cách nhìn tổng thể về sản xuất nông nghiệp.

Các nội dung sau đây sẽ được đề cập trong chương này:

Dành cho sinh viên bậc đại học:

- Sinh thái học và kỹ thuật học hệ thống

Dành cho sinh viên sau đại học:

- Chuẩn bị toán học để mô tả và phân tích hệ sinh thái
- Mô hình hoá máy tính
- Phân tích hệ thống một số mô hình sinh thái

Mục tiêu

Sau khi học xong chương này, sinh viên cần:

- Hiểu được mối quan hệ giữa sinh thái học và kỹ thuật học hệ thống
- Nắm được các phương pháp mô tả và phân tích hệ sinh thái
- Hiểu được cách thức xử lý mô hình sinh thái trên máy tính (*sinh viên sau đại học*)

1. Sinh thái học và kỹ thuật học hệ thống

Tính tổng hợp của sinh thái học

Nghiên cứu khoa học thường có hai hướng chính: một là cố gắng phân chia đối tượng nghiên cứu thành những phần rất nhỏ, rất thuần; hai là hướng tổng hợp tổ chức những đối tượng chia nhỏ lại. Phương pháp luận của hướng thứ nhất là rút lấy một phần tử trong hệ thống thực tế hết sức phức tạp, cố gắng cô lập nó với môi trường xung quanh, cấu thành một trường thuần “nhiệt độ và ẩm độ cố định” có lợi cho thực nghiệm, tìm ra quy luật nào đó trong phần hệ thống đó; tránh những cái bên ngoài hệ thống được nghiên cứu “lấn vào” trong phạm vi thực nghiệm, tìm mọi cách làm cho hệ thống thực nghiệm trở thành “thuần khiết” nhất và thuần túy; thậm chí phá hoại cả mô tế bào phức tạp, làm đi làm lại để lấy ra một loại men nào đó, rồi dùng men “thuần” đó tiến hành thực nghiệm sinh hoá theo kiểu “hệ thống ống nghiệm”.

Một hệ thống thực nghiệm dù là “thuần” đến đâu, nhưng nếu nghiên cứu tỉ mỉ hơn, thì hệ thống đó lại có thể được cấu thành bởi nhiều thành phần thứ cấp, nghĩa là việc chia nhỏ lại được tiếp tục không giới hạn.

Một phát hiện mới bất kỳ nào đó trong nghiên cứu kiểu chia nhỏ như vậy, chỉ cần nó có liên hệ với bản chất của cùng sự vật, có khi cũng có hiệu quả trực tiếp và có tính ứng dụng tương đối lớn. Thí dụ: nếu phát hiện được một chất nào đó có tác dụng làm tổn thương mạnh đối với hệ thống hô hấp hoặc hệ thống quang hợp của sinh vật, có thể là một phần cực nhỏ, sẽ có thể trở thành một biện pháp có hiệu quả hạn chế sâu bệnh hại và cỏ dại.

Cho đến nay, phần lớn các nghiên cứu khoa học đều theo phương pháp “chia nhỏ” như vậy. Nhưng kết quả nghiên cứu như thế, một khi ứng dụng một cách đơn thuần vào trong thực tế phức tạp, thường luôn bị va vấp, có khi còn cho kết quả trái ngược với ý muốn. Thí dụ: việc phun thuốc bảo vệ thực vật nhằm bảo vệ cây trồng và tính chống thuốc của sâu bệnh. Loài cỏ dại ít bị tác dụng của thuốc trừ cỏ lại phát triển mạnh khi ta dùng thuốc trừ cỏ (như loài *Eleocharis* trong ruộng nước). Từ những thực tế đó, con người nhận thức được rằng tự nhiên là phức tạp, do đó phải đối xử với nó như những sự vật phức tạp và cần phải tiến hành nghiên cứu tổng hợp. Từ đó, một số thuật ngữ như “hệ thống”, “kỹ thuật học hệ thống” được sử dụng ngày một phổ biến hơn.

Như đã nói ở trên, có khá nhiều phương pháp phân tích mà sinh thái học áp dụng, nhưng suy cho cùng đều xoay quanh yêu cầu tổng hợp. Sinh thái học là môn khoa học có tính tổng hợp rất cao. Bởi vì: 1) sự hình thành của sinh thái học còn tương đối trẻ, còn chưa được chia nhỏ ra; 2) sinh thái học là một môn khoa học phải lấy địa bàn nghiên cứu thực địa làm chính để phát triển; 3) ở điều kiện thực tế, quan hệ giữa sinh vật và môi trường, quan hệ giữa sinh vật với sinh vật rất phức tạp cả về cấu trúc và chức năng, không dễ dàng gì mà lấy một phần đưa vào phòng thí nghiệm. Người ta nói tính tổng hợp của sinh thái học rất cao cũng thể hiện ở những mặt đó.

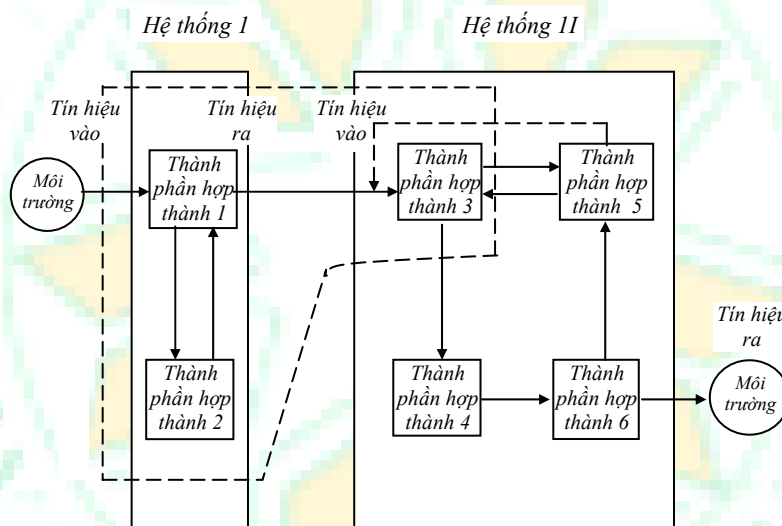
Trong lĩnh vực kỹ thuật, gần đây việc trang bị cơ giới cho sản xuất đã trở nên vô cùng phức tạp và với quy mô ngày càng lớn. Khi dùng “bộ phận” kiến trúc trước đây để nghiên cứu hoạt động chỉnh thể của những trang thiết bị này, do những chỉnh thể này quá phức tạp, nên đã sinh ra quan niệm hệ thống (system concept). Một số hệ thống phức tạp như vậy được tổng hợp lại với nhau vì mục đích nhất định, hoặc được vận dụng theo một quy luật nhất định (phương pháp có tính phổ biến). Những phương pháp tổng hợp này được phát triển không ngừng và được gọi là kỹ thuật học hệ thống (system engineering).

Phần sau sẽ nói đến quá trình nghiên cứu của sinh thái học và kỹ thuật học thoát nhìn hình như trái ngược nhau. Đối tượng nghiên cứu của sinh thái học đã tồn tại từ lâu, còn kỹ thuật học hệ thống mới được hình thành. Chỗ đứng của hai lĩnh vực tuy khác nhau, nhưng khái niệm hệ thống của chúng lại giống nhau. Phần then chốt của phương pháp xử lý hệ thống mà kỹ thuật học đề ra có ý nghĩa tham khảo quan trọng đối với sinh thái học.

Cấu trúc của hệ thống

Hệ thống: Hệ thống bao gồm nhiều thành phần có quan hệ với nhau và tổ hợp lại với nhau một cách rất phức tạp để hợp thành một chỉnh thể có ý nghĩa nhất định.

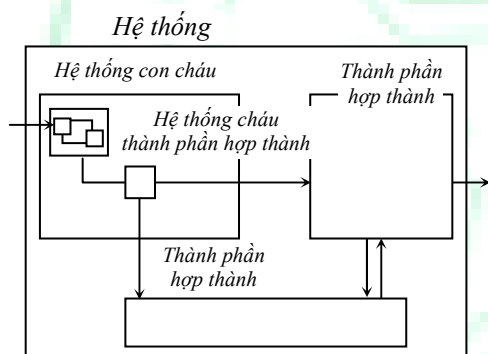
Trước hết cần bàn là vấn đề xác định cấu trúc của hệ thống. Trong tập hợp nhiều thành phần hợp thành, xếp đặt cái nào với cái nào vào trong một hệ thống đương nhiên là có sự khác nhau do mục đích nghiên cứu, nhưng cũng không thể xếp đặt tùy ý được. Hình 1.5 cho thấy, giả thiết có 6 thành phần hợp thành, tập hợp thành phần [1, 2] và tập hợp [3, 4, 5, 6], những thành phần trong dấu móc [] có quan hệ chặt chẽ hơn, vì thế đã trở thành các tập hợp khác nhau. Trong trường hợp, nếu không có lý do đặc biệt nào mà tùy ý vạch đường chấm chấm coi [1, 2, 3] là một hệ thống thì sẽ gây khó khăn cho bước nghiên cứu tiếp theo. Nói một cách khác, *hệ thống là tập hợp do một số thành phần kết hợp hữu cơ với nhau, có thể phân biệt nó với môi trường hoặc hệ thống khác và có “tính độc lập” tương đối ở mức độ nhất định.*



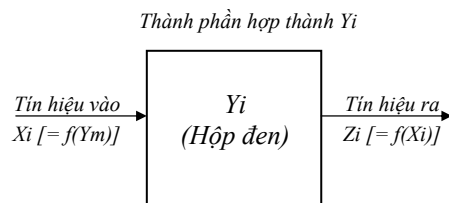
Hình 1.5. Hệ thống là sự hợp thành của nhiều thành phần có quan hệ với nhau, nối liền với môi trường bằng đầu vào và đầu ra

Thành phần hợp thành: gọi là thành phần hợp thành tức là một số “bộ phận” hợp thành “hệ thống”, bản thân chúng lại do những thành phần cấp thấp hơn hợp thành. Những thành phần cấp thấp này lại do những thành phần cấp thấp hơn nữa tạo ra. Như trên đã nói, nếu tiếp tục chia nhỏ không giới hạn, thì cuối cùng (với trình độ hiện tại) có thể đạt đến mức độ hạt cơ bản. Song dù không đạt đến mức độ hạt cơ bản hay nguyên tử, chúng ta cũng đủ để tìm hiểu và nắm vững hệ thống sinh thái đồng ruộng, do đó việc chia nhỏ thành phần hợp thành nên làm đến mức thích hợp; đối với nội dung của thành phần (nó cấu tạo bởi cái gì) thì vẫn phải thừa nhận: có tồn tại một “đơn vị thành phần hợp thành” mà đến đó người ta không truy hỏi gì thêm nữa. Đó tức là “thành phần hợp thành” mà chúng ta muốn nói đến.

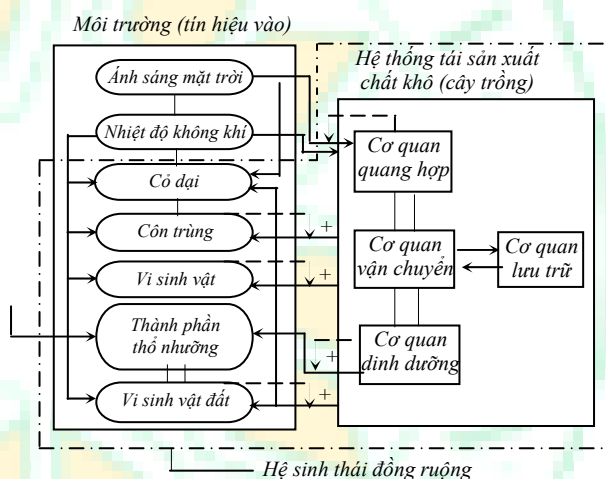
Thành phần hợp thành giống như một chiếc hộp đen có đầu vào và đầu ra (hình 2.5). Giống như chiếc máy tự động bán hàng, bỏ đồng tiền vào (chuyển vào) thì một thứ hàng bật ra (chuyển ra) bất kể là bao thuốc lá hay chai nước quả, cơ cấu bên trong tựa như không suy tính gì cả. Về quan hệ giữa “đại lượng vào” và “đại lượng ra” của các thành phần đó có thể xác định nhờ thực nghiệm, cũng có thể lợi dụng kết quả nghiên cứu của các nhà chuyên môn liên quan. Nhưng dù thế nào đi nữa cũng có thể xuất hiện một cục diện như sau, nếu không xét đến thành phần cấp thấp hay cấp thấp hơn nữa của thành phần hợp thành, sẽ không thể biểu hiện tốt hành động của thành phần hợp thành phức tạp hơn. Trong trường hợp này, chúng ta lần lượt gọi là hệ thống con và hệ thống cháu (subsystem) (hình 3.5).



Hình 3.5. Quan hệ của thành phần hợp thành hệ thống, hệ thống con, hệ thống cháu



Hình 2.5. Sơ đồ hình khối của thành phần hợp thành (yếu tố) của hệ thống thông thường. Đơn vị nhỏ nhất xử lý coi như hộp đen



Hình 4.5. Phạm vi của hệ thống. Có sự khác nhau do phạm trù vấn đề khác nhau mà người ta nghiên cứu

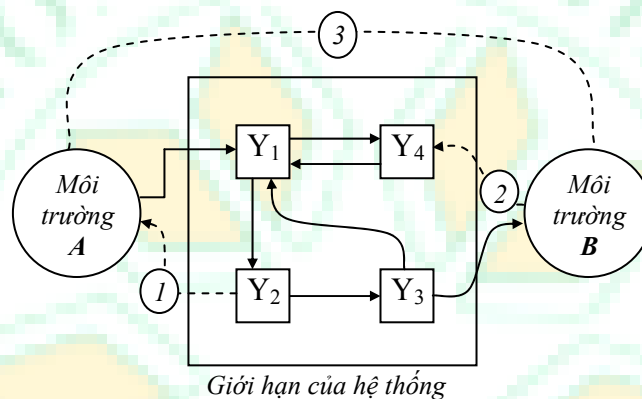
Gọi là thành phần (yếu tố) của hệ sinh thái đồng ruộng là chỉ quần thể cây trồng, cỏ dại, quần thể côn trùng, NH_3 trong đất, khối lượng và số lượng vi sinh vật đất...

Hệ thống và môi trường: Môi trường của hệ thống là tổng hợp tất cả các thành phần bên ngoài hệ thống, thuộc tính của nó thay đổi sẽ có ảnh hưởng đến hệ thống và ngược lại, do hoạt động của hệ thống mà thuộc tính của thành phần môi trường cũng bị ảnh hưởng theo.

Trên thực tế, cái được coi là yếu tố bên trong hệ thống và cái gì được coi là môi trường là do cách nhìn của con người đối với hệ thống, nhất là quy mô của hệ thống được mở rộng đến mức độ nào, độ dài của toạ độ thời gian xem xét (lấy vấn đề phát sinh trong mấy tháng làm đối tượng, hay xem xét thời gian sau 10 năm, 20 năm) khác

nhau mà có nhiều sai khác. Thí dụ, hệ thống đồng ruộng, như hình 4.5 cho thấy, nếu lấy cây trồng làm chính, thì cái ngoài cây trồng như năng lượng mặt trời, nhiệt độ không khí, côn trùng, cỏ dại, vi sinh vật ... đều là “môi trường” của nó. Lấy cây trồng làm chính, đó là giải thích chủ quan của loài người lợi dụng cây trồng, nếu cho rằng côn trùng và vi sinh vật trong sự hình thành hệ sinh thái đồng ruộng, cũng quan trọng ngang với thực vật mới phù hợp thực tế, thì một bộ phận trong môi trường lại có thể được đưa vào trong hệ thống (hình 5.5).

Trong việc nghiên cứu sinh thái học đồng ruộng tính tổng hợp rất mạnh, dù mới đầu xuất phát từ hệ thống quy mô nhỏ, nhưng theo sự tiến triển của việc nghiên cứu (dần dần đưa môi trường vào trong hệ thống), quy mô của hệ thống tự nhiên sẽ có xu thế mở rộng, thậm chí cuối cùng trở thành “hệ sinh quyển”.



Hình 5.5. Giới hạn giữa hệ thống và môi trường

Những đặc trưng của hệ sinh thái

So sánh với hệ thống kỹ thuật, nói chung hệ sinh thái có một số đặc trưng sau:

1/ Có nhiều phản ứng tốc độ chậm hơn hệ thống kỹ thuật. So sánh quá trình sản xuất của nhà hoá học và sản xuất sinh vật cần nhiều thời gian thì thấy sự khác nhau vô cùng rõ ràng. Do đó, sự điều khiển đối với hệ sinh thái đồng ruộng, có thật đúng là cần “máy tính hệ thống tuyến tính” (Computer online system) hay không là vấn đề rất cần được quan tâm.

2/ Những thành phần có phản ứng cực kỳ nhanh và những thành phần có phản ứng rất chậm cùng nằm trong một hệ thống. Thí dụ, quá trình quang hợp xuất hiện phản ứng lấy giây hoặc phút làm đơn vị; biến đổi hình thái do sinh trưởng thì cần xét nhiều ngày tháng hoặc nhiều năm. Ngoài ra, như sự phân giải chất hữu cơ trong đất hay quá trình biến đổi tính chất lý hoá học của đất, cần một thời gian tương đối dài mới đạt đến cân bằng đại thể. Do đó khi xét đến vấn đề biến đổi trong thời gian ngắn, đối với những thành phần xem ra đã cơ bản ổn định, với thời gian kéo dài nếu vẫn coi chúng là bất di bất dịch thì thường là dẫn đến sai lệch lớn. Đối với hệ thống tồn tại hỗn hợp tốc độ phản ứng (định số thời gian) nhanh chậm khác nhau, khi tính toán bằng máy tính, cũng thường dễ trở thành nguyên nhân gây ra sai số tính toán.

3/ Bản thân “cấu trúc” của cơ cấu (thành phần hợp thành) của hệ thống cũng có biến đổi. Ở nhà máy bản thân cơ cấu trong một thời gian nhất định không thể biến đổi lớn. Cho nên “cấu trúc quan hệ” chuyển vào, chuyển ra của đơn vị thành phần hợp thành cũng không biến đổi nhiều lắm, còn trong hệ thống sinh vật lại không hề có sự bảo đảm như vậy. Thậm chí, có thành phần hợp thành hoàn toàn không tồn tại trong một thời gian nào đó, nhưng sang thời gian khác lại xuất hiện phụ thêm vào trong hệ thống (như sự hình thành cơ quan dự trữ của cây trồng).

4/ Trong quan hệ hàm số chuyển vào, chuyển ra của thành phần hợp thành, phần nhiều là có đặc tính bão hoà và không tuyến tính khá rõ. Thí dụ, quan hệ giữa nồng độ chất dinh dưỡng trong đất và tốc độ hút của rễ; quan hệ giữa cường độ chiếu sáng và tốc độ quang hợp. Do đó, một loạt phương pháp và thuật toán tuyến tính phát triển từ hệ thống kỹ thuật học không thể dùng y nguyên như thế, đã đem lại nhiều khó khăn cho việc xử lý toán học đối với hệ thống sinh học.

5/ Bất kể là bên trong hay bên ngoài của hệ thống cũng đều tồn tại nhiều nhân tố con người khó điều khiển. Vì thế, mặc dù đã tạo ra mô hình toán học hay mô hình máy tính và đã tiến hành thực nghiệm, nhưng muốn chứng thực kết quả thu được ở trong hệ sinh thái thực tế, có khi lại vô cùng khó khăn.

Quá trình phân tích hệ thống (mô hình hoá và thực nghiệm mô hình)

Hệ thống kỹ thuật học là đối tượng mới hợp thành, còn hệ thống sinh thái học đồng ruộng thì là đối tượng phân tích sẵn có bày ra trước mắt. Do đó, mục đích và quá trình phân tích hai loại hệ thống ít nhiều có sự khác nhau. Nhưng điểm chung giống nhau là: mô hình đều có tác dụng quan trọng.

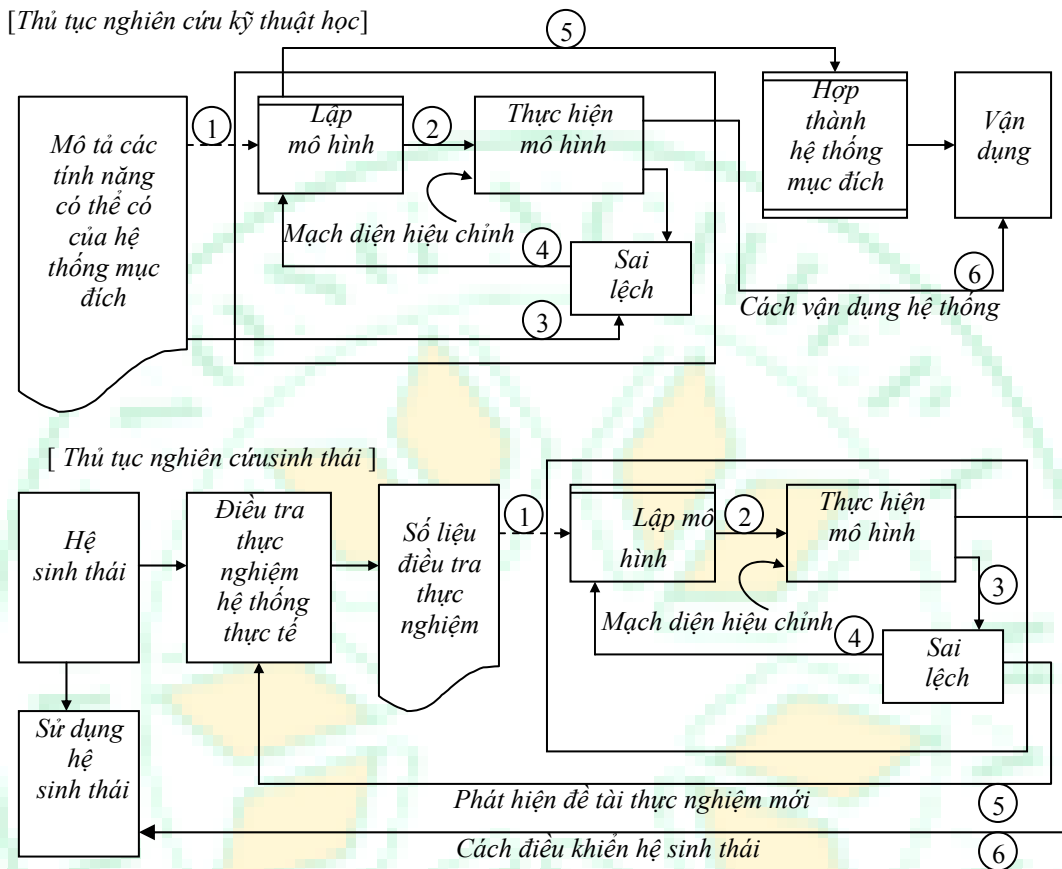
Quá trình của kỹ thuật học: Quá trình hợp thành của hệ thống kỹ thuật học, trước hết là từ chế tạo một hệ thống có chức năng gì, cũng tức là bắt đầu từ việc xem xét tỉ mỉ điều kiện thiết kế của nó. Căn cứ vào những điều kiện này để làm thành kiểu dạng cụ thể của bản thiết kế, trải qua quá trình kiểm nghiệm các loại chi tiết, cuối cùng hợp thành hệ thống mà ta yêu cầu.

Hệ thống hợp thành, trước khi đưa vào sử dụng, tiến hành “chạy thử” ở các điều kiện môi trường. So sánh kết quả chạy thử với điều kiện thiết kế mong muốn, tiến hành tu sửa những chỗ không thích đáng. Để chế tạo thành hệ thống chất lượng cao, phải sửa đi sửa lại nhiều lần.

Song, trong môi trường hệ thống quy mô lớn cần đầu tư rất lớn, việc dùng thực vật để tiến hành “chạy thử” ở các điều kiện khác nhau, hoặc xem kết quả để tiến hành sửa lại, đã ngày càng khó khăn cả về mặt kinh tế và về mặt kỹ thuật, thậm chí không cho phép làm như vậy. Do đó, trước khi “chế tạo” vật thực, phải chế tạo trước mô hình, cho thực nghiệm mô hình lặp đi lặp lại, tiến hành giải tích trước và sửa đổi trước cho hệ thống (hình 5.6).

Trong kỹ thuật học hệ thống, việc thực nghiệm mô hình đã trở thành phương pháp quan trọng của việc giải tích hệ thống và hợp thành hệ thống. Vì thế phương pháp chế

tạo mô hình, phương pháp thu được ngày càng nhiều thông tin nhờ sử dụng mô hình và thực nghiệm mô hình có sự phát triển nhảy vọt. Những phương pháp đó cũng rất có triển vọng trong nghiên cứu sinh thái học.



Hình 6.5. Đối chiếu quá trình hợp thành hệ thống kỹ thuật học và quá trình nghiên cứu sinh thái

Quá trình nghiên cứu sinh thái (ý nghĩa của mô hình trong sinh thái học): Hệ thống lấy làm đối tượng nghiên cứu của sinh thái học là cái đã tồn tại từ trước, tương đối ít ý đồ nghiên cứu sáng chế mới như kỹ thuật học. Nhưng trong sinh thái học, hệ thống cần nghiên cứu càng phức tạp, thì việc giải tích hệ thống càng cần phải có mô hình (mô thức).

Nghiên cứu sinh thái trước hết là thông qua điều tra dã ngoại và thực nghiệm dã ngoại để thu được những số liệu và tài liệu về hệ thống đối tượng nghiên cứu. Theo sự tiến triển của nghiên cứu, những tài liệu đó ngày càng phong phú (mô tả hiện tượng), rồi từ đó tìm ra mối liên hệ có ý nghĩa chủ đạo, mối liên hệ bản chất về hành động của hệ thống, nêu ra những quy luật có tính phổ biến. Để làm cho một số nhận thức trừu tượng hoá như vậy (hoặc gọi là giả thuyết làm việc) trở thành hiện thực, thì cần phải ứng dụng những mô hình khác nhau. Như phần sau sẽ nói, có mô hình thu nhỏ trừu tượng đồng cỡ lớn thành sa bàn, mô hình kiểu mạch điện, mô hình toán học và mô hình máy tính.

Đối với mô hình, chỉ đòi hỏi nó nắm chắc thật tốt được cấu trúc lý luận bản chất của hệ thống đối tượng nghiên cứu là được, còn sự khác nhau về bề ngoài và về chất vật liệu thì không đặt thành vấn đề. Thậm chí có thể sử dụng vật liệu hoàn toàn khác với chất vật liệu của hệ thống thực tế, chỉ cần diễn đạt rất tốt được chức năng của nó, dựa vào điểm này có thể nói nó là bằng chứng của sự trừu tượng thành công.

Song, nếu chỉ cho rằng mô hình có thể “phản ánh rất tốt nhận thức” thì không đúng. Gọi là “mô hình diễn đạt rất tốt được cấu trúc lý luận của hệ thống thực tế” có nghĩa là trong mô hình cũng phải có, hay phát huy được chức năng lý luận tương tự với hệ thống đối tượng nghiên cứu. Cho nên phải nói rằng, sử dụng mô hình là có thể tiến hành “thực nghiệm” về cấu trúc lý luận của mô hình, hơn nữa loại thực nghiệm này là có thể được. Loại thực nghiệm tiến hành bằng mô hình này gọi là thực nghiệm mô hình (mô hình hoá nghĩa rộng).

Như phần sau sẽ nói, mô hình có những loại hình khác nhau. Một trong những tiêu chuẩn để đánh giá đối với những mô hình đó xem việc thực nghiệm mô hình hoặc việc đo định kết quả thực nghiệm có thể vận động linh hoạt đến mức độ nào ở trong các mô hình đó.

Đối với kết quả của “thực nghiệm mô hình” cần đối chiếu với tài liệu ghi chép các hiện tượng của hệ thống vốn có, để cân nhắc đánh giá. Có khi phát hiện có nhiều “sai khác”, nghiên cứu nguyên nhân sinh ra những sai khác đó và tiến hành sửa lại mô hình (hình 6.5, 4). Sai khác giữa thực nghiệm mô hình và hiện tượng hệ thống thực tế, có thể đi sâu điều tra hệ thống thực tế và cung cấp “con đường” mới (hình 6.5, 5), còn có thể phát hiện lại, tìm ra đầu mối của hệ thống mà mô hình cũ (nhận thức) chưa lường thấy hết. Người ta gọi đó là “chức năng của phương pháp phát hiện bằng mô hình”.

Như trên đã nói, mục đích sử dụng mô hình của kỹ thuật học và sinh thái học tuy ít nhiều có chỗ khác nhau, nhưng cách thức chế tạo mô hình, phương pháp giải tích, công trình tuần hoàn cái tiến mô hình đều có nhiều điểm tương tự.

Thể loại và sự phát triển của mô hình: mô hình có nhiều hình thái; từ lâu người ta đã dùng “mô hình thu nhỏ”. Dùng vật liệu có cùng tính chất như thực vật nhưng kích thước được thu nhỏ lại như mô hình cầu cống, mô hình máy bay, mô hình sa bàn của dòng sông, vịnh vực; động vật thực nghiệm như chuột, khi sử dụng thay thế cho người, ô thí nghiệm nông học diện tích 10 m^2 , hệ thống thí nghiệm trong chậu... Ở đây có một tiền đề là, kết quả của thực nghiệm mô hình nhân với một “hệ số” là có thể trở về với vật thực.

Mô hình phải dễ xử lý hơn vật thực. Mô hình thu nhỏ tiện lợi ở chỗ có đặc điểm là “nhỏ”, nhưng không có nhiều ưu điểm.

Mô hình hoá càng phát triển, người ta càng dùng các mô hình tuy hình thái bề ngoài hoàn toàn không giống vật thực, nhưng chức năng lại rất giống nhau và dễ nắm vững. Đó gọi là mô hình tương tự trực tiếp (direct analog model). Thí dụ, đặt đổi hệ thống máy móc (hệ thống lực đàn hồi - trọng lực), hệ thống chấn động của quả tim thành mạch điện gồm

điện trở, tụ điện, pin điện (hình 7.5). Việc chế tạo mô hình mạch điện có độ tự do tương đối cao, việc xác định kết quả của mô hình cũng rất giản đơn. Nhưng phải chỉ ra rằng, trong quá trình đổi hệ thống đối tượng nghiên cứu thành mạch điện là đã tiến hành “trừu tượng hoá” chức năng.

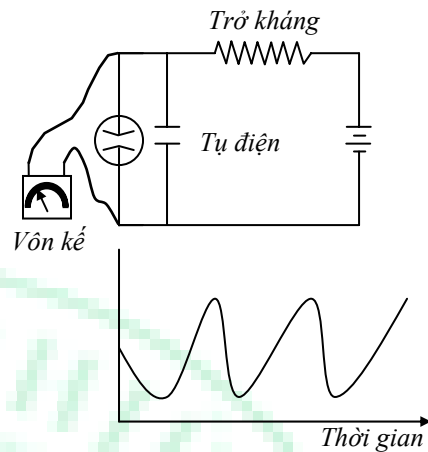
Phạm vi có thể mô hình hoá của mạch điện đơn giản không rộng lắm. Thí dụ trong tự nhiên thường xuất hiện những quan hệ hàm số mũ, quan hệ hàm số logarit... khó tiến hành mô hình hoá bằng mô hình mạch điện đơn giản. Mô hình được tạo thành do lợi dụng tính năng vật lý của điện trở và tụ điện, vì thuộc tính vật lý của bản thân những chi tiết đó, nên có tồn tại “giới hạn của khả năng mô hình hoá” nhất định. Nghĩa là người ta muốn thoát khỏi sự hạn chế về thuộc tính vật lý của nguyên liệu cấu tạo thành mô hình, để biểu đạt một cách linh hoạt những quan hệ lô gic của sự vật. Mô hình toán học có thể thoả mãn được những yêu cầu đó.

Mô hình toán học dùng những ký hiệu hoàn toàn trừu tượng để mô tả các loại hệ thống, và có thể tiến hành tương đối “tự do” những “thực nghiệm trên giấy”. Nhưng mô hình toán học cũng có hạn độ nhất định. Nội dung ghi trong công thức toán học vì tất cả đều có thể giải được bằng toán học (giải tích học). Mặc dù về mặt lý luận coi là có thể được, nhưng tốn nhiều thời gian, sự thực là không thể được. Cuối cùng đã xuất hiện mô hình máy tính.

Phần cốt lõi của máy tính điện tử hiện đại cấu tạo bởi các chi tiết điện tử, nhưng có khác với trường hợp mô hình mạch điện nói trên, hoạt động của nó không phải là trực tiếp lợi dụng tính tương tự về tính chất vật lý của những chi tiết điện tử đó. Bên trong máy tính điện tử có những “hoạt động” kỹ thuật học điện tử nào, chúng ta hầu như có thể không cần xét đến, chỉ cần coi nó là một loại máy móc có đủ các chức năng trừu tượng thuần túy để sử dụng là được. Do xuất hiện loại công cụ này, đã nâng cao lên nhiều “trình độ tự do” của thực nghiệm mô hình (chỉ cần nhấn nạm tính toán các con số). Cả những vấn đề mà toán học đã mong đợi mà chưa thực hiện được thì nay dùng máy tính cũng thực nghiệm được mô hình.

Những loại vấn đề cần tìm lời giải

- a/ Phán đoán cấu trúc mô hình có tốt hay không.
- b/ Tính các thông số chưa biết.
- c/ Dự tính tương lai của hệ thống.
- d/ Suy đoán điều kiện ổn định của hệ thống.
- e/ Nêu rõ phương pháp điều khiển tốt nhất.



Hình 7.5. Mô hình hiệu điện thế chấn động của tim

a/ và b/ là một phần đề tài trong nghiên cứu, mục đích là giải quyết những nghi vấn về nhận thức (giả thuyết làm việc) của người nghiên cứu. Ở đây muốn chỉ rằng khi đã có số liệu về hiện tượng của hệ thống thực tế, vấn đề là làm thế nào để nội dung của hộp đen (mô hình) khớp với những số liệu đó. Dùng ngôn ngữ toán học để nói, tức là tương đương với vấn đề biên trị và vấn đề trị số cho sẵn.

c/, d/, e/ là vấn đề sau khi đã làm ra được mô hình tương đối đáng được tin cậy, vận dụng các mô hình đó để tìm lời giải. c/ là một vấn đề của trị số ban đầu. Thí dụ, ở điều kiện ban đầu và điều kiện chuyển vào nào đó, quá trình sinh trưởng và năng suất cả cây trồng sẽ biến đổi thế nào; trong trường hợp giảm lượng dùng thuốc bảo vệ thực vật, dự tính bộ mặt của hệ sinh thái đồng ruộng sau 10 năm sẽ thay đổi ra sao, d/ là vấn đề cụ thể nghiên cứu làm thế nào để khôi phục được sự cân bằng của các hệ sinh thái đang luôn luôn bị phá hoại. Thí dụ, đối với hệ thống sâu bệnh hại để phát sinh lớn có tính chu kỳ, làm thế nào dùng tương đối ít thuốc mà dập tắt được, làm thế nào để sâu bệnh hại dừng lại ở mức tương đối thấp, đều thuộc loại vấn đề này. Phương pháp phán đoán độ tin cậy của giải đáp, phương pháp xử lý toán học của chấn động, phương pháp tính toán của vấn đề trị số có sẵn... đều có ích đối với các vấn đề nói trên, e/ và d/ là vấn đề làm thế nào để hệ thống nghiên cứu được tiếp tục vận dụng theo mục đích, cũng tức là nói vấn đề làm thế nào tìm được phương pháp đó. Đối với hệ thống nông nghiệp đã trang bị thiết bị điều khiển tốt, tìm phương pháp quản lý hợp lý là đề tài tiêu biểu cho loại vấn đề này.

2. Chuẩn bị toán học để mô tả và phân tích hệ sinh thái

Gần đây do sự phát triển của máy tính, nhất là sự tiến bộ của “thiết bị mềm”, dù không có nhiều kiến thức toán học nhưng chúng ta cũng có thể tiến hành phân tích hệ thống. Ở giai đoạn hiện nay, phân tích toán học vẫn có ý nghĩa quan trọng vì hai lý do: một là khi lập mô hình máy tính, nếu có kiến thức toán học thì vẫn có lợi; hai là sự suy diễn toán học đối với vấn đề làm cho chúng ta thu được càng nhiều thông tin quan trọng khái quát về hệ thống hơn là giải đáp của máy tính tính toán trị số.

Công cụ toán dùng để diễn đạt hệ thống

Hệ thống và hệ phương trình: Như trên đã nói, hệ thống do nhiều thành phần hợp thành. Bước thứ nhất của mô hình toán học lấy điều tra, thực nghiệm và căn cứ lý luận làm cơ sở, làm rõ những quan hệ hàm số giữa đại lượng vào và đại lượng ra của mỗi thành phần hợp thành, rồi biểu hiện thành công thức (đến đây, chưa có gì khác với trường hợp không có khái niệm về hệ thống).

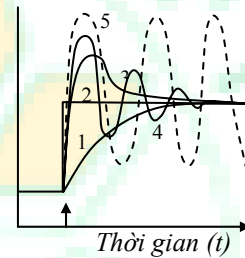
Về khái niệm hệ thống, tiền đề của nó là thừa nhận giữa các thành phần khác nhau đang tồn tại “quan hệ qua lại”, do đó, trong một bộ phận đại lượng vào của các thành phần hợp thành cũng bao hàm đại lượng vào của các thành phần hợp thành khác. Nói một cách khác, hàm số biểu thị đại lượng ra của một thành phần hợp thành nào đó là lấy đại lượng ra của một thành phần hợp thành khác làm biến số mà tạo thành.

Bây giờ giả thiết hệ thống hợp thành bởi n thành phần, đại lượng ra của các thành phần lần lượt là $y_1, y_2, \dots, y_n$ thì:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(y_1, y_2, \dots, y_n) \\ y_2 &= f_2(y_1, y_2, \dots, y_n) \\ &\vdots \\ y_n &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Biểu thức của các thành phần đều do đại lượng chuyển ra của các thành phần khác cấu thành, nên không thể tìm giải từng biểu thức riêng, mà làm như thế cũng không có ý nghĩa. Muốn tìm y_1 , phải biết y_2 , muốn tìm y_2 phải biết y_1 . Như vậy là đã xuất hiện một trạng thái quan hệ qua lại nhân quả. Ở trạng thái này, để làm rõ hành vi của tổng thể của chúng, cần suy diễn với điều kiện đồng thời thoả mãn các hệ thức, cũng tức là giải bài toán với hệ n phương trình. Do đó, điểm quan trọng đầu tiên mà toán học về hệ thống biểu thị là: lập một hệ phương trình với số lượng thành phần hợp thành hệ thống.

Trạng thái ổn định và trạng thái quá độ: Trong thành phần hợp thành (hoặc hệ thống tập hợp của nó) có hai trạng thái quan trọng: trạng thái ổn định và trạng thái quá độ. Nếu đại lượng vào của thành phần hoặc hệ thống biến đổi nhanh sang trình độ mới, thì đại lượng ra cần trải qua các giai đoạn quá độ (hình 8.5) mới đạt đến được trạng thái ổn định mới. Như cái ngắt điện, chỉ trong nháy mắt có thể làm biến đổi đầu vào, bước vào trạng thái ổn định mới (hình 8.5, 1). Nhưng như thế thường tương đối ít, phần nhiều là (nhất là hệ thống cấu tạo phức tạp) ít nhiều vẫn có một thời gian chậm sau, tức là trạng thái quá độ có biến số phụ thuộc thời gian rồi sau đó mới đạt đến trạng thái ổn định mới (hình 8.5, 2, 4).



Hình 8.5. Những loại hình phản ứng quá độ khác nhau xảy ra khi mức chuyển vào ở t1 biến đổi thành dạng bậc thang

Biểu hiện trạng thái quá độ (phương trình vi phân). Khi chúng ta nghiên cứu hoạt động của hệ thống, có trường hợp coi sự biến đổi quá độ (thời gian dịch chuyển) là một vấn đề để nghiên cứu; có trường hợp chỉ hạn chế vấn đề ở trạng thái ổn định. Mô hình loại trên gọi là mô hình động; thường biểu thị bằng hệ phương trình vi phân hay phương sai phân như sau:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= f_1(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \\ \frac{dy_2}{dt} &= f_2(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \\ &\vdots \\ \frac{dy_n}{dt} &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Cách giải hệ phương trình này là tiến hành tích phân, lần lượt tách các thành phần hợp thành công thức chỉ do thông số (k) và thời gian (t) cấu thành (hàm số hiện), tức là:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(k_1, k_2, \dots, k_m, t) \\ y_2 &= f_2(k_1, k_2, \dots, k_m, t) \\ &\vdots \\ y_n &= f_n(k_1, k_2, \dots, k_m, t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Ý nghĩa diễn đạt của phương trình vi phân: Xuất hiện trong hệ thống thực tế không phải là lượng vi phân (tốc độ), mà là lượng tích phân (lượng hiện tại), cái cuối cùng muốn tìm hiểu là phương trình của lượng tích phân có liên quan, nhưng tại sao lại dùng phương trình vi phân để biểu thị trạng thái của hệ thống ?

Bây giờ có lượng y nào đó (thí dụ số cá thể của một loài nào đó), lượng tăng thêm và chết đi đều thành tỷ lệ y (thí dụ tỷ suất tăng thêm là a, tỷ suất chết đi là b), trạng thái như vậy dùng hình thức vi phân để viết là:

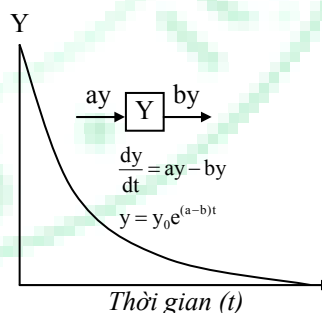
$$\frac{dy}{dt} = ay - by \quad (4)$$

Tiến hành tích phân (4) thì trở thành hình thức biểu hiện tích phân của cùng trạng thái đó:

$$y = y_0 e^{(a-b)t} \quad (5)$$

Nói chung, cuối cùng chúng ta muốn tìm hiểu là (5), công thức biểu thị được lượng tích phân (lượng hiện tại y) biến đổi như thế nào theo thời gian, đương nhiên cũng phải xem đó là vấn đề như thế nào. Nếu là hệ thống tương đối phức tạp, muốn trực tiếp có được hình thức tích phân như công thức (5) từ “trạng thái quan hệ mô tả bằng ngôn ngữ” nói trên là việc rất khó khăn. Đó là lý do thứ nhất phải trước hết xuất phát từ phương trình vi phân.

Như thế, có phải có nghĩa là công thức (4) chỉ là một quá trình hay các bước cần thiết để dẫn đến công thức (5) hay không? không, nhất quyết không phải như vậy. “Tốc độ” (lượng vi phân) dù phải hay không phải là số thực đo, cũng đều có tác dụng kết hợp thành phần hợp thành (lượng tích phân) với thành phần hợp thành, và làm đơn vị biểu hiện quan hệ giữa các thành phần, là một lượng có ý nghĩa quan trọng. Quan hệ giữa nguyên nhân và kết quả biểu thị như sau: ... → lượng tích phân → (lượng vi phân) → lượng tích phân → (lượng vi phân) → lượng tích phân → ..., lượng tích phân này ảnh hưởng tới một lượng tích phân khác

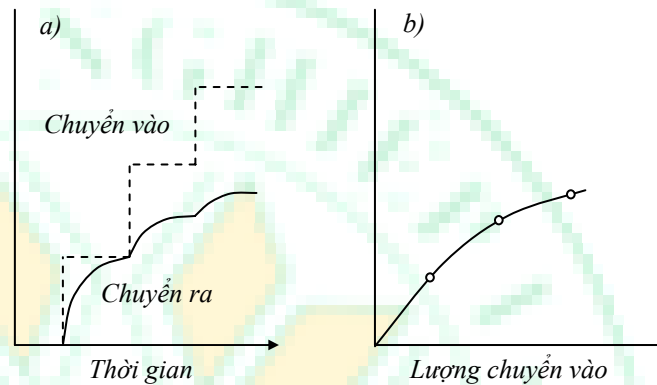


Hình 9.5. Hình thức vi phân và hình thức tích phân của mô hình lấy sự tăng thêm số cá thể giảm đơn là ví dụ

cách một lượng vi phân. Chỉ có dùng phương trình trạng thái (phương trình vi phân) liên hệ tốc độ mới biểu hiện được trực quan rõ ràng quy luật liên hệ bản chất giữa các sự vật qua thời gian (quy luật hành động). Đó là lý do thứ hai dùng hình thức vi phân (phương trình vi phân) biểu hiện trạng thái quan hệ hệ thống.

Ở trên có dùng từ “qua thời gian”, đương nhiên thông số của phương trình biến đổi theo thời gian. Nhưng cấu trúc logic chính thể biểu thị bằng hình thức vi phân (nếu nó là bản chất) thì không thể dễ dàng biến đổi theo thời gian (hình 9.5).

Diễn đạt trạng thái ổn định (phương trình đại số):
Gọi là trạng thái ổn định tức là trạng thái cân bằng đã đạt đến sau khi kết thúc trạng thái quá độ gây nên do biến vào (hoặc thông số hệ thống). Trên thực tế, trạng thái ổn định cũng có thể hiểu là một trường hợp đặc thù trong trạng thái quá độ. Nếu không để ý điểm này, có khi chỉ xem xét quan hệ chuyển vào biến ra ở trạng thái ổn định của một hệ thống



Hình 10.5. Biến đổi quá độ (a) khi biến vào tăng thành dạng bậc thang. Quan hệ biến vào biến ra (b) chỉ trạng thái ổn định biểu thị theo kết quả của (a)

(hoặc thành phần hợp thành) nào đó. Thí dụ, đường cong cường độ ánh sáng - quang hợp (hình 10.5, b) mà chúng ta tìm được qua thực nghiệm, quan sát tỉ mỉ như hình (a) cho thấy, đó là sự hợp hợp thành của từng phần (trị số ổn định) kết quả của những biến đổi quá độ. Dùng ngôn ngữ toán học để nói, gọi là trạng thái ổn định tức là trạng thái mà hệ số vi phân của mô hình động (phương trình vi phân) bằng không (hệ thống không có trạng thái ổn định, chẳng hạn như trường hợp biến vào hay thông số là biến số thời gian... không thuộc loại này). Nói cách khác, diễn đạt trạng thái ổn định của hệ thống là trong công thức (2) với là hệ phương trình đại số diễn đạt hệ thống.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= 0, \quad \frac{dy_2}{dt} = 0 \text{ thì} \\ 0 &= f_1(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \\ 0 &= f_2(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \\ &\dots \\ 0 &= f_n(y_1, y_2, \dots, y_n, k_1, k_2, \dots, k_m) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Ở đây không gồm bất kỳ biến số thời gian nào, cho nên gọi là mô hình tĩnh. Một số trường hợp nói đến dưới đây đều có vấn đề của mô hình tĩnh. Chẳng hạn như muốn biết

quan hệ trực tiếp của điều kiện hiện tại (điều kiện ban đầu) với trạng thái tương lai mà trạng thái ổn định dự tính; hay như muốn biết trước được nếu thuộc trừ cở cứ dùng như hiện nay hoặc đến đây chấm dứt, thì hệ sinh thái đồng ruộng 10 năm sau sẽ trở thành trạng thái như thế nào. Ngoài ra, tốc độ đáp ứng của một hệ thống con nào đó bên trong hệ thống nhanh hơn nhiều so với hệ thống con khác hay thành phần hợp thành khác thì lại đạt ngay đến trạng thái ổn định. Trong trường hợp này, chỉ có bộ phận đó (hệ thống con có tốc độ đáp ứng nhanh) diễn đạt bằng phương trình đại số (mô hình tĩnh).

Phân loại phương trình vi phân và đặc tính của hệ thống: Có thể phân loại phương trình vi phân theo những quan điểm khác nhau, ở đây sẽ bàn đến những sự phân loại đó có liên hệ thế nào với cấu trúc và đặc tính của hệ thống.

Tuyến tính và không tuyến tính: Toàn bộ những số hạng có quan hệ từ hàm số (y) và đạo hàm của nó (dy/dt) đều là bậc nhất thì gọi là phương trình vi phân tuyến tính, ngoài ra là những phương trình vi phân không tuyến tính. Những hệ thức trong hệ sinh thái, rất nhiều là không tuyến tính. Như phần sau sẽ trình bày, phương trình vi phân không tuyến tính, trừ trường hợp đặc biệt ra, đều hết sức khó giải. Không những thế, về mặt đặc tính cũng khác với loại tuyến tính (xem trang 139).

Biến số độc lập: Hệ thống mà chúng ta nghiên cứu thường coi thời gian là biến số độc lập, còn có một biến số độc lập khác. Phương trình như vậy gọi là phương trình vi phân thường. Thí dụ:

$$\frac{dy_1}{dt} + y_1 \frac{dy_2}{dt} = f(t)$$

Nếu có 2 biến số độc lập trở lên, thí dụ ngoài thời gian ra, vấn đề còn đề cập đến không gian, thì gọi là phương trình vi phân riêng. Như:

$$\frac{\delta_x}{\delta t} + \frac{\delta y}{\delta x} = f(x,y,t)$$

Trong khi nghiên cứu cấu trúc nhận ánh sáng của quần thể biến đổi theo thời gian, sự di chuyển vật chất giữa các cơ quan cấu trúc khác nhau, phương trình biểu diễn là phương trình vi phân riêng.

Hạng của phương trình vi phân: số bậc vi phân cao nhất có trong phương trình là hạng của phương trình vi phân đó; vi phân bậc cao nhất $\frac{d^n y}{dt^n}$ thì phương trình đó là phương trình vi phân hạng n. Trong hệ sinh thái, nói chung dùng phương trình vi phân hạng 1 là có thể diễn đạt đầy đủ, hầu như không thể xuất hiện hạng 2 trở lên như độ gia tốc $\left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)$. Điểm này khác với hệ thống cơ học. Trong quá trình giải hệ n phương trình vi phân hạng 1, dùng phương pháp khử để khử mất các biến số phụ thuộc khác, để được

phương trình vi phân của biến số phụ thuộc, kết quả đó cũng là hệ phương trình hạng n, do đó về kỹ thuật tính toán phải thành thuộc phương trình vi phân hạng cao.

Hệ số có phải là hàm số thời gian không? Hệ số không có quan hệ với thời gian (biến số độc lập), là nhất định, gọi là phương trình vi phân có hệ số không đổi. Nếu cùng biến đổi với thời gian, thì gọi là phương trình vi phân hệ số biến thiên.

Khi hệ số là hằng số thì dễ tính toán. Trong hệ sinh thái, giá trị hệ số phần nhiều là biến đổi theo thời gian. Thí dụ, tỷ lệ phân phối sản phẩm trong hệ thống sinh trưởng cây trồng (hệ thống sản xuất vật chất) có biến đổi rất lớn theo sự sinh trưởng, nhưng có một số hệ số dễ được coi là biến số thời gian, một khi đã làm rõ cơ chế hành động của chúng, đạt đến giai đoạn biểu hiện bằng thành phần bậc thấp hơn, sẽ có thể biểu hiện tương đối nhiều bằng “hằng số không quan hệ với thời gian” mới. Cũng tức là một khi đã xuất hiện hệ số biến đổi, thì cần thiết phải hoài nghi: đó có phải là một chứng cứ nhận thức không đầy đủ về cấu trúc logic của hệ thống chăng.

Bên ngoài chuyển vào có phải làm hàm số thời gian không? Đây là một trường hợp đặc biệt của hệ số biến đổi, trong các hệ số, hệ số chỉ có bên ngoài chuyển vào được phân loại theo quan điểm có biến đổi theo thời gian hay không. Bên ngoài chuyển vào không có quan hệ với thời gian thì gọi là hệ thống ôtonôm, trái lại thì gọi là hệ thống không ôtonôm.

$$\frac{dy}{dt} = y(f, a) \dots \text{hệ thống ôtonôm}$$

$$\frac{dy}{dt} = y(f, a) g(t, a) \dots \text{hệ thống không ôtonôm}$$

Trong cơ thể sinh vật và hệ sinh thái có rất nhiều hiện tượng chu kỳ. Hiện tượng chu kỳ trong hệ thống ôtonôm (hoàn cảnh nhất định) gọi là dao động tự kích. Hiện tượng chu kỳ của hệ thống không ôtonôm - thí dụ dao động do đại lượng vào của chu kỳ có liên hệ với sự tự quay của quả đất - thì gọi là dao động cưỡng bức.

Toán học của hệ thống tuyến tính

Xử lý toán học của hệ thống không tuyến tính, sẽ nói sau, khó hơn nhiều so với hệ thống tuyến tính. Nếu nói việc xử lý toán học (giải tích) chỉ phát huy được thế mạnh ở trường hợp hệ thống tuyến tính, cũng không phải là quá đáng. Khi cần thiết phải xử lý toán học đối với hệ thống không tuyến tính, người ta cũng thường cố gắng đưa về gần với hệ thống tuyến tính rồi mới tiến hành giải tích. Do đó, hướng chính của việc giải tích toán học của hệ thống, dù sao cũng phải lấy toán học của hệ thống tuyến tính (toán học tuyến tính) làm hạt nhân. Hệ thống tuyến tính có thể chia ra làm hai loại: tĩnh và động. Đề nghị xem chi tiết ở các sách chuyên về toán, ở đây chỉ nói vắn tắt về hệ thống tuyến tính động, cũng tức là cách giải của phương trình vi phân tuyến tính.

Cách tính cổ điển của phương trình vi phân: Đối với hệ n phương trình vi phân hạng 1, trước tiên dùng phương pháp toán (phương pháp thay ký hiệu d/dt là D để tính toán) đưa về hệ phương trình đại số tuyến tính để tính toán, kết quả là chỉ có một biến số phụ thuộc nào đó (y_1). Còn D được dẫn tới có n phương trình đại số bậc n (phương trình vi phân hạng n đối với y). Một trong những phương trình đó có dạng chung là:

$$a_n D^n y + a_{n-1} D^{n-1} y + \dots + a_1 D y + a_0 y = F(t) \quad (7)$$

Cơ sở của cách tính cổ điển này được xây dựng trên cách tính thông thường của phương trình (7), coi là tổng của hai phần sau đây để tính toán

$$y(t) = y_c(t) + y_p(t) \quad (8)$$

$y_c(t)$ gọi là nghiệm cơ bản, do cơ cấu bên trong của hệ thống quyết định, là phần không có quan hệ với đại lượng chuyển vào $F(t)$ của hệ thống. Khi $t \rightarrow \infty$, hệ thống ở trạng thái ổn định, phần này sẽ không còn nữa, $y_p(t)$ gọi là nghiệm riêng, là phần có nhiều biến đổi do dạng hàm số đại lượng vào (sóng xung kích, sóng hình sin,...). Trong phương trình (7), giả thiết không có đại lượng chuyển vào, tức là khi $F(t) = 0$ và tìm nghiệm số tổng quát của phương trình thuần nhất đó có thể tìm ra nghiệm cơ bản $y_c(t)$.

$$a_n D^n y + a_{n-1} D^{n-1} y + \dots + a_1 D y + a_0 y = 0 \quad (9)$$

Để tính toán (9) còn có một phương trình đặc trưng (một loại phương trình phụ) là:

$$a_n r^n + a_{n-1} r^{n-1} + \dots + a_1 r + a_0 = 0 \quad (10)$$

Tìm nghiệm r của (10), nghiệm của phương trình là $r_1, r_2, r_n \dots$ thì cách tính của phương trình (7) là:

$$y_c(t) = C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} \dots + C_{n-1} e^{r_{n-1} t} + C_n e^{r_n t} \quad (11)$$

Nếu trong các nghiệm số $r_1 \dots r_n$ nói trên có mấy nghiệm số bằng nhau (chẳng hạn trong số n nghiệm số có k nghiệm bằng r_1), đối với nhóm các nghiệm số bằng nhau này, phương trình (11) gồm có các số hạng viết gộp lại, trở thành dạng thức sau:

$$(C_1 + C_2 t + \dots + C_k t^{k-1}) e^{r_1 t} \quad (12)$$

Như trên đã nói, điểm then chốt của phương pháp tính toán hệ thống không ổn định tuyến tính là ở việc tính toán như thế nào đối với phương trình đặc trưng (phương trình đại số) bậc n với phương trình (10). Phương trình đặc trưng là bậc 2, thì tính toán bằng công thức tính nghiệm của phương trình bậc 2 quen thuộc. Trường hợp là bậc 3 thì dùng công thức Cardano, khi bậc 4, vẫn có thể tính được bằng phương pháp Ferrari, nhưng cũng khá tốn công sức, mà đáp án tìm ra hết sức phức tạp, tính trực quan tương đối mỏng manh. Do đó mô hình toán học có là “tác dụng phát hiện” trong nghiên cứu sinh thái học nhiều khi cũng khó mà thực hiện. Thực tế cho thấy, trường hợp bậc 5 trở lên đã không thể tính toán được bằng công thức giải tích. Cho nên đối với hệ thống bậc cao phải dùng phương pháp tính số. Trong phương pháp tính số, thông số hệ thống của phương trình (7) không được dùng ký hiệu $a_0, a_1, \dots, a_n$, phải dùng trị số cụ thể. Vì thế, quan hệ bình thường giữa a_0 và nghiệm (y) như thế nào, sẽ không thể trực tiếp tính ra

được. Việc tính toán những trị số này thông thường phải nhờ máy tính điện tử. Khi tín hiệu chuyển vào của hệ thống $F(t) \neq 0$ (gọi là phương trình không thuần nhất), trong tính toán thông thường sẽ có thêm $y_p(t)$. Đối với hình thức $F(t)$ bất kỳ cũng đều có phương pháp chung để tìm $y_p(t)$, nếu đại lượng chuyển vào $F(t)$ là các dạng hàm số trong bảng 18 hoặc tổng của chúng, dùng phương pháp thay thế hệ số là có thể giải được dễ dàng. Nếu lấy tiền đề là $F(t)$ của bảng 18 và $y_p(t)$ tương ứng (lược bỏ phần chứng minh) thì trong phương trình (7) $y = y_p(t)$. Lấy $y_p(t)$ thay vào y của (7), làm cho hệ số các số hạng của hai vế trái và phải bằng nhau và xác định hệ số $B_0, B_1, B_2, \dots$ từ đó mà tìm được nghiệm $y_p(t)$.

Dưới đây là tính toán của một thí dụ đơn giản:

Đề thí dụ: Thử giải $D^2y + aDy + by = ct$. Trước tiên giải phương trình thuần nhất.

$$y_c = c_{1\exp} \left(\frac{-a + \sqrt{a^2 - 4b}}{2} t \right) + c_{2\exp} \left(\frac{-a - \sqrt{a^2 - 4b}}{2} t \right)$$

Để tìm ra nghiệm y_p cần tra trong bảng 21 tìm ra y_c tương ứng với $F(t) = ct$. Tìm thấy trong bảng $y_c = B_0 t + B_{1u}$, thay nó vào y của phương trình đầu đề được:

$$bB_0 t + (aB_0 + bB_1) = ct$$

do đó tìm ra:

$$B_0 = \frac{c}{b}$$

$$B_1 = -ac$$

Vậy cách giải chung của đầu đề như sau:

$$y = c_{1\exp} \left(\frac{-a + \sqrt{a^2 - 4b}}{2} t \right) + c_{2\exp} \left(\frac{-a - \sqrt{a^2 - 4b}}{2} t \right) + \frac{c}{b} t - ac$$

Phương pháp giải biến đổi Laplace: Nếu dùng phương pháp biến đổi Laplace để giải một phương trình vi phân hạng n so với phương pháp cổ điển nói trên, cũng không có ưu điểm gì đặc biệt. Tóm lại cả hai phương pháp đều không thể không giải phương trình đại số bậc n , về điểm này mà nói thì không có gì khác nhau. Nhưng khi đối tượng là hệ thống hợp thành bởi nhiều biến số (hệ phương trình vi phân) thì phương pháp biến đổi Laplace lại có một số ưu điểm. Dùng phương pháp này có thể diễn đạt cả hai phần của hệ thống, phần toàn bộ điều kiện ban đầu và điều kiện chuyển vào, và phần đặc tính vốn có ở bên trong hệ thống (hàm số truyền đạt), diễn đạt riêng từng phần. Người ta cho rằng, đó là một trong những nguyên nhân thịnh hành của phương pháp biến đổi Laplace, phương pháp hàm số truyền đạt lấy đó làm cơ sở và phương pháp biểu đồ trong công tác điều khiển kỹ thuật và phân tích hệ thống.

Bảng 1.5. Quan hệ giữa hàm số chuyển vào hệ thống và dạng giải riêng

Hàm số chuyển vào hệ thống $F(t)$		Dạng giải riêng $y_p(t)$
Định số	b	B
Mũ	bt^n	$B_0t^n + B_1t^{n-1} + \dots + B_{n-1}t + B_n$
Luỹ thừa thực	be^{kt}	Be^{kt}
Sin	$b\sin_{\omega}t$	$B_0\cos_{\omega}t + B_1\sin_{\omega}t$
Cosin	$b\cos_{\omega}t$	$B_0\cos_{\omega}t + B_1\sin_{\omega}t$

Cách giải phương trình vi phân tuyến tính bằng phương pháp biến đổi Laplace gồm ba bước sau:

1. Biến đổi phương trình vi phân biến số thực thành phương trình đại số biến số phức s (biến đổi Laplace thuận, L).
2. Để dùng s tìm nghiệm, tiến hành xử lý đại số đối với phương trình của nó (nghĩa là làm thành dạng $L[y] = f(s)$). Để dễ tiến hành quá trình biến đổi nghịch ở bước sau, phải thay đổi dạng của $f(s)$ (sử dụng nguyên lý khai triển phân số).
3. Biến đổi dạng thức trên thành lĩnh vực thời gian thực tế (t) và tìm ra nghiệm (biến đổi Laplace nghịch (L^{-1})). Có thể dùng bảng biến đổi Laplace tính sẵn để biến đổi Laplace thuận và nghịch đối với những hàm số thời gian và có tính tiêu biểu thường xuất hiện (chi tiết bảng này ở các sách giáo khoa về điều khiển học, trích ra một phần như bảng 1.5).

Bảng 2.5. Bảng biến đổi Laplace của hàm số thời gian

Hàm số thời gian $f(x)$	Hàm số $F(s)$
Hàm số step $U^{-1}(t)$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
be^{-at}	$\frac{b}{s+a}$
$\frac{1}{a}(1 - e^{-at})$	$\frac{1}{s(s+a)}$
$\frac{e^{-at} - e^{-bt}}{b-a}$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$
$\sin_{\omega}t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos_{\omega}t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

Ngoài hàm số thời gian ra, những biến đổi tính toán vi phân cũng là cần thiết, liệt kê như sau:

$$\begin{aligned}L[y] &= Y \\L\left[\frac{dy}{dt}\right] &= sY - y \\L\left[\frac{d^2y}{dt^2}\right] &= s^2Y - sy_0 - \left[\frac{dy}{dt}\right]_0 \\L\left[\frac{d^ny}{dt^n}\right] &= s^nY - s^{n-1}y_0 - s^{n-2}\left[\frac{dy}{dt}\right]_0, \dots, \left[\frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}}\right]_0\end{aligned}$$

Ở đây, $y = f(t)$, $Y = f(s)$, chữ số “0” nhỏ bên cạnh $[\]$ biểu thị điều kiện ban đầu.

Trên đây, đã nói những điều kiện cần thiết tối thiểu của sự biến đổi Laplace, dưới đây lấy một đề thí dụ ứng dụng phương pháp đó.

Đề thí dụ: $\frac{dy}{dt} + y = e^t$ trong đó $t = 0$, $y = 3$.

Biến đổi Laplace thuận đối với cả hai vế

$$L\left[\frac{dy}{dt} + y\right] = L[e^t] \quad (13)$$

$$sY - 3 + Y = \frac{1}{s-1} \quad (14)$$

Tìm Y từ hệ thức (14), để tiện biến đổi Laplace, vế phải khai triển phân số trở thành

$$Y = \frac{3s-2}{(s+1)(s-1)} \quad (15)$$

$$= \frac{5/2}{s+1} + \frac{1/2}{s-1} \quad (16)$$

Tiến hành biến đổi Laplace nghịch theo bảng 19, biến thành hàm số thời gian thực tế, tức là tìm được nghiệm:

$$L^{-1}[Y] = L^{-1}\left[\frac{5/2}{s+1}\right] + L^{-1}\left[\frac{1/2}{s-1}\right] \quad (17)$$

$$\text{Vậy } y = \frac{5}{2}e^{-t} + \frac{1}{2}e^t \quad (18)$$

Toán học các hệ không tuyến tính

Như trước đã trình bày, cho đến hiện nay vẫn chưa có phương pháp chung để tìm nghiệm toán học các hệ không tuyến tính. Nhưng không phải là không có biện pháp, chẳng hạn như làm cho nó gần với tuyến tính hoặc tiếp cận bên cạnh.

Trường hợp kết hợp tuyến tính thông số chưa biết: Để xác định có phải là tuyến tính hay không, thường chủ yếu là xét đến biến số. Khi nhờ trị số có thể đo được của biến số để suy đoán thông số chưa biết. Thí dụ có một mô hình tĩnh không tuyến tính nào đó, biểu thị như hệ thức sau:

$$0 = a_1 \frac{1}{x_2 + y_2} + a_2 y_z + a_3 x_2 + \dots \quad (19)$$

Biến số của hệ thống x, y, z có thể đo được; do đó, dùng mấy trị số đo lặp đi lặp lại để tìm thông số chưa biết $a_1, a_2, a_3, \dots$ trên thực tế chỉ là một vấn đề giải hệ phương trình bậc nhất.

Phương pháp xấp xỉ tuyến tính: Phạm vi biến đổi của đại lượng vào của hệ thống hay thành phần hợp thành của nó nhỏ, mà lại ở trường hợp hết sức tiếp cận với điểm cân bằng hay điểm động tác có biến động, thì có thể làm cho hệ thống không tuyến tính càng gần với mô hình tuyến tính để tìm nghiệm. Phương pháp gần đúng tuyến tính thông thường là khai triển Taylor. Phương pháp này có thể bỏ qua không tính các số hạng bậc 2 trở lên của bộ phận biến đổi là giản đơn nhất.

Đề thí dụ: Trong một hệ thống máng nước, cung cấp nước từ trước trên và thoát nước ra từ lỗ phía dưới, quan hệ giữa lưu lượng cung cấp a và mực mặt nước y của máng nước sẽ như thế nào? Hệ thống như vậy cũng có được ứng dụng vào mô hình hệ thống phản ứng sinh hoá học, nhưng giữa hai loại có điểm khác nhau, quan hệ giữa tốc độ chảy ra v từ máng nước và mực mặt nước y của máng nước (tương đương với nồng độ chất môi trường của hệ thống sinh hoá học) không phải là tỷ lệ bậc 1, mà là không tuyến tính. Đặt độ gia tốc trọng trường là g , theo định lý Torixenli, tốc độ chảy ra phải là:

$$v = \sqrt{2gy} \quad (20)$$

Bây giờ diện tích lỗ thoát nước là s , diện tích mặt cắt máng nước là A , quan hệ giữa mực nước y với lượng cung cấp nước và lượng thoát nước như sau:

$$A \frac{dy}{dt} = a - s\sqrt{2gy} \quad (21)$$

Do có số hạng $\sqrt{y}$, nên đó là phương trình vi phân không tuyến tính. Nếu máng nước có chiều cao đủ cao, hệ thống này rồi sẽ đạt đến cân bằng. ở gần điểm cân bằng này, quan hệ giữa lượng biến đổi cực nhỏ của đại lượng vào Δa và biến đổi mực nước Δy có thể dùng phương pháp sau đây để sau khi biến nó thành gần với tuyến tính rồi mới giải. Đặt mực nước của điểm cân bằng là y_0 , lượng cung cấp nước là a_0 , thì

$$\left. \begin{aligned} \Delta a(t) &= a(t) - a_0 \\ \Delta y(t) &= y(t) - y_0 \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Thay vào phương trình (21) ta được:

$$A \frac{d\Delta y}{dt} + s\sqrt{2gy_0 \left(1 + \frac{\Delta y}{y_0}\right)} = a_0 + \Delta a \quad (23)$$

Đối với Δy , tiến hành khai triển Taylor đối với bộ phận không tuyến tính, thì:

$$\left(1 + \frac{\Delta y}{y_0}\right)^{\frac{1}{a}} = 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta y}{y_0}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{\Delta y}{y_0}\right)^2 + \dots \quad (24)$$

$$= 1 + \frac{\Delta y}{2y_0} \quad (25)$$

Khi $\left(\frac{\Delta y}{y_0}\right)$ đủ nhỏ, đối với y mà nói, dùng hạng thức bậc 1 là đạt được gần đúng.

Vậy phương trình cũ (21) được tuyến tính hoá và tìm ra phương trình vi phân tuyến tính của bộ phận biến đổi như sau:

$$A \frac{d\Delta y}{dt} + s \sqrt{\frac{g}{2y_0}} \Delta y = \Delta a \quad (26)$$

Phương pháp như thế, trong hệ thống kỹ thuật học, ở trường hợp mà đại lượng chuyển vào của nó hoàn toàn điều khiển được, là có hiệu quả, còn trong hệ sinh thái thì không có sự đảm bảo như vậy. Ngoài ra, trong hệ sinh thái thực nghiệm khi quan sát phản ứng của chúng ở trường hợp đại lượng chuyển vào biến đổi với phạm vi lớn, phương pháp này cũng không có tác dụng gì.

Hiện tượng vốn có của hệ thống không tuyến tính: Trong diễn biến của hệ thống không tuyến tính tồn tại những hiện tượng đặc biệt mà hệ thống tuyến tính không có. Việc nghiên cứu những hiện tượng đặc biệt này sẽ giúp cho việc suy đoán một hệ thống hay một thành phần hợp thành nào đó có cơ chế không tuyến tính hay không.

Trong phương pháp giải tích của hệ thống, có một phương pháp gọi là phương pháp ứng đáp số sóng chu kỳ. Tức là đại lượng vào cho hệ thống bằng đại lượng vào có tính chu kỳ, thu được các thông tin theo kết quả quan sát chuyển ra tương ứng. Hệ thống không tuyến tính lúc này: 1/ Có khi trong đại lượng ra của nó có thể gồm có thành phần sóng chu kỳ mà trong hình sóng của đại lượng vào không có; 2/ Dù ở trường hợp số sóng chu kỳ vào biến đổi liên tục, thu được và góc pha có khi ở một điểm nào đó thành biến đổi không liên tục; 3/ Tính ổn định của hệ thống ở trường hợp tuyến tính chỉ chịu sự quyết định của kết cấu bên trong hệ thống, còn ở trường hợp không tuyến tính thì chịu sự ảnh hưởng của lượng to nhỏ, hình dạng và điều kiện ban đầu của đại lượng vào; 4/ trong một hệ thống dao động không tuyến tính nào đó, do sự thay đổi của đại lượng vào, dù biên độ và chu kỳ dao động có một lúc nào đó bị rối loạn, nhưng vẫn có một số sóng có tính chất khôi phục chu kỳ và biên độ cũ (gọi là chu kỳ giới hạn). Có người đã kiến nghị (Munekata, Koga, 1971), mô hình số sóng chu kỳ như điểm 4/ có thể coi là mô hình của hiện tượng chu kỳ ngày của sinh vật hay không. Như mọi người đều biết, hiện tượng chu kỳ ngày của sinh vật có tính ổn định chu kỳ tương đối cao đối với mọi sự biến đổi của hoàn cảnh.

Toán học của hiện tượng chu kỳ

Giới sinh vật có đủ kiểu đủ loại hiện tượng chu kỳ, thí dụ hiện tượng phát sinh lớn chu kỳ của côn trùng và động vật nhỏ; các loài động vật và thực vật có điều kiện nhất định có thể biểu hiện hiện tượng chu kỳ tính chất 24 giờ; tính chu kỳ biến đổi hướng lưu động nguyên sinh chất (chu kỳ 2 - 5 phút)... Ở đây, việc chuẩn bị toán học để biểu diễn và giải tích đối với những hiện tượng chu kỳ này chỉ nói đến vấn đề liên quan tới dao động hệ thống.

Về mặt kỹ thuật học, đối với một hệ thống, phải lấy việc điều khiển được làm tiền đề. Vì thế hệ thống đối với sự biến đổi của tín hiệu chuyển vào hoặc các loại “nhiều” có ổn định hay không và điều kiện làm cho nó ổn định như thế nào, là hết sức quan trọng. Về sự chuyển động chu kỳ của hệ thống (dao động) cần nghiên cứu sâu một số vấn đề ở trạng thái “không ổn định” và khó khăn này. Trạng thái không ổn định có hai loại hình: một là trường hợp tín hiệu ra phát tán đến vô hạn, hai là trường hợp dao động.

Ô nhiễm công cộng (sự tăng lên một chiều của vật chất ô nhiễm) có nghĩa là hệ thống ở trạng thái nguy hiểm “phát tán”. Vấn đề phát tán là một vấn đề quan trọng về mặt sinh thái học, ở đây chủ yếu bàn về dao động. Dao động được chia ra dao động tự kích và dao động cưỡng bức, ở đây chỉ bàn về dao động tự kích. Dao động tự kích, nói bằng ngôn ngữ của sinh thái tức là vận động “chu kỳ nội sinh”.

Dao động của hệ thống tuyến tính: Dao động mà chúng ta nghiên cứu, nói chung là không có dao động tuyến tính. Nhưng kiến thức về dao động tuyến tính lại rất quan trọng đối với việc nghiên cứu vận động không tuyến tính.

Trong hệ thống biểu diễn bằng phương trình vi phân hạng nhất một biến số không dao động. Hệ thống hai biến số trở lên (hạng 2 trở lên trong phương trình đã đổi thành 1 biến số) cũng tức là nói nó phải là một hệ thống thì mới có điều kiện tiền đề của dao động. Dưới đây bàn về điều kiện dao động của hệ thống nhỏ nhất (mô hình 2 thành phần).

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= a_1x + b_1y + m_1 \\ \frac{dy}{dt} &= a_2x + b_2y + m_2 \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Viết gọn hệ phương trình (27) theo y thành:

$$\frac{d^2y}{dt^2} - (a_1 + b_2) \frac{dy}{dt} + (a_1b_2 + a_2b_1)y = (a_2m_1 - a_1m_2) \quad (28)$$

Đặt nghiệm của phương trình đặc trưng của phương trình (28) là r_1 và r_2 thì dạng tích phân là:

$$y = C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} + \frac{a_2 m_1 - a_1 m_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad (29)$$

Nếu nghiệm r_1 và r_2 gồm có phần ảo (trường hợp nghiệm là số phức) thì phát sinh dao động.

Công thức Ole (Euler) dùng hàm số lượng giác để định nghĩa hàm số lũy thừa số ảo.

$$e^{jt} = \cos t + j \sin t \quad (30)$$

Trong đó: $j = \sqrt{-1}$

Nghiệm r_1 và r_2 của phương trình đặc trưng của phương trình (28) được tính bằng công thức tìm nghiệm của phương trình bậc 2, ta được:

$$r_{1,2} = \frac{(a_1 + b_2) \pm \sqrt{(a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - a_2 b_1)}}{2} \quad (31)$$

Đặt phần trong dấu căn là D (biệt thức) thì:

$$D = (a_1 + b_2)^2 - 4(a_1 b_2 - a_2 b_1) = (a_1 - b_2)^2 + 4a_2 b_1 \quad (32)$$

$D < 0$ là điều kiện của dao động, để làm cho $D < 0$, theo công thức (32) cho thấy, thì a_2 và b_1 phải khác dấu nhau (nếu $a_2 > 0$ thì $b_1 < 0$; $a_2 < 0$ thì $b_1 > 0$) đó là điều kiện cần.

Dao động của hệ thống không tuyến tính: Để xử lý thống nhất đối với dao động không tuyến tính, lại không làm mất tính chặt chẽ của nó, cần phải có kiến thức toán học tương đối cao.

Dưới đây giới thiệu phương pháp phân tích mặt phẳng pha (mặt tương vị) cũng không coi là rất chặt chẽ. Đây là phương pháp dựa vào sự phân tích quỹ đạo mặt phẳng pha gần điểm cân bằng để phán đoán xem có khả năng dao động hay không và là loại dao động nào. Gọi là phương pháp phân tích mặt phẳng pha nghĩa là đem nghiệm của phương trình vi phân một biến số hạng 2 (33) ban đầu đặt lên mặt phẳng x - y để nghiên cứu (thời gian không biểu hiện, là phương trình hiện).

$$x'' + ax + bx = 0 \quad (33)$$

Do đó, không thích hợp với hệ thống hạng 2 trở lên. Nếu trong phương trình (33) mà $x = y$ thì có thể chuyển phương trình vi phân một biến số hạng 2 về hệ phương trình vi phân hạng 2 biến số hạng 1, mô hình 2 biến số (hạng 1) mới sử dụng được phương pháp nói trên.

Bây giờ, hệ thống hợp thành bởi hai thành phần x và y, có dạng vi phân là:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= P(x, y) \\ \frac{dy}{dt} &= Q(x, y) \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

$P(x, y)$ và $Q(x, y)$ không có quan hệ gì với tuyến tính và không tuyến tính, trên mặt $x - y$ đặt tọa độ của điểm $\frac{dx}{dt} = 0, \frac{dy}{dt} = 0$ là (x_0, y_0) , điểm đó gọi là điểm kỳ dị (điểm cân bằng). Tìm x_0, y_0 bằng phương trình sau đây:

$$\left. \begin{array}{l} P(x, y) = 0 \\ Q(x, y) = 0 \end{array} \right\} \quad (35)$$

Như vậy mục “diễn đạt hệ thống không tuyến tính” đã nói, đặt điểm (x, y) ở gần điểm (x_0, y_0) và cách nhau không xa, thay $(x - x_0), (y - y_0)$ vào x, y của phương trình (34), thông qua khai triển Taylor, bỏ các số hạng bậc 2 trở lên đi, tức là tìm được phương trình xấp xỉ tuyến tính như sau:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= a_1(x - x_0) + b_1(y - y_0) \\ \frac{dy}{dt} &= a_2(x - x_0) + b_2(y - y_0) \end{aligned} \quad (36)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} a_1 &= \left[\frac{\partial P}{\partial x} \right]_{x=x_0} \\ b_1 &= \left[\frac{\partial P}{\partial y} \right]_{y=y_0} \\ a_2 &= \left[\frac{\partial Q}{\partial x} \right]_{x=x_0} \\ b_2 &= \left[\frac{\partial Q}{\partial y} \right]_{y=y_0} \end{aligned} \quad (37)$$

Thuật toán tiếp theo hoàn toàn giống với trường hợp dao động tuyến tính đã nêu ở trên. Khử y của phương trình (36) là tìm ra phương trình vi phân hạng 2 của $(x - x_0)$ như sau:

$$D^2(x - x_0) - (a_1 + b_2) D(x - x_0) + (a_1 b_2 - a_2 b_1) = 0 \quad (38)$$

Phương trình đặc trưng của hệ thống này là:

$$r^2 - (a_1 + b_2)r + (a_1 b_2 - a_2 b_1) = 0 \quad (39)$$

Đặt nghiệm của phương trình (39) là r_1 và r_2 thì

$$r_1 r_2 = \frac{(a_1 + b_2) \pm \sqrt{(a_1 + b_2)^2 + 4a_2 b_1}}{2} \quad (40)$$

Các số hạng quyết định tính chất của nghiệm trong công thức trên là:

$$\left. \begin{aligned} M &= a_1 + b_2 \\ D &= (a_1 - b_2)^2 + 4a_2b_1 \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

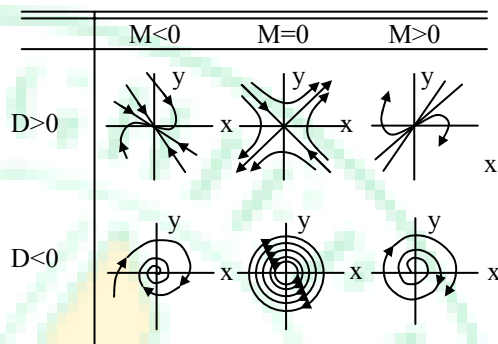
Căn cứ vào các dấu hiệu của M và D , tìm ra quỹ đạo (x, y) gần điểm kỳ dị, được trình bày như hình 11.5 (ghi chú: phân biệt $D > 0$ không phải quyết định ở dấu của M mà phải căn cứ vào dấu $M \pm \sqrt{D}$).

Nói rõ thêm là, trong việc tính toán bằng phương pháp trên, cần chú ý các điểm sau đây:

1. Trường hợp $D = 0$, nếu không xét đến cả các số hạng bậc cao của chuỗi Taylor thì có sai số.

2. Trong hệ thống không tuyến tính không phải chỉ có một số điểm kỳ dị, vì phương trình (35) không phải chỉ có một nghiệm.

3. Trường hợp $D < 0$, hệ thống thành trạng thái dao động quỹ đạo của mặt $x - y$ thành dạng xoáy. Cách quay của quỹ đạo dạng xoáy này phụ thuộc vào dấu của b_1 . Nếu $b_1 > 0$ thì quay thuận chiều kim đồng hồ, $b_1 < 0$ thì quay theo chiều ngược lại (lấy x làm trục hoành).



Hình 11.5. Quan hệ giữa dấu của biểu thức (D, M) trong mô hình 2 biến số (x, y) với dạng quỹ đạo mặt phẳng pha $x - y$ gần điểm kỳ dị (điểm cân bằng) của nghiệm giải

- 1) $M = a_1 + b_2$; $D = (a_1 - b_2)^2 + 4a_2b_1$
- 2) Phán đoán dạng quỹ đạo khi nghiệm thực $D > 0$ chỉ dựa vào dấu của M thì không chính xác, phải căn cứ vào dấu của nghiệm

3. Mô hình hoá máy tính

Thế nào gọi là mô hình hoá

Mô hình hoá là sử dụng cái không giống với đối tượng nghiên cứu (mô hình) để nghiên cứu diễn biến và đặc tính của hệ thống được nghiên cứu, từ này đồng nghĩa với “thực nghiệm mô hình”.

Về loại công cụ mà mô hình sử dụng và ý nghĩa dùng chúng để tiến hành thực nghiệm mô hình đã nói ở tiết thứ nhất của chương này. Trong số những loại công cụ mô hình thì tính năng của máy tính là tốt nhất, nhất là những năm gần đây, sự phát triển nhảy vọt của máy tính điện tử, dùng máy tính để tiến hành thực nghiệm mô hình đã trở thành phổ biến, do đó có thể nói ngày nay là thời đại của mô hình hoá tức là “sử dụng máy tính điện tử tiến hành thực nghiệm mô hình”.

Mục đích của mô hình hoá: Mô hình hoá đại thể có hai mục đích (công dụng) chính: một là giám định giả thiết khoa học, hai là thực nghiệm thay cho vật thực. Mục đích đầu chủ yếu là công dụng về mặt nghiên cứu. Rất nhiều mô hình làm ra trong quá

trình nghiên cứu có thể không hoàn thiện, có những điểm không rõ ràng bị “chôn vùi” trong những giả thuyết khoa học của các nhà nghiên cứu. Dùng máy tính đối với mô hình có những giả thiết khoa học này, đối chiếu kết quả thực nghiệm với những hiện tượng đã biết ở hệ thống thực tế, có thể phán đoán được tính hợp lý và tính chính xác của những giả thuyết ấy. Không những thế, còn có thể dựa vào sự quan sát kết quả đối chiếu, để sửa lại giả thuyết hay gợi ý cho những đề tài nghiên cứu mới khi so sánh với thực tế.

Về thực nghiệm thay cho vật thực, chủ yếu là những vấn đề về mặt ứng dụng, ở đây cần lấy mô hình đáng tin cậy làm tiền đề. Có khi chúng ta nghĩ đến một thông tin ứng dụng của hệ thống nào đó, nhưng vì lý do kinh tế, kỹ thuật, an toàn hay môi trường mà không thể tiến hành thực nghiệm trên hệ thống vật thực được. Thí dụ để nghiên cứu phương pháp phòng trừ nấm bệnh đạo ôn lúa, tìm hiểu phương thức lan truyền trong phạm vi lớn của loại nấm này, trong thực tế không cho phép thử nghiệm loài nấm này ở bất kỳ vùng ruộng nước nào. Hoặc khi lấy cây trồng có hình thái đặc thù chưa có trong thực tế làm mục tiêu tạo giống, không thể dùng vật thực để thực nghiệm hiệu suất quang hợp; khi nghiên cứu các phản ứng khác nhau của hệ sinh thái ở các điều kiện khí hậu nhân tạo, tuy về mặt kỹ thuật có thể làm ở mức nào đó, nhưng cần phải chi phí rất lớn và tốn nhiều thời gian, trên thực tế là chưa thể làm được. Đối với những vấn đề như thế (nếu có được mô hình ứng dụng phù hợp), phát huy tác dụng nhất vẫn là thực nghiệm mô hình hoá bằng máy tính.

Phương pháp toán học và mô hình máy tính

Phương pháp xử lý toán học (giải tích), theo nghĩa rộng cũng là một loại mô hình hoá trên giấy, ở đây nói rõ thêm một bước phương pháp toán học sẵn có, tại sao còn cần dùng máy tính tiến hành mô hình hoá.

Lĩnh vực cần tính bằng số: Hệ thống được nghiên cứu thông qua các biểu thức toán học, thông tin được xử lý bằng giải tích toán học có tính phổ biến nhất và đảm bảo độ chính xác. Nhưng phạm vi những vấn đề tìm được nghiệm bằng xử lý giải tích lại rất hẹp, hầu như không lường trước được. Phải có đầy đủ các điều kiện chặt chẽ sau đây mới dùng được phương pháp giải tích để tìm nghiệm:

1. Phương trình dạng tuyến tính
2. Phải là từ bậc 4 trở xuống (trong vòng 4 biến số).

Nếu không thoả mãn được 2 điều kiện này, thì chỉ có thể dựa vào các “phương pháp tính toán trị số”, ngoài ra không còn biện pháp nào khác.

Dù là mô hình hoá thoả mãn được điều kiện như vậy, nếu là bậc 3, bậc 4, thì nghiệm tìm được cũng hết sức phức tạp, đã như thế mà cứ tiếp tục tiến hành giải tích tìm nghiệm thì rất tốn công sức.

“Tìm nghiệm bằng giải tích” nói ở đây tức là trường hợp thông số ($a_1, a_2, \dots, a_{nr}$) của hệ thống nào đó hoàn toàn không biểu thị bằng số, mà là bằng chữ.

Giải phương trình vốn có của hệ thống, một biến số y_1 nào đó biểu thị “dạng hiện” của các thông số hệ thống và chuyển vào.

$$y_1 = f_1(a_1, a_2, \dots, a_n, t) \quad (42)$$

Nếu dạng hàm số về phải của phương trình này giản đơn, thì có thể thu được một số thông tin về quy luật tổng quát, thí dụ: điều kiện để cho y_1 trở thành cực đại là $a_1 = 0,5$, $a_2^2 = 0$, a_3 tăng lớn lên thì y_1 giảm theo hàm số lũy thừa... Nhưng nếu khi dạng hàm số về phải rất phức tạp, cho a_1 tăng lên, chưa biết chắc y_1 tăng hay giảm, trường hợp này cần đưa các trị số cụ thể $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ vào tính toán, cũng tức là phải lặp đi lặp lại nhiều lần trị số mới làm rõ được “xu thế” của hiệu quả a_i . Ở đây, tìm nghiệm bằng giải tích cũng rất khó khăn. Nói tóm lại, tìm nghiệm của hệ thống tương đối phức tạp, vì thế áp dụng cách tính toán trị số là con đường tốt nhất, ngoài ra không có cách nào khác.

Tính bằng số và máy tính điện tử: Những phương pháp tính toán trị số có quan hệ mật thiết với việc mô hình hoá là phương pháp Hone (Horner), phương pháp Graep (Graeffe), phương pháp Bestau (Bairstow) giải phương trình bậc cao; đối với hệ phương trình nhiều biến số thì có phương pháp khử, phương pháp Gao-Sây đen (Gauss - Seidel), phương pháp đẳng tà; đối với phương trình vi phân thường, có phương pháp Runge - Kutta, v.v... Những phương pháp này về mặt lý luận đều có thể tính bằng tay. Đồng thời, mọi việc tính toán trị số phần nhiều cần những thủ tục tương đối phức tạp, hệ thống càng phức tạp thì lượng tính toán càng lớn. Nhất là với thực nghiệm mô hình hoá, vốn dĩ có đặc điểm nhiều loại hình toán trong mô hình, thường kèm theo một khối lượng tính toán lặp đi lặp lại hết sức lớn. Tính toán bằng tay tất nhiên cũng được, nhưng trên thực tế hết sức chậm. Ngày nay, đa số các nhà nghiên cứu đều có liên hệ với trung tâm tính toán nào đó, họ hoàn toàn không phải tự tay mình tính toán trị số, hết thảy đều nhờ máy tính điện tử.

Máy tính chữ số và máy tính mô hình hoá: Máy tính điện tử được coi là công cụ tốt nhất cho việc mô hình hoá, có thể chia ra làm hai loại: máy tính chữ số (Digital) và máy tính mô hình hoá (Analog). Trong thực nghiệm mô hình hoá hệ sinh thái nên chọn loại nào, hiện nay vẫn chưa xác định. Đứng về góc độ của kiểu mô hình hoá, so sánh tính năng của máy tính, sau này sẽ nói đến, nhưng việc chọn máy tính, ngoài việc xét tính năng của nó ra, mấu chốt vẫn là vấn đề loại máy tính nào dùng thuận tiện hơn. Nếu chỉ nhìn vào số lượng máy tính, thì kiểu mô hình hoá không khác với kiểu chữ số, nhưng nó thiên về bộ môn kỹ thuật học và phần nhiều do cá nhân sử dụng.

Máy tính kiểu chữ số có số người sử dụng tăng lên rất nhanh. Ở đây chủ yếu nói về máy tính kiểu mô hình hoá.

Cấu trúc và cách sử dụng máy tính kiểu mô hình hoá:

Máy tính kiểu mô hình hoá được phát triển từ thiết kế máy giải tích phương trình vi phân. Mô hình động của hệ thống mà chúng ta nghiên cứu được diễn đạt bằng phương

trình vi phân, cho nên có thể dự kiến là việc sử dụng máy tính kiểu mô hình hoá trong lĩnh vực nghiên cứu sinh thái sẽ ngày càng tăng. Ở đây chỉ nêu những điều tối thiểu về máy tính kiểu mô hình hoá.

Ưu điểm của máy tính kiểu mô hình hoá

- Bộ phận của hệ thống thực tế và mô hình có sự đối ứng rõ ràng: Máy tính kiểu mô hình hoá áp dụng phương thức tính toán song song đồng thời, lượng tính toán là một lượng liên tục như điện thế. Vì thế có tính tương tự cao giữa cơ năng của bản thân máy tính và cơ năng của hiện tượng tự nhiên. Thí dụ, sự quang hợp của lá, các hoạt động sinh lý như sự chuyển vận sản phẩm quang hợp đến các cơ quan khác, sự hút đạm của bộ rễ, trong hệ thống thực tế được tiến hành song song đồng thời. Nhưng máy tính kiểu chữ số về mặt cơ năng không xét đến tính đồng thời của các hiện tượng tự nhiên, mà tính toán lần lượt tuần tự theo một thứ tự nhất định. Xét về điểm này, máy tính kiểu mô hình hoá giống với hệ thống thực tế (hiện tượng tự nhiên), tiến hành tính toán song song đồng thời. Do đó, trong nhóm bộ tính của máy tính kiểu mô hình hoá, có thể chỉ ra một cách rõ ràng cái nào đối ứng với cơ quan quang hợp, cái nào đối ứng với sự hút đạm của rễ và đồng hồ hiệu thế hệ số trong máy tính đối ứng với các thông số. Đặc điểm này giúp rất nhiều cho việc tìm hiểu mô hình máy tính.

- Tính toán nhanh: máy tính kiểu mô hình hoá với phương thức tính toán song song đồng thời, cho nên dù là hệ 2 phương trình vi phân hay hệ 100 phương trình vi phân thì thời gian tính toán cũng không khác nhau, đều trong khoảng 30 giây là tìm ra giải đáp. Vì thế càng là hệ thống lớn thì tốc độ tính toán tương đối càng nhanh hơn so với máy tính kiểu chữ số.

Trong hệ sinh thái, phần nhiều là thông số chưa biết, cho nên không thể không tính thử lặp đi lặp lại nhiều lần. Như vậy, tốc độ tính toán nhanh là một ưu điểm.

- Thao tác đơn giản: Nếu chỉ là thao tác tính toán, thì chỉ cần 10 phút là đủ để nhớ được, rõ ràng là đơn giản dễ học. Trong quá trình tính toán, vừa xem xu thế của đáp án, không cần ngắt quãng sự tính toán mà vẫn có thể thay đổi trình tự của nó hoặc trị số thông số, thao tác này cũng rất đơn giản. Như vậy, hết sức có lợi cho việc tiến hành thực nghiệm mô hình hoá nhằm kiểm định giả thuyết khoa học. Ngoài ra, vì là tính toán điện thế, việc ghi lại và quan sát đáp án cũng tương đối dễ dàng, giá tiền máy không quá đắt, cũng là một ưu điểm.

Nhược điểm của máy tính kiểu mô hình hoá:

- Độ chính xác thấp: sai số của bộ tính tuyến tính là 0,1 - 0,01%, bộ tính không tuyến tính có hơi cao hơn, là 0,2 - 0,05%. Trường hợp do nhiều bộ tính tổ hợp lại, thảo luận một cách khái quát sai số tổng hợp của chúng không đơn giản. Cùng với việc mở rộng hệ thống, số bộ tính phải sử dụng tăng lên tương ứng, cần dự tính đến là sai số tất nhiên cũng tăng lên.

- Về thời gian tính toán của máy tính, xét đến sai số của nó, cần khống chế trong phạm vi thích đáng (loại tốc độ thấp là 10s - 1 phút), quá dài hơn hoặc quá ngắn hơn phạm vi này, sai số đều tăng lên. Do đó, nếu khi thời gian của hệ thống thực tế vượt quá

hoặc bỏ xa phạm vi này, thì cần biến đổi thời điểm của nó (làm cho hệ số lớn lên hoặc nhỏ đi một cách tương đối), làm cho thời gian của máy tính ở trong phạm vi thích hợp thì mới tìm được đáp án. Nhưng một hệ thống nào đó, chẳng hạn như hệ thống một cái lá, trong cùng một hệ thống, có hiện tượng kích thích của phân tử sắc tố quang hợp cấp 10^{-10} s, cũng có hiện tượng hoá già của lá cấp thời gian mấy tuần lễ, nếu mô hình hoá cùng một mô hình, thì sai số của nó là một vấn đề lớn. Hệ sinh thái có đặc trưng là cùng tồn tại nhiều thành phần hợp thành có định số thời gian khác nhau.

- Lượng tồn trữ (bộ nhớ) nhỏ: Năng lực này thấp hơn nhiều so với máy tính kiểu chữ số. Vì thế, khi dùng số liệu đo lượng chiếu sáng mặt trời, độ nhiệt không khí làm số liệu đầu vào, cần thêm phụ kiện chuyên dùng bên ngoài máy tính (thí dụ như bộ đọc đường cong chẳng hạn).

- Ít hàm số đặc biệt: thành phần có sẵn để dùng có $\log [x]$, $\sin x$, $\cos x$, x_2 , $\sqrt{x}$. Ngoài ra, có một số hàm số phải dùng bộ phát sinh hàm số tuỳ ý kiểu đường gãy, thì dùng lúc nào làm lúc ấy. Thao tác cho dữ kiện vào tương đối phiền phức.

- Năng lực phán đoán logic kém: Điểm này gần đây có cải tiến, nhưng vẫn không so được với máy tính kiểu chữ số.

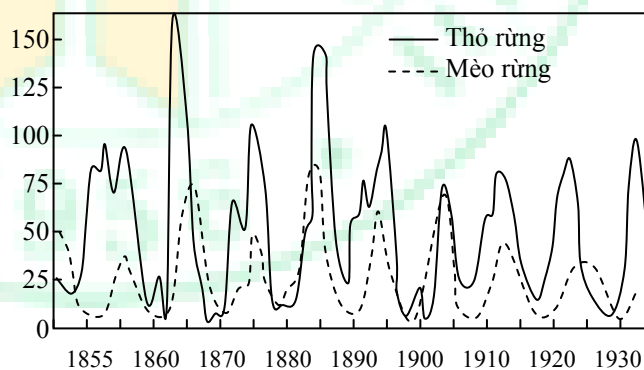
Triển vọng của máy tính kiểu mô hình hoá

Cho đến nay, máy kiểu mô hình hoá vẫn còn tồn tại những nhược điểm kể trên. Nhưng gần đây, do sự tiến triển về thiết bị cứng, đã khắc phục được một số nhược điểm, phát huy được mặt tốt vốn có của máy tính kiểu mô hình hoá, và ngày càng hoàn thiện. Nói tóm lại có hai hướng cải tiến:

1. Máy tính kiểu mô hình hoá tính toán tự động;
2. Máy kiểu hỗn hợp.

Máy tính kiểu mô hình hoá tính toán tự động: Trong mô hình không tuyến tính, nếu muốn giải vấn đề trị số tối ưu, vấn đề biên trị và trị số đã cho, thì ngoài cách lặp đi lặp lại nhiều lần thử sai ra, không còn cách nào khác. Loại kiểu máy tính này được thiết kế dựa vào ý muốn cố gắng đưa việc thử sai như vậy trở thành tự động hoá. Hiện nay, hầu hết các máy tính đều có khả năng tính toán tự động.

Máy tính kiểu hỗn hợp: Kết hợp máy tính kiểu mô hình hoá và máy tính kiểu chữ số cỡ nhỏ với nhau, phát huy các mặt tốt



Hình 12.5. Biến đổi chu kỳ của số cá thể

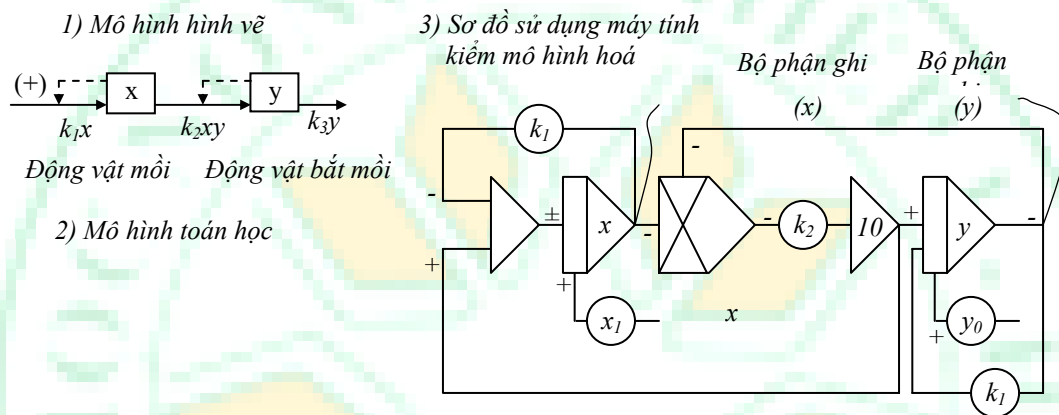
Biến đổi số cá thể thống kê săn bắn thỏ rừng và mèo rừng ở Canada
Chu kỳ khoảng 10 năm (Mac Lulich, 1937)
Theo tài liệu của Ito và Kritami (1971)

của chúng - tính tốc độ cao của kiểu mô hình hoá, tính xử lý số liệu và tốc độ chính xác cao của kiểu chữ số, để nâng cao tính năng của cả máy tính.

Hiện nay người ta đều dùng loại máy tính kiểu mô hình hoá mà việc chương trình hoá có thể tiến hành tự động.

4. Phân tích hệ thống một số mô hình sinh thái

Hiện nay, người ta dùng phương pháp toán học với máy tính để tiến hành phân tích hệ thống đối với mô hình cụ thể. Chủ yếu là thực tập phương pháp phân tích, không đặt vấn đề ý nghĩa sinh thái học của kết quả phân tích.



Hình 13.5. Mô hình liên toả thức ăn (mô hình Lotka - Volterra)

Phân tích động của mô hình liên toả thức ăn (mô hình tính chu kỳ):

Có những động vật đã sinh, số cá thể của chúng biến đổi có tính chu kỳ (hình 12.5). Nguyên nhân gây nên hoạt động chu kỳ như vậy có: thuyết khí hậu (một thuyết về dao động cường bức liên hệ với tính chu kỳ của hoạt động của mặt trời), thuyết bệnh cây, thuyết stress (tức là tìm nguyên nhân từ bên trong quần thể của một loài nào đó, thuyết quan hệ liên toả thức ăn giữa các loài (mô hình Lotka – Volterra, hình 13.5) ... Ở đây chủ yếu đề cập đến thuyết Lotka - Volterra, thảo luận về hệ thống liên toả thức ăn và hiện tượng chu kỳ.

Mô hình liên toả thức ăn I (mô hình Lotka – Volterra, hình 13.5):

Các nhà toán học Lotka (1925) và Volterra (1926) đã lần lượt đưa ra mô hình toán học về sự biến động số lượng cá thể của loài.

$$\frac{dx}{dt} = k_1x - k_2xy \quad (43)$$

$$\frac{dy}{dt} = k_2xy - k_3y \quad (44)$$

Trong đó: x - Số cá thể (hoặc khối lượng) của loài làm mồi

y - Số cá thể của loài bắt mồi x.

k_1 - Tỷ lệ tăng tự nhiên của x, k_2 là tỷ lệ giảm của x do bị bắt ăn hay tỷ lệ tăng của y, k_3 là tỷ lệ chết của y (k_2 của phương trình (43) và k_2 của phương trình (44) biểu thị bằng dấu khác nhau, x và y ở đây là khối lượng, nên cùng dấu).

(43) và (44) là hệ phương trình vi phân không tuyến tính, cách giải giải tích chính xác rất khó khăn. Nhưng nó là mô hình hai yếu tố, cho nên có thể dùng phương pháp giải tích mặt pha đã nói ở trên.

Trong phương trình (43) và (44) đặt $\frac{dx}{dt} = 0$ và $\frac{dy}{dt} = 0$ thì điểm kỳ dị (y_0, x_0) của hệ thống này là:

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{k_3}{k_2} \\ y_0 &= \frac{k_1}{k_2} \end{aligned} \quad (45)$$

Đặt vế phải của phương trình (43) là P, vế phải của phương trình (44) là Q, làm thành xấp xỉ tuyến tính gần điểm kỳ dị của các phương trình, các hệ số của phương trình đặc trưng như sau:

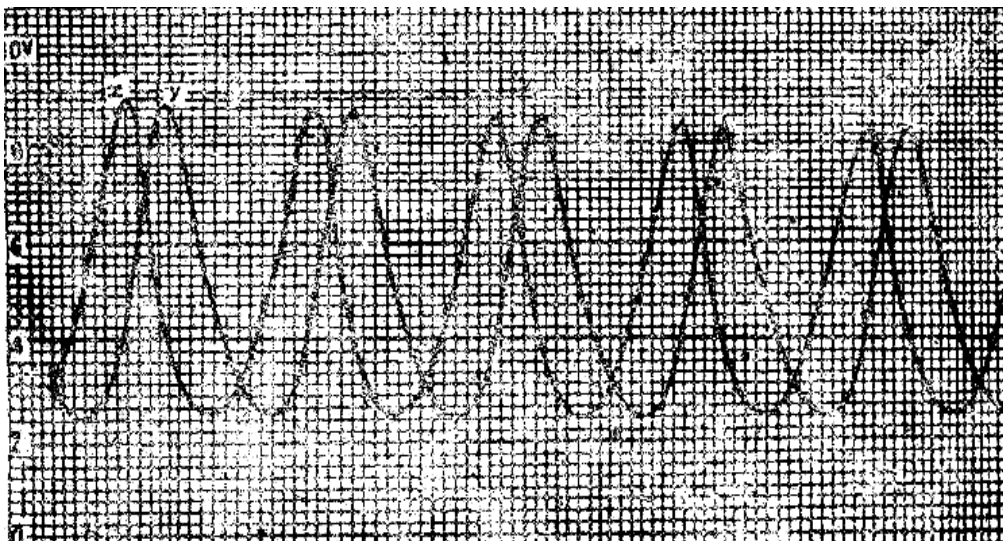
$$\left. \begin{aligned} \frac{\leq P}{\leq x} &= k_1 - k_2 y & x = x_0, y = y_0, a_1 = 0 \\ \frac{\leq P}{\leq y} &= -k_2 x & x = x_0, y = y_0, b_1 = -k_3 \\ \frac{\leq Q}{\leq x} &= k_2 y & x = x_0, y = y_0, a_2 = k_1 \\ \frac{\leq Q}{\leq y} &= k_2 x - k_3 & x = x_0, y = y_0, b_2 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Căn cứ kết quả của công thức (46), biệt thức M và D như sau:

$$\begin{aligned} M &= 0 + 0 = 0 \\ D &= (0 + 0)^2 + 4 k_1 (-k_3) \\ &= -4 k_1 k_3 < 0 \end{aligned} \quad (47)$$

Phán đoán đồ thị từ hình 16.5 có thể thấy: hệ thống này ở gần điểm kỳ dị, là một hệ thống hết sức dễ dao động, có điểm dạng xoáy nhóm vòng tròn đồng tâm. Mô hình này khi dùng máy tính kiểu mô hình hoá để tìm đáp số thì được kết quả như hình 13.5.

Hình 14.5 là giải đáp tìm được trải qua x và y thời gian khi đặt $k_1 = 0,3$; $k_2 = 0,6$; $k_3 = 0,3$. Trị số tuyệt đối của các thông số thiếu căn cứ của bất kỳ loại hình sinh thái học nào, đương nhiên không được coi trọng lắm.



Hình 14.5. Biến động chu kỳ của động vật làm mồi (x) và động vật bắt mồi (y) tìm được theo mô hình Lotka - Volterra (munekata, nguyên hình), (tỷ lệ thời gian phân tích máy tính kiểu mô hình hoá là 1 giây)

Ghi chú: $x_0 = 3, y_0 = 3, k_1 = 0,3, k_2 = 0,6, k_3 = 0,3$

Giả thiết 1 giây của thời gian máy tính tương đương với 1 năm của hệ sinh thái thực tế, thì $k_3 = 0,3$ có nghĩa là tỷ lệ chết của y lấy 30% mỗi năm để tính toán. Trên hình này còn có thể đọc được chu kỳ là khoảng 4,4 giây (4,4 năm). Như trên đã nói $M = 0$, cho nên có thể nói hệ thống này là một dao động liên tục, không suy giảm cũng không phát triển. Nhưng trên hình có thể thấy nó có hơi suy giảm. Đó là sai số sinh ra do việc xấp xỉ tuyến tính gần điểm kỳ dị. Trong trường hợp này, điểm kỳ dị $x_0 (= k_3/k_2) = 5$; $y_0 (= k_1/k_2) = 5$, cho nên x và y đều tiệm cận với 5 khi $t \rightarrow \infty$. Hình 14.5 gần với đường cong của hàm số sin.

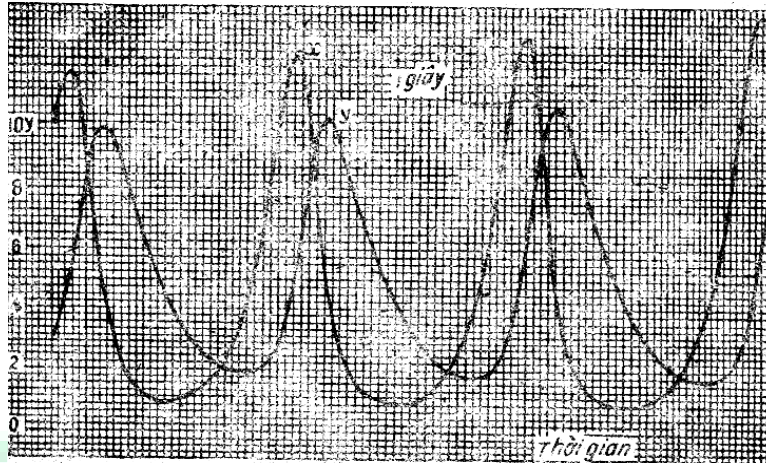
So sánh hình 14.5 và hình 15.5, nếu làm cho k_2 nhỏ đi, thì thấy: 1) thời gian chu kỳ lớn lên; 2) dao động trở thành kiểu phát tán. Do hệ thống này là không tuyến tính, thủ tục làm xấp xỉ tuyến tính như trên phải ở chỗ gần điểm kỳ dị (x_0, y_0) mới có được tác dụng. Nếu tạm thời không xét đến điểm này, thì M phán đoán tính ổn định của dao động và chu kỳ dao động như sau:

$$M = (k_1 - k_3) + k_2 (x - y) \quad (48)$$

$$\text{Chu kỳ} = \frac{2\pi}{\sqrt{k_1 k_2}} \quad (49)$$

Từ đó cho thấy, nếu k_3 nhỏ đi, thì $M > 0$, nghĩa là dễ phát tán hay thời gian chu kỳ lớn lên. Ngoài ra, chính lý số liệu nhiều lần thực nghiệm máy tính cho thấy, điều kiện của dao động liên tục ($M = 0$) đại thể là:

$$k_1 - 2k_3 = 0 \quad (50)$$



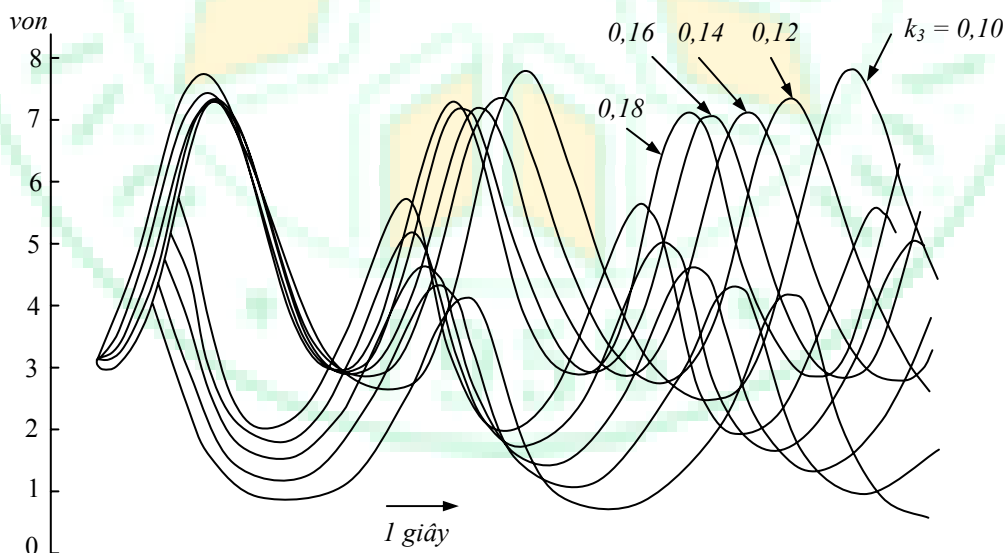
Hình 15.5. Làm nhỏ tỷ lệ chết (k_3) của động vật bắt mồi (y) thì thời gian số cá thể thấp kéo dài ra, xuất hiện phát sinh lớn dạng mạch xung (pulse)

Ghi chú: 1) $x_0 = 5, y_0 = 3, k_1 = 0,3, k_2 = 0,6, k_3 = 0,13$

2) x mở rộng gấp 2 lần

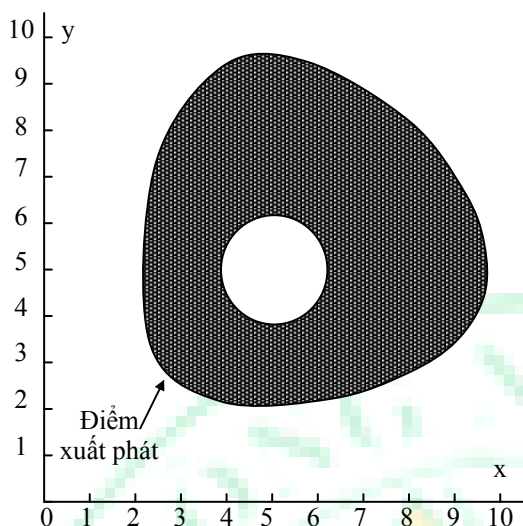
Hình 16.5 là một đồ thị giải đáp khi k_3 ở phạm vi 0,10-0,18 (cấp 0,2). Khi k_3 nhỏ đi, khoảng cách chu kỳ lớn lên, dao động hướng về kiểu phát tán. Ngoài ra, k_3 nhỏ đi, biên độ dao động của x cũng thấp xuống như ở công thức (45). Cả ba trường hợp nói trên đều lấy trục hoành làm trục thời gian, thì hành động của loài làm mồi x và loài ăn mồi y như sau:

$$\left. \begin{array}{l} x = f_1(t) \\ y = f_2(t) \end{array} \right\} \quad (51)$$



Hình 16.5. Giải đáp máy tính kiểu mô hình hoá mô hình Lotka - Volterra khi biến đổi tỷ lệ chết (k_3) của y . Nếu tỷ lệ chết nhỏ đi, chiều rộng của một chu kỳ lớn lên

Ghi chú: $x_0 = 0, y_0 = 3, k_1 = 0,25, k_2 = 0,50, k_3 = 0,10 \sim 0,18$



Hình 17.5. Giải đáp bằng máy tính loài làm mồi $x(t)$ và loài bắt mồi $y(t)$ của mô hình Lotka - Volterra, dùng máy tính vẽ đồ thị $x - y$ vẽ trên mặt phẳng

Ghi chú: 1) $k_1 = 0,373$; $k_2 = 0,687$; $k_3 = 0,367$
đặt $t = 0$; $x = 2,89$; $y = 3,00$
2) Vòng tròn suy giảm càng gần điểm kỳ dị (5.35; 5.42) càng tiệm cận, dễ vẽ hình nên không tính hết

điểm kỳ dị tiến gần về điểm gốc (0, 0) khi k_2 lớn lên. Ngoài ra, khi cho k_2 lớn lên, dao động tựa như nhỏ đi, trên thực tế đó là vì điểm kỳ dị tiến gần về điểm ban đầu (3, 3), không phải là hiệu quả trực tiếp của k .

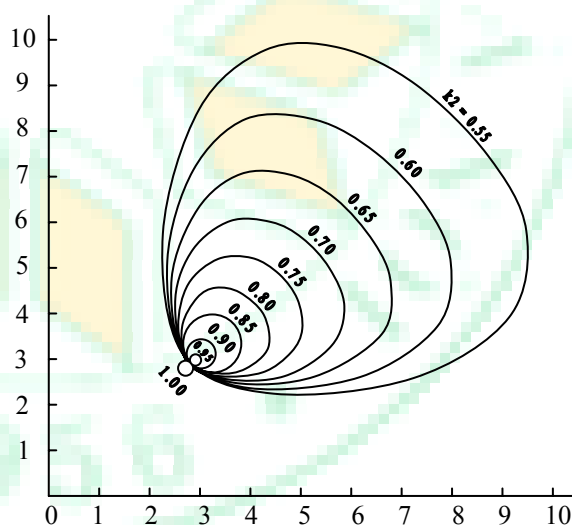
Mô hình liên toả thức ăn II:

Chúng ta đã tiến hành mô hình hoá hiệu chỉnh (thay đổi) các thông số của mô hình Lotka - Volterra. Dưới đây là trường hợp thử hiệu chỉnh bản thân kết cấu kỹ thuật, xem nó ảnh hưởng như thế nào đến việc tìm đáp số. Chúng ta tiến hành nhiều hiệu chỉnh đối với mô hình Lotka - Volterra, nhưng những thực nghiệm hiệu chỉnh đó không phải là dễ bàn về hiệu chỉnh, mà chỉ là việc thử để giải đáp vấn đề.

Lần lượt coi x, y là chuyển vào đưa vào máy vẽ đồ thị $x - y$, có thể biểu thị 2 giải đáp coi là quỹ tích của 1 điểm trên mặt phẳng $x - y$. Đó gọi là nghiệm tương vị.

Hình 17.5 là nghiệm tương vị của x, y ; hình này cho thấy do dao động suy giảm mà trở thành đường cong xoáy hướng tâm (điểm kỳ dị) theo sự tổ hợp của thông số, có trường hợp quay trên một đường cong khép kín, có khi xoáy ốc mở rộng ra ngoài (dao động phát tán). Chiều xoáy của hệ thống này theo chiều ngược chiều kim đồng hồ, có thể thấy trước được căn cứ vào $b_1 = -k_3$ (< 0).

Hình 18.5 là những dao động đầu tiên khi biến đổi k_2 ở các trị số. Ở hình này đặt $k = k_3$, như công thức (45) cho thấy, khi k_2 biến đổi, toàn bộ điểm kỳ dị (x_0, y_0) đều nằm trên đường thẳng $y = x$,



Hình 18.5. Đồ thị dao động đầu tiên vẽ trên mặt $x-y$ khi thay đổi các hệ số bắt ăn (k_2) trong mô hình Lotka - Volterra. Điểm ban đầu của x và y cách xa điểm kỳ dị ($k_3/k_2, k_1/k_2$) thì dao động đầu tiên càng lớn

Ghi chú: khi $k_1, k_2 = 0,3$; $k_3 = 0,55 \sim 1,00$,
 $t = 0, x = 3,0$ $y = 3,0$

Lượng lấy thức ăn (tốc độ) của một loài sinh vật nào đó, khi lượng sinh vật ít, gần như thành tỷ lệ với số lượng của nó. Nếu lượng sinh vật rất nhiều, một nhân tố hạn chế bất kỳ nào đó đã có tác dụng, thì nói chung, lượng lấy sẽ đạt đến điểm đỉnh. Thí dụ quan hệ giữa tốc độ quang hợp (tốc độ lấy CO_2) và diện tích lá (= lượng thực vật) đúng là như vậy.

Mô hình Lotka - Volterra đặt cả hai loài đều có “tốc độ lấy thức ăn thành tỷ lệ với số lượng của loài”, tức là khi tốc độ lấy thức ăn của loài sinh vật làm mồi x có “hiện tượng đạt đến điểm đỉnh” nói trên, để quan sát toàn bộ hành động của hệ thống sẽ biến đổi như thế nào.

Giả thiết “hiện tượng đến đỉnh” này có thể biểu thị bằng hàm số hype - bôn, thì mô hình toán học được hiệu chỉnh có dạng sau đây (tham khảo hình 17.5, 18.5):

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \frac{x}{a + bx} - k_2 xy - k_4 x \quad (\equiv P) \quad (52)$$

$$\frac{dy}{dt} = k_2 xy - k_3 y \quad (\equiv Q) \quad (53)$$

Số hạng $k_4 x$ trong phương trình (52) là tốc độ chết của x (nói chính xác ra còn gồm cả tốc độ hô hấp và bài tiết). Trong mô hình Lotka - Volterra, trong k_1 của phương trình (43) đã bao hàm có k_4 , còn phương trình (52) lại làm cho tốc độ lấy thức ăn trở thành phi tuyến, do đó cần thiết phải tách ra số hạng $k_4 x$. Theo cách làm trước, trước hết là làm xấp xỉ tuyến tính gần điểm kỳ dị, tiến hành xử lý toán học, được điểm kỳ dị (điểm ổn định) của hệ thống này là:

$$x_0 = \frac{k_3}{k_2} \quad (54)$$

$$y_0 = \frac{k_1 k_2 - k_2 k_4 a - k_3 k_4 b}{(k_2 a + k_3 b) k_2} \quad (55)$$

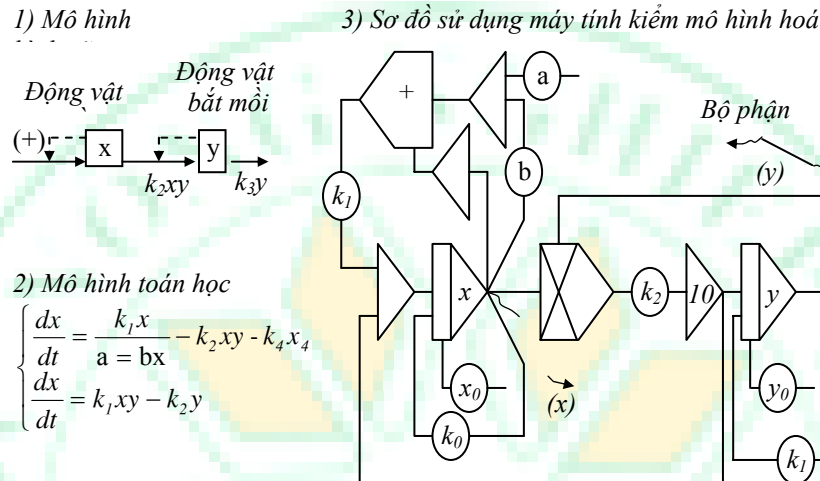
Quan hệ chuyển vào của x chỉ hơi phức tạp đã làm cho hàm số biểu thị điểm cân bằng của y trở nên hết sức phức tạp. Căn cứ theo y_0 bằng k_1/k_2 trong mô hình nói trước, cũng tức là chỉ xem xét y_0 có quan hệ với k_1 , điểm này có thể dự kiến được.

Biệt thức của dao động như sau:

$$M = \frac{-k_1 k_2 k_3 b}{(k_2 a + k_3 b)^2} \quad (< 0) \quad (56)$$

$$D = \frac{k_3}{(k_2 a + k_3 b)^2} \left[\frac{k_1^2 k_2^2 k_3 b^2}{(k_2 a + k_3 b)^2} + (k_2 a + k_3 b) k_4 - k_1 k_2 \right] \quad (57)$$

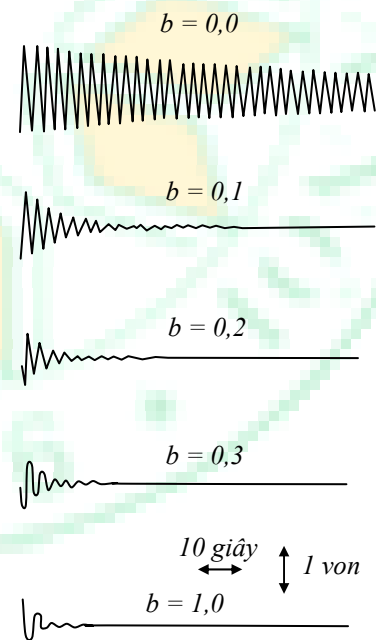
$M < 0$ cho nên có thể phán đoán tất cả đều là hệ thống ổn định đã suy giảm. Căn cứ công thức (57) để phán đoán D âm hay dương cũng khá phiền phức. Như trên đã nói, giải tích hệ thống tương đối phức tạp.



Hình 19.5. Mô hình liên toả thức ăn II

Từ công thức (57) cho thấy: a, b, k_3, k_4 lớn lên thì D dương, cũng tức là dao động của nó càng trở nên khó khăn hơn. Trong trường hợp này, dùng thực nghiệm mô hình hoá sẽ nhanh hơn nhiều. Mô thức máy tính kiểu mô hình hoá của hệ thống này như trong hình 19.5. Sử dụng bộ phận của bộ chia, tương đương với bộ phận của hàm số hypebôn với x chuyển vào.

Hình 20.5 là hiệu quả biến đổi hệ số b đối với hệ thống (khi b lớn lên thì hàm số hypebôn đạt rất nhanh đến điểm đỉnh). Vì $k_4 = 0$, trường hợp $b = 0$ của hình này hoàn toàn giống với kết cấu của mô hình Lotka - Volterra đã trình bày ở phần trước. Từ hình này cho thấy: khi b lớn lên, thì dao động tắt rất nhanh. Như vậy là nhất trí với kết quả của giải tích ($b \rightarrow$ lớn, thì $D > 0$). Nói

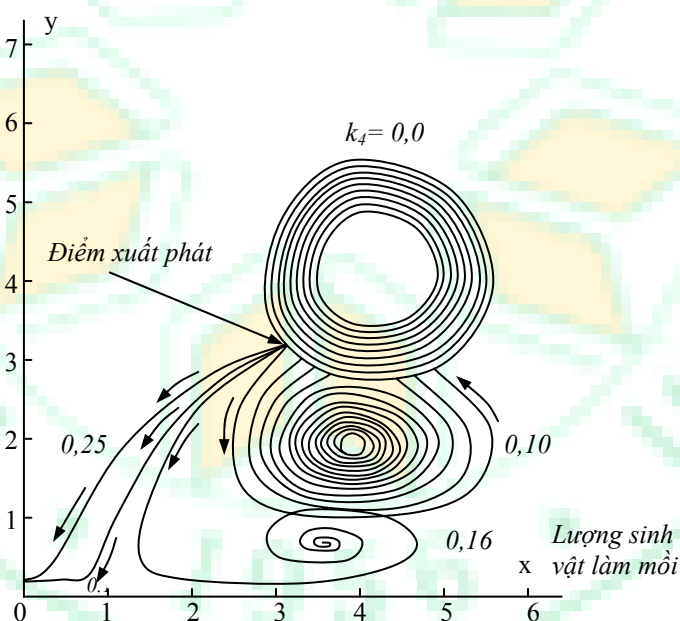


Hình 20.5. Hiệu quả của hệ số b (hệ số làm tăng cường không tuyến tính của hàm số tăng sinh vật mồi) đối với dao động của mô hình liên toả thức ăn $x(t)$

bằng ngôn ngữ của sinh thái học, tức là do hiệu quả của bản thân, trong hệ thống cấu thành lấy loài tăng nhanh ngay đến điểm đỉnh làm loài sinh vật mồi, thì không dễ gì phát sinh hiện tượng chu kỳ. Hình 21.5 là hiệu quả của tỷ lệ chết của sinh vật mồi x . Do đặt $b = 0$, nên giống với mô hình Lotka - Volterra. Nhưng khi hiệu quả của tỷ lệ tăng và tỷ lệ chết của x là số âm, về điểm này thì khác nhau. Khi tỷ lệ chết của x tăng cao lên, tốc độ suy giảm của chu kỳ sẽ đạt rất nhanh đến điểm cân bằng, đồng thời lượng y ở trạng thái ổn định cũng giảm theo. Tỷ lệ chết của x hầu như không có ảnh hưởng đến trị số ổn định của x . Đương nhiên đó là nói trường hợp tỷ lệ chết không phải là hàm số của thời gian. Khi tỷ lệ chết của sinh vật mồi đạt đến một giới hạn nào đó trở lên (cũng tức là khi hơi lớn hơn tỷ lệ tăng của sinh vật mồi), khi sinh vật mồi và sinh vật bắt ăn đều trở thành 0, hệ thống này sẽ mất.

Mô hình tuần hoàn vật chất (vấn đề trị số ổn định của mô hình tuyến tính)

Hệ thống tuần hoàn vật chất so với hệ thống liên toả thức ăn, là một hệ thống lớn hơn, cho nên đường dây của nó cũng phức tạp hơn, đây là một đối tượng rất tốt về giải tích hệ thống. Tuy nhiên, số hiệu của hệ thống thực tế, nói về từng bộ môn, đã được tích lũy khá, nhưng nhìn về toàn bộ thì có thể lại rất không đầy đủ.



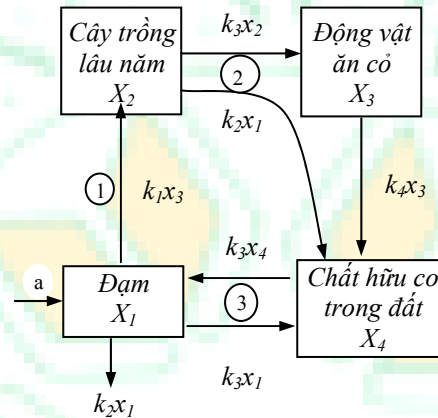
Hình 21.5. Giải đáp pha khi thay đổi tỷ lệ chết (k_4) của x trong mô hình liên toả thức ăn II

Ở đây lấy tuần hoàn đậm đã đơn giản hoá làm thí dụ, nói về ảnh hưởng của hệ số tốc độ (thông số hệ thống) đối với trạng thái ổn định của hệ thống.

Hình 22.5 là hình vẽ của mô hình cần thảo luận. Để tính toán được “bằng tay”, làm toàn bộ đường dây thành tuyến tính, (1), (2), (3), của hình này, trong hệ thống thực tế

được coi là không tuyến tính. Chuyển mô hình về dạng toán học, trở thành hệ phương trình vi phân 4 biến số bậc 1 sau đây:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= a - k_1 x_1 + k_5 x_4 - k_6 x_1 - k_7 x_1 \\ \dot{x}_2 &= k_1 x_1 + k_2 x_2 - k_3 x_2 \\ \dot{x}_3 &= k_3 x_2 - k_4 x_3 \\ \dot{x}_4 &= k_2 x_2 + k_4 x_3 - k_5 x_4 + k_6 x_1 \end{aligned} \right\} \quad (58)$$



Hình 22.5. Mô hình tuần hoàn đạm giả thiết. Trong đường (1), (2), (3) vốn phải có kết cấu mối liên hệ ngược (không tuyến tính), ở đây tạm không xét, toàn bộ làm cho chúng gần với tuyến tính; $a, k_1 - k_7$ là hệ số (thông số), $x_1 - x_4$ là biến số phụ thuộc về thời gian

Khi trị số ban đầu và trị số ổn định khác nhau, sau khi trải qua một đoạn trạng thái quá độ, rồi cuối cùng sẽ đạt đến trạng thái ổn định (hình 22.5).

Nếu chỉ thảo luận trị số ổn định, thì trong phương trình (58) :

$$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$$

Chỉ cần giải phương trình tuyến tính như thế là được. Nghiệm tìm được như sau:

$$x_1 = \frac{a}{k_7}$$

$$x_2 = \frac{a}{k_7} \times \frac{k_1}{(k_2 + k_3)}$$

$$x_3 = \frac{a}{k_7} \times \frac{k_1 k_3}{(k_2 + k_3) k_4}$$

$$x_4 = \frac{a}{k_7} \times \frac{k_1 + k_6}{k_5}$$

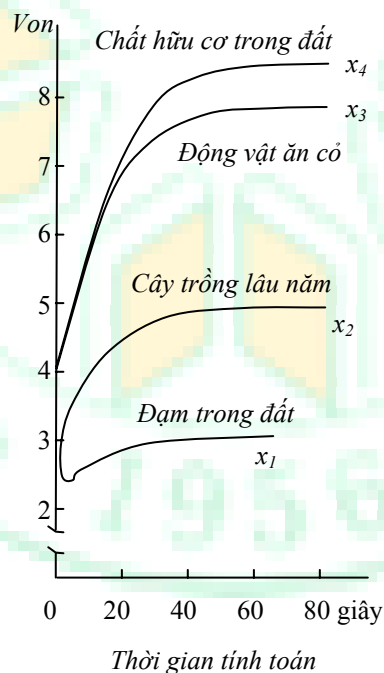
Giả thiết mô hình này là đúng, thì thông thường các điểm sau đây được xác lập:

1/ Chỉ cần không thay đổi đại lượng chuyển vào chuyển ra của hệ thống, hằng số tốc độ ($k_1, k_2, \dots, k_6$) trong đường vòng dù thay đổi như thế nào, lượng đạm trong đất ở chỗ đầu nối chuyển vào chuyển ra cũng không thay đổi.

2/ Dù có nâng cao tỷ suất tốc độ động vật ăn cây trồng, lượng giữ N của động vật vẫn có hạn độ nhất định.

Mô hình sinh trưởng của cây trồng:

Cây trồng, coi là hệ thống con của hệ sinh thái đồng ruộng, mô hình sinh trưởng của nó đã có rất nhiều thiết kế và thực nghiệm mô hình hoá. Phần này đã trình bày trong Giáo trình Sinh thái Nông nghiệp.



Hình 23.5. Thí dụ kết quả tính toán bằng máy tính kiểu mô hình hoá theo mô hình tuần hoàn đạm

TÓM TẮT

- Thông thường các biện pháp chia nhỏ sẽ giúp chúng ta đơn giản hóa hệ thống. Tuy nhiên kiểu suy luận tính chất của phần tử nhỏ suy ra đặc điểm của toàn hệ thống đôi khi không cho chúng ta kết quả mong muốn. Phương pháp tiếp cận hệ thống theo quan điểm sinh thái học sẽ cho chúng ta một cách nhìn tổng thể hơn về quần thể cây trồng và hệ sinh thái đồng ruộng. Mô hình hóa được sử dụng như một bộ công cụ hữu ích để nghiên cứu hệ thống. Đồng thời nó còn có tác dụng báo trước cho chúng ta biết trước các tác động của hệ thống. Trong thực tế các nhà khoa học thường sử dụng mô hình hóa các mối quan hệ giữa cây trồng, dinh dưỡng đất, cỏ dại, ánh sáng để nghiên cứu chức năng và cấu trúc của hệ sinh thái đồng ruộng. Để thực hiện mô hình hóa, người ta biểu diễn các mối quan hệ dưới dạng đại số hoặc hệ thống các phương trình toán học dạng tuyến tính hoặc phi tuyến tính. Hiện nay, người ta dùng phương pháp toán học với máy tính để tiến hành phân tích hệ thống đối với mô hình cụ thể. Chúng ta có thể tham khảo thêm ví dụ cụ thể về mô hình sinh trưởng của cây trồng trong giáo trình Sinh thái học Nông nghiệp.

CÂU HỎI ÔN TẬP

Dành cho sinh viên đại học và sau đại học:

1. Hãy trình bày ưu nhược điểm của biện pháp “chia nhỏ”?
2. Tại sao nói sinh thái học mang tính tổng hợp?
3. Hiểu thế nào là hệ thống? Sự khác biệt giữa hệ thống cơ học và sinh học?
4. Trong quá trình phân tích hệ thống phải lưu ý những điểm gì?
5. Mục đích của nghiên cứu hệ thống là gì?
6. Hãy trình bày các đặc trưng cơ bản của mô hình hệ thống VAC?

Dành cho sinh viên sau đại học:

1. Thế nào là trạng thái ổn định?
2. Thế nào là hệ thống tuyến tính?
3. Làm thế nào để xử lý dao động của hệ thống không tuyến tính?
4. Thế nào gọi là mô hình hóa máy tính?
5. Hãy nêu ưu nhược điểm của mô hình hóa máy tính?

GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ

1. **Suất phản xạ (Albedo)**: Tỷ lệ của thông lượng ánh sáng nhập xạ và lượng dòng ánh sáng phản xạ. Trong quần thể cây trồng sinh trưởng phát triển tốt, tỷ lệ này có trị số bằng khoảng 0,2. Trị số này thay đổi nhiều theo góc nhập xạ.
2. **Tỷ lệ nước dùng lần đầu (Primary water use percentage)**: Chỉ tiêu dùng để quan sát mức sử dụng lượng nước mưa lần đầu của rừng, đồng ruộng, đất cạn... Trị số này không tính nước dùng lại.
3. **Hiệu suất chuyển đổi năng lượng (Energy conversion efficiency)**: Tỷ suất mà quang hợp cố định được trong số năng lượng ánh sáng mà thực vật hấp thụ. Quần thể lúa nước phát triển tốt thì hiệu suất chuyển đổi năng lượng là khoảng 7%.
4. **Trở kháng khuếch tán (Diffusion resistance)**: Cường độ dòng điện giữa hai điểm tỷ lệ thuận với hiệu điện thế, tỷ lệ nghịch với điện trở. Suy ra, lượng vật chất chuyển vận (khuếch tán) giữa hai điểm tỷ lệ thuận với hiệu nồng độ vật chất đó giữa hai điểm tỷ lệ nghịch với trở kháng khuếch tán vật chất đó. Trở kháng này gọi là trở kháng khuếch tán, tương đương với số nghịch đảo của tốc độ trao đổi.
5. **Môi trường (Environment)**: Định nghĩa khái quát là điều kiện ngoại cảnh của sinh vật, tức là “tổng hoà những điều kiện bên ngoài có quan hệ với đời sống sinh vật”.
6. **Trạng thái ổn định nhất (Climax)**: Sự hợp thành quần xã trong thực bì thiên nhiên diễn biến theo thời gian, cuối cùng đạt đến loại hình quần xã ổn định nhất trong điều kiện chi phối của nơi đó - chủ yếu là điều kiện khí hậu. Loại hình quần xã như thế gọi là quần xã cao đỉnh (ổn định nhất). Quần xã cao đỉnh sẽ tiếp tục tồn tại ở vùng đó lâu dài nếu không bị người, núi lửa hay hoạ hoạn phá hoại.
7. **Quần xã (community)**: Về mặt sinh thái học, thuật ngữ này biểu thị thể cộng đồng của nhiều loài sinh vật, đối tượng thực vật thì là quần xã thực vật (Plant community), đối tượng động vật thì là quần xã động vật (Animal community), có khi gồm cả thực vật và động vật thì gọi là quần xã sinh vật. Ngoài ra, căn cứ vào đối tượng nghiên cứu, gọi là quần xã cỏ dại, quần xã cây trồng...
8. **Lượng hiện còn (standing crop)**: Lượng sinh vật (biomass) tồn tại ở một diện tích nào đó trong một thời gian nào đó, gọi là lượng hiện còn, thông thường biểu thị bằng khối lượng vật chất khô.

9. **Thông lượng hiển nhiệt và tiềm nhiệt (*Sensible and latent heat flux*):** Trong số nhiệt năng đưa vào một mặt nào đó, nhiệt lưu động do sự chênh lệch nhiệt độ giữa mặt đó và không khí chung quanh nó gọi là hiển nhiệt (lượng dòng), nhiệt lưu động với hình thức tiềm nhiệt trong bốc hơi gọi là tiềm nhiệt (lượng dòng).
10. **Tốc độ trao đổi (*exchange velocity*):** Một loại vật chất nào đó ở trong một dung môi nào đó, khi chuyển dịch (trao đổi) từ điểm A đến điểm B, lượng chuyển dịch trong đơn vị thời gian, đơn vị diện tích mặt cắt thành tỷ lệ với hiệu nồng độ của loại vật chất đó tại điểm A và điểm B, vì hệ số tỷ lệ có thứ nguyên của tốc độ (cm/s), cho nên gọi là tốc độ trao đổi.
11. **Thành phần hợp thành (*component*):** Hệ sinh thái đồng ruộng do quần xã sinh vật trong đồng ruộng và những yếu tố không phải sinh vật như ánh sáng, CO₂, nước, đất, thành phần dinh dưỡng vô cơ... cấu thành. Hệ thống có cấu trúc cơ học và chức năng như thể gọi là hệ sinh thái đồng ruộng.
12. **Quần xã sinh vật đồng ruộng (*field biome, biotic, community in field*):** Tên gọi tổng quát các thành phần sinh vật như cây trồng, cỏ dại, sâu hại, vi sinh vật, động vật... sinh tồn trong hệ sinh thái đồng ruộng. Không bao gồm các thành phần không phải sinh vật.
13. **Quần thể (*population*):** Cấu thành bởi những cá thể sinh vật cùng loài.
14. **Cấu trúc hình học tầng tán (*geometrical structure of a canopy*):** Sự phân bố không gian của các bộ phận trên mặt đất của cây trồng. Mức độ diện tích bề mặt các cơ quan được biểu thị bằng hàm số phân bố thẳng đứng và hàm số biểu thị phương pháp tuyến dựng trên bề mặt các cơ quan.
15. **Hệ thống (*system*):** Định nghĩa của hệ thống là 1/ tổ hợp của nhiều thành phần hợp thành có quan hệ qua lại phức tạp; 2/ là một chỉnh thể (thể thống nhất) trên ý nghĩa nào đó.
16. **Mô hình hoá (*simulation*):** Tuy những yếu tố (thành phần) sử dụng hoàn toàn khác với hệ thống đối tượng nghiên cứu hiện thực (hệ thống thực), mô hình là sự đơn giản hoá hệ thống thực nhưng phải có các đặc tính quan trọng nhất của hệ thống thực, nghĩa là mô hình được "chế tạo" ra có cấu trúc lý luận phù hợp với các yếu tố của hệ thống thực.
17. **Sinh vật dị dưỡng (*heterotrophic organisms*):** Chỉ những sinh vật lấy dinh dưỡng với hình thức hợp chất hữu cơ, dựa trực tiếp hay gián tiếp vào sinh vật tự dưỡng. Nhóm sinh vật này lại được chia ra: sinh vật dinh dưỡng hoàn toàn động vật, dinh dưỡng hoại sinh, dinh dưỡng ký sinh...
18. **Sản lượng thuần (*net production*):** Lượng chất hữu cơ tích trữ lại ở cơ thể thực vật; cũng tức là lượng quang hợp trừ đi lượng hô hấp.

19. **Suất đồng hoá thuần (net assimilation rate - NAR)**: Thước đo hiệu suất quang hợp của thực vật tức là tốc độ sinh trưởng của thực vật, biểu thị bằng trọng lượng vật chất khô ở mỗi đơn vị diện tích lá trong mỗi đơn vị thời gian.
20. **Bức xạ thuần (net radiation)**, còn gọi là cân bằng bức xạ: Là tổng của hiệu giữa bức xạ ngắn (bức xạ đỏ ngoài) chiếu trên một mặt nào đó và phản xạ của nó.
21. **Cấu trúc sản xuất (productive structure)**: Sự phân bố theo phương thức đứng của các cơ quan trên mặt đất của quần thể thực vật (cây trồng); có thể chia ra: cấu trúc không gian của tập đoàn lá (sản xuất vật chất khô) và cấu trúc không gian thân cây - cơ quan không đồng hoá.
22. **Năng suất (productivity)**: Sản xuất vốn dĩ là thuật ngữ của kinh tế học, trong nông nghiệp là chỉ sự thu hoạch mà người ta thu được trên đất đai. Cho nên sản lượng thu hoạch được trên diện tích nhất định gọi là năng suất. Tương ứng như vậy, tổng lượng toàn bộ chất hữu cơ mà một nhóm sinh vật sinh ra, gọi là năng suất sinh học.
23. **Hệ sinh thái (ecosystem)**: Hệ thống động thái do những sinh vật cùng sống trong một vùng nào đó và những yếu tố môi trường không phải là sinh vật (ánh sáng, nước, đất...) trong vùng đó tạo thành. Tùy theo đối tượng và vùng nghiên cứu được gọi là hệ sinh thái rừng, hệ sinh thái dòng sông, hệ sinh thái đồng ruộng...
24. **Tầng không khí gần mặt đất (Air layer near the ground)**: Phạm vi chịu ảnh hưởng sự ma sát giữa không khí và mặt đất gọi là tầng giới hạn không khí. Ở dưới tầng này, phạm vi 40 - 50 cm trên mặt đất gọi là tầng không khí gần mặt đất.
25. **Hệ thống tuyến tính và không tuyến tính (linear and nonlinear system)**: Phương trình dùng để diễn đạt hệ thống gồm nhiều số hạng, biến số và đạo hàm; trong các số hạng đó đều là bậc nhất thì gọi là phương trình tuyến tính (phương trình đại số tuyến tính hay phương trình vi phân tuyến tính), ngoài ra thì đều là phương trình không tuyến tính.

Thí dụ:

$$1/ 0 = a_1y_1 + a_2y_2 + a_3y_3$$

$$2/ \frac{dy}{dt} = a_1y_1 + a_2y_2 + a_3y_3$$

$$3/ \frac{d^2y}{dt^2} + t \frac{dy}{dt} + 5y = e^{-3t}$$

là phương trình tuyến tính;

$$1/ 0 = a_1 \frac{y_1}{1 + b_1 y_1} + a_2 \log y_2 + a_3 y_3$$

$$2/ \frac{dy}{dt} = a_1 y_1 - a_2 e^{-b_1 y} + a_3 y_3$$

$$3/ \left(\frac{d^2 y}{dt^2} \right)^2 + \frac{dy}{dt} + a_1 y = \sin t$$

là phương trình không tuyến tính

Đặc điểm toán học của phương trình không tuyến tính là không thể xác lập "nguyên lý chồng hợp", do đó không thể giải bằng toán học tuyến tính (tìm nghiệm bằng giải tích hệ phương trình, phương pháp cổ điển của phương trình vi phân, phương pháp biến đổi Laplace, phương pháp biến đổi Fourier); trừ trường hợp đặc biệt ra, nói chung là không thể giải tích tìm nghiệm của hệ thống không tuyến tính.

26. **Tổng sản lượng (gross production) hay sản lượng thô**: Toàn bộ chất hữu cơ mà quần xã thực vật thông qua quang hợp sản xuất ra gọi là tổng sản lượng, cũng tức là tổng của sản lượng thuần và hô hấp.
27. **Hằng số mặt trời (solar constant)**: Cường độ bức xạ mặt trời khi đến tầng giới hạn không khí gọi là hằng số mặt trời, có trị số là 1,94 cal/cm²/phút. Hằng số mặt trời biến động trong phạm vi 1% trở xuống.
28. **Nhiệt truyền dẫn trong đất (soil heat flux)**: Nhiệt năng từ mặt đất xâm nhập vào trong đất gọi là nhiệt truyền dẫn trong đất. Thường được đánh giá bằng phương pháp phân tích phân độ nhiệt, phương pháp tấm truyền nhiệt, phương pháp truyền dẫn nhiệt.
29. **Sinh vật tự dưỡng (autotrophic organisms)**: Những sinh vật có thể tự tổng hợp được chất hữu cơ cần thiết cho cơ thể chất vô cơ; chia ra: sinh vật tự dưỡng hoàn toàn (thực vật quang hợp) và sinh vật tự dưỡng vô cơ hoá năng hợp. Đại biểu cho loại trước là thực vật màu xanh lục; loại sau là những vi khuẩn không thể trực tiếp lợi dụng năng lượng mặt trời, nhưng thu được năng lượng thông qua oxy hoá chất vô cơ.
30. **Cân bằng nhiệt lượng (heat balance)**: Tổng toàn bộ năng lượng (nhiệt) ra và vào trên một mặt nào đó trong thời gian nhất định, theo định luật bảo toàn năng lượng thì bằng 0. Sự ra vào của nhiệt đó gọi là cân bằng nhiệt lượng. Bức xạ thuần trên mặt đất, lưu động hiển nhiệt, lưu động tiềm nhiệt, truyền dẫn nhiệt trong đất là nội dung chủ yếu của sự cân bằng nhiệt lượng và được gọi là các yếu tố cân bằng nhiệt lượng.

31. **Hàm số phân bố lá (leaf distribution function):** Hàm số biểu thị cấu trúc hình học của tập đoàn lá, cũng tức là hàm số biểu thị phương pháp tuyến dựng trên mặt lá. Phương của pháp tuyến do góc thiên đỉnh và góc phương vị quyết định. Thực tế là sự phân bố tần độ diện tích lá tính toán theo góc thiên đỉnh và góc phương vị của những lá khác nhau.
32. **Nền nông nghiệp đất ngập (flood farming):** Do lũ lụt của các sông lớn, khối lượng lớn bùn đất, chất lắng đọng được chuyển xuống hạ lưu, hình thành vùng đất đai màu mỡ ngập nước. Nền nông nghiệp phát triển ở đây gọi là nông nghiệp đất ngập, là một hình thái của nền nông nghiệp nguyên thủy đất thấp.
33. **Vi khuẩn quang hợp (photosynthetic bacteria):** Vi khuẩn lưu huỳnh (sulphur bacteria) màu đỏ và màu lục xanh lợi dụng năng lượng ánh sáng lấy các chất hữu cơ đại loại như axit béo cấp thấp hay H₂, các chất sunfua làm thể cung cấp H để sinh sống, công thức phản ứng là: $2\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{S} + \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$. Năm 1940, Gest và Kamen từ trong *Rhodospirillum rubrum* đã phát hiện loài vi khuẩn này có khả năng cố định đạm. Vi khuẩn quang hợp cố định đạm khá nhiều trong điều kiện kỵ khí và có chiếu sáng.
34. **Hô hấp ánh sáng (light respiration):** Thực vật C₃ có hệ thống hô hấp ánh sáng nhả CO₂ trong điều kiện chiếu sáng; ở thực vật C₃ hệ thống như vậy càng nhiều hơn. Trong điều kiện nồng độ O₂ tương đối thấp, hô hấp ánh sáng bị ức chế. Thực vật C₃ khi nồng độ O₂ hạ thấp thì quang hợp của nó tăng lên.
35. **Sản xuất vật chất (sản xuất vật chất khô) (dry matter production):** Thực vật nhờ hoạt động quang hợp của bộ phận màu xanh lục sinh ra chất hữu cơ để sinh trưởng. Sự tạo ra chất hữu cơ này gọi là sự sản xuất vật chất. Thông thường biểu thị bằng trọng lượng khô của cơ thể thực vật, cho nên còn gọi là sản xuất vật chất khô.
36. **Thông lượng (flux):** Một loại vật chất nào đó (hoặc một loại năng lượng nào đó) khi vận động (lưu động) trong môi trường, lượng chuyển vận của vật chất đó trong đơn vị thời gian, đơn vị diện tích trên một mặt nào đó thì gọi là thông lượng.
37. **Tỷ số Bowen (Bowen's ratio):** Nhiệt đưa vào một mặt nào đó, trong đó có phần nhiệt lưu động ở dạng hiển nhiệt (H) và phần nhiệt lưu động ở dạng tiềm nhiệt (IE), tỷ số H/IE lấy tên người đề xướng ra nó, do đó có tên là tỷ số Bowen (β).
38. **Cân bằng nước (water balance):** Cũng như cân bằng nhiệt lượng, tổng số ra và vào của nước thể rắn, thể lỏng, thể hơi trên một mặt nào đó trong một thời gian nhất định nào đó bằng 0. Nói cụ thể là sự ra vào của nước: nước mưa, nước chảy trên bề mặt đất, trao đổi nước giữa mặt đất và tầng dưới, bốc hơi nước bề mặt, gọi là sự cân bằng nước.

39. **Nền nông nghiệp nương rẫy (*slash and burn farming*)**: Nền nông nghiệp nguyên thủy, đốt rừng hoặc đồng cỏ xong, người ta trồng cây (chủ yếu lúa nương, sắn, ngô) từ một đến vài năm. Lớp tro trên mặt đất là nguồn cung cấp dinh dưỡng vô cơ cho cây trồng. Nương rẫy sẽ được bỏ hóa sau khi đất mất màu và người dân lại phát một mảnh nương mới.
40. **Nước hữu hiệu (*available water*)**: Lượng nước mà thực vật có thể hút được từ trong đất, tương đương với lượng dư từ lượng giữ nước lớn nhất (hệ số héo) mà đất có thể giữ được. Hàm lượng nước hữu hiệu khác nhau tùy loại đất, đất thịt và đất thịt pha sét cao hơn đất cát và đất sét.
41. **Lượng nước cần (*Water requirement*)**: Để tìm hiểu nước cần dùng trong thời gian sinh trưởng của thực vật, lấy tổng lượng nước hút chia cho tổng khối lượng vật chất khô thì được lượng nước cần gọi là hệ số bốc hơi.
42. **Chỉ số diện tích lá (*leaf area index, LAI*)**: Tỷ số giữa toàn bộ diện tích lá trên mặt đất nhất định và diện tích của mặt đất đó.
43. **Bao bó mạch có diệp lục (*chlorophyllons bundle sheath*)**: Trong bao bó mạch lá của thực vật C_4 như ngô, lúa miến... có chất diệp lục, đó gọi là bao bó mạch có diệp lục. Thực vật C_3 như lúa nước, mì, đậu tương... không có loại mô này.
44. **Hệ số khuếch tán dòng xoáy (*turbulent transfer coefficient*)**: Sự lưu động của thể lỏng nếu vượt quá một điều kiện nào đó thì trở thành lưu động có nhiều chỗ xoáy, đó gọi là dòng xoáy. Trong loại lưu động này, sự khuếch tán của vật chất nào đó thành tỷ lệ với độ dốc nồng độ và hệ số khuếch tán của vật chất đó. Hệ số khuếch tán trong dòng xoáy gọi là hệ số khuếch tán dòng xoáy.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	3
<i>Chương I</i>	
ĐỒNG RUỘNG VÀ SINH THÁI HỌC ĐỒNG RUỘNG	5
1. Khái niệm chung về sinh thái học đồng ruộng	6
2. Quá trình hình thành và phát triển đồng ruộng	8
Tóm tắt	12
Câu hỏi ôn tập	12
Tài liệu đọc thêm	12
<i>Chương II</i>	
CẤU TRÚC VÀ CHỨC NĂNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG	13
1. Cân bằng lượng nhiệt và cân bằng nước của đồng ruộng	14
2. Môi trường đất	22
3. Môi trường sinh vật	24
4. Cấu trúc của quần thể cây trồng	26
5. Cấu trúc môi trường của hệ sinh thái đồng ruộng	35
6. Quang hợp của quần thể cây trồng	48
7. Sự sinh trưởng của quần thể cây trồng	57
8. Sự cạnh tranh của hệ sinh thái đồng ruộng	61
9. Năng suất của hệ sinh thái đồng ruộng	65
10. Mô hình hoá hệ thống hệ sinh thái đồng ruộng	69
Tóm tắt	82
Câu hỏi ôn tập	82
Tài liệu đọc thêm	83
<i>Chương III</i>	
SỰ VẬN ĐỘNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG	85
1. Diễn biến của đồng ruộng	86
2. Sự biến đổi hình thức sản xuất nông nghiệp và ý nghĩa sinh thái của nó	90
3. Trồng cây thích hợp với vùng đất trồng	100
4. Sự cân bằng năng lượng của quần thể cây trồng	104
5. Sự chuyển hoá năng lượng của đồng ruộng	108
6. Tuần hoàn vật chất của đồng ruộng	110
Tóm tắt	125
Câu hỏi ôn tập	125
Tài liệu đọc thêm	126

<i>Chương IV</i>	
ĐIỀU KHIỂN HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG	127
1. Ý nghĩa và phương pháp điều khiển hệ sinh thái đồng ruộng	128
2. Điều khiển quá trình của hệ sinh thái đồng ruộng	130
<i>Chương V</i>	
KỸ THUẬT HỌC HỆ THỐNG CỦA HỆ SINH THÁI ĐỒNG RUỘNG	139
1. Sinh thái học và kỹ thuật học hệ thống	139
2. Chuẩn bị toán học để mô tả và phân tích hệ sinh thái	148
3. Mô hình hoá máy tính	163
4. Phân tích hệ thống một số mô hình sinh thái	168
Tóm tắt	178
Câu hỏi ôn tập	178
Tài liệu đọc thêm	179
GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ	180
TÀI LIỆU THAM KHẢO	185

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP

167/6 - Đường Phương Mai - Đống Đa - Hà Nội

ĐT: 5763470 - 8521940

FAX: (04) 5760748

CHI NHÁNH NXB NÔNG NGHIỆP

58 Nguyễn Bình Khiêm - Quận 1 - Tp. Hồ Chí Minh

ĐT: 8297157 - 8299521

FAX: (08) 9101036

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN CAO DOANH

Biên tập và sửa bản in
NGUYỄN THẾ HẢI

Trình bày, bìa
TRẦN VŨ

$\frac{63 - 630}{\text{NN} - 2006}$ - 202/78 - 06

In 1.000 bản, khổ 19 x 27cm tại Xưởng in NXB Nông nghiệp. Giấy xác nhận đăng ký KHXB số 360-2006/CXB/202 - 78/NN do CXB cấp ngày 9/5/2006. In xong và nộp lưu chiểu quý III/2006.