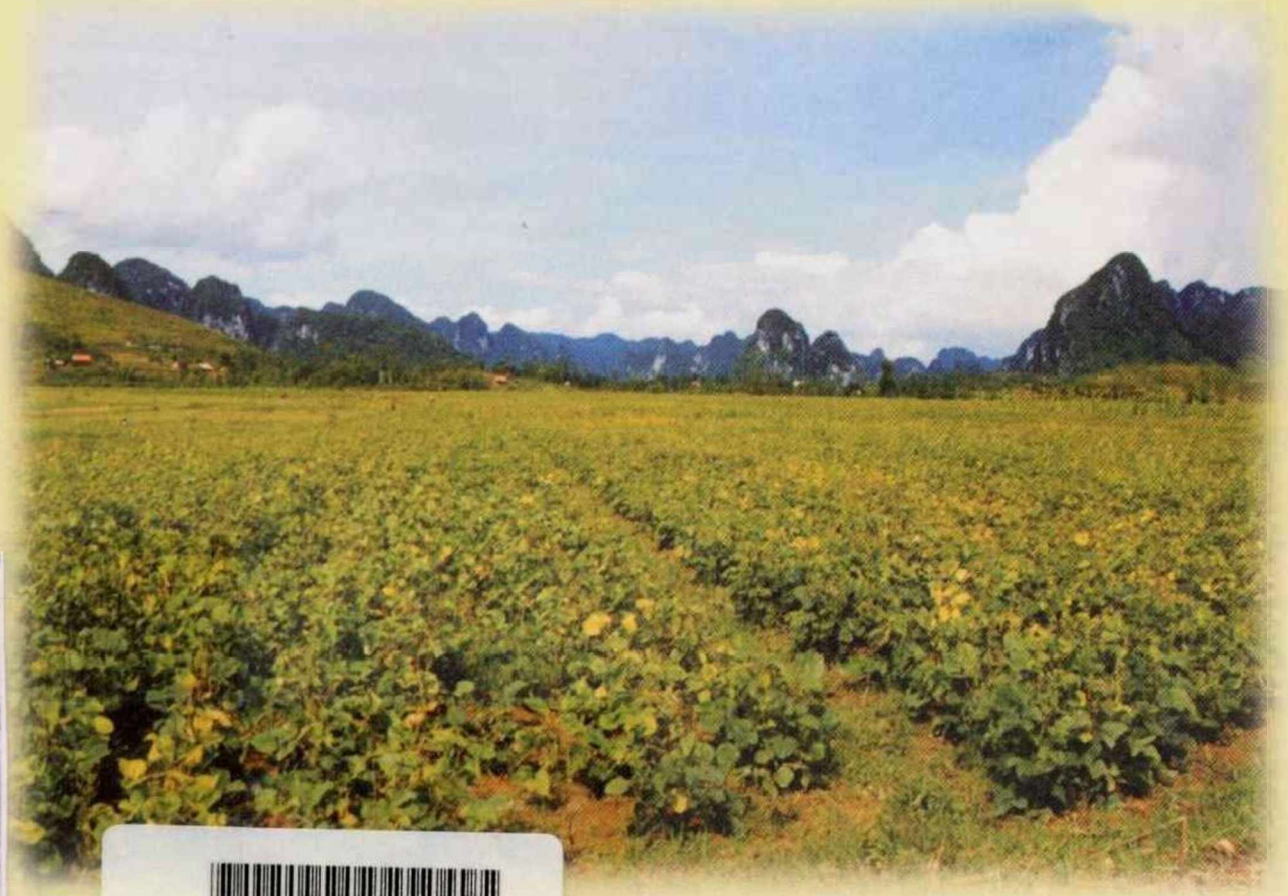
PHẠM BÌNH QUYỀN

HỆ SINH THÁI NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



DT.021835

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

PHẠM BÌNH QUYỀN

HỆ SINH THÁI NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

(In lần thứ hai)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
16 Hàng Chuối - Hai Bà Trưng - Hà Nội
Điện thoại: (04) 9724852; (04) 9724770; Fax: (04) 9714899

Chịu trách nhiệm xuất bản:
Giám đốc: PHÙNG QUỐC BẢO
Tổng biên tập: NGUYỄN BÁ THÀNH
Chịu trách nhiệm nội dung:
Hội đồng nghiệm thu Giáo trình
Trường ĐHKHTN - ĐHQGHN
Người nhận xét: GS.TS VÕ QUÝ
PGS.TS LÊ DIÊN DỰC
PGS.TS NGUYỄN XUÂN QUỲNH
Biên tập: NGUYỄN THẾ HIỆN - LÊ THU THUỶ
Trình bày bìa: NGỌC ANH

HỆ SINH THÁI NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Mã số: 1K - 63 ĐH2007
In 1.000 cuốn, khổ 16 x 24cm tại Công ty Cổ phần KOV
Số xuất bản: 381 - 2007/CXB/37 - 64/ĐHQGHN, ngày 25/5/2007
Quyết định xuất bản số: 498 KH/XB
In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2007.

Mục lục

Mở đầu 1

Chương 1. Sinh thái nông nghiệp 3

1.1. Sinh thái học nông nghiệp 3

1.2. Tính hệ thống trong phát triển và quản lý tài nguyên 4

1.3. Hệ sinh thái tự nhiên và hệ sinh thái nông nghiệp 6

1.3.1. Khả năng thích nghi của hệ sinh thái 11

1.3.2. Khai thác hợp lý hệ sinh thái 12

1.4. Hệ sinh thái nông nghiệp 12

1.5. Vai trò của loài trong hệ sinh thái 14

1.5.1. Loài đặc thù và loài đa dạng 14

1.5.2. Đặc thù của loài trong hệ sinh thái 16

1.5.3. Sự tương tác giữa các loài trong hệ sinh thái 17

1.5.4. Sự cạnh tranh trực tiếp giữa các loài 18

1.5.5. Sự tương tác giữa các loài bắt mồi và vật mồi 20

1.5.6. Các hệ thống phụ của hệ sinh thái nông nghiệp 21

1.5.7. Hệ thống thứ bậc của hệ tự nhiên và xã hội 22

1.5.8. Những thuộc tính của hệ sinh thái nông nghiệp 23

1.5.9. Phân tích hệ sinh thái nông nghiệp 27

1.5.10. Đặc điểm và tổ chức của hệ sinh thái nông nghiệp 29

1.5.11. Năng suất của hệ sinh thái nông nghiệp 32

Chương 2. Đa dạng sinh học và chức năng của sinh vật đất 37

2.1. Sinh cảnh 39

2.2. Sinh học và sinh thái học của động vật đất 40

2.2.1. Các loài ăn thực vật 41

2.2.2. Các loài ăn vi sinh vật 42

2.2.3. Các loài ăn thịt 42

2.2.4. Các loài bắt mồi 43
2.3. Các quá trình của hệ sinh thái 43
2.4. Giá trị của đa dạng 45
2.5. Nhiễu loạn nông nghiệp 46
2.6. Kết cấu và độ chặt của đất 47
2.7. Canh tác 48
2.8. Bón phân 49
2.9. Thuốc trừ sâu 51
Chương 3. Đa dạng sinh học, chức năng hệ sinh thái và quản lý sâu hại trong các hệ thống nông nghiệp 55
3.1. Bản chất và chức năng của đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái nông nghiệp 57
3.2. Các kiểu đa dạng sinh học của động vật chân đốt trong các hệ sinh thái nông nghiệp 62
3.3. Đa dạng thực vật và sự ổn định về số lượng của các loài côn trùng gây hại trong các hệ sinh thái nông nghiệp 64
3.4. Các kiểu cấu trúc cảnh quan và đa dạng sinh học côn trùng 68
3.5. Điều khiển hoạt động của hệ sinh thái nông nghiệp 70
3.5.1. Khái niệm 70
3.5.2. Nguyên lý, nội dung và nguyên tắc điều khiển 71
3.5.3. Điều khiển thành phần sinh vật của hệ sinh thái nông nghiệp 74
3.5.4. Điều khiển di truyền trong hệ sinh thái cây trồng 79
Chương 4. Chăn nuôi trong hệ sinh thái nông nghiệp và đa dạng sinh học 85
4.1. Các phương thức chăn nuôi 86
4.1.1. Các phương thức chăn thả quảng canh 86
4.1.2. Phương thức chăn nuôi kết hợp 89
4.1.3. Phương thức chăn nuôi công nghiệp 91
4.2. Tương tác giữa chăn nuôi và đa dạng sinh học 92
4.2.1. Quần xã thực vật 92
4.2.2. Mối tương tác với các loài hoang dã 94
4.2.3. Thúc đẩy chăn nuôi và bảo tồn đa dạng sinh học 99
4.2.4. Công nghệ 99

4.2.5. Các chính sách 101
Chương 5. Phát triển bền vững nông nghiệp 103
5.1. Cơ sở khoa học của nền nông nghiệp bền vững 103
5.1.1. Các biện pháp truyền thống 103
5.1.2. Các biện pháp thay thế 106
5.1.3. Đánh giá lại nền nông nghiệp truyền thống 108
5.1.4. Định nghĩa nông nghiệp bền vững 110
5.1.5. Mức độ bền vững 112
5.1.6. Các khía cạnh và trở ngại của nông nghiệp bền vững 112
5.1.7. Nông nghiệp bền vững và công nghệ sinh học 117
5.1.8. Nông nghiệp bền vững và an ninh lương thực 118
5.2. Phát triển bền vững của nông nghiệp Việt Nam 120
5.2.1. Định nghĩa và phương pháp tiếp cận 120
5.2.2. Về các vấn đề của phát triển bền vững 125
5.2.3. Nông nghiệp và đô thị hoá 128
5.2.4. Ngành nông nghiệp độc canh và đông dân... 130
5.2.5. Nông nghiệp và tình trạng phá rừng 132
5.26. Phát triển nông nghiệp và thị trường 133
5.2.7. Các chỉ số của tính bền vững 135
5.3. Về tác động của đô thị hoá đến hệ sinh thái... 140
5.3.1. Tiểu vùng sinh thái Thanh Trì, Hà Nội 141
5.3.2. Các giai đoạn phát triển nông nghiệp của Thanh Trì 142
5.4. Đặc điểm hệ sinh thái nông nghiệp vùng trung du 148
5.5. Đặc điểm hệ sinh thái nông nghiệp nương rẫy 151
5.6. Tri thức bản địa trong nông nghiệp 154
5.7. Đánh giá ảnh hưởng của đa dạng sinh học đến sản xuất nông nghiệp ở vùng trũng (trường hợp Thanh Liêm, Hà Nam) 159
Tài liệu tham khảo 174

Mở đầu

Hệ sinh thái là một hệ chức năng, bao gồm các nhân tố vô sinh và sinh vật luôn tác động tương hỗ với nhau làm thành một hệ thống động thái thống nhất. Hệ sinh thái là một khái niệm rộng, đa ngành, đa lĩnh vực, vì thế có thể áp dụng cho tất cả các trường hợp có mối quan hệ tương hỗ giữa sinh vật và môi trường, có sự trao đổi vật chất, thông tin và năng lương giữa chúng với nhau, thậm chí xảy ra trong một thời gian ngắn.

Hoạt động của hệ sinh thái tuân theo các quy luật chung của lý thuyết hệ thống và được xác định như một tập hợp các đối tượng, hoặc các thuộc tính liên kết bằng nhiều mối tương tác. Lý thuyết hệ thống được áp dụng rộng rãi trong nhiều ngành khoa học giúp cho sự hiểu biết và giải thích các mối quan hệ tương hỗ giữa các thành phần trong hệ thống. Ngoại trừ vũ trụ ra thì tất cả các hệ thống tự nhiên, bao gồm tất cả các hệ sinh thái đều là các hệ mở. Một đặc điểm vô cùng quan trọng của các hệ mở trong thiên nhiên là chúng có xu hướng tự điều chỉnh để tiến tới cân bằng, làm cho các thành phần của hệ nằm trong sự tác động hài hoà, bền vững và ổn định. Sự cân bằng đó đạt được do quá trình tự điều chỉnh theo nguyên tắc thông tin phản hồi của các thành phần trong hệ sinh thái đối với các dòng năng lượng, thông tin, nguyên liệu đi vào và sản phẩm đi ra của hệ.

Trong hệ sinh thái các thành phần sống và không sống luôn liên hệ với nhau và không ngừng trao đổi nguyên liệu thông qua chu trình trao đổi vật chất và năng lượng. Trong các thành phần của hệ sinh thái thì khí quyển, đất và nước là những nguyên liệu sơ cấp, còn động vật, thực vật và vi sinh vật là các tác nhân vận chuyển và là những thành phần trao đổi chất và năng lượng. Chúng được đặc trưng bằng mối quan hệ năng lượng giữa sinh vật tự dưỡng và sinh vật dị dưỡng, thông qua xích thức ăn và mạng lưới thức ăn.

Các hệ sinh thái nông nghiệp là các hệ chịu nhiều tác động từ các áp lực phát triển, do đó cần xây dựng một nền nông nghiệp sinh thái bền vững. Giáo trình "***Hệ sinh thái nông nghiệp và phát triển bền vững***" giới thiệu một số nguyên lý và thực hành phục vụ cho mục tiêu xây dựng và phát triển một nền nông nghiệp bền vững.

Chương 1
Sinh thái nông nghiệp

1.1 Sinh thái học nông nghiệp

Trong những năm gần đây, trên thế giới cũng như trong nước ta, thường đề cập nhiều đến sự cần thiết phải xây dựng một nền nông nghiệp sinh thái. Thực tế đã cho thấy, không thể giải quyết được nhiều vấn đề do nông nghiệp đặt ra nếu chỉ dựa vào kiến thức của các môn khoa học riêng rẽ. Sản xuất nông nghiệp là khoa học tổng hợp, mà trong đó cây trồng và vật nuôi được xem là các đối tượng chính cùng với các mối quan hệ giữa chúng với môi trường và giữa chúng với nhau, nghĩa là trong các mối quan hệ tương tác của hệ sinh thái nông nghiệp.

Sự phát triển của nông nghiệp hiện đại đặt ra nhiều vấn đề cần phải giải quyết. Các hệ sinh thái nông nghiệp là các hệ sinh thái chịu tác động của con người nhiều nhất và có năng suất kinh tế cao nhất. Dần dần con người đã nhận ra rằng khuynh hướng tăng đầu tư năng lượng hoá thạch để thay thế dần các nguồn tài nguyên thiên nhiên một cách quá mức là không hợp lý và có nguy cơ hủy hoại môi trường sống. Do đó, cần phải phát triển một nền nông nghiệp trên cơ sở đầu tư trí tuệ để điều khiển các hệ sinh thái nông nghiệp cho năng suất tối ưu và bền vững, với sự chi phí thấp cho sự đầu tư năng lượng hoá thạch, nghĩa là phát triển một nền nông nghiệp bền vững dựa nhiều hơn vào các nguồn lợi tự nhiên, chú ý đúng mức đến năng suất sinh thái và ngưỡng sinh thái cũng như ngưỡng kinh tế trong sản xuất.

Tất cả những vấn đề vừa nêu trên là những yêu cầu cơ bản của việc xây dựng một nền nông nghiệp sinh thái bền vững và cũng chỉ có thể giải quyết được trên cơ sở các quy luật tự nhiên của sinh thái nông nghiệp - môn khoa học tổng hợp, coi sản xuất nông nghiệp là một hệ thống vận động không ngừng và luôn luôn tự đổi mới.

Mặt khác, trên thế giới thuyết "*hệ thống*" cũng bắt đầu xâm nhập rộng rãi vào tất cả các ngành khoa học. Đối tượng của sinh thái học nông nghiệp là các hệ thống (các hệ sinh thái nông nghiệp). Vì vậy, nội dung nghiên cứu của sinh thái học nông nghiệp là áp dụng lý thuyết hệ thống với các công cụ như điều khiển học, mô hình toán học vào quản lí và phát triển nông nghiệp.

Hiện nay đang đặt ra một số vấn đề tổng hợp cần được ưu tiên giải quyết để phục vụ cho sự phát triển nông nghiệp như phân vùng sản xuất nông nghiệp, xác định cơ cấu hợp lý hệ thống cây trồng và vật nuôi, chế độ canh tác phù hợp cho các vùng sinh thái.

1.2 Tính hệ thống trong phát triển và quản lý tài nguyên

Phần lớn những nỗ lực phát triển có thể được mô tả như là những cố gắng để can thiệp vào những hệ thống phức hợp đương tiến triển. Mục tiêu của sự phát triển là làm thay đổi đầu ra của một hệ thống theo một cách nào đó - chẳng hạn, tăng sản lượng lúa trên một đơn vị diện tích hay trên một đơn vị thời gian.

Dự án phát triển thường được thiết kế theo ý tưởng hệ thống cơ học. Hệ thống sống có lôgic riêng của mình. Trong hệ thống cơ học thường có tính quy luật theo đường thẳng và hậu quả có thể dự báo trước: Làm thay đổi bộ phận A để tạo ra sự thay đổi nào đó ở bộ phận B và từ đó có thể biết trước hiệu quả tới bộ phận C. Với hệ thống sống thì khác: Nếu tạo ra sự thay đổi nào đó ở bộ phận A nhằm đạt tới một điều gì đó ở bộ phận B, thì những bộ phận khác cũng sẽ thay đổi theo chiều hướng khó có thể dự đoán được.

Trong những hệ thống phức hợp, mọi sự thay đổi không chỉ gây ra hậu quả đơn lẻ mà là cả một chuỗi và mỗi hậu quả lại tạo ra sự điều chỉnh trong hệ thống, và sự thay đổi này lại tạo ra sự chuyển động trong cả hệ thống. Trong loại hệ thống này, quan hệ nhân quả thường vận động theo những vòng tròn phức tạp, chứ không theo đường thẳng đơn giản. Trong không ít trường hợp, mục đích của chúng ta không phù hợp với lôgic của hệ thống. Một ví dụ là hậu quả của việc dùng thuốc trừ sâu DDT. Việc phòng trừ sâu bệnh hại mùa

màng được thực hiện theo ý tưởng là diệt trừ chúng bằng cách dùng thuốc hoá học diệt sâu DDT có phổ diệt rộng, diệt nhanh và tồn lưu lâu dài trên đồng ruộng.

Đáng tiếc là những hệ thống tự nhiên không đơn giản như vậy. Việc phun thuốc diệt sâu làm giảm tác hại do chúng gây ra tuy ban đầu đã đạt hiệu quả. Nhưng việc phun thuốc cũng làm giảm số lượng quần thể của nhiều loài khác. Trong số đó có các loài thiên địch, nhất là chim bị thiệt hại nặng nề hơn cả: Chim ăn sâu bọ, có nghĩa là ăn luôn cả thuốc DDT ngấm vào cơ thể những con sâu bị phun thuốc.

Hệ sinh thái nông nghiệp đã trải qua một quá trình phát triển lịch sử và tạo lập được một sự cân bằng giữa quần thể thiên địch và quần thể sâu hại, việc phun thuốc DDT đã phá vỡ cân bằng này, điều này hoàn toàn nằm ngoài chủ đích của người xây dựng chương trình phòng trừ dịch hại. Người lập chương trình chỉ nghĩ đến sâu hại mùa màng mà không nghĩ đến các nguyên lý của hệ thống sinh học.

Ban đầu số lượng của cả quần thể sâu hại và quần thể thiên địch đều giảm sút. Nhưng về sau do sâu hại có sức đề kháng cao, có tỷ lệ sống sót nhiều hơn, nên đã tái bùng phát về số lượng một cách rất nhanh và lúc này quần thể các loài thiên địch không còn đủ sức để kiểm soát sự tăng trưởng tái phát của quần thể sâu hại. Hậu quả là thiệt hại do sâu bệnh ngày càng tăng và để đối phó đã bắt buộc phải tăng liều lượng thuốc trừ sâu. Từ đó đã gây nên tình trạng ô nhiễm môi trường làm mất cân bằng sinh thái, xuất hiện các loài sâu quen thuốc, đặc biệt là gây ngộ độc đối với người.

Như lý thuyết hệ thống cho thấy, nguyên nhân ban đầu do phun thuốc không chỉ có một hậu quả. Việc tăng cường dùng thuốc còn gây ra những hậu quả xã hội tai hại (chi phí y tế tăng nhanh, con người mắc nhiều bệnh hiểm nghèo hơn...). Đây cũng là ví dụ của việc sử dụng ngôn ngữ của quan hệ nhân quả theo đường thẳng để tư duy về những hệ thống phức hợp, trong đó chằng chịt những mối quan hệ và những mối tương tác nhiều chiều.

Một ví dụ khác đã được ghi chép lại ở đảo Bocneo (Kalimantan, Indonesia), nơi có bệnh sốt rét lưu hành. Tổ chức y tế thế giới tiến hành phun thuốc trừ muỗi để phòng bệnh sốt rét cho dân bản xứ. Muỗi bị diệt, nhưng thuốc cũng ngấm vào những con thạch sùng ăn

muỗi, và đến lượt mình thạch sùng lại là thức ăn của mèo. Dư lượng thuốc tích luỹ nhanh qua dây chuyền dinh dưỡng, và mèo bị chết nhiều do bị ngộ độc bởi dư lượng thuốc DDT tích luỹ trong cơ thể. Mèo chết, quần thể chuột tăng lên nhanh chóng. Chuột mang theo vật ký sinh là bọ chét và các sinh vật gây bệnh khác. Những tác nhân gây bệnh này cùng với dư lượng DDT đã làm cho nhân dân bị nhiễm bệnh nhiều hơn so với trước khi phun thuốc diệt muỗi, và nguy hiểm nhất là bệnh dịch hạch do bọ chét, chuột truyền đi.

Qua những ví dụ vừa nêu có thể nhận thấy rằng mọi tác động vào thế giới hữu sinh đều không đơn giản, do đó cần hết sức thận trọng. Khi can thiệp vào một hệ thống tự nhiên cần phải tiến hành một cách có cơ sở khoa học, cần trắc nghiệm và giám sát những tác động trước khi thực thi chúng trên diện rộng. Những ví dụ trên cho thấy sự cần thiết phải có một luồng thông tin liên tục và đáng tin cậy về những hậu quả (cả tốt và không tốt) của mọi sự can thiệp. Mọi kế hoạch dự án phải bao hàm cơ chế bảo đảm cho sự giám sát và khả năng điều chỉnh trên cơ sở những thông tin phản hồi.

1.3 Hệ sinh thái tự nhiên và hệ sinh thái nông nghiệp

Khái niệm hệ sinh thái nông nghiệp rút ra từ những nghiên cứu lý thuyết về sinh thái học quần xã và sinh thái học các hệ. Mỗi hệ là một tập hợp các tương tác giữa các thành phần tương hỗ bên trong một giới hạn xác định (*Von Bertalanffy, 1978, Conway, 1987*). Các thành phần này hoạt động đồng thời, vì thế hệ phản ứng với các tác nhân như một khối, ngay cả khi tác nhân chỉ tác động vào một phần hệ. Do đó, một hệ có giới hạn sẽ tạo nên một tập hợp đặc biệt, với hình dạng đặc trưng. Mặc dù có thể mọi thành phần của hệ có liên quan với nhau, điều đó không có nghĩa là những người nghiên cứu cần phải hiểu từng khía cạnh riêng lẻ của hệ. Đúng hơn là những đặc tính cơ bản của hệ đã được xác định bởi một số giới hạn các quá trình và có thể tập trung vào những mối tương tác và quá trình cơ bản được xác định.

Hệ sinh thái (HST) là một khái niệm tương đối rộng với ý nghĩa khẳng định quan hệ tương hỗ, quan hệ phụ thuộc qua lại, quan hệ

tương tác giữa sinh vật với môi trường và giữa sinh vật với nhau. Hay nói cách khác là tổ hợp các yếu tố theo chức năng thống nhất (*Odum.E.,1979*). Như vậy HST có thể rất rộng (như cả sinh quyển) hay rất hẹp (như một bể cá cảnh), đối với các nhà nông học thì ruộng lúa là một hệ sinh thái quan trọng mà họ cần quan tâm. Hệ sinh thái là một đơn vị cấu trúc và chức năng, bao gồm quần xã sinh vật và môi trường. Trong HST luôn diễn ra các quá trình trao đổi vật chất, năng lượng và thông tin như: chu trình nước, chu trình nitơ, các chu trình lớn về sinh - địa - hoá. Mối quan hệ giữa môi trường và sinh vật, giữa sinh vật với nhau thông qua sự vận chuyển năng lượng, vật chất và thông tin từ nguồn đi qua hàng loạt cơ thể sinh vật tạo thành các chuỗi dinh dưỡng và mạng lưới thức ăn vô cùng phức tạp. Chính các mạng lưới thức ăn chằng chịt và phức tạp này quy định mức độ bền vững của HST và chúng chịu sự tác động của các yếu tố môi trường.

Bảng 1

Sự khác biệt giữa hệ sinh thái rừng tự nhiên và hệ sinh thái nông nghiệp

Chỉ tiêu	Hệ sinh thái rừng tự nhiên	Hệ sinh thái nông nghiệp
Tính đa dạng	Nhiều loài và cân bằng sinh học giữa các loài. Có tính bền vững cao, chỉ số đa dạng: 150 loài/ha.	Ít loài, độc canh với năng suất cao làm suy thoái đa dạng loài. Thiếu cân bằng sinh học. Thành phần loài không ổn định và kém bền vững.
Dịch bệnh	Không hoặc ít khi bùng phát dịch sâu, bệnh hại. Khi có dịch hại bùng phát thì chỉ gây hại cục bộ nhờ tính đa dạng loài và phân bố không đồng nhất.	Thường xuyên phát dịch sâu bệnh do mất cân bằng sinh thái và cây trồng rất mẫn cảm với sâu bệnh, tính kháng thấp Dịch bệnh phát sinh thường gây hại trên diện rộng do cây trồng phân bố đồng nhất.
Độ phì nhiêu của đất	Độ phì nhiêu của đất tăng dần và bền vững nhờ có sự hoàn trả chất hữu cơ. Sản xuất sinh khối lớn và tối ưu, gấp 2 - 2,5 lần so với HSTNN.	Độ phì nhiêu của đất bị giảm sút do xói mòn và do không được hoàn trả, mà ngược lại bị thu lấy hầu hết qua sinh khối. Sản xuất sinh khối thấp và lệ thuộc nhiều vào năng lượng bổ sung nhân tạo

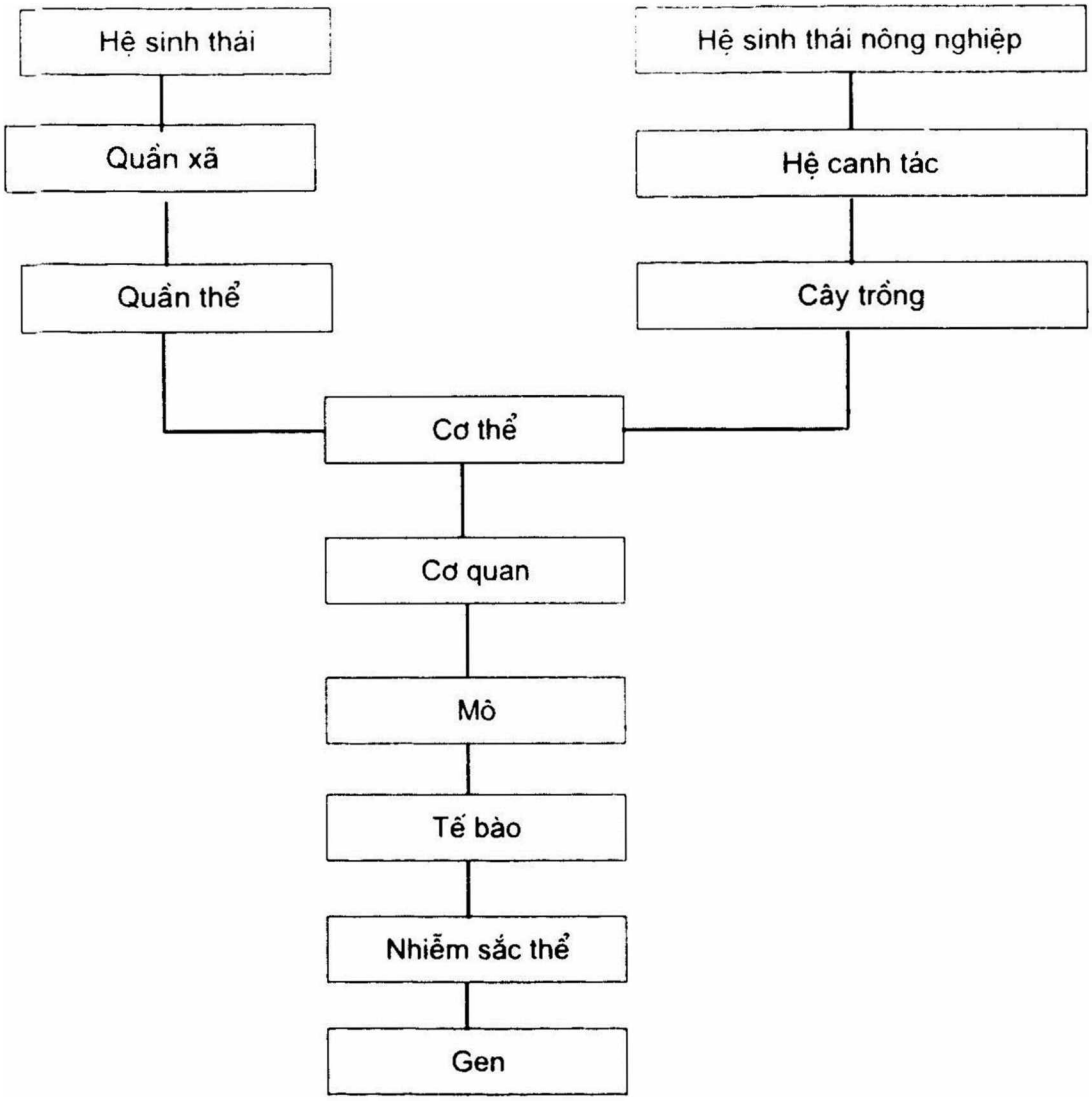
HST có quá trình phát triển theo thứ bậc của quần xã với các biến đổi về cấu trúc loài theo một hướng xác định (*Cook, 1967*). Quá trình phát triển của HST do tác động của môi trường vật lý thay đổi nhưng lại bị quần xã sinh vật kiểm soát. Sự phát triển đó có thể tới một giới hạn đỉnh điểm (*Climax*), khi đó HST ổn định, đạt trạng thái cân bằng đối với điều kiện nơi ở. Toàn bộ quá trình phát triển của HST gọi là *diễn thế sinh thái*. Khi nghiên cứu HST, người ta đã tìm ra các đặc điểm khác nhau cơ bản giữa hệ sinh thái tự nhiên và HSTNN (bảng 1).

Hệ sinh thái tự nhiên có mục đích kéo dài sự sống của cộng đồng sinh vật, có khả năng tự phục hồi và phát triển nên thường phong phú và đa dạng về thành phần loài. Hệ sinh thái tự nhiên có chu trình vật chất khép kín, được trả lại hầu như toàn bộ khối lượng vật chất hữu cơ và khoáng vô cơ cho đất. Đó là hệ sinh thái già, rất ổn định (*Conway, 1985*). Khác với nó, HSTNN do con người tạo ra và duy trì không phải trên cơ sở các quy luật khách quan của các hệ sinh thái với mục đích thoả mãn nhu cầu về nhiều mặt và ngày càng tăng của mình. Vì thế HSTNN có chu trình vật chất không khép kín. Đó là HST thứ cấp, chịu sự tác động của con người như: quá trình cung cấp năng lượng sống và năng lượng hoá thạch để hệ sinh thái tăng trưởng mạnh và có năng suất cao. HSTNN có số lượng loài đơn giản, kém ổn định, dễ bị thiên tai, dịch bệnh hại.

Những hệ phức tạp (*ví dụ một hệ tự nhiên*) có thể xem như một sự sắp xếp thứ bậc lồng ghép vào nhau, bắt đầu từ gen đơn vị nhỏ nhất của nhiễm sắc thể tới những mức độ cao của tổ chức sống với hệ sinh thái là thứ bậc đỉnh cao của hệ (hình 1). Trong hệ sinh thái nông nghiệp, mối liên hệ thứ bậc có thể kéo dài từ cây trồng ở mức quần thể, qua hệ canh tác ở mức quần xã tới hệ sinh thái nông nghiệp ở mức cao nhất. Hệ xã hội cũng được tổ chức theo kiểu thứ bậc với hộ gia đình ở mức thấp nhất và cộng đồng toàn cầu hay là hệ thống thế giới ở mức cao nhất.

Một đặc điểm có thể nhận thấy về các thứ bậc của hệ thống là tác động của thứ bậc cao hơn không dễ dàng phân biệt bằng các nghiên cứu về tác động của những thứ bậc thấp hơn. Mỗi thứ bậc có quá trình và mối tương tác riêng (gọi là "*những đặc thù*"). Vì thế, sản lượng lúa không đơn giản chỉ là chức năng của một cây lúa mà còn là chức năng cạnh tranh giữa các cây có mặt trên đồng ruộng. Mỗi thứ bậc trong hệ

thống có những thuộc tính đặc trưng nên cần được phân tích theo đúng hiện trạng của nó.



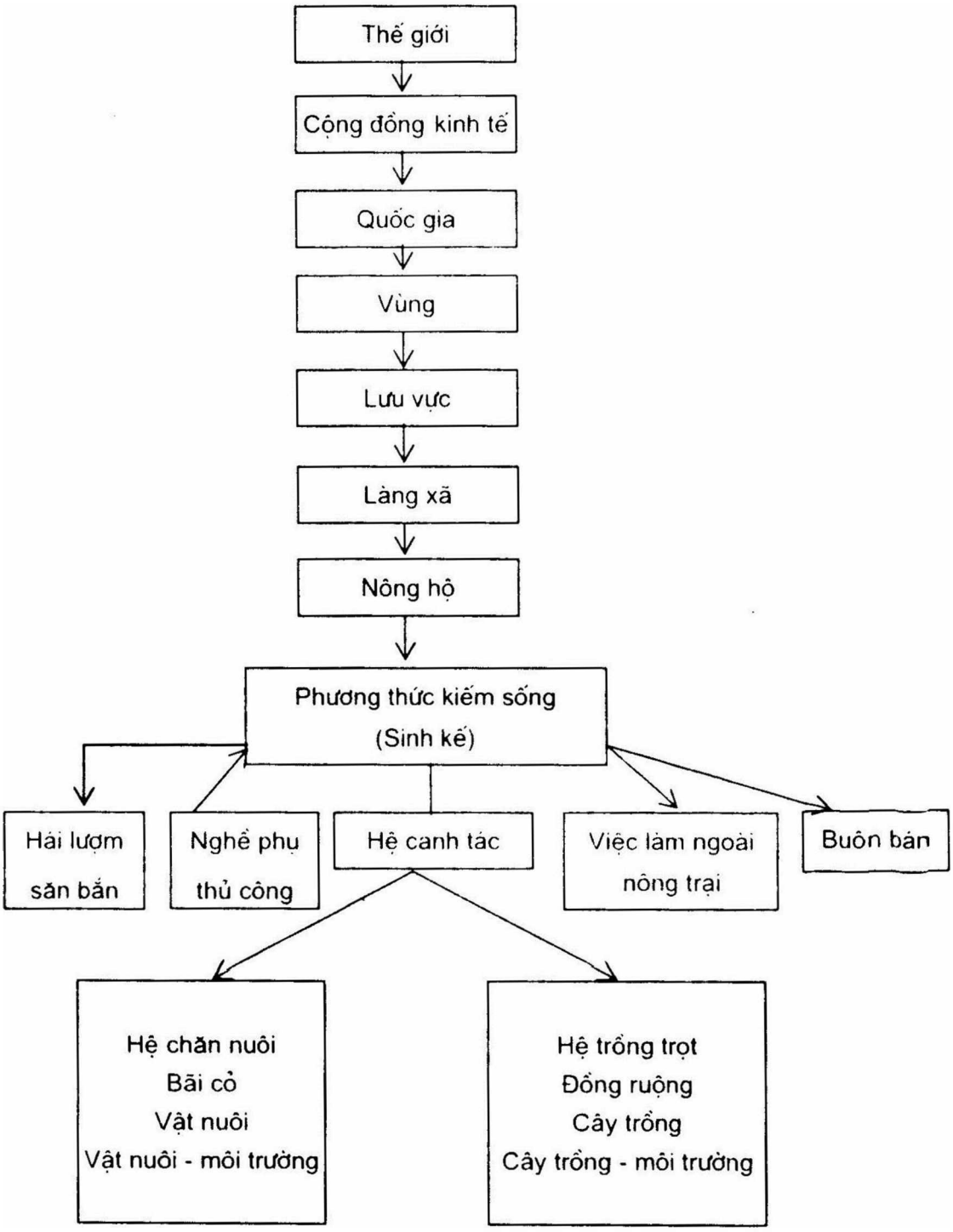
Hình 1

Các tổ chức thứ bậc của hệ sinh thái tự nhiên và nông nghiệp

(*Nguồn*: Conway, 1985)

Những năm gần đây, nhiều nhà khoa học cho rằng HSTNN bao gồm hệ xã hội loài người và HST; từ đó đề xuất khái niệm *hệ sinh thái nhân văn* (*A.T. Rambo và E.S. Percy, 1984*). Khái niệm này dựa trên quan điểm cho rằng có mối quan hệ giữa xã hội loài người và HST. Hệ thống xã hội loài người hình thành từ các yếu tố kỹ thuật, dân số, tín ngưỡng, chuẩn mực đạo đức, nhận thức, thể chế và cơ cấu xã hội. Tương tác giữa hệ xã hội và HST thể hiện ở các nội dung như: sự trao

đổi năng lượng, trao đổi vật chất, trao đổi thông tin, sự phản ứng và thích nghi của hệ xã hội trước những thay đổi của HST và ngược lại.



Hình 2

Tổ chức thứ bậc của hệ sinh thái nông nghiệp và hệ xã hội

(phỏng theo Conway và Barbier, 1990)

Khi phân tích các tính chất của HSTNN, *Conway và một số tác giả khác (1990)* đã rất chú trọng đến tính thứ bậc (tổ chức) của HST. Tùy thuộc vào mục đích, nội dung và đối tượng nghiên cứu mà người ta chọn các mức độ tổ chức khác nhau (hình 2).

Kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả cho thấy, các HSTNN thường không đạt được mức độ cao ở mọi đặc tính; cố gắng đạt tối đa ở đặc tính này thì lại kéo theo mức độ thấp hơn ở đặc tính kia. Các đặc tính của HSTNN được quyết định bởi điều kiện hình thành. Có thể thay đổi HST bằng cách thay đổi các điều kiện sống, nghĩa là có thể cải tạo điều kiện sinh thái theo mong muốn của con người.

Theo *Bertrant và J. Valenza (1982)* thì cần phải nghiên cứu điều kiện tự nhiên của HST cơ sở thì mới có thể sử dụng hợp lý các điều kiện tự nhiên, củng cố các đặc tính có lợi của HST. Để phân chia điều kiện sinh thái, tách biệt các HST cơ sở, các tác giả đã đưa ra hệ phân vị gồm 4 cấp: *Ecoregion, ecofacies, ecotope và ecovariant.*

1.3.1 Khả năng thích nghi của hệ sinh thái

Hệ sinh thái có đặc trưng là khả năng tự thiết lập cân bằng (homeostasis của hệ sinh thái), có nghĩa là mỗi khi bị ảnh hưởng với một tác nhân nào đó, thì hệ lại có thể tự phục hồi để trở lại trạng thái ban đầu. Đó được gọi là khả năng thích nghi. Có hai cơ chế chính để thực hiện chức năng này: *Cơ chế sinh dân số học và cơ chế sinh địa hoá.*

Sự tự cân bằng thông qua cơ chế sinh dân số học (biodemographic) là hệ quả của quá trình kiểm soát số lượng cá thể của chủng quần ở các bậc dinh dưỡng khác nhau và được thực hiện bởi các nhân tố sinh thái phụ thuộc mật độ. Chính cơ chế này đã đem đến sự đa dạng của các thế hệ sinh thái. Ví dụ, khi thời tiết thuận lợi, thực vật phát triển, số lượng các loài ăn thực vật phát triển. Chỉ sau đó một thời gian số lượng của chúng lại giảm (do cạnh tranh trong loài, giảm sức sinh sản, tăng tần số tiếp xúc với vật bắt mồi, vật ký sinh và dịch bệnh).

Cơ chế sinh địa hoá là hệ quả của quá trình phục hồi hàm lượng các chất dinh dưỡng có ở hệ sinh thái trở về mức ban đầu.

1.3.2 Khai thác hợp lý hệ sinh thái

Khai thác làm thay đổi các đặc trưng của quần thể và quần xã như: số lượng cá thể, thành phần tuổi, tỷ lệ giới tính, tuổi thành thục và sự sinh trưởng cá thể. Như đã được chứng minh bởi nhiều nhà sinh thái học, sự khai thác hợp lý (ví dụ, săn bắn và đánh cá) đã kích thích sự sinh trưởng cá thể, làm giảm tỷ số tử vong tự nhiên mà không làm ảnh hưởng gì tới sự phát triển tự nhiên của quần thể. Đối với mỗi quần thể tự nhiên người ta đều có thể tính toán để tìm ra một mức độ khai thác cực trị hợp lý. Trên và dưới mức đó đều không có lợi. Dưới thì lãng phí, còn trên thì dẫn đến huỷ hoại.

Một ví dụ khác được áp dụng trong phòng trừ côn trùng có hại. Người ta chỉ áp dụng các biện pháp phòng trừ khi mức độ bị hại đạt đến hoặc vượt qua ngưỡng kinh tế.

1.4 Hệ sinh thái nông nghiệp

Một trong những nội dung quan trọng của sinh thái nhân văn là coi người nông dân như một bộ phận cấu thành không thể tách rời khỏi hệ sinh thái nông nghiệp, và trong việc phân tích hệ sinh thái nông nghiệp, người nông dân được coi là nguồn thông tin chính.

Theo quan niệm của sinh thái học hiện đại, trên vỏ Trái Đất có một lớp các chất sống và các chất do sự sống sinh ra gọi là *"sinh quyển"* (*biosphere*). Bề mặt Quả Đất nhận năng lượng bức xạ của Mặt Trời và thực vật biến một phần năng lượng đó thành chất hữu cơ, thức ăn của động vật và vi sinh vật. Một phần lớn năng lượng được tích luỹ trong nhiều chất hữu cơ chứa trong sinh quyển. Trong sinh quyển luôn xảy ra một quá trình chuyển biến năng lượng và vật chất. Loài người đã khai thác nguồn năng lượng và vật chất này để phục vụ cho các nhu cầu cuộc sống của mình.

Sinh quyển được chia ra làm các đơn vị cơ bản gọi là quần thể sinh địa (*biogeocenose*) hay là hệ sinh thái (*ecosystem*), là những diện tích mặt đất hay mặt nước tương đối đồng nhất với các vật sống và các môi trường sống, có sự trao đổi vật chất và năng lượng với nhau. Ví dụ một khu rừng, một cánh đồng, một cái hồ... là một hệ sinh thái.

Ngoài những hệ sinh thái tự nhiên, không có hay ít có sự can thiệp của con người, còn có các hệ sinh thái nhân tạo, là thành quả lao

động của con người tạo ra. Như vậy, các ruộng lúa, vườn cây, rừng cao su, vườn cà phê... là các hệ sinh thái nhân tạo.

Trong các hệ sinh thái, thành phần chủ yếu là động vật hay cây trồng. Thực vật hấp thụ năng lượng bức xạ từ Mặt Trời, nước và chất dinh dưỡng, khoáng chất từ đất, tổng hợp nên chất hữu cơ, tạo ra năng suất sơ cấp của hệ sinh thái. Chất hữu cơ ấy một phần được động vật hay vi sinh vật sử dụng để tạo ra năng suất thứ cấp.

Đơn vị cấu thành các hệ sinh thái là tổ hợp các loài sinh vật. Loài trung tâm của các tổ hợp sinh thái là các sinh vật tự dưỡng, xung quanh có các loài ký sinh tạo thành vòng các ký sinh bậc 1, trên các ký sinh bậc 1 có các ký sinh bậc 2, tiếp đến là các ký sinh bậc 3... Có những loài ký sinh bắt buộc, ký sinh thường xuyên, có những loài ký sinh không bắt buộc, không thường xuyên, có loài là chính yếu, có loài là thứ yếu, v.v...

Các loài chính - loài chủ yếu sống gắn chặt với loài trung tâm, còn loài thứ yếu không gắn chặt với loài trung tâm, thường là loài không thường xuyên. Có tác giả còn gọi các loài ký sinh trên một vòng ký sinh nào đó là các loài vệ tinh. Các loài trong cùng một tổ hợp có những quan hệ chằng chịt và phức tạp, phụ thuộc lẫn nhau trên nhiều mặt và tạo nên trạng thái cân bằng, đảm bảo hoạt động bình thường cho hệ sinh thái.

Biểu diễn tổ hợp các loài sinh vật chính là các vòng tròn đồng tâm xung quanh sinh vật trung tâm, hay tổ hợp sinh vật gồm một loài trung tâm và các loài đồng tâm, trong các loài đồng tâm có những loài ổn định và các loài không ổn định. Các loài vệ tinh làm vai trò đệm không gian, còn các loài đồng tâm tạo nên các bậc thang trong quan hệ dinh dưỡng.

Con người ngày càng can thiệp sâu hơn vào các cơ chế tự điều chỉnh tự nhiên hoặc cố gắng thay thế cơ chế tự nhiên bằng các cơ chế nhân tạo trong các hệ sinh thái. Khái niệm về hệ sinh thái thừa nhận rằng, loài người dù cho có đầy đủ tri thức với đầy đủ công cụ và là chúa tể muôn loài thì vẫn là một phần của chu trình hoá - sinh - địa (*chenibiogeocyle*).

Quá trình phân giải lâu dài và phức tạp các hợp chất hữu cơ điều khiển những chức năng quan trọng của hệ sinh thái. Sự cân bằng giữa sản xuất và phân huỷ là quan trọng nhất và là điều kiện tồn tại tiên quyết của tất cả sinh vật trong sinh quyển.

Các hệ sinh thái tự nhiên có những trạng thái cân bằng về vật chất và năng lượng nhất định của chúng. Thông thường, khi phá huỷ các quần thể tự nhiên và thay bằng các quần thể nhân tạo thì các trạng thái cân bằng ấy bị phá huỷ và phải tạo lập lại bằng tác động của các biện pháp kỹ thuật. Do chúng ta chưa nắm được hoàn toàn các quy luật hoạt động của các hệ sinh thái tự nhiên nên khó tạo lập lại các quần thể nhân tạo có năng suất cao như các quần thể tự nhiên.

Ví dụ, lúc ta phá một khu rừng mưa nhiệt đới có năng suất sơ cấp trên 30 tấn/ha/năm để trồng cây công nghiệp hoặc nông nghiệp, thì sau đó khó mà tạo lập được ruộng cây trồng thay thế có năng suất cao như vậy. Lúc chúng ta trồng được một ruộng lúa cấy hai vụ giống mới đạt 5 tấn/ha/vụ và một vụ đông đạt 2,5 tấn/ha thì năng suất sinh vật chỉ đạt khoảng 25 tấn/ha/năm. Phải cấy 3 vụ lúa mới một năm với năng suất 5 tấn/ha/vụ thì năng suất sinh vật mới đạt được 30 tấn/ha/năm. Năng suất này chỉ đạt được nếu có hệ thống tưới tiêu hoàn toàn chủ động và bón phân khoảng 300 N, 150 P_2O_5 và 100 K_2O (kg/ha); nghĩa là chúng ta chỉ có thể đạt được năng suất như ở các hệ sinh thái tự nhiên với một sự đầu tư năng lượng và vật chất rất cao.

1.5 Vai trò của loài trong hệ sinh thái

Trong từng hệ sinh thái, mỗi loài đều có một vị trí nhất định (bao gồm toàn bộ hoạt động sống và các vai trò chức năng của nó trong hệ sinh thái). Nó liên quan tới tất cả các điều kiện môi trường xung quanh và sự tương tác giữa chúng.

1.5.1 Loài đặc thù và loài đa dạng

Các loài được phân định chung thành loài đặc thù và loài đa dạng dựa trên vị trí của chúng. Các loài đặc thù có một vị trí rất hẹp: Chúng chỉ có thể sống trong một dạng môi trường, chịu đựng chỉ một vùng giá trị hẹp của khí hậu và các điều kiện môi trường khác hoặc chỉ sử dụng một loại thức ăn. Điều này làm giảm đi khả năng thích ứng khi điều kiện môi trường thay đổi. Ví dụ, loài chim Gõ kiến màu đỏ, chỉ làm tổ hầu như duy nhất trên một loại cây thông lá dài lâu năm (ít nhất là 75 năm); loài Cú đốm chỉ kiếm ăn

và cư trú trong các khu rừng ở Tây Bắc Thái Bình Dương; loài Gấu túi ở Australia chỉ sống trong một môi trường yên tĩnh và được nuôi dưỡng bằng lá bạch đan.

Một ví dụ khác về loài đặc thù là loài Gấu trúc quý hiếm ở Trung Quốc. Loài này có nơi sinh sống duy nhất trong một số loại rừng tre trúc. Ngày nay, chỉ còn khoảng 800 con Gấu trúc sống sót trong một vùng hoang vắng thành từng quần thể trong khoảng 20 "*hòn đảo*" cô lập là các rừng tre trúc ở phía Tây Nam Trung Quốc (12 trong số đó được gọi là vùng rừng cấm). Trong từng "đảo" hoang đó cũng chỉ có khoảng 10 - 15 con gấu sinh sống và chúng bị đe doạ diệt chủng bởi tỷ lệ sinh sản quá thấp: trung bình hàng năm chỉ có một con gấu con trên một gấu mẹ được sinh ra và sống sót. Gấu trúc thường cũng cầu kỳ trong việc tìm bạn, điều này dẫn đến mối nguy hại rõ ràng do số lượng cá thể rất ít và môi trường sống hoang dã của chúng bị thu hẹp, chia cắt. Một [illegible]ố khác đe doạ sự tồn tại của gấu trúc đó là sự chết dần của tre trúc trong chu kỳ 15 - 20 năm, làm cho nguồn thức ăn của gấu trúc bị giảm sút trầm trọng và tre trúc chỉ có thể phục hồi sau vài năm. Ngày nay, có một số ít cá thể gấu trúc còn tồn tại và bị giới hạn trong các khu vực, nơi có một số loài tre trúc chiếm ưu thế. Trong cuộc đời của một con người, các loài chuyên hoá đặc thù này có thể bị biến mất trong những vùng hoang vắng và sau đó xuất hiện trở lại rất chậm trong các vườn thú và cuối cùng là sự biến mất mãi mãi.

Trong các rừng mưa nhiệt đới, một số sự thay đổi lạ thường sắp đặt sự sống sót của các loài qua việc chiếm cứ các vị trí sinh thái đặc thù trong các khu vực địa lý khác nhau. Sự chặt phá lan rộng và sự suy giảm chất lượng của các khu rừng nêu trên là sự cáo chung có tính diệt vong cho phần lớn các loài đặc thù sống trong các khu rừng đó.

Các loài đa dạng có vị trí sinh thái rộng: Chúng có thể sinh sống ở các vị trí địa lý khác nhau, ăn các loại thức ăn thay đổi, chịu đựng sự thay đổi các điều kiện môi trường trong giới hạn rộng lớn. Chuột, gián, Gấu trúc và loài người là các loài đa dạng.

Các loài đa dạng hay các loài đặc thù tốt hơn? có khả năng thích ứng tốt hơn? Điều đó còn tuỳ thuộc vào trạng thái cân bằng của các yếu tố môi trường, giống như trong các rừng mưa nhiệt đới, các loài đặc thù có lợi thế hơn bởi vì chúng có khả năng cạnh tranh tốt và ít bị cạnh tranh hơn. Khi môi trường có sự thay đổi lớn, các loài đa dạng có

khả năng thích nghi tốt hơn so với các loài đặc thù. Đặt vào một tình thế khác, nếu nguồn thức ăn hay chủng loại môi trường sống biến mất, một loài đa dạng thích nghi với môi trường có thể luôn tìm thấy một hướng thoát hiểm đối với nơi mà các loài đặc thù có thể bị diệt vong.

1.5.2 Đặc thù của loài trong hệ sinh thái

Khi tiến hành thực nghiệm trong các hệ sinh thái, các nhà sinh thái học thường áp dụng những mức riêng biệt đối với sự thay đổi các loài để xác định một số quy luật trong hệ sinh thái của chúng. Ví dụ như các loài thường sống và phát triển tốt trong hệ sinh thái đặc thù là các loài đặc hữu, các loài địa phương.

Một số loài khác di cư vào hệ sinh thái hoặc được nhập cư vào hệ sinh thái một cách có chủ ý của con người hay một cách ngẫu nhiên thì gọi là các loài ngoại lai nhập cư hay các loài sinh vật lạ xâm lấn. Một số loài ngoại lai nhập cư mang lại lợi ích cho con người, nhưng một số khác phát triển có thể lấn át các loài địa phương và phá hoại mùa màng.

Các loài này được gọi là chỉ thị sinh học, thể hiện như một sự cảnh báo sớm về một quần thể hay một hệ sinh thái bị nguy hiểm. Ví dụ, sự suy giảm số lượng của các loài chim di cư từ vùng Bắc Mỹ cho thấy môi trường về mùa hè và về mùa đông trong các rừng nhiệt đới của Mỹ Latinh và Caribbe không có sự khác biệt nhiều so với vùng Bắc Mỹ. Một số loài lưỡng cư (như Ếch, Kỳ nhông, Cóc) là các loài chỉ thị. Một số nhà sinh thái học gọi những loài này là những loài chỉ thị sinh thái với một hay một số vai trò quan trọng trong hệ sinh thái và có thể làm mất cân bằng về sinh khối. Loài chính là loài đóng vai trò chính trong hệ sinh thái nên có vị trí rất quan trọng. Tại một số nơi khác, các nhà khoa học coi tất cả các loài đều có vai trò quan trọng như nhau. Tuy nhiên một số người khác lại coi một số loài quan trọng hơn các loài khác, ít nhất là trong việc duy trì chức năng của hệ sinh thái mà trong đó chúng là thành phần quan trọng của hệ sinh thái. Ví dụ, trong các rừng nhiệt đới các loài Ong, Kiến, Dơi là các loài chính. Chúng có vai trò trong quá trình thụ phấn, phát tán các hạt giống hoặc cả hai. Một số loài như: Chó sói, Hổ, Báo, Sư tử là các loài động vật ăn thịt hàng đầu. Chúng gây hiệu quả cân bằng trong hệ sinh thái

nơi chúng sinh sống qua việc ăn thịt góp phần điều chỉnh số lượng cá thể của một số loài nào đó.

Sự biến mất của các loài chính có thể dẫn đến sự phá vỡ trạng thái cân bằng về số lượng và dẫn đến sự tuyệt diệt của các loài khác, các loài phụ thuộc vào những loài đó sẽ gây kiểu ảnh hưởng trội trong toàn bộ hệ sinh thái. Theo nhà sinh thái học ***E.O. Wilson***, "*Sự biến mất của các loài chính chủ yếu giống như khoan một lỗ lớn ngẫu nhiên vào đường dẫn của một dòng năng lượng. Điều đó sẽ dẫn đến sự thất thoát toàn bộ dòng năng lượng*".

Một số loài có thể có nhiều chức năng hơn trong từng hệ sinh thái cụ thể.

1.5.3 Sự tương tác giữa các loài trong hệ sinh thái

Trong từng hệ sinh thái, các mối tương tác giữa các loài qua nhiều mối quan hệ rất phức tạp và theo những quy luật riêng. Có thể khái quát về sự tương tác của các loài như sau: Khi hai loài bất kỳ trong hệ sinh thái có sự tương tác và các nhu cầu chung giống nhau, thì chúng có thể có sự cạnh tranh trực tiếp dưới nhiều mức độ. Các nhà sinh thái học sử dụng các thuật ngữ cộng sinh (symbiosis) để mô tả một vài mối liên hệ thân thiết cùng có lợi giữa các thành viên của hai hay một số loài với nhau. Trong mối quan hệ cộng sinh, các thành viên của một số loài tham gia có thể có hại, có lợi hay không có hại hay lợi gì và được mô tả theo các dạng như sau:

a. *Sự cạnh tranh giữa các loài*, trong đó hai loài cạnh tranh do cùng sử dụng một nguồn thức ăn hạn chế. Trong trường hợp này cả hai loài đều bị ảnh hưởng ở mức độ khác nhau phụ thuộc vào khả năng cạnh tranh của từng loài.

b. *Sự ăn thịt*, trong đó các thành viên của loài săn bắt mồi (những vật săn mồi – Predator: bắt giết tức thời và ăn thịt vật mồi) nhưng chúng không sinh sống trên hoặc trong cơ thể vật mồi. Trong mối quan hệ này, những vật bắt mồi thì có lợi còn các con mồi thì bị hại; ở mức độ quần thể, các thú bắt mồi thường tiêu diệt các thành viên ốm, yếu, già nua không đủ sức sống. Sự bắt mồi tác động làm giảm số lượng cá thể con mồi, làm tăng điều kiện cải thiện sức sống của quần thể vật mồi. Điều đó cũng tăng

cường khả năng cải thiện chất lượng di truyền của quần thể làm tăng khả năng sinh sản và tuổi thọ của nó.

c. *Sự ký sinh*, trong đó các loài ký sinh sống ở trên hay trong cơ thể của các sinh vật khác (vật chủ). Khác với sự ăn thịt, vật ký sinh không giết chết tức thời vật chủ mà làm nó yếu dần dần đến chết. Các vật ký sinh được lợi còn vật chủ thì bị hại.

d. *Sự hỗ sinh* (mutualism), *cộng sinh* (symbiosm) hai hay nhiều loài sống chung với nhau, trong đó các loài tương tác, chung sống đều tạo điều kiện có lợi cho nhau nên đều được hưởng lợi.

e. *Sự hội sinh* (commensalism): sự sống chung của hai loài sinh vật, trong đó một loài có lợi, còn một loài không lợi, không hại (không bị ảnh hưởng gì). Ví dụ như vi khuẩn hoại sinh sống trong ruột động vật.

Những tác động này đều đóng vai trò quan trọng trong sự điều chỉnh số lượng của loài và giúp cho chúng sống sót khi điều kiện môi trường thay đổi.

1.5.4 Sự cạnh tranh trực tiếp giữa các loài

Chừng nào còn dồi dào nguồn thức ăn, các loài còn có cơ hội chia sẻ cho nhau, tạo thuận lợi, cho phép các loài tiến gần hơn đến các vị trí cơ bản có lợi cho chúng. Trong bối cảnh đó, các loài chung sống và không có sự cạnh tranh giữa các loài, các giá trị tiềm tàng đầy đủ các yếu tố vật lý, hoá học và sinh học mà hầu hết các loài đều được thoả mãn.

Tuy nhiên, trong hầu hết các hệ sinh thái, không có đầy đủ các yếu tố có thể đáp ứng được nhu cầu của tất cả các loài. Hầu hết các loài đều phải đối mặt với sự cạnh tranh do các nguồn tài nguyên (như thức ăn, ánh sáng, nước, chất dinh dưỡng, không gian, nơi làm tổ, đều bị giới hạn).

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng không thể có hai loài cùng chiếm giữ một vị trí thuận lợi như nhau trong cùng một môi trường mà trong đó không có đủ các nguồn thức ăn riêng biệt cho cả hai loài. Khi mà các vị trí thuận lợi cho cả hai loài có sự trùng nhau thì sẽ diễn ra sự cạnh tranh và kết cục là chỉ có một loài chiến thắng và tồn tại, còn loài kia chiến bại buộc phải thay đổi nơi sống, cụ thể là: một trong các loài cạnh tranh phải di cư sang vùng khác (nếu có thể), hoặc phải

thay đổi thức ăn, nơi sống, chịu đựng sự suy giảm rõ rệt về số lượng hoặc sẽ bị tiêu diệt nếu không có sự thay đổi.

Sự cạnh tranh của các loài có thể theo nhiều cách. Trong sự cạnh tranh đối kháng, một loài có thể triệt hại khả năng tiếp vận nguồn thức ăn của một số loài khác, kể cả khi thừa thãi. Ví dụ như có một loài chim ruồi có thể đánh đuổi tất cả các loài chim hút mật khác khỏi khu vực có loài hoa dại mà chúng ưa thích hút mật.

Trong sự cạnh tranh khai thác thuần tuý thì hai loài cạnh tranh cùng sử dụng một phương thức vào khai thác cùng một nguồn tài nguyên. Vấn đề là không giống nhau đối với việc khai thác nhanh hay chậm và hiệu quả khai thác ra sao. Một loài nhận cùng một nguồn tài nguyên, sử dụng phương thức làm ảnh hưởng đến sự phát triển, sinh sản và sự sống sót của các loài khác. Khi nguồn tài nguyên dùng chung dồi dào thì sự cạnh tranh kiểu này xảy ra ở mức vừa phải.

Trong việc cạnh tranh loại trừ (competive exclusion), một loài đánh đuổi, loại trừ, khử bỏ một loài khác ra khỏi vùng mà chúng đang sinh sống. Tuy nhiên, sự cạnh tranh loại trừ có thể dẫn đến việc gia tăng sự đa dạng thay vì sự diệt vong. Khi phải đối mặt với sự cạnh tranh loại trừ, các loại thích nghi thường có thể di chuyển đến vị trí thích hợp để tránh sự cạnh tranh.

Chiến lược cạnh tranh được các loài sử dụng để làm giảm mức độ cạnh tranh hay giảm sự trùng hợp về ổ sinh thái. Sự cạnh tranh này có hướng tiến hoá, làm tăng sự đa dạng sinh học thay vì dẫn đến sự diệt vong. Một trong các giải pháp giảm thiểu cạnh tranh là chia sẻ nguồn tài nguyên, trong đó các nguồn tài nguyên khan hiếm được phân chia để các loài có nhu cầu giống nhau cùng sử dụng nhưng vào các khoảng thời gian khác nhau, theo các cách khác nhau và ở các địa điểm khác nhau. Ví dụ, loài Diều hâu và Cú cùng săn một loài mồi, nhưng Diều hâu săn bắt ban ngày, Cú săn bắt vào ban đêm. Với Báo và Sư tử sống trong cùng một vùng, Sư tử ăn các loại thú lớn, Báo ăn các loại thú nhỏ hơn. Một số loài chim cạnh tranh chia cách tìm kiếm vật mồi ở các vị trí khác nhau trên cùng một cây, ví dụ như các loài sâu đục thân lúa, các loài ong ký sinh, trứng sâu đục thân lúa, bướm hai chấm (*Phạm Bình Quyền, 1965, 1990*) cùng sống trên thân lúa.

1.5.5 Sự tương tác giữa các loài bắt mồi và vật mồi

Nhắc lại rằng trong sự săn bắt mồi, hầu hết các dạng tác động của các loài ăn thịt đều giết chết tức thời vật mồi, chúng không sống trên hay trong cơ thể con mồi. Cùng sống với nhau trong một sinh cảnh, ví dụ như Sư tử (thú ăn thịt) và Ngựa vằn (con mồi) đã tạo ra một mối liên hệ giữa loài bắt mồi và vật mồi. Vật bắt mồi giết chết ngay con mồi và ăn thịt tươi, khác với sinh vật ăn xác thối là các sinh vật ăn xác chết do vật ăn thịt giết chết hoặc do bệnh tật, do tai nạn. Mối liên hệ loài bắt mồi và vật mồi là một hệ thống liên hệ ngược dương, loài chiến thắng là loài bắt mồi và loài chiến bại là vật mồi. Tuy nhiên, hệ thống thắng thua này được giới hạn bởi hệ thống liên hệ ngược âm khi mà số lượng loài vật mồi thấp hơn dưới mức cần thiết của loài vật bắt mồi (loài ăn thịt).

Loài ăn thịt có nhiều phương thức giúp chúng săn bắt mồi. Một số loài ăn thịt như Báo đuổi bắt mồi nhờ khả năng chạy nhanh, Chim Đại bàng có tầm nhìn rất xa và săn mồi từ độ cao trên không trung. Chó sói và Sư tử châu Phi bắt mồi bằng sự phối hợp của cả đàn. Con người sáng chế ra (súng, bẫy) để săn bắt thú.

Một số cá thể bắt mồi có thể trở thành vật mồi của các loài ăn thịt khác do bị yếu, ốm, già hay do bệnh tật. Sự loại bỏ tự nhiên các cá thể yếu, mang bệnh tật sẽ làm lợi cho các loài vật mồi nhờ làm giảm sự lan truyền bệnh tật, cho phép sinh ra các cá thể khoẻ mạnh của quần thể.

Các loài bị săn bắt có cơ chế thích nghi tự bảo vệ khác nhau, nếu không chúng dễ dàng bị bắt và bị giết, ăn thịt. Một số có thể chạy, bay, bơi nhanh. Loại khác phát triển thị lực, thính giác rất cao để phát hiện nhanh, phát hiện từ xa sự có mặt của các loài săn bắt mồi. Một số có vỏ cứng bảo vệ (Rùa), lông sắc (lông nhím), gai (gai xương rồng). Một số có khả năng ngụy trang qua hình dạng hay màu sắc, hoặc một số có khả năng thay đổi màu để lẩn tránh có hiệu quả.

Một số vật mồi tự vệ bằng cách tiết các chất tiết có mùi xua đuổi (như chồn hôi), hay có vị khó chịu, các chất kích thích hay các chất độc. Màu sáng chói của loài bướm chúa (và của một số loài khác) đe doạ các loài săn mồi rằng nó có mùi hôi khó chịu và nó có các vị độc. Một số loài có khả năng bắt chước để trốn tránh các loài

bắt mồi. Một số loài cố gắng xua đuổi các loài bắt mồi khác bằng cách thổi các luồng hơi, trải rộng cánh, bắt chước các loài săn mồi. Các loài khác thì tăng sự tự vệ qua việc sống thành từng bầy, đàn (như các loài cá và linh dương).

Một sự tương tự khác theo một số cách sống có phần nào giống như các loài bắt mồi là sự ký sinh. Loại ký sinh sống nhờ vào các sinh vật khác - vật chủ. Vật ký sinh không giết chết ngay vật chủ như vật ăn thịt. Các sinh vật ký sinh thường có kích thước nhỏ hơn vật chủ, lấy chất dinh dưỡng từ vật chủ, dần dần làm yếu cơ thể vật chủ và có thể làm cho vật chủ bị chết. Ví dụ các loài giun sán, các loài vi sinh vật gây bệnh, sống trong ruột hoặc trong các bộ phận khác của cơ thể vật chủ. Một số loài ký sinh khác sống trên cơ thể vật chủ như: Rận, Ve, cây Tầm gửi... lại gắn chặt cơ thể của chúng vào bề mặt bên ngoài cơ thể các vật chủ. Một số sinh vật ký sinh chuyển từ vật chủ này sang vật chủ khác như: Bọ chét, Sán song chủ. Một số khác gắn toàn bộ cuộc sống với một vật chủ như Giun dũa ở người.

1.5.6 Các hệ thống phụ của hệ sinh thái nông nghiệp

Các hệ sinh thái trồng trọt nhân tạo theo quan điểm của điều khiển học là những hệ thống phức tạp. Hệ thống này gồm những hệ thống phụ và các yếu tố sinh thái của hệ thống ruộng cây trồng.

Hệ sinh thái ruộng cây trồng có thể chia làm các hệ thống phụ (*Đào Thế Tuấn, 1984*) như sau:

1. Hệ thống phụ khí tượng: Bao gồm các yếu tố như bức xạ mặt trời, nhiệt độ, mưa, độ ẩm không khí, lượng khí CO_2, lượng O_2, gió... Các yếu tố này tác động lẫn nhau và tác động vào đất, cây trồng, quần thể sinh vật... tạo nên vi khí hậu của ruộng cây trồng.

2. Hệ thống phụ đất: Bao gồm các yếu tố như nước, không khí, chất hữu cơ, chất khoáng, vi sinh vật, động vật sống trong đất... tác động lẫn nhau và chịu tác động của các yếu tố khí tượng, cung cấp nước, không khí và các chất dinh dưỡng cho cây.

3. Hệ thống phụ cây trồng: Là hệ thống trung tâm của hệ sinh thái. Hệ thống này có thể thuần nhất nếu ruộng cây trồng chỉ trồng một giống cây (độc canh), hay phức tạp nếu trồng xen, trồng gối nhiều loại cây trồng. Các yếu tố của hệ thống này là các đặc tính

sinh lý và hình thái của giống cây do các đặc điểm di truyền của nó quyết định.

4. Hệ thống phụ quần thể sinh vật của ruộng cây trồng: Bao gồm các loài cỏ dại, côn trùng, nấm và vi sinh vật, các động vật nhỏ, sinh vật đất. Các sinh vật này tuỳ theo tập tính mà chia thành các loài có lợi, trung tính hay gây hại cho cây trồng.

5. Hệ thống phụ biện pháp kỹ thuật: Tức là các tác động của con người vào điều kiện khí tượng, vào đất, vào cây trồng hay vào quần thể sinh vật trong ruộng như các biện pháp làm đất, bón phân, chăm sóc, phòng chống sâu bệnh và cỏ dại...

Tất cả các hệ thống phụ và các yếu tố kể trên tác động lẫn nhau một cách rất phức tạp và cuối cùng dẫn đến việc tạo thành năng suất sinh học (toàn thể thân, lá, quả, rễ...) và năng suất kinh tế (bộ phận cần thiết nhất đối với con người) của ruộng cây trồng.

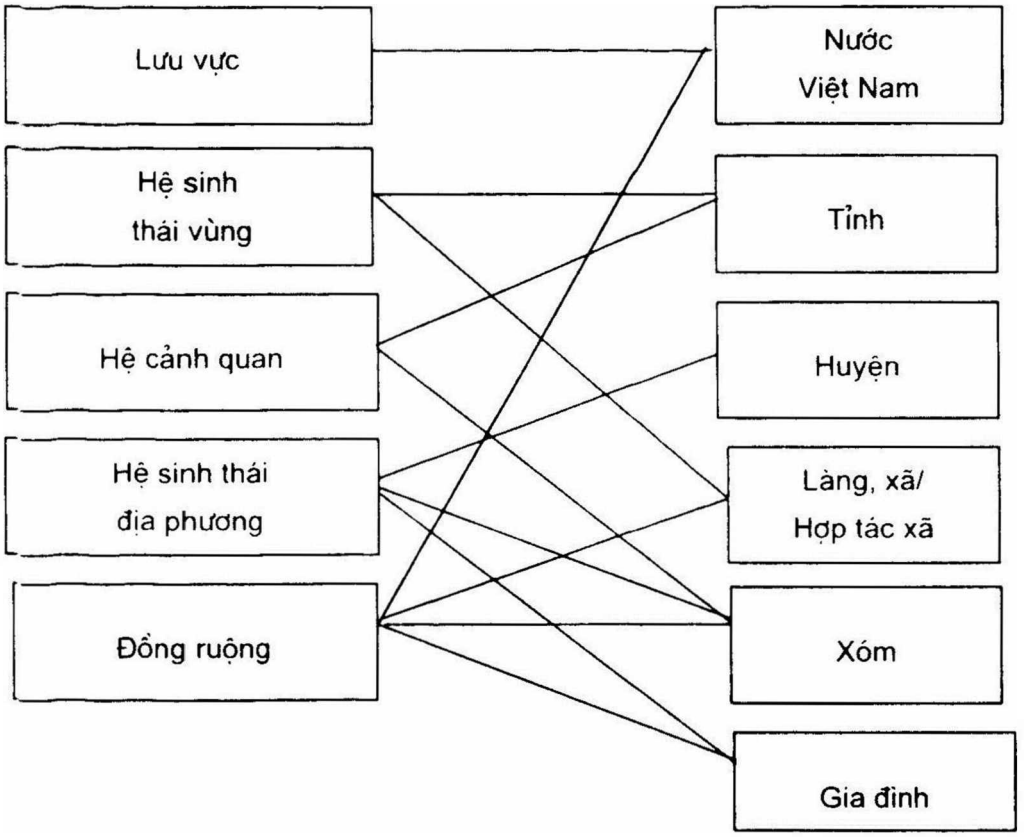
Trong hệ sinh thái nông nghiệp, con người luôn phấn đấu để làm cho hệ số sử dụng năng lượng mặt trời ngày càng cao hơn. Theo Odum, trung bình cho tất cả sinh quyển năng lượng mặt trời góp phần tạo ra năng suất nguyên là 0,1%, trung bình trong các điều kiện thuận lợi là 0,5%, tối đa là 4% (*Odum, 1975*).

1.5.7 Hệ thống thứ bậc của hệ tự nhiên và xã hội

Những hệ có thể xem như một sự sắp xếp các thứ bậc lồng vào nhau, bắt đầu từ những đơn vị thấp nhất, đơn vị cơ sở, từ nhiễm sắc thể đến các mức độ tổ chức cao hơn của tổ chức sống và thứ bậc ở đỉnh cao của hệ là hệ sinh thái. Trong HSTNN, mối liên hệ thứ bậc có thể kéo dài từ cây trồng ở mức quần thể, qua hệ canh tác ở mức quần xã đến HSTNN ở mức cao nhất (hình 1). Hệ xã hội cũng được tổ chức theo kiểu thứ bậc với hộ gia đình ở mức thấp nhất và cộng đồng toàn cầu ở mức cao nhất. Với Việt Nam, hệ thống thứ bậc của hệ tự nhiên và hệ xã hội được mô tả trong hình 3.

Một đặc điểm có thể nhận thấy về các thứ bậc của hệ thống là: tác động của thứ bậc cao hơn không dễ dàng phân biệt thông qua các nghiên cứu về tác động của những thứ bậc thấp hơn. Mỗi thứ bậc có quá trình và mối tương tác riêng. Vì thế, sản lượng lúa không phải chỉ

là chức năng của một cây lúa, mà còn là chức năng của cả quần thể và quần xã ruộng lúa. Mỗi thứ bậc trong hệ thống phải được phân tích theo đúng hiện trạng của nó.



Hình 3

Các thứ bậc hệ tự nhiên và xã hội ở Việt Nam (*Nguồn*: Cúc và Rambo, 1990)

1.5.8 Những thuộc tính của hệ sinh thái nông nghiệp

Phân tích hệ sinh thái nông nghiệp thường được tiến hành tập trung vào nghiên cứu 6 thuộc tính của hệ và được tiến hành theo một quy trình xác định (hình 12, tr.122). Trong số đó, *tính năng suất* và *tính chống chịu* được chú ý nhiều nhất; *tính ổn định, tính tự trị, tính công bằng* và *tính hợp tác* cũng được quan tâm (*Marten và Rambo, 1988*). Hai thuộc tính khác thường được đề cập gián tiếp là *tính đa dạng* và *tính thích nghi*.

a. Tính năng suất: Là sản lượng sản phẩm hàng hoá và các dịch vụ của hệ, như số kg thóc/ha/năm. Một định nghĩa chính thống hơn về năng suất là giá trị thực của sản phẩm trên một đơn vị đầu tư. Thông

thường được đánh giá bằng sản lượng/năm, số sản phẩm thực thu, số sinh lãi v.v...

Nguyên lý phát triển nông nghiệp cổ truyền ít tập trung vào việc tăng giá trị năng suất trong hệ nông nghiệp (*Marten và Rambo, 1988*). Trong quan niệm của người nông dân, sự khác biệt quan trọng là năng suất trên đơn vị diện tích đất trái ngược với năng suất trên đơn vị lao động. Nói chung, cần có sự cân nhắc, tính toán giữa việc đạt được sản lượng cao trên một đơn vị diện tích canh tác và sản lượng cao trên ngày công.

b. Tính ổn định: Là mức độ ổn định của năng suất trong điều kiện có những dao động nhỏ và bình thường của môi trường (*điều kiện khí hậu, thị trường và kinh tế*). Thuộc tính này có thể đánh giá một cách dễ dàng bằng hệ số nghịch đảo của biến thiên năng suất. Tức là năng suất của hệ được duy trì dù có những dao động với cường độ nhỏ; mức độ hay biến thiên nhỏ cho thấy tính ổn định cao; mức độ hay biến thiên lớn cho thấy tính ổn định thấp (*Conway, 1987*).

c. Tính chống chịu: Là khả năng duy trì năng suất của hệ khi phải chịu những áp lực (*stress*) và những cơn "sốc" (shock). Áp lực là những sức ép thường lệ, đôi khi liên tục và có tính tích luỹ. Áp lực tương đối nhỏ thường có thể dự báo được như sự mặn hoá đất đai gia tăng, suy giảm độ phì của đất, ít các giống chống chịu và công nợ của người nông dân. Ngược lại, "cơn sốc" là những sức ép bất thường, tương đối lớn và không thể dự báo trước. Ví dụ nạn hạn hán hoặc lũ lụt bất thường, sự phát dịch của một loài sâu bệnh mới hoặc một chính biến quan trọng. Tính chống chịu cũng được xem xét như khả năng duy trì năng suất trong một khoảng thời gian kéo dài. Thật đáng tiếc là sự đo đếm, đánh giá đặc tính này rất khó và thường chỉ được tiến hành theo cách so sánh với quá khứ. Thiếu tính chống chịu cũng có thể biểu hiện ở sự giảm năng suất, nhưng kinh nghiệm cho thấy sự sụt giảm thường tới đột ngột, không dự báo trước được.

d. Tính tự trị: Là mức độ lệ thuộc của hệ vào các hệ khác để tồn tại, ngoài sự điều chỉnh của chính bản thân. Tính tự trị được xác định như là phạm vi mà hệ có thể hoạt động được ở mức độ bình thường khi chỉ sử dụng những nguồn tài nguyên mà qua đó hệ thực hiện sự điều chỉnh một cách có hiệu quả.

Một cộng đồng dân cư canh tác sơ khai kiểu du canh du cư, sống hầu như hoàn toàn biệt lập bằng các nguồn tài nguyên và các sản phẩm được sản xuất tại địa bàn cư trú là cộng đồng có tính tự trị cao. Một thành phố hiện đại như Singapore mà hầu như 100% phụ thuộc vào các nguồn nhập khẩu từ nước ngoài là biểu hiện tính tự trị thấp. Tuy nhiên, các tài nguyên cơ bản có thể có mức độ ảnh hưởng không cân đối lên tính tự trị của một cộng đồng. Ví dụ ở Đông Nam Á, các quốc gia ở vùng thấp có thể kiểm soát các bộ lạc miền núi độc lập bằng cách đe doạ ngừng cung cấp, buôn bán muối. Tính tự trị khi so sánh với sự phụ thuộc thì có thể có những kết luận khác nhau. Trong thảm hoạ tự nhiên, một nhóm tự trị có thể hoàn toàn đối mặt với sự tuyệt diệt nếu không có thêm sự trợ giúp từ các nguồn bên ngoài. Những yếu tố này khiến cho việc đánh giá tính tự trị rất khó khăn (*Marten và Rambo, 1988*). Tính tự trị lần đầu tiên được đưa ra như là một thuộc tính của hệ xã hội. Tuy nhiên, khái niệm này có thể mở rộng khi sử dụng đối với hệ sinh thái. Rừng mưa nhiệt đới với chu trình dinh dưỡng của nó gần như khép kín, là một hệ sinh thái tự trị cao; đầm lầy cửa sông ven biển phụ thuộc mạnh vào các dòng dinh dưỡng liên tục từ các hệ bên ngoài, đây là hệ có tính tự trị thấp. Hầu hết các hệ sinh thái nông nghiệp đều giống với vùng cửa sông, trong đó chúng chỉ hoạt động với nguồn năng lượng bổ sung, cung cấp liên tục từ bên ngoài.

e. Tính công bằng: Là sự đánh giá xem các sản phẩm của hệ sinh thái nông nghiệp đã được phân phối công bằng như thế nào giữa những người hưởng thụ. Một hệ càng công bằng thì các sản phẩm nông nghiệp, tài nguyên, thu nhập, lương thực, thực phẩm càng được chia đồng đều giữa các nông dân, các xã, các vùng hoặc quốc gia. Tính công bằng có thể đánh giá được bằng chỉ tiêu thống kê hoặc bằng hệ số Gini hay đường cong Lorenz. Những phương pháp này có hiệu quả tốt với số mẫu lớn (*như điều tra thống kê trong một nước*) hơn là với mức độ làng xã.

f. Tính hợp tác: Được xác định như là khả năng đưa ra các quy định về quản lý hệ sinh thái nông nghiệp của hệ thống xã hội và khả năng thực hiện những quy định đó. Một cộng đồng mà yêu cầu được mọi nông dân trồng cấy theo một thời vụ nhất định là một ví dụ cho tính hợp tác cao. Một cộng đồng mà các thành viên sử dụng đất cũng

như các nguồn tài nguyên khác hoàn toàn theo sở thích, không quan tâm đến hậu quả của việc sử dụng như thế đối với xóm giềng được coi là có tính hợp tác thấp. Tính hợp tác là mối tương quan nhiều chiều, trong đó hầu hết các cộng đồng đều hợp tác cao trong một số hoạt động (như làm thuỷ lợi) và hợp tác thấp trong một số hoạt động khác (như việc sử dụng đất đai ở vùng núi cao). Cho tới nay, các HTX ở Việt Nam vẫn có thể được coi là có tính hợp tác cao trong nhiều hoạt động. Nhìn chung, tính hợp tác được duy trì thông qua các tổ chức chính thức như hợp tác xã hoặc thông qua nguyên tắc tín ngưỡng, quan hệ họ hàng và tập quán địa phương. Các tổ chức, tập quán và nguyên tắc đó thường không tuân thủ một nguyên tắc nào cả nên việc đánh giá tính hợp tác rất khó khăn.

Hai thuộc tính khác đang ngày càng được quan tâm tới là *tính đa dạng và tính thích nghi* (*Rambo, 1989*).

g. Tính đa dạng: là đánh giá số lượng các loại hoặc kiểu khác nhau của các thành phần (*ví dụ như loài*) trong một hệ. Đã có lúc các nhà sinh thái học nghĩ rằng tính đa dạng loài góp phần quyết định mức ổn định cao của hệ sinh thái. Hiện nay sự thừa nhận này đã bị nghi ngờ. Tuy nhiên, trên quan điểm của chính sách quản lý tài nguyên, tính đa dạng là một mục tiêu quan trọng, cho phép hạn chế rủi ro cho người nông dân và duy trì được chế độ tự túc ở mức tối thiểu khi nhiều hoạt động của họ bị thất bại (*ví dụ như việc canh tác lúa*).

h. Tính thích nghi: tính thích nghi lần đầu tiên được *Garald Marten (1988)* coi là một thuộc tính của hệ sinh thái. Tính thích nghi liên quan tới khả năng phản ứng của hệ với những thay đổi của môi trường để đảm bảo sự tồn tại liên tục cho chính bản thân hệ. Hiển nhiên, điều đó có liên quan chặt chẽ với các khái niệm của tính ổn định và tính chống chịu. Sự thích nghi đảm bảo cho hệ sinh thái nông nghiệp có nhiều khả năng phản ứng lại những nhiễu loạn bằng cách giữ cho hệ hoạt động và cho năng suất ở mức chấp nhận được. Tuy nhiên, tính thích nghi không đồng nhất với tính chống chịu. Một hệ có thể có tính chống chịu cao trong một môi trường ổn định nhưng lại thiếu khả năng biến đổi. Điều này khiến cho tính đa dạng là một yếu tố quan trọng trong tính thích nghi; tính đa dạng cung cấp một biên độ lựa chọn lớn để thay đổi cho phù hợp khi cần thiết.

Các đặc tính nêu trên là những chỉ tiêu chính dùng để đánh giá hiện trạng hệ sinh thái nông nghiệp. Khi sử dụng đúng mức, chúng sẽ là những công cụ mạnh mẽ để phân tích hệ sinh thái nông nghiệp. Về thực chất, bản thân các chỉ tiêu này không đặc trưng cho mục tiêu hoặc kết quả đúng như mong ước. Năng suất cao không phải lúc nào cũng tốt hơn năng suất thấp (*ví dụ, nhiều muỗi sốt rét Anopheles rõ ràng là không có lợi*); tính tự trị cao cũng chưa hẳn đã là tốt hơn tính tự trị thấp. Các mục tiêu của từng hệ sinh thái nông nghiệp là do con người áp đặt theo quan điểm về (Concepts) các giá trị văn hoá và sự nhận thức về quyền lợi cá nhân, quyền lợi cộng đồng giai cấp và quyền lợi quốc gia.

1.5.9 Phân tích hệ sinh thái nông nghiệp

Quá trình phân tích hệ sinh thái nông nghiệp (hình 12, tr.122) dựa trên những khái niệm đã được mô tả ở trên và dựa vào 4 giả thiết dưới đây, cho phép tiến hành phân tích và can thiệp nhanh, có hiệu quả hơn:

1. Không đòi hỏi nhất thiết phải biết tất cả mọi thông số về hệ sinh thái nông nghiệp mới thực hiện được một sự phân tích có tính thực tế và hữu ích.
2. Sự hoạt động và các tính cơ bản của hệ sinh thái nông nghiệp có thể được phát hiện chỉ với những hiểu biết về một số liên hệ chức năng chính.
3. Việc tạo ra những cải tiến quan trọng trong hoạt động của hệ sinh thái nông nghiệp thường đòi hỏi chỉ một vài biến đổi của những quyết định chủ yếu trong quản lý.
4. Việc xác định và hiểu biết về những quyết định chủ yếu này đòi hỏi phải xác định và trả lời được những câu hỏi thuộc một số mặt cơ bản của vấn đề.

Để tiến hành phân tích toàn diện hệ sinh thái nông nghiệp, cần thực hiện ba bước cơ bản sau đây:

a. Xác định hệ: Phác hoạ các hệ của hệ sinh thái nông nghiệp và các thành phần chính của chúng. Mô tả các mối liên hệ và các dòng quan trọng khi chúng tác động đến toàn bộ các đặc tính của hệ.

b. Phân tích mẫu: Xác định các thuận lợi và khó khăn trong việc quản lý hệ.

c. *Đề cương nghiên cứu và thực hiện:* Xác định các mục tiêu, nội dung cơ bản và dự kiến kết quả về hoạt động của hệ, đặc biệt chú ý tới tính khả thi để giải quyết những khó khăn nhằm nâng cao năng suất và sự bền vững của hệ sinh thái.

Xác định ranh giới hệ sẽ giúp cho công tác phân tích được dễ dàng. Chất lượng của những kết quả nghiên cứu cuối cùng phụ thuộc vào việc có xác định được rõ hay không các mục tiêu ban đầu mà chúng được diễn đạt bằng ngôn ngữ đơn giản, chính xác và rõ ràng. Hệ không phải là một sự vật. Do đó trong thực tế, các ranh giới hệ thường khó xác định. Để giải quyết những khó khăn trong việc xác định ranh giới hệ, việc đặt ra các mục tiêu nghiên cứu cho phép xác định được ranh giới theo cách phù hợp với yêu cầu nghiên cứu. Xác định hệ bao gồm việc xác định ranh giới và sự sắp xếp thứ bậc của hệ. Lấy ví dụ, miền Bắc Việt Nam coi như một hệ sinh thái nông nghiệp ở mức khu vực nằm trong ranh giới hành chính rõ rệt là nước Cộng hoà Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam. Về dạng đất và địa lý, cảnh quan miền Bắc Việt Nam có thể chia ra thành vùng đồng bằng, vùng trung du và miền núi. Trung du lại có thể được chia ra thành các tỉnh và các huyện.

Bốn yếu tố được dùng để tìm ra các mối quan hệ chức năng cơ bản là *không gian, thời gian, dòng và các quyết định, chính sách*. Các mẫu không gian được biểu diễn bằng các bản đồ và sơ đồ lát cắt ngang đơn giản. Các sơ đồ lát cắt ngang đặc biệt có ích trong việc xác định ranh giới hệ và trong việc xác định các vùng trọng điểm, các vùng có vấn đề để nghiên cứu và phát triển. Các mẫu về thời gian biểu diễn theo ba loại: *Biến đổi mùa, biến đổi dài hạn và sự phản ứng* của các biến quan trọng với các áp lực và cơn sốc. Có thể phân tích biến động mùa bằng lịch gieo trồng, trong đó cây trồng, công lao động, giá cả được biểu thị cùng các đơn vị vật lý và khí tượng khác như lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, sự bốc hơi nước, khả năng cung cấp nước v.v... Những biến đổi dài hạn về giá cả, năng suất, khí hậu, dân số... Có thể được minh hoạ bằng sơ đồ theo kiểu thông thường (*Năng suất hàng năm trong điều kiện cần thiết tối thiểu cho vụ lúa chính*). Điều này cho phép đánh giá tính năng suất và tính ổn định. Có ba loại dòng trao đổi chính trong một hệ sinh thái nông nghiệp: năng lượng, vật chất và thông tin. Ví dụ về năng lượng là sức lao động của người hoặc động vật. Ví dụ về dòng vật chất có thể là việc sử dụng lá cây thu hái trong rừng để làm phân xanh bón cho ruộng lúa. Các dòng vật chất có thể

bao gồm cả vốn đầu tư, nhưng do vốn đầu tư thường có quan hệ chặt chẽ và chịu sự ảnh hưởng lớn của giá cả thị trường nên có thể tách ra thành hạng mục riêng để phân tích. Ví dụ về dòng thông tin là sự chuyển giao kỹ thuật như việc chọn giống cây trồng mới hoặc kỹ thuật chăn nuôi gia súc. Độ chi tiết của việc mô tả các dòng này tuỳ thuộc vào mục đích nghiên cứu. Dòng dinh dưỡng hoặc chu trình hữu cơ là những ví dụ về dòng vật chất và được xem như là sự khởi đầu để phác hoạ dòng vào và dòng ra của hệ.

Đối với từng dòng, cần tập trung phân tích về những tác động và nguyên nhân chủ yếu, về các nhánh hồi lưu ổn định và bất ổn định *Levin (1974)* hoặc phân tích theo nguyên lý áp lực - hiện trạng - đáp ứng.

Các quyết định bao gồm từ chính sách nhà nước đến những lựa chọn hàng ngày của từng nông dân. Như vậy, các quyết định nảy sinh ở mọi thứ hạng trong hệ thống thứ bậc của hệ sinh thái nông nghiệp. Có hai kiểu mẫu phân tích thích hợp. Một là: biểu thị các quyết định được hình thành trong một hệ sinh thái nông nghiệp dưới dạng hình nhánh cây (Decision tree). Kiểu thứ hai lồng ghép để xác định phạm vi ảnh hưởng của những người lập chính sách, chỉ ra những điểm tiếp xúc hoặc các quyết định trùng nhau.

Việc phân tích các mẫu này thường tập trung vào các thuộc tính của hệ để tìm ra những quyết định và quá trình có vấn đề. Đây là những vấn đề mấu chốt để nghiên cứu tìm hiểu hệ và đề xuất các giải pháp có thể can thiệp được. Khi đã xác định được sơ bộ thì các quá trình này cần được tiếp tục nghiên cứu kỹ lưỡng hơn để hoàn thiện việc phân tích.

1.5.10 Đặc điểm và tổ chức của hệ sinh thái nông nghiệp

Nếu sinh thái học là khoa học nghiên cứu sự tồn tại và phát triển của hệ sinh thái thì đối tượng nghiên cứu của sinh thái học nông nghiệp là các hệ sinh thái nông nghiệp. Hệ sinh thái nông nghiệp là các vùng sản xuất nông nghiệp, cũng có thể là một cơ sở sản xuất nông nghiệp: nông trường, hợp tác xã, nông trại...

Đặc điểm của hệ sinh thái nông nghiệp

Thực tế không có một ranh giới rõ ràng giữa các hệ sinh thái tự nhiên và các hệ sinh thái nông nghiệp. Tiêu chuẩn để phân biệt một

hệ sinh thái tự nhiên với một hệ sinh thái nhân tạo (hệ sinh thái nông nghiệp) là sự can thiệp của con người. Hiện nay con người cũng đã can thiệp vào các hệ sinh thái tự nhiên như rừng, đồng cỏ, ao hồ... nhằm tăng năng suất của chúng. Sự can thiệp ấy có lúc đạt đến mức phải đầu tư lao động không kém mức đầu tư trên đồng ruộng như: gieo trồng các loài cây mới, bón phân hoá học, tưới nước, chăn thả động vật con, chăn nuôi bằng thức ăn tổng hợp nhân tạo... Vì vậy rất khó phân biệt một cách rạch ròi giữa một khu rừng tự nhiên có sự điều tiết trong lúc khai thác với một khu rừng trồng, giữa một đồng cỏ tự nhiên có điều tiết với một đồng cỏ trồng, giữa một ao hồ tự nhiên có điều tiết với một ao hồ nhân tạo. Do đó, giữa các hệ sinh thái nông nghiệp có các hệ sinh thái chuyển tiếp.

Tuy vậy, giữa các hệ sinh thái tự nhiên và các hệ sinh thái nông nghiệp vẫn có những điểm khác nhau cơ bản (bảng 1). Nắm được sự khác nhau này mới vận dụng được các kiến thức của sinh thái học chung vào sinh thái học nông nghiệp.

Các hệ sinh thái tự nhiên có mục đích chủ yếu kéo dài sự sống của các thành phần vật chất sống của hệ. Trái lại, các hệ sinh thái nông nghiệp chủ yếu cung cấp cho con người các sản phẩm của cây trồng và vật nuôi. Ở các hệ sinh thái tự nhiên có sự trả lại hầu như hoàn toàn khối lượng chất hữu cơ và chất khoáng được tổng hợp thành sinh khối của các loài sinh vật cho đất, ở đây chu trình vật chất hầu như khép kín. Ở các hệ sinh thái nông nghiệp trong từng thời gian khối lượng sinh khối của cây trồng và vật nuôi bị lấy mất ra khỏi hệ sinh thái để cung cấp cho con người ở nơi khác, vì vậy chu trình vật chất ở đây không khép kín.

Hệ sinh thái tự nhiên là các hệ sinh thái có khả năng tự phục hồi và có một quá trình phát triển lịch sử. Trái lại, các hệ sinh thái nông nghiệp là các hệ sinh thái thứ cấp do lao động của con người tạo ra. Thực ra, các hệ sinh thái nông nghiệp cũng có quá trình phát triển lịch sử của chúng theo tiến trình phát triển nông nghiệp. Con người do kinh nghiệm lâu đời đã tạo nên hệ sinh thái nông nghiệp thay chỗ cho hệ sinh thái tự nhiên nhằm đạt năng suất cao hơn. Lao động của con người không phải tạo ra hoàn toàn các hệ sinh thái nông nghiệp mà chỉ tạo điều kiện cho các hệ sinh thái này phát triển tốt hơn theo các quy luật tự nhiên của chúng. Hiện nay con người cũng đã đầu tư

vào các hệ sinh thái chuyển tiếp, nhưng ở mức độ thấp hơn so với đầu tư vào các hệ sinh thái nông nghiệp. Lao động đầu tư vào các hệ sinh thái nông nghiệp có hai loại: lao động sống và lao động quá khứ (hoá thạch) thông qua các vật tư kỹ thuật như máy móc nông nghiệp, hoá chất nông nghiệp... Vật tư nông nghiệp, chính là năng lượng và vật chất được đưa thêm vào chu trình trao đổi của hệ sinh thái để bù vào phần năng lượng, vật chất bị lấy mất.

Hệ sinh thái tự nhiên thường phức tạp về thành phần loài. Các hệ sinh thái nông nghiệp thường có số lượng loài cây trồng và vật nuôi đơn giản hơn. Trong sinh thái học, người ta phân ra các hệ sinh thái trẻ và già. Các hệ sinh thái trẻ thường đơn giản hơn về số loài, sinh trưởng mạnh hơn, có năng suất cao hơn. Các hệ sinh thái già thường phức tạp hơn về thành phần loài, sinh trưởng chậm hơn, năng suất thấp hơn nhưng lại ổn định hơn vì có tính chất tự bảo vệ. Hệ sinh thái nông nghiệp có đặc tính của hệ sinh thái trẻ, do vậy năng suất cao hơn nhưng [illegible]ng ổn định bằng các hệ sinh thái tự nhiên, dễ bị thiên tai hay sâu bệnh phá hoại (bảng 1, tr.7).

Hệ sinh thái nông nghiệp là một bộ phận của sinh quyển (*biosphere*). Sinh quyển là miền ngoài của Quả Đất, trong đó sự sống phát triển dưới dạng các vật sống khác nhau trên bề mặt lục địa, trong đất, trong các lớp dưới của khí quyển và thuỷ quyển. Sinh quyển về thành phần và tính chất là sản phẩm do sự tác động qua lại của vật chất sống và không sống của Quả Đất. Sinh quyển - nhờ sự hoạt động của thực vật - là một tấm màng tích luỹ năng lượng từ vũ trụ lên hành tinh (*Kovda - 1971*).

Trong sinh quyển có ba loại hệ sinh thái chủ yếu:

- Các hệ sinh thái tự nhiên như: rừng, đồng cỏ, sông, hồ, biển.
- Các hệ sinh thái đô thị bao gồm các thành phố lớn và khu công nghiệp.
- Các hệ sinh thái nông nghiệp và nông thôn.

Hiện nay trên toàn thế giới, tổng diện tích đất đai là 13.392 triệu hecta thì cây hàng năm và cây lâu năm chiếm 1.452 triệu hecta hay 10,8% diện tích đất tự nhiên. Nếu tính cả diện tích đồng cỏ là 3.117 triệu hecta thì diện tích đất nông nghiệp lên đến 4.569 triệu hecta hay 34%. Thực ra, khó có thể phân biệt một cách rành mạch các hệ sinh thái nông nghiệp, vì trong diện tích đồng cỏ cũng bao gồm cả một số diện tích đồng cỏ tự nhiên. Ngược lại, trong diện tích rừng 4.093 triệu hecta hay 30% diện tích đất, cũng có một số diện tích rừng trồng. Rừng kết hợp với nông nghiệp (nông lâm kết hợp) về thực chất

cũng là hệ sinh thái nông nghiệp. Như vậy, diện tích hệ sinh thái nông nghiệp ít nhất có thể chiếm đến 1/3 diện tích lục địa và là một đối tượng nghiên cứu quan trọng.

Giữa ba loại hệ sinh thái nêu trên có một sự trao đổi năng lượng và vật chất nhất định.

Bản thân hệ sinh thái nông nghiệp cũng có tổ chức bên trong của nó. Hệ sinh thái nông nghiệp có thể chia ra làm các hệ sinh thái phụ như sau:

- Đồng ruộng cây hàng năm;
- Vườn cây lâu năm hay rừng nông nghiệp;
- Đồng cỏ chăn nuôi;
- Ao cá;
- Khu vực dân cư.

Trong các hệ sinh thái phụ, hệ sinh thái đồng ruộng là phần lớn nhất và quan trọng nhất của hệ sinh thái nông nghiệp. Do đó từ trước đến nay hệ sinh thái này được nghiên cứu nhiều nhất và kỹ càng hơn cả. Người ta thường nhầm lẫn giữa hệ sinh thái nông nghiệp và hệ sinh thái đồng ruộng. Vì hệ sinh thái đồng ruộng là bộ phận trung tâm và quan trọng của hệ sinh thái nông nghiệp. Hệ sinh thái cây lâu năm về thực chất không khác gì mấy so với hệ sinh thái rừng, do đó thường là đối tượng nghiên cứu của sinh thái học lâm nghiệp. Hệ sinh thái đồng cỏ cũng được nghiên cứu nhiều vì về tính chất, nó gần giống các hệ sinh thái tự nhiên. Ở đây, thành phần loài, chuỗi thức ăn (thực vật, động vật ăn cỏ...) gần giống các chuỗi thức ăn của hệ sinh thái tự nhiên, do đó chúng là đối tượng nghiên cứu kinh điển của các nhà sinh thái học. Hệ sinh thái ao hồ, đối tượng nghiên cứu phổ biến của sinh thái học, là nội dung nghiên cứu chủ yếu của nghề nuôi trồng thuỷ sản.

1.5.11 Năng suất của hệ sinh thái nông nghiệp

Năng suất của hệ sinh thái nông nghiệp phụ thuộc vào hai nguồn năng lượng chính:

- Năng lượng do bức xạ mặt trời cung cấp;
- Năng lượng do công nghiệp cung cấp.

Năng lượng do công nghiệp cung cấp không trực tiếp tham gia vào việc tạo năng suất sơ cấp của hệ sinh thái nông nghiệp mà chỉ tạo

điều kiện cho cây trồng tích luỹ được nhiều năng lượng bức xạ của Mặt Trời. Một số năng lượng do công nghiệp cung cấp có tham gia vào việc tạo thành năng suất thứ cấp của hệ sinh thái nông nghiệp (thức ăn gia súc). Tuy vậy, năng lượng này thực ra là năng lượng sơ cấp hay thứ cấp lấy từ các hệ sinh thái và được đưa vào chế biến ở hệ sinh thái đô thị.

Một số vật chất do hệ sinh thái đô thị cung cấp tham gia tạo năng suất sơ cấp của hệ sinh thái nông nghiệp như nước, phân bón và có tính chất quyết định năng suất.

a. Năng suất sơ cấp của hệ sinh thái nông nghiệp

Các hệ sinh thái nông nghiệp có năng suất rất khác nhau, tuỳ theo vĩ độ, đất đai và trình độ thâm canh. Sau đây là năng suất của một số cây trồng ở các điều kiện khác nhau (bảng 2).

Bảng 2

Năng suất của một số cây trồng ở trên thế giới

Cây trồng và khu vực		Năng suất sơ cấp thuần	Năng suất phần ăn được	
		Chất khô (kg/ha)	Chất tươi (kg/ha)	Chất khô (kg/ha)
Lúa	Nhật Bản	9830	5600	4910
	Đông Nam Á	4820	2200	1610
	Thế giới	5460	2800	2450
Lúa mì	Hà Lan	11040	6300	5520
	Brazin	1970	900	700
	Thế giới	3700	1900	1670
Ngô	Mỹ	12680	6500	5700
	Ấn Độ	2760	1100	970
	Thế giới	7020	3200	2810
Khoai tây	Hà Lan	15080	37700	7540
	Trung Quốc	4040	10000	2020
	Thế giới	5680	14200	2840
Mía	Hawai	50500	84160	18330
	Cuba	30520	50860	10980
	Thế giới	33180	55300	11940

Nguồn: Đào Thế Tuấn, 1984.

Bảng trên cho thấy năng suất sơ cấp bình quân của các cây trồng có thể đạt 3,7 - 33,2 tấn/ha. Ở vùng nhiệt đới có thể trồng từ 2 đến 3 vụ cây ngắn ngày trong một năm, do đó năng suất cả năm có thể gấp 2 - 3 lần so với mức năng suất thấp nhất. Ở vùng ôn đới, năng suất cả năm có thể đạt khoảng 10 – 15 tấn/ha, còn ở vùng nhiệt đới khoảng 20 – 30 tấn/ha. Trong điều kiện thuận lợi, đủ nước và phân bón, cây trồng có thể quang hợp được theo thời gian sinh trưởng.

Trong thời gian sinh trưởng của cây trồng, năng lượng bức xạ đạt khoảng 500 cal/cm^2/ngày, bức xạ có hoạt tính quang hợp là 222 cal/cm^2/ngày. Năng suất quang hợp thô là 107 g/m^2/ngày, hô hấp mất 36 g/m^2/ngày. Năng suất thuần là 71 g/m^2/ngày hay 27 cal/cm^2/ngày.

Như vậy, hiệu suất sử dụng ánh sáng là 5,3% tổng năng lượng bức xạ hay 12% của năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp. Đây là trường hợp thuận lợi nhất. Trong thực tế, hiệu suất sử dụng ánh sáng thấp hơn nhiều.

Năng suất sơ cấp phụ thuộc vào vĩ độ (độ dài của thời gian sinh trưởng) và theo tính toán năng suất có thể đạt được ở các vĩ độ khác nhau trong điều kiện hiệu suất sử dụng bức xạ quang hợp là 4,5%. Ở vĩ độ 65 - 700, với năng lượng bức xạ 1,5 x109 Kcal/ha/năm, thời gian sinh trưởng từ 2 đến 3 tháng, năng suất thuần chỉ có thể đạt khoảng 10 - 15 tấn/ha. Ở khu vực nhiệt đới với 10.109 kcal/ha/năm và thời gian sinh trưởng từ 11,5 đến 12 tháng, năng suất thuần có thể đạt đến 100 - 120 tấn/ha/năm.

b. Năng suất thứ cấp của các hệ sinh thái

Trong các hệ sinh thái tự nhiên, sinh khối động vật thường thấp hơn so với sinh khối thực vật. Sau đây là số liệu về sinh khối động vật ăn cỏ - năng suất thứ cấp của một số hệ sinh thái tự nhiên và nông nghiệp.

Bảng 2a

Sinh khối (Kg/ha) động vật ăn cỏ ở một số khu vực trên thế giới

Hệ sinh thái	Sinh khối động vật ăn cỏ (kg/ha)
Hoang mạc nhiệt đới châu Phi	44 - 325
Đồng cỏ khô hạn ôn đới	3,5 - 35
Đồng cỏ trồng châu Âu	1.250

Nguồn: Odum, 1979

Trong hoạt động của mình, con người cũng có những cố gắng làm già hoá một quá trình của hệ sinh thái, nhằm nâng cao tính ổn định của chúng:

Độc canh thay thế bằng phương pháp luân canh cây trồng đã làm cho hệ sinh thái thêm phong phú, mặc dù sự phong phú này là theo thời gian, chứ không phải trong không gian như ở các hệ sinh thái tự nhiên. Trồng xen, trồng gối cũng có tác dụng tương tự.

Việc sử dụng phân hữu cơ, kết hợp trồng trọt với chăn nuôi, tăng sự quay vòng chất hữu cơ có tác dụng làm tăng thêm kiểu chuỗi thức ăn dựa vào phế liệu.

Sử dụng mối quan hệ sinh học trong quần thể để nâng cao năng suất và tăng tính ổn định của các hệ sinh thái như: dùng cây họ đậu, dùng giống chống chịu sâu bệnh, phòng chống sâu bệnh bằng biện pháp sinh học, bằng biện pháp phòng trừ tổng hợp (IPM).

Mối quan hệ giữa đa dạng (phong phú) và ổn định là một vấn đề được bàn đến nhiều. Hệ sinh thái nông nghiệp, do muốn đạt năng suất cao ngày càng tiến tới khuynh hướng đơn giản: chuyên canh, độc canh, sử dụng các giống năng suất cao thuần nhất về di truyền... Làm như vậy, hệ sinh thái mất cả tính đa dạng và mất cả tính ổn định. Để tạo được tính ổn định cho hệ sinh thái, không nhất thiết phải tạo sự đa dạng như trong tự nhiên. Trong nông nghiệp, sự đa dạng thường không phải liên hệ với sự tồn tại mà với sự thay đổi.

c. Động thái của hệ sinh thái nông nghiệp

Động thái của hệ sinh thái nông nghiệp biểu hiện trên hai mặt: sự thay đổi trong thành phần và cấu trúc của các quần thể thực vật. Sự thay thế thành phần quần thể thực vật đóng vai trò chủ đạo.

d. Sự thay đổi quần thể thực vật có hai loại

Thay đổi theo mùa, quần thể thực vật ở ruộng cây trồng do con người tạo nên bằng cách gieo trồng. Từ lúc gieo trồng cho đến lúc thu hoạch, cấu trúc của quần thể chủ đạo (cây trồng) thay đổi theo sự thay đổi các quần thể vật sống (cỏ dại, sâu bệnh...). Những thay đổi này do điều kiện khí hậu của các mùa vụ, sự tác động của con người và đặc tính sinh học của cây trồng quyết định.

Thay đổi theo năm, giữa năm này và năm khác do điều kiện khí hậu không giống nhau nên cấu trúc quần thể cây trồng và vật nuôi có

sự sai khác. Sự sinh trưởng của cây trồng, thành phần có dại, sâu bệnh thay đổi tuỳ năm nóng hay lạnh, khô hay ẩm...

Sự thay thế quần thể thực vật này sinh do tác động của con người: Thay đổi cơ cấu cây trồng, hệ thống luân canh, các biện pháp kỹ thuật hay do bản thân cây trồng đã làm thay đổi tính chất đất đai.

Ở điều kiện nhiệt đới, sự thay thế cây trồng xảy ra không phải hàng năm mà là hàng vụ vì ở đất có tưới có thể gieo trồng từ 2 đến 3 vụ trong một năm. Việc thay thế này phụ thuộc vào cơ cấu cây trồng hay công thức luân canh. Khi có một tiến bộ kỹ thuật mới như có một giống cây trồng năng suất cao, thích hợp với một vài vụ nào đấy thì cơ cấu cây trồng thay đổi, kéo theo sự thay đổi trật tự của quần thể cây trồng trong hệ sinh thái và có khả năng làm giảm tính đa dạng di truyền.

Việc thay đổi các biện pháp canh tác như tưới nước, cải tạo đất, cơ giới hoá, phương pháp làm đất, phương pháp phòng chống sâu bệnh và cỏ dại... cũng dẫn đến sự thay đổi hệ thống cây trồng hay công thức luân canh.

Chương 2

Đa dạng sinh học và chức năng của sinh vật đất

Đa dạng các quần xã tự nhiên của các loài vi sinh vật, thực vật và động vật là yếu tố cấu trúc và chức năng chính của hệ sinh thái. Tự nhiên các hệ sinh thái nông nghiệp được thiết lập trên cơ sở chủ yếu của một tập đoàn gồm một nhóm hoặc một vài loài động, thực vật. Sự giảm đa dạng ở các hệ thống nông nghiệp so với các hệ tự nhiên, vẫn được xem như là điều kiện cần thiết để tăng sản lượng lương thực, thức ăn gia súc và nguyên liệu. Để đơn giản cho việc quản lý, các chu trình sinh học đôi khi được thay thế bằng các sản phẩm từ nhiên liệu hóa thạch, ví dụ phân bón tổng hợp. Các hoạt động thâm canh trong đó sử dụng thuốc trừ sâu và canh tác thường xuyên làm ảnh hưởng đến thành phần quần xã sinh vật đất. Các quá trình sinh lý của đất (nhiệt độ, độ pH, tính ngậm nước) và các khu hệ vi sinh vật bị thay đổi khi sinh cảnh tự nhiên bị chuyển đổi thành nơi sản xuất nông nghiệp. Những thay đổi về tính chất thổ nhưỡng có thể được phản ánh qua quy luật phân bố và tính đa dạng của các sinh vật đất. Các sinh vật thích ứng được với các nhiễu loạn ở mức độ cao sẽ chiếm được ưu thế trong các quần xã nông nghiệp và vì vậy làm giảm sự phong phú và đa dạng của sinh vật đất.

Mối liên quan giữa từng nhóm sinh vật cụ thể với các hoạt động quản lý trong nông nghiệp được nghiên cứu đối với từng trường hợp để có thể xác định mức độ đa dạng sinh học như mong đợi. Với các hệ sinh thái nông nghiệp hay tự nhiên, hiện nay vẫn chưa xác định được toàn bộ tính đa dạng của các quần xã sinh vật đất. Ngay cả mối quan hệ giữa đa dạng sinh học và chức năng hệ sinh thái cũng chưa được hiểu biết một cách đầy đủ. Về mặt lý thuyết, sự hiểu biết này có thể giúp tạo ra và duy trì những điều kiện phát huy tối ưu hiệu quả có lợi cho các sinh vật. Nhưng trên thực tế, khó có thể đạt được điều kiện lý tưởng do trở ngại của chính những hoạt động sản xuất nông nghiệp.

Chúng ta chưa có đầy đủ kiến thức để xác định xem cái gì là cần thiết, còn cái gì thì không, có khả năng hay chỉ là kỳ vọng đưa tính đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái tự nhiên vào các hệ sinh thái nông nghiệp.

Trong chương này, chúng ta sẽ xem xét tính đa dạng và một số chức năng của sinh vật đất trong các hệ sinh thái nông nghiệp (bảng 3). Hầu hết các nghiên cứu về khu hệ sinh vật đất (*biota*) đều tập trung vào các hệ sinh thái rừng và đồng cỏ, là những nơi ít được đầu tư thâm canh hơn các hệ nông nghiệp. Các nhà sinh thái học chú ý nhiều đến vi sinh vật và sinh vật đất trung bình trong vai trò chức năng của hệ sinh thái, trong khi đó các nhà nông học lại chỉ chú ý đến vai trò và chức năng cố định đạm của chúng hoặc vai trò là sâu bệnh hại của cây trồng chẳng hạn như Giun tròn thực vật. Sự hiểu biết của chúng ta về vai trò của các sinh vật đất trong các hệ nông nghiệp ngày càng tăng, nhưng cần phải có thêm nhiều nghiên cứu nữa về tầm quan trọng của chúng đối với sản xuất nông nghiệp. Sinh vật đất trung bình có mặt trong hầu hết các bậc dinh dưỡng của chuỗi thức ăn trong đất và tác động trực tiếp lên năng suất sơ cấp thông qua hệ rễ và gián tiếp thông qua quá trình phân hủy và khoáng hóa dinh dưỡng mà chúng góp phần vào đó. Những nghiên cứu cụ thể về sinh học của sinh vật đất và mối quan hệ của chúng tới cấu trúc đất và chức năng sinh thái được đề cập đến trong nhiều tài liệu.

Bảng 3

Kích thước và mức độ phong phú của các sinh vật cư trú trong đất

Lớp	Thí dụ	Sinh khối (g/m^2)	Chiều dài (mm)	Số lượng loài (trên m^2)
Vi sinh vật	Vi khuẩn, nấm, tảo, xạ khuẩn	1 - 100		10^6 - 10^{12}
Động vật nhỏ	Động vật nguyên sinh	1,5 - 6,0	0,005 - 0,2	10^6 - 10^{12}
Động vật cỡ trung bình	Giun tròn, rệp, bọ đuôi bật	0,01 - 10	0,2 - 10	10^2 - 10^7
Động vật đất cỡ lớn	Côn trùng	0,1 - 2,5	10 - 20	10^2 - 10^5
Động vật đất cỡ đại	Giun đất	10 - 40	20	0 - 10^3

2.1 Sinh cảnh

Không giống như các động vật đất rất lớn (Giun đất, Mối, Kiến, một số ấu trùng, côn trùng), sinh vật đất cỡ trung bình thường không có khả năng làm biến đổi cấu trúc của đất. Vì vậy, chúng phải sử dụng những khe, lỗ trống có sẵn để có thể di chuyển được trong lòng đất. Khoảng không gian có thể dùng làm nơi cư trú chiếm phần nhỏ trong toàn bộ không gian lỗ trống (các khoảng trống có kích thước vừa đủ và thoáng khí là điều kiện cho sinh vật đất trung bình sinh sống). Thành phần quần xã sinh vật đất trung bình ngày càng bị lấn át bởi các sinh vật đất nhỏ hơn khi không gian của các lỗ trống bị giảm đi. Trong các lỗ trống làm nơi cư trú, hoạt động của vi sinh vật và sinh vật đất trung bình đều bị ảnh hưởng bởi trạng thái cân bằng giữa nước và không khí. Hoạt động của vi sinh vật yếm khí diễn ra cao nhất khi 60% không gian lỗ trống bị ngập nước. Sự ngập tràn nước hay khô cạn đều có hại cho các quần xã động vật đất vì chúng gây ra sự yếm khí hay mất nước.

Số lượng và sự đa dạng của sinh vật đất trung bình đạt mức cao nhất khi nhiều không gian trống, chất hữu cơ và các tầng cấu trúc được tạo ra. Hầu hết các hoạt động sinh học diễn ra trong lớp đất phủ dày 20 cm tương ứng với lớp "*đất canh tác*" trong nông nghiệp. Nơi nào đất không được canh tác thì ở lớp đất phủ dày 5 cm sẽ chứa nhiều sinh vật đất trung bình hơn so với các tầng đất sâu hơn. Tầng hữu cơ (O) là vùng tập trung các vật chất thực vật (tỉ lệ N:C cao) và các tàn dư của động vật (tỉ lệ N:C thấp). Tầng hoạt hóa men (F hay O_1) chứa các mảnh tàn dư động vật, thực vật bị phân hủy cùng với các sợi nấm và xạ khuẩn. Tầng mùn (H hay O_2) chứa các sản phẩm vô định hình của quá trình phân hủy từ nguồn vật chất không còn nhận dạng được. Cuối cùng, các vật chất hữu cơ từ các tầng này tích tụ vào phẫu diện dưới dạng các chất khoáng. Vì ở các hệ canh tác nông nghiệp thường thiếu tầng hữu cơ điển hình trên bề mặt nên có thể suy ra rằng sự đa dạng của khu hệ sinh vật đất ở đó sẽ thấp hơn so với vùng đất không canh tác.

Cây trồng có ảnh hưởng trực tiếp tới khu hệ sinh vật đất thông qua các vật chất hữu cơ do chúng tạo ra trong lớp đất bề mặt và các lớp dưới hoặc gián tiếp thông qua tác động cơ học của quá trình cải

tạo đất, bảo vệ đất, hút chất dinh dưỡng và nước. Năng lượng và dinh dưỡng mà cây trồng lấy được sau đó trở thành mùn là nguồn cơ bản trong mạng lưới thức ăn phức tạp của sinh vật đất. Rễ cây cũng chứa các axit amin và đường là nguồn thức ăn cho các vi sinh vật. Động vật đất trung bình thường làm tang cường không gian và độ xốp để có thể mở rộng phạm vi phân bố của các nguồn thức ăn ưa thích như rễ cây và các mảnh vụn hữu cơ.

2.2 Sinh học và sinh thái học của động vật đất

Động vật đất trung bình thường được xếp loại theo tập tính dinh dưỡng hẹp thực. Tuy nhiên, cần nhấn mạnh rằng nhiều sinh vật đất ít nhất cũng có khả năng biến đổi tập tính dinh dưỡng và có thể được xếp vào các nhóm dinh dưỡng khác. Như vậy, nhóm sinh vật ăn tạp trong đất có lẽ còn nhiều hơn con số phỏng đoán trước đây. Chúng ta sẽ tập trung vào nhóm giun tròn, bọ đuôi bật và nhóm ve bét vì chúng chiếm ưu thế về số lượng, sinh khối và số loài.

Giun tròn có số lượng cá thể vào khoảng $6x10^1$ đến $9x10^6$ cá thể/m^2, có kích thước nhỏ cỡ 3 - 4mm và vòng đời ngắn (vài ngày đến vài tuần), cho phép chúng ứng phó trước những thay đổi về nguồn thức ăn. So với các sinh vật đất khác, nhóm giun tròn có thể được xác định dễ dàng trước tiên bởi cấu trúc hình thái đi kèm các kiểu dinh dưỡng khác nhau. Chúng có thể ăn rễ thực vật, vi khuẩn, nấm, tảo hay ăn thịt các giun tròn khác. Ve bét và Bọ đuôi bật chiếm tới 95% tổng số loài chân đốt nhỏ sống trong đất.

Ve bét đất có mặt chủ yếu ở ba bộ phụ của bộ *Oribatida*, có nhóm ưu thế về số lượng ở tầng hữu cơ trong đất. Bộ phụ *Mesostigmata* tương đối lớn và hoạt động mạnh. Bộ phụ *Prostigmata* là nhóm phân loại phức tạp. Các loài thuộc bộ phụ này phần lớn có tập tính dị dưỡng so với các bộ phụ khác. Chúng hầu hết là những loài bắt mồi và dinh dưỡng trên nấm.

Bọ đuôi bật *Collembola* có số lượng rất phong phú và phân bố rộng. Chúng có khả năng trao đổi chất, dinh dưỡng và sinh sản tương đối cao. Phân loại theo chức năng của nhóm này có thể dựa trên thành phần thức ăn trong ruột hoặc hình thái kiểu miệng thích ứng

với từng dạng tập tính dinh dưỡng. Vì hầu hết các loài thuộc nhóm này dinh dưỡng trên thực vật bị phân hủy và các vi thực vật hội sinh, sự phân bố bào tử và thể quả của nấm hoại sinh có thể là một yếu tố chính ảnh hưởng đến sự phân bố của bọ đuôi bật.

Các nhóm chân đốt khác phổ biến trong đất là Bọ cạp giả *Pseudoscorpions*, *Symphyla*, *Pauropoda*, *Protura*, *Diplura*, và ấu trùng côn trùng thuộc kiểu biến thái hoàn toàn. Kiến và mối cũng có thể có nhiều, tuy nhiên những loài chân đốt lớn này không được xem xét ở đây.

2.2.1 Các loài ăn thực vật

Loài giun tròn ăn thực vật có thể trở nên phong phú trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Chúng có thể gây hại, ảnh hưởng đến năng suất sơ cấp thông qua quá trình hút nước và dinh dưỡng ở rễ cây. Những thay đổi này là do sự thay đổi ở hình thái của rễ. Đối với nhiều cây trồng nông nghiệp, có thể thấy được mối quan hệ tiêu cực giữa sản lượng cây trồng với số loài giun tròn ăn thực vật như *Meloidogyne*, *Heterodera* và *Pratylenchus spp*. Tuy nhiên, khi xem xét toàn bộ quần xã giun tròn ở hệ sinh thái đồng cỏ, kể cả giun tròn sống tự do, có thể thấy được mối quan hệ tích cực giữa năng suất sinh khối của thực vật với toàn bộ số loài giun tròn. Mối quan hệ này là thước đo sản lượng cây trồng khi thu hoạch sinh khối rễ hoặc cỏ khô. Có thể thấy mối quan hệ tiêu cực giữa toàn bộ quần thể loài giun tròn với năng suất cây ở các cánh rừng nhiệt đới. Mối quan hệ giữa các quần xã giun tròn ở đất với sản lượng cây trồng còn cần phải được tiếp tục nghiên cứu.

Các loài chân đốt nhỏ hiếm khi làm hại cây trồng. Tuy nhiên, động vật đất trung bình có thể trở thành loài gây hại khi nguồn thức ăn ưa thích của chúng không còn. Một số loài Bọ đuôi bật như *Amnthuridae* và *Onychiuridae* có thể ăn rễ, ví dụ cây củ cải đường có thể bị ăn mất rễ là do loài *Onychirus spp*. Bọ đuôi bật chỉ xát cơ thể rập ứng của nó lên rễ cây. Tuy nhiên, tổn thương ở rễ sẽ giảm nếu có mặt các loài cỏ, cùng các dạng chất hữu cơ với lượng nhất định làm nguồn thức ăn ưa thích cho chúng. Một số nhóm ve bét đất ăn các vật chất mùn, gốc thực vật. Thường thì khi tăng cường tính đa dạng thực vật khi số lượng và chất lượng chất hữu cơ trong đất được tăng lên thì hệ động vật đất trung bình có thể đem lại nhiều lợi ích.

2.2.2 Các loài ăn vi sinh vật

Các loài động vật đất trung bình ăn vi sinh vật, ăn nấm (*Mycorrhiza*), tảo, địa y và vi khuẩn bằng việc tách chúng ra khỏi khối vật chất phân hủy hoặc các mô đất. Nói chung, các loài giun tròn ăn vi khuẩn như *Cephalobidae* và *Rhabditidae* có nhiều trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Động vật đất trung bình ăn vi khuẩn làm thay đổi nguồn dinh dưỡng thông qua việc tăng cường sinh trưởng và hoạt động tạo thêm nguồn chất dinh dưỡng của vi sinh vật.

Nói chung, nấm chiếm ưu thế trong các nguồn thức ăn của các loài chân đốt nhỏ. Các loài Bọ đuôi bật ưa thích các nguồn thức ăn được giữ lại ngay cả sau khi các vật chất ấy đã được chuyển qua tuyến tiêu hóa của các loài động vật khác. Thí dụ, loài Bọ đuôi bật *Proisotoma minuta* và *O. encarpatus* dinh dưỡng trên nấm bệnh thực vật ở đất, *Nấm Rhizoctonia solani* gây bệnh trên cây bông non. Các loài bọ này thích ăn nấm gây bệnh ở đất hơn so với các loài nấm được dùng trong phòng trừ sinh học như: *Laetisaria arvalis, Trichoderma harzianum* và *Gliocladium verens*. Thêm nữa, các loài bọ này có thể phân biệt và ăn chọn lọc các loài nấm gây bệnh thối rễ khác.

Hầu hết các loài ve bét *Oribatid* là các loài ăn vi sinh vật. Thí dụ như *Mesostigmata*. Mặc dù nhiều loài chân đốt nhỏ là loài ăn thịt các loài động vật nhỏ, nhưng chúng có thể thay đổi tập tính dinh dưỡng khi nguồn thức ăn bị thiếu hụt.

2.2.3 Các loài ăn thịt

Các loài ăn thịt bổ sung thêm một mắt xích trong mạng thức ăn thông qua *dinh dưỡng đa thực*. Các loài giun tròn ăn thịt như *Dorylaridae* chỉ chiếm một phần nhỏ trong số các loài giun tròn trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Chúng có thể ăn tảo, vi khuẩn, nấm và các loài giun tròn khác. Bọ đuôi bật thường là những loài ăn vi sinh vật, nhưng cũng có thể là các sinh vật bắt mồi không bắt buộc của giun tròn. Ve bét thường ăn thịt các sinh vật nhỏ nhưng cũng có thể thấy chúng ăn các chất hữu cơ phân huỷ như các loài thuộc họ *Nothridae, Camisiidae...*; một số loài ăn phân và xác chết côn trùng có thể gặp ở các họ *Euphthiracaridae, Phthiracaridae, Galumnidae và Oppiidae.*

2.2.4 Các loài bắt mồi

Động vật đất trung bình có thể là vật bắt mồi hoặc là vật mồi cho các loài ve ăn thịt và các động vật bắt mồi khác như: Bọ dừa, Giòi, Rết, Nhện. Giun tròn bắt mồi ăn tất cả các giun tròn ở nhóm dinh dưỡng khác thì chỉ chiếm phần nhỏ trong toàn bộ nhóm giun tròn trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Giun tròn bắt mồi và giun tròn ký sinh trên côn trùng trong đất có thể ảnh hưởng đến các quần thể vật mồi.

Các loài chân đốt nhỏ ở đất có thể là các vật bắt mồi quan trọng của tất cả các loài chân đốt nhỏ khác (ví dụ *Protura, Pauropoda, Enchytraeida*), kể cả trứng của chúng và các loài giun tròn. Các loài chân đốt ăn trứng côn trùng trong các hệ sinh thái nông nghiệp có thể góp phần hạn chế số lượng sâu hại. Một số nhà nghiên cứu đã phát hiện được ở trong lạc có loài Ve bét *Tyrophagus putrescentiae* là vật ăn trứng sâu, *Diabrotica undecimpunctata howardi* hại rễ ngô ở miền Bắc. Ước tính hoạt động bắt mồi của Ve bét đã làm giảm 20% số lượng sâu hại rễ ngô và 63% số lượng sâu sau khi bón phân. Vai trò bắt mồi của Ve bét đối với các loài giun tròn hại rễ cây có thể rất quan trọng trong một số điều kiện. Thí dụ, một cá thể trưởng thành của Ve bét *Mesotigmatidae* (*Lasioseius scapulatus*) có thể ăn khoảng 20.000 cá thể loài giun tròn *Aphelenchus avenae* trên đĩa thạch trong vòng 10 ngày. Các loài Bọ đuôi bật cũng có thể tiêu thụ một số lượng lớn các loài giun tròn ký sinh ở côn trùng và được sử dụng như một tác nhân trong biện pháp sinh học phòng trừ sâu hại.

2.3 Các quá trình của hệ sinh thái

Động vật đất trung bình và vi sinh vật tham gia trực tiếp vào các quá trình của hệ sinh thái như phân hủy, tuần hoàn dinh dưỡng thông qua con đường tương tác lẫn nhau vô cùng phức tạp.

Vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm, tảo và động vật nguyên sinh là những sinh vật hoại sinh sơ cấp trên các vật chất hữu cơ. Các loài vi sinh vật này tham gia trực tiếp vào quá trình tạo mùn, chu chuyển dinh dưỡng và năng lượng, cố định Nitơ. Các hoạt động trao đổi chất trong đất và tạo ra các cơ chất hóa học phức tạp làm cho đất có độ mầu mỡ cao hơn.

Động vật đất trung bình ăn vi sinh vật tác động đến sự sinh trưởng và các hoạt động trao đổi chất của các vi sinh vật khác và làm

thay đổi quần xã vi sinh vật, và vì vậy điều hòa tốc độ phân hủy và quá trình khoáng hóa, cố định Nitơ. Giun tròn ăn vi khuẩn và nấm trên các chất hữu cơ. Các loài giun tròn có gai giáp miệng ăn dịch tế bào bằng cách chích qua vách tế bào rễ thực vật hoặc sợi nấm. Các loài khác không có gai miệng thì ăn loại thức ăn khác như vi khuẩn và tảo nhỏ. Các loài chân đốt nhỏ làm vụn chất mùn và tăng cường bề mặt cho các vi khuẩn tấn công dễ dàng hơn, thí dụ Bọ đuôi bật và Ve bét có thể làm tăng cường hoạt động của vi sinh vật, tăng cường phân hủy và làm vật trung gian cho các quá trình vận chuyển vật chất vào trong đất. Ngay cả khi chúng không làm thay đổi cấu trúc vật chất đã tiêu thụ thì chúng cũng làm vụn, làm ẩm những vật chất đó tạo điều kiện dễ dàng cho các vi sinh vật khác hoạt động.

Rõ ràng cây trồng được lợi nhờ sinh vật đất trung bình thông qua quá trình khoáng hóa, cố định Nitơ. Sinh khối và hàm lượng Nitơ của mầm thực vật trồng trong điều kiện có động vật và giun tròn lớn hơn so với khi không có. Động vật đất góp khoảng 30% vào quá trình khoáng hóa, cố định Nitơ trong đất ở các hệ sinh thái tự nhiên và nông nghiệp. Trong đất có khoảng 83% chất khoáng và nitơ do sự tham gia đóng góp của động vật đất. Giun tròn cũng thải cặn bã chứa nitơ, hầu hết dưới dạng ion NH_4^+. Bọ đuôi bật thải ra muối nitơrat với hàm lượng gấp 40 lần so với hàm lượng có trong thức ăn của chúng. Ngoài ra, các loài Bọ đuôi bật kích thước lớn tăng cường khoáng hóa bằng cách dinh dưỡng chọn lọc trên nấm, trong khi đó các loài nhỏ hơn thì đóng góp vào sự tạo mùn bằng cách gom nhặt không chọn lọc và nhào trộn các mảnh vụn hữu cơ và khoáng chất của đất với nhau. Khu hệ vi động vật đất đã tạo thành một bể chứa dinh dưỡng. Khi chúng chết, chất dinh dưỡng nằm trong mô tế bào của chúng được khoáng hóa và sau đó được cây hấp thụ.

Động vật đất mang vi khuẩn, nấm và nguyên sinh động vật qua các vùng đất, vì vậy làm tăng cường vi sinh vật trên vật chất hữu cơ. Thí dụ, Bọ đuôi bật và giòi chuyển nấm gây bệnh thối rễ, nấm ký sinh côn trùng (*Beauveria spp*, *Metarhyzium spp*, *Paecilomyces spp*) và các loài gây bệnh hại côn trùng không bắt buộc thuộc dòng *Asspegillus* và *Fusarrium spp*. Nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho thấy Bọ đuôi bật và Ve bét có thể vận chuyển bào tử của nấm ký sinh côn trùng *M. anisopliae*. Tác động của nấm ký sinh côn trùng lên các quần thể sâu hại chưa được nghiên cứu đầy đủ.

2.4 Giá trị của đa dạng

Đa dạng về hình thái và chức năng các quần xã sinh vật tạo nên sự không đồng nhất về không gian và thời gian trong các loài sinh vật góp phần vào toàn bộ chức năng của hệ sinh thái. Từng nhóm phân loại có thể có đa chức năng, và một số nhóm phân loại có thể có cùng chức năng. Tuy nhiên, chức năng không nhất thiết phải giống nhau vì nhóm phân loại biểu hiện cùng một chức năng thường biệt lập về không gian, thời gian hoặc sinh cảnh thích hợp. Đa dạng sinh học cho phép các sinh vật giảm bớt áp lực cạnh tranh về thức ăn và nơi cư trú, giảm sự chiếm ưu thế và nhiễu loạn, duy trì tính ổn định chức năng khi các điều kiện môi trường bị biến động. Có những thước đo tính đa dạng khác nhau được dùng để mô tả các quần xã động vật không xương sống ở đất như: sự phong phú, sinh khối, mật độ, độ giàu loài, mức độ phổ biến của loài, các chỉ số trưởng thành, cấu trúc dinh dưỡng, cấu trúc lưới thức ăn. Các chỉ số đa dạng bao gồm các yếu tố độ giàu và phổ biến có thể áp dụng trong phạm vi từ gen và loài đến cảnh quan và hệ sinh thái. Các chỉ số đa dạng không chỉ thể hiện cấu trúc đơn vị phân loại của quần xã. Vì vậy chỉ số đa dạng bản thân nó không nói lên sức khoẻ hay năng suất của hệ sinh thái.

Tranh luận xung quanh mối quan hệ giữa đa dạng sinh học với tính ổn định của hệ sinh thái nổ ra sôi nổi nhất vào những năm 1960-1970. *Mac Arthur* là người đầu tiên khẳng định rằng các hệ thống phức tạp sẽ ổn định hơn so với các hệ thống đơn giản. Vào đầu những năm 1970, *Mayer* đã sử dụng các mô hình toán học để chứng minh rằng các quần xã đa dạng thì kém bền vững hơn các hệ thống đơn giản. Cho đến nay, có thể kết luận một cách đơn giản là lưới thức ăn ngắn với ít loài ăn tạp thì ổn định hơn lưới thức ăn dài với nhiều loài ăn tạp. Lưới thức ăn ngắn là lưới có ít bậc dinh dưỡng. Các tác giả khác đặt ra giả thuyết rằng mối liên kết phức tạp sẽ làm cho lưới thức ăn trở nên không bền vững, tức là tính bền vững sẽ tăng nếu số lượng loài tăng chứ không phải với số loài ăn tạp tăng. Rõ ràng từ những giả thuyết vẫn còn đang tranh cãi này chúng ta không thể tổng quát hóa được mối quan hệ giữa đa dạng sinh học và tính bền vững của hệ sinh thái. Ngoài ra, không có một lý thuyết nào được kiểm chứng để có thể áp dụng thỏa đáng cho các quần xã sống trong đất.

Các yếu tố ảnh hưởng đến tính đa dạng trong phạm vi các nhóm dinh dưỡng thuộc lưới thức ăn chất hữu cơ phân hủy gồm có độ cao, vĩ độ, khả năng tìm kiếm thức ăn trong mối quan hệ cạnh tranh quyết liệt và sự nhiễu loạn. Thí dụ, lý thuyết bành trướng lấn chiếm cho rằng sự đa dạng loài cao nhất là ở khu vực nhiệt đới và giảm dần ở vĩ độ cao hơn. Tuy nhiên điều này xảy ra ngược lại đối với nhóm giun tròn sống tự do. Nhóm loài này càng đa dạng và phong phú ở vùng ôn đới hơn là ở vùng nhiệt đới. Chúng có sức chống chịu với điều kiện khô ở vĩ độ cao nhưng không cạnh tranh với các động vật đất chuyên biệt hơn ở vùng nhiệt đới.

Ở những phạm vi nhỏ hơn, vật bắt mồi có thể khuyến khích tính đa dạng loài của vật mồi khi chúng chọn thức ăn là vật mồi không có khả năng cạnh tranh. Nhiễu loạn cũng có một vai trò như *"giả thuyết nhiễu loạn tức thời"* đã nêu lên rằng: đa dạng các nhóm phân loại đạt cao nhất ở mức nhiễu loạn trung bình. Nhiễu loạn được định nghĩa như là một nguyên nhân (sức ép nhân tạo hay quá trình tự nhiên, sống hay không sống) gây ra sự rối loạn (ảnh hưởng, hoặc thay đổi tình trạng hệ thống có liên quan). Nếu nhiễu loạn là nhỏ hoặc hiếm, các quần xã sinh vật đất sẽ đạt tới sự cân bằng và có ít nhóm phân loại chiếm ưu thế hơn, không loại trừ các nhóm phân loại khác. Tuy nhiên, cân bằng ổn định tình trạng trong các hệ sinh thái tự nhiên và nông nghiệp là hiện tượng không phổ biến. Nếu nhiễu loạn thường xuyên và mạnh, chỉ một số ít nhóm phân loại không mẫn cảm trước nhiễu loạn sẽ tồn tại, vì vậy làm giảm đa dạng sinh học. Thí dụ, các loài ve bét chuột họ *Eupodidae, Tarsonemidae* và *Tudeidae* là một trong những nhóm phong phú nhất trong các hệ sinh thái nông nghiệp và số lượng của chúng tăng nhanh sau khi có những can thiệp như canh tác.

2.5 Nhiễu loạn nông nghiệp

Nhiễu loạn có thể làm thay đổi tính đa dạng của hệ sinh thái trực tiếp thông qua ảnh hưởng của nó đến sự tồn tại của các cá thể hoặc gián tiếp thông qua thay đổi nguồn tài nguyên. Đôi khi, mức độ đa dạng phản ánh kết quả của nhiễu loạn do ô nhiễm hoặc ức chế. Ví dụ, đa dạng loài các quần xã động vật nhỏ không xương sống trong những

khu vực bị ô nhiễm hoặc nhiễu loạn sẽ thấp hơn so với những khu vực không bị ô nhiễm hoặc nhiễu loạn. Sự ô nhiễm làm giảm đi các loài mẫn cảm, suy yếu sức cạnh tranh, còn các loài có khả năng chống chịu sẽ tồn tại.

Tình trạng diễn thế của quần xã sinh vật đất cũng có thể phản ánh lịch sử nhiễu loạn. Diễn thế ở các cánh đồng trồng cây nông nghiệp khởi đầu với việc đất bị làm cho nghèo kiệt, những cánh đồng này có vai trò như một hòn đảo thu hút hàng loạt các sinh vật đến sinh sống. Trước tiên, các loài có cơ hội như vi khuẩn và các loài bắt mồi của chúng sẽ đến chiếm cứ. Rồi sau đó đến lượt nấm và các loài ăn nấm. Các loài chân đốt nhỏ như Bọ đuôi bật, Ve bét và giòi có thể chiếm cứ các khu đất gần như trống trải và tăng nhanh về mật độ quần thể. Loài chân đốt nhỏ bắt mồi có số lượng cao nhất, con Ve bét và Giun tròn ăn thịt thì được hình thành muộn hơn và có thể có chức năng như các loài ăn thịt chủ chốt trong lưới thức ăn của quần xã khác. Gia nhập sau cùng vào quần xã sinh vật đất là các loài động vật không sương sống cỡ lớn như: Giun đất, Đa túc, Ốc sên, Rết, Bọ đất và Hổ trùng.

Diễn thế có thể bị gián đoạn ở những giai đoạn khác nhau do các hoạt động nông nghiệp như trồng trọt, sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu. Những gián đoạn này làm giảm tính đa dạng và kìm hãm sự "*hoàn thành*" diễn thế. Chỉ số "*hoàn thành*" này dựa trên các nguyên tắc của diễn thế và tính nhạy cảm tương đối của các nhóm giun tròn khác nhau phản ứng trước những tác động ức chế hoặc gián đoạn của quá trình diễn thế. Những chỉ số biểu thị các mối liên kết trong các quần xã sinh vật như chỉ số "***hoàn thành***", ít biến đổi hơn các chỉ số phong phú của mỗi nhóm chức năng hay nhóm phân loại. Do vậy, các chỉ số đó là những thước đo điều kiện sinh thái đáng tin cậy hơn.

2.6 Kết cấu và độ chặt của đất

Kết cấu đất có thể gây cản trở về mặt cơ học lên khả năng phân giải của vi sinh vật và của các động vật khác đối với quá trình khoáng hoá cácbon và nitơ. Quá trình khoáng hoá cácbon và nitơ ở các loại đất có kết cấu thô thường diễn ra nhanh hơn ở các loại đất có kết cấu

mịn hơn. Ở đất sét, chất hữu cơ được bảo vệ về mặt cơ học trước sự tấn công của các động vật hoại sinh do nó được chứa trong các lỗ hổng rất nhỏ. Ở đất cát, chất hữu cơ được bảo vệ bởi vì chính nó kết hợp với các hạt đất sét. Thông thường số lượng giun tròn và các động vật chân đốt nhỏ trong đất sét ít hơn so với trong đất cát hoặc đất than bùn. Các loài động vật không xương sống ưa đất mịn như Bọ đuôi bật trong họ *Onychiuridae* và Ve giáp *Mesostigmatidae: Rhodaca rusroseus* rất hiếm khi thấy trong đất sét.

Động vật đất trung bình bị bất lợi bởi độ chặt của đất. Độ chặt do bánh xe gây ra sẽ làm giảm các khe hở của đất và kéo theo đó là sự suy giảm về sinh khối cácbon của vi sinh vật và mật độ của nhóm bọ đuôi bật. Bọ đuôi bật tránh các khe đất hẹp để bảo vệ bề mặt ráp của chúng không bị tổn hại. Sự lăn đi lăn lại của bánh xe ô tô trên cánh đồng làm giảm từ 30% đến 60% mật độ bọ đuôi bật và các loài Ve bét bắt mồi so với mật độ tương ứng của chúng ở các loại đất không bị nén chặt. Độ chặt đất cũng làm giảm số lượng loài.

2.7 Canh tác

Canh tác gây ảnh hưởng đến chu trình địa - sinh - hoá do nó sắp xếp lại các hạt đất về mặt cơ học và làm thay đổi sự phân bố kích thước các lỗ hổng, các hình thức lọc khí và nước cũng như thải khí. Việc làm đất để trồng trọt sẽ phá vỡ sự liên kết của đất, bịt kín các khe hở và lỗ hổng làm bề mặt đất khô nhanh. Động vật đất trở nên thưa thớt ở các tầng đất mặt canh tác do độ ẩm bị thay đổi trên diện rộng và mạng lưới lỗ hổng ban đầu trong tầng đất này bị phá hủy. Những thay đổi có tính cơ học trong tầng đất mặt này có thể kéo dài trong nhiều năm sau khi không còn canh tác.

Đất được quản lý theo kiểu truyền thống - giảm xới xáo đất có những đặc tính sinh học và chức năng riêng biệt. Phủ rơm rạ lên các luống đất đã cày ngoài đồng là cách quản lý làm đất theo kiểu truyền thống hoặc dùng tấm ni lông. Dưới những điều kiện thuận lợi do kiểu canh tác này tạo ra, những sinh vật có vòng đời ngắn, kích thước nhỏ, di chuyển nhanh và có tập tính chuyên hóa dinh dưỡng sẽ phát triển. Ở những loại đất này, vi khuẩn và những loài sinh vật ăn nấm như Giun tròn, Ve bét và Bọ cánh cứng chiếm ưu thế và được xem như

những loài thuộc giai đoạn diễn thế sớm. Số lượng Ve giáp miệng thường giảm đi trong khi các nhóm khác như Ve giáp miệng trước và bọ đuôi bật chống chịu được nhưng không có điều kiện thuận lợi để phát triển. Tuy nhiên, quần xã Ve giáp miệng trước trong đất canh tác cũng có thể đa dạng hơn gồm các nhóm ăn giun tròn và nấm. Nhiều loài chân đốt nhỏ trong các hệ thống canh tác liên tục có tập tính ăn tạp.

Với canh tác bảo tồn, tức là không làm đất nên khu hệ sinh vật đa dạng hơn và quan hệ có tính phức tạp về sinh học so với canh tác theo kiểu truyền thống hơn. Tuy nhiên, nhìn chung canh tác bảo tồn cũng không làm phát triển các loài chân đốt nhỏ nhiều hơn canh tác theo kiểu truyền thống, trừ khi gặp hạn hán. Tuy nhiên, rất nhiều nghiên cứu so sánh ảnh hưởng của việc làm đất chỉ là những nghiên cứu ngắn hạn. Kiểu canh tác giảm làm đất là để lại các phần thừa của cây trồng từ vụ trước ở trên mặt đất, nó sẽ làm thay đổi các tính chất vật lý và hoá học của đất, vì những phần cây trồng bỏ lại đó còn giữ độ ẩm, làm giảm sự thay đổi nhiệt độ và liên tục tạo lớp nền cho các loại nấm phát triển. Sự phong phú của các loài nấm tăng lên có thể là do nấm có khả năng vận chuyển chất dinh dưỡng từ đất vào trong lớp rơm rạ trên bề mặt, do sức chống chịu của chúng trong điều kiện độ pH thấp hơn, do nước tiềm ẩn sẵn có trong lớp rơm rạ trên bề mặt và do chúng có khả năng thâm nhập cũng như sử dụng các mảnh vụn hữu cơ phân hủy. Độ phong phú tương đối của nấm và các loài khác như giun tròn và nhiều nhóm động vật chân đốt nhỏ (ví dụ như Ve bét) ở hệ canh tác không làm đất thể hiện một diễn thế "*chín muồi*" hơn so với nơi chỉ có vi sinh vật chiếm ưu thế. Các loài chân đốt nhỏ ăn nấm có thể kích thích vi sinh vật phát triển, tăng cường sự phân hủy và cố định các chất dinh dưỡng.

2.8 Bón phân

Bón phân có thể ảnh hưởng đến sự phong phú của quần thể hoặc quần xã các động vật đất trung bình ở trong đất. Bản chất của sự tác động là do các yếu tố như chất lượng hoặc số lượng phân bón. Do đó, việc bón phân có thể ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến độ phong phú và sự đa dạng của động vật đất trung bình. Những sự thay đổi trong cấu trúc quần xã đến lượt nó lại tác động lên chức năng của hệ sinh thái.

Chất dinh dưỡng bón cho đất nông nghiệp có thể có nguồn gốc từ nhiên liệu hoá thạch hoặc các chất thải có nguồn gốc từ thực vật và động vật. Chất dinh dưỡng sẵn có ở cả 2 dạng, nhưng trong phân bón hữu cơ có chứa cả vi sinh vật và các nguồn thức ăn của chúng. Bón phân khoáng vô cơ sẽ làm suy giảm các quần thể Ve giáp và Bọ cánh cứng, các loài Giun tròn ăn rễ cây, ăn nấm, ăn tạp và ăn thịt. Số lượng Giun tròn ăn rễ cây có thể tăng lên khi tăng lượng phân đạm. Quần thể Bọ nhảy và các loài Giun tròn ăn vi khuẩn sẽ tăng lên khi bón phân khoáng, nhưng còn tăng hơn nhiều nếu bón thêm phân chuồng vì có chứa các vi sinh vật và chất hữu cơ. Tuy nhiên, trong đất lấn biển ở Hà Lan, độ phong phú và sinh khối của Giun tròn, Ve bét, Bọ đuôi bật ở các cánh đồng bón phân chuồng, rơm rạ, phân xanh lại tương tự như ở các cánh đồng bón rơm rạ và phân tổng hợp.

Động vật đất trung bình tập trung xung quanh khối phân xanh và các cành, quả hay vỏ cây rơi rụng. Quần thể giun tròn ăn nấm, trùng bánh xe, Bọ đuôi bật và đôi khi cả Ve bét trung bình tăng lên khi bón phân xanh. Một số tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của bảy loại phân bón hữu cơ lên khu hệ động vật nhỏ ở các cánh đồng cỏ linh lăng. Sự phản ứng của quần thể động vật chân đốt nhỏ với các thí nghiệm khác nhau biến đổi tuỳ theo ngày lấy mẫu, thể hiện các mối tương tác vô cùng phức tạp diễn ra trong đất. Phân gia cầm, phân cừu, phân ủ nhờ giun đất, chất cặn bã bùn bẩn ở đô thị, phân xanh cây dâu tằm, hoặc rơm nếu đem bón cho đất sẽ cung cấp thêm được 4% chất hữu cơ. Rơm là chất liệu bón duy nhất không làm suy giảm quần thể Ve bét, ở những lô thí nghiệm bón bằng bùn đặc đô thị thấy có ít ve bét hơn so với không bón bùn đặc.

Có thể thay đổi chất lượng rác thải động vật và thực vật bằng cách ủ lót. Ví dụ, bón phân ủ đã chín có thể làm tăng khả năng kìm hãm các sinh vật gây bệnh cho thực vật thông qua việc tăng cường tác dụng của các tác nhân kiểm soát sinh học. Loại nấm gây bệnh cho thực vật *Rhizoctonia solani* có thể gây ra bệnh làm khô đất khi bón phân tươi hoặc chưa ủ với hàm lượng xenlullo cao. Tuy nhiên, trong phân trộn đã ủ chín, xenlullo bị phân hủy và nấm kiểm soát sinh học *Trichoderma* có thể ký sinh lên sinh vật gây bệnh một cách có hiệu quả và do đó hạn chế được bệnh.

Một liều lượng lớn phân khoáng hoặc phân xanh có thể làm tổn hại cho động vật đất trung bình do chứa độc tố (ví dụ như amoniac)

hoặc do áp lực thẩm lọc cao gây ra bởi muối. Đặc tính không thấm của amoniac có thể ảnh hưởng bất lợi cho động vật không xương sống trong đất. Ảnh hưởng độc tố tiềm ẩn có thể hạn chế bằng cách bón phân xanh ủ với bùn. Tuy nhiên sự tích tụ kim loại nặng trong bùn dùng làm phân bón có thể giết chết giun tròn ăn thịt và ăn tạp.

Bón phân gây ảnh hưởng lên vi thực vật, do đó tác động gián tiếp lên động vật đất trung bình do nguồn thức ăn của chúng bị thay đổi. Việc bổ sung Nitơ có thể làm axít hoá đất và ngăn cản sự phát triển cũng như hoạt động của vi sinh vật. Nitơ cũng có thể ảnh hưởng đến chất lượng vi sinh vật là nguồn thức ăn cho động vật đất trung bình. *Booth và Anderson* đã nuôi 2 loài nấm trong môi trường lỏng với 2, 20, 200 hoặc 2000 ppm Nitơ và đã phát hiện ra sự sinh sôi nảy nở nhanh chóng của bọ đuôi bật *Folsomia candida* nhờ ăn nấm. Sự sinh sôi nảy nở tăng lên cùng với sự gia tăng hàm lượng nitơ ở mức 200 ppm, *F. candida* không thích ăn nấm với hàm lượng nitơ ít hơn hoặc nhiều hơn.

Ảnh hưởng của việc bón phân lên sự đa dạng và phong phú của các loài chân đốt nhỏ trong phạm vi các nhóm phân loại và những tác động kéo theo lên quá trình hoại sinh và khoáng hoá dinh dưỡng vẫn chưa được xác định rõ. Ví dụ, phân tổng hợp làm tăng tính đa dạng của Giun tròn, nhưng phân xanh lại làm giảm tính đa dạng của chúng. Cơ chế này cho thấy sự khác nhau vẫn chưa được làm rõ. Ví dụ ở Thụy Điển, việc bón phân nitơ tổng hợp trên đất trồng lúa mạch xuân *(Hordeum distichum L.)* đã làm thay đổi cấu trúc quần xã chứ không phải số lượng hay sinh khối của Giun tròn, Bọ đuôi bật và Ve bét. Trong một môi trường cụ thể, sự tăng tính đa dạng của động vật chân đốt nhỏ tỷ lệ thuận với sự tăng năng suất của lá, rễ cây và của vi sinh vật, hoặc nguồn thức ăn thông qua con đường bón phân. Điều chưa rõ là với mức độ phân giải nào thì các quần xã động vật đất sẽ có phản ứng trước những thay đổi về chức năng hệ sinh thái.

2.9 Thuốc trừ sâu

Thuốc trừ sâu là một cấu thành của canh tác hiện đại. Thuốc trừ sâu có thể xâm nhập vào đất bằng nhiều con đường: tưới, phun, theo nước mưa chảy tràn, di chuyển trong không khí cùng với bụi đất. Chất hữu cơ đóng vai trò chủ chốt trong việc kết hợp với thuốc trừ sâu

ở trong đất. Các axit humic và fulvic tham gia hầu hết các phản ứng kết hợp đó. Thuốc trừ sâu, các chất phân giải trung gian của chúng có thể ở dạng đa phân tử hoặc kết hợp vào chất mùn bằng phản ứng enzim của vi sinh vật đất. Xử lí đất bằng các loại thuốc diệt sinh vật nói chung như Methyl bromide làm suy giảm quần thể các vi sinh vật và gần như ức chế các loài Giun tròn. Mặc dù có sự phục hồi, mật độ quần thể có thể không trở lại với đất đã xử lí bằng thuốc sau thời gian tối đa 5 tháng. Sự xâm nhập của các thuốc diệt sinh vật làm đảo lộn tình trạng cải thiện đất, dẫn tới tình trạng nghèo kiệt, thế gốc của đất mà chỉ có những sinh vật sơ cấp mới có khả năng cư trú. Tuy nhiên, trong vòng 60 tuần sau khi phun thuốc vào trong đất và bón phân, có thể thấy sự phát triển vượt trội của các loài ở giai đoạn diễn thế sớm, sau đó là các loài chuyên hóa hơn và các nhóm ở giai đoạn diễn thế muộn hơn.

Thuốc diệt côn trùng phổ rộng dùng để phòng trừ sâu hại thường có tính độc hại đối với các loài chân đốt ký sinh và bắt mồi. Một lần phun trên bề mặt chlorpyrifos làm giảm quần thể các loài Ve bét bắt mồi trong các thửa cỏ ở Kentucky trong 6 tuần và tương tự với isofenphos làm giảm quần thể Ve giáp, Bọ đuôi bật, nhóm nhiều chân, rết, song túc trong 43 tuần.

Mật độ bọ đuôi bật ở trong đất đã xử lý thấp hơn trong đất không xử lý, nhưng chỉ có bộ Bọ đuôi bật *Athropleona* là bị ảnh hưởng, trong khi *Symphypleona* không bị ảnh hưởng mà còn xuất hiện nhiều hơn khi xử lý đất với *aldicarb*. Ve giáp *Mesostigmatidae* không xuất hiện trong 2 tháng đầu sau khi xử lý và số lượng của chúng bị giảm trong vòng 6 tháng. Sau 3 - 4 năm, số lượng lặp lại tương tự như khi không có xử lý. Có tác giả nêu rằng sự thay đổi thành phần loài đi kèm với xử lý aldicarb và được phân thành 3 nhóm phản ứng. Nhóm chân đốt nhỏ sống ở bề mặt ít bị ảnh hưởng hơn so với nhóm sống ở trong đất.

Các nhà nghiên cứu đã thử nghiệm tác dụng của Atrazine lên sinh trưởng và sinh sản của Bọ đuôi bật *Orchesella cincta*. Nồng độ gây chết của Atrazine (LC_{50}) là vào khoảng 224 µg trong thức ăn. Tỉ lệ chết và tần suất lột xác tăng cùng với hàm lượng atrazin tăng. Nồng độ không có tác dụng (NOEC) lên việc đẻ trứng của *O. cincta* là 40 µg . Số liệu phân tích ở 5 loài Bọ đuôi bật cho thấy nồng độ 2,7 µg /g có tác dụng gây hại trên 5% động vật không xương sống ở đất, tương đương

với tỉ lệ khuyến cáo áp dụng ngoài thực tế là 2,5 µg /g. Tác dụng của 7 loại thuốc diệt cỏ lên các loài chân đốt nhỏ và quá trình phân hủy cũng đã được nghiên cứu. Đối với một số nhóm chân đốt nhỏ không thấy tác dụng của bất kỳ loại thuốc diệt cỏ nào, nhưng quá trình phân hủy diễn ra nhanh hơn khi có sử dụng thuốc diệt cỏ.

Nhìn chung, thuốc diệt cỏ thuộc loại Axit phênoxy axêtic không trực tiếp làm suy thoái hệ động vật đất bằng tác dụng độc tố của nó, nhưng lại gián tiếp thông qua việc làm suy giảm thảm thực vật và làm tăng thêm các chất hữu cơ trong đất. Thuốc diệt cỏ Simazine thuộc loại Triazine có tính độc đối với hầu hết động vật đất.

Các hợp chất diệt nấm như Benomyl và dạng sản phẩm chuyển hóa của nó Carbendazim có tác dụng tiêu cực đối với khu hệ sinh vật đất cả khi ở nồng độ thấp. Sử dụng thuốc diệt nấm Captan cho đất ruộng làm giảm số lượng nấm hoại sinh và rệp ăn nấm so với không xử lý thuốc.

Có nhiều yếu tố tác động đến tính đa dạng và chức năng trong các hệ sinh thái đất nông nghiệp cao hơn. Khu hệ động vật đất ở những nơi trồng cây lâu năm có tính đa dạng và các quần xã thuộc loại diễn thế muộn cao hơn so với nơi trồng cây hàng năm. Rễ cây phát triển nhiều hơn và bền hơn ở cây lâu năm so với cây thường niên. Sự khác biệt giữa đất trồng cây lâu năm (ví dụ cỏ đuôi trâu cao cây *Festuca pratensis L.*) và đất trồng cây hàng năm (ví dụ cây đại mạch), đối với cây lâu năm dưới ba tuổi không rõ ràng như đối với cây nhiều tuổi hơn.

Ở các cánh đồng trồng cây thường niên, tính đa dạng của động vật đất được tăng cường khi sử dụng các biện pháp quản lý như luân canh, đa canh, hỗn canh, luân canh tăng vụ, xen canh. Thí dụ, quần thể Ve bét *Oribatid* và *Prostigmatid* và Bọ đuôi bật trong đất được luân canh lớn hơn so với không luân canh. Tuy nhiên, đa dạng quần xã giun tròn trong đất xen canh giữa Bí ngô và Dưa chuột với Linh lăng hay cây Chàm lông không lớn hơn so với trong hệ độc canh. Cần có nghiên cứu thêm để thấy được vai trò của đa dạng động vật đất ở các hệ canh tác không thuần nhất.

Các hệ thống nông nghiệp có tính phức tạp, hầu hết các nghiên cứu đã tập trung vào từng yếu tố đơn lẻ với nỗ lực là để tìm ra được các cơ chế chính yếu. Điều này không giúp chúng ta giải thích được

các yếu tố sinh học và môi trường tương hỗ với nhau ra sao khi tác động lên chức năng đa dạng sinh học trong đất. Khi vấn đề giảm sử dụng vật tư dựa trên nguyên liệu hóa thạch ngày càng được quan tâm, thì việc dựa vào các quá trình và chu trình tự nhiên sẽ phải tăng lên. Chúng ta để cho đất phục vụ chúng ta nhưng không làm tổn hại lại nó. Cần có nhiều nghiên cứu hơn nữa để xác định tác động của các biện pháp quản lý đa dạng và quan hệ lẫn nhau lên đa dạng sinh học, chu trình dinh dưỡng, quần thể sâu hại và năng suất cây trồng. Từ đó có thể phát huy tối đa khả năng của chúng ta trong việc điều khiển sản xuất nông nghiệp, tối ưu hóa năng suất cây trồng đồng thời tác dụng tích cực lên các sinh vật đất có ích và sự thể hiện chức năng của chúng.

Chương 3

Đa dạng sinh học, chức năng hệ sinh thái và quản lý sâu hại trong các hệ thống nông nghiệp

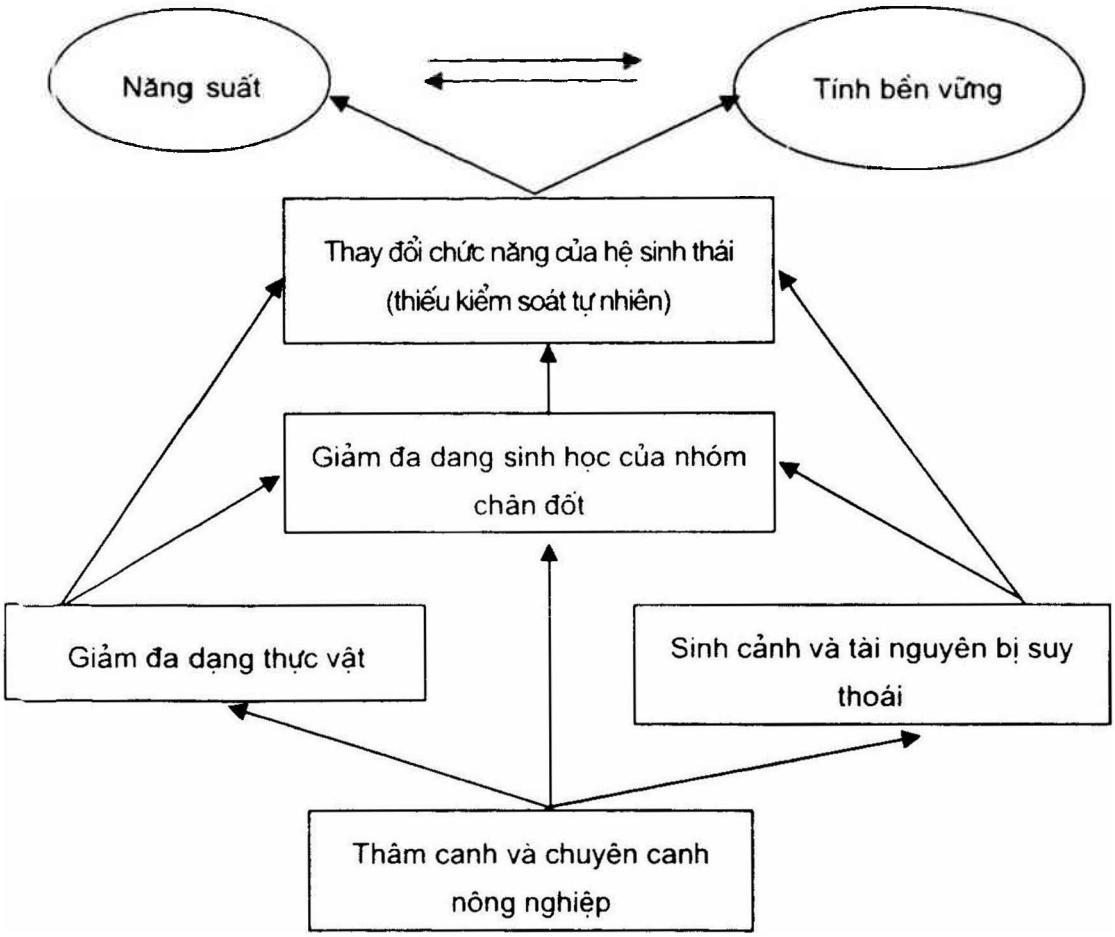
Tầm quan trọng của đa dạng sinh học đối với chức năng của các hệ thống nông nghiệp ngày càng được khẳng định một cách rõ ràng hơn. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, trong khi ở các hệ sinh thái tự nhiên sự điều khiển nội tại của chức năng là sản phẩm rõ rệt của đa dạng sinh học thực vật thông qua dòng năng lượng dinh dưỡng và thông qua cơ chế đồng vận sinh học, thì ở hệ nông nghiệp thâm canh, dạng điều chỉnh này bị đơn giản hoá và bị mất dần. Chính vì vậy, đối với nền nông nghiệp độc canh để đảm bảo được chức năng đó đòi hỏi phải có sự hỗ trợ bằng các vật tư hoá học. Việc lập ra các trại giống thương mại và cơ giới hoá thay thế cho các phương pháp gieo hạt tự nhiên; thuốc trừ sâu hoá học thay thế cho các biện pháp kiểm soát tự nhiên đối với cỏ dại, sâu bệnh hại; chuyển ghép gen thay thế cho các quá trình tiến hoá và chọn lọc tự nhiên của hệ thực vật. Thậm chí dinh dưỡng tự nhiên của cây trồng cũng bị thay đổi và độ màu của đất được duy trì không phải thông qua chu trình dinh dưỡng mà bằng phân bón.

Một trong những lý do quan trọng nhất để duy trì và khuyến khích đa dạng sinh học tự nhiên là bởi vì nó mang nhiều chức năng dịch vụ sinh thái. Trong các hệ sinh thái tự nhiên, lớp thực bì che phủ một cánh rừng hay một đồng cỏ ngăn không cho đất bị xói mòn, cung cấp nước mặt và khống chế lũ lụt bằng cách tăng cường thẩm thấu và giản tốc độ dòng chảy. Trong các hệ nông nghiệp, đa dạng sinh học chỉ còn chức năng sản xuất lương thực, nguyên liệu, nhiên liệu và tăng thu nhập. Thí dụ như chu trình dinh dưỡng, điều hoà tiểu khí hậu, điều tiết các quá trình thủy văn, điều khiển sự dư thừa của

những sinh vật không mong đợi, giải độc các hoá chất độc hại; những quá trình tái tạo và dịch vụ hệ sinh thái này phần lớn là sinh học, vì vậy sự bền vững của chúng phụ thuộc vào mức độ phong phú của đa dạng sinh học. Khi các dịch vụ tự nhiên này bị mất đi do đơn giản hoá đa dạng sinh học thì chi phí bảo vệ môi trường và sự thiệt hại kinh tế sẽ hoàn toàn không nhỏ. Về mặt kinh tế, nền nông nghiệp sẽ phải mang gánh nặng đầu tư cho cây trồng các vật tư mang chi phí ngoại biên. Vì các hệ sinh thái nông nghiệp đã bị tước đi các thành phần chức năng cơ bản nên không có khả năng cung cấp chất màu cho đất và kiểm soát sâu bệnh hại. Thường thì sự thiệt hại kinh tế đó là do chất lượng lương thực và cuộc sống vùng nông thôn bị suy giảm; chất lượng nông sản, đất, nước cũng bị suy giảm do đất bị xói mòn và do bị ô nhiễm bởi thuốc trừ sâu hoặc nitơrat.

Không có nơi nào mà hậu quả của sự suy giảm đa dạng sinh học được thấy rõ như đối với lĩnh vực quản lý dịch hại nông nghiệp. Sự mất ổn định của các hệ sinh thái nông nghiệp trở nên rõ ràng khi ngày càng có nhiều vấn đề dịch hại trầm trọng xảy ra có liên quan tới sự mở rộng độc canh làm mất các loài thực vật tự nhiên, làm giảm đa dạng sinh cảnh bản địa. Các quần xã thực vật bị cải biến để đáp ứng nhu cầu riêng của con người đã trở thành mục tiêu tấn công của sâu bệnh. Nói chung, càng có nhiều quần xã thực vật như vậy bị biến đổi thì càng xuất hiện nhiều sâu bệnh hại nghiêm trọng hơn. Những ảnh hưởng của sự suy giảm đa dạng cây trồng lên khả năng chống đỡ đối với các loại sâu hại thực vật và bệnh hại được đề cập nhiều trong các tài liệu nghiên cứu về nông nghiệp. Sự suy giảm nghiêm trọng về đa dạng cây trồng gây ra hậu quả bệnh hại có thể ảnh hưởng xấu đến chức năng hệ sinh thái đưa đến hậu quả xa hơn đối với năng suất nông nghiệp và tính bền vững (hình 4).

Trong các hệ sinh thái nông nghiệp, những bằng chứng thực nghiệm chỉ ra rằng có thể sử dụng đa dạng sinh học để cải thiện việc quản lý sâu hại. Một vài nghiên cứu cũng đã cho thấy có thể ổn định các quần xã côn trùng trong các hệ sinh thái nông nghiệp bằng cách kiến tạo những cơ cấu cây trồng hỗ trợ cho quần thể các loài thiên địch hoặc tác động ngăn cản trực tiếp lên các loài cây bị sâu hại. Chương này sẽ phân tích các phương án khác nhau khi thiết kế hệ sinh thái nông nghiệp dựa trên lý thuyết sinh thái nông nghiệp để đề xuất phương án sử dụng tối ưu và tăng cường chức năng của tính đa dạng sinh học trên đồng ruộng.



Hình 4

Ảnh hưởng của thâm canh lên đa dạng sinh học và chức năng trong các hệ sinh thái nông nghiệp liên quan tới vai trò đa dạng sinh học của nhóm chân đốt cỡ trung bình

3.1 Bản chất và chức năng của đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái nông nghiệp

Tính Đa dạng sinh học bao hàm tất cả các loài thực vật, động vật và vi sinh vật đang tồn tại và tương tác lẫn nhau trong hệ sinh thái. Trong các hệ sinh thái nông nghiệp, các loài giúp thụ phấn, thiên địch, giun đất và các vi sinh vật đất là những hợp phần chính của tính đa dạng sinh học, đóng vai trò như là các dịch vụ sinh thái quan trọng: cầu nối của các quá trình tổ hợp gen, kiểm soát quần thể theo các quy luật tự nhiên, tuần hoàn dinh dưỡng và phân hủy (hình 5).

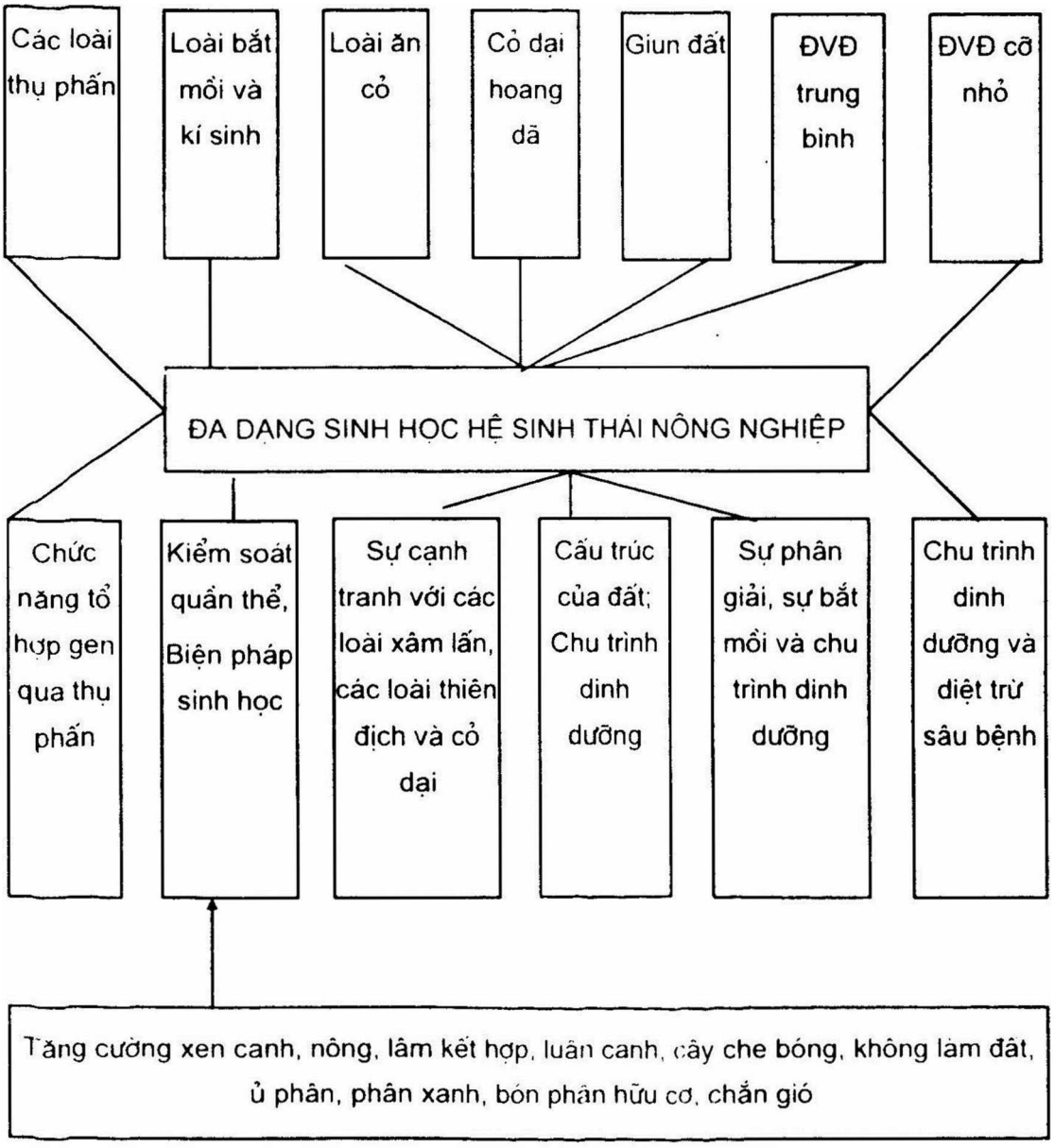
Kiểu và mức độ giàu về đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái nông nghiệp sẽ khác nhau về tuổi, tính đa dạng, cấu trúc và kiểu quản lý. Thực tế, có một sự khác biệt khá lớn về hình thái sản xuất nông học và sinh thái học cơ bản trong các hệ sinh thái nông nghiệp đặc thù. Nhìn chung, mức độ đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái nông nghiệp phụ thuộc vào bốn đặc điểm chính của hệ sinh thái nông nghiệp như sau:

1. Tính đa dạng thực vật trong và xung quanh hệ sinh thái nông nghiệp.
2. Tính ổn định của các cây trồng khác nhau trong hệ sinh thái nông nghiệp.
3. Mức độ quản lý.
4. Mức độ cách ly của hệ sinh thái nông nghiệp đối với các loài thực vật hoang dã.

Các hệ sinh thái nông nghiệp thường thì càng có tính đa dạng cao, càng ổn định, càng biệt lập và ít sử dụng công nghệ vật tư (hệ sinh thái nông, lâm kết hợp, các kiểu canh tác truyền thống) sẽ càng có nhiều lợi thế nhờ vào các quá trình sinh thái phù hợp với tính đa dạng sinh học cao hơn so với các hệ đơn giản, phụ thuộc nhiều vào vật tư năng lượng hoá thạch bổ sung và dễ bị nhiễu loạn (đó là các kiểu canh tác độc canh như: rau, cây hoa màu hoặc vườn cây ăn quả thuần loại).

Tất cả các hệ sinh thái nông nghiệp đều ở trạng thái động và là đối tượng quản lý ở những cấp độ khác nhau. Vì vậy, cơ cấu cây trồng vào những thời gian và không gian khác nhau sẽ luôn thay đổi về các yếu tố sinh học, văn hoá, kinh tế - xã hội và môi trường. Những thay đổi về cảnh quan như vậy sẽ quy định mức độ không đồng nhất về thời gian và không gian của các vùng sản xuất nông nghiệp, trở thành điều kiện để tính đa dạng sinh học thể hiện theo hướng có thể hoặc không thể có lợi cho việc quản lý sâu hại của từng hệ sinh thái nông nghiệp. Như vậy một trong những thách thức chính đối với các nhà sinh thái nông nghiệp hiện nay là phải xác định được các kiểu tổ hợp đa dạng sinh học (ở mức độ đồng ruộng hoặc cảnh quan) để tạo ra những kết quả sản xuất nông nghiệp như mong đợi (ví dụ như kiểm soát sâu bệnh). Thách thức này chỉ có thể giải quyết được, khi có những nghiên cứu phân tích sâu hơn về mối quan hệ giữa mức độ đa

dạng hóa cây trồng với biến động quần thể của các loài thiên địch và sinh vật ăn thực vật, khi xác định rõ được hiện trạng môi trường với khu hệ côn trùng và tính đa dạng cũng như mức độ phức tạp của các hệ nông nghiệp.

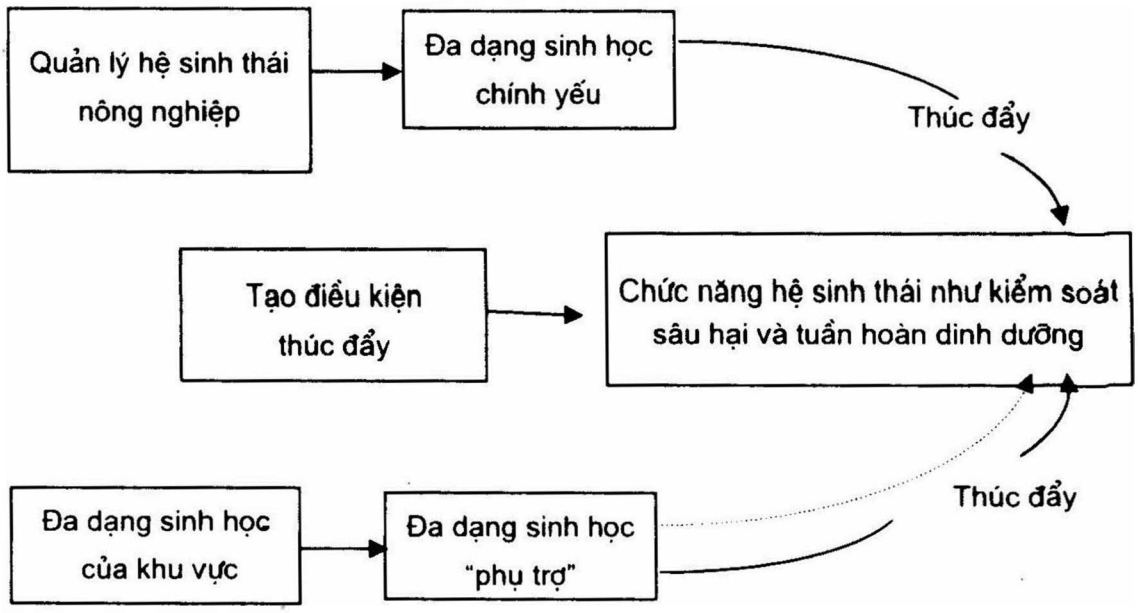


Hình 5

Thành phần, chức năng và các chiến lược tăng cường đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái nông nghiệp

Theo một số nhà nghiên cứu thì có hai cấu thành đặc trưng của đa dạng sinh học có thể nhận biết được trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Cấu thành thứ nhất là đa dạng có quy hoạch, là sự đa dạng được tạo thành từ cây trồng và vật nuôi do người nông dân chú ý đưa

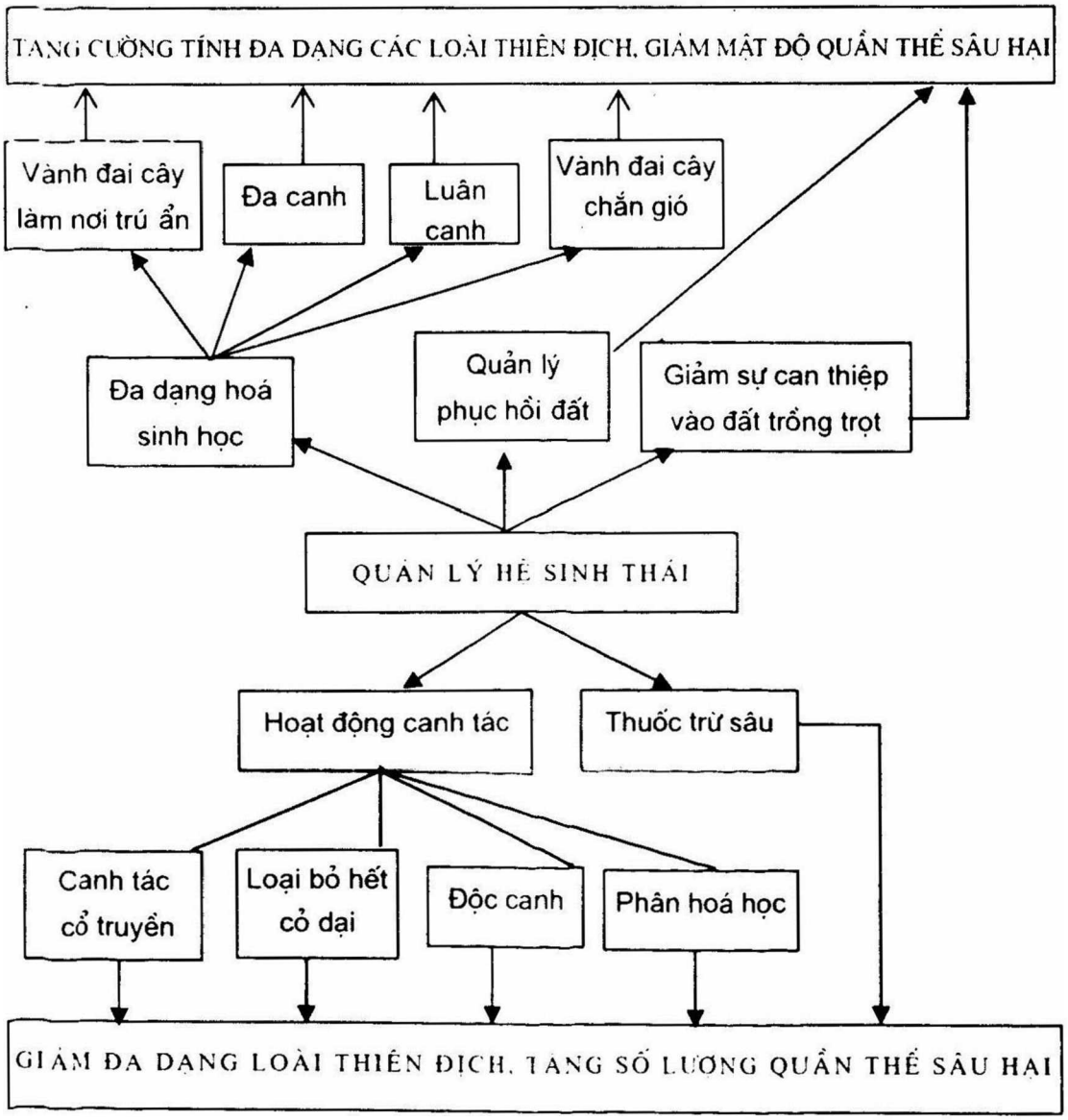
vào hệ sinh thái nông nghiệp, và nó sẽ thay đổi tùy thuộc vào kiểu quản lý và cơ cấu cây trồng theo không gian, thời gian. Cấu thành thứ hai là đa dạng sinh học "*cộng hưởng*", bao gồm các loài sinh vật đất, các loài dị dưỡng bằng thực vật, dị dưỡng bằng động vật và các sinh vật phân hủy cùng với các yếu tố môi trường hợp thành hệ sinh thái nông nghiệp và sẽ phát triển nhanh chóng tuỳ thuộc vào cấu trúc và cách quản lý. Mối liên hệ giữa hai cấu thành đa dạng sinh học được minh họa ở hình 6. Đa dạng sinh học chính yếu có chức năng trực tiếp được thể hiện bằng mũi tên bôi đậm nối giữa phần đa dạng sinh học quy hoạch với chức năng sinh thái. Đa dạng sinh học "*phụ trợ*" có chức năng bảo tồn nhưng được thực hiện thông qua đa dạng sinh học chính yếu. Như vậy, đa dạng sinh học chính thức cũng có chức năng gián tiếp thể hiện bằng ·····▸ ở hình vẽ, được nhận biết thông qua sự ảnh hưởng của nó lên đạ dạng sinh học "*phụ trợ*". Thí dụ, các cây to trong hệ thống nông, lâm kết hợp tạo bóng che cho các cây ưa bóng phát triển. Như vậy, chức năng trực tiếp của loài thứ hai (cây to) là tạo bóng che. Trên các cây to có thể kéo theo các loài ong ký sinh đến tìm kiếm mật hoa. Những con ong này cũng có thể là những vật ký sinh tự nhiên trên các loài sâu hại thường xuyên phá hoại mùa màng. Những con ong này là một bộ phận của đa dạng sinh học "*phụ trợ*". Cây to tạo bóng (chức năng trực tiếp) và hấp dẫn ong (chức năng gián tiếp).



Hình 6

Mối quan hệ giữa đa dạng sinh học chủ yếu (dựa trên các cách quản lý, các hệ sinh thái nông nghiệp) và đa dạng sinh học phụ trợ duy trì chức năng hệ sinh thái

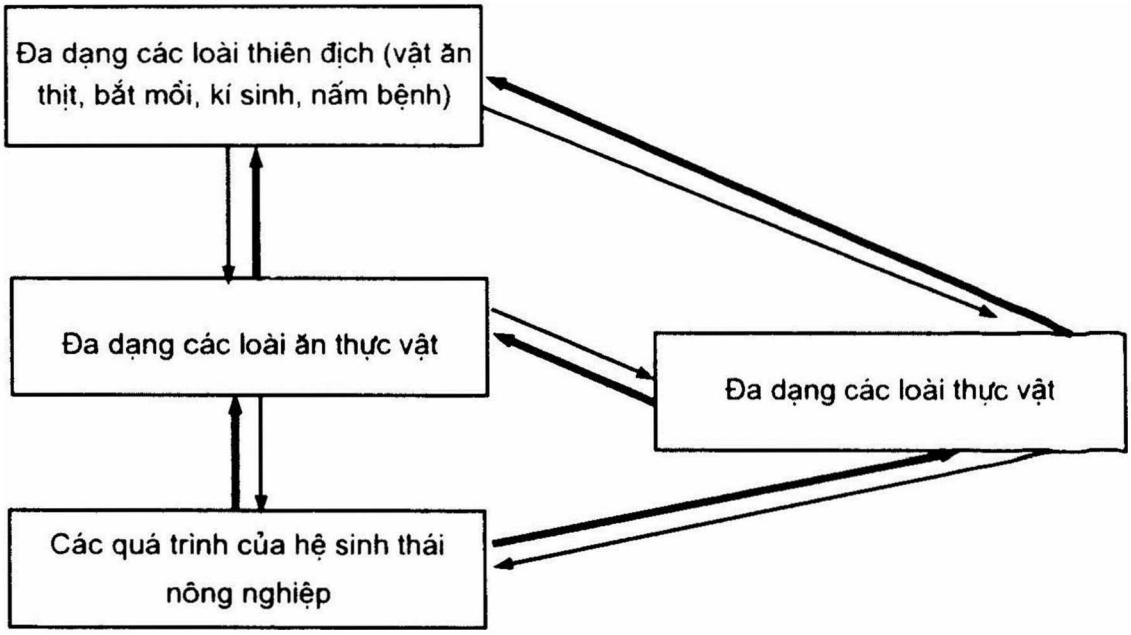
Vấn đề mấu chốt là phải xác định được kiểu đa dạng sinh học có thể duy trì hoặc tăng cường để thực hiện các dịch vụ sinh thái, và phải xác định được cách tốt nhất để có thể tăng cường được các thành phần mong đợi của đa dạng sinh học. Hình 7 minh họa nhiều dạng phát triển nông nghiệp có tiềm năng tăng cường chức năng đa dạng sinh học và các hình thức khác gây tác động tiêu cực. Mục tiêu ở đây là áp dụng các kiểu quản lý tốt nhất để tăng cường hoặc tái tạo kiểu đa dạng sinh học có thể hỗ trợ tính bền vững của hệ sinh thái nông nghiệp thông qua các dịch vụ sinh thái như kiểm soát sinh học sâu bệnh, tuần hoàn dinh dưỡng, bảo vệ đất và nước.



Hình 7
Ảnh hưởng của các phương thức quản lý hệ sinh thái nông nghiệp và các kiểu canh tác làm tăng tính đa dạng sinh học các loài thiên địch và giảm mức độ phong phú của sâu hại

3.2 Các kiểu đa dạng sinh học của động vật chân đốt trong các hệ sinh thái nông nghiệp

Đa dạng loài chân đốt có mối quan hệ đồng thuận với đa dạng cây trồng trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Càng nhiều chủng loại cây trồng trong một hệ canh tác nào đấy thì càng thu hút nhiều loài côn trùng ăn thực vật và như vậy đa dạng các loài bắt mồi và ký sinh càng cao hơn (hình 8). Tính đa dạng, phong phú hơn có thể đóng một vai trò chính trong việc tối ưu hóa các quá trình và chức năng của các hệ sinh thái nông nghiệp.



Hình 8

Quan hệ giữa thực vật, đa dạng loài động vật chân đốt và các quá trình của hệ sinh thái nông nghiệp. Độ đậm mũi tên chỉ lượng thông tin tương đối thu được, thí dụ về phản ứng của các quần thể ăn thực vật đối với sự phong phú của các loài thực vật đã nghiên cứu mạnh hơn so với chiều ngược lại

Kết quả nghiên cứu đã đem lại những cơ sở khoa học hỗ trợ cho kết luận rằng: hệ thống cây trồng càng đa dạng thì càng tăng được tính đa dạng của các loài chân đốt có lợi.

1. *Lý thuyết về sự khác biệt tính di truyền*: Các sinh cảnh cây trồng đa dạng về cơ cấu sẽ tạo điều kiện phát triển cho nhiều loài hơn so với các sinh cảnh đơn giản. Về cấu trúc, sự phong phú các loài thực vật và tiếp theo là các loài ăn thực vật, các loài ăn thịt, ký sinh, nấm

và vi sinh vật khác sẽ tạo nên sự khác biệt nhiều hơn về di truyền, tạo nguồn sinh khối lớn hơn, tạo nên lưới dinh dưỡng phức tạp và bền vững hơn, tạo khả năng chống chịu đối với sự biến đổi của các yếu tố môi trường cao hơn so với phương thức canh tác độc canh có cấu trúc đơn giản trên một vùng. Rõ ràng là cả đa dạng sinh học loài lẫn đa dạng cấu trúc đều quan trọng trong việc xác lập nên sự đa dạng các loài côn trùng thiên địch của sâu hại.

2. *Lý thuyết về sự bắt mồi*: Khi càng có nhiều loài bắt mồi và ký sinh trong các tập đoàn cây trồng thì sẽ làm giảm mật độ vật mồi là các loài sâu hại đến một mức thấp nhất, dưới mức ngưỡng gây thiệt hại kinh tế. Khi mật độ vật mồi giảm thì số lượng của thiên địch cũng giảm theo và nếu có sự đột biến về các yếu tố sinh thái thì rủi ro phát dịch sâu bệnh là khó kiểm soát.

3. *Lý thuyết về năng suất*: Các nghiên cứu cho thấy trong một số trường hợp đa canh mang lại năng suất cao hơn so với độc canh. Năng suất cao hơn này có thể tạo ra đa dạng côn trùng cao hơn khi số lượng nguồn thức ăn sẵn có cho các loài ăn thực vật và tiếp đó là thiên địch tăng lên.

4. *Lý thuyết về tính ổn định và phân bổ tài nguyên theo thời gian*: Lý thuyết này giả định rằng năng suất sơ cấp ổn định hơn và có thể dự đoán được trong nền đa canh so với nền độc canh. Sự ổn định sản xuất này cùng với tính khác biệt di truyền về mặt không gian giữa các đồng ruộng phức tạp sẽ khiến các loài sâu hại bị phân chia theo không gian và thời gian, tạo ra sự cùng tồn tại của nhiều loài sâu bệnh hại.

Cần phải có những nghiên cứu sâu hơn để xác định xem liệu sự đa dạng loài côn trùng có đi liền với đa dạng thực vật và năng suất của các quần xã thực vật, hay đơn thuần chỉ phản ánh tính khác biệt di truyền về không gian, xuất hiện do sự tổ hợp các cây trồng theo các cơ cấu khác nhau.

Một vài yếu tố môi trường ảnh hưởng đến sự đa dạng sinh học, sự phong phú và hoạt động của các loài sinh vật ký sinh và bắt mồi trong các hệ sinh thái nông nghiệp, đó là: các điều kiện vi khí hậu, sự sẵn có thức ăn (nước, vật chủ, vật bắt mồi, phấn hoa, mật hoa), nhu cầu về sinh cảnh (nơi trú ngụ, nơi làm tổ, nơi sinh sản), cạnh tranh trong và giữa các loài sinh vật. Tác động của mỗi yếu tố môi trường thay đổi

theo cơ cấu cây trồng về không gian, thời gian và mức độ thâm canh vì những đặc điểm này tác động đến sự khác biệt về tính di truyền trong các hệ sinh thái nông nghiệp theo nhiều cách.

Mặc dù các loài thiên địch dường như thay đổi cách phản ứng một cách rộng rãi với cơ cấu cây trồng, mật độ và sự phát tán. Các bằng chứng thực nghiệm cho thấy các thông số cấu trúc của các hệ sinh thái nông nghiệp (đa dạng cây trồng, mức độ đầu tư) có ảnh hưởng đến động học và đa dạng của các loài bắt mồi và ký sinh. Một vài trong số các thông số này có liên quan đến đa dạng sinh học và hầu hết không thể quản lý được (mùa màng kéo theo đa dạng cỏ dại, đa dạng gen). Dựa trên những thông tin có được, đa dạng sinh học các loài thiên địch có thể được tăng cường và phát huy hiệu quả bằng cách:

- Đưa một loạt loài ký sinh và vật bắt mồi nhập cư bằng cách nhân nuôi và phóng thích hàng loạt.
- Giảm tỷ lệ chết trực tiếp bằng cách hạn chế phun thuốc trừ sâu.
- Cung cấp thêm các nguồn thức ăn phụ và vật chủ phụ ngoài vật chủ/vật mồi chính.
- Tăng cường đa dạng thực vật trong và xung quanh đồng ruộng.
- Tạo sức đề kháng cao cho cây chủ bằng cách gieo trồng các giống cây tốt, chăm sóc đúng kỹ thuật, sử dụng hợp lý các chất kích thích tăng trưởng.
- Sử dụng các hóa chất xua đuổi, chất gây ngán để thay đổi tập tính dinh dưỡng của các loài sâu hại và hấp dẫn thiên địch.

3.3 Đa dạng thực vật và sự ổn định về số lượng của các loài côn trùng gây hại trong các hệ sinh thái nông nghiệp

Từ đầu những năm 1970, các kết quả nghiên cứu thử nghiệm đã chứng minh được rằng đa dạng hóa cây trồng thường làm giảm mật độ của các quần thể sâu hại và động vật ăn hại thực vật. Hầu hết các thử nghiệm đều cho thấy trong hệ canh tác độc canh thường có nhiều loài sâu hại chuyên hoá hơn so với hệ thống nông nghiệp có nhiều loại cây trồng khác nhau. Trong những hệ thống đơn giản

này, các loài ăn thực vật có mật độ tập trung cao hơn, sức sinh sản cao hơn, thời gian gây hại lâu hơn do ít phải cạnh tranh thức ăn và ít bị thiên địch tiêu diệt.

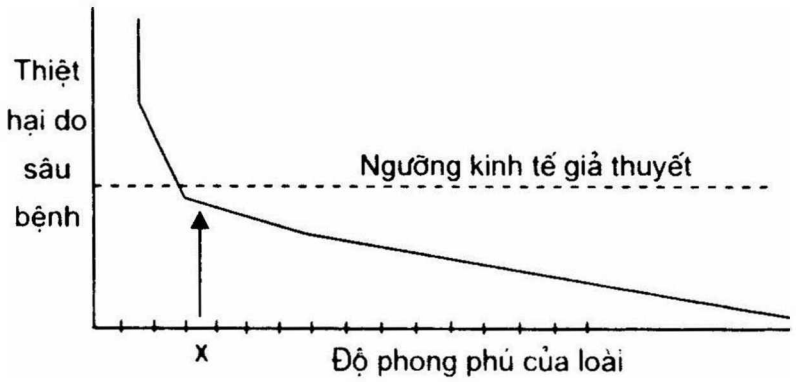
Trong các hệ thống xen canh, có nhiều yếu tố có thể giúp chống lại sự tấn công của sâu hại. Cây chủ có thể tránh khỏi sự tấn công của sâu hại nhờ sự có mặt của các loài thực vật khác tạo nên hàng rào ngụy trang hay vật cản tự nhiên. Trồng xen cải bắp với khoai tây sẽ làm giảm sự tấn công của sâu tơ, hay khi trồng xen ngô với đậu và bí ngô sẽ có tác động tương tự lên loài sâu đục thân ngô. Mùi thơm của một số loài cây có thể làm nhiễu tập tính tìm kiếm thức ăn của các loài sâu hại. Vành đai cỏ có thể ngăn chặn rầy xanh tấn công cây chè và chất kích thích hóa học từ cây hành làm lạc hướng tìm thức ăn của bọ hung hại dứa. Từ những kết quả đã xác định thành công 7 cây trồng áp dụng trong phòng trừ sâu hại.

Nhìn chung, mỗi loài cây trồng trong hệ thống xen canh đều có thể là bẫy cây trồng hay mồi nhử. Cỏ linh lăng trồng rải rác trên cánh đồng bông ở California được dùng làm bẫy diệt rệp bông *Lygus*. Làm như vậy, chi phí sản xuất có thể gia tăng nhưng dễ hơn nhiều so với việc áp dụng các biện pháp phòng trừ. Tương tự như vậy, cải bắp trồng xen với đậu, cỏ linh lăng, hoặc rau chân vịt sẽ đỡ bị sâu xanh và rệp cải gây hại và mật độ thiên dịch gia tăng đáng kể.

Hai giả thuyết lý giải về sự suy giảm mức độ phong phú của các loài ăn thực vật trong hệ thống đa canh - giả thuyết về cây thức ăn không tập trung và giả thuyết về thiên dịch - đã xác định các cơ chế quan trọng kiểm soát sâu hại trong các hệ đa canh. Các giả thuyết này giải thích tại sao có sự khác nhau về cơ chế giữa các hệ thống canh tác và đề xuất những tổ hợp các cây trồng có thể hoặc không thể góp phần nâng cao hiệu quả kiểm soát trong từng điều kiện quản lý và sinh thái nông nghiệp. Theo những lý thuyết này thì sự suy giảm sâu bệnh ngẫu nhiên ở các hệ đa canh có thể là do số lượng và năng lực của vật bắt mồi và vật ký sinh tăng lên. Sự tập trung và sinh sản của sâu bệnh giảm, việc sử dụng hóa chất giảm, có sự bảo vệ hoặc chăm sóc cây trồng khác ngoài cây chủ, ngăn cản sự di chuyển hay di nhập của sâu bệnh, có sự cân bằng tối ưu giữa sâu bệnh và thiên địch.

Một nghiên cứu thử nghiệm thành công gần đây, trong đó đa dạng loài được kiểm soát trực tiếp trong các hệ thống đồng cỏ, phát

hiện ra rằng năng suất của hệ sinh thái được tăng lên và độ phì của đất được sử dụng triệt để hơn khi có đa dạng loài lớn hơn, giảm bớt mất mát của hệ sinh thái. Trong các hệ sinh thái nông nghiệp sẽ có cùng kết quả khi áp dụng để kiểm soát sâu bệnh hại, số lượng sâu hại và thiệt hại mùa màng sẽ giảm khi trồng nhiều loài cây trên cùng một cánh đồng. Người ta đã chứng minh được rằng khi đa dạng cây trồng tăng lên, thiệt hại bởi sâu bệnh có xu hướng trở về mức có thể chấp nhận được, kết quả là sản lượng của các cây trồng ổn định hơn (hình 9). Rõ ràng, các hệ sinh thái nông nghiệp càng đa dạng thì sự đa dạng càng tồn tại lâu hơn nhờ sự cân bằng sinh học được xác lập ổn định. Tuy vậy, một điều hiển nhiên là, tính ổn định đó của quần thể không chỉ phụ thuộc vào sự đa dạng dinh dưỡng mà còn phụ thuộc vào bản chất thực sự của các cấp độ dinh dưỡng và sự gia tăng mật độ sâu hại. Nói cách khác, tính ổn định sẽ phụ thuộc vào sự phản ứng chính xác của bất kỳ mối liên kết dinh dưỡng nào trước sự gia tăng về số lượng loài sâu hại. Như vậy, sự đa dạng chọn lọc không chỉ là tập hợp ngẫu nhiên các loài, mà còn là yếu tố quyết định tới sự quản lý sâu hại theo như mong muốn.

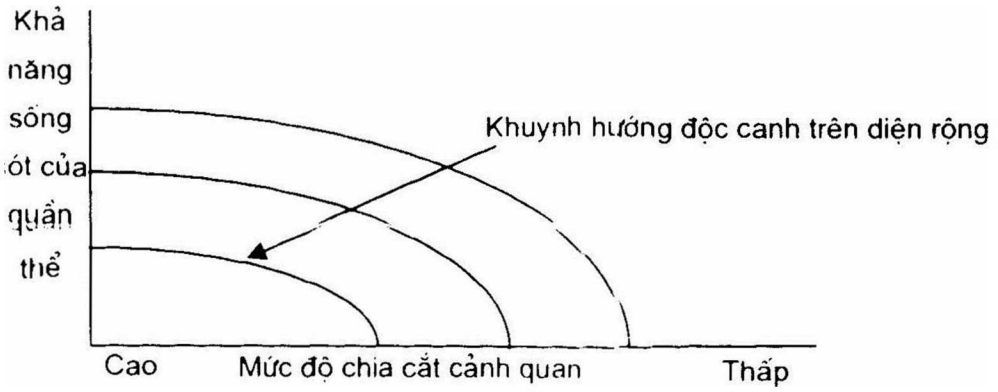


Hình 9

Xu hướng giả thuyết của quy luật hay sự giảm thiệt hại do sâu hại khi số loài cây chủ tăng lên trong hệ sinh thái nông nghiệp. "Giá trị X" thể hiện mức độ mà ở đó hàm tập trung của loài với các thuộc tính kiểm soát tự nhiên được thiết lập

Trên quan điểm thực tế, việc thiết kế các biện pháp dẫn dụ sâu hại trong các hệ sinh thái nông nghiệp đa canh sẽ dễ dàng hơn khi sử dụng các nguyên tắc trong giả thuyết thiên địch hơn là áp dụng các nguyên tắc trong giả thuyết cây thức ăn không tập trung. Hiện tại

chúng ta không thể xác định được các trạng thái sinh thái hay các dấu vết sống trong quá khứ đã khiến loài sâu hại này nhạy cảm (ví dụ, sự di chuyển của chúng bị tác động bởi các phương thức canh tác) còn loài khác thì không nhạy cảm trước các kiểu canh tác. Các hệ độc canh có môi trường không thuận lợi cho côn trùng có ích hoạt động hiệu quả vì các hệ thống đó thiếu các nguồn phù hợp cho hoạt động của thiên địch, ngoài ra còn bị chi phối bởi tác động của các hoạt động canh tác trong hệ thống đó. Hệ thống đa canh chứa đựng các nguồn tài nguyên đặc trưng tạo nên bởi đa dạng thực vật và thường không bị nhiễu loạn bởi các chất phòng trừ sâu hại (đặc biệt khi được quản lý bởi những người nông dân nghèo không có khả năng sử dụng công nghệ và vật tư nông nghiệp giá cao). Hệ đa canh cũng dễ dàng dẫn dụ côn trùng hơn. Trong đa canh, việc lựa chọn một nhóm cây trồng cao hay thấp, thành thục sớm hay muộn, ra hoa hay không ra hoa, cây trồng xen hay không trồng xen với hoa màu có thể tăng cường hay giảm bớt tác động của từng hệ thống xen canh lên từng loài sâu hại. Như vậy, bằng cách thay thế hay thêm đa dạng thực thụ vào các hệ thống hiện có, có thể dẫn tới những thay đổi về đa dạng sinh cảnh, từ đó làm tăng số lượng và hiệu quả hoạt động của các loài thiên địch đối với cả loài sâu hại.



Hình 10

Các tác động của sự phân cắt cảnh quan lên khả năng tồn tại của các quần xã thiên địch trong những hệ sinh thái nông nghiệp ở các quy mô và mức độ thâm canh khác nhau

3.4 Các kiểu cấu trúc cảnh quan và đa dạng sinh học côn trùng

Một xu thế không mong đợi đi kèm với việc mở rộng phương thức độc canh trong nông nghiệp là làm mất đi các loài thực vật tự nhiên ở xung quanh tức là những loài có đóng góp vào đa dạng sinh học và cảnh quan. Hậu quả là toàn bộ sinh cảnh của động vật chân đốt có ích và các thiên địch của sâu hại bị giảm đi đáng kể. Về lý thuyết, tác động của sự phân cắt sinh cảnh lên sự sinh tồn của các loài thiên địch trong hệ sinh thái nông nghiệp được thể hiện ở hình 10. Mối liên quan giữa sự mất mát sinh cảnh với sự kiểm soát sinh học sâu hại có thể là rất quan trọng. Qua những nghiên cứu đã cho thấy số lượng sâu hại tăng lên trong các hệ thống nông nghiệp độc canh. Các dữ liệu đã chứng minh rằng số lượng loài cũng như mật độ thiên địch được tăng cường và sự kiểm soát sinh học đạt hiệu quả hơn ở nơi mà thảm thực vật hoang dã vẫn còn (ví dụ ở ven cánh đồng) và xen lẫn với cây trồng. Những sinh cảnh này có thể quan trọng hơn như là nơi trú đông cho loài vật bắt mồi, hay là nơi cung cấp nguồn thức ăn, như phấn và mật hoa cho các loài ký sinh và vật bắt mồi.

Hiện tại ở châu Âu người ta đang đặc biệt quan tâm đến các đặc điểm của "*hệ cảnh quan bờ ruộng*" và các cảnh quan khác, liên quan đến sự có mặt, sự phân bố và hoạt động sống của các loài sâu hại cũng như thiên địch của chúng (*FAO, 1990*). Các nghiên cứu đều cho thấy thảm cây cỏ bờ ruộng hoặc trên đất bỏ hoá bên rìa cánh đồng là kho chứa các loài thiên địch của sâu hại. Nhiều nghiên cứu cũng đã đã ghi nhận sự di chuyển của các loài chân đốt có ích từ rìa cánh đồng vào bên trong và cho thấy sự kiểm soát sinh học ở khu vực cây trồng gần rìa thường cao hơn khu vực cây trồng giữa cánh đồng.

Trong nhiều trường hợp, cỏ dại và thực vật tự nhiên ở bờ ruộng đã là nơi chứa dựng các loài vật chủ/vật mồi cho các loài thiên địch (cung cấp nguồn thức ăn theo mùa), bù đắp các khoảng trống trong vòng đời của động vật chân khớp bắt mồi và sâu hại cây trồng. Một thí dụ kinh điển là trường hợp của loài ong ký sinh trùng *Anagrus epos*, là loài kiểm soát rất hiệu quả rầy hại lá nho *Erythroneura elegantula*, vốn phát triển rất mạnh ở các vùng gần ruộng nho bị cây dâu đất hoang dại (*Rubus sp.*) xâm chiếm. Loài rầy *Dikrella cruentata*

đẻ trứng trên lá cây dâu đất vào mùa đông. Các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng các vườn mận Pháp ở gần các cánh đồng nho là nơi trú đông của ong ký sinh và hoạt động ký sinh của chúng sớm được phát huy trên các cánh đồng có cây mận trồng ở phía đầu gió trước cánh đồng nho.

Nghiên cứu ở miền Bắc California cho thấy có sự di chuyển đáng kể của các loài thiên địch của sâu hại từ các rừng gỗ vào các vườn táo ở gần kề (*UNDP, 1992*). Đối với các vườn cây sạch (hữu cơ) thì tốc độ xâm nhập của các loài thiên địch từ các rừng cây gỗ lớn gần kề cao hơn so với các vườn cây có phun thuốc trừ sâu. Một số loài bắt mồi và ký sinh tập trung ở các bìa rừng gỗ di chuyển dần đến ranh giới của vườn và sau đó xâm nhập vào bên trong vườn. Điều đó cho thấy rằng phát triển của các quần thể thiên địch của sâu hại vườn táo bị chi phối bởi thảm thực vật tự nhiên ở xung quanh.

Hiện nay, phát triển nông nghiệp ở vùng ôn đới, trong đó khuyến khích các loài thiên địch của sâu hại cùng với việc giảm sử dụng thuốc trừ sâu, đang được áp dụng bằng cách trồng các loài cây có hoa vào các khoảnh đất xung quanh hoặc xen giữa cánh đồng để bảo vệ các loài thiên địch. Tại nước Anh, hàng trăm loài vật bắt mồi và vật ký sinh có ích tiềm tàng có thể sống trong hoặc bên cạnh các cánh đồng ngũ cốc. Chúng hầu hết bị chết khi phun thuốc trừ sâu. Nhưng nếu sinh cảnh bảo tồn được áp dụng theo hướng tăng đa dạng thực vật, thì nhu cầu phun thuốc trừ sâu có thể giảm đáng kể. Khi các dải cỏ được thiết kế cắt ngang cánh đồng rộng lớn, thì các loài bọ cánh cứng bắt mồi sẽ sinh sôi nảy nở và có thể lan tràn vao giữa cánh đồng, vùng mà quần thể sâu hại tập trung nhiều. Chi phí cho một dải cỏ 400m trên cánh đồng 20ha là khoảng 200 đôla, bao gồm việc trồng cây, mua giống cỏ và bù đắp vào chỗ cây trồng bị mất. Trên cùng một diện tích, một lần phun thuốc diệt sâu tốn khoảng 750 đôla cộng thêm chi phí của năng suất bị giảm do sâu hại.

Mặc dù đã có nghiên cứu như đã nêu, nhưng trên thế giới vẫn chưa có được nỗ lực nào đáng kể trong việc thực hiện đa dạng hóa các hệ sinh thái nông nghiệp ở mức cảnh quan, tạo ra các bờ rào hay hàng cây chắn gió tự nhiên từ các loài cây có hoa có tác dụng thu hút các loài thiên địch của sâu hại. Các thí nghiệm kiểu này có thể bổ sung cho thông tin còn thiếu về việc làm thế nào để thay đổi cách bố trí đa

dạng sinh học cùng với môi trường tự nhiên của các hệ sinh thái nông nghiệp có thể tác động lên sự phân bố và sự phong phú của quần thể sâu hại cũng như côn trùng có ích.

Việc xác định rõ sự phân bố của sâu hại khi phản ứng đối với sự đa dạng cảnh quan thực vật và liệu các dải thực vật tự nhiên xung quanh cánh đồng có thể đóng vai trò như một hành lang di chuyển cho các loài chân đốt có ích ở hệ độc canh hay không, sẽ có ý nghĩa quan trọng đối với việc lập kế hoạch áp dụng biện pháp phòng trừ tổng hợp (IPM) ở mức độ cảnh quan. Người ta hy vọng rằng các hành lang như vậy có thể đóng vai trò là đường dẫn cho sự phát tán các loài bắt mồi ký sinh trong các hệ sinh thái nông nghiệp, tạo nên một sự kiểm soát nhất định đối với sâu hại trong vùng nhờ hành lang phát tán thiên địch. Tổng kết lại các ảnh hưởng của hành lang này lên sự phân bố và độ phong phú của động vật chân đốt, có thể xác định được chiều dài, bề rộng, khoảng cách và tần suất đặt hành lang cần thiết để duy trì mức độ đa dạng sinh học với chức năng kiểm soát sâu hại mà không phải dùng đến thuốc trừ sâu. Hệ thống hành lang có thể tác động tích cực lên toàn bộ hệ sinh thái nông nghiệp bằng cách làm gián đoạn quá trình lây lan dịch bệnh hại, làm hàng rào ngăn cản di chuyển của sâu hại, tạo sinh khối lớn hơn, làm giảm xói mòn, giảm sự thất thoát các chất dinh dưỡng trong đất và làm thay đổi vi khí hậu (hình 11). Quan trọng nhất là việc áp dụng hệ thống hành lang có thể là một bước quyết định khởi đầu cho việc đưa đa dạng sinh học làm thay đổi hệ độc canh quy mô lớn, từ đó tạo điều kiện tái thiết lại các hệ sinh thái nông nghiệp hữu cơ bền vững.

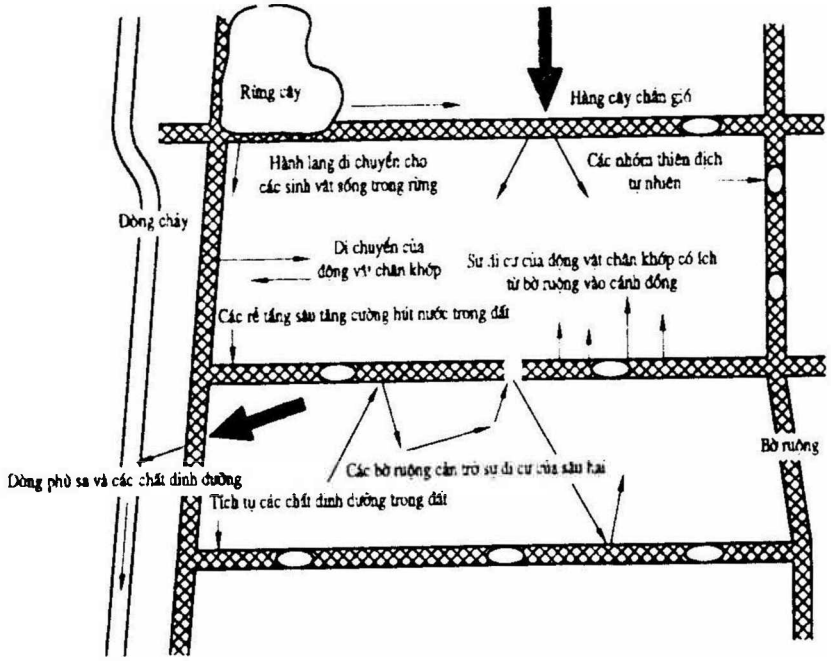
3.5 Điều khiển hoạt động của hệ sinh thái nông nghiệp

3.5.1 Khái niệm

Điều khiển thành phần cũng như hoạt động của hệ sinh thái nông nghiệp nhằm mục tiêu đạt năng suất nông nghiệp cao với sự đầu tư ít nhất và ít ảnh hưởng đến tài nguyên và bảo vệ môi trường. Hệ sinh thái nông nghiệp là một hệ thống phức tạp.

Khoa học nghiên cứu các hệ thống phức tạp và luôn biến động gọi là điều khiển học (*Cybernetic*). Bộ môn điều khiển học ứng dụng trong

sinh học gọi là điều khiển học sinh học (*Biocybernetic*), nghiên cứu sự hoạt động của các hệ thống sinh học, do đó khoa học về các hệ sinh thái có thể coi là một bộ phận của điều khiển học sinh học.



Hình 11

Tác động của các cách thức đa dạng hóa (bờ của cánh đồng, rào chắn gió, v.v...) ở mức cảnh quan trong chức năng hệ sinh thái nông nghiệp, đặc biệt nhấn mạnh động thái của động vật chân đốt

Việc nghiên cứu hệ sinh thái nông nghiệp trên quan điểm điều khiển học sinh học hiện đại cũng mới được bắt đầu trong thời gian gần đây nên hiện vẫn chưa có một công trình tổng hợp hoàn thiện nào. Công cụ cơ bản để nghiên cứu các hệ thống điều khiển là các mô hình toán học.

3.5.2 Nguyên lý, nội dung và nguyên tắc điều khiển

Nguyên lý điều khiển

Sinh thái học (*ecology*) là kết quả của sự kết hợp tối ưu giữa các thành phần hữu sinh và vô sinh, toàn bộ thiên nhiên đều hướng tới sự tối ưu hoá đó nhưng cũng chỉ mới trong quá trình phát triển, có thể tiếp cận đến những giai đoạn nhất định bởi vì mâu thuẫn giữa các yếu

tố hữu sinh và vô sinh trong tự nhiên không mất đi mà chỉ thay đổi theo một số nguyên tắc. Như vậy, điều khiển không có nghĩa là áp đặt các ý muốn chủ quan vào các quy luật tự nhiên mà vấn đề là nhận diện đúng và tác động phù hợp với các quy luật của tự nhiên.

Để đạt năng suất tối ưu của hệ sinh thái, chúng ta phải điều khiển nhằm tạo nên một trạng thái cân bằng phù hợp với năng suất dự kiến. Trong từng hệ sinh thái đều tồn tại nhiều mức độ cân bằng động. Điều khiển là xác lập cân bằng khả thi ở mức độ nào đó phù hợp với điều kiện thực tế và phù hợp với năng suất dự kiến. Thường có thể điều khiển theo những hướng chính sau:

- Tăng sản phẩm bằng cách tăng vòng quay của các quá trình sinh học, tăng hệ số quá trình chu chuyển vật chất.
- Điều chỉnh các giai đoạn của chu trình chu chuyển vật chất và làm cho các giai đoạn đó tạo ra nhiều sản phẩm.
- Tạo cơ cấu hợp lý cho năng suất tối ưu.

Chương trình hoá năng suất cũng là một phần của hoạt động điều khiển chứ không phải là toàn bộ chương trình điều khiển và có khi cũng không phải là cái chủ yếu nhất. Một trong những nhược điểm của chương trình hoá năng suất là chương trình của những trị số bình quân, dù là bình quân của những năng suất cao, bởi vì trong sinh học nhiều khi trị số bình quân lại không có ý nghĩa, ví dụ: Bình quân 400 bông lúa/m^2, nhưng có khi trị số bình quân này lại cho ra những năng suất khác nhau: 5 tấn, 6 tấn có khi 3 tấn/ha... hoặc nhiệt độ bình quân 25^{0}C là rất thích hợp với một loại cây trồng, nhưng có khi trị số bình quân ấy lại là kết quả của nhiệt độ cao nhất là 45^{0}C và thấp nhất là 5^{0}C, ở hai cực trị này, cây trồng khó có thể tồn tại. Một nhược điểm khác của chương trình hoá là sự lập trình cứng nhắc nhất định là phải đạt x bông/m^2, y hạt/bông... Bởi vì một trong những nguyên tắc của điều khiển là phải cơ động, linh hoạt để có thể khớp nối với thiên nhiên đang vận động không ngừng, nhằm mục tiêu đạt năng suất cao trên cơ sở tối ưu hoá sản xuất nông nghiệp.

Nội dung điều khiển hệ sinh thái nông nghiệp

- Điều khiển sinh vật sản xuất
- Điều khiển môi trường sống

- Điều khiển hệ sinh thái

a. *Điều khiển sinh vật sản xuất*

Điều khiển giống, nói cụ thể hơn là điều khiển các đặc điểm di truyền của giống. Năng suất là kết quả giữa tiềm năng của giống và khả năng thể hiện tiềm năng đó. Tiềm năng cho năng suất của giống, con người có thể đẩy lên cao, nhưng thường lại vấp phải mâu thuẫn là: Giống có năng suất cao thì lại có tính chống chịu yếu, và do đó năng suất không ổn định nên trong sản xuất dễ gặp rủi ro. Các nhà khoa học đang tìm cách đưa đặc tính chống chịu vào các giống có năng suất cao mà không làm giảm năng suất.

Điều khiển phát triển cá thể, ví dụ như các quá trình tạo bông, tạo hạt và tăng trọng lượng 1000 hạt hoặc là điều khiển để chống bệnh bạc lá ở lúa NN8 trong vụ mùa...

Điều khiển đời sống quần thể của sinh vật sản xuất, tức là điều khiển để tạo một cơ cấu cây trồng thích hợp, ví dụ như vấn đề mật độ, cơ cấu giống, phân bố trong không gian (khoảng cách, hướng luống, độ sâu gieo hạt, độ dày đất phủ...).

b. *Điều khiển các điều kiện sống của vi sinh vật sản xuất*

Nhằm thoả mãn các nhu cầu của cây về điều kiện khí hậu, điều kiện canh tác bằng các tác nhân như phân bón, nước, đất... Ví dụ, với phân bón ta có thể tác động bằng thành phần, số lượng, bằng số lần tác động, mức độ tác động hoặc chiều sâu tác động... Với sinh vật thì dư thừa cũng gây tác hại tương tự như sự thiếu thốn. Nhu cầu dinh dưỡng của cây thường rất khác, ví dụ lượng đạm bón tối ưu cho NN8 ở một vùng nào đó là 160 N, nhưng cho NN22 chỉ 120 N. Có thể vào giai đoạn này với lượng đó là thích hợp, nhưng sang giai đoạn khác lại là bất lợi (đẻ nhánh khác trổ bông). Mức độ tác động còn phụ thuộc vào tình trạng sinh trưởng của cây (cây khoẻ hay cây yếu). Mặt khác, mức độ hợp lý không chỉ tính riêng cho sinh vật sản xuất mà còn phải tính cho cả hệ sinh thái.

c. *Điều khiển hệ sinh thái*

Chúng ta không chỉ chú ý đến sinh vật sản xuất mà còn phải chú ý tới các sinh vật đồng tổ hợp, các sinh vật vệ tinh... thực chất là điều kiển các mối quan hệ, trước hết là mối quan hệ dinh dưỡng, làm sao để cây trồng cho năng suất tối ưu (ví dụ, trong bảo vệ thực vật, nếu

chỉ hiểu là tiêu diệt sâu bệnh không thôi là không đúng mà vấn đề là đảm bảo cho năng suất cây trồng cao. Như NN8 không bón phân thì hầu như không mắc bệnh bạc lá, nhưng không thể không bón phân nếu muốn thu hoạch được năng suất cao. Năng suất chính là phần "dư" ra trong chu trình chuyển hoá vật chất, bởi vậy việc tiêu diệt sâu bệnh có khi lại là có hại vì đã chặt đứt một mắt xích trong chu chuyển vật chất.

Các nguyên tắc trong điều khiển

Trong quá trình điều khiển các hệ sinh thái nông nghiệp có các nguyên tắc:

- Có mục tiêu rõ ràng và mục tiêu có tính khả thi cao.
- Biết phân giai đoạn, biết tính các bước đi cụ thể trên cơ sở mục tiêu năng suất (khác với phân giai đoạn của sinh vật).

  Với lúa, người ta thường phân ra làm 3 giai đoạn sau:

  + Giai đoạn đạt số cây tối đa/đơn vị diện tích.

  + Giai đoạn đạt số bông tối đa/đơn vị diện tích.

  + Giai đoạn đạt số hạt và trọng lượng hạt tối ưu/bông hoặc trên đơn vị diện tích.

Từ những cơ sở vừa nêu có thể tính được mật độ gieo trồng thích hợp cho từng vùng và từ đó xác lập các tiêu chí nhằm đảm bảo đạt năng suất dự kiến. Trong quá trình sinh trưởng của cây trồng, dựa vào các thông tin thu được, so sánh với chương trình đã tính để quyết định các biện pháp điều chỉnh sinh trưởng của cây trồng bằng máy computer, các máy quan trắc tự động được đặt ngay ở đồng ruộng để thu thập các thông tin về điều kiện sinh trưởng của cây trồng và chuyển về máy tính để xác định biện pháp điều khiển.

3.5.3 Điều khiển thành phần sinh vật của hệ sinh thái nông nghiệp

Sinh vật là thành phần có sự biến động nhiều nhất của các hệ sinh thái nông nghiệp, do đó có khả năng chịu sự điều khiển lớn nhất, thậm chí có thể bị thay đổi gần như hoàn toàn. Chẳng hạn chặt hạ một khu rừng để trồng cây nông nghiệp. Thông qua việc điều khiển thành phần sống của hệ sinh thái, chúng ta có thể sử dụng một cách hợp lý nhất các nguồn lợi tự nhiên của hệ sinh thái như khí hậu, đất. Bản thân các vật sống trong hệ sinh thái cũng là nguồn lợi tự nhiên,

nhưng khác các thành phần khác ở chỗ chúng có thể thay đổi một cách cơ bản.

Nội dung của việc điều khiển thành phần sinh vật trong hệ sinh thái nông nghiệp rất phong phú và có thể đề cập đến một số nội dung chủ yếu như:

- Phân vùng sinh thái cây trồng;
- Bố trí hệ thống cơ cấu cây trồng;
- Điều khiển di truyền;
- Phòng trừ sâu bệnh bằng biện pháp sinh học hoặc biện pháp phòng trừ tổng hợp (IPM).

Dưới đây ta xem xét chi tiết các nội dung này

Phân vùng sinh thái cây trồng

Nguồn lợi khí hậu, đất đai, cây trồng theo đặc điểm sinh thái có liên quan với nhau rất chặt chẽ vì khí hậu, đất và cây trồng là ba thành phần chủ yếu của hệ sinh thái. Để đánh giá khí hậu và đất đều phải dùng năng suất cây trồng làm chỉ tiêu. Mục đích của việc đánh giá này là để chọn các cây trồng thích hợp nhất với các vùng khí hậu và đất khác nhau. FAO (1970) đã tiến hành một dự án "*Phân vùng sinh thái nông nghiệp*" nhằm nghiên cứu khả năng thích hợp của các loại cây trồng đối với các vùng khí hậu và các loại đất để đánh giá tiềm năng nông nghiệp của thế giới.

Nội dung của dự án này gồm các phần chính sau:

- Kiểm kê tài nguyên khí hậu;
- Kiểm kê tài nguyên đất đai;
- Đánh giá khả năng thích hợp của đất đối với các loại cây trồng.

Thực chất của của công việc này là phân vùng sinh thái của cây trồng hay nói một cách khác là đánh giá năng suất của các hệ sinh thái với các nội dung chủ yếu sau đây:

a. Xác định sự thích ứng sinh thái của cây trồng, nghĩa là xác định nhu cầu của các loại cây trồng đối với các điều kiệu khí hậu và đất. Để đánh giá cây trồng về mặt số lượng, cần có các mô hình để tính năng suất tiềm năng theo các yếu tố khí hậu; có nhiều phương pháp khác nhau để tính năng suất tiềm năng của cây trồng theo các yếu tố như bức xạ, nhiệt độ, độ ẩm.

b. Kiểm kê khí hậu là việc tiến hành phân vùng khí hậu nông nghiệp bao gồm tài nguyên khí hậu như chế độ bức xạ nhiệt, nhiệt độ, độ ẩm và ngoài ra còn phải đánh giá đầy đủ tất cả các trở ngại về mặt khí hậu có thể có ảnh hưởng làm giảm năng suất cây trồng như: hạn, úng, nóng, lạnh.

Phương pháp của FAO, tính toán sự thích ứng của cây trồng với điều kiện không tưới nước đã dùng tỷ lệ giữa lượng mưa trên lượng bốc hơi thoát nước tiềm năng để tìm thời gian thích hợp cho sự sinh trưởng của cây trồng. Lượng mưa lớn hơn lượng bốc hơi thoát nước 0,5 là chỉ số thích hợp và trên cơ sở đó dựa theo quy luật diễn biến nhiệt độ để bố trí mùa vụ. Phương pháp này không áp dụng được với những vùng sản xuất nông nghiệp trồng nhiều vụ trong một năm và có tưới.

c. Kiểm kê đất để lập bản đồ thổ nhưỡng, bản đồ sử dụng đất, bản đồ phân vùng khí hậu nông nghiệp. Các tiêu chí kiểm kê bao gồm loại đất, thành phần cơ giới (nhẹ, vừa và nặng). độ dốc và một số đặc trưng khác. Các đơn vị bản đồ này được phân chia ra theo các điều kiện khí hậu khác nhau và được tính bằng diện tích.

d. Bố trí mùa vụ, cơ cấu cây trồng phù hợp với khí hậu và đất. Trước tiên, năng suất các loại cây trồng căn cứ vào các yếu tố khí hậu theo các mô hình. Trong mô hình của FAO, năng suất tiềm năng được tính căn cứ vào quá trình quang hợp và hô hấp. Các quá trình này phụ thuộc vào lượng bức xạ, nhiệt độ và thời gian sinh trưởng của cây trồng.

Các tiêu chí thích hợp có thể làm căn cứ:

- Rất thích hợp: Năng suất đạt trên 80% so với năng suất tiềm năng;
- Thích hợp: Năng suất đạt 40 - 80% so với năng suất tiềm năng;
- Không thích hợp: Năng suất đạt dưới 20% so với năng suất tiềm năng.

Việc đánh giá khả năng thích hợp của đất trong điều kiện có tưới và trồng nhiều vụ trong một năm cần được đánh giá theo một số tiêu chí phức tạp hơn mà ở đây không đề cập.

Bố trí hệ thống cây trồng hợp lý

Trong phân vùng sinh thái nông nghiệp cần nghiên cứu bố trí từng loại cây trồng thích hợp với điều kiện tốt nhất của vùng.

Trong thực tế, hệ sinh thái nông nghiệp không phải chỉ có một loại cây trồng mà là cả một hệ thống cây trồng được bố trí theo không gian và thời gian.

Hệ thống cây trồng được hiểu là cơ cấu cây trồng, là thành phần các giống và loại cây được bố trí theo không gian và thời gian trong một hệ sinh thái nông nghiệp nhằm tận dụng hợp lý nhất các nguồn lợi tự nhiên, kinh tế và xã hội. Khái niệm này hơi khác với khái niệm hệ thống trồng trọt (cropping systems) từ việc bố trí cây trồng theo không gian và thời gian cho đến các biện pháp kỹ thuật. Khái niệm hệ thống cây trồng cũng khác với khái niệm hệ thống canh tác. Khái niệm hệ thống canh tác, bao gồm tổng hợp các biện pháp kỹ thuật cải tạo đất với cơ cấu gồm nhiều biện pháp có quan hệ lẫn nhau, đặc trưng cho mức độ sử dụng đất, phục hồi và nâng cao độ mầu mỡ của đất, tạo các điều kiện thuận lợi trên mặt đất cho cây trồng.

a. Các yêu cầu sử dụng tối ưu

- Các điều kiện khí hậu và tránh được tác hại của thiên tai.
- Các điều kiện đất và tránh được tác hại xấu của đất.
- Các đặc tính sinh học của cây trồng và tránh được tác hại của sâu, bệnh và cỏ dại.

b. Yêu cầu về mặt kinh tế phải được đảm bảo

- Sản lượng cao, có chất lượng và tính chất hàng hoá cao;
- Phát triển chăn nuôi và các ngành sản xuất hỗ trợ;
- Đầu tư lao động và vật tư có hiệu quả kinh tế cao.

Bố trí hệ thống cây trồng hợp lý là biện pháp kỹ thuật tổng hợp nhằm sắp xếp tổ chức lại hoạt động của hệ sinh thái.

Ở điều kiện nhiệt đới và cận nhiệt đới có nguồn lợi bức xạ, nhiệt và ẩm độ dồi dào, có thể trồng trọt quanh năm, hệ thống cây trồng được bố trí theo mùa vụ trồng trọt (*cropping patterns*) từng năm hay hai năm một chứ không phải là các công thức luân canh theo chu kỳ nhiều năm như ở các nước ôn đới.

Nhằm sử dụng hợp lý các điều kiện tự nhiên của một vùng sinh thái, thường tiến hành phân vùng sinh thái nông nghiệp và quy hoạch cơ cấu hệ thống cây trồng thích hợp cho từng vùng.

Việc quy hoạch hệ thống cơ cấu cây trồng hiện nay chủ yếu được tiến hành bằng phương pháp thực nghiệm, so sánh các công thức

trồng trọt khác nhau để chọn các công thức cho năng suất tối ưu và có hiệu quả kinh tế cao nhất.

Một số nguyên tắc có thể áp dụng trong việc xác định hệ thống cây trồng hợp lý cho các vùng sinh thái nông nghiệp gồm:

a. Hệ thống cây trồng phải sử dụng tối ưu nguồn lợi nhiệt. Nguồn lợi nhiệt được biểu hiện bằng tổng số nhiệt độ. Các loại cây trồng, tuỳ phản ứng với nhiệt độ và thời gian sinh trưởng mà yêu cầu tổng nhiệt hữu hiệu xác định. Có thể dùng tổng nhiệt độ này để sắp xếp các công thức cây trồng của từng vùng.

b. Hệ thống cây trồng được quy hoạch để tận dụng tốt nhất nguồn lợi bức xạ. Cây trồng thường có năng suất tương quan với lượng bức xạ vào thời kỳ cuối của quá trình sinh trưởng. Do vậy, cần bố trí mùa vụ gieo trồng thích hợp để khai thác tiềm năng, năng suất cao ở thời điểm ra hoa và chín vào lúc có nguồn lợi bức xạ cao nhất.

c. Hệ thống cây trồng được bố trí để sử dụng tốt nhất nguồn lợi nước. Trong điều kiện không tưới, khả năng sinh trưởng của cây trồng phụ thuộc vào thời gian mưa. Mùa mưa thường chia ra các thời kỳ sau:

- Thời kỳ ẩm trước mùa mưa, lúc độ ẩm trong đất đạt yêu cầu để hạt giống có thể nảy mầm.
- Thời kỳ ẩm ướt lúc đất mặt no nước. Trong thời kỳ này nếu lượng mưa cao quá có thể gây úng.
- Thời kỳ ẩm sau mùa mưa, nhằm tránh cho cây trồng không bị thiếu nước sau mùa mưa.
- Trong điều kiện có tưới, chủ động tưới nước có thể mở rộng khả năng bố trí hệ thống cây trồng.

d. Hệ thống cây trồng được bố trí thích hợp để sử dụng tốt nhất điều kiện đất. Ở ruộng lúa đất cao, đất vàn, đất trũng, có các công thức cây trồng khác nhau. Ở đất đồi núi có độ dốc, tầng đất mặt dày, mỏng khác nhau đòi hỏi phải bố trí các loại cây trồng khác nhau.

e. Hệ thống cây trồng phải được bố trí nhằm né tránh thiệt hại do các điều kiện khó khăn về khí hậu, đất đai như: bão, lụt, hạn, hán, nóng, lạnh, sâu bệnh gây ra. Chọn được các giống cây trồng chịu được các điều kiện khó khăn kể trên là tốt nhất.

g. Hệ thống cây trồng phải bồi dưỡng được độ mầu mỡ của đất, tránh làm kiệt quệ, gây xói mòn hay thoái hoá đất. Biện pháp chủ yếu

làm tăng độ màu mỡ của đất là: trồng cây họ đậu, cây phân xanh để tăng lượng đạm sinh học. Sản xuất cây thức ăn gia súc để phát triển chăn nuôi để lấy phân hữu cơ, chống xói mòn và rửa trôi đất.

h. Hệ thống cây trồng phải bảo đảm việc sử dụng lao động hợp lý. Trong điều kiện cơ giới hoá còn chưa phát triển, cần rải vụ để kéo dài thời gian gieo trồng và thu hoạch để tránh các thời gian căng thẳng về lao động.

3.5.4 Điều khiển di truyền trong hệ sinh thái cây trồng

Như trên đã nói, các nhà sinh thái học cho rằng trong một hệ sinh thái, số loài càng nhiều thì sự ổn định của hệ sinh thái càng cao. Ngoài ra, có mối tương quan nghịch giữa sự phong phú về loài và năng suất sinh học. Do đó, việc điều khiển hệ sinh thái có hai mục tiêu trái ngược nhau là năng suất cao và sự ổn định hoặc năng suất tối ưu và sự ổn định.

Các hệ sinh thái nông nghiệp thường không phong phú về loài cây trồng, do đó có tính ổn định thấp. Tuy vậy, không phải là các hệ sinh thái nông nghiệp lúc nào cũng không ổn định. Sự ổn định của hệ sinh thái nông nghiệp có thể giữ được bằng tác động của con người qua kỹ thuật canh tác, sự phong phú trong loài và đa dạng hoá cây trồng.

Sự phong phú (*diversity*) trong loài là thành phần các giống cây trồng trong cùng một loài được trồng trên một hệ sinh thái hay nói theo di truyền học là sự phong phú về kiểu di truyền (*genotypes*) hay về gen.

Trong nông nghiệp cổ truyền, lúc nông dân còn dùng các giống địa phương, sự phong phú về di truyền của các hệ sinh thái nông nghiệp được đảm bảo vì mỗi vùng sản xuất có rất nhiều giống địa phương. Bản thân mỗi giống địa phương là một giống đa gen, một quần thể lại không thuần nhất về di truyền, có nhiều kiểu di truyền khác nhau nhưng kiểu hình tương đối giống nhau.

Khi các tiến bộ khoa học kỹ thuật được áp dụng vào sản xuất, công tác chọn giống được phát triển, các giống năng suất cao dần dần thay thế các giống địa phương. Các giống mới này thuần nhất về mặt di truyền và thường được trồng với diện tích rất rộng, có lúc là độc nhất trong các hệ sinh thái nông nghiệp (hệ thống độc canh).

Sự đồng nhất về mặt di truyền của các giống mới cho năng suất cao được xem như là mối rủi ro đáng lo ngại. Trong quá khứ đã có những nạn dịch lớn về bệnh cây trồng do sự đơn điệu về thành phần di truyền của giống. Ví dụ, cuối các năm 1840, dịch bệnh mốc sương khoai tây ở Ailen xảy ra do trồng chủ yếu chỉ một giống khoai tây, dịch bệnh gỉ sắt cà phê ở Srilanca vào cuối các năm 1870, dịch bệnh panama của chuối ở vùng Caribê, dịch bệnh gỉ sắt lúa mỳ ở Mỹ vào năm 1916 cũng vì lý do tương tự. Dịch rầy nâu gần đây ở các nước Đông Nam Á (Philippin, Indonesia, Việt Nam) mà nguyên nhân chủ yếu là các giống lúa IR quá đồng nhất về di truyền đã tạo điều kiện thuận lợi cho rầy nâu bột phát về số lượng. Dịch đốm lá nhỏ của ngô ở Mỹ năm 1970, xảy ra do việc đưa gen bất dục đực tế bào chất kiểu Texas vào các giống ngô thông thường để giảm công bẻ cờ lúc sản xuất hạt giống ngô lai. Các giống ngô lai này đã đồng nhất về tế bào chất.

Việc bố trí các giống cây trồng trong hệ sinh thái cần tránh quan niệm đơn giản, chỉ chú ý các giống năng suất cao, chịu sâu bệnh, mà không cần chú ý đến cả thành phần gen của giống để có một hệ sinh thái phong phú về di truyền. Điều này có thể gây khó khăn cho công tác nhân giống, nhưng là cần thiết nhằm đảm bảo sự ổn định của hệ sinh thái.

Đối với các cây thụ phấn chéo như ngô, gần đây có khuynh hướng dùng rất nhiều giống cây có nguồn gốc di truyền xa để tạo một tổ hợp lai. Từ đấy, chọn ra các giống tổ hợp (*synthetics*) hay phức hợp (*composites*). Giống ngô phức hợp không những có thể dùng trực tiếp trong sản xuất ở các nước có trình độ kỹ thuật thấp, chưa đủ trình độ dùng các giống lai kinh tế (*hybrids*) mà còn dùng để cải tạo các giống tự phối nhằm nâng cao năng suất của ngô lai (*Allard, 1996*).

Hiện nay, việc lai phức hợp nhiều giống (*covergent crossing*) cũng được áp dụng rộng rãi trong công tác chọn giống các cây tự thụ phấn như lúa mỳ, lúa gạo được xem là biện pháp để tăng tính ổn định của các giống năng suất cao.

Khả năng thích ứng (*adaptability*) là một đặc tính di truyền của giống cây trồng cho năng suất cao và ổn định ở các điều kiện ngoại cảnh khác nhau. Các giống cây trồng có thể mang tính thích ứng rộng hay hẹp. Phần nhiều các giống địa phương có tính thích ứng hẹp. Trái lại, các giống có năng suất cao có tính thích ứng rộng hơn. Hiện nay

các nhà chọn giống có xu hướng chọn các giống cây trồng có tính thích ứng rộng.

Sự thích ứng của cây trồng với điều kiện môi trường có thể diễn ra gồm:

- Sự thích ứng quần thể, do sự dị hợp tử của quần thể quyết định.
- Sự thích ứng cá thể do đặc tính của kiểu di truyền với các điều kiện khó khăn của ngoại cảnh. Muốn có tính thích ứng rộng, cây trồng phải phản ứng rộng với chu kỳ ánh sáng. Phương pháp chọn giống có tính thích ứng rộng là phải trồng con lai đang phân hoá ở các mùa vụ khác nhau hay ở các địa điểm có điều kiện sinh thái khác nhau. Ví dụ như chọn giống bắp cải chịu nhiệt hay giống cà chua mùa hè.

Khả năng thích ứng hay tính chịu đựng của cây trồng đối với các điều kiện khó khăn về khí hậu, đất đai và sâu bệnh là một vấn đề cần được quan tâm đầy đủ. Việc nghiên cứu về nguồn lợi cây trồng trên phạm vi toàn thế giới, đã phát hiện được các loài và các giống cây trồng có thuộc tính thích ứng rộng.

Trong việc chọn giống chống chịu sâu bệnh, chỉ cần điều khiển mối quan hệ giữa vật ký chủ và vật ký sinh. Khó khăn thường gặp là đối với một số sâu bệnh, sau khi đưa được các gen kháng sâu bệnh vào giống cây trồng năng suất cao thì sau một thời gian ngắn giống cây trồng ấy lại bị sâu bệnh nhiễm lại, ví dụ: các giống lúa kháng bệnh gỉ sắt có chu kỳ trung bình khoảng 5 năm. Hiện tượng này thường thấy ở nhiều loại bệnh như mốc sương khoai tây, gỉ sắt cà phê hay bọ rầy nâu hại lúa.

Nguyên nhân của việc mất tính chống chịu sâu bệnh này là do côn trùng, vi sinh vật gây bệnh cũng có khả năng biến dị đồng tiến hoá sinh ra một nòi sinh lý (physiological race) hay kiểu sinh học (biotype) mới, có khả năng gây hại đối với giống kháng theo nguyên lý đồng tiến hoá. Về bản chất tính chống chịu sâu bệnh hại cây trồng, phân biệt hai kiểu:

- Tính chống chịu chiều dọc: Cây trồng chống chịu được rất tốt một vài nòi hay kiểu sinh học gây bệnh nhưng vẫn bị các nòi và kiểu sinh học khác gây hại.
- Tính chống chịu chiều ngang: Cây trồng có thể chịu được tương đối tất cả các nòi hay kiểu sinh học sâu bệnh. Cây có tính

chống chịu chiều ngang chỉ làm chậm sự xâm nhiễm của sâu bệnh nhưng không chống chịu được hoàn toàn.

Về mặt di truyền, tính chống chịu sâu bệnh có thể có các kiểu như sau:

- *Tính chống chịu ít gen*: Là tính chống chịu do một gen hay một vài gen quyết định và chúng biển hiện rất rõ gen này có thể trội, trội một phần hay lặn. Nói chung, phần nhiều tính chống chịu chiều dọc do ít gen quyết định, nhưng cũng có trường hợp ngoại lệ.

- *Tính chống chịu nhiều gen*: Là tính chống chịu do nhiều gen quyết định, nhưng ảnh hưởng của mỗi gen không rõ. Di truyền các đặc tính này rất phức tạp giống như các đặc tính số lượng.

- *Tính chống chịu tế bào chất*: Như trường hợp bệnh đốm lá nhỏ của ngô, gen quyết định tính chịu bệnh không ở trong nhân mà ở tế bào chất.

Để tạo được các giống cây có tính chống chịu sâu bệnh ổn định, hiện nay thường dùng các biện pháp sau:

a. Bổ sung gen đơn: Phương pháp phổ biến nhất là lai các giống năng suất cao với các giống có một gen hay nhiều nhóm gen chống chịu sâu bệnh. Đối với một số sâu bệnh ít biến dị phương pháp này có kết quả tốt. Dùng các giống có tính chống chịu sâu bệnh này phối hợp với các biện pháp phòng chống sâu bệnh khác để làm giảm số lượng của quần thể sâu hại đã cho kết quả tốt. Tuy vậy, trong nhiều trường hợp phương pháp này không có hiệu quả.

b. Chồng các gen: Phương pháp này nhằm tạo các giống có nhiều gen chống chịu sâu bệnh cùng một lúc. Các gen thường mang tính chống chịu sâu bệnh dọc những cũng có thể thêm vào các gen chống chịu sâu bệnh ngang. Phương pháp này thường có hiệu quả tốt, các giống kiểu này chịu được sâu bệnh sau một thời gian tương đối lâu dài..

c. Chọn giống chịu sâu bệnh ngang: Các giống chịu sâu bệnh ngang là các giống mà trước đây được xếp vào loại không chịu sâu bệnh. Các giống này chỉ biểu hiện tính chống chịu sâu bệnh tương đối trong điều kiện đồng ruộng, nếu thử bằng phương pháp thử nhiễm sâu bệnh nhân tạo sẽ không phát hiện được. Quá trình chọn giống cũng phức tạp hơn vì mang đặc tính di truyền số lượng. Phương pháp này đã được áp dụng trong việc chọn giống khoai tây, ngô, lúa mỳ, cà phê và lúa. Các giống chọn được có tính chống chịu cao.

1. Phương pháp chọn giống nhiều dòng (*multiline*): Giống nhiều dòng là một tổ hợp các giống trộn đều cơ học (*mechanic*) các dòng giống với nhau về hiểu hình. Giống này phản ứng khác nhau với các nòi hay kiểu hình sinh học khác nhau của vi sinh vật gây bệnh. Trong các dòng tham gia có cả các dòng mang tính chịu bệnh ngang. Các giống nhiều dòng thường được gieo trồng ở các vùng và đối với các cây trồng mà sâu, bệnh hay phát dịch hàng năm và gây thiệt hại nặng nề. Phương pháp tạo giống nhiều dòng hiện nay còn đang được nghiên cứu và hiện còn nhiều vấn đề cần được tiếp tục tìm kiếm làm sáng tỏ.

2. Phương pháp luân chuyển gen (*generotation*): được đúc kết dựa vào kinh nghiệm của nông dân. Ở một số vùng thấy rằng nếu luân chuyển gieo trồng các giống lúa, sẽ ít bị bệnh hơn so với vùng chỉ cấy liên tục một giống trong nhiều năm.

Đa dạng hóa các hệ thống canh tác, như các hệ thống trồng xen và rừng - lâm kết hợp hay canh tác vườn là các đối tượng của các nghiên cứu gần đây. Sự quan tâm này chủ yếu dựa trên phát hiện mới nhất đó là các hệ thống bền vững hơn và bảo tồn tài nguyên tốt hơn. Phần nhiều trong số những yếu tố quyết định đó có liên quan với các mứcđộ chức năng cao hơn của đa dạng sinh học trong hệ thống nông nghiệp đa canh.

Trên thực tế, ngày càng có nhiều nghiên cứu đã phát hiện ra rằng đa dạng thực vật có tác động lên sự điều chỉnh quần thể loài côn trùng ăn thực vật thông qua việc tạo điều kiện cho các loài thiên địch phát triển và hoạt động có hiệu quả. Một số các giả thuyết đã công nhận cơ chế giải thích về quan hệ giữa số lượng loài với tính ổn định của các quá trình của hệ sinh thái nông nghiệp, trong đó có việc tạo ra vùng đệm cho các quần thể. Một điều rõ ràng là tổ hợp loài quan trọng hơn số lượng các loài riêng lẻ. Nhưng khó khăn ở chỗ là làm sao xác định được chính xác tập hợp các loài thông qua cơ chế đồng vận sinh học, các dịch vụ sinh thái chính như tuần hoàn dinh dưỡng, kiểm soát sâu hại, và bảo vệ nước và đất.

Khai thác cơ chế đồng vận này trong thực tế gồm thiết kế và quản lý hệ sinh thái nông nghiệp đòi hỏi sự hiểu biết về nhiều mối quan hệ giữa các cây trồng, các loài ăn thực vật và các loài thiên địch. Điều nhấn mạnh của cách tiếp cận này chính là để giúp phục hồi các

cơ chế kiểm soát tự nhiên thông qua việc bổ sung thêm đa dạng sinh học có lựa chọn ở trong và ngoài đồng ruộng, dựa trên toàn bộ cơ cấu các cây trồng có thể theo thời gian và không gian.

Số liệu và kinh nghiệm thực tiễn chỉ ra rằng có thể làm ổn định các quần thể côn trùng của các hệ sinh thái nông nghiệp bằng cách thiết kế và xây dựng các cơ cấu cây trồng hoặc thảm cỏ cây hoang dã để trợ giúp các quần thể thiên địch hoặc trực tiếp ngăn cản các tác động lên loài ăn thực vật. Điều khó khăn là trong từng điều kiện cụ thể của hệ thống nông nghiệp cần phải được đánh giá riêng biệt vì mối tác động qua lại giữa loài ăn thực vật - thiên địch là rất khác nhau phụ thuộc vào không gian và thời gian cũng như vị trí và quy mô đồng ruộng, thành phần cây trồng, thảm thực vật xung quanh và trình độ canh tác. Chúng ta chỉ có thể hy vọng làm sáng tỏ các nguyên tắc sinh thái chi phối động thái của nhóm chân đốt trong các hệ thống nông nghiệp đa canh, nhưng thiết kế đa dạng sinh học cần thiết để đạt được sự điều chỉnh tự nhiên đối với các loài sâu hại, sẽ phụ thuộc nhiều vào các điều kiện sinh thái nông nghiệp và các hạn chế về kinh tế - xà hội của từng vùng.