

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

Khi hỗn hợp rất nhiều gen khác nhau vào một quần thể, dưới tác dụng của sự chọn lọc sẽ tạo ra các kiểu di truyền, trong đó hoạt động của gen được cân bằng. Do vậy tạo ra được các kiểu hình tương đối ổn định ở các điều kiện ngoại cảnh tương đối thay đổi, hiện tượng này gọi là trạng thái cân bằng (*homeostasis*). Thực tế cho thấy, các cá thể dị hợp tử (*heterozygous*) (lai từ nhiều giống) thường ổn định với các thay đổi của ngoại cảnh hơn, nhưng có năng suất không bằng các giống lai ít bố mẹ. Đây cũng là một mục tiêu của công tác chọn giống cây trồng (Turbin, 1968).

Khả năng thích ứng (*adaptability*) là 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, tính thích ứng hẹp. Trái lại, các giống năng suất cao, tích thích ứng rộng hơn. Hiện nay các nhà chọn giống có xu hướng chọn các giống cây trồng có tính thích ứng rộng.

Theo Matsuo (1975), khả năng thích ứng của cây trồng do hai đặc tính quyết định: Năng suất cao và tính ổn định. Về khả năng cho năng suất cao, chúng ta đã xét đến ở phần trên. Tính ổn định của năng suất do sự ổn định của tích số các thành phần tạo thành năng suất (số bông, số hạt, trọng lượng hạt) quyết định. Sự ổn định của năng suất do trạng thái cân bằng của các thành phần như trọng lượng hạt, số hạt/đơn vị diện tích và sự mềm dẻo của đặc tính số bông một đơn vị diện tích quyết định. Trong quá trình sinh trưởng của cây trồng, sự mềm dẻo biểu hiện ở thời kỳ đầu của thời gian sinh trưởng và sự ổn định trong thời gian sau. Trạng thái cân bằng của các gen quyết định sự ổn định này. Do vậy các giống cây trồng tự thụ phấn chéo thường ổn định hơn các giống tự thụ phấn.

Theo Oka (1975), có 2 kiểu thích ứng của cây trồng với điều kiện ngoại cảnh:

- 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 không phản ứng 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 địa điểm có điều kiện sinh thái khác nhau.

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 gần đây được quan tâm rất nhiều. 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 thích ứng với các điều kiện khó khăn kể trên. Vấn đề hiện nay đặt ra là làm thế nào để kết hợp được các đặc tính chịu đựng ấy với các đặc tính năng suất cao của cây trồng.

Trong việc chọn giống chống chịu sâu bệnh, chúng ta cần điều khiển mối quan hệ giữa ký chủ và ký sinh. Khó khăn thường gặp là đối với một số sâu bệnh, sau khi đưa được các gen chịu sâu bệnh vào các giống cây trồng năng suất cao thì sau một thời gian ngắn giống cây trồng ấy lại bị sâu bệnh nhiễm trở lại.

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 sinh ra một nòi sinh lý (*physiological race*) hay kiểu sinh học (*biotype*) mới, có khả năng phá hoại hay xâm nhiễm giống chống chịu sâu bệnh.

Nghiên cứu về bản chất chống chịu sâu bệnh của cây trồng, Van der Plank (1963) phân biệt hai kiểu:

Tính chống chịu dọc: cây trồng chịu được rất tốt một vài nòi hay kiểu sinh học gây bệnh nhưng vẫn bị các nòi và kiểu sinh học khác phá hoại.

Tính chống chịu ngang: cây trồng có thể chịu được tương đối tất cả các nòi hay kiểu sinh học sâu bệnh. Cây chịu ngang chỉ làm chậm sự xâm nhiễm của sâu bệnh nhưng không chống được hoàn toàn.

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

Tính chống chịu ít gen: là tính chống chịu do một gen chính hay một vài gen quyết định và chúng biểu hiện rất rõ gen này có thể là trội, trội một phần hay lặn. Nói chung, phần nhiều tính chịu 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 trồng có tính chống chịu sâu bệnh ổn định, hiện nay thường dùng các biện pháp sau:

Thêm các 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 quần thể sâu bệnh đã cho kết quả tốt. Tuy vậy trong nhiều trường hợp phương pháp này không có hiệu quả.

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 nhưng 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 thời gian tương đối lâu dài.

Chọn giống chịu sâu bệnh ngang: Các giống chống chịu sâu bệnh ngang là các giống mà trước đây xếp vào loại không chống chịu sâu bệnh. Các giống này chỉ biểu hiện tính chống chịu sâu bệnh tương đối ngoại đồng, nếu thử bằng nhiễm lây 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 mì, cà phê và lúa. Các giống chọn được có tính ổn định cao.

Phương pháp giống nhiều dòng (multiline): Giống nhiều dòng là sản phẩm lai tạo tổng hợp từ nhiều giống tương đương về kiểu hình. Giống này phản ứng khác nhau với các nòi hay kiểu 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 nên dùng ở các vùng mà sâu bệnh xảy ra hàng năm và rất nặng. Phương pháp tạo giống nhiều dòng hiện nay còn đang nghiên cứu, cần phải giải quyết thêm nhiều vấn đề.

Phương pháp luân chuyển gen (generotation): Phương pháp này dựa vào kinh nghiệm của nông dân. Ở một số vùng thấy rằng nếu luân chuyển giống lúa, sẽ ít bị bệnh hơn là cấy liên tục một giống. Nếu chỉ cấy một giống chịu bệnh ở một vùng thì việc xuất hiện một nòi vi sinh vật mới có khả năng xâm nhiễm giống ấy sẽ nhanh hơn. Nếu ta thay đổi loại giống mỗi năm một lần, vài năm sau quay loại giống cũ hay nói cách khác có vài ba giống lúa có nguồn gốc chịu bệnh khác nhau về di truyền để thay thế nhau thì khả năng xâm nhiễm sâu bệnh sẽ được hạn chế. Nếu việc luân chuyển giống lại dựa trên cả việc dự đoán được nòi vi sinh vật nào sẽ xuất hiện trong thời gian tới để bố trí giống chống chịu được nòi ấy thì càng chắc chắn (Crill, 1980).

Nói chung, tính chống chịu sâu bệnh phụ thuộc rất lớn vào sự phong phú về di truyền của hệ sinh thái. Chiến lược chung của việc điều khiển HSTNN là nhằm tăng tính ổn định của chúng (tăng sự phong phú của hệ sinh thái). Có nhiều cách để tăng sự phong phú ấy. Chúng ta nghĩ rằng phương pháp đơn giản nhất là làm như giống địa phương với hai đặc điểm sau:

Thành phần giống phong phú là trong một HST có nhiều giống. Tuy vậy, các giống địa phương được tạo ra một cách ngẫu nhiên. Hiện nay chúng ta có khả năng điều khiển sự phong phú ấy. Chúng ta phải biết sử dụng ưu thế này trong việc bố trí cây trồng. Chúng tôi nghĩ rằng, việc luân chuyển gen trong một thời gian có thể thay bằng việc bố trí một số giống có nguồn gen chống chịu sâu bệnh khác nhau trong một hệ sinh thái cho từng vụ. Cách bố trí như thế cũng có thể cản trở việc thay đổi nhanh chóng các nòi vi sinh vật hay côn trùng ký sinh.

Thành phần di truyền phong phú trong mỗi giống, các cách để tạo nên sự phong phú này đã được trình bày ở trên. Trong việc sử dụng các giống loại này cần phải bỏ một quan niệm là phải có các giống cây trồng "thuần". Sự *thuần* này chỉ có thể có trong kiểu hình (*phenotype*) không cần có trong kiểu di truyền (*genotype*).

Để đánh giá sự ổn định và sự thích ứng của cây trồng, ngày nay có nhiều mô hình khác nhau đã được giới thiệu. Finlay và Wikison (1963) cho rằng sự thích ứng của giống cây trồng có thể đo bằng hệ số hồi quy của năng suất mỗi giống với năng suất trung bình của nhiều giống trồng ở mỗi điều kiện ngoại cảnh khác nhau:

$$Y_{ij} = a + b_i + Y_j$$

Trong đó:

Y_{ij} - năng suất của giống i ở địa điểm j ;

Y_j - năng suất bình quân của tất cả các giống ở địa điểm j .

b_i - chỉ số ổn định (hệ số hồi quy), hiểu như sau:

$b_i = 1,0$ giống thích ứng kém với các ngoại cảnh;

$b_i > 1,0$ giống thích ứng với các ngoại cảnh thuận lợi.

$b_i < 1,0$ giống thích ứng với các ngoại cảnh không thuận lợi;

a - hằng số.

Ví dụ: 18 giống lúa được thí nghiệm ở 14 điểm trong 4 năm liên, trên 2 mức phân. Tính thích ứng của giống được đo bằng 2 chỉ tiêu:

- Độ ổn định biểu hiện bằng hệ số hồi quy năng suất của mỗi giống với năng suất bình quân của tất cả các giống ở mỗi điều kiện ngoại cảnh.
- Năng suất bình quân của giống ở tất cả các điều kiện ngoại cảnh.

Sau đây là kết quả của 3 giống điển hình:

Giống	Năng suất bình quân (g/m^2)	Hệ số hồi quy (b_i)
Tai chung (N)1	507	0,83
Koshihikari	391	1,30
Vialone nano	273	0,88

Giống Tai chung (N)1 và Vialone nano có hệ số hồi quy $b_i < 1$, tức là có năng suất ổn định ở các điều kiện ngoại cảnh, nhưng năng suất của tai chung (N)1 cao nhất, còn Vialone nano thấp nhất. Trái lại giống Koshihikari có hệ số $b_i > 1$ là giống có năng suất thay đổi nhiều nhất ở các ngoại cảnh khác nhau (Mutsuo, 1975).

d) Quản lý dịch hại tổng hợp

Thực chất của việc phòng chống sâu bệnh tổng hợp (hay quản lý dịch hại tổng hợp) cũng là phương pháp điều khiển quần thể sinh vật trong hệ sinh thái, hay nói một cách khác là áp dụng quan điểm sinh thái vào việc phòng chống sâu bệnh.

Từ trước đến nay, trong việc phòng chống sâu bệnh, biện pháp chủ yếu là dùng các hoá chất độc tiêu diệt côn trùng, bệnh và cỏ dại. Việc dùng hoá chất không hợp lý đã gây nhiều hậu quả sinh thái có hại và tác dụng cũng bị hạn chế như sau:

- Thuốc hoá học tuy diệt được sâu bệnh và cỏ dại, nhưng đã làm độc hại môi trường, diệt cả các sinh vật có ích và có lúc còn gây độc cả với người.
- Côn trùng dần dần quen với thuốc, tạo ra các cơ chế chống thuốc, do đó hiệu quả dần dần bị hạn chế. Để khắc phục hiện tượng này, các nhà hoá học phải thường xuyên tìm ra các loại thuốc mới để thay thế cho các thuốc cũ.

Với thực tế trên đây, việc dùng thuốc hoá học đã có trường hợp diệt được sâu bệnh này, nhưng lại tạo điều kiện cho các loài sâu bệnh khác trước kia vốn không quan trọng phát triển mạnh và phá hoại cây trồng. Gần đây, thấy cả hiện tượng thuốc hoá học kích thích cho các cá thể không bị diệt ăn mạnh và đẻ nhiều hơn như trường hợp của bọ rầy nâu hại lúa.

Để tránh hiện tượng có hại trên, gần đây đã xuất hiện quan niệm mới về phòng chống sâu bệnh và cỏ dại gọi là "phòng chống tổng hợp" (*Integrated Pest Management-IPM*).

Quản lý dịch hại tổng hợp là quan niệm phòng chống sâu bệnh và cỏ dại dựa trên cơ sở sinh thái học, coi ruộng cây trồng là một hệ sinh thái, trong đó có mối quan hệ giữa các vật sống với ngoại cảnh và giữa các vật sống với nhau. Mục đích quản lý dịch hại tổng hợp là hạn chế quần thể sinh vật gây hại dưới mức gây hại đáng kể, gọi là ngưỡng kinh tế (ngưỡng kinh tế là số lượng quần thể ký sinh có thể gây hại đối với cây trồng mà sự thiệt hại gây ra bằng chi phí các biện pháp phòng chống để tránh sự thiệt hại ấy).

Do đó, phòng chống tổng hợp phải dùng một hệ thống các biện pháp có thể dung hoà với nhau gồm sinh học, hoá học, canh tác và giống chống chịu sâu bệnh. Phòng chống tổng hợp không loại trừ việc dùng thuốc hoá học, nhưng phải dùng một cách chọn lọc, để giảm độc đối với các nhân tố sinh học. Các biện pháp này phải ít tốn kém nhất, thích hợp với trình độ kinh tế - xã hội của các hệ sinh thái nhất định.

Quan điểm cơ bản của phòng chống tổng hợp là :

- Dùng thuốc với mục đích không phải để diệt sâu bệnh mà chỉ hạn chế sự phát triển của chúng. Chỉ dùng thuốc hoá học lúc quần thể sinh vật gây hại vượt quá ngưỡng kinh tế;
- Sử dụng các biện pháp phòng chống chọn lọc, chỉ diệt đối tượng cần thiết, không tiêu diệt các loài khác, chẳng hạn phương pháp dùng các chất hoocmôn sinh dục (*pheromone*) để thu hút côn trùng gây hại;
- Nâng cao hiệu quả các cơ chế tự nhiên, điều hoà số lượng sinh vật có hại bằng cách thay đổi các biện pháp kỹ thuật như hệ thống cây trồng, trồng các loại cây côn trùng thích hợp.
- Thay thuốc hoá học bằng các biện pháp sinh học.

Muốn xây dựng được hệ thống phòng chống tổng hợp phải tiến hành các vấn đề sau:

- Nghiên cứu thành phần sinh vật có hại và có ích trong các hệ sinh thái, quy luật sinh trưởng phát triển và phát triển quần thể của chúng, các mối quan hệ giữa chúng với các yếu tố ngoại cảnh và tác động của con người. Xác định ngưỡng kinh tế của các sinh vật gây hại, phương pháp dự tính, dự báo sâu bệnh. Muốn làm được việc này phải áp dụng phương pháp phân tích hệ thống, dùng các mô hình toán học để mô tả và dự đoán quần thể;
- Nghiên cứu các biện pháp tự nhiên và nhân tạo để làm tăng số lượng các sinh vật có ích trong các hệ sinh thái.
- Nghiên cứu các biện pháp phòng chống chọn lọc: thuốc hoá học có tác dụng chọn lọc, vi sinh vật gây bệnh cho côn trùng và nấm bệnh, các hoocmôn sinh dục, diệt côn trùng bằng phương pháp di truyền (dùng các tia phóng xạ và hoá học để gây bất dục).

Quyết định phòng chống sâu bệnh thường dựa trên việc xác định ngưỡng kinh tế của loài sâu bệnh. Ngưỡng kinh tế có thể xác định bằng phương pháp thực nghiệm ngoài đồng. Tuy vậy, ngưỡng kinh tế phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố nên khó xác định bằng phương pháp thực nghiệm. Mô hình toán giúp ta giải quyết vấn đề này. Ngoài ra, mô hình toán còn có thể giúp chúng ta tìm hiểu và dự báo mối quan hệ qua lại giữa các biện pháp bảo vệ cây trồng với hệ sinh thái nông nghiệp.

Mô hình toán của việc bảo vệ cây trồng thường gồm có các mô hình sau:

- Mô hình của động thái quần thể, thường bao gồm các mô hình phụ về đẻ trứng, sự sống sót, sự phát tán, sự phát triển của côn trùng hay sự tạo thành bào tử, sự phát tán bào tử, sự đậu của bào tử, việc bắt đầu tạo vết bệnh, việc phát triển của vết bệnh ở cây. Hiện nay đã có một số mô hình về sâu xanh hại bông, sâu đục

thân ngô, bệnh mốc sương cà chua, khoai tây, bệnh đốm lá nhỏ của ngô ... Các quá trình trên phụ thuộc vào các điều kiện khí tượng và nội bộ quần thể;

- Mô hình sinh trưởng, phát triển của cây trồng (đã trình bày ở phần trên).
- Mô hình của các kẻ thù tự nhiên, đã đề nghị nhiều mô hình về quan hệ vật ăn thịt và con mồi, ký chủ và ký sinh, những mô hình được dùng ở đây phải chi tiết, có tính đến các yếu tố như các giai đoạn phát triển của sâu, nhiệt độ, phân bố theo tuổi ...
- Mô hình dự báo khí tượng và vi khí hậu, nhiều tác giả không dùng các mô hình này mà dùng các số liệu đo trực tiếp, tuy vậy các mô hình này rất cần thiết cho công tác dự tính, dự báo;
- Mô hình về chiến thuật phòng chống, mô tả tác dụng của các biện pháp phòng chống đến quần thể sâu bệnh. Hiện nay mới chỉ có mô hình về ảnh hưởng của thuốc trừ sâu, thả côn trùng đực bất dục, chưa có về giống chống chịu sâu bệnh và biện pháp canh tác.

Sau khi đã có các mô hình phải tiến hành mô phỏng, tính xem trong các điều kiện khác nhau, cần áp dụng các biện pháp phòng chống nào để có hiệu quả nhất. Phương pháp đúng ở đây là chương trình hoá động (Shoemaker 1987).

Ví dụ, gần đây, ở Mỹ đã xây dựng chương trình máy tính điện tử về mô hình của bệnh đốm lá nhỏ hại ngô. Mô hình gồm có một chương trình chính và mười chương trình bổ sung. Mô hình này chủ yếu dùng phương pháp hồi quy tuyến tính để tính ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh đến các giai đoạn khác nhau của bệnh. Lúc nào mô hình hồi quy không thích hợp thì dùng mô hình sinh trưởng của quần thể.

5.4. Điều khiển quá trình tạo năng suất của ruộng cây trồng

a) Khái niệm

Đã từ lâu người ta biết quang hợp là cơ sở của sự dinh dưỡng và năng suất của thực vật. Khoảng 90-95% vật chất thu hoạch và toàn bộ năng lượng hoá học dự trữ trong đó là sản phẩm của quá trình quang hợp.

Người ta không thấy có sự tương quan giữa cường độ quang hợp của lá thực vật với năng suất, điều này làm cho việc xây dựng lý luận tổng hợp về năng suất cao của thực vật gặp khó khăn. Công trình nghiên cứu đầu tiên theo hướng này là của Watson (1952) và A.A.Nitchiporovic (1956).

Các công trình nghiên cứu đầu tiên cho thấy diện tích lá là điều quan trọng nhất, nhưng không phải là duy nhất để đạt năng suất cao. Quang hợp chỉ tạo năng suất cao lúc trong cây xảy ra quá trình sinh trưởng mạnh, sử dụng sản phẩm quang hợp để làm ra bộ máy quang hợp. Muốn có năng suất cao, đòi hỏi việc sử dụng cao nhất các nhân tố ngoại cảnh có tính chất quyết định năng suất: dòng năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp, khí cacbonic, nước và sự dự trữ chất dinh dưỡng trong đất. Việc sử dụng các nhân tố ngoại cảnh trên do toàn bộ quần thể thực vật thực hiện, vì vậy lúc nghiên cứu năng suất thực vật phải xét trên mức quần thể. Các cá thể thực vật có năng suất cao là cá thể có khả năng tạo ra các quần thể có năng suất cao.

Quần thể cây trồng là một hệ thống quang hợp hoàn chỉnh và tổng hợp. Để có năng suất cao, quần thể phải có mật độ tốt nhất, bộ máy quang hợp (lá và các bộ phận màu xanh khác) rộng với lượng diệp lục và các đơn vị hoạt động của bộ máy quang hợp trong lục lạp đầy đủ. Các điều kiện này cho phép quần thể hút toàn bộ bức xạ có hoạt tính quang hợp chiếu xuống, sử dụng nó với hiệu suất cao để đồng hoá lượng khí cacbonic cao nhất và các nguyên tố dinh dưỡng khoáng hút từ đất. Kết quả, tạo nên lượng sản phẩm quang hợp cao, sử dụng chúng qua các quá trình vận chuyển, hô hấp và trao đổi chất để sinh trưởng, tạo ra cơ quan có ý nghĩa kinh tế với sự mất mát ít nhất, A.A.Nitchiporovic (1979) cho rằng, các điều kiện để có năng suất cao là:

- Hệ thống quang hợp hút năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp với hệ số hấp thụ cao (85-90%);
- Các bộ phận quang hợp sử dụng năng lượng ánh sáng để đồng hoá khí cacbonic với hiệu suất cao;
- Các sản phẩm quang hợp được tiêu thụ trong quá trình trao đổi chất và sinh trưởng để tạo năng suất sinh học và kinh tế với sự mất mát ít nhất;
- Dùng các dạng và giống cây trồng có khả năng tạo một quần thể với các đặc tính của hệ thống quang hợp tổng hợp tốt nhất.

b) *Năng suất kinh tế và năng suất sinh học*

Năng suất kinh tế là một bộ phận của năng suất sinh học có giá trị sử dụng cao mà ngành trồng trọt cần thu hoạch như hạt, quả, củ thân, củ rễ, sinh khối thức ăn gia súc ...

Quan hệ giữa hai loại năng suất này là hệ số kinh tế.

$$Y_{KT} = Y_{SH} \cdot K_{KT}$$

Trong đó:

- Y_{KT} - năng suất kinh tế;
- Y_{SH} - năng suất sinh học.
- K_{KT} - hệ số kinh tế.

Năng suất sinh học là tổng hợp sự tăng trưởng hàng ngày của tổng sinh khối trong suốt thời gian sinh trưởng (t ngày), từ thời kỳ cây mọc các bộ phận dinh dưỡng (lá, rễ), cho đến khi đạt trị số cao nhất (C_{max}); sau đấy trong thời kỳ tạo thành các bộ phận kinh tế, tốc độ sinh trưởng giảm dần.

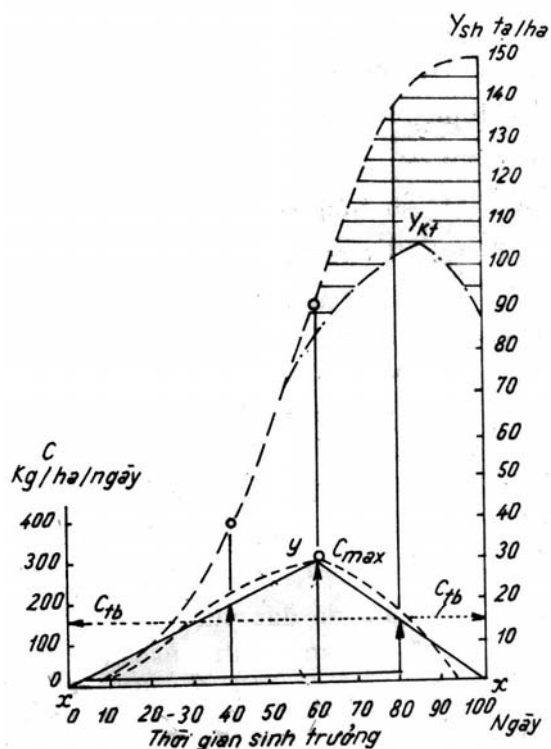
Y_{SH} được tính như sau:

$$Y_{SH} = 1/2 C_{max} \cdot t \text{ hay } C_{tb} \cdot t$$

Trong đó:

- C_{max} : trị số tăng trưởng cao nhất;
- t : số ngày trong thời gian sinh trưởng;
- $C_{tb} = 1/2 C_{max}$.

Hình 45. Sơ đồ của quá trình tạo năng suất sinh học (Y_{SH}) và năng suất kinh tế (Y_{KT}) cây cốc



(Theo A.A Nitchiporovic, 1979)

Tam giác xyz có đáy là thời gian sinh trưởng và chiều cao là C_{\max} .

Thí dụ, muốn đạt năng suất lúa 75 tạ/ha với hệ số kinh tế 0,5 thì năng suất sinh học là $75: 0,5 = 150$ tạ/ha hay $1,5 \cdot 10^4$ kg/ha, nếu thời gian sinh trưởng là 100 ngày, C_{tb} là 150 kg/ngày và C_{\max} là 300 kg/ngày. Để tạo 1 kg sinh khối C_{\max} cần phải đồng hoá 2 - 2,5 kg khí cacbonic một ngày. Để đảm bảo C_{\max} 300 - 360 kg/ngày, ruộng lúa phải đồng hoá 600 - 720 kg khí cacbonic/ngày. Nếu diện tích lá vào lúc C_{\max} đạt chỉ số 4 - 5 m²/m² thì ruộng lúa phải có hiệu suất quang hợp 6 - 7 g/m²/ngày hay cường độ quang hợp bình quân phải đạt 13,3 mg/dm²/h.

c) **Năng suất cao nhất có thể đạt được**

Về mặt lý luận, để đạt được 1 đơn vị (gam) sản phẩm, quang hợp phải đồng hoá 1,47 đơn vị khí cacbonic và tích lũy 3,75 kcal năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp. Từ lúc chất diệp lục và các trung tâm phản ứng hút các lượng tử năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp đến lúc dự trữ được chúng là một quá trình phức tạp. Quá trình này chuyển hoá năng lượng trong các quá trình quang phân li nước, chuyển điện tử (e^- , H^+) qua chuỗi vận chuyển điện tử đến sự khử khí cacbonic. Theo hiểu biết hiện nay, để đồng hoá 1 phân tử gam khí cacbonic (44 g) cần hút 8 lượng tử hay 8 eistein ($50 \times 8 = 400$ kcal) năng lượng. Trong lúc ấy ngay ở giai đoạn tạo các thành phần của lực khử (3ATP và 2 NADP.H) đã mất 68% năng lượng được hút, chỉ có 32% còn lại để đồng hoá tiếp khí cacbonic và thoả mãn các nhu cầu năng lượng khác của cây. Khoảng 0,1 phần năng lượng bị mất trong các quá trình đồng hoá sơ cấp khí cacbonic. Hiệu suất cao nhất sử dụng năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp để tạo thành các sản phẩm quang hợp đầu tiên là 28% (32,0,9).

Để tiến hành các quá trình sống, năng lượng tích lũy được phải tiêu thụ trong quá trình hô hấp và trao đổi chất cần năng lượng đồng thời cũng mất đi một lượng khí cacbonic. Trong điều kiện tốt nhất, hô hấp tiêu thụ 0,3 - 0,4 lượng khí cacbonic đồng hoá được và để tạo 1 kg sinh khối, cây tiêu thụ khoảng 2 - 2,5 kg khí cacbonic. Về năng lượng, nếu mất đi 0,3 - 0,4 năng lượng dự trữ thì trong sinh khối chỉ còn lại 17% của 28% năng lượng của bức xạ có hoạt tính quang hợp.

Chất diệp lục của lá trong các quá trình tốt nhất không hút được quá 75 - 80% năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp và như vậy để tạo thành sinh khối, hiệu suất sử dụng năng lượng bức xạ có hoạt tính quang hợp chỉ được 13 - 14 % ở điều kiện C_{\max} . Để tạo thành năng suất sinh học, hiệu suất này chỉ còn một nửa.

Sau đây là bảng số liệu về C_{\max} và hiệu suất sử dụng ánh sáng của một số cây trồng.

Bảng 3. Suất tăng trưởng, hiệu suất sử dụng ánh sáng và cường độ quang hợp cao nhất của một số loài cây trồng
(Nguồn: Maruta, 1981)

Loài	Kiểu quang hợp	Nước	Suất tăng trưởng cao nhất (g/m ² /ngày)	Hiệu suất sử dụng ánh sáng (%)	Cường độ quang hợp (mgCO ₂ /dm ² /h)
Cỏ voi	C 4	Pactorico	60	-	84
Ngô	C 4	Nhật	55	4,6	-
Ngô	C 4	Nhật	52	4,3	60
Ngô	C 4	Mĩ	52	2,9	-
Ngô	C 4	Mĩ	52	4,2	-
Lúa	C 3	Philippin	55	3,7	48
Lúa	C 3	Nhật	36	2,8	36