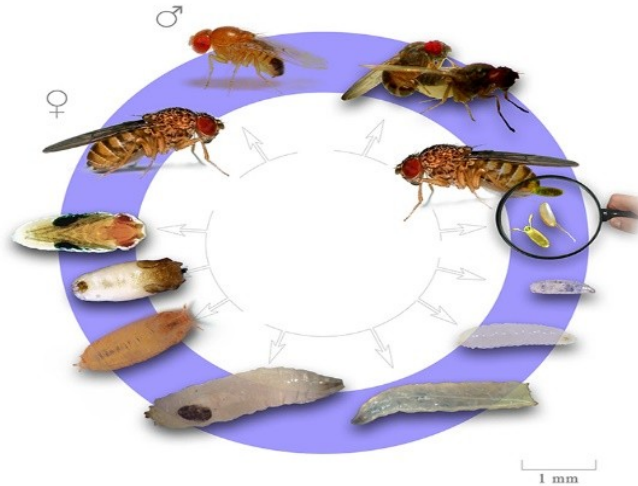


Chuyên đề 3: LIÊN KẾT GEN VÀ HOÁN VỊ GEN

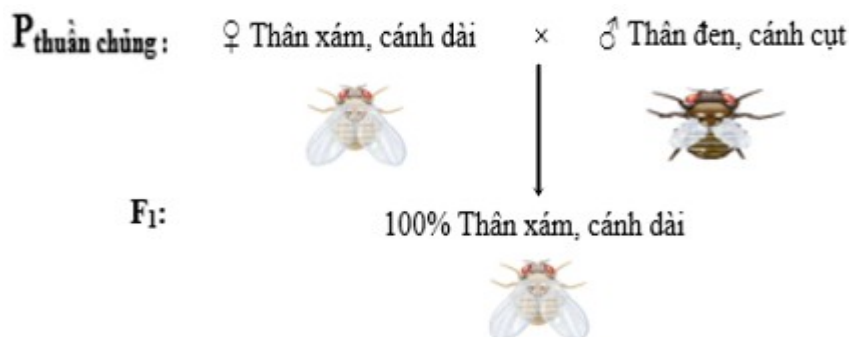
I. THÍ NGHIỆM CỦA MOOCGAN

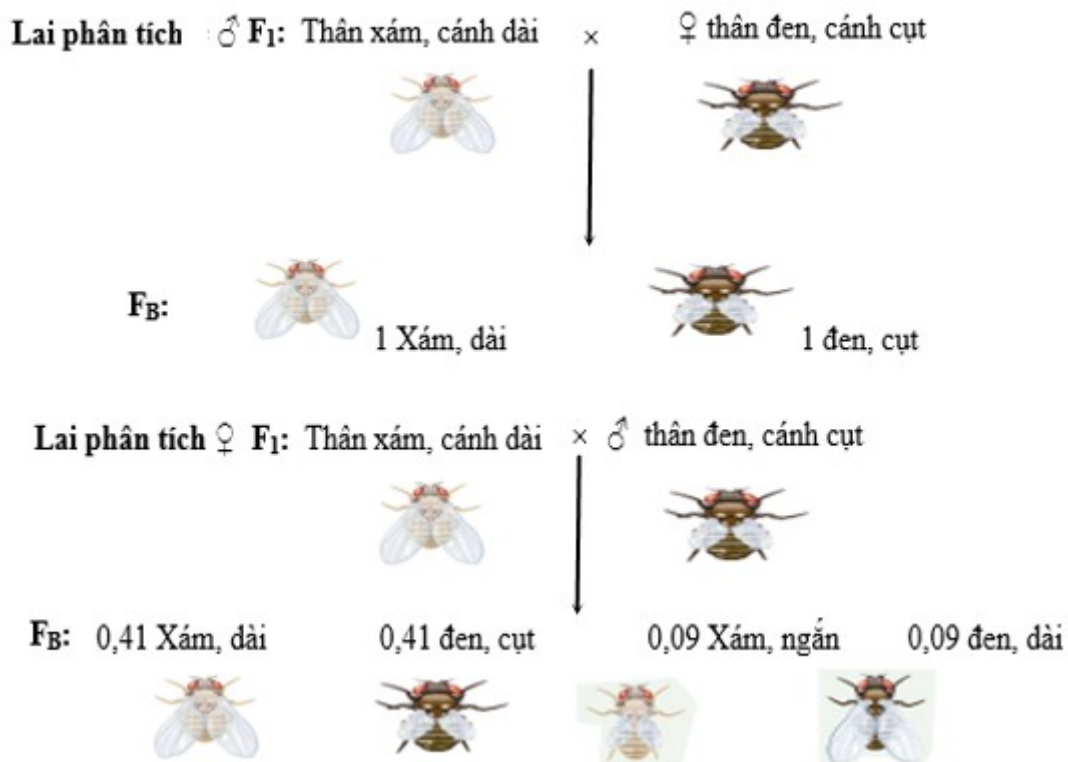
1. Đối tượng nghiên cứu



- Ruồi quả (ruồi giấm) là đối tượng thí nghiệm lý tưởng về di truyền học do chúng dễ nuôi trong phòng thí nghiệm, sinh sản nhanh và trong thời gian ngắn có thể quan sát được nhiều thế hệ con cháu. Thức ăn nuôi ruồi giấm có thể là các loại trái cây như chuối, xoài, ...
- Mỗi cặp ruồi giấm sinh được hàng trăm con trong một lứa;
- Vòng đời ngắn, chỉ có hai tuần lễ là chúng có thể nhanh chóng đạt tới tuổi trưởng thành để tham gia sinh sản; và chu kỳ sống có thể rút xuống còn 10 ngày, nếu ở nhiệt độ 25°C. Các ruồi cái trưởng thành về mặt sinh dục nội trong 12 giờ, và chúng lại đẻ trứng hóa nhộng trong hai ngày..
- Hơn nữa, tế bào của chúng chỉ chứa 4 cặp NST ($2n=8$) trong đó có 3 cặp NST thường và 1 cặp NST giới tính, đối với ruồi đực là XY và đối với ruồi cái là XX, do đó dễ dàng quan sát bộ NST của chúng.
- Dễ quan sát thấy thể đột biến về màu mắt, dạng cánh.

2. Thí nghiệm





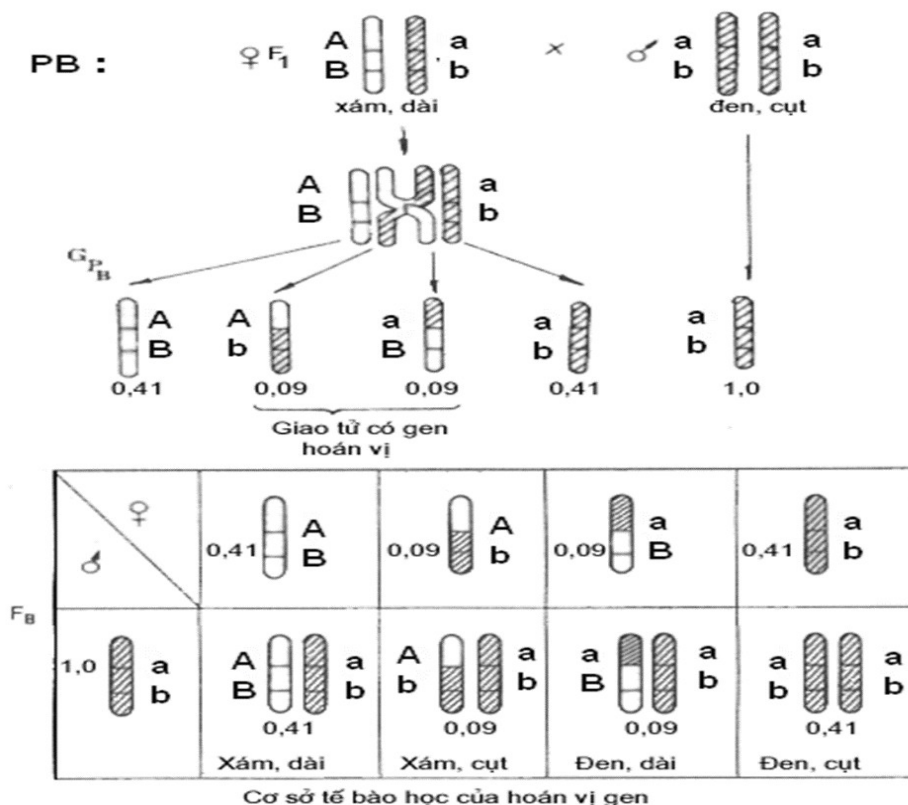
II. LIÊN KẾT GEN HOÀN TOÀN

- Đặc điểm của liên kết hoàn toàn :** Các gen trên cùng 1 NST phân li cùng nhau và làm thành nhóm gen liên kết. Số nhóm liên kết ở mỗi loài tương ứng với số NST trong bộ đơn bội(n) của loài đó. Số nhóm tính trạng liên kết tương ứng với số nhóm gen liên kết.
- Cơ sở tế bào học** (các gen cùng nằm trên 1 NST phân li và tổ hợp cùng nhau trong giảm phân)
- Ý nghĩa liên kết gen :** Liên kết gen làm hạn chế xuất hiện biến dị tổ hợp, đảm bảo sự duy trì bền vững từng nhóm tính trạng quy định bởi các gen trên cùng một NST. Trong chọn giống nhờ liên kết gen mà các nhà chọn giống có khả năng chọn được những nhóm tính trạng tốt luôn luôn đi kèm với nhau.

III. HOÁN VỊ GEN

- Đặc điểm của hoán vị gen:** Trong quá trình giảm phân, các NST tương đồng có thể trao đổi các đoạn tương đồng cho nhau dẫn đến hoán vị gen, làm xuất hiện tổ hợp gen mới.
- HVG là hiện tượng các gen nằm trên cặp NST tương đồng có thể đổi chỗ cho nhau do sự trao đổi chéo giữa các crômatit trong quá trình phát sinh giao tử.
 - Khoảng cách giữa 2 gen/NST càng lớn thì lực liên kết càng nhỏ và tần số hoán vị càng cao nhưng không vượt quá 50%.
 - Tần số hoán vị gen phản ánh khoảng cách tương đối giữa 2 gen/NST.

2. Cơ sở tế bào học : Sự trao đổi chéo giữa các crômatit khác nguồn gốc của cặp NST tương đồng dẫn đến sự trao đổi (hoán vị) giữa các gen trên cùng một cặp NST tương đồng. Các gen nằm càng xa nhau thì lực liên kết càng yếu, càng dễ xảy ra hoán vị gen.



3. Ý nghĩa của hoán vị gen :

Hoán vị gen làm tăng tần số biến dị tái tổ hợp, tạo điều kiện cho các gen quý có dịp tổ hợp lại với nhau → cung cấp nguyên liệu cho chọn lọc nhân tạo và chọn lọc tự nhiên, có ý nghĩa trong chọn giống và tiến hoá. Dựa vào kết quả phép lai phân tích có thể tính được tần số hoán vị gen, tính được khoảng cách tương đối giữa các gen rồi dựa vào quy luật phân bố gen theo đường thẳng mà thiết lập bản đồ di truyền.

- Tần số hoán vị gen = Tỷ lệ % các loại giao tử mang gen hoán vị.
- Trong phép lai phân tích tần số hoán vị gen được tính theo công thức :

$$f(\%) = \frac{\text{Số c, thố c, ho, n v p gen} \times 100}{\text{Tổng số c, thố c, ho, n v p gen}}$$

HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

I. BÀI TẬP CƠ BẢN

1. Xác định kiểu giao tử và tỉ lệ mỗi loại giao tử:

- Một tế bào giảm phân không có hoán vị gen chỉ tạo ra 2 loại giao tử, còn nếu có hoán vị gen thì tạo ra 4 loại giao tử với tỉ lệ 1:1:1:1.
- Một cơ thể giảm phân có hoán vị gen thì chỉ có 1 số tế bào là hoán vị gen thực sự còn lại là liên kết hoàn toàn vì vậy tỉ lệ các giao tử phụ thuộc vào tần số hoán vị gen.
- Giả sử cơ thể AB/ab có x tế bào giảm phân, trong đó có y tế bào hoán vị gen sẽ cho các giao tử $AB = ab = Ab = aB = y$ (giao tử). Còn lại $x - y$ tế bào không hoán vị gen sẽ cho các giao tử $AB = ab = 2(x-y)$. Vì vậy, số giao tử mỗi loại: $AB = ab = 2(x-y) + y = 2x - y$; $Ab = aB = y$

Tần số hoán vị gen (f) = $2y/4x$

- Kiểu gen dị hợp 2 cặp gen giảm phân cho các loại giao tử với tỉ lệ:

AB/ab cho các loại giao tử: $AB = ab = (1-f)/2$; $Ab = aB = f/2$

Ab/aB cho các loại giao tử: $AB = ab = f/2$; $Ab = aB = (1-f)/2$

Bài 1: Một cá thể đực có kiểu gen $\frac{BD}{bd}$, biết 2 gen B và D liên kết hoàn toàn. Cơ thể này giảm phân bình thường sẽ cho bao nhiêu loại giao tử?

Hướng dẫn giải:

Vì 2 gen liên kết hoàn toàn $\Rightarrow$ 2 loại giao tử $\underline{BD} = \underline{bd} = 0,5$

Bài 2: Một cá thể đực có kiểu gen BV/bv , biết tần số hoán vị gen giữa B và V là 20%.

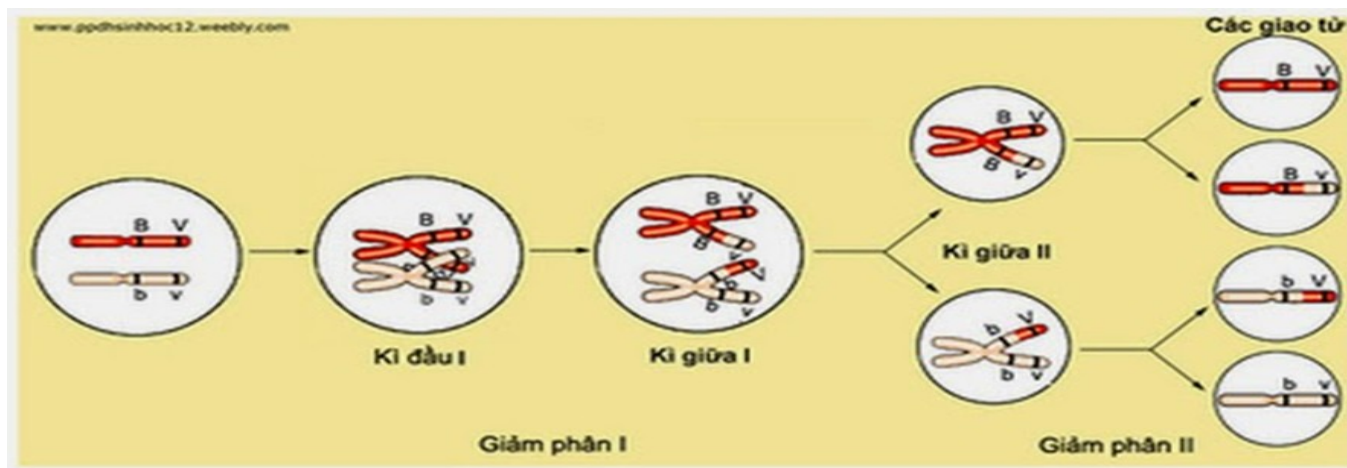
- Một tế bào của cá thể này giảm phân bình thường thì sẽ tạo ra những loại giao tử nào?
- Cơ thể này giảm phân bình thường sẽ cho các loại giao tử với tỉ lệ mỗi loại là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải:

a) Một tế bào của cá thể đực giảm phân theo sơ đồ sau cho 4 loại giao tử:

+ TH1: Không có HVG: Tạo 2 Loại $\underline{BV} = \underline{bv} = 0,5$

+ TH2: có HVG: Tạo 4 Loại $\underline{BV} = \underline{bv} = \underline{Bv} = \underline{bV} = 0,25$ theo sơ đồ sau:



b) Cơ thể này giảm phân bình thường sẽ cho các loại giao tử:

$$\underline{BV} = \underline{bv} = (1 - 0,2)/2 = 0,4 ;$$

$$\underline{Bv} = \underline{bV} = 0,2/2 = 0,1$$

Bài 3: Cho biết mỗi gen quy định một tính trạng và trội hoàn toàn. Xét phép lai $\sigma \frac{AB}{ab} \times \varphi \frac{Ab}{aB}$, với tần số hoán vị gen là 40%.

a) Đời con có bao nhiêu loại kiểu gen, bao nhiêu loại kiểu hình?

b) Tỷ lệ kiểu hình ở đời con.

Hướng dẫn giải:

$$P: \sigma \frac{AB}{ab} \times \varphi \frac{Ab}{aB}; \text{ với } f = 0,4 \rightarrow F_1: (3 \text{ trường hợp sau})$$

Trường hợp 1: Hoán vị gen ở σ

$$P: \sigma \frac{AB}{ab} \times \varphi \frac{Ab}{aB}$$

$$G: AB = ab = 0,3 \quad Ab = aB = 1/2$$

$$Ab = aB = 0,2$$

$$F_1: AB//Ab = AB//aB = Ab//ab = aB//ab = 0,15$$

$$Ab//Ab = aB//aB = 0,1$$

$$Ab//aB = 0,2$$

Trường hợp 2: Hoán vị gen ở φ

$$P: \sigma \frac{AB}{ab} \times \varphi \frac{Ab}{aB}$$

$$G: AB = ab = 1/2 \quad Ab = aB = 0,3$$

$$AB = ab = 0,2$$

$$F_1: AB//Ab = AB//aB = Ab//ab = aB//ab = 0,15$$

$$AB//AB = ab//ab = 0,1$$

$$AB//ab = 0,2$$

Trường hợp 3: Hoán vị gen ở ♂ và ♀

$$P: \sigma \frac{AB}{ab} \times \text{♀} \frac{Ab}{aB}$$

$$G: AB = ab = 0,3 \quad AB = ab = 0,2$$

$$Ab = aB = 0,2 \quad Ab = aB = 0,3$$

$$F_1: AB//AB = Ab//Ab = aB//aB = ab//ab = 0,06$$

$$AB//Ab = AB//aB = Ab//ab = aB//ab = 0,13$$

$$AB//ab = Ab//aB = 0,12$$

	Hoán vị gen ♂	Hoán vị gen ♀	Hoán vị gen 2 bên ♂ và ♀
- Số kiểu gen:	7	7	10
- Số kiểu hình:	3	4	4
- Tỷ lệ kiểu hình ở đời con.	$aabb = 0$ $A-bb = aaB- = 0,25$ $A-B- = 0,5$	$aabb = 0,1$ $A-bb = aaB- = 0,24$ $A-B- = 0,51$	$aabb = 0,04$ $A-bb = aaB- = 0,21$ $A-B- = 0,54$

Bài 4: 7000 tế bào của cá thể đực có kiểu gen $\frac{AB}{ab}$ giảm phân, trong đó có 3600 tế bào xảy ra trao đổi chéo.

- Hãy tính số lượng và tỉ lệ % mỗi loại giao tử thu được.
- Tính tần số hoán vị gen?
- Dựa vào bài toán này, hãy chứng minh vì sao tần số hoán vị gen không vượt quá 50%?

Hướng dẫn giải:

- Hãy tính số lượng và tỉ lệ % mỗi loại giao tử thu được.

$$3600 \text{ tế bào } AB/ab \text{ xảy ra trao đổi chéo cho giao tử } \underline{AB} = \underline{Ab} = \underline{aB} = \underline{ab} = 3600$$

$$7000 - 3600 = 3400 \text{ tế bào không trao đổi chéo cho } \underline{AB} = \underline{ab} = 3400.2 = 6800$$

$$\Rightarrow \underline{AB} = \underline{ab} = 6800 + 3600 = 10400 \text{ (giao tử)} = 37,14\%$$

$$\underline{Ab} = \underline{aB} = 3600 \text{ (giao tử)} = 12,86\%$$

- Tính tần số hoán vị gen = $\underline{Ab} + \underline{aB} = 2. 12,86\% = 25,72\%$

- Dựa vào bài toán này, hãy chứng minh vì sao tần số hoán vị gen không vượt quá 50%?

$$\text{Tối đa 7000 tế bào đều có trao đổi chéo khi đó các giao tử thu được: } \underline{AB} = \underline{Ab} = \underline{aB} = \underline{ab} = 7000$$

$$\Rightarrow \text{Tần số hoán vị gen tối đa} = (7000.2)/(7000.4) = 0,5$$

2. Xác định tỉ lệ kiểu gen và kiểu hình của đời con lai F₁ của phép lai có bố mẹ dị hợp 2 cặp gen:

a) Liên kết gen

P	F ₁	
	Kiểu gen	Kiểu hình
AB/ab × AB/ab	1 AB/AB : 2 AB/ab : 1 ab/ab	3 A-B- : 1 aabb
Ab/aB × Ab/aB	1 Ab/Ab : 2 Ab/aB : 1 aB/aB	1 A-bb : 2 A-B- : 1 aaB-
AB/ab × Ab/aB	1 AB/Ab : 1 AB/ab : 1 Ab/aB : 1 aB/ab	

b) Hoán vị gen

• **Hoán vị gen 1 bên**

Ví dụ: Với cơ thể dị hợp lệch (chéo) giả sử f = 20 %

P : ♀ : thân xám, cánh dài (Bv/bV) × ♂ (Bv/bV) thân xám, cánh dài

G: BV = bv = 10 % ; Bv = bV = 40 % ↓ 50 % = bV = Bv

F₁ : 25 % (Bv/Bv) thân xám, cánh cụt : 50% (Bv/bV)thân xám, cánh dài : 25 % (bV/bV) thân đen, cánh dài

Như vậy khi dị hợp chéo có xảy ra hoán vị gen 1 bên thì tỉ lệ kiểu hình luôn là 1 : 2 : 1.

Tổng hợp các trường hợp khác:Gọi giao tử của bố mẹ có hoán vị gen: AB = ab = x; Ab = aB = y

P	F ₁	
	Kiểu gen	Kiểu hình
AB/ab × AB/ab	x/2 AB/AB ; y/2 AB/aB; y/2 AB/aB ;	(có kiểu hình đồng hợp lặn về cả 2 gen)
AB/ab × Ab/aB (HVG ở Ab/aB)	(x+y)/2 AB/ab; y/2 Ab/ab; y/2 aB/ab; x/2 ab/ab ;	
Ab/aB × Ab/aB	x/2 AB/Ab; x/2 AB/aB; y Ab/aB; y/2	1 : 2 : 1
AB/ab × Ab/aB (HVG ở AB/ab)	Ab/Ab; x/2 Ab/ab; y/2 aB/ab; x/2 aB/ab	(không có kiểu hình đồng hợp lặn về cả 2 gen)

• **Hoán vị gen 2 bên** (Mỗi gen quy định một tính trạng, trội lặn hoàn toàn).

$$\textcircled{P}: \frac{AB}{ab} \times \frac{AB}{ab} \text{ hoặc } \frac{Ab}{aB} \times \frac{Ab}{aB}$$

Gọi $\underline{AB} = \underline{ab} = x$; $\underline{Ab} = \underline{aB} = y$

$$AB/AB = ab/ab = x^2$$

$$AB/ab = 2x^2$$

→ thì kiểu gen F_1 thu được có: $Ab/Ab = aB/aB = y^2$

$$Ab/aB = 2y^2$$

$$AB/Ab = AB/aB = Ab/ab = aB/ab = 2xy$$

☉ **P:** $\frac{AB}{ab} \times \frac{Ab}{aB}$

G: $\underline{AB} = \underline{ab} = x$

$\underline{AB} = \underline{ab} = y$

$\underline{Ab} = \underline{aB} = y$

$\underline{Ab} = \underline{aB} = x$

thì kiểu gen F_1 thu được có:

→ $\left\{ \begin{array}{l} AB/AB = ab/ab = Ab/Ab = aB/aB = xy \\ AB/ab = Ab/aB = 2xy \end{array} \right.$

$AB/Ab = AB/aB = Ab/ab = aB/ab = x^2 + y^2$

- Trong trường hợp phép lai 2 tính trạng (2 cặp gen dị hợp Aa, Bb) thì tương quan tỉ lệ kiểu hình ở đời F_1 như sau: $A-B- = 1/2 + aa,bb$; $A-bb = aaB- = 1/4 - aa,bb$. (Công thức đúng với tất cả trường hợp phân li độc lập, liên kết gen, hoán vị gen 1 bên hoặc 2 bên, kiểu gen là dị hợp tử đều hoặc dị hợp tử chéo)

Bài 5: Một loài thực vật, gen A quy định cây cao, gen a quy định cây thấp, gen B quy định thân cây màu xanh, gen b quy định thân cây màu đỏ. Kết quả theo dõi một thí nghiệm ở một thế hệ có 4 kiểu hình khác nhau, trong đó cây thấp, thân đỏ chiếm 4% tổng số cây thu được của thí nghiệm. Hãy cho biết

- Cây cao, thân xanh đồng hợp về các gen trội (thuần chủng) chiếm tỉ lệ bao nhiêu?
- Tỉ lệ của cây cao, thân xanh dị hợp về các cặp gen là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải:

a) Ta có: $AB/AB = ab/ab = 0,04$

b) Kiểu gen của P là $AB/ab \times AB/ab$ hoặc $Ab/aB \times Ab/aB$ hoặc $AB/ab \times Ab/aB$ (hoán vị gen 1 bên hoặc 2 bên)

Các trường hợp:

* $AB//ab \times AB//ab \rightarrow$ kiểu gen F_1 : $ab//ab = 0,04$

+ HVG 1 bên thì $(1-f)/4 = 0,04 \Rightarrow f = 0,84 > 0,5 \Rightarrow$ loại

+ HVG 2 bên thì $[(1-f)/2]^2 = 0,04 \Leftrightarrow (1-f)/2 = 0,2 \Rightarrow f = 0,6 > 0,5 \Rightarrow$ loại

* $Ab/aB \times Ab/aB \rightarrow$ kiểu gen F_1 : $ab//ab = 0,04$

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = 0 \Rightarrow$ loại

+ HVG 2 bên thì $[f/2]^2 = 0,04 \Rightarrow f = 0,4 \Rightarrow$ nghiệm

$$\Rightarrow AB/ab + Ab/aB = 2.x^2 + 2.y^2 = 2.0,04 + 2.0,09 = 0,226$$

* $AB/ab \times Ab/aB \rightarrow$ kiểu gen F_1 : $ab//ab = 0,04$

+ HVG 1 bên AB/ab thì $ab/ab = 0 \Rightarrow$ loại

+ HVG 1 bên Ab/aB thì $f/4 = 0,04 \Rightarrow f = 0,16 \Rightarrow$ nghiệm

$\Rightarrow AB/ab + Ab/aB = 2.0,04 + 2.0 = 0,08$

+ HVG 2 bên thì $(f/2)[(1-f)/2] = 0,04 \Rightarrow f = 0,2 \Rightarrow$ nghiệm

$\Rightarrow AB/ab + Ab/aB = 4.0,04 = 0,16$

3. Xác định quy luật di truyền

- Xét phép lai 2 tính trạng đơn gen.
- Xuất phát từ phép lai P thuần chủng, các kiểu hình tương phản $\rightarrow F_1 \rightarrow F_2$ hoặc xuất phát là bố mẹ dị hợp 2 cặp gen (Aa,Bb) cho tự thụ $\rightarrow$ được F_1 cho kết quả như sau:

Kết quả phân li kiểu hình F_2 (hoặc F_1)	Quy luật	Kiểu gen F_1 (hoặc P)
9:3:3:1	Phân li độc lập	AaBb
	Hoán vị gen cả bố và mẹ với $f = 0,5$	AB/ab hoặc Ab/aB
3:1	Liên kết gen hoàn toàn	AB/ab
1:2:1		Ab/aB
Các tỉ lệ khác	Hoán vị gen	ab/ab (F_2) $< 1/16 \rightarrow$ Ab/aB (HVG 2 bên bố mẹ)
		ab/ab (F_2) $> 1/16 \rightarrow$ AB/ab (HVG 1 hoặc cả 2 bên bố mẹ)

Bài 6: Cho biết A_thân cao trội so với a_thân thấp; B_hoa đỏ trội so với b_hoa trắng. Cho cây thân cao hoa đỏ tự thụ phấn, đời F_1 có 4 loại kiểu hình, trong đó cây thân cao hoa trắng chiếm 16%. Cho biết mọi diễn biến của quá trình giảm phân tạo hạt phấn giống với quá trình giảm phân tạo noãn. Hãy xác định tần số hoán vị gen và kiểu gen của bố mẹ.

Hướng dẫn giải:

Lưu ý: Giả thiết cho diễn biến của quá trình giảm phân tạo hạt phấn giống với quá trình giảm phân tạo noãn
 $\Rightarrow$ Nếu có hoán vị gen thì sẽ xảy ra ở cả quá trình phát sinh giao tử đực và cái.

Cho cây thân cao hoa đỏ tự thụ phấn, đời F_1 có 4 loại kiểu hình, trong đó cây thân cao hoa trắng chiếm 16%.

$\Rightarrow A-bb = 0,16 \Rightarrow aabb = 0,25 - 0,16 = 0,09 > 0,0625$

$\Rightarrow$ Kiểu gen P tự thụ phấn là AB/ab

$\Rightarrow \underline{ab} = (1-f)/2 = 0,3 \Rightarrow f = 0,4$

Bài 7: Cho cây có quả to, màu vàng giao phấn với cây có quả nhỏ, màu xanh được F_1 có 100% cây quả to, màu xanh. Cho F_1 giao phấn với nhau đời F_2 thu được 25% quả to, màu vàng; 50% quả to, màu xanh; 25% cây quả nhỏ, màu xanh. Cho biết mỗi tính trạng do một cặp gen quy định.

- Hãy xác định quy luật di truyền chi phối phép lai.
- Xác định kiểu gen của P.

Hướng dẫn giải:

a) Xác định quy luật di truyền:

F_2 : Quả to : Quả nhỏ = 3 : 1 $\Rightarrow F_1$: Aa; Quả xanh : Quả vàng = 3 : 1 $\Rightarrow F_1$: Bb

Tỉ lệ F_2 có 1:2:1 $\Rightarrow$ liên kết gen hoàn toàn, kiểu gen F_1 là liên kết đối: Ab/aB

b) Kiểu gen P: Ab/Ab $\times$ aB/aB

Bài 8: Khi lai cà chua quả đỏ tròn với cà chua quả vàng bầu, F_1 thu được 100% đỏ tròn. Cho F_1 tự thụ phấn thì thu được F_2 gồm 1500 cây, trong đó có 990 cây quả đỏ tròn. Hãy xác định quy luật di truyền chi phối 2 tính trạng trên.

Hướng dẫn giải:

F_2 : đỏ, tròn = A-B- = 990/1500 = 0,66 $\Rightarrow$ Hoán vị gen

$\Rightarrow aabb = 0,66 - 0,5 = 0,16 > 0,0625$

$\Rightarrow$ Liên kết đều (dị hợp tử đều), hoán vị gen 1 bên hoặc 2 bên:

+ Nếu HVG 1 bên thì $ab/ab = (1-f)/4 = 0,16 \Rightarrow f = 0,36$ nghiệm

+ Nếu HVG 2 bên thì giao tử $ab = (1-f)/2 = 0,4 \Rightarrow f = 0,2$ nghiệm

- Cũng là tình huống trên, nếu lai phân tích thì cho kết quả như sau:

Kết quả phân li kiểu hình F_B	Quy luật	Kiểu gen F_1 (hoặc P)
1:1:1:1	Phân li độc lập	AaBb
	Hoán vị gen cả bố và mẹ với $f = 0,5$	AB/ab hoặc Ab/aB
1:1	Liên kết gen hoàn toàn	AB/ab
		Ab/aB
Các tỉ lệ khác $x:x:y:y$ $x+y = 0,5$; $x > y$	Hoán vị gen với $f = 2y$	AB/ab nếu F_B có ab/ab
		Ab/aB nếu F_B không có ab/ab

Bài 9: Cho lai giữa các con ruồi giấm đồng hợp tử mắt tím, cánh cụt với các con ruồi giấm kiểu dại (mắt đỏ, cánh bình thường). Kết quả ở F_1 , tất cả các con đều có kiểu hình kiểu dại. Lai phân tích những con ruồi cái F_1 với những con ruồi đực có kiểu gen đồng hợp thu được : 1167 con mắt tím, cánh cụt; 161 con mắt tím, cánh bình thường; 157 con mắt đỏ, cánh cụt; 1162 con mắt đỏ, cánh bình thường.

- a) Cho biết quy luật di truyền chi phối 2 tính trạng.
b) Xác định kết quả F_2 nếu cho những con ruồi F_1 giao phối với nhau?

Hướng dẫn giải:

a) Lai phân tích những con ruồi cái F_1 với những con ruồi đực có kiểu gen đồng hợp thu được : 1167 con mắt tím, cánh cụt; 161 con mắt tím, cánh bình thường; 157 con mắt đỏ, cánh cụt; 1162 con mắt đỏ, cánh

$$\frac{161+157}{1167+1162+161+157} = 0,12$$

bình thường $\Rightarrow$ Hoán vị gen ở ruồi cái, $f = \frac{161+157}{1167+1162+161+157} = 0,12$

Kiểu hình hoán vị gen là: con mắt tím, cánh bình thường ($aaB-$) ; 157 con mắt đỏ, cánh cụt ($A-bb$)

$\Rightarrow$ Kiểu gen F_1 : AB/ab

b) $F_1 \times F_1$: $\varphi AB/ab \times \sigma AB/ab \rightarrow$ Kiểu hình: $aabb = (1 - 0,12)/2 \cdot 1/2 = 0,22$

$$A-bb = aaB- = 0,25 - 0,22 = 0,03$$

$$A-B- = 0,5 + 0,22 = 0,72$$

Sơ đồ lai:

$$\text{Kiểu gen: } F_1: \sigma \frac{AB}{ab} \times \varphi \frac{AB}{ab}$$

$$\underline{AB} = \underline{ab} = 0,44$$

$$G: \underline{AB} = \underline{ab} = 0,5 \underline{Ab} = \underline{aB} = y = 0,06$$

$$AB/AB = ab/ab = 0,44 \cdot 0,5 = 0,22$$

$$AB/ab = 2 \cdot 0,22 = 0,44$$

$$\rightarrow \text{thì kiểu gen } F_2 \text{ thu được có: } Ab/Ab = aB/aB = 0 \cdot 0,06 = 0$$

$$Ab/aB = 2 \cdot 0 = 0$$

$$AB/Ab = AB/aB = Ab/ab = aB/ab = 0,5 \cdot 0,06 = 0,03$$

- Các trường hợp khác phải tiến hành xét các trường hợp và tiến hành theo 3 bước:

Bước 1: Xét riêng sự di truyền của gen quy định từng tính trạng.

Bước 2: Xét sự di truyền chung của 2 tính trạng: (Cần giả thiết các trường hợp có thể xảy ra đó là: Phân li độc lập hoặc liên kết gen hoặc hoán vị gen, mỗi trường hợp thử tính theo một kiểu hình hoặc kiểu gen nào đó, thường là kiểu hình đồng hợp lặn về tất cả các gen).

Bước 3: Viết sơ đồ lai kiểm nghiệm kết quả.

Bài 10: Ở một loài thực vật, xét 2 gen trên NST thường, gen A trội hoàn toàn so với a và gen B là trội hoàn toàn so với b. Lai 2 cá thể dị hợp tử về 2 gen trên, trong số cây thu được ở F_1 thì số cây đồng hợp tử lặn về cả 2 tính trạng chiếm tỉ lệ $x\%$. Xác định kiểu gen P với 2 trường hợp:

$$a) x = 16\%$$

$$b) x = 9\%$$

Hướng dẫn giải:

a) $x = 16\%$ => Hoán vị gen một bên hoặc cả 2 bên bố mẹ với các trường hợp kiểu gen sau:

*** $AB/ab \times AB/ab$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = (1-f)/4 = 0,16 \Rightarrow f = 0,36$.(nghiệm)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [(1-f)/2]^2 = 0,16 \Rightarrow [(1-f)/2] = 0,4 \Rightarrow f = 0,2$.(nghiệm)

*** $Ab/aB \times Ab/aB$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = 0$ (loại)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [f/2]^2 = 0,16 \Rightarrow [f/2] = 0,4 \Rightarrow f = 0,8$ (loại)

*** $AB/ab \times Ab/aB$**

+ HVG 1 bên AB/ab thì $ab/ab = 0$ (loại)

+ HVG 1 bên Ab/aB thì $ab/ab = (f)/4 = 0,16 \Rightarrow f = 0,64$ (loại)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [(1-f)/2].[f/2] = 0,16 \Rightarrow$ vô nghiệm (loại)

b) $x = 9\%$ => Hoán vị gen một bên hoặc cả 2 bên bố mẹ với các trường hợp kiểu gen sau:

*** $AB/ab \times AB/ab$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = (1-f)/4 = 0,09 \Rightarrow f = 0,72 > 0,5$ (loại)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [(1-f)/2]^2 = 0,09 \Rightarrow [(1-f)/2] = 0,3 \Rightarrow f = 0,4$.(nghiệm)

*** $Ab/aB \times Ab/aB$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = 0$ (loại)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [f/2]^2 = 0,09 \Rightarrow [f/2] = 0,3 \Rightarrow f = 0,6 > 0,5$ (loại)

*** $AB/ab \times Ab/aB$**

+ HVG 1 bên AB/ab thì $ab/ab = 0$ (loại)

+ HVG 1 bên Ab/aB thì $ab/ab = (f)/4 = 0,09 \Rightarrow f = 0,36$ (nghiệm)

+ HVG 2 bên thì $ab/ab = [(1-f)/2].[f/2] = 0,09 \Rightarrow$ vô nghiệm (loại)

Bài 11: Ở ruồi giấm, xét 2 gen trên NST thường, gen A trội hoàn toàn so với a và gen B là trội hoàn toàn so với b. Lai 2 cá thể dị hợp tử về 2 gen trên, trong số ruồi thu được ở F_1 thì số ruồi đồng hợp tử lặn về cả 2 tính trạng chiếm tỉ lệ $x\%$. Xác định kiểu gen P với 2 trường hợp:

a) $x = 10\%$

b) $x = 40\%$

Hướng dẫn giải:

Chú ý quan trọng: ruồi giấm chỉ hoán vị gen ở ruồi cái

a) $x = 10\%$ => Hoán vị gen một bên hoặc cả 2 bên bố mẹ với các trường hợp kiểu gen sau:

*** $AB/ab \times AB/ab$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = (1-f)/4 = 0,1 \Rightarrow f = 0,6$.(loại)

*** $Ab/aB \times Ab/aB$**

+ HVG 1 bên thì $ab/ab = 0$ (loại)

* **AB/ab × Ab/aB**

+ HVG 1 bên AB/ab thì ab/ab = 0 (loại)

+ HVG 1 bên Ab/aB thì ab/ab = (f)/4 = 0,1 ⇒ f = 0,4 (nghiệm)

b) x = 40% ⇒ Hoán vị gen một bên hoặc cả 2 bên bố mẹ với các trường hợp kiểu gen sau:

* **AB/ab × AB/ab**

+ HVG 1 bên thì ab/ab = (1-f)/4 = 0,4 ⇒ 1-f = 1,6 ⇒ f = - 0,6 (loại)

* **Ab/aB × Ab/aB**

+ HVG 1 bên thì ab/ab = 0 (loại)

* **AB/ab × Ab/aB**

+ HVG 1 bên AB/ab thì ab/ab = 0 (loại)

+ HVG 1 bên Ab/aB thì ab/ab = (f)/4 = 0,4 ⇒ f = 1,6 (loại)

Chú ý: đối với loài trinh sản thì con đực bộ nhiễm sắc thể đơn bội, chỉ có 1 loại giao tử (ví dụ ở ong mật)

Bài 12: Ở ong mật, gen A quy định cánh dài là trội hoàn toàn so với gen a quy định cánh ngắn, gen B quy định cánh rộng là trội hoàn toàn so với gen b quy định cánh hẹp. Hai gen này cùng nằm trên một nhiễm sắc thể và xảy ra trao đổi chéo.

P: ong cái cánh dài, rộng × ong đực cánh ngắn, hẹp → F₁: 100% cánh dài, rộng.

a) Cho biết kiểu gen của P ?

b) Cho F₁ tạp giao, ở F₂ ong đực, ong cái có những kiểu hình như thế nào?

c) Nếu phép lai trên không phải là ong mật mà là ruồi giấm thì kết quả F₂ giống hay khác so với phép trên? Tại sao?

Hướng dẫn giải:

a.

- P khác nhau 2 cặp tính trạng tương phản, F₁ đồng tính → P thuần chủng.

- Kiểu gen của P: Ong cái cánh dài, rộng: AB/AB. × Ong đực cánh ngắn, hẹp: ab.

b. P: AB/ AB × ab.

G_p: AB ab.

F₁: AB/ab (ong cái cánh dài, rộng); AB (ong đực cánh dài, rộng)

G_{F1}: AB, Ab, aB, ab AB

F₂ Ong cái: AB/ AB, AB/ab, AB/aB, AB/ Ab. cánh dài, rộng

Ong đực: AB cánh dài, rộng; ab cánh ngắn, hẹp; aB cánh ngắn, rộng Ab cánh dài, hẹp

c.

- Ruồi giấm không có hiện tượng trinh sản.

- Ruồi giấm F_1 dị hợp tử 2 cặp gen, khi lai thì F_2 sẽ có 4 kiểu hình tỷ lệ khác nhau.

II. BÀI TẬP PHỨC TẠP

1. Tương tác gen và liên kết gen (1 tính trạng do 2 cặp gen không alen Aa và Bb tương tác, 1 tính trạng do 1 cặp gen Dd quy định liên kết với 1 trong 2 gen quy định tính trạng do tương tác).

a) Phương pháp nhận biết:

- Đề bài xét đến 2 tính trạng.
- Tỷ lệ kiểu hình chung cho cả hai tính trạng không bằng tích của hai nhóm tỷ lệ khi xét riêng và thấy giảm xuất hiện biến dị tổ hợp.
- Có 2 trường hợp:
 - + Nếu tỷ lệ chung cả hai tính trạng giống tỷ lệ tương tác đơn thuần như 9: 3: 3: 1; 9: 6: 1; 9: 7; 12: 3: 1; 13: 3; 9: 3: 4... thì chắc chắn các gen liên kết đồng (dị hợp tử đều $AD//ad$ hoặc $BD//bd$).
 - + Nếu tỷ lệ chung của 2 tính trạng khác tỷ lệ đơn thuần như 9 : 3 : 2 : 1 : 1; 6 : 6 : 3: 1; 8 : 5 : 2: 1; 6 : 5 : 3 : 1 : 1; 10 : 3 : 2 : 1; 8: 4 : 3 : 1.. thì chắc chắn các gen liên kết đối (dị hợp tử chéo $Ad//aD$ hoặc $Bd//bD$).
 - + Ngoại lệ, đối với tương tác át chế 13 : 3, tỷ lệ chung về cả hai tính trạng là 9 : 3 : 4 sẽ phù hợp cả liên kết đồng và liên kết đối.

b) Phương pháp giải:

- *Bước 1:* Xác định quy luật di truyền
 - + Tách riêng từng tính trạng để xét: có 1 tính trạng di truyền tương tác, 1 tính trạng do 1 cặp gen quy định.
 - + Xét chung : Tỷ lệ kiểu hình chung cho cả hai tính trạng không bằng tích của hai nhóm tỷ lệ khi xét riêng và thấy giảm xuất hiện biến dị tổ hợp → gen quy định tính trạng di truyền theo quy luật của Mendel đã liên kết hoàn toàn với 1 trong 2 gen quy định tính trạng do tương tác.
- *Bước 2:* Xác định kiểu gen.

Xác định các gen liên kết đồng hay đối dựa vào sự xuất hiện hay không xuất hiện loại kiểu hình có kiểu gen duy nhất (vd: đời sau xuất hiện kiểu hình có kiểu gen aa → P đều có giao tử ab → liên kết đồng)

Xác định gen nào liên kết, gen nào phân li độc lập. (chú ý nếu là kiểu tương tác có một cách quy ước gen, vai trò $A = B$ (9: 6: 1; 9: 7; 15: 1) ta chọn cả 2 trường hợp.
- *Bước 3:* Viết sơ đồ lai.

Bài 1: Người ta cho lai giữa 2 cơ thể thỏ thu được F_1 có tỷ lệ 12 lông trắng, dài : 3 lông đen, ngắn : 1 xám ngắn. Hãy biện luận và viết sơ đồ lai. Biết gen quy định tính trạng nằm trên NST thường, kích thước lông do 1 gen quy định, không có hiện tượng trao đổi chéo giữa các NST tương đồng.

Hướng dẫn giải:

- *Bước 1:* Xác định quy luật di truyền

+ Xét sự di truyền của tính trạng màu sắc lông: F_1 có tỉ lệ 12 trắng : 3 đen : 1 xám

→ F_1 có 16 tổ hợp = 4×4 → P mỗi bên cho ra 4 loại giao tử → F_1 dị hợp về 2 cặp gen quy định 1 tính trạng

→ tính trạng màu sắc lông di truyền theo quy luật tương tác.

→ đây là tỉ lệ của tương tác gen kiểu át chế trội.

Quy ước: A-B- ; A-bb: trắng; aaB- : đen; aabb: xám → P: AaBb (trắng) × AaBb (trắng)

+ Xét sự di truyền tính trạng kích thước lông:

F_1 có sự di truyền 3 dài : 1 ngắn, mà mỗi gen quy định một tính trạng → dài là tính trạng trội, ngắn là tính trạng lặn.

Quy ước: D : dài, d : ngắn → P: Dd × Dd

- Bước 2: Xác định kiểu gen và viết sơ đồ lai

P dị hợp về 3 cặp gen mà F_1 có tỉ lệ 12 : 3 : 1 → số tổ hợp giao tử = 16 khác với 64 tổ hợp trong phân li độc lập → xảy ra hiện tượng liên kết gen.

Nhận thấy, tính trạng màu lông trắng luôn dài, lông xám luôn ngắn → A liên kết với D, a liên kết với d.

Sơ đồ lai:

Bài 2: Dem F_1 dị hợp về 3 cặp gen tự thụ phấn, F_2 phân li theo tỉ lệ: 196 thân thấp, quả bầu ; 589 thân cao, quả bầu; 392 thân thấp, quả tròn; 1961 thân cao, quả tròn. Biện luận, viết sơ đồ lai?

Hướng dẫn giải:

- Bước 1: Xét riêng từng tính trạng

+ Xét sự di truyền tính trạng kích thước thân:

F_2 phân li tỉ lệ cao: thấp = 13 : 3 → tính trạng kích thước thân di truyền theo quy luật tương tác át chế.

Quy ước: A-B-; A-bb; aabb : cây thân cao ; aaB- : cây thân thấp

F_1 : AaBb (thân cao) × AaBb (thân cao).

+ Xét sự di truyền tính trạng hình dạng quả:

F_2 phân li quả tròn : quả bầu = 3 : 1 → tính trạng hình dạng quả di truyền theo quy luật phân li.

Quy ước: D : quả tròn, d : quả bầu

F_1 : Dd (quả tròn) × Dd (quả tròn)

- Bước 2: Xét quy luật di truyền chung

(13 : 3)(3 : 1) = 39 : 13 : 9 : 3 (mâu thuẫn với đề bài)

F_2 xuất hiện tỉ lệ kiểu hình ~ 10 : 3 : 2 : 1 → số tổ hợp giao tử = 16 = 4.4 → F_1 dị hợp về 3 cặp gen cho ra 4 loại giao tử

→ gen quy định hình dạng quả liên kết hoàn toàn với một trong 2 gen quy định kích thước thân.

+ F_2 xuất hiện cả loại kiểu hình thân thấp, quả tròn (aaB-D-) và thân thấp, quả bầu (aaB-dd)

→ cặp alen Aa của F₁ phân li độc lập với 2 cặp gen kia, đời F₂ xuất hiện tổ hợp các gen liên kết là BD/-- và Bd/-d → các gen đã liên kết theo vị trí đối.

+ Kiểu gen của F₁ : Aa Bd/bD

2. Tương tác gen và hoán vị gen:

a) Phương pháp nhận biết:

- Đề bài xét sự di truyền của 2 tính trạng.
- Tỉ lệ phân li kiểu hình chung của 2 tính trạng khác tỉ lệ của trường hợp tương tác- liên kết; xuất hiện nhiều biến dị tổ hợp.

b) Phương pháp giải:

- **Bước 1:** Xác định quy luật chi phối.

Tách riêng từng tính trạng để xét: có 1 tính trạng di truyền tương tác, 1 tính trạng do 1 cặp gen quy định.

Xét chung : Tỉ lệ kiểu hình chung cho cả hai tính trạng không bằng tích của hai nhóm tỉ lệ khi xét riêng và thấy tăng xuất hiện biến dị tổ hợp → gen quy định tính trạng di truyền theo quy luật của Mendel đã liên kết không hoàn toàn với 1 trong 2 gen quy định tính trạng do tương tác.

- **Bước 2:** Xác định kiểu gen:

+ Xác định gen liên kết đồng hay đối: dựa vào sự xuất hiện tỉ lệ lớn hay bé của loại kiểu hình có kiểu gen duy nhất. Vd: đời sau xuất hiện kiểu hình có kiểu gen

aa bd/bd lớn hơn aa bD/bD → đời trước tạo giao tử abd lớn hơn loại giao tử abD → liên kết đồng.

+ Xác định gen nào liên kết: nếu là kiểu tương tác vai trò của 2 gen A, B không như nhau ta phải dựa vào thế hệ sau loại kiểu hình có tổ hợp gen (aaB-dd) có tỉ lệ lớn hay nhỏ để suy ra gen nào liên kết.

+ Tính tần số hoán vị: dựa vào kiểu hình có kiểu gen duy nhất hoặc đơn giản nhất ở thế hệ sau để lập phương trình, giải chọn nghiệm.

- **Bước 3:** Viết sơ đồ lai.

Bài 3: Ở một loài thực vật, người ta cho thụ phấn F₁ nhận được F₂ phân li kiểu hình: 7804 cây quả dẹt, vị ngọt; 1377 cây quả tròn, vị chua; 1222 cây quả dài, vị ngọt; 3668 cây quả dẹt, vị chua; 6271 cây quả tròn, vị ngọt; 51 cây quả dài, vị chua. Biết vị quả ở một cặp gen quy định. Xác định kiểu gen và tính tỉ lệ giao tử của F₁.

Hướng dẫn giải:

- **Bước 1:** Xét riêng từng tính trạng.

+ Tính trạng hình dạng quả phân li theo tỉ lệ 9 dẹt : 6 tròn : 1 dài → đây là tương tác bổ sung.

Quy ước: A-B-: quả dẹt; aabb : quả dài ; A-bb; aaB- : quả tròn

F₁: AaBb (quả dẹt) × AaBb (quả dẹt).

+ Xét sự di truyền tính trạng vị quả: F_2 phân li quả ngọt : quả chua = 3 : 1 → tính trạng vị quả di truyền theo quy luật phân li.

Quy ước: D : quả ngọt, d : quả chua

F_1 : Dd (quả ngọt) × Dd (quả ngọt)

+ Xét chung: $(9 : 6 : 1)(3 : 1) = 27 : 18 : 3 : 9 : 6 : 1$ khác đề bài (38,25: 18: 30,75: 6,75 : 0,25) → 3 cặp gen nằm trên 2 cặp NST tương đồng và xảy ra hoán vị gen.

- Bước 2: Xác định kiểu gen:

+ F_2 xuất hiện kiểu hình quả dài, vị ngọt (aabbD-) = 6% lớn hơn loại kiểu hình quả dài vị chua (aabbdd = 0,25%) → F_1 tạo loại giao tử abD hoặc baD lớn hơn loại giao tử abd hoặc bad → các gen liên kết theo vị trí đối. Vì vai trò của gen A và B như nhau nên kiểu gen của F_1 là Aa bD/Bd hoặc BbaD/Ad

+ Gọi f là tần số hoán vị ($0 < f < 50\%$). Vì F_2 xuất hiện kiểu hình quả dài vị chua aa bd/bd (hoặc bb ad/ad) = 0,25% nên f là nghiệm của phương trình: $1/4(f/2.f/2) = 0,0025 \rightarrow f = 20\%$

- $F_1 \times F_1$: Aa bD/Bd × Aa bD/Bd

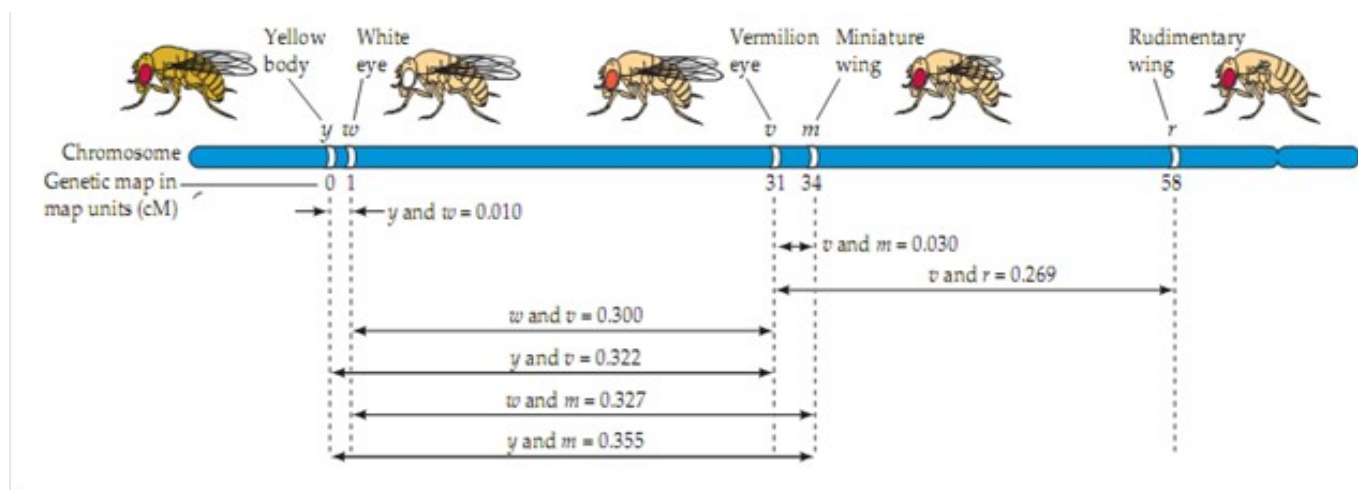
Tỉ lệ giao tử của F_1 : ABD = Abd = aBD = abd = 5%

AbD = ABd = abD = aBd = 20%

(kết quả tương tự với trường hợp F_1 có kiểu gen Bb)

III. BẢN ĐỒ DI TRUYỀN (BẢN ĐỒ GEN)

1. Bản đồ di truyền (bản đồ gen) là sơ đồ phân bố các gen trên các nhiễm sắc thể của cùng một loài.



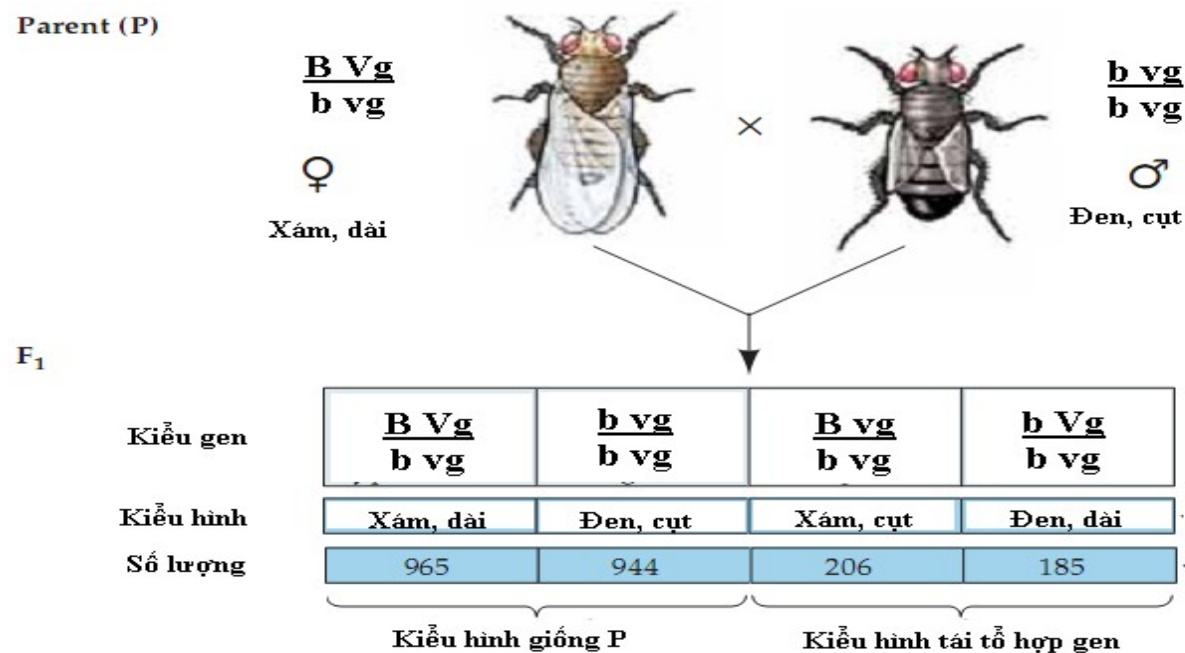
- Các nhóm gen liên kết được đánh số theo thứ tự của nhiễm sắc thể trong bộ đơn bội của loài như: I, II, III, IV...
- Các gen trên nhiễm sắc thể chiếm một vị trí xác định (lôcut) và được kí hiệu bằng các chữ cái của tên các tính trạng bằng tiếng Anh.
- Đơn vị bản đồ là centimorgan (cM) ứng với tần số hoán vị gen 1%.
- Vị trí tương đối của các gen trên một nhiễm sắc thể thường được tính từ một đầu mút của nhiễm sắc thể.

2. Nguyên tắc lập bản đồ là xác định trình tự và khoảng cách phân bố của các gen trong nhóm liên kết trên nhiễm sắc thể. Dựa vào việc xác định tần số hoán vị gen, người ta xác lập trình tự và khoảng cách phân bố của các gen trên nhiễm sắc thể. Như vậy, muốn xác định vị trí của một gen bất kì nào đó, phải tiến hành lai phân tích và qua hai bước lớn:

- Căn cứ vào tỉ lệ phân li để xác định nhóm gen liên kết.
- Dựa vào tần số tái tổ hợp để xác định khoảng cách tương đối giữa 2 gen, đồng thời so sánh với 2 gen khác để xếp vào vị trí phù hợp trên nhiễm sắc thể.

Theo Moocgan thì : **Tần số tái tổ hợp = (Số cá thể tái tổ hợp/Tổng số cá thể thu được).100%.**

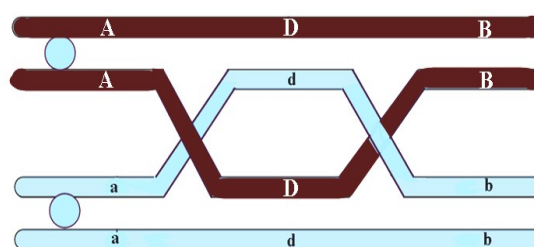
Thí dụ: Để xác định khoảng cách giữa 2 gen trên bản đồ thì người ta thực hiện phép lai trên ruồi giấm giữa cơ thể dị hợp về hai gen với cơ thể đồng hợp lặn về cả hai gen. kết quả thực nghiệm thu được theo sơ đồ sau:



Trong trường hợp này thì tần số trao đổi chéo = $\frac{206 + 185}{965 + 944 + 206 + 185} = 0,17$

Do đó, khoảng cách giữa 2 gen b-vg trên bản đồ là 17 cM.

- Khi thiết lập bản đồ di truyền có 3 gen thì ta sẽ gặp hiện tượng cặp nhiễm sắc thể tương đồng tiếp hợp tại 2 điểm (chéo 2 chỗ).



Trao đổi chéo xảy ra theo 2 khả năng: trao đổi chéo tại hai chỗ không đồng thời (trao đổi chéo đơn) và xảy ra trao đổi chéo đồng thời (trao đổi chéo kép).

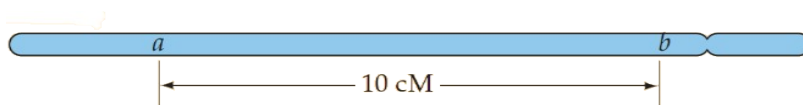
Trường hợp xảy ra trao đổi chéo đơn:

Ta xét qua thí dụ sau: Giả sử ta có ba gen a, b, c nằm trên một nhiễm sắc thể. Vị trí của ba gen này sẽ là a-b-c hoặc a-c-b hoặc b-a-c?



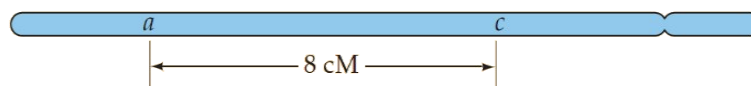
Chúng ta thực hiện phép lai giữa hai bố mẹ thuần chủng có kiểu gen AABB × aabb ở thế hệ con lai F₁ thu được có kiểu gen là AaBb. Chúng ta kiểm tra con lai F₁ bằng cách cho lai với cơ thể đồng hợp lặn aabb. Giả sử, chúng ta thu được 1000 cá thể con, trong đó có 450 AaBb, 450 aabb, 50 Aabb, 50 aaBb. Vậy, khoảng cách giữa gen a và b là bao nhiêu cM?

Nhận thấy, hai kiểu hình Aabb và aaBb là hai kiểu hình do gen tái tổ hợp (trao đổi chéo) tạo ra. Trong trường hợp này, tần số tái tổ hợp (tần số hoán vị gen) là: $\frac{50 + 50}{1000} = 0,1$. Do đó, khoảng cách giữa a-b là 10 cM.



Chúng ta xác định khoảng cách giữa a và c nếu thực nghiệm giả định thu được như sau: Cho lai giữa hai bố mẹ AACc × aacc thu được F₁, lai phân tích F₁ thu được kết quả 460 AaCc, 460 aacc, 40 Aacc, 40 aaCc. Nhận thấy, 2 kiểu hình Aacc và aaCc là kiểu hình tái tổ hợp nên tần số tái tổ hợp được tính bằng:

$\frac{40 + 40}{1000} = 0,08$ Do đó, khoảng cách giữa a-c là 8 cM.



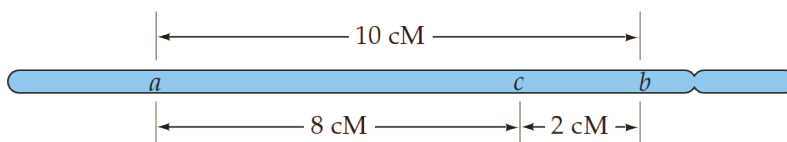
Chúng ta còn phải xác định khoảng cách b và c, giả sử thực nghiệm như sau: Cho lai giữa 2 bố mẹ BBCC × bbcc, lai phân tích F₁ thu được kết quả 490 BbCc, 490 bbcc, 10 Bbcc, 10 bbCc. Nhận thấy, 2 kiểu hình Bbcc

và bbCc là kiểu hình tái tổ hợp nên tần số tái tổ hợp sẽ được tính bằng: $\frac{10 + 10}{1000} = 0,02$. Do đó, khoảng cách giữa b và c là 2 cM.



- Nếu b nằm giữa a-c thì $ab + bc = ac$, đối chiếu kết quả thực nghiệm ta có $10+2 = 12 (>8)$ loại trường hợp này.
- Nếu c nằm giữa a-b thì $ac + cb = ab$, đối chiếu với kết quả thực nghiệm ta có: $8 + 2 = 10$ (hợp lí).
- Nếu a nằm giữa b-c thì $ab + ac = bc$, đối chiếu với kết quả thực nghiệm ta có: $10 + 8 = 18 (>2)$ ta loại trường hợp này.

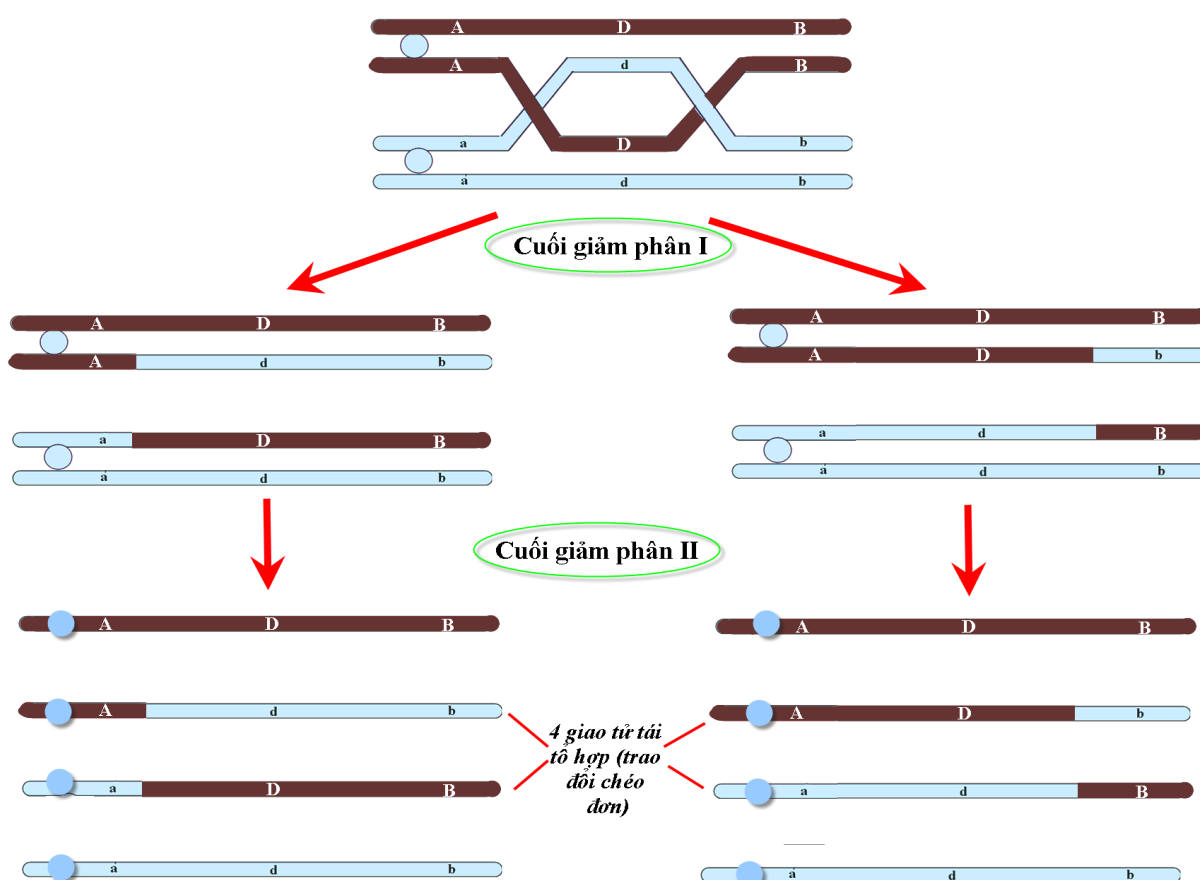
Vậy bản đồ gen được thiết lập là:



- Trong trường hợp trao đổi chéo đơn, có 6 loại giao tử được tạo ra từ kiểu gen $\frac{ABC}{abc}$ là ABC, abc, Abc, aBC, AbC, aBc với tỉ lệ như sau: ABC = abc = x; Abc = aBC = y; AbC = aBc = z. Trong đó: $x+y+z = 0,5$

Vì ABC và abc là 2 giao tử liên kết nên $x > y, x > z$.

Trong phép lai phân tích, kiểu gen này sẽ cho đời con có 6 kiểu hình.



Bài 1: Cho một cá thể F_1 dị hợp ba cặp gen; kiểu hình là thân cao, quả tròn, hoa đỏ lai phân tích với cá thể tương ứng là thân thấp, quả dài, hoa vàng thu được thế hệ con có tỉ lệ: 278 thân cao, quả tròn, hoa đỏ; 282

thân thấp, quả dài, hoa vàng; 165 thân cao, quả dài, hoa đỏ; 155 thân thấp, quả tròn, hoa vàng; 62 thân cao, quả dài, hoa vàng; 58 thân thấp, quả tròn, hoa đỏ. Xác định nhóm gen liên kết và trật tự phân bố các gen trên nhiễm sắc thể?

Hướng dẫn giải:

F₁ dị hợp tử 3 cặp gen, lai phân tích cho 6 kiểu hình => hoán vị gen. Dựa vào kiểu hình F₁ quy ước gen: A_thân cao; a_thân thấp; B_quả tròn; b_quả dài; D_hoa đỏ; d_hoa trắng.

278 thân cao, quả tròn, hoa đỏ: $\left(\frac{ABD}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử ABD

282 thân thấp, quả dài, hoa vàng: $\left(\frac{abd}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử abd

165 thân cao, quả dài, hoa đỏ: $\left(\frac{AbD}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử AbD

155 thân thấp, quả tròn, hoa vàng: $\left(\frac{aBd}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử aBd

62 thân cao, quả dài, hoa vàng: $\left(\frac{Abd}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử Abd

58 thân thấp, quả tròn, hoa đỏ: $\left(\frac{aBD}{abd}\right) \rightarrow F_1$ có giao tử aBD

2 giao tử có tỉ lệ cao nhất là giao tử liên kết : ABD = abd = $\frac{278+282}{1000} : 2 = 28\%$.

Giao tử tạo ra do trao đổi chéo giữa B và D: AbD = aBd = $\frac{165+155}{1000} : 2 = 16\%$.

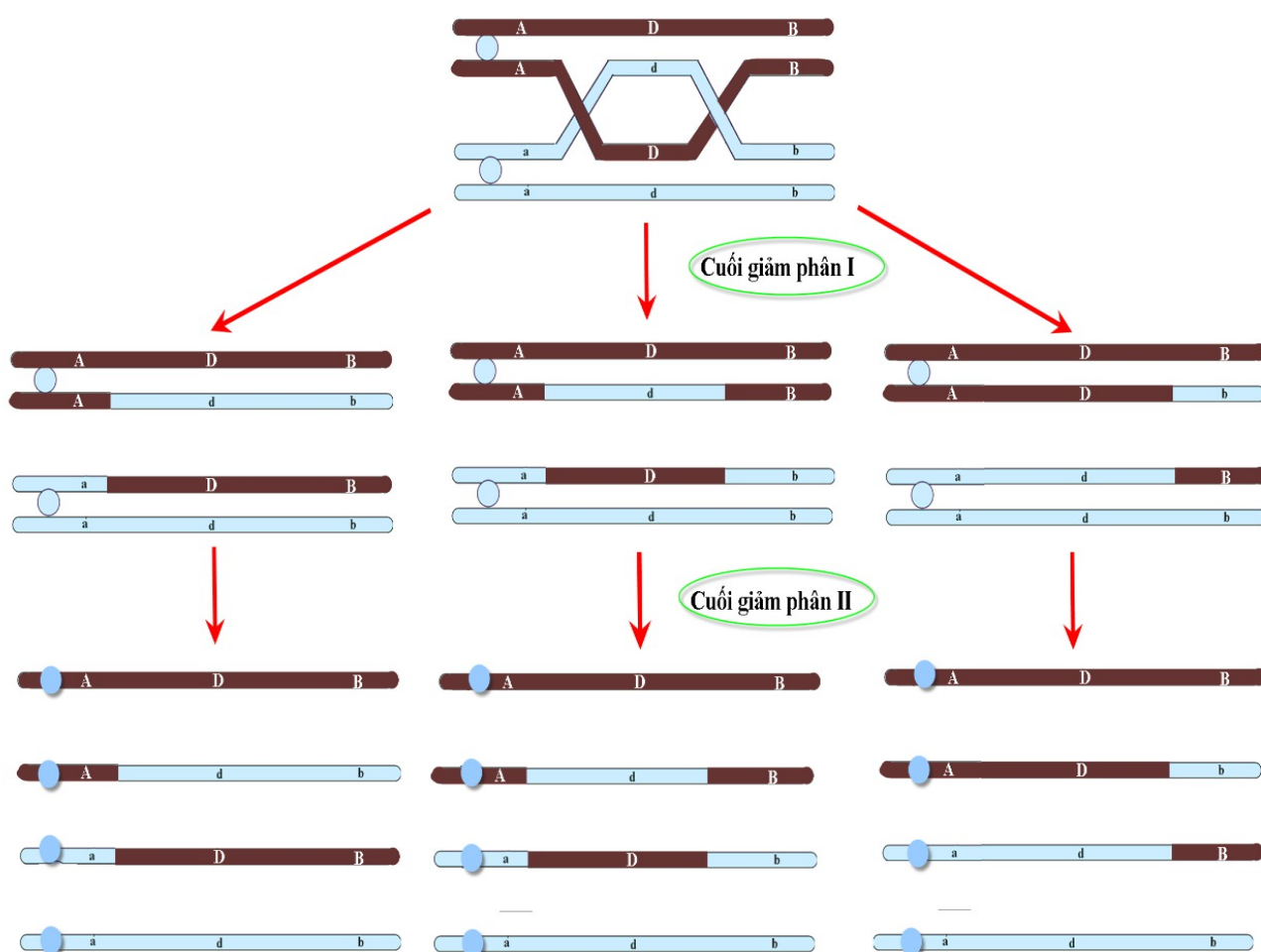
Giao tử tạo ra do trao đổi chéo giữa A và D: Abd = aBD = $\frac{62+58}{1000} : 2 = 6\%$.

Vậy, bản đồ di truyền được thiết lập từ các kết quả trên là:

$$\underline{A \leftarrow 12 \text{ cM} \rightarrow D \leftarrow 32 \rightarrow B}$$

- Trên thực tế, sự bất chéo ở 2 chỗ có thể xảy ra trao đổi chéo đồng thời (trao đổi chéo kép).

Kiểu gen $\frac{ABC}{abc}$ trao đổi chéo kép cho các giao tử là: ABC = abc = x; Abc = aBC = y; AbC = aBc = z; ABc = abC = t. Trong đó: x+y+z+t = 0,5; (x > y; z > t.)



Như vậy, sự khác biệt giữa trao đổi chéo đơn và trao đổi chéo kép trong hiện tượng bắt chéo hai chỗ

với kiểu gen $\frac{ABC}{abc}$ là số loại giao tử được tạo ra. Trao đổi chéo kép ngoài 6 giao tử giống trường hợp trao đổi chéo đơn còn có 2 giao tử trao đổi chéo kép.

Tần số trao đổi chéo kép = $2t$, nếu tính theo lí thuyết thì tần số trao đổi chéo kép sẽ bằng tích của 2 tần số trao đổi chéo đơn khác nhau.

Nhưng trên thực tế thì $2t < (2y + t)(2z + t)$.

Nguyên nhân là do có hiện tượng nhiễu, hình chéo ở một chỗ làm giảm xác suất hình chéo thứ hai gần kề nó. Để đánh giá kết quả người ta sử dụng hệ số trùng hợp.

Hệ số trùng hợp = Tần số trao đổi chéo kép thực tế quan sát được / Tần số trao đổi chéo kép theo lí

$$\text{thuyết} = \frac{2t}{(2y + t)(2z + t)}$$

Khi đó sự nhiễu = 1 – hệ số trùng hợp.

Chúng ta xét bài toán có trao đổi chéo kép trong trường hợp chéo 2 chỗ thông qua thí dụ sau:

Bài 2: Cây có kiểu gen dị hợp về 3 cặp gen giảm phân cho giao tử với số lượng như sau:

$$\underline{ABD} = 414 ; \underline{Abd} = 70 ; \underline{aBd} = 28 ; \underline{abd} = 1 ; \underline{abd} = 386 ; \underline{aBD} = 80 ; \underline{AbD} = 20 ; \underline{ABd} = 1.$$

Xác định trật tự các gen trên nhiễm sắc thể và tính khoảng cách giữa 3 lôcut (theo đơn vị bản đồ)?

Hướng dẫn giải:

1. Xác định trật tự các gen và tính khoảng cách giữa 3 locut:

- Tổng số giao tử thu được: $414+386+70+80+28+20+1+1=1000$

- Nhận thấy kiểu gen trên giảm phân cho 8 loại giao tử có tỉ lệ khác nhau → các gen liên kết không hoàn toàn.

- Có 2 giao tử chiếm tỉ lệ cao nhất và bằng nhau đó là 2 giao tử không trao đổi chéo

→ Kiểu gen của cơ thể này là: $\frac{ABD}{abd}$

- Nhận thấy 2 giao tử có tỉ lệ nhỏ nhất là $\frac{abD}{ABd}$ và $\frac{ABd}{abD}$ là 2 giao tử do trao đổi chéo kép đồng thời tạo ra, ở đây ta thấy D tái tổ hợp với ab và d tái tổ hợp với AB → alen D nằm giữa A và B

$\frac{A \quad \quad D \quad \quad B}{\quad \quad \quad}$

- Giao tử $\frac{Abd}{aBD}$ có được là do trao đổi chéo đơn vì có tỉ lệ không phải là lớn nhất và không phải là nhỏ nhất. Trong 2 giao tử này A tái tổ hợp với bd còn a tái tổ hợp với BD → Trao đổi chéo xảy ra ở điểm giữa A và D

Tần số trao đổi chéo đơn: $f_{A/D} = \frac{70+80+1+1}{414+386+70+80+28+20+1+1} = \frac{152}{1000} = 0,152$

→ Khoảng cách giữa A và D là 15,1 cM

- Giao tử $\frac{aBd}{ABd}$ và $\frac{ABd}{aBd}$ có được là do trao đổi chéo đơn vì có tỉ lệ không phải là lớn nhất và không phải là nhỏ nhất. Trong 2 giao tử này B tái tổ hợp với ad, b tái tổ hợp với AD → Trao đổi chéo xảy ra ở điểm giữa B và D

Tần số trao đổi chéo đơn: $f_{B/D} = \frac{28+20+1+1}{414+386+70+80+28+20+1+1} = \frac{50}{1000} = 0,05$

→ Khoảng cách giữa B và D là 5 cM

Vậy trật tự các gen và khoảng cách giữa 3 locut như sau:

$\frac{A \quad 15,2 \text{ cM} \quad D \quad 5 \text{ cM} \quad B}{\quad \quad \quad}$

Bài 3: Khi cho lai hai cơ thể thực vật thuần chủng: cây hoa đỏ, quả dẹt và ngọt với cây hoa vàng, quả tròn và chua thu được F_1 dị hợp về cả 3 cặp gen có kiểu hình là cây hoa đỏ, quả tròn và ngọt. Dem cây F_1 lai phân tích, đời con F_2 thu được kết quả như sau: 426 cây hoa đỏ, quả dẹt và ngọt; 424 cây hoa vàng, quả tròn và chua; 104 cây hoa vàng, quả dẹt và ngọt; 108 cây hoa đỏ, tròn và chua; 46 cây hoa đỏ, quả dẹt và chua; 41 cây hoa vàng, quả tròn và ngọt; 15 cây hoa đỏ, quả tròn và ngọt; 12 cây hoa vàng, quả dẹt và chua. Xác định khoảng cách giữa các gen trên nhiễm sắc thể?

Hướng dẫn giải:

* F_1 dị hợp 3 cặp gen $\rightarrow$ 1 gen quy định 1 tính trạng

P thuần chủng, F_1 đồng tính $\rightarrow$ hoa đỏ trội so với hoa vàng; quả tròn trội so với quả dẹt; quả ngọt trội so với quả chua.

Quy ước: A_đỏ B_tròn D_ngọt
 a_vàng b_dẹt d_chua

* Xác định kiểu gen F_1

Kết quả phép lai phân tích có 8 kiểu hình khác nhau $\rightarrow$ các gen liên kết không hoàn toàn với nhau, có xảy ra trao đổi chéo kép

(HS có thể chứng minh thêm không thể là phân li độc lập hoặc không thể là trường hợp 2 gen liên kết...)

- Ta có 2 kiểu hình có tỉ lệ lớn nhất là các kiểu hình mang gen liên kết, đó là:

cây hoa đỏ, quả dẹt và ngọt. $\rightarrow$ kiểu gen là: $\frac{AbD}{abd}$ $\rightarrow$ giao tử liên kết của F_1 là: AbD

cây hoa vàng, quả tròn và chua $\rightarrow$ kiểu gen: $\frac{aBd}{abd}$ $\rightarrow$ giao tử F_1 là: aBd

Vậy kiểu gen F_1 là: $\frac{AbD}{aBd}$

* Xác định vị trí của gen trên nhiễm sắc thể:

- Ta có 2 kiểu hình có tỉ lệ nhỏ nhất là 2 kiểu hình có được do F_1 trao đổi chéo kép:

cây hoa đỏ, quả tròn và ngọt $\rightarrow$ kiểu gen: $\frac{ABD}{abd}$ $\rightarrow$ giao tử F_1 là: ABD

cây hoa vàng, quả dẹt và chua $\rightarrow$ kiểu gen: $\frac{abd}{ABd}$ $\rightarrow$ giao tử F_1 là: abd

Nhận thấy: Trong 2 giao tử trao đổi chéo kép có B tái tổ hợp với AD; b tái tổ hợp với ad $\rightarrow$ gen b nằm giữa AD, gen B nằm giữa ad trong kiểu gen F_1 .

A b D

 a B d

* Xác định khoảng cách giữa các gen trên nhiễm sắc thể:

Ta có kiểu gen của 2 kiểu hình trao đổi chéo đơn tại 1 điểm có tỉ lệ bằng nhau:

- cây hoa vàng, quả dẹt và ngọt: $\frac{abD}{abd}$ $\rightarrow$ giao tử F_1 : abD

- cây hoa đỏ, tròn và chua: $\frac{ABd}{abd}$ $\rightarrow$ giao tử F_1 : ABd

Nhận thấy: a tái tổ hợp với bD; A tái tổ hợp với Bd

$\rightarrow$ điểm trao đổi chéo làm hoán vị A và a

$\rightarrow$ Tần số trao đổi chéo: $f = \frac{104+108+15+12}{426+424+104+108+46+41+15+12} = 0,2032$

$\rightarrow$ Khoảng cách giữa A-b là 20,32 cM

Ta có kiểu gen của 2 kiểu hình trao đổi chéo đơn tại 1 điểm có tỉ lệ bằng nhau:

- cây hoa đỏ, quả dẹt và chua: $\frac{Abd}{abd}$ → giao tử F₁: Abd

- cây hoa vàng, quả tròn và ngọt: $\frac{aBD}{abd}$ → giao tử F₁: aBD

Nhận thấy: d tái tổ hợp với Ab; D tái tổ hợp với aB

→ điểm trao đổi chéo làm hoán vị D và d

→ Tần số trao đổi chéo: $f = \frac{46 + 41 + 15 + 12}{426 + 424 + 104 + 108 + 46 + 41 + 15 + 12} = 0,0969$

→ Khoảng cách giữa b-D là 9,69 cM

Vậy khoảng cách giữa các gen trên nhiễm sắc thể là:

A 20,32 cM b 9,69 cM D

- **Hiện tượng bắt chéo không chỉ xảy ra ở một chỗ (chéo một chỗ) mà có thể xảy ra tại hai chỗ (chéo hai chỗ), tại ba chỗ (chéo ba chỗ), tại nhiều chỗ (chéo nhiều chỗ). Hiện tượng trao đổi chéo ở nhiều chỗ gọi là đa trao đổi chéo (multiple crossing over).**

Sau đây ta xét bài toán lập bản đồ với nhiều gen:

Bài 4: Tần số tái tổ hợp giữa các gen a, b, c, d, e và f cùng nằm trên một nhiễm sắc thể là (a-c) 2,5%; (f-d) 7,5%; (b-d) 4,5%; (d-e) 4%; (c-e) 9,5%; (a-b) 20,5%; (f-a) 7,5%. Hãy lập bản đồ các gen đó?

Hướng dẫn giải:

Ta có tần số tái tổ hợp của (a-b) = 20,5% = 2,5 cM lớn nhất → a và b nằm ở 2 đầu của nhiễm sắc thể.

(a-c) = 2,5 cM;

(f-a) = 7,5 cM → c ở giữa a và f và (c-f) = 7,5 – 2,5 = 5,0 cM

(c-b) = 20,5 – 2,5 = 18,0 cM.

(f-b) = 20,5 – 7,5 = 13 cM;

(f-d) = 7,5 cM;

(b-d) = 4,5 cM. → d ở giữa f và b.

(d-e) = 4,0 cM;

(c-e) = 9,5 cM. → e ở giữa c và d.

Bản đồ gen được thiết lập là:

a ← 2,5 cM → c ← 5,0 cM → f ← 3,5 cM → e ← 4,0 cM → d ← 4,5 cM → b

Bài 5: Các khoảng cách di truyền giữa 6 gen của nhóm gen liên kết thứ hai của tằm tơ Bombyx mori được trình bày trên bảng sau:

