

CHUYÊN ĐỀ TẦN SỐ HOÁN VỊ GEN

I. KHÁI NIỆM TẦN SỐ HOÁN VỊ GEN (TSHVG - ký hiệu f):

Tần số hoán vị gen biểu thị khoảng cách giữa 2 gen trên cùng một NST, nói lên khả năng bắt chéo của NST trong giảm phân.

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Số giao tử sinh ra do hoán vị gen}}{\text{Tổng số giao tử được sinh ra}} \times 100\%$$

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Số tế bào sinh dục đi vào giảm phân có xảy ra trao đổi chéo}}{2 \times \text{Tổng số tế bào sinh dục đi vào giảm phân}} \times 100\%$$

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Tổng số cá thể sinh ra do hoán vị gen (tỉ lệ bé) trong phép lai phân tích.}}{\text{Tổng số cá thể sinh ra trong phép lai phân tích.}} \times 100\%$$

II. CHỨNG MINH TẦN SỐ HOÁN VỊ CỦA 2 GEN NHỎ HƠN HOẶC BẰNG 50%

1. Xét trường hợp cá thể mang 2 cặp gen dị hợp tử cùng $\frac{AB}{ab}$

- Giả sử ta có x tế bào sinh dục mang cặp gen $\frac{AB}{ab}$ đi vào giảm phân hình thành giao tử, trong đó có y tế bào sinh dục có xảy ra hiện tượng bắt chéo NST tại 1 điểm nằm ở đoạn giữa 2 gen AB. Số tế bào sinh dục sơ khai còn lại đi vào giảm phân không xảy ra bắt chéo.

$$0 \leq y \leq x$$

- Gọi k là hệ số sinh giao tử; k=1 nếu đó là tế bào sinh dục cái (tế bào sinh trứng), k=4 nếu đó là tế bào sinh dục đực (tế bào sinh tinh).

- Tổng số giao tử được sinh ra là: kx (1)

- Với 1 tế bào sinh dục sơ khai đi vào giảm phân có xảy ra bắt chéo sẽ cho 4 loại (kiểu) giao tử tần số ngang nhau: $\underline{AB} = \underline{ab} = \underline{Ab} = \underline{aB} = 1/4$. Trong đó có 2 loại **giao tử bình thường** \underline{AB} và \underline{ab} và 2 loại **giao tử hoán vị** \underline{Ab} và \underline{aB} .

- Với y tế bào có xảy ra trao đổi chéo sẽ cho ky giao tử với số lượng giao tử mỗi loại là:

$$\underline{AB} = \underline{ab} = \underline{Ab} = \underline{aB} = \frac{ky}{4}$$

- Tổng số giao tử sinh ra do hoán vị gen là: $\frac{ky}{4} + \frac{ky}{4} = \frac{ky}{2}$ (2)

- Tần số hoán vị gen được tính như sau:

$$f = \frac{\text{Số giao tử sinh ra do hoán vị gen}}{\text{Tổng số giao tử được sinh ra}} \times 100\% = \left(\frac{k \cdot y}{2}\right) / k \cdot x = \frac{y}{2 \cdot x} \quad (3)$$

Từ (3) ta có công thức tính tần số hoán vị gen dựa vào số tế bào sinh dục sơ khai đi vào giảm phân và số tế bào có xảy ra trao đổi chéo.

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Số tế bào sinh dục đi vào giảm phân có xảy ra trao đổi chéo}}{2 \times \text{Tổng số tế bào sinh dục đi vào giảm phân}} \times 100\%$$

2. Xét trường hợp cá thể mang 2 cặp gen dị hợp tử chéo $\frac{Ab}{aB}$.

- Giả sử ta có x tế bào sinh dục mang cặp gen dị hợp tử chéo $\frac{Ab}{aB}$ đi vào giảm phân hình thành giao tử, trong đó y tế bào sinh dục có xảy ra hiện tượng bất chéo NST tại 1 điểm nằm giữa 2 gen Ab và aB . Số tế bào sinh dục sơ khai còn lại đi vào giảm phân không xảy ra bất chéo.

$$0 \leq y \leq x$$

- Gọi k là hệ số sinh giao tử; $k=1$ nếu đó là tế bào sinh dục cái (tế bào sinh trứng), $k=4$ nếu đó là tế bào sinh dục đực (tế bào sinh tinh).

Cách chứng minh tương tự, ta có:

- Tổng số giao tử được sinh ra là: kx (4)

- Với 1 tế bào sinh dục sơ khai đi vào giảm phân có xảy ra bất chéo sẽ cho 4 loại (kiểu) giao tử tần số ngang nhau: $\underline{AB} = \underline{ab} = \underline{Ab} = \underline{aB} = 1/4$. Trong đó có 2 loại **giao tử bình thường** \underline{Ab} và \underline{aB} và 2 loại **giao tử hoán vị** \underline{AB} và \underline{ab} .

- Với y tế bào có xảy ra trao đổi chéo sẽ cho ky giao tử với số lượng giao tử mỗi loại là:

$$\underline{AB} = \underline{ab} = \underline{Ab} = \underline{aB} = \frac{ky}{4}$$

- Tổng số giao tử sinh ra do hoán vị gen là: $\frac{ky}{4} + \frac{ky}{4} = \frac{ky}{2}$ (5)

- Tần số hoán vị gen được tính như sau:

Số giao tử sinh ra do hoán vị gen

$$f = \frac{\text{Số giao tử sinh ra do hoán vị gen}}{\text{Tổng số giao tử được sinh ra}} \times 100\% = \left(\frac{k \cdot y}{2}\right) / k \cdot x = \frac{y}{2 \cdot x} \quad (6)$$

Tổng số giao tử được sinh ra

Từ (6) ta có công thức tính tần số hoán vị gen dựa vào số tế bào sinh dục sơ khai đi vào giảm phân và số tế bào có xảy ra trao đổi chéo.

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Số tế bào sinh dục đi vào giảm phân có xảy ra trao đổi chéo}}{\text{Số tế bào sinh dục đi vào giảm phân}} \times 100\%$$

2 x Tổng số tế bào sinh dục đi vào giảm phân

3. Kết luận và biện luận: Với 2 trường hợp dị hợp tử cùng hoặc dị hợp tử chéo, ta đều có công thức về cách tính tần số hoán vị gen:

$$\text{TSHVG (f)} = \frac{\text{Số tế bào sinh dục đi vào giảm phân có xảy ra trao đổi chéo}}{\text{2 x Tổng số tế bào sinh dục đi vào giảm phân}} \times 100\%$$

+ Khi $y = 0 \Rightarrow f = 0$: Tất cả tế bào sinh dục đi vào giảm phân không xảy ra hiện tượng bất chéo NST, các gen liên kết hoàn toàn.

+ Khi $y = x \Rightarrow f = 50\%$: Tất cả tế bào sinh dục đi vào giảm phân đều xảy ra hiện tượng bất chéo NST dẫn tới hoán vị gen với tần số $f = 50\%$

+ Tần số hoán vị gen phải là một số hữu tỉ.

+ 1% tần số trao đổi chéo tương ứng với 1cM trên bản đồ gen..

III. CÁCH TÍNH TẦN SỐ HOÁN VỊ GEN TRONG THỰC NGHIỆM.

Trong thực nghiệm muốn xác định tần số hoán vị gen của 2 gen người ta thường dùng phép lai phân tích cá thể lai F_1 mang 2 cặp gen dị hợp hoặc cho F_1 tự thụ phấn.

1. Nếu dùng phép lai phân tích: Ta sẽ căn cứ vào số lượng cá thể sinh ra do hoán vị gen để tính.

P: A-B- x aabb

Fa: a) 1 A-B- : 1 aabb

b) 1 A-bb- : 1 aaB-

c) 1 A-B- : 1 aabb : 1 A-bb- : 1 aaB-

d) n_1 A-B- : n_2 aabb : m_1 A-bb- : m_2 aaB-
($n_1 \approx n_2$; $m_1 \approx m_2$)

- Với trường hợp (a) Fa: 1 A-B- : 1 aabb, ta có kiểu gen của cá thể đó là $\frac{AB}{ab}$ và liên kết hoàn toàn.

- Với trường hợp (b) Fa: 1 A-bb- : 1 A-bb, ta có kiểu gen của cá thể đó là $\frac{Ab}{aB}$ và liên kết hoàn toàn.

- Với trường hợp (c) Fa: 1 A-B- : 1 aabb : 1 A-bb- : 1 aaB- , ta có kiểu gen của cá thể đó với 3 khả năng:

+ hoặc phân ly độc lập AaBb

+ hoặc $\frac{AB}{ab}$ và hoán vị 50%.

+ hoặc $\frac{Ab}{aB}$ và hoán vị 50%.

- Với trường hợp (d) Fa = n_1 (A-B-) : n_2 aabb : m_1 A-bb- : m_2 aaB- , ta phải làm phép so sánh giữa tổng của ($n_1 + n_2$) và ($m_1 + m_2$) .

+ Nếu ($n_1 + n_2$) < ($m_1 + m_2$) thì 2 nhóm kiểu hình A-B- và aabb là nhóm sinh ra do loại giao tử bình thường, 2 nhóm kiểu hình A-bb và aaB- là nhóm sinh ra do loại giao tử hoán vị. Vậy kiểu gen của P phải là $\frac{AB}{ab}$ và tần số hoán vị gen được tính như sau:

$$f = \frac{\text{Tổng số cá thể sinh ra do hoán vị gen (tỉ lệ bé) trong phép lai phân tích.}}{\text{Tổng số cá thể sinh ra trong phép lai phân tích.}} \times 100 = \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 + m_1 + m_2}$$

+ Nếu ($n_1 + n_2$) > ($m_1 + m_2$) thì 2 nhóm kiểu hình A-B- và aabb là nhóm sinh ra do loại giao tử hoán vị, 2 nhóm kiểu hình A-bb và aaB- là nhóm sinh ra do loại giao tử bình thường. Vậy kiểu gen của P phải là $\frac{Ab}{aB}$ và tần số hoán vị gen được tính như sau:

$$f = \frac{\text{Tổng số cá thể sinh ra do hoán vị gen (tỉ lệ bé) trong phép lai phân tích.}}{\text{Tổng số cá thể sinh ra trong phép lai phân tích.}} \times 100 = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2 + m_1 + m_2}$$

2. Nếu dùng phép tự phối hoặc cho F₁ tạp giao với nhau.

F₂ sẽ nhận được 4 nhóm kiểu hình: A-B- ; A-bb; aaB- ; aabb .

Quan hệ tần số giữa các nhóm kiểu hình thỏa mãn công thức:

$$\% \text{ A-bb} = \% \text{ aaB-}$$

$$\% \text{ A-B-} + \% \text{ A-bb (hoặc \% \text{ aaB-})} = 75\% \text{ F}_1$$

$$\% \text{ aabb} + \% \text{ A-bb (hoặc \% \text{ aaB-})} = 25\% \text{ F}_1$$

(Xem quy luật qui luật về mối quan hệ giữa các nhóm kiểu gen, kiểu hình của đời con F₁ khi bố và mẹ mỗi bên đều mang 2 cặp gen dị hợp, “ Thông tin những vấn đề sinh học ngày nay” số T.8 n. 4 (30)/2002 và T. 8 n. 4 (31)/2003.)

Thông thường, tần số hoán vị gen được tính dựa vào các cá thể có kiểu hình đồng hợp lặn aabb. Tần số hoán vị gen cũng có thể được tính dựa vào các nhóm kiểu hình A-bb, aaB-, A-B-.

Trong trường hợp tự phối, nếu hoạt động của NST diễn ra trong các tế bào sinh tinh và sinh trứng giống nhau, tần số hoán vị gen f được tính bằng căn bậc hai của tỉ lệ % kiểu hình đồng hợp lặn aabb

$$f = \sqrt{\%(aabb)}$$

Nếu $f < 25\%$ thì cá thể đó mang gen dị hợp chéo, nếu $f > 25\%$ thì cá thể đó mang gen dị hợp cùng. Nếu tạp giao thì ta phải gọi f_1, f_2 lần lượt là tần số hoán vị gen của cá thể đực và cá thể cái.

- Nếu $F1 = \frac{AB}{ab}$, ta có phương trình:

$$\%(aabb) = \frac{(1 - f_1 - f_2 + f_1 \cdot f_2)}{4}$$

- Nếu $F1 = \frac{Ab}{aB}$ ta có phương trình:

$$\%(aabb) = \frac{f_1 \cdot f_2}{4}$$

Trong mỗi trường hợp ta đều khảo sát trị số của f như sau:

+ Nếu $f_1 = f_2 = 0$

+ Nếu $f_1 = 0, f_2 = 1/2$

+ Nếu $f_1 = 1/2, f_2 = 0$

+ Nếu $f_1 = 1/2, f_2 = 1/2$

IV. KHẢO SÁT SỰ BIẾN THIÊN CỦA TỈ LỆ KIỂU HÌNH ĐỜI CON F1 KHI BỐ VÀ MẸ ĐỀU MANG 2 CẶP GEN DỊ HỢP TỬ

1. Bài toán tổng quát: Cho 3 phép lai sau đây:

P1 : $\frac{AB}{ab} (f_1) \times \frac{AB}{ab} (f_2)$ cả bố và mẹ đều dị hợp cùng.

P2 : $\frac{Ab}{aB} (f_1) \times \frac{Ab}{aB} (f_2)$ cả bố và mẹ đều dị hợp chéo.

P3 : $\frac{AB}{ab} (f_1) \times \frac{Ab}{aB} (f_1)$ một bên dị hợp cùng, bên kia dị hợp chéo.

Hãy tìm giá trị cực đại, cực tiểu của các kiểu hình A-B-, A-bb, aaB-, aabb ở đời con F1.

2. Giải

P1 : $\frac{AB}{ab} (f_1) \times \frac{AB}{ab} (f_2)$ cả bố và mẹ đều dị hợp cùng.

F1 :

$$\mathbf{A-B-} = \frac{(3 - f_1 - f_2 + f_1 \cdot f_2)}{4}$$

$$\mathbf{A-bb} = \frac{f_1 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aaB-} = \frac{f_1 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aabb} = \frac{(1 - f_1 - f_2 + f_1 \cdot f_2)}{4}$$

P2 : $\frac{Ab}{aB} (f_1) \times \frac{Ab}{aB} (f_2)$ cả bố và mẹ đều dị hợp chéo.

F1:

$$\mathbf{A-B-} = \frac{2 + f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{A-bb} = \frac{1 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aaB-} = \frac{1 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aabb} = \frac{f_1 \cdot f_2}{4}$$

P3 : $\frac{AB}{ab}$ (f_1) x $\frac{Ab}{aB}$ (f_1) một bên dị hợp cùng, bên kia dị hợp chéo.

F1:

$$\mathbf{A-B-} = \frac{2 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{A-bb} = \frac{1 - f_2 + f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aaB-} = \frac{1 - f_2 + f_1 \cdot f_2}{4}$$

$$\mathbf{aabb} = \frac{f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$$

Lập bảng khảo sát

| Kiểu gen của P | Tỉ lệ kiểu hình của đời F1 | | | | | | |
|---|---|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------|-----------------|
| | Tính theo theo f_1, f_2 | $f_1 = 0$ $f_2 = 0$ | $f_1=0,5$ $f_2=0$ | $f_1 = 0$ $f_2=0,5$ | $f_1=0,5$ $f_2=0,5$ | Min | Ma x |
| $\frac{AB}{ab}$ (f_1) x $\frac{AB}{ab}$ (f_2) | $\mathbf{A-B-} = \frac{(3 - f_1 - f_2 + f_1 \cdot f_2)}{4}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{5}{8}$ | $\frac{5}{8}$ | $\frac{9}{16}$ | $\frac{9}{16}$ | $\frac{3}{4}$ |
| | $\mathbf{A-bb} = \frac{f_1 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | 0 | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{3}{16}$ | 0 | $\frac{3}{16}$ |
| | $\mathbf{aaB-} = \frac{f_1 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | 0 | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{3}{16}$ | 0 | $\frac{3}{16}$ |
| | $\mathbf{aabb} = \frac{(1 - f_1 - f_2 + f_1 \cdot f_2)}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{4}$ |
| $\frac{Ab}{aB}$ (f_1) x $\frac{Ab}{aB}$ (f_2) | $\mathbf{A-B-} = \frac{2 + f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{9}{16}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{9}{16}$ |
| | $\mathbf{A-bb} = \frac{1 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{4}$ |
| | $\mathbf{aaB-} = \frac{1 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{4}$ |
| | $\mathbf{aabb} = \frac{f_1 \cdot f_2}{4}$ | 0 | 0 | 0 | $\frac{1}{16}$ | 0 | $\frac{1}{16}$ |
| $\frac{AB}{ab}$ (f_1) x $\frac{Ab}{aB}$ (f_2) | $\mathbf{A-B-} = \frac{2 + f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{10}{16}$ | $\frac{9}{16}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{10}{16}$ |
| | $\mathbf{A-bb} = \frac{1 - f_2 + f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{4}$ |
| | $\mathbf{aaB-} = \frac{1 - f_2 + f_1 \cdot f_2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{4}$ |
| | $\mathbf{aabb} = \frac{f_2 - f_1 \cdot f_2}{4}$ | 0 | 0 | $\frac{1}{8}$ | $\frac{1}{16}$ | 0 | $\frac{1}{8}$ |

Từ kết quả trên ta thấy:

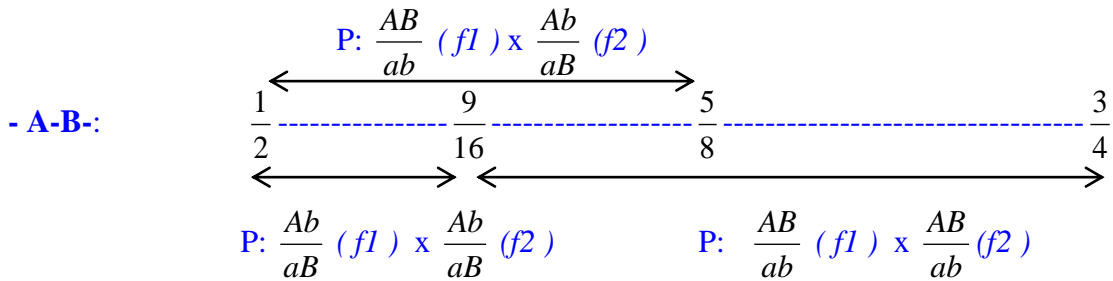
a. Với 3 trường hợp về P khác nhau, giới hạn tối đa (Max) và tối thiểu (Min) của tỉ lệ các nhóm kiểu hình ở đời F₁ như sau:

$$- \frac{1}{2} \leq \% \text{ A-B-} \leq \frac{3}{4}$$

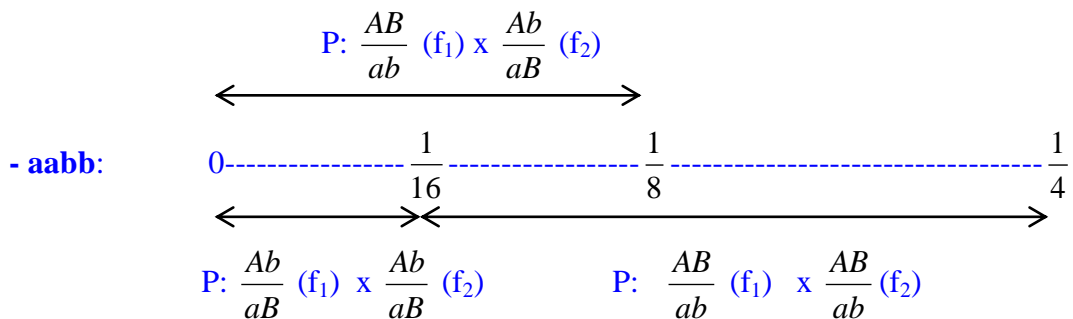
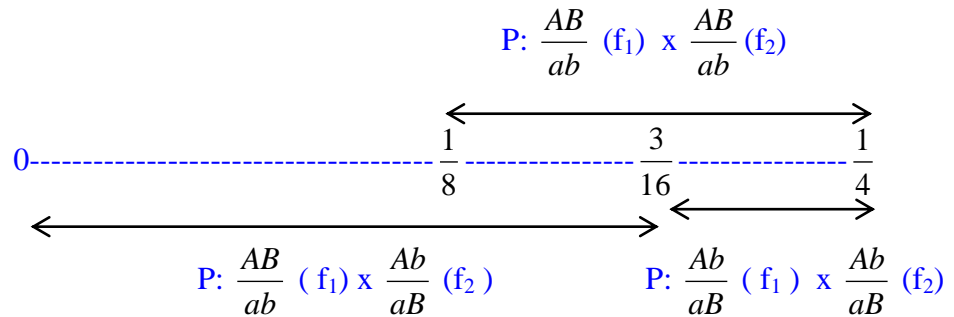
$$- 0 \leq \% \text{ A-bb} = \% \text{ aaB-} \leq \frac{1}{4}$$

$$- 0 \leq \% \text{ aabb} \leq \frac{1}{4}$$

b. Khoảng biến thiên của các nhóm kiểu hình A-B-, A-bb, aaB-, aabb của đời con F₁ khi bố và mẹ đều mang 2 cặp gen dị hợp:



- A-bb = - aaB-



V ỨNG DỤNG: NHẬN DẠNG KIỂU GEN CỦA P KHI BIẾT TỈ LỆ KIỂU HÌNH CỦA ĐỜI CON F₁

Ví dụ 1. Nếu cho F₁ tự phối,

Lai hai dạng bố mẹ thuần chủng khác nhau 2 cặp tính trạng tương phản thu được đời con F₁ hoàn toàn cây cao, hạt tròn. **Cho F₁ tự phối**, đời F₂ thu được 59% cây cao, hạt tròn. Biện luận để tìm kiểu gen của P. Cho biết mỗi gen mỗi tính.

Giải: F₁ đồng tính cây cao, hạt tròn suy ra cây cao, hạt tròn là 2 tính trạng trội A-B-.

Ta có $A-B- = 59\% > 56, 25\%$, suy ra kiểu gen của F_1 là $\frac{AB}{ab}$.

Kiểu gen của P : $\frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$

Tần số hoán vị gen f ?

Gọi f là tần số hoán vị gen của F_1 . Nếu mọi diễn biến của NST trong quá trình giảm phân ở tế bào sinh tinh và sinh trứng là hoàn toàn giống nhau.

$$\text{Ta có } A-B- = \frac{3-2f+f^2}{4} = 0,59$$

f = 0,4 là nghiệm duy nhất.

Vậy tần số hoán vị gen là 40%

Ví dụ 2. Nếu cho F_1 tạp giao. Cũng với đề bài như trên (ví dụ 1), nhưng ở đây **F_1 tạp giao**, Lai hai dạng bố mẹ thuần chủng khác nhau 2 cặp tính trạng tương phản thu được đời con F_1 hoàn toàn cây cao, hạt tròn. **Cho F_1 tạp giao**, đời F_2 thu được 59% cây cao, hạt tròn. Biện luận để tìm kiểu gen của P. Cho biết mỗi gen mỗi tính.

Giải: F_1 đồng tính cây cao, hạt tròn suy ra cây cao, hạt tròn là 2 tính trạng trội A-B-.

Ta có $A-B- = 59\% > 56, 25\%$, suy ra kiểu gen của F_1 là $\frac{AB}{ab}$, kiểu gen của P : $\frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$

Tần số hoán vị gen f ?

Gọi f_1 là tần số hoán vị gen của ♂ F_1 , f_2 là tần số hoán vị gen của ♀ F_1 . Nếu mọi diễn biến của NST trong quá trình giảm phân ở tế bào sinh tinh và sinh trứng là hoàn toàn giống nhau thì tần số hoán vị gen ở cá thể đực và cá thể cái là như nhau, ta có $f_1 = f_2 = f$

$$\text{Ta có } A-B- = \frac{(3-f_1-f_2+f_1 \cdot f_2)}{4} = 0,59$$

$$f_1 \cdot f_2 - f_1 - f_2 = 2,36 - 3 = -0,64$$

$$f_1 (f_2 - 1) = f_2 - 0,64$$

$$f_1 = \frac{f_2 - 0,64}{f_2 - 1}$$

Các cặp nghiệm đặc biệt.

$$+ f_1 = 0; \quad f_2 = 0,64$$

$$+ f_2 = 0; \quad f_1 = 0,64$$

$$+ f_1 = 0,5; \quad f_2 = 0,28$$

$$+ f_2 = 0,5; \quad f_1 = 0,28$$

Vậy miền nghiệm của tần số hoán vị gen là:

$$0,28 \leq f_1 \leq 0,5$$

$$0,28 \leq f_2 \leq 0,5$$

Khi $f_1 = f_2 = f$; ta có $\frac{3-2f+f^2}{4} = 0,59 \Rightarrow f = 0,4$

Đông Hà, 19 tháng 5 năm 2009