

I. Khái niệm về Tương tác gen

Tương tác gen là sự tác động qua lại giữa các gen không alen (gen thuộc các locus khác nhau) trong quá trình hình thành một kiểu hình. Hiện tượng này làm xuất hiện các biến dị tổ hợp và thay đổi các tỉ lệ phân li kiểu hình của Mendel.

Lưu ý: Cần phân biệt tương tác giữa các gen không alen (tương tác gen) với tương tác giữa các gen alen (trội hoàn toàn, trội không hoàn toàn, đồng trội).

- **Tương tác gen:** Các gen ở các locus khác nhau cùng quy định 1 tính trạng.
- **Tương tác alen:** Các alen của cùng 1 gen quy định 1 tính trạng.

II. Tương tác bổ sung (Tương tác bổ trợ)

Đây là dạng tương tác trong đó hai hay nhiều cặp gen không alen cùng tác động để hình thành một kiểu hình mới, khác với khi mỗi gen tác động riêng rẽ.

1. Tỉ lệ kiểu hình 9:7

Cơ chế: Khi có mặt đồng thời cả hai gen trội ($A_B_$), chúng sẽ bổ sung cho nhau để tạo ra một kiểu hình. Các trường hợp còn lại (A_bb , $aaB_$, $aabb$) đều cho một kiểu hình khác.

Công thức:

- $A_B_ \rightarrow$ Kiểu hình 1 (trội)
- A_bb , $aaB_$, $aabb \rightarrow$ Kiểu hình 2 (lặn)

Ví dụ 1: Màu hoa ở cây đậu thơm (*Lathyrus odoratus*)

Khi lai hai dòng đậu thơm thuần chủng hoa trắng với nhau, F1 thu được 100% hoa đỏ. Cho F1 tự thụ phấn, F2 thu được tỉ lệ 9 hoa đỏ : 7 hoa trắng.

- **Quy ước gen:** Gen A và B tương tác với nhau. Cần có cả A và B để tổng hợp sắc tố đỏ.
- **Sơ đồ chuyển hóa:** Chất không màu 1 --(Enzym A do gen A tổng hợp)--> Chất không màu 2 --(Enzym B do gen B tổng hợp)--> Sắc tố đỏ.
- **Kiểu gen - Kiểu hình:**
 - A_B_: Có cả enzym A và B → Hoa đỏ.
 - A_bb: Chỉ có enzym A → Hoa trắng.
 - aaB_: Chỉ có enzym B → Hoa trắng.
 - aabb: Không có enzym nào → Hoa trắng.
- **Phép lai:** P (t/c): AAbb (trắng) × aaBB (trắng) → F1: AaBb (100% đỏ). F1 × F1: AaBb × AaBb → F2: 9 A_B_ (đỏ) : 3 A_bb (trắng) : 3 aaB_ (trắng) : 1 aabb (trắng) → **9 đỏ : 7 trắng**.

2. Tỉ lệ kiểu hình 9:6:1

Cơ chế: Mỗi gen trội (A và B) khi đứng riêng đều cho một kiểu hình giống nhau. Khi có mặt cả hai gen trội (A_B_), chúng tương tác tạo ra một kiểu hình mới. Kiểu gen đồng hợp lặn (aabb) cho một kiểu hình riêng.

Công thức:

- A_B_ → Kiểu hình 1
- A_bb, aaB_ → Kiểu hình 2

- **aabb → Kiểu hình 3**

Ví dụ: Hình dạng quả ở bí ngô

Khi lai hai dòng bí ngô thuần chủng quả tròn, F1 thu được 100% quả dẹt. Cho F1 tự thụ phấn, F2 thu được tỉ lệ 9 quả dẹt : 6 quả tròn : 1 quả dài.

- **Quy ước gen:**

- A_B_: Tương tác cho quả dẹt.
- A_bb hoặc aaB_: Cho quả tròn.
- aabb: Cho quả dài.

- **Phép lai:** P (t/c): AAbb (tròn) × aaBB (tròn) → F1: AaBb (100% dẹt). F1 × F1: AaBb × AaBb → F2: 9 A_B_ (dẹt) : (3 A_bb + 3 aaB_) (tròn) : 1 aabb (dài) → **9 dẹt : 6 tròn : 1 dài.**

3. Tỉ lệ kiểu hình 9:3:3:1 (biến đổi)

Đây là tỉ lệ của quy luật phân li độc lập, nhưng được xem là tương tác gen khi các gen cùng quy định một nhóm tính trạng có liên quan.

Ví dụ: Màu lông gà

Phép lai hai dòng gà thuần chủng cho F2 có tỉ lệ 9 gà lông trắng : 3 gà lông đen : 4 gà lông nâu. Thực chất đây là biến thể của tỉ lệ 9:3:4, một dạng của tương tác át chế. Tuy nhiên, ví dụ kinh điển hơn là màu mào gà.

Ví dụ kinh điển: Hình dạng mào gà

- **Quy ước gen:**

- R_P_: Tương tác cho mào quả óc chó (walnut).
 - R_pp: Cho mào hoa hồng (rose).
 - rrP_: Cho mào hạt đậu (pea).
 - rrpp: Cho mào lá (single).
- **Phép lai:** P (t/c): RRpp (mào hoa hồng) × rrPP (mào hạt đậu) → F1: RrPp (100% mào óc chó). F1 × F1: RrPp × RrPp → F2: **9 R_P_ (óc chó) : 3 R_pp (hoa hồng) : 3 rrP_ (hạt đậu) : 1 rrpp (lá).**

III. Tương tác cộng gộp (Di truyền đa gen)

Đây là kiểu tương tác trong đó nhiều cặp gen không alen cùng quy định một tính trạng, và mỗi gen trội (alen cộng gộp) đều góp một phần như nhau vào sự biểu hiện của kiểu hình.

1. Đặc điểm

- Di truyền các tính trạng số lượng (chiều cao, cân nặng, sản lượng sữa, màu da...).
- Kiểu hình có sự biến thiên liên tục thành một phổ, từ giá trị nhỏ nhất đến lớn nhất.
- Mỗi alen trội làm tăng sự biểu hiện của tính trạng một mức độ nhất định (hiệu ứng cộng gộp).
- Tính trạng chịu ảnh hưởng lớn của môi trường.

2. Công thức tính toán (xét trường hợp các gen phân li độc lập)

Giả sử có **n** cặp gen quy định một tính trạng:

- Số loại kiểu hình (bậc biểu hiện) = $2n + 1$
- Tỷ lệ kiểu gen chứa số alen trội nhiều nhất hoặc ít nhất = $(1/4)^n$
- Tỷ lệ kiểu hình trung gian (có n alen trội) là lớn nhất.
- Tỷ lệ phân li kiểu hình ở F2 tuân theo tam giác Pascal.

3. Ví dụ

Ví dụ 1: Màu sắc hạt lúa mì

Lai lúa mì hạt đỏ đậm (AABB) với lúa mì hạt trắng (aabb), F1 thu được 100% hạt màu hồng (AaBb). Cho F1 tự thụ phấn, F2 có sự phân li màu sắc từ đỏ đậm đến trắng.

- **Cơ chế:** Mỗi alen trội (A, B) làm tăng lượng sắc tố đỏ.
- **Kiểu gen - Kiểu hình:**
 - 4 alen trội (AABB): Đỏ đậm.
 - 3 alen trội (AABb, AaBB): Đỏ.
 - 2 alen trội (AAbb, aaBB, AaBb): Hồng.
 - 1 alen trội (Aabb, aaBb): Hồng nhạt.
 - 0 alen trội (aabb): Trắng.
- **Phân tích F2:** Tỷ lệ phân li kiểu hình là **1 đỏ đậm : 4 đỏ : 6 hồng : 4 hồng nhạt : 1 trắng**. Có 2 cặp gen tương tác ($n=2$), nên số kiểu hình là $2n+1 = 2*2+1 = 5$.

Ví dụ 2: Chiều cao cây

Một loài thực vật có chiều cao được quy định bởi 3 cặp gen phân li độc lập (A,a; B,b; D,d). Cây thấp nhất (aabbdd) cao 100cm. Cứ mỗi alen trội làm cây cao thêm 10cm.

- **Cây cao nhất (AABBDD):** Có 6 alen trội. Chiều cao = $100 + (6 \times 10) = 160\text{cm}$.
- **Cây có kiểu gen AaBbDd:** Có 3 alen trội. Chiều cao = $100 + (3 \times 10) = 130\text{cm}$.
- **Số kiểu hình về chiều cao:** $n=3$, số kiểu hình = $2^3 + 1 = 7$ (tương ứng với 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 alen trội).

IV. Bảng so sánh Tương tác bổ sung và Tương tác cộng gộp

Tiêu chí	Tương tác bổ sung	Tương tác cộng gộp
Bản chất	Các gen không alen tương tác để tạo ra kiểu hình mới hoặc hoàn thiện một kiểu hình.	Mỗi alen trội của các gen không alen góp một phần như nhau vào sự biểu hiện tính trạng.
Loại tính trạng	Thường là tính trạng chất lượng (màu sắc, hình dạng).	Thường là tính trạng số lượng (chiều cao, cân nặng, sản lượng).
Kiểu biểu hiện	Gián đoạn, có các kiểu hình riêng biệt.	Liên tục, tạo thành một dải biến dị.
Tỉ lệ phân li KH (F2)	Là biến thể của 9:3:3:1 (ví dụ: 9:7, 9:6:1, 9:3:4...).	Phân bố theo dạng hình chuông, tuân theo tam giác Pascal.
Vai trò các alen trội	Các alen trội thuộc các gen khác nhau có vai trò không giống nhau.	Các alen trội có vai trò ngang nhau và cộng gộp lại.