

Phương pháp giải bài tập Lai nhiều cặp tính trạng

Tài liệu này tổng hợp toàn bộ kiến thức và phương pháp giải bài tập liên quan đến sự di truyền của nhiều cặp tính trạng, bao gồm quy luật Phân li độc lập, Liên kết gen và Hoán vị gen, giúp học sinh nắm vững nền tảng để giải quyết các dạng bài tập phức tạp trong chương trình Sinh học 12 và ôn thi THPT Quốc gia.

Phần I: Quy luật Phân li độc lập (Mendel)

Quy luật này mô tả sự di truyền của các cặp gen nằm trên các cặp nhiễm sắc thể (NST) tương đồng khác nhau.

1. Cơ sở tế bào học

Các cặp gen quy định các cặp tính trạng khác nhau nằm trên các cặp NST tương đồng khác nhau. Trong quá trình giảm phân tạo giao tử, sự phân li của cặp NST này không phụ thuộc vào sự phân li của cặp NST kia. Kết quả là các alen của các gen khác nhau sẽ tổ hợp lại một cách ngẫu nhiên trong các giao tử.

2. Phương pháp giải bài tập

Đây là phương pháp nền tảng, áp dụng khi các gen nằm trên các NST khác nhau.

Bước 1: Phân tích từng cặp tính trạng

Tách phép lai phức tạp thành các phép lai một cặp tính trạng để tìm ra tỉ lệ kiểu gen, kiểu hình của từng cặp.

- **Ví dụ:** Phép lai $AaBb \times AaBb$ được tách thành: $(Aa \times Aa)$ và $(Bb \times Bb)$.
- Kết quả $(Aa \times Aa) \rightarrow F_1$: $1 AA : 2 Aa : 1 aa$ (Tỉ lệ kiểu gen); 3 trội : 1 lặn (Tỉ lệ kiểu hình).
- Kết quả $(Bb \times Bb) \rightarrow F_1$: $1 BB : 2 Bb : 1 bb$ (Tỉ lệ kiểu gen); 3 trội : 1 lặn (Tỉ lệ kiểu hình).

Bước 2: Tổ hợp kết quả

Sử dụng quy tắc nhân xác suất để tìm tỉ lệ kiểu gen, kiểu hình chung của phép lai nhiều cặp tính trạng.

- **Tỉ lệ kiểu hình chung:** (Tỉ lệ KH cặp 1) $\times$ (Tỉ lệ KH cặp 2) $\times$...
- **Tỉ lệ kiểu gen chung:** (Tỉ lệ KG cặp 1) $\times$ (Tỉ lệ KG cặp 2) $\times$...

Ví dụ 1: Trong phép lai P: $AaBb \times AaBb$, hãy xác định tỉ lệ kiểu hình A-B- (trội-trội) ở F1.

- Tỉ lệ kiểu hình A- từ phép lai $Aa \times Aa$ là $3/4$.
- Tỉ lệ kiểu hình B- từ phép lai $Bb \times Bb$ là $3/4$.
- $\rightarrow$ Tỉ lệ kiểu hình A-B- ở F1 $= (3/4) \times (3/4) = 9/16$.

Ví dụ 2: Trong phép lai P: $AaBbDd \times Aabbdd$, hãy xác định tỉ lệ kiểu gen $AabbDd$ ở F1.

- Phép lai $Aa \times Aa \rightarrow$ Tỉ lệ kiểu gen Aa là $1/2$.

- Phép lai Bb x bb → Tỷ lệ kiểu gen bb là 1/2.
- Phép lai Dd x dd → Tỷ lệ kiểu gen Dd là 1/2.
- → Tỷ lệ kiểu gen AabbDd ở F1 = $(1/2) \times (1/2) \times (1/2) = 1/8$.

3. Công thức tổng quát (cho n cặp gen dị hợp phân li độc lập)

Áp dụng cho phép lai giữa hai cá thể dị hợp về n cặp gen (ví dụ: AaBb... x AaBb...).

- Số loại giao tử: 2^n
- Số loại kiểu gen: 3^n
- Số loại kiểu hình: 2^n (nếu trội hoàn toàn)
- Tỷ lệ phân li kiểu gen: $(1:2:1)^n$
- Tỷ lệ phân li kiểu hình: $(3:1)^n$

Phần II: Liên kết gen và Hoán vị gen (Moocgan)

Quy luật này áp dụng khi các gen cùng nằm trên một NST, di truyền cùng nhau tạo thành một nhóm gen liên kết.

1. Liên kết gen hoàn toàn

a. Cơ sở tế bào học

Các gen nằm rất gần nhau trên cùng một NST, nên trong giảm phân chúng không thể tách rời nhau và cùng phân li về một giao tử.

b. Đặc điểm và phương pháp giải

- **Cách viết kiểu gen:** Các alen của các gen liên kết được viết trên một đường gạch (tượng trưng cho NST). Ví dụ: AB/ab hoặc Ab/aB.
- **Sự tạo giao tử:** Cơ thể dị hợp 2 cặp gen (ví dụ: AB/ab) chỉ tạo ra 2 loại giao tử là AB và ab với tỉ lệ bằng nhau (1:1), không tạo ra giao tử hoán vị.

Ví dụ: Phép lai giữa ruồi giấm thân xám, cánh dài thuần chủng với ruồi thân đen, cánh cụt thuần chủng.

P: BV/BV (xám, dài) x bv/bv (đen, cụt)

G_p: BV bv

F₁: BV/bv (100% xám, dài)

Cho F₁ lai phân tích: BV/bv x bv/bv

G_{F₁}: 1 BV : 1 bv bv

F_a: 1 BV/bv : 1 bv/bv (1 xám, dài : 1 đen, cụt)

→ Kết quả lai phân tích chỉ cho 2 tổ hợp kiểu hình giống P, khác với tỉ lệ 1:1:1:1 của phân li độc lập.

2. Hoán vị gen (Liên kết không hoàn toàn)

a. Cơ sở tế bào học

Trong quá trình giảm phân, tại kì đầu I, các NST kép trong cặp tương đồng có thể xảy ra hiện tượng tiếp hợp và trao đổi chéo giữa các crômatit không chị em. Hiện tượng này dẫn đến sự hoán vị của các alen.

b. Phương pháp giải bài tập

Bước 1: Xác định tần số hoán vị gen (f)

Tần số hoán vị gen phản ánh khoảng cách tương đối giữa các gen trên NST.

- **Công thức: $f = (\text{Tổng số cá thể có kiểu hình tái tổ hợp} / \text{Tổng số cá thể thu được}) \times 100\%$**
- Tần số hoán vị gen (f) luôn $\leq 50\%$.
- Giao tử liên kết luôn có tỉ lệ $\geq 25\%$, giao tử hoán vị luôn có tỉ lệ $\leq 25\%$.
- Tổng tỉ lệ 4 loại giao tử = 100%.

Ví dụ: Lai phân tích ruồi F1 dị hợp tử BV/bv, thu được đời con có 41% xám, dài; 41% đen, cụt; 9% xám, cụt; 9% đen, dài.

- Kiểu hình tái tổ hợp là xám, cụt (B-vv) và đen, dài (bbV-).
- Tần số hoán vị gen $f = (9\% + 9\%) = 18\%$.

Bước 2: Viết sơ đồ lai khi biết f

Từ tần số hoán vị f, ta xác định được tỉ lệ các loại giao tử của cơ thể dị hợp.

- Tỉ lệ mỗi loại giao tử hoán vị $= f/2$.
- Tỉ lệ mỗi loại giao tử liên kết $= (100\% - f)/2$.

Ví dụ: Một cơ thể có kiểu gen AB/ab và tần số hoán vị gen là 20% ($f=0.2$). Hãy xác định tỉ lệ giao tử.

- Giao tử liên kết là AB và ab. Tỉ lệ mỗi loại $= (1 - 0.2)/2 = 0.4$.
- Giao tử hoán vị là Ab và aB. Tỉ lệ mỗi loại $= 0.2/2 = 0.1$.

- Kết quả: $0.4 \underline{AB} : 0.4 \underline{ab} : 0.1 \underline{Ab} : 0.1 \underline{aB}$.

Sau khi có tỉ lệ giao tử, ta lập bảng tổ hợp (kẻ ô Pannet) để xác định tỉ lệ kiểu gen và kiểu hình ở đời con.

Phần III: Dấu hiệu nhận biết và So sánh các quy luật di truyền

Để giải nhanh bài tập, việc nhận diện đúng quy luật di truyền chi phối phép lai là rất quan trọng.

Tiêu chí	Phân li độc lập	Liên kết gen hoàn toàn	Hoán vị gen
Cơ sở tế bào học	Các cặp gen trên các cặp NST tương đồng khác nhau.	Các gen trên cùng 1 NST, di truyền cùng nhau.	Các gen trên cùng 1 NST, có xảy ra trao đổi chéo.
Số loại giao tử (cơ thể dị hợp 2 cặp gen)	4 loại với tỉ lệ bằng nhau (1:1:1:1).	2 loại với tỉ lệ bằng nhau (1:1).	4 loại với tỉ lệ không bằng nhau.
Tỉ lệ KH ở phép lai phân tích (AaBb x aabb)	1 : 1 : 1 : 1	1 : 1	a : a : b : b (tỉ lệ khác 1:1:1:1)
Tỉ lệ KH ở F2 (AaBb x AaBb)	9 : 3 : 3 : 1	1 : 2 : 1 hoặc 3 : 1 (tùy kiểu gen P)	Tỉ lệ khác 9:3:3:1 và khác tỉ lệ của LKG hoàn toàn.
Ý nghĩa	Tạo ra nhiều biến dị tổ hợp, làm tăng sự đa dạng.	Duy trì sự ổn định của các nhóm tính trạng tốt.	Tạo biến dị tổ hợp mới, tăng đa dạng di truyền.

Phần IV: Phương pháp chung xác định quy luật di truyền

Khi đề bài cho một phép lai và kết quả đời con, hãy làm theo các bước sau:

1. **Bước 1: Xác định tương quan trội - lặn.** Dựa vào tỉ lệ kiểu hình ở F1 hoặc F2 (ví dụ: F1 đồng tính → P thuần chủng, tính trạng biểu hiện là trội).
2. **Bước 2: Xét sự di truyền của từng cặp tính trạng.** Lấy tỉ lệ phân li của từng cặp tính trạng ở đời con. Nếu tỉ lệ là 3 trội : 1 lặn thì P dị hợp ($Aa \times Aa$). Nếu tỉ lệ là 1 trội : 1 lặn thì P là $Aa \times aa$.
3. **Bước 3: Xét sự di truyền đồng thời các cặp tính trạng.**
 - Lấy tích tỉ lệ của các cặp tính trạng riêng lẻ (ví dụ: $(3:1) \times (3:1) = 9:3:3:1$).
 - So sánh kết quả này với tỉ lệ phân li kiểu hình chung mà đề bài cho.
 - **Nếu tích tỉ lệ bằng tỉ lệ đề bài → Các gen phân li độc lập.**
 - **Nếu tích tỉ lệ khác tỉ lệ đề bài → Các gen liên kết trên cùng một NST.**
4. **Bước 4: Nếu là liên kết gen, xác định có hoán vị hay không.**
 - Đếm số tổ hợp kiểu hình ở đời con. Nếu có 4 tổ hợp → Có hoán vị gen. Nếu chỉ có 2 tổ hợp → Liên kết hoàn toàn.
 - Dựa vào tỉ lệ kiểu hình lặn-lặn (ví dụ: $aabb$) để suy ra tỉ lệ giao tử và tần số hoán vị (nếu có). **Công thức nhanh:** Tỉ lệ kiểu hình ($aabb$) = tỉ lệ giao tử (ab) của bố $\times$ tỉ lệ giao tử (ab) của mẹ.
5. **Bước 5: Xác định kiểu gen của P và viết sơ đồ lai kiểm chứng.** Dựa vào các phân tích trên để xác định P dị hợp tử đều ($\underline{AB}/\underline{ab}$) hay dị hợp tử chéo ($\underline{Ab}/\underline{aB}$) và hoàn thành sơ đồ lai.

Việc nắm vững các bước trên và luyện tập thường xuyên sẽ giúp học sinh tự tin giải quyết mọi dạng bài tập về lai nhiều cặp tính trạng.