

Một số phương pháp nâng cao hiệu quả giảng dạy bài tập phân bào trong bồi dưỡng học sinh giỏi

GV thực hiện: Võ Văn Quý

Đơn vị: Trường THPT Chuyên LQĐ - Ninh Thuận

Dạng 1: Xác định bộ NST lưỡng bội của loài

+ Ví dụ 1: Một số tế bào sinh dục $2n$ nguyên phân 3 đợt liên tiếp đã đòi hỏi môi trường nội bào cung cấp nguyên liệu di truyền tương đương 56 NST đơn để góp phần tạo ra các tế bào con.

Xác định bộ NST $2n$ của loài ở trạng thái chưa nhân đôi.

+ Cách giải: Ta biết rằng khi tế bào sinh sản (phân chia) thì NST trong tế bào nhân đôi tạo NST kép. Khi tế bào sinh sản bao nhiêu đợt thì NST trong bộ NST của loài nhân đôi bấy nhiêu đợt tương ứng.

Từ 1 tế bào mẹ nguyên phân K đợt liên tiếp sẽ tạo ra 2^k tế bào con. Số tế bào con cung cấp nguyên liệu sẽ là : 2^k Số NST mà môi trường nội bào phải cung cấp cho 1 tế bào qua K đợt nguyên phân liên tiếp là : $(2^k - 1) 2n$. Nếu có a tế bào mẹ qua K đợt nguyên phân liên tiếp thì ta có số NST cần cung cấp là : $(2^k - 1) \cdot 2n \cdot a$.

Trong ví dụ trên, số lần nguyên phân của tế bào sinh dục $2n$ là 3. Số NST đơn mà môi trường nội bào cung cấp là 6. Thay vào số công thức trên ta có :

$$(2^k - 1) \cdot 2n = 56$$

Giải ra ta được bộ NST lưỡng bội của loài là : $2n = 56$

+ Ví dụ 2: ở một loại sinh vật, giả thiết mỗi cặp NST tương đồng đều chứa 1 cặp gen dị hợp. Khi không hiện tượng trao đổi đoạn giữa các NST và không có hiện tượng đột biến thì số loại tinh trùng sinh ra nhiều nhất là : 256.

Xác định bộ NST lưỡng bội của loài?

+ Cách giải: Ta biết rằng số loại giao tử được hình thành khác nhau về nguồn gốc NST qua cơ thể phân ly độc lập, phối hợp ngẫu nhiên (khi không có hiện tượng trao đổi chéo và đột biến) trong quá trình giảm phân phát sinh giao tử là 2^n . Trong đó n là số cặp NST tương đồng có cấu trúc khác nhau (chứa các cặp gen dị hợp).

Theo điều kiện đề bài ta có: $2n = 256$, giải ra ta được $n=8$. suy ra bộ NST lưỡng bội của loài là: $2n = 16$.

Qua 2 ví dụ trên, ta thấy rằng bộ NST của loài quyết định số loại giao tử được hình thành và số NST mà môi trường nội bào cung cấp. Do đó dù điều kiện đề bài như thế nào ta cũng phải tìm được các mối liên hệ để đưa về sử dụng công thức 2^n hoặc $(2^k - 1) \cdot 2n$. Từ đó ta tìm được n .

Dạng 2: Xác định số đợt nguyên phân của tế bào sinh đực sơ khai, của hợp tử. Số tinh trùng và trứng được hình thành

+ Ví dụ 1: Tổng hàm lượng AND của các tế bào sinh tinh trùng và các tế bào sinh trứng là 68pg (picrogam). Tổng hàm lượng AND của các tinh trùng được tạo thành nhiều hơn tổng hàm lượng AND trong tất cả các trứng được tạo thành là 126pg. Biết rằng hàm lượng AND có trong mỗi tế bào $2n$ của ruồi giấm, ở trạng thái chưa nhân đôi là 2pg.

Xác định số phân nguyên phân liên tiếp của mỗi tế bào sinh đực đực và tế bào sinh đực cái ban đầu (các tế bào sinh đực này đã sinh ra các tế bào sinh tinh và tế bào sinh trứng để từ đó tạo ra các tinh trùng và trứng nói trên).

+ Cách giải : Những kiến thức cần nắm vững để giải quyết bài toán này là:

- Trong tế bào sinh dưỡng số NST là $2n$, còn trong tế bào sinh đực (tinh trùng và trứng) số NST là n . vì thế lượng AND có trong tế bào dinh dưỡng gấp đôi lượng AND có trong tế bào sinh đực (giao tử).

- Một tế bào sinh tinh qua giảm phân cho 4 tinh trùng, còn tế bào sinh trứng qua giảm phân tạo ra 1 tế bào trứng và 3 thể định hướng.

Từ 2 điều kiện trên, căn cứ vào điều kiện đề bài, lập hệ phương trình để giải :

Gọi số tế bào sinh tinh trùng là x .

Số tế bào sinh trứng là y .

(Điều kiện: x và $y > 0$ và nguyên).

Ta có phương trình: $x + y = 68/2$ (1).

x là tế bào sinh tinh qua giảm phân cho $4x$ tinh trùng.

y là tế bào sinh trứng qua giảm phân tạo ra y tế bào trứng.

Tổng hàm lượng AND có trong tất cả các tinh trùng là: $4x \cdot 1pg$.

Tổng hàm lượng AND có trong tất cả các tế bào trứng là: $y \cdot 1pg$.

Theo bài ra ta có phương trình: $4x - y = 126$ (2).

Từ (1) và (2) ta có hệ phương trình: $x + y = 34$

$$4x - y = 126$$

Giải ra ta được: $x = 32, y = 2$

Như vậy tế bào sinh tinh là: 32, số tế bào sinh trứng là 2.

Từ đây ta tính số lần nguyên phân của mỗi tế bào sinh dục đực và cái theo biểu thức: $*2^k = 32 \Rightarrow k = 5 \Rightarrow$ tế bào sinh dục đực nguyên phân 5 đợt liên tiếp.

$*2^k = 2 \Rightarrow k = 1 \Rightarrow$ tế bào sinh dục cái nguyên phân 1 đợt.

+ Ví dụ 2: 3 hợp tử của cùng 1 loài lúc chưa tự nhân đôi có lượng NST đơn trong mỗi tế bào bằng 24. các hợp tử đó thực hiện quá trình nguyên phân liên tiếp tạo ra các tế bào con. Số tế bào con do hợp tử thứ nhất tạo ra bằng 25% số tế bào con do hợp tử thứ 2 tạo ra. Tổng số NST đơn trong các tế bào được hình thành từ hợp tử thứ 3 là 384. trong quá trình nguyên phân của 3 hợp tử đó đã tạo ra các tế bào con với tổng số NST đơn là 624.

1. Xác định số tế bào con do mỗi hợp tử sinh ra

2. Xác định số lần nguyên phân của mỗi hợp tử

+ Cách giải: Trong dạng bài này, đã biết số NST trong bộ lưỡng bội của loài biết số NST trong các tế bào con được sinh ra từ 3 hợp tử. Muốn xác định được số lần nguyên phân của mỗi hợp tử thì đầu tiên phải xác định được số tế bào con do mỗi hợp tử sinh ra. Mà số tế bào con do mỗi hợp tử tạo ra k lần nguyên phân liên tiếp là 2^k . Vậy khi biết số tế bào con được tạo thành, ta dễ dàng tìm được số đợt nguyên phân của tế bào mẹ hay của hợp tử.

Trong ví dụ trên, từ các điều kiện đề bài đã cho, dựa trên mối quan hệ giữa các tế bào con được tạo ra, số NST đơn trong mỗi tế bào và số NST đơn có trong tất cả các tế bào con ta dễ dàng lập được phương trình để giải.

Gọi số tế bào con do hợp tử thứ 1 là x (với điều kiện x nguyên dương).

Số tế bào con do hợp tử thứ 2 tạo ra là 4x theo điều kiện bài ra ta có phương trình:

$$24x + 24.4x + 384 = 624$$

Giải ra ta có được $x = 2$. Kết hợp với các điều kiện của đề bài đã cho, ta tính được số tế bào con do hợp tử 1 và 2,3 tạo ra. Số tế bào con do hợp tử 1 tạo ra 2, hợp tử 2 là 8, hợp tử 3 là 16.

Số đợt nguyên phân của mỗi hợp tử:

Hợp tử 1: $2^k = 2 \Rightarrow k = 1$ (một đợt)

Hợp tử 2: $2^k = 8 \Rightarrow k = 3$ (ba đợt)

Hợp tử 3: $2^k = 16 \Rightarrow k = 4$ (bốn đợt)

Qua 2 ví dụ trên ta thấy rằng, muốn xác định số đợt nguyên phân của 1 tế bào sinh dục sơ khai, một tế bào hợp tử hay 1 tế bào bất kỳ nào nguyên phân

một số đợt liên tiếp ta phải tìm cho được số tế bào con được tạo ra. Từ đó vận dụng công thức $2^k = \text{số tế bào con}$. Trong đó k là số đợt nguyên phân của tế bào.

Dạng 3: Xác định số NST mà môi trường nội bào phải cung cấp cho quá trình sinh sản của tế bào

+ Ví dụ: ở gà khi quan sát một tế bào sinh dục đực đang ở kỳ giữa nguyên phân, người ta đếm được 78 NST kép.

1. Tế bào đó nguyên phân 3 đợt liên tiếp đã đòi hỏi môi trường nội bào cung cấp nguyên liệu để tạo ra bao nhiêu NST đơn mới.

2. Tổng số NST mà môi trường phải cung cấp cho các tế bào con hoàn toàn nhận nguyên liệu từ môi trường khi 3 tế bào mẹ nguyên phân 4 đợt liên tiếp.

+ Cách giải: Dạng bài tập này giải tương đối đơn giản, chỉ cần nắm được 1 số công thức tính vật liệu di truyền ở mức độ tế bào là có thể giải được.

Ta biết rằng tổng số NST đơn cung cấp cho tế bào nguyên phân liên tiếp K đợt là: $(2^k - 1).2n.a(1)$.

Tổng số NST đơn cung cấp cho tế bào con hoàn toàn nhận nguyên liệu từ môi trường nội bào sau K đợt nguyên phân liên tiếp là: $(2^k - 2).2n(2)$

Trong ví dụ trên, chỉ cần thay các điều kiện vào công thức (1) và (2) là có thể tính được kết quả 1 cách dễ dàng. Chỉ cần lưu ý 1 điều : ở kỳ giữa của nguyên phân các NST đã nhân đôi thành NST kép. Do đó bộ NST lưỡng bội của gà là: 78. $(2n - 78)$

- Số NST đơn cung cấp cho tế bào nguyên phân 3 đợt liên tiếp là: $(2^3 - 1).78 = 546$ NST.

- Tổng số NST đơn cung cấp cho 3 tế bào mẹ nguyên phân liên tiếp 4 đợt để tạo ra các tế bào con có số NST hoàn toàn mới là:

$$(2^4 - 2).78.3 = 3276 \text{ NST}$$

Dạng 4: Xác định số nuclêôtit các loại gen trên NST ở vào các kỳ của quá trình phân bào hoặc trong mỗi loại giao tử (giao tử bình thường, giao tử do đột biến)

+ Ví dụ: 1 cặp gen dị hợp dài 5100 Å nằm trên 1 cặp NST tương đồng, gen trội nằm trên NST thứ nhất có 1200 adenin, gen lặn nằm trên NST thứ 2 có 1350 adenin.

1. Khi tế bào ở vào kỳ giữa trong lần phân chia thứ 1 của giảm phân, số lượng từng loại nuclêôtit của các gen đó trong tế bào tăng bao nhiêu?

2. Khi tế bào kết thúc lần phân chia thứ 1 trong giảm phân cho 2 tế bào con thì số lượng từng loại nuclêôtit của gen trong mỗi tế bào con bằng bao nhiêu?

3. Khi tế bào hoàn thành quá trình phân bào giảm phân thì số lượng từng loại nuclêôtit trong mỗi loại giao tử bình thường bằng bao nhiêu? Nếu có đột biến thể dị hợp xảy ra ở lần phân bào thứ 2 của giảm phân thì số lượng từng loại nuclêôtit ở mỗi loại giao tử là bao nhiêu?

+ Cách giải: Muốn giải quyết tốt các bài toán dạng này cần nắm vững diễn biến các kỳ của quá trình phân bào. Đặc biệt sự vận động của NST trong chu kỳ phân bào. Ở kỳ trung gian mỗi NST đã nhân đôi thành NST kép. Ở kỳ giữa lần phân bào I của giảm phân NST vẫn ở trạng thái kép. Ở kỳ sau lần giảm phân I mỗi NST kép trong cặp tương đồng tiến về mỗi cực của tế bào. Ở kỳ cuối lần phân bào I của giảm phân mỗi NST kép trong cặp tương đồng ở trong 1 tế bào con.

Ở kỳ sau của giảm phân II các crômôtit trong NST kép mới tách nhau ra, ở kỳ cuối của giảm phân II trong mỗi tế bào con (giao tử) chỉ chứa 1 NST đơn trong cặp tương đồng (đơn bội NST) nên nó cũng chỉ chứa 1 gen trong cặp gen tương ứng.

Trong ví dụ trên, gen dài 5100 A⁰ thì số nuclêôtit tổng số của gen là: 3000 vì là cặp gen dị hợp nằm trên cặp NST tương đồng nên gen trội (ký hiệu B) và gen lặn (ký hiệu b) có chiều dài và tổng số nuclêôtit bằng nhau.

Theo điều kiện bài ra, gen B có: 1200 adinin => timin cũng bằng 1200

Xitôzin = Guanin = 300 nuclêôtit.

Gen lặn b có: A= T= 1350 => G= X= 150 nuclêôtit.

- Khi tế bào ở vào kỳ giữa của giảm phân I thì cặp NST chứa cặp gen đó đã nhân đôi. Nghĩa là mỗi gen cũng đã nhân đôi, nên số nuclêôtit từng loại của mỗi gen cũng đã tăng gấp đôi. Cụ thể số lượng nuclêôtit các loại trong tế bào là:

A= T= (1200+ 1350).2= 5100 nu.

G= X (300+ 150).2= 900 nu.

- Khi tế bào kết thúc lần phân chia thứ 1 trong giảm phân thì NST mang gen trội (ở trạng thái kép) có ở 1 cặp tế bào con, còn NST mang gen lặn (cũng ở trạng thái kép) có ở tế bào con thứ 2. số lượng nuclêôtit mỗi loại trong các tế bào sẽ là:

Tế bào chứa gen trội: A= T= 1200+ 1200= 2400 nu.

G= X= 300+ 300= 600 nu.

Tế bào chứa gen lặn: $A = T = 1350 + 1350 = 2700$ nu.

$G = X = 150 + 150 = 300$ nu.

- Khi tế bào hoàn chỉnh quá trình phân bào giảm phân thì mỗi tế bào con (giao tử) chỉ chứa gen trội hoặc gen lặn. Nên số nuclêôtit trong mỗi loại giao tử bình thường chính là số nuclêôtit mỗi loại của từng gen.

- Nếu xảy ra đột biến thể dị bội ở lần phân bào thứ 2 của giảm phân thì sẽ tạo ra 1 loại giao tử chứa cả 2 gen trội hoặc 2 gen lặn. Còn 1 giao tử thì không chứa gen nào cả.

Dạng 5: Xác định số loại giao tử được hình thành, tỷ lệ mỗi loại hợp tử khác nhau về nguồn gốc NST

+. Ví dụ: 1 tế bào sinh dục $2n$ nguyên phân 3 đợt liên tiếp đã đòi hỏi môi trường nội bào cung cấp nguyên liệu để hình thành nên 98 NST đơn mới.

1. Nếu mỗi NST trong bộ NST $2n$ đều có cấu trúc khác nhau và mỗi NST đơn đều giữ nguyên cấu trúc không đổi trong giảm phân thì khả năng loài đó có bao nhiêu loại giao tử đực? Tỷ lệ mỗi loại giao tử khác nhau về nguồn gốc NST?

2. Nếu trong bộ NST $2n$ chỉ có 1 cặp NST tương đồng gồm 2 NST có cấu trúc giống nhau và mỗi NST đều không thay đổi cấu trúc trong giảm phân thì khả năng có bao nhiêu loại giao tử cái.

3. Nếu trong bộ NST $2n$ đều gồm các NST có cấu trúc khác nhau, trong đó có 1 cặp tương đồng trong giảm phân đã có hiện tượng trao đổi đoạn tại 1 điểm, khả năng có thể cho bao nhiêu loại giao tử đực?

4. Nếu trong bộ NST $2n$ đều gồm các NST cấu trúc khác nhau, trong đó có 2 cặp tương đồng khi giảm phân mà ở mỗi cặp đã xảy ra 2 trao đổi chéo đơn và 1 trao đổi chéo kép, khả năng có thể cho bao nhiêu loại giao tử đực?

+. Cách giải: Muốn giải được các bài toán dạng này cần nắm vững cơ chế quá trình phát sinh giao tử và sự sắp xếp ngẫu nhiên của các cặp NST kép tương đồng ở kỳ giữa giảm phân I. Hơn nữa trong quá trình phát sinh giao tử có thể tạo ra các tinh trùng và trứng thì mỗi giao tử chỉ nhận được 1 NST của bố hoặc mẹ trong cặp tương đồng. Nếu các NST trong bộ NST $2n$ của loài đều có cấu trúc khác nhau (chứa các cặp gen dị hợp) thì số loại giao tử được tạo ra là lớn nhất. Trong trường hợp có trao đổi đoạn NST hoặc đột biến dạng dị bội thể thì số loại giao tử sinh ra càng lớn. Sau đây là một số công thức tính số loại giao tử khác nhau về nguồn gốc NST được vận dụng để giải các bài toán thuộc dạng này.

- Số loại giao tử được hình thành khác nhau về nguồn gốc NST qua cơ chế phân ly độc lập, phối hợp ngẫu nhiên của NST (không xảy ra trao đổi chéo) trong quá trình giảm phân phát sinh giao tử: 2^n (n là số cặp NST tương đồng)(1).

Trong trường hợp có trao đổi đoạn NST ở giảm phân thì t có các công thức tính số loại giao tử sau đây:

- Nếu trong n cặp NST của loài có k cặp NST ($n > k$) mà mỗi cặp xảy ra trao đổi chéo ở 1 điểm (trao đổi chéo đơn) thì số loại giao tử là:

$$2^{n-k} (2) \text{ hoặc } 2^{n-k} \cdot 4^k \quad (n > k)$$

- Trong trường hợp loài có n cặp NST mà có k cặp NST xảy ra trao đổi chéo không cùng 1 lúc tại 2 điểm riêng rẽ (2 trao đổi chéo đơn) ở mỗi cặp NST thì số loại giao tử là: $2^k \cdot 3^k$ (3) hoặc $2^{n-k} \cdot 6^k$ ($n > k$).

- Trong trường hợp loài n cặp NST mà có k cặp NST, mỗi cặp NST xảy ra 2 trao đổi chéo đơn và một trao đổi chéo kép thì số loại giao tử là:

$$2^{n+2k} (4) \text{ hoặc } 2^{n-k} \cdot 8^k$$

- Nếu trong n cặp NST tương đồng của loài mà trong đó có 1 cặp NST có cấu trúc giống nhau (tổ hợp tự do. Không có trao đổi đoạn NST) thì số loại giao tử sẽ là: 2^{n-i} (5) i là số cặp NST có cấu trúc giống nhau)

- Nếu có trao đổi đoạn tại một điểm thì số loại giao tử sẽ là: 2^{n-i+k} (6)

- Nếu có trao đổi đoạn ở 2 điểm không cùng lúc, số loại giao tử sẽ là: $2^{n-i} \cdot 3^k$ (7).

- Nếu có trao đổi đoạn tại 2 điểm không cùng lúc và điểm cùng lúc (2 trao đổi chéo đơn và 1 trao đổi chéo kép) thì số loại giao tử sẽ là: 2^{n-i+2k} (8).

- Tỷ lệ mỗi loại giao tử khác nhau về nguồn gốc NST là: $1/2^n$ (9).

Dựa vào các công thức trên ta dễ dàng xác định được từng yêu cầu của đề bài trong ví dụ trên.

Trước hết cần xác định bộ NST lưỡng bội của loài theo phương thức sau:

$$(2^3 - 1) \cdot 2n = 98 \text{ giải ra ta được } 2n = 14 \Rightarrow n = 7$$

- Sử dụng công thức (1) để giải câu 1. số loại giao tử đực của loài:

$$2^7 = 128. \text{ Tỷ lệ mỗi loại giao tử khác nhau về nguồn gốc NST:}$$

$$1/2^n \Rightarrow 1/2^7 = 1/128$$

- Sử dụng công thức (5) ta giải câu 2.

- Sử dụng công thức (2) ta giải câu 3.

- Sử dụng công thức (4) ta giải câu 4.

Về tỷ lệ mỗi loại hợp tử khác nhau về nguồn gốc NST ta áp dụng công thức: $1/2^{2n}$ để giải.

