

Tổng hợp kiến thức: Cơ chế phát sinh Đột biến Đa bội và Vai trò trong tạo giống mới

Đột biến đa bội là một dạng đột biến số lượng nhiễm sắc thể (NST) quan trọng, có vai trò to lớn trong quá trình tiến hóa hình thành loài mới và trong công tác chọn giống, đặc biệt là ở thực vật. Bài viết này sẽ phân tích chi tiết về khái niệm, cơ chế phát sinh, hậu quả và vai trò của đột biến đa bội.

1. Khái niệm và Phân loại Đột biến Đa bội

a. Khái niệm

Đột biến đa bội là dạng đột biến làm tăng một số nguyên lần bộ nhiễm sắc thể đơn bội (n) của loài và lớn hơn $2n$. Tế bào mang bộ NST đa bội được gọi là tế bào đa bội, cơ thể được phát triển từ tế bào đa bội được gọi là thể đa bội.

- **Ví dụ 1:** Ở cà chua, loài lưỡng bội bình thường có bộ NST $2n = 24$. Cây cà chua tam bội ($3n$) sẽ có 36 NST, cây tứ bội ($4n$) sẽ có 48 NST.
- **Ví dụ 2:** Ở người, bộ NST lưỡng bội là $2n=46$. Một hợp tử đa bội ví dụ $3n=69$ thường gây sảy thai tự nhiên.

b. Phân loại

Dựa vào nguồn gốc của bộ nhiễm sắc thể, đột biến đa bội được chia thành hai dạng chính:

- **Tự đa bội (Autopolyploidy):** Là trường hợp tăng số lượng bộ NST của cùng một loài. Các thể tự đa bội bao gồm đa bội chẵn ($4n, 6n, 8n, \dots$) và đa bội lẻ ($3n, 5n, 7n, \dots$).
- **Dị đa bội (Allopolyploidy):** Là hiện tượng làm tăng số bộ NST của hai hay nhiều loài khác nhau trong một tế bào. Cơ thể mang bộ NST của hai loài khác nhau được gọi là thể dị đa bội hay thể song nhị bội.

2. Cơ chế phát sinh thể Tự đa bội (Autopolyploidy)

Thể tự đa bội phát sinh do sự không phân li của toàn bộ bộ nhiễm sắc thể trong quá trình phân bào (nguyên phân hoặc giảm phân).

a. Rối loạn trong Nguyên phân

Sự rối loạn này xảy ra ở các tế bào sinh dưỡng (tế bào soma).

Cơ chế: Trong quá trình nguyên phân của tế bào $2n$, tất cả các cặp NST đã nhân đôi nhưng thoi phân bào không được hình thành. Kết quả là tất cả các NST không phân li, tạo ra một tế bào con có bộ NST tứ bội ($4n$).

- Nếu sự kiện này xảy ra ở lần nguyên phân đầu tiên của hợp tử ($2n$), toàn bộ cơ thể phát triển lên sẽ là thể tứ bội ($4n$).
- Nếu sự kiện này xảy ra ở giai đoạn sau của quá trình phát triển phôi, cơ thể sẽ chứa cả dòng tế bào $2n$ và dòng tế bào $4n$, tạo thành thể khảm.

Ví dụ 1: Sử dụng hóa chất **Colchicine (Côn-si-xin)** thấm vào đỉnh sinh trưởng của cây cà chua lưỡng bội ($2n$). Colchicine có tác dụng ức chế sự hình thành thoi phân bào. Kết quả, các tế bào ở đỉnh sinh trưởng sẽ trở thành $4n$. Cành phát triển từ đỉnh sinh trưởng này sẽ là cành tứ bội. Cành này ra hoa, tự thụ phấn sẽ cho ra quả chứa hạt $4n$, từ đó phát triển thành cây cà chua tứ bội hoàn chỉnh.

Ví dụ 2: Ở cây dâu tằm, việc xử lí Colchicine tạo ra cành tứ bội ($4n$) trên cây lưỡng bội ($2n$). Cành tứ bội này có lá to hơn, dày hơn, làm tăng năng suất lá, phục vụ tốt hơn cho nghề nuôi tằm.

b. Rối loạn trong Giảm phân

Sự rối loạn này xảy ra trong quá trình hình thành giao tử.

Cơ chế: Trong quá trình giảm phân của một tế bào sinh giao tử ($2n$), tất cả các cặp NST tương đồng không phân li ở kì sau I hoặc tất cả các cặp NST kép không phân li ở kì sau II, dẫn đến việc tạo ra các giao tử không bình thường chứa bộ NST lưỡng bội ($2n$), thay vì đơn bội (n).

- **Tạo thể tam bội ($3n$):** Sự kết hợp giữa một giao tử đột biến ($2n$) với một giao tử bình thường (n) trong quá trình thụ tinh sẽ tạo ra hợp tử tam bội ($3n$).

Công thức: $P(2n) \times P(2n) \rightarrow G(2n) \times G(n) \rightarrow F1(3n)$.

- **Tạo thể tứ bội ($4n$):** Sự kết hợp giữa hai giao tử đột biến ($2n$) với nhau trong quá trình thụ tinh sẽ tạo ra hợp tử tứ bội ($4n$). **Công thức:** $P(2n) \times P(2n) \rightarrow G(2n) \times G(2n) \rightarrow F1(4n)$.

Ví dụ 1 (Tạo thể tam bội 3n): Để tạo dưa hấu không hạt, người ta tiến hành lai giữa cây dưa hấu tứ bội (4n, tạo giao tử 2n) với cây dưa hấu lưỡng bội (2n, tạo giao tử n). Con lai F1 là cây tam bội (3n). Cây này sinh trưởng phát triển bình thường nhưng gần như bất thụ (không tạo hạt) do quá trình giảm phân tạo giao tử bị rối loạn. Quả vẫn phát triển nhờ tác động của phần hoa, cho ra quả dưa hấu to, ngọt và không hạt.

Ví dụ 2 (Tạo thể tứ bội 4n): Ở một số loài cây, sự rối loạn giảm phân có thể xảy ra một cách tự nhiên. Nếu hai giao tử 2n từ cùng một loài thụ tinh với nhau, sẽ tạo ra cây 4n. Cây này thường có cơ quan sinh dưỡng lớn hơn cây 2n.

3. Cơ chế phát sinh thể Dị đa bội (Allopolyploidy)

Thể dị đa bội là kết quả của hai quá trình kế tiếp nhau: **Lai xa** và **Đa bội hóa**.

Cơ chế: P: Loài A (bộ NST $2n_A$) x Loài B (bộ NST $2n_B$) → F1: Con lai ($n_A + n_B$) → Đa bội hóa → Thể dị đa bội hữu thụ ($2n_A + 2n_B$).

- Bước 1: Lai xa (Distant Hybridization):** Cho lai giữa hai loài có bộ NST khác nhau (ví dụ loài A và loài B). Con lai F1 được tạo ra mang bộ NST đơn bội của cả hai loài bố mẹ ($n_A + n_B$).
- Bước 2: Đặc điểm con lai F1:** Con lai F1 thường bất thụ (không có khả năng sinh sản hữu tính). Nguyên nhân là do bộ NST của hai loài không tương đồng, chúng không thể bắt cặp với nhau trong kì đầu của giảm phân I, dẫn đến quá trình giảm phân bị rối loạn, không tạo ra được giao tử bình thường.
- Bước 3: Đa bội hóa:** Ở con lai F1, một đột biến đa bội (tự nhiên hoặc nhân tạo bằng Colchicine) xảy ra, làm nhân đôi tất cả các NST. Tế bào mới mang

bộ NST $2n_A + 2n_B$.

4. Bước 4: Hình thành thể dị đa bội: Cơ thể phát triển từ tế bào này được gọi là thể dị đa bội (hay thể song nhị bội). Trong tế bào của thể dị đa bội, mỗi NST đều có một NST tương đồng để bắt cặp trong giảm phân. Do đó, quá trình giảm phân diễn ra bình thường, tạo ra các giao tử ($n_A + n_B$) và cơ thể trở nên hữu thụ, có khả năng sinh sản.

Ví dụ 1 (Cải bắp lai cải củ): Năm 1927, nhà khoa học Nga G.D. Karpechenko đã thực hiện phép lai giữa cây cải bắp (*Brassica oleracea*, $2n=18$, tạo giao tử $n=9$) và cây cải củ (*Raphanus sativus*, $2n=18$, tạo giao tử $n=9$). Con lai F1 có 18 NST (9 từ cải bắp + 9 từ cải củ) và bất thụ. Ông đã đa bội hóa con lai F1, tạo ra thể dị đa bội hữu thụ có bộ NST 36 (18 cải bắp + 18 cải củ). Thể dị đa bội này được xem là một loài mới.

Ví dụ 2 (Sự hình thành lúa mì hiện đại): Lúa mì lục bội (*Triticum aestivum*, $6n = 42$) được trồng phổ biến ngày nay là một thể dị đa bội được hình thành qua hai giai đoạn lai xa và đa bội hóa từ 3 loài lúa mì hoang dại khác nhau.

4. Hậu quả và Đặc điểm của Thể đa bội

- **Tăng kích thước tế bào và cơ quan:** Thể đa bội có hàm lượng ADN trong tế bào tăng gấp bội, dẫn đến quá trình tổng hợp các chất hữu cơ diễn ra mạnh mẽ hơn. Điều này làm cho tế bào lớn hơn, cơ quan sinh dưỡng (thân, cành, lá, củ, quả) to hơn, cây phát triển khỏe và chống chịu tốt với các điều kiện bất lợi của môi trường.

- **Năng suất cao:** Do có kích thước cơ quan lớn, các giống cây trồng đa bội thường cho năng suất cao hơn các giống lưỡng bội tương ứng.
- **Bất thụ ở đa bội lẻ:** Các thể tự đa bội lẻ ($3n, 5n, \dots$) thường không có khả năng sinh sản hữu tính (bất thụ) do trong giảm phân, các NST không thể phân chia đều về các giao tử. Đây là cơ sở để tạo ra các giống cây ăn quả không hạt.
- **Phổ biến ở thực vật, hiếm ở động vật:** Đột biến đa bội thường gây chết ở động vật do cơ chế xác định giới tính và các quá trình phát triển phức tạp bị rối loạn. Ở thực vật, cơ chế này đơn giản hơn và chúng có khả năng sinh sản sinh dưỡng nên đột biến đa bội rất phổ biến.

5. Vai trò của Đột biến Đa bội

a. Trong Tiến hóa

- **Hình thành loài mới:** Đây là vai trò quan trọng nhất của đột biến đa bội. Thể dị đa bội (lai xa và đa bội hóa) là con đường hình thành loài mới nhanh nhất và phổ biến ở thực vật. Loài mới được tạo thành cách li sinh sản ngay lập tức với các loài gốc.
- **Cung cấp nguồn vật liệu cho tiến hóa:** Sự nhân đôi toàn bộ bộ gen tạo ra một lượng lớn vật liệu di truyền. Các gen được nhân đôi có thể tự do biến đổi và tạo ra các chức năng mới mà không làm ảnh hưởng đến chức năng sống còn của các gen ban đầu, thúc đẩy sự đa dạng hóa của sinh giới.

b. Trong Chọn giống và Nông nghiệp

Đột biến đa bội được ứng dụng rộng rãi để tạo ra các giống cây trồng mới có giá trị kinh tế cao.

VIDOCU.COM

Ứng dụng	Cơ sở khoa học	Ví dụ cụ thể
Tạo giống quả không hạt	Sử dụng các thể đa bội lẻ ($3n$, $5n$,...) vì chúng bất thụ, không tạo được hạt.	Dưa hấu tam bội ($3n$), nho tam bội ($3n$), chuối nhà (thường là $3n$).
Tăng năng suất cây trồng	Gây đột biến tự đa bội chẵn ($4n$, $6n$,...) để tạo giống có cơ quan sinh dưỡng lớn, năng suất cao.	Dâu tằm tứ bội ($4n$) cho lá to, năng suất cao. Khoai tây, củ cải đường tứ bội cho củ to hơn.
Tạo loài cây trồng mới	Sử dụng cơ chế dị đa bội (lai xa kèm đa bội hóa) để kết hợp các đặc điểm tốt của hai loài khác nhau.	Cây Triticale được tạo ra bằng cách lai lúa mì (năng suất cao) với lúa mạch đen (chịu hạn, chịu rét tốt). Cây Triticale vừa có năng suất, vừa có khả năng chống chịu tốt.
Khắc phục tính bất thụ của con lai xa	Đa bội hóa con lai xa bất thụ để tạo ra thể song nhị bội hữu thụ, có thể nhân lên thành một giống mới.	Phép lai giữa cải bắp và cải củ của Karpechenko đã tạo ra một loài mới hữu thụ từ con lai bất thụ ban đầu.