

Tổng quan về Axit Nucleic và Cơ chế Di truyền

Phân tử

Axit nucleic là những đại phân tử sinh học mang thông tin di truyền, đóng vai trò trung tâm trong mọi hoạt động sống của tế bào. Có hai loại axit nucleic chính là ADN và ARN.

I. Cấu trúc và Chức năng của Axit Nucleic

1. ADN (Axit đêôxiribonucleic)

ADN là vật chất di truyền ở cấp độ phân tử, có chức năng lưu giữ, bảo quản và truyền đạt thông tin di truyền.

a. Cấu tạo hóa học

ADN là một đại phân tử hữu cơ được cấu tạo theo nguyên tắc đa phân, mỗi đơn phân là một nucleotit.

• **Cấu trúc 1 nucleotit:** Gồm 3 thành phần:

1. **Đường đêôxiribôzơ ($C_5H_{10}O_4$)**

2. **Nhóm photphat (H_3PO_4)**

3. **Bazơ nitơ:** Gồm 4 loại, chia làm 2 nhóm:

■ Purin (kích thước lớn): Adênin (A), Guanin (G)

■ Pirimidin (kích thước nhỏ): Timin (T), Xitôzin (X)

- Các nuclêôtit liên kết với nhau bằng liên kết photphodiester (liên kết hóa trị) tạo thành chuỗi pôlinuclêôtit.

b. Cấu trúc không gian

Mô hình cấu trúc không gian của ADN được Watson và Crick công bố năm 1953.

- **Cấu trúc:** Gồm 2 mạch pôlinuclêôtit song song, xoắn đều quanh một trục tưởng tượng theo chiều từ trái sang phải (xoắn phải).
- **Nguyên tắc bổ sung (NTBS):** Các nuclêôtit trên hai mạch liên kết với nhau theo từng cặp.
 - **Công thức:** A liên kết với T bằng 2 liên kết hiđrô. G liên kết với X bằng 3 liên kết hiđrô.
 - **Hệ quả:** Do có NTBS nên từ trình tự nuclêôtit trên mạch này có thể suy ra trình tự nuclêôtit trên mạch kia. Tỷ lệ các loại nuclêôtit trong ADN là: **A = T, G = X**, và **(A+G) = (T+X)** hay **(A+G)/(T+X) = 1**.
 - **Ví dụ:** Nếu một đoạn mạch ADN có trình tự là: 5'- ATGXGATT -3' thì mạch bổ sung sẽ có trình tự là: 3'- TAXGTAA -5'.

2. ARN (Axit ribonucleic)

ARN là một loại axit nucleic tham gia vào quá trình truyền đạt thông tin di truyền từ ADN tới protein và tổng hợp protein.

a. Cấu tạo hóa học

Tương tự ADN, ARN cũng được cấu tạo theo nguyên tắc đa phân, đơn phân là các ribonucleôtit.

- **Cấu trúc 1 ribonucleotit:** Gồm 3 thành phần:

1. **Đường ribôzơ ($C_5H_{10}O_5$)**

2. **Nhóm photphat (H_3PO_4)**

3. **Bazơ nitơ:** Adênin (A), Guanin (G), Xitôzin (X), và **Uraxin (U)** thay cho Timin (T).

- **Cấu trúc:** ARN thường chỉ có một mạch pôlinucleotit.

b. Phân loại và chức năng

Có 3 loại ARN chính:

- **ARN thông tin (mARN):**

- **Cấu trúc:** Mạch thẳng, không có liên kết hiđrô.
- **Chức năng:** Làm khuôn cho quá trình dịch mã, truyền thông tin di truyền từ ADN trong nhân ra ribôxôm ở tế bào chất.

- **ARN vận chuyển (tARN):**

- **Cấu trúc:** Có cấu trúc 3 thùy, một số đoạn có liên kết hiđrô theo NTBS (A-U, G-X). Mang một đầu là bộ ba đối mã (anticodon) và một đầu gắn với axit amin tương ứng.
- **Chức năng:** Vận chuyển axit amin đặc hiệu đến ribôxôm để tổng hợp chuỗi pôlipeptit.

- **ARN ribôxôm (rARN):**

- **Cấu trúc:** Mạch đơn nhưng có nhiều vùng liên kết hiđrô tạo các vòng xoắn cục bộ.
- **Chức năng:** Kết hợp với prôtêin để tạo thành ribôxôm – nơi diễn ra quá trình dịch mã.

Bảng so sánh ADN và ARN

Tiêu chí	ADN	ARN
Cấu tạo đơn phân	Đường đêôxiribôzơ (C ₅ H ₁₀ O ₄), bazơ nitơ A, T, G, X	Đường ribôzơ (C ₅ H ₁₀ O ₅), bazơ nitơ A, U, G, X
Cấu trúc không gian	Chuỗi xoắn kép gồm 2 mạch pôlinuclêôtit	Thường là một mạch pôlinuclêôtit (mạch thẳng hoặc xoắn cục bộ)
Kích thước, khối lượng	Lớn hơn ARN rất nhiều	Nhỏ hơn ADN
Chức năng	Lưu giữ, bảo quản và truyền đạt thông tin di truyền	Truyền đạt thông tin di truyền (mARN), vận chuyển axit amin (tARN), cấu tạo ribôxôm (rARN)

II. Các Quá Trình Di Truyền Cấp Độ Phân Tử

1. Quá trình Nhân đôi ADN (Tái bản)

Là quá trình tạo ra hai phân tử ADN con giống hệt phân tử ADN mẹ, diễn ra trong pha S của chu kì tế bào.

- **Nguyên tắc:**

- **Nguyên tắc bổ sung:** A-T, G-X. Đảm bảo ADN con có cấu trúc giống ADN mẹ.
- **Nguyên tắc bán bảo toàn:** Trong mỗi ADN con, một mạch là của ADN mẹ, mạch còn lại được tổng hợp mới.

- **Diễn biến:**

1. **Tháo xoắn:** Nhờ enzym helicase, hai mạch đơn của ADN mẹ tách dần ra, tạo thành chạc tái bản hình chữ Y.
2. **Tổng hợp mạch mới:** Enzim ADN pôlimeraza sử dụng hai mạch của ADN mẹ làm khuôn để tổng hợp nên các mạch mới theo NTBS.
 - Trên mạch khuôn 3'→5', mạch mới được tổng hợp liên tục theo chiều 5'→3'.
 - Trên mạch khuôn 5'→3', mạch mới được tổng hợp gián đoạn thành các đoạn ngắn (đoạn Okazaki), sau đó được nối lại nhờ enzym ligaza.
3. **Kết quả:** Từ một phân tử ADN mẹ, tạo ra hai phân tử ADN con giống hệt nhau và giống mẹ.

- **Ý nghĩa:** Đảm bảo sự ổn định về vật chất di truyền qua các thế hệ tế bào và cơ thể.

2. Quá trình Phiên mã (Tổng hợp ARN)

Là quá trình tổng hợp ARN dựa trên khuôn mẫu của một mạch ADN (mạch gốc).

- **Nguyên tắc:**

- **Nguyên tắc bổ sung:** A của mạch gốc liên kết với U của môi trường, T-A, G-X, X-G.
- **Nguyên tắc khuôn mẫu:** Chỉ một trong hai mạch của gen (mạch gốc có chiều 3'→5') được dùng làm khuôn.

- **Diễn biến:**

1. **Khởi đầu:** Enzim ARN pôlimeraza nhận biết và bám vào vùng điều hòa của gen, làm gen tháo xoắn để lộ ra mạch gốc.
2. **Kéo dài:** ARN pôlimeraza trượt dọc theo mạch gốc theo chiều 3'→5', tổng hợp nên phân tử mARN theo chiều 5'→3' theo NTBS.
3. **Kết thúc:** Khi enzim gặp tín hiệu kết thúc, nó dừng phiên mã và phân tử ARN vừa tổng hợp được giải phóng.

- **Ý nghĩa:** Tạo ra các loại ARN cần thiết cho quá trình dịch mã, truyền thông tin di truyền từ gen trong nhân ra ngoài tế bào chất.

3. Quá trình Dịch mã (Tổng hợp Protein)

Là quá trình tổng hợp chuỗi pôlipeptit (protein) dựa trên thông tin chứa trong phân tử mARN.

- **Thành phần tham gia:** mARN (khuôn), tARN (người phiên dịch), ribôxôm (nhà máy), axit amin (nguyên liệu), enzym và năng lượng ATP.
- **Diễn biến:** Gồm 2 giai đoạn chính:
 1. **Hoạt hóa axit amin:** Nhờ enzym và năng lượng ATP, các axit amin tự do được gắn vào tARN tương ứng, tạo thành phức hợp axit amin-tARN.
 2. **Tổng hợp chuỗi pôlipeptit tại ribôxôm:**
 - **Mở đầu:** Ribôxôm bám vào mARN ở vị trí bộ ba mở đầu (AUG). Phức hợp Met-tARN (ở sinh vật nhân thực) tiến vào ribôxôm, anticodon của nó khớp với codon mở đầu trên mARN theo NTBS.
 - **Kéo dài:** Ribôxôm dịch chuyển trên mARN theo từng bộ ba (theo chiều 5'→3'). Phức hợp axit amin-tARN tiếp theo tiến vào, anticodon khớp với codon tương ứng. Một liên kết peptit được hình thành giữa axit amin trước và axit amin sau. Ribôxôm tiếp tục dịch chuyển, tARN trước được giải phóng.
 - **Kết thúc:** Khi ribôxôm gặp bộ ba kết thúc (UAA, UAG, UGA) trên mARN, quá trình dịch mã dừng lại. Chuỗi pôlipeptit được giải phóng, ribôxôm tách khỏi mARN.
- **Ý nghĩa:** Tạo ra protein với chức năng sinh học đa dạng, biểu hiện thành tính trạng của cơ thể.