

# Tổng hợp kiến thức: Vận chuyển các chất trong cây

Trong cơ thể thực vật, sự sống và phát triển phụ thuộc vào hai dòng vận chuyển vật chất chính, hoạt động như một hệ thống giao thông phức tạp và hiệu quả: dòng mạch gỗ (dòng đi lên) và dòng mạch rây (dòng đi xuống).

## 1. Dòng mạch gỗ (Xilem) - Dòng đi lên

Dòng mạch gỗ chịu trách nhiệm vận chuyển nước và các ion khoáng hòa tan từ rễ lên các bộ phận phía trên của cây như thân, lá, hoa, quả.

### a. Cấu tạo của mạch gỗ

Mạch gỗ được cấu tạo từ các tế bào đã chết, có thành tế bào được lignin hóa bền chắc, tạo thành một hệ thống ống rỗng liên tục. Gồm hai loại tế bào chính:

- **Quản bào:** Là các tế bào dài, hẹp, có đầu nhọn, xếp gối lên nhau. Nước di chuyển từ quản bào này sang quản bào khác qua các lỗ bên trên vách tế bào.
- **Mạch ống:** Là các tế bào ngắn, rộng hơn quản bào, có các vách ngăn bị đục thủng hoàn toàn hoặc một phần, xếp nối tiếp nhau tạo thành những ống dài từ rễ lên lá, giúp dòng nước di chuyển dễ dàng hơn.

**Đặc điểm cấu tạo phù hợp chức năng:**

- Các tế bào không còn chất nguyên sinh, tạo thành ống rỗng giúp giảm sức cản của dòng nước.
- Thành tế bào được lignin hóa giúp mạch bền chắc, chịu được áp suất nước và có khả năng bám dính với các phân tử nước.
- Các tế bào xếp nối tiếp nhau tạo thành một dòng chảy liên tục.

## b. Thành phần của dịch mạch gỗ

Dịch mạch gỗ chủ yếu bao gồm:

- **Nước:** Là thành phần chính, chiếm phần lớn.
- **Các ion khoáng:** Được rễ hấp thụ từ đất (ví dụ:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ...).
- **Một số chất hữu cơ:** Một lượng nhỏ các chất hữu cơ được tổng hợp ở rễ (như axit amin, amit, cytokinin) cũng được vận chuyển qua dòng mạch này.

## c. Động lực của dòng mạch gỗ

Nước và ion khoáng có thể di chuyển ngược chiều trọng lực từ rễ lên lá nhờ sự phối hợp của ba động lực chính:

### 1. Lực đẩy của rễ (Áp suất rễ)

**Giải thích:** Rễ cây chủ động hấp thụ các ion khoáng vào trong mạch gỗ, làm tăng nồng độ chất tan trong dịch mạch. Điều này tạo ra một áp suất thẩm thấu, kéo nước từ đất vào rễ và đẩy cột nước trong mạch gỗ lên một đoạn ngắn.

**Ví dụ minh họa:**

- **Hiện tượng ứ giọt:** Vào ban đêm, khi không khí ẩm, thoát hơi nước yếu, áp suất rễ đủ mạnh để đẩy nước lên lá và thoát ra ngoài qua các khí khổng ở mép lá, tạo thành những giọt nước. Ta có thể quan sát hiện tượng này trên lá của các cây thân thảo vào buổi sáng sớm.
- **Hiện tượng rỉ nhựa:** Khi cắt ngang một thân cây gần gốc, ta sẽ thấy nhựa (dịch mạch gỗ) rỉ ra từ vết cắt. Đây là bằng chứng cho sự tồn tại của áp suất rễ.

## 2. Lực hút do thoát hơi nước ở lá

**Giải thích:** Đây là động lực chính và quan trọng nhất. Quá trình thoát hơi nước qua khí khổng ở lá làm giảm lượng nước trong các tế bào lá, tạo ra một sức hút nước cực lớn. Sức hút này lan truyền xuống các tế bào bên dưới, kéo toàn bộ cột nước trong mạch gỗ di chuyển từ rễ lên lá.

### Ví dụ minh họa:

- Một cây lớn có thể thoát hàng trăm lít nước mỗi ngày, tạo ra một lực hút khổng lồ đủ để đưa nước lên ngọn cây cao hàng chục mét.
- Khi trời nắng gắt, tốc độ thoát hơi nước tăng, cây hấp thụ nước từ đất nhiều hơn để bù lại. Nếu không đủ nước, cây sẽ bị héo do mất cân bằng nước.

## 3. Lực liên kết giữa các phân tử nước và lực bám vào thành mạch gỗ

**Giải thích:** Để cột nước không bị đứt quãng khi di chuyển lên cao, cần có sự phối hợp của hai lực:

- **Lực liên kết (lực cố kết):** Các phân tử nước có khả năng liên kết với nhau bằng các liên kết hydro, tạo thành một cột nước liên tục, bền vững.
- **Lực bám dính:** Các phân tử nước cũng có lực bám dính với thành mạch gỗ (thành cellulose và lignin), giúp giữ cho cột nước không bị tụt xuống do trọng lực.

**Tóm lại:** Ba lực này phối hợp nhịp nhàng: áp suất rễ đẩy cột nước từ dưới lên, lực hút do thoát hơi nước kéo cột nước từ trên xuống, và lực liên kết, bám dính duy trì sự liên tục của cột nước.

## 2. Dòng mạch rây (Phloem) - Dòng đi xuống

Dòng mạch rây chịu trách nhiệm vận chuyển các sản phẩm quang hợp (chủ yếu là đường sucrose) và các chất hữu cơ khác từ lá (cơ quan nguồn) đến các nơi cần sử dụng hoặc dự trữ (cơ quan chứa/bể chứa) như rễ, củ, quả, hạt.

### a. Cấu tạo của mạch rây

Mạch rây được cấu tạo từ các tế bào sống, bao gồm:

- **Tế bào ống rây:** Là những tế bào sống, không có nhân, ít bào quan. Chúng xếp nối tiếp nhau, vách ngăn giữa các tế bào có nhiều lỗ nhỏ như cái rây, gọi là bản rây, cho phép dòng dịch mạch rây chảy qua.
- **Tế bào kèm:** Là những tế bào sống, có đầy đủ nhân và bào quan. Tế bào kèm nằm sát bên tế bào ống rây, có vai trò cung cấp năng lượng (ATP) và các chất cần thiết để điều khiển hoạt động của tế bào ống rây.

## b. Thành phần của dịch mạch rây

Dịch mạch rây có độ pH cao và hàm lượng chất tan lớn, bao gồm:

- **Đường sucrose:** Là thành phần chính, chiếm tới 90%.
- **Các chất hữu cơ khác:** Axit amin, vitamin, hormone thực vật (auxin, gibberellin...).
- **Một số ion khoáng:** Các ion được tái sử dụng, ví dụ như  $K^+$ .

## c. Động lực của dòng mạch rây

Động lực chính của dòng mạch rây được giải thích bằng **Thuyết dòng chảy do chênh lệch áp suất thẩm thấu (Pressure-Flow Hypothesis)**.

**Cơ chế:**

1. **Tại cơ quan nguồn (lá):** Đường sucrose được tạo ra từ quang hợp sẽ được vận chuyển chủ động (cần năng lượng ATP) vào tế bào kèm rồi vào ống rây. Nồng độ sucrose trong ống rây tăng cao, làm giảm thế nước. Nước từ mạch gỗ bên cạnh sẽ di chuyển sang ống rây do thẩm thấu, tạo ra một áp suất trương nước rất lớn.
2. **Dọc theo mạch rây:** Áp suất trương nước cao ở cơ quan nguồn sẽ đẩy dòng dịch mạch rây chảy về nơi có áp suất trương nước thấp hơn.
3. **Tại cơ quan chứa (rễ, củ, quả):** Đường sucrose được vận chuyển chủ động ra khỏi ống rây để đi vào các tế bào dự trữ hoặc sử dụng. Nồng độ sucrose trong ống rây giảm xuống, làm tăng thế nước. Nước lại di chuyển từ ống rây trở lại mạch gỗ.

Ví dụ minh họa:

- Vào mùa hè, lá cây là cơ quan nguồn chính, vận chuyển đường đến quả đang lớn (cơ quan chứa) để làm quả ngọt và to ra.
- Vào mùa xuân, củ khoai tây (cơ quan chứa đã dự trữ từ mùa trước) trở thành cơ quan nguồn, vận chuyển đường dự trữ lên các chồi non đang mọc để cung cấp năng lượng cho sự phát triển.

3. So sánh dòng mạch gỗ và dòng mạch rây

| Tiêu chí         | Dòng mạch gỗ (Xilem)                                                                             | Dòng mạch rây (Phloem)                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Cấu tạo          | Gồm các tế bào chết (quản bào, mạch ống), thành lignin hóa, tạo ống rỗng.                        | Gồm các tế bào sống (ống rây và tế bào kèm).                                    |
| Chiều vận chuyển | Chủ yếu là một chiều từ dưới lên (rễ → lá).                                                      | Nhiều chiều, từ cơ quan nguồn (thường là lá) đến cơ quan chứa (rễ, củ, quả...). |
| Thành phần dịch  | Nước, ion khoáng và một ít chất hữu cơ do rễ tổng hợp.                                           | Chủ yếu là đường sucrose, axit amin, hormone, vitamin.                          |
| Động lực chính   | Sự phối hợp của 3 lực: Lực hút do thoát hơi nước (chủ yếu), áp suất rễ và lực liên kết của nước. | Sự chênh lệch áp suất thẩm thấu giữa cơ quan nguồn và cơ quan chứa.             |

## 4. Mối quan hệ giữa dòng mạch gỗ và dòng mạch rây

Dòng mạch gỗ và dòng mạch rây có mối quan hệ chặt chẽ, hỗ trợ lẫn nhau để đảm bảo các hoạt động sống của cây diễn ra bình thường:

- **Mạch gỗ cung cấp nước cho mạch rây:** Nước từ mạch gỗ di chuyển vào mạch rây tại cơ quan nguồn để tạo ra áp suất đẩy, và di chuyển ra khỏi mạch rây tại cơ quan chứa. Nước cũng là nguyên liệu cho quá trình quang hợp ở lá để tạo ra sản phẩm cho dòng mạch rây.
- **Mạch rây cung cấp chất hữu cơ cho mạch gỗ:** Các tế bào sống trong cấu trúc của rây (nơi hấp thụ nước cho mạch gỗ) cần năng lượng từ các chất hữu cơ do dòng mạch rây vận chuyển xuống để thực hiện quá trình hô hấp và hấp thụ khoáng chủ động.

Sự phối hợp nhịp nhàng giữa hai dòng vận chuyển này là nền tảng cho sự sinh trưởng, phát triển và tồn tại của thực vật trong môi trường.