

BÀI QUANG HỢP Ở CÁC NHÓM THỰC VẬT C₃, C₄ VÀ CAM

1. Tóm tắt lý thuyết

1.1. Thực vật C₃

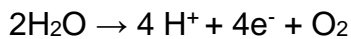
Thực vật C₃ gồm từ các loài rêu đến các cây gỗ lớn phân bố hầu khắp mọi nơi trên Trái đất

a. Pha sáng

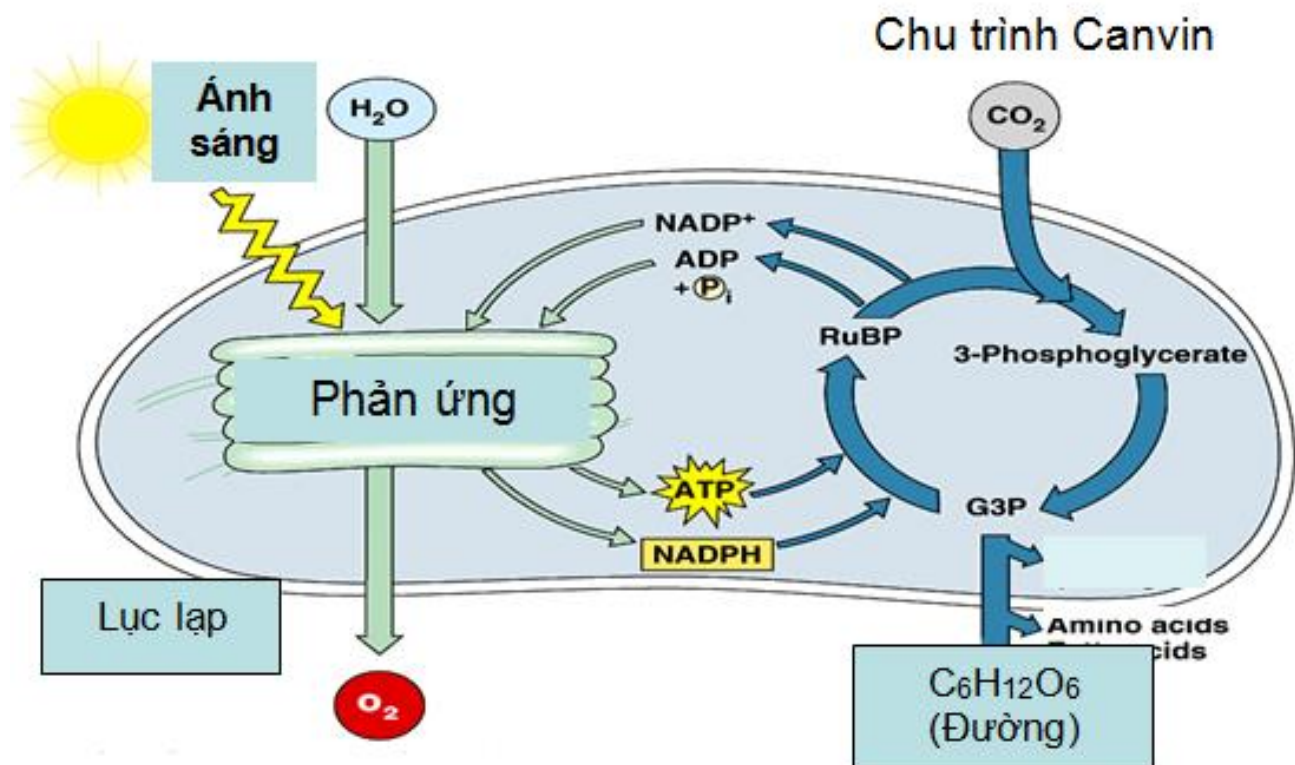
- Là pha chuyển hóa năng lượng ánh sáng đã được diệp lục hấp thụ thành năng lượng của các liên kết hóa học trong ATP và NADPH.

- Pha sáng diễn ra ở tilacoit khi có chiếu sáng.

- Nguyên liệu: Trong pha sáng, năng lượng ánh sáng được sử dụng để thực hiện quá trình quang phân li nước, O₂ được giải phóng là oxi của nước.



- Sản phẩm: ATP, NADPH và O₂. ATP và NADPH của pha sáng được sử dụng trong pha tối để tổng hợp các hợp chất hữu cơ.



b. Pha tối:

- Diễn ra ở chất nền của lục lạp.

- Cần CO₂ và sản phẩm của pha sáng ATP và NADPH.

- Sản phẩm: Cacbohidrat

- Pha tối được thực hiện qua chu trình Calvin. Gồm 3 giai đoạn:

+ Giai đoạn cố định CO₂:

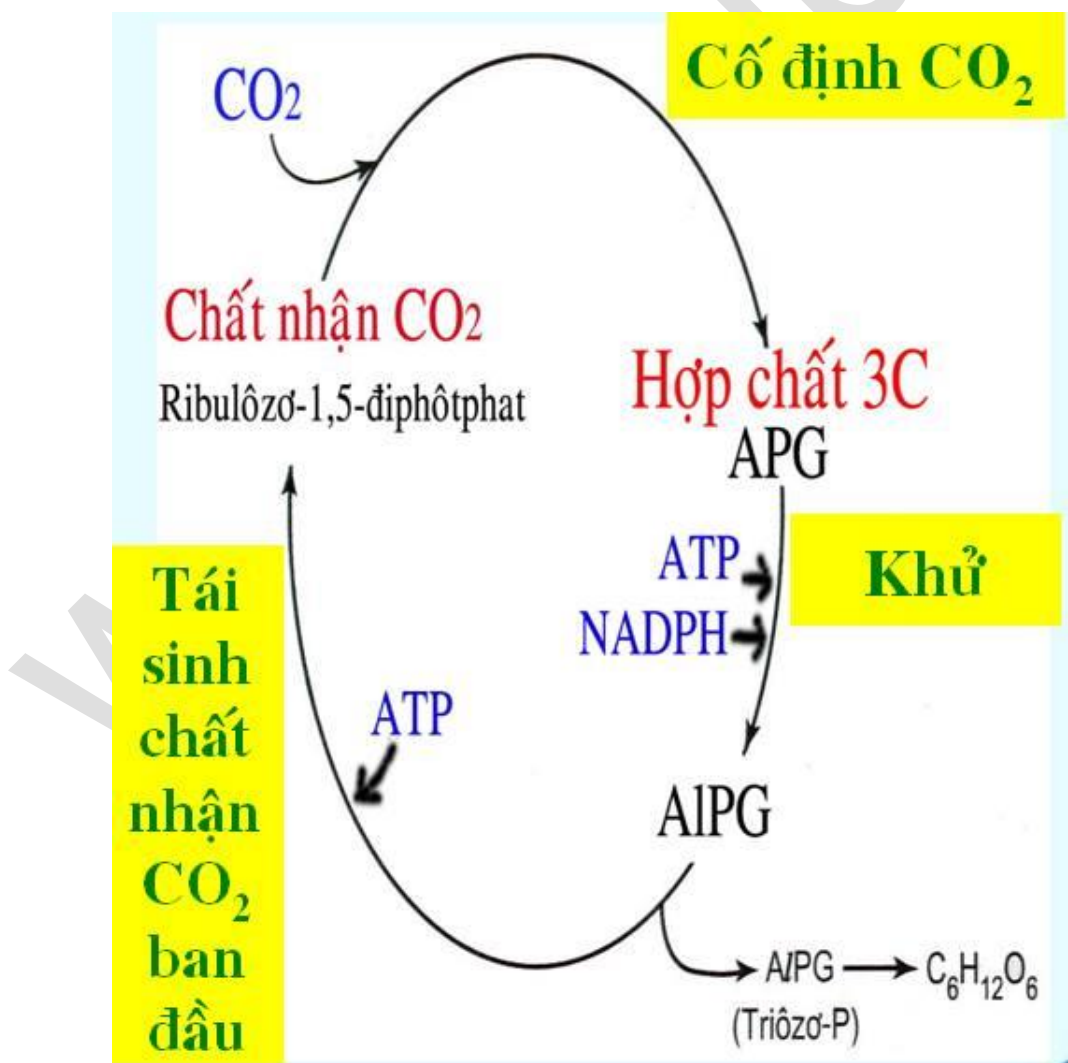
- Chất nhận CO₂ đầu tiên và duy nhất là hợp chất 5C (Ribulozo- 1,5- điphosphat (RiDP))
- Sản phẩm đầu tiên ổn định của chu trình là hợp chất 3C (Axit photphoglyxeric APG)
- Enzim xúc tác cho phản ứng là RiDP- cacboxylaza

+ Giai đoạn khử APG:

- APG (axit phosphoglyxeric) -----> AIPG (aldehyt phosphoglyxeric), ATP, NADPH
- Một phần AIPG tách ra khỏi chu trình và kết hợp với 1 phân tử triôzơ khác để hình thành C₆H₁₂O₆ từ đó hình thành tinh bột, axit amin...

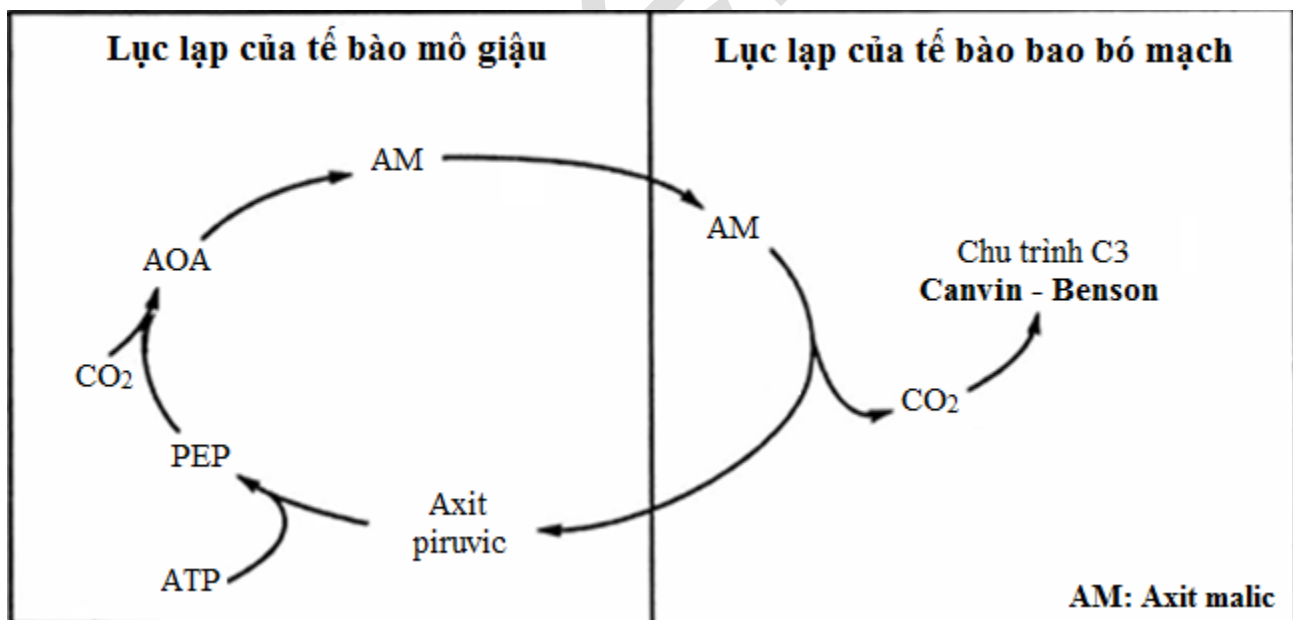
+ Giai đoạn tái sinh:

- Chất nhận ban đầu là Rib – 1,5 diP (ribulozo- 1,5 diphosphat).
- Phần lớn AIPG qua nhiều phản ứng cần cung cấp ATP tái tạo nên RiDP để khép kín chu trình.



1.2. Thực vật C₄

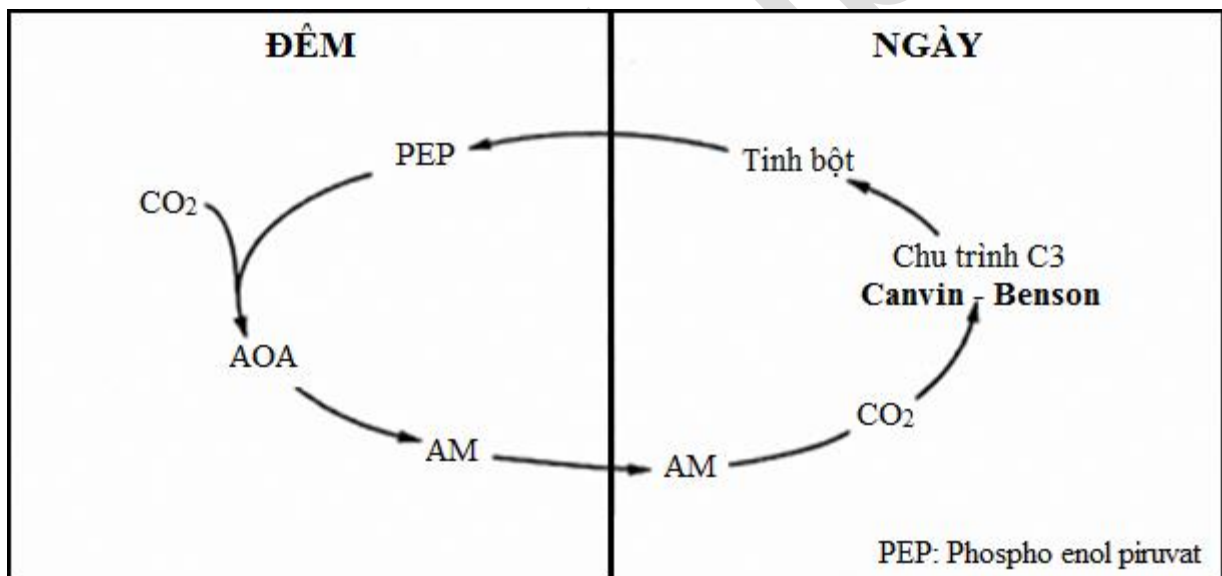
- Gồm một số loài thực vật sống ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới như: mía, rau dền, ngô, cao lương, kê...
- Gồm chu trình cố định CO₂ tạm thời (chu trình C₄) và tái cố định CO₂ theo chu trình Calvin. - Cả 2 chu trình này đều diễn ra vào ban ngày và ở 2 nơi khác nhau trên lá.
- Diễn ra tại 2 loại tế bào là tế bào mô giậu và tế bào bao bó mạch
- + Tại tế bào mô giậu diễn ra giai đoạn cố định CO₂ đầu tiên
 - Chất nhận CO₂ đầu tiên là 1 hợp chất 3C (phosphoenl piruvic - PEP)
 - Sản phẩm ổn định đầu tiên là hợp chất 4C (axit oxaloaxetic -AOA), sau đó AOA chuyển hóa thành 1 hợp chất 4C khác là axit malic (AM) trước khi chuyển vào tế bào bao bó mạch
- + Tại tế bào bao bó mạch diễn ra giai đoạn cố định CO₂ lần 2
 - AM bị phân hủy để giải phóng CO₂ cung cấp cho chu trình Calvin và hình thành nên hợp chất 3C là axit piruvic
 - Axit piruvic quay lại tế bào mô giậu để tái tạo lại chất nhận CO₂ đầu tiên là PEP
 - Chu trình C₃ diễn ra như ở thực vật C₃



- Thực vật C₄ ưu việt hơn thực vật C₃
- + Cường độ quang hợp cao hơn, điểm bù CO₂ thấp hơn, điểm bão hòa ánh sáng cao hơn, nhu cầu nước thấp à thực vật C₄ có năng suất cao hơn thực vật C₃
- + Chu trình C₄ gồm 2 giai đoạn: giai đoạn đầu theo chu trình C₄ diễn ra ở lục lạp của tế bào nhu mô lá, giai đoạn 2 theo chu trình Calvin diễn ra trong lục lạp của tế bào bao bó mạch

1.3. Thực vật CAM

- Gồm những loài mọng nước sống ở các sa mạc, hoang mạc và các loài cây trồng như dưa, thanh long...
- Để tránh mất nước, khí khổng các loài này đóng vào ban ngày và mở vào ban đêm → cố định CO₂ theo con đường CAM.
- Chu trình C₄ (cố định CO₂) diễn ra vào ban đêm lúc khí khổng mở và giai đoạn tái cố định CO₂ theo chu trình Calvin diễn ra vào ban ngày.
- Vào ban đêm, nhiệt độ môi trường xuống thấp, tế bào khí khổng mở ra, CO₂ khuếch tán qua lá vào
 - + Chất nhận CO₂ đầu tiên là PEP và sản phẩm ổn định đầu tiên là AOA
 - + AOA chuyển hóa thành AM vận chuyển vào các tế bào dự trữ
- Ban ngày, khi tế bào khí khổng đóng lại:
 - + AM bị phân hủy giải phóng CO₂ cung cấp cho chu trình Calvin và axit piruvic tái sinh chất nhận ban đầu PEP



- + Chu trình CAM gần giống với chu trình C₄, điểm khác biệt là về thời gian: cả 2 giai đoạn của chu trình C₄ đều diễn ra ban ngày; còn chu trình CAM thì giai đoạn đầu cố định CO₂ được thực hiện vào ban đêm khi khí khổng mở và còn giai đoạn tái cố định CO₂ theo chu trình Calvin thực hiện vào ban ngày khi khí khổng đóng.

2. Bài tập minh họa

Câu 1: Sản phẩm của pha sáng là gì?

Hướng dẫn giải

Sản phẩm của pha sáng là: ATP, NADPH và O₂. ATP và NADPH của pha sáng được sử dụng trong pha tối để tổng hợp các hợp chất hữu cơ.

Câu 2: Những hợp chất nào mang năng lượng ánh sáng vào pha tối để đồng hóa CO₂ thành cacbohidrat?

Hướng dẫn giải

Những hợp chất mang năng lượng ánh sáng vào pha tối để đồng hóa CO₂ thành cacbohidrat là: ATP và NADPH.

Câu 3: So sánh các đặc điểm hình thái, giải phẫu, sinh lí, hoá sinh của các nhóm thực vật C₃, C₄ và CAM. Em rút ra nhận xét gì?

Hướng dẫn giải

C₃:

1. Hình thái, giải phẫu:

- Có một loại lục lạp ở tế bào mô giậu.
- Lá bình thường

2. Cường độ quang hợp: 10-30 mgCO₂/dm².giờ

3. Điểm bù CO₂: 30-70 ppm

4. Điểm bão hoà ánh sáng: Thấp: 1/3 ánh sáng mặt trời toàn phần

5. Nhiệt độ thích hợp: 20-30°C

6. Nhu cầu nước: Cao

7. Hô hấp sáng: Có

8. Năng suất sinh học: Trung bình

C₄:

1. Hình thái, giải phẫu:

- Có hai loại lục lạp ở tế bào mô giậu và ở tế bào bao bó mạch.
- Lá bình thường

2. Cường độ quang hợp: 30-60 mgCO₂/dm².giờ

3. Điểm bù CO₂: 0-10 ppm

4. Điểm bão hoà ánh sáng: Cao, khó xác định

5. Nhiệt độ thích hợp: 25-35°C

6. Nhu cầu nước: Thấp, bằng 1/2 C₃

7. Hô hấp sáng: Không

8. Năng suất sinh học: Cao gấp đôi C₃

CAM:

1. Hình thái, giải phẫu:

- Có một loại lục lạp ở tế bào mô giậu.
- Lá mọng nước

2. Cường độ quang hợp: 10-15 mgCO₂/dm².giờ
3. Điểm bù CO₂: Thấp như C₄
4. Điểm bão hoà ánh sáng: Cao, khó xác định
5. Nhiệt độ thích hợp: Cao: 30 - 40°C
6. Nhu cầu nước: Thấp
7. Hô hấp sáng: Không
8. Năng suất sinh học: Thấp

Câu 4: Giải thích sự xuất hiện các con đường cố định CO₂ ở thực vật C₄ và CAM?

Hướng dẫn giải

Các con đường cố định CO₂ ở các nhóm thực vật khác nhau chủ yếu có ý nghĩa thích nghi cho chúng trong môi trường sống:

- Nhóm C₃ quang hợp trong điều kiện ánh sáng, nhiệt độ, nồng độ O₂ bình thường.
- Vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới có ánh sáng và nhiệt độ cao, nồng độ O₂ cao, nóng ẩm kéo dài, nồng độ CO₂ thấp → Thực vật C₄ trở nên thích nghi hơn, khi đó CO₂ thấp phải có quá trình cố định CO₂ hai lần. Lần 1 lấy nhanh CO₂, lần 2 cố định CO₂ trong chu trình Calvin để hình thành các hợp chất hữu cơ trong các tế bào bao bó mạch.
- Sa mạc và bán sa mạc thiếu nước trầm trọng. Nhóm thực vật CAM thích nghi với tiết kiệm nước đến mức tối đa bằng cách đóng khí khổng ban ngày, chúng nhận và cố định CO₂ vào ban đêm → Quá trình quang hợp được thực hiện ở 2 không gian khác nhau.

3. Luyện tập

3.1. Bài tập tự luận

Câu 1: Phân tích sự giống nhau và khác nhau giữa các chu trình cố định CO₂ của ba nhóm thực vật?

Câu 2: Nêu vai trò của pha sáng trong quang hợp?

Câu 3: Theo một nghiên cứu của Kixenbec ở cây ngô:

Số lượng khí khổng trên 1cm² biểu bì dưới là 7684, còn trên 1cm² biểu bì trên là 9300.

Tổng diện tích là trung bình (cả hai mặt lá) ở 1 cây là 6100. 1cm²

Hãy cho biết:

- a) Tổng số khí khổng có ở cây ngô đó là bao nhiêu? Tại sao ở đa số các loài cây, số lượng khí khổng ở biểu bì dưới thường nhiều hơn số lượng khí khổng ở biểu bì trên mà ở ngô thì không như vậy?
- b) Tỷ lệ diện tích khí khổng trên diện tích lá là bao nhiêu?

c) Tại sao tỉ lệ diện tích khí khổng trên diện tích lá rất nhỏ (0,14%) nhưng lượng nước bốc hơi qua khí khổng lại rất lớn (chiếm 80 - 90% lượng nước bốc hơi từ toàn bộ mặt thoáng tự do của lá)?

Biết:

- $1 \mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$
- $1\text{cm} = 10\text{mm}$

3.2. Bài tập trắc nghiệm

Câu 1: Khi được chiếu sáng, cây xanh giải phóng ra khí O_2 . Các phân tử O_2 đó được bắt nguồn từ đâu?

- A. Sự khử CO_2 .
- B. Sự phân li nước.
- C. Phân giải đường.
- D. Hô hấp sáng.

Câu 2: Hãy chọn phương án trả lời đúng. Ti thể và lục lạp đều:

- A. Tổng hợp ATP
- B. Lấy electron từ H_2O
- C. Khử NAD^+ thành NADH.
- D. Giải phóng O_2 .

Câu 3: Giai đoạn quang hợp thực sự tạo nên $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ở cây mía là

- A. pha sáng.
- B. chu trình Calvin
- C. chu trình CAM.
- D. pha tối.

Câu 4: Một cây C_3 và một cây C_4 được đặt trong cùng một chuông thủy tinh kín dưới ánh sáng. Nồng độ CO_2 thay đổi thế nào trong chuông?

- A. Không thay đổi.
- B. Giảm đến điểm bù của cây C_3 .
- C. Giảm đến điểm bù của cây C_4 .
- D. Nồng độ CO_2 tăng.

Câu 5: Khi nhiệt độ cao và lượng ôxi hoà tan cao hơn lượng CO_2 trong lục lạp, sự tăng trưởng không giảm ở cây

- A. lúa mì.
- B. dưa hấu.

C. hướng dương.

D. mía.

E. cây lúa

Câu 6: Vì sao thực vật C_4 có năng suất cao hơn thực vật C_3 ?

A. Vì tận dụng được nồng độ CO_2

B. Vì nhu cầu nước thấp.

C. Vì tận dụng được ánh sáng cao.

D. Vì không có hô hấp sáng.

4. Kết luận

Qua bài **quang hợp ở các nhóm thực vật C_3 , C_4 và CAM** này các em cần:

- Phân biệt được pha sáng và pha tối ở các nội dung sau: sản phẩm, nguyên liệu, nơi xảy ra.

- Phân biệt được các con đường cố định CO_2 trong pha tối ở các nhóm thực vật C_3 , C_4 và CAM.

- Giải thích được phản ứng thích nghi của nhóm thực vật C_4 và CAM đối với môi trường sống ở vùng nhiệt đới và hoang mạc.