



광합성

차례

Part 1 · 개념 정리	1
광합성	1
광합성 색소	2
명반응	5
캘빈 회로	7
환경에 적응한 다양한 광합성 작용	8
Part 2 · 정답	11
개념 체크 정답	11

Part 1 · 개념 정리

학습 목표

- 명반응과 암반응을 통해 광합성에 영향을 미치는 요인을 설명할 수 있다.
- 광합성을 통해 에너지가 전환되는 과정을 설명할 수 있다.
- 광합성과 호흡을 비교하여 설명할 수 있다.
- 환경에 적응한 식물의 광합성 전략을 설명할 수 있다.

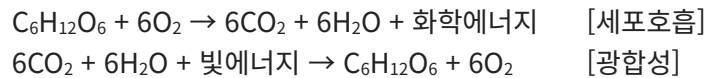
이 세상에서 가장 많은 색깔이 초록색이며 우리는 초록색을 생명과 연결시킨다. 식물의 초록색은 **엽록소**라는 색소 때문이며, 이 색소는 빛에너지를 화학에너지로 바꾸는 과정에서 중심적인 역할을 수행한다. 이 과정을 **광합성**이라고 하는데, 에너지 전환뿐 아니라 모든 호기성 생물의 생존에 필요한 산소 역시 이 과정을 통해 발생된다. 따라서 광합성 과정은 종속영양생물의 에너지 원천을 제공하며 동시에 에너지를 발생하는데 필요한 산소까지 공급하는 매우 중요한 역할을 수행하고 있는 것이다.



초록색의 수풀림

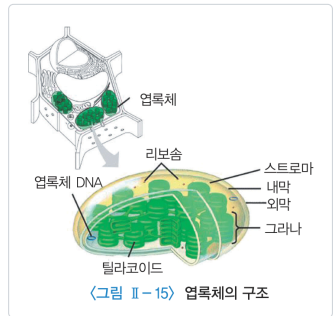
1 광합성

광합성은 생물권에 에너지를 공급한다. 이산화탄소와 물로부터 1분자의 포도당을 만드는 데 필요한 자유에너지 변화는 686 kcal/mole이다. 이러한 막대한 에너지는 빛에너지로부터 온 것이다. 광합성 과정은 **세포호흡 과정과 반대의 화학 반응식**으로 표기된다.



결국 광합성과 세포호흡은 **상호 순환 관계**이며, 이러한 순환에 의해 지구상의 생명체는 유지된다고 할 수 있다.

엽록소는 식물이나 조류에서 발견되는 세포소기관인 **엽록체**에 존재하는 색소이다. 엽록체는 미토콘드리아처럼 외막, 내막, 그리고 **틸라코이드막**을 가지고 있는데, 이 틸라코이드막에 엽록소 분자가 끼워져 있다. 틸라코이드막은 납작한 주머니를 만들어 내강을 가지고 있고 이러한 구조는 차곡차곡 쌓여 **그라나**를 형성한다. 그 이외의 액체가 가득한 공간은 **스트로마**라고 한다. 틸라코이드막에서 **명반응**이 일어나고 스트로마에서 **암반응**이 일어난다.



핵심 정리 광합성은 세포호흡과 반대 방향의 반응이다. **그라나**(틸라코이드막)에서 명반응, **스트로마**에서 암반응이 일어난다.

개념 체크 A

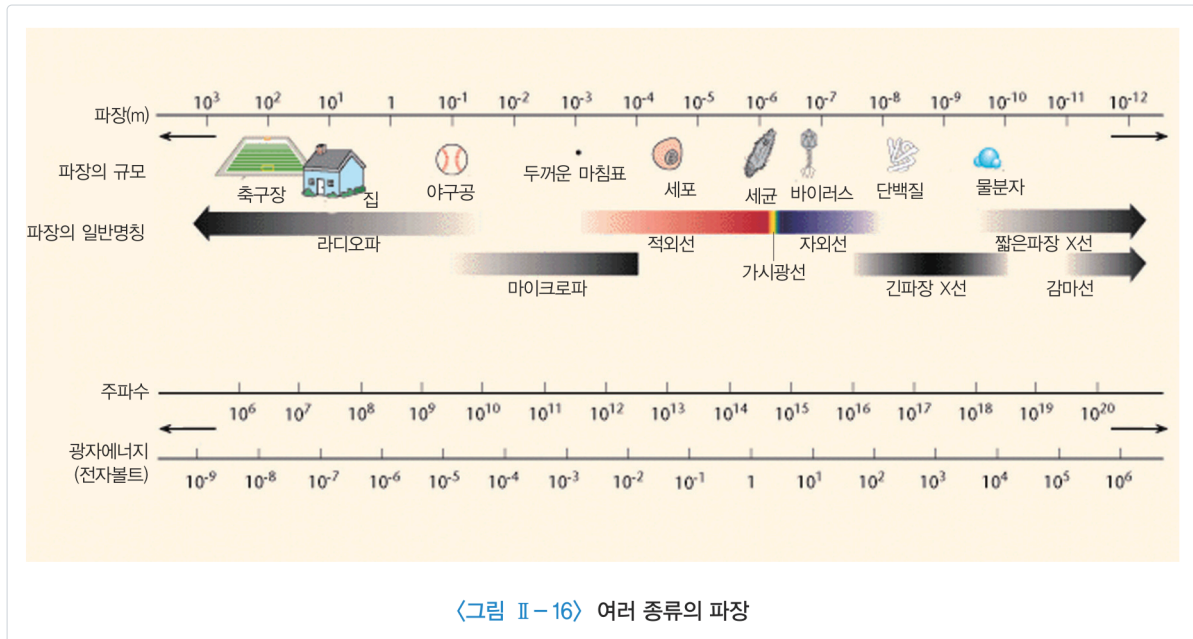
빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 광합성 과정은 _____ 과정과 반대의 화학 반응식으로 표기된다.
2. 엽록체의 틸라코이드가 차곡차곡 쌓여 형성한 구조를 _____ (이)라고 한다.
3. 명반응은 스트로마에서, 암반응은 틸라코이드막에서 일어난다. ()
4. 엽록체는 미토콘드리아처럼 외막과 내막을 가지고 있다. ()

2 광합성 색소

(1) 빛에너지와 광합성 색소

엽록소를 포함하여 광합성에 관여하는 색소들은 빛에너지를 흡수한다. 태양은 지구상의 모든 생명을 유지하게 하는 근본적인 에너지원이다. 빛은 전자기선을 전기장과 자기장의 진동에 의해 발생하는 파동의 형태로 움직인다. 파장이 짧은 감마선부터 매우 긴 파장의 라디오파로 이루어진 태양광선 중 짧은 범위의 **가시광선**이 주로 광합성에 필요한 에너지를 제공한다.



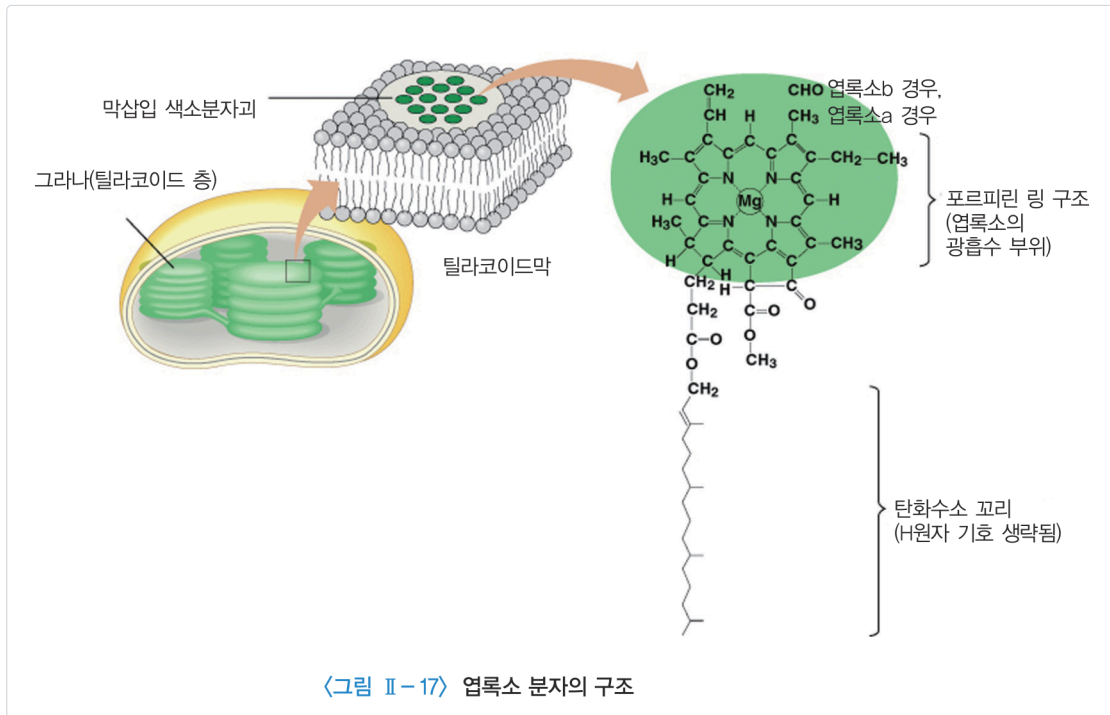
〈그림 II-16〉 여러 종류의 파장

물체에 빛이 부딪히면 통과하거나 반사되거나 흡수될 수 있는데 **광합성 색소**는 이 중 빛을 흡수할 수 있는 유기분자이다. 물론 완전히 흡수하는 것이 아니고 일부 파장은 반사되는데, 반사되는 파장에 의해 우리는 색을 구별할 수 있게 된다. 광합성 색소가 빛에너지를 흡수하면 색소를 구성하는 일부 전자가 흥분 상태인 **고에너지 상태**가 된다. 이러한 흥분 상태는 매우 불안정하기 때문에 전자는 열을 방출하거나 다른 형태의 빛을 방출하고 다시 안정한 상태로 되돌아간다. 하지만 광합성 색소는 이러한 에너지를 다른 안정된 분자로 이동시켜 준다. 즉, **빛에너지를 화학 분자의 결합에너지로 전환**시킨다.

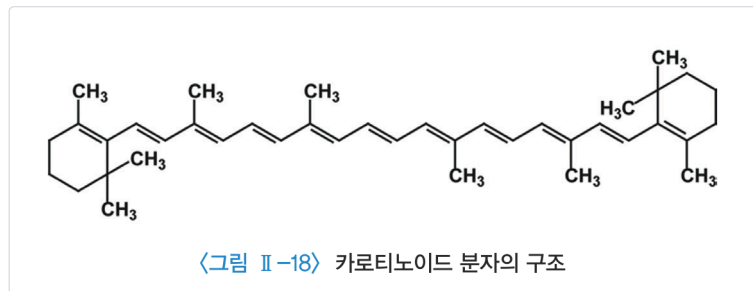
❖ 흥분 상태의 전자가 가지는 에너지의 운명 — • 열 방출: 햇빛에 의해 아스팔트가 뜨거워지는 경우 • 형광 방출: 해파리 등의 발광 • 전달: 광합성 작용에서의 화학에너지로의 전환

(2) 엽록소와 카로티노이드

식물은 여러 종류의 광합성 색소 분자를 가지고 있다. **엽록소 a**, **엽록소 b**와 같은 엽록소 분자들은 녹조류와 식물에서 발견되며 틸라코이드막의 막단백질에 결합되어 존재한다. 그림 II-17과 같이 엽록소의 **포르피린 구조**에는 **마그네슘 이온**이 존재하며 고리 구조에서 빛에너지를 흡수한 전자가 이동하게 된다.

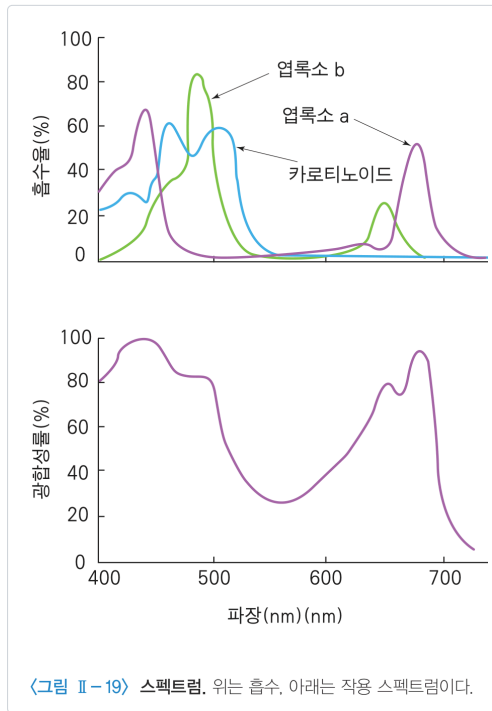


다른 색소인 **카로티노이드**는 가을에 볼 수 있는 노란색, 주황색, 빨간색을 나타내는 색소이다.



(3) 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼

광합성 색소의 흡수 파장은 **흡수 스펙트럼**으로 나타낼 수 있다. 각 종류의 색소는 가시광선 스펙트럼의 서로 다른 영역을 흡수하는데 모든 엽록소는 **적색과 청색 파장**을 가장 잘 흡수하고 **녹색 파장은 잘 흡수하지 못한다**. 이에 비해 카로티노이드는 청색과 청녹색 영역의 빛을 잘 흡수한다. 흡수한 파장의 빛과 광합성량의 관계를 나타낸 것이 **작용 스펙트럼**이다. 작용 스펙트럼은 파장에 대한 광합성률을 나타내는 것으로 엽록소와 카로티노이드가 잘 흡수하는 파장과 관계가 있음을 알 수 있다.



핵심 정리 광합성 색소는 빛을 흡수하는 유기분자로, 흡수한 빛에너지를 다른 안정된 분자로 이동시켜 **화학에너지로 전환**한다. 엽록소(a, b)는 포르피린 고리에 Mg 이온을 가지며 **적색·청색 빛**을 잘 흡수하고 녹색 빛은 잘 흡수하지 못한다. 카로티노이드는 청색·청녹색 빛을 흡수한다. 파장별 흡수율은 **흡수 스펙트럼**, 파장별 광합성률은 **작용 스펙트럼**이며 두 스펙트럼은 비슷한 양상을 보인다.

개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 엽록소의 포르피린 구조에는 _____ 이온이 존재한다.
2. 흡수한 파장의 빛과 광합성률의 관계(파장에 대한 광합성률)를 나타낸 것을 _____ (이)라고 한다.
3. 모든 엽록소는 녹색 파장의 빛을 가장 잘 흡수한다. ()
4. 카로티노이드는 청색과 청녹색 영역의 빛을 잘 흡수한다. ()

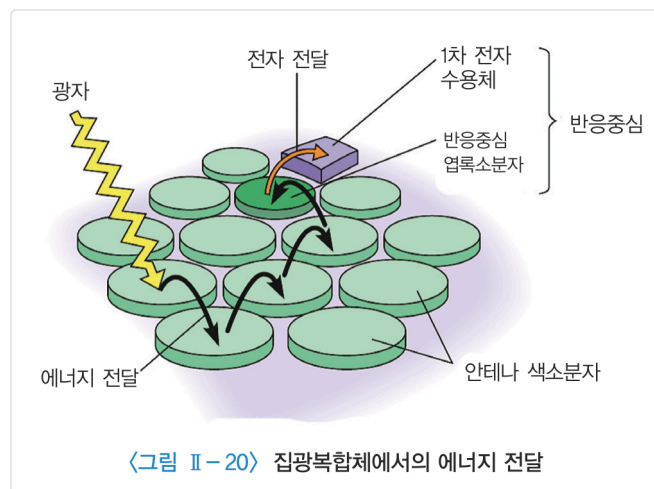
3 명반응

(1) 광계와 반응 중심

우리 눈에도 빛을 흡수할 수 있는 색소가 망막에 존재한다. 하지만 이들 색소는 빛에너지를 포획하지 못한다. 반면에 광합성 색소는 빛에너지를 포획하여 좀 더 안정한 분자로 옮겨 주는 능력을 가지고 있다.

틸라코이드막에는 **광계 I**과 **광계 II**라는 색소-단백질 복합체가 존재한다. 광계 I이 II보다 먼저 발견되었지만 광합성의 시작은 광계 II부터 일어난다.

광계는 틸라코이드막에 존재하는 단백질과 수십 개의 색소 분자로 이루어진 **집광 복합체**, 그리고 주요 색소 분자인 **반응 중심**으로 이루어져 있다. 안테나 복합체라고도 불리는 집광 복합체를 구성하는 색소 분자는 빛에너지를 직접 흡수하여 공명 에너지 전달 방식을 통해 이웃 색소 분자로 에너지를 전달한다. 전달된 에너지는 최종적으로 680 nm 혹은 700 nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수하는 1쌍의 엽록소 a 분자로 전달된다. 이들 엽록소 a 분자 쌍이 반응 중심이며 각각 **P680**, **P700**으로 표시한다. **P680**은 **광계 II**, **P700**은 **광계 I**의 반응 중심이 된다.



❖ 에머슨의 증대 효과 — 광계 II, I의 존재는 특정 파장의 섬광을 이용하여 증명하였다. 1950년 에머슨(Emerson, R.; 1903~1959)은 특정 파장의 빛을 조류에 조사시켜 광합성률을 측정하였다. 680 nm 혹은 700 nm의 빛을 단독으로 쬔면 광합성률이 낮았지만 두 파장의 빛을 동시에 쬔면 광합성률이 2배로 증가하였다. 이것을 증대 효과라고 한다. 나중에 힐(Hill, R.; 1899~1991)과 벤달은 광합성에 두 개의 광활성화 반응이 관여한다고 제안하였고, 이것이 Z 체계 모델로 알려졌다.

❖ P680, P700에서 P는 광계(photosystem)를 의미한다.

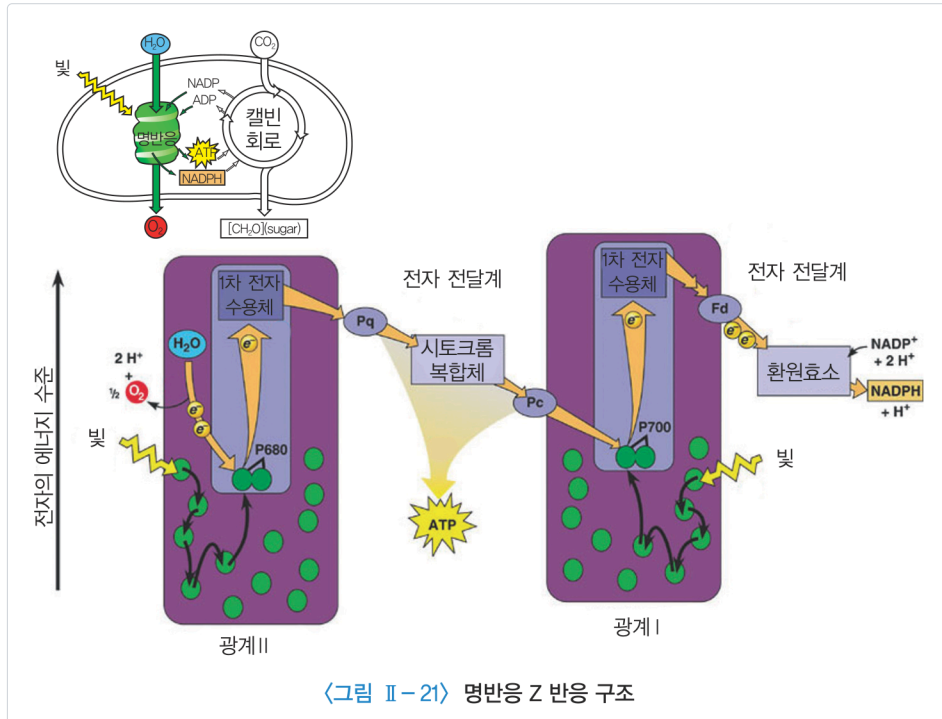
(2) 비순환적 전자 흐름

공명 에너지로 전달된 에너지는 반응 중심의 엽록소 a 분자에서 **고에너지 전자**를 방출시킨다. 이렇게 방출된 전자는 이웃한 안정된 일차 전자 수용체 분자로 순식간에 이동되고 그다음 전자 전달 분자로 이동되며 명반응이 완성된다. 이 과정에서 P680을 구성하는 엽록소 a 분자는 전자를 잃게 되는데, 그 빈자리를 **물 분자의 분해** 과정에서 생성된 전자가 보충하게 되고 분해 과정 동안에 **산소**가 발생하게 된다. 따라서 광계 II는 물 분자를 산화시켜 산소를 발생시키는 유일무이한 단백질 복합체가 된다. 물 분자의 산화에는 망간 이온이 중요한 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다.

일차 전자 수용체로 전달된 고에너지 전자는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계와 유사한 틸라코이드막의 전자 전달계로 들어간다. 시토크롬 복합체, 플라스토시아닌을 거친 후 광계 I의 반응 중심으로 전자가 이동하면서 방출되는 에너지에 의해 **양성자가 틸라코이드 내강으로 능동 수송**된다. 결국 이러한 능동 수송과 물 분자의 분해로 틸라코이드 내강은 높은 농도의 양성자를 가지게 되어 틸라코이드막을 경계로 **양성자 농도 기울기**가 형성된다. 미토콘드리아에서와 마찬가지로 **화학삼투압적 인산화**에 의해 ATP가 형성된다.

광계 I의 안테나 복합체에 빛에너지가 흡수되면 광계 II와 마찬가지로 P700에서 고에너지 전자가 방출된다. 역시 일차 전자 수용체가 방출된 전자를 수용하고, 전자는 **페레독신**을 거쳐 **NADP⁺ 환원 효소**로 이동된다. 이 환원 효소에 의해

NADPH가 생성된다. 1분자의 **NADPH**가 형성될 때 스트로마에서 양성자 1분자가 사용되며, 이 또한 틸라코이드막을 경계로 한 양성자 농도 기울기 형성에 도움을 주게 된다. 전자가 방출된 P700의 엽록소 a는 부족한 전자를 광계 II로부터 얻게 된다.



〈그림 II-21〉 명반응 Z 반응 구조

위에서 기술한 과정은 전자가 광계 II에서 광계 I을 거쳐 최종적으로 NADP⁺로 흐르기 때문에 **비순환적 전자 흐름**이라고 말한다. 이 과정은 **Z 체계**로 알려져 있다.

(3) 순환적 전자 흐름

광계 I에서 방출된 고에너지 전자가 페레독신으로 가지 않고 광계 II의 전자 전달계로 이동하여 계속해서 ATP가 형성되는 **순환적 전자 흐름**도 존재한다. 비순환적 전자 흐름에서는 **NADPH, ATP 모두** 생성되지만 순환적 전자 흐름에서는 **오로지 ATP만** 생성된다.

핵심 정리 광계 II(반응 중심 **P680**)에서 방출된 전자는 전자 전달계를 거쳐 광계 I(반응 중심 **P700**)로 가고, 다시 페레독신을 거쳐 NADP⁺를 NADPH로 환원한다(**비순환적 전자 흐름, Z 체계**). P680이 잃은 전자는 **물의 광분해**로 보충되며 이때 O₂가 발생한다. 전자 전달 중 양성자가 틸라코이드 내강으로 능동 수송되어 생긴 농도 기울기로 **화학삼투압적 인산화**가 일어나 ATP가 만들어진다. 순환적 전자 흐름에서는 ATP만 생성된다.

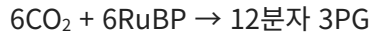
개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 광계 II의 반응 중심은 _____, 광계 I의 반응 중심은 P700이다.
2. 틸라코이드막을 경계로 형성된 양성자 농도 기울기를 이용해 ATP가 만들어지는 과정을 _____ 인산화라고 한다.
3. 광계 II는 물 분자를 산화시켜 산소를 발생시킨다. ()
4. 순환적 전자 흐름에서는 NADPH와 ATP가 모두 생성된다. ()

4 캘빈 회로

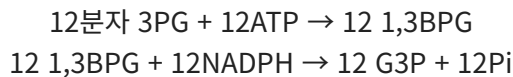
캘빈 회로는 시트르산 회로와 반대로 **탄수화물을 합성**하는 회로이다. 공기 중 이산화탄소를 고정하는 단계로 빛에너지를 궁극적으로 화학 결합 에너지로 전환한다. 일반적으로 광합성 반응식에서는 만들어진 탄수화물이 포도당으로 묘사되지만 실제로는 다른 종류의 탄수화물이 만들어진 후 포도당 등으로 전환된다. 캘빈 회로는 **3단계**로 이루어져 있다. 캘빈 회로에는 **명반응에서 만들어진 NADPH와 ATP**가 사용된다.

① 탄소 고정 단계



이 반응은 **Rubisco**(RuBP carboxylase/oxygenase)라는 지구상에서 가장 풍부한 효소에 의해 촉매된다.

② 환원 단계

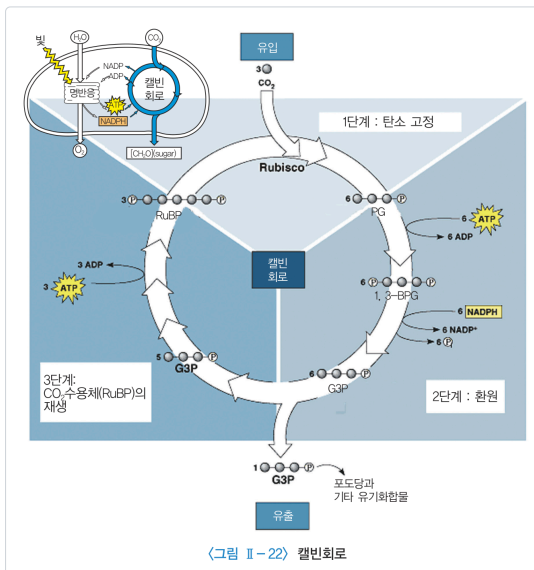


12분자의 G3P 중 **2개가 탄수화물**을 만드는 데 사용되고, 나머지는 6개의 RuBP가 재생되는 데 사용된다.

③ RuBP의 재생 단계



재생된 RuBP는 다시 이산화탄소를 받아들일 수 있으며, 캘빈 회로는 계속 진행된다.



❖ 캘빈 회로의 발견 — 캘빈(Calvin, M.; 1911~1997)과 벤슨(Benson, A.; 1917~)은 1940년대와 1950년대에 탄소 동위 원소인 ^{14}C 로 표시된 CO_2 를 녹조류인 클로렐라 배양액에 첨가하였다. 매우 짧은 시간 동안 광합성이 일어나도록 둔 후, 알코올이 들어 있는 용액에 옮겨 반응을 멈추게 하였다. 그 후 세포추출물을 2차원 종이 크로마토그래피로 분석하여 암반응 회로를 완성하였다. 이 공로로 이들은 1961년 노벨상을 수상하였다.

- ❖ Bis: Di, two
- ❖ RuBP: Ribulose biphosphate
- ❖ 3PG: 3-Phosphoglycerate
- ❖ BPG: Bisphosphoglycerate
- ❖ G3P: Phosphoglyceraldehyde

핵심 정리 캘빈 회로는 **탄소 고정**($\text{CO}_2 + \text{RuBP} \rightarrow 3\text{PG}$, Rubisco) → **환원**(ATP·NADPH 사용, $3\text{PG} \rightarrow \text{G3P}$) → **RuBP 재생**($\text{G3P} + \text{ATP} \rightarrow \text{RuBP}$)의 3단계이다. 처음 형성되는 유기 분자는 **3PG**이다.

개념 체크 D 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 탄소 고정 단계에서 CO_2 와 RuBP의 결합은 지구상에서 가장 풍부한 효소인 _____에 의해 촉매된다.
- 환원 단계에서 만들어진 12분자의 G3P 중 _____ 분자가 탄수화물을 만드는 데 사용된다.
- 캘빈 회로에는 명반응에서 만들어진 NADPH와 ATP가 사용된다. ()
- RuBP의 재생 단계에서는 ATP가 사용되지 않는다. ()

5 환경에 적응한 다양한 광합성 작용

위에 기술된 내용은 식물, 조류, 남조류에서 볼 수 있는 일반적인 광합성 작용이다. 하지만 빛의 세기나 온도, 물의 공급 상황과 같은 특정한 환경 조건에서는 일반적인 광합성 효율이 달라질 수 있으며, 이러한 환경 조건에서 서식하는 식물들은 광합성 효율을 높이기 위해 다양한 광합성 작용을 개발하여 살고 있다.

(1) C₃ 식물과 광호흡

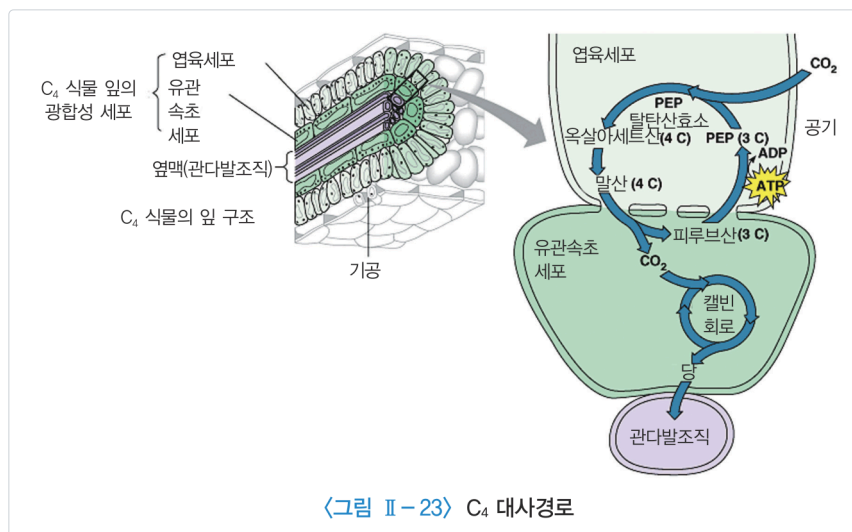
이산화탄소와 RuBP를 결합해 주는 반응을 촉매하는 효소 루비스코는 반응 결과로 세 개의 탄소를 가지는 PG 분자를 2 분자 생산한다. 탄소 고정 단계에서 이렇게 탄소 3개를 함유하는 분자를 만드는 식물을 **C₃ 식물**이라고 한다. 하지만 루비스코는 고온 건조한 환경 조건에서 **산소화 효소**로 작용할 수 있으며 그 결과는 아래와 같다.



이러한 반응을 **광호흡**이라고 한다. 식물체 내의 낮은 이산화탄소 농도는 고온 건조한 상태에서 기공이 닫히면서 대기 중의 이산화탄소가 잎 내부로 들어오지 못하기 때문에 형성되며, 반대로 광합성 결과 생성된 산소의 농도는 잎 내부에서 높아지게 된다. 광호흡은 **광합성 효율을 감소**시키지만 높은 산소 농도로 인한 피해로부터 식물을 보호해 주는 이점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 더구나 최근 연구에 의하면 광호흡은 질소 동화 작용의 효율을 높여 준다고 한다.

(2) C₄ 식물

1960년대 코르차크(Kortschak)은 사탕수수의 최초 탄소 고정 산물이 3PG가 아닌 4탄당이라는 것을 발견하였다. 이러한 식물을 **C₄ 식물**이라고 부른다. 후에 해치(Hatch)와 슬랙(Slack)은 4탄당이 옥살산인 것을 확인하였고, 그 경로를 밝혔다. 이들 C₄ 식물은 독특한 조직인 관다발을 둘러싸는 **유관속초세포**들을 가지고 있다. 대기 중의 이산화탄소가 기공을 통해 **엽육세포**로 들어오면 이 세포 안에서 **PEP 카르복실화 효소**에 의해 PEP(Phosphoenolpyruvate)와 결합하여 4탄당인 **옥살아세트산**이 형성된다. PEP 카르복실화 효소는 산소에 대한 결합력이 없기 때문에 이산화탄소의 농도가 낮아도 이 반응은 잘 일어나게 된다. 옥살아세트산은 다시 수송을 위해 **말산**으로 바뀐 후 유관속초세포로 이동하여 피루브산과 이산화탄소로 분해되며, 이때 생성된 이산화탄소는 정상적인 캘빈 회로로 들어가게 된다. 피루브산은 다시 되돌아가 ATP를 소모하여 다시 PEP가 된다. 이러한 과정을 거쳐 유관속초세포 속의 이산화탄소 농도는 높게 유지되기 때문에 이곳에 존재하는 루비스코는 정상적인 암반응 회로를 가동할 수 있게 된다.



C₄ 식물은 C₃ 식물보다 여러 면에서 좀 더 유리하며, 낮의 온도가 높고 햇빛이 강한 장소에서 잘 적응한다. C₃ 식물은 고온 건조한 상태에서 전체 광합성량의 25~50%가 광호흡으로 사라진다. **옥수수, 사탕수수** 등은 대표적인 C₄ 식물이다. 반면에 한랭한 기후에서는 C₃ 식물이 탄소 고정 시 에너지가 적게 들기 때문에 다소 유리하며 지구상 약 90% 정도의 식물이 C₃ 식물일 것으로 추정된다.

(3) CAM 식물

CAM(Crassulacean acid metabolism, 다육성 식물 유기산 대사) 식물은 C_4 식물과 생화학적 반응이 거의 같지만 다른 광합성 적응 양식을 보여 준다. 파인애플, 선인장 같은 다육성 식물은 물의 손실을 최소화하기 위해 낮 동안에 기공을 닫아야 한다. 광합성은 빛의 존재하에서 일어나는 광의존적인 반응이다. 빛이 있는 낮에 이산화탄소를 흡수하지 못하면 어떻게 광합성이 일어날까? 이들 CAM 식물은 **밤에 기공을 열어** 이산화탄소를 흡수하여 C_4 식물처럼 4탄당의 옥살아세트산을 만든다. 옥살아세트산은 말산으로 전환된 후 밤 동안 **액포 속에 축적**되고 낮 동안에 분해되어 이산화탄소를 방출하고 캘빈 회로가 작동하게 된다. 결국 **C_4 식물은 공간적으로, CAM 식물은 시간적으로** 반응을 분리시켜 캘빈 회로가 정상적으로 잘 작동되도록 해 준다고 할 수 있다.



핵심 정리 C_3 식물 — 탄소 고정 산물이 3탄소 화합물(3PG). 고온 건조하면 기공이 닫혀 루비스코가 O_2 와 반응하는 **광호흡**이 일어나 광합성 효율이 떨어진다.

C_4 식물 — 엽육세포에서 PEP 카르복실화 효소가 CO_2 를 옥살아세트산(4탄소)으로 고정하고, 유관속초세포에서 CO_2 를 방출해 캘빈 회로를 돌린다(**공간적 분리**, 예: 옥수수·사탕수수).

CAM 식물 — 밤에 기공을 열어 CO_2 를 유기산(말산)으로 액포에 저장하고, 낮에 기공을 닫은 채 CO_2 를 방출해 캘빈 회로를 돌린다(**시간적 분리**, 예: 파인애플·선인장).

개념 체크 E 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 루비스코가 고온 건조한 환경에서 산소화 효소로 작용하여 RuBP와 O₂가 반응하는 것을 _____ (이)라고 한다.
2. C₄ 식물의 엽육세포에서 CO₂는 _____ 효소에 의해 PEP와 결합하여 옥살아세트산이 된다.
3. CAM 식물은 밤에 기공을 열어 CO₂를 흡수하고, 말산을 액포에 축적한다. ()
4. C₄ 식물은 시간적으로, CAM 식물은 공간적으로 반응을 분리한다. ()

스스로 정리 광합성

- 광합성에 영향을 미치는 중요한 요인에는 빛의 세기와 파장, 온도, CO₂ 농도가 있다.
- 명반응은 그라나, 암반응은 스트로마에서 일어난다.
- 광합성 색소는 빛에너지를 흡수하여 다른 유기 분자에게 전달해 준다.
- 엽록소의 빛의 파장별 흡수율을 흡수 스펙트럼, 파장별 광합성률을 작용 스펙트럼이라고 하며, 두 스펙트럼은 비슷한 양상을 보인다.
- 명반응은 암반응에 선행한다.
- 명반응에서 물의 광분해와 광인산화 반응이 일어나며 광인산화 반응은 화학삼투압적 인산화에 해당된다.
- 빛에너지는 반응 중심이 되는 P700과 P680을 구성하는 엽록소로부터 전자를 방출시킨다.
- 순환적 광인산화 반응에서는 ATP만, 비순환적 광인산화 반응에서는 ATP와 NADPH가 생성된다.
- 명반응에서 생성된 ATP와 NADPH는 암반응에서 사용된다.
- 캘빈 회로에서 처음으로 형성된 유기 분자는 3PG이다.
- C₄, CAM 식물은 광호흡과 같은 광합성에 불리한 환경에 적응하기 위해 진화된 생리 기작을 가지고 있는 식물이다.

Part 2 · 정답

1 개념 체크 정답

A	1. 세포호흡	2. 그라나	3. ×	4. ○
B	1. 마그네슘	2. 작용 스펙트럼	3. ×	4. ○
C	1. P680	2. 화학삼투압적	3. ○	4. ×
D	1. Rubisco(루비스코)	2. 2	3. ○	4. ×
E	1. 광호흡	2. PEP 카르복실화	3. ○	4. ×