

**원예학**  
김태성 교수

# 03강

## 생장과 발육

# 도입

- 식물의 기관은 조직으로, 조직은 세포로 구성된다. 식물체는 전체적으로 지상부와 지하부로 나뉘며, 각 기관은 기능을 수행하기 위해 독특한 **형태와 해부형태적 구조**를 가진다.
- 생장은 **물질대사와 에너지의 공급**으로 이루어진다. 광합성과 호흡작용 등은 에너지를 생산하고 생장을 이끄는 중요한 물질대사이다.
- 식물은 생장과 동시에 발육하면서 반복되는 독특한 **생활환**을 갖는데, 각각의 발육단계에서 **원예적으로 중요한 의미**를 갖는 것들이 있다.





# 학습목차

1. 식물의 기본구조
2. 생장과 물질대사
3. 휴면과 발아
4. 성숙과 개화
5. 결실과 노화

# 학습목표

1. 식물의 구조를 개관할 수 있다.
2. 식물의 생장과 물질대사의 관계를 이해하고 주요 물질대사로 광합성과 호흡작용에 대해 개관할 수 있다.
3. 식물의 휴면의 정의와 의미 그리고 원인에 대해 설명할 수 있다.

## 학습목표

4. 식물의 유년성과 성숙을 정의하고, 화아분화 및 개화에 미치는 환경요인에 대해 설명할 수 있다.
5. 수분 수정 이후의 결실과 노화에 이르는 과정을 설명할 수 있다.



# 01

원예학

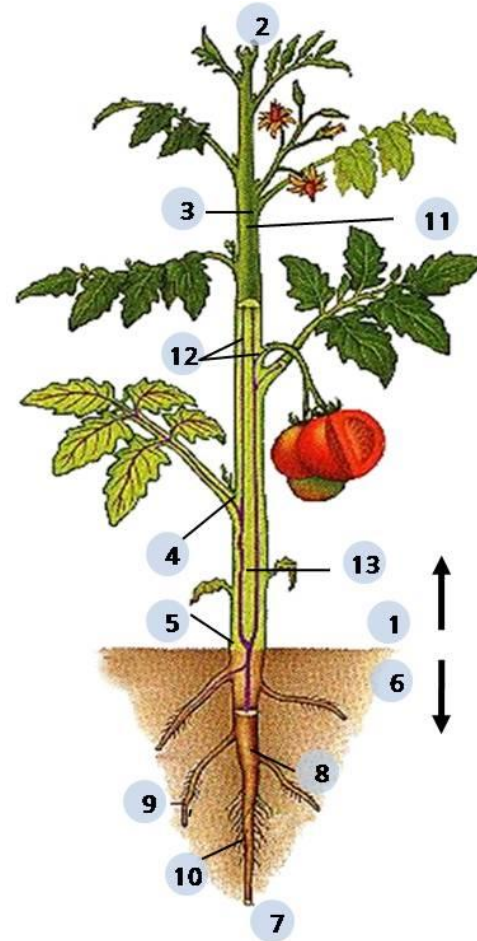
## 식물의 기본구조



# 1절 식물의 기본구조

✽ 토마토, *Solanum lycopersicum* L.

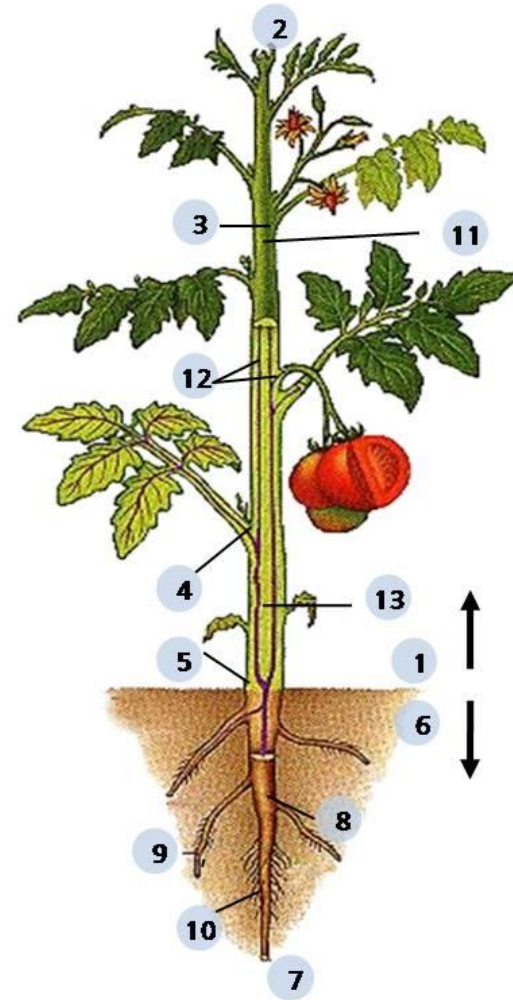
- 쌍자엽식물, 초본식물,  
가지과 식물, 채소작물



# 1절 식물의 기본구조

## 1. 일반적 형태와 구조

- 식물체의 구성단계  
: 개체 > 기관 > 조직계 > 조직 > 세포
- 조직: 모양, 기능이 같은 세포의 집단
- 기관: 여러 조직계가 모여 독립적인 기능을 수행하는 식물구조
- 지상부 (1~6)
- 지하부 (6~10)

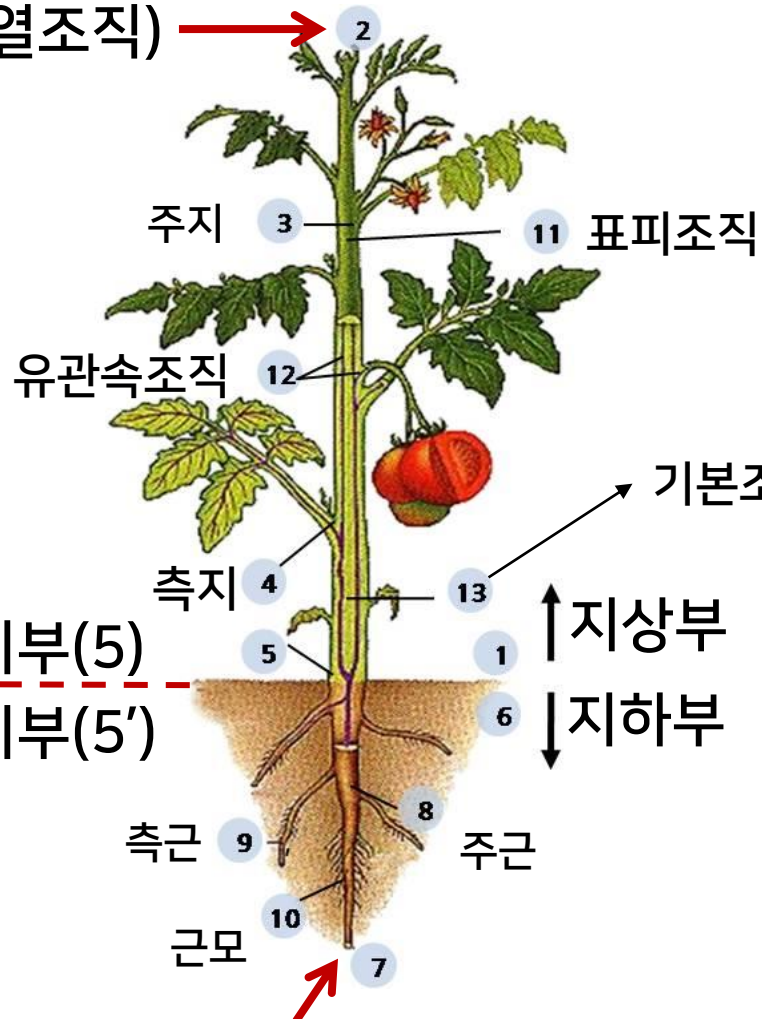




# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 식물의 일반적 형태와 구조

정단(+분열조직) →



지제(地際)부:  
식물체의 지표와  
맞닿은 부분

향정적 ↑  
향기적 ↓

→  
근단(+분열조직)

# 1절 식물의 기본구조

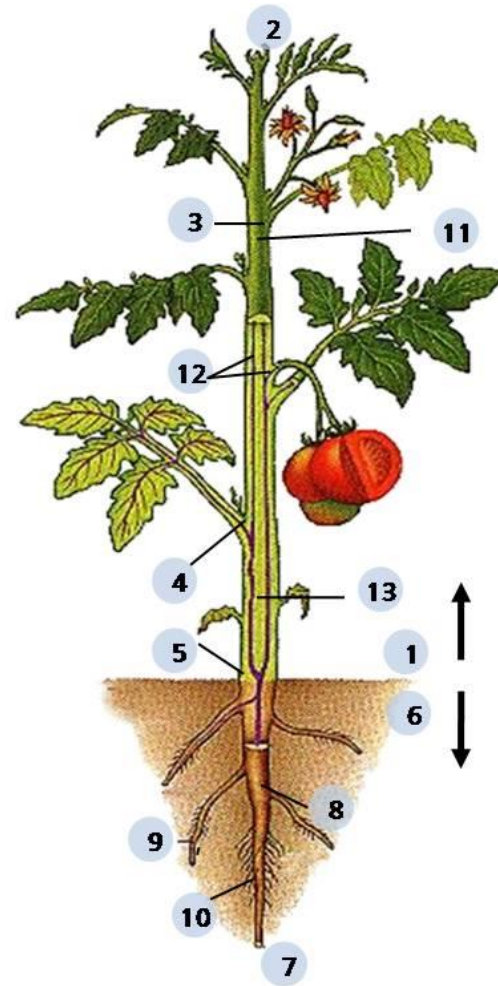
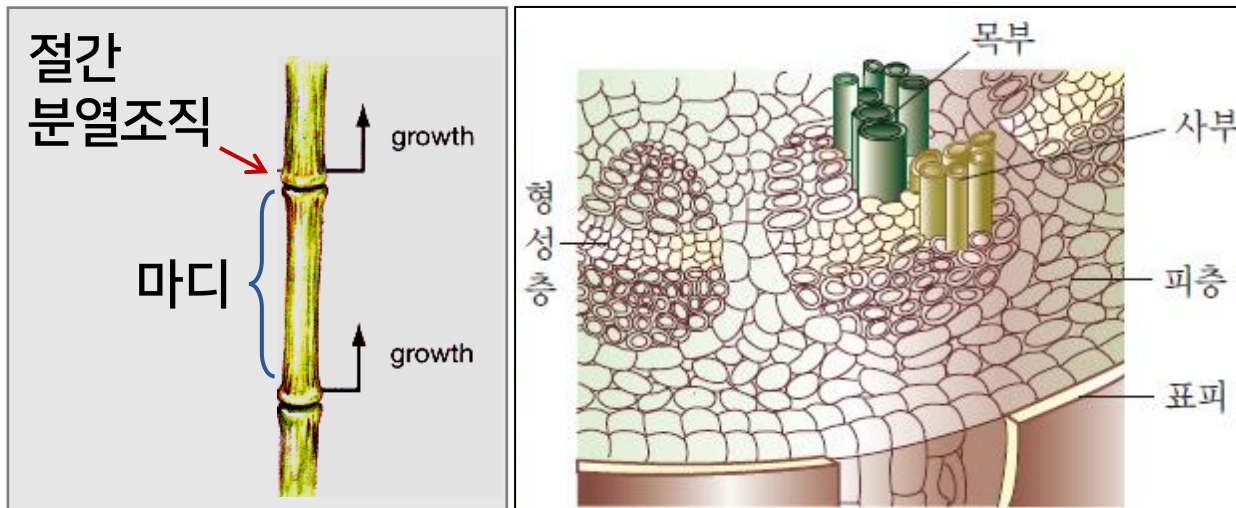
## 2. 분열조직과 성숙조직

- 조직- 기관 내에 존재하는 같은 종류의 세포
- 분열조직: 새로운 세포가 생성되는 조직  
→ 생장점, 형성층, 절간분열조직
- 성숙조직: 분열된 세포가 성숙하여 생성하는 조직  
→ 표피조직, 유관속조직, 기본조직

# 1절 식물의 기본구조

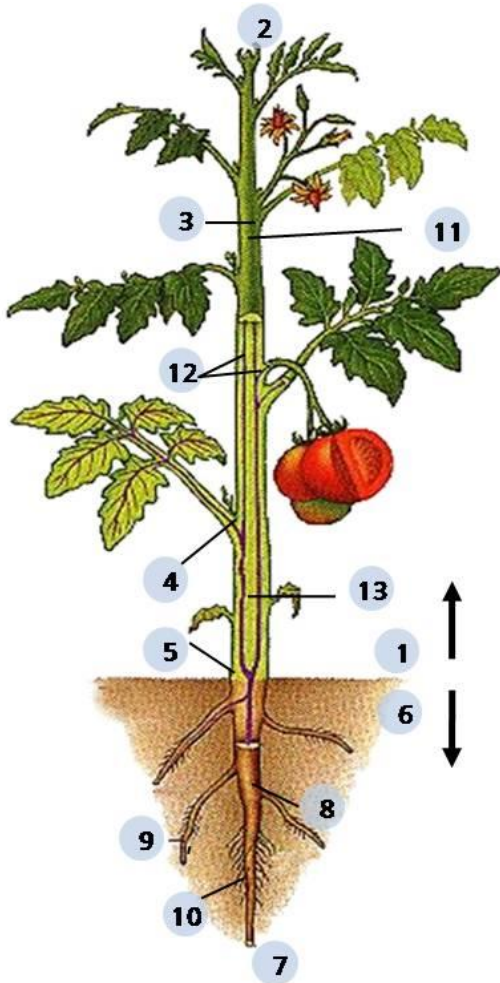
## ✳ 분열조직

- 정단분열조직 - 길이생장
- 측재분열조직 - 비대생장
- 개재분열조직 - 마디생장



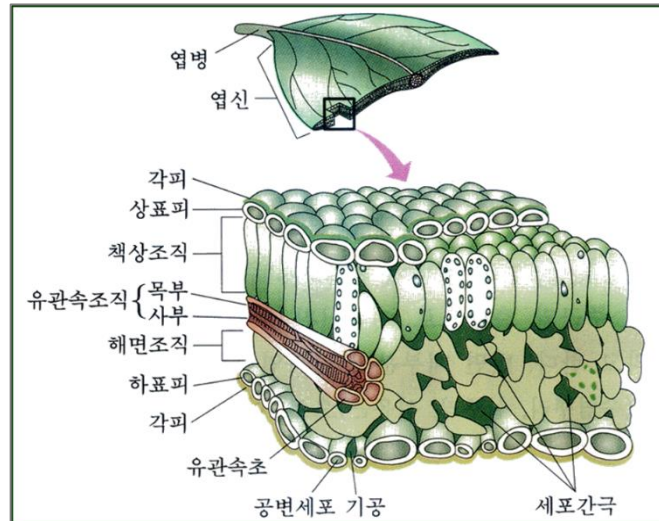
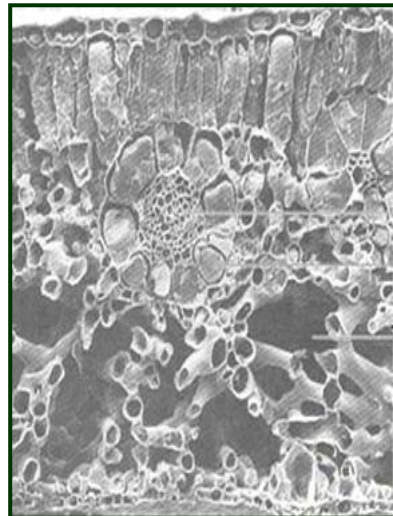


## ✳ 식물의 일반적 형태와 구조 - 체재



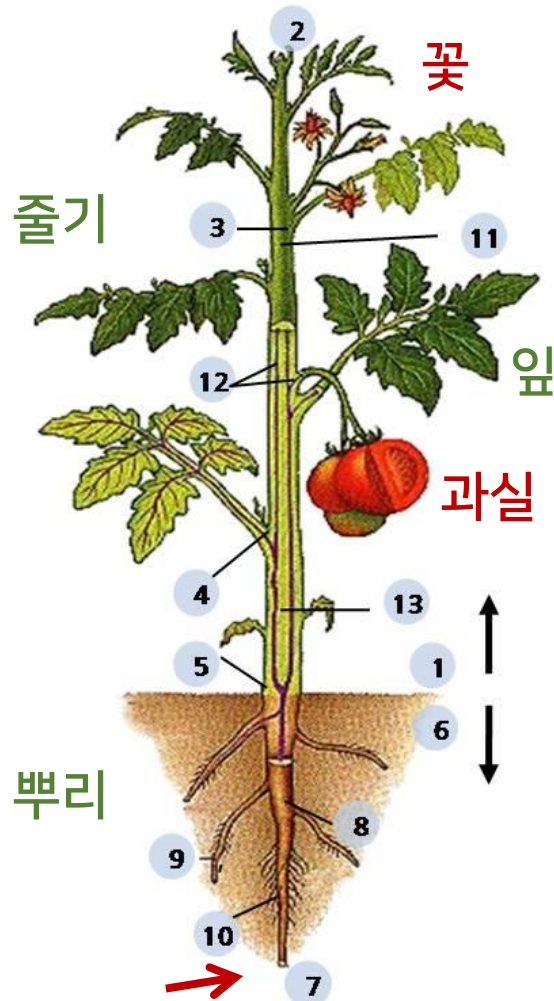
### - 성숙조직

- 표피조직-조직보호, 가스교환(11)
- 유관속조직-물과 양분의 수송(12)
- 기본조직- 물질대사, 저장, 지지(13)



# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 식물의 일반적 형태와 구조 - 기관



- 기관:  
생체내 여러 가지 조직이 모여  
통합된 구조를 형성하고,  
특정 기능을 하는 구조

- 영양기관: 잎, 줄기, 뿌리
- 생식기관: 꽃, 과실, 종자



# 1절 식물의 기본구조

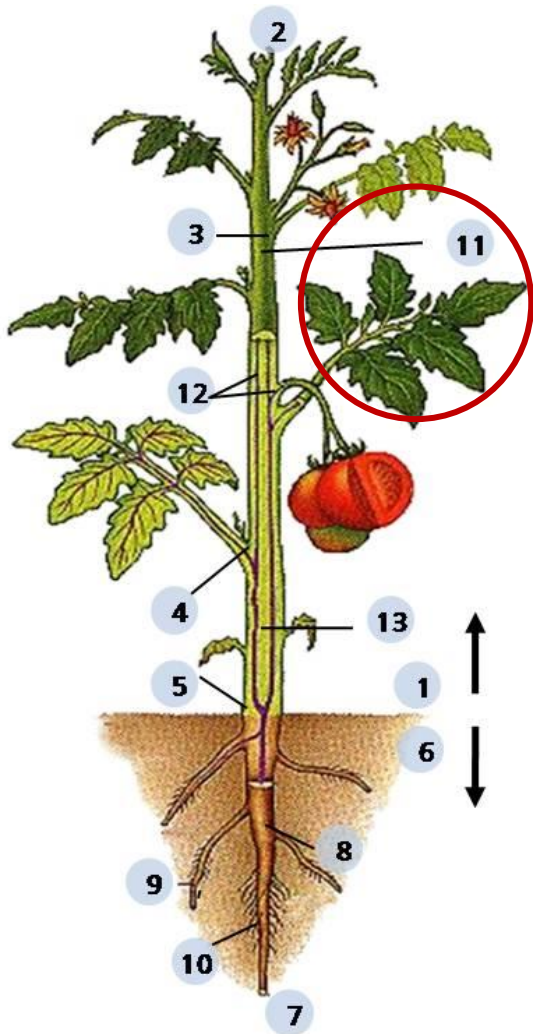
## 3. 영양기관과 생식기관

- 기관: 생체내 여러 가지 조직이 모여 통합된 구조를 형성하고, 특정 기능을 하는 구조
- 영양기관: 식물의 기관 가운데 생장에 필요한 무기양분을 흡수하고, 유기양분을 합성하여 저장하는 기관
  - 잎, 줄기, 뿌리
- 생식기관: 유성번식을 목적으로 하는 식물의 기관
  - 꽃, 과실, 종자



# 1절 식물의 기본구조

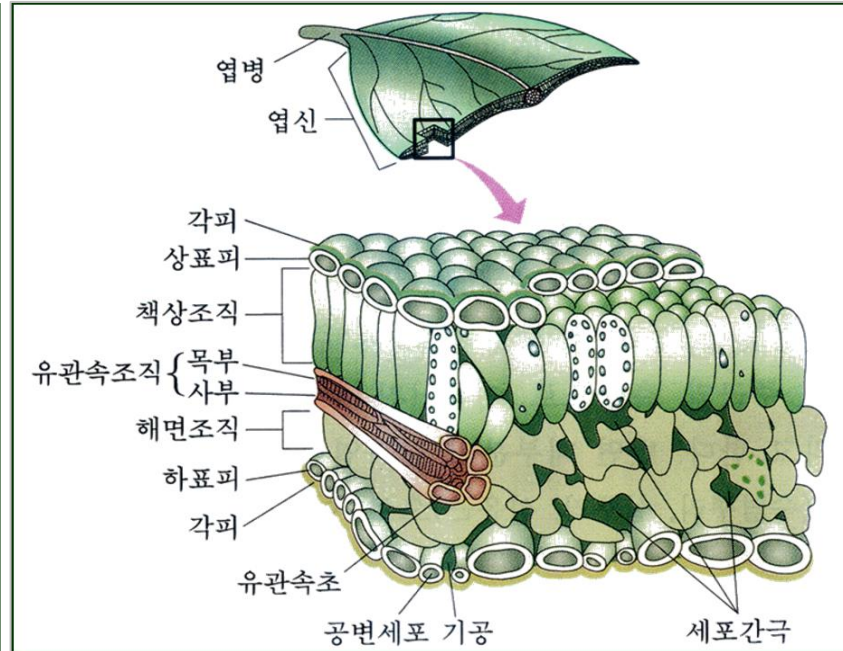
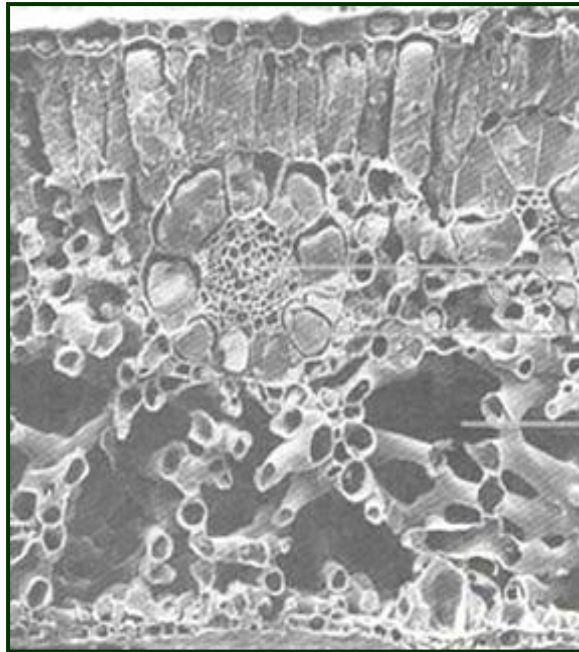
## ✽ 영양기관 - 잎(기능 및 외부구조)



- 광합성, 증산작용, 가스교환
- 기타 다양한 물질대사  
(질소와 황의 동화작용, 전분저장, ABA합성 등)

# 1절 식물의 기본구조

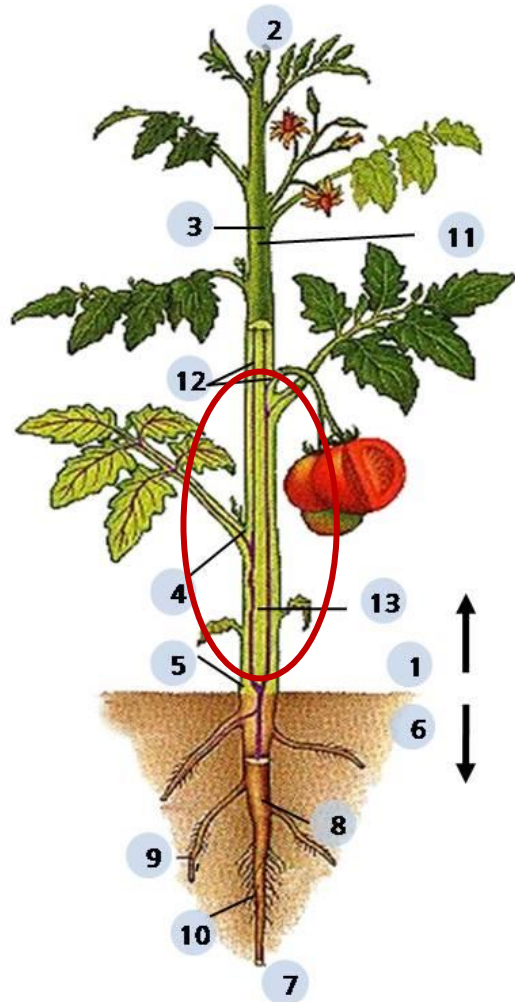
## \* 영양기관 - 잎(해부형태)



- 표피조직 : 큐티클, 표피조직, 기공, 선모, 모용
- 기본조직 : 엽육조직(동화조직) → 책상조직, 해면조직
- 유관속조직 : 물관부, 체관부 - 엽맥

# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 영양기관\_줄기 (기능및 외부구조)



- 식물 지상부의 기본축
- 양분과 수분의 운송 통로
- 정부 생장점 - 분열조직
- 마디, 엽액, 측지
- 잎, 눈, 꽃, 과실 등 부착

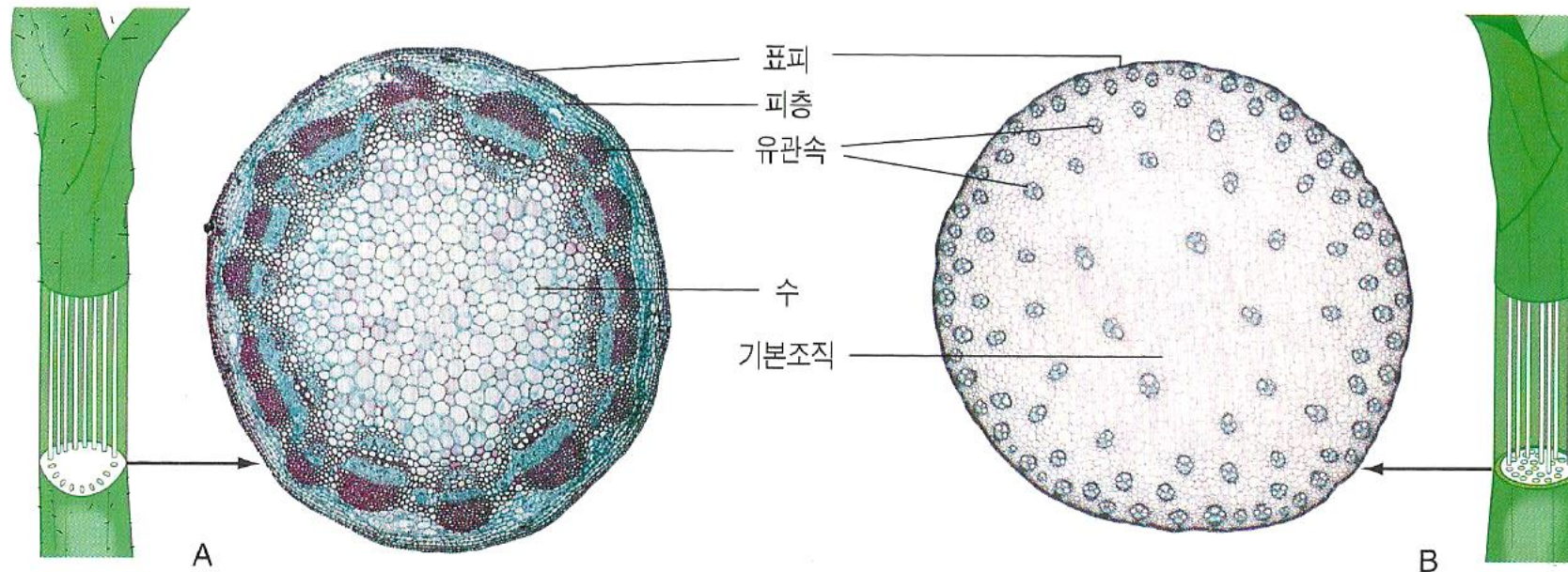


# 1절 식물의 기본구조

## \* 영양기관\_줄기(해부형태) - 초본류

A. 쌍자엽식물

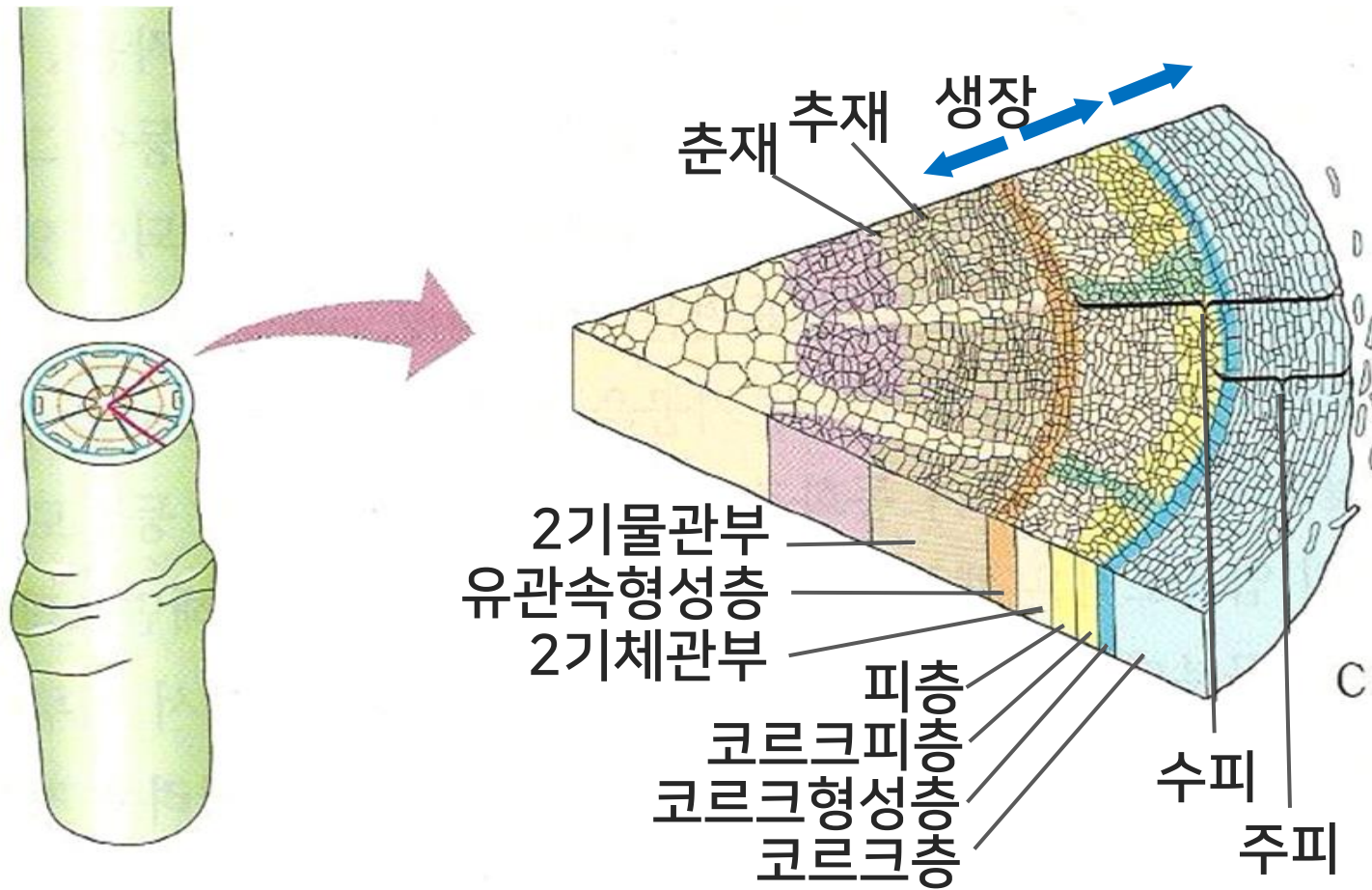
B. 단자엽식물



• 출처: 식물형태학(이규배, 라이프사이언스)

# 1절 식물의 기본구조

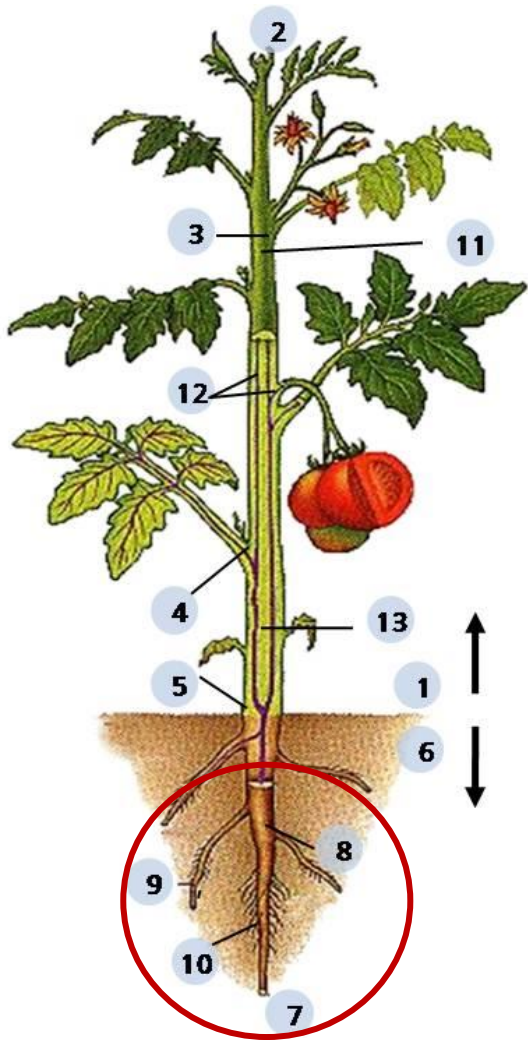
## ✳ 영양기관\_줄기(해부형태) - 목본류



✳ 피층: 표피 안에 있는 유조직층

# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 영양기관 - 뿌리(기능 및 외부구조)

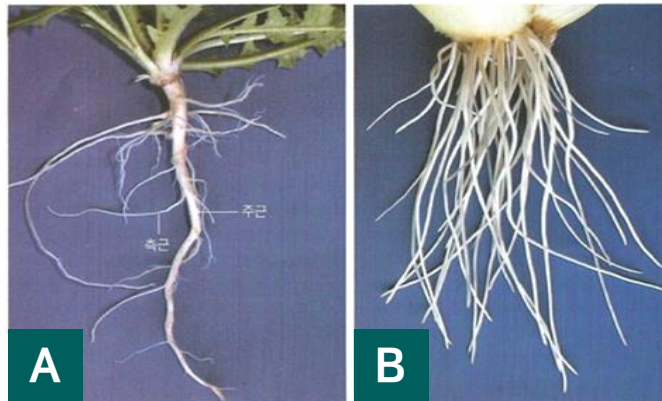


### ● 기능

- 식물체 토양 고착
- 무기양분과 수분 흡수 및 지상부로 운송, 저장 및 번식기관

### ● 구조

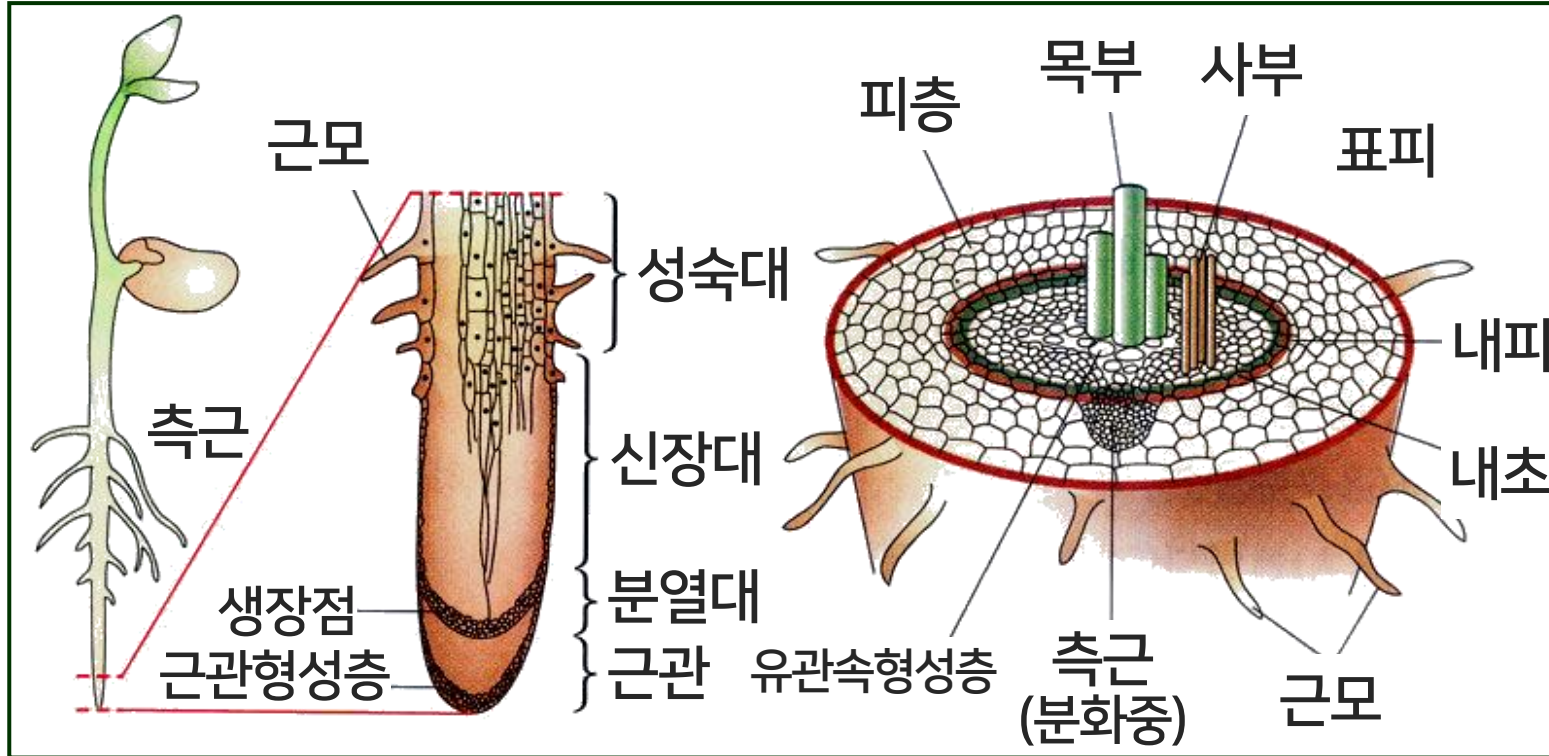
- 주근계(A, 주근, 측근)
- 수근계(B, 부정근, 섬유근)





# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 영양기관 - 뿌리(해부형태)



[그림 3-5 뿌리의 구조]

# 1절 식물의 기본구조

## ✽ 생식기관 - 꽃 (외부구조와 해부형태)

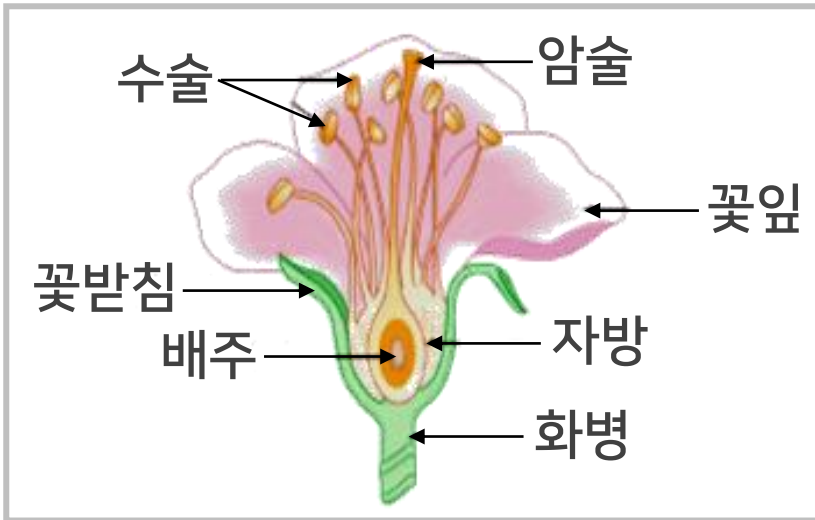
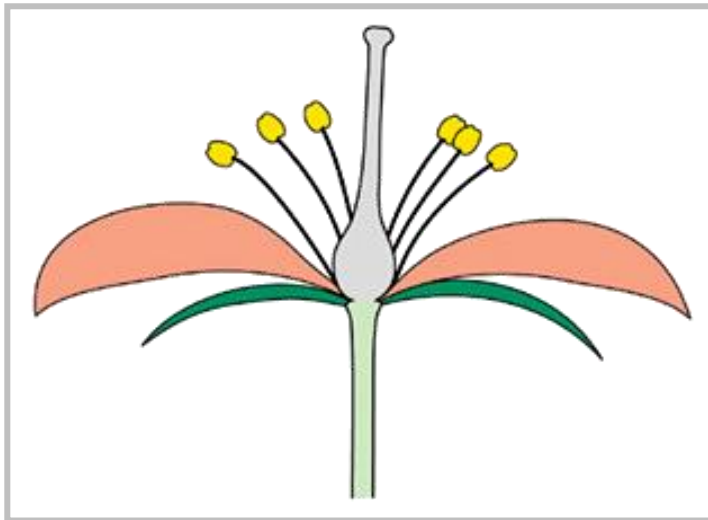
1. 꽃받침

2. 꽃잎

3. 수술

4. 암술

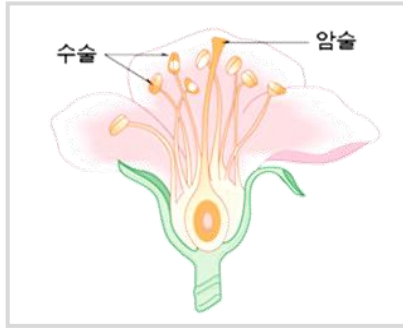
- 수술 : 약(꽃가루 주머니) + 화사
- 암술(심피) : 주두 + 화주 + 자방



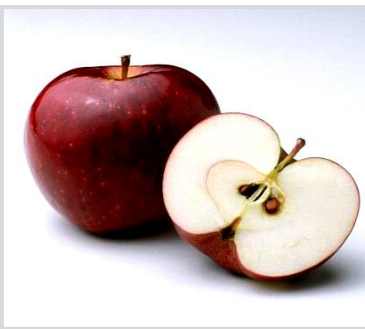
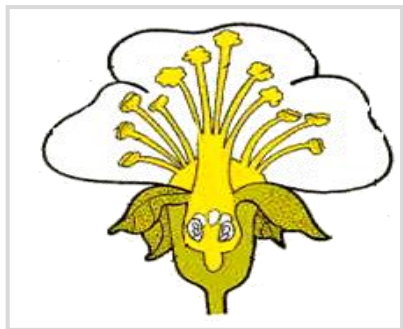
# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 생식기관 - 과실 (외부구조)

**진과** 복숭아, 토마토 등 자방이 비대한 것



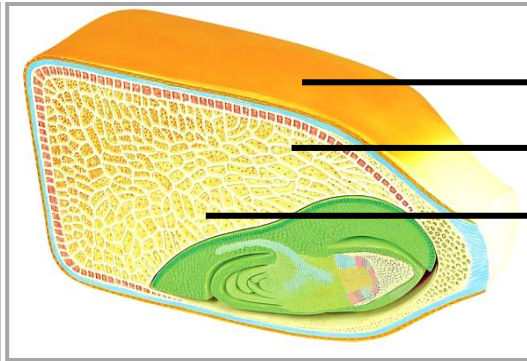
**위과** 사과, 딸기 등 주변의 화탁 등이 더불어 발달한 것



✳ 과실 : 자방과 주변의 조직들이 비대하여 발달된 기관

## ✳ 생식기관 - 과실 (외부구조와 해부형태)

- 과실의구조 - 수과류(瘦果, 여원과실(과실적 종자), achene)
  - 벼, 보리, 옥수수, 상추, 시금치, 딸기, 해바라기 등
  - 자방이 비대 발육하지 못하고 과피에 말라 붙어있다.



과피 (씨방벽)  
종피(배)  
종자(배, 배유)



## ✳ 생식기관 - 과실 (외부구조와 해부형태)

- 과실의구조 - 수과류(瘦果, 여원과실(과실적 종자), achene)
  - 벼, 보리, 옥수수, 상추, 시금치, **딸기**, 해바라기 등
  - 자방이 비대 발육하지 못하고 과피에 말라 붙어있다.

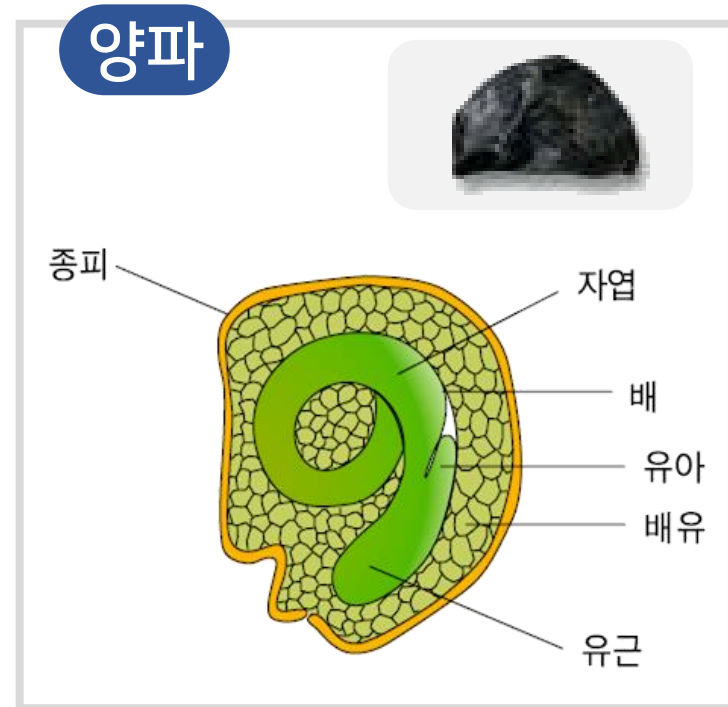


- 딸기 - 위과, 수과, 과실적 종자

# 1절 식물의 기본구조

## ✳ 생식기관 - 종자 (외부구조와 해부형태)

- 자방 안의 배주 → 종자
- 구성요소 : 종피, 배유, 배(자엽 + 유아 + 배축 + 유근)





# 02

원예학

## 생장과 물질대사

## 2절 생장과 물질대사

### 1. 생장, 에너지 그리고 양분

- 생장: 식물이 생존과 생식을 위해 모습을 변해가는 과정
- 에너지: 일을 하는 능력의 총칭
- 양분: 영양이 되는 성분
  - 무기양분: 작물체의 밖에서 흡수되는 무기태 (탄소 이외의 원소화합물 형태) 성분
  - 유기양분: 체내에서 물질대사의 과정이나 결과로 만들어진 유기태 성분

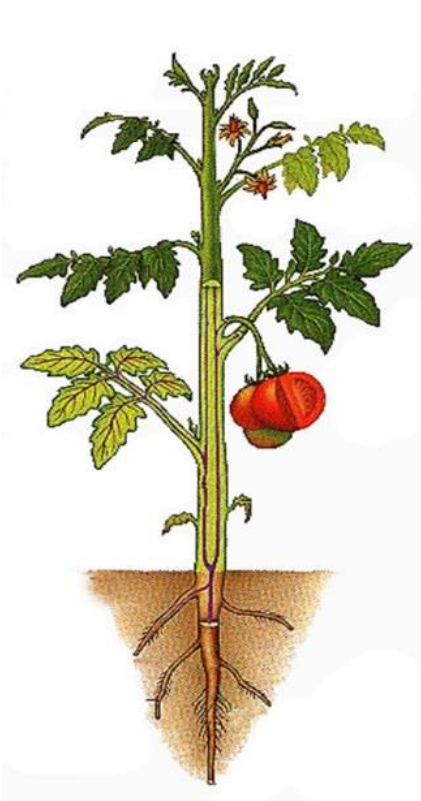


### 2. 물질대사

- 체내에서 일어나는 물질의 상호전환(화학변화)과 그에 수반되는 에너지의 출입이 일어나는 생화학 과정
- 여러단계를 거치는 복잡한 화학변화이나 효소라는 생체 내 촉매가 작용하여 반응이 신속하고 효율적으로 이루어짐
- 합성(동화작용)에는 에너지 공급이 필요하고 분해(이화작용)에는 에너지방출이 수반

## 2절 생장과 물질대사

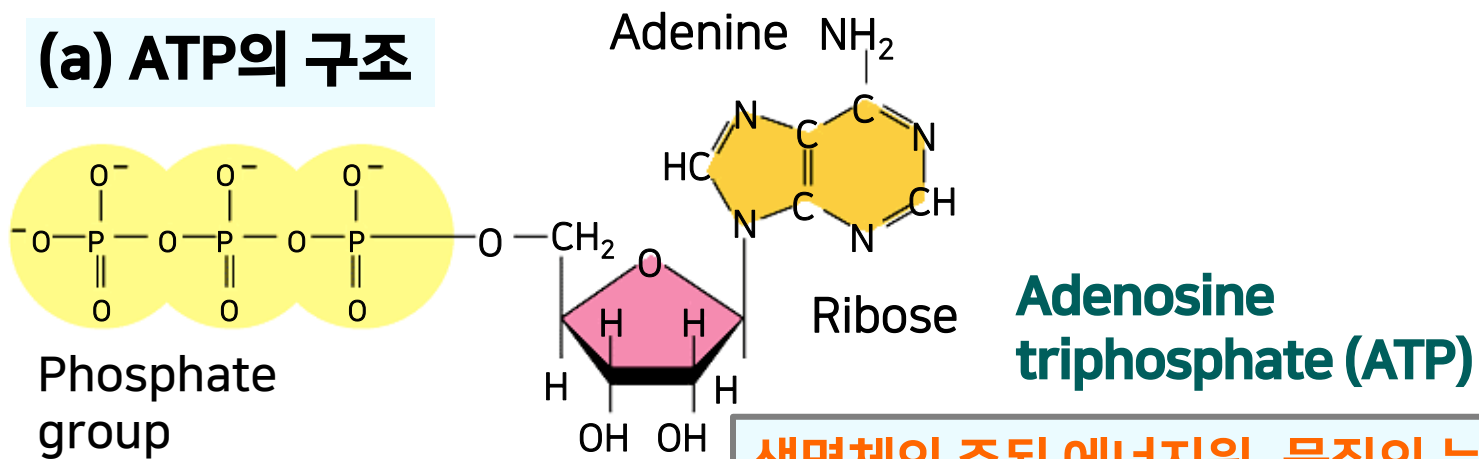
### ✳ 1년생 식물의 생활환



- **생장** : 식물이 생존과 생식을 위해 모습을 변해가는 과정
  - 외부에 무질서하게 흩어져 있는 물질을 흡수하여 질서를 창출하는 일
  - 무질서도(엔트로피)의 감소
  - 이를 위해 ATP와 같은 에너지를 지속적으로 공급해야 함
  - 물질대사를 통해 ATP 및 생장에 필요한 모든 것을 공급
  - 따라서 물질대사의 결과로 생장이 일어남

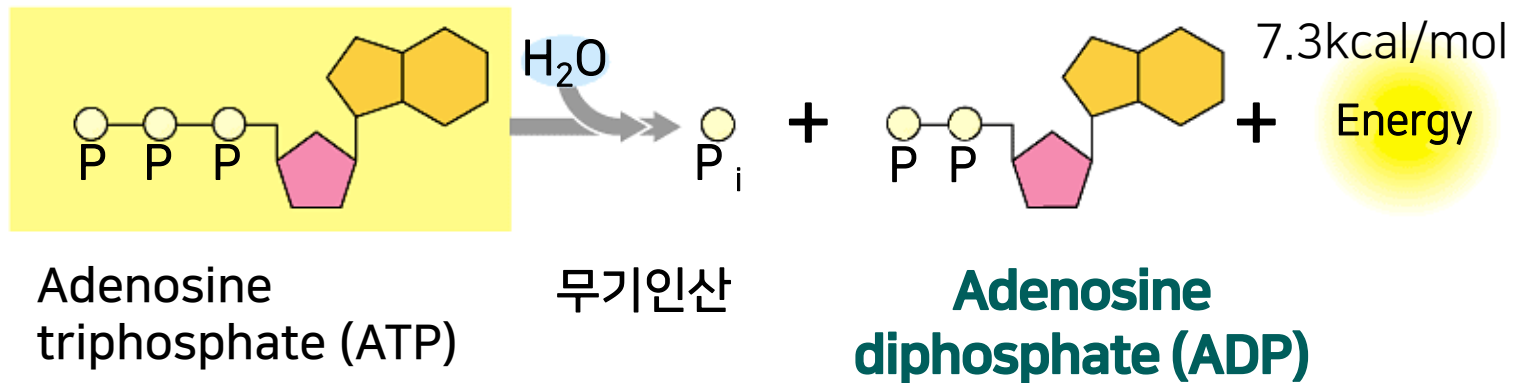
### \* ATP: 작물이 이용할 수 있는 저장 에너지

#### (a) ATP의 구조



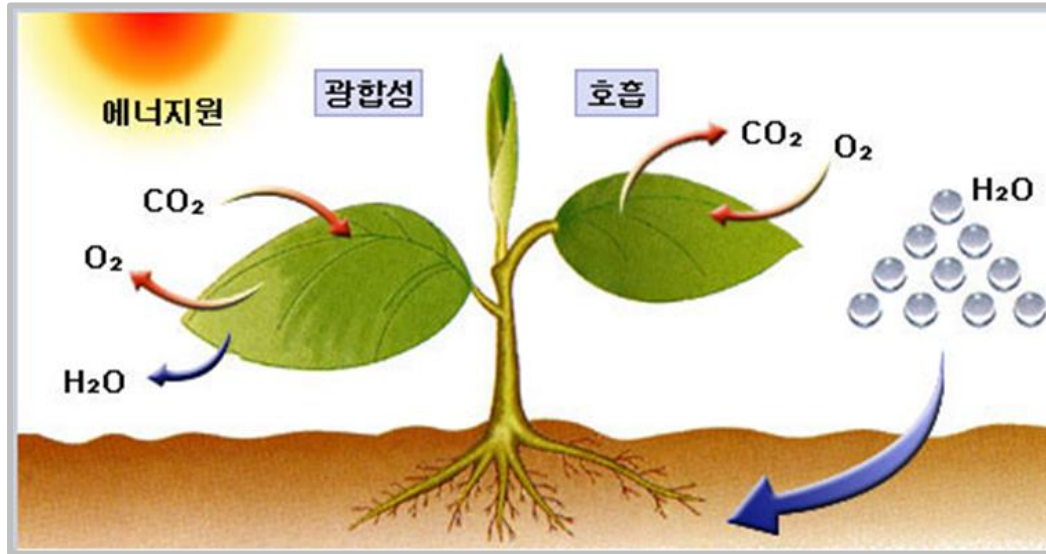
생명체의 주된 에너지원. 물질의 능동적인 수송이나 각종 신진 대사에 쓰이게 됨

#### (b) ATP의 가수분해



## 2절 생장과 물질대사

✳️ 작물은 필요한 에너지를 물질대사를 통하여 얻는다.

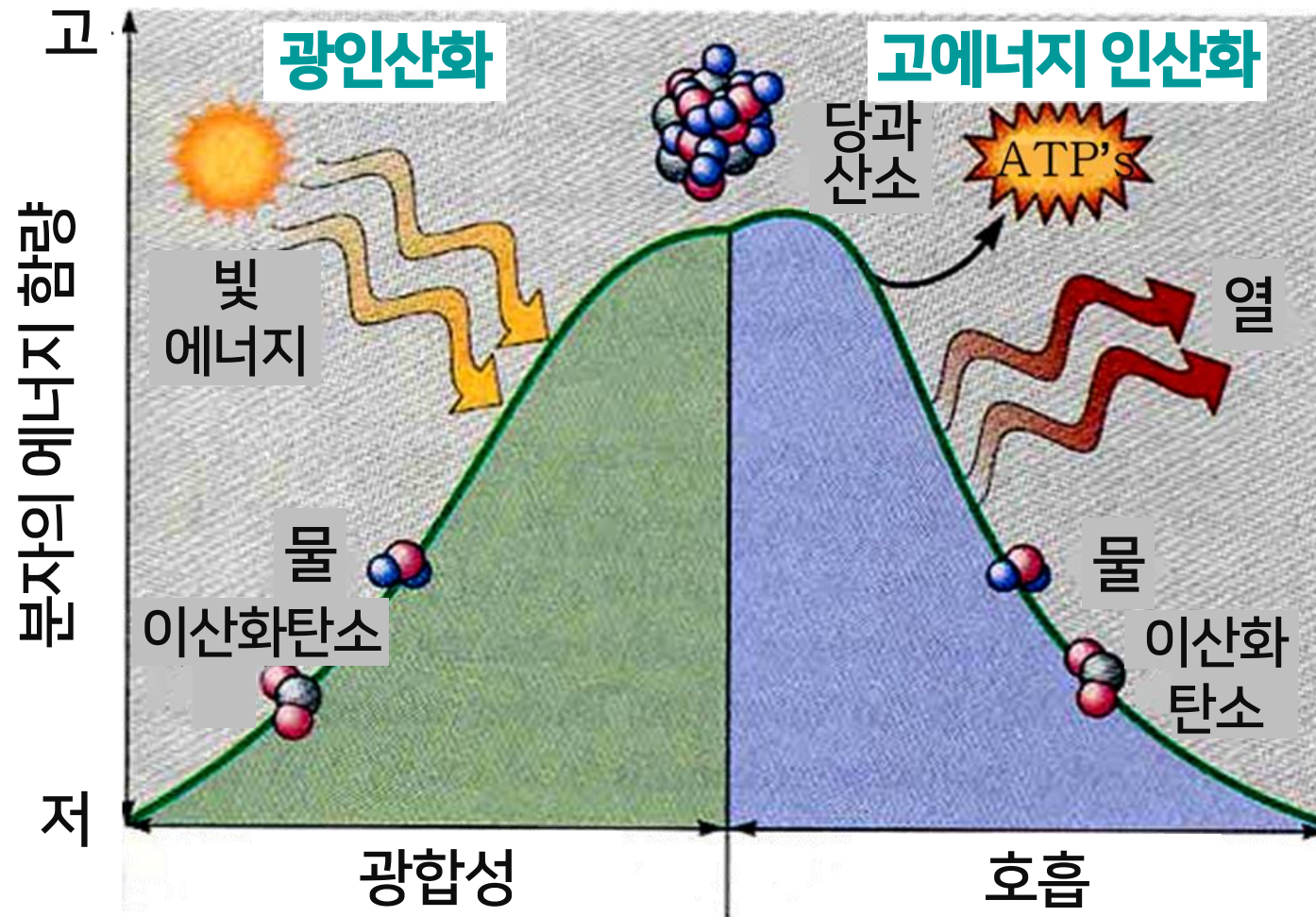


- 물질대사: 물질의 분해나 합성과 같이 생물체 내에서 일어나는 모든 물질의 변화
- 동화작용(합성) : 탄소동화작용(광합성)
- 이화작용(분해) : 세포호흡작용(호흡)
- $$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \xrightleftharpoons[686\text{kcal/mol}]{\text{광에너지}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$



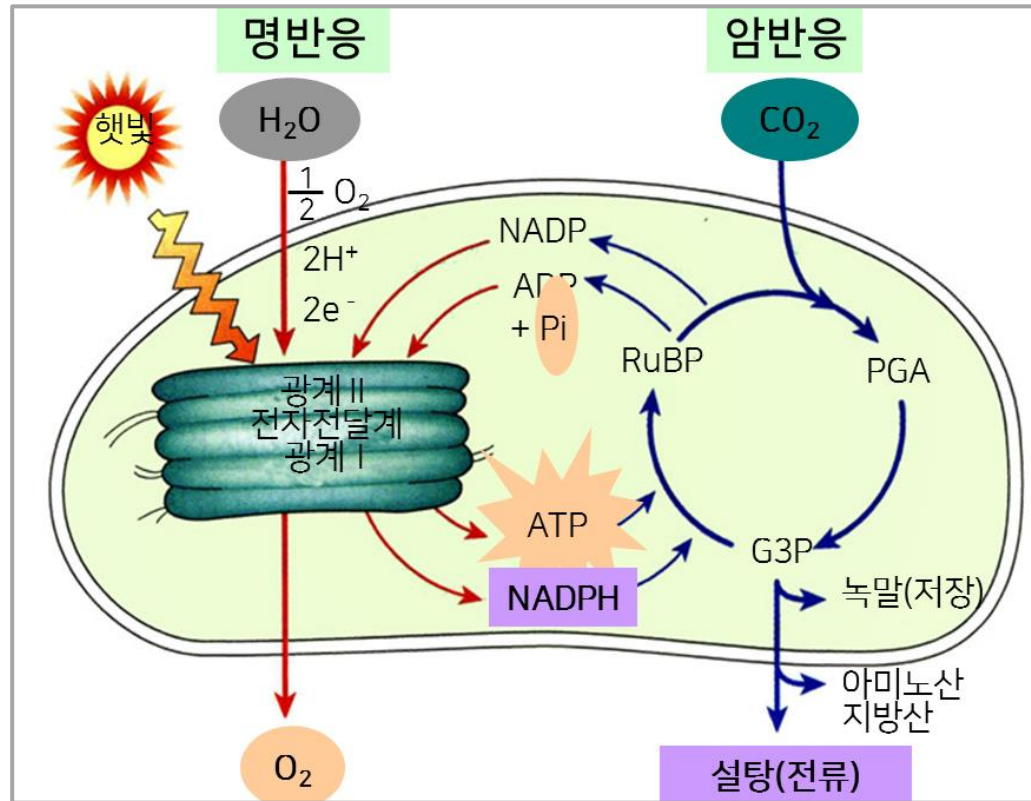
## 2절 생장과 물질대사

✳️ 작물은 필요한 에너지를 물질대사를 통하여 얻는다.



## 2절 생장과 물질대사

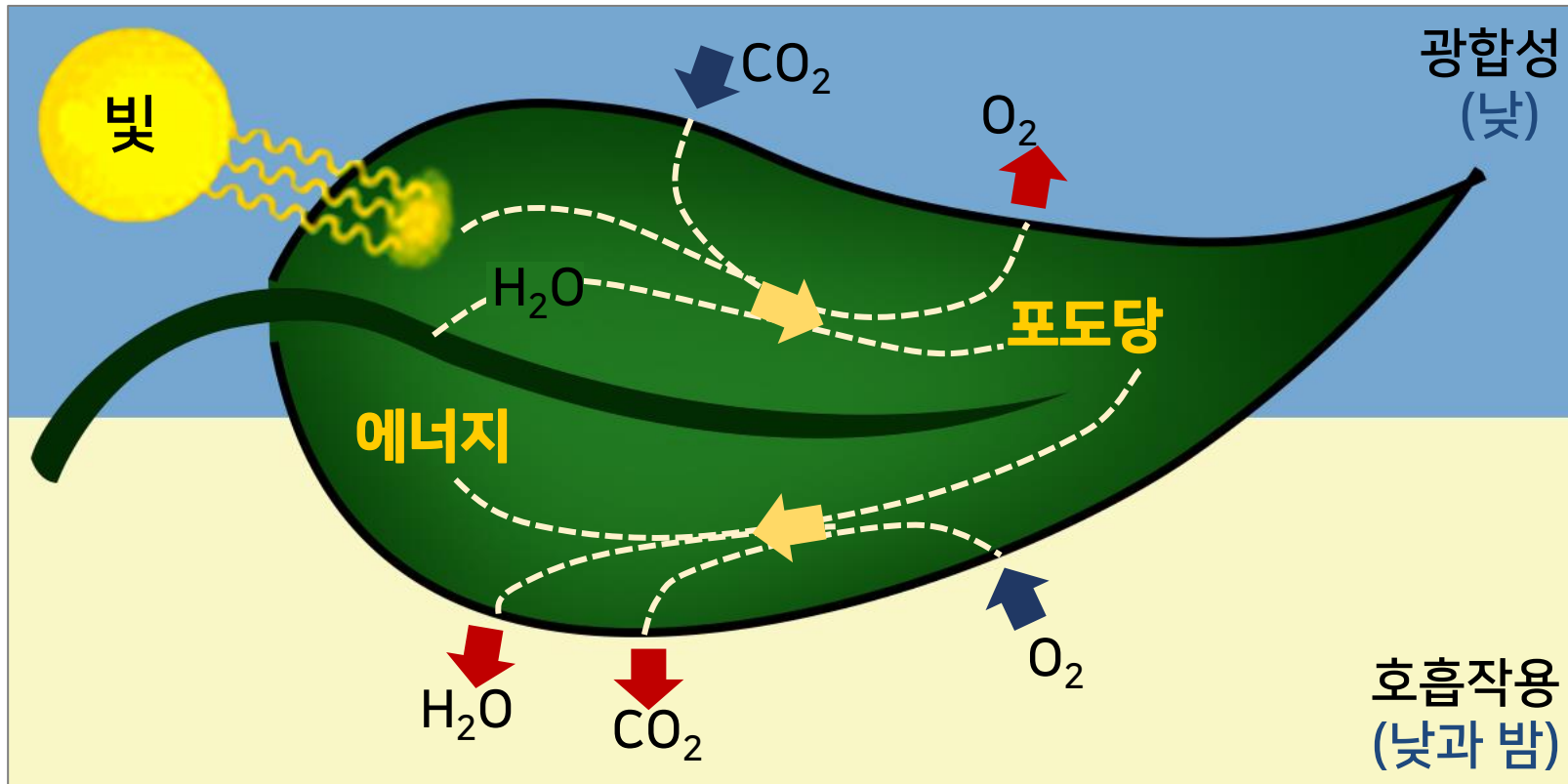
✳ 광합성은 대표적인 동화작용이다.



- 엽록체에서 일어남
- 광반응에서 ATP, NADPH,  $O_2$  생산
- 암반응에서 포도당을 합성

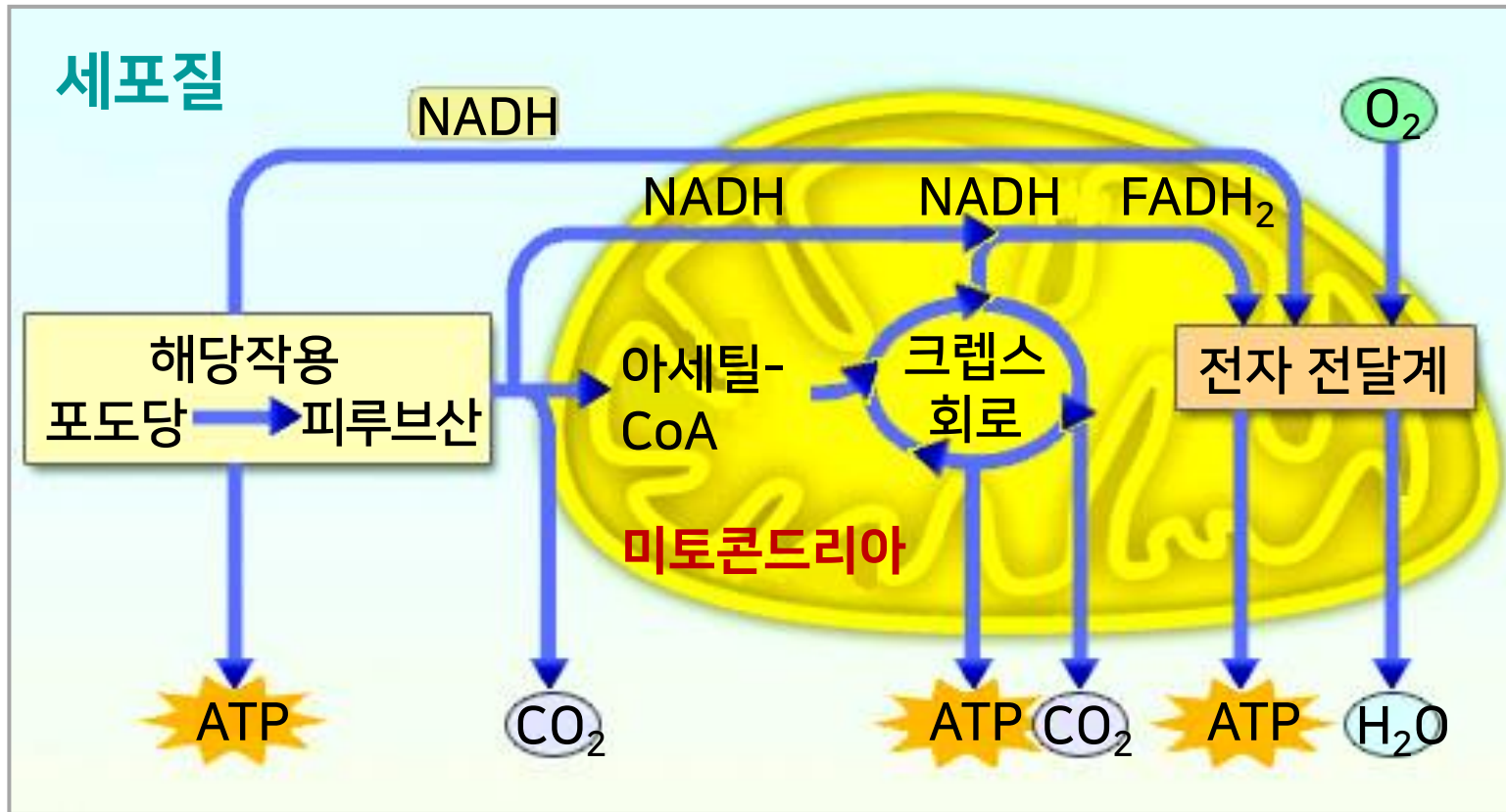
## 2절 생장과 물질대사

### ✳ 광합성과 호흡



## 2절 생장과 물질대사

### \* 유산소 호흡 -개관



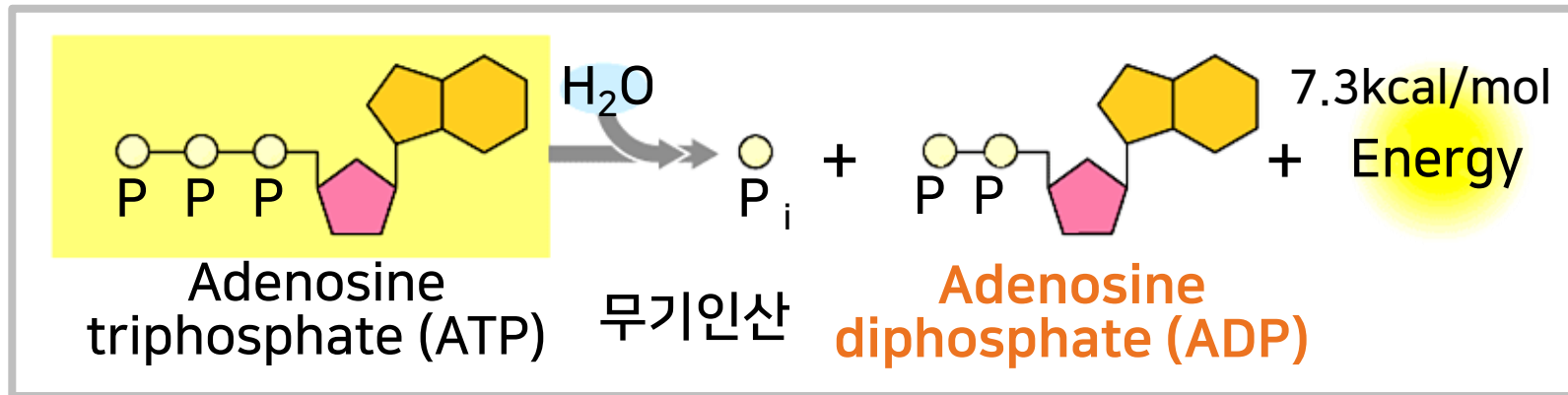
- 유산소 조건에서 피루브산은 미토콘드리아로 들어간다
- 피루브산 → 아세틸-CoA 형성 → 크렙스회로 → 전자전달과 산화적 인산화



## 2절 생장과 물질대사

### ✳️ 설탕 에너지의 52%만 ATP에 저장된다

- ATP의 가수분해 → 7~12kcal/mol 생산



- 설탕 1mol당 60몰의 ATP가 생산 → 에너지는  $12 \times 60 = 720\text{kcal}$
- 설탕 1mol이 갖는 총 에너지는 1,380kcal
- 따라서 60몰의 ATP에 저장된 에너지는  $720 / 1380 = 52\%$ 임
- 식물은 이 에너지를 가지고 생장에 이용

# 03

원예학

## 휴면과 발아





### 3절 휴면과 발아

#### 1. 휴면

- 성숙한 눈, 종자 등의 조직이 적당한 환경 조건을 주어도 일정기간 발아, 발육, 생장이 정지해 있는 상태
- 불량환경 극복 수단
- 자발휴면 (1차휴면, 내재휴면)과 타발휴면 (2차휴면, 환경휴면)으로 구분
- 휴면의 원인과 시기, 타파 방법에 대해 알아야 특정 작물에 대한 효율적인 재배관리가 가능함

## ✱ 종자의 휴면

- 휴면지속의 원인
  - 종피의 불투수성
  - 배의 불완전 성숙
  - 발아 억제 물질  
(ABA, 쿠마린, 페놀산, 카테킨)





## ✽기관의 휴면

- 저장 기관 : 마늘(인경), 튤립(구경), 감자(괴경)
- 수목의 눈 : 과수 화목의 눈
- 식물전체 (딸기)
- 휴면타파: 저온 또는 고온(감자의 괴경), 지베렐린, 티오요소 등 처리



## 2. 발아

- 종자의 발아는 배의 생장으로 종피가 파열되고 유근이 자라 나오는 것 (대부분 유근이 먼저 나옴)
- 저장양분 : 배유, 자엽 - 탄수화물, 단백질, 지방, 기타
- 발아기작  
: 수분흡수 → 호르몬활성화 → 가수분해효소생성 → 저장양분의 가수분해 → 배의 생장유도
- 종자의 발아에는 수분의 흡수, 양분의 소화와 이동, 동화, 호흡, 생장 등의 복잡한 생리화학적인 과정이 수반

## ✱ 종자의 발아환경

- **관련환경조건 : 수분, 산소, 온도, (광)**
  - 호광성종자 - 상추, 우엉, 피튜니아, 진달래
  - 호암성종자 - 오이, 고추, 맨드라미, 백일

암조건



광조건



[광처리의 상추종자의  
발아에 대한 영향]

### 3절 휴면과 발아

## ✱ 발아 vs 맹아(萌芽, sprouting, 싹눈)

- 동아(수목), 괴경(감자), 인경(마늘) 등에서 싹이 나는 현상
- 지베렐린(촉진)과 아브시스산(ABA)(억제)의 균형에 의해 조절
- 마늘, 감자의 MH 처리 → 맹아억제 → 저장력개선





# 04

원예학

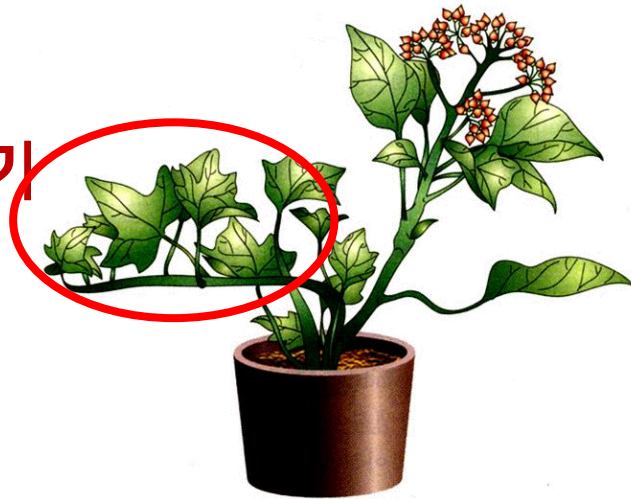
## 성숙과 개화



## 1. 유년성

- 식물은 발아 후 일정기간 생장을 해서 반드시 일정한 크기에 도달하거나 일정한 나이가 되어야 화아분화가 이루어짐. 이러한 특성을 유년성이라고 함

유년상, 유년기 → 성년상, 성년기  
화숙, 성숙, 상전환



[그림]

영국 아이비(*Hedera helix*)의 유년상과 성년상의 형태적인 차이  
(그림 3-15참조, page80) cf. 결각 : 앞의 가장자리가 깊이 패어 들어감

## 2. 성숙

- 식물이 생식능력을 가진 상태
- 화숙(花熟)
- 여러가지 생리·생태적 변화 발생

유년상, 유년기 → 성년상, 성년기  
화숙, 성숙, 상전환



[그림]

영국 아이비(*Hedera helix*)의 유년상과 성년상의 형태적인 차이  
(그림 3-15참조, page80) cf. 결각 : 앞의 가장자리가 깊이 패어 들어감

## 3. 개화

- 꽃받침과 꽃잎이 벌어져 수정태세를 갖추는 것
- 광주성(光週性, photoperiodism)  
: 일장이 개화에 영향을 미치는 효과
- 춘화(春化, vernalization)  
: 개화를 위해 일정한 시기에 저온을  
경과해야 하는 생리적 현상





# 05

원예학

## 결실과 노화



# 5절 결실과 노화

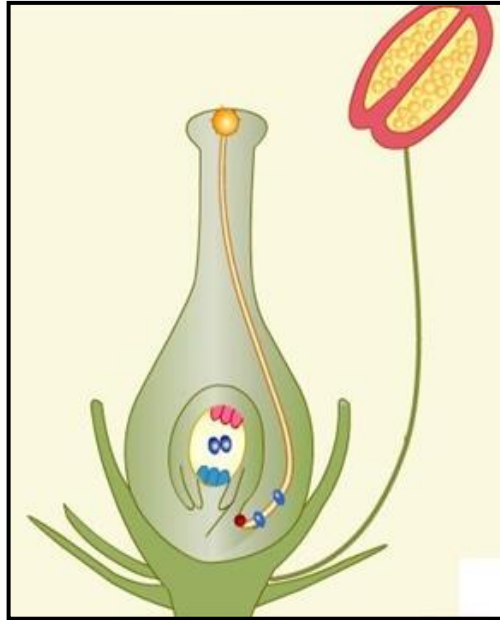
## 1. 결실

- 화분과 배낭형성
- 수분과 중복수정
- 종자형성과 착과
- 과실비대와 성숙

Cf. 단위결과: 종자형성이 되지 않아도 과실이 맺히는 것

### ✱수분(授粉, pollination)

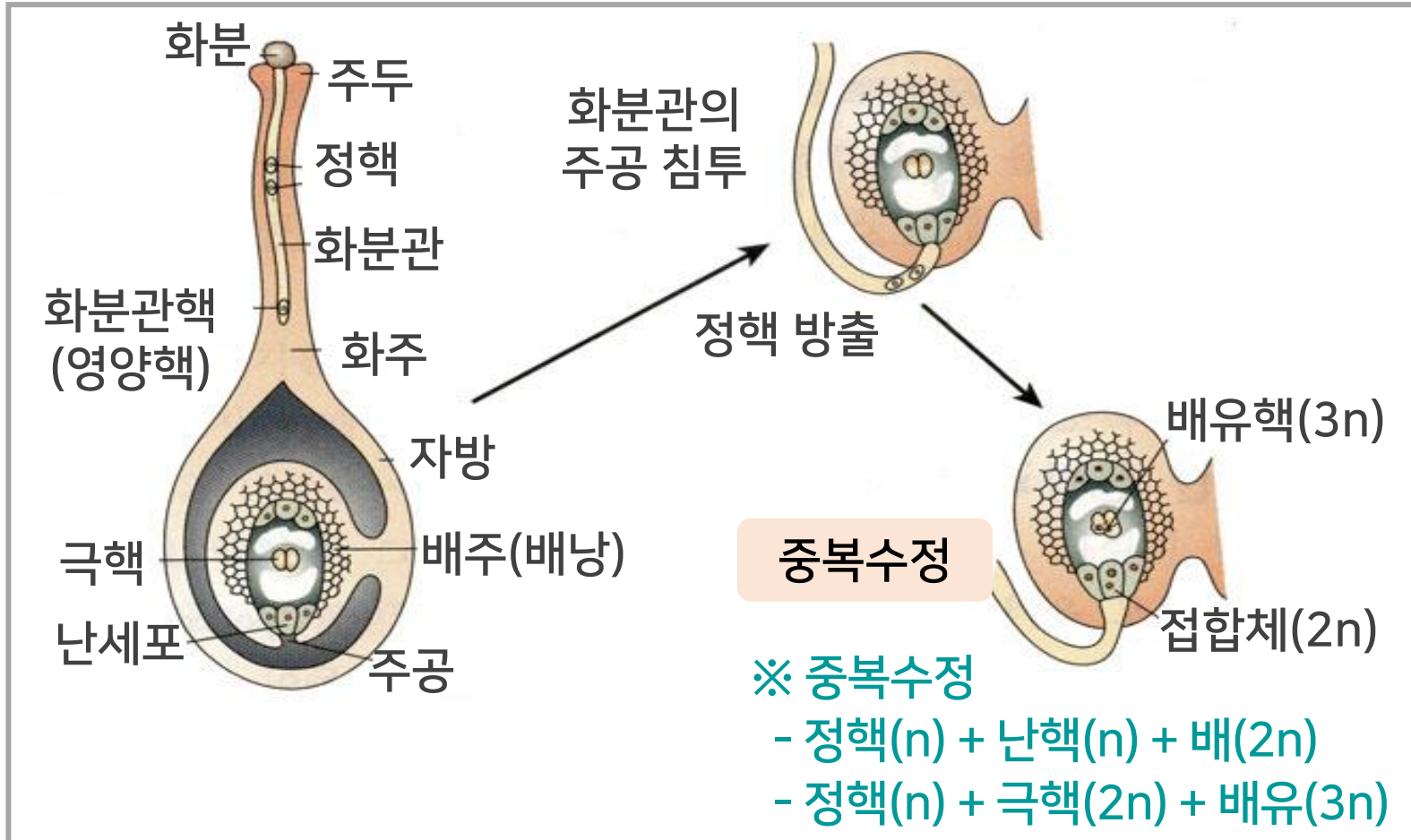
- 성숙한 화분이 암술의 주두로 이동하여 붙는 현상
  - 수분 매개체 : 곤충(충매화), 바람(풍매화)





## ✳ 수정(fertilization)

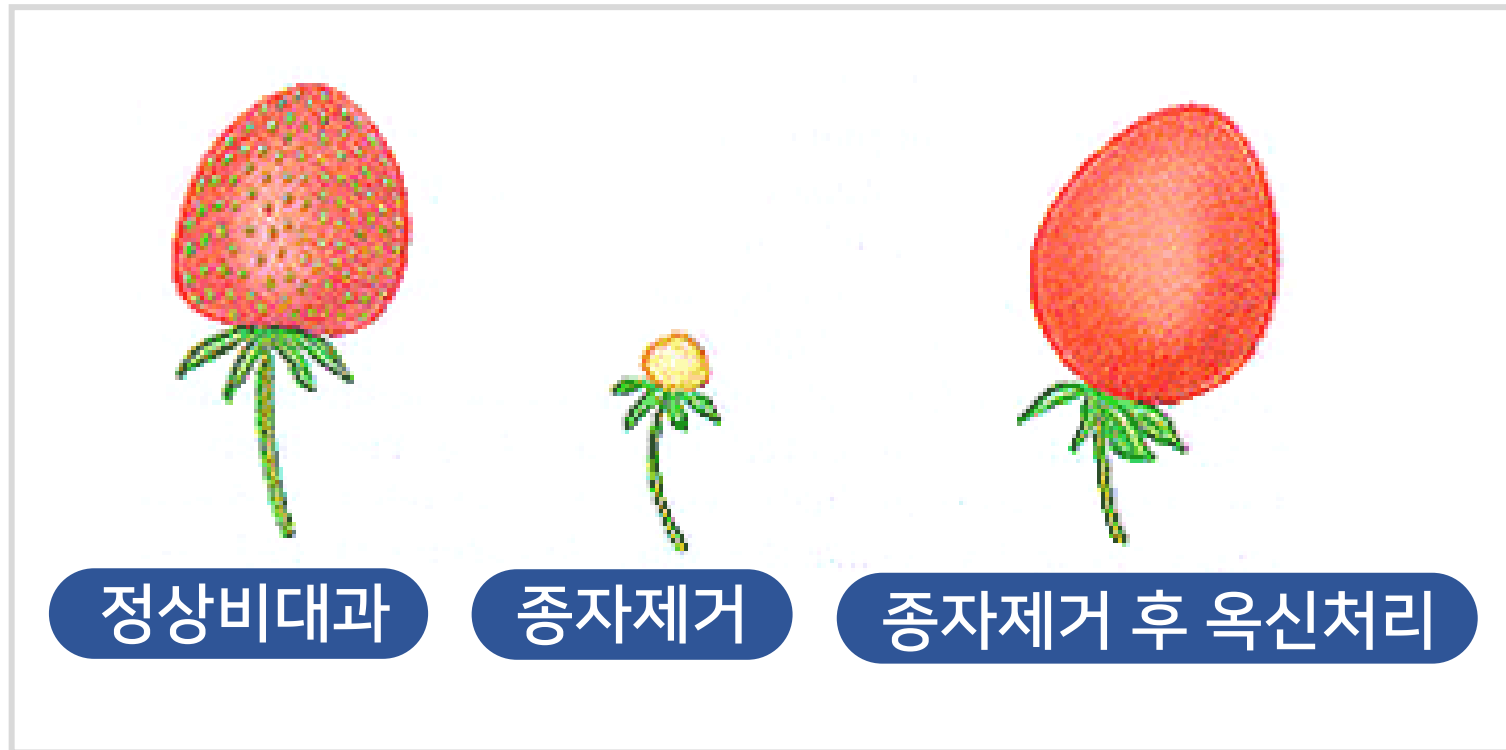
- 암수의 생식 세포가 하나로 합치는 것





### ✳옥신은 착과와 과실 비대를 촉진한다

- 종자형성과정에서 옥신이 생성된다
  - 옥신이 이층 형성을 억제하여 착과를 유도 → 낙과방지
  - 옥신이 자방과 화상조직의 세포 확대 촉진 → 과실 비대



### ✳과실 성숙과정의 질적변화

- 과실이 고유의 모양을 갖추고 최대의 크기와 중량에 이른 후

(과피착색) ← 엽록소 감소, 카로티노이드와 안토시아닌 증가

(과육연화) ← 세포벽 중층의 펙틴질 분해 정도가 감소한다

(단맛증가) ← 저장 녹말의 당화로 가용성 고형물 증가

(신맛감소) ← 유기산이 알칼리와 결합하여 중성염생성

(향기발산) ← 고유의 방향성 휘발성 향기성분의 생성

(호흡급등) ← 에틸렌발생과 함께 호흡이 급격히 상승

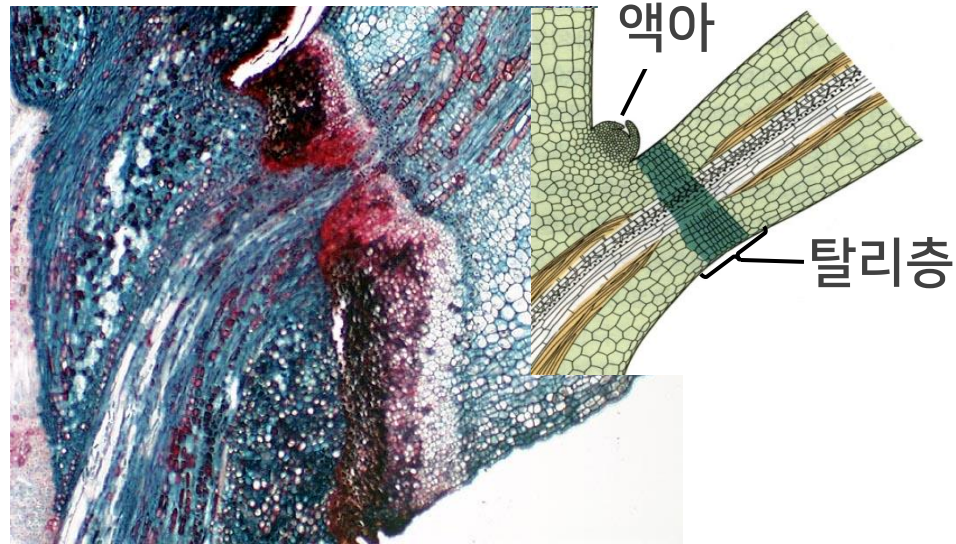


## 2. 노화

- 식물체의 일부 또는 전체가 구조적, 기능적으로 쇠퇴하는 현상
- 생리적 의미 : 비가역적 현상, 죽음에 이르는 전단계
- 부분적 노화 : 양분의 재활용, 스트레스 회피의 수단
- 시토키닌, 옥신, 지베렐린 → 노화억제
- ABA, 에틸렌 → 노화촉진

### ✱기관의 탈락

- 노화가 진행되면 탈리층(이층,떨켜)형성
- 온도, 일장, 상처, 에틸렌과 ABA → 탈리 촉진, 옥신 → 탈리억제





# 학습 확인

# ✧ 학습확인

1. 작물의 구성체재를 기관, 조직 수준에서 개관할 수 있는가?
2. 식물의 생장과 물질대사의 관계를 이해하고 주요 물질대사로 광합성과 호흡작용에 대해 개관할 수 있는가?
3. 식물의 휴면의 정의와 의미, 원인과 타파 방법에 대해 설명할 수 있는가?

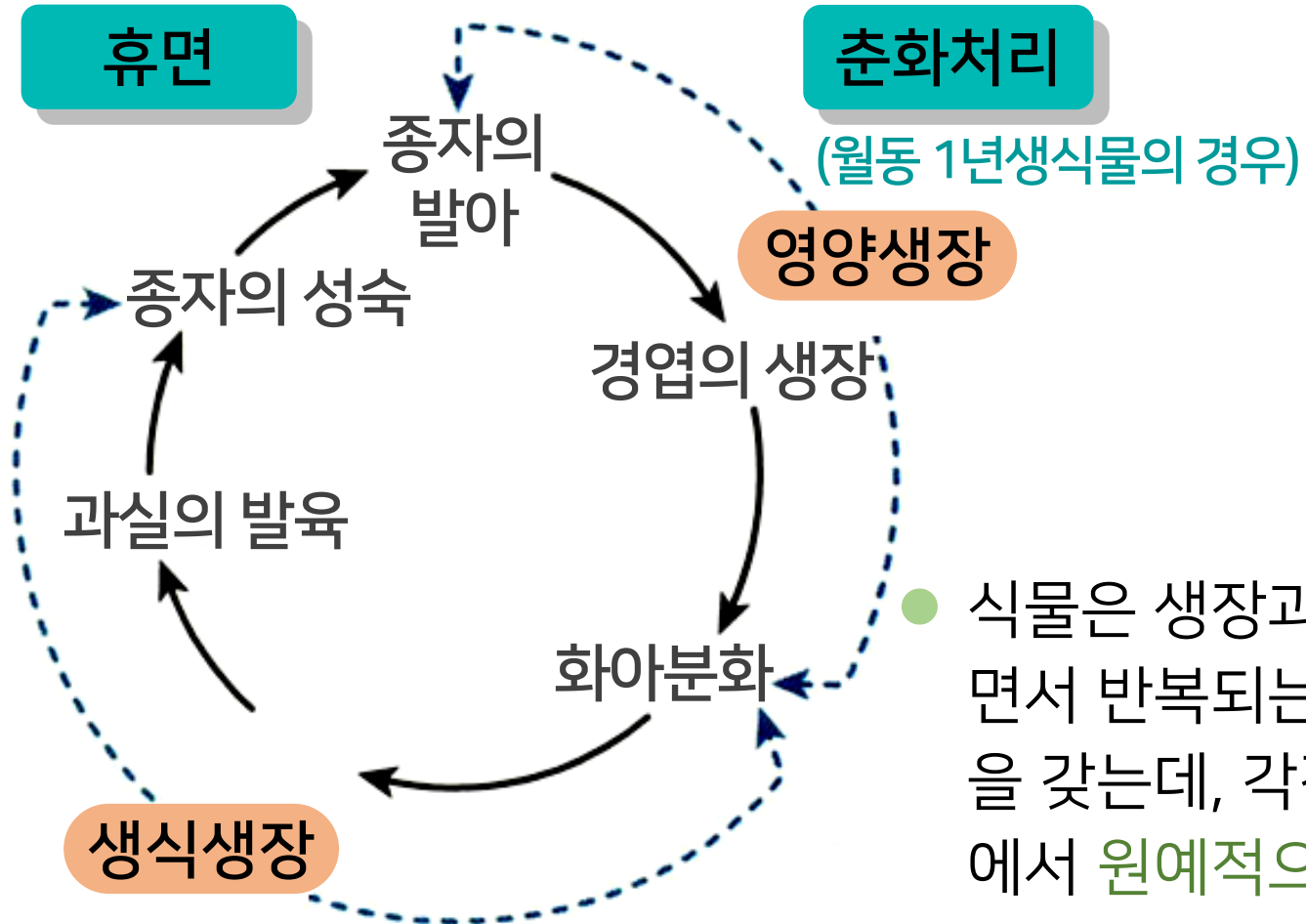
# ✧ 학습확인

4. 식물의 유년성과 성숙을 정의하고, 화아분화 및 개화에 미치는 환경요인에 대해 설명할 수 있는가?
5. 결실과 노화현상의 과정을 설명할 수 있는가?

# 정리하기



# ✳ 1년생 식물의 생활환

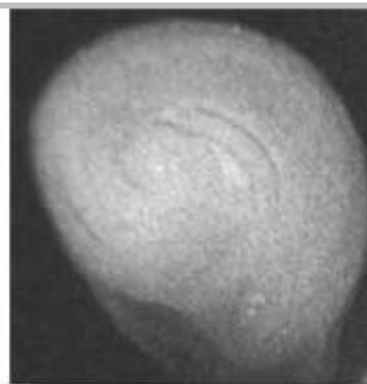


- 식물은 생장과 동시에 발육하면서 반복되는 독특한 **생활환**을 갖는데, 각각의 발육단계에서 **원예적으로 중요한 의미**를 갖는 것들이 있다.

### 3절 휴면과 발아

## ✱ 종자의 발아촉진-프라이밍

- 적정수분흡수로 발아태세를 갖추어 줌
- 고장용액(PEG, NaCl, vermiculite) 이용
- 발아율과 발아세 향상, 발아소요일수 감소

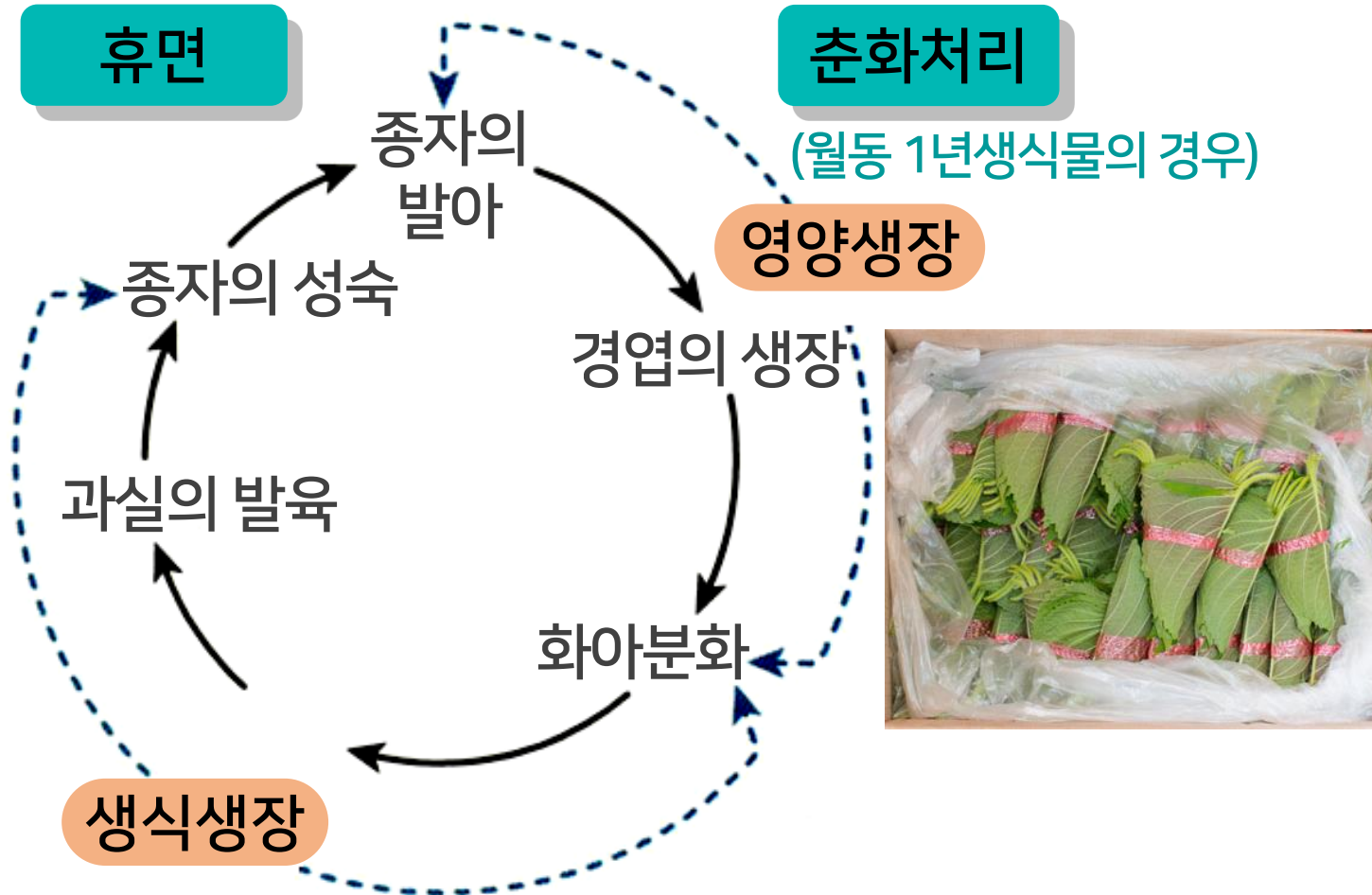


Original seed



Primed seed

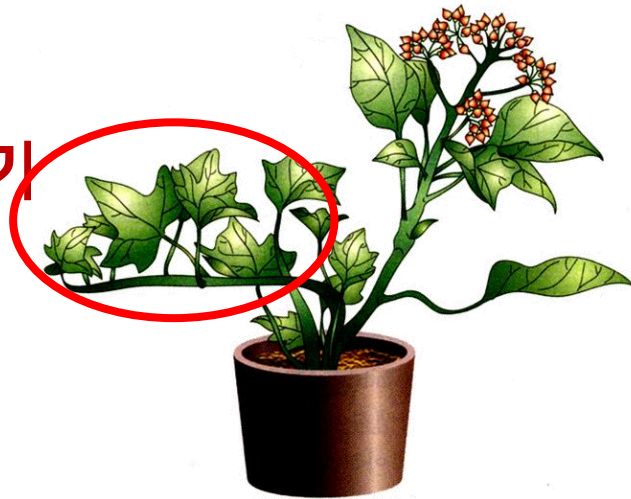
# ✳ 1년생 식물의 생활환



## 1. 유년성

- 식물은 발아 후 일정기간 생장을 해서 반드시 일정한 크기에 도달하거나 일정한 나이가 되어야 화아분화가 이루어짐. 이러한 특성을 유년성이라고 함

유년상, 유년기 → 성년상, 성년기  
화숙, 성숙, 상전환



[그림]

영국 아이비(*Hedera helix*)의 유년상과 성년상의 형태적인 차이  
(그림 3-15참조, page80) cf. 결각 : 앞의 가장자리가 깊이 패어 들어감

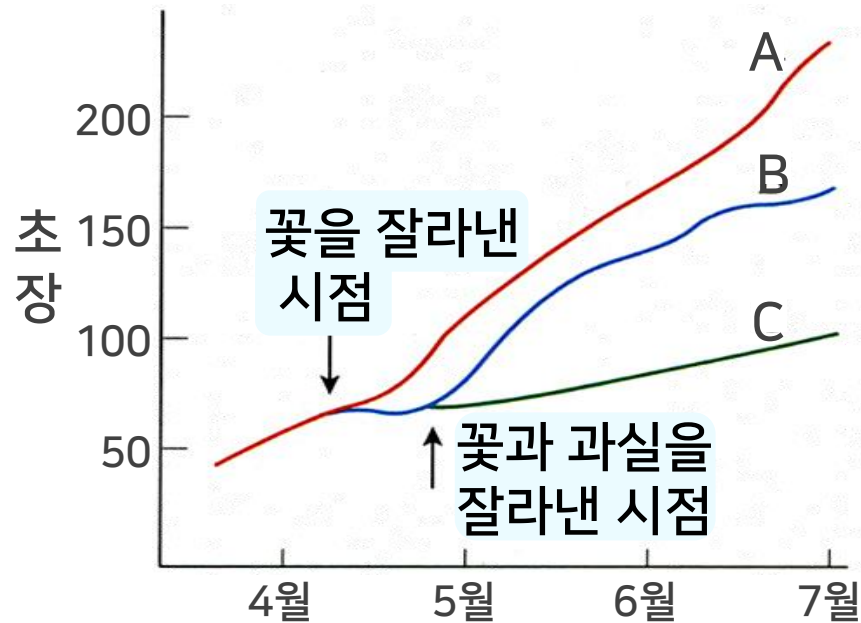


### ✳노화의 촉진

- 유년상에서 성년상으로의 전환, 다양한 스트레스, 그리고 내성 호르몬의 변화 (ABA와 에틸렌)로 노화가 촉진

[그림. 토마토의 성숙과 생식기관과 생장의 관계]

(그림 3-18, 85page)



- A: 꽃을 잘라낸 식물
- B: 과실을 잘라낸 식물
- C: 정상적으로 꽃이 피고 결실한 식물

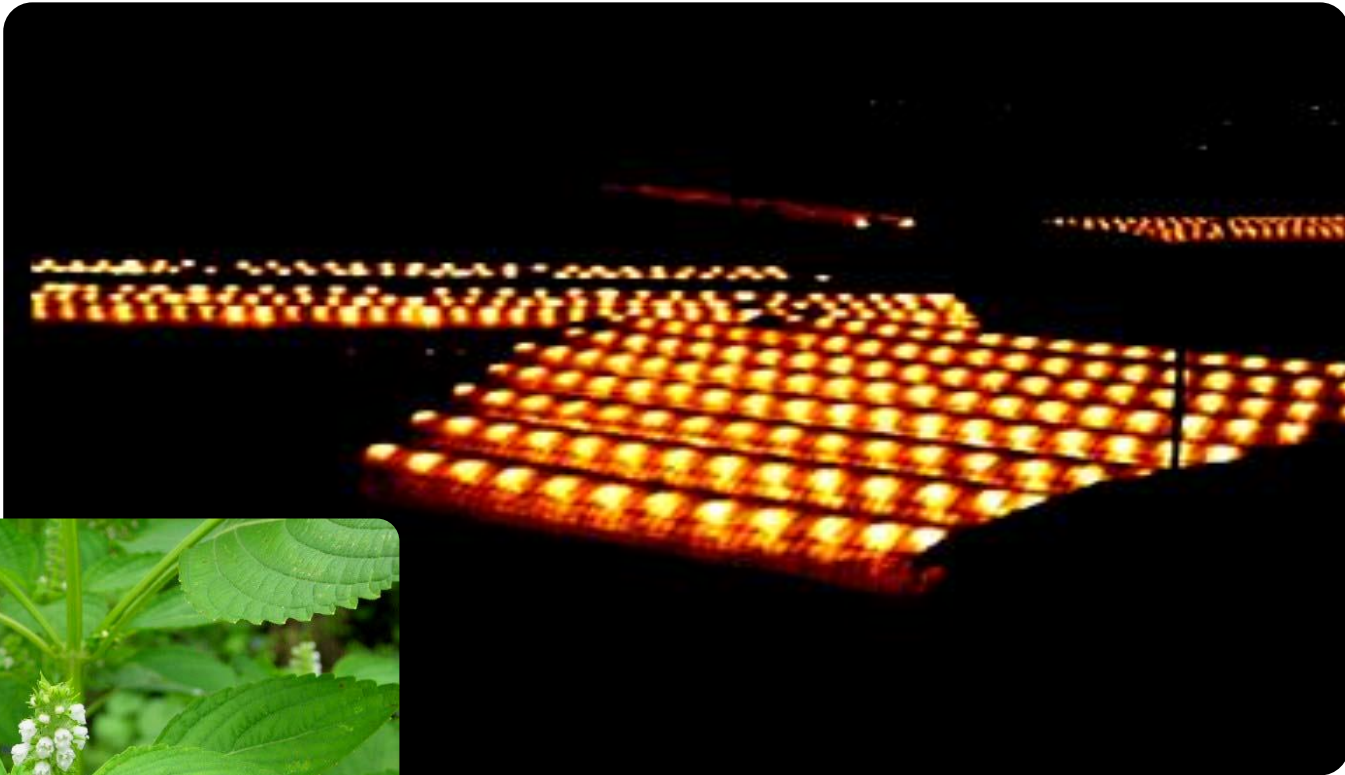
## 3. 개화

- 꽃받침과 꽃잎이 벌어져 수정태세를 갖추는 것
- 추대: 화아분화 후 화경이 신장하는 현상
- 광주성(光週性, photoperiodism)  
: 일장이 개화에 영향을 미치는 효과
- 춘화(春化, vernalization)  
: 개화를 위해 일정한 시기에 저온을  
경과해야 하는 생리적 현상



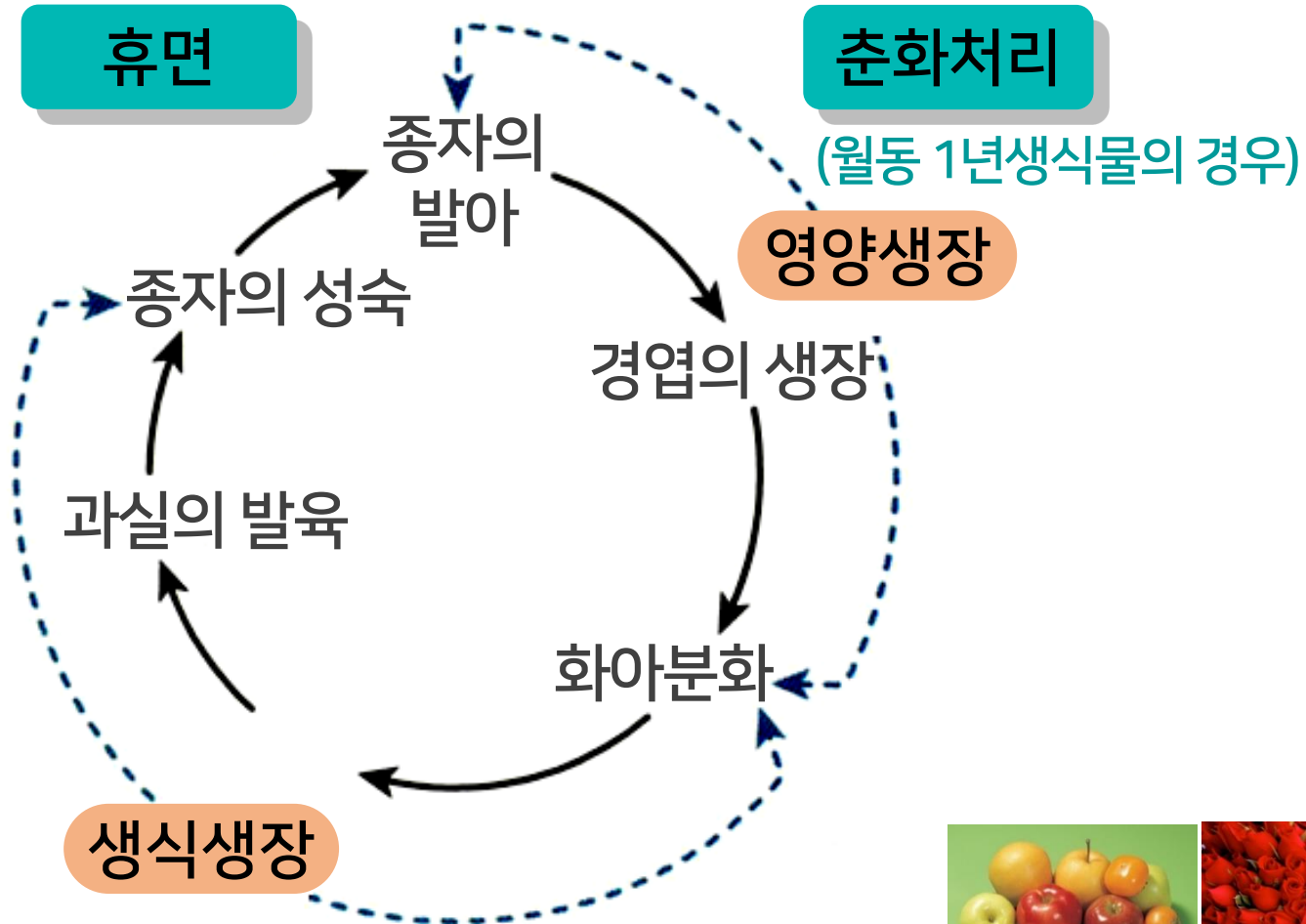
## 4절 성숙과 개화

### ✽단일식물 들깨의 전조처리재배



들깨꽃

# ✳ 1년생 식물의 생활환



춘화처리

(월동 1년생식물의 경우)

영양생장

경엽의 생장

화아분화

생식생장

과실의 발육

종자의 성숙

종자의 발아

휴면



과채류, 과실류, 절화류 등



### ✳ 성숙과정의 질적변화

- 고유의 모양을 갖추고 최대의 크기와 중량에 이른다

(과피착색) ← 엽록소 감소, 카로티노이드와 안토시아닌 증가

(과육연화) ← 세포벽 중층의 펙틴질 분해 정도가 감소한다

(단맛증가) ← 저장 녹말의 당화로 가용성 고형물 증가

(신맛감소) ← 유기산이 알칼리와 결합하여 중성염생성

(향기발산) ← 고유의 방향성 휘발성 향기성분의 생성

(호흡급등) ← 에틸렌발생과 함께 호흡이 급격히 상승



## 2. 노화

- 식물체의 일부 또는 전체가 구조적, 기능적으로 쇠퇴하는 현상
- 생리적 의미 : 비가역적 현상, 죽음에 이르는 전단계
- 부분적 노화 : 양분의 재활용, 스트레스 회피의 수단
- 시토키닌, 옥신, 지베렐린 → 노화억제
- ABA, 에틸렌 → 노화촉진
- 식물은 생장과 동시에 발육하면서 반복되는 독특한 **생활환**을 갖는데, 각각의 발육단계에서 **원예적으로 중요한 의미**를 갖는 것들이 있다.

# 정리하기

- 원예작물은 다양하기 때문에 각 식물적 특성에 따라 독특한 **생활환**을 갖는데, 원예작물마다 각각의 발육단계에서 **원예적으로 중요한 의미**를 갖는다.
- 따라서 원예적으로 중요한 발육단계에 안정적으로 이르게 하는 **생리상태, 재배기술 및 환경, 수확적기예측** 및 그 발육단계를 효과적으로 유도할 수 있는 **처리기술** 등을 이해하고 활용하는 것은 소득과 직결된다.

다음시간에는..

---

## 4강 생육과 환경