

원예학

김태성 교수

08강

시설원예와 무토양 재배

✿ 시설원예(protected horticulture)?

- 채소·과수·화훼 등의 원예작물을 유리 혹은 플라스틱필름 온실이나 식물공장 내에서 재배하는 원예의 한 분야



- 출처: 경북일보, <http://www.kyongbuk.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=947342>



시설원예

- 현대화된 시설에는 복합환경 제어시스템 뿐만 아니라 생력화를 위한 자동화 설비가 도입
- 생산성 증대와 주년생산이 가능해져 고수익농업으로 발전
- 많은 초기자본이 필요

학습목차

1. 시설원예의 의의
2. 시설의 종류와 자재
3. 시설 내 특이 환경
4. 무토양 재배
5. 식물공장과 우주농업

학습목표

1. 국내 시설재배의 현황과 시설원예가 갖는 의의를 설명할 수 있다.
2. 시설의 종류와 피복자재의 광학적, 열적 그리고 기능적 특성을 이해하고, 플라스틱필름 피복자재 종류를 다양하게 세분할 수 있다.
3. 시설 내 온도, 광, 수분, 토양, 공기환경의 특성을 이해하고 관리 요령을 간략하게 설명할 수 있다.

학습목표

4. 무토양재배를 정의하고 종류별 특징과 장단점을 설명할 수 있다.
5. 식물공장의 개념을 이해하고 향후 전망에 대해 알아 본다.

01

원예학

시설원예의 의의



1절 시설원예의 의의

✱ 시설원예(protected horticulture)?

- 채소·과수·화훼 등의 원예작물을 유리 혹은 플라스틱필름 온실이나 식물공장 내에서 재배하는 원예의 한 분야

Q1

한국의 시설재배?

2. 품목별 재배면적

1) 채소 (2016년 기준) ※ 시설채소의 비율은 전체 재배면적의 약 25% 정도

품목	재배면적 (A, ha)	비율 (A/C, %)	시설재배면적 (B)	비율 (B/A, %)
근채류	22,554	10.4	863	1.53
엽채류	42,913	19.8	8,273	14.67
과채류	53,058	24.4	41,979	74.42
조미채소	92,129	42.4	2,176	3.86
양채류	3,557	1.6	1,058	1.88
기타채소	4,050	1.9	2,056	3.65
계(C)	217,261	100	56,405	100

• 출처: 2017 채소류 생산실적

✱한국의 시설원예(1)

- 세계적 시설원예국가
- 플라스틱하우스 위주
- 유리온실 면적 확대
- 채소 재배가 주



✱한국의 시설원예(3)_발단단계 별 변화

표. 국내 시설원예의 발달 과정

발달단계 (연대)	노지재배	기초피복 (1960~ 1970)	보온 위주 (1970~ 1980)	현대화온실 (1990~ 2000)	수직농장 (2000~ 현재)
도입장비 및 기술 수준	제초, 관수, 시비	터널 수준 피복	보온, 환기	보온, 환기, 난방, 냉방, 전조, 이산 화탄소시비, 수 경시설	복합환경조절 시스템, 재배 상 이동, 작업 로봇, 보광
투자및 생산 물 가격의 변 화	생산물 가격 증가 시설 투자 자본액 증가 관리 비용 및 투입 에너지 증가				



그림. 수직농장의 내부전경
(출처: The Science Times(2020))

✱한국의 시설원예(3)_발단단계 별 변화

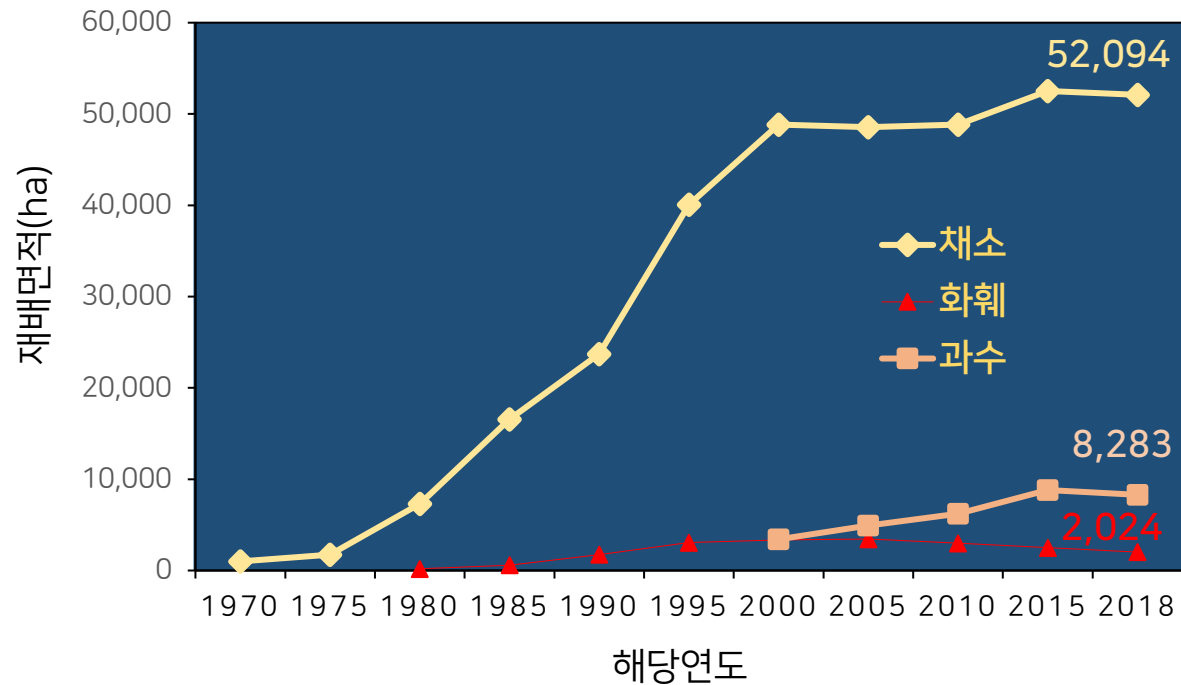


그림. 연도별 원예작물의 시설재배 면적(단위:ha)

(출처: 농림축산식품부, 2019)

- 채소는 약 23%, 과수는 약 5%, 화훼는 약 48%의 면적이 시설재배로 이루어짐('18년)
- 현재는 채소재배를 중심으로 현대화 온실에서 수직농장으로 발전되는 과도기

✱한국의 시설원예(2)_과수

- 상업적: 감귤, 포도, 참다래 (키위), 무화과 등
- 실험적: 사과, 복숭아, 배, 단감, 자두, 블루베리 등
- 감귤 (최대시설면적), 포도(시설재배의 효시)
- 제주, 김천, 영천, 영동, 옥천, 대전, 천안, 가평

✽ 시설원예의 의의

- 주년생산으로 농가소득증대
- 기업적 경영감각의 영농
- 국민보건향상과 정서함양
- 생산과 소비의 다양화
- 미래지향적 생산시스템
- 새로운 관련 산업의 발전
- 신재생에너지 활용과 환경보전

Q2

시설재배 농가에게 주어지는 실질적인
혜택에 대해 좀 더 설명 부탁드립니다.

- 시간적 · 공간적 새로운 적지 조성
- 제철 밖의 단경기(端境期, off season) 생산
- 단위생산량 증가
- 품질과 안전성 향상
- 작업의 자동화, 생력화

02

원예학

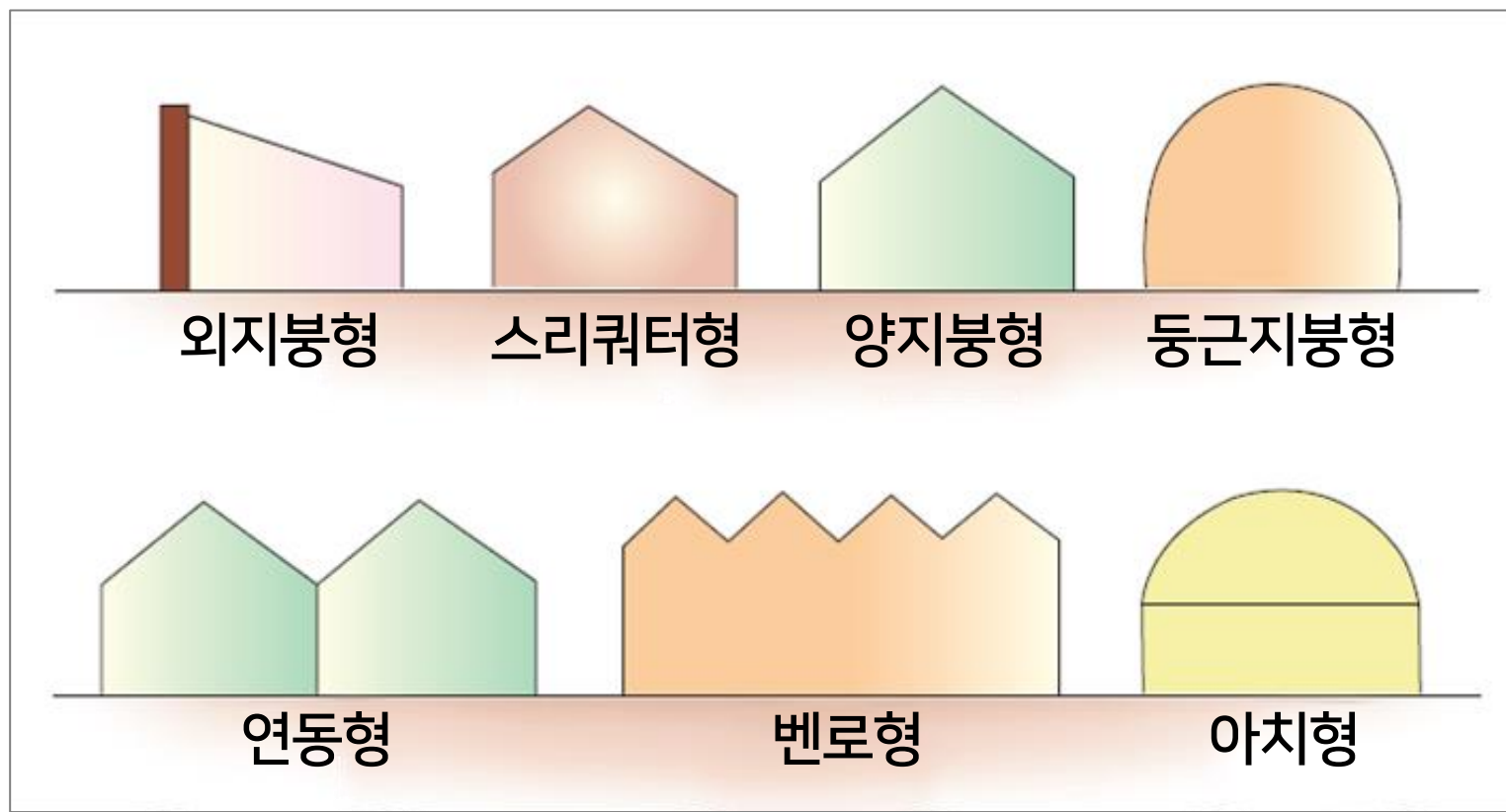
시설의 종류와 자재

✻ 시설의 종류

- 피복자재에 따라 :
유리온실, 플라스틱온실(비닐하우스, 아크릴온실, 폴리카보네이트온실)
- 구조자재에 따라 :
죽조온실, 목조온실, 철골온실, 파이프온실(아연도금강관)
- 지붕모양에 따라 :
외지붕형, 스리쿼터형, 양지붕형, 벤로형, 둥근지붕형, 터널형
- 특이구조에 따라 :
에어하우스, 펠레트하우스, 지붕개방식, 이동식, 바가림시설

✽ 시설의 종류 _지붕모양에 따라

p223



[그림 8 - 3. 지붕모양에 따른 시설의 여러 가지]

Q3

벤로형(Venlo type)이 연동형과 구별되는 특징에 대해 설명 부탁드립니다.

- 폭이 좁고 처마가 높은 양지붕형 연결
- 연동형 온실의 결점보완
 - 적설피해방지
 - 골격율이 12% 감소에 따른 투광률 증가와 시설비 절약



✽ 시설의 자재 - 피복자재

[표 8 - 1. 시설 피복자재의 종류] p227

기초피복재	추가피복재
<p>유리 : 판유리, 복층유리, 열선흡수유리</p> <p>플라스틱필름 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연질필름 : PE, PVC, EVA - 경질필름 : 폴리에스테르, 불소수지 - 경질판 : FRP, FRA, 아크릴, 복층판 	<p>시설외면 : 거적, 이엉, 매트</p> <p>소형터널 : 연질필름, 한냉사, 부직포, 거적</p> <p>지면피복 : 연질필름, 반사필름</p> <p>커튼보온 : 연질필름, 반사필름, 부직포</p> <p>차광피복 : 한냉사, 부직포, 네트</p>

※ 기초피복은 기본 골격구조물 위에 고정시켜 피복하는 것이고,
추가피복은 기초피복재의 안팎에서 보온·차광·보광·방충 등을
목적으로 추가적으로 피복하는 것 임

✳ 시설의 자재 – 피복자재의 특성

- 기본특성 : 두께(유리 4, PE 0.1mm), 밀도(유리 2.1, PE 0.92g·cm⁻³)
- 광학적 특성
 - 광투과율(%) : 투입한 광량 대비 광 에너지의 피복재 투과량
 - 광반사율(%) : 투입 광량 중 피복재 주위로 반사된 양의 비율
 - 광흡수율(%) : 투입된 광량 중 피복재에 흡수된 비율
 - 분광투과율(%) : 광의 파장별 투과율(분광기를 이용)
 - 산란율(%) : 피복재를 통과한 광의 산란되는 광 비율

✽ 시설의 자재 – 피복자재의 특성

● 열적특성

- 열전도율($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$): 단위 면적당 피복재가 열을 전달하는 정도를 나타냄
- 열팽창계수: 온도가 1°C 올라갈 때 피복재가 팽창하는 정도
- 보온성: 실내 보온 정도로 열전도율이 낮으면 보온성이 매우 높음
 - 보온성이 높으면 난방에 드는 에너지가 절감됨

✻ 시설의 자재 – 피복자재의 특성

- 내구성 : 구성 요소로 역학적 특성과 환경 내성(열화, 황변) 등이 있음
 - 신장률(%): 피복재가 늘어나는 정도를 나타냄
 - 인장강도($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$): 인장(재료가 절단되도록 끌어당김)에 대한 저항 정도를 나타냄
 - 인열강도($\text{N} \cdot \text{cm}^{-1}$): 직각 또는 수평 방향 찢김에 대한 저항 정도를 나타냄
 - 굽힘강도(N): 굽힘 시험에서 파괴 시의 최대 인장 응력(내부의 힘)을 의미함

✻ 시설의 자재 – 피복자재의 특성

● 기능성

- 무적성(無滴性): 피복재에 물방울이 맺히지 않는 성질
- 유적성(有滴性): 물방울이 묻어도 흐르는 성질
 - 계면 활성제로 코팅하여 물방울이 퍼져서 제거되는 기능
 - 병발생 억제
- 투습성: 수분의 투과 정도
- 내후성: 기후변화에 따른 변색, 착색, 강도유지 정도
- 광전환성: 광합성에 유효하지 않거나 효율이 낮은 파장을 효율이 높은 파장으로 바꾸는 특성
- 방진성 : 피복재에 먼지의 부착을 억제하는 성질을 말함

✻ 시설의 자재 – 피복자재의 특성

- 종합적 특성
 - 작업성 : 자재 간의 접착성과 무게 등의 피복 작업의 용이성에 관계되는 특징
 - 경제성 : 피복재의 수명과 가격
 - 기타 : 폐기성, 내약품성, 유독가스 발생 여부

✽ 시설의 자재 - 피복자재_연질플라스틱필름 (1)

폴리에틸렌(polyethylene : PE)필름

- 에틸렌($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$)을 단량체로 중합
- 대부분 0.15mm이하이고, 2016년 기준으로 온실 면적(51,909ha)의 77%인 40,190ha에서 기초 피복재로 이용되고 있음
- PE필름은 광투과율이 높고, 방진성 우수, 필름끼리 잘 붙지 않으며(작업성 우수), 농약에 대한 내성이 크며, 가격이 저렴
- 단점으로 보온성과 내구성(항장력, 신장력)이 낮음. 내후성이 약해 수명이 짧음
- 비가림 온실과 터널의 기초피복, 2중 피복 온실의 내피복재로 활용

✽ 시설의 자재 - 피복자재_연질플라스틱필름 (2)

에틸렌아세트산(ethylene-vinyl acetate copolymer : EVA)필름

- 에틸렌($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$)과 초산비닐($\text{CH}_2=\text{CHOCOOH}$)의 중합
- 광투과율이 뛰어나고 항장력과 신장력이 크며 먼지의 부착이 적고, 농약(화학약품)에 대한 내성이 강하고, 저온에서 굳지 않고, 고온에서 잘 견딤(내열성, 가스발생이나 독성 안전)
- 내후성과 보온성은 PE필름과 PVC의 중간
- 가격은 PE보다 비쌘

✽ 시설의 자재 - 피복자재_연질플라스틱필름 (3)

폴리염화비닐 (polyvinyl chloride: PVC)

- 염화비닐($\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$)을 단량체로 중합하여 얻은 고분자 수지
- 광투과율이 높고, 장파투과율과 열전도율이 낮기 때문에 보온력이 좋음
- 내후성이 좋고, 농약에 대한 내성이 크며 수증기가 통과할 수 있어 터널 피복재로 이용
- 일반적으로 유연성·탄력성이 높고 물방울 맺힘 방지 효과도 장기간 유지
- 반면에 무겁고 끈적거리며 때가 잘 타서 광선투과율이 낮아지는게 단점
- 계면활성제, 보온성 강화 물질 등을 필요에 따라 첨가

✽ 시설의 자재 - 피복자재_연질플라스틱필름 (4)

폴리올레핀계(polyolefin : PO)필름

- 농업용 PE필름의 보온성을 개선하기 위해 PE와EVA를 3~5겹 겹쳐서 다층구조로 만든 필름
- 광투과율이 높고, 무적성이 뛰어나며, 인장력과 내구성이 뛰어나 3년 이상 장기 사용이 가능하지만 PE필름에 비해 가격이 비쌘
- 최근 국산 PO계 장기성 코팅 필름이 개발되어 농가에 보급되는 중임 (자외선 흡수율, 보온성, 내구성 강화 제품 등장)

✻ 시설의 자재 - 피복자재_경질플라스틱필름 (1)

경질 폴리에스테르 필름(PET)

- 에틸렌글리콜과 테레프탈산의 축합반응으로 제조
- PET필름은 광투과 중 장파 복사선의 투과율이 낮기 때문에 보온성이 높음
- PET필름은 연질 필름에 비해 인열강도가 높고, 무적성이 좋은 편이며, 5년 이상 연속 사용

※ 경질 플라스틱 필름은 가소제를 함유하지 않는 두께 0.1-0.25mm의 필름으로 폴리에스테르 및 불소필름 등이 있음

✻ 시설의 자재 - 피복자재_경질플라스틱필름 (1)

불소수지 필름

- 불소계 수지는 결합력이 강하고, 비중이 높기 때문에 투광성, 방진성, 강도 등이 오랫동안 유지되어 내구연한이 매우 길음
- 0.1mm 두께의 불소수지 필름 광투과율은 10년을 경과해도 92% 이상을 유지할 정도로 내구성이 뛰어나고, 적외선 방사를 강하게 흡수하여 보온성이 높지만 가격이 비싸고, 소각할 때 성층권을 파괴하는 성분이 발생하므로 폐기에 주의

※ 경질 플라스틱 필름은 가소제를 함유하지 않는 두께 0.1-0.25mm의 필름으로 폴리에스테르 및 불소필름 등이 있음

03

원예학

시설 내 특이 환경



[표 4-1 주요 원예작물의 최저·최적·최고 온도]

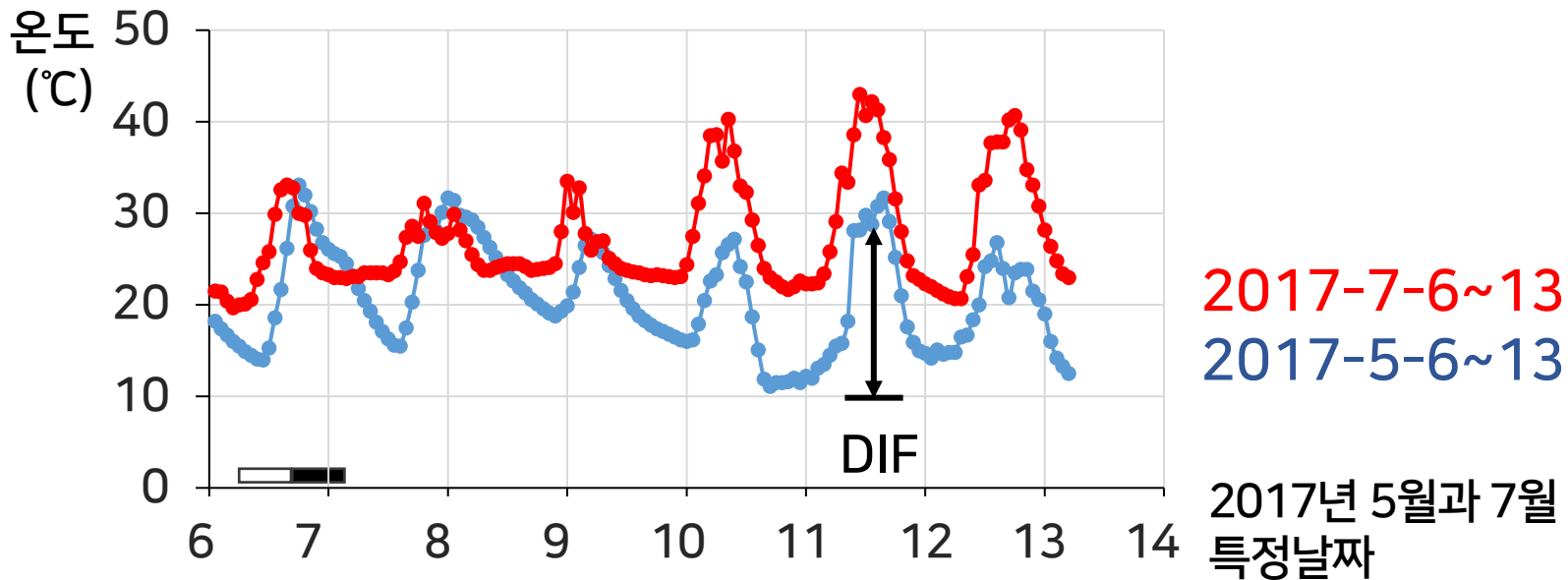
종류	최저온도	최적온도	최고온도	
고추, 토마토, 수박	10~15	25	35	호온성 채소
배추, 상추, 딸기	4~5	17~20	25~30	호냉성 채소
튤립, 수선 등	10	15~18	20	
야자식물류	15~18	25~30	35~40	
선인장류	10~15	30	50	
열대식물류	10	25	30	

※ 같은 식물에서도 발아·생장·개화 등의 생육단계별로
최적 온도를 세분화 시킬 수 있음

3절 시설내 특이 환경

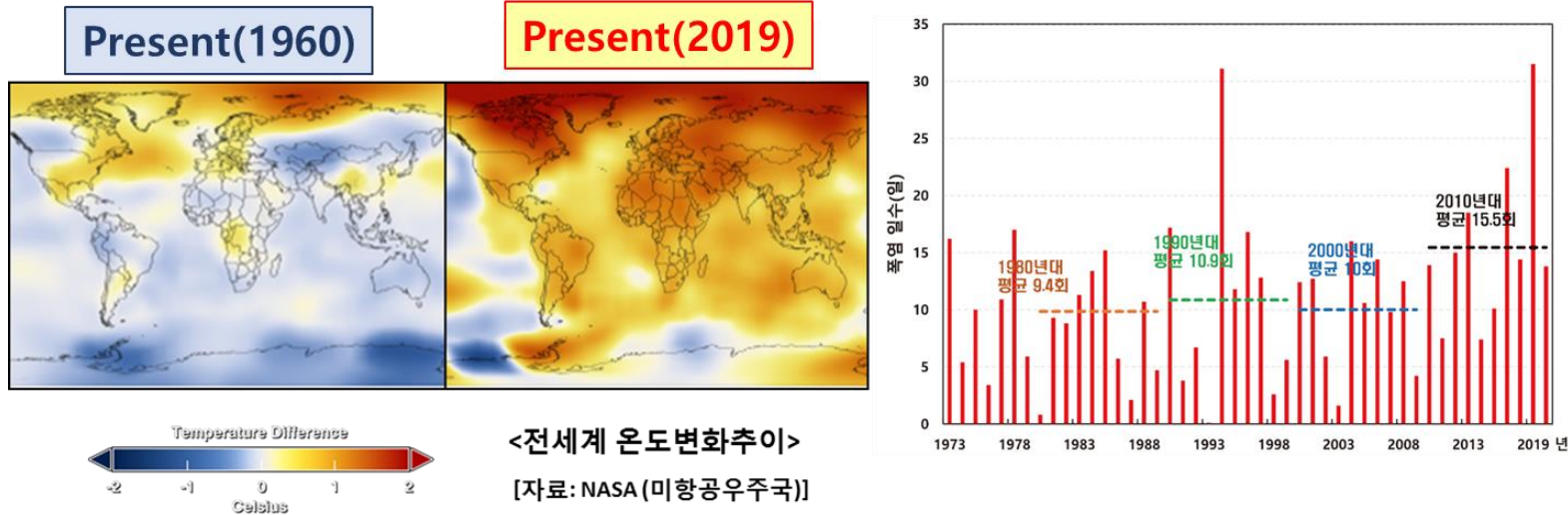
✳ 주야간 온도차이는 작물의 생육에 영향을 준다. 4강 생육과 환경 [복습]

- 주야간 온도차=DIFference(DIF)
- DIF=주간 평균온도-야간 평균온도
- 여름철 야간온도의 상승은 호흡을 증가 영양생장을 과도하게 유도하여 건전한 생육 저해



[그림] 5월과 7월의 비가림 시설내의 온도변화 비교

✱ 지구온난화와 작물생육

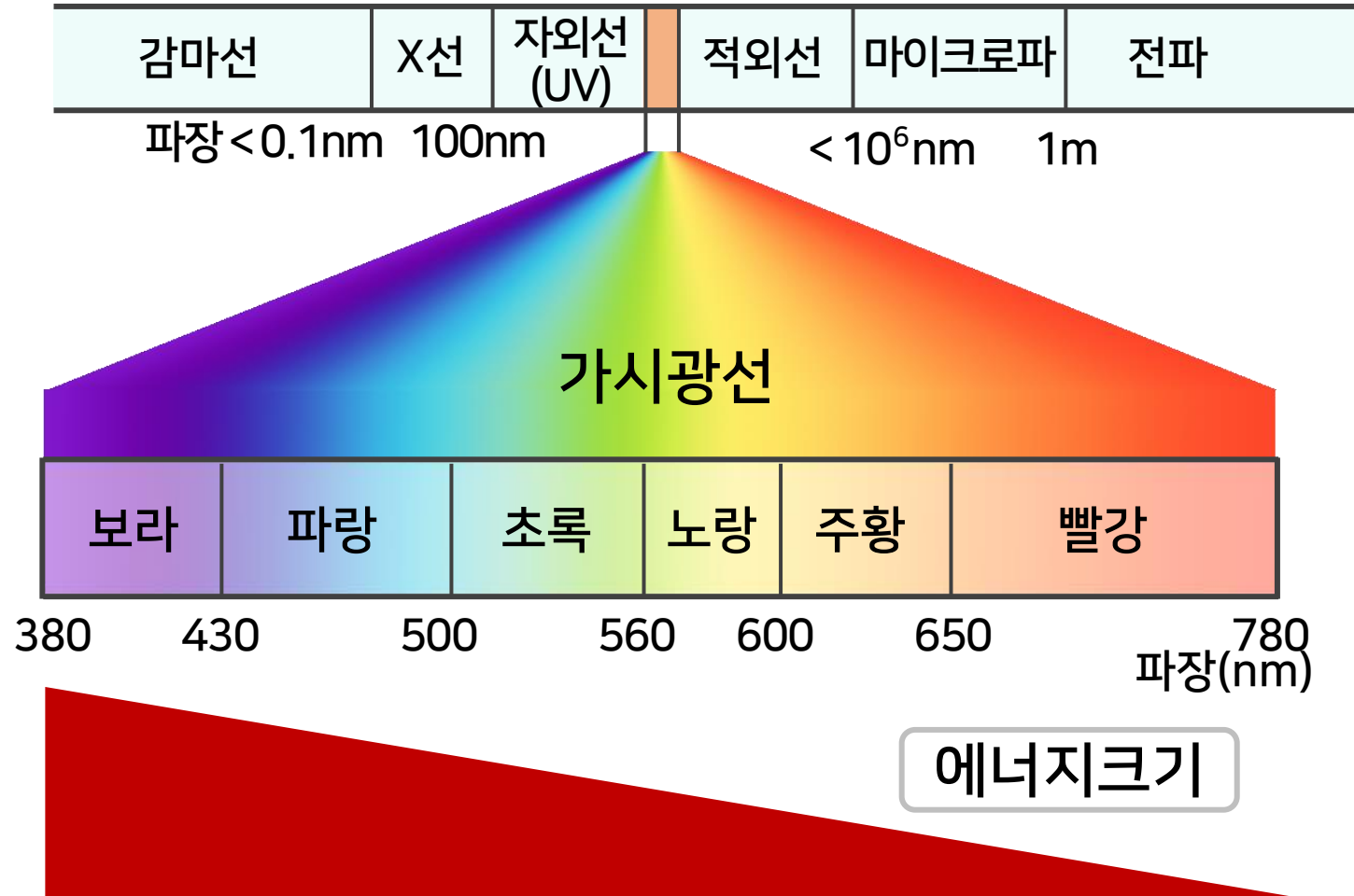


- 우리나라의 연평균기온이 2℃만 상승한다 해도 중부평야지대는 13℃가 되어 현재 대구 등지의 영남분지지지대와 같은 기후지대가 될 것이며,
- 영남분지지지대는 15℃가 되어 현재 제주도와 같은 기온이 될 것이며, 현 고랭지 재배지역도 표고가 높은 곳으로 이동해야 함
- 따라서 향후 원예작물의 재배적지 선정에 신중

3절 시설 내 특이 환경

* 광은 광원에서 방출되는 일종의 전자기파임

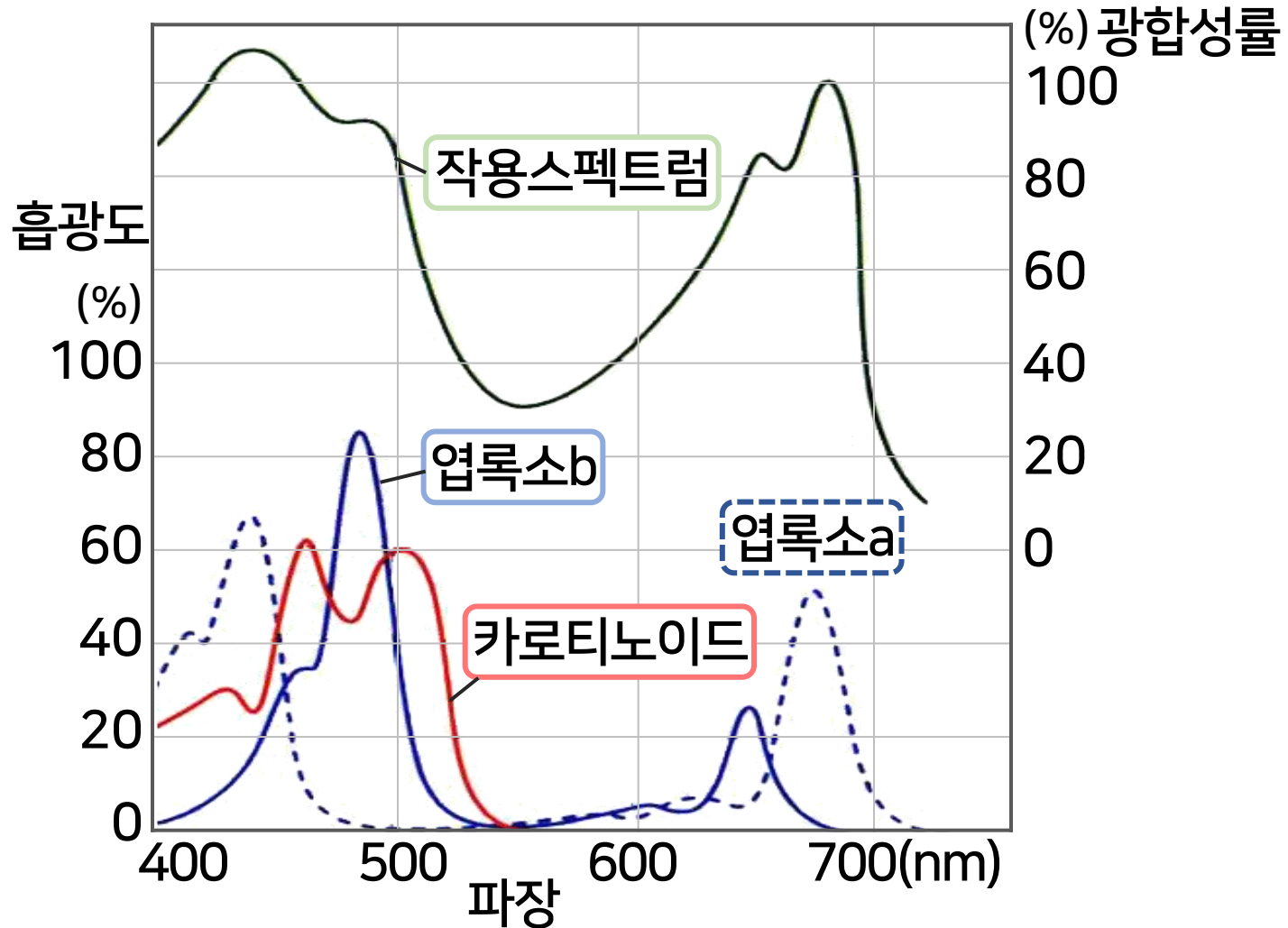
4강 생육과 환경 [복습]



3절 시설 내 특이 환경

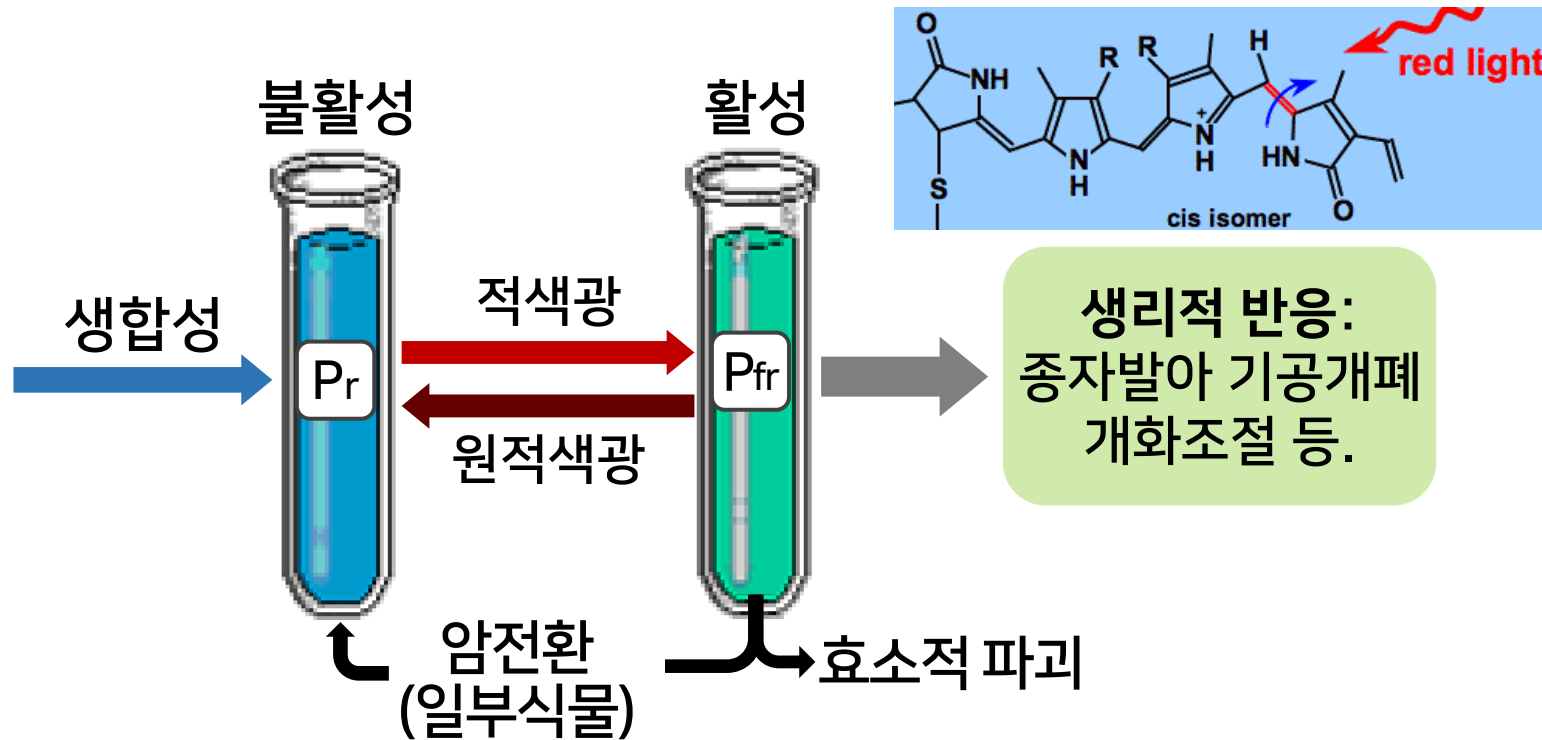
✱ 특정 광수용 색소는 특정 파장의 광을 흡수하여 생리적 반응을 유도함

4강 생육과 환경 [복습]



* 피토크롬 - 광수용색소단백질

- 특정 광질이 생리적 작용의 신호 역할을 수행

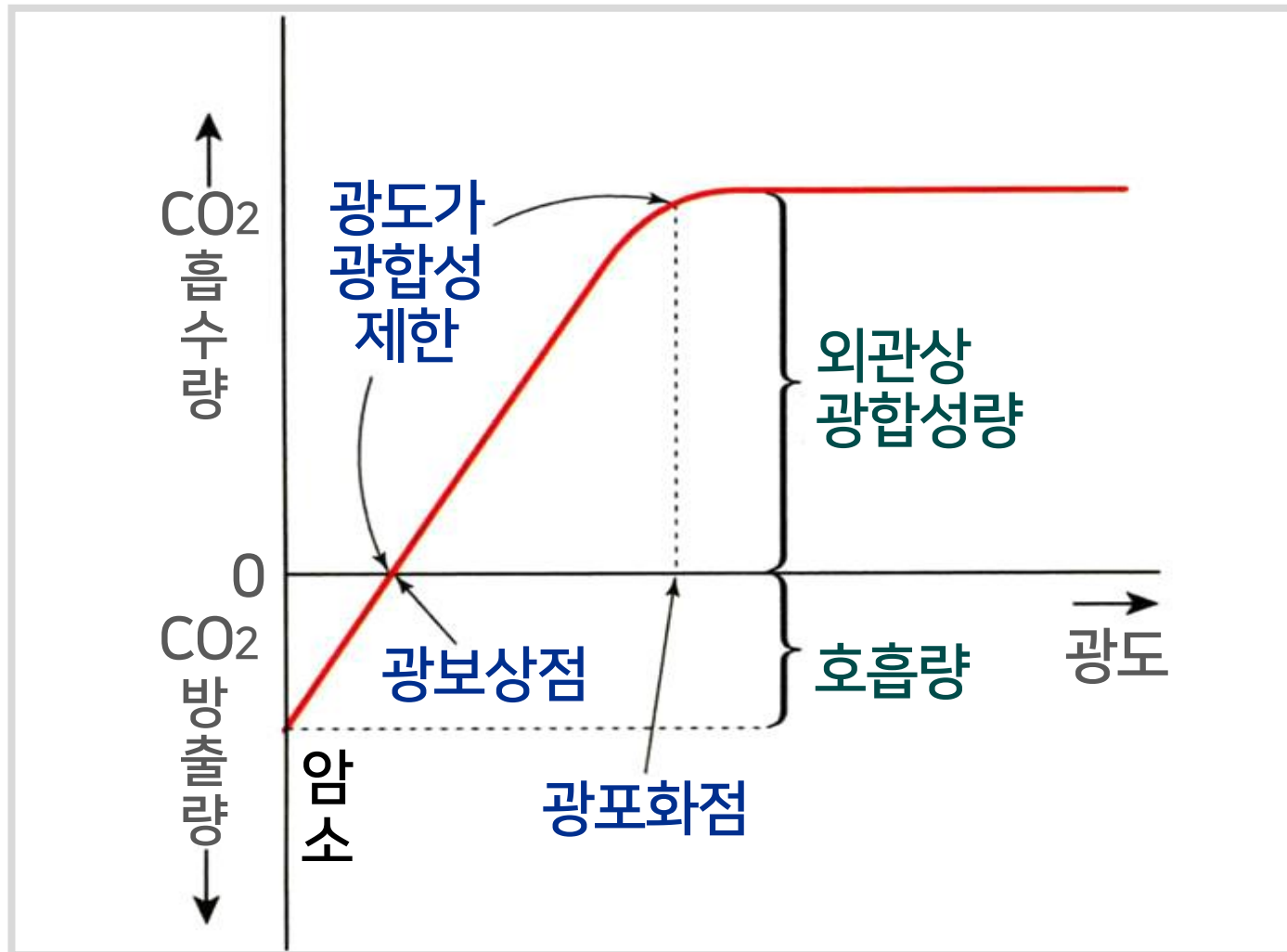


- 피토크롬**(phytochrome) : 광수용 색소단백질.
적색광을 받으면 화학구조가 바뀌어 생리적 반응의 활성형이 됨

3절 시설 내 특이 환경

*광도와 광합성

4강 생육과 환경 [복습]



[표 4-3. 주요 원예작물의 광보상점과 광포화점]

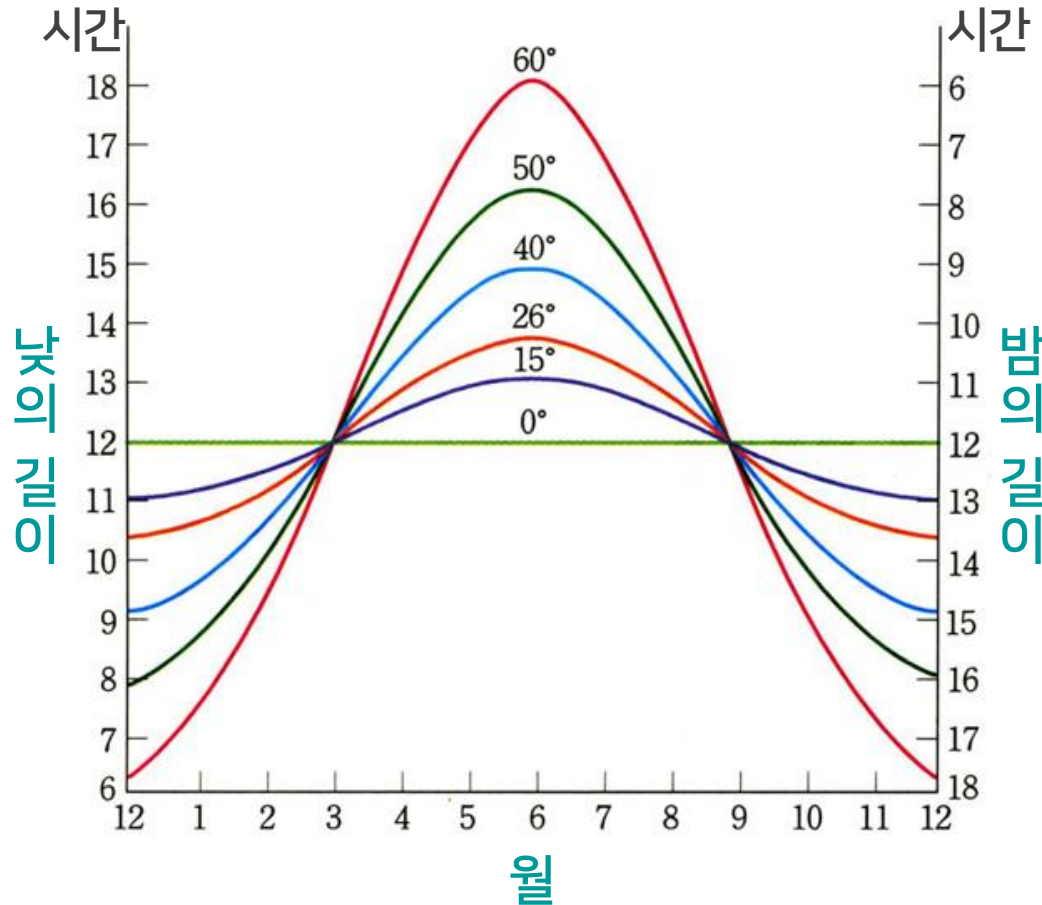
채 소	광보상점	광포화점	화 휘	광보상점	광포화점
수박	4.0	80	글록시니아	2.5	45
토마토	-	70	칼라디움	0.8	45
오 이	-	55	꽃베고니아	0.2	30
호 박	1.5	45	포 트 멈	0.3	29
배 추	1.5	40	칼라테아	0.3	18
고 추	1.5	30	몬스테라	0.2	18
상 추	1.5	25	초 롱 꽃	0.4	18
강낭콩	1.5	25	심비디움	0.2	11
머 위	2.0	20	텐드로비움	0.2	5

이 표의 광보상점과 광포화점의 단위는 klux임.
 광원 마다 PPF로 변환은 다른 함수를 요구.
 이 표는 상대적인 광 요구도를 이해하는데 유용

✱ 일장은 위도에 따라 계절별로 차이가 남

4강 생육과 환경 [복습]

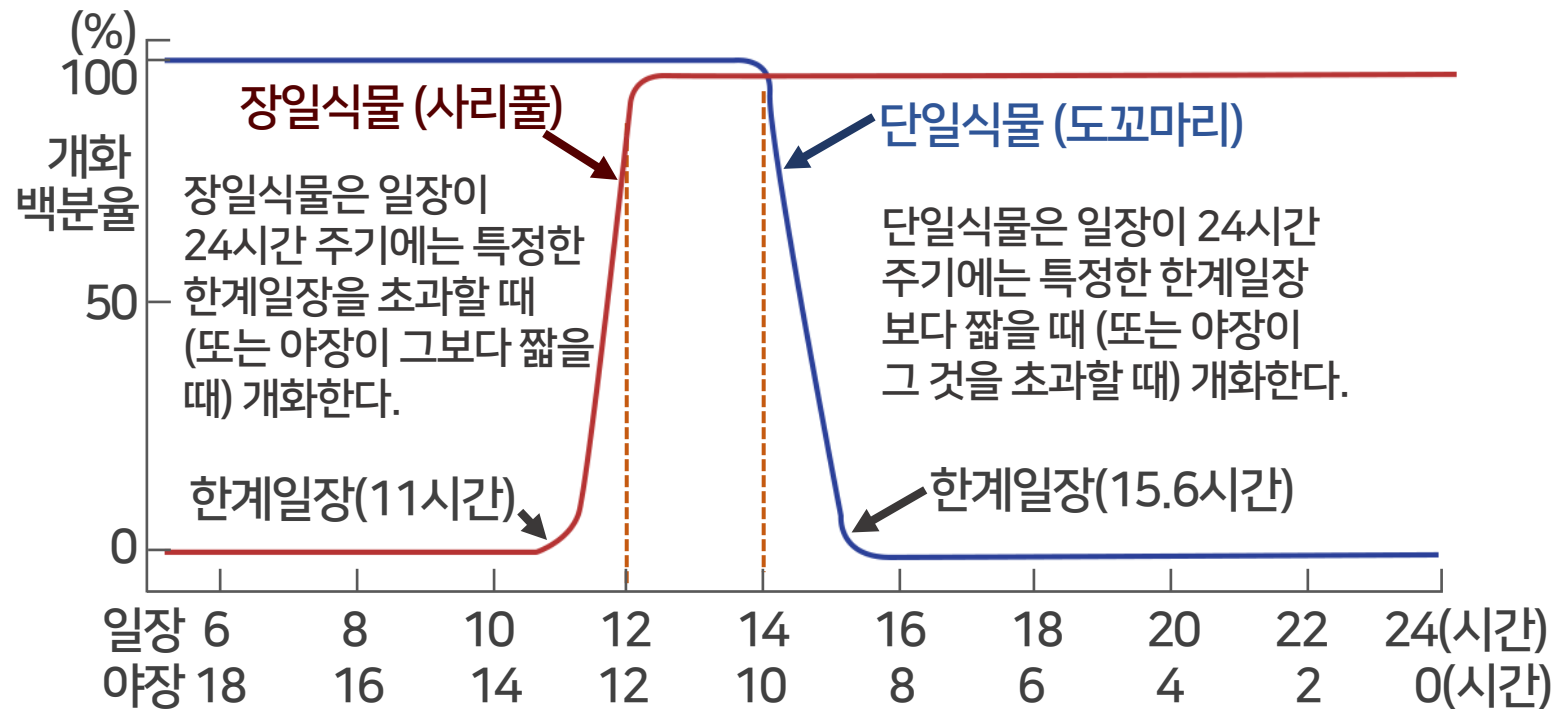
[그림 4-12] 위도별·계절별 일장의 변화



- 적도지방에서의 일장은 계절에 관계없이 일정하지만 적도에서 멀어질수록 계절별 일장의 변동 폭은 커진다.
- 위도가 높아질수록 여름의 낮은 길어지고 밤은 짧아짐
- 계절별·위도 별 식물 분포와 식물생태계에 영향

* 일장은 위도에 따라 차이가 남

- **한계일장(critical day length):**
그 식물이 개화를 유도할 수 있는 유도할 수 있는
유도일장과 비유도일장의 경계가 되는 일장



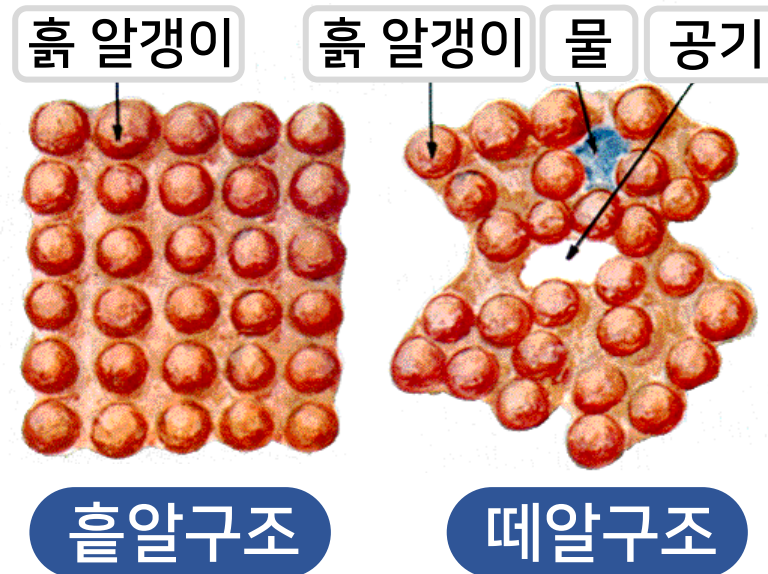
※ 토양 유기물(식물 부숙질) 시용효과

4강 생육과 환경 [복습]

- 보수력과 보비력 향상
- 토양반응 완충능 향상
- 미생물의 활동을 증진
- 토양의 입단화(떼알구조)를 촉진



※ 공극률 개선



✱ 토양수분의 측정

4강 생육과 환경 [복습]

수은주 (cmHg)	수주(cm)	pF	기 압	토양수분	
				종 류	항수
760,000	10,000,000	7	10,000	흡착수	흡습계수
760	10,000	4	10	모관수	위조계수
76	1,000	3	1		
7.6	100	2	0.1	중력수	포장용 수량
0.76	10	1	0.01		
0	1	0	0.001	중력수	최대용 수량

[표 4 - 6. 장력에 의한 토양수분의 종류]

✳관수량의 결정 - 이론

7강 생육의 조절 [복습]

$$\text{관수량 (이론)} = \frac{\text{포장용수량(\%)} - \text{관수 전 토양함유율(\%)}}{100} \times \text{근군부위 토심(mm)}$$

Q 근군 부위 포장용수량(용적비 40%) 상태로 보충할 1회 이론적 관수량(L)은? (단 근군부위 토층은 300mm이고, 직전 토양함수비(용적비)는 30%이며, 유효 관수율은 70%)

A

$$\frac{(40(\%)-30(\%))}{100} \times 300(\text{mm}) \times \frac{100}{70} = 42.9 \text{ mm}$$

➡ 1m x 1m x 1mm은 1L이므로 재배면적 1m² 당 42.9mm인 경우는 42.9L가 됨

✳관수량의 결정 - 실제

7강 생육의 조절 [복습]

- 관수량을 이론적으로 산출할 수 있지만, 작물별 또는 토양별로 관수량을 직접산출하여 관수하는 예는 거의 없음
- 다만 관수장치 등을 설치할 때 시설의 용량이나 관수횟수 등을 결정해야 하므로 관수량의 계산이 필요
- 실제로 관수량의 조절은 관수장치의 가동시간이나 물탱크의 용량으로 하는 것이 보통



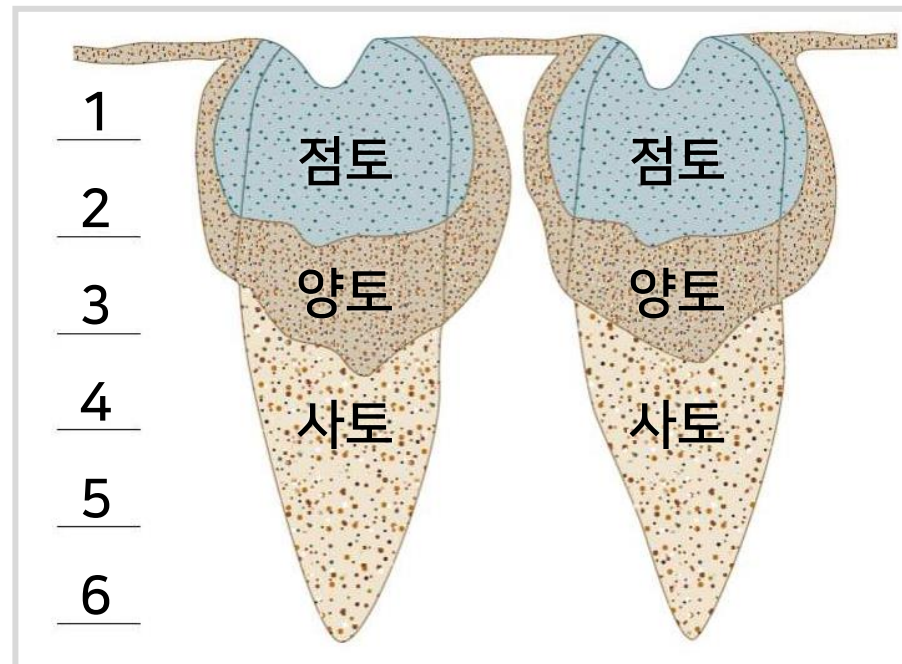
[그림 6 - 7. 관수시기와 관수량의 실제 조절 모습]

✳ 관수량의 결정 - 고려사항

7강 생육의 조절 [복습]

- 작물의 요수량
- 생육기별 수분요구도
- 토양조건
- 기후조건
- 재배방식

상대적 깊이(배)



[그림 6 -8. 고랑관수에서의 토성에 따른 수분 침투 정도]

Q5

시설 내의 환경 특이성에 대해
설명 부탁드립니다.

구분	환경특이성
온도	일교차가 크다. 위치별 분포가 다르다. 지온이 높다.
광	광질이 다르다. 광량이 감소한다. 광분포가 불균일하다.
수분	토양이 건조해지기 쉽다. 공중습도가 높다. 인공관수를 한다.
토양	염류 농도가 높다. 토양 물리성이 나쁘다. 연작장해가 있다.
공기	탄산가스가 부족하다. 유해가스가 집적된다. 바람이 없다.

[표 8 - 2. 시설 내의 환경특이성]

✱ 시설환경의 특성과 관리 - 온도

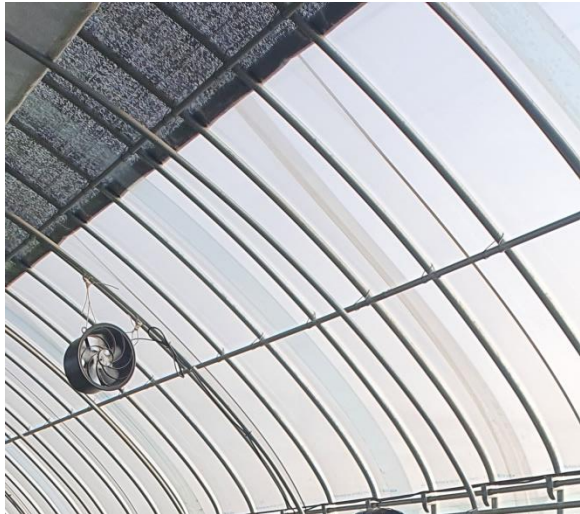
- 특성 : 일교차가 크다, 위치별 분포가 다르다, 지온이 높다
- 관리 : 보온(터널, 커튼, 수막시설), 난방, 냉방, 환기



3절 시설내 특이 환경

✽ 시설환경의 특성과 관리 - 광

- 특성 : 광질이 다르다, 광량이 감소한다, 광분포가 불균일하다
- 관리 : 피복재선택, 주기적 세척, 반사광이용, 인공광 도입



3절 시설내 특이 환경

✱ 시설환경의 특성과 관리 - 수분

- 특성 : 건조해지기 쉽다. 상대습도가 높다, 인공관수를 한다
- 관리 : 단열재 매설, 자동화 관수, 멀칭, 환기, 가온



✱ 시설환경의 특성과 관리 - 토양

- 특성 : 염류농도가 높다. 물리성이 나쁘다, 연작장애가 발생한다
- 관리 : 객토, 심경, 담수처리, 유기물시용, 피복물제거, 흡비작물재배



3절 시설내 특이 환경

✳ 시설환경의 특성과 관리 - 공기

- 특성 : 이산화탄소가 부족하다. 유해가스가 집적된다.
바람이 없다
- 관리 : 이산화탄소시비, 환기, 유동팬설치로 풍속유지



04

원예학

무토양 재배

✳무토양재배(soiless culture)?

- 무토양재배(soiless culture)는 뿌리를 복잡한 토양 대신 조성이 단순한 고형 및 액상 배지 혹은 어떠한 배지 없이 공기 중에 위치시켜서 식물을 재배하는 기술
- 양액으로 영양공급



✳필수원소의 기준

6강 시비와 관수[복습]

1. 결핍되면 자신의 생활환을 완성할 수 없다.
2. 식물체의 필수적인 성분(엽록소 등)의 구성성분이다.
3. 기능과 효과면에서 다른 원소로 대체할 수 없다.
4. 단순히 상호작용의 효과 때문에 요구되는 것이 아니다.



• 독일의 식물생리학자 작스(J. Sachs, 1832~1897)가 고안한 수경법(hydroponics)은 각 원소의 필수성과 생리적 기능 파악을 가능케 함

✳ 무기양분의 결핍

6강 시비와 관수[복습]

- 고등식물은 물, 공기, 태양에너지 및 토양에서 흡수된 필수원소들이 있는 조건하에서 정상적인 생장에 필요한 모든 유기 화합물 및 기타 화합물을-아미노산, 호르몬 및 비타민 등- 합성할 수 있는 독립영양체(autotrophic)
- 식물이 정상적인 생육을 유지하기 위해 토양으로부터 공급받는 무기양분의 균형 있는 획득이 중요
- 특정 무기염류의 결핍은 식물의 대사와 기능을 교란하기 때문에, 무기영양소의 적절한 시비는 재배식물의 높은 생산성과 깊은 관계가 있다.



Q6

무토양 재배의 장점과 단점에 대해
설명 부탁드립니다.

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none">■ 연작재배가 가능하다■ 청정재배가 가능하다■ 자동화·생력화가 쉽다■ 생육과 수량성이 좋다■ 아무 데서나 가능하다	<ul style="list-style-type: none">■ 양액의 완충능이 작다.■ 많은 자본이 필요하다■ 전문적 지식이 필요하다.■ 병균의 전염이 빠르다.■ 작물의 선택이 제한적이다.

[표 8 - 3. 무토양재배의 장점과 단점]

Q7

무토양 재배의 종류에 대해
설명 부탁드립니다.

구분	재 배 방 식
순수 수경	<p>담액수경 : 연속통기식, 액면저하식, 등량교환식, 저면담배수식</p> <p>박막수경 : 환류식</p>
	분무경(경기경), 분무수경(수기경)
고형 배지경	<p>천연배지경 : 자갈, 모래, 왕겨, 톱밥, 코코넛 섬유, 수피, 피트모스</p> <p>가공배지경 : 훈탄, 암면, 펄라이트, 버미큘라이트, 발포점토, 폴리우레탄</p>



✱양액의 구성요건

- 필수 양분을 함유할 것
- 뿌리에서 흡수하기 쉬운 형태로 물에 용해된 이온상태일 것
- 각각의 이온이 적당한 농도로 용해되어 총이온 농도가 적절할 것
- 작물에 유해한 이온을 함유하지 않을 것
- 배양액 pH 범위가 5.5~6.5 범위에 있을 것
- 값싼 비료를 사용하여 만들어질 것
- 재배기간이 계속되어도 농도, 무기양분간의 비율 및 pH 변화가 적을 것 등이 있다.

✱양액의 조제

- 작물별 평균 무기양분 흡수량을 근거로 개략적인 농도비로 결정
- 연구기관, 특정 연구자들이 연구하여 작물별로 만들어 놓은 처방전을 이용
- 양액재배 전용 비료 또는 용액형태로 제조한 농축양액을 희석 사용

✱양액의 관리?

- 양액농도 : 1-3 mS/cm (Electrical conductivity(EC), 전기전도도)
 - 무토양재배에서의 기본적인 모니터링 수단
- 양액산도 : pH 5.5 - 6.5
- 양액온도 : 적정온도유지
- 용존산소 : 지속적으로 공급

※ Electrical conductivity (EC): 단면적 1cm^2 인 전극이 1cm 떨어져 있을 때의 전극간 전기저항의 역수 ($\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1} = \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)

05

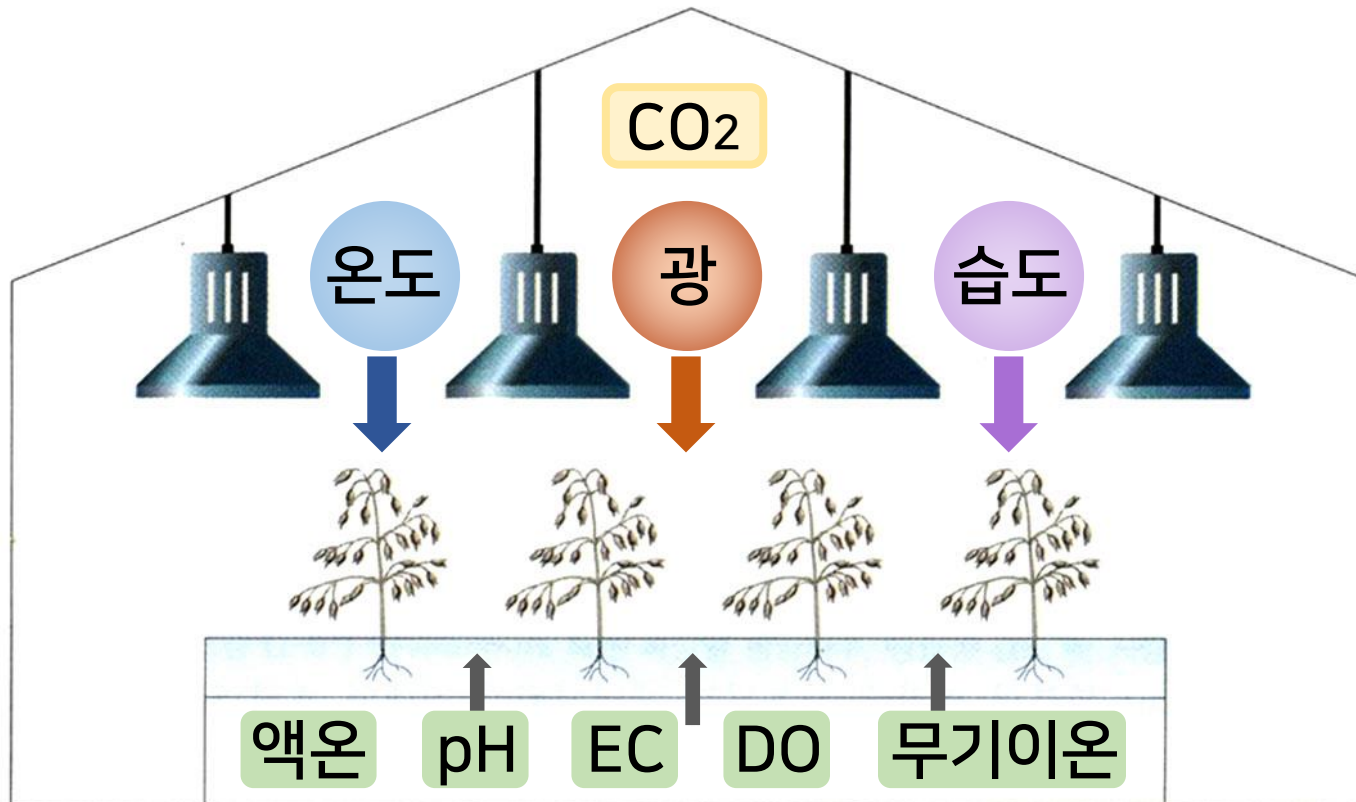
원예학

식물공장과 우주농업



*식물공장?

- 고도의 환경제어, 전 재배과정의 기계화, 자동화, 공정화로 공장 스타일로 작물을 재배하는 농업생산시스템



Q8

식물공장의 장 단점과 금후 과제전망에 대해 간략히 설명 부탁드립니다.

장점

- 계획, 연속, 고속, 대량생산
- 시간, 공간제약을 받지 않는다
- 품질의 획기적 향상이 가능하다
- 무결점농산물을 생산할 수 있다
- 완벽한 자동화와 생력화가 가능하다

단점

- 시설비, 운영비가 많이 소요된다
- 양액관리에 전문 기술이 필요하다
- 작물의 선택이 제한적이다
- 에너지 경제면에서 불리하다

✳식물공장의 과제 및 전망

- 생산성 및 경제성 향상
- 작업의 자동화
- 적합품종 개발 및 관련 작목확대
- 저에너지 고효율 광원
- 광합성효율 증대
- 최적 광환경제어수단



- 무결점농산물생산수단으로
- 농업분야의 성장동력으로
- 미래지형적 첨단농업으로 도약

학습 확인

✧ 학습확인

1. 국내 시설재배의 현황과 시설원예가 갖는 의의를 설명할 수 있습니까(국내 시설원예발달 등) ?
2. 시설의 종류와 피복자재의 광학적, 열적 그리고 기능적 특성을 이해하고, 플라스틱필름 피복자재 종류를 다양하게 세분할 수 있습니까?(광투과성등, 연질필름등).
3. 시설 내 온도, 광, 수분, 토양, 공기환경의 특성을 이해하고 관리 요령을 간략하게 설명할 수 있습니까?

✳ 학습확인

- 4. 무토양재배를 정의하고 종류별 특징과 장단점을 설명할 수 있습니까?(양액의 조건과 관리)
- 5. 식물공장의 개념을 이해하고 향후 전망에 대해 이해하였습니까?

정리하기

✱스마트팜?

- 비닐하우스·유리온실·축사 등에 ICT를 접목하여 원격·자동으로 작물과 가축의 생육환경을 적정하게 유지·관리할 수 있는 농장
- 스마트팜 분야는 시설원예(온실), 과수(과수원), 노지(채소밭)으로 구성되어 있으며 나아가 스마트축사를 포함

✱스마트온실?

- 스마트 온실은 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 로봇 등과 같은 스마트 기술을 온실에 적용하여 PC 또는 모바일을 통해 온실의 온·습도, 이산화탄소 등을 모니터링하고 창문 개폐, 영양분 공급 등을 원격자동으로 제어하여 작물의 최적 생육환경을 유지 관리
- 현재 국내 온실 면적의 16% 수준에서 스마트 기술이 적용되었다고 추정

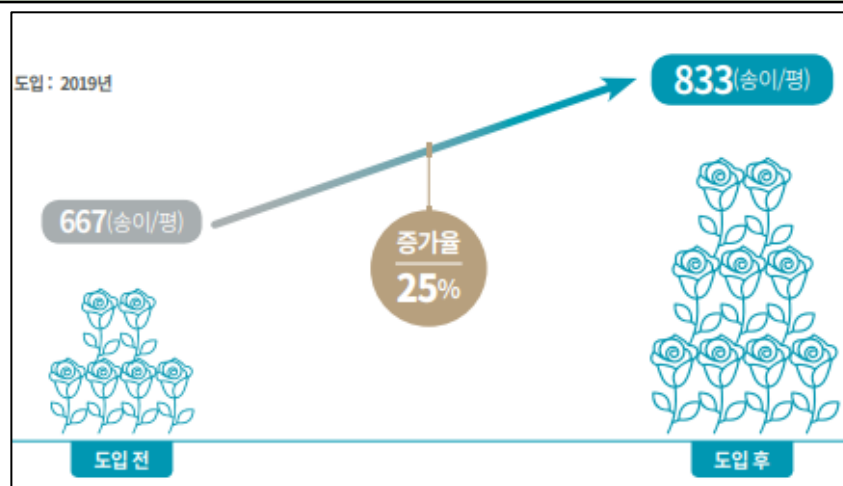
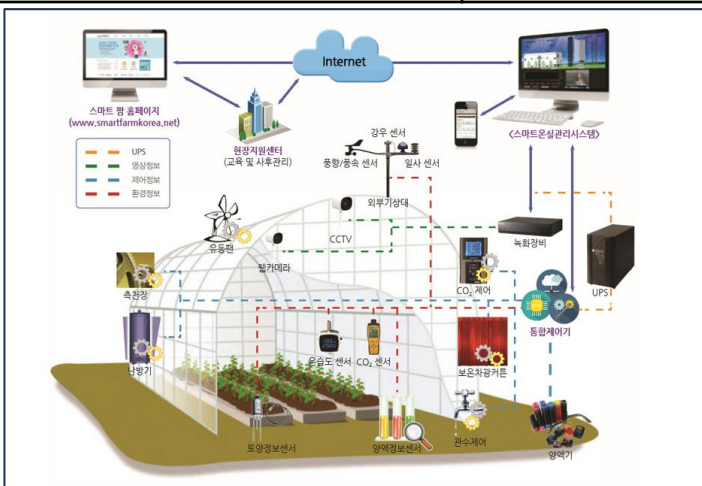
✱스마트온실의 구분

표. 스마트온실의 세대별 모델 (Lee 등, 2021)

구분	기본 구성 및 내용
1세대	농민이 영상을 통해 직접 원격 수동제어 -스마트링크, 센서노드, 제어기 노드, 스마트영상
2세대	작물의 지상부/지하부 생육환경을 자동제어 -지상부 복합환경케어, 클라우드 서비스
3세대	스마트온실 시스템의 최적화와 로봇 농작업 -복합에너지관리, 스마트 농작업

*스마트팜?

구분		세부내역
환경센터	내부	온도, 습도, CO ₂ , 토양수분(토경), 양액측정센서(양액농도 EC, 산도 PH), 수분센서(배지) 등
	외부	온도, 습도, 풍향/풍속, 강우, 일사량 등
영상장비		적외선카메라, DVR(녹화장비) 등
시설별 제어 및 통합제어 장비		환기, 난방, 에너지 절감시설, 차광 커튼, 유동팬, 온수/난방수 조절, 모터제어, 양액기 제어, LED 등
최적 생육환경 정보관리시스템		실시간 생장환경 모니터링 및 시설물 제어 환경 및 생육정보DB 분석시스템 등



[자료: 스마트팜코리아(<https://www.smartfarmkorea.net>,좌), 2021년, 시설원예분야 ICT 융복합확산사업 우수사례집(우)]

✱스마트팜의 미래

- 식물 성장 변화와 수확량 예측, 생산량 극대화를 위한 온실 내부 환경 최적 제어 등에 인공지능을 활용하고자 하는 노력이 계속되고 있음
- 특히 딥러닝에 의해 데이터의 핵심이 되는 특징(feature)들을 추출하여 여러 요인들 간의 관계를 분석, 분류 예측하는 강화학습을 통해 최적의 에너지 및 생산 효율을 달성할 수 있는 온실 환경 제어에 관한 연구들이 진행 또는 고도화되고 있음
- 이를 통해 얻은 작물의 생산량 증가와 부가가치가 투자비용 회수와 수익창출에 얼마나 밀접한 관계가 있는지가 관건

다음시간에는..

9강 원예식물의 보호