

10 강

수확과 저장

원예식물의 수확과 관리

- 원예식물은 재배 중 어느 시점에서 수확을 하게 됨
- 생산지에서 수확을 하였어도 원예식물은 살아있어서 생명현상을 유지 하고, 이때 일어나는 모든 생리현상을 수확 후 생리라고 함
- 수확 후 관리의 목표는 농산물을 수확한 이후부터 소비자 식탁에 전달되기까지 농산물의 생리변화와 변질을 억제하고, 신선도를 유지하여 품질유지기간을 연장하는 것
- 수확 후 생리의 특성을 활용하여 적절한 수확 후 관리는 원예산물의 부가가치 향상시키는데 도움

학습목차

1. 성숙판정과 수확
2. 수확 후 주요 생리
3. 저장 전처리
4. 원예산물의 저장법

학습목표

1. 원예산물의 성숙판정 지표와 수확 시기를 결정하는 데 고려할 사항에 대해 설명할 수 있다.
2. 수확 후 주요 생리를 이해하고, 관련된 장애와 이상생장 현상에 대해 이해한다.

학습목표

- 3. 저장성 향상을 위한 저장 전처리 방법을 이해한다.
- 4. 원예산물의 저장 방법을 나열하고 설명할 수 있다.

01

원예학

성숙판정과 수확



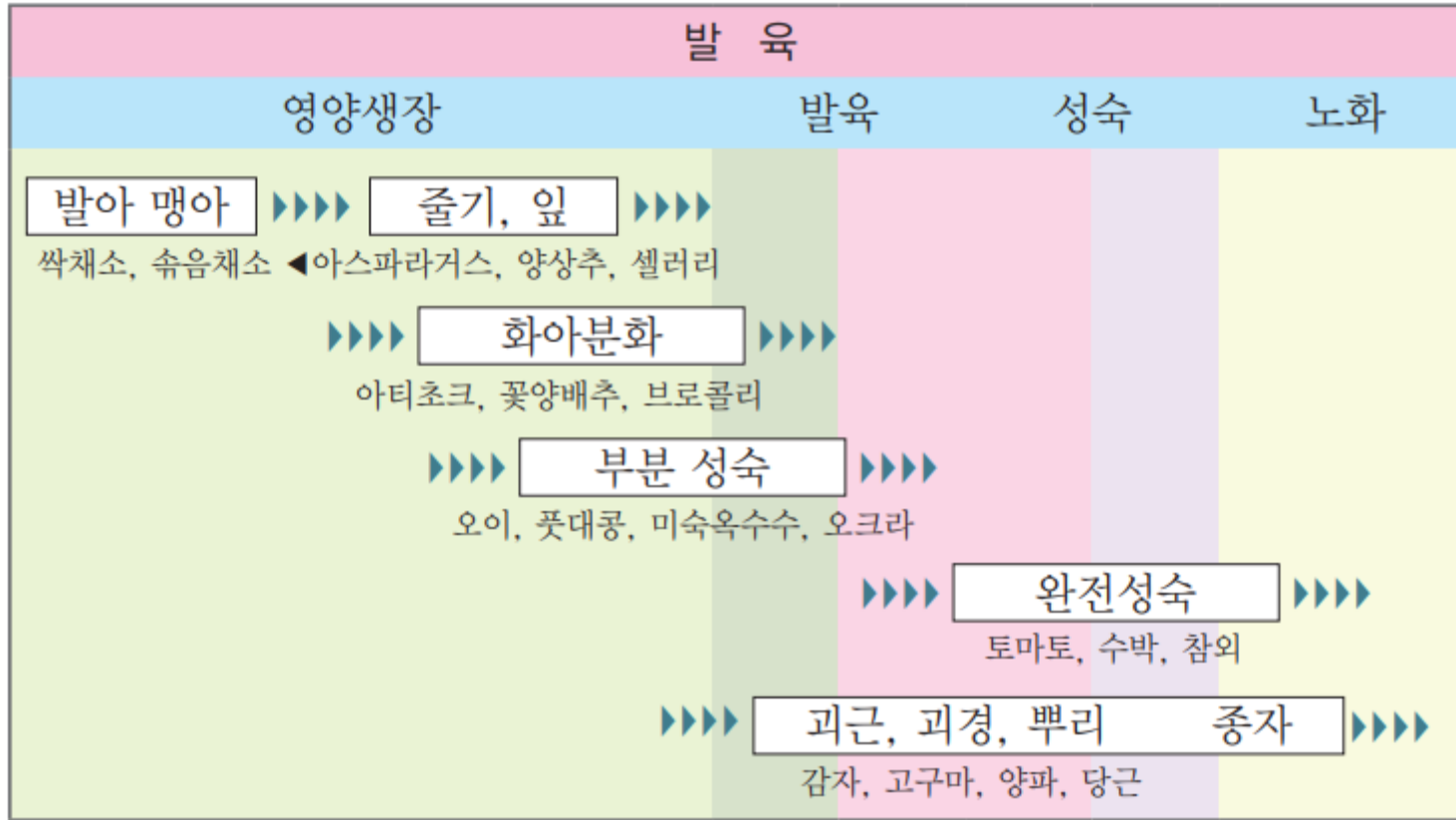
✳ 원예산물의 성숙

- 생리적 성숙 : 작물의 자연스러운 성장과 발육과정에 일어나는 성숙
- 원예적 성숙(상업적 성숙) : 생리적으로는 미숙한 상태이지만 인간이 이용하기에 알맞은 상태를 의미



1절 성숙판정과 수확

✽ 채소의 원예적 성숙과 <생리적 성숙>과의 관계 (그림10-1, 279p)



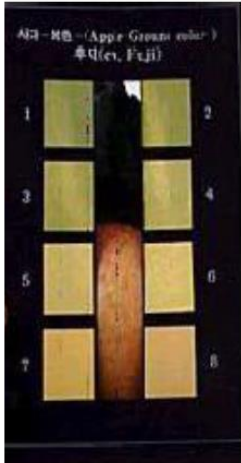
- 원예작물에 따라 원예적인 성숙이 생리적인 성숙과 일치하지 않고, 각각의 성숙판정 기준에 따라 적기에 수확

✱ 성숙판정을 통한 적기 수확의 중요성

- 수확을 너무 일찍 하면 단위수량이 적어지고, 생리적으로도 표피의 왁스층 형성이 불완전하여 수분증발이 많고, 풋내가 나거나 떼거나 쓴맛이 나는 등 식미성이 크게 떨어짐
- 반대로 수확기가 늦으면 과숙하여 부패하기 쉽고 유통과 저장기간이 짧아지며, 조기수확하여 받을 수 있는 좋은 값을 받을 수 없음
- 따라서 적기수확이 이루어져야 하고 이를 위해 정확한 성숙판정이 요구됨

✳ 성숙판정의 기준

- 감 각 : 크기, 모양, 색깔, 표면형태, 촉감, 미각
- 물리성 : 경도, 비중, 채과 저항력,
- 성분량 : 전분함량, 당함량, 산함량



✱ 성숙판정의 기준

표 10 -1 주요 원예산물의 성숙판정에 이용되는 지표(p282)

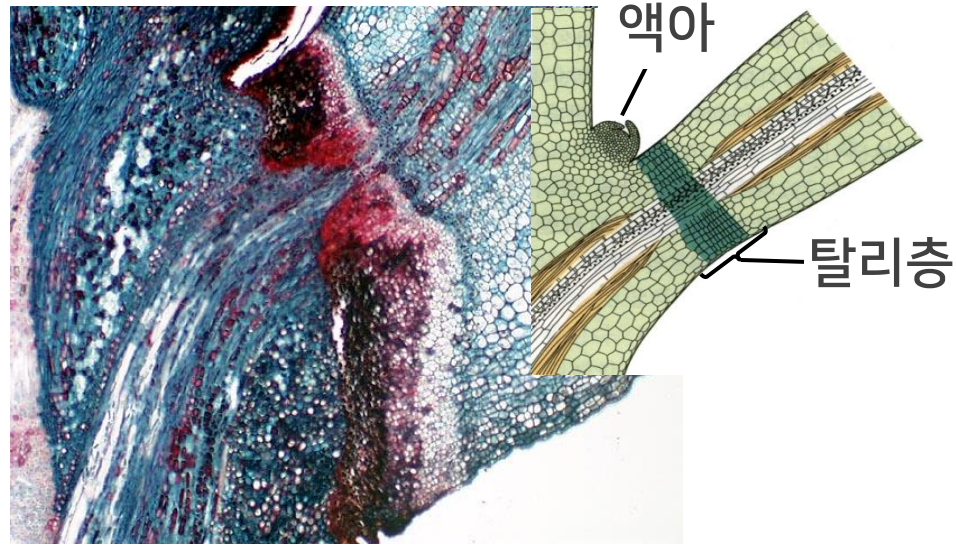
| 성숙판정 지표 | 작 물 |
|------------------------|-----------------------|
| 개화 · 교배 후 경과일수 또는 적산온도 | 사과, 배, 수박 등 |
| 탈리층 발달 | 멜론류, 사과, 배 등 |
| 표면 형태 | 멜론(네트 형성), 적포도(흰 분) 등 |
| 크기, 외부 색상, 모양 | 모든 품목 |
| 비중(比重) | 감자, 고구마, 당근, 수박, 참외 등 |
| 경도(결구 정도) | 양상추, 양배추, 결구상추 등 |

- 각 시험연구기관에서 발표된 매뉴얼을 참고하고 다수의 지표 등을 고려하여 경험적으로 판단

✱기관의 탈락

3강 복습

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



✳ 성숙판정의 기준

표 10 -1 주요 원예산물의 성숙판정에 이용되는 지표

| 성숙판정 지표 | | 작 물 |
|---|---|--|
| 개화 · 교배 후 경과일수 또는 적산온도 탈리층 발달 표면 형태 크기, 외부 색상, 모양 비중(比重) 경도(결구 정도) | | 사과, 배, 수박 등 멜론류, 사과, 배 등 멜론(네트 형성), 적포도(흰 분) 등 모든 품목 감자, 고구마, 당근, 수박, 참외 등 양상추, 양배추, 결구상추 등 |
| 성분의 변화 | 당도 전분 함량 산도, 당산비 짙은 맛 내부 에틸렌 농도 | 참다래, 사과, 배, 핵과류, 포도 등 사과, 배 등 감귤류, 참다래, 멜론, 석류 등 감 등 사과, 배 등 |

✱ 성숙판정의 기준 - 당함량

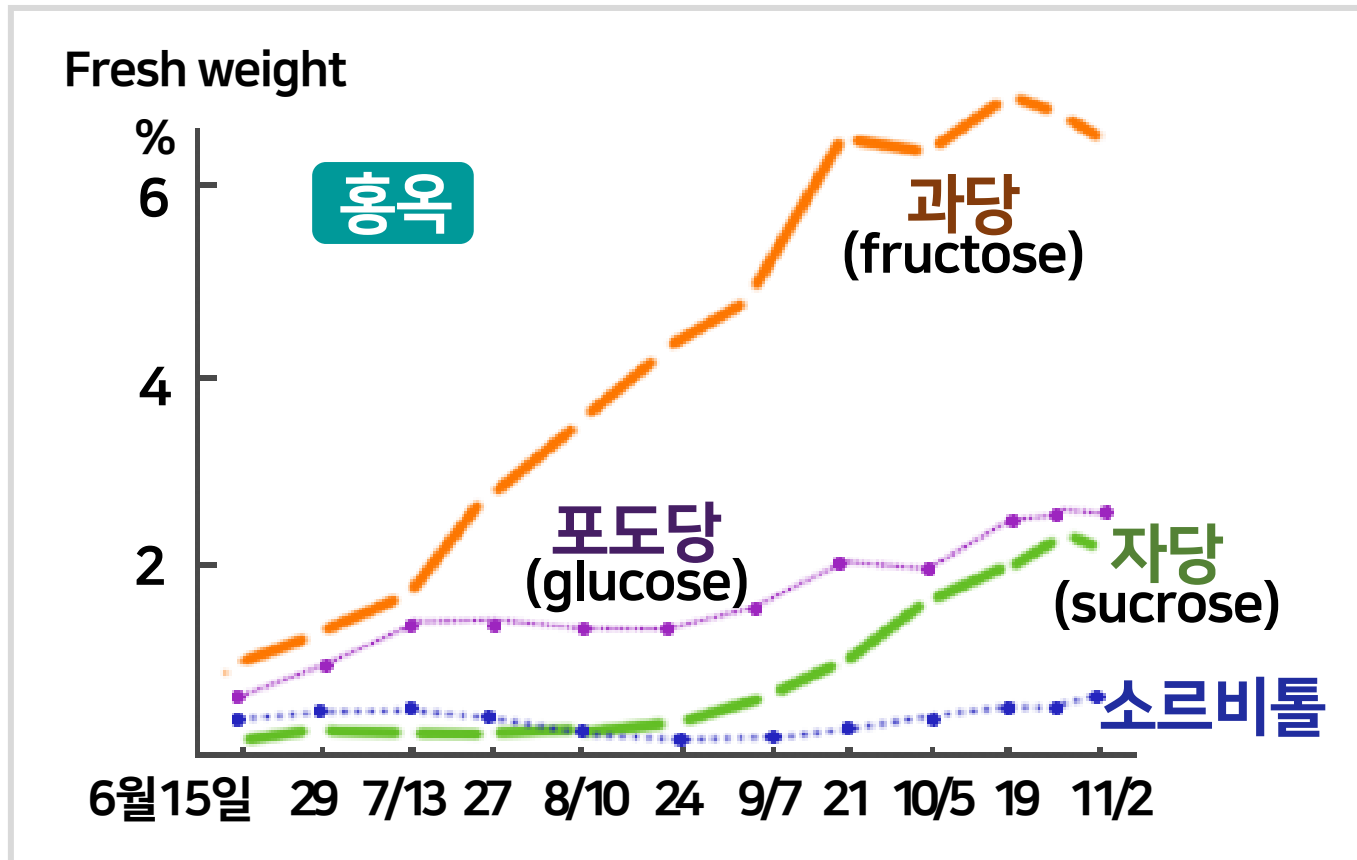


그림 10 - 3 '후지' 사과의 요오드 반응에 따른 수확기 판정

✱ 전분이 있는 부위는 청색, 전분이 없는 부분은 흰색으로 남는다.

* 성숙판정의 기준 - 당함량

[그림 사과(홍옥)의 성숙에 따른 과실내 당함량 변화]



Q1

과실의 당도를 손쉽게 측정할 수 있는 굴절당도계의 원리에 대해 설명 부탁드립니다.

- 빛(가시광선)의 굴절 정도로 가용성 고형물질을 % 단위로 표현. 성숙기의 가용성 고형물질은 대부분 당이기 때문에 고형물질의 양을 간접적인 당함량으로 간주하여 Brix(100g에 녹아 있는 설탕의 양)로 표현
- 그러나 가용성고형물속에 유기산등이 많이 포함되는 경우 당도를 정확히 표현 못할 수 있음



Q2

국내에서 현재 보편적으로 적용되는 과실의 비파괴 선별방법에 대해 설명 부탁드립니다.

- 비파괴 선별기는 농산물에 상처를 남기지 않고 당도·산도·경도 등의 성분, 부패, 바람들이 등 내부 품질을 평가
- 음파, 영상, 광(근적외선, 당도), 전기임피던스, MRI, X선, CT 등 다양한 기술 활용

[그림 10-4.
과실의 비파괴 선별기]



✱ 수확시기와 수확방법

- 수확시기 : 품질, 저장, 가격, 용도 등 고려
- 수확시간 : 건조하고, 품온을 낮춰 생산물의 호흡을 최대한 억제해 주는 조건(예, 오전 10시 이전, 늦은 오후)
- 수확방법 : 인력수확, 기계수확



[그림. 사과의 수확(좌)과 진동 채취(좌, 양앵두) 및 오버로 방식(우, 오렌지)]

품온(品溫, temperature of product): 포장열 등으로 비롯된 생산물 상품의 온도

02

원예학

수확 후 주요 생리

✽ 수확 후 생리 (post-harvest physiology)



수확 후에도 작물은

- 살아있는 유기체이다.
- 성분이 변화한다.
- 호흡이 일어난다.
- 에틸렌이 생긴다.
- 증산이 일어난다.

유통과 저장기술 중요한 정보가 됨

- ❖ 수확한 원예산물이 가지고 있는 열을 **품온**이라 말함
- ❖ 여름이나 햇볕이 강한 낮에 원예 생산물을 수확하게 되면 높은 포장(field) 열을 가진 상태여서 품온이 높게 됨
- ❖ 이것은 수확 후 생리에 많은 영향을 미칠 수 있음

✽ 수확후에도 원예작물은 물질대사와 생리작용이 유지

호흡작용 - 의의와 속도

- 온도에 영향을 많이 받음
- 양분소모: 저장 양분을 에너지로 소모
- 산소/이산화탄소 비율 변화: 수확물의 생리작용에 영향
- 호흡열 발생: 주위의 온도를 높여 대사작용 가속화, 저장효율저하



✽ 원예산물의 호흡속도

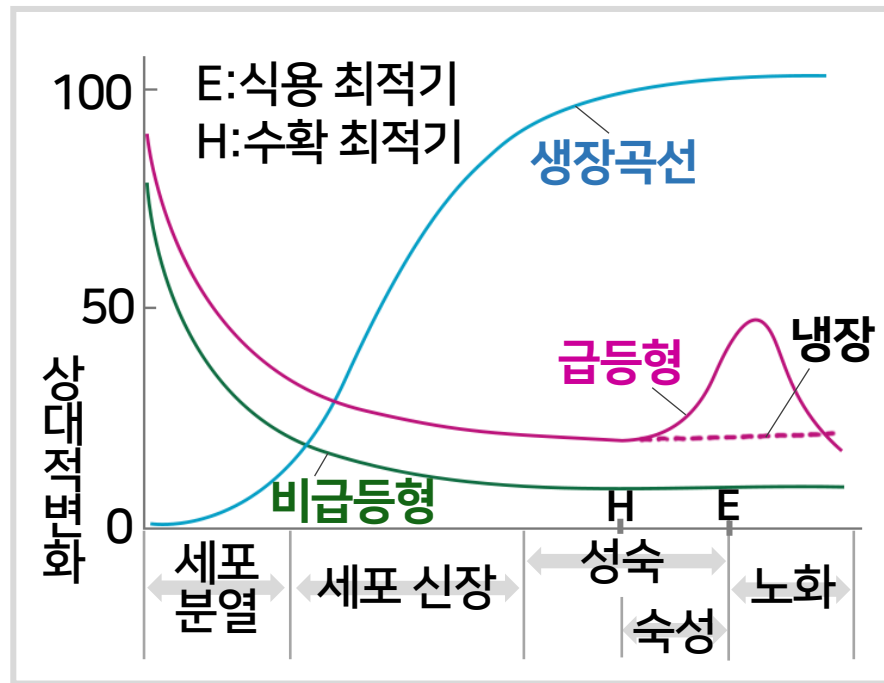
표 10- 2 원예산물의 호흡속도(수확 직후, 20℃) 286p

| 작 물 | 호흡속도 (CO ₂ mg/kg/hr) | 작 물 | 호흡속도 (CO ₂ mg/kg/hr) |
|-------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 사과 | 17~35 | 셀러리 | 64 |
| 배 | 33~74 | 아스파라거스 | 500 |
| 복숭아 | 59~102 | 브로콜리 | 299 |
| 포도 | 33 | 완두 | 395 |
| 감 | 29~40 | 단옥수수 | 288 |
| 오렌지 | 22~34 | 감자 | 16 |
| 참다래 | 16~22 | 무 | 32 |
| 양상추 | 60 | 당근 | 70 |
| 콜리플라워 | 80 | 오이 | 48 |
| 시금치 | 230 | 수박 | 21 |
| 양파 | 17 | 딸기 | 102~196 |
| 마늘 | 10 | 토마토 | 40 |

✽ 수확 후 생리 - 물질대사_호흡

호흡작용 - 호흡급등현상(climatic rise)(1)

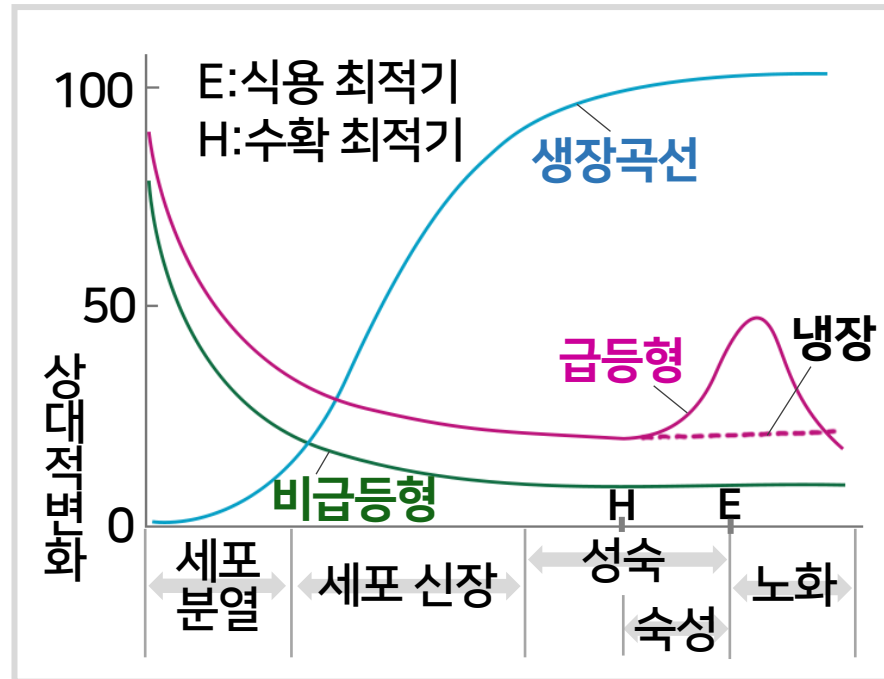
- 과실은 수확 전 성숙 또는 수확 후 숙성과정에서 두 가지 호흡양식을 보임
- 호흡속도가 어느 시점에서 갑자기 상승하는 급등형과 그렇지 않은 비급등형이 있음
- 호흡급등형 과실 : 사과, 서양배, 복숭아, 토마토, 바나나 등
- 호흡비급등형 과실 : 포도, 감귤, 딸기 등



✽ 수확 후 생리 - 물질대사_호흡

호흡작용 - 호흡급등현상(climatic rise)(2)

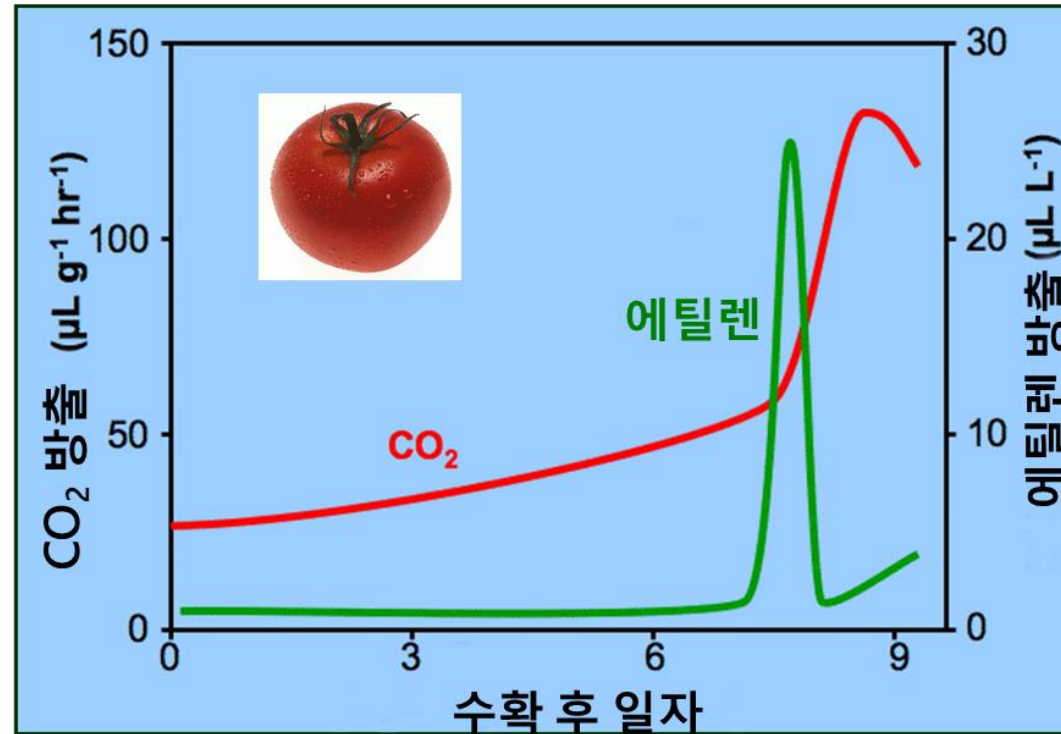
- 호흡급등형 과실의 수확적기는 호흡급등현상이 일어나기 전이며,
- 식용적기는 호흡급등현상이 일어나는 전후이다.
- 호흡급등현상이 일어나면 과실은 바로 노화단계로 접어든다.
- 과실을 냉장보관하면 호흡급등현상이 억제되어 수확 후 식용기까지의 기간 즉 유통기간을 늘려줄 수 있음



Q3

호흡급등현상은 일어나게 되면 과실과 주변은 어떤 변화가 일어나게 될까?

- 호흡이 증가하기 전 에틸렌 생성 증가로 과실의 호흡과 노화과정을 촉진
- 호흡량이 많을수록 과실에 축적돼 있던 당이 분해되고 호흡열을 방출하여 대사작용이 빠르게 진행되어 과실의 품질이 급격히 변화
- 계의 기체조성과 온도의 변화 유발



✱ 수확 후 생리 - 물질대사_에틸렌작용

에틸렌의 원예 작물에 미치는 영향

- 과실성숙촉진 : 사과, 멜론, 바나나
- 과실착색촉진 : 토마토, 고추, 감귤
- 채소노화촉진 : 엽록소분해, 이층형성, 저장성약화
- 생리장해발생 : 상추 갈색반점
- 특정성분생성 : 당근 이소쿠마린(쓴맛),
아스파라거스 리그닌(육질경화)

*에틸렌 - 발견

7강. 생육의 조절[복습]

에틸렌의 발견

- 에틸렌(ethylene)은 성숙과 노화를 촉진하는 식물호르몬. 식물체의 전부위에서 발생. 상온에서 기체상태
- 1901년 러시아의 넬즈바우, 완두의 에틸렌 3중 반응 발견
① 짧아지고 ② 굽어지고 ③ 휘어진다
- 1930년대 게인, 에틸렌과 과실의 성숙 관계 발견

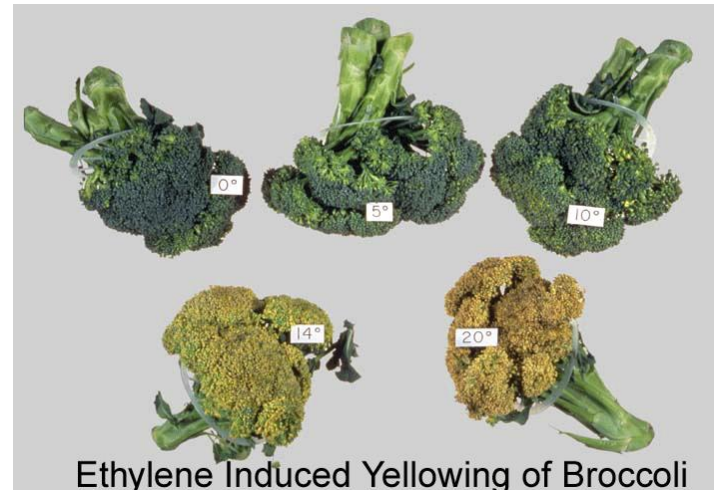
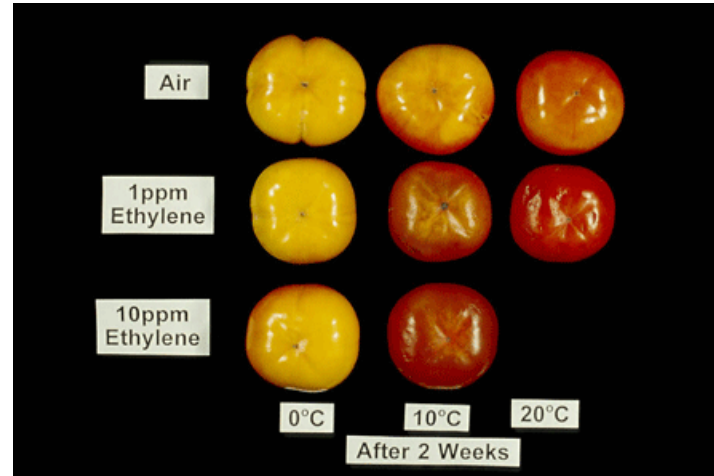


✳에틸렌의 생리작용

7강. 생육의 조절[복습]

- 성숙촉진
- 착색촉진
- 노화촉진
- 이층형성
- 탈리촉진

엽록소 파괴, 카로티노이드
또는 안토시아닌 합성 촉진,
조직연화, **호흡증가**, 향기
증가, 호흡급등 동반



2절 수확 후 주요 생리

✽ 수확된 원예산물에서 증산작용은 지속된다.



- 증산은 기공을 통해 식물체 내 수분이 빠져나가는 현상
- 증산은 표피조직에 일어난다.
- 수분손실 → 중량감소 → 선도 및 품질저하
- 기공, 피목, 상처, 왁스층의 두께, 털의 유무가 증산에 영향을 미침

2절 수확 후 주요 생리

✱ 증산작용은 수분손실로 중량과 신선도를 떨어트린다



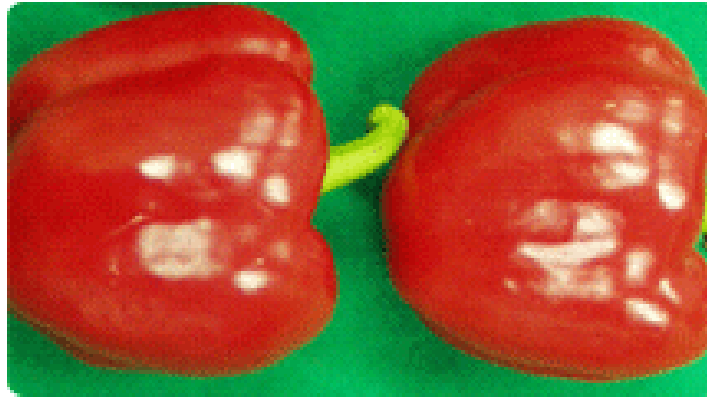
- 따라서 저온, 고습, 왁스코팅은 증산을 억제하여 저장성 향상!

2절 수확 후 주요 생리

✽ 상대습도와 착색단고추의 저장성



- ❖ 상대습도 : 55~60%
- ❖ 경도변화 :
31.0N → 16.1N



- ❖ 상대습도 : 95% 이상
- ❖ 경도변화 :
31.0N → 30.5N

✱ 수확 후 산물의 장해_생리적 장해

- 생리적 장해 :
저온장해(동해, 냉해), 무기성분 부족(Ca 등)



아열대 식물의 저온저장장해(a-c) 및 사과의 칼슘 부족(d)과 저온(e)으로 유발된 저장생리장해

2절 수확 후 주요 생리

✱ 수확 후 산물의 장해_기계적 장해

- 기계적 장해 : 수확 및 유통 중 상처, 멍 등의 모든 장해를 포함
- 다양한 생리장해 유발 : 수분손실, 호흡증가, 노화촉진
- 저장력이 낮아지고 부패촉진



[그림. 사과에서의 압상]

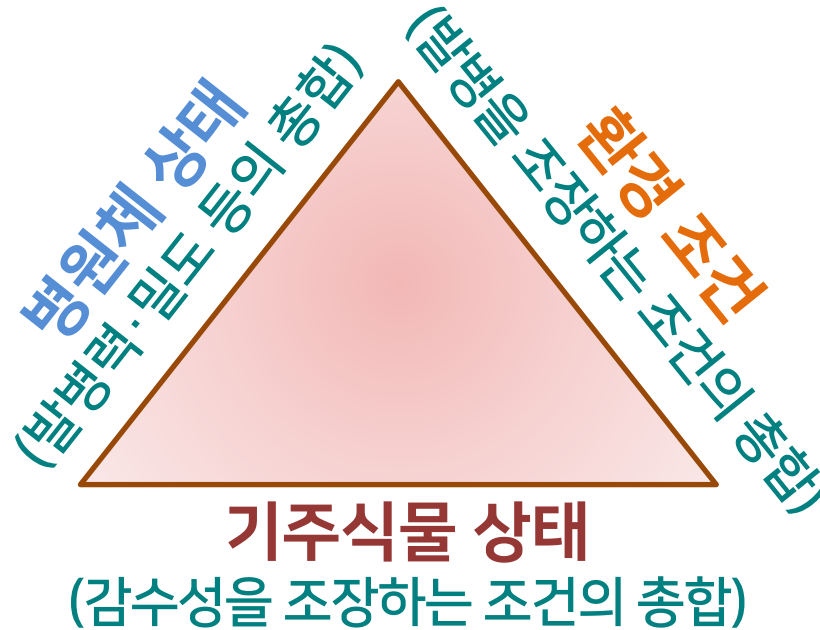
출처: <http://applesa.tistory.com/142>

✱ 수확 후 산물의 장해_ 병리적 장해

- 병리적 장해 : 병원균 침입(수확전 감염 혹은 2차감염)
- 적절한 수확 후 처리로 병리적 장해 예방가능
 - 건전한 원예산물 재배 및 수확
 - 상처부위 치유 및 왁스코팅
 - 세척이나 열 및 살균제처리
 - 저장고의 적정습도 및 청결상태 유지

*병발생에 대한 이해

9강 복습



- 식물병이 발생하기 위해서는 세 가지 요인이 충족되어야 함
- 삼각형의 넓이는 식물체에서 혹은 식물집단의 발병정도를 의미

✽진균에 의한 병(1)

9강 복습

- 식물에 병을 일으킬 수 있는 진균(곰팡이, fungi)은 8,000종 이상
- 전체 식물병의 75%
- **기공이나 상처를 통하거나 표피를 직접 뚫고 침입**
- 균사체, 곰팡이가루(분생포자)
- 10 ~ 30℃ 범위의 온도와 다습하고 약산성인 조건에서 잘 자라지만 기주, 환경조건에 다양하게 영향을 받음
- 특정 기주만을 침해하는 것도 있지만 기주 범위가 대단히 넓은 것(탄저병 · 균핵병 · 잣빛곰팡이병)도 있음
- 일생을 기주식물에 기생하여 살거나 아니면 일정기간을 기생. 흙 속에 월동 가능하기도 함

✱세균에 의한 병(1)

9강 복습

- 식물에 병을 유발시킬 수 있는 세균(bacteria)은 약 80종 (원예식물에 나타나는 병도 열 가지 내외)
- 주로 상처와 기공을 통해 침해하기 때문에 상처없이 작물을 재배하는 것이 중요
- 대부분의 세균은 30℃ 이상의 고온을 좋아하고, 건조에는 대단히 약하며 다습조건 및 중성/알칼리성 조건에서 잘 자람
- 세균은 진균에 비해 증식과 생육속도가 매우 빠름

✱ 식물 병의 방제

9강 복습

- 식물병의 방제는 병원균의 종류와 기주식물에 따라 다양
- 일반적으로 경제성을 고려하여 개체보다는 군락에 중점을 두어서, 병 발생 후의 치료보다는 예방과 발병을 줄이는 것에 주력

- | | |
|----------|----------|
| - 발생의 예찰 | - 화학적 방제 |
| - 법적인 규제 | - 생물적 방제 |
| - 병의 진단 | - 물리적 방제 |
| - 경종적 방제 | - 종합적 방제 |

✳ 수확 후 산물의 장해_생장현상

- 생장현상 : 맹아, 발근 (감자, 마늘, 양파 등)
- 양분소모, 품질저하, 상품성상실
- 저온 및 건조조건에서 생장을 최대한 지연



[그림. 감자에서의 맹아현상]

● 출처: <http://applesa.tistory.com/142>

03

원예학

저장 전처리



✱ 저장 전처리

- 기온이 높은 여름철 유통이나 장거리 수송, 단기 저장을 위한 산물은 저장성을 높이기 위해 적절한 예비처리가 필요
- 환경제어
 - 예냉, 큐어링, 예건
- 화학물질과 방사선 처리
 - 망아억제제, 항산화제, 아황산가스, 칼슘, 이산화탄소 등 처리
 - 방사선조사

✱ 저장 전처리 - 예냉

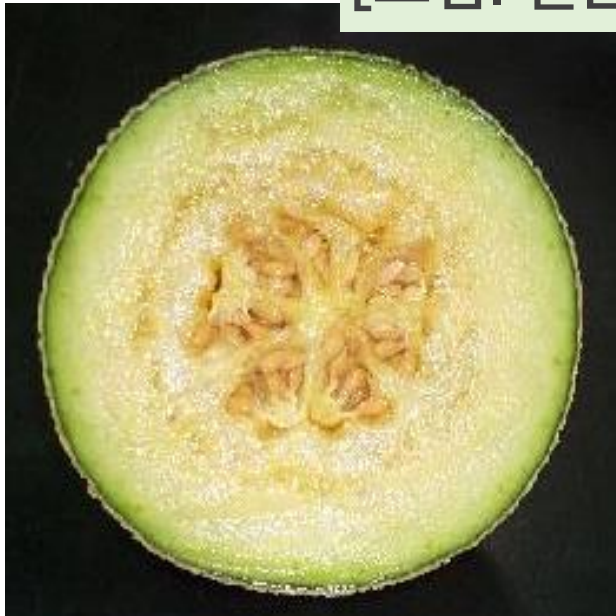
- 정의: 수확 후 유통 혹은 저장고 입고 전에 별도의 시설에서 짧은 시간 내에 품온을 낮추는 작업
- 예냉효과 : 호흡억제 (10°C 감소 당 호흡율이 반감), 증산억제, 저장효율제고, 품질유지
- 예냉효율 : 산물의 온도저하 속도로 결정
 - 매체와 산물의 접촉성과 온도차이
 - 매체의 이동속도, 성상, 산물의 구조
- 예냉방법 : 빙냉식, 수냉식, 공랭식, 감압식

Q4

예냉의 효율을 높이기 위한 팁에 대해
설명 부탁드립니다.

- 생산물의 특성 및 수확조건, 수확량과 출하 물량, 유통 중 품질 변화 양상, 수송시간 및 평균 유통기간 등을 고려하여야 함

[그림. 멜론의 예냉 효과]



(-)예냉 상온저장 15일 경과



(+)예냉 저온저장 30일 경과

✳저장 전처리 - 큐어링(curing)

- 상처치유, 코르크층과 유합조직의 형성
- 고구마 30℃ 85%
- 감자 10-15℃ 85-95%
- 마늘과 양파 건조과정에서 치유



✳저장 전처리 - 예건 (pre-drying)

- 수확한 과실이나 채소를 저장 전에 상온에서 일정기간 방치해 두면서 말리는 처리
- 마늘, 양파 - 상처치유, 보호엽 건조, 저장 중 부패방지와 증산억제
- 결구배추, 양배추 - 외엽건조 → 상처방지와 증산억제효과
- '신고' 배 - 과피흑변 방지, '부유' 단감 - 갈변현상 억제



✱ 저장 전처리 - 화학물질과 방사선 처리

- 맹아억제제 : MH, CIPC(클로로프로팜)→ 양파, 감자, 마늘 등
- 항산화제 : 사과 - DPA, 에톡시퀸,
마늘다대기-아스코르빈산, 구연산
- 아황산가스 : 포도 회색곰팡이병방제→마늘과 양파의 부패방지
- 칼슘 : 염화칼슘의 수확전 살포, 수확후 침지처리→ 고두병방지
- 이산화탄소 : 딸기, 복숭아, 고농도처리(20%),
부패방지와 품질유지
- 방사선조사 : 양파, 딸기 등, 맹아억제와 부패감소

✱ 저장 전처리 - 화학물질처리_염화칼슘 처리_사과

표 10 - 3 '쓰가루' 과실의 CaCl_2 용액 침지와 고두병 발생률
(국립원예특작과학원, 1994)

| 처 리 | 고두병 발생률(%) | |
|--------------------|------------|------|
| | 성숙과 | 미숙과 |
| 4% CaCl_2 | 1.2 | 12.5 |
| 무처리 | 19.7 | 37.5 |



이 이외에도 칼슘부족은 양배추와 상추에서의 팁번, 당근에서의 균열, 고추 토마토 등에서의 배꼽썩음병과 같은 장애를 일으킨다. 따라서 재배관리에 유의

04

원예학

원예산물의 저장법

✱ 원예산물의 저장법

- 상온저장(보통 여름) :
그늘지고 통풍이 잘 되는 곳, 감자, 고구마, 마늘, 양파
- 보온저장(보통 겨울):
도랑저장, 움저장, 지하식저장 - 무, 당근, 배추 등



✽ 원예산물의 저장법 - 저온저장

- 단열이 잘 되어 있는 시설에 냉각장치를 설치하여 저장에 적당한 저온을 만들 수 있는 저장고를 이용하는 방법
- 대체로 동결점 이상 저온 범위를 이용하고, 상업적으로는 대규모의 냉장시설을 이용
- 저온저장을 하는 경우에는 저장물의 품온을 균일하게 떨어뜨리고, 방습벽 설치와 공기유동을 좋게 하여 상대습도를 높게 유지하는 등 저온저장 효과를 높여야 함
- 또한 저온 저장고 내에 온도 편차를 줄여 주어야 함

✳ 원예산물의 저장법 - CA저장

- 저온 뿐만 아니라 질소를 충전하여 산소를 2-3% 낮추고, 이산화탄소 3-5% 높이고 활성탄으로 호흡 이산화탄소 제거
- 사과, 키위, 양배추, 브로콜리 등에서 이용



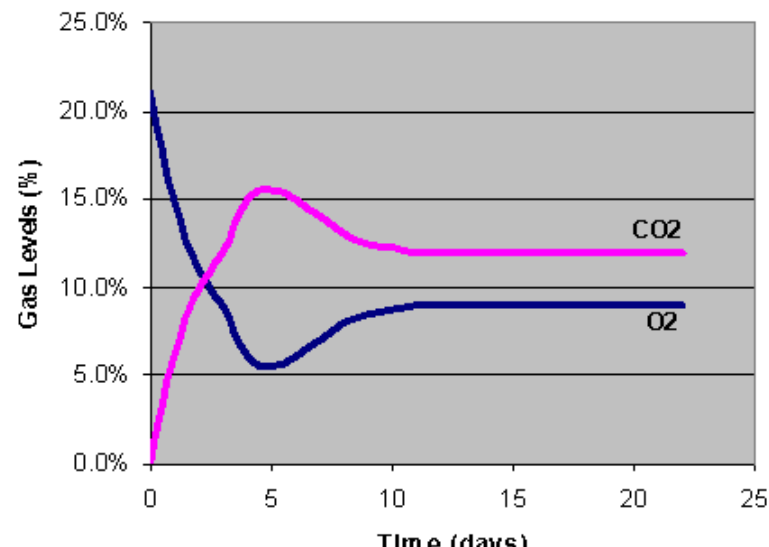
※ 보통 대기는 21%의 산소(O_2), 0.035%의 이산화탄소(CO_2), 약 1%의 불활성 기체를 함유하며 나머지 약 78%는 질소(N_2)로 구성되어 있음

✱ 원예산물의 저장법 - CA저장_현황

- 현재 CA저장을 가장 많이 하고 있는 품목은 사과로서 이탈리아의 경우 수확량의 약 70~80%를 CA저장하고 있으며, 미국은 수확량의 약 50%를, 일본은 약 40%를 CA저장하고 있음
- 한편 현재 우리나라에서는 CA저장고가 설치되어 운영되고 있으나 설비 및 운영 면에서 부실하여 제대로 사용되지 못하고 있는 실정이고 미국이나 유럽, 일본에 비해 규모 면에서 훨씬 뒤지고 있는 실정

✳ 원예산물의 저장법 - MA저장

- 미세한 구멍을 지닌 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 필름 등을 이용하여 과실을 밀봉할 경우 밀봉된 봉지 내에서 과실의 호흡작용에 의해 산소농도는 자연적으로 감소하며 이산화탄소 농도는 증가하는 현상이 나타남
- 산소 또는 이산화탄소 등이 가스에 대해 제한적이거나 투과성을 가지고 있어 산소농도가 일정 농도 이상으로 축적되면 봉지 외부로 확산되고, 평형상태에 도달하여 더 이상의 농도 변화 없이 일정수준을 유지하게 되어 자연적인 CA조건이 형성



학습 확인

✳ 학습확인

1. 원예산물의 성숙판정 지표와 수확 시기를 결정하는데 고려할 사항에 대해 설명할 수 있는가? (원예적 성숙 vs 생리적성숙, 성숙지표, 당도계, 수확시기)
2. 수확 후 주요 생리를 이해하고, 관련된 장애와 이상생장 현상에 대해 이해하였나?(수확 후 생리적 특성, 품온, 호흡(급등형), 에틸렌, 증산, 수확후 산물의 장애, 칼슘부족)

✧ 학습확인

3. 저장성 향상을 위한 저장 전처리를 나열하고 설명할 수 있다. (환경제어 vs 화학적제어, 예냉, 칼슘부족)
4. 원예산물의 저장 방법을 나열하고 설명할 수 있다. (저온저장, CA저장, MA저장)

정리하기

Q6

원예산물의 저장효율을 개선시키기 위해
국내 농가에서 꼭 지켜야 될 사항에 대해
설명 부탁드립니다.



- 품종선택과 재배기술제고
- 단일 품목저장
- 저장고의 청결상태유지
- 온습도 관리
- 품목별 관련 매뉴얼 참고

2절 수확 후 주요 생리

* 신선농산물의 효과적 공급_콜드체인시스템

- 복숭아 등 저장성이 낮은 원예산물은 유통과정 중의 온도조건이 중요하며, 향후 수송 및 판매 시까지 저온으로 유지할 수 있는 콜드체인시스템 이용이 필요
- 이에 대한 접근성이 용이



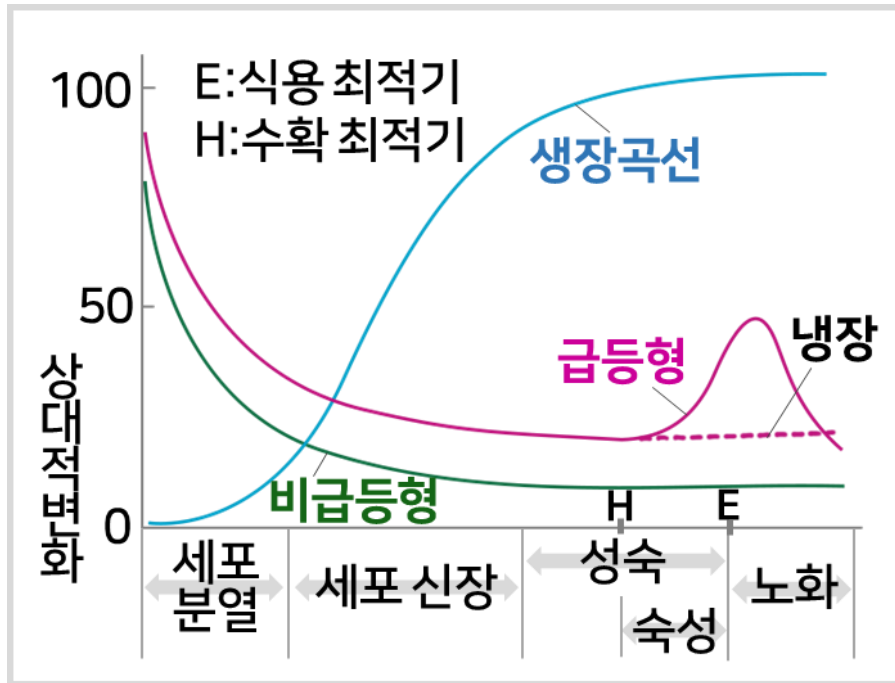
출처:정화영(2015)세계 수출화훼 현황과 한국의 화훼수출

콜드체인 시스템(Cold Chain System, 저온(低溫)유통체계): 냉동, 냉장에 의한 신선한 식료품의 유통 방식으로 어류, 육류, 청과물 등의 신선한 식료품을 생산지에서 가정까지 저온을 유지함으로써 선도(鮮度)를 떨어뜨리지 않고 배송하는 방식

2절 수확 후 주요 생리

✽ 수확 후 생리 - 물질대사_호흡

호흡작용 - 호흡급등현상(climatic rise)



- 수확시기를 적절하게 정하여, 품온을 경제적으로 낮추고, 과실을 냉장 보관하면 호흡급등현상이 억제되어 수확 후 식용기까지의 기간 즉 유통기간을 늘려줄 수 있음
- 저장효과는 원예작물 내 품종별 효과가 다르기 때문에 주의

다음시간에는..

11강 원예산물의 유통