

1. 식물공장 한눈에 보기

학습 목표: 재배 랙·육묘 랙·공조 설비의 구성과 역할을 이해하고, 작업 지시에 쓰이는 관리 단위(단·줄·유닛·포트)를 정확히 구분할 수 있다.

1-1 식물공장이란

식물공장은 외부와 차단된 실내에서 빛·온도·습도·CO₂·양액을 모두 설비로 만들어 작물을 키우는 시설입니다. 햇빛 대신 LED 조명을, 흙 대신 양액(물에 비료를 녹인 영양 물)을 사용합니다. 쉽게 말해 "실내에 지은 채소 아파트"입니다.

네토그린 농장은 유러피안 샐러드 5종(프릴아이스, 적프릴아이스, 버터헤드, 미니로메인, 카이피라)을 재배합니다.

식물공장의 특징

- ① 날씨와 계절에 관계없이 연중 같은 품질로 생산할 수 있습니다.
- ② 여러 단을 위로 쌓아 바닥 면적 대비 재배 면적을 크게 늘립니다.
- ③ 밀폐 공간이므로 작물이 필요로 하는 환경을 사람이 모두 만들어 주어야 합니다. 설비 하나가 멈추면 작물 전체가 영향을 받습니다.

△ 주의 밀폐 공간에서는 "자연이 알아서 해 주는 것"이 없습니다. 정해진 기준값과 점검 주기를 지키는 것이 곧 재배 기술입니다.

1-2 재배 랙 구성과 관리 단위

재배 랙은 정식(옮겨심기)이 끝난 모종을 수확할 때까지 키우는 메인 생산 설비입니다. 각 단은 거터·LED 조명·양액 공급 라인이 하나의 세트를 이룹니다.

재배 랙 4대 구성 요소

구성 요소	역할
① 랙 프레임	각 단을 지지하는 골조. 단 간격이 작물 키와 LED까지의 거리를 결정합니다.
② 거터 + 거터 커버	양액이 아래로 흐르는 물길이자 작물 뿌리를 지지하는 재배 베드입니다.
③ LED 조명부	단마다 설치되어 빛을 공급합니다.
④ 양액 순환 라인	혼합탱크의 양액을 각 거터로 보내고 배액을 회수합니다.

관리 단위 — 작업 지시에 나오는 숫자

유닛(unit)은 급수·배수를 밸브 하나로 따로 제어할 수 있는 가장 작은 재배 단위입니다. 아파트로 치면 "한 세대"입니다.

단위	기준	의미
단	랙 한 줄 = 6단	아래에서 위까지 재배 선반 6층
줄	한 단 = 거터 8줄 = 2 unit	좌·우 4줄씩 각각 1 unit
칸	1칸 = 4줄 × 8개 = 32포트	한 줄은 8칸 × 8개 = 64포트
unit	1 unit = 4줄 × 8칸 = 256포트	포트 1개 = 작물 1포기
농장 전체	36 unit = 9,216포기	한 번에 키우는 최대 포기 수

거터와 LED 설치 기준

- 거터: 전면 유입 밸브로 들어온 양액이 완만한 경사를 따라 흘러 후면 배수구로 회수됩니다. 유입 밸브를 많이 열수록 유량이 늘고, 조금 열수록 줄어듭니다.
- 거터 커버(정식 패널): 빛을 차단해 녹조 발생을 막고 배지를 고정합니다. 포트 간격 200mm, 옆 줄과 지그재그 배열, 거터당 64주입니다.
- LED: 단당 40등, 백색·청색·적색 조합, 대시보드 스케줄러로 켜고 끕니다.

⚠ 주의 LED가 작물에 가까울수록 빛의 세기(PPFD)가 급격히 올라갑니다. 단 간격을 바꿨다면 반드시 광량계로 작물 윗면 높이의 PPFD를 다시 측정하십시오.

1-3 양액 순환 계통

양액은 작물의 밥입니다. 원액통에서 시작해 거터를 지나 다시 돌아오기까지 아래 순서로 흐릅니다.

단계	내용
1. 원액 저장	진한 비료 원액을 A통과 B통에 분리해 보관합니다.
2. 혼합탱크	원액을 원수(물)로 희석하고 EC·pH를 목표값까지 자동으로 맞춥니다(도정).
3. 공급 펌프	혼합된 양액을 재배 랙으로 밀어 올립니다.
4. 디스크 필터	찌꺼기와 불순물을 걸러 펌프 부하와 배관 막힘을 예방합니다.

단계	내용
5. 거터 유입 밸브	밸브 개방 정도로 거터별 관수량을 조절합니다.
6. 거터 통과·배수	후면 배수구로 흘러나온 배액을 회수합니다.

주요 설비 제원

항목	사양
혼합탱크 용량	재배 2,000 L / 육묘 250 L
거름 장치	디스크 필터 (주 1~2회 세척)
계측 센서	EC · pH · 수온 (혼합탱크 내 거치)

왜 A액과 B액을 나눌까요?

A액에는 칼슘이, B액에는 인산·황산 성분이 들어 있습니다. 진한 상태에서 두 액이 만나면 바로 반응해 물에 녹지 않는 결정(양금)이 생깁니다. 혼합탱크에서 많은 물로 충분히 희석된 뒤에야 두 성분이 함께 있을 수 있습니다.

△ 절대 금지 A액과 B액을 한 통에 합치지 마십시오. 즉시 결정이 생겨 배관과 장비가 막힙니다.

1-4 육묘 랙과 재배 랙 비교

육묘 랙(육묘대)은 파종한 트레이를 올려 정식 전까지 어린 모종을 키우는 "채소 어린이집"입니다. 재배 랙과 물리적으로 분리되어 있고 양액 라인도 따로 운영하므로, 대시보드에서는 "육묘 EC·pH"로 따로 표시됩니다.

- 구성: 5단, 한 단 = 4칸 × 3트레이 = 12트레이, 전체 60트레이
- 관수 방식: 저면관수 — 트레이 바닥으로 양액이 들어와 스펀지 밑면을 적십니다.

구분	육묘 랙	재배 랙
사용 시기	파종 ~ 정식 직전 (21일)	정식 ~ 수확
작물 거치 형태	파종 트레이 단위	정식 패널 포트 단위
목표 PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	150 ~ 200	250 ~ 300
LED까지 거리 (cm)	40 ~ 60	30 ~ 50

구분	육묘 력	재배 력
목표 EC (dS/m)	0.8	1.5 ~ 1.8
목표 pH	5.8 ~ 6.2	5.8 ~ 6.2
목표 상대습도 (%)	70 ~ 80	60 ~ 70
대시보드 표기	육묘 EC · pH	재배 EC · pH

어린 모종은 빛을 약하게, 양액을 묽게, 습도를 높게 관리합니다. 뿌리와 잎이 아직 약해 강한 빛이나 진한 양액, 건조한 공기를 견디지 못하기 때문입니다.

▲ 주의 트레이가 양액에 너무 깊이 잠기지 않게 하십시오. 배지 밑면만 닿으면 충분합니다. 깊이 잠기면 뿌리 주변 산소가 부족해집니다.

▲ 주의 육묘 기간은 21일을 넘기지 않습니다. 21일을 넘긴 모종은 노화묘가 되어 정식 후 활착이 나빠집니다.

1-5 공조·환경 제어 설비와 운영 기준

밀폐된 재배실에서는 온도·습도·기류·CO₂ 를 모두 설비가 만들어 줍니다.

제어 항목	담당 설비	운영 기준
온도	유닛 쿨러 (에어컨 역할)	주간 21~23°C / 야간 17~18°C, 주야 온도차 4~5°C
습도	제습기 + 유닛 쿨러 냉각 제습	육묘 70~80% / 생육기 주간 60~70%
기류	서큘레이터 · 재배팬 (선풍기 역할)	잎이 가볍게 흔들리는 정도(0.3~0.5 m/s), 조명 ON 시간대 연속 가동
CO ₂	CO ₂ 공급 장치	목표 700 ppm, 조명 ON일 때만 공급, 환기 중 공급 중단
계측·제어	EC/pH/수온 변환기, 제어함	원격 제어 및 모니터링

설비별 주의사항과 그 이유

- ✓ 온도만 보고 유닛 쿨러 설정을 낮추지 않습니다. 냉각하면 제습도 함께 일어나 공기가 너무 건조해지고, 앞끝이 타는 팁변이 생깁니다.
- ✓ 습도가 너무 높아도 팁변이 생깁니다. 앞에서 물이 빠져나가지 못하면 칼슘이 앞끝까지 올라가지 못합니다.
- ✓ 공기가 고이면 무거운 CO₂가 바닥에 가라앉아 윗앞까지 닿지 못합니다. 바람이 작물에 정면으로 세게 닿지 않도록 각도를 조정합니다.
- ✓ CO₂ 장치가 도는데 대시보드 수치가 오르지 않으면 CO₂ 탱크를 교체합니다.

△ 주의 유닛 쿨러는 드레인 막힘·코일 성에, 제습기는 배수 호스 꺾임·흡입 필터 먼지를 정기 점검합니다.

1-6 센서와 대시보드

센서는 농장의 눈입니다. 센서가 읽은 값이 변환기를 거쳐 대시보드로 전달되고, 작업자는 그 숫자를 보고 판단합니다. 센서 값이 틀리면 자동 도징도 틀린 방향으로 움직입니다.

센서	설치 위치	취급 주의
pH 센서	혼합탱크 내부	끝부분 유리(글라스 벌브) 손상 주의
EC 센서	혼합탱크 내부	충격 · 건조 주의
수온 센서	혼합탱크 내부	케이블 꼬임 주의
온·습도 센서	재배실	급기 바람에 직접 노출되지 않게
CO ₂ 센서	재배실	작물 윗면 높이에 설치 권장

- 센서 세척: 주 1회
- 캘리브레이션(보정): 월 1회 — 제어함의 EC·pH 변환기 모듈 버튼으로 수행 (7강 참고)

△ 주의 세척과 보정을 거르면 EC·pH 측정값이 틀어지고, 그대로 양액 조성 오류로 이어집니다.

1-7 시설 이해 점검 체크리스트

현장에 처음 들어가기 전, 아래 항목을 직접 확인하십시오.

점검 항목	확인 여부
재배 랙 6단과 단당 거터 8줄(2 unit)을 구분할 수 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료
내가 맡은 unit 번호와 위치를 안다	☐ 완료 / ☐ 미완료
거터 유입 밸브와 후면 배수구 위치를 안다	☐ 완료 / ☐ 미완료
A통·B통 원액과 혼합탱크 위치를 안다	☐ 완료 / ☐ 미완료
디스크 필터 위치를 안다	☐ 완료 / ☐ 미완료
육묘 랙과 육묘 혼합탱크를 구분할 수 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료
유닛 쿨러·제습기·서클레이터·CO ₂ 장치 위치를 안다	☐ 완료 / ☐ 미완료
대시보드에서 재배 EC·pH와 육묘 EC·pH를 찾을 수 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** 유닛(unit)이란 무엇이며, 1 unit에는 몇 포기가 들어가는지 계산 과정과 함께 설명하십시오.
- Q2.** A액과 B액을 한 통에 섞으면 안 되는 이유를 설명하십시오.
- Q3.** 양액이 원액통에서 거터를 지나 회수되기까지의 6단계를 순서대로 쓰십시오.
- Q4.** 육묘 랙이 재배 랙보다 빛을 약하게, 양액을 묽게, 습도를 높게 관리하는 이유를 설명하십시오.
- Q5.** 온도가 높다고 유닛 쿨러 설정을 크게 낮추면 어떤 문제가 생기는지 설명하십시오.

2. 빛 관리

학습 목표: 빛의 세기(PPFD)·광주기·하루 빛의 양(DLI)·파장·조명 거리의 기준을 알고, DLI를 직접 계산하며, 조명 높이를 바꾼 뒤 다시 측정해야 하는 이유를 설명할 수 있다.

2-1 빛과 광합성, 식물 성장용 LED

식물은 빛·물·CO₂로 양분(포도당)을 만듭니다. 이것을 광합성이라고 합니다. 빛은 작물에게 "밥을 짓는 불"과 같습니다. 불이 약하면 밥이 설익고, 너무 세면 탕니다.

사람은 380~780nm 영역의 빛을 밝기와 색으로 구분하지만, 식물은 파장(색)마다 다르게 반응합니다. 특히 광합성에 효과적인 것은 두 가지입니다.

빛	파장	주요 작용
청색광	400~500 nm	잎을 두껍게 하고 줄기 웃자람 억제
적색광	640~700 nm	광합성 촉진, 성장 촉진

식물 성장용 LED는 이 두 빛을 넉넉히 내도록 만든 조명입니다.

2-2 빛의 세기 PPFD와 단계별 목표

PPFD(광합성 광량자 밀도)는 광합성에 쓰이는 빛(400~700nm)이 1초 동안 1m² 면적에 도달하는 양입니다. 단위는 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 입니다. 비에 비유하면 "빗줄기의 세기"입니다.

구분	목표 PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	이유
육묘기 (파종~정식)	150 ~ 200	조직이 연약해 강한 빛에 스트레스를 받음
재배기 (정식~수확)	250 ~ 300	잎이 빠르게 자라며 광합성량이 늘어남

빛이 부족하면 줄기가 가늘고 길게만 자라고(웃자람), 무게가 덜 나갑니다.

2-3 광주기

광주기는 24시간 중 빛이 있는 시간(명기)과 없는 시간(암기)의 길이입니다. 식물은 빛을 에너지로 쓸 뿐 아니라, 빛이 비치는 시간의 길이로 계절을 감지해 생리 반응을 조절합니다.

구분	이론 권장 주기	네토그린 목표 광주기
육묘기 (파종~정식)	14~17h ON / 7~10h OFF	15h ON / 9h OFF

구분	이론 권장 주기	네토그린 목표 광주기
재배기 (정식~수확)	14~17h ON / 7~10h OFF	15h ON / 9h OFF

왜 15시간인가요?

PPFD를 높게 유지하면 15시간만으로도 하루에 필요한 빛의 양(DLI)을 채울 수 있습니다. 켜는 시간을 줄여 전기를 아끼고, 낮이 길어지면 꽃대가 올라오는 추대 위험도 줄입니다. 추대가 시작되면 잎에 쓴맛이 강해져 상품성이 떨어집니다.

△ 주의 조명 스케줄은 대시보드 스케줄러가 자동으로 제어합니다. 현장에서 임의로 바꾸지 마십시오. 조명이 켜진 15시간이 작물의 낮, 꺼진 9시간이 작물의 밤이며, 주야간 온도도 이 시간에 맞춰 바뀝니다.

2-4 하루 빛의 양 DLI와 계산법

DLI(일일 적산광량)는 작물이 하루 동안 받은 빛의 총량입니다. 단위는 $\text{mol/m}^2/\text{d}$ 입니다. PPFD가 "빛줄기의 세기"라면, DLI는 "하루 동안 양동이에 모인 빗물의 양"입니다.

- 목표: 상추 등 엽채류 약 $12 \text{ mol/m}^2/\text{d}$

계산 방법

$$\text{DLI} = \text{PPFD}(\mu\text{mol/m}^2/\text{s}) \times 3,600(\text{초}) \times \text{조명 시간(h)} + 1,000,000$$

15시간 조명 기준 계산 예시는 다음과 같습니다.

PPFD ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)	DLI ($\text{mol/m}^2/\text{d}$)	판정
200	10.8	목표 12에 못 미침
250	13.5	목표 충족
300	16.2	목표 충족

재배기에 PPFD 250 이상을 유지하는 이유가 여기에 있습니다. 조명이 고장으로 몇 시간 꺼졌다면 그날의 DLI가 부족해진다는 점도 기억해 두십시오.

2-5 파장 비율과 백색광 베이스

육묘 및 영양 생장기(잎·줄기 성장) 권장 비율

- 청색광 비율을 상대적으로 높게 설정합니다. 예) 청색 30% : 적색 70%, 또는 청색 40% : 적색 60%
- 효과: 청색광은 세포 분열을 돕고 마디 사이(절간)가 길어지는 웃자람을 막습니다. 잎을 두껍고 단단하게 만들고 엽록소 형성을 도와 초기 성장을 튼튼하게 합니다.

운영 지침

1. 백색광(Full Spectrum)을 기본으로 사용합니다. 적색과 청색만 섞은 분홍빛 조명은 작업자 눈을 쉽게 피로하게 하고, 잎 색 변화(황변·tipburn)를 알아보기 어렵게 합니다.
2. 품종별로 사전 테스트를 거칩니다. 청색광이 너무 적으면 웃자라 상품성이 떨어지고, 너무 많으면 성장이 느려집니다. 시험 재배 후 양산 비율을 확정합니다.

2-6 조명 높이와 조사 거리

조사 거리는 LED 발광면에서 작물 맨 윗잎(캐노피)까지의 수직 거리입니다. 빛의 세기는 거리에 따라 급격히 변하므로, 생육 단계에 맞는 거리를 유지하는 것이 품질 관리의 핵심입니다. 손전등을 얼굴 가까이 대면 눈이 부신 것과 같은 원리입니다.

생육 단계	권장 거리	이유
발아 및 육묘기	약 40 ~ 60 cm	연약한 조직의 광 스트레스를 막고 안정적인 뿌리 활착 유도
영양 생장기	약 30 ~ 50 cm	광합성이 활발해지는 시기. 충분한 빛을 주되 웃자라지 않게 관리

▲ 주의 단 높이를 바꿨다면 반드시 광량계를 작물 맨 윗잎 높이에 대고 PPFD를 다시 측정하십시오.

2-7 빛 관리 점검 체크리스트

점검 항목	확인 여부
대시보드 조명 스케줄이 15h ON / 9h OFF로 설정되어 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료
모든 단의 LED가 켜져 있고 깜빡이거나 꺼진 등이 없다	☐ 완료 / ☐ 미완료
육묘 랙 PPFD가 150~200 범위다	☐ 완료 / ☐ 미완료
재배 랙 PPFD가 250~300 범위다	☐ 완료 / ☐ 미완료
단 높이를 바꾼 경우 작물 윗면 높이에서 PPFD를 재측정했다	☐ 완료 / ☐ 미완료

점검 항목	확인 여부
오늘의 DLI가 약 12 이상인지 계산해 보았다	☐ 완료 / ☐ 미완료
조명 고장으로 꺼졌던 시간이 있으면 재배 일지에 기록했다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** PPFD와 DLI의 차이를 비유를 들어 설명하십시오.
- Q2.** PPFD 250으로 15시간 조명을 켜었을 때 DLI를 계산하고, 목표값 12와 비교하십시오.
- Q3.** 우리 농장이 광주기를 15시간으로 설정한 이유 두 가지를 쓰십시오.
- Q4.** 적색·청색만 섞은 분홍빛 조명 대신 백색광을 기본으로 쓰는 이유를 설명하십시오.
- Q5.** 단 높이를 바꾼 뒤 반드시 해야 할 일은 무엇이며, 그 이유는 무엇입니까?

3. 공기와 양액 관리

학습 목표: 온도·습도·CO₂·EC·pH의 목표값과 각 기준이 작물에 미치는 영향을 이해하고, 단계별 재배 레시피표를 읽고 현장 수치를 판단할 수 있다.

3-1 주야간 온도와 DIF

작물은 낮(조명 ON)에 광합성으로 양분을 만들고, 밤(조명 OFF)에 호흡하며 그 양분을 써서 자랍니다. 그래서 낮과 밤의 온도를 따로 관리합니다.

구분	목표 온도	이유
주간 (조명 ON)	21 ~ 23℃	광합성 효소가 가장 활발한 온도대
야간 (조명 OFF)	17 ~ 18℃	주간보다 4~5℃ 낮게. 밤이 따뜻하면 호흡이 과해져 낮에 모은 양분을 낭비

밤 온도가 너무 높으면 무게가 덜 나가고 줄기만 길어지는 웃자람이 생깁니다.

DIF (주야간 온도차)

DIF는 주간 온도에서 야간 온도를 뺀 값입니다. 식물은 낮과 밤의 온도 차이에 따라 줄기와 마디 길이가 달라집니다. 이를 이용하면 화학 생장조절제 없이도 작물 크기를 조절할 수 있습니다.

DIF = 주간 온도 - 야간 온도

유형	온도 조건	작물 반응	활용
+DIF	주간 > 야간	줄기 신장 촉진, 키가 큼	일반 생장 촉진
0 DIF	주간 = 야간	줄기 신장 억제	경미한 웃자람 방지
-DIF	주간 < 야간	줄기 신장 강하게 억제, 단단함	수량 모종 생산, 웃자람 교정
Morning Drop	조명 점등 전후 2시간 온도를 낮춤	마디 사이가 짧아짐	광합성 저하 없이 키 조절

네토그린 기준은 주야간 차이 4~5℃(+DIF)입니다.

3-2 상대습도·VPD와 팁 번

- 상대습도(RH): 현재 온도에서 공기가 최대로 품을 수 있는 수증기량 대비 실제 수증기량의 비율입니다.

- VPD(수증기압 차): 잎 내부(포화 상태)와 바깥 공기 사이의 수증기압 차이입니다. 단위는 **kPa**입니다.

공기가 물을 "더 받아들일 수 있는 여유"로, 마른 수건일수록 물을 잘 빨아들이는 것과 같습니다.

상대습도만으로는 온도가 바뀔 때 증산(잎에서 물이 빠져나가는 작용) 상태를 정확히 알기 어렵습니다. 그래서 온도와 습도를 함께 반영한 VPD를 수분 관리의 최종 목표로 씁니다.

왜 증산이 중요할까요?

작물은 잎으로 물을 내보내는 힘으로 뿌리의 물과 양분을 끌어올립니다. 빨대로 음료를 빨아올리는 것과 같습니다. 칼슘은 이 물길을 따라서만 이동하므로, 증산이 약하면 잎끝까지 칼슘이 가지 못해 잎끝이 갈색으로 타는 틸병이 생깁니다.

생육 단계	목표 상대습도	목표 VPD	관리 지침
발아·육묘기	70 ~ 80% (주·야간 동일)	0.4 ~ 0.8 kPa	뿌리가 약하므로 높은 습도로 수분 손실 최소화
영양 생장기 주간	60 ~ 70%	0.8 ~ 1.2 kPa	증산을 원활하게 해 양분을 잎끝까지 끌어올림
영양 생장기 야간	70 ~ 80%	0.5 ~ 0.8 kPa	증산이 멈추면 뿌리가 밀어 올리는 힘(근압)으로 속잎까지 칼슘 전달

△ 주의 잎에 물방울이 맺힐 만큼 습해지면 곰팡이병이 생깁니다. 야간에도 80%를 넘기지 마십시오.

3-3 CO₂ 농도 관리

CO₂는 빛·물과 함께 광합성의 3대 재료입니다. 바깥 공기는 약 400 ppm이지만, 밀폐 재배실에서는 조명이 켜지자마자 작물이 빠르게 흡수해 농도가 급격히 떨어집니다. CO₂를 보충(시비)하면 광합성 속도가 빨라져 수확량과 품질이 좋아집니다.

- 자연 대기 수준: 약 400 ppm
- 목표 농도: 700 ppm

운영 규칙

1. 주간(조명 ON)에만 공급합니다. 밤에는 작물이 호흡으로 오히려 CO₂를 내뿜으므로, 공급하면 비용 낭비와 과포화만 생깁니다.
2. 서큐레이터로 공기를 계속 섞습니다. CO₂는 공기보다 무거워 가만두면 바닥에 가라앉고, 맨 위 잎 주변에는 부족해집니다.

3. 환기할 때는 공급을 중단합니다. 공급된 CO₂가 작물에 닿기도 전에 밖으로 버려집니다.

△ 주의 환기 중 CO₂ 자동화는 반드시 OFF 하십시오. 가스가 소진된 상태로 장치를 켜 두면 전자밸브가 과열되어 고장이나 화재로 이어질 수 있습니다.

3-4 EC: 양액의 진하기

EC(전기전도도)는 양액에 녹아 있는 이온(비료 성분)의 총량을 나타냅니다. 높을수록 진하고, 낮을수록 연합니다. 단위는 dS/m 또는 mS/cm이며 두 단위의 값은 같습니다. 국으로 치면 "간의 세기"입니다.

식물은 뿌리 바깥(양액)과 안쪽(세포액)의 농도 차이, 즉 삼투압을 이용해 물과 양분을 흡수합니다. 양액이 너무 진하면 오히려 뿌리에서 물이 빠져나가고, 너무 연하면 양분이 부족해집니다.

생육 단계	목표 EC (dS/m)	관리 지침
육묘기 (파종~정식)	0.8	뿌리가 미발달 상태. 진한 양액을 주면 삼투압 차이로 뿌리 화상(염류 장애) 발생
생육기 (정식~수확)	1.5 ~ 1.8	잎·줄기가 빠르게 자라 질소·인·칼륨 등 수요 증가. EC를 높여 충분히 공급

△ 주의 물만 보충하면 EC가 떨어집니다. 혼합탱크에 물을 추가했다면 반드시 대시보드에서 EC·pH를 다시 확인하십시오.

3-5 pH: 양분 흡수 스위치

pH는 양액의 산성·알칼리성 정도입니다. 뿌리가 양액 속 양분을 얼마나 쉽게 흡수할 수 있는지를 결정하는 "흡수 스위치"입니다. 아무리 좋은 비료를 정량으로 넣어도 pH가 맞지 않으면 작물은 양분을 먹지 못합니다.

- 목표 pH: 5.8 ~ 6.2 (육묘기~생육기 공통)
- 허용 편차: ±0.3 (5.5 ~ 6.5)
- 이 범위가 주요 양분이 동시에 가장 균형 있게 흡수되는 구간입니다.

pH 상태	일어나는 문제
6.5 이상 (알칼리화)	철·망간·붕소 등 미량원소가 침전되어 흡수되지 못함. 새잎이 노랗게 변하는 철 결핍 등 발생
5.5 이하 (강한 산성화)	칼슘·마그네슘 흡수 불량. 뿌리에 해로운 금속 이온이 녹아 나와 뿌리 괴사 가능

pH를 내릴 때는 C액(산), 올릴 때는 D액(알칼리)이 자동으로 도정됩니다.

3-6 단계별 재배 레시피

지금까지의 기준을 한 장으로 모은 표입니다. 출력해서 작업장에 붙여 두고 수시로 확인하십시오.

항목	파종기 (발아)	육묘기	정식~수확
재배 기간	3 ~ 5일	16 ~ 18일	27 ~ 32일
광량 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	150 ~ 200	150 ~ 200	250 ~ 300
온도 ($^{\circ}\text{C}$)	20 ~ 22	20 ~ 22	18 ~ 23
주간 습도 (%)	70 ~ 80	70 ~ 80	60 ~ 70
야간 습도 (%)	70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80
CO ₂ (ppm)	400 ~ 500 (대기 수준)	600 ~ 800	600 ~ 800
EC (dS/m)	0.8	0.8	1.5 ~ 1.8
pH	5.8 ~ 6.2	5.8 ~ 6.2	5.8 ~ 6.2

정식~수확 기간은 기준일 뿐입니다. 실제 수확 여부는 날씨가 아니라 목표 중량과 외관으로 판단합니다(5강 참고).

3-7 환경·양액 점검 체크리스트

매일 작업 시작 전 대시보드에서 아래 수치를 확인하고 재배 일지에 기록하십시오.

점검 항목	확인 여부
주간 온도 21~23 $^{\circ}\text{C}$ / 야간 17~18 $^{\circ}\text{C}$ 범위다	☐ 완료 / ☐ 미완료
육묘 습도 70~80%, 생육기 주간 습도 60~70%다	☐ 완료 / ☐ 미완료
앞에 물방울이 맺힌 곳이 없다	☐ 완료 / ☐ 미완료
CO ₂ 가 조명 ON 시간에만 공급되고 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료
서큐레이터·재배팬이 모두 돌고 있다	☐ 완료 / ☐ 미완료
재배 EC 1.5~1.8 / 육묘 EC 0.8이다	☐ 완료 / ☐ 미완료
pH가 5.8~6.2 범위다	☐ 완료 / ☐ 미완료
물을 보충한 뒤 EC·pH를 다시 확인했다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** 야간 온도를 주간보다 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 낮게 유지하는 이유를 설명하십시오.
- Q2.** 습도가 너무 높을 때와 너무 낮을 때 각각 틱번이 생기는 원리를 설명하십시오.
- Q3.** CO_2 를 야간과 환기 중에 공급하지 않는 이유를 각각 쓰십시오.
- Q4.** 육묘기에 EC를 0.8로 낮게 유지하는 이유를 삼투압과 연결해 설명하십시오.
- Q5.** pH가 6.5 이상일 때 새잎에 나타나는 증상과 그 원인을 쓰십시오.

4. 파종과 육묘

학습 목표: 파종 6단계를 순서대로 수행하고, 발아율을 계산해 보파 여부를 판단하며, 육묘 21일 동안의 이상 증상에 대처할 수 있다.

4-1 파종의 목적과 배지

파종은 종자(씨앗)를 배지에 심어 발아를 유도하는 작업입니다. 식물공장의 생산 사이클은 파종에서 시작되며, 파종의 정밀도와 위생 관리가 이후 전체 재배 품질을 좌우합니다.

파종 작업의 핵심 목표

- ① 균일한 발아율 확보 — 같은 날 파종한 씨앗이 동시에 발아해야 정식·수확 일정을 정확히 관리할 수 있습니다.
- ② 오염 방지 — 파종 단계에서 병원균이 들어오면 이후 전체 재배로 퍼질 수 있습니다.
- ③ 종자 손실 최소화 — 구멍마다 정확히 한 알씩 심어 종자 낭비를 줄입니다.

배지란?

배지는 흙 대신 씨앗을 고정하고 발아를 돕고 뿌리를 물리적으로 지지하는 인공 재료입니다. 배지 자체에는 양분이 없으며, 양분은 양액으로 공급합니다.

배지 종류	특성 및 적합 작물
스펀지	가장 일반적인 입문용 배지. 가볍고 저렴하며 파종 작업이 쉬움. 흡수성이 좋아 발아율이 높음. 상추·청경채 등 엽채류에 적합

4-2 파종 작업 절차

아래 순서를 반드시 지킵니다. 파종 트레이 1개에는 가로 11구멍 × 세로 16구멍, 총 176개의 구멍이 있습니다.

단계	작업 내용
1. 손 세정 및 장갑 착용	비누로 30초 이상 손을 씻고 위생 장갑을 끼니다. 씨앗 오염의 주요 경로는 사람 손입니다.
2. 파종 트레이 준비	저면관수 용기에 재단한 스펀지를 구멍 위치에 맞게 넣습니다.
3. 배지 포습	스펀지에 물이 고르게 스며들도록 충분히 적십니다.
4. 씨앗 확인	품종명·유효기간·발아율을 확인합니다. 손상되거나 변색된 종자는 제외합니다.

단계	작업 내용
5. 파종	지그를 위아래로 흔들어 빈 홈 없이 종자를 채우고, 스펀지 구멍에 맞춘 뒤 지그를 열어 안착시킵니다. 빈 구멍은 핀셋으로 채웁니다.
6. 마무리	트레이를 육묘대로 옮깁니다. 스펀지가 들뜨면 스프링클러로 가볍게 물을 뿌려 안착시킵니다.

▲ 주의 트레이가 양액에 너무 깊이 잠기지 않게 하십시오. 배지 밑면만 닿으면 충분합니다.

심는 깊이는 따로 관리하지 않습니다. 스펀지 구멍에 종자를 넣는 방식이라 깊이 개념이 적용되지 않습니다.

챙길 것은 구멍당 1립, 빈 구멍 보파, 배지 포습, 양액 수위 네 가지입니다.

4-3 발아 조건과 발아율 확인

발아는 씨앗이 수분·온도·산소 조건을 충족해 싹을 틔우는 과정입니다. 업체류는 대부분 어렵게 해서 발아시키는 암발아가 기본이며, 암발아는 발아와 육묘 상태를 고르게 해 줍니다. 암실이 없으면 덮개나 뚜껑을 덮어 둡니다.

발아 조건	적정 범위	비고
온도	20 ~ 22°C	업체류 기준. 고온에서 발아 불균일
습도	95% 이상 (발아 초기, 덮개 안)	배지가 마르면 발아 지연·실패
빛	발아 초기 암실 또는 약광, 본엽 출현 후 광 필요	일부 광발아형 종자는 품종 안내 확인
산소	충분한 통기성	배지 과습 시 산소 차단 → 뿌리 썩음

발아율 확인 방법

- 파종 후 5~7일 시점에 발아 여부를 점검합니다.
- 목표 발아율은 품종에 따라 다르나 일반적으로 85% 이상입니다.
- 발아율이 70% 미만이면 온도·습도·배지 수분을 다시 점검하고, 필요하면 보파(빈 구멍에 다시 파종)합니다.

$$\text{발아율(\%)} = \frac{\text{발아된 개체 수}}{\text{파종한 총 씨앗 수}} \times 100$$

예) 176구멍 트레이에서 158개가 발아했다면 $158 \div 176 \times 100 \approx 89.8\%$ 로 정상입니다.

4-4 육묘 관리 기준

육묘는 씨앗이 발아한 뒤부터 정식 직전까지 어린 모종을 키우는 단계입니다. 이 시기에 올바른 환경을 주어야 튼튼한 모종이 만들어지고, 정식 후 활착과 수확 품질까지 이어집니다. 육묘대에서는 LED 빛과 양액을 재배액과 따로 조절합니다.

항목	기준
육묘 기간	파종 후 21일 (발아 3~5일 + 육묘 16~18일)
광량 (PPFD)	150 ~ 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
LED 거리	40 ~ 60 cm
온도	20 ~ 22°C
습도	70 ~ 80%
EC / pH	0.8 / 5.8 ~ 6.2
관수	저면관수, 배지 밀면만 접촉

왜 21일인가요?

21일을 넘기면 모종끼리 빛을 두고 경쟁하며 웃자라고, 뿌리가 과하게 자라 정식 패널에 넣기 어려워집니다. 늙은 모종(노화묘)은 옮겨 심어도 활착이 늦습니다.

4-5 육묘 이상 증상과 대처

이상 증상	원인	대처
웃자람(도장): 줄기가 가늘고 길게 위로만 자람	광량 부족, 육묘 21일 초과로 모종끼리 빛 경쟁	LED와 모종 거리를 줄이거나 광량 설정을 높임. 21일 안에 정식
발아 불균일: 일부만 발아	배지 수분 불균일, 온도 편차	배지 수분 재점검, 온도 균일화
잎 황변: 녹색이 연해지거나 노랗게 변함	질소 결핍 또는 EC가 너무 낮음	EC를 소폭 올린 후 경과 관찰
뿌리 갈색 변색 또는 부패	과습, 산소 부족, 수중 세균 번식	배지 수분 줄이기, 통기성 확인, 살균 조치
떡잎 시들음	배지 수분 부족 또는 고온	수분 보충, 온도 점검

증상을 발견하면 위치(랙·트레이)와 증상을 재배 일지에 바로 기록합니다. 같은 증상이 여러 트레이에서 동시에 보이면 개별 트레이 문제가 아니라 환경(온도·EC·pH) 문제일 가능성이 높습니다.

4-6 파종·육묘 점검 체크리스트

점검 항목	확인 여부
손을 30초 이상 씻고 위생 장갑을 착용했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
종자 품종명·유효기간·발아율을 확인했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
스펀지를 충분히 포습했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
구멍마다 1립씩, 빈 구멍은 핀셋으로 채웠다	☐ 완료 / ☐ 미완료
트레이가 깊이 잠기지 않았다 (배지 밑면만 접촉)	☐ 완료 / ☐ 미완료
파종일·품종·트레이 수를 재배 일지에 기록했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
파종 5~7일 후 발아율을 계산했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
육묘 21일이 넘은 트레이가 없다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** 파종 작업의 핵심 목표 세 가지를 쓰십시오.
- Q2.** 파종 6단계를 순서대로 쓰고, 첫 단계가 손 세정인 이유를 설명하십시오.
- Q3.** 176구멍 트레이에서 120개가 발아했습니다. 발아율을 계산하고 해야 할 조치를 쓰십시오.
- Q4.** 육묘 기간이 21일을 넘으면 어떤 문제가 생기는지 두 가지 이상 쓰십시오.
- Q5.** 육묘 중 뿌리가 갈색으로 변했을 때의 원인과 대처를 쓰십시오.

5. 정식과 수확

학습 목표: 정식 적기를 네 가지 기준으로 판단하고, 정식·수확 절차를 순서대로 수행하며, 수확 시기를 날짜가 아닌 종량·외관으로 결정할 수 있다.

5-1 정식의 의미와 목적

정식은 육묘를 마친 모종을 재배 베드의 정식 패널(구멍 있는 판)에 옮겨 심어 본격적인 성장 단계로 넘기는 작업입니다. 어린이집을 졸업하고 넓은 집으로 이사 가는 날에 비유할 수 있습니다.

- 정식 후 모종은 충분한 공간과 양액을 공급받으며 빠르게 자랍니다.
- 너무 이르면 모종이 약해 활착(뿌리가 자리 잡는 것)에 실패하고, 너무 늦으면 뿌리가 지나치게 자라 패널 삼입이 어려워집니다.

정식의 목적

- ① 생육 공간 확보 — 밀식 상태의 육묘 공간에서 넓은 재배 베드로 옮겨 빛·공간·양액을 충분히 받게 합니다.
- ② 균일한 품질 확보 — 생육이 고른 모종만 골라 심어 수확 시 크기와 품질을 맞춥니다.
- ③ 생산 일정 관리 — 정식일을 기준으로 수확 예정일을 산정해 납품 일정과 생산량을 계획합니다.

5-2 정식 적기 판단 기준

아래 네 가지를 모두 확인합니다.

판단 기준	세부 내용
본엽 수	본엽(떡잎 다음에 나오는 진짜 잎) 3~4매 출현
뿌리 상태	배지 아래로 흰 뿌리가 2cm 이상. 갈변한 뿌리는 불량 모종
육묘 기간	파종 후 21일 기준. 초과 시 노화묘
줄기 굵기·색	가늘고 웃자란 모종보다 짧고 굵은 모종이 활착이 잘 됨

△ 주의 21일을 넘길 것 같다면 노화묘를 쓰지 말고, 2주 정도 된 어린 육묘로 앞당겨 정식한 뒤 본사에 공유하십시오.

5-3 정식 작업 절차와 48시간 점검

단계	작업 내용
1. 재배 베드 준비	이전 작물 잔재를 완전히 제거하고 베드 세척이 끝났는지, 양액 흐름이 정상인지 확인합니다.
2. 위생 점검	위생복·장갑을 착용하고 작업 공간을 청결하게 합니다.
3. 모종 선별	뿌리 갈변, 잎 병징, 웃자람이 심한 모종은 제외합니다.
4. 정식 실시	배지를 패널 구멍에 맞게 끼웁니다. 너무 세게 밀면 뿌리가 꺾입니다.
5. 양액 확인	양액이 배지까지 닿는지, 베드에 잘 공급되는지 확인합니다.
6. 기록	정식 날짜·구역(unit)·작물명·개체 수·담당자명을 재배 일지에 적습니다.

정식 후 48시간 집중 점검 항목

점검 항목	확인 내용
활착 여부	잎이 시들지 않았는지. 심하게 시들면 수분 부족 또는 뿌리 손상
양액 공급	베드에 양액이 정상적으로 흐르는지
배지 고정	모종이 패널에서 빠지거나 기울지 않았는지
이상 징후	잎 황변·빠른 시들음 발생 시 환경·양액 상태 점검 및 개선

5-4 수확 적기 판단 기준

수확은 목표 중량과 품질 기준에 도달한 작물을 출하 가능한 상태로 만드는 작업입니다. 수확 시점이 늦어지면 추대(꽃대가 올라옴), 잎의 노화, 쓴맛 증가로 상품 가치가 급격히 떨어집니다. 또 수확한 자리에 바로 다음 정식이 이루어지므로, 수확이 밀리면 전체 생산 일정이 함께 밀립니다.

판단 기준	세부 내용
목표 중량	품목별 출하 규격 중량 도달 여부. 예) 프릴아이스 1개체 100~130g. 샘플 2~3개체를 잘라 중량 측정
외관 상태	잎이 건강하고 녹색이 선명하며 팁번(갈색 잎끝)이 없는 상태. 잎이 너무 크면 맛·식감이 떨어질 수 있음
재배 일수	재배 레시피 기준 정식 후 27~32일. 날짜는 기준일 뿐, 중량·외관과 함께 판단하여 앞당기거나 미룸

작물 맞춤 예시 — 미니로메인

수확 일주일 전부터 랙 높이에 눈을 맞추고 옆에서 관찰합니다. 아래 신호 중 하나가 보이면 예정일까지 기다리지 말고 앞당겨 수확합니다.

- ✓ 밑동의 흰 줄기가 눈에 띄기 시작한다
- ✓ 가운데 잎이 벌어지기 시작한다
- ✓ 아래 잎이 노래지기 시작한다
- ✓ 팁번이 심해지기 시작한다

5-5 수확 작업 절차

단계	작업 내용
1. 수확 준비	위생복·장갑을 착용하고 조각칼(또는 가위)을 준비합니다.
2. 수확 용기 준비	청결한 트레이를 준비합니다. 물기가 남아 있으면 신선도가 급격히 떨어지고 부패의 원인이 됩니다.
3. 수확 실시	조각칼로 스펀지 윗부분을 지긋이 눌러 뿌리 윗동을 확인하고, 칼을 안쪽으로 살짝 밀어내듯 배지 상단 바로 위를 자릅니다.
4. 담기	자른 작물은 뒤집어서 트레이에 담습니다.
5. 임시 보관	비닐을 트레이 위만 덮지 말고 밑으로 깊숙이 넣어 공기를 차단한 뒤, 그늘진 곳으로 옮깁니다.
6. 기록	수확 날짜·구역·작물명·수확량(kg 또는 개수)을 재배 일지에 적습니다.
7. 도구 세척	사용한 도구를 세척·소독해 지정 장소에 보관합니다.

절단 위치

절단 위치	결과
너무 위	중량 부족, 절단면 갈변
배지 상단 바로 위	정상
너무 아래	배지 조각 혼입

작업 팁

- ✓ 수확할 때는 자르는 데 집중합니다. 틱번·폐기 여부는 다음 단계인 손질에서 판단합니다.
- ✓ 한 unit을 한 번에 다 자르기보다 3~4칸(96~128포기)씩 끊어서 수확 → 손질 → 포장으로 이어 가면 신선도를 지키기 좋습니다.

5-6 수확 후 베드 정리

수확이 끝난 베드는 즉시 다음 정식 준비를 시작합니다. 세척이 불충분하면 이전 작물의 뿌리·잔재가 부패해 다음 작물의 병원균 발생 원인이 됩니다.

1. 작물 잔재 제거 — 거터에서 포트를 분리하고, 뿌리·잎·배지 조각을 완전히 걷어냅니다.
2. 베드 세척 — 깨끗한 젖은 천으로 베드 내부를 꼼꼼히 닦습니다.
3. 건조 및 점검 — 배관·구멍 막힘을 확인하고, 물을 뺀 부분에 남은 물기를 제거합니다.
4. 다음 정식 준비 — 청소가 끝나면 정식 대기 상태로 전환합니다.

상세한 거터 청소 방법(워터블록 사용)은 7강을 참고하십시오.

5-7 정식·수확 점검 체크리스트

점검 항목	확인 여부
정식할 베드의 잔재 제거와 세척이 끝났다	☐ 완료 / ☐ 미완료
모종이 본엽 3~4매, 흰 뿌리 2cm 이상, 파종 후 21일 이내다	☐ 완료 / ☐ 미완료
뿌리 갈변·병징·심한 웃자람 모종을 제외했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
정식 후 양액이 배지까지 닿는 것을 확인했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
정식 날짜·unit·작물명·개체 수·담당자를 기록했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
수확 전 샘플 2~3개체의 중량을 측정했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
수확 트레이에 물기가 없다	☐ 완료 / ☐ 미완료
수확물을 비닐로 밀폐해 그늘로 옮겼다	☐ 완료 / ☐ 미완료
수확량을 기록하고 도구를 세척·소독했다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

Q1. 정식 적기를 판단하는 네 가지 기준을 쓰십시오.

Q2. 육묘가 21일을 넘길 것 같을 때 어떻게 해야 합니까?

Q3. 정식 후 48시간 동안 집중 점검해야 할 항목을 세 가지 이상 쓰십시오.

Q4. 수확 시기를 날짜만으로 정하면 안 되는 이유를 설명하고, 함께 확인해야 할 기준을 쓰십시오.

Q5. 수확할 때 절단 위치가 너무 위이거나 너무 아래이면 각각 어떤 문제가 생깁니까?

6. 손질·포장과 한 주의 흐름

학습 목표: 선별 기준에 따라 손질하고 규격대로 포장할 수 있으며, 주간 표준 공정(수확→청소→정식→파종)과 자재 발주 기준을 이해한다.

6-1 손질의 의미와 절차

손질(Trimming)은 수확한 작물에서 황변 잎·손상 잎·뿌리·배지 조각 등 불필요한 부분을 제거하고 출하 규격에 맞게 정리하는 작업입니다.

손질이 중요한 이유

- ① 상품성 향상 — 불량 잎을 제거하면 외관이 깔끔해져 소비자 선호도가 높아집니다.
- ② 위생 확보 — 손상·부패 잎을 제거하면 유통 중 부패가 번지는 것을 막습니다.
- ③ 중량 규격 맞춤 — 포장 규격에 맞는 정확한 중량으로 조정합니다.
- ④ 납품처 기준 충족 — 마트·식당 등 납품처마다 외관·규격 기준이 있으므로 사전 협의된 기준에 맞춥니다.

엽채류 손질 절차

단계	작업 내용
1. 손질 구역 준비	작업대를 청소하고 작업복·장갑을 착용합니다.
2. 수확물 투입	수확 트레이에서 작업대로 옮깁니다. 바닥·오염 표면에 닿지 않게 합니다.
3. 불량 잎 제거	팁번(갈색 잎끝), 황변 잎, 충해 흔적 잎, 깨진 잎을 손·가위·칼로 제거합니다.
4. 뿌리·배지 제거	뿌리와 배지가 붙어 있으면 위생 가위로 깔끔하게 자릅니다.
5. 중량 측정	저울로 무게를 재면서 박스 등에 담습니다.
6. 불량품 분리	상품화가 불가능한 작물은 별도 용기에 분리합니다(폐기 또는 자체 소비).

품목마다 제거 부위가 다릅니다. 예를 들어 프릴아이스는 밑동을 자를 때 아래쪽 노란 잎이 함께 떨어지도록 자릅니다. 교육 PT의 품목별 사진(프릴아이스·미니로메인·적프릴아이스·버터헤드·카이피라)을 함께 확인하십시오.

6-2 이물질·불량품 선별 기준

선별 항목	제거 또는 폐기 기준
팁번 (Tip Burn)	잎끝이 갈색·검은색으로 괴사한 잎은 제거. 개체 전체의 20% 이상이면 해당 개체 폐기
황변 (Yellowing)	잎이 전체적으로 노랗게 변한 경우. 영양 결핍 또는 노화 신호
충해 흔적	작은 구멍, 배설물, 벌레 발견 시 해당 개체 즉시 격리 및 폐기
이물질 혼입	배지 조각·먼지·머리카락 등은 세척 또는 제거
부패·곰팡이	갈색으로 물러진 상대나 곰팡이 포자 발견 시 즉시 폐기. 인접 개체도 점검
기형·과다 손상	납품처 규격 외 형태, 심하게 찢어지거나 눌린 것은 상품에서 제외

△ **곰팡이(예 흰가루병)**가 보이면 해당 개체만 버리고 끝내지 마십시오. 포자가 주변으로 번질 수 있으므로 같은 구역 작물을 함께 점검하고 재배 일지에 위치를 기록합니다.

6-3 포장 작업 절차

포장은 손질된 작물을 출하 규격에 맞게 포장재에 담고 표시 정보를 붙여 유통 가능한 상품으로 만드는 작업입니다.

- 선도 유지: 포장재가 수분 증발을 막아 신선도를 지킵니다.
- 신뢰 확보: 깔끔한 포장과 정확한 표시는 식물공장 제품에 대한 신뢰를 높입니다.
- 물류 편의: 정해진 규격으로 포장하면 냉장 박스 적재와 납품처 검수가 쉬워집니다.

포장 방식은 종이박스 + 투명 비닐봉투 + 해동지입니다. 해동지는 비닐 안의 습기를 줄여 줍니다.

단계	작업 내용
1. 포장 구역 확인	작업대 소독·청결 상태를 확인하고 작업복·장갑을 착용합니다.
2. 포장재 준비	출하 계획에 맞게 종류·수량을 준비합니다. 박스는 미리 접어 둡니다.
3. 영점 맞추기	박스·비닐·해동지를 저울에 올린 상태에서 영점을 맞춥니다. 그래야 작물 무게만 정확히 잴 수 있습니다.
4. 담기	밀동을 꼭 누르며 세운 상태로 6~8개씩 빈틈없이 채웁니다. 정해진 중량(예: 4kg)에 대해 오차는 +20~30g 이내로 맞춥니다.
5. 최종 확인	위에서 내려다보며 이물질과 팁번을 한 번 더 확인하고, 비닐로 작물이 잘 덮이도록 감쌉니다.

단계	작업 내용
6. 밀봉·라벨	테이프로 밀봉하고 품목·중량·배송처를 적습니다.
7. 당일 출하	포장 완료품은 당일 출하가 원칙입니다. 택배는 송장을 확인합니다.

△ 주의 품목·중량·배송처 세 가지 중 하나라도 빠지면 오배송이 납니다. 빈틈이 있으면 박스 안에서 작물이 움직이며 앞이 상합니다.

6-4 주간 표준 공정과 일정 조정 원칙

농장은 생산이 끊기지 않도록 매주 같은 순서로 공정을 돌립니다. 주초에는 수확과 출하에 집중하고, 주 후반에는 다음 재배 사이클을 세팅합니다.

공정	내용
1. 수확	수확 일정에 도달한 작물을 전량 수확·선별해 출하합니다.
2. 청소	비워진 거터의 상·하판을 세척하고 워터블록으로 잔사물과 물기를 제거합니다.
3. 정식	세척된 거터의 급수 밸브를 열고 육묘가 끝난 모종을 옮겨 심습니다.
4. 파종	계획된 포트 수의 1.2~1.3배를 스펀지 배지에 파종해 육묘대에 넣습니다.

왜 1.2~1.3배를 파종할까요?

발아하지 않거나 생육이 불량한 모종을 정식에서 빼야 하기 때문입니다. 발아율이 90%인 작물이라면 정식 수량보다 약 20%를 더 파종합니다. 매주 같은 수량을 수확하기 위한 그룹 나누기와 파종 수량 계산은 「2.3 재배계획 작성 및 관리」의 분산 파종을 참고하십시오.

일정 조정 원칙

공휴일·연휴 등으로 일정을 바꿔야 하면 농장장·관리자의 판단으로 조정할 수 있습니다. 이때 사이클 연동 원칙을 지킵니다.

△ 사이클 연동 원칙 한 공정(예: 수확)을 하루 이틀 앞당기거나 미루면, 뒤따르는 청소 → 정식 → 파종도 반드시 같은 간격으로 함께 옮깁니다. 간격이 어긋나면 육묘 기간이 길어져 옷자라거나, 청소한 베드가 빈 채로 방치됩니다.

6-5 자재·소모품 발주 기준

자재와 소모품은 매주 정기 점검으로 재고를 확인하고, 부족한 항목은 그 주 안에 발주해 다음 주 작업에 차질이 없게 합니다.

구분	발주 기준	이유
비료·산도조절제	잔여 1회분 이하 시 즉시 발주	입고 지연 시 양액 조성 불가 → 생산 중단
종자	잔여 1캔 이하 시 즉시 발주	파종 일정이 밀리면 이후 수확 일정 전체가 밀림
포장자재·재배자재	기준 수량 이하 시 당주 내 발주	수확·출하일 전 소진 방지

점검 요령

- ✓ 점검은 수확 전날이나 청소일에 함께 하면 효율적입니다.
- ✓ 비료 잔여량은 통 무게나 눈금으로, 종자 잔여량은 캔을 열어 남은 양으로 확인합니다.
- ✓ 이상이 있으면 본사에 공유합니다.

6-6 출하 전 체크리스트

점검 항목	확인 여부
팁번 20% 이상·총해·공팡이 개체를 모두 걸러냈다	☐ 완료 / ☐ 미완료
포장재를 올린 상태에서 저울 영점을 맞췄다	☐ 완료 / ☐ 미완료
포장 중량이 규격(+20~30g 이내)에 맞는다	☐ 완료 / ☐ 미완료
작물을 세워서 빈틈없이 담았다	☐ 완료 / ☐ 미완료
밀봉 상태가 완전하다	☐ 완료 / ☐ 미완료
박스에 품목·중량·배송처를 적었다	☐ 완료 / ☐ 미완료
당일 출하되었다	☐ 완료 / ☐ 미완료
수확량·포장 수량을 재배 일지에 기록했다	☐ 완료 / ☐ 미완료
납품처별 포장 규격·라벨 기준을 지켰다	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** 손질이 중요한 이유 네 가지를 쓰십시오.
- Q2.** 틱번이 있는 개체를 폐기하는 기준은 무엇입니까? 곰팡이를 발견했을 때 추가로 해야 할 일은 무엇입니까?
- Q3.** 포장 시 포장재를 저울에 올린 상태에서 영점을 맞추는 이유를 설명하십시오.
- Q4.** 주간 표준 공정의 순서를 쓰고, 수확일을 하루 미뤘을 때 지켜야 할 원칙을 설명하십시오.
- Q5.** 종자는 잔여 1캔 이하일 때 즉시 발주해야 합니다. 그 이유를 생산 일정과 연결해 설명하십시오.

7. 설비 청소와 점검

학습 목표: 디스크 필터·혼합탱크·센서·거터의 관리 주기와 작업 순서를 알고, 배수 12 unit 규칙 등 각 단계의 이유를 설명할 수 있다.

7-1 양액 원액 A·B·C·D와 거터별 관수량

양액은 4개 원액통에서 혼합탱크로 자동 도장되어 만들어집니다.

원액	주성분	역할
A액	질산칼슘	EC 상향 (칼슘·질소 공급)
B액	인산칼륨(MKP)·질산칼륨·미량원소·황산마그네슘	EC 상향 (인·칼륨·마그네슘·미량원소 공급)
C액	질산	pH 하향 (강산)
D액	수산화칼륨	pH 상향 (강알칼리)

A액의 칼슘은 B액의 인산·황산 성분과 진한 상태에서 만나면 즉시 물에 녹지 않는 앙금이 됩니다. 그래서 A·B는 반드시 따로 제조·보관하고, 혼합탱크에서 물로 충분히 희석될 때만 만나게 합니다.

양액은 왜 2주마다 교체할까요?

양액은 순환하며 재사용됩니다. 뿌리는 필요한 성분만 골라 먹기 때문에, 시간이 지나면 EC 숫자는 같아도 칼륨·칼슘 등 성분 비율이 처음 설계값에서 벗어납니다(이온 불균형). 그래서 2주에 1회 탱크를 비우고 새 양액으로 채웁니다.

거터별 관수량 조절

거터별 관수량은 유입 밸브 개방 정도로 정합니다. 많이 열수록 유량이 늘고, 조금 열수록 줄어듭니다.

7-2 디스크 필터 관리

디스크 필터는 흠이 파인 원형 디스크(링)를 여러 장 겹쳐 압착한 필터입니다. 흠과 흠 사이의 아주 작은 틈으로 물이 지나가며 이물질이 걸러집니다. 원수가 디스크 바깥에서 안쪽으로 통과해 중심축으로 빠져나가는 구조입니다.

- 기본: 주 1~2회 분해 세척
- 즉시 세척: 관수 라인의 수압이 눈에 띄게 떨어지거나 말단 구역 유량이 줄었을 때

세척 절차

단계	작업 내용
1. 라인 차단	필터 앞·뒤 밸브를 모두 잠가 양액 유입을 막습니다.
2. 하우징 분리	필터 케이스 덮개를 돌려 열고 원통형 필터 뭉치를 꺼냅니다.
3. 디스크 해체·세정	상단 캡을 풀어 적색 디스크 링을 날장으로 분리하고, 세척조에서 흐르는 물로 틈새의 찌꺼기를 씻어 냅니다.
4. 결함·복구	링을 원래 순서대로 끼워 하우징에 넣고, 잠갔던 앞·뒤 밸브를 열어 누수가 없는지 확인합니다.

△ 주의 필터가 막히면 펌프에 부하가 걸리고 말단 거터부터 양액이 부족해집니다. 같은 랙 안에서도 위치에 따라 생육 차이가 생깁니다.

7-3 혼합탱크 청소 10단계

혼합탱크 내부에는 시간이 지나면서 물때·스케일·유기물 잔여물이 쌓입니다. 정기 청소는 수질 안정성과 센서 정확도를 지키는 데 필수입니다. 순서를 바꾸면 센서 오작동이나 물 넘침이 생기므로 아래 순서를 그대로 따릅니다.

단계	작업 내용
1. 사전 준비	대시보드(스케줄러)에서 수위 자동, 양액 자동 제어, 혼합액 공급 세 기능을 OFF 합니다.
2. 센서 꺼내기	EC (충격·건조 주의), pH (전극부 손상 주의), 수온(케이블 꼬임 주의) 센서를 모두 꺼내 안전한 곳에 둡니다.
3. 배수 및 세척	혼합탱크와 폐수통 사이 밸브를 열어 배수 → 공급 펌프가 헛돌기 시작하면 밸브 잠금 → 남은 물은 양수기로 배출 → 측면·바닥 물때를 부드러운 도구로 닦기(오염이 심하면 락스 세척 후 1~2회 행궁) → 두 탱크 모두 동일하게 진행 → 센서 원위치
4. 급수 & 배수	재배 중인 unit 의 배수 밸브를 열어 배수하면서 혼합탱크에 새 물을 급수합니다. 배수는 한 번에 최대 12 unit 씩, 배수량이 줄면 12 unit 씩 추가합니다.
5. 배수 완료 확인	재배 중인 모든 unit 의 배수 밸브가 닫혔는지 육안으로 확인합니다.
6. EC & pH 자동화(1차)	만수위에 도달하면 대시보드에서 EC & pH 자동화 START , 목표 수질까지 대기합니다.
7. 혼합액 공급	대시보드에서 혼합액 공급 ON .
8. 재급수	탱크 수위가 내려가면 수위 자동 START 로 설정 수위까지 채웁니다.
9. EC & pH 자동화(2차)	재급수 후 자동화를 다시 START 하고 목표 수질까지 대기합니다.

단계	작업 내용
10. 원상 복구	밸브가 회수 상태(닫힘)인지 확인하고, 스케줄러에서 평상시 자동화 스케줄을 복구합니다.

왜 한 번에 12 unit일까요?

작업 편의를 위한 권장치가 아니라 폐수통 펌프의 배수 능력에 맞춘 상한입니다. 더 많이 열면 유입량이 펌프 능력을 넘어 폐수통이 넘칩니다.

△ 주의 자동화가 켜진 채 청소하면 센서 오류·오작동이 생깁니다. 금속 수세미나 날카로운 도구는 탱크 내벽을 손상시키므로 사용하지 않습니다.

7-4 센서 세척과 보정

센서 표면에 이물질이 붙거나 영점이 틀어지면 EC·pH 측정값이 실제와 달라지고, 자동 도징이 그 틀린 값을 기준으로 원액을 넣게 됩니다. 보정(캘리브레이션)은 저울 영점을 맞추듯 센서 값을 표준액에 맞추는 작업입니다.

- 센서 세척: 주 1회 (보정 전후에도 반드시 세척)
- 캘리브레이션: 월 1회

1단계 · 세척 및 건조

1. 센서를 맑은 물 또는 정제수가 담긴 비커에 넣고 가볍게 흔들어 이물질을 떼어 냅니다.
2. 깨끗한 천이나 전용 티슈로 끝부분(글라스 밸브)을 감싸 쥐듯 닦아 수분을 말립니다.

△ 주의 센싱 부위를 문지르면 스크래치가 생깁니다. 감싸 쥐듯 부드럽게 닦으십시오.

2단계 · pH 센서 보정 (2 Point 방식)

단계	표준액	조작	완료 신호	확인 범위
1차	pH 4.0	변환기 버튼 짧게 → 녹색 등, 길게 누름	녹색 깜빡임 약 20초 후 황색	3.87 ~ 4.13
2차	pH 9.18	씻고 건조 → 버튼 짧게 → 적색 등, 길게 누름	적색 깜빡임 후 황색 고정	9.06 ~ 9.30

3단계 · EC 센서 보정

1. EC 표준액(1.413 mS/cm)에 EC 센서와 수온 센서를 함께 담급니다.
2. 대시보드에서 현재 수온에 맞는 기준 EC 값을 표에서 찾아 대조합니다. 예) 수온 18°C → 기준 1.22 mS/cm
3. EC 변환기 버튼을 3초간 길게 눌러 녹색 깜빡임 후 황색 점등이 되면 완료입니다. 대시보드 수치 1.11 ~ 1.33을 확인합니다.

왜 수온 센서를 함께 담글까요?

EC는 같은 양액이라도 온도가 오르면 높게 읽힙니다. 수온 센서가 함께 있어야 온도 보정이 적용되어 오차가 생기지 않습니다.

△ 주의 변환기 모듈을 교체할 때는 작업 전에 반드시 전원을 차단하십시오.

7-5 거더 청소

작기 종료 후 거더 라인에 남은 뿌리 잔사·녹조·오수를 제거해 병해를 차단하고, 다음 작기를 위한 깨끗한 뿌리 환경을 만듭니다.

단계	작업 내용
1. 관수 라인 제어	거더 전면 유입 밸브를 잠그고, 후면 폐수 배출 밸브를 열어 물을 빼냅니다. 대시보드에서 혼합액 스케줄을 OFF 합니다.
2. 포트 분리·뿌리 제거	포트를 눌러 빼고 거더 상판 덮개를 엽니다. 스펀지와 뿌리를 걷어내 물기를 짰 뒤 폐기물 통에 버립니다.
3. 워터블록(PE 폼) 밀기	폼을 거더 폭에 맞춰 바닥에 밀착시키고 배수구 방향으로 천천히 밀니다. 끝에 도달하면 밀려온 찌꺼기를 손으로 먼저 건져냅니다.
4. 마감·재가동	물기와 녹조를 마른걸레로 닦고 덮개를 닫습니다. 끝단 검은색 여과 스펀지를 세척해 끼우고, 후면 밸브 잠금 → 전면 밸브 개방 → 혼합액 스케줄 ON.

△ 주의 워터블록을 너무 빠르게 밀면 오수가 거더 밖으로 넘칩니다. 속도를 조절하며 진행하십시오.

7-6 설비 정기 점검 체크리스트

점검 항목	주기	확인 여부
디스크 필터 분해 세척	주 1~2회	☐ 완료 / ☐ 미완료
EC·pH·수온 센서 세척	주 1회	☐ 완료 / ☐ 미완료
pH·EC 센서 캘리브레이션	월 1회	☐ 완료 / ☐ 미완료
양액 교체(배액) 및 혼합탱크 청소	2주 1회	☐ 완료 / ☐ 미완료
탱크 청소 전 자동화 3종 OFF, 청소 후 스케줄 복구	청소 시	☐ 완료 / ☐ 미완료
배수 한 번에 최대 12 unit, 완료 후 배수 밸브 닫힘 확인	배수 시	☐ 완료 / ☐ 미완료
거터 청소 및 끝단 여과 스펀지 세척	작기 종료 시	☐ 완료 / ☐ 미완료
점검 결과를 재배 일지에 기록	매 점검	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** A액과 B액에 들어 있는 주성분을 쓰고, 두 액을 섞으면 안 되는 이유를 설명하십시오.
- Q2.** EC 숫자가 정상인데도 양액을 2주마다 교체하는 이유를 설명하십시오.
- Q3.** 혼합탱크 청소 전에 대시보드에서 OFF 해야 할 기능 세 가지를 쓰십시오.
- Q4.** 배수를 한 번에 최대 12 unit으로 제한하는 이유는 무엇입니까?
- Q5.** EC 센서를 보정할 때 수온 센서를 함께 담그는 이유를 설명하십시오.

8. 이상 대응과 안전

학습 목표: 물 넘침·수위·양액·공조·정전 문제를 정해진 순서로 대응하고, 원액 취급과 작업 안전 수칙을 지키며, 본사에 필요한 정보를 빠짐없이 보고할 수 있다.

8-1 물 넘침 원인과 예방

재배 시설의 누수는 배관이 터져서 새는 경우보다, 물이 제때 빠지지 않아 위로 넘치는 경우가 훨씬 많습니다. 따라서 새는 지점을 막기 전에 배수가 왜 안 되는지를 먼저 확인합니다.

지점	원인	즉시 조치	예방
거터	배수 배관이 막혀 수위가 올라가 넘침	유입 밸브를 잠그고 배수 배관 관통·청소	배수구 이물질 정기 점검
거터	필터폼 수명이 다해 물이 빠지지 않음	필터폼 교체 후 배수 확인	교체 주기 관리
폐수통	배수 밸브를 한 번에 많이 열어 폐수통 펌프 능력 초과	열어 둔 밸브 일부를 즉시 잠그고 펌프 상태 확인	한 번에 최대 12 unit씩만 배수
혼합탱크	수동 급수 후 급수 밸브를 잠그지 않음	급수 밸브 즉시 차단, 수위 낮춤	수동 급수 중 자리 비우지 않기

△ 주의 수동 급수 중에는 자리를 비우지 않습니다. 잠깐이라도 비워야 한다면 급수 밸브를 먼저 잠그십시오.

8-2 수위 이상과 펌프 헛돌기

상황	원인	조치 순서
수위가 낮을 때	누수, 증산·증발 소모, 원수 공급 정지, 플로트 밸브 고장, 회수 라인 막힘	누수 확인 → 원수 라인·밸브 확인 → 보충 후 EC·pH 재측정
수위가 높을 때	플로트 밸브 미차단, 배수구 막힘, 도정 과다	원수 공급 차단 → 배수 → 탱크 주변 물 넘침 확인

펌프 헛돌기

수위가 펌프 흡입구 아래로 내려가면 펌프가 공기를 물고 돌면서 패킹과 날개가 손상됩니다.

1. 수위 저하가 확인되면 보충보다 먼저 펌프를 정지합니다.

2. 펌프에서 평소와 다른 소음·진동이 나면 즉시 정지하고 수위를 확인합니다.

3. 헛돌기 이력이 있는 펌프는 재가동 후 누수 여부를 다시 점검합니다.

거터에서 나온 배액이 회수되지 않으면 공급 측 수위만 계속 내려갑니다. 회수 배관의 막힘·꺾임과 거터 배수구 이물질 등을 함께 확인하십시오.

▲ 주의 물 넘침이 있었다면 바닥 전기 설비와 콘센트 침수 여부를 반드시 확인하십시오. 물만 보충했다면 EC가 떨어지므로 EC·pH를 다시 확인합니다.

8-3 EC·pH 이상과 양액 공급 정지

EC·pH 수치 이탈

증상	판단 기준	조치
EC 기준 초과	재배 1.65↑ / 육묘 0.85↑	목표값 하향 설정 (재배 1.4 / 육묘 0.7)
EC 기준 미달	재배 1.45↓ / 육묘 0.75↓	목표값 상향 설정 (재배 1.6 / 육묘 0.9)
pH 기준 초과	6.05↑	목표값 5.9로 하향 설정
pH 기준 미달	5.95↓	목표값 6.1로 상향 설정
EC 변화 없음	도징 중인데 실측값이 움직이지 않음	A·B 원액 잔량 확인 후 보충
pH 변화 없음	C액 또는 D액 도징 중인데 변화 없음	해당 원액 보충 (C액 = 하향 / D액 = 상향)

위 조치로도 잡히지 않으면 다음을 확인합니다.

1. 센서 오염 또는 보정 이탈 — 센서를 세척하고 캘리브레이션합니다(7강).

2. 도징 튜브 꺾임·기포, 원액통과 도징 펌프 채널(A·B·C·D) 연결이 맞는지 확인합니다.

3. 그래도 복구되지 않으면 목표값을 임의로 크게 바꾸지 말고 본사에 연락합니다.

양액 공급 정지·관수 불균일

증상	확인 순서	조치
전체 무공급	공급 펌프 전원·과열 차단 여부	전원 복구. 과열이면 충분히 식힌 뒤 재가동
압력은 있으나 유량 부족	디스크 필터 막힘	필터 분해 세척
특정 unit만 무공급	해당 유입 밸브 잠김·이물질	밸브 개방도 재조정 후 유량 확인
펌프 소음·진동	탱크 수위 저하로 인한 헛돌기	즉시 정지 후 수위 확인

증상	확인 순서	조치
한쪽만 물이 고임	거터 경사 또는 배수구 막힘	경사·배수구 점검

△ 주의 양액 공급이 멈춘 상태에서 조명이 계속 켜져 있으면 증산만 계속되어 작물이 빠르게 시듭니다. 복구가 늦어지면 해당 구역 조명을 꺼서 증산 부담을 낮추고 본사에 함께 보고하십시오.

8-4 원액 취급 안전

C액은 강한 산(질산), D액은 강한 알칼리(수산화칼륨)입니다. 피부·눈에 닿으면 화상을 입을 수 있으므로 아래 수칙을 반드시 지킵니다.

절대 금지

- ✓ A액과 B액을 같은 통에 담지 않습니다. 물에 녹지 않는 결정이 생겨 배관과 장비가 막힙니다.
- ✓ 원액을 희석하지 않고 공급 라인에 직접 넣지 않습니다. 희석은 혼합탱크에서 이루어집니다.
- ✓ C액과 D액을 같은 용기에서 섞지 않습니다. 강한 산과 강한 알칼리가 만나 급격히 발열합니다.

취급 방법과 보관

- 반드시 보호 장갑과 보안경을 착용합니다.
- 나눠 담거나 양을 절 때는 스포이드를 쓰고, 다른 용도의 용기와 섞어 쓰지 않습니다.
- 원액통 라벨(A·B·C·D)을 지우지 않고, 통과 도징 펌프 채널이 일치하도록 보관합니다.
- 산(C액)과 염기(D액)는 서로 떨어뜨려 보관하고, 직사광선과 고온을 피해 뚜껑을 닫아 둡니다.

피부·눈에 닿았을 때 응급 조치

1. 즉시 흐르는 물로 15분 이상 씻습니다.
2. 오염된 옷은 벗고, 피부를 문지르지 않습니다.
3. 눈에 들어간 경우 비비지 말고 눈을 뜬 상태로 씻으며 즉시 병원으로 이동합니다.

8-5 공조 장애 대응

온도 이상

증상	원인	조치
실온 상승 · 냉방 안 됨	유닛 쿨러 정지	전원·차단기 확인 후 재가동. 미복구 시 AS 신청

증상	원인	조치
냉방은 되는데 온도가 안 내려감	코일 성에 · 필터 오염	제상 후 코일과 필터 청소
특정 구역만 고온	기류 정체	서큘레이터·재배팬 가동 상태와 각도 확인
야간 온도가 안 내려감	조명 잔열 · 스케줄 설정 오류	대시보드 조명 스케줄과 설정 온도 확인
유닛 쿨러에서 물 떨어짐	드레인 막힘 · 이슬 맺힘 과다	드레인 청소 (누수 조치 병행)

△ 주의 유닛 쿨러 설정 온도를 임의로 크게 낮추지 마십시오. 냉각에는 제습이 따라오므로 공기가 급격히 건조해져(VPD 급등) 틱번의 원인이 됩니다.

습도·CO₂ 이상

증상	원인	조치
습도 과다	제습기 정지·배수 막힘, 환기 부족	제습기 전원과 배수 호스 확인, 흡입 필터 청소
습도 부족	과냉방, 가습 설비 정지	유닛 쿨러 설정 온도 확인, 가습 설비 가동 확인
이슬 맺힘	표면 온도가 이슬점 이하	기류 강화 후 야간 온도 재설정
CO ₂ 수치가 오르지 않음	CO ₂ 탱크 소진	탱크 교체
야간·환기 중에도 CO ₂ 공급	연동 조건 설정 오류	주간 한정·환기 연동 중단 설정 확인
상단 단만 CO ₂ 낮음	CO ₂ 가 바닥에 가라앉음	서큘레이터 가동 확인

8-6 정전 및 조명 장애 대응

정전 발생 시 순서

단계	내용
1. 안전 확보	어두운 상태에서 무리하게 이동하지 않습니다. 비상 조명·손전등 위치를 평소에 확인해 둡니다.
2. 설비 차단	전기 복구 시 한꺼번에 켜져 무리가 걸리지 않도록 펌프·공조 차단기를 내립니다.
3. 신고	관리사무소 또는 한전(국번 없이 123)에 신고합니다.
4. 순차 복구	공조 → 양액 순환 → 조명 순으로 시간 간격을 두고 켜줍니다.
5. 데이터 확인	대시보드에서 정전 구간의 온도·EC·pH를 확인하고 이탈값을 조정합니다.

왜 조명을 맨 마지막에 켜까요?

작물은 조명이 몇 시간 꺼져도 회복되지만, 양액이 고인 채 정체되면 뿌리가 빠르게 상합니다. 그래서 양액 순환과 공조를 먼저 살립니다.

LED 장애

증상	원인	조치
특정 단만 꺼짐	커넥터 접촉 불량 또는 드라이버 고장	결선 확인
전체 조명 꺼짐	차단기 내려감	차단기 상태 확인
깜빡임 · 광량 저하	LED 노후·고장	LED 교체

조명이 꺼져 있던 시간이 길어지면 그날의 **DLI**가 부족해집니다. 꺼진 시간을 재배 일지에 기록하십시오.

8-7 작업 안전 수칙과 보고 방법

구분	수칙
전기	젖은 손으로 제어함·콘센트를 만지지 않습니다. 작업 전 해당 차단기를 내립니다.
화학	원액 취급 시 보호 장갑·보안경 착용. A·B 혼합 금지, C·D 혼합 금지
고소	상단 단 작업 시 사다리를 사용하고 랙 프레임을 밟고 오르지 않습니다.
위생	재배실 출입 시 전용 복장을 입고 손을 소독합니다.
이동	바닥에 물기가 있으면 즉시 제거합니다. 현장에서 가장 흔한 사고는 미끄러짐입니다.

본사 보고 시 필수 5요소

문제를 보고할 때는 아래 다섯 가지를 빠짐없이 전달합니다. 사진을 함께 보내면 판단이 빨라집니다.

요소	예시
① 발생 시각	10월 13일 오전 9시 20분
② 위치	2번 랙 4단, 7 unit
③ 증상	잎끝 갈변(팁번)이 한 unit 전체에 보임
④ 이미 취한 조치	서큐레이터 가동 확인, 해당 개체 사진 촬영

요소	예시
⑤ 대시보드 수치	온도 22°C / 습도 82% / EC 1.6 / pH 6.0

8-8 문제 발생 시 대처 흐름

생육 이상·설비 고장·병해 의심 상황이 생기면 아래 순서로 대응합니다.

단계	내용
1. 이상 발견	육안 관찰(잎 변색, 시들음, 이상 냄새, 이상 소음) 또는 대시보드 경보로 확인
2. 기록	발견 시각, 위치(랙·단·unit), 증상을 재배 일지에 즉시 기재
3. 원인 1차 판단	온도·습도·EC·pH 확인 → 단순 설정 이탈인지, 설비 문제인지, 작물 병해인지 구분
4. 즉시 조치	이 단원의 조치 표에 따라 현장 조치. 판단이 어려우면 설정값을 임의로 크게 바꾸지 않음
5. 보고	필수 5요소와 사진을 담아 본사에 보고
6. 격리	병해 의심 작물은 다른 베드로 번지지 않도록 격리
7. 결과 기록	원인과 조치 결과를 재배 일지에 남겨 재발 방지에 활용

단원 마무리 확인 문제

- Q1.** 현장 누수의 대부분이 "물 넘침"인 이유를 설명하고, 새는 곳을 막기 전에 먼저 확인할 것을 쓰십시오.
- Q2.** 탱크 수위가 낮아진 것을 발견했을 때 물을 보충하기 전에 먼저 해야 할 일과 그 이유를 쓰십시오.
- Q3.** C액이 손에 튀었습니다. 응급 조치를 순서대로 쓰십시오.
- Q4.** 정전 후 전기가 복구되었을 때 설비를 켜는 순서와, 조명을 마지막에 켜는 이유를 쓰십시오.
- Q5.** 재배 중 한 unit 전체에서 틸번을 발견했습니다. 대처 흐름에 따라 해야 할 행동과 본사 보고 5요소를 쓰십시오.

참고·첨부 자료

농촌진흥청 국립농업과학원, 「농작업 단계별 공통안전작업지침」

(https://farmer.rda.go.kr/farmAttach/healthSafety/publishBook/240571_MF_ATTACH_01.pdf)