식물공장 운영관리 교육

제 2 단원: 작물재배 사전세팅

Pre-Cultivation Setup for Plant Factory Operations

대상: 식물공장 입문자 / 초보 직원

구성: 2.1 재배작물 선택 | 2.1 식물공장 환경설정 | 2.2 재배계획 작성 및 관리

목 차

2.1 재배작물 선택 ····· 3

2.1-1 재배작물 선택의 중요성

2.1-2 식물공장 주력 작물: 엽채류

2.1-3 성장 가능 작물군 – 허브·딸기·특용작물

2.1-4 작물 선택 기준 체크리스트

2.1-5 작물별 주요 재배 특성 비교

2.1-6 품종 선택 시 주의사항

2.1 식물공장 환경설정 ····· 8

환경설정-1 환경 설정의 개요 및 중요성

환경설정-2 광(光) 환경 설정 – 조명 조건

환경설정-3 온도·습도 설정

환경설정-4 CO_2 농도 설정

환경설정-5 양액(EC·pH) 설정

환경설정-6 환경 기록과 이상 대응

2.2 재배계획 작성 및 관리 ····· 14

2.2-1 재배계획의 개념과 필요성

2.2-2 파종~수확 사이클(로테이션) 설계

2.2-3 생산 목표와 수확량 추정

2.2-4 재배 일지 작성법

2.2-5 문제 발생 시 대처 흐름도

2.2-6 재배계획 점검 항목 체크리스트

2.1 재배작물 선택

학습 목표: 식물공장에서 재배 가능한 작물의 종류와 특성을 이해하고, 운영 조건에 맞는 작물을 합리적으로 선택할 수 있다.

2.1-1 재배작물 선택의 중요성

식물공장에서 어떤 작물을 재배하느냐는 시설 설계, 환경 설정, 운영 비용, 판로 전략 전체에 영향을 미치는 핵심 결정 사항입니다. 잘못된 작물 선택은 설비 투자 낭비와 생산 실패로 이어질 수 있으므로 재배를 시작하기 전에 아래 기준을 충분히 검토해야 합니다.

작물 선택이 중요한 이유

① 식물공장은 시설 별로 광원·베드 규격·양액 방식이 다르므로 해당 시설에 최적화된 작물을 선택해야 합니다.

② 작물마다 생육 기간, 수확 사이클, 환경 조건(온도·광량·양액 농도)이 다르기 때문에 운영 계획이 달라집니다.

③ 시장 수요와 판로(납품처, 유통 경로)를 먼저 파악하고 그에 맞는 작물을 선택하는 것이 경영 안정성을 높입니다.

④ 초보 운영자일수록 관리가 상대적으로 쉬운 엽채류부터 시작하는 것이 권장됩니다.

2.1-2 식물공장 주력 작물: 엽채류(잎채소)

현재 전 세계 식물공장의 대다수는 상추를 비롯한 엽채류를 주력 작물로 생산합니다. 엽채류는 초장(식물의 키)이 낮고 광 요구량이 상대적으로 적어 다단식 재배 구조에 최적화되어 있으며, 생육 기간이 짧아 빠른 자금 회수가 가능합니다.

작물명	특징	식물공장 적합 이유
프릴아이스	아삭한 식감, 단단한 형태	생육일수 약 30~40 일, 샐러드수요 높음
버터헤드	부드러운 잎, 결구형 또는 산재형	생육일수 약 30~40 일, 다단 재배 최적
로메인 상추	아삭한 식감, 세워서 자라는 형태	샐러드·샌드위치 수요 높음
시금치	고영양, 엽채류 중 수요 안정적	단기 생육, 연중 출하 가능
청경채	중화요리 수요, 생육 빠름	고온에도 비교적 강인, 생육일수 짧음
루꼴라	레스토랑 허브채소로 수요 상승	생육 빠르고 수경재배 적응 우수

사진 | 유럽형 상추(프릴아이스, 미니로메인, 버터헤드, 카이피라 등) 재배 중인 식물공장

식물공장 조건에서 주로 기르는 유럽형 상추류는 육묘 20 일 안밖으로 정식한뒤 재배 베드에서 약 30 일을 재배하는 경우가 대부분입니다. 연중 재배를 하는 식물공장의 경우 재배일수가 짧을수록 연간 수확횟수가 늘어나기 때문에 수익성과 직결되게 됩니다. 때문에 재배일수가 길지 않으면서 kg 당 단가가 적절한 금액인 작물을 선택하는 것이 중요합니다.

> 📎 **참고·첨부 자료**
> 농촌진흥청, 「식물공장 산업화를 위한 고품질생산기술 확립 및 해외 현장실증 연구」, KISTI ScienceON (https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201400011340)

2.1-3 성장 가능 작물군 – 허브·딸기·특용작물

① 허브류

바질, 민트, 파슬리, 고수 등 허브류는 엽채류 다음으로 식물공장에서 재배 적합성이 높은 작물군입니다. 향과 맛이 중요한 작물이므로 재배 후반부에 LED 파장 조건을 조절하여 향미를 강화하는 기술이 적용됩니다. 단가가 높아 수익성이 좋지만, 국내 시장 수요 파악이 선행되어야 합니다.

② 딸기

딸기는 식물공장에서의 재배 난이도가 높은 작물입니다. 높은 습도로 인한 팁번 현상, 광화분 문제 등 생리장해 발생이 잦고, 일반 일계성 품종은 식물공장 환경에서 꽃눈 형성이 불안정합니다. 그러나 농촌진흥청이 개발한 '고슬' 품종처럼 중일성(사계절 꽃대 발생) 딸기 전용 품종이 등장하면서, 식물공장에서의 연중 딸기 생산 가능성이 확대되고 있습니다. 딸기 수경재배는 토경재배 대비 수량이 약 26%, 소득이 약 18% 증가하는 효과가 있습니다.

③ 특용작물 (인삼·약용식물)

수경인삼, 허브 의약원료 등 고부가가치 특용작물도 식물공장에서 연구·재배가 시도되고 있습니다. 전주생물소재연구소에서는 완전폐쇄형 식물공장에서 LED 를 활용해 인삼 재배에 성공하였으며, 일반적으로 4 년근 인삼을 약 18 개월 내에 재배한 사례도 있습니다. 다만 특용작물은 관련 규격·허가 요건 검토가 추가로 필요합니다.

> 📎 **참고·첨부 자료**
>
> 농촌진흥청, 「수직형 식물공장서 안정 생산 가능한 딸기 개발…사계절 수확」, 식품정보포털 푸드누리 (https://www.foodnuri.go.kr/portal/bbs/B0000277/view.do?nttId=234723&menuNo=300049)
>
> 스마트에프앤, 「수평형부터 다단식까지 韓 식물공장, 내부구조 차이 뚜렷」 (https://www.smartfn.co.kr/article/view/sfn201909300001)

2.1-4 작물 선택 기준 체크리스트

작물을 최종 결정하기 전, 아래 체크리스트를 통해 우리 시설에 적합한지 검토합니다.

점검 항목	확인 내용
① 생육 기간	파종~수확까지 일수가 운영 사이클과 맞는가? (엽채류: 30~40 일, 딸기: 60 일 이상)
② 초장(식물 키)	다단 선반 층고에 맞는 키의 작물인가? (초장이 클수록 다단 층수 제한)
③ 광 요구량	우리 시설의 LED PPFD 범위 내에서 생육 가능한가?
④ 온도·습도 요구 범위	현재 공조 설정 범위 내에서 적정 재배 조건이 충족되는가?
⑤ 수경재배 적합성	NFT 또는 DFT 방식에서 뿌리 발달이 양호한 작물인가?
⑥ 시장 수요·판로	납품처(레스토랑, 마트, 급식 등)에서 안정적으로 소화 가능한 품목인가?
⑦ 단가·수익성	생산 비용 대비 판매 단가로 수익이 가능한가?
⑧ 관리 난이도	현재 인력 수준에서 지속적으로 관리할 수 있는 작물인가?

2.1-5 작물별 주요 재배 특성 비교

작물	적정 온도	재배일수(파종~수확)	수경재배 난이도
프릴아이스	17~23°C	약 30~40 일	⭐ (쉬움)
버터헤드	17~23°C	약 30 일	⭐ (쉬움)
미니로메인	17~23°C	약 25~30 일	⭐ (쉬움)
시금치	15~20°C	약 25~35 일	⭐⭐ (보통)
청경채	18~25°C	약 25~30 일	⭐ (쉬움)
바질	20~28°C	약 35~45 일	⭐⭐ (보통)
딸기	주간 20°C / 야간 10°C	60 일 이상, 연속 수확	⭐⭐⭐ (어려움)
인삼(수경)	15~20°C	12~18 개월	⭐⭐⭐⭐ (매우 어려움)

초보자를 위한 권장 순서

1 단계(입문): 버터헤드 상추, 청경채, 로메인 상추 → 생육 빠르고 실패율 낮음

2 단계(숙련): 시금치, 루꼴라, 허브류(바질·민트) → 환경 조건 조절 기술 습득 필요

3 단계(전문): 딸기, 특용작물 → 정밀 환경 제어 및 전용 품종 확보 필요

📎 **참고·첨부 자료**

농촌진흥청 웹진, 「텃밭에서 상추 키우기」 (https://www.rda.go.kr/webzine/2020/06/sub4-3.html)

Kwon et al., 「Plant factory technology lights up urban horticulture」, PMC (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9016861/)

농촌진흥청, 「식물공장 산업화를 위한 고품질생산기술 확립 연구」, KISTI (https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201400011340)

2.1-6 품종 선택 시 주의사항

같은 작물이라도 품종에 따라 식물공장 환경에서의 적응도가 크게 달라집니다. 아래 사항을 반드시 확인하세요.

- ▢ **식물공장 전용 품종 우선 선택**

일반 노지·온실 품종을 식물공장 조건에 그대로 도입하면 생육 불량, 생리장해(팁번 등) 발생이 잦습니다. 식물공장에서 실제로 재배를 진행하며 실증 시험을 거친 품종을 선택하는게 좋습니다.

- ▢ **팁번(Tip burn) 저항성 확인**

팁번은 잎 끝이 갈색으로 괴사하는 칼슘 결핍성 생리장해로, 식물공장의 높은 광량·낮은 증산 조건에서 빈번하게 발생합니다. 팁번 저항성이 높은 품종을 선택하는 것이 품질 관리에 유리합니다.

▢ **종자 공급 안정성 확인**

특정 품종의 종자 공급이 불안정하면 생산 계획에 차질이 생깁니다. 안정적인 공급처를 사전에 확보해야 합니다.

▢ **소비자·납품처 선호도 확인**

외형(잎 색, 크기, 모양)이 납품처 요구 규격에 맞는 품종인지 사전에 검토하십시오.

📎 **참고·첨부 자료**

농촌진흥청, 「수직형 식물공장서 안정 생산 가능한 딸기 품종 개발」, 식품정보포털 (https://www.foodnuri.go.kr/portal/bbs/B0000277/view.do?nttId=234723&menuNo=300049)

KISTI, 「식물공장 기술 개발 로드맵」 (https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201300014245)

2.2 식물공장 환경설정

학습 목표: 식물공장 운영에 필요한 주요 환경 요소(빛·온도·습도·CO_2·양액)를 이해하고, 작물별 적정 설정값을 확인하며, 이상 발생 시 기본 대응 절차를 수행할 수 있다.

2.2-1 환경 설정의 개요 및 중요성

식물공장에서 '환경 설정(Environment Setting)'이란 재배 공간의 온도·습도·CO_2·광량·양액 농도를 작물의 생육 단계에 맞게 목표값으로 조정하는 작업입니다. 설정값들이 일정하게 유지되어야만 품질이 균일한 작물을 계획대로 생산할 수 있습니다.

환경 설정이 생산에 미치는 영향

- 온도가 1~2°C 만 벗어나도 생육 속도와 품질이 눈에 띄게 달라집니다.
- CO_2 농도를 적절히 높이면 광합성 속도가 증가하여 수확량이 늘어납니다.
- 양액의 EC 나 pH 가 허용 범위를 벗어나면 뿌리 손상 및 영양 결핍이 발생합니다.
- 습도가 과도하게 높으면 병원균 번식이 촉진되어 작물이 병에 걸릴 위험이 높아집니다.

재배팀을 운영하는 식물공장의 경우, 초보직원은 설정값을 직접 변경하기보다 **현재 계기 수치를 정기적으로 확인하고, 설정 범위에서 벗어났을 때 신속하게 담당자에게 보고**하는 게 중요합니다. 이를 위해 각 항목의 의미와 확인 방법을 정확하게 알아야만 이상상황이 발생한 경우 빠르게 알아차릴 수 있습니다. 개인이 운영하는 식물공장의 경우에는 직접 설정을 조정해야 하기 때문에 더욱 정확하게 내용을 알고 있어야 신속한 대응이 가능합니다.

2.2-2 광(光) 환경 설정 – 조명 조건

광 환경은 식물 생육에서 가장 직접적인 에너지 공급원입니다. 광 설정은 크게 세 가지 요소로 구성됩니다.

광 설정 요소	설명 및 기준
PPFD (광합성 광자속 밀도)	빛의 세기 단위. 단위는 μmol/m²/s. 상추 등 엽채류는 일반적으로 150~300 μmol/m²/s 범위에서 재배. 작물의 필요한 적정량보다 빛이 너무 강하면 팁번 발생, 너무 약하면 웃자람 발생.
광주기 (Photoperiod)	하루 중 조명이 켜져 있는 시간. 일반적으로 15 시간 조명 / 9 시간 소등이 기본 설정. 조명 시간 조절로 식물의 개화·성장 속도를 제어.
광질 (光質,	빛의 파장 구성. 적색광(600~700nm) + 청색광(400~500nm) 조합이

Spectrum)	기본. 적:청 비율은 작물 종류와 생육 단계에 따라 조정.

광 조건 관련 주의사항

⚠ 전구(LED 모듈) 일부가 꺼진 경우 즉시 보고 및 조치 필요
– 불균일한 광량이 생육 편차를 초래

⚠ 타이머(광주기 컨트롤러) 설정 시간은 임의로 변경하지 말 것
– 양액의 수준과 광량이 밸런스가 맞아야 작물의 품질을 유지할 수 있기 때문에 단순 조명시간이 늘릴 경우 웃자람이나 팁번이 과도해지기 쉽고 조명시간을 줄일경우에는 중량저하 등 문제가 발생하기 쉬움

📎 **참고·첨부 자료**

이 Lee S.W., 「Plant Factory and Plant Cultivation Using LED Light」, 2010 – DBpia (https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE02477898)

Yep & Guo, 「Plant Factories Are Heating Up: Hunting for the Best Combination of Light Intensity, Air Temperature and Root-Zone Temperature in Lettuce Production」, PMC (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7876451/)

2.2-3 온도·습도 설정

온도와 습도는 식물의 광합성 속도, 증산 작용, 병원균 번식에 동시에 영향을 미칩니다. 두 요소는 독립적이지 않고 서로 밀접하게 연결되어 있어 함께 관리해야 합니다.

온도 설정

작물 종류	적정 주간 온도	적정 야간 온도	비고
상추류 (엽채류)	18~22°C	17~19°C	22°C 초과 시 웃자람 주의
시금치	15~20°C	12~15°C	고온에서 추대(꽃대) 발생
바질	22~28°C	18~22°C	저온에 민감, 10°C 이하 장해
딸기	18~22°C	8~12°C	야간 저온이 당도 향상에 기여

습도 설정

식물공장 내 적정 상대습도는 일반적으로 60~80% 범위입니다. 작물에 따라 적정습도는 달라질 수 있습니다. 기준치보다 습도가 높으면 잿빛곰팡이병 · 노균병 등 병원성 곰팡이가 번식하기 쉽고 너무 낮으면 증산이 과다하여 팁번이 발생하기 쉽습니다.

- 습도가 80% 초과: 순환 팬 가동 증가, 공조기 제습 모드 가동

- 습도가 60% 미만: 가습기 가동, 수분 보충 확인

온도 이상 발생 시 확인 사항

1. 공조기(냉난방기) 운전 상태 확인
2. 외부 도어·환기구 개방 여부 확인
3. 재배 베드 밀집으로 인한 열집적 여부 확인

→ 이상 지속 시 즉시 담당 관리자에게 보고

온습도 환경유지를 위한 VPD(Vapor Pressure Deficit, 포차) 알아보기

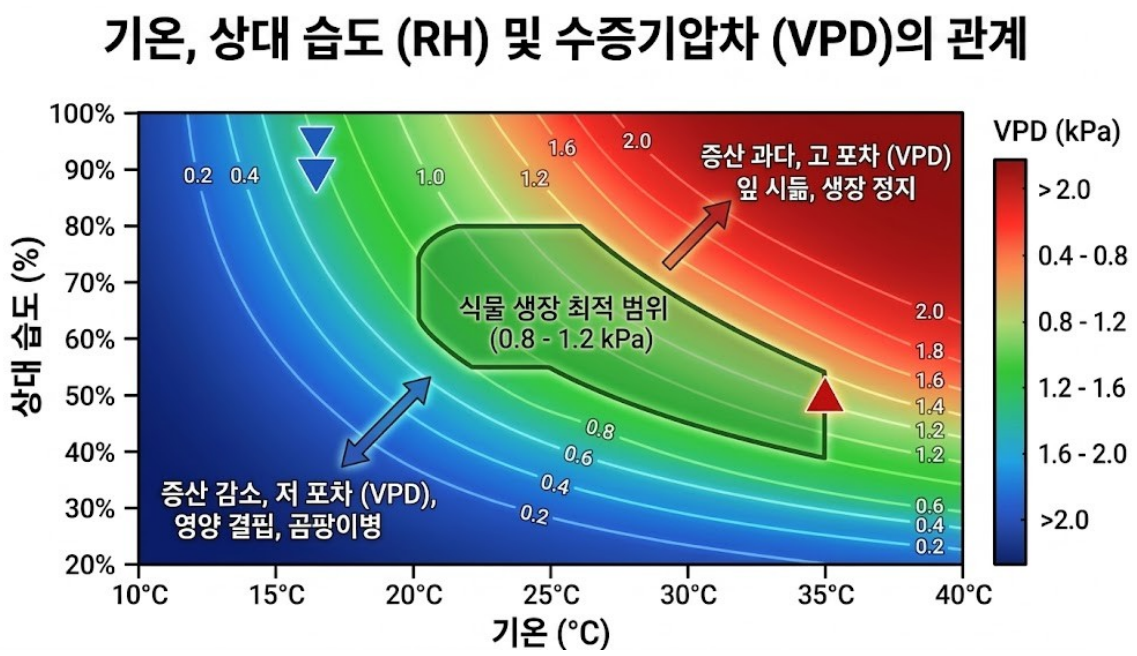
VPD 는 현재 식물공장 내에서 최대로 머금을 수 있는 수증기량과 현재 식물공장 내의 수증기량의 차이를 나타낸 수치입니다. 온도와 습도가 객관적인 측정치를 나타내는 값이라면 VPD 는 온도와 습도의 관계에 따라 값이 바뀌게 됩니다.
식물은 잎을 통해 증산 작용을 합니다. 잎 뒷면의 기공을 열어 광합성을 위한 이산화탄소(CO_2)를 흡수하고, 내부의 수분을 뿜어내며 뿌리로는 양분액을 빨아들입니다. 이때 외부공기 중 수증기가 어느정도인지에 따라 증산 작용의 수준이 결정됩니다.
즉, 식물공장의 VPD 의 수치가 어떠하냐에 따라 식물의 생육 정도가 크게 달라집니다. **VPD 의 수치에 따른 작물의 상태를 미리 알아두면 식물공장의 환경을 유지하고 살피는 데에 큰 도움이 됩니다.**

VPD 수치에 따른 작물상태 변화

VPD 수치	공기상태	식물의 반응	결과
0.4 kPa 이하	너무 낮음 (다습)	증산작용 정지	칼슘 부족(팁번), 곰팡이병 발생
0.8 ~ 1.2 kPa	적정	적정한 교환	활발한 광합성 및 생장
1.5 kPa 이상	너무 높음 (건조)	기공폐쇄(수분보호)	광합성 중단, 시듦 현상

식물은 증산 작용을 통해 물을 끌어올릴 때 비료 성분도 함께 흡수합니다. 이동성이 낮은 칼슘은 증산작용이 활발하지 못하면 식물의 잎 끝까지 성분이 도달하지 못합니다. 이로 인해 잎 끝이 타들어 가는 '팁번(Tip-burn)' 현상을 일어나고 작물품질에 큰 손실을 끼치게 됩니다. 또한 VPD 가 너무 낮아 잎에 이슬이 맺히면(결로), 곰팡이 균이 번식하기 딱 좋은 환경이 됩니다. 반대로 VPD 너무 높으면 건조한 공기로 인한 과도한 수분손실을 막기 위해 잎의 기공을 닫아버립니다. 이 경우 광합성을 위한 이산화탄소(CO_2) 흡수도 멈추기 때문에 작물의 성장저하가 오기 쉽습니다.
VPD 가 적정할 때 식물은 기공을 활짝 열고 증산작용을 활발히 진행하며 양액의 양분과 공기 중 이산화탄소(CO_2)를 듬뿍 흡수합니다. 이것이 바로 작물 품질과 수확량 증대로 직결됩니다.

VPD 수치와 온습도 관계



- **온도만 올라가고 습도 유지시:** 같은 크기의 공간이라고 해도 공기가 담을 수 있는 수증기 그릇이 커집니다. 습도가 그대로라면 **VPD 는 높아집니다(더 건조해집니다)**
- **온도만 내려가고 습도 유지시 :** 같은 크기의 공간이라고 해도 공기가 담을 수 있는 수증기 그릇이 작아집니다. 습도가 그대로라면 **VPD 는 낮아집니다(더 습해집니다)**
- **온도가 올라가고 습도도 오르면 :** 수증기 그릇이 커지면서 그곳을 채우는 수분의 양도 같이 올라갑니다. 온도와 습도는 수치가 올라가도 **VPD 는 비슷하게 유지**될 수 있습니다.
- **온도가 내려가고 습도도 오르면 :** 수증기 그릇이 작아지면서 그곳을 채우는 수분의 양이 늘어납니다. 습도가 조금 올랐다고 해도 **VPD 는 급격하게 낮아질 수 있습니다.**

식물공장의 경우 한정된 공간에서 다량의 식물을 재배하기 때문에 온도를 동일하게 유지하는 경우, 식물이 내뿜는 수증기로 인해 습도가 높아지며 VPD 가 낮아지기 쉽습니다. 특히 과습으로 인해 병해가 오는 경우 밀집된 작물로 인한 피해가 크기 때문에 주의가 필요합니다.
시설을 설치할 때 제습기를 용량을 충분히 확보하고 수시로 VPD 를 확인하여 식물공장 내부가 과습한 상태가 되지 않도록 조절하는 게 중요합니다.

사진 | 식물공장의 온습도 및 VPD 모니터링 화면

2.2-4 CO_2 농도 설정

이산화탄소(CO_2)는 식물 광합성의 원료입니다. 대기 중 CO_2 농도는 약 400ppm 이지만, 식물공장에서는 이를 인위적으로 높여 광합성 효율을 극대화합니다.

CO_2 농도 범위	생육 효과
400ppm (대기 농도)	기본 광합성 수준. 추가 효과 없음.
800~1,000ppm	광합성 촉진으로 생육 속도 증가. 대부분의 엽채류 재배 시 목표 범위.
1,000~1,500ppm	추가적인 생장 촉진. 단, 작물 종류에 따라 효과 차이 있음.
2,000ppm 초과	작물에 따라 오히려 생육 저해 가능. 환기 필요.

CO_2 공급은 고압 봄베(가스통)에서 전자밸브를 통해 자동으로 조절됩니다. CO_2 농도가 목표치 아래로 떨어지면 밸브가 열려 공급되고, 목표치에 도달하면 닫힙니다. 봄베 잔량이 줄어들면 미리 교체 예약을 해두어야 운영 공백이 생기지 않습니다.

CO_2 취급 안전 주의사항

⚠ CO_2 는 고압 가스이므로 봄베 보관 및 연결 작업은 교육받은 담당자가 수행합니다.

⚠ CO_2 농도가 비정상적으로 높아지면(3,000ppm 이상) 두통·어지럼증을 유발할 수 있으므로,

작업 전 환기를 실시하십시오.

⚠ CO_2 봄베는 직사광선·고온 장소 보관 금지. 전도 방지 체인 고정 필수.

2.2-5 양액(EC·pH) 설정

양액 관리는 식물공장 운영에서 가장 일상적으로 확인해야 하는 항목입니다. EC 와 pH 두 수치가 작물의 양분 흡수와 건강 상태를 좌우합니다.

EC (전기전도도) 관리

작물	적정 EC 범위 (mS/cm)
상추류	1.4~2.0
시금치	1.5~2.5
바질 등 허브류	1.0~2.0
딸기 (정식기)	0.6~0.8 → 수확기 1.0~1.2
일반 과채류(토마토·파프리카)	2.5~4.0

pH 관리

양액의 pH 는 5.5~6.5 범위를 유지하는 것이 일반적입니다. pH 가 범위를 벗어나면 특정 무기 이온이 침전되거나 작물이 흡수하지 못하는 형태로 변하여 영양 결핍 증상이 나타납니다.

- pH 가 낮을 때(산성): 수산화칼륨(KOH) 희석액으로 올림
- pH 가 높을 때(알칼리성): 질산(HNO_3) 또는 인산(H_3PO_4) 희석액으로 내림
- pH 조정액 취급 시 장갑·보안경 착용 필수 (강산·강알칼리)

순환식 양액 관리 원칙

농촌진흥청이 개발한 한국형 순환식 수경재배 기술에 따르면, 순환식 시스템 적용 시 비순환식 대비 비료 사용량을 30% 이상 절감할 수 있으며, 상품 수량과 품질도 동등한 수준을 유지합니다. 사용한 배액을 살균·여과 후 재사용하는 방식이 환경적으로도 유리합니다.

📎 **참고·첨부 자료**

농촌진흥청, 「환경 살리는 한국형 순환식 수경재배 시스템 개발」, 정책브리핑 (https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156215194)

농사로(농촌진흥청), 「양액재배 및 배양액 관리」 (http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdtyDtl.ps?

menuId=PS00067&kidofcomdtyNo=21969)

충청남도농업기술원, 「양액(수경)재배」 기술자료
(https://cnnongup.chungnam.go.kr/home/sub.cs?m=132)

2.2-6 환경 기록과 이상 대응

환경 수치는 자동으로 기록되는 경우도 있지만, 직원이 정기적으로 육안 확인·수기 기록을 병행하는 것이 중요합니다. 이상이 빠르게 발견될수록 피해를 줄일 수 있습니다.

점검 주기	확인 항목
매일 1 회 이상 (오전 작업 시작 시)	온도·습도 수치 확인, CO_2 농도 확인, LED 조명 정상 작동 여부, 양액 탱크 수위
격일 또는 주 3 회	EC·pH 수치 측정 및 기록, 배관·호스 누수 여부, 재배 베드 양액 흐름 상태
주 1 회	필터 막힘 여부 점검, 탱크 내 이끼·침전물 확인, 공조기 필터 상태
월 1~2 회	전체 배관 소독·세척 여부 확인, 센서 캘리브레이션(재보정)

⚠ 이상 발생 시 대응 원칙 (초보 직원용)

Step 1. 이상 수치·현상을 정확히 관찰하고 기록합니다.

Step 2. 임의로 설정을 변경하지 않습니다. (추가 피해 위험)

Step 3. 담당 관리자 또는 선임에게 즉시 보고합니다.

Step 4. 지시에 따라 조치를 지원합니다.

Step 5. 조치 후 결과를 재배 일지에 기록합니다.

2.3 재배계획 작성 및 관리

학습 목표: 재배 사이클(로테이션)을 이해하고, 파종~수확 일정을 포함한 기본 재배계획을 작성할 수 있으며, 재배 일지를 정확하게 기록할 수 있다.

2.3-1 재배계획의 개념과 필요성

재배계획이란 '언제, 무엇을, 얼마나 심고, 언제 수확하여, 어떻게 출하할 것인가'를 사전에 문서화한 운영 설계도입니다. 식물공장은 연중 생산이 가능한 만큼, 체계적인 재배계획이 없으면 수확 공백이 생기거나 공급 과잉이 발생하여 경영 불안정으로 이어질 수 있습니다.

재배계획이 필요한 이유

① 납품처(마트·식당·급식업체 등)는 정해진 날짜에 일정량을 안정적으로 공급받길 원합니다.

② 파종~수확 일수가 정해진 식물공장에서는 출하 날짜를 역산하여 파종일을 결정해야 합니다.

③ 재배 베드의 사용 현황을 계획적으로 관리하면 공간 낭비 없이 최대 생산 효율을 달성할 수 있습니다.

④ 문제(병해, 설비 고장) 발생 시 대응 여유를 미리 계획에 반영할 수 있습니다.

2.3-2 파종, 정식, 수확 사이클 설계

식물공장에서는 연중 공백 없이 수확하기 위해 파종·육묘·정식·수확을 반복적으로 겹쳐서 운영하는 '롤링 재배(Rolling Crop)' 방식을 사용합니다.

미니로메인 기준 40 일 사이클 예시

단계	기간 및 내용
파종	Day 1: 암면 큐브 또는 스펀지에 씨앗 파종. 발아 온도·습도 세팅.
발아·초기 육묘	Day 1~3: 암실 또는 약광에서 발아. 수분 공급 집중 관리.
본 육묘	Day 4~18: 육묘 구역에서 본엽 발달 촉진. 양액 EC 낮게 유지.
정식	Day 18: 재배 베드 정식 패널에 이식. EC 정상 범위로 조정.
재배(성장기)	Day 19~36: 목표 환경 유지. 생육 상태 일일 점검.
수확	Day 37~40: 목표 중량 도달 시 수확. 선별·포장·출하.

재배베드 청소	수확 후: 이전 작물 잔재 제거 후 베드 청소 후 다음 정식 준비

매주 수확을 위한 분할파종

전체 재배 베드를 5 개 구역으로 나누어 매주 1 개 구역씩 파종하면, 5 주 후부터는 매주 1 개 구역씩 수확이 가능해집니다. 이처럼 재배 구역을 분할하여 파종 시기를 엇갈리는 방식을 '분산 파종(Staggered Seeding)'이라고 합니다.

매주 안정적인 수확을 위해서는 파종 시기를 분산하여 수확이 일정한 간격으로 이루어지도록 재배 계획을 수립하는 게 중요합니다. 보통 전체 재배 베드에서 생육하는 재배 주수만큼 전체 재배 베드를 나누어 운영합니다.

정식 4 주 후에 수확하는 작물을 기르는 경우, 재배베드를 4 개 그룹으로 나눕니다. 이후 각 그룹의 재배베드 재식수를 고려하여 파종, 육묘, 정식, 수확을 진행합니다.

파종수량/정식수량/수확수량 결정

정식수량은 재배베드에 옮겨심을 수 있는 재식주수와 동일합니다. 재배베드에 정해진 총 재식수가 10,000 포트라고 한다면 4 그룹으로 나누는 경우 10,000 를 4 로 나눈 2,500 포트가 매주 정식량이 됩니다. 이 수량이 매주 이뤄지는 파종, 정식, 수확의 기준이됩니다.

수확수량은 정식된 작물수량만큼 수확이 가능합니다. 판매시에는 무게당 금액을 받기 때문에 개당 무게, 중량이 중요합니다. 포트당 중량을 기록하고 예상 수확량과 실제 수확량을 파악하여 중량관리 및 품질 관리를 하는 것이 필요합니다.

파종수량은 정식수량을 기준으로 계산하되, 품종별 발아율을 반영하여 계산합니다. 발아율이 90%인 작물의 경우 정식수량보다 약 20%를 더해서 파종합니다. 발아한 이후 성장 상태가 불량한 육묘의 경우 정식에서 제외하기 위해서입니다. 초보 단계에서는 손실률이 높을 수 있으므로 여유 있게 파종하는 것이 안전합니다. 경험이 쌓이면서 손실률을 줄여나가는 방향으로 계획을 정교하게 다듬어 갑니다

그룹을 나눌때에는 그룹별 정식포트수가 가급적 차이나지 않도록 나누는 게 중요합니다. 이를 통해 매주 수확량을 쉽게 예측할 수 있게 되며 차후 직접 판로를 개척하는 경우에도 유리합니다. 업체에서는 신선한 과채를 사용하기 위해 적정 물량으로 매주 받기 원하기 때문에, 균등한 물량을 매주 수확하는 경우 이와 같은 요구를 대응하기가 수월합니다.

주차별 파종/ 정식/ 수확 로테이션 예시

파종 및 육묘는 보통 육묘대에서 따로 진행됩니다. 재배베드의 경우 작물의 정식일부터 수확일까지만 채워지므로 이 기간을 계산하여 재배 베드를 분할하게 됩니다.

작물 재배 주기 : 파종 2 주후 정식 / 정식 4 주후 수확

그룹	A 그룹	B 그룹	C 그룹	D 그룹	비고

1 주차	육묘대 파종				
2 주차	육묘대 육묘	육묘대 파종			
3 주차	정식	육묘대 육묘	육묘대 파종		
4 주차	재배관리	정식	육묘대 육묘	육묘대 파종	
5 주차	재배관리 육묘대 파종	재배관리	정식	육묘대 육묘	
6 주차	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	재배관리	정식	
7 주차	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	재배관리	**7 주차부터 매주 수확, 정식, 파종 진행**
8 주차	재배관리	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	
9 주차	재배관리 육묘대 파종	재배관리	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	
10 주차	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	재배관리	수확 (청소)정식	
11 주차	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	재배관리	
12 주차	재배관리	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	
13 주차	재배관리 육묘대 파종	재배관리	수확 (청소)정식	재배관리 육묘대 육묘	
14 주차	재배관리 육묘대 육묘	재배관리 육묘대 파종	재배관리	수확 (청소)정식	

📎 **참고·첨부 자료**

농촌진흥청, 「식물공장 산업화를 위한 고품질생산기술 확립 및 해외 현장실증 연구」, KISTI (https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201400011340)

2.3-3 재배 일지 작성법

재배 일지는 식물공장 운영의 핵심 문서입니다. 문제가 발생했을 때 원인을 추적하고, 성공한 재배 조건을 재현하기 위한 기초 자료가 됩니다.

기록 항목	기록 내용 예시
날짜/작업자	2025-11-01 / 김○○
작물 및 품종	버터헤드 상추 '그린웨이브' / 베드 A 구역 3 단
파종·정식·수확 이력	파종일, 발아율, 정식일, 수확일, 수확량(kg)
환경 수치	온도 20°C / 습도 72% / CO_2 950ppm / EC 1.5 / pH 6.1
이상 사항	상단 LED 3 번 소등 확인 → 관리자 보고 완료
조치 내용	LED 모듈 교체 완료 (오후 2 시)
특이 사항	하단 2 단 베드 일부 팁번 발생 가능성 – 경과 관찰 중

재배 일지 작성 원칙

✔ 매일 작업 시작 전 환경 수치를 기록합니다.
✔ 이상 발생 시에는 발견 즉시 기록하고 조치 사항도 함께 기록합니다.
✔ 수치는 정확하게 기재합니다. 짐작이나 어림값 기재는 지양합니다.
✔ 일지는 디지털(엑셀·전용 앱) 또는 수기 모두 가능하나, 분실 방지를 위해 사본을 보관합니다.
✔ 일지 기록은 추후 품질 인증(GAP 등)의 근거 서류로도 활용됩니다.

2.3-4 문제 발생 시 대처 흐름도

재배 중 문제(생육 이상, 설비 고장, 병해 의심)가 발생하면 아래 흐름에 따라 체계적으로 대응합니다.

단계	내용
1. 이상 발견	육안 관찰(잎 변색, 시들음, 이상 냄새 등) 또는 센서 경보 확인
2. 기록	발견 시각, 위치(베드 구역·층), 증상을 재배 일지에 즉시 기재
3. 원인 1 차 판단	환경 수치(온도·EC·pH) 확인 → 단순 설정 이탈인지, 작물 병해인지 구분
4. 보고	담당 관리자에게 기록 내용 포함하여 보고 (사진 촬영 권장)
5. 격리 조치	병해 의심 작물은 다른 베드로의 전파 방지를 위해 격리
6. 전문가 진단	병해충 동정이 어려운 경우 농업기술센터, 농촌진흥청에 사진 제출 및 문의
7. 조치 및 기록	원인 파악 후 조치 실시, 결과 기록하여 재발 방지에 활용

📎 **참고·첨부 자료**

농촌진흥청 국립농업과학원, 「농작업 단계별 공통안전작업지침」
(https://farmer.rda.go.kr/farmAttach/healthSafety/publishBook/240571_MF_ATTACH_01.pdf
)

2.3-5 재배계획 사전 점검 체크리스트

재배를 시작하기 전, 아래 항목을 모두 확인한 후 파종을 진행하십시오.

점검 항목	확인 여부
재배 작물·품종 결정 완료	☐ 완료 / ☐ 미완료
파종~수확 일정(사이클) 수립	☐ 완료 / ☐ 미완료
재배 베드 구역 배정 완료	☐ 완료 / ☐ 미완료
종자 확보 및 상태 확인	☐ 완료 / ☐ 미완료
양액 탱크 수위 및 EC·pH 사전 확인	☐ 완료 / ☐ 미완료
LED 조명 정상 작동 확인	☐ 완료 / ☐ 미완료
온도·습도·CO_2 목표값 설정 확인	☐ 완료 / ☐ 미완료
재배 일지 양식 준비 완료	☐ 완료 / ☐ 미완료
이전 작물 잔재 및 베드 세척 완료	☐ 완료 / ☐ 미완료

단원 마무리 확인 문제

Q1. 식물공장 입문자에게 상추·청경채 등 엽채류가 첫 번째 재배 작물로 권장되는 이유를 두 가지 이상 설명하십시오.

Q2. 양액의 EC 가 지나치게 높거나 낮을 때 각각 어떤 문제가 발생하는지 설명하십시오.

Q3. '분산 파종(Staggered Seeding)'이란 무엇이며, 왜 이 방식을 사용하는지 설명하십시오.

Q4. 재배 중 팁번 현상을 발견했습니다. 초보 직원이 해야 할 행동 순서를 단계적으로 설명하십시오.

Q5. CO_2 봄베를 점검할 때 지켜야 할 안전 수칙 두 가지를 말하십시오.