

4.1 양액제조

학습 목표: 양액제조의 의미·목적 이해하고, 원액 혼합·EC·pH 조정 절차를 안전하게 수행하며, 양액 갱신 주기를 관리할 수 있다.

4.1-1 양액제조의 의미와 목적

양액제조(養液製造, Nutrient Solution Preparation)란 식물이 흙 없이 필요한 모든 무기 영양소를 공급받을 수 있도록 각종 비료 원액(또는 분말)을 물에 정해진 비율로 용해하여 목표 EC와 pH를 맞추는 작업입니다.

작물별·생육단계별로 최적의 양분 조성(농도(EC))을 갖춘 양액제조는 식물의 생육을 촉진하며, 양분 불균형으로 인한 결핍증·과잉장해를 사전에 방지하게 됩니다. 또한 양액 탱크 교체 주기에 따라 신선한 양액을 공급함으로써 안정적인 품질재배가 가능합니다.

양액제조의 핵심 역할

- ① 작물이 필요로 하는 질소(N), 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 등 다량 원소와 철(Fe), 망간(Mn), 붕소(B) 등 미량 원소를 균형 있게 공급합니다.
- ② EC 수치로 양분 농도를 제어하여 작물의 생육 단계에 맞게 양분량을 조절합니다.
- ③ pH를 조정하여 각 양분이 이온 형태로 안정적으로 존재하고 뿌리가 흡수할 수 있게 합니다.
- ④ 순환식 시스템에서 배액을 재이용함으로써 비료 사용량과 환경 부하를 줄입니다.

4.1-2 양액제조에 필요한 재료 및 장비

항목	내용 및 주의사항
원수(정수된 물)	수돗물 또는 정수된 지하수. EC 0.3 이하, pH 6~7 이 이상적. 중탄산 이온(HCO_3^-) 함량을 사전 확인 권장.
비료 원액(A 액·B 액)	대부분의 식물공장에서 A 액(칼슘 계열)과 B 액(인산·황산계열)을 분리 보관. 두 원액을 같은 용기에 직접 섞으면 침전 발생 → 반드시 물에 희석하면서 혼합.
pH 조정약품	pH를 낮출 때: 질산(HNO_3) 또는 인산(H_3PO_4) 희석액. pH를 올릴 때: 수산화칼륨(KOH) 희석액. 강산·강알칼리이므로 반드시 보호장갑·보안경 착용.
EC 측정기(EC Meter)	양액 농도를 실시간으로 측정. 정기적 보정(캘리브레이션) 필요.
pH 측정기(pH Meter)	양액 산도 측정. 정기적 보정(캘리브레이션) 필수.

교반기·교반봉	원액과 물을 잘 섞기 위한 장치. 전동 교반기 또는 청결한 막대로 충분히 혼합.
계량 용기·피펫	원액 계량 시 정확한 측량 도구 사용. 두 원액의 계량 도구는 구분하여 사용.

4.1-3 양액제조 절차 (단계별)

양액제조 및 양액 탱크 운용 방식은 식물공장의 환경에 따라 달라질 수 있습니다. 양액 탱크가 1 개인 식물공장을 가정하여 기술하였습니다.

단계	작업 내용
1. 보호 장비 착용	내산성·내알칼리성 장갑, 보안경, 앞치마 착용. 작업 공간 환기 확인.
2. 탱크·용기 청결 확인	혼합 탱크 내부에 이전 양액 잔재·이끼·침전물 없는지 확인. 이상 시 세척 후 사용.
3. 원수 준비	탱크에 목표량의 약 40~50%의 원수를 먼저 넣습니다.
4. A 액 투입 및 혼합	A 액(칼슘 계열)을 처방량에 따라 계량하여 투입 후 충분히 교반합니다.
5. B 액 투입 및 혼합	B 액(인산 계열)을 처방량에 따라 계량하며 순서대로 투입 후 충분히 교반합니다. (고농도 A 액·B 액이 만나면 침전 발생 → 물에 희석된 상태로 순차 투입)
6. 나머지 원수 보충	총 목표량까지 원수를 채웁니다.
7. EC 측정	EC 측정기로 목표 EC 범위에 도달했는지 확인. 부족 시 원액 추가, 초과 시 원수 추가.
8. pH 측정 및 조정	pH 측정기로 확인. 범위 초과 시 pH 조정액을 소량씩 투입하며 재측정. 한 번에 과량 투입 금지.
9. 최종 확인 및 기록	EC·pH 최종값을 재배 일지에 기록. 제조 날짜·담당자 기재.

4.1-4 EC·pH 조정 방법

EC 조정

상황	조치
EC 가 목표값보다 낮을 때 (양분 부족)	비료 원액(A 액+B 액)을 처방 비율대로 소량 추가 투입 후 재측정

EC가 목표값보다 높을 때 (양분 과다)

원수를 추가하여 희석 후 재측정

pH 조정

상황	조치 및 사용 약품
pH가 낮을 때 (산성, pH < 5.5)	수산화칼륨(KOH) 희석액을 소량씩 투입하며 조정
pH가 높을 때 (알칼리성, pH > 6.5)	질산(HNO ₃) 또는 인산(H ₃ PO ₄) 희석액을 소량씩 투입하며 조정

△ pH 조정 시 주의사항

- pH 조정액(강산·강알칼리)은 피부·눈에 닿으면 심각한 화학 화상을 일으킵니다.
- 반드시 내산성 장갑 + 보안경 + 앞치마를 착용한 상태에서만 취급합니다.
- 조정액은 탱크에 직접 붓지 말고 먼저 물에 희석하여 소량씩 첨가합니다.
- 투입 후 충분히 교반한 뒤 재측정하고, 목표범위에 도달하면 투입을 멈춥니다.
- 농업기술원 규정: pH 설정 하한·상한의 허용 오차는 ±0.3 이내로 관리합니다.

참고·첨부 자료

농사로(농촌진흥청), 「양액재배 및 배양액 관리」
(<http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidofcomdyDtl.ps?menuId=PS00067&kidofcomdyNo=21969>)
농촌진흥청, 「환경 살리는 한국형 순환식 수경재배 시스템 개발」, 정책브리핑
(<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156215194>)
알에치 시스템, 「양액재배에서 원수의 수질 측정과 양액의 EC/pH 측정 및 제어」
(<https://www.rhsystem.kr/wordpress/?p=1359>)

4.1-5 양액 교체 및 갱신 주기

양액은 작물이 양분을 흡수하면서 이온 균형이 변합니다. 장기간 사용하면 일부 이온이 축적되고 다른 이온은 결핍되어 양분 불균형이 발생합니다. 따라서 주기적으로 양액을 완전히 갱신해야 합니다.

양액 관리 유형	권장 주기
탱크 보충 (원수·원액 추가)	EC·수위 낮아질 때마다 수시 보충
전량 교체 (탱크 비우고 새 양액 제조)	일반적으로 2~4 주에 1 회. 작물 생육 상태·EC 편차 따라 조정.

배관·탱크 전체 세척 후
신규 양액 충전

월 1~2 회 또는 작물 교체 전

순환식 양액 시스템에서는 사용한 배액을 살균·여과 처리 후 재이용합니다. 농촌진흥청이 개발한 한국형 순환식 수경재배 기술 적용 시 비순환식 대비 비료 사용량을 30% 이상 줄일 수 있습니다.

4.1-6 양액제조 시 주의사항 및 안전수칙

- A 액과 B 액을 고농도 상태에서 직접 혼합하지 않습니다 → 침전이 발생하여 양액이 무효화됩니다.
- pH 조정약품(강산·강알칼리)은 반드시 보호장비 착용 후 취급합니다.
- 원액·약품은 식품이나 음료와 구분된 전용 보관함에 보관합니다.
- 원액 용기에 잘못된 라벨 부착을 방지하기 위해 A 액/B 액 용기를 색상·형태로 구분합니다.
- 양액 제조 중 약품이 눈에 튈 경우 즉시 흐르는 물로 15 분 이상 세척하고 담당자 보고 후 병원 진료를 받습니다.
- 비료 원액은 어린이 접근 불가 장소에 잠금 보관합니다.