



植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

식물공장 운영 초입문

목차

들어가며

- 이 책의 구성과 활용법
- 저자

1장 식물공장의 미래와 전망

- 식물공장이란 무엇인가 — 두 가지 유형을 구분하다
- 식물공장의 「지금」을 안다
- 왜, 식물공장은 적자가 되어 버리는가?
- 업계의 수치와 뉴스 읽는 방법
- 수익형 식물공장의 현실
- 노지재배나 시설원예와의 결정적인 차이는?
- 연구와 현장의 거리를 이해한다
- 식물공장 관리자의 3가지 역할

2장 재배 관리의 기초 지식

- 식물공장에 가장 알맞은 작물 선택의 포인트는?
- LED 조명의 활용
- 빛
- 수경재배 시스템
- 온도 관리
- 습도 관리
- CO₂의 이용
- 공조와 바람의 관리
- 비료의 다루기
- 양액 관리
- 틸번
- 웃자람
- 재배 관리의 한층 더한 레벨업을 위해

제3장 현장 운영 관리의 실천

- 현장 운영 관리는 무엇부터 익히는가—모종 · 수치 · 사람의 세 층
- 생산 계획의 입안
- 파종
- 육묘
- 이식과 정식
- 수확과 다듬기
- 수확 후의 작업
- 종업원의 관리와 교육
- 위생 관리의 철저
- 데이터 분석

맺음말

들어가며

식물공장은 설비만 갖춘다고 이길 수 있는 비즈니스가 아닙니다.

2011년에 이 업계에 뛰어든 뒤로, 저는 인공광형에서 엽채류를 재배하는 현장을 10년 넘게, 크고 작은 10곳 이상 지켜봐 왔습니다. 자금력이 탄탄한 대기업이 몇 년 만에 철수하는가 하면, 소박한 개선을 꾸준히 쌓아 수익성을 안정시킨 공장도 있습니다. 그 차이는 대부분 설비나 시스템이 아니라 '현장을 어떻게 움직이느냐'에서 갈립니다. 최신 센서 바로 옆에서 직원이 손으로 잎 상태를 살핀다——식물공장이란 그런 곳입니다.

현장 일은 결국 현장에서 몸으로 익히는 수밖에 없습니다. 이 책을 읽었다고 내일부터 당장 일을 잘하게 되는 건 아닙니다. 다만 업계와 업무의 토대가 되는 지식을 미리 갖춰 두면, 현장에서 익히는 속도가 눈에 띄게 빨라집니다. 왜 이 작업을 하는지, 이 숫자가 무엇을 뜻하는지를 아는 사람과, 시키는 대로 손만 움직이는 사람은 똑같은 하루를 보내도 몸에 남는 것이 다릅니다.

그래서 이 책은 현장에 막 들어온 사람에게 상사나 선배가 "우선 이것부터 읽어 뒤"라며 건넬 수 있는 책으로 다시 썼습니다. 현장에 나가기 전에 업계와 업무의 전체 그림을 한 번 잡아 두기 위한 기초서입니다.

이 책의 구성과 활용법

전체는 세 가지 흐름으로 구성했습니다.

- 1장에서는 식물공장이라는 업계의 전체 그림을 전합니다. 어떤 세계이고, 지금 어떤 상황이며, 어디서 승부가 갈리는지.
- 2장에서는 재배의 기초를 다집니다. 빛, 온도, 양액——채소가 자라는 원리의 토대입니다.
- 3장에서는 현장의 실천으로 들어갑니다. 날마다 어떤 작업이 있고, 관리자는 무엇을 보는지.

이 순서대로 읽으면 현장에 나갔을 때 '지금 내가 전체의 어디쯤에 있는지'를 가늠할 수 있습니다.

한 가지 미리 말씀드릴 것이 있습니다. 이 책은 업계와 업무의 토대를 두루 전하는 데 충실한 만큼, 이익에 직결되는 한발 더 들어간 판단——최적값을 잡는 법, 비용을 줄일 때 어디를 손볼지, 판로 설계, 투자 판단 같은 이야기——까지는 깊이 다루지 않습니다. 그 부분은 현장 경

험에서 길어 올린 실천 노하우의 영역으로, 자매편 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에서 하나씩 풀어냈습니다. 이 책으로 전체 그림을 잡은 뒤, 필요해지면 그쪽을 펼쳐 보세요.

신규 직원에게 건네는 연수 자료로 써 주신다면 더없이 감사하겠습니다. 복사나 재배포는 자유롭게 하셔도 됩니다. 다만 저작권을 포기한 것은 아니니, 내용 변경은 삼가 주세요.

저자



Shohei Imamura

2011년 식물공장 업계에 입문. 현장 작업원과 서포트팀 매니저로서 크고 작은 10곳 이상의 식물공장 초기 가동과 운영에 참여. 연인원 600명이 넘는 직원 교육을 맡아 왔다.

그 경험을 통해, 식물공장의 수익성을 좌우하는 것은 설비나 시스템이 아니라 그것을 다루는 사람의 기술과 지식임을 확신하게 되었다. 현재는 독립하여 식물공장을 대상으로 수익 개선 컨설팅과 서포트, 콘텐츠 제공을 하고 있다.

1장 식물공장의 미래와 전망

처음 뵈겠습니다. 지금 당신이 발을 들이려는 곳은 「식물공장」이라는, 밖에서는 좀처럼 보이지 않는 세계입니다. 저는 2011년부터 이 업계에 몸담으며, 인공광형으로 엽채류를 키우는 현장을 10년 넘게, 열 군데 이상 지켜봤습니다. 구축과 초기 가동의 혼란도, 철수하는 현장도, 조용히 흑자를 이어가는 공장도 봤습니다. 이 장에서는 이제 막 현장에 나온 당신을 위해, 업계의 전체상을 한 번에 건네드리겠습니다. 수익을 내는 방법의 세세한 이야기는 뒤의 장과 『172의 힌트』에 넘기고, 여기서는 먼저 「식물공장이란 무엇이고, 지금 어떤 상황이며, 어디서 풍경이 갈리는가」를 현장 선배가 들려주는 마음으로 죽 훑어 보겠습니다. 어렵게 생각하지 말고, 우선 전체 윤곽을 잡는다는 기분으로 읽어 주십시오.

식물공장이란 무엇인가 — 두 가지 유형을 구분하다



「식물공장」이라는 말을 들으면 많은 사람들은 공장의 생산 라인을 떠올립니다. 버튼을 누르면 규격품이 줄줄이 나오고, 설비만 들이면 무엇이든 싸게 대량생산할 수 있다 — 기계 공장이 심어 준 그 직감입니다. 하지만 그 직감을 그대로 들고 안으로 들어가면 대개 보는 눈이 어긋납니다. 똑같이 「식물공장」이라 불려도, 안의 내용은 전혀 다른 생물이자 해도 좋을 만큼 다르기 때문입니다. 먼저 그 구분부터 손에 쥐어 두겠습니다.

태양을 이용하는가, 전기로 전부 만드는가

가장 쓸모 있는 경계선은 단 하나입니다. 태양의 빛을 이용하느냐, 전기로 빛까지 전부 만들어 내느냐.

태양광을 이용하는 유형, 이른바 태양광 이용형은 비닐하우스의 연장이라고 생각하시면 됩니다. 지붕으로 빛이 공짜로 들어옵니다. 공장처럼 다루는 것은 빛 이외의 것 — 온도, 습도, CO₂, 물 주기 — 를 측정하고 제어하는 부분입니다. 빛을 관리하는 것이 아니라, 빛 이외를 관리하는 시설인 셈입니다.

다른 한쪽인 완전 인공광형은 창문 없는 방에서 태양을 통째로 포기합니다. 그리고는 원래 공짜였던 빛을 전기로 사서 다시 만들어냅니다. 빛뿐 아니라 공조도 습도도, 바깥 날씨를 방 안에 재현하기 위해 전부 전기로 감당합니다. 바깥 공기와 끊어진 대가입니다. 제가 10년 넘게 몸담아 온 곳이 바로 이쪽, 인공광형으로 엽채류를 키우는 현장이었습니다. 이 책에서 「내가 봐온」이라고 쓸 때는 기본적으로 이 범위의 이야기라고 생각해 주십시오. 태양광 이용형이나 과채류, 해외 대규모 사례는 여기서는 논문이나 전제에 근거한 추정으로 다룹니다.

이 책에서는 따로 밝히지 않는 한 「식물공장」이라고 하면 완전 인공광형을 가리킵니다. 신입이 처음 배치되는 곳도 대개 이쪽이기 때문입니다.

왜 기를 수 있는 작물이 엽채류에 치우치는가

레터스, 시금치, 베이비리프. 식물공장 이야기에서 들려오는 것은 대개 엽채류입니다. 그 이유는 빛을 전기로 사서 다시 만든다는 제약에서 자연스럽게 나옵니다. 엽채류는 빛이 그리 강하게 필요하지 않고, 키가 작아 선반에 몇 단이고 쌓아 올릴 수 있습니다. 자라는 기간도 짧습니다. 그래서 전기로 빛을 만드는 비용에 겨우 수지가 맞는 것입니다.

반대로 열매를 맺는 작물은 자릿수가 달라집니다. 토마토처럼 열매를 맺는 작물은 필요한 빛의 양이 많고, 키가 클수록 아래쪽 잎까지 빛이 닿기 어려워져 효율도 떨어집니다. 쌀이나 밀 같은 주식 작물이 되면 한층 더 극단적입니다. 그래서 완전 인공광으로 상업적으로 기를 수 있는 것은, 지금으로서는 주로 키 작은 엽채류에 한정됩니다.

바로 여기가 공장이라는 말이 우리를 배신하는 대목입니다. 보통 공장은 설비를 들일수록 만들 수 있는 것이 넓어지지만, 식물공장의 완전 인공광은 거꾸로 만들 수 있는 것이 바짝 좁혀집니다. 게다가 안에서 자라는 것은 생물이니, 수요가 줄었다고 해서 라인처럼 잠깐 멈췄다가 같은 자리에서 다시 돌리는 것은 불가능합니다. 한 번 씨를 뿌리면 팔리든 팔리지 않든 그 생육 속도대로 자라 버립니다. 무엇이든 싸게 대량생산하는 장치가 아니라, 한정된 작물을 날씨와 끊어 놓고 안정적으로 출하하는 장치 — 늘리는 공장이 아니라 흔들림을 없애는 공장인 것입니다.

업계의 수치를, 그대로 자신에게 적용하지 않는다

이제부터 「식물공장이 어떤가」 하고 알아보기 시작하면, 가장 먼저 손에 남는 것은 대개 숫자입니다. 「적자율은 몇 할」 「초기 투자는 수십억」. 이 책에서도 뒤에서 그런 업계의 숫자를 들여다보겠습니다. 다만 먼저 한 가지만 말해 두면, 그렇게 뭉뚱그려진 숫자 하나는 그대로 내 사업의 기준으로 쓸 수 없습니다. 유형도 작물도 규모도 제각각인 것을 한 줄로 세워 낸 평균이기 때문입니다. 완전 인공광의 레터스와, 태양광 이용형의 토마토와, 반쯤 취미 삼아 하는 작은 시설을 전부 「식물공장」으로 묶어 구한 적자율에 내 조합이 들어맞는다는 보장은 어디에도 없습니다. 숫자를 읽는 방법 자체는 뒤의 절에서 다시 다루겠습니다.

확인하는 순서

마지막으로 바탕이 될 것을 한 가지만. 식물공장을 알아볼 때 유형부터 정하려 들면 대개 길을 잃습니다. 제가 원하는 것은 거꾸로, 먼저 출구부터 들어가는 것입니다. 누구에게, 무엇을, 왜 그 가격에 사게 할 수 있는가. 거기가 정해지면 키워야 할 작물이 정해지고, 작물이 정해지면 필요한 빛의 세기와 키에서 유형이 거의 좁혀지며, 그제야 비로소 남의 숫자를 내 조건과 맞는 사례만 골라 읽을 수 있게 됩니다. 출구, 작물, 유형, 숫자. 이 순서만 흐트러뜨리지 않으면 크게 빗나가지 않습니다.

어느 판매처에 어느 작물이 수지가 맞는가 — 그 판별은 수익 설계 그 자체이므로, 이 책에서는 입구에만 머물고 깊이 있는 판단은 『172의 힌트』에 넘깁니다. 우선은 유형이 두 가지는 것, 엽채류에 치우치는 이유, 숫자는 나누어 봐야 한다는 것. 이 세 가지를 들고 다음의 「지금」을 보러 가겠습니다.

식물공장의 「지금」을 안다

제가 식물공장 업계에 들어온 것은 2011년, 이른바 「식물공장 붐」의 한복판이었습니다. 대기업이 잇달아 뛰어들고, 새 공장이 각지에 세워지며, 언론은 「미래의 농업」이라며 다루고 있었습니다.

하지만 그 뒤의 전개는 기대대로 흘러가지 않았습니다. 자금력과 브랜드력을 갖춘 대기업조차 몇 년 만에 철수하는 사례가 잇따랐습니다. 최신에 설비를 들인다고 성공하는 게 아니었던 것입니다. 한때의 건설 러시는 가라앉았고, 지금은 화제가 오르내리는 방식도 달라졌습니다.

왜 지금, 다시 주목받는가

철수 이야기가 이어지는 한편으로, 식물공장을 향한 관심은 오히려 최근 몇 년 사이 다시 뜨거워지고 있습니다. 이유는 분명합니다. 식량을 안정적으로 구할 수 있는가 — 이른바 식량 안보

에 대한 불안이 전 세계적으로 커지고 있기 때문입니다.

계기가 되는 것은 대개 「밖에서 식량이 들어오지 않게 될지도 모른다」는 사태입니다. 감염병으로 물류가 멈췄을 때, 분쟁으로 수송로가 불안정해졌을 때, 그럴 때마다 식물공장에 대한 문의가 늘어나는 흐름이 거듭 반복되고 있습니다. 식물공장은 수송 비용을 낮추는 기술이라기보다, 수송에 기대지 않고 계속 만들어낼 수 있는 기술입니다. 물류가 멈춰도 시설 안에서 계속 만들 수 있습니다. 그래서 「자국 안에서, 날씨에도 국제 정세에도 휘둘리지 않고 식량을 만들 수 있는 수단」으로 다시 평가받고 있는 것입니다.

이 흐름은 농업에 맞지 않는 환경을 떠안은 지역일수록 강하게 나타납니다. 기후와 토양이 농사에 맞지 않고, 물도 부족하며, 식량의 대부분을 수입에 기대고 있는 — 그런 지역에서 식물공장은 경영상의 선택지라기보다, 식량을 어떻게 확보하느냐는 국가 차원의 문제와 곧장 맞닿습니다. 일본처럼 「전기요금이 비싸서 수지가 안 맞는다」는 말이 따라붙기 쉬운 나라와는, 애초에 수지를 재는 기준이 다릅니다. 노지에서 키우는 것 자체가 어려운 지역에서는 「식물공장은 비용이 높다」는 약점이 상대적으로 작아져, 비즈니스로 성립하기가 한결 쉬워집니다. 식물공장의 손익은 어디서 누가 보느냐에 따라 풍경이 달라집니다.

다만 좋은 면만 있는 것은 아닙니다. 식물공장은 LED나 제어 시스템, 배지, 배관 등 설비와 자재의 상당 부분을 수입에 기대고 있습니다. 수송이 멈추면 식량이 들어오지 않게 되니까 시설을 짓고 싶은 것인데, 정작 그 시설을 짓는 데 필요한 부재 또한 수송에 좌우된다 — 이 모순은 솔직하게 짚고 넘어가야 할 부분입니다. 「그러니까 식물공장이다」라고 단순하게 단언할 만큼 이야기가 깔끔하게 정리되지는 않습니다.

진입 기업은 「수」가 아니라 「어디서 버는가」로 읽는다

주목이 쏠리면 진입 기업의 면면을 살펴볼 기회도 늘어납니다. 「또 대기업 진출」 「저 회사도 철수」 같은 헤드라인이 심심찮게 흘러나옵니다.

그럴 때 자칫 「이렇게 많이 모이는 걸 보니 유망한가 보다」하고 숫자로 판단하기 쉽습니다. 하지만 면면을 잘 들여다보면 색깔이 제각각이라는 걸 알게 됩니다. 원래 반도체나 전기를 하던 제조업체도 있고, 외식이나 유통에서 건너온 곳도 있으며, 농업 벤처처럼 새로 생긴 곳도 있습니다. 이들을 「진입 0개사」로 한데 묶어 세어 봐야, 실제로는 저마다 다른 일을 하는 사람들이 섞여 있을 뿐인 경우가 적지 않습니다.

제가 수궁하는 시각은, 수익을 어디서 세우느냐 — 즉 「어디서 버는가」로 세 층으로 나누는 것입니다.

첫째는 설비나 플랜트를 팔아 버는 층입니다. 제조업체에 많고, 이들에게 채소는 자사 설비의 실력을 보여주는 시연에 가깝습니다. 팔고 싶은 것은 장치이지 채소 자체가 아닌 회사가 눈에 띕니다. 둘째는 자기가 키운 채소를 밖에 파는 층입니다. 농업 벤처나 전업 농가가 여기에 있고, 진짜 「채소 가격」으로 승부합니다. 셋째는 외식이나 유통처럼 자사에서 쓰려고 키우는 층입니다. 이쪽은 시장에서 채소를 팔며 겨루는 것조차 아닙니다.

이 셋은 똑같이 「식물공장을 한다」는 간판을 달았어도, 싸우는 상대도 이익이 나는 조건도 전혀 다릅니다. 그러니 기업 수가 많다고 해서 경쟁이 치열하다고, 다시 말해 붐빈다고 할 수는 없습니다. 중요한 것은 내가 노리는 판매처에 어느 층이 얼마나 몰려 있는가입니다. 슈퍼마켓의 같은 진열대를 채소 파는 층끼리 빼앗으려 한다면 거기는 정말로 붐비는 것입니다. 하지만 설비를 팔고 싶은 제조업체는 그 진열대에서는 별로 경쟁하지 않습니다. 「진입 0개사」라는 숫자는 내가 들어가려는 판매처가 얼마나 붐비는지를 거의 알려 주지 않는 것입니다.

신입 동안은 여기까지 읽어낼 수 있으면 충분합니다. 뉴스에서 진입이나 철수의 숫자를 봤을 때 「이건 설비를 파는 이야기인가, 채소를 파는 이야기인가, 자사에서 쓰는 이야기인가」하고 한 박자 쉬며 분류하는 습관을 들이는 것. 그것만으로 업계의 풍경이 훨씬 입체적으로 보이게 됩니다. 우리 회사가 어느 층을 노리고 어디에 빈자리가 있는지를 실제로 파악해 손을 쓰는 일 — 그다음은 경영 판단이 되므로, 이 책에서는 입구에만 머물고 깊이 있는 읽기는 『172의 힌트』에 넘깁니다.

달라진 것, 달라지지 않은 것

이 10년 남짓 사이에 확실히 달라진 것도 있습니다. LED 조명의 성능은 크게 좋아졌습니다. 제가 현장에 들어왔을 무렵만 해도 아직 형광등을 쓰는 공장이 있었습니다. 재배 데이터 관리나 시스템 효율화도 진척되고 있습니다. 기술 면의 진보는 착실히 이뤄지고 있습니다.

달라지지 않은 것도 있습니다. 10년 넘게 이 업계에 있으면서 강하게 느끼는 것은, 식물공장의 수익성을 좌우하는 것은 설비나 시스템이 아니라, 그것을 움직이는 「사람」 이다라는 것입니다. 최신 IoT 센서 옆에서 직원이 손으로 잎의 상태를 살핍니다. AI의 환경 제어 옆에서 베테랑의 「감」이 살아 있습니다. 식물공장이란 그런 곳입니다.

그래도, 식물공장에는 가능성이 있다

낙관할 수 있는 상황은 아니라고, 솔직하게 생각합니다. 다만 가혹한 환경 속에서도 수익을 내는 공장은 분명히 있습니다. 그 공통점은 「현장을 움직이는 법」을 알고 있다는 것입니다.

설비가 좋고 나쁘고가 아니라, 현장 직원이 재배를 얼마나 이해하고 날마다의 판단을 쌓아 갈 수 있는가. 아주 작은 개선이 계기가 되어 크게 달라진 공장을 저는 여러 번 봐왔습니다.

날씨에 휘둘리지 않는 안정 생산, 한정된 토지에서의 높은 생산성, 농약 사용량의 대폭 절감. 이런 강점은 많은 지역에서 가치를 지닙니다. 게다가 식량을 자국에서 확보하고 싶다는 수요가 세계적으로 커지고 있는 이상, 이 기술이 필요해지는 장면은 오히려 늘어갑니다. 이 책에서는 그 바탕이 되는 기초 지식을 전체상으로서 전해 드리겠습니다.

다만 가능성이 있다고 해도 현실은 그리 만만치 않습니다. 다음은 그 「가혹한 현실」 쪽 — 왜 이토록 많은 공장이 적자에 시달리는지를 정면으로 들여다보겠습니다.

왜, 식물공장은 적자가 되어 버리는가?

가능성이 있다고는 해도, 현실에서는 많은 공장이 힘겨운 경영에 내몰려 있습니다.

- 「설비 투자에 돈이 너무 많이 들었다」
- 「생각만큼 채소가 자라지 않는다」
- 「만들긴 했는데 팔리지 않는다」

현장에서 자주 듣는 목소리입니다. 왜 이토록 많은 공장이 적자에 시달리는가.

먼저 짚어 두고 싶은 것은, 「식물공장은 적자 산업이다」라는 뭉뚱그린 딱지가 판단을 가장 무디게 만든다는 점입니다. 「6할이 적자」 같은 헤드라인을 거듭 보다 보면, 어느새 「이 업계는 원래 그런 거구나」 하고 받아들이게 됩니다. 하지만 공장 하나하나를 실제로 보면 흑자도 있고 적자도 있어서, 그 차이가 어디서 오는지가 보이기 시작합니다. 제가 10년 넘게 열 군데 이상의 인공광형 현장에 몸담아 오며 느끼는 것은, 진짜 갈림길은 산업이나 아니냐가 아니라 「만드는 법」이라는 것입니다.

「초기 가동기의 적자」와 「구조적 적자」는 별개

적자라고 한마디로 말해도 성질이 다른 것이 뒤섞여 있습니다. 이걸 나누지 않고 「적자니까 안 된다」고 뭉뚱그리는 것이 가장 위험합니다.

하나는 초기 가동기의 적자입니다. 식물공장은 가동하지 않아도 설비의 감가상각이 진행됩니다. 초기 가동기에는 몇 달씩 선반이 비어 있고, 수율도 처음에는 계획값에 못 미치는 것이 보통입니다. 그래서 처음 몇 년은 적자가 나기 쉽습니다. 하지만 이것은 가동률이 올라가고 수율이 안정되면서 다달이 줄어드는 적자입니다. 투자가 회수로 향하는 정상적인 과정의 한복판이라고 할 수 있습니다.

다른 하나는 구조적 적자입니다. 가동도 수율도 충분히 올라갔는데 적자 폭이 꿈쩍하지 않습니다. 이것은 이미 초기 가동의 문제가 아니라, 그 설비로 그 작물을 만드는 한 빠져나올 수 없는, 설계 단계에서 이미 정해져 버린 적자입니다.

봐야 할 것은 적자냐 아니냐라는 부호가 아니라, 그 적자가 시간이 지나면서 어느 쪽으로 움직이는가입니다. 시간이 갈수록 적자가 줄어든다면 초기 가동기의 적자, 시간이 지나도 움직이지 않는다면 구조적 적자입니다. 앞쪽에 필요한 것은 자금 조달과 인내이고, 뒤쪽에 필요한 것은 작물의 재검토 아니면 철수라, 취해야 할 방법이 전혀 다릅니다.

수지를 움직이는 세 가지 레버

그렇다면 그 「만드는 법」의 무엇이 수지를 결정하는가. 장단점 목록에는 항목이 잔뜩 늘어서 있지만, 수지를 정말로 움직이는 레버는 결국 세 가지입니다. 전력, 판로, 현장력. 나가는 돈의 굵직한 묶이 전력이고, 들어오는 돈의 천장을 쥐는 것이 판로, 그리고 그 둘을 마지막에 좌우하는 것이 현장에서 얼마나 거둘 수 있느냐는 현장력입니다.

이 셋은 성질이 다릅니다. 전력과 판로는 착공 전에 종이 위에서 잡아 둘 수 있습니다. 전기를 얼마에 끌어올 것인가, 무엇을 만들어 누구에게 팔 것인가. 이것들은 도면과 계약서 단계에서 미리 정해 둘 수 있습니다. 반면 현장력은 일단 돌리기 시작한 뒤에 곱해지는 변수입니다. 같은 설비, 같은 전력 단가, 같은 판로라도 현장 관리에 따라 수확량도 품질도 전혀 달라집니다. 그래서 현장력은 마지막에 수지를 깎아 들어오는 변수로서 따로 떼어 봐 두어야 합니다.

순서가 중요합니다. 그중에서도 가장 먼저 봐야 할 것은 판로입니다. 셋 중 가장 뒤로 미뤄지기 쉽고, 가장 돌이키기 어려운 것이 판로이기 때문입니다. 가려내는 데는 물음 하나로 꽤 됩니다. 「만들기 전에, 누가, 얼마에, 매주 얼마나 사기로 정해져 있는가」. 이 물음에 숫자로 답하지 못하는 사업은 설비가 아무리 훌륭해도 위험합니다. 반대로 여기가 채워져 있으면 필요한 규모도, 감당할 수 있는 고정비의 상한도 거기서 거꾸로 계산해 낼 수 있습니다. 순서가 거꾸로 — 설비부터 있고 판매처를 찾고 있다 — 라면, 그 자체가 적자 쪽의 조짐입니다.

여기서 현장에서 자주 보는 역전 하나를 들겠습니다. 적자를 내고 있는 공장에 어떤 일인지 「훌륭한 시설」이 섞여 있습니다. 최신 설비를 들이고 규모도 큰 곳일수록 적자가 더 크게 보이는 경우가 있는 것입니다. 상식대로라면 설비가 좋을수록 유리해야 할 텐데도 말입니다. 구조는 단순합니다. 판로에서 거꾸로 계산하지 않고 설비부터 들여 버리면, 그 투자는 매출이 서기도 전부터 고정비로 짓눌러 오기 때문입니다. LED든 공조든 자동화 라인이든, 가동률이 0이라든 다달이 감가상각은 발생합니다. 훌륭함 자체가 적자를 부르는 것이 아니라, 판로를 뒤로 미룬 채 설비만 앞서 나간 결과가 눈에 띄는 형태로 표면에 드러나는 것입니다.

과제에는 「천장 층」과 「도달률 층」이 있다

여기까지를 다른 각도에서 다시 말하면, 식물공장의 과제는 두 층으로 나뉩니다.

하나는 그 공장이 한 해에 닿을 수 있는 이익의 천장 자체를 정하는 층입니다. 「무엇을 만들어 어디에 파는가」 — 작물과 판로의 조합이 그 공장이 짊어질 수 있는 원가의 상한을 착공 시점에 조용히 정해 버립니다. 일단 지어 버리면 현장의 노력으로는 돌이킬 수 없습니다.

다른 하나는 그 정해진 천장에 실적을 얼마나 가까이 끌어올릴 수 있는가를 정하는 층입니다. 전기를 쓰는 법, 사람을 굴리는 법, 수율, 날마다의 운전이 여기에 해당합니다. 골칫거리로 표면에 떠오르는 것은 이 층이지만, 그 역할은 위에서 정해진 천장까지의 도달률을 끌어올리는 것입니다.

그래서 순서로 보면, 짓기 전에는 윗 층에서 천장 자체를 끌어올리러 가고, 지은 뒤에는 운전으로 거들 만큼 거둔다는 시각이 됩니다. 흔한 실패는 천장이 낮은 채로 운전만으로 만회하려 드는 것입니다. 전기요금을 누르면 수율이 떨어지고, 사람을 줄이면 다른 데서 손이 모자라게 된다 — 이런 두더지 잡기 같은 느낌은 대개 상류의 제약은 건드리지 않고 운전만으로 되찾으려 할 때 생깁니다. 두드리기 전에 먼저 「이 증상을 불러온 것은 상류의 어떤 선택이었나」를 보러 갑니다. 그런 다음 운전을 단단히 다잡니다. 순서의 문제인 것입니다.

전력은, 최대 비용임과 동시에 최대 환경 부하이기도 하다

세 가지 레버 중 전력에는 특별한 데가 있습니다. 나가는 돈의 최대급 항목인 동시에, 식물공장이 주는 환경 부하의 최대 요인이기도 하다는 점입니다. 비용 면에서도 환경 면에서도 귀결점은 전기인 것입니다.

이것은 인공광형이라는 방식의 숙명에서 옵니다. 노지가 태양에서 공짜로 받던 빛을 인공광형은 전기로 사서 다시 만들어냅니다. 그래서 인공광형에서는 전력이 생산 비용의 대략 2~4할을 차지하고, 게다가 그 전력의 대부분을 조명이 잡아먹습니다. 노지에 견주면 수확물 한 단위당 에너지가 자릿수가 다르게 큼니다. 비용으로 무거운 것이 그대로 환경 부하로도 무겁습니다. 전기를 줄이는 일이 전기요금 절감과 환경 부하 절감을 동시에 끌어가는 것은 이 구조 때문입니다.

다만 여기서 하나만 기억해 두고 싶은 것은, 항목들이 서로 맞물려 움직인다는 점입니다. 전기를 줄이겠다고 조명이나 공조를 너무 아끼면, 뻑뻑이 심은 탓에 습기가 차서 아래 잎이 상하거나 선별 손실이 늘어, 아낀 전기요금 이상으로 수율에서 손해를 보는 경우가 있습니다. 비용은 어느 하나만 따로 떼어 깎을 수 있는 것이 아니라, 깎는 순서와 어디까지 깎느냐의 판별이 중요해집니다. 그 구체적인 판단법은 이 책의 범위를 넘습니다. 최적값의 판별이나 비용 절감의

판단, 판로 설계, 투자 판별처럼 수지에 곧장 연결되는 한 단계 깊은 검토는 자매편 『식물공장의 수익성을 높이는 172의 힌트』에서 자세히 다룹니다. 여기서는 사고방식의 입구 — 적자를 부호가 아니라 기울기로 볼 것, 수지는 전력·판로·현장력의 세 가지로 정해진다는 것, 과제에는 천장 층과 도달률 층이 있다는 것 — 를 잡아 두면 충분합니다.

업계의 수치와 뉴스 읽는 방법

적자의 구조가 보이기 시작하면, 이번에는 거꾸로 세상에 떠도는 업계의 숫자나 뉴스가 신경 쓰이기 시작합니다. 현장에 나가면 그것들은 싫어도 눈에 들어옵니다. 「시장은 00억 규모」 「절반이 적자」 「대기업이 또 철수」. 선배가 「이거 읽어 뒤」 하며 보고서를 건네주는 일도 있겠지요. 난감한 것은, 어느 숫자든 막상 내 공장에 대입하려 하면 어쩐지 와닿지 않는다는 점입니다. 큰 숫자일수록 오히려 눈앞의 현장 판단에는 쓸 수 없다는 느낌이 듭니다. 그 어긋남에는 그럴 만한 이유가 있습니다. 여기서는 숫자에 휘둘리지 않기 위한 기준을 건네 드리겠습니다. 깊은 해석은 『172의 힌트』에 넘기고, 입구만 짚겠습니다.

「절반이 적자」는, 실재하지 않는 평균을 가리키고 있다

먼저 걸리는 것이 「식물공장의 절반은 적자」라는 한 줄입니다. 이 숫자를 보고 진입이나 증설을 망설였다는 이야기는 자주 듣습니다. 하지만 이것은 인공광형도 태양광형도, 엽채류도 과채류도 전부 한데 묶은 평균입니다. 수지의 구조는 저마다 전혀 다르므로, 이 평균값은 실제로는 존재하지 않는 어딘가를 가리키고 있어서, 내가 어느 쪽인지는 아무것도 알려 주지 않습니다.

실제로 최근의 실태 조사에서도, 유형별로 나눠 다시 보면 풍경이 반대로 향합니다. 인공광형은 지금도 대략 절반이 적자 쪽이고, 그 주력은 레터스류의 엽채류입니다. 그런데 같은 조사에서 태양광형 온실로 눈을 돌리면 70% 이상이 흑자거나 수지 균형이고, 이쪽의 주력은 토마토 같은 과채류입니다. 레터스를 중심으로 세면 「절반이 적자」, 토마토 쪽에서는 흑자가 많습니다. 같은 「식물공장」인데, 대상을 유형과 작물로 나눠 다시 보기만 해도 헤드라인과 풍경이 뒤바뀌는 것입니다.

그래서 업계 보고서의 적자율을 봤을 때는 먼저 「어느 유형, 어느 작물을 집계한 숫자인가」를 확인합니다. 이것이 첫 번째 기준입니다.

철수 뉴스는, 그 공장의 잠재성을 재고 있지 않다

제가 업계에 들어왔을 무렵, 대기업의 철수 뉴스가 흐를 때마다 현장이 술렁였습니다. 「역시 안 되는 건가」 하고요. 하지만 철수의 내막을 밖에서 살펴보면, 「채소가 자라지 않았다」는 기술의 이야기는 거의 앞에 나오지 않습니다. 나오는 것은 서서히 무거워진 전기요금, 생각만큼 넓어지지 않은 판매처, 오래 붙어 있지 못한 사람입니다. 멈추는 것은 만드는 기술이 아니라, 운영이 몇 년이고 계속 돌아가느냐 쪽입니다.

그렇다면 철수 뉴스가 난 그날의 분위기로 「업계가 끝났다」고 재는 것은 맞지 않습니다. 업계 전체가 성장하느냐 끝나느냐와, 눈앞의 공장 하나가 살아남느냐는 별개의 물음이기 때문입니다. 한 건을 밖에서 볼 때 발판이 되는 것은, 그 공장이 전력·자금·판로·사람이라는 네 가지를 어떻게 떠받치고 있는가입니다. 전기를 어디에서, 얼마에, 몇 년 계약으로 끌어오고 있는가. 자금은 보조금이 끊긴 뒤까지 그림이 그려져 있는가. 판매처가 한 회사에 쏠려 있지 않은가. 사람이 자꾸 바뀌고 있지는 않은가. 안을 들여다볼 수 없어도 이 윤곽이라면 밖에서도 헤아릴 수 있습니다.

다만 이걸로 「그러니까 철수한다」고 맞히려 드는 것은 무리입니다. 같은 풀림은 흑자로 조용히 이어지는 공장에도 흔히 있습니다. 겉모습이 알려 주는 것은 기껏해야 약점의 후보까지입니다. 맞히기 위해서가 아니라, 취약점을 미리 보기 위해 헤아리는 것이라고 생각해 두십시오.

상장 기업의 흑자는, 본업이 벌어들인 흑자

「식물공장이라면 이 회사」하며 상장 기업의 이름을 실마리로 삼는 경우도 있겠지요. 결산이 흑자면 일단 안심하고 다음으로 — 하지만 그 흑자는 어디가 벌어들인 흑자일까요.

식물공장을 하는 상장 기업의 사업부문별 정보를 늘어놓아 보면, 어떤 형태가 여러 회사에 공통으로 나타납니다. 식물공장 부문은 적자인데 회사 전체는 흑자. 본업이 전기 제조사나 철강이나 물류여서 그쪽에서 착실히 벌고 있고, 식물공장은 신규 사업처럼 떠안고 있는 것입니다. 즉, 보이는 것은 식물공장의 사업성이 아니라 본업의 주머니가 얼마나 두둑한가 쪽인 것입니다. 저 자신도 인공광형 공장의 운영 쪽에 있던 무렵, 「이 사업은 본체의 우산 아래 보호받고 있다」는 분위기를 몸으로 느낄 때가 있었습니다. 본업이 벌고 있는 한 적자라도 멈출 이유가 없다는 공장은 분명히 있습니다.

주가도 마찬가지입니다. 「식물공장 종목 상승」이라는 헤드라인을 보면 업계의 기세로 받아들이고 싶어지지만, 사들여지는 것은 결국 그 본업 쪽입니다. 식물공장에 대한 평가와는 떼어놓고 봐야 합니다. 회사 전체의 숫자나 주가로 안심하기 전에, 식물공장 자체가 누구의 어떤 기대로 떠받쳐지고 있는가 — 그것을 떼어 내어 볼 수 있는가가 기준이 됩니다.

해외의 성공은, 시설이 아니라 입지가 만들고 있다

싱가포르나 네덜란드의 시찰 기사를 읽고 「이걸 일본에서 하면」 하고 생각해 본 적은 없습니까. 수량도 많고 투자 회수도 빠릅니다. 하지만 그 숫자를 사업 계획서에 옮겨 적으려 하면 그 순간 손이 멈춥니다. 전기요금의 전제부터가 다르기 때문입니다.

앞서 나간 거점이 성장한 이유는, 시설 안이라기보다 그 나라 쪽에 있는 것처럼 보입니다. 싱가포르는 식량 자급을 안보의 문제로 자리매김하고 보조금을 풀어, 수요를 국가 정책으로 만들어내고 있습니다. 네덜란드는 천연가스가 싼 시절의 온실 문화가 바탕에 깔려 있고, 게다가 유럽의 거대 시장이 육로로 바로 옆에 있습니다. 싼 전력, 두둑한 보조금, 가까이 있는 굵직한 판로 — 이런 입지 조건이 여럿 겹쳐 있던 곳이 성장한 것이지, 시설이 특별히 뛰어났던 것은 아닙니다. 일본은 전력 단가가 구조적으로 높고, 보조금은 일회성이라 내다보기 어려우며, 식물공장의 레터스가 쑥 들어갈 굵은 판로도 없습니다. 같은 시설만 지어 봐야 같은 결과가 나오지는 않는 것입니다.

그래서 해외 사례는 순위 매기듯 「어느 나라를 따라 할까」로 읽는 것이 아니라, 해외의 전제와 일본의 전제를 하나하나 늘어놓고 그 차이를 봅니다. 옮겨 올 수 있는 조건과 옮겨 올 수 없는 조건의 경계선을 봅니다. 이것이 네 번째 기준입니다.

수치는 두 단계로 사용한다

여기까지 오면, 처음에 보던 「시장 규모 00억」이라는 총액은 이제 안 봐도 되는 건가 싶어 집니다. 하지만 버릴 필요는 없습니다. 역할을 바꾸면 됩니다.

총액은 「내가 이길 수 있는가」에 답해 주는 숫자가 아니라, 「이 시장에 앞으로 사람이 더 들어오는가」를 읽는 숫자입니다. 판매처나 설비 가격은 나 혼자서는 정해지지 않고, 진입이 늘면 움직입니다. 게다가 그 성장이 태양광형의 과채류에서 일어나는가, 인공광형의 엽채류에서 일어나는가에 따라 내 현장이 받는 영향은 전혀 다릅니다. 나와 같은 판매처를 노리는 생산자가 늘었다면, 공급이 늘어 판매 가격을 끌어내리는 압력이 됩니다. 그래서 총액은 규모감과 진입의 방향, 즉 바람이 어디로 부는지를 읽는 입구로 남겨 둡니다.

순서로 보면, 총액으로 큰 흐름을 잡고 내 공장에 관한 것은 내 구역의 숫자로 정한다 — 이 두 단계입니다. 업계의 숫자나 뉴스는 내 답 그 자체가 아니라, 내 답을 올려놓을 전제가 앞으로 어느 쪽으로 흔들리는지, 그 방향을 읽기 위해 씁니다. 그렇게 갖춰 두면 철수 뉴스에도 시장 규모에도 일일이 휘둘리지 않아도 됩니다. 구역의 숫자를 어떻게 잡고 판매 가격이나 규모를 어떻게 가늠하는가 — 그 실제 손놀림은 『172의 힌트』에서 자세히 다룹니다.

수익형 식물공장의 현실

숫자 읽기에서 「내 구역으로 정한다」고 말했습니다. 그러면 그 구역에서 제대로 이익을 내는 공장은 무엇이 다른가. 지금껏 적자 이야기만 봐왔지만, 바로 그 같은 업계에서 버는 공장도 분명히 있습니다. 여기를 「저 회사처럼 하면 이긴다」는 승리 공식 찾기로 접근하면 대개 발목을 잡힙니다. 버는 공장의 현실은 좀 더 소박하고 좀 더 담백한 곳에 있습니다.

성공 사례는 「승리 공식」이 아니라 「조건의 묶음」

동종업계 경영자에게서 「우리는 레터스로 흑자를 냈다」는 말을 들으면, 자칫 「어떻게요?」하고 방법을 알고 싶어집니다. 그 사람은 수율이나 판로를 구체적으로 이야기해 줍니다. 하지만 들으면 들을수록, 우리 쪽에서 그대로 따라 할 수 있을 것 같지가 않습니다. 입지도 다르고 전기요금 조건도 다릅니다. 이 「들을수록 재현하기 어려울 것 같다는 느낌」이야말로 가장 정직한 반응입니다.

식물공장의 성공 사례는 따라 할 수 있는 승리 공식이 아니라, 입지·전원·판로·작물이 우연히 맞아떨어졌을 때만 작동하는 「조건의 묶음」입니다. 그래서 조건이 하나라도 다르면 같은 방법을 써도 결과가 다릅니다. 이야기하는 쪽에 나쁜 뜻이 있는 건 아닙니다. 기후와 용지가 좋은 입지였다, 근처에 안정적으로 받아 주는 판로가 있었다 — 그렇게 「이미 갖춰져 있던 전제」는 본인에게는 너무나 당연해서 성공담에서는 깔끔히 빠져 버립니다.

이 네 가지는 성공의 조건을 빠짐없이 담은 틀이 아닙니다. 사례를 「따라 할 수 있는가, 없는가」로 뜯어볼 때의 첫 번째 기준입니다. 입지·전원은 처음에 정해져 움직일 수 없는 조건, 판로·작물은 나중에 다시 짤 수 있는 조건. 먼저 이 선으로 묶음을 풀어 봅니다. 그리고 잊어서는 안 될 것이, 한 층이 더 있다는 점입니다. 조건 네 가지가 모두 갖춰져 있어도, 그것을 돌리는 사람이 빠지면 품질은 무너집니다. 성공도 실패도, 같은 조건의 묶음과 그것을 돌리는 현장력을 다른 쪽에서 보고 있을 뿐입니다.

실패 사례야말로, 빠진 조건을 알려 준다

철수한 공장은 사례로 좀처럼 보이지 않습니다. 표면에 나오는 것은 흑자를 낸 이야기뿐이고, 사라진 공장은 「경영 판단 실수였다」는 한마디로 정리되기 쉽습니다. 하지만 이 정리 방식도 성공 사례를 통째로 따라 하는 것과 뿌리가 같습니다. 성공담에서는 「갖춰져 있던 전제」가 빠집니다. 실패담에서는 「빠져 있던 조건」이 경영 판단 실수라는 한마디로 둔갑해 가려집니다. 방향만 반대일 뿐, 같은 함정입니다.

전원 비용이 예상보다 높은 땅이었다, 받아 주는 곳이 하나뿐이라 값을 깎았다, 그 판로가 요구하는 품질을 골라 잡은 작물로는 안정적으로 출하할 수 없었다 — 사실은 입지 · 전원 · 판로 · 작물 중 어딘가가 처음부터 빠져 있었을 뿐인데, 「사장의 결단이 안일했다」고 사람의 능력 이야기로 둔갑시켜 버립니다. 그러면 나는 유능하니까 괜찮다는 최악의 교훈만 남습니다. 다만 거꾸로 너무 치우쳐도 안 됩니다. 조건 네 가지가 모두 갖춰져 있었는데, 초기 가동을 떠받치던 사람이 빠져 수율이 떨어졌다거나, 병해가 한 번 들어와 선반 순환이 멈췄다는 식의 무너짐도 있습니다. 이것은 「조건이 빠진」 것이 아니라 「묶음을 돌리는 쪽이 무너진」 실패입니다. 그래서 실패 사례도 성공 사례와 똑같은 방식으로 읽습니다. 네 가지 중 무엇이 빠져 넘어진 것인가. 아니면 네 가지는 갖춰져 있었는데 돌리는 쪽이 무너진 것인가. 좀처럼 손에 넣기 어려울 뿐, 실패 사례야말로 정말로 가장 배울 것이 많은 교재입니다.

흑자의 이면에는, 이야기되지 않는 전제가 있다

또 하나 까다로운 것은, 성공 사례에서 이야기되는 흑자나 수율이라는 숫자의 이면에 겉으로 드러나지 않는 전제가 숨어 있다는 점입니다. 대표적인 것을 세 가지만 들겠습니다. 첫째는 보조금의 비중입니다. 매출로 선 흑자인가, 초기 투자의 몇 할을 보조금으로 메운 위에 선 흑자인가. 둘째는 인력 밀도입니다. 그 흑자에 사장이나 가족의 거의 무급에 가까운 노동이 얹혀 있고 그것이 인건비로 잡혀 있지 않다면, 한 사람이 빠지는 순간 무너집니다. 셋째는 판로의 계약 조건입니다. 「받아 주고 있다」는 것이 1년마다 갱신하는 구두 약속에 가까운 것이라면, 판로라는 조건은 보이는 것보다 훨씬 취약합니다.

이런 것들은 당사자에게 직접 물어보지 않으면 채울 수 없는 부분입니다. 독자가 할 수 있는 일은, 겉모습(입지 · 규모 · 작물 · 보조금을 썼는가)은 사실로 읽고, 속내용은 「이건 추정이다」라는 딱지를 붙여 물음의 형태로 남겨 두는 것입니다. 공개된 정보만으로 이진 이유나 진 이유를 단언할 수 있다고 여긴 순간, 이미 사례를 잘못 읽고 있는 것입니다. 그리고 이 네 칸은 우리 회사 쪽에도 그어 볼 수 있습니다. 사례의 전제와 우리 회사의 입지 · 전원 · 판로 · 작물을 한 단계씩 나란히 늘어놓아 봅니다. 그러면 물음은 「따라 할 수 있는가」가 아니라, 「이 전제를 우리 회사에서 재현할 수 있는가」라는 적용 가능성 판단으로 바뀝니다.

「버는」의 내용은, 여기서부터 깊이 파고든다

여기까지가 버는 공장을 읽을 때의 자세입니다. 그러면 실제로 내 공장에서 벌려면 어디를 움직여야 하는가. 그 한 걸음 한 걸음은 이 입문서의 범위를 넘습니다. 여기서는 사고방식의 입구만 늘어놓겠습니다 — 어느 것도 이 책에서는 깊이 파고들지 않고, 자매편 『172의 힌트』에서 하나하나 다루는 주제입니다.

- 수지는 하류보다 상류에서 결정된다. 식물공장의 이익은 재배 자체보다 설비·노하우를 파는 상류 층으로 흐르기 쉽습니다.
- 놓는 자리에 따라 수지가 달라진다. 컨테이너형처럼 입지와 규모의 전제 자체를 바꾸는 설비에는 맞고 안 맞고가 있습니다.
- 한 해의 흑자와 누적 회수는 별개다. 어느 해에 흑자라도, 초기 투자를 언제 다 회수하느냐는 전혀 다른 이야기입니다.
- 비용에는 깎아도 되는 것과 깎으면 안 되는 것이 있다. 초기 투자의 어디를 깎아도 되고, 어디를 깎으면 나중에 탈이 나는가.
- 판로를 먼저 확정한다. 작물에서 출발하는 것이 아니라, 안정적으로 받아 주는 판로를 먼저 정하고 작물을 거꾸로 계산합니다.
- 도시형의 강점은 가까움이 아니라 단가 유지다. 도시 가까이에서 키우는 가치는 수송거리가 짧다는 데 있는 것이 아니라, 얼마에 꾸준히 팔 수 있는가에 있습니다.

버는 공장의 현실을 한마디로 갈무리한다면, 설비의 새것 여부도 규모도 아니라, 조건의 묶음을 끝까지 읽어내고 그것을 돌리는 현장이 있느냐 없느냐입니다. 그리고 그중 무엇을 움직일지는, 이 입문서에서 전체상을 잡은 다음 힌트집에서 하나하나 확인해 주십시오.

노지재배나 시설원예와의 결정적인 차이는?

여기까지 수지 이야기를 이어 왔는데, 그 수지가 왜 이런 구조가 되는지는 식물공장이 다른 농업과 무엇이 다른지를 보면 납득이 됩니다. 신입 동안은 「같은 채소를 키우는 거니까 하는 일도 비슷하겠지」 하고 생각하기 쉽습니다. 하지만 실제로는 뿌리부터 다릅니다. 차이는 크게 두 가지 축으로 보면 정리하기 쉽습니다 — 환경을 어디까지 내 손에 쥐는가와, 무엇에 기대어 판단하는가입니다.

환경 제어: 자연에 맡기는 것에서, 완전 제어로

첫 번째 축은 작물을 키우는 환경을 누가 정하는가입니다.

- 노지재배: 비·바람·햇빛 같은 자연의 힘에 기댑니다. 넓은 땅이 필요하고, 흙 가꾸기나 물 주기 같은 힘든 노동도 따릅니다. 날씨에 휘둘리기 쉽고, 태풍이나 가뭄의 위험에 그대로 노출돼 있습니다.
- 시설원예: 비닐하우스나 유리 온실에서 날씨로부터 작물을 어느 정도 지켜 줍니다. 온도와 습도를 어느 정도 조절할 수 있어 노지보다는 생산이 안정됩니다. 대신 시설을 짓고 유지하는 비용이나 연료비가 듭니다.

- 식물공장: 실내의 밀폐된 공간에서 키웁니다. 온도 · 습도 · 빛 · CO2 농도 등을 인공적으로 제어해 생육에 가장 알맞은 환경을 만들어 줍니다. 날씨에 휘둘리지 않고 1년 내내 안정적으로 생산할 수 있습니다. 대신 설비 투자와 전기요금이 들고, 그것을 다룰 줄 아는 지식이 필요합니다.

노지에서 시설원예, 식물공장으로 갈수록 자연에 맡겨 두던 부분이 조금씩 사람의 손으로 넘어옵니다. 식물공장은 그 종착점에서, 자연에게 빌리는 것이 아니라 환경 자체를 사람이 만들어 냅니다. 제가 10년 넘게 해온 것은 이 가장 끝자락에서, 온도도 빛도 습도도 전부 우리 손으로 정하는 세계입니다. 노지나 시설원예를 밖에서 되돌아보면, 같은 「환경을 갖춘다」 라도 상대하는 대상이 전혀 다르다는 것을 잘 알 수 있습니다.

일의 성질: 감각 경험에서, 데이터에 기반한 판단으로

두 번째 축은 날마다의 일을 무엇으로 끌고 가는가입니다. 환경을 파악하는 방식이 달라지면 현장에서 요구되는 능력도 달라집니다.

- 노지재배: 흙 가꾸기부터 수확까지, 오랜 경험과 감각이 힘을 발휘합니다. 힘든 노동이 많고, 계절에 따른 농번기의 기복도 큼니다.
- 시설원예: 노지의 경험에 더해 시설 안의 환경 제어 기술이 필요합니다. 온도 관리 · 환기 · 관수는 꼼꼼한 관찰과 조정이 쌓여서 이뤄집니다.
- 식물공장: 컴퓨터 제어로 자동화가 진척되어, 노지처럼 흙을 다루는 고된 육체노동은 적습니다. 다만 수확 · 포장 · 정식 같은 수작업은 여전히 많이 남아 있습니다. 중심이 되는 것은 데이터로 생육 상황을 읽고, 이상 징후를 일찍 알아채 손을 쓰는 일입니다. 그래서 분석력이나 IT 능력이 필요하고, 생산 계획부터 출하까지 내다보는 시각도 요구됩니다.

여기서 오해하지 않았으면 하는 것은, 식물공장에서는 감각이 필요 없다는 이야기가 아니라는 점입니다. 데이터가 알려 주는 것은 「무슨 일이 있었는가」 이고, 「왜 그렇게 됐는가」 「다음에 어떻게 움직일 것인가」 는 결국 현장에서 채소를 봐온 사람의 판단입니다. 최신 센서의 숫자를 현장의 눈으로 다시 읽어낼 수 있는 사람이 있어야 비로소 안정된 생산이 됩니다. 노지나 시설원예와의 가장 큰 차이는, 설비가 있고 없고 자체보다 이 「데이터와 관찰을 오갈 수 있는 능력」 이 날마다의 중심이 된다는 점이라고 저는 생각합니다.

연구와 현장의 거리를 이해한다

「데이터와 관찰을 오갈 수 있는 능력」 이라고 하면, 그러면 책이나 논문으로 공부하면 익힐 수 있겠구나 하고 생각할지도 모릅니다. 여기는 조금 주의가 필요합니다. 식물공장은 과학에

가까운 일입니다. 빛, 공조, 양액, 환경 제어. 어느 것을 들어도 연구의 축적 없이는 성립하지 않습니다. 그래서 신입 동안은 전문서나 논문을 읽고 공부하고 싶은 마음이 듭니다. 그 자체는 좋은 일입니다. 저도 현장에 있던 무렵, 조금이라도 현장을 낮게 할 힌트를 찾아 재배 기술 책이나 논문을 꽤 읽었습니다.

다만 여기서 하나 알아 두었으면 하는 것이 있습니다. 논문에 적힌 「최적」은 날마다 수천 포기를 출하하는 현장의 「최적」과 같지 않다는 것입니다.

적혀 있는 재배 방법을 실제로 시험해 보려 하면 잘 맞아떨어지지 않는 경우가 많습니다. 이유는 크게 세 가지입니다.

첫째는 비용의 관점이 빠져 있다는 것입니다. 「이 조건에서 수량이 20% 올랐다」고 적혀 있어도, 그 조건을 상업 시설에서 재현하는 데 얼마가 드는지는 대개 적혀 있지 않습니다.

둘째는 규모의 차이입니다. 연구실에서 몇 포기에서 수십 포기를 놓고 한 실험과, 수천 포기를 관리하는 현장은 전제가 전혀 다릅니다. 작게 시험해서 잘됐던 방법이 규모를 키운 순간 먹히지 않게 되는 것은 드문 일이 아닙니다.

셋째는 환경의 차이입니다. 연구실은 온도·습도·빛을 정밀하게 갖출 수 있지만, 현장에서는 공조 능력에 한계가 있고 선반 위치에 따라 환경에 들쭉날쭉이 생기며 계절마다 바깥 공기의 영향도 받습니다. 종이 위의 「최적 조건」은 현실의 공장에서는 좀처럼 재현하기 어려운 것입니다.

이것은 연구자가 잘못했다는 이야기가 아닙니다. 논문은 「학술적으로 새로운가」로 평가받는 세계라, 「현장에서 쓸 수 있는가」는 평가 대상에 들어 있지 않은 경우가 대부분입니다. 그래서 과학적으로는 가치가 있는데 현장에서는 쓰기 어려운 연구가 어쩔 수 없이 생겨납니다. 구조의 문제입니다.

그렇다면 공부해도 소용없는가 하면, 그렇지 않습니다. 거리가 있다는 것을 알고 읽으면 됩니다. 연구는 그대로 가져오면 실패하고, 무시하면 뒤처집니다. 올바른 어울림은 그 사이에 있습니다. 읽고, 내 현장에서 작게 시험하고, 확실히 효과가 있는 것만 손에 남깁니다. 책 한 권 읽고 공장 현장이 달라지는 일은 거의 없습니다. 몇 년 단위로 시행착오를 거쳐서야 비로소 「이건 효과가 있다」고 말할 수 있는 것이 남습니다. 제가 지금도 이야기할 수 있는 것의 대부분은 그렇게 현장에서 갈고닦아 온 것입니다.

신입 동안은 우선 「읽은 것이 현장에서 그대로 쓸 수 있다고는 할 수 없다」는 것을 알고 있는 것만으로 충분합니다. 읽고 해석하고, 시험하고, 내 것으로 만듭니다. 이 능력이 긴 안목으로 보면 현장의 차이를 만들어 갑니다.

식물공장 관리자의 3가지 역할

여기까지 살펴본 수지도, 연구와의 거리도, 결국은 그것을 한데 묶어 현장을 돌리는 사람이 있어야 비로소 형태를 갖추니다. 그 역할을 마지막으로 정리해 두겠습니다. 식물공장의 관리자에게 요구되는 역할은 크게 세 가지로 나뉩니다. 「안정된 품질을 지키는 것」 「팀을 이끄는 것」 「수익을 확보하는 것」. 우선은 이 세 가지를 바탕으로, 자신이 앞으로 어떤 일을 짊어지게 될지를 가늠해 주십시오.

1. 안정 생산과 품질을 지킨다

식물공장에서는 온도, 습도, 빛, CO2 농도 등 모든 환경 요소를 사람 손으로 관리합니다. 이것들은 서로 영향을 주고받으므로, 하나를 바꾸면 다른 데까지 번집니다. 그 복잡한 환경 속에서 안정된 품질의 채소를 매일 출하하는 것. 이것이 관리자의 가장 기본적인 역할입니다.

이제 막 가동을 시작한 공장에서는 무엇보다 이것이 중요한 일이었습니다. 「어쨌든 죽이지 않고 키워내는」 사람이 신뢰를 받습니다. 다만 제가 봐온 인공광형·엽채류 현장으로 말하면, 죽이지 않고 키우는 기술은 도구가 꽤 갖춰져서 예전만큼 개인의 솜씨에 기대지 않아도 거둘 수 있게 되어 왔습니다. 그래서 이 역할은 바탕으로서 늘 돌아가긴 하지만, 공장이 굴러가기 시작하면 관리자의 무게 중심은 조금씩 다음 역할로 옮겨 갑니다.

2. 팀을 이끈다

식물공장은 혼자서는 돌아가지 않습니다. 날마다의 작업 대부분은 현장 직원들의 손으로 움직입니다. 직원 한 사람 한 사람의 역량을 끌어내어 날마다의 일을 굴러 가는 것이 관리자의 일입니다. 환경 제어와 재배 지식을 직원에게 전하고, 스스로 판단할 수 있는 사람을 늘려 가는 것도 여기에 들어갑니다.

사람이 늘어나기 시작하면 이 역할이 단숨에 무거워집니다. 내가 직접 키우기보다 「사람이 어떻게 자라느냐」를 다듬는 쪽으로 돌아설 수밖에 없습니다. 제가 구축과 초기 가동에 참여한 대규모 공장에서는 현장 인원이 100명 규모가 되어, 품질의 좋고 나쁨을 모두가 똑같은 잣대로 판단할 수 있는 형태로 만드는 것 자체가 큰 과제가 되었습니다. 누구 한 사람의 감이 아니라, 현장에 흠어진 요령을 한데 묶어 그 사람이 그만되도 남는 형태로 해두는 것. 경험을 감으로만 품고 있던 사람일수록, 그것을 말로 풀어 건네줄 수 있느냐에서 막힙니다.

3. 수익을 확보한다

생산 계획을 세우고, 비용을 관리하며, 판매 전략을 짭니다. 시장의 수요를 읽고 새로운 도전을 이어 갑니다. 식물공장은 꿈이나 이상만으로는 굴러가지 않습니다. 수익을 확보하지 못하면 현장도 이어지지 않습니다.

여기서 솔직하게 말해 두고 싶은 것이 있습니다. 손익의 크기 자체를 정하는 것은 대개 관리자의 손 바깥에 있습니다. 어느 규모로 만들 수 있는가, 얼마나 거둘 수 있는가, 얼마에 팔 수 있는가, 어디에 팔 수 있는가 — 이 네 가지로 수지의 큰 틀은 정해져 버립니다. 전기요금 같은 단가도, 설비 교체도 관리자 마음대로 되지 않습니다. 그러면 손쓸 도리가 없는가 하면, 그렇지 않습니다. 밖에서 정해진 틀 안에서조차 날마다의 운전 방식으로 움직일 수 있는 부분이 있습니다. 버리는 양을 줄이고, 규격을 맞춰 제값에 팔 수 있는 비율을 높이며, 작업자의 숙련도를 끌어올리는 것. 설비를 건드리지 않아도 손익의 모습은 거기서 달라집니다. 어느 값을 어디까지 다질 것인가, 어디에 팔 것인가, 언제 투자할 것인가 같은 한 걸음 더 들어간 판단은 뒤의 장과 『172의 힌트』에 넘기겠습니다만, 입구로서 「밖에서 정해지는 부분」과 「운전으로 움직일 수 있는 부분」을 나눠 보는 눈만은 여기서 챙겨 두십시오.

역할의 무게 중심은, 공장의 단계에 따라 움직인다

이 세 가지는 나란히 놓인 목록이라기보다, 공장의 단계에 따라 어느 것이 가장 무거운지가 바뀝니다. 초기 가동기에는 「안정적으로 키워내는」 것이 중요하고, 궤도에 오르면 「수지를 어떻게 다질 것인가」로 무게 중심이 옮겨가며, 사람이 늘어나면 「현장의 지식을 어떻게 물려줄 것인가」로 쏠립니다. 같은 직함인데 깊어지는 내용이 차츰 바뀌어 가는 것입니다. 이것은 본인의 성장이라기보다, 공장 쪽이 다음 문제를 내밀어 와서 그에 응하는 내용이 바뀐다는 순서에 가깝습니다.

다만 움직이는 것은 「무게 중심」이지, 손 놓아도 되는 역할이 생기는 것은 아닙니다. 안정 생산도, 팀 만들기도, 수익도 어느 단계에서나 멈추지 않고 계속 돌아갑니다. 특히 위생은 한번 병해충이 나오면 공장 전체로 퍼질 우려가 있으므로, 키우지 않고 · 퍼뜨리지 않기 위한 예방이 늘 필요합니다.

신입인 당신이 잡아 두었으면 하는 것은 이 시간 축입니다. 지금 이 순간 요구되는 능력은 그 공장이 지금 있는 단계의 스냅샷일 뿐입니다. 자신의 경험이나 자질을 「지금의 역할」만으로 채지 말고, 「몇 년 뒤에 어느 역할이 무거워지는가」로 읽어 둡니다. 그렇게 봐 두면 앞으로 어떤 역할을 깊어지게 되더라도 당황하지 않고 해낼 수 있을 것입니다.

1장 정리

- 식물공장은 「태양광 이용형」과 「완전 인공광형」으로 갈립니다. 이 책이 다루는 것은 완전 인공광형 · 업체류의 세계입니다
 - 식량 안보에 대한 불안을 배경으로 지금 다시 주목받고 있습니다. 다만 수지의 풍경은 어디서 누가 보느냐에 따라 달라집니다
 - 적자는 부호가 아니라 기울기로 봅니다. 수지를 움직이는 것은 전력 · 판로 · 현장력의 세 가지이며, 과제에는 「천장 층」과 「도달률 층」이 있습니다
 - 업계의 숫자나 뉴스는 「업계」를 이야기해도 「내 구역」은 이야기하지 않습니다. 유형 · 작물로 나눠 다시 보고, 전제가 향하는 방향을 읽기 위해 씁니다
 - 버는 공장은 승리 공식이 아니라 「조건의 묶음」입니다. 설비의 새것 여부나 규모보다, 그 묶음을 끝까지 읽어내고 돌리는 현장이 있느냐 없느냐
 - 식물공장은 기존 농업과 뿌리가 다르며, 「데이터와 관찰을 오갈 수 있는 능력」이 날마다의 중심이 됩니다
 - 관리자의 역할은 「안정 생산」 「팀 만들기」 「수익 확보」의 세 가지이며, 그 무게 중심은 공장의 단계에 따라 움직입니다
 - 수익에 곧장 연결되는, 한 걸음 더 들어간 판단은 뒤의 장과 『172의 힌트』로
- 다음 장에서는 현장에서 필요한 재배 기술의 기초를 살펴보겠습니다.

2장 재배 관리의 기초 지식

앞 장에서는 식물공장이란 어떤 구조이고, 무엇을 할 수 있고 무엇이 어려운지, 그 전체상을 살펴봤습니다. 여기서부터는 한 걸음 더 나아가, 실제로 채소를 기르기 위한 지식으로 들어갑니다. 작물을 고르고, 빛을 비추고, 물과 공기와 양분을 갖추고, 문제를 알아채 손을 쓰고——현장에서 매일 하는 일을 순서대로 살펴봅시다. 하나 하나는 따로따로인 이야기처럼 보여도, 현장에서는 모든 것이 이어져 있습니다. 그것을 머리 한구석에 두면서, 우선 「무엇을 만들까」부터 시작합니다.

식물공장에 가장 알맞은 작물 선택의 포인트는?



식물공장은 환경을 인공적으로 제어할 수 있으므로, 이론상으로는 어떤 작물이라도 기를 수 있습니다. 그렇지만 현장에서 실제로 이익을 내려고 하면, 고를 수 있는 작물은 확 좁혀집니다. 그리고 제가 여러 공장을 봐 오면서 가장 의아했던 것은, 같은 잎상추를 만드는데도 한쪽 공장은 흑자, 다른 한쪽은 적자인 경우가 드물지 않다는 점이었습니다. 이익이 남느냐 마느냐를 마지막에 결정하는 것은, 채소의 이름 그 자체가 아닙니다.

「돈 되는 채소」는 품목으로 정해지지 않는다

「식물공장 돈 되는 채소」로 검색하면, 잎상추가 좋다, 아니 딸기다, 멜론이다, 하는 순위가 얼마든지 나옵니다. 읽다 보면 어딘가에 정답이 굴러다니는 것 같은 기분이 듭니다. 그런데 그 정답이 내 현장에서도 통하리라는 보장은 없습니다. 같은 잎상추라도, 파는 곳이나 돌리는 방식이 다르면 이익이 났다가 안 났다가 하기 때문입니다.

저 자신도 잎상추로 이런 장면을 몇 번이나 봐 왔습니다. 직판장에 내놓을 때는 견실하게 돌아갔는데, 같은 것을 업무용으로 도매하려 하면 단가가 단숨에 떨어져, 바쁘기만 하고 손에 남는 게 없습니다. 반대로, 소량밖에 못 만드는 허브를 음식점에 직접 가져가면, 의외로 이익이 납니다. 이렇게 늘어놓고 보면, 돈이 되는 것은 품목 그 자체가 아니라 「어디에 파느냐」와 한 세트라는 생각이 듭니다.

그러므로 돈 되는 채소는 고정된 목록이라기보다, 판로의 단가·회전 일수·재배의 어려움, 이 세 가지의 곱셈으로 보는 편이 잘 맞습니다. 잎상추가 바로 그랬습니다. 직판장이라면 단가를 높게 받을 수 있으므로, 회전의 빠름이 그대로 이익이 됩니다. 업무용으로 넘기면 단가가 떨어지고 회전만 남아, 손에 이익이 남지 않습니다. 같은 설비라도 파는 곳이 단가와 회전을 정하고, 거기에 재배의 수고가 겹칩니다. 그래서 질문은 「어느 채소냐」가 아니라 「내 판로에서, 단가×회전이 재배의 수고에 걸맞은 것은 어느 것이냐」가 됩니다.

실제로, 식물공장에서 채산이 맞는 것은 잎채소·허브를 중심으로, 과채는 조건에 따라, 라는 한정된 범위에 거의 좁혀져 있습니다. 쌀이나 밀이나 옥수수 같은 주식은, 세계 식량 에너지의 약 6할을 차지하는 기간 작물임에도 불구하고, 지금의 비용과 기술로는 애초에 채산 라인에 오를 전망이 없다고 보고된 바 있습니다. 무엇이 돈이 되는가는 작물에 고정된 성질이 아니라, 그 작물이 단가와 회전을 받을 수 있는 파는 곳을 가질 수 있는지에 달려 있다는 것입니다.

잎상추가 많은 것은 「파탄나기 어렵기」 때문

실제 식물공장을 둘러보면, 그 다수가 잎상추 중심입니다. 잎채소 중에서도 잎상추뿐이고, 과채에는 별로 손을 대지 않습니다. 이것은 「잎상추가 가장 돈이 된다」서가 아니라, 잎상추가 공장이라는 형식과 가장 궁합이 좋기 때문입니다. 여기서 작용하는 것은, 앞서 본 식 중에서 「재배의 어려움」 쪽입니다.

잎상추는 생육 기간이 짧아 회전이 빠르고, 키가 낮아 단 쌓기 쉽고, 빛이나 양액 관리도 확립되어 있습니다. 즉 닫힌 환경에서, 재현성 높게, 계획대로 돌릴 수 있습니다. 과채는 그렇게 되지 않습니다. 토마토나 딸기는 수분이나 착과 컨트롤이 필요하고, 재배 기간이 길고, 키도 큼니다. 같은 바닥 면적과 광열비로, 재배의 수고가 훨씬 무거워집니다.

어려움에는, 또 하나 제가 현장에서 강하게 느껴 온 측면이 있습니다. 잎상추는 온도나 양액 농도 관리가 다소 흐트러져도, 괴멸적인 흉작이 되기는 어렵습니다. 생육 편차도 비교적 적고, 출하할 수 있는 품질에 올리기까지의 습득 비용이, 다른 작물보다 낮습니다. 이것이 작용하는 것은, 식물공장에 새로 들어오는 면면을 떠올렸을 때입니다. 제가 설립에 관여해 온 현장에서도, 이업종에서의 신규 참여가 무척 많았습니다. 식물의 생리를 몸으로 아는 것은 아닌 사람들

이, 큰 설비 투자를 안고 들어옵니다. 그런 입장에서는, 우선 「실패할 수 없다」가 먼저 섭니다. 다소 손이 흐트러져도 괴멸하지 않는, 습득 비용이 낮은 잎상추를 처음에 고르는 것은, 이익의 최대화라기보다 파탄을 피하기 위한 지극히 자연스러운 판단이었습니다.

그러므로, 잎상추 중심이라는 풍경은 「돈 되는 답」이 아니라 「공장이라는 형식에서 파탄나기 어려운 해법」이 선택된 결과입니다. 거꾸로 말하면, 과채의 어려움을 관리할 수 있는 생산자나, 과채이기에 비로소 서는 판로를 가진 사람에게는, 그 일렬로 늘어선 바깥쪽에야말로 여지가 남아 있습니다. 초보가 우선 잎상추부터 들어가는 데는, 이런 이유가 있다고 알아 두시기 바랍니다.

쌀·밀·뿌리채소가 늘어지지 않는 이유——면적×일수÷단가

거꾸로, 왜 쌀이나 밀, 무나 당근을 식물공장에서 보지 못하는가. 기를 수 없어서가 아닙니다. 기술적으로는, 뿌리채소도 곡물도 공장에서 자랍니다. 그래도 시장에 거의 나오지 않습니다. 이유는, 재배할 수 있는지와는 별개의 곳에 있습니다.

식물공장의 비용은, 그 대부분이 면적과 시간에 작용합니다. 조명도 공조도, 선반의 면적을 일정 기간 차지한 만큼 과금되는 임대료 같은 것이어서, 「그 면적을 며칠 점유해서, 얼마짜리 수확물이 나오느냐」가 작용합니다. 잎상추는 키가 낮고, 가볍고, 30~40일 정도면 한 바퀴 돕니다. 뿌리채소는 굵어지는 데 몇 달이나 걸리고, 무게나 부피에 비해 단가가 쌉니다. 당근이라면, 파종부터 수확까지 70~120일 정도는 봐 둘 필요가 있습니다. 같은 면적을, 한쪽은 1개월, 한쪽은 3~4개월 차지합니다. 이것만으로도 「면적당 하루당 얼마 버느냐」가 얼마나 차이가 벌어지는지, 짐작이 갑니다. 그래서 뿌리채소는, 기술이 따라가지 못해서가 아니라, 계산(스프레드시트) 단계에서 조용히 걸러지고 있는 것입니다.

곡물이 되면, 이것이 가장 극단적으로 나타납니다. 쌀·밀·옥수수는 단가가 싸고, 재배 기간이 길고, 키가 크고 단도 쌓기 어렵습니다. 공장과 궁합이 좋은 조건을, 셋 다 거꾸로 가고 있습니다. 상징적인 시산이 있는데, 스웨덴의 수직농장에서 밀을 만드는 최선의 조건인 경우라도, 전기료만으로 1톤당 4만 달러 상당——당시의 세계 밀 가격의 약 100배에 이른다고 추산됩니다. 재배 기술의 문제가 아니라, 나뭇썸 단계에서 승부가 끝나 있다, 는 것입니다. 「언젠가 기술이 싸게 해 주겠지」 하고 기다리고 싶어지지만, 만들수록 싸진다는 업계 전체의 개선은, 데이터상으로는 거의 보이지 않습니다.

뿌리채소에는 또 하나, 채산보다 앞쪽의 벽이 있습니다. 당근이나 무는 땅속 깊이 곧고 굵은 뿌리를 뻗는데, 지금의 식물공장에서 주류인 설비는 잎채소용이어서, 얇은 재배판과 순환식 양액으로 되어 있습니다. 배지의 깊이도 지지력도 부족하고, 뿌리 영역이 액으로 채워지면 산

소도 부족해지기 쉽습니다. 새 라인을 설계하는 입장이라면, 우선 채산의 나뉠셈에서 뿌리채소가 떨어지므로 설비 논의까지 나아가지 않지만, 이미 잎채소용 설비를 갖고 있어 「비는 선반에 뿌리채소도」라고 생각하는 입장이라면, 채산 이전에 뿌리가 설비에 들어가지 않습니다. 어느 벽이 먼저 오는가는, 자신이 어느 지점에 서 있는지에 따라 달라집니다. 제 현장에서의 결론을 솔직히 말하면, 뿌리채소는 흙에서 기르는 것이 합리적이라는, 당연한 곳에 가 닿습니다.

예외는 있지만, 조건을 충족했을 때만

여기까지 「맞지 않는다」고 써 온 것에도, 예외는 있습니다. 다만 예외는, 어떤 조건을 충족했기에 통한 것일 뿐, 그 조건째로 내 작물에 옮길 수 있다는 보장은 없습니다.

한 가지 방향은, 회전으로 버는 예외입니다. 마이크로그린(채소의 어린잎)은, 파종부터 수확까지 7~14일로 극단적으로 빠릅니다. 잎상추가 30~40일 걸리는 것에 비하면, 같은 면적에서 연간 몇 번이나 회전할 수 있습니다. 그램 단가도 높게 받기 쉽고, 영양소를 강화한 기능성 식재로 차별화하려는 움직임도 나오고 있습니다. 앞으로 새로 짓는다면, 품목으로서 검토할 가치는 충분합니다. 다만, 기존의 잎상추용 공장에 그대로 엮는 것은 간단하지 않습니다. 10단이나 되는 선반에서의 수확 동선은, 배지째 꺼내오든, 작업원이 윗단에서 잘라내든, 잎상추와는 완전히 다른 것이기 때문입니다. 본격적으로 한다면, 전용 반송·수확 설비를 건설 단계부터 생각해 두는 것이 현실적입니다.

또 하나는, 단가로 버는 예외입니다. 면적당 하루당의 단가만 높으면, 회전이 느린 작물이라도 선반에 오를 수 있습니다. 약용 인삼처럼 극단적으로 비싸게 팔리는 뿌리채소나, 고추냉이가 그렇습니다. 고추냉이는 단가가 높고, 희소하고, 해외에서도 인기가 있다—이름을 끄는 데까지는 웁니다. 그렇지만, 여기서 주의가 필요합니다. 고추냉이의 높은 단가는, 고추냉이라는 작물 그 자체에 붙어 있는 것이 아니라, 「이 산지의, 이 사람이, 이 품질로, 안정적으로 납품해 준다」는 사는 쪽과의 관계에 붙어 있다, 는 것이 제 생각입니다. 요정이나 초밥집처럼 비싸게 사 주는 상대일수록, 이미 정해진 매입처를 갖고 있어, 어디 누군지 모르는 새 생산자로는 쉽게 갈아타지 않습니다. 그래서 신규 참여자가 고추냉이를 만들 수 있게 된 시점에 손에 쥔 것은, 고단가의 이유 중 작물의 부분뿐이고, 정작 중요한 관계는 제로에서 만들게 됩니다. 게다가 비싸게 사 주는 상대일수록 물량을 소화하지 못하므로, 「단가×예상 출하량」으로 연 매출을 뽑는 계산은, 대체로 빗나갑니다. 만들 수 있다는 것과, 사업으로서 돌아간다는 것은, 별개의 이야기입니다.

쌀도 마찬가지로, 「무리」가 어디서나 일률적인 것은 아닙니다. 전기가 유난히 싼 땅, 가까이 에 비싸게 사 주는 상대, 의약품 원료처럼 보통의 몇 배 값에 팔리는 출구—이 세 가지가 어

디까지 갖춰지는지에 따라, 보이는 모습이 달라집니다. 해외에서 쌀의 공장 재배가 성공했다는 사례는, 대체로 물이 부족하고 전력이 썩, 일본과는 오히려 반대인 입지가 전제입니다. 기술의 이야기처럼 보여서, 실은 입지의 이야기였다, 는 일이 적지 않습니다.

우선 내 판로부터 늘어놓는다

그럼 무엇부터 손을 댈까. 품목부터가 아닙니다. 순위나 성공 사례는 참고는 되지만, 그대로 설계도로 삼을 수는 없습니다. 세상에 흐르는 정보는 「잘된 이야기」에 치우쳐 있고, 철수한 공장의 데이터는 거의 남지 않기 때문입니다. 실제로, 일본의 인공광형 식물공장의 꽤 많은 비율이, 십 년 정도 사이에 교체되어 왔다고도 합니다. 겉으로 드러나는 성공의 뒤에, 이야기되지 않는 철수가 나름대로 있다, 는 구도입니다.

그러므로, 처음에 종이에 적는 것은 재배 계획이 아니라, 한 줄의 나뭇셈이면 됩니다. 선반의 같은 면적을 기준으로 「예상 판매가 ÷ 점유 일수」를 내고, 잎상추를 기준에 두고, 후보를 같은 조건으로 같은 표에 늘어놓습니다. 거기에 회전 일수 · 재배의 어려움 · 수율, 그리고 판로를 유지하는 수고까지 적어 넣어, 면적당 연간 이익으로 견주어 봅니다. 이것이 첫 한 수입입니다. 두는 방식으로는, 회전이 빠르고 읽기 쉬운 잎채소를 중심에 두고, 과채나 고단가 틈새는 이차로 검토합니다. 과채나 고추냉이는 단가의 여지가 있지만, 조건이 갖춰져야 비로소 서는 이야기이므로, 우선 잎채소로 토대의 숫자를 굳히고 나서 엮는 것이 현실적입니다.

새 작물의 이야기는 재미있고, 할 수 있는 것도 해마다 늘고 있습니다. 그렇지만 그것은, 채산이라는 입구를 통과한 작물 안에서 살아나는 이야기여서, 입구 앞에 두면 돌아가는 길이 됩니다. 무엇이 맞고 무엇이 맞지 않는가는, 품목의 순위가 아니라, 이 「판로의 단가×회전×어려움」과 「면적당 하루당 얼마」로 본다——그 눈만 가지고 있으면, 다음에 새 작물이 나타나도, 당황하지 않고 첫 장의 종이부터 시작할 수 있습니다.

덧붙여, 여기서부터 앞——어느 파는 곳에 어느 작물이 채산으로 오르는가, 고단가 출구를 어떻게 잡으려 할까, 과채로의 전환은 투자에 걸맞는가——는, 수익 설계 그 자체로 파고드는 이야기가 됩니다. 본서에서는 사고방식의 입구까지에 그치고, 파고든 판단은 『172가지 힌트』에 넘깁니다.

만들 채소가 정해지면, 다음은 그것을 어떻게 기를까입니다. 식물공장에서 채소를 기르는 세기둥은, 빛과 물과 공기——우선, 식물공장의 가장 상징적인 설비인 빛부터 살펴봅니다.

LED 조명의 활용



식물공장에서 가장 상징적인 설비가, 즉 늘어진 LED 조명입니다. 종래의 농업에서는 햇빛에 기댈 수밖에 없었지만, 식물공장에서는 LED로 생육에 가장 알맞은 광 환경을 인공적으로 만들 수 있습니다.

LED 조명이 식물공장에 가져오는 3가지 장점

1. 에너지 절약 효과로 비용 절감

전기료는, 식물공장에 무시할 수 없는 비용입니다. LED 조명은 에너지 절약성이 뛰어나기 때문에, 상응하는 전기료 절감을 기대할 수 있습니다.

2. 긴 수명으로 유지보수 수고도 경감

형광등은 정기 교체가 필요하고, 그때마다 비용과 수고가 듭니다. LED는 수명이 대폭 길어, 교체 빈도를 줄일 수 있습니다. 대량의 조명을 쓰는 식물공장에서는, 이 비용 차이는 큼니다.

3. 식물에 맞춰 빛의 색을 고를 수 있다

식물은 종류나 생육 단계에 따라, 필요한 빛의 파장(색)이 다릅니다. LED는 적색, 청색, 백색 등, 다양한 파장의 제품이 있어, 재배하는 작물에 맞춰 고를 수 있습니다. 종래의 식물공장에서는 적색광과 청색광을 조합한 LED 조명이 주류였지만, 근래에는 햇빛에 가까운 백색 LED도 보급되고 있습니다.

설치나 운용의 궁리

LED의 효과를 끌어내려면, 설치 방법이나 조사 시간 등, 세세한 궁리도 중요합니다.

- 다단 재배: 한정된 공간을 효과적으로 활용하기 위해, 재배 선반을 몇 단으로 겹치는 「다단 재배」가 일반적.

- 조사 각도와 거리: LED의 조사 각도나 식물과의 거리를 조정함으로써, 광합성 효율을 높일 수 있다.
- 조사 시간: 식물은, 광합성을 하는 「명기」와 호흡이나 양분의 전류를 하는 「암기」를 반복하며 성장한다.

「밝을수록 이득」이라고는 할 수 없다

LED 이야기를 하면, 무심코 「빛은 강할수록 잘 자란다」고 생각하기 쉽습니다. 초보 시절의 저도 그랬습니다. 랙의 한 단을 큰맘 먹고 밝게 하면, 분명 수확량은 늘어납니다. 무게도 보기에도 좋아집니다. 「역시 밝게 한 게 정답이었어」하고 생각할 수 있습니다——월말에 전기료 청구서를 볼 때까지는. 빛을 1.5배로 했는데, 수량은 1.5배까지 가지 않았습니다. 늘어난 매출에서 늘어난 전기료를 빼면, 손에 남는 것은 오히려 전보다 적습니다. 그런 달이 나옵니다. 저 자신도, 인공광형의 잎상추 수경에서, 세계 휘둘러 손에 쥐는 것이 오히려 줄어드는 장면을 몇 번이나 봐 왔습니다.

여기서 알아 두고 싶은 것이, 빛의 양을 나타내는 PPFD라는 말입니다. 앞에 닿는 빛 알갱이의 양, 이라고 생각해 두면 충분합니다. 이 PPFD와 수량의 관계가, 비례가 아니라는 것이 핵심입니다. 약한 데서 올리기 시작하면 처음에는 쪽쪽 늘지만, 올리면 올릴수록, 더 밝게 해서 늘어나는 몫은 점점 줄어 갑니다. 한편 전기료는, 빛에 거의 그대로 비례해 늘어납니다. 그래서, 늘어나는 매출은 「점점 둔해진다」데, 늘어나는 전기료는 「곧장 늘어납니다」. 어딘가에서, 더한 빛의 보답보다 전기료 쪽이 무거워지는 점이 옵니다. 거기가, 빛을 강하게 하는 멈춰야 할 지점입니다.

성가신 것은, 그 멈춰야 할 지점이 하나의 숫자로 정해지지 않는다는 점입니다. 전기가 싼 시기는 그 센 채로도 충분히 플러스로 보이는데, 단가가 올라오면 같은 설정이 갑자기 무거워집니다. 같은 선반 · 같은 품종 · 같은 빛인데, 달에 따라 「이건 정답」 「이건 지나침」이 바뀝니다. 그래서, 최적의 PPFD를 하나의 숫자로 외워 붙여 두는, 그런 식으로 다뤄서는 잘되지 않습니다. 빛은, 전기료에 따라 멈춰야 할 지점이 움직이는 것——그렇게 파악해 두는 것이, 초보일 때 몸에 익혀 두고 싶은 감각입니다.

최적의 PPFD를 전력 단가로 다시 끌어내는 동적인 관리나, 기종을 발광 효율로 고르는 판단까지 파고들면, 이것은 수익에 직결되는 깊은 이야기가 됩니다. 그 판별 방법은 「『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』」에서 자세히 다룹니다.

빛

LED는, 빛을 만들기 위한 도구에 지나지 않습니다. 식물에게 정말 중요한 것은, 그 도구가 어떤 빛을, 얼마만큼의 세기로, 얼마만큼의 시간 비추고 있는가——즉 빛 그 자체의 내용입니다. 앞 절에서 기계 이야기를 했으므로, 여기서는 조금 내려와, 식물이 빛을 어떻게 받아들이고 있는지의 기초를 짚어 둡니다. 어려운 이야기가 아닙니다. 빛에는 「세기」 「색」 「시간」이라는 세 가지 눈금이 있어, 그 셋의 곱셈으로 하루의 빛의 양이 정해진다, 고 생각해 두면 충분합니다.

세기——강하면 좋은 것은 아니다

우선 세기입니다. 빛은 식물의 생육에 빠질 수 없지만, 강하면 강할수록 자란다, 는 단순한 것이 아닙니다. 어느 정도를 넘으면 광합성의 신장은 한계에 다다르고, 더 강하게 하면 이번에는 잎이 상해, 오히려 마이너스로 기울어 갑니다. 전기로 빛을 다시 사고 있는 인공광형에서는, 필요 이상으로 강하게 비춘 몫의 전기료가 그대로 낭비된다는 문제도 있습니다.

그러므로 기본은, 기르는 작물이 원하는 세기에 맞춰 LED를 고르는 것입니다. 열매를 맺게 하는 과채류는 강한 빛을 원하지만, 잎상추 같은 잎채소는 그렇게까지 강한 빛을 필요로 하지 않습니다. 키가 낮고, 약한 빛으로도 자랍니다. 식물공장에서 잎채소가 선호되는 이유의 하나가, 여기에도 있습니다.

색——식물에게는 쓸모 있는 파장이 있다

다음으로 색입니다. 빛은 파장에 따라 색이 바뀌고, 식물은 색마다 다른 사용법을 하고 있습니다.

대략 말하면, 붉은 빛(대략 600~700nm)은 광합성에 가장 효과적인 빛으로, 성장을 밀어줍니다. 푸른 빛(400~500nm)도 광합성에 쓰여, 잎을 두껍게 하고, 줄기를 단단히 굵게 하는 방향으로 작용합니다. 초록 빛(500~600nm)은 광합성의 효과는 작다고 여겨지지만, 잎 안쪽까지 잘 닿아, 식물의 형태 만들기에도 관여한다고 합니다. 그래서 옛날 식물공장은 빨강과 파랑만의 딱 봐도 「식물공장다운」 보라색 빛이 주류였지만, 근래에는 초록을 포함한 것이나, 햇빛에 가까운 백색 LED도 늘고 있습니다.

저도 여러 종류의 LED를 써 왔지만, 빨강과 파랑만인 타입보다, 초록을 더한 것이나 백색에 가까운 타입 쪽이, 생육 상태가 보기 좋다고 느낍니다. 잎의 윤기나 자태가 그대로 드러난다, 는 체감입니다. 어느 색을 어떻게 배합하는 것이 그 작물에 이득인가, 라는 판별은 비용에도 직결되는 깊은 이야기이므로, 여기서는 「색에는 쓸모의 차이가 있다」 는 입구만 두어 둡니다.

시간——밝게 하는 시간과, 어둡게 하는 시간

세 번째는 시간입니다. 식물은 하루 종일 빛을 계속 비추면 되는 것이 아닙니다. 빛을 비추는 「명기」와, 빛을 끄는 「암기」를 반복하며 자랍니다. 명기에 광합성으로 양분을 만들고, 암기에 그 양분을 몸의 각처로 보내 성장에 쓰고 있다—낮에 벌고 밤에 정리한다, 는 호흡의 리듬이 있는 것입니다. 하루 중 몇 시간 비추느냐, 라는 이 설계를 광주기라고 부릅니다.

인공광형에서는, 태양과 달리 밝게 하는 시간을 이쪽에서 자유롭게 정할 수 있습니다. 이것은 강력한 이점이지만, 동시에 「정해야 한다」는 것이기도 합니다. 길게 비추면 광합성의 시간은 벌 수 있지만, 전기료는 늘고, 암기가 너무 짧으면 식물의 상태를 무너뜨리기도 합니다. 어디에 두는 것이 작물에게, 그리고 채산에게 이득인가라는 판단이 나옵니다. 그 최적점의 판별까지 파고들면 수익 설계의 이야기가 되므로, 본서에서는 「밝게 하는 시간과 어둡게 하는 시간의 양쪽이 필요하다」는 기초에만 그칩니다.

하루의 빛의 양—셋을 곱한 DLI

마지막으로, 이 셋을 잇는 사고방식을 하나만. 세기와 시간을 곱하면, 그 작물이 하루에 받은 빛의 총량이 나옵니다. 이것을 DLI(하루의 적산 광량)라고 부릅니다.

어렵게 생각할 필요는 없습니다. 약한 빛이라도 긴 시간 비추면 총량은 늘고, 강한 빛이라도 짧은 시간이면 총량은 늘지 않습니다. 식물이 하루에 얼마만큼 빛을 받았는가는, 순간의 밝기만으로도, 켜 둔 시간만으로도 정해지지 않고, 그 곱셈으로 정해진다—는 당연한 이야기입니다. 현장에서 「빛을 강하게 했는데 생각만큼 안 자란다」 「반대로 점등 시간을 줄였는데 그다지 떨어지지 않았다」 같은 일이 일어나는 것은, 우리가 무심코 세기만 보고, 하루의 총량으로 보지 않기 때문이기도 합니다. 세기·색·시간의 셋을 따로따로의 눈금으로 가지고, 마지막에 하루의 총량으로 바라본다. 빛의 기초로서는, 우선 이 견해를 손에 두어 두면 충분합니다.

빛이 식물 위에서 완결되는 이야기라면, 다음은 식물의 발밑, 뿌리가 잠겨 있는 물의 이야기입니다. 식물공장에서는, 그 물이 재배의 토대 그 자체가 됩니다.

수경재배 시스템



조명과 나란히, 식물공장의 특색이라면 수경재배입니다. 흙을 쓰지 않고, 뿌리를 물과 양분에 직접 대어 기릅니다. 이것이 빠르고 균일하게 기를 수 있는 이유이기도 하고, 현장에서 매일 가장 신경 쓰는 곳이기도 합니다.

왜 식물공장에서 수경재배인가

흙을 쓰지 않는 것의 효과가 작용하는 곳은, 몇 가지 있습니다. 토양이 필요 없으므로, 도시부에서도 토지 조건이 까다로운 곳에서도 입지를 가리지 않습니다. 뿌리가 항상 물과 양분에 닿아 있으므로 생육이 빠르고, 회전이 올라갑니다. 흙을 매개로 한 병해충 위험도 낮출 수 있고, 매일의 물주기에 쫓길 일도 없이, 양액의 농도와 양을 관리하면 자동으로 공급할 수 있습니다. 하나만, 흔히 오해되는 곳을 먼저. 「수경은 뿌리썩음이 잘 안 생긴다」고 흔히 말하지만, 이것은 조건부입니다. 물속의 용존산소(DO)가 충분히 유지되는 동안은, 뿌리는 신선한 산소를 받아들여 건강합니다. 그러나 산소가 부족해지면, 수경에서도 뿌리썩음은 생깁니다. 특히 수온이 오르면, 그 물에 녹아 있을 수 있는 산소는 줄어듭니다. 그래서 「물에 담가 있으니 안심」이 아니라, 「산소가 충분하니 안심」인 것이라고, 머리 한구석에 두어 두시기 바랍니다.

NFT와 DFT——얇게 흘리느냐, 깊게 고이느냐

식물공장에서 자주 쓰이는 것은, NFT와 DFT 둘입니다.

NFT(박막 수경)는, 경사를 준 재배 베드에 식물을 고정하고, 펌프로 양액을 얇게 계속 흘리는 방식입니다. 흐르는 만큼 산소가 닿기 쉽고, 쓰는 양액의 양도 적게 듭니다. 그 대신, 물의 양이 적으므로 바깥의 영향을 받기 쉽고, 수온도 바뀌기 쉽습니다.

DFT(심액 수경)는, 수조 같은 재배조에 양액을 듬뿍 고이고, 거기에 식물을 띄우는 방식입니다. 수량이 많은 만큼 온도 변화에 강해, 안정적으로 기르기 쉽습니다. 그 대신 설비는 커지

고, 바닥 쪽은 산소가 빠지기 쉽다는 버릇이 있습니다.

둘 다, 펌프로 양액을 돌리면서 쓰는 「순환식」의 일종입니다. 이 밖에, 뿌리를 깊은 물에 꼭 담그는 DWC(심수)는, 물을 고인다는 점에서 거의 DFT의 일종으로 봐도 무방합니다. 뿌리에 안개를 뿜는 분무식은, 뿌리가 공기에 노출되는 만큼 산소는 가장 풍부하지만, 물을 고이지 않으므로 멈췄을 때 가장 빠르게 마릅니다. 멈춘 순간에 알아챌 수 있는 대비를 꽤 두텁게 짤 수 있는 현장의, 한정적 용도입니다.

어느 쪽이 우수한가, 가 아니다

새로 짤 때, 혹은 다시 짤 때, 대체로 처음에 부딪히는 것이 「NFT냐, DFT냐」입니다. 비교표를 조사하면, 항목마다 어느 한쪽에 동그라미가 쳐져 있어, 합계하면 대체로 무승부가 됩니다. 며칠이나 제자리걸음하는 사람을, 저는 여럿 봐 왔습니다.

여기는 분명히 말해 두겠습니다. 방식 그 자체에 절대적인 우열은 없습니다. 잎상추를 몇 년이나 봐 오면서, 수량이나 품질이 흔들린 원인을 더듬어 가면, 거의 매번 「방식」이 아니라 「그날의 물 상태」 쪽이었습니다. NFT에서 뿌리썩음이 나는 것은 방식 탓이 아니라, 흐름이 약해져 뿌리 끝이 말랐을 때. DFT에서 약해지는 것도 방식 탓이 아니라, 수온이 올라 산소가 빠졌을 때. 어느 쪽을 골라도, 결국 그 후의 물 관리에 달려 있는 것입니다.

그럼 방식은 어떻게 정하나. 이것은 고민 없이 정해도 됩니다. 가진 제약으로 정해집시다. 정전이나 고장으로 몇 분간 버티고 싶고, 그 안심료로서 수량이 갖고 싶으면 DFT 쪽. 선반 단수를 늘려 가볍게 만들고 싶고, 배관도 단순히 하고 싶으면 NFT 쪽. 규모와, 자신이 허용할 수 있는 위험의 폭으로, 거의 자동으로 정해지는 범위입니다. 며칠이나 고민할 만큼의 갈림길이 아닙니다. 고민할 시간은, 고른 뒤의 물 관리로 돌리는 편이, 훨씬 수확량을 좌우합니다.

가역인가, 비가역인가——수경에서 정말로 효과적인 선 굵기

NFT와 DFT의 차이를, 하나의 축으로 붙잡아 두면, 그 후의 관리가 한결 편해집니다. 그것이 「가역인가, 비가역인가」입니다.

어긋나도, 알아채 손을 쓰면 범위로 돌아와, 뿌리가 다시 살아난다——이런 가역인 것은, 운용으로 받는 쪽입니다. DFT의 바닥 산소가 떨어졌다, 수온이 올라왔다, 는 것은, 매일 보고, 벗어나면 끌어 되돌리면 됩니다. 사람과 기록의 일입니다.

한편, NFT에서 흐름이 멈춰 뿌리 끝이 말라 버리면, 그 마름은 돌아오지 않습니다. 한번 마른 끝은, 물을 되돌려도 원래대로 돌아오지 않습니다. 이것은 비가역입니다. 매일의 육안만으로는 막을 수 없으므로, 멈춘 것을 기계에 감지시켜 알림을 띄우고, 비상 전원이나 백업 펌프로,

멈추는 것 자체를 먼저 없애 둡니다. 설비와 대비 쪽에서 지우는 영역입니다.

선 긋기는 이렇게 됩니다. 가역인 것은 운용으로 받는다. 비가역인 것은 운용에 쫓아지게 하지 않고, 설비와 대비로 먼저 지워 둔다. 서서히 오는 가역은 사람이 보고, 갑자기 오는 비가역은 기계와 대비로 멈춘다, 는 것입니다.

하나 보태 두면, 가역인가 비가역인가는 방식에 붙어 있는 라벨이 아닙니다. NFT라도 멈추면 즉시 아는 구조가 있으면, 그 빠름은 무섭지 않습니다. DFT라도 여름의 고수온이나 정체를 방치하면, 듬뿍 있는 물이 이번에는 식지 않는 온수로 바뀌어 뿌리가 썩는다—수량이 있다는 강점이, 보지 않고 있으면 뒤집히는 것입니다. 그래서 「DFT는 수량이 있으니 안전」이라고는 단언할 수 없습니다. 경계를 움직이고 있는 것은 방식의 속성이 아니라, 「어긋남의 폭과, 얼마나 방치했는가」 쪽인 것입니다.

이 「고른 뒤, 매일 어디를 어떻게 보느냐」 —유량 · 수온 · 용존산소를 어느 순서로 보고, 어디서 관촬음과 위험을 선 긋느냐—는, 수확량을 정말로 가르는 곳입니다. 거기서 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에서 구체적으로 다지고 있습니다.

물에 관한 것이 보이기 시작하면, 그 물과 떼려야 뗄 수 없는 것이, 뿌리 둘레나 잎 둘레를 채우고 있는 공기입니다. 온도 · 습도 · CO₂, 그리고 그것들을 나르는 바람—여기서부터는, 식물을 둘러싼 공기의 이야기로 옮겨 갑니다.

온도 관리

온도 관리는, 식물공장의 성공을 크게 좌우하는 가장 중요한 항목의 하나입니다.

식물에는, 생육에 알맞은 온도대가 있습니다. 거기를 벗어나면, 성장이 느려지고, 잎색이 나빠지고, 심한 경우에는 시드는, 그런 형태로 생육에 영향을 미칩니다. 과채류에서는 모양이 나쁜 과실이 생기기도 하고, 체력이 떨어지면 병해충에의 저항력도 약해집니다.

작물별 적온

식물공장은 바깥 공기의 영향을 받기 어려워, 온도를 일정하게 유지할 수 있습니다. 작물별 기준은 이 정도입니다.

- 잎상추 등의 잎채소: 비교적 시원한 환경을 좋아하며, 15~25℃ 정도
- 토마토 등의 과채류: 따뜻한 환경을 좋아하며, 20~30℃ 정도
- 바질 등의 허브류: 20~25℃ 정도. 다만 고온을 좋아하는 것이나 저온에 강한 것도 있다

재배하는 채소의 종류와 생육 단계에 맞춘 온도 관리가, 안정 생산의 기본입니다.

관리하고 있는 것은 공기, 식물이 응하는 것은 잎

여기서 하나, 현장에서 막혔을 때 효과적인 구별을 넣어 둡니다. 우리가 설정해 관리하고 있는 것은, 재배실의 「공기의 온도」입니다. 그렇지만 식물이 실제로 응하고 있는 것은, 「잎의 온도」 쪽입니다.

평소에는 이 둘은 대체로 일치하므로, 구별하지 않아도 돌아갑니다. 그런데, 설정은 제대로 지키고 있는데 선반에 따라 생육이 고르지 않다, 는 때에, 이 구별이 얼굴을 내밉니다. 예를 들어 같은 랙의 윗단과 아랫단에서 생육에 차이가 납니다. 처음에는 바람이 닿는 방식이나 LED와의 거리를 의심하겠지만, 또 하나, 윗단은 조명의 열이 갇히기 쉽다, 는 사정이 있습니다. LED는 에너지 절약이라고 해도, 소비 전력 중 꽤 많은 비율은 열로 나갑니다. 그래서 설정은 25℃라도, 조명에 가까운 윗단의 잎 그 자체의 온도는, 공기보다 높아져 있는 경우가 있습니다.

왜 잎의 온도 쪽이 영향을 주는가. 광합성도 호흡도 효소의 반응이고, 그 속도를 정하는 것은 공기가 아니라 잎 그 자체의 온도이기 때문입니다. 같은 「25℃ 설정」이라도, 윗단의 잎이 실제로 27℃라면, 그 잎에게의 온도는 이미 25℃가 아닙니다. 설정은 고르는데 생육이 고르지 않다——그것은, 공기를 고르게 해도 잎이 고르지 않다, 는 형태로 흔히 일어납니다.

공조가 직접 움직일 수 있는 것은 공기 쪽이므로, 공기를 「입력」, 잎을 「결과」로 양쪽을 본다, 는 이단 구조가 됩니다. 방사 온도계를 윗단과 아랫단의 잎에 대어, 공기의 설정값과 몇 ℃ 어긋나 있는지를 실측해 보면, 자신의 선반의 버릇이 숫자로 보이기 시작합니다. 참고로 이 어긋남은, 빛이 강한 낮에 크고, 조명이 꺼진 밤에는 작아집니다.

야간 온도를 낮추는 것은 「조이기」 위해

식물공장에서는 LED 조명으로 낮밤을 인공적으로 만들 수 있으므로, 온도차를 써서 생육을 조절할 수 있습니다. 여기서의 「낮」은 조명 점등 중(명기), 「밤」은 소등 중(암기)을 가리키고, 이 명기와 암기의 온도차를 「DIF」라고 부릅니다.

밤은 조명이 꺼져 있으므로, 잎의 온도와 공기의 온도는 거의 일치합니다. 낮처럼 광원의 열로 잎만 올라가는 일이 없기 때문입니다. 문제는, 그 야간 온도를 「밤은 시원하게 하는 것」 정도의 감각으로 낮추고 있고, 낮추는 이유 쪽은 와닿지 않는, 그런 상태입니다.

이치를 「밤은 무엇을 하고 있는 시간인가」에서 생각하면 납득이 갑니다. 낮은 빛을 받아 광합성으로 당을 만들고, 밤은 빛이 없으므로 새로 당은 못 만들고, 낮에 모아 둔 당을 써서 호흡을 하고 있습니다. 이 호흡은 온도가 높을수록 빠르게 진행되므로, 밤을 식히면 밤 사이의 당

의 소모 그 자체는 억제됩니다.

여기서 하나 주의하고 싶은 것은, 「소모를 억제=그만큼 남아서 자란다」고 솔직하게 잊지 않는 것입니다. 실제로는, 식히면 식힐수록 자라는 것은 아닙니다. 잎채소에서는, 따뜻한 쪽이 (어느 범위까지는) 오히려 잘 자란다, 는 방향으로 나옵니다. 그럼 야간 온도를 낮추는 의미는 무엇인가 하면, 증수를 위해서라기보다, 웃자람을 억제해 포기를 조인다, 는 품질 쪽의 조정입니다. 야간 온도를 끝까지 낮추지 않으면 줄기가 웃자라기 쉽고, 자태가 무너집니다. 그래서 야간 온도는 「자람의 양」을 버는 레버라기보다, 「자라는 방식의 조임」을 맞추는 레버라고 생각하는 편이, 현장의 감각에 맞습니다.

그리고 낮추면 낮출수록 좋다, 고도 되지 않습니다. 너무 낮추면 웃자람은 멈추지만, 생육의 템포도 둔해지는 쪽으로 들어갑니다. 야간 온도는 「조이기」와 「제대로 기르기」 사이의 균형으로 정해집니다. 잎상추라면 밤 18℃ 언저리가, 그 절충의 한 예입니다.

설정의 판단 기준은, 최종적으로 작물의 상태

한여름은 온도가 높아지기 쉽고, 공조의 전력도 무겁게 짓누릅니다. 설정을 1℃라도 올려 부담을 덜고 싶은데, 생육에 무엇이 일어날지 단언할 수 없어 손대지 못한다——이것은 여름 현장에서 흔한 제자리걸음입니다. 실은, 그 1℃는 낮에 올리느냐 밤에 올리느냐로 작용하는 방향이 완전히 다르고, 온도 편차를 무너뜨리는 것도 결국은 바람의 일이 됩니다. 이 언저리의 능동적인 조작의 판단은, 그것만으로 하나의 주제가 되므로, 여기서는 「공기와 잎은 별개」 「야간 온도는 조이기 위해」라는 사고방식의 입구까지에 그칩니다.

재배실 안의 온도를 생각할 때, 설정값의 판단 기준은, 최종적으로 「작물의 상태」입니다. 설정값의 정답표를 따라가는 것이 아니라, 잎의 온도와 공기의 어긋남, 낮밤의 차이, 잎이나 뿌리의 모습을 자신의 현장에서 보고, 맞는지 어떤지를 읽습니다. 온도를 설정하는 우리에게, 식물의 상태를 올바르게 파악하는 관찰력이 요구됩니다. 낮밤 1℃를 어떻게 움직일까, 어긋남이나 낮밤 차이를 어떻게 판정할까 같은 파고든 조작의 이야기는, 「식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트」에서 다룹니다.

온도와 떼어 놓을 수 없는 것이, 공기가 얼마만큼 물을 안고 있는가——습도입니다. 같은 온도라도, 습도에 따라 잎의 상태는 완전히 달라집니다.

습도 관리

온도와 나란히 관리가 빠질 수 없는 것이 습도입니다. 식물은 「증산」이라고 해서 잎에서 물을 내보내고 있고, 그 흐름에 실어 뿌리에서 빨아들인 물과 양분을 몸 전체에 나눠 줍니다. 습

도는, 이 증산에 직접 영향을 줍니다.

습도계의 60%는, 온도에 따라 내용이 바뀐다

인공광형의 공장에서는, 실온은 대체로 일정하게 유지하고, 수경에서 올라오는 습기를 계속 제습으로 억제하는, 그런 운용이 많을 것입니다. 습도는 「60%를 목표로」처럼 범위로 보고, 습도계가 그 언저리에 들어 있으면, 뭐 괜찮겠지, 하고.

다만, 이런 경험은 없습니까. 같은 「60%」라도, 날에 따라 포기의 모습이 어딘가 다릅니다. 잎의 탄력이, 좋은 날과 그렇지 않은 날이 있습니다. 습도계의 숫자는 바뀌지 않았는데, 말입니다.

이것은, 아마 기분 탓이 아닙니다. 습도계의 「60%」라는 것은, 그 온도일 때 공기가 얼마만큼 물을 안을 수 있는가에 대해, 지금 몇 할 차 있는가, 라는 비율입니다. 비율이므로, 온도가 움직이면, 같은 60%라도 공기의 「아직 빨아들일 수 있는 여력」 그 자체가 바뀝니다. 따뜻한 공기는 많이 안을 수 있으므로, 60%라도 아직 빨아들일 여지가 큼니다. 실온이 내려가면, 가득 찬 양 자체가 작아져, 같은 60%라도 빨아들일 여지는 적습니다.

앞에서 보면, 이 「공기가 아직 빨아들일 수 있는 여지」가, 물을 증산으로 내보낼 수 있는 끌어당김 정도 그 자체입니다. 이것이 VPD 라고 불리는 것. 실온이 높은 날에 포기의 상태가 좋아 보였던 것은, 공기의 끌어당김이 작용해 증산이 원활히 이뤄지고, 그 흐름에 실려 양분이 잎끝까지 닿았기 때문. 「60%인데 오늘은 축 처지네」라는 날은, 실온이 내려가 끌어당김이 약해져, 내보내고 싶은데 다 내보내지 못해 잎 속이 정체 기미였다——그렇게 보면, 대체로 앞뒤가 맞습니다.

즉, 습도계를 보고 있었다고 생각했지만, 정말로 좌우하고 있던 것은, 그 뒤에서 온도와 짜여 정해지고 있던 「끌어당김 정도」 쪽이었습니다. 상대습도의 %는 결과의 하나의 단면이고, 포기가 느끼고 있는 연속적인 축과는 별개입니다.

제습과 실온은, 한 줄기의 끌어당김을 다른 쪽에서 움직이고 있다

여기까지 오면, 하나 견해가 바뀝니다. 「실온은 일정, 습도는 60%」라고 둘을 따로따로의 손잡이로 관리해 왔지만, 포기에서 보면, 제습과 실온은 따로따로의 둘이 아니라, 같은 한 줄기의 축——그 끌어당김 정도——을 다른 쪽에서 움직이고 있을 뿐입니다. 습도를 낮춰도, 온도를 올려도, 공기의 「아직 빨아들일 수 있는 여지」는 넓어집니다. 앞에서 보면, 어느 조작이든 끌어당김이 강해지는 방향으로 움직입니다.

다만, 교환 가능하다는 것은 아닙니다. 온도 쪽은, 끌어당김뿐만 아니라 포기의 대사 그 자체——자라는 속도나 호흡——까지 함께 움직여 버립니다. 제습 쪽은, 거기를 비교적 건드리지 않고 끌어당김만 만질 수 있습니다. 같은 축에 작용하지만, 끌어들이는 범위가 다른 것입니다. 그래서 목표가 끌어당김 정도의 한 점이라면, 평소에는 쓸데없는 것을 데려오지 않는 제습으로 맞추러 가고, 온도는 마지막 폭으로 남겨 둔다——그런 순서가 됩니다.

하나 솔직하게 선을 그어 두면, 제가 몸으로 확인한 것은 인공광형의 잎채소 범위뿐입니다. 제습과 온도가 이 한 줄기의 축에 작용한다, 는 큰 틀은 거기서 납득하고 있지만, 구체적으로 어느 VPD로 돌리는 것이 가장 좋은가는 품목이나 생육 단계에 따라 바뀔 것이고, 거기는 제가 단언할 수 있는 곳이 아닙니다.

VPD는, 지금 있는 두 계기로 읽을 수 있다

끌어당김 정도라는 축이 보이기 시작하면, 「그럼 새 계기가 필요한가」 하고 생각할지도 모릅니다. 결론부터 말하면, 필요 없습니다. VPD는 온도와 습도에서 정해지는 양이므로, 벽에 걸려 있는 온도계와 습도계 둘이 있으면, 이미 손이 닿습니다. 조건표로 찾아도 환산식으로 계산해도, 나오는 값은 같습니다. 새 기계라기보다, 지금 가진 두 숫자를 「비율」이 아니라 「끌어당김」으로 다시 읽을 뿐, 이라는 성격의 것입니다.

부족하다면, 계기가 아니라 「어디의」 끌어당김인가, 라는 쪽입니다. 벽의 온도계와 습도계는, 대체로 방 한가운데의 공기를 재고 있습니다. 그렇지만, 끌어당김은 포기가——잎이 느끼고 있는 이야기였습니다. 포기가 뻗뻗이 늘어서 잎이 무성해지면, 그 무성함 속은 바깥과 공기감이 다릅니다. 손을 넣어 보면 공기가 살짝 갇혀 있는 게 느껴집니다. 같은 실내에, 끌어당김이 강한 곳과 약한 곳이 동거하고 있습니다. 방의 한 점은, 그 평균을 보고 있을 뿐입니다.

왜 습도 관리가 중요한가——밀폐 공간 특유의 함정

인공광형의 공장은 바깥 공기의 영향을 받기 어려운 반면, 밀폐 공간이므로 습기가 갇히기 쉽습니다. 끌어당김을 약하게 하는 쪽, 즉 습도가 너무 높은 쪽에는, 몇 가지 제동이 있습니다.

우선 결로. 공기가 다 안지 못하게 된 물이, 차가운 벽이나 설비, 잎 위에 물방울로 나옵니다. 결로한 곳은 곰팡이의 서식처가 되기 쉽고, 잎에 물방울이 붙으면 병원균도 번식하기 쉽습니다. 전기 계통의 합선이나 금속의 부식으로도 이어집니다. 균 그 자체는 어디에나 있고, 제로는 할 수 없습니다. 그래서 목표는 「들이지 않는」 것이 아니라, 결로나 갇힘으로 늘리지 않는 · 넓히지 않는 것. 통풍이 나쁜 밀식이나, 실온의 급변으로 결로하기 쉬운 상태를 만들지 않는, 라는 데에 다다릅니다.

그리고, 습도가 너무 높은 쪽은, 포기가 가늘고 길게 옷자라는 옷자람의 입구도 됩니다(옷자람은 이 장의 후반에서 다룹니다). 반대로 끌어당김이 너무 강한 쪽에도 다른 함정이 있는데, 그것이 다음의 팁번 이야기입니다.

팁번과의 가려내기——같은 「끝마름」이라도 원인은 반대

습도와 관련해 현상이 처음에 맞닥뜨리는 문제라면, 잎끝이 바삭바삭하게 시드는 팁번일 것입니다. 게다가, 오래된 잎이 아니라, 가장 활발히 자라고 있는 새 잎의 끝이 먼저 상합니다.

끌어당김 이야기를 토대로 하면, 여기서 가려내기가 필요해집니다. 팁번은, 끌어당김이 약해도 강해도 나오기 때문입니다. 그래서 증상의 겉모습만으로는, 어느 쪽에서 당했는지 분간이 가지 않습니다.

정체는, 요컨대 잎끝까지 칼슘이 닿지 않는 것. 칼슘은 증산의 흐름에 실려 운반되어, 한번 닿은 곳에서는 움직이지 않는 눌러앉는 양분입니다. 그래서, 가장 멀고 가장 원하는 새 잎끝에서, 가장 먼저 결핍이 나옵니다. 활발한 잎일수록 먼저 당하는 의외성은, 수요가 가장 크기 때문입니다.

그 위에서, 두 쪽은 안팎으로 나뉩니다.

- 끌어당김이 약한 쪽(무성함 안쪽의 갇힌 곳)——흐름 그 자체가 일어나지 않으므로 운반하지 못한다. 출구가 닫힌 정체입니다.

- 끌어당김이 너무 강한 쪽(바람이 닿아 마르기 쉽고, 쑥쑥 자라고 있는 시기)——잎 전체는 물을 내보내고 있는데, 자라는 속도 쪽이 빨라, 끝까지 흐름이 두루 미치기 전에 본체 쪽에서 다 써 버린다. 흐름은 있는데 말단이 뒤처지는, 말하자면 분배 실패입니다.

닿지 않는 결과는 같아도, 막혀 있는가, 분배에 지고 있는가, 로 원인은 반대. 그래서 짐작을 잡을 때는, 증상 그 자체보다 「어디서 나왔는가」와 「그때 끌어당김은 어느 쪽 방향이었는데」를 함께 봅니다. 공기가 갇히는 안쪽 열에서 전체적으로 답답한 날에 나오면 약한 쪽을, 바람이 닿는 곳에서 쑥쑥 자라고 있는 시기에 나오면 강한 쪽을 의심하는, 그런 식입니다.

덧붙여, 분배 방식의 문제이므로, 양액의 칼슘을 그냥 진하게 해도 안쪽의 어린잎까지는 닿기 어렵다, 는 것은 짚어 두시기 바랍니다. 총량보다, 닿게 하는 흐름 쪽이 효과적입니다. 팁번 그 자체의 복잡한 대책은, 이 장의 후반에서 다시 다룹니다.

기계를 더하지 않고, 내일 할 수 있는 한 수

여기까지 읽고, 새 기계를 들이지 않고 내일 할 수 있는 첫 한 수가 있다면, 저라면, 가장 끌어당김이 약할 것 같은 곳에 손을 넣어 보는 것부터 시작합니다.

도구는 필요 없습니다. 무성함이 가장 무성하고, 공기가 갇혀 있을 것 같은 안쪽 열에 손을 넣어 봅니다. 바깥과 비교해 묵직하게 갇혀 있는지, 아니면 제대로 공기가 움직이고 있는지. 그것만으로, 자신의 방의 어디에 「약한 곳」이 있는지가 피부로 알게 됩니다. 벽의 숫자는 방의 평균밖에 알려 주지 않으므로, 그 평균에서 뒤쳐져 있는 곳을, 우선 손으로 찾으려 갑니다. 아울러, 지금의 온도와 습도에서 VPD를 한 번 내 보면, 「나는 지금 어느 언저리에서 운전하고 있는가」가 숫자로도 보이기 시작합니다.

찾으면, 다음은 바람입니다. 새 기계를 들이지 않아도, 지금 돌고 있는 팬의 방향이나 배치를 조금 바꿔, 그 안쪽에 공기를 통할 수 없는지 시험해 봅니다. 갇힘이 빠지면, 가장 약한 곳의 끌어당김이 방의 평균에 가까워져, 편차가 작아집니다.

참고로, 여름이 되면 「제습의 전기료를 낮출 수 없을까」하고 물어 오는 장면이 반드시 옵니다. 제습을 느슨하게 하는 것은 끌어당김을 약하게 하는 쪽으로 휘두르는 것. 방 전체를 일률적으로 느슨하게 하면, 가장 먼저 비명을 지르는 것은 평균값이 아니라, 가장 약한 안쪽 열입니다. 그래서 「몇 할 낮출까」앞에, 우선 편차를 깎아 약한 곳의 천장을 올려 둔다——느슨하게 하는 판단은, 그 뒤라도 늦지 않습니다. 이 언저리의 판별, 즉 최적의 끌어당김의 폭이나 비용과의 균형은, 파고들면 한 권 분량의 이야기가 됩니다. 사고방식의 이어짐은 「식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트」에 넘깁니다.

마지막으로 하나. 제가 몸으로 확인해 온 것은 인공광형의 잎채소 범위뿐이고, 오늘 이야기도 그 손맛 안에서의 어림입니다. 품목이나 설비가 바뀌면, 약한 곳이 나오는 방식도 바람이 효과를 내는 방식도 바뀔 것입니다. 그래서 이 한 수도, 답이라기보다, 자신의 현장을 의심해 보는 첫 실마리로 받아 주시면 합니다.

온도와 습도 다음으로, 공기 그 자체의 내용——식물이 광합성의 재료로 삼고 있는 CO₂에 눈을 돌립니다. 여기서도 좌우하는 것은 「얼마만큼 있는가」뿐만 아니라 「앞까지 닿고 있는가」입니다.

CO₂의 이용



식물은 광합성으로 공기 중의 CO₂를 흡수해, 당 등의 영양분을 만들어 성장합니다. 보통의 공기 중 CO₂ 농도는 약 400ppm이지만, 식물공장에서는 이것을 높여 줌으로써 광합성이 촉진되어, 생육이 빨라집니다. 실내 농도의 기준으로는, 최종적으로 1,000ppm 전후까지 높이는 것이 일반적입니다(이 「1,000ppm」은 목표로 하는 최종 농도이고, 늘리는 양이 아닙니다). 농도를 높이면, 대체로 다음과 같은 효과를 기대할 수 있습니다.

- 빛이나 온도가 충분하면, 성장 속도가 올라, 수확까지의 기간을 단축할 수 있다
- 그 조건이 갖춰지면, 같은 면적당 수확량도 늘릴 수 있다
- 광합성이 활발해져, 포기가 단단히 자란다

농도를 높이는 방법

CO₂ 농도를 높이는 작업을 「CO₂ 시용」이라고 부릅니다. 공급 방식에는 주로 3가지가 있습니다.

1. 탄산가스 봄베: 비교적 소규모 시설에 맞는다. 싸게 도입할 수 있지만, 봄베의 교체 작업과 보관 공간이 필요 2. 액체 탄산가스: 중~대규모 시설용. 대량으로 공급할 수 있지만, 도입 비용이 든다 3. 연소식 CO₂ 발생 장치: 등유나 도시가스를 연소시켜 CO₂를 만든다. 운용 비용은 비교적 싸지만, CO₂와 동시에 열·수증기·연소 가스도 나오므로, 밀폐형 인공광 시설에서는 배열·습도 상승·연소 가스의 처리가 필요(온실과는 적용 조건이 다릅니다)

어느 방식을 고를까는 규모·예산·재배 작물에 따라 바뀝니다. 다만, 장치의 고르는 방식은 뒤에서 말할 「당는가 어떤가」가 전제가 되어 있는 이야기이고, 어느 방식을 골라도, 앞 둘레에 나르고 있지 못하면 효과는 똑같이 손상됩니다. 방식별 비용 비교나 선정의 판단은, 사고방식의 틀만 짚고, 172가지 힌트에서 다지면 충분합니다.

농도 그 자체의 관리는, CO2 센서와 제어 장치를 조합하는 것이 일반적입니다. 센서가 실내 농도를 실시간으로 재고, 제어 장치가 그 값을 토대로 공급량을 자동으로 가감합니다.

센서는 1,000인데, 안쪽 열만 자라지 않는다

여기서부터가, 현장에서 가장 걸리는 곳입니다.

CO2는 「1,000ppm으로 유지」, 공조는 「설정값을 지킨다」는 식으로, 다른 담당·다른 센서로 돌리는 현장이 많습니다. 그런데, 센서는 1,000을 가리키고 있는데, 같은 방 안에서 안쪽 열만 사람이 둔해지는, 그런 일이 일어납니다. 처음에는 광합성이 한계에 다다른 건가 하고 생각하지만, 잘 보면, 토출구에 가까운 열은 그렇지도 않고, 공기가 움직이지 않는 안쪽 열만 둔합니다. 이렇게 되면, 이것은 CO2의 양 문제라기보다, 공기가 움직이고 있는가 움직이고 있지 않은가의 이야기입니다.

왜 그렇게 되는가. 광합성을 하고 있는 잎은, 표면의 바로 가까운 CO2를 빨아, 거기에 얇은 막 같은 층을 만듭니다. 이것을 「잎 경계층」이라고 부릅니다. 여기의 공기가 움직이지 않으면, 빨린 몫이 보충되지 않아, 잎 둘레만 농도가 옅은 채로 남습니다. 잎 둘레의 농도는, 결국 「잎이 뺀 몫을, 공기가 얼마만큼 다시 날라 주는가」의 뺄셈으로 정해지는 것입니다. 그래서 방의 센서가 1,000ppm을 가리키고 있어도, 안쪽 무풍대의 잎 표면에서는, 그보다 낮은 양밖에 얻지 못하는 경우가 있습니다. 이런 경험, 없으신가요.

완전 인공광형의 잎채소에서, 빛이 LED로 일정하면, 열별 사람의 차이를 「빛이 부족하다」로는 설명할 수 없습니다. 센서의 숫자는, 방의 어딘가 한 점의 값이지, 안쪽 열의 잎 둘레가 같다고는 할 수 없습니다. 문제는 「잎 둘레에 실제로 얼마만큼 닿고 있는가」인데, 한 점의 센서와 CO2 시용기·공조를 각각 따로따로 보고 있는 한, 그 차이는 보이지 않는 것입니다.

농도와 기류는, 별개의 문제

여기서 짚어 두고 싶은 것은, CO2의 농도와 기류는, 별개의 문제다라는 것입니다.

시용기를 아무리 늘려 방 전체를 1,200, 1,300ppm으로 해도, 잎 둘레에 움직임이 없으면 경계층은 얇은 채로, 안쪽 열은 역시 둔한 채. 반대로, 토출구에 가까운 열은 약한 기류라도 공기가 교체되므로, 같은 1,000ppm이라도 제대로 닿고 있습니다. 즉, 얼마만큼 닿는가는 보내 넣는 양이 아니라, 시용의 방식이나 기류를 만드는 방식으로 정해집니다. 양을 더하기 전에, 우선 「나르고 있는가」를 의심하는 것입니다.

게다가, CO2는 더하면 얼마든지 효과를 내는 것도 아닙니다. 광합성이 쓸 수 있는 CO2에는 상한이 있고, 빛이나 온도가 일정한 인공광형에서는, 어느 농도부터 위는 더해도 수량의 증분

이 작아져 갑니다. 여기서 헛갈리기 쉬운 것이, 「포화되어 한계에 다다른」 상태와, 「안쪽에 나르고 있지 못해 한계처럼 보이는」 상태입니다. 사실은 운반이 막혀 있을 뿐인데, 포화됐다고 믿어 시용기를 늘리거나 봄베 농도를 올리거나 하면, 월말에는 「CO2 값은 늘었는데 수량은 안 바뀌었다」는 숫자만 남습니다. 이것이 가장 돈을 버리는 패턴입니다.

가려내기의 실마리는, 어렵지 않습니다. 가늘게 자른 가벼운 종이나 티슈를 막대 끝에 붙여, 앞 높이에서 대 붓습니다. 앞쪽에서는 펄럭이고, 안쪽에서는 늘어진 채 움직이지 않는, 그것만으로 「여기는 나르고 있지 못하다」는 것은 눈에 보입니다. 그 위에서, 안쪽이 무풍이라고 알게 된 현장에서는, 높은 CO2를 더하기보다 먼저, 안쪽의 정체에 바람의 방향을 바꾸거나, 작은 순환 팬을 더하는 편이 효과적인 경우가 있습니다. 바람을 일으키는 방식 그 자체는, 이다음 「공조와 바람의 관리」에서 다룹니다.

CO2는, 빛 · 물 · 온도와 나란한 식물공장의 기본 요소의 하나입니다. 아무리 빛이나 온도를 갖춰도, CO2가 없으면 식물은 자라지 않습니다. 다만, 시용에서 중요한 것은 「방의 농도를 얼마로 할까」뿐만 아니라, 「그 뭉치, 안쪽의 앞까지 나르고 있는가」 쪽이다, 는 것은 기억해 두시기 바랍니다. 최적의 농도의 판별이나, 방식별 비용과 회수의 판단 같은 한 걸음 파고든 곳은, 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에서 자세히 다룹니다.

CO2 부분에서 몇 번이나 나온 「앞까지 나르고 있는가」——그 나르는 역할이 바람입니다. 온도도 습도도 CO2도, 결국은 공기의 흐름에 실려 앞에 닿습니다. 여기서, 그것들을 한꺼번에 나르는 바람 그 자체를 봐 둡니다.

공조와 바람의 관리

온도, 습도, CO2와 봐 왔지만, 이것들은 따로따로의 설비로 따로따로 관리하고 있는 것 같지만, 실은 한 줄기로 이어져 있습니다. 그 한 줄기라는 것이, 공기의 흐름, 즉 바람입니다. 식물공장은 바깥 공기의 영향을 받기 어려운 반면, 밀폐 공간이기에 공기가 정체하기 쉽고, 내버려두면 정체가 생깁니다. 온도 · 습도 · CO2를 아무리 갖춰도, 그 공기가 앞이 있는 곳까지 움직이고 있지 못하면 의미가 없습니다. 바람은, 그것들을 한꺼번에 앞에 닿게 하는 나르는 역할입니다.

바람이 다하고 있는 역할

바람에는, 크게 다음의 역할이 있습니다.

- CO2를 앞까지 닿게 한다: 실내의 센서가 1000ppm을 가리키고 있어도, 그것은 방의 어딘가 한 점의 값입니다. 공기가 움직이지 않는 곳에서는, 앞이 뻗 뭉치 보충되지 않아,

앞 둘레만 열어줍니다. 시용량을 늘리기보다, 우선 공기를 움직이는 편이 효과를 내는 국면이 있습니다.

- 온습도의 편차를 고른다: 조명이나 공조의 영향으로, 곳에 따라 온도 · 습도에 차이가 납니다. 특히 다단 랙의 윗단과 아랫단에서는 온도차가 나기 쉽고, 바람은 이것을 고릅니다.

- 앞 표면의 공기를 교체한다: 앞 표면에는 「앞 경계층」이라는 얇은 공기의 층이 있고, 여기가 움직이지 않으면 CO2나 수분의 출입이 정체됩니다. 바람은 이 층을 움직여, 출입을 돕습니다.

- 습기를 쌓지 않는다: 습도가 오르기 쉬운 밀폐 공간에서는, 앞 둘레에 갇힌 수증기를 날라내는 것도 바람의 일입니다. 균은 항상 있는 것이므로, 입구를 막기보다, 갇히게 하지 않는 · 넓히지 않는 것이 효과적입니다.

바람은 「총량」보다 「분배 방식」

바람을 일으키려면, 주로 「송풍기」와 「공조 설비의 송풍 기능」을 씁니다. 송풍기는 스폿적으로, 공조는 공장 전체에 바람을 돌리는, 그런 역할 분담입니다.

여기서 기억해 두고 싶은 것은, 바람은 강하게 하면 되는 것이 아니다라는 것. 안쪽에 닿게 하려고 풍량을 올리면, 이번에는 앞쪽의 앞이 너무 마르거나, 스트레스를 받거나 합니다. 풍량이라는 한 개의 손잡이로 전부 이어져 있으므로, 안쪽을 세우면 앞쪽이 서지 않습니다. 정말로 효과적인 것은, 총량을 올리는 것보다 「분배 방식」 쪽입니다. 예를 들어, 공기가 정체하기 쉬운 안쪽이나 선반 틈에만 작은 순환 팬을 더해, 열어져 있는 한 점만 움직입니다. 이러면 전체의 풍량을 올리지 않아도 됩니다.

분배 방식의 기본도, 어려운 것이 아닙니다.

- 송풍기는 마주 보게 두지 않고, 시설 전체에서 같은 방향으로 바람이 한 바퀴 돌도록 한다(흐름이 서로 상쇄되면 정체가 남는다)
- 바람이 돌아 들어가기 어려운 코너는 정체의 단골이므로, 중점적으로 댄다
- 랙의 단별 온도차를 고르고 싶으면 상하 방향, 넓은 재배 베드를 균일하게 하고 싶으면 수평 방향, 으로 방향을 가려 쓴다
- 바람은 앞에 직접 계속 대지 않는다. 식물의 위나 옆에서 흘린다(직사를 계속하면 잎이 상한다)

정체는 온습도로 찾는다

공조와 바람의 관리는, 기본을 짚으면 단순합니다. 공기가 정체하고 있는 구역은, 온도나 습도를 재면 보이기 시작합니다. 같은 방이라도 안쪽 열만 온도가 높다, 습도가 높다, 는 곳이 정체입니다. 가벼운 종이를 막대 끝에 붙여 앞 높이에서 갖다 대면, 앞쪽은 펄럭이고 안쪽은 늘어진 채, 로 무풍이 눈에 보입니다. 편차를 찾으면, 송풍 대는 방식을 조정해 고쳐 갑니다. 이것으로 많은 부분은 충분합니다.

다만, 선반 짜는 방식이나 방의 모양 탓에 팬을 더해도 바람이 돌지 않는, 데까지 오면, 기류 그 자체를 계산으로 다시 설계하는 영역으로 들어갑니다. 거기는 큰 투자 판단도 되므로, 사고방식의 입구만 짚어 두고, 파고든 설계는 「식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트」에서 다룹니다.

빛과 물과 공기가 갖춰지면, 마지막 요소가 영양입니다. 수경에서는, 식물이 필요로 하는 영양을 모두, 사람의 손으로 물에 녹여 줍니다. 우선은 그 바탕이 되는 비료 그 자체의 다루기부터 살펴봅니다.

비료의 다루기

수경재배에서는, 비료를 물에 녹여 양액을 만듭니다. 이 절에서는, 그 비료 그 자체를 어떻게 다룰까를 살펴봅니다. 양액을 어떻게 재고, 어떻게 갱신할까는 다음 절에 넘기고, 여기서는 「무엇을, 어떻게 배합할까」에 줍니다.

식물공장에서 요구되는 비료의 조건

식물공장에서 쓰는 비료를 고를 때의 전제는, 다음 세 가지입니다.

- 수용성: 수경재배에서는, 비료는 물에 녹은 상태로 식물에 닿는다. 물에 잘 녹고, 흡수되기 쉬울 것
- 순도: 불순물이 적은 고순도 비료를 쓰면, 양액의 성분 균형이 안정되어, 생육 저해의 위험이 줄어든다
- 속효성: 짧은 기간에 수확하는 것을 목표로 하므로, 식물이 바로 빨아들이는 속효성이 맞는다

단비와 복합 비료

비료에는 「단비(단일 비료)」와 「복합 비료」의 두 종류가 있습니다. 단일 비료는, 질소·인산·칼륨 같은 특정 영양소만 포함하는 비료. 복합 비료는, 필요한 영양소를 미리 섞어 합친 비료입니다.

복합 비료를 쓰는 장점

- 손쉬움: 필요한 것이 배합되어 있어, 준비나 관리의 수고가 덜어진다
- 목적에 맞춘 제품: 잎채소용, 과채용 등, 작물이나 생육 단계에 맞춘 제품이 있다

단일 비료를 쓰는 장점

- 핀포인트로 보급: 양액 분석의 결과를 토대로, 부족한 영양소만 보충할 수 있다
- 오리지널 배합: 여러 단일 비료를 조합해, 독자적인 배합을 만들 수 있다

어느 쪽을 쓸까는 재배 방침에 따릅니다. 다만, 막 시작해 어느 것을 쓰면 좋을지 모르는 단계에서는, 우선 복합 비료부터 들어가는 것을 추천합니다. 단일 비료 배합은, 돌리기 시작하고 나서 의미가 나옵니다.

「싸니까 단일 비료」라고는 할 수 없다

단일 비료에 손을 대는 동기는, 대체로 「시판 복합 비료보다 싸게 하고 싶다」입니다. 원료의 단가 그 자체는 확실히 내려가기 쉽습니다. 그렇지만 그 대신에, 조합의 공수, 측정의 수고, 몇 종류나 안는 재고, 다 못 쓰고 나오는 폐기가, 비료 값과 맞바뀌 었합니다. 소량으로 가끔밖에 안 만든다면, 복합 비료의 손쉬움이 이기는 경우도 있습니다. 썬지 어떤지는 규모와 운용에 달려 있고, 비료 값만 봐서는 승부가 나지 않습니다.

단일 비료의 진짜 값어치는, 싸기보다, 작물이나 스테이지에 맞춰 내용을 움직일 수 있는 자유도 쪽에 있습니다. 복합 비료에서는 한 덩어리로 정해져 있는 내용을, 이온 단위로 조정할 수 있습니다. 이 자유도가 필요한지 어떤지가, 단일 비료로 나아갈지 어떤지의 갈림길입니다.

EC가 맞아도, 내용이 맞는 것은 아니다

여기서 하나, 현장에서 오해되기 쉬운 것을 두어 둡니다.

양액의 진하기는 EC(전기전도율)로 재지만, EC는 녹아 있는 이온 전체의 총량밖에 보고 있지 않습니다. 합계가 같아도, 그 내역까지는 EC계에 비치지 않습니다. 질소가 많고 칼륨이 적어도, 그 반대라도, 계기에는 같은 숫자가 나옵니다.

이것이 영향을 주는 것이, 양액을 돌려 쓰는 순환 방식입니다. 작물은 이온을 균등하게는 빨지 않으므로, 고정된 배합인 채로 순환시키면, EC는 유지되고 있는데 특정 이온만 조용히 줄어 가는, 그런 일이 일어납니다. 특히 염화물이나 철·망간 같은 미량 요소는, EC의 움직임에 실리지 않은 채 먼저 고갈되기 쉽습니다. 「EC는 맞는데, 웬지 생육이 떨치지 못한다」는 때, 이 내역의 치우침이 뒤에 있는 경우가 있습니다. 그래서, EC에 잘 비치지 않고 줄기 쉬운 이온을 하나둘로 좁혀, 가끔 개별로 확인해 둔다—이것만으로도, EC 한 줄로는 알아챌 수 없는 줄

어둠에 빨리 손이 닿습니다.

AB액을 나누는 것은, 칼슘과 인산·황산을 위해

복합 비료라도 단일 비료라도, 모액을 두 탱크(A액·B액)로 나눠 만드는 타입이 있습니다.

이것이 왜 필요한가, 이유를 잘못 잡지 않는 것입니다.

나누는 것은, 칼슘과 「인산·황산」을, 진한 채로 만나게 하지 않기 위해서입니다. 칼슘은 인산이나 황산과 고농도로 함께 있으면 침전을 만듭니다. 바닥에 쌓이는 흰 것의 정체는, 대체로 이 인산칼슘입니다. 그래서 질산칼슘을 한쪽 탱크에, 인산계·황산계를 다른 쪽에 모아, 원액 끼리 직접 섞지 않습니다. 희석해 버리면 농도가 내려가므로, 최종적인 양액 속에서는 칼슘과 인산·황산은 문제없이 공존합니다. 침전이 무서운 것은, 어디까지나 진한 원액 속만의 이야기입니다.

덧붙여, 흔히 「칼슘과 마그네슘을 나눈다」고 하지만, 나눠야 할 것은 칼슘과 인산·황산 쪽입니다. 그리고 침전은 수온이 높을수록 나오기 쉬워지므로(인산칼슘은 따뜻해지면 오히려 잘 녹지 않는다), 여름철의 원액 만들기는 특히 조심합니다.

배합은 「목표 EC부터」가 아니라 「이온부터」

그럼 정작 중요한 배합량은 어떻게 정하나.

익숙하지 않을 때는, 전년과 비슷한 정도의 EC가 되도록 배합표의 양을 넣고, EC 계기로 맞추고 완료, 로 하기 쉽습니다. 그렇지만 앞서 봤듯이, EC는 내역을 보고 있지 않습니다. 본래의 줄기는 반대로, 각 이온의 목표 농도를 먼저 정하고, 거기서 단일 비료의 양을 역산합니다. EC는 처음에 맞추러 가는 목표가 아니라, 마지막에 「어긋나지 않았는지」를 확인하는 도구, 라는 순서입니다.

이때, 무게가 아니라 이온의 반응성으로 맞추는 것이 요령이고, 여기에 mEq/L(밀리당량 퍼 리터)라는 단위가 나옵니다. 1가의 칼륨과 2가의 칼슘에서는, 같은 무게라도 반응성이 배 정도 다르기 때문입니다. 그렇다고는 해도, 이것을 매번 손계산하는 것은 현장에서는 현실적이지 않습니다. 실제로는 스프레드시트나 시비 설계 툴로 계산합니다.

비료의 배합은, 식물공장의 중요한 일의 하나입니다. 경험과 데이터의 양쪽이 필요하고, 언젠가 자신의 배합 스킬로 몸에 익어 갑니다. 참고로, 제가 현장 경험을 토대로 만든 무료 시비 설계 시트 「SimpleFert」도 마련해 두었습니다. 필요한 정보를 넣기만 하면 배합량을 계산할 수 있습니다.

mEq/L에서의 구체적인 역산 절차——어느 단일 비료부터 채워 갈까, 따라 들어오는 이온을 어떻게 빼낼까, 생육 단계나 수온에 맞춰 어떻게 움직일까——는, 배합 설계의 내용으로 파고드는 이야기이므로, 「172가지 힌트」 쪽에 정리해 두었습니다. 여기서는 우선, 「배합표는 암기하는 고정값이 아니라, 전제가 무너지면 다시 짜는 설계도다」라는 자세만 가지고 계시기 바랍니다.

비료를 물에 녹이면 양액이 됩니다. 그 양액을 매일 어떻게 재고, 어떻게 유지할까——여기가 수경의 매일의 중심 일입니다.

양액 관리



비료를 물에 녹여 만드는 것이 양액입니다. 식물공장에서는, 이 양액이 식물의 생육을 좌우하는 생명선이 됩니다. 앞 절에서 비료 그 자체의 고르는 방식을 봤지만, 여기서는 그것을 녹인 양액을, 매일 어떻게 관리해 갈까의 이야기입니다.

양액에 포함되는 영양소

수경재배에서는, 토양 대신 물과 비료를 섞은 양액을 씁니다. 양액에 포함되는 주요 영양소는 다음과 같습니다.

- 질소 (N): 잎이나 줄기의 성장을 촉진하고, 단백질이나 엽록소의 합성에 빠질 수 없다. 부족하면 잎이 노랗게 된다
- 인산 (P): 뿌리의 발달이나 꽃, 과실의 형성을 촉진하고, 에너지 대사에 관여. 부족하면 뿌리의 발육이 나빠진다
- 칼륨 (K): 광합성을 촉진하고, 병에의 저항력을 높인다. 세포 내의 수분 조절에도 관여. 부족하면 잎의 가장자리가 시든다

- 칼슘 (Ca): 세포벽을 강하게 하고, 생육을 안정시킨다. 부족하면 새 잎이 변형되거나, 과실의 끝이 썩는다
- 마그네슘 (Mg): 엽록소의 구성 성분으로 광합성에 빠질 수 없다. 부족하면 잎맥 사이가 노랗게 된다
- 황 (S): 단백질의 구성 성분으로 효소의 활성화에도 관여. 부족하면 잎이 전체적으로 노랗게 된다

이것들은 다량원소라고 불리고, 어느 것이 빠져도 식물은 자라지 않습니다. 그 밖에 미량원소라고 불리는 영양소도, 양은 적지만 중요합니다.

양액 관리의 기본: EC와 pH

양액 관리에서 특히 중요한 지표가 「EC」와 「pH」의 2가지입니다. 우선 이 2가지를 짚습니다.

EC(전기전도율)

EC는 「Electrical Conductivity(전기전도율)」의 약자로, 전기의 흐르기 쉬움을 나타냅니다. 비료가 물에 녹으면 전기가 흐르기 쉬워지므로, EC를 봄으로써, 양액에 녹아 있는 비료의 농도를 간접적으로 알 수 있습니다.

- EC가 높다: 양액이 진하다
- EC가 낮다: 양액이 옅다

EC가 너무 높으면 식물은 물을 빨아올리지 못하게 되어, 시들 위험이 있습니다. 반대로 너무 낮으면 비료 부족으로 생육이 멈춥니다. 식물의 종류와 생육 단계에 맞춰 적절한 EC 농도로 조정하는 것이, 양액 관리의 출발점입니다.

pH(수소이온농도)

pH는 양액의 산성·알칼리성의 정도를 나타냅니다. 많은 작물이 가장 효율적으로 양분을 빨 수 있는 것은, 약산성의 pH 5.5~6.5 언저리입니다. 이 범위를 벗어나면, 다음과 같은 문제가 일어납니다.

- 영양 흡수의 저해: 양액 중의 영양소가 흡수되기 어려워진다
- 생육 장애: 뿌리의 발육이 나빠지거나, 잎의 색이 나빠진다
- 미량 요소의 흡수 부족: 철이나 망간 등이 흡수되기 어려워져, 생육 불량으로 이어진다

pH는 영양소의 녹기 쉬움 그 자체를 좌우하므로, 우선은 이 범위에 담는 것이 기본입니다. 다만, pH는 뿌리가 이온을 빨수록 제멋대로 움직여 갑니다. 한번 맞추면 끝나는 수치가 아니라,

작물이나 배지에 따라서도 움직이는 폭이 있으므로, 매일 봐 가는 대상이라고 생각해 두시기 바랍니다.

양액을 만든다

양액을 만들려면, 물과 비료를 적절한 비율로 섞어 합칩니다.

1. 물의 준비: 수도물, 우물물, 여과수 등이 쓰이지만, 수도물인 경우가 많습니다. 암모니아태 질소를 포함하는 비료를 쓰는 경우는, 받아 두거나 티오황산나트륨 등으로 잔류 염소를 제거합니다 2. 비료의 준비: 복합 비료를 쓰는 경우는, 제품의 지시에 따라 적절한 양을 물에 녹입니다. 순환식 시스템이라면, 최종 양액의 약 100배 농도의 모액(스톡 용액)을 마련하고, 주입기나 자동 공급 장치로 희석하면서 최종 양액으로 하는 방법이 효율적입니다(「100배 희석액」이 아니라, 희석 전의 100배 농축액) 3. 혼합: 물에 비료를 조금씩 녹이면서, 잘 섞습니다. 칼슘은 인산·황산과 고농도의 원액 속에서 침전을 일으키므로, 모액의 탱크를 A와 B의 2개로 나눠 만드는 타입이 있습니다(희석 후의 최종 양액에서는 칼슘과 인산·황산은 공존합니다) 4. EC와 pH의 조정: EC 계기와 pH 계기로 측정하고, 필요하면 조정합니다. EC 값은 목표보다 낮으면 비료를 추가, 높으면 물을 더해 열게 합니다. pH 값은 낮으면 pH 업 제, 높으면 pH 다운 제를 조금씩 더합니다

양액을 관리한다

재배 중, 양액은 항상 일정한 상태가 아닙니다. 매일의 관리는 다음의 흐름이 됩니다.

1. 측정: 적어도 하루에 한 번은 EC 값과 pH 값을 측정합니다(빈도를 떨어뜨리면 변화의 파악이 늦어집니다). 측정의 타이밍을 매일 같은 시간에 맞추면, 매일의 변화를 비교하기 쉬워집니다. 대규모 환경에서는 인력 측정에 한계가 있습니다 2. 기록: 측정값은 반드시 기록합니다. 변화를 파악할 수 있고, 문제 발생 시의 원인 규명에도 도움이 됩니다. 노트라도 스프레드시트 소프트라도 무방합니다 3. 조정: 목표값에서 벗어나 있는 경우는 조정합니다. pH는 한꺼번에 대량으로 넣으면 비료 성분이 침전하는 경우가 있으므로, 조금씩 더합니다 4. 양액 갱신: 한동안 재배를 계속하면, 비료 성분의 균형이 무너지거나, 불필요한 성분이 쌓이거나 합니다. 정기적으로 양액을 갈아 넣는 「양액 갱신」을 합니다. 빈도는 작물이나 계절에 따르지만, 일반적으로 2~3개월에 한 번이 기준입니다. 생육이 빠른 잎채소류는 소비가 빠른 만큼 빈도를 올리고, 여름철은 미생물이 활발해져 열화가 빨라지므로 앞당깁니다

「원인은 모르겠지만, 어쩐지 생육이 좋지 않네」라는 사태는 흔합니다. 경험을 쌓으면 원인의 예상은 가지만, 초심자일 때는 그렇게 안 됩니다. 그럴 때는, 모험 삼아 양액 갱신을 해 보

는 것도 한 수입니다. 곤란할 때 이 선택을 할 수 있는 것도, 수경재배의 강점의 하나입니다

5. 관찰: EC 값이나 pH 값뿐만 아니라, 식물의 상태도 잘 관찰합니다. 잎의 색이나 모양, 생육 상황에 변화가 있으면, 양액에 문제가 있을지도 모릅니다

위생 관리의 사고방식

양액 탱크나 배관은, 정기적으로 청소합니다. 조류나 찌꺼기가 쌓이면 병원균이 번식하기 쉬워지기 때문입니다.

다만, 위생이라고 하면 「균을 어디서 들이지 않을까」라는 입구의 이야기로 치우치기 쉽지만, 현장의 감각은 조금 다릅니다. 균은 애초에 제로로는 할 수 없고, 어디에나 있는 것입니다. 그래서 중요한 것은, 균을 「늘리지 않는」 것과 「넓히지 않는」 것. 조류도 마찬가지로, 신경 쓰는 분은 많지만, 아무래도 발생하는 것입니다. 보기에는 나쁘고 더럽지만, 제로를 목표로 하기보다, 너무 늘지 않도록 관리한다, 는 자세로 문제없습니다. 살균에 기대 계속 두들기기보다, 양액이 정체하지 않고 정상적으로 순환하고 있는 상태를 유지하는 편이, 결국은 안정됩니다.

맞추는 것만으로는 부족하다——DO와 내역의 어긋남

여기까지가 양액 관리의 기본입니다. 매일 아침 계기를 대어, EC도 pH도 목표대로. 재배 일지의 숫자는 깔끔히 갖춰져 있습니다. 그래도, 어쩐지 상태가 나쁩니다. 짚이는 데가 없습니까. 맞추는 것만으로 거의 충분한 현장도 많지만, 맞춰도 설명이 안 되는 부진이 나올 때, 놓치기 쉬운 포인트가 2가지 있습니다. 하나는 용존산소(DO), 또 하나는 양분의 「내역」의 어긋남입니다.

용존산소(DO)는 맞추는 수치가 아니라 지켜보는 수치

EC와 pH를 나란히 관리하고 있어도, 보고 있는 것은 대체로 이 2가지이고, DO는 뒤로 미뤄지기 쉽습니다. 성가신 것은, 문제가 늘 같은 얼굴로 오지 않는다는 것입니다. EC도 pH도 목표대로인데, 어쩐지 상태가 나쁩니다. 나중에 돌이켜보면, 그 시기는 어김없이 수온이 올라 있거나, 뿌리가 늘어 뻑뻑해져 있거나 해서, 아마 DO가 떨어져 있었다——는 형태로 옵니다.

EC와 pH는, 뿌리가 양분을 실제로 받아들일 수 있어야 비로소 의미를 갖는 수치입니다. 그 받아들임은 뿌리의 호흡으로 돌고 있고, 호흡에는 산소가 필요합니다. 그래서 DO가 떨어지면, EC와 pH를 아무리 목표대로 맞춰도, 뿌리 쪽에서 다 못 쓰게 됩니다. 판은 다 갖춰졌는데 손이 움직이지 않는, 그런 상태입니다.

게다가 DO는, EC나 pH처럼 매일 목표로 다가가는 수치가 아닙니다. 수온 · 뿌리 양 · 유량 · 에어레이션 같은 조건에서, 결과로서 나오는 수치입니다. 움직이는 수단——폭기의 방식이나

수온의 조절——도, 대체로는 설비 쪽에서 정해져 있어, 현장에서 매일 비틀 수 있는 손잡이가 아닙니다. 그래서 DO에 대해 할 수 있는 것은, 값 그 자체를 조작한다기보다, 떨어져 오고 있지 않은지를 확인하고, 악화로 향하는 기울기를 일찍 읽는 것입니다. 목표값을 하나 정해 매일 다가가는 대상이 아니라, 일정한 수준을 밑돌고 있지 않은지를 지켜보는 대상이라고 생각해주시기 바랍니다.

제가 인공광형의 잎채소로 돌려 온 범위에서는, 용존산소는 5 mg/L를 밑돌게 하지 않을 것, 가능하면 8 mg/L 전후를 유지할 것을 안전 쪽의 기준으로 삼아 왔습니다. 다만 이것은 어디 서나 들어맞는 절대의 임계값이 아니라, 하한의 기준입니다. 높으면 높을수록 효과적이라기보다, 여기를 밑돌게 하지 않기 위해 두는 선이라고 생각해 주시기 바랍니다. 기록할 때는, DO의 절대값을 한 점으로 남기기보다, 수온과 DO를 세트로 남기는 것이 좋습니다. 수온이 오르면 물에 녹는 산소의 상한 자체가 내려가므로, 같은 DO라도 수온이 높을 때의 저하는 여력이 없습니다.

하나 기억해 두고 싶은 것은, 문제의 시기에 EC와 pH가 목표대로 보이고 있었다, 는 사실 쪽입니다. 그것은 「그러니까 양액은 문제없다」의 근거가 되지 않습니다. 오히려 반대로, DO가 빠져 받아들임이 둔해지면, 소비되지 않는 만큼 EC와 pH는 안정되어 보여 버립니다. 깔끔히 들어가 있는 수치가, 실은 쓰이지 않고 있다는 신호였다——그럴 가능성이 있습니다.

EC는 총량밖에 말하지 않는다

DO와 나란히 놓치기 쉬운 것이, EC 자체의 성질입니다. EC는, 전체의 진하기를 한 덩어리로 묶은 숫자입니다. 질산·칼륨·칼슘·마그네슘 같은 따로따로의 이온의 진하기를, 전부 더해 하나의 전도율로 하고 있습니다. 그래서 합계가 목표대로라도, 내용의 비율까지 맞는 것은 아닙니다.

게다가 그 내역은, 내버려 뒀도 제멋대로 어긋나 갑니다. 뿌리는 이온을 균등하게 빠는 것이 아니라, 생육 단계나 품목에 따라, 잘 빠는 것과 빨다 남기는 것이 나오기 때문입니다. 예를 들어 칼륨을 잘 빠는 시기라면, 보급액으로 같은 EC까지 되돌려도, 줄어든 칼륨을 더해 총량을 맞추는 동안에, 빠리지 않고 남은 다른 이온이 서서히 쌓여 갑니다. EC는 같은데, 내용은 처음에 만든 액과는 다른 것으로 기울어 갑니다. 순환식으로 액을 돌려 쓸수록, 이 어긋남은 쌓입니다.

즉, 「EC는 맞는데 상태가 나쁘다」는, 인상만의 이야기가 아닙니다. EC라는 한 줄의 숫자로 뭉뚱그린 시점에, 내역의 정보는 떨어져 있는 것입니다. 그렇다고 개별 이온을 매일 재라, 는 것도 현실적이지 않습니다. 오히려 EC는 총량의 관리로 딱 잘라 계속 쓰고, 그 위에서 「총량

은 맞아도 내역은 어긋날 수 있다」는 전제를 가져 둡니다. 그리고, 내역의 어긋남은 운용——정기적인 양액 갱신과, 징후가 나오면 앞당겨 다시 만드는 것——으로 억제합니다. 이것으로 충분합니다. 앞당기는 판단 재료가 되는 징후를, 몇 가지 들어 둡니다.

| 징후 | 상세 | | - - - | - - - | | EC의 불안정화 | 잦은 조정이 필요해지거나, 예상 밖의 변동이 있다 | | pH의 급격한 변화 | pH를 조정해도 바로 이상값으로 되돌아가거나, 변동이 크다 | | 양액의 색이나 냄새 | 탁함, 변색, 또는 불쾌한 냄새가 난다 | | 생육의 정체 | 새싹의 성장이 느리고, 잎이 작고, 줄기가 가늘다 | | 뿌리의 상태 악화 | 갈변, 연화, 뿌리끝의 고사가 보인다 | | 병해의 발생 | 뿌리썩음이나 잎의 병이 증가한다 |

부진은 당일이 아니라, 몇 주 후에 나온다

DO든 내역의 어긋남이든, 공통되는 성질이 있습니다. 무너짐이 당일에 나오지 않고, 늦게 나타나는 것입니다. 오늘의 수치가 정상 범위라도, 그 무너짐은 몇 주 후의 수량이나 등급이 되어 돌아옵니다. 그래서 양액의 로그는, 「오늘 얼마였는가」뿐만 아니라, 「무너진 주는 없었는가, 그때 조건 쪽에서 무엇이 움직이고 있었는가」라는 눈으로 다시 읽으면, 비로소 생육과 이어집니다. 여기를 한 걸음 나아가, KPI로서 기록을 설계하고, 내역의 어긋남을 단일 비료로 다시 짜는 것 같은 파고든 운용 판단은, 172가지 힌트 쪽에서 자세히 다룹니다.

맛은 방식이 아니라 운용으로 움직인다

양액 관리의 이야기는, 그대로 「맛」의 이야기로도 이어집니다. 「공장 채소(공장산)는 밍밍하다」 「아린 맛이 없어 부족하다」——실내 재배의 채소에는, 이 평가가 따라다닙니다. 그리고, 대체로 시설의 타입 탓으로 돌려집니다.

그렇지만, 현장에서 만들어 팔고 있는 사람일수록, 그렇게 단순하지 않다는 것을 알고 있습니다. 맛은, 수확하고 나서의 시간으로 꽤 바뀝니다. 같은 포기라도, 아침 수확과 저녁에는 단맛이 다릅니다. 출하 직전에 어떻게 관리했는지로, 아린 맛이 나오는 방식도 크게 바뀝니다. 시설의 타입 그 자체도 맛의 차이를 낳지만, 같은 방식 안에서 운용이 움직일 수 있는 폭도 큼니다.

예를 들어 아린 맛. 수경 잎상추라면, 수확의 2~4일 전부터 시비를 멈춰 두기만 해도, 아린 맛의 바탕이 되는 잎의 질산염이 꽤 내려갑니다. 게다가 조건이 좋으면, 그동안 수량은 거의 떨어지지 않습니다. 「맛을 맞추면 양이 희생된다」고 자세를 잡기 쉽지만, 아린 맛에 관해서는, 양을 지킨 채로 빼낼 여지가 있습니다. 잎채소·인공광형으로 말하면, 수확 전 며칠에 무엇을 할까는, 맛을 움직이는 알기 쉬운 레버입니다. 다만 만능은 아니고, 질소를 너무 조이면 잎색이 옅어지는 등, 다른 비용도 나옵니다.

여기서 중요한 것은, 단맛 · 아린 맛 · 향은, 각각 다른 조건에서 피크를 맞는다는 것입니다. 당이 오르는 조건과, 질산염이 가장 적어지는 조건은, 같지 않습니다. 「양을 최대화하는 설정」과 「단맛을 최대화하는 설정」도, 같은 다이얼의 다른 위치에 있습니다. 그래서 목표를 하나로 좁히지 않으면, 어느 다이얼도 어중간한 위치에서 멈춰 버립니다. 목표를 정하지 않고 기른 채소가 「특징 없는, 옅은 맛」에 가 닿는 것은, 욕심을 부려서가 아니라, 축이 없으니 어느 공정도 어중간하게 휘돌리기 때문입니다. 멍멍하다고 불리는 공장 채소의 정체는, 방식이라기보다, 목표의 부재인 것입니다.

그래서 우선 해야 할 것은, 대뜸 빛이나 비료를 만지는 것이 아닙니다. 자신의 품종과 그 시설이 「무엇은 낼 수 있고, 무엇은 못 내는가」를 아는 것입니다. 향은 원래 품종이 가진 상한에 한계가 걸리기 쉽고, 운용을 아무리 조여도, 향나지 않는 품종은 향나기 어렵습니다. 처음 몇 번(의 재배)은 목표를 이리저리 바꾸지 않고, 같은 조건으로 담담히 만들어 그대로 먹어 보면, 「이 품종은 원래 향나지 않네」 「단맛은 솔직하게 오르네」라는 소질이 보이기 시작합니다. 움직일 수 있는 축을 알게 되어야 비로소, 어디에 하나 세울지를 고를 수 있습니다.

덧붙여, 어느 맛을 노리면 단가로 바뀌는가, 어떤 파는 곳과 짤까, 맛의 프리미엄화가 성립하는 조건——같은 수익 직결의 이야기는, 172가지 힌트에서 파고들어 다룹니다.

데이터를 활용한 정밀도 향상

데이터를 쓰면, 양액 관리의 정밀도는 더 올라갑니다.

- 재배 기록: EC 값, pH 값, 수온, 비료의 종류나 양, 생육 상황을 기록하고, 양액의 상태와 생육의 관계를 파악한다
- 양액 분석: 전문 기관에 의뢰하면, 양액 중의 각 성분 농도를 정확히 파악할 수 있다. 분석 결과에 근거해 배합을 조정하면, 더 적절한 관리를 할 수 있다
- 환경 데이터의 활용: 온도, 습도, CO2 농도 등의 환경 데이터와 EC 값, pH 값, 생육 상황을 관련지어 분석하면, 환경 제어와 양액 관리의 정밀도가 올라간다

양액을, 매일 계기로 맞춰 일지에 적고 끝나는 수치라고 생각하고 있는 동안은, 양액은 「맞추는 작업」인 채입니다. 그렇지만, 그 맞추는 방식이 몇 주 후의 수확을 좌우한다, 고 견해를 바꾼 순간부터, 양액 관리는 생육을 읽는 실마리로 바뀝니다. 이번 주의 로그를, 그 눈으로 한 번 다시 읽어 보시기 바랍니다.

여기까지로, 빛 · 물 · 공기 · 영양이라는 재배의 토대가 한 차례 갖춰졌습니다. 토대가 갖춰져 있어도, 현장에서는 생육의 문제가 나옵니다. 마지막으로, 초보가 가장 빨리 맞닥뜨리는 둘——팁번과 웃자람——을 봐 둥시다.

팁번



「순조롭게 자라고 있던 잎상추인데, 수확 직전이 되어 잎의 끝이 바삭바삭 갈색으로 시들어 왔다」. 식물공장에서 잎채소를 기르고 있으면, 팁번은 피해 갈 수 없는 생육 장애입니다. 저도 오랫동안, 이것에는 실컷 시달렸습니다.

팁번이란

잎의 끝이나 가장자리가 갈색으로 시드는 생리장애입니다. 처음에는 끝이 약간 변색하는 정도지만, 진행되면 시든 부분이 넓어져 갑니다. 잎상추의 경우, 특히 나오기 쉬운 것이, 결구의 심에 가까운, 안쪽의 어린잎입니다. 바깥의 큰 잎은 팽팽하게 건강한데, 한가운데의 작은 잎의 가장자리만 바삭바삭 시듭니다. 「잎끝이 좀 검어졌네」 하고 느끼면, 신호일지도 모릅니다.

「칼슘 부족」이라고 하지만

현장에서는 우선 「칼슘 부족」이라고 합니다. 그래서 Ca를 더합니다. 그렇지만, 또 나옵니다. 이 경험이 있다면, 원인은 다른 곳에 있습니다.

제 경험상, 양액 중의 칼슘 농도 그 자체가 부족한 경우는, 실은 그리 많지 않습니다. 많은 경우, 액의 Ca는 충분합니다. 그래도 증상이 나옵니다. 즉 팁번은, Ca의 총량이 부족하다기보다, Ca가 안쪽의 잎까지 닿고 있지 않다—양 그 자체가 아니라, 포기 안에서 어떻게 나뉘는가, 그 「분배」의 문제인 것입니다.

그래서 「부족하면 늘리자」고 Ca 비료를 자꾸 더하는 것은, 대체로 역효과가 됩니다. 액을 진하게 해도, 가는 곳이 치우쳐 있으면 심에는 닿지 않습니다. 그뿐 아니라 EC가 오르거나, 다른 이온과 다툼이 되거나 해서, 다른 부진을 불러들입니다.

왜 「분배」가 무너지는가

Ca는 물과 함께, 식물의 물관을 흘러 운반됩니다. 그리고 물은, 증산이 많은 곳으로 끌려갑니다.

여기서 좌우하는 것이, 선반별 차이입니다. 빛을 제대로 쬐고 있는 강한 선반일수록, 바깥의 큰 잎이 활발히 증산합니다. 그러면 Ca는, 그 바깥잎 쪽으로 자꾸 끌려갑니다. 한편, 심의 어린잎은 아직 증산이 약하고, 포기의 안쪽에서 습도도 높고, 공기도 움직이기 어렵습니다. 물의 흐름 자체가 가늘므로, Ca가 닿지 않습니다. 가장 활발하고, 가장 수확을 거두고 싶은 강한 선반의, 그 한가운데만 시드는——구조는 여기에 있습니다.

성장을 빠르게 몰아붙일수록 나오기 쉬운 것도, 같은 이유입니다. 빠르게 자랄수록 안쪽의 어린잎은 차례차례 늘고, 나누는 족족 새 잎이 늘어 갑니다. 심으로의 도달이, 생육의 속도를 따라가지 못하게 되는 것입니다. 「빠르고 크게」와 「심까지 안전」은, 끝까지 파고들면 같은 방향을 향하지 않습니다. 이것이 텃밭 대책의 어려움이기도 합니다.

키워드는 「증산」과 「성장 속도」

대책의 입구가 되는 것은, 이 둘입니다.

- 증산: 너무 높은 습도는 증산을 억제하고, 뿌리의 활동도 떨어뜨립니다. 반대로 너무 낮으면, 물이 바깥잎으로만 끌려가, 심이 오히려 말라붙습니다. 습도는 텃밭과 깊이 관련되므로, 여기를 정성껏 유지합니다(습도 관리 절도 참조).

- 성장 속도: 너무 빠른 성장이 증상을 악화시키고 있다면, 광량·온도·CO2를 낮추는 방향, 즉 성장을 조금 늦추는 방향으로 재검토합니다(가속시키면 악화되므로, 여기는 늘리는 것이 아니라 줄인다).

바람을 대는 방식도 관련됩니다. 선반을 따라 수평으로, 안정된 기류를 고르게 흘리면, 심으로의 분배가 바뀌어 갑니다. 반대로, 바깥잎의 가장자리를 그저 말리기만 하는 거친 강풍은, 오히려 해가 됩니다. 같은 「바람」이라도, 균일한 안정 기류와 흐트러진 강풍은 별개라고 생각해 주시기 바랍니다.

나온 것을 어떻게 다룰까

예방을 다해도, 나오는 것은 나옵니다.

텃밭이 나와도, 식미 그 자체에의 영향은 한정적입니다. 다만, 겉모습은 명백히 떨어집니다. 채소는 겉모습으로 선택되는 이상, 출하 품질에는 영향이 미칩니다. 그래서 증상이 가벼운 포기를 빼내거나, 상한 부분을 제거하고 나서 널까, 라는 판단을 강요받습니다.

여기서 하나만. 미세한 틱번까지 필사적으로 제거하려 하지 않을 것. 잎을 함부로 찢으면, 상처에서 부패가 진행되는 경우가 있습니다. 나온 것 전부를 거두러 가기보다, 출하 품질에 영향이 미치는 수준인지 어떤지를 판별해 손을 씁니다. 그쪽이 종합적으로는 이득을 봅니다.

분배라는 한 줄기의 줄기로 본다

품종으로 내성 차이는 있습니다. 잎 자태에 여유가 있는 타입은 안쪽까지 물이 돌기 쉽고, 성장이 거칠어지기 어려운 품종은 분배의 파탄도 늦습니다. 다만, 이것은 연동계를 한꺼번에 조금 느슨하게 하는 한 수이지, 너무 몰아붙이면 강한 품종이라도 보통으로 나옵니다. 품종으로 이야기가 닫히지는 않습니다.

마찬가지로, 「습도만 낮춘다」 「바람만 강하게 한다」 고 한 인자만 만지면, 부담이 다른 인자로 돌아갑니다. 습도만 낮추면 심이 더 말라붙고, 바람만 강하게 하면 바깥잎의 가장자리가 상합니다. 틱번은, 빛 · 성장 속도 · 기류 · 증산 · 뿌리 영역 · 양액이 이어져 일어나는 증상입니다. 단독으로 몰아붙이지 않고, 한 줄기의 줄기로 봐 가는 것이, 가장 꼬이기 어렵습니다.

발생 포기를 앞에 두었을 때, 무엇부터 어느 순서로 의심할까. 수확의 며칠 전에 줍힌 마무리의 환경을 휘두르는 방식. 흐름의 문제인가, 아니면 액의 Ca가 정말로 바닥을 깎는가의 분간하는 방식. 이 언저리의 구체는, 수익에 직결되는 판별 지점이므로, 다음 힌트집에 자세히 정리해 두었습니다.

『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』

틱번이 「닿느냐 · 안 닿느냐」의 이야기였다면, 또 하나의 대표적인 문제 웃자람은, 「자라느냐 · 안 자라느냐」의 이야기입니다. 초보일 때는, 이 둘을 세트로 외워 두면 든든합니다.

웃자람

틱번과 나란한, 또 하나의 대표적인 생육 장애가 「웃자람」입니다. 웃자람이란, 묘가 가늘고 길게 웃자라, 필요 이상으로 줄기를 늘려 버리는 현상. 창가의 관엽식물이, 빛이 있는 쪽으로 가늘게 가늘게 늘어 가는 모습을 떠올리면 가깝습니다.

식물공장에서 웃자람이 일어나면, 이런 영향이 나옵니다.

- 수량 다운: 줄기만 늘어, 정작 중요한 잎이 작아진다.
- 품질 다운: 조직이 연약해져, 보존성이나 식미가 떨어진다. 세포벽이 얇아져 병해에도 약해진다.
- 작업 효율 다운: 쓰러지기 쉽고, 수확이나 재배 관리의 수고가 늘다.

그리고 성가신 것이, 한번 늘어난 절간은 원래대로 돌아오지 않는다는 점입니다. 환경을 갖춰도, 늘어나 버린 배축이 조여 줄어드는 것은, 제가 현장에서 봐 온 범위에서는 없었습니다. 그래서 웃자람은 「나오고 나서 고치기」보다 「나오기 전에 읽어 두기」라고 생각해 주시기 바랍니다.

우선 밀도를 의심하고, 그다음 환경을 읽는다

웃자람이 나오면, 무심코 「자 어떻게 멈출까」하고 환경의 손잡이를 찾고 싶어집니다. 그렇지만 그 전에, 보는 순서가 있습니다.

처음에 의심하는 것은, 환경이 아닙니다. 품종·파종 밀도·셀 수입입니다. 같은 환경이라도, 늘기 쉬운 품종은 늘어납니다. 트레이에 채워 뿌리면, 옆과 뺨뺨해지는 것 자체가 묘를 늘립니다. 육묘 트레이의 셀 수(72구·128구·200구 등)도, 그저 「몇 본 만들 수 있는가」가 아니라 「어떤 자태의 묘가 생기는가」를 좌우합니다. 셀이 작을수록 뿌리가 뺨을 여지가 좁고, 육묘기간이 긴 작물일수록 불리하게 작용합니다.

제가 현장에서 봐 온 범위에서도, 환경을 고민하기 전에 「그 트레이, 단순히 너무 뿌리지 않았는가/셀이 너무 작지 않은가」로 설명이 되는 웃자람은 적지 않았습니다. 그래서 우선, 품종·밀도·셀 수를 갖춥니다. 이것이 첫 단계입니다.

그 위에서, 여전히 남는 몫을, 환경의 손잡이——빛·야간 온도·습도의 3인자로 읽어 갑니다. 거꾸로 말하면, 밀도나 품종이 진짜 원인일 때 환경의 3가지를 아무리 돌려도 헛스윙입니다. 「웃자람=빛·습도·온도의 3가지」라고만 생각하고 있으면, 가장 효과적인 첫 단계를 건너뛰어 버립니다. 순서는, 밀도가 먼저, 환경이 나중입니다.

환경 3인자를 묘의 자태에서 읽어 나눈다

축이 늘어나는 것은, 묘가 빛을 느껴 일으키는 반응입니다. 옆 옆에 뺨뺨해져 가려지거나, 빛 그 자체가 약하거나 하면, 묘는 빛을 찾아 줄기를 늘립니다. 이것이 웃자람의 정체입니다. 남은 3인자는, 묘의 자태를 실마리로 짐작을 잡습니다. 완전히 가려낼 수 있는 것은 아니지만, 다음에 무엇부터 의심할까의 우선순위는 됩니다.

- 빛이 약하다: 축이 길어지는 대신, 잎 그 자체가 얇고, 색도 옅어지기 쉽다. 빛 쪽으로 몸을 뺨고 있는 자태입니다.
- 야간 온도가 끝까지 내려가지 않는다: 소등 후에 따뜻함이 갇혀 늘어나는 경우는, 잎은 두께나 색을 유지한 채, 절간만 웃자란다. 아랫단이라는 곳과 야간이라는 시간이 갖춰졌을 때 나오기 쉽다.

- 습기가 갇힌다: 제습의 효과가 어설픈 시간대나 선반에서는 증산이 멈춰, 잎은 탄력이 있는 채 다소 큼직하고 부드럽게 무성해져, 그 아래에서 축이 느슨하게 늘어난다.

즉, 축의 길이만이 아니라, 언제 · 어디서 · 잎은 어떤가를 함께 봅니다. 잎까지 얇고 열으면 빛 쪽, 잎은 보통이고 절간만 늘어 있으면 야간 온도 쪽, 습기가 갇힌 선반에서 부드러우면 과습 쪽, 이라는 짐작을 잡는 방식입니다.

다만, 이것은 주원인을 확정하는 도구가 아니라, 짐작을 잡는 기준입니다. 특히 재배 선반의 아랫단은, 빛도 야간 온도도 제습도 동시에 어설퍼지기 쉬운 곳으로, 가장 쓰고 싶은 곳에서 가장 갈립니다. 갈리면 하나로 단정하지 않는 것입니다.

나와 있는 옷자람과, 다음에 안 내는 것은 별개의 이야기

여기서 하나, 나눠 두고 싶은 것이 있습니다. 지금 늘어 있는 한 번의 재배를 어떻게 할까와, 다음 재배에서 같은 옷자람을 안 내는 것은, 별개의 이야기입니다.

이미 늘기 시작한 묘는 시간과의 승부이고, 원인을 하나로 좁힌 뒤에 움직이면, 그 사이에 늘어남이 진행되어 버립니다. 그래서, 지금 나와 있는 옷자람에는, 원인의 특징을 기다리지 않고 보수 쪽으로 한꺼번에 모읍니다. 빛을 끌어올리고, 야간 온도를 낮추고, 제습을 강하게 합니다. 다만 갑자기 크게 움직이면 그 자체가 스트레스가 되므로 단계적으로, 그리고 이미 빛이 충분한 선반에서 더 올리지 않을 것. 빛은 많을수록 좋은 것이 아니라, 끌어올림이 필요한 것은 약한 선반이지, 충분한 선반이 아닙니다.

한편, 원인을 하나로 좁히는 읽는 방식이 살아나는 것은, 다음 재배를 향해서입니다. 아침에 윗단과 아랫단의 묘를 늘어놓고 견주어, 축의 길이 · 잎색과 두께 · 잎의 부드러움을 보고, 어느 것이 가장 큰 목소리로 반응하고 있는지 짐작을 잡습니다. 그 위에서, 다음 로트에서 의심스러운 하나만 움직여 나오는 방식의 변화를 보면, 주원인을 확인할 수 있습니다. 같은 한 번의 재배 안에서 셋을 동시에 만지면, 어느 것이 효과가 있었는지 알 수 없게 됩니다. 하나씩 확인하는 것은, 다른 로트에서야말로 의미를 갖는 것입니다.

늘어난 묘를 어떻게 다룰까

이미 쑥 늘어 버린 묘는, 단계에 따라 손쓰는 의미가 바뀝니다.

늘어남이 아직 배축의 초기이고, 본잎이 앞으로 전개되어 갈 단계라면, 환경을 고칠 가치는 충분합니다. 이다음의 절간의 늘어남은 멈출 수 있고, 위로 쌓여 가는 본잎 쪽에서 자태를 다시 세울 여지가 남아 있기 때문입니다. 한편, 이미 절간이 옷자라 쓰러질 기미이고, 본잎도 옷자람을 이어받아 전개되기 시작했다면, 이 포기는 규격 외로 걸러 내는 판단도 나옵니다. 선 곳

기의 심은 「본잎이 웃자람을 이어받았는가 어떤가」에 두면서, 생장점·뿌리의 생사와 작기의 단계를 함께 봅니다. 육묘의 이른 단계라면 옮겨 심기가 효율적인 경우도 있고, 수확이 임박했다면, 무리해 다시 세우지 않고 웃자람 포기인 채로 수확하는 편이 이득인 경우도 있습니다.

다음 재배에서 안 내는, 파종 전의 확인

늘어난 축이 돌아오지 않는다면, 손쓰는 가치는 역시 「다음 재배에서 안 내는」 쪽에 있습니다. 확인의 순서도 같아서, 우선 밀도, 그다음 환경입니다.

- 파종 밀도와 셀 수: 노리는 묘의 자태와 육묘 기간에 대해, 너무 뿌리지 않았는가, 셀이 너무 작지 않은가. 옆 포기와의 잎이 겹치기 시작하거나 아랫잎이 황화하기 시작하면, 숨아 내거나 이식의 타이밍입니다.
- 빛: 선반 위치별 광량을 재 둔다. 같은 LED라도 아랫단은 닿음이 떨어져 있는 경우가 있고, 약한 선반은 늘어남으로 되돌려 옵니다.
- 야간 온도: 소등 후의 온도가 내려가는 방식을 선반별로 봐 둔다. 아랫단은 야간에 따듯함이 갇히기 쉽다.
- 습도: 제습의 효과가 어설픈 시간대나 선반이 없는지 주워 둔다.

이것들을 파종 전에 선반별로 적어 두면, 웃자람을 내고 나서 당황하는 것이 아니라, 나오기 전에 약한 곳을 읽어 대비할 수 있습니다. 늘어난 축을 탓하는 것이 아니라, 우선 밀도를 의심하고, 그래도 남는 뭇을, 묘가 어느 설정에 반응하고 있는가의 신호로 읽습니다. 그렇게 생각하면, 매일 아침 트레이를 보는 눈이, 조금 바뀌어 올 것입니다.

웃자람은 수량에 직결됩니다. 밀도·빛·야간 온도·습도를 어떻게 조합해 읽고, 어디까지 몰아붙이고 어디서 걸러 낼까——그 판단은, 그대로 식물공장의 채산의 이야기이기도 합니다. 현장에서 쓸 수 있는 관점을 더 널리 좁고 싶은 분은, 이쪽도 부디.

『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』

재배 관리의 한층 더한 레벨업을 위해

여기까지, 작물 선택부터 빛·물·온도·습도·CO₂·바람, 비료와 양액, 그리고 틱번이나 웃자람까지, 재배 관리의 기초를 한 차례 봐 왔습니다. 하나 하나는 독립된 이야기처럼 보여도, 현장에서는 모든 것이 서로 영향을 미치고 있습니다. 습도를 움직이면 틱번에 영향이 미치고, 빛을 강하게 하면 온도나 물이 쓰이는 방식이 바뀝니다. 이 「이어짐」을 머리 한구석에 두는 것만으로, 문제가 일어났을 때의 어려움이 꽤 바뀌어 옵니다.

다만, 솔직히 말하면, 여기까지 써 온 것은 어디까지나 토대입니다. 현장에 나가면, 「지식은 있는데, 그럼 구체적으로 무엇부터 손을 대고, 어디를 목표로 하면 좋은가」로 반드시 해매는 장면이 나옵니다.

예를 들어, 빛이나 온도는 「적정 범위」까지는 본서에서 보일 수 있어도, 자신의 공장·자신의 작물에게의 최적값이 어디인지는, 만들면서 판별해 갈 수밖에 없습니다. 전기료나 인건비를 깎는다 해도, 어디를 깎으면 품질을 떨어뜨리지 않고 수익이 남는가——그 판단은, 기초를 짚은 뒤에야 비로소 의미를 갖습니다. 저 자신, 여기를 손터듬으로 익히는 데 긴 시간이 걸렸습니다.

이 책에서는, 그 앞쪽의 「사고방식의 입구」까지를 갖추는 데 철저했습니다. 최적값의 판별 방법, 비용 절감의 판단, 수치의 만들어 넣기 같은, 수익에 직결되는 한 걸음 깊은 곳은, 따로 정리한 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에 넘기고 있습니다. 우선은 본서로 기초의 지반 고르기를 하고, 한 단 더 파고들고 싶어졌을 때, 그쪽을 펼쳐 주시면 합니다.

2장의 정리

- 작물 선택은 품목이 아니라 「판로의 단가×회전×어려움」과 「면적당 하루당 얼마」로 본다. 잎상추 중심은 돈 되는 답이 아니라, 공장이라는 형식에서 파탄나기 어려운 해법이 선택된 결과. 새 작물은 채산의 입구를 통과하고 나서.
- 빛은 세기·색·시간의 셋의 곱셈(DLI)으로 파악한다. 밝을수록 이득이라고는 할 수 없고, 멈출 곳은 전기료에 따라 움직인다.
- 수경의 방식(NFT/DFT)에 절대적인 우열은 없다. 효과적인 것은 고른 뒤의 물 관리. 가역인 어긋남은 운용으로 받고, 비가역인 사고는 설비와 대비로 먼저 지운다.
- 공기는 온도·습도·CO2를 따로따로 보지 않고, 앞에 닿고 있는가로 본다. 관리하는 것은 공기, 응하는 것은 잎. 습도는 비율이 아니라 「끌어당김 정도(VPD)」, CO2는 농도가 아니라 「안쪽까지 나르고 있는가」. 그것들을 한꺼번에 나르는 것이 바람으로, 효과적인 것은 총량보다 분배 방식.
- 영양은 EC와 pH를 기본으로, 맞추는 것만으로 부족한 두 점(용존산소와 내역의 어긋남)을 지켜본다. EC는 총량밖에 말하지 않고, 배합은 이온부터 역산한다. 위생은 균을 제로로가 아니라 「늘리지 않는·넓히지 않는」, 살균에 기대지 않고 정상적인 순환으로.
- 생육 문제는 단독으로 몰아붙이지 않는다. 팁번은 Ca의 총량이 아니라 「분배」, 웃자람은 우선 밀도, 그다음 환경. 어느 쪽도 여러 요인이 한 줄기로 이어져 일어난다.

하나 하나는 별개의 이야기처럼 보여도, 현장에서는 모든 것이 서로 영향을 미치고 있습니다. 이 장에서 토대를 굳혔다면, 다음은 자신의 공장 · 자신의 작물에 맞춰 숫자를 만들어 넣는 단계입니다. 그 한 걸음 깊은 실천은, 자매편 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』로 이어집니다.

제3장 현장 운영 관리의 실천

앞 장까지, 식물공장이라는 구조가 어떻게 성립되어 있는지를 살펴보았습니다. 여기서부터는, 그 상자 안에서 매일 무슨 일이 일어나고 있고, 현장에 선 사람이 무엇을 하는지로 이야기를 옮깁니다. 설비와 이치를 아는 것과, 실제로 현장을 돌릴 수 있는 것 사이에는, 아직 한 단의 격차가 있습니다. 그 한 단을, 여기서 메워 나갑니다.

현장 운영 관리는 무엇부터 익히는가——모종 · 수치 · 사람의 세 층

「결국은 경험으로 익힐 수밖에 없다.」 현장 운영 관리에 대해, 갓 들어온 사람이 다다르기 쉬운 결론입니다. 그리고 절반은 옳습니다. 다만, 이 말은 대개, 익혀야 할 것이 하나의 덩어리라는 선입견과 세트로 붙어 있습니다.

실제로는, 현장 운영 관리는 성질이 다른 세 개의 층으로 나뉩니다. 모종의 생육을 읽는 것, 수치를 지켜보는 것, 사람과 채비를 정돈하는 것. 이 셋은 따로따로 몸에 배고, 서로 맞물려야 비로소 현장이 돌아갑니다. 무엇부터 익히는가도, 이 세 층으로 생각하면 가늠이 쉽니다.

모종을 읽는 층, 수치를 지켜보는 층, 사람을 정돈하는 층

현장에서 여러 사람을 봐 오며 깨달은 것이 있습니다. 새로 들어온 사람 중에, 모종을 보고 「이건 좀 기운이 없네」라고 금세 알아채는 사람이 있습니다. 그런데 그 같은 사람이, EC(양액 농도의 기준)나 양액 수치의 변화에는 전혀 반응하지 않습니다. 반대로, 수치는 빈틈없이 쫓는데, 실물을 봐도 아무것도 느끼지 못하는 사람도 있습니다. 처음엔 경험의 차이인가 했지만, 아무래도 한 줄기 선이 아닙니다.

모종을 보는 눈과 수치를 보는 눈은, 별개의 힘입니다. 모종을 보고 「기운이 없네」라고 알아채는 것은, 식물의 생육을 읽는 층. 잎의 탱탱함과 색, 심의 뻗는 방식을, 몸으로 익혀 가는 세 계입니다. 한편, EC나 양액의 수치를 쫓는 것은, 수치를 지켜보는 층. 실물이 아니라, 추이로서 읽는 머리 쓰기입니다. 경험이 알아서 둘 다 못 하는 게 아니라, 층이 다르기에 따로따로 몸에 배입니다. 그러니 한쪽이 능숙해도, 다른 쪽은 그냥 지나쳐 버리는 일이 예사로 일어납니다.

게다가 성가시게도, 실물에 강한 사람일수록 「수치는 안 봐도 잎을 보면 안다」고 말하기 쉽습니다. 마음은 이해하지만, 여기에 함정이 있습니다. 수치가 먼저 알려 주는 이상도 있고, 반대로, 수치가 모두 정상인데 잎에 먼저 나타나는 이상도 있습니다. 예컨대 틱번(잎 가장자리가 마르는 증상)은, 갑자기 성장했을 때 안쪽의 어린잎까지 칼슘 분배가 따라가지 못하는 것이 방아쇠라서, 양액의 칼슘 수치가 정상이어도, 나눠 주는 방식(증산의 흐름)이 따라가지 못

하면 앞에 먼저 나타납니다. 그러니 어느 한쪽만으로는 놓칩니다. 양쪽을 봐야, 비로소 누락이 줄어듭니다.

하나 더, 생육이나 수치와는 다른 층이 있습니다. 사람과 채비——누가 언제 무엇을 하는지를 돌리는 감각입니다. 모종도 알고, 수치도 쫓는데, 그래도 사람에게 지시를 내리거나 절차를 짜는 게 묘하게 서툰 사람이 있습니다. 반대로, 재배는 그럭저럭인데 채비만은 발군인 사람도 있습니다. 이것도 드물지 않습니다.

채비도 또 별개입니다. 생육과 수치는 식물이 상대지만, 채비는 사람과 물건의 흐름이 상대라, 머리 쓰는 방식이 다릅니다. 다만, 감의 세계로 보이지만, 실은 재고 정돈할 수 있는 대상입니다. 하루 작업을 적어 보면, 제 현장에서는 수확 언저리가 시간을 잡아먹었습니다. 누가 언제 무엇에 들어가는지, 대의 높이나 수확물을 두는 위치를 어떻게 할지——그 언저리는 보고 짤 수 있습니다. 「저 사람은 채비를 잘한다」로 치부하지 말고, 어디서 사람이 기다리고 있는지, 어디서 자세에 무리가 나는지를 보고, 배치를 다시 짤 수 있습니다. 이것은 생육이나 수치와는 다른, 재고 정돈하는 층입니다.

이로써 셋이 갖춰졌습니다. 모종을 읽는 층, 수치를 지켜보는 층, 사람과 채비를 정돈하는 층. 현장 운영 관리는, 이 셋이 겹쳐서 돌아갑니다.

무엇부터 익히는가——먼저 건넌 수 있는 층과, 현장에서 쌓는 층

세 층이 보이기 시작하면, 「결국, 무엇부터 익히면 되는가」가 갑자기 구체적으로 됩니다. 셋을 한꺼번에 몸에 배게 하는 게 아니라, 층마다 입구가 다르기 때문입니다.

순서로 말하면, 우선 구조를 머리에 넣는 것이 먼저입니다. 세 층 모두, 입구에는 「먼저 지식으로 건넌 수 있는 부분」과 「자기 현장에서만 쌓을 수 있는 부분」이 섞여 있습니다. 생육의 층이라면, 빛과 양분을 어떻게 흡수해 잎이 만들어지는가, 그 갈피는 읽어서 익힐 수 있습니다. 수치의 층도, EC와 pH가 무엇을 나타내고, 어떻게 움직이면 무엇을 의심하는가, 그 읽는 법 자체는 먼저 건넌 수 있습니다. 채비의 층도, 작업을 적어서 잔다는 사고방식은 가르칠 수 있습니다. 여기까지는 현장에 서기 전에 건넌 둘 수 있는 부분입니다.

건넌 수 있는 쪽과 쌓아야 하는 쪽의 경계는, 꽤 뚜렷합니다. 예컨대 빛을 강하게 하면 수확량은 늘어난다, 그 구조는 설명할 수 있습니다. 그러나 어디서 멈추는 것이 이득인지는, 자기 회사의 전기료와 단가 나뉘이라, 거기에는 숫자로 건넌 수 없습니다. EC의 최적값도, 작물이나 시스템이 다르면 움직이므로, 남의 값을 그대로 쓸 수는 없습니다. 그러니 「구조와 읽는 법」까지는 지식으로 먼저 건네고, 「자기 회사의 조건에 몇으로 맞출까」는, 자기 현장의 출하 가능률에 비추어 쌓아 달라고 합니다. 이 선으로 나뉘 생각하면 잘됩니다.

다음으로, 자신이 어느 층을 키울 차례인가. 이걸 잘하고 못하고로 정하는 게 아닙니다. 지금 현장에서 실제로 막혀 있는 곳——지연이나 되돌림이 나는 곳이 어느 층에 얹혀 있는지, 거기서 역산합니다. 실물도 수치도 보인다면, 막히는 건 대개 채비 쪽이고, 거기가 지금 그 사람이 키워야 할 층으로 나타납니다. 가장 눈에 띄는 되돌림 하나를 집어, 그것이 어느 층의 입구에 가까운지로 고르면, 그걸로 충분합니다.

그리고, 딱 하나만 발군이어도 현장은 돌아가지 않습니다. 세 층은 따로따로 몸에 배는 만큼, 현장에서는 맞물려야 비로소 결과가 납니다. 생육을 완벽히 읽어도, 수치를 지켜보는 사람과 채비가 갖춰지지 않으면 출하 가능률은 못 지킵니다. 한 층만 최적화해도, 전체가 최적이 된다고는 할 수 없다——이건 어느 규모의 공장에서도 같은 모양으로 나타납니다.

이 장을 걷는 법

여기서부터의 장은, 이 세 층을 차례로 짚어 갑니다. 생산 계획으로 전체의 채비를 정하고, 파종·육묘·이식·정식·수확과, 모종을 키우는 공정을 좇습니다. 수확 후의 작업으로 품질을 상품으로서 전하고, 종업원의 관리와 교육, 위생 관리로 사람과 현장의 토대를 정돈합니다. 마지막으로 데이터 분석으로, 여기까지의 기록을 판단으로 잇습니다.

전부를 한꺼번에 머리에 넣으려 하지 않아도 됩니다. 세 층을 염두에 두고, 지금 자신이 막혀 있는 층, 자기 차례의 층부터 읽고, 내일 그것을 현장에서 한 번 시험해 봅니다. 이 진행 방식이, 결국 가장 몸에 뱉니다.

덧붙여, 여기서 다루는 것은 어디까지나 「구조와 읽는 법」 까지입니다. 최적값을 몇으로 둘지, 비용과 어떻게 저울질할지, 어떻게 팔지 같은 이익에 직결되는 판단은, 이 책의 범위를 넘습니다. 그 입구를 느꼈다면, 다른 책 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』로 들어가 주세요.

생산 계획의 입안

品目			フリル		フリル		フリル		フリル	
パネル穴数			300 穴		300 穴		120 穴		40 穴	
栽培工程			暗所発芽		育苗		生育1		生育2	
日数			1 日		12 日		7 日		7 日	
作業			播種	苗取出し	苗移動	苗取出し	移植1	苗取出し	移植2	苗取出し
12/01	水		3600							
12/02	木		3600	3600	3600					
12/03	金		3600	3600	3600					
12/04	土		3600	3600	3600					
12/05	日		3600	3600	3600					
12/06	月		3600	3600	3600					
12/07	火		3600	3600	3600					
12/08	水		3600	3600	3600					
12/09	木		3600	3600	3600					
12/10	金		3600	3600	3600					
12/11	土		3600	3600	3600					
12/12	日		3600	3600	3600					
12/13	月		3600	3600	3600					

세 층 중, 우선 전체의 채비——「언제 무엇을 얼마나 만들까」를 정하는 데서 시작합니다. 여기서부터는, 식물공장의 관리 업무의 속을 하나씩 봐 갑니다. 처음은 생산 계획입니다.

왜 생산 계획이 필요한가

계절이나 날씨에 맞춰 움직이는 종래 농업의 방식은, 식물공장에서는 통하지 않습니다. 환경을 스스로 만들 수 있는 대신, 무엇을 언제 얼마나 만들지를 먼저 정해 둘 필요가 있습니다.

계획을 세우지 않고 돌리면, 대개 세 가지 모양으로 넘어집니다. 수요와 공급이 어긋나 만든 것이 팔리지 않고 남습니다. 전기·수도·인건비·자재의 비용이 먼저 나가고 이익이 남지 않습니다(자재비와 인건비는 파종 전에 준비하는 것이라, 전망이 없으면 계획 밖의 지출이 부릅니다). 환경이나 작업의 관리가 임기응변이 되어, 마무리가 고르지 않습니다. 어느 것이든, 먼저 정해 두면 피할 수 있던 것들입니다.

출하에서 역산해 잔다

저는 인공광형 식물공장(PFAL)에서 레터스 등 잎채소의 생산·초기 가동에 오래 관여해 왔는데, 계획을 생각할 때의 순서는 하나입니다. 출하를 기점으로 하고, 거기서 재배를 거슬러 올라갑니다. 「설비의 능력을 최대한 써서 짜고, 출하는 거기 맞추면 된다」고 생각하면, 우선 돌아가지 않습니다. 능력을 기준으로 하면, 만들 수 있는데 팔리지 않는 주와, 팔고 싶은데 부족한 주가 번갈아 나옵니다.

역산의 흐름은 이렇습니다.

1. 수요 예측: 언제·얼마나·얼마에 팔릴지를 읽습니다.
2. 생산 계획의 책정: 그 출하량에서, 필요한 재식량과 재배 스케줄을 역산합니다.
3. 진척 관리와 재검토: 돌리면서, 어긋남을 보고 부지런히 고칩니다.

스텝1. 수요 예측

우선, 어디에 · 얼마나 · 얼마에 팔지를 파악합니다. 슈퍼인지 레스토랑인지 개인인지, 그 판로에서 얼마에 팔리는지, 계절에 따라 수요가 어떻게 움직이는지, 같은 작물을 만드는 경쟁자가 어떻게 하고 있는지. 과거의 판매 데이터나 시장의 움직임을 참고해 읽지만, 「이걸 만들면 확실히 팔린다」는 답은 누구도 알 수 없습니다. 어디까지나 가설을 세우는 작업이라고 단념해주세요.

스텝2. 생산 계획의 책정

읽은 수요를, 구체적인 계획으로 떨어뜨립니다. 시장 니즈 · 재배 기간 · 수익성의 세 점으로 작물을 정하고, 시설 규모 · 설비 능력 · 노동력 · 판로에서 무리 없는 목표 생산량을 놓습니다. 그리고 수확 시기를 시장의 수요에 맞추고, 재배 기간을 역산해 파종일을 정합니다. 마지막으로 종묘 · 비료 · 자재 · 인원 · 전기 · 수도를 전적합니다. 출하 쪽에서 거슬러 올라가면, 이 순서가 자연히 나옵니다.

스텝3. 진척 관리와 재검토

계획은 세우고 끝이 아닙니다. 돌리면서 고쳐 가는 것입니다. 생육을 정기적으로 관찰해 기록하고, 계획대로 팔리는지 · 재고는 적정한지를 확인하고, 어긋남이 나면 원인을 찾아, 필요하면 스케줄이나 생산량을 수정합니다.

어긋나는 건 정밀도 탓이 아니다

여기서, 신입 시절에 하나만 가져 두었으면 하는 관점이 있습니다. 공정표대로 돌아가지 않을 때, 많은 사람은 「계획이 엉성했다」 「더 잘게 째어야 했다」고 생각합니다. 그러나, 아무리 잘게 해도 어긋남이 사라지지 않는 일이 있습니다. 그건, 하나의 계획 안에 속도가 다른 것이 섞여 있기 때문입니다.

출하는 수요에 끌려 주 단위로 잘게 흔들립니다. 재배는 생물의 주기라, 훨씬 느립니다. 잎채소인 레터스라면 파종부터 수확까지 35일 전후. 오늘 정식을 늘려도, 그 포기가 선반에 오르는 건 한 사이클 뒤입니다. 그리고 일손의 바쁨과 한가함은, 그 어느 쪽과도 다른 산에서 움직입니다. 이 셋을 하나의 공정표라는 같은 눈금에 올리려 하면, 빠른 파도에 맞추면 재배가 휘돌리고, 느린 주기에 맞추면 출하를 놓칩니다. 그러니 어긋남은 정밀도의 문제가 아니라, 따로 따로 돌아야 할 것을 억지로 동기화한 구조의 문제라고, 저는 봅니다.

그럼, 따로따로 돌린다는 건 무엇을 하는 것인가. 셋 사이에 완충(쿠션)을 의도적으로 두는 것입니다. 출하 쪽의 쿠션은, 선반 위에서 수확을 기다릴 수 있는 적기의 폭과, 낼 수 있는 규격

의 위아래 진폭. 재배 쪽의 쿠션은, 파종 · 정식의 새김 폭. 일손 쪽의 쿠션은, 여력입니다. 신선 잎채소는 오래 못 가고, 재고를 며칠씩 쌓아 두는 방식은 하기 어려우므로, 출하 쪽은 「재고를 두껍게」 보다 「수확 적기를 얼마나 앞뒤로 흔들 수 있는가」로 쿠션을 가집니다.

그리고 보는 것은 공정표 그 자체가 아니라, 그 쿠션이 지금 얼마나 남아 있는가입니다. 출하의 파도는 수확 적기의 폭으로 받고, 그 여지가 바닥날 즈음 재배의 새김에 손을 댍니다. 다만 재배만은, 완충이 바닥나고 나서는 늦습니다. 출하를 받는 여유가 마르고 나서 파종을 늘려도, 그 포기가 오르는 건 35일 전후 뒤. 그러니 재배의 손질만은, 수확까지의 리드 타임분을 내다 보고 앞당겨 움직입니다.

가장 움직이기 힘든 축에, 가장 쿠션을 더할 수 있다

재미있는 건, 셋 중 가장 움직이기 힘든 재배야말로, 쿠션을 더할 수 있는 곳이라는 점입니다. 한 포기가 자라는 주기 그 자체는 바꿀 수 없습니다. 그러나 「언제 뿌릴까」 「몇 번에 나눠 뿌릴까」는 바꿀 수 있습니다. 한 번에 대량으로 뿌리면 수확도 한 점에 집중해, 출하의 파도에 맞출 도리가 없습니다. 그러나 시기를 어긋나게 조금씩 뿌리면, 선반 위에 「이제 수확기에 들 포기」 「곧 오를 포기」가 계단 모양으로 늘어섭니다. 출하가 는 주는 일찍, 조이고 싶은 주는 조금 늦게. 그 폭이 생깁니다. 굳은 것은 개개 포기의 주기이고, 부드러운 것은 시간축 위에 어떻게 흩뿌리는가. 움직일 수 없는 단위를, 어긋나게 겹침으로써, 전체로는 쿠션이 됩니다.

재검토의 리듬은 파도의 빠르기로 바꾼다

보는 빈도도, 축마다 바뀌도 됩니다. 출하를 받는 수확 적기의 폭은 빠른 파도를 받으므로, 매일이나 며칠 간격으로 「지금 얼마나 흔들 수 있는 포기가 선반에 있는가」를 들여다봅니다. 재배 쪽은 매주 재도 대답이 돌아오지 않으므로, 몇 주에 한 번, 「지금 이 파종 새김이 맞나」라는 설정 그 자체를 점검합니다. 간격을 똑같이 맞추면, 빠른 쪽은 놓치고, 느린 쪽은 쓸데없이 흔들게 됩니다.

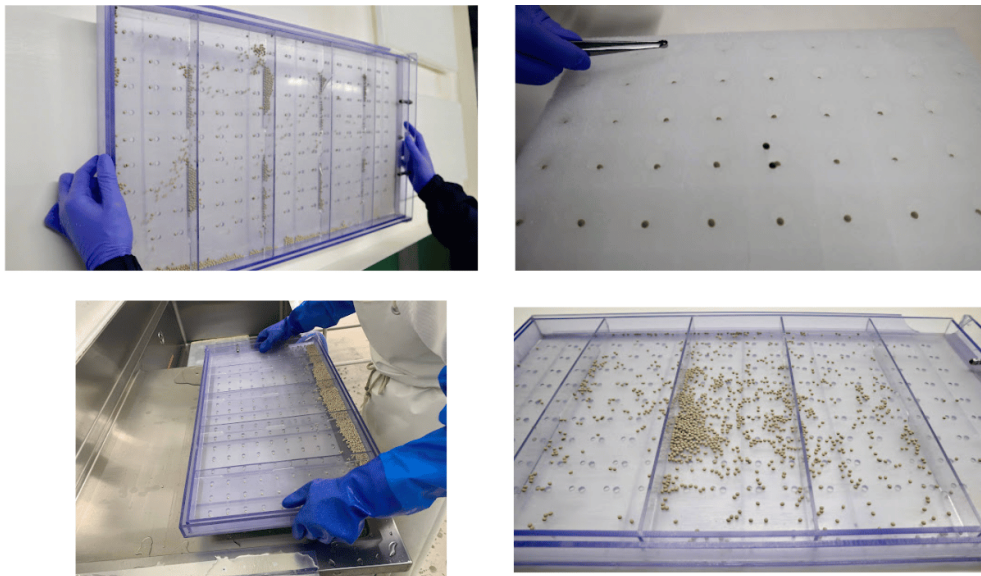
그리고, 어느 쿠션부터 줄고 있는지가, 그대로 원인의 소재를 가리켜 줍니다. 수확 적기의 폭이 늘 가늘어진다면, 파종의 새김이 출하의 파도를 따라가지 못하는 것. 사람의 여력이 늘 빠듯하다면, 인원 건적이 수확의 산을 다 흡수하지 못하는 것. 어긋남을 「계획의 안이함」으로 뭉뚱그리지 말고, 어느 축부터 무너졌는지로 갈라 볼 수 있습니다. 이것이 셋으로 나눠 보는 것의 가장 큰 실리입니다. 최초의 어긋남도, 실패가 아니라 세 시계가 움직이기 시작한 신호로서, 차분히 볼 수 있게 됩니다.

덧붙여, 매년 이것을 제로에서 짜는 건 힘든 일입니다. 제가 현장에서 쓰던 재배 스케줄 템플릿을 공개하고 있으니, 계산식의 짜임을 잡는 실마리로 삼아 주세요. 포기 수도 회전도 출하

가능률도 공장마다 다르므로, 그대로 쓰는 게 아니라, 자기 환경에 맞춰 고쳐 만드는 것이 전제입니다.

여기서부터, 「그럼 파종을 구체적으로 며칠 간격으로 할까」 「수확량과의 균형에서 재식 밀도를 어떻게 정할까」 「전기료를 억제하며 어떻게 만들까」 같은, 채산에 직결되는 판단은, 자기 공장의 숫자로 다듬는 영역입니다. 사고방식의 입구는 여기까지로 하고, 파고든 판단은 『172가지 힌트』에 넘깁니다. 생산 계획은, 식물공장 운영의 축이 되는 부분입니다.

파종



계획이 파종일을 정하면, 드디어 모종을 키우는 공정에 듭니다. 여기서부터는, 실제로 채소를 키워 가는 현장 작업을 차례로 봐 갑니다. 처음은 파종, 곧 씨를 뿌리는 공정입니다.

파종은 재배 관리의 첫걸음입니다. 식물공장에서는 흙을 쓰지 않습니다. 배지——흙 대신 뿌리를 지탱하고, 수분이나 양분을 공급하는 소재——에 씨를 뿌립니다. 흙 자체는 단순합니다. 전용 트레이에 배지를 세팅하고 물에 충분히 적신 뒤, 핀셋이나 파종기로 씨를 놓습니다. 뿌린 뒤에는 건조나 씨의 유실을 막으려 뚜껑이나 커버로 습도를 유지하고, 분무기로 부드럽게 물을 뿌리며, 온도·습도·빛을 관리하면서 발아를 기다립니다. 파종 밀도는 작물에 따라 달라집니다.

신입 시절엔, 여기서 「발아율」을 신경 쓰라고 배울 겁니다. 몇 할이 싹을 냈는가. 9할 가까이 나오면 「이번엔 괜찮네」 하고 한 번 만족합니다. 그 자체는 틀리지 않았습니다. 다만, 제가 현장에서 출하 가능률이 시원찮은 회차를 돌아보면, 발아율의 낮음보다 「그때, 안 고르더라」 쪽에 짚이는 게 많았습니다. 여기서 익혔으면 하는 관점의 전환은, 이것입니다. 파종에서 정말 봐야 할 것은 「몇 퍼센트 나왔나」보다 「얼마나 고르게 일어섰나」.

발아율이라는 숫자는 「고름」을 비추지 못한다

발아율은, 씨가 싹을 냈는지 아닌지만 셉니다. 나왔다 · 안 나왔다는 양자택일을 집계한 숫자라, 거기에 「언제 나왔나」라는 시간의 정보는 들어 있지 않습니다. 그러니, 일제히 고르게 일어난 트레이도, 사흘에 걸쳐 띄엄띄엄 계속 나온 트레이도, 마지막에 9할까지 이르면 같은 9할로 나란히 셉니다.

그러나 이 둘은 그 뒤가 전혀 다릅니다. 발아율이 「높이」라면, 고름은 「폭」——각 씨가 싹을 낸 시각의 흠어짐입니다. 같은 높이라도 폭이 좁은지 넓은지로, 뒤 공정의 다루기 쉬움이 달라집니다. 시간차로 안 고른 트레이는, 이식 언저리부터 도무지 다루기 어려워집니다. 큰 모종에 맞추면 작은 게 뒤쳐지고, 작은 걸 기다리면 전체가 늘어집니다.

여기가 중요한 데입니다. 파종과 발아는 며칠에 달하는 공정으로 보이지만, 거기서 만든 모종의 고름은, 이식 · 생육을 지나, 몇 주 뒤의 출하 가능률에까지 꼬리를 끕니다. 발아는 골이 아니라, 수확까지 이어지는 긴 공정의 입구입니다. 그러니 고름을 본다는 것은, 지표를 하나 더 하는 이야기라기보다, 파종의 좋고 나쁨을 판정하는 시점을, 발아 직후가 아니라 뒤 공정의 출하 가능률까지 뒤로 미루는 이야기라고 생각해 주세요.

고름은 「입구」에서 정해진다

그럼, 흠어진 고름은 뒤 공정에서 만회할 수 있는가. 여기는 뚜렷이 선을 그을 수 있습니다. 못합니다.

고름은 크기의 「차」가 아니라 「시간차」이기 때문입니다. 발아가 반나절 늦은 모종은, 그냥 작은 게 아니라, 발달상 반나절만큼 뒤에 있습니다. 앞선 모종보다 어립니다. 뒤에서 비료나 빛을 더해도, 전체가 그만큼 앞으로 나아갈 뿐, 선두와 맨 뒤 사이는 벌어진 채 움직여 갑니다. 한 번 붙은 시간차를, 뒤 공정에서 시간째 되돌릴 수는 없습니다.

선별이나 수확 폭으로 「흡수」하는 수는 있습니다. 늦은 개체를 속아 선두에 맞추고, 이미지로 골라내고, 수확의 폭을 넓게 잡고——이것들은 현장의 표준적인 공정이라, 눈속임이 아닙니다. 다만 공통되는 건, 시간차 그 자체를 지우고 있는 게 아니라는 점입니다. 속으면 그만큼의 모종은 버리게 되고, 수확 폭을 넓히면 선반의 회전에 폭이 생깁니다. 즉, 다시 고른 것처럼 보이는 회차는, 대개 출하 가능률이나 수고라는 비용을 치르고 시간차를 흡수하고 있는 것이지, 흠어짐이 사라져 없어진 게 아닙니다.

그러니 고름은 「나중에 고치면 된다」가 아니라 「나중에 흡수하려면 비용이 든다」고 파악합니다. 그 비용은 전표에 「고름 불량비」로 실리지 않습니다. 늦은 모종을 속는 수고, 모자라는 만큼을 메우는 보식, 이식 전의 선별 공수——고름이 나쁜 회차일수록, 이런 보이지 않는

비용이 슬금슬금 쌓입니다. 고름은 입구에서 만들려 갑니다. 그것이, 나중에 치를 보이지 않는 비용을 미리 줄이는, 가장 확실한 방식입니다.

고름을 「일어섬의 폭」으로 기록한다

폭은, 두 점의 메모로 충분히 잡힙니다. 매일 정해진 시간에 한 번만 트레이를 보고, 「최초의 싹이 난 날」과 「대충 다 난 날」의 두 점을 적습니다. 그 차가, 일어서는 데 걸린 폭입니다. 관찰의 정밀도를 올리기보다, 매번 같은 시각에 보고 조건을 맞추는 편이 훨씬 효과적입니다. 뿌린 회차끼리를 같은 잣대로 비교할 수 있기 때문입니다.

한 가지 요령이 있습니다. 「대충 다 난 날」은, 9할이 아니라 「8할쯤 난 날」로 잡는 게 좋습니다. 마지막 1할은 늦게 오는 알이나 결국 안 나는 알에 끌려, 날짜가 흐려지기 쉽기 때문입니다. 게다가 이 8할은 기록만을 위한 숫자가 아닙니다. 파종 직후에 씌운 보습 커버(돔)는, 대충 8할이 발아한 데서 벗깁니다. 벗기는 게 늦으면 빛이 닿지 않아 모종이 웃자라 가늘고 길어지고, 과습으로 병도 나기 쉽습니다. 「8할에 커버를 벗긴다」는 작업의 신호와, 「8할에 다 난 날을 기록한다」는 관찰의 신호는 같은 점에서 겹칩니다. 커버를 벗기는 김에 날짜를 적으면, 조작과 기록이 한 붓에 끝납니다.

최초의 싹의 날과, 8할의 날. 이 두 점의 차를 회차마다 늘어놓기만 해도, 고른 회차와 흩어진 회차는 꽤 뚜렷이 갈려 보이기 시작합니다. 세세한 관찰은, 신경 쓰이는 회차가 나오고 나서 하면 충분합니다.

흩어짐의 원인은, 먼저 온도부터 의심한다

일어섬이 흩어지는 원인 중, 현장에서 손대기 쉬운 것은 환경의 불균일입니다. 씨 자체의 개체차는 분명 있고, 이것이 고름의 「하한」을 정합니다. 아무리 조건을 맞춰도 씨의 흩어짐 이상으로는 안 고릅니다. 다만, 제가 인공광형 육묘에서 봐 온 범위에서는, 흩어지는 회차는 그 하한까지 환경을 다잡지 못한 경우가 더 많았습니다. 뿌린 뒤의 온도와 수분이, 트레이의 가와 가운데, 선반의 위 단과 아래 단에서 안 맞습니다. 같은 트레이 안에서, 어떤 알은 발아 스위치가 켜지는 조건에 있고, 어떤 알은 아직 아닙니다. 그것이 시간차가 되어 나옵니다.

그러니 순서로는, 먼저 환경의 불균일을 부숴 봅니다. 가까이서 가늠을 잡으려면, 우선 온도입니다. 발아의 적온은 작물마다 다르고, 제가 키워 온 잎채소의 감으로는, 레터스보다 소송채나 경수채 쪽이 조금 높은 대역에서 일어섬이 고르기 쉽다, 는 정도의 차이는 있었습니다. 세세한 숫자를 외우기보다, 지금 쓰는 작물의 적온 대역에서 벗어나지 않았는지, 발아가 늦은 회차는 우선 거기를 의심할 값어치가 있습니다. 수분의 불균일도 고름에 영향을 미치지만, 온도와

수분은 연동되기 쉽습니다—따뜻한 데는 마르기 쉬우므로, 온도의 불균일을 먼저 보면 수분도 대충 짐작이 쉽니다. 특히 흡수기의 수분은 크게 좌우하므로, 초기엔 충분히 머금게 하고, 발아가 확인되면 조금 낮춥니다. 이 올림 내림도 곳에 따라 불균일하면 일어섬의 차로 이어집니다.

보는 곳은, 전부를 썰 필요는 없습니다. 가장 차가 날 듯한 두 점만이면 됩니다. 선반이라면 위단과 아래 단, 단일 트레이라면 가와 중앙. 여기는 구조적으로 차가 나기 쉬운 곳입니다. 온도계를 하나씩 놓고, 일어섬의 폭과 맞대 봅니다. 늦기 쉬운 회차가 정해진 단·정해진 위치에 치우쳐 있다면, 그것이 불균일의 정체입니다. 나머지는 늦는 단의 온도를 올리고, 놓는 자리를 바꾸고, 그래도 다 고를 수 없는 불균일에는 순환팬으로 공기를 움직이는, 같은 손질을 하고, 같은 잣대로 회차를 거듭해 가기만 하면 됩니다.

손질의 메뉴 자체는, 온도 불균일 부수기와 씨 로트 재검토로, 늘 하던 것과 다르지 않습니다. 다른 건 타이밍입니다. 지금까지 온도 불균일을 알아채는 건, 대개 모종이 흠어져 이식에서 곤란해지고 나서—뒷북이었습니다. 일어섬의 폭을 입구에서 봐 두면, 같은 수를, 모종이 자라 버리기 전에 선수로 칠 수 있습니다. 이것이, 고름이라는 관점을 하나 갖는 것의 실리입니다.

다잡아도 남는 흠어짐은, 씨 로트의 이야기

온도의 불균일을 다 부셔도, 그래도 남는 흠어짐이 있습니다. 그건 씨 자체의 실력의 하한이라, 뿌리는 법으로는 넘을 수 없는 벽입니다. 거기까지 몰아붙여도 흠어지는 회차가 이어지면, 이제 뿌리는 법의 문제가 아니라, 씨 로트나 조달 쪽에서 볼 이야기로 바뀝니다. 현장의 손질과, 매입·로트 선정에서 볼 이야기는, 선을 나눠 두는 게 좋습니다.

그러기 위해서도, 보관은 저온·저습·차광을 기본으로, 오래된 재고부터 먼저 쓰는 선입선출을 철저히 하고, 로트 번호를 적어 둡니다. 씨는 겉보기로는 모른 채 활력이 떨어지는 일이 있고, 그게 나중에 발아 불량으로 나옵니다. 고름이 흠어졌을 때, 그것이 뿌리는 법인지 로트인지를 가르려면, 어느 로트를 언제 썼는지가 남아 있지 않으면 이야기가 시작되지 않습니다.

여기까지가, 파종에서 익혔으면 하는 관점입니다. 최적의 발아 조건이나 씨의 고르는 법을 어디까지 다듬어 이익으로 바꿀지—그 가늠은 현장마다 풀어 가는 영역이라, 이 책에서는 입구만으로 그칩니다. 파고든 판단은 『172가지 힌트』에 넘깁니다.

육묘



파종을 마치고 싹이 나면, 그 싹을 이식에 전될 수 있는 모종까지 키우는 기간에 듭니다. 이것이 「육묘」입니다. 공정으로는 파종과 이식 사이에 낀 수수한 시기지만, 여기서의 좋고 나쁨이, 그 뒤의 생육 성적을 거의 정해 버립니다. 신입 시절엔 수확이나 이식 쪽이 두드러져 보이지만, 현장에서 오래 해 온 감으로 말하면, 모종 단계에서 넘어진 구획은, 끝까지 만회 못 하는 일이 많습니다. 공장에 따라선 전용 육묘실이나 육묘 선반을 두고, 여기만 환경을 만들어 넣습니다.

왜 그렇게까지 모종에 매달리는가. 이유는 단순해서, 튼튼한 모종은 그 뒤가 전부 편해지기 때문입니다. 뿌리가 튼튼히 뻗은 모종은 이식처의 환경에 잘 적응해, 활착이 빠릅니다. 생육도 그대로 순조로이 나아가므로, 수확까지의 기간이 줄어듭니다. 영양 상태가 좋은 모종은 병에도 강합니다. 반대로, 가늘고 약한 모종을 그대로 내보내면, 이식 후에 흠어지고, 병이 나기 쉽고, 결국은 수확량에 영향을 미칩니다. 육묘는, 최종 수확량을 밑에서 끌어올리기 위한 투자라고 생각해 주면 됩니다.

모종 만들기에서 가장 조심할 것은, 웃자라게 하지 않는 것입니다. 웃자람이란, 줄기만 가늘고 길게 뻗어 연약해지는 것. 원인의 대부분은 빛이 모자란 것과, 온도가 너무 높은 것에 있습니다. 발아 후, 떡잎이 벌어져 광합성을 시작하는 시기에, 조명을 대는 게 늦으면 단숨에 웃자랍니다. 발아 기간은 빛을 대지 않는 운용을 하고 있는 경우엔, 떡잎이 벌어지면 손 늦지 않게 조명을 시작합니다. 여기의 타이밍은 현장에서 다잡아 뒤편 할 요점입니다.

환경의 요점은, 파종 때와 잇닿아, 온도 · 습도 · 빛 · 양액의 넷입니다.

- 온도: 작물과 생육 단계에 맞춥니다. 레터스라면 육묘실의 실내 기온(수온이 아니라)을 낮에 25℃ 전후로 관리하는 게 일반적(웃자람을 억제하고 싶으므로 밤엔 다소 낮춰 조입니다). 작은 모종은 저온에 약하므로, 너무 낮추지 말 것.
- 습도: 너무 높으면 병이 나기 쉽습니다. 상대습도로 60~70% 정도가 기준.

- 빛: 옷자람을 막는 데 효과적인 것이 빛입니다. 발아 자체에 빛이 필요 없는 품종은 많지만, 떡잎이 벌어진 뒤엔 적절한 광량을 확보합니다. 조명 시작이 늦으면, 그것만으로 연약한 모종이 됩니다.

- 양액: 모종이 작은 동안은 양액 농도(EC)를 낮게 하고, 생육에 맞춰 올려 가는 것이 기본입니다. 다만, 제 경험으로는, 관리가 어렵다면 낮게 설정한 EC를 일정하게 운용해도 실용상 문제없습니다(본포와 같은 고 EC로 일정하게 한다는 뜻이 아니라, 낮음~중간 정도의 값으로 일정하게 한다는 뜻입니다).

모종 만들기에서 겨냥하는 것은, 그저 큰 모종이 아니라, 고른 모종입니다. 같은 트레이 안에서 생육이 흩어지면, 이식의 타이밍을 맞출 수 없어, 그 뒤의 관리가 내내 성가셔집니다. 물주기의 불균일, 선반 위치에 따른 빛이나 온도의 불균일, 파종 밀도의 흩어짐——안 고른 원인은 대개 이 언저리에 있습니다. 한 장의 트레이를 뺐을 때, 모종의 키와 잎의 전개가 고르게 보이는 상태를, 매번 만들 수 있게 합니다. 이것이 육묘의 숨씨를 보이는 곳입니다.

모종이 자라 옆의 잎과 겹치기 시작하면, 다음 공정인 이식의 신호입니다.

이식과 정식



육묘를 마친 모종은, 더 넓은 공간으로 옮겨 갑니다. 옆의 잎과 겹치기 시작한 모종을 그대로 두면, 빛이 두루 닿지 않고, 뿌리도 웅색해 양분을 충분히 못 뺍니다. 넓은 공간으로 옮겨 주면, 한 포기당 수광이 돌아와, 생육이 다시 가속합니다. 이 옮김을 단계적으로 되풀이하며, 마지막에 수확까지 데려갈 간격으로 심는 것이 정식입니다.

재식 간격은 「심는 형편」이 아니라 「출하」에서 정한다

정식 때, 「1㎡에 몇 포기 넣을까」를, 그 자리 작업의 형편——빨리 심을 수 있는지, 손실이 나는지——으로 정하고 있지 않나요. 한 사람당 몇 장을 처리하는지, 활착으로 얼마나 떨어뜨리지 않는지. 그 잣대 자체는 중요합니다. 다만 포기의 뻣뻣함(밀도)만은, 그 빠르기의 감각으로 정해 버리면, 수확의 수월함이나, 선반당 팔리는 무게가, 뒤에서 짊여 갑니다.

심을 때는 빨리 뽁뽁이 넣을 수 있어 기분 좋은데, 수확의 손이 느려집니다. 뽁뽁이 넣은 선반은 겉보기엔 빼곡해 수확량이 있어 보이는데, 한 포기가 자잘하게 올라와, 재 보면 「겨냥한 크기에 이르는 포기」가 생각만큼 안 나옵니다. 심는 간격은, 그 자리 작업의 형편뿐 아니라, 마지막에 재서 팔리는 무게까지 좌우하고 있는 것입니다.

왜 그런가. 선반 위에 내리는 빛의 양은, 밀도를 올려도 늘지 않습니다. 결국, 그 일정한 빛을 포기 수로 나눠 갖고 있을 뿐입니다. 그러니 포기를 늘리면 한 포기의 몫이 줄어 자잘해집니다. 여기서 틀리기 쉬운데, 면적당 수확 총량——그로스로서 켜 무게——은, 포기 수를 늘리면 어느 밀도까지든 오히려 계속 늘어납니다. 한계에 이르는 건 총량 쪽이 아니라, 「겨냥한 마무리 크기에 이르러, 규격으로서 출하할 수 있는 무게=팔리는 무게」 쪽입니다. 빼곡해 보이는데 쓸 수 있는 무게가 안 느는 건, 대개 규격을 깬 자잘한 포기가 늘고 있는 증거입니다.

반대로, 재식 간격을 너무 넓게 잡으면, 한정된 재배 공간을 살리지 못해, 단위 면적당 수확량이 떨어집니다. 식물공장은 재배 베드를 세로로 쌓아 생산 효율을 높이는 구조이므로, 공간은 최대한 쓰고 싶습니다. 그러나 너무 뽁뽁하면 생육에 지장이 납니다. 이 양립이 정식의 요령입니다.

그러니 순서를 뒤집습니다. 우선 겨냥하는 한 포기의 마무리 크기와, 수확의 손이 기분 좋게 드는 틈을 먼저 놓습니다. 거기서 역산해 간격을 정하고, 심는 빠르기는 마지막에 절충합니다. 「심는 쪽의 상한」이 아니라 「수확하는 쪽과 선반에서 팔리는 무게에서 끌어온다」——이 순서로 생각하면, 밀도는 꽤 보이는 방식이 달라집니다.

덧붙여, 이 「너무 뽁뽁하면 손해」는, 한 포기의 마무리 크기로 출하하는 결구 잎채소나 큰 포기 잎채소를 상정한 이야기입니다. 베이비 리프처럼 개수나 총량으로 파는 품목에서는, 한 포기가 규격을 깨는 손해가 나기 어려운 만큼, 알맞은 밀도는 더 뽁뽁한 쪽으로 쏠립니다. 균형점이 품목에 따라 다를 뿐입니다.

개수가 아니라 「한 포기가 퍼는 원」으로 본다

그렇다고는 해도, 현장의 손은 「조금만 더 뽁뽁이 하면 개수를 번다」에 끌리기 쉽습니다. 이 건 욕심 때문이 아닙니다. 몇 포기 심었는지는 그 자리에서 셀 수 있는데, 수확의 초 수나 규격에 이르는 무게는, 한참 뒤라야 나옵니다. 앞에 있는 숫자에 고삐를 잡혀 있을 뿐입니다.

그래서, 손에 두면 좋은 건 개수가 아니라 「한 포기가 퍼는 원」의 이미지입니다. 심을 때, 겨냥하는 크기로 오른 잎 펼침의 원을 한 포기씩 머리에 그리고, 그 원이 옆과 얼마나 겹치는지만 봅니다. 원이 부딪쳐 파고들기 시작하면, 그것이 「빛을 다투어 규격을 깬다」와 「수확의 손이 안 든다」 양쪽의 미리 당김입니다. 조금 더 물건으로 남기고 싶다면, 정식 패널에, 겨냥

하는 크기의 잎 펼침과 같은 지름의 원을 하나 그려 둡니다. 심을 때마다 그 원과 눈앞의 재식 간격을 견주고, 원보다 뽕뽕하면 미리 당기고 있다, 고 한눈에 알 수 있는 표시로 삼습니다. 구멍 피치가 고정되어 그 자리에서 못 움직여도, 다음에 어느 패널을 쓸지 정할 때의 기준이 됩니다.

단차 · 출하 가능률 · 자동화는 다른 이야기

한 가지, 혼한 걸림에 짊어 둡니다. 「같은 간격으로 심어도, 위 단과 아래 단에서 오르는 방식이 조금 다르다.」 이 차의 범인은, 대개 빛이 아닙니다. 인공광형의 랙은, 어느 단에도 같은 패널을 같은 높이로 달아, 빛을 단에 상관없이 고르게 하는 전제로 설계되는 게 보통입니다. 남아서 작용하는 건 온도와 기류의 불균일——열은 위 단에 갇히기 쉽고, 바람이나 CO₂의 도는 방식이 단이나 위치에서 안 고른다——쪽입니다. 그러니 어떤 단이 늘 자잘하게 오른다면, 밀도를 단마다 만져 따라잡게 하려 해도, 정식도 패널도 관리가 번잡해지는 데 비해, 정작 원인은 손대지 못한 채가 되기 쉽습니다. 거기는 재식 간격이 아니라, HVAC나 송풍, 설비로 고치는 이야기가 됩니다.

하나 더, 뽕뽕이 넣어 잎이 맞물리면, 포기의 안쪽에 증산을 재촉하는 공기가 닿기 어려워져, 품종에 따라선 속잎의 끝이 마릅니다——팁번 같은 나타남이 늘어납니다. 잎이 서서 재식 간격에 틈이 남기 쉬운 품종은 다소 뽕뽕해도 버티지만, 잎이 누워 감아드는 품종은 중심이 막히기 쉬워, 뽕뽕함에 약합니다. 그러니 「무너지기 쉬운 품종일수록 원을 크게 보고, 겹치기 전에 멈춘다」. 밀도를 뽕뽕이 하는 판단과 품종의 고르는 법은, 이어서 보는 것입니다.

인건비가 신경 쓰이면 「차라리 이식을 자동화하면」이라는 방향으로 이야기가 향하기 쉬운데, 여기는 기대치를 한 단 낮춰 보는 게 안전합니다. 기계가 빠른 건 「심는 빠르기」이고, 수확량을 정하던 수광 면적과 수확의 틈——배치의 질——은, 빨리 심어도 저절로 좋아지지 않습니다.

최적의 재식 간격의 가늠, 단차를 메우는 설비 투자 판단, 이식 자동화가 채산에 맞는지 어떤지——이 언저리는, 선반당 출하 무게라는 잣대로 실측해야 비로소 판단할 수 있는 영역입니다. 세 지표(규격에 이르는 무게 · 수확의 초 수 · 출하 가능률)를 연동시켜 재는 절차, 품종별 분류, 자동화의 현실적 평가는, 『172가지 힌트』에서 자세히 다룹니다. 현장 신입으로서선 우선, 심을 때마다 패널의 원과 눈앞의 재식 간격을 견주는——이 한순간의 버릇만 챙겨 가면 충분합니다.

수확과 다듬기



정식한 포기가 다 자라면, 재배의 마지막 공정——수확과 다듬기입니다. 스스로 뿌린 씨가 채소로서 완성되는 순간이지만, 동시에, 판매로 향하는 새 공정의 출발점이기도 합니다.

저는 인공광형 식물공장(PFAL)에서, 잎채소 수확에 십 년 넘게 관여해 왔습니다. 이 공정에서 가장 많이 받는 상담이, 「빨리 베면 품질이 떨어지고, 정성껏 하면 개수가 안 나온다」는 줄다리기입니다. 빨리 벨 수 있는 라인을 짜면, 매대에 놓일 즈음엔 잎끝이 상해 있습니다. 안상하게 손을 늦추면, 이번엔 하루 수확량이 목표에 못 미칩니다. 어느 쪽을 세워도, 다른 쪽이 무너지는 감각에 쫓이는 사람은 많을 겁니다.

그러나, 이건 효율과 품질을 하나의 저울에 올렸기에 양자택일로 보일 뿐입니다. 잘 보면, 수확에는 따로따로 돌릴 수 있는 손잡이가 몇 개 있습니다. 언제 벨까 · 어떻게 움직일까 · 무엇으로 벨까——일단 갈라 보면, 칠 수 있는 수가 늘어납니다. 빛이나 온도 같은 큰 장치는 일단 옆에 뒀도, 현장에서 오늘부터 움직일 수 있는 것만으로, 이야기는 「빠르기냐 품질이냐」의 하나만이 아니게 됩니다.

손잡이를 돌리기 전에, 위생의 바닥을 정돈한다

손잡이를 돌리기 전에, 하나 더 먼저 놓을 게 있습니다. 「품질의 바닥」입니다. 기구나 수확 용기를 씻어 말리고, 수확 구역의 물이나 쓰레기를 부지런히 치우고——수경 잎채소에서는, 이것이 절단면 이전의 품질을 정하는 토대가 됩니다. 물기가 남은 채 포장하면, 곰팡이나 부패의 입구가 됩니다. 제가 현장에서 입이 닳도록 말해 온 것도 여기입니다.

씻기 · 말리기 · 치우기는, 돈이 안 들고, 오늘부터 할 수 있고, 다시 해도 됩니다. 그러니 가장 먼저 돌릴 수 있는 손잡이이기도 합니다. 여기가 험거운 채 절단면 이야기를 해 봐야, 발밑이 빠진 채가 됩니다. 위생의 사고방식 자체는, 뒤의 「위생 관리의 철저」에서 한데 다루지만, 수확의 현장에서는 「균을 어딘가에서 끊는다」기보다, 물기와 잔사를 남기지 않고, 늘리지

않고 · 퍼뜨리지 않는다는 자세로 충분합니다.

언제 벨까——시간대와 베는 날

우선 하루 중의 시간대입니다. 제가 봐 온 현장에서는, 오후가 되면 피로가 나서, 벤 만큼이, 나중에 상자 담기 단계에서, 절단면이 거칠고 길이가 들쭉날쭉하다, 고 발견되는 일이 있었습니다. 반대로 시업부터 점심에 걸쳐서는 집중이 이어져, 손이 빨라도 고릅니다.

다만, 어느 시간대가 거칠어지는지는 현장이나 사람에 따라 다릅니다. 아침 첫머리는 손도 눈도 열어 있어, 첫 한 시간이 가장 거칠다, 는 현장도 있을 겁니다. 그러니 시간대를 단정하기보다, 자기 현장에서 언제 거칠어지는지를 보고, 그 대역만 고름에 힘을 쏟습니다. 거칠어지는 대역을 알면, 그 시간은 다른 것으로 단념하고, 빠르기의 손잡이를 일단 낮추고, 길이를 고르는 데만 집중합니다. 상태가 올랐을 때는 속도를 올려도 고르기 쉽습니다. 같은 수확이라도, 시간대로 겨냥을 나누는 것입니다.

재미있는 건, 거칠어지는 대역의 품질이 안정되면, 그 뒤의 빠르기도 오히려 늘어난다는 점입니다. 상자 담기 단계에서 고치는 되돌림이 줄므로, 뒤 공정이 빨라집니다. 빠르기와 품질을 정면으로 부딪치기보다, 시간대마다 어느 쪽을 우선할지를 먼저 정해 두면, 양쪽 다 저절로 따라오는 대역이 있습니다.

한 단 더 느린 「베는 날」——며칠째에 벨까——에도, 효과적인 게 있습니다. 수확 예정일을 하루 어긋냈더니, 전날은 작은 포기가 섞여 있었는데, 다음 날은 고르고, 베기도 상자 담기도 매끄럽게 끝났다. 그런 경험은 없나요. 다만, 감으로 하루 어긋냈을 뿐이라면, 재현할 수 있는 채비가 되지 않습니다. 애초에 포기의 고름은, 정식의 밀도나 앞 공정, 거슬러 올라가면 발아의 고름으로 정해지는 부분이 크므로, 베는 쪽만의 이야기가 아닙니다. 그래도, 고른 날을 골라 벤다, 는 판단은 수확의 현장에서 할 수 있는 것입니다.

어떻게 움직일까——절단면의 고름은 동선으로 달라진다

오후, 피로해지면, 손목만으로 짹짹 합니다. 벤 만큼을 왼손에 쌓으며, 다음 포기로 손을 뺄 때는 동작이, 어딘가 어색합니다. 그런데 아침, 컨디션이 오를 때는, 팔째, 포기에 대해 몸째 돌아섭니다. 같은 사람인데도요. 그 「어떻게 움직이는가」가, 절단면의 고름을 크게 좌우합니다.

손목 짹짹질이 거칠어지는 건, 아마 베는 범위가 너무 넓어, 먼 포기에 손만 뺄기 때문입니다. 그러니, 포기를 작업대나 컨베이어로 옮겨 처리하는 국면에서는, 작업대의 높이를 팔꿈치가 살짝 굽는 정도로 맞추고, 손을 뺄 범위를 한 걸음분으로 좁힙니다. 닿는 범위만 베면, 몸째

다가섭니다. 그러면 칼날을 넣는 각도가 매번 고르므로, 절단면이 흠어지기 어렵습니다——인공광형 잎채소의 현장에서 여러 번 확인해 온 감각입니다.

자세의 부하가 내려가는 것 자체는, 연구에서도 재였습니다. 식물공장에서의 잎채소 수확을 동작 해석한 보고에서는, 선 채나 높은 작업대에 비해, 앉아서 작업대를 팔꿈치 높이에 맞추고, 작업 범위를 좁히면, 목을 젖히는 각도도, 어깨를 앞으로 내미는 각도도 작아졌습니다. 다만, 이건 독립된 작업대에 앉는 국면을 켜 것이라, 다단 랙의 위 단에서 그 자리에서 베는 국면에 그대로 들어맞는 건 아닙니다. 효과적인 건, 포기를 대나 컨베이어로 옮겨 처리하거나 선별하는 국면입니다.

무엇으로 벨까——도구보다, 동작의 일정함

도구 이야기입니다. 잎채소를 벨 때, 가위를 쓰는 사람도 있고, 칼 같은 날붙이로 쓱 당기는 사람도 있습니다. 가위나 날붙이나로 고름이 정해진다고보다, 어느 쪽도 「같은 각도로 같은 위치에 날이 드는가」 쪽이 더 크게 작용합니다. 가위는 닫히는 위치가 정해지기 쉬운 만큼 길이는 고르기 쉽습니다. 단면은 쓱 당기는 편이 매끄러울 때도 있습니다. 어느 쪽이 뛰어나다는 이야기가 아니라, 자기 동선에 맞는 쪽을 고른다, 는 사고방식입니다.

도구 언저리에서 하나 더, 위생이 얹힙니다. 식칼이나 가위, 수확 용기는, 쓰면 곧바로 씻어 말립니다. 날의 예리함 유지뿐 아니라, 수경 잎채소에 들고 싶지 않은 더러움을 끊기 위한, 현장의 기본입니다.

다듬기——정돈하는 공정, 상품 가치를 만든다

베고 나면, 다듬기입니다. 다듬기란, 수확한 채소를 정돈하는 작업. 단순한 겉보기 이야기가 아니라, 상품 가치 그 자체에 관여합니다. 모양이 정돈되어 깔끔하게 다듬어진 채소는, 신선하고 맛있어 보이고, 안심감이 있고, 고품질의 인상을 줍니다. 잎채소라면, 바깥쪽의 상한 잎이나 밑동을 몇 장 떨어뜨리고, 중심부의 깨끗한 잎을 남깁니다. 잎의 매수 · 길이 · 무게 · 모양 등의 기준은, 공장이나 판매처에 따라 세세히 정해져 있는 일이 있습니다.

여기서 의식하고 싶은 건, 다듬기는 과학계 하면 오히려 역효과다, 는 것입니다. 상한 겉잎이나 밑동을 떨어뜨리는 작업이지만, 지나치게 제거하면 팔리는 무게가 그대로 줄어듭니다——출하 가능량을 떨어뜨리는 방향으로 작용합니다. 반대로, 상처를 내거나 잎을 뜯으면, 상품 가치가 떨어집니다. 그리고 거친 작업은 되돌림이 나서, 결국 시간이 걸립니다. 그러니 선별은, 크기와 품질의 기준을 미리 정해 등급을 나눠 두면, 판단이 사람마다 흔들리지 않습니다.

숨씨의 차로 보이는 것과, 설계로 밑에서 끌어올릴 수 있는 것

마지막으로, 하나의 깨달음이 남습니다. 베테랑과 신입에서 수확량이나 품질에 차가 나면, 그만 「저 사람은 아직 솜씨가」로 치부합니다. 그러나, 여기까지의 이야기를 뚫으면, 그건 솜씨의 문제가 아니라, 작업대의 높이가 안 맞거나, 베는 날의 채비가 사람마다 안 고르거나, 위생의 절차가 나눠지지 않았거나, 하는 것뿐일지도 모릅니다.

여기서 둘을 나눠 봅니다. 설계——작업대의 높이, 베는 날의 채비, 위생이나 다듬기의 절차——는, 베테랑과 신입의 「하한」을 밑에서 끌어올립니다. 절차가 종이 한 장으로 나눠져 있으면, 신입의 최저선이 오릅니다. 한편 「상한」, 곧 숙련된 사람의 산출이나, 어려운 국면에서의 가늠, 힘 조절의 안배는, 이걸 솜씨로 정해지는 쪽입니다. 설계를 고르게 해도 사라지지 않고, 사라져야 할 것도 아닙니다.

혼동하면, 아까운 일이 됩니다. 실은 설계로 고칠 수 있는 단차를 「저 사람은 아직 솜씨가」로 치부하면, 종이 한 장으로 메울 수 있었을 차를 놓칩니다. 그러니, 우선 설계로 하한을 밑에서 끌어올리고, 그래도 남은 차를, 비로소 솜씨라고 부릅니다. 순서는 그런 것입니다.

덧붙여, 여기서부터는, 수확의 현장만으로는 움직일 수 없는 손잡이도 있습니다. 베기 며칠 전에 시비를 조여 잎의 질산염을 낮추는 사전 준비, 빛이나 양액처럼 수확량을 올리면 영양가가 떨어지는 트레이드오프, 그리고 자동화 기계를 들일지 어떨지의 판단——어느 것이나 수확량이나 채산에 직결되는 파고툼이라, 「얼마면 값어치가 있는가」의 가늠이 필요합니다. 이것들은 수확의 입구를 넘는 이야기이므로, 사고방식의 입구만 놓고, 자세히는 『172가지 힌트』에 넘깁니다. 수확 공정의 개선은, 마지막엔 공장 전체의 수익에 크게 영향을 미칩니다.

수확 후의 작업



베어 낸 채소는, 그대로 뒤도 되는 게 아닙니다. 채소는 수확한 순간부터 신선도가 떨어집니다. 겉보기는 물기를 잃어 시들고, 맛은 풍미가 떨어져 쓴맛이나 아린맛이 늘고, 영양가도 내려갑니다. 출하까지의 일련의 작업이, 이 신선도를 어디까지 지킬 수 있는지를 정합니다.

수확 후의 작업은, 크게 넷입니다. 재배 구역에서 작업 구역으로 나르는 운반(반출 중에도 온도를 유지하고, 용기나 대차로 충격을 흡수). 크기 · 모양 · 무게를 규격에 맞추는 계량과 선별. 봉지나 팩에 담는 포장과 곤포. 그리고 적절한 온습도로 재우는 보관. 절차로는 이 순서로 흘러갑니다.

다만, 여기서 하나 보는 방식을 바꿔 두고 싶은 게 있습니다.

품질을 확인하는 순간과, 고객이 확인하는 순간

계량하고, 포장하고, 검품하고, 출하한다. 하나하나를 착실히 돌리고 있다. 그런데도, 출하한 뒤에 「잎이 시들어 있었다」 「물방울로 상해 있었다」 고 클레임이 옵니다. 계량은 규격대로, 포장도 검품도 절차대로. 그런데 도착한 데서 말을 듣습니다.

잘 생각하면, 이쪽이 품질을 확인하는 마지막 순간은 검품대이고, 고객이 그것을 확인하는 첫 순간은, 도착한 상자를 열었을 때입니다. 그 사이에, 운송의 시간과 온도와 흔들림이, 통째로 가로놓여 있습니다. 검품에서 물방울을 놓쳐 통과시키면, 밀폐한 상자 안에서 그 수분이 도망갈 데를 잃어, 운송 내내 잎을 찢니다. 출하 시점에는 문제없어도, 도착할 즈음엔 상해 있습니다.

즉 수확 후의 작업은, 지금의 상태를 확인하기만 하는 공정이 아니라, 몇 시간 뒤 · 며칠 뒤의 상태를 지금 여기서 정해 버리는 공정입니다. 그러니 검품의 기준도, 「규격 안인가」 뿐 아니라 「열었을 때 어떻게 되어 있는가」 에서 역산해 다시 갖게 됩니다.

그 역산의 첫걸음은, 자신이 고객이 되어 보는 것입니다. 오늘 낸 짐에서 한 상자를 뽑니다. 출하 선반에 둔 채로 두지 말고, 같은 운송 시간분, 같은 온도대로 재우고, 저쪽이 열 시각에 스스로 엽니다. 그러면 「상자 담기 때는 문제없음, 반나절 뒤에 물방울, 하루 뒤에 시듦」 과, 자기 공정의 출구에서 무엇이 일어나는지가 시간축에 늘어섭니다. 이건 물류의 그 앞까지 맞추는 게 아닙니다. 물류에 넘기기 전에, 자기 공정 안에서 이미 심어 버린 상함만을 갈라내기 위한, 아주 썩 검증입니다.

상하는 방식의 세 가지 형

시간이 지나 나타나는 상함은, 뭉뚱그려 「신선도가 떨어졌다」 로 치부하지 않는 게 좋습니다. 손으로 만지면, 몇 가지 형으로 나뉩니다. 일어나는 물리가, 저마다 다른 것이기 때문입니다.

시늬(탈수)은, 앞에 탱탱함이 없고 가볍습니다. 무게를 재면, 출하 때보다 줄어 있을 겁니다. 이걸 식히기 전 단계에서, 앞에서 수분이 도망가는 신호. 제 현장에서 시늬가 날 때는, 대개 수확부터 예랭·포장 사이에, 잎을 맨몸으로 마른 공기에 둔 시간이 길어졌습니다. 칠 수는, 식히기 전·싸기 전에 마르게 하지 않는 것, 잎을 노출시키는 공정을 다잡는 것. 싸기 전에 시늬가 나기 쉬우면, 가슴으로 잎 둘레의 마름을 억제하는 것도 효과적입니다. 다만 조심할 건, 이 가슴이 효과적인 건 「싸기 전·시늬 쪽」 뿐이라는 것. 봉지에 넣어 닫은 뒤에 습기를 가두면, 이번엔 아래 두 쪽으로 흔들립니다. 같은 「수분」이라도, 국면에 따라 칠 수가 반대가 됩니다.

물방울(결로)은, 봉지 안쪽에 알이 붙는 모양으로 나타납니다. 따뜻한 채 밀폐해 버린 형입니다. 심까지 식지 않은 잎을 봉지에 넣어 봉하면, 안의 수분이 도망갈 데를 잃어 안쪽에서 이슬이 됩니다. 칠 수는, 밀폐 전에 온도를 끝까지 떨어뜨리는 것, 또는 내보내는 포장으로 바꾸는 것. 반대로 심까지 식히고 나서 닫으면, 밀폐는 오히려 수분을 지켜 유리하게 작용하는 면도 있습니다. 밀폐 그 자체가 나쁜 게 아니라, 식히기 전에 봉한 것이 작용하고 있다, 는 것입니다.

부패(뜸)는, 상자의 밑단이나 중심부에 나기 쉽습니다. 식기 전에 쌓아 올려, 중심의 열이 안 빠진 형입니다. 칠 수는, 쌓기 전에 심 온도를 떨어뜨리는 것, 바람이 통하는 쌓는 법으로 하는 것. 여기에 하나 더, 온도나 쌓는 법만으로는 설명이 안 되는 경로가 있습니다. 부패에는, 원래 잎 표면에 붙어 있던 균의 수도 크게 작용합니다. 기구나 용기가 더러우면, 거기서 균을 받고, 나머지는 봉지 안의 습기와 온도가 그것을 진행시킵니다. 그러니 부패 대책은, 특별한 살균 설비를 들이는 게 아니라——우선은 쓴 기구·용기를 씻어 말리고, 작업대의 물기를 닦고, 나온 부스러기를 안 쌓는, 당연한 치우기입니다. 균은 원래 어디에나 있고, 제로로는 못 합니다. 그러니 「안 들이기」보다 「안 늘리기·안 퍼뜨리기」. 이걸 형을 말하기 이전의, 품질의 바닥에 해당하는 위생의 루틴입니다.

몇 도·몇 분에 형이 갈리는지는, 작물에 따라서도 포장에 따라서도 물류 조건에 따라서도 움직입니다. 여기서 단정은 못 합니다. 자기 현장에서 한 상자를 쫓아, 어디서 형이 나는지를 확인하는 게 확실합니다.

칠 수는 「운용→소모품→설비」의 순서로

형마다 칠 수를 낸 뒤, 이번엔 다른 축으로 늘어놓습니다. 바꾸는 데 드는 수고와 돈의 크기로, 칠 수는 세 층으로 나뉩니다.

첫째는, 순서·타이밍·동선의 층. 식히는 순서, 쌓는 법, 잎을 노출시키는 시간은, 오늘부터 운용으로 바꿀 수 있습니다. 돈은 안 들고, 정해 돌리기만. 재고를 내는 순서도 여기입니다. 먼

저 넣은 것부터 먼저 낸다. 이걸 깨고 오래된 재고를 선반에 머물게 하면, 그만큼 탈수도 부패도 진행할 시간을 주게 됩니다. 기구를 씻어 물기를 치우는 위생도, 이 공짜 층에 나란히 섭니다.

둘째는, 소모품·지그의 레벨. 포장 자재를 내보내는 것으로 바꾸고, 선반의 높이를 바꾸고, 보냉재를 더한다. 작은 투자로 시험할 수 있고, 소모품의 범위에 담깁니다.

셋째가, 설비·계약의 층. 예랭고, 포장기, 물류편의 온도대는, 위로 이야기를 통하는 안전이 됩니다.

중요한 건 순서입니다. 우선 첫째 층의 운용을 다 다잡습니다. 그걸로 사라지는 형에는, 설비가 필요 없습니다. 순서를 뒤집어, 원래 운용으로 지을 수 있는 형에 먼저 예랭고를 사면, 돈을 들여도 그 형은 안 사라집니다. 다만, 이걸 「운용만으로 전부 사라진다」는 뜻이 아닙니다. 심 온도를 떨어뜨리는 빠르기나 밀폐의 방식 같은, 운용의 손질만으로는 안 닿는 형도 있습니다. 그러니 운용부터 시작하는 건, 운용으로 전부 사라지기 때문이 아니라, 사기 전에 「어느 형이 운용으로 사라지고, 어느 형은 설비가 필요한지」를 싸게 갈라내기 위해서입니다. 그리고 첫째 층에서 형을 갈라낸 기록이 있으면, 설비나 계약을 통할 때도 「어느 상함을 멈추려, 얼마」라고 말할 수 있습니다. 판단의 재료가 갖춰집니다.

수확 후에 막을 수 있는 상함과, 상류에서 정해지는 상함

층으로 나눠 다잡아도, 그래도 남는 물음이 있습니다. 수확 후의 공정에서 「전부」가 정해지는 건 아니다, 는 것입니다.

가려내는 법은 이렇습니다. 한 상자를 쫓아, 출하 때는 문제없고, 반나절 뒤·하루 뒤에 형이 난다. 시늬, 결로, 땀. 이걸 수확 후에 바꿀 수 있는 쪽입니다. 시간이 지나 나타나는 상함은, 이쪽의 다름이 만들고 있습니다. 반대로, 연 순간 이미 절단면이 갈색이고, 앞에 이미 상처가 있고, 원래 탕탕함이 약해 금세 처진다. 이걸 시간으로 나온 게 아니라, 처음부터 들어 있던 것. 품종의 고르는 법, 수확의 타이밍, 베는 법—수확 그 자체나, 그 앞에서 정해져 있어, 수확 후에 아무리 정성껏 다뤄도 만회할 수 없습니다. 앞에서 든 상처는, 앞으로 되돌립니다.

수확 후의 작업은, 전부를 짊어지는 곳이 아닙니다. 상류에서 정해지는 바탕도, 가격이나 브랜드도, 여기서는 바꿀 수 없습니다. 그러나, 자신이 여기서 확정시키고 있는 범위—고객이 상자를 열었을 때의 상태—거기만은 말끔히 만들어 냅니다. 한 번 산 짐이 다음에도 또 골라질지, 클레임이 되어 거래가 가늘어질지. 그것을 가르는 건, 열었을 때 약속대로의 상태로 도착해 있었는지 어떤지입니다.

덧붙여, 규격에 못 이른 잎을 폐기가 아니라 컷 용도나 가공 원료로 돌리는 판로를 가져 두면, 운용으로 다 못 막은 만큼이 손실인 채로 남지 않습니다. 어디까지 되돌릴 수 있는지는 판로의 짜는 법 나름이지만, 이 판로 설계나, 어느 형에 설비 투자를 돌릴지의 가늠은, 이익에 직결되는 판단입니다. 사고방식의 입구만 여기 놓고, 파고든 다듬는 법은 『172가지 힌트』에 넘깁니다.

종업원의 관리와 교육

여기까지는 모종과 수치의 이야기가 중심이었습니다. 여기서부터는 세 층의 마지막, 사람과 채비의 층에 듭니다. 기술과 설비만으로는, 식물공장은 돌아가지 않습니다. 그것을 움직이는 건 사람이고, 사람을 어떻게 키우는가가 현장의 성적을 조용히 좌우합니다. 설비 투자에 비하면 수수해 보이지만, 실제로는 여기가 가장 효과가 큼니다.

가르칠 때, 우선 벽이 되는 게 「저 사람의 감」입니다. 수확량이 안 안정된다. 이유를 좇으면, 마지막은 늘 특정 누군가의 판단에 다다릅니다. 그 사람이 있는 날과 없는 날에, 현장이 바뀝니다. 사람을 늘려도 재현성이 안 나고, 가르치려 해도, 본인이 잘 말로 못 한다——이 불안의 뿌리엔, 아마 하나의 선입견이 있습니다. 감이란 개인의 경험과 궁리이고, 통째로 그 사람의 것이라, 밖으로는 꺼낼 수 없다, 는 전제입니다. 한 번, 그 전제를 벗겨 봅니다.

감은 세 층으로 나눌 수 있다

베테랑이, 언제 수확할지를 문득 정합니다. 그 가늠을 다음 사람에게 어떻게 건넬까. 매뉴얼을 만들면 되는 이야기도 아니고, 그렇다고 「보고 배워」로는, 그 사람이 그만둔 순간에 현장이 멈춥니다.

시험 삼아 「무엇을 보고 정했나」 물으면, 돌아오는 건 대개 「그냥 어쩐지」입니다. 그러나 잘 관찰하면, 잎의 색, 포기의 자태, 랙의 단마다의 생육 차이——본인은 여럿을 보고 있습니다. 말로 못 할 뿐, 정해진 실마리를 보고 있는 것입니다. 이 「그냥 어쩐지」는 거짓말도 게으름도 아니고, 아마 사실이지만, 「말로 못 한다」와 「형으로 못 만든다」는 같지 않습니다.

저는, 베테랑의 판단을 표준화의 쉬움으로 세 층으로 나눠 생각합니다.

- 첫째 층: 계기가 읽는 값. 본인의 감각을 거치지 않고, 숫자로 그대로 남습니다. 다만, 그 숫자를 어떻게 읽을지——교정되어 있는지, 어디서 잰는지, 다단 랙이라면 단마다의 차를 어떻게 다룰지——는, 이미 다음 층의 이야기입니다. 인공광형 잎채소라도, 같은 실내에서 기류가 정체하는 단과 그렇지 않은 단에서는 생육이 어긋나, 한 점의 숫자만으로는 실태를 놓칩니다.

- 둘째 층: 조건으로 갈리는 판단. 잎색이 이렇고, 이 시기이고, 이 출하처라면 판단——는 갈래의 부분. 본인이 말 못 해도, 옆에서 「지금 왜 안 땀나」를 여러 번 물어 가면, 실마리의 후보가 주워잡니다. 다만 나중에 붙인 설명은 실제의 판단과 어긋나는 일도 있으므로, 여러 번 · 여러 사람으로 맞대 봅니다.

- 셋째 층: 손의 감촉. 정말로 수치화하기 힘든, 끝까지 손에 남는 부분입니다.

핵심은, 처음부터 전부를 형으로 만들려 하지 않는 것. 세 층을 섞은 채 「감」으로 뭉뚱그리니, 건네기 어려워집니다. 첫째 층과 둘째 층에서 말로 할 수 있는 만큼을 먼저 주우면, 감의 꽤 많은 부분은, 보통의 인계 사항으로 쏠릴 수 있습니다. 남는 건, 손에 남는 셋째 층뿐. 거기를 갈라내지 않고 「전부 보고 배워」라고 하니, 그만둔 순간에 멈추는 것입니다.

수확 시기의 가늠이, 마침 이 세 층이 겹치는 국면입니다. 씨뿌리거나 정식부터의 생육 일수라는, 계기에 가까운 기준은 있습니다(첫째 층). 그러나 마지막은, 잎의 색이나 포기의 자태 같은 겉보기를 보고, 지금 딸지 하루 기다릴지를 정합니다. 이 겉보기의 읽음은, 말로 다 못 하고 손에 남기 쉽습니다(셋째 층). 숫자를 토대에 놓으면서, 마지막 가늠은 옆에 붙여 실연으로 건넨다——나뉘 보면, 여기까지 순순히 정리됩니다.

말로 하기는 평시의 일보에 녹인다

둘째 층을 옆에서 몇십 번 물어 윤곽을 내려면, 꽤 많은 시간과 일손이 듭니다. 게다가 베테랑이 현장에 있는 동안에 하지 않으면 늦습니다. 그런데 현장은, 그 사람이 그만둔다고 알고 나서 허둥지둥 시작하기 쉽습니다.

그러니, 특별한 프로젝트로 세우는 게 아니라, 매일의 작업에 녹여 버립니다. 현장을 멈추고 베테랑을 옆에 앉혀 청취하는 형태로 하면, 본인도 긴장해 이어지지 않습니다. 그게 아니라, 일보나 인계의 한 줄에, 판단이 갈린 날만 이유를 하나 곁들입니다. 「오늘은 안 땀다, 잎색이 아직이었으니까.」 모든 날에 쓰려 하면, 바쁜 시기에 맨 먼저 빠집니다. 한 줄이면, 일상 업무의 연장으로 돌아갑니다.

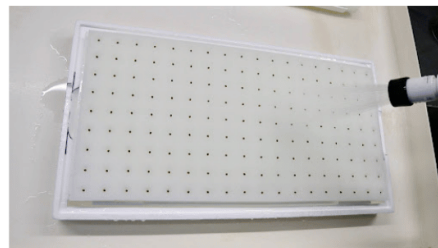
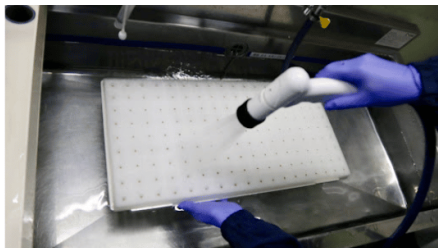
쓰는 사람도, 베테랑 본인에게 말로 하게 하기보다, 옆에서 작업하는 젊은이가 「무엇을 · 언제 · 어떻게 했나」를 한 줄로 적어 두는 편이 잘 돌아갑니다. 본인은 「그냥 어쩐지」밖에 말 못 하니, 물음을 지닌 쪽이 기록합니다. 다만 「왜」 부분은 베테랑이 그 자리에서 한마디 답해 주지 않으면 안 메워지므로, 아직 협조적인 평시에 진행해 둡니다. 쌓이면, 되풀이 나오는 이유를 이따금 다시 읽어 조건 갈래로 다시 묶고, 젊은이가 쓴 한 줄은 「그 이해로 맞는지」를 나중에 베테랑에게 한마디 확인받습니다. 시간에 맞춘다기보다, 시간에 맞는 상태를 평시에 만들어 두는 것입니다.

신입 교육도 이 갈라냄 위에 있습니다. 기초는 모두에게——식물공장과 종래 농업의 차이, 온도·습도·빛·CO2·양액 같은 재배 관리의 기초, 각 공정의 절차, 위생 관리, 품질 관리, 안전 관리. 작업에 더하는 이상, 최소한의 지식은 필수고, 특히 위생과 품질은 중점적으로. 그 앞의 재배 기술·설비 관리·데이터 분석 같은 전문은, 기초를 마친 사람에게 단계적으로 건네줍니다. 이 전문의 부분이야말로, 아까의 둘째 층·셋째 층이 꼭 찬 영역입니다.

솔직히 놓아 두고 싶은 게 하나. 「감을 어떻게 건넬까」를 묻기 전에, 애초에 건네지 않고 끝낼 수는 없나, 를 묻는 수도 있습니다. 계기로 짤 수 있는 부분을 늘려 둘째 층을 첫째 층으로 밀어 올린다. 작업을 다시 설계해 판단이 드는 국면을 줄인다. 기준을 단순화해, 누가 해도 같은 절차로 떨어뜨린다. 이렇게 감의 총량 자체를 줄일 수 있으면, 건네는 수고도 필요 없어집니다. 이건 본질기로서 옳은 방향이고, 줄일 수 있는 만큼은 그쪽으로 쏠리는 게 좋습니다. 다만, 자동화나 표준화가 다 못 닿는 부분은 아무래도 남습니다. 그러니 여기서는 「쏠릴 수 있는 만큼 쏠린 뒤에, 그래도 남는 만큼을 어떻게 건넬까」를 다룹니다. 어디까지 구조에 쏠리고, 어디에 사람과 비용을 들일까——그 가늠은 opex 삭감의 판단 그 자체라, 파고든 사고방식은 『172가지 힌트』에 넘깁니다.

이 갈라냄이 되면, 감은 이제 「사람마다 사라지는 것」이 아니게 됩니다.

위생 관리의 철저



사람을 정돈했으면, 그 사람들이 일하는 현장의 토대——위생으로 옮깁니다. 식물공장의 현장은, 병원균이나 해충과의 관계가 늘 따라다닙니다. 신입 시절에 가장 걸려 넘어지기 쉬운 게, 이 위생 관리입니다. 왜냐하면, 위생을 「얼마나 씻을까」라는 청소의 양 이야기로 믿고 있으면, 씻고 또 씻어도 숫자가 안 내려가는 벽에, 언젠가 반드시 부딪치기 때문입니다. 먼저 제 입장을 하나 적어 둡니다. 균은 제로로는 못 합니다. 건물을 아무리 격리해도, 수돗물이나 양액의 물에 살짝 섞여 오는 만큼이 있어, 온도와 물이 갖춰지면, 어딘가에 반드시 있습니다. 그러니 저에게는, 균이 「어디서 들어왔나」를 밝혀내는 데는, 그다지 의미를 못 느낍니다. 눌러야 할 건 둘뿐입니다. 그 균이 느는 곳(온상)을 만들고 있지 않은가. 그리고, 한 곳에서 짙어진 오염을, 깨끗해야 할 곳으로 퍼뜨리고 있지 않은가. 위생 관리는, 머리를 바꿔 끼우는 데서 시

작합니다. 그건 씻는 횟수를 늘리는 일이 아니라, 안 늘리기 · 안 퍼뜨리기의 일이다, 라고.

씻는 횟수를 늘려도 더는 안 내려가는 까닭

「주 3회에서 매일로 늘렸는데, 재배 구역의 균 숫자가 전과 안 변한다.」 절차서를 두껍게 하고, 닭을 곳을 더해도, 또 같은 숫자에서 정체한 채 더는 내려가지 않습니다. 신입 시절엔, 여기서 「내 청소가 거친가」 하고 고민하기 쉽지만, 대개는 청소의 양의 문제가 아닙니다.

현장을 걸으면, 묘한 일을 알아챱니다. 매일 닭는 대는 그럭저럭 깨끗하고, 사람이 잘 안 만지는 선반 밑이나 배관의 이음매——청소의 절차에 안 든 곳 쪽이, 균 숫자가 나뻑니다. 씻는 곳과, 균이 느는 곳이, 애초에 어긋나 있는 것입니다. 이걸 세척이 모자란다고 보지 마세요. 설로와 유기물이 쌓여 마르지 않는 곳에, 균이 자리 잡기 쉬워서라고 봅니다. 잎채소는 물을 씹니다. 아무래도 낮은 곳 · 이음매 · 배수 언저리에, 물과 양액의 나머지가 쌓입니다. 거긴 온도도 습도도 균에 형편이 좋습니다. 절차서를 두껍게 하고 닭를 곳을 늘려도, 증식의 온상 그 자체가 남아 있으면 더는 안 내려갑니다——이건 현장에서 여러 번 봐 왔습니다. 그러니 먼저 보는 건, 청소의 표보다 「물이 어디서 멈춰 마르지 않는가」 입니다. 마르는 설계로 되어 있으면, 애초에 씻는 횟수의 승부가 되지 않습니다.

수경에서는, 하나 더 조심할 게 있습니다. 양액이 시설 안을 순환하는 것 자체가, 물속에서 움직일 수 있는 균의 증식을 뒷받침하는 구조가 될 수 있다, 는 지적입니다. 다만, 여기는 오해받기 쉬운데, 순환 그 자체가 악이 아닙니다. 충분한 유량을 확보해, 정체 없이 정상으로 돌리는 한, 순환으로 위험이 경충 뛰는 건 아니다, 는 게 제 판단입니다. 문제가 되는 건, 흐름이 멈춰 물이 정체하는 곳, 언제까지고 마르지 않는 곳 쪽입니다. 양액계에서 균이 늘기 쉬운지 어떤지는, 씻는 횟수 이전에, 물이 제대로 흐르는지 · 정체하지 않는지, 라는 구조의 쪽이 크게 좌우합니다.

질은 오염을 청정역으로 나르지 않는다——모종과 동선

느는 곳을 늘렸으면, 다음에 효과적인 게, 그 균을 어디서 질게 하고, 어디로 퍼뜨리는가, 입니다. 균 그 자체는, 어디에나 열게 · 조금은 있습니다. 문제는, 열어야 할 균이 한 곳에서 질어지고, 그것이 깨끗해야 할 재배 구역으로 날라지는 경로가, 시설 안에 남아 있지 않은가, 입니다.

나르는 손은, 크게 둘 있습니다. 하나는 모종. 배지나 뿌리 둘레는, 원래 균이 많은, 질은 곳입니다. 그것을 그대로 재배 구역에 넣으면, 질은 오염을 깨끗해야 할 곳에 두는 게 됩니다. 실내를 아무리 씻어도, 모종에 붙어 오는 만큼은 청소의 횟수로는 안 줄어듭니다. 다른 하나가, 사람과 물건의 동선입니다. 육묘, 이식, 수확, 포장과, 원래 청정도가 다른 방을, 대차나 사람이

오가며 가로질러 버립니다. 대차의 바퀴, 장화, 장갑이, 더러운 쪽의 짙은 균을, 깨끗한 쪽으로 그대로 나릅니다. 그러니 눌러야 할 데는, 모종을 받는 곳을 한 점으로 정하고, 동선을 청정도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 일방통행으로 짜는, 라는 구조입니다. 역류시키지 않기, 되돌리지 않기. 짙은 곳의 균을, 옅은 곳으로 들이지 않기. 거기를 설계로 눌러 두면, 이후의 청소는 꽤 편해집니다.

동선을 점검할 때는, 시설을 일단 청정도로 셋으로 나눠 보면, 어디가 교차하는지가 보이기 시작합니다.

| 구역 | 청정도 | 주요 장소 | 눌러야 할 데 | | - - - | - - - | - - - | - - - | | 오염 구역 | 낮음 | 시설 입구, 사무실, 화장실, 휴게실 | 밖에서 들이는 오염을 멈춤 | | 준청정 구역 | 중간 | 자재 준비실, 갈아입기 · 손 씻기 장소 | 청정 구역으로 오염을 옮기지 않음 | | 청정 구역 | 높음 | 파종 · 재배 · 수확 구역 | 여기를 가장 청결히 유지 |

동선은, 오염 구역 → 준청정 구역 → 청정 구역의 일방향으로 고정합니다. 청정 구역에 들기 전에 반드시 준청정 구역을 지나, 갈아입기 · 손 씻기로 더러움을 떨구고 나서 듭니다. 준청정 구역을 그냥 지나쳐 청정 구역에 들지 않기, 라는 게 기본입니다. 자기 시설에서 본다면, 요점은 대충 정해져 있습니다. 청정도가 높은 방에서 낮은 방으로, 사람과 물건이 제대로 일방통행으로 가는가. 낮은 쪽에서 높은 쪽으로, 대차나 사람이 역류해 되돌아가는 국면은 없는가. 모종의 받는 입구가 한 점으로 정해져 있는가, 아니면 여기저기서 드는가. 경계를 바닥의 색 구분이나 표시로 눈에 보이게 해 두는 것만으로도, 사람의 움직임은 달라집니다. 종업원이 「조심하고 있다」 만으로는, 위생 환경은 금세 흐트러집니다. 규칙과 구조로 정돈하는 게 현실적입니다.

구조로 지우는 문제와, 운용으로 움직이는 문제

여기까지, 균이 느는 곳도, 짙어진 오염이 퍼지는 경로도, 시설의 구조 쪽에 있다고 보이기 시작했습니다. 그러면 다음에 효과적인 게, 선 굵기입니다. 지금 눈앞에 있는 게 「구조를 안 고치면 안 사라지는 문제」 인가, 「청소나 소독의 방식을 바꾸면 닿는 문제」 인가.

여기서 쓸 수 있는 게, 「우선 두드려 본다」 는 순서입니다. 구조 이야기를 먼저 해도, 지금 있는 시설의 벽은 곧바로 못 움직입니다. 그러니, 돈을 안 들이고 오늘부터 움직일 수 있는 세척 · 건조의 방식을 우선 바꿔 봅니다. 순순히 숫자가 내려가면, 그건 운용으로 닿는 문제였습니다. 반대로, 청소를 배로 해도, 특정한 곳 · 특정한 계절에 꼬박꼬박 재발한다—예컨대 장마철에만 같은 남쪽 라인으로 돌아온다—면, 이건 구조 쪽의 신호라고 봅니다. 두드리고 두드려도 같은 곳에 나는, 그 정체야말로, 온상이 구조 쪽에 있음을 알려 줍니다. 또 하나의 실마리

는, 담당자를 바꿔도 같은 곳에 같은 식으로 나는가. 사람이 바뀌면 변하면 작업자 쪽, 누가 해도 같은 곳에 나면 구조 쪽, 이라는 갈라냄입니다.

구조 쪽이라고 알아도, 지금 있는 시설에서 칸막이나 구배를 다시 긋는 건, 다시 짓기에 가까운 이야기가 됩니다. 곧바로 손을 못 땁니다. 그때는, 운용으로 「구조 대신」 이 효과를 내게 합니다. 모종을 들이는 곳을 한 점에 고정하고, 대차를 청정도가 높은 쪽과 낮은 쪽으로 나눠 안 섞습니다. 물리의 벽이 없어도, 들임과 교차는 그걸로 누를 수 있습니다. 혹은 시간으로 나눕니다. 깨끗한 작업을 오전, 더러워지는 작업을 오후에 몰아, 일방통행을 시간으로 만듭니다. 다만 오후의 더러운 작업 뒤에 청소와 건조를 끼워 리셋해 두지 않으면, 그 더러움이 이튿날 아침으로 넘어가 일방통행이 무너집니다. 나뉘으면 반드시 한 번 리셋하기, 까지가 한 세트입니다. 물 언저리도, 구배나 배수를 곧바로 못 고쳐도, 종업 후에 안 쓰게 되는 배관이나 조, 낮은 곳의 고인 물을 빼서 말려 두는 것만으로, 정체해 느는 만큼은 꽤 약해집니다.

소독은 만능이 아니다——살균보다 정상적인 순환 관리

청소와 건조 위에, 소독(오존이나 UV, 양액의 염소 처리)을 얹는 국면도 있습니다. 청소는 물리적으로 더러움을 씻어 내는 공정, 소독은 그다음, 씻어도 남는 병원균을 약제로 죽이는 공정입니다. 순서를 뒤바꿔서는 안 됩니다. 유기물이나 식물의 잔사가 남은 채 소독제를 뿌려도, 효과가 크게 떨어지기 때문입니다.

다만, 여기서 강하게 말해 두고 싶은 게 있습니다. 소독은, 넣으면 끝, 이라는 만능의 수가 아닙니다. 염소계나 이산화염소, UV, 오존 같은 소독은, 분명 균을 줄일 수 있습니다. 그러나 효과가 나는 방식은, 상대 균의 종류나, 약제의 농도·접촉 시간으로 크게 달라져, 하나로 전부 효과는 나쁜 표준 처리라는 건 없습니다. 게다가 부작용이 있습니다. 오존 처리로 양액 중의 철이나 망간이 내려가 버리거나, 겨냥한 병원균뿐 아니라, 양액 안에서 도움이 되는 유익한 미생물까지 함께 줄어 버립니다. 겨냥한 균은 줄여도, 양액의 양분이나 균의 균형이라는 「키우는 쪽」을 깎아 버리는 것입니다.

그러니 저는, 살균 설비로 억눌러 두기보다, 정상적인 순환 관리를 철저히 하는 쪽에 섭니다. 충분한 유량을 확보해 정체 없이 정상으로 돌리고, 씻어 말립니다. 그 토대를 만든 위에, 필요한 만큼만 소독을 얹습니다. 순서는 어디까지나 이쪽입니다. 소독에 다 기대는 게 아니라, 구조로 온상과 경로를 끊은 데에, 보조로 소독을 더합니다. 살균 설비를 넣었으니 안전, 이 아니라, 정상으로 돌고 있으니 청결히 유지된다, 는 순서로 생각해 주세요.

「안전」이라는 말이 묶고 있는 세 층

위생 관리를 파고들면, 언젠가 「우리 채소는 안전한가」라는 물음에 다듭니다. 출하처의 바이어나 소비자에게서, 그렇게 물음받는 국면이 나옵니다. 여기서 하나, 신입 시절에 정리해 두고 싶은 게 있습니다. 「안전」이라는 한 마디는, 실은 성질이 다른 세 층을 묶고 있다, 는 것입니다.

첫째는, 무농약이라는 층. 이걸 「입구에서 무엇을 안 넣었나」의 이야기라, 상품 라벨에 가깝습니다. 농약을 안 썼다, 는 한 점밖에 말하고 있지 않습니다. 물의 일도, 벌레의 일도, 위생의 일도, 무농약이라는 말은 아무것도 보장하지 않습니다. 「무농약이니 안전」은, 가장 말하기 쉬운 말을 모든 걱정애 붙이고 있을 뿐, 이라고도 할 수 있습니다.

둘째는, 미생물이라는 층. 시설 안에서 균이 늘어, 수로를 타고 퍼질 수 있다, 는 운용의 위험입니다. 식물공장은 닫혀 있으니 안전, 이라고 흔히 말하지만, 닫혀 있다는 건, 안에서 뭔가 일어났을 때, 물이나 HVAC를 통해 전부가 이어져 있다, 는 것이기도 합니다. 한 선반에서 균이 나면, 그게 수로를 타고 옆 라인으로 돌 수 있습니다. 안전을 보는 단위가 「한 포기」가 아니라 「수로로 이어진 범위」가 된다, 는 게 이 층입니다. 다만, 이걸 「닫혀 있음=반드시 전멸」이라는 이야기가 아닙니다. 오히려 반대로, 충분한 유량으로 정상 순환하고, 제대로 관리된 수경 설비라면, 병원균이 만연할 위험은 원래 낮습니다. 요는, 그 수로를 어떻게 나누고, 순환을 어떻게 정상으로 유지할지가 물음받는다, 는 것입니다.

셋째는, 계약이라는 층. 뭔가 일어났을 때, 어느 로트까지 거슬러 회수할까. 설비가 멈춰 일대가 못 쓰게 됐을 때, 계약과 보험은 어떻게 움직일까. 출하처가 정말로 신경 쓰는 건, 농약의 유무가 아니라, 대개 이쪽입니다. 퍼졌을 때, 누가 어디까지 부담할까, 라는 약정의 이야기입니다.

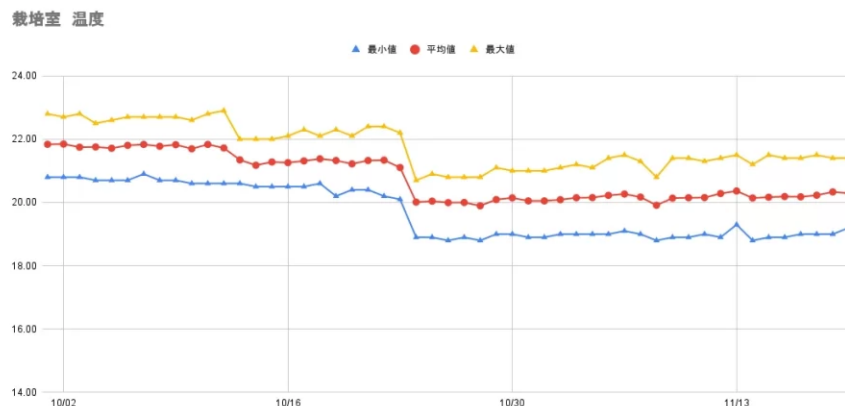
같은 「안전」이라는 말이, 실은 층이 다른 셋을 묶고 있습니다. 그러니, 물음받았을 때 섞어 답하면, 맞물리지 않습니다. 소비자가 「어쩐지 인공적이라 불안」이라 하는데, 「수계를 나눕니다」라는 기술의 속을 되돌려 주면, 「그렇게 관리 안 하면 위험한가」하고, 오히려 불안하게 만들어 버리는 일이 있습니다. 신입 시절에 몸에 배게 하고 싶은 건, 상대가 걱정하는 축을 하나 끌어내, 그 축에 대해서만 사실을 돌려주는, 라는 자세입니다. 농약을 물으면 「안 씁니다」. 물을 물으면 「비료를 녹인 양액으로, 농도나 교체를 이렇게 관리합니다」. 위생을 물으면, 구역 나눔이나 건조의 이야기. 안전이라고 단언하기보다, 무엇을 하고 무엇을 안 하는지를 늘어놓는 편이, 상대의 불안에 제대로 닿습니다.

그리고, 자기 말로 돌려줄 수 있는 범위와, 검사에 넘겨야 할 범위는 별개다, 는 것도 기억해 두세요. 양액의 농도나 교체의 빈도, 수확일, 재배 환경은, 자기 기록이니, 물으면 자기 말로 돌려줄 수 있습니다. 한편, 잔류 농약의 검사값이나 균 수, 산지의 이력추적은, 스스로 「하고

있습니다」 「안 씹니다」 라고 해도, 그건 자기 말일 뿐, 상대가 거래의 근거로 삼을 수 있는 증거가 되지 않습니다. 여기는 제삼자의 검사나 기록에 넘겨야 할 범위입니다. 못 내는 건 「대응 안 하고 있습니다」 라고 일찌감치 전하는 편이, 억지로 「안전합니다」 로 밀어붙이기보다, 결국은 신뢰받습니다.

잎채소는 수확 후에 씻지 않는 경우가 많아, 재배 중의 위생 환경이, 그대로 상품의 위생 상태가 됩니다. 위생 관리는 수수하고, 끝없는 일입니다. 인증을 딴 시점에도, 검사가 음성이었던 시점에도, 골이 되지 않습니다. 우선 씻어 말려 두드리고, 그래도 남은 정체를 구조의 신호로 읽습니다. 굳이 느는 곳과, 짙은 오염이 퍼지는 경로를 끊고, 지울 수 있는 곳과 움직이는 곳을 나누고, 어디에 되풀이 나는지를 계속 봅니다. 이 수수한 자세가, 마지막에 효과가 큼니다. 덧 붙여, 점점 항목을 원인 · 결과 · 태도의 세 단으로 어떻게 짤지, 출하처(양판 · 외식 · 단체 급식)마다 무엇을 두껍게 할지, 조달 규격의 기준값이나 계약 · 보험의 다잡기 같은 이야기는, 현장 운영 관리라기보다 사업 설계의 영역에 듭니다. 사고방식의 입구만 여기 놓고, 파고든 실 무는 『172가지 힌트』 에 넘깁니다.

데이터 분석



여기까지의 공정은, 돌리면서 기록을 남겨 왔습니다. 마지막으로, 그 기록을 판단으로 잇는 데이터 분석입니다. 「분석」 이라 들으면 긴장할지도 모르지만, 출발점은 새 구조를 사는 게 아니라, 훨씬 손 가까이에 있습니다. 벤더에게서 「우선 센서를 늘려 데이터를 모읍시다」 라는 말을 듣기 전에, 눌러 뒤야 할 순서의 이야기입니다.

기록은 쌓이는데 보는 건 사고 뒤

온도 · 습도 · 수확량을 매일의 일보에 적고, 전기료도 매달 기록하고 있다. 그 자체는 이어지고 있다, 는 현장은 많을 겁니다. 문제는 적은 뒤입니다. 누가 제대로 보고 있느냐 하면, 미심쩍습니다. 수확이 떨어졌을 때 처음 거슬러, 「그때 확실히 숫자가 이상했다」고 나중에 알아챈다. 전기료도 바라보며 「비싸네」로 끝. 데이터는 이미 손에 잔뜩 있는데, 보는 게 「뭔가 일어난 뒤」뿐인 것입니다.

모자란 건 새 센서가 아닙니다. 지금 있는 것을 누가 언제 볼까, 거기가 빠져 있습니다. 보는 법엔 두 종류가 있어, 사고가 나고 나서 거스르는 「뒤쫓기」와, 아무 일 없는 평상시에 정점으로 보는 「정기 점검」. 뒤쫓기는 늦었으므로, 원인의 답 맞추기밖에 안 됩니다.

그러니 새 구조를 사기 전에 정할 것은, 누가 언제 볼까, 그것뿐입니다. 제가 인공광형 잎채소의 현장에서 이어 온 방식 하나를 들면, 아침 십오 분, 한 사람이 전날의 일보를 소리 내어 읽어 올립니다. 온도 · 습도 · 수확량을, 이상이 없어도 매일 아침. 그러면 「평소보다 높네」가, 사고가 되기 전의 작은 위화감의 단계에서 걸립니다. 전기료도 매달 한 번이 아니라 매주 대충 보기만 해도, 「이 주만 묘하게 높다」가 HVAC의 지나친 작동이나 문을 안 닫음으로 보이기 시작합니다. 폐쇄 환경에서 조명과 HVAC를 내내 돌리는 인공광형에서는, 제 현장에서 이 언저리가 가장 빨리 나왔습니다.

같은 숫자라도, 일어난 뒤에 보면 그냥 기록, 평상시에 매일 보면 「평소와의 차」를 재는 잣대가 됩니다. 데이터 활용은, 우선 그 전환만으로 크게 나아갑니다.

평상의 폭을 잣대로 삼아, 판단을 한 사람에게 지우지 않는다

최소한 갓출 기록은 무엇인가. 경영 판단의 바탕이 된다는 관점에서 늘어놓으면, 생산(매일의 수확량과, 되도록 출하 가능률), 비용(전기료와, 일손이나 자재의 쓰는 법), 품질(출하의 등급이나, 규격 외가 얼마나 났는가)의 3종입니다. 이것들은 대개 따로따로 다른 장부나 영수증에 흩어져 남아 있을 테니, 새로 재기 시작하는 게 아니라, 이미 있는 것을 같은 곳에 늘어놓습니다. 최소 세트 만들기는, 우선 거기부터입니다.

아침 십오 분의 읽어 올림을 매일 이어 가면, 얼마 지나면 읽어 올림은 의식이 됩니다. 익어서, 흘러갑니다. 제가 봐 온 범위에서는, 이걸 거의 반드시 일어났습니다. 그러니 두 가지 궁리가 필요합니다.

첫째는, 최초의 잣대를 만드는 법입니다. 무엇이 「평소와 다른가」는, 처음엔 누구도 모릅니다. 그러니 처음엔 판단하지 않는다고 단념하고, 그저 숫자를 늘어놓는 것만 합니다. 같은 시각 · 같은 곳의 온도를 매일 아침 늘어놓으면, 「우리는 대충 이 언저리」라는 폭이 자연히 보입니다. 그 폭을 「아침 기온은 이 언저리」라고 한 줄, 자기 현장의 실제 값으로 종이에 적어

듭니다. 평상의 폭을 일단 글자로 해 버리면, 잣대는 개인의 감각에서 벗어나, 누가 읽어도 같아집니다. 처음부터 정답의 기준을 정하려 하지 않는 게 요령입니다.

둘째는, 보는 사람이 하나면 감각이 치우친다는 점입니다. 읽는 건 한 사람에게 시키되, 판단은 한 사람에게 시키지 않습니다. 읽는 사람은 매일 고정이어도 됩니다. 다만 「이거 평소와 다른 것 같다」고 생각했을 때만, 그 자리에서 한 사람 더에게 「이거 어떻게 생각해?」라고 던집니다. 익어서 흘러가는 걸 막는 것도, 실은 이것입니다. 매일 완벽히 집중하는 건 무리니, 걸렸을 때만 소리 내어 두 번째 사람을 끌어들이는 규칙으로 해 둡니다. 대충 읽어도, 하나 걸리면 멈출 수 있는 구조로 되어 있으면 된다, 는 사고방식입니다.

익는 건 전제입니다. 익어도 주울 수 있는 형으로 해 둡니다. 완벽한 집중력에 기대는 운용은, 우선 이어지지 않습니다. 보는 사람과 판단하는 사람을 나눠 정해 두는 건, 수수하지만 효과가 큰 데입니다.

계측을 더하는 건, 갈라냄의 벽에 부딪치고 나서

아침의 읽어 올림이나 주간의 전기료로 「평소와 다름」을 주울 수 있게 되면, 반드시 다음 벽이 옵니다. 차는 보이는데, 왜 그렇게 됐는지가 손안의 기록으로는 안 나뉜다, 는 벽입니다. 예컨대 수확이 떨어지고 전기료도 올랐다, 그런데 일보의 온도는 평상의 폭 안에 있다. 여기서 「HVAC인가, 물인가, 다른 무언가인가」를 짚어 내지 못합니다. 손안의 기록으로는 갈라냄이 멈춥니다. 거기가 처음으로 「계측을 더한다」는 신호입니다. 반대로, 그 벽에 부딪치기 전에 센서를 더해도, 보는 습관이 없으니 결국 바라보고 끝납니다. 순서가 반대인 것입니다.

이 순서가 순순히 잘 통하는 건, 인공광형 잎채소 같은 폐쇄 환경입니다. 변수가 비교적 적어, 일보와 전기료로 많은 걸 주울 수 있기 때문입니다. 바깥 공기나 일사에 휘둘리는 태양광형이나, 변수가 많은 과채의 영역에서는, 처음부터 여러 계측이 없으면 이야기가 안 되는 국면도 있을 테니, 제가 겨냥해 생각하는 건 어디까지나 폐쇄 환경 쪽의 이야기라고 받아 주세요.

하나 더, 계측을 더한다면, 「그걸 누가 언제 읽을까」를 운용에 엮을 수 있는지도 함께 봅니다. 아침 십오 분의 틀에 한 줄 더할 수 있을 계측이라면 이어집니다. 매일 따로 전용 화면을 열지 않으면 안 보이는 건, 아무리 고기능이어도, 언젠가 아무도 안 보게 됩니다. 이것도 제가 현장에서 여러 번 봐 온 것입니다. 그러니 더했으면, 반드시 오래된 줄을 어느 하나 떨어뜨릴 수 없나 생각합니다. 읽어 올림의 틀은 십오 분으로 고정, 줄 수도 안 늘립니다. 처음 무렵에 늘어놓은 온도가 「대충 이 언저리」로 안정되어 오래 안 벗어나면, 매일 아침 소리 낼 필요는 이제 없습니다. 주간으로 이따금 확인하는 쪽으로 떨어뜨릴 수 있습니다. 틀을 안 늘리고, 속을 바꿔 넣습니다. 더하는 판단과 떨어뜨리는 판단은 세트입니다.

별 틀로 돌려 두는 계측——고장 검지와 교정

여기까지는 「갈라냄을 위한 계측은 벽에 부딪치고 나서」라는 이야기지만, 그와는 별 틀로, 처음부터 돌려 두는 계측도 있습니다.

고장이나 병해처럼, 알아챘을 때는 늦어 만회 못 하는 이상은, 평상시의 읽어 올림으로는 못 맞춥니다. 연속으로 감시해 경보를 올리는 계측은, 곤란을 기다리지 않고 놓아 두는 것입니다. 야간이나 결원으로 사람의 눈이 안 닿는 시간도, 손 운용으로 메우려 하지 말고 연속 감시에 맡깁니다.

또 하나는, 잣대 그 자체의 교정입니다. 센서가 어긋난 값을 돌려주면, 모처럼 적은 평상의 폭까지 뒤틀려, 데이터 쪽에서 「뒤쫓기」를 만들어 버립니다. 기기가 올바른 값을 내는 보장은, 운용의 전제로서 정기적으로 다시 잡아 둡니다. 아울러, 폭을 적은 종이는 사람이 바뀔 때마다 갱신해 인계할 것. 이 둘은 속인 운용이 무너지는 전형이므로, 처음부터 정해 두면 편합니다.

시작은 센서가 아니라 종이 한 장

「우린 애초에 센서도 IoT도 안 넣었으니, 데이터 활용 같은 건 아직 먼 이야기.» 그렇게 느껴 입구에서 멈춰 버리는 사람도 있지만, 시작은 센서가 아니라 종이 한 장입니다. 아직 아무것도 기록하지 않았다면, IoT를 사러 가기 전에, 원래 신경 쓰던 숫자를 하나만 골라, 매일 같은 시각에 적어 봐 주세요. 온도계의 값과 수확량, 혹은 매달 오는 전기료만이라도 상관없습니다. 가장 들기 쉬운 건 전기료입니다. 청구서로 매달 오는 것이니, 「바라보고 파일에 넣는다」를 「이달의 숫자를 지난달 옆에, 한 곳에 늘어놓아 적는다」로 바꿀 뿐. 그걸로 이미 훌륭한 데이터 활용입니다. 「누가 언제 볼까」라는 물음은, 비교할 숫자가 둘이 된 순간부터 시작됩니다.

늘어놓은 숫자를 읽는 힘은, 항목을 좁혀도 자랍니다. 제가 인공광형의 현장에서 자주 보던 건, 다듬기에서 나오는 쓰레기의 비율입니다. 「오늘은 쓰레기가 많았다」로 끝내면 아무것도 안 남지만, 같은 숫자에서, 그날 작업의 정성, 재배 공정 어딘가의 미비, 포기를 너무 뽁뽁이 넣지 않았나——여러 측면이 읽힙니다. 하나의 숫자라도, 평상의 폭과 늘어놓고 「오늘은 왜 높은가」를 묻기만 해도, 칠 수 있는 수의 폭이 달라집니다. 비싼 기재보다 먼저, 이 읽는 법 쪽이 효과가 큼니다.

마지막으로, 솔직한 선 굵기입니다. 손안의 기록의 운용으로 커버할 수 있는 건, 「차를 알아채고, 스스로 수를 칠 수 있는」 범위. 온도가 평소와 다르다, 문이 열려 있었다, 급수를 안 끄고 잊었다——원인이 자기들의 매일 운용의 안쪽에 있어, 차가 보이면 손을 뻗어 고칠 수 있는

것. 거기가 이 방식이 가장 효과가 큰 데이고, 게다가 많은 사람이 생각하는 것보다 넓습니다. 손을 떼는 건 두 곳뿐입니다. 하나는 갈라냄의 벽. 차는 보이는데 손안의 기록으로는 원인을 못 나누고, 감으로 빗맞히면 정말 돈이 든다, 는 때. 거기서 처음으로 계측을 더하고, 되도록 그런 데이터를 읽는 걸 생업으로 삼는 전문가에게 들어와 달라고 합니다. 다른 하나는, 전기의 용량 · 배선 · 약제 · 구조 같은, 안전이나 설비 그 자체에 닿는 이야기. 거긴 자기 잣대로 실험은 일절 하지 않습니다. 실패의 대가가 「수확이 떨어진다」가 아니라, 만회 못 하는 것이 되기 때문입니다. 기준은 이렇습니다. 숫자를 읽고 「무엇을 하면 되는가」를 알면, 자기 틀에 남깁니다. 읽고 알 수 있는 게 「자기보다 잘 아는 누군가가 필요하다」는 것뿐이라면, 거기가 경계. 그리고, 그 경계에 일찍 알아챌 수 있는 것 자체가, 매일 보는 습관이 가르쳐 주는 것의 하나입니다.

덧붙여, 어느 항목을 어떻게 늘어놓을지에서 제로부터 헤맨다면, 제가 현장에서 써 온 기록의 포맷을, 「현장 운영 관리 템플릿 13종」으로 그대로 나눠 주고 있습니다. 그대로 들어맞히기 위한 것이라기보다, 자기 현장에 무엇이 모자라고 무엇이 넘치는지를 비추는 체크리스트로 봐 주는 게 좋다고 생각합니다. 최적값의 가늠이나 비용 삭감의 판단까지 파고든 이야기는, 『172가지 힌트』에 남깁니다. 손안의 기록을 잣대로 바꿀 수 있게 됐다면, 그다음 한 걸음으로 읽어 봐 주세요.

제3장 정리

- 현장 운영 관리는, 모종을 읽기 · 수치를 지켜보기 · 사람과 채비를 정돈하기의 세 층으로 나뉜다. 따로따로 몸에 배고, 맞물려야 비로소 현장이 돌아간다. 우선 구조와 읽는 법을 머리에 넣고, 지금 막힌 층부터 손댄다.
- 생산 계획은 출하에서 역산해 짠다. 출하 · 재배 · 일손은 속도가 다른 세 시계이므로, 완충(쿠션)을 따로따로 가지고, 재배만은 리드 타임분을 앞당겨 움직인다.
- 파종에서 봐야 할 것은 발아율보다 「고름」. 일어섬의 폭은 입구에서 정해지고, 나중에 흡수하려면 비용이 든다. 흠어짐은, 우선 온도의 불균일부터 의심한다.
- 육묘는 최종 수확량에 대한 투자. 웃자라게 하지 말고, 크기보다 고름을 만든다. 잎이 겹치기 시작하면 이식의 신호.
- 정식 of 재식 간격은, 심는 형편이 아니라 출하(거냥하는 크기와 팔리는 무게, 수확의 수월함)에서 역산해 정한다.
- 수확은 「빠르기냐 품질이냐」의 양자택일이 아니다. 언제 벨까 · 어떻게 움직일까 · 무엇으로 벨까를 갈라내고, 우선 위생의 바닥을 정돈한다. 설계로 하한을 밑에서 끌어올리고,

남은 차를 비로소 솜씨라 부른다.

- 수확 후의 작업은, 고객이 상자를 열었을 때의 상태를 지금 정하는 공정. 상하는 방식을 형으로 가려내고, 칠 수는 운용→소모품→설비의 순서로. 앞에서 든 상처는 앞으로 되돌린다.

- 사람의 감은 세 층으로 나눌 수 있고, 계기가 읽는 값·조건으로 갈리는 판단은 평시의 일보에 녹여 건넌 수 있다. 쏠릴 수 있는 만큼 구조에 쏠리고, 남는 만큼을 건넨다.

- 위생은 「입구를 막기」가 아니라 「안 늘리기·안 퍼뜨리기」. 온상(안 마르는 곳)과 나르는 손(모종·동선)을 끊고, 살균에 기대지 않고 정상적인 순환으로 관리한다.

- 데이터 분석은, 새 센서보다 「누가 언제 볼까」가 먼저. 평상의 폭을 잣대로 삼아, 사고 전에 위화감을 줌는다. 시작은 종이 한 장이면 된다.

현장의 토대가 되는 지식은, 이로써 대충 갖추었습니다. 여기서부터, 익힌 기초를 자기 현장에서 확실한 것으로 하고, 그 위에 「이익이 남는 공장을 어떻게 만들까」를 쌓아 간다——그 구체적인 가늠법은, 수익성에 특화해 정리한 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에 넘깁니다. 우선 이 장의 기초를, 자기 손과 눈에 배게 해 주세요.

맺음말

여기까지, 식물공장이라는 일의 전체 그림을, 업계의 미래에서부터 재배의 기초, 현장의 실천에 이르기까지 한 차례 두루 걸어왔습니다. 다 읽은 당신은, 이제 「무슨 일이 벌어지고 있는지도 모른 채 현장에 서는 신입」이 아닙니다. 설비를 봐도, 수치를 봐도, 사람들의 작업 배치를 봐도, 그것이 전체의 어디에 자리 잡은 이야기인지 대략 짐작이 갈 것입니다. 우선은 여기까지 온 것을, 스스로 인정해 주십시오.

다만, 솔직히 말해 두겠습니다. 이 책은 어디까지나 토대입니다. 여기에 적은 것은, 읽기만 해서는 절반밖에 몸에 배지 않습니다. 나머지 절반은, 내일 당신이 현장에서 한 번 시도해 보고, 생각한 대로 되지 않아, 다시 한 번 해 보는——그 반복 속에서만 채워집니다. 지식은, 써 봐야 비로소 자기 것이 됩니다. 그래서 이 책은, 책상 위에서 끝내는 책이 아니라, 현장에 들고 들어가 손때를 묻혀 주었으면 하는 마음으로 썼습니다.

그리고, 그 토대 위에 「이익이 남는 식물공장을 어떻게 지을 것인가」를 쌓아 올리는 단계에 이르면, 수익에 직결되는 한 걸음 더 파고든 노하우는, 자매편 『식물공장의 수익성을 높이는 172가지 힌트』에 정리해 두었습니다. 최적값을 어디에 둘 것인가, 비용과 어떻게 저울질할 것인가——이 책에서 「여기서부터 앞은 현장의 숫자로 다져 나가는 영역」이라고 몇 번이나 선을 그었던, 바로 그 너머입니다. 만약 혼자서는 끝까지 다지기 어렵다, 자기 현장을 봐 주었으면 좋겠다는 생각이 들면, 제 컨설팅으로 직접 함께할 수도 있습니다. 어느 쪽으로 나아갈지는, 지금의 당신 현장이 정해 줄 것입니다.

마지막으로 하나. 식물공장은 「돈이 안 된다」는 말을 듣기도 합니다. 하지만 저는, 인공광형 현장에서 잎채소 재배를 십 년 넘게 지켜봐 오면서, 하기 나름으로 아직 더 좋아질 여지는 충분히 있다고 생각합니다. 작은 개선이, 뜻밖에 큰 차이가 되어 돌아오는 장면을, 몇 번이나 봐 왔습니다. 당신이 앞으로 설 현장에도, 아직 손대지 못한 여지가 반드시 있습니다. 그것을 찾아내어 움직여 나가는 것이, 여기서부터의 일입니다.

그럼, 다녀오십시오. 현장에서 기다리고 있겠습니다.