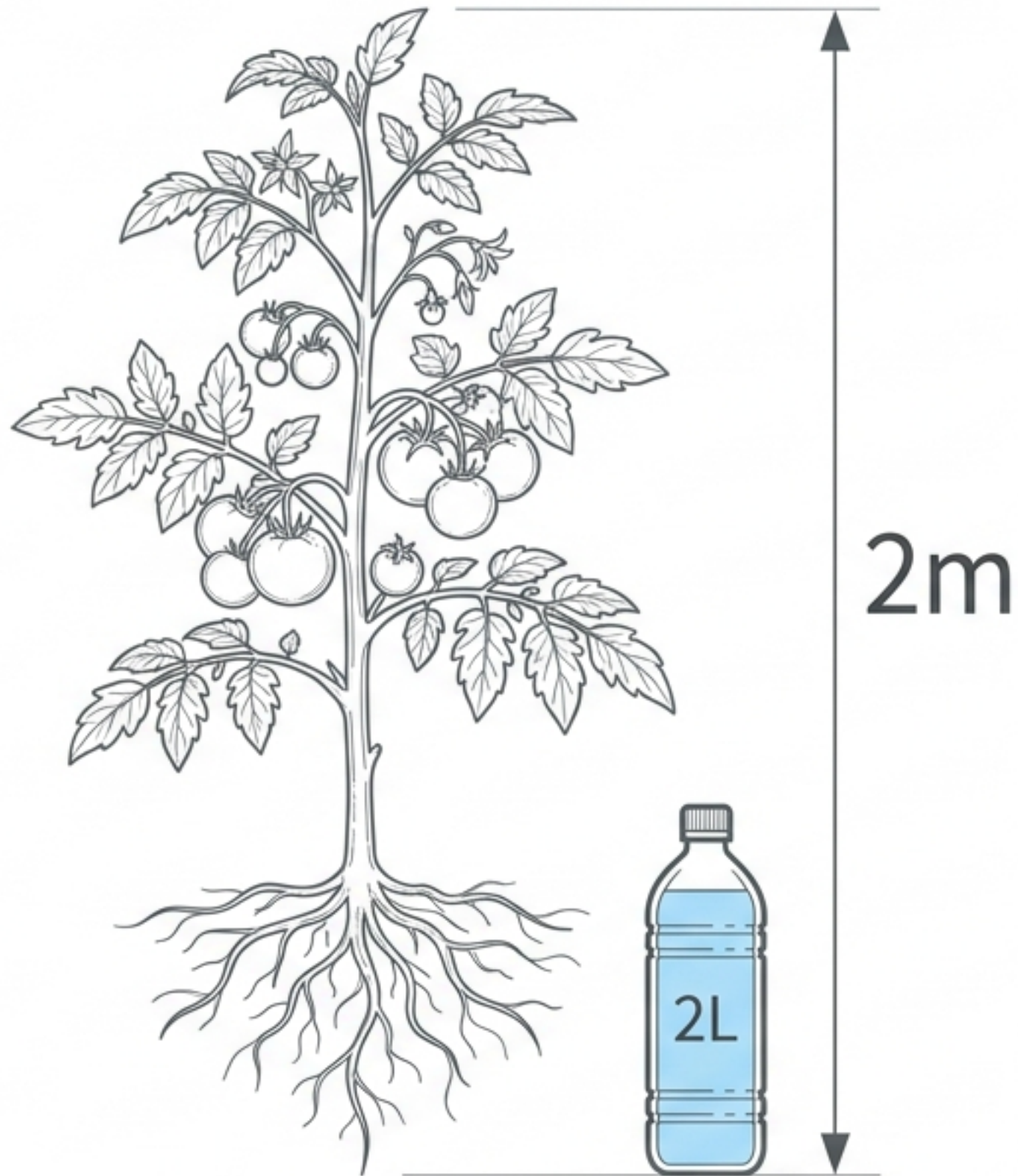




펌프 없이 2미터를 오르는 생명의 물

식물의 마스터 엔진, '증산(Transpiration)'의 원리와 완벽한 환경 제어

여름철 토마토 한 그루는 하루 2리터의 물을 마십니다



기계적인 펌프도,
심장도 없는 식물.

어떻게 뿌리의 물을 2미터
꼭대기의 잎 끝까지
밀어 올릴 수 있을까요?

비밀은 잎 표면에 열린 수만 개의 숨구멍에 있습니다

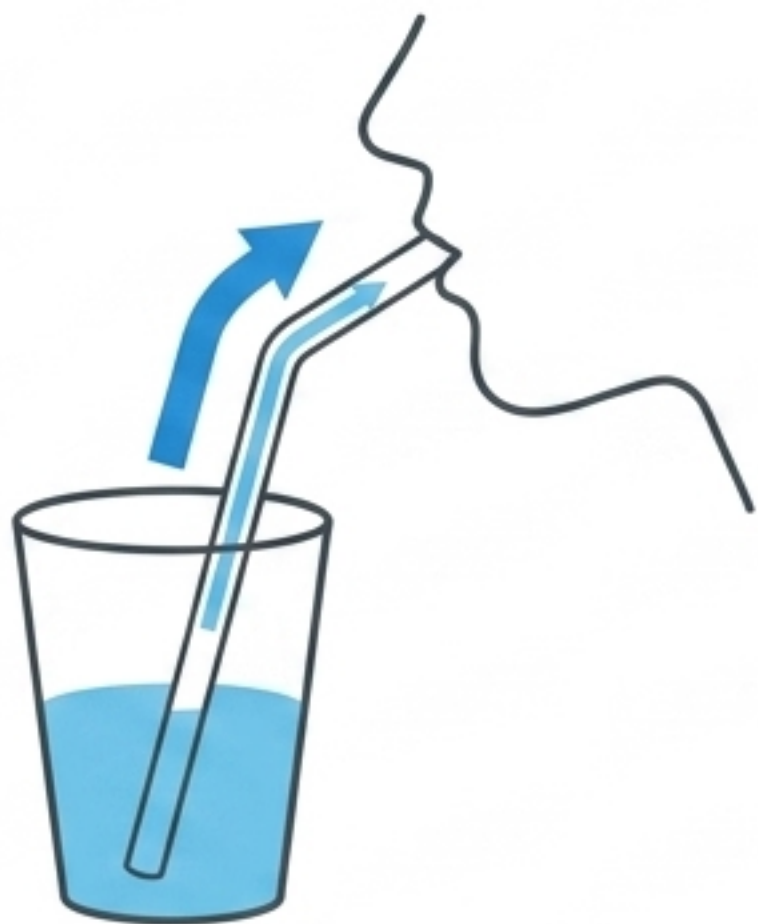


증산 (Transpiration)

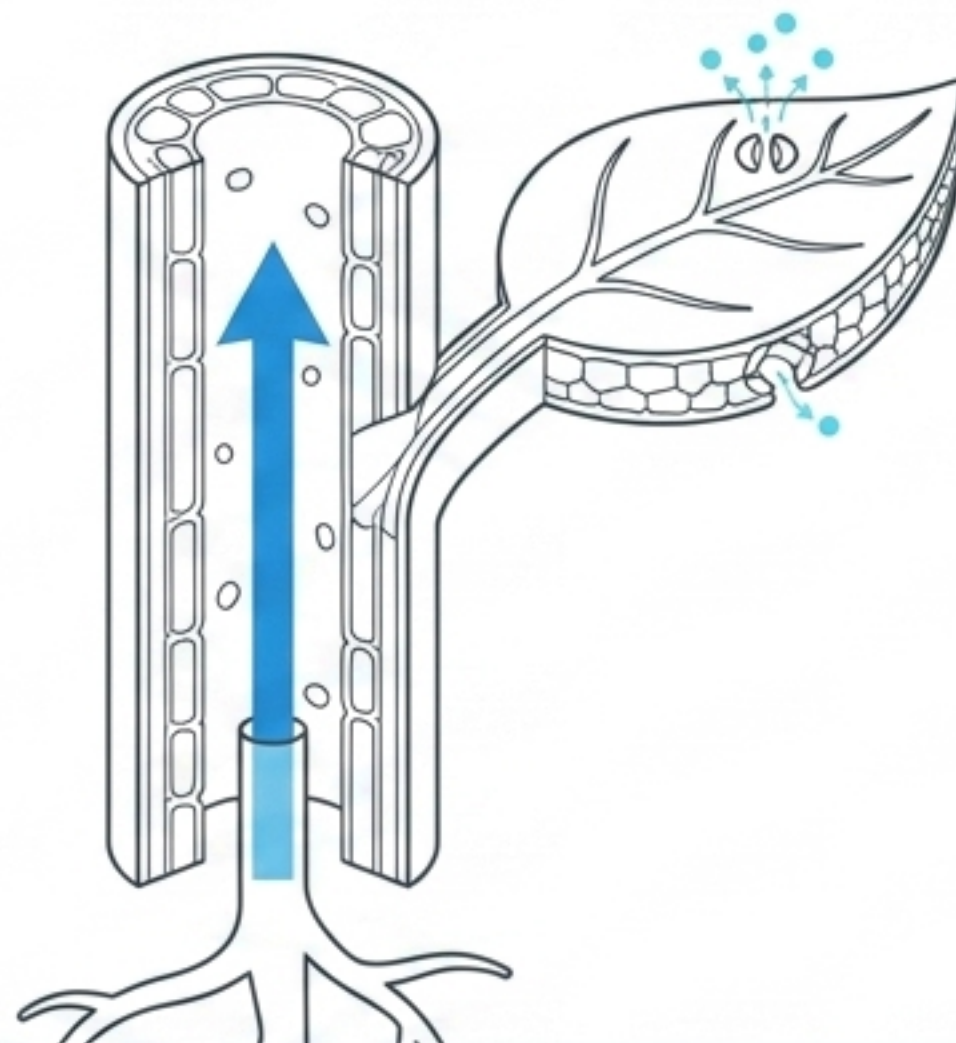
낮 동안 잎의 '기공'이 열리고, 식물 체내의 물이 수증기가 되어 공기 중으로 빠져나가는 현상.

앞에서 물이 나가면, 뿌리의 물이 당겨집니다

Everyday Metaphor

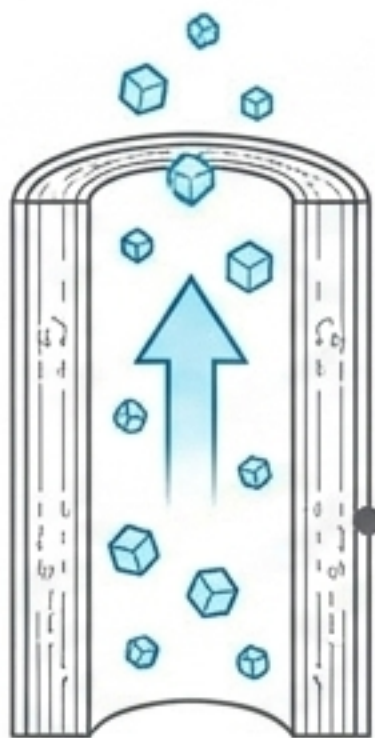


Plant Mechanism

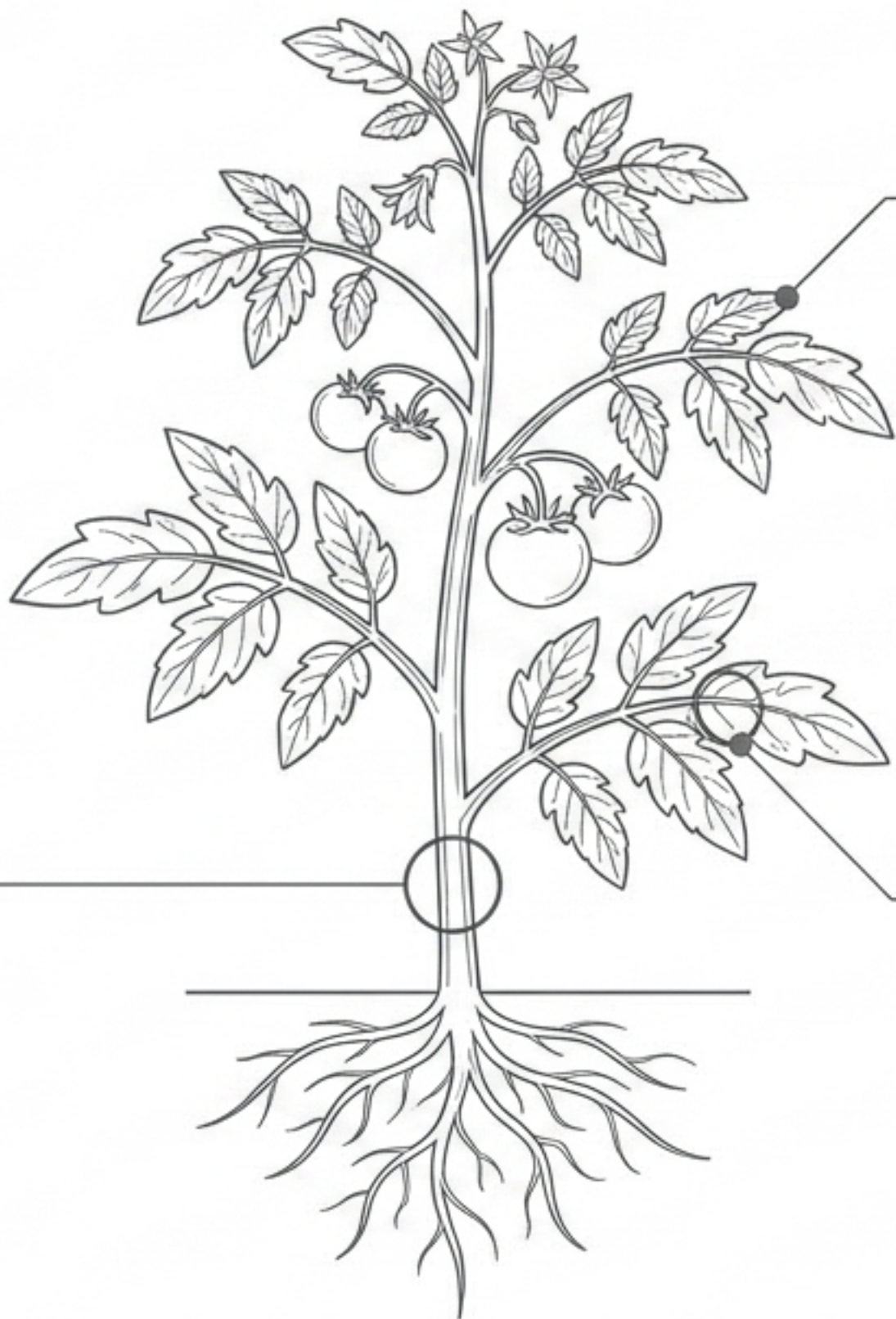


물 한 방울이 증발하면, 그 빈자리를 채우기 위해 물기둥이 끌려 올라옵니다.
즉, 증산은 식물 전체의 물을 순환시키는 **‘물 펌프’**입니다.

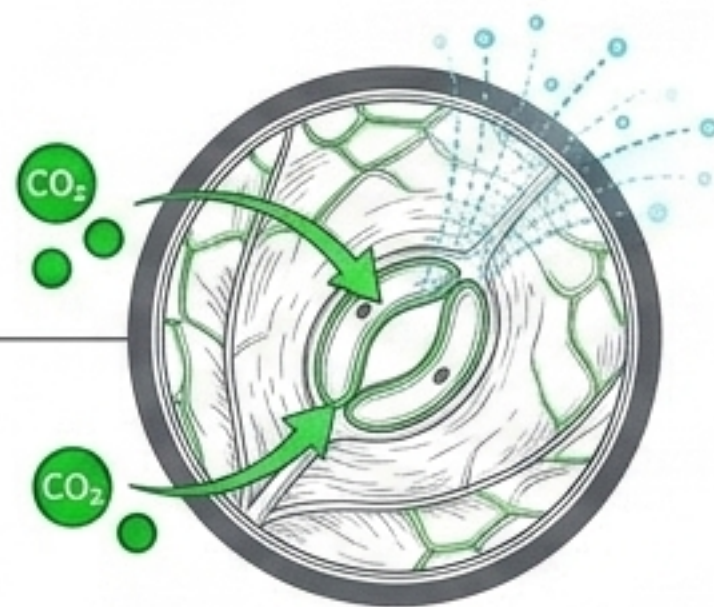
증산 펌프가 수행하는 3가지 핵심 역할



① **양분 운반:** 질소, 칼슘 등
물에 녹은 양분을 끌어올림

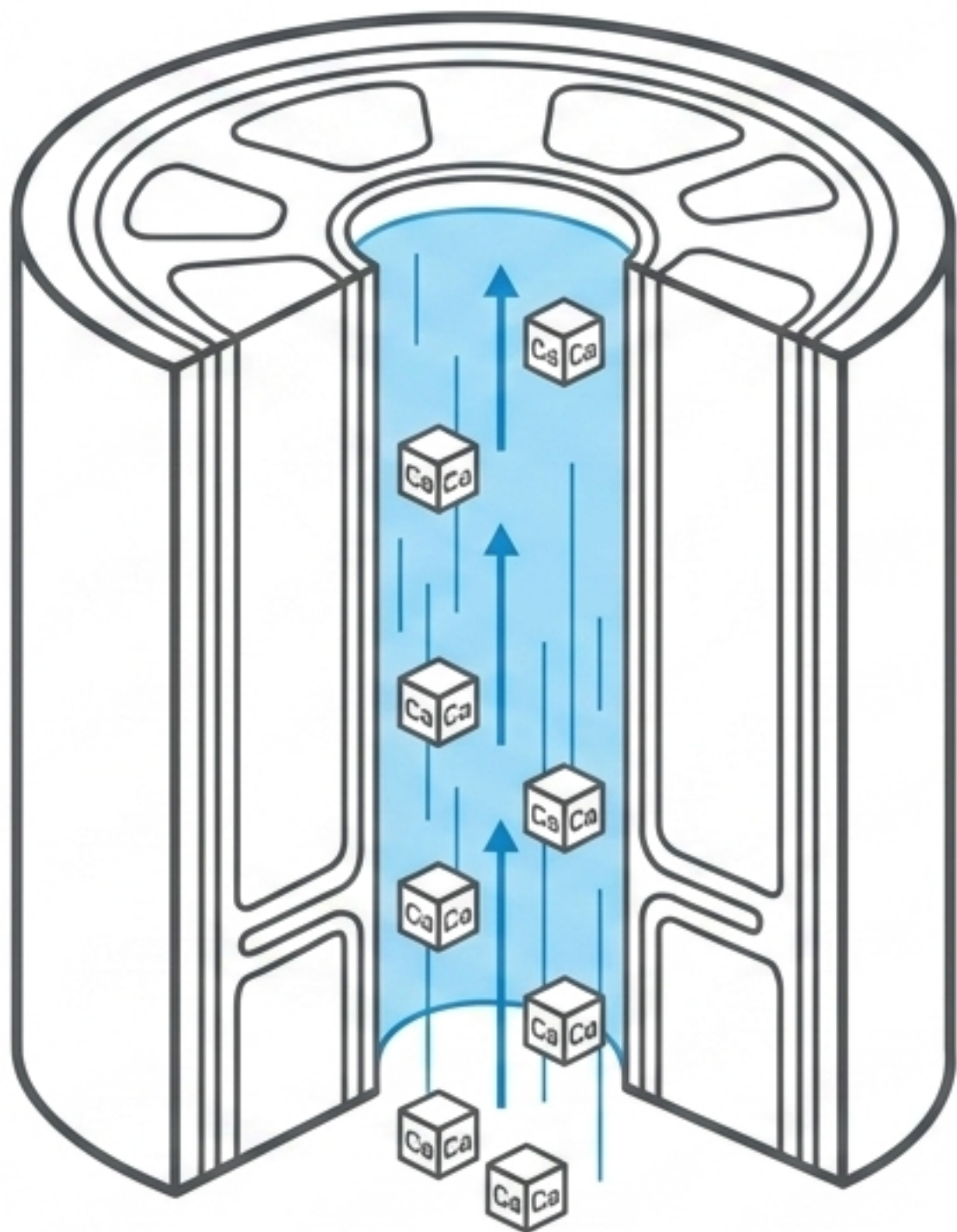


② **잎 냉각:** 물이 증발하며
열을 빼앗아 체온을 낮춤



③ **광합성:** 기공이 열릴 때
이산화탄소(CO_2)를 흡수하여 생장

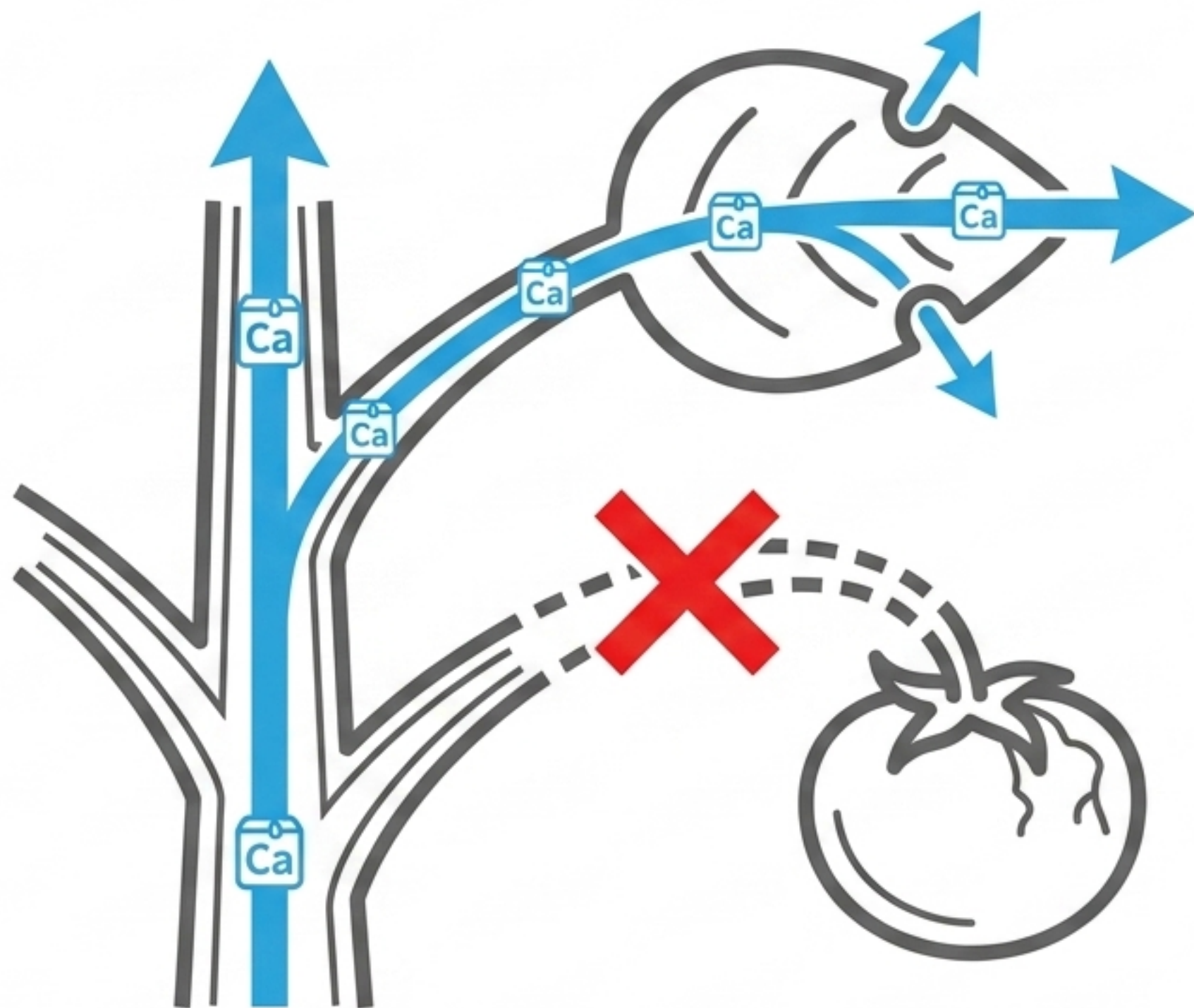
물길을 타야만 움직일 수 있는 영양소, 칼슘(Ca)



식물이 흡수하는 양분 중 **‘칼슘’**은
오직 증산에 의한 물의 흐름(물관)을
통해서만 이동합니다.

**증산 펌프가 멈추면,
칼슘의 이동도 즉각 멈춥니다.**

증산 관리가 흐트러지면 열매가 썩기 시작합니다

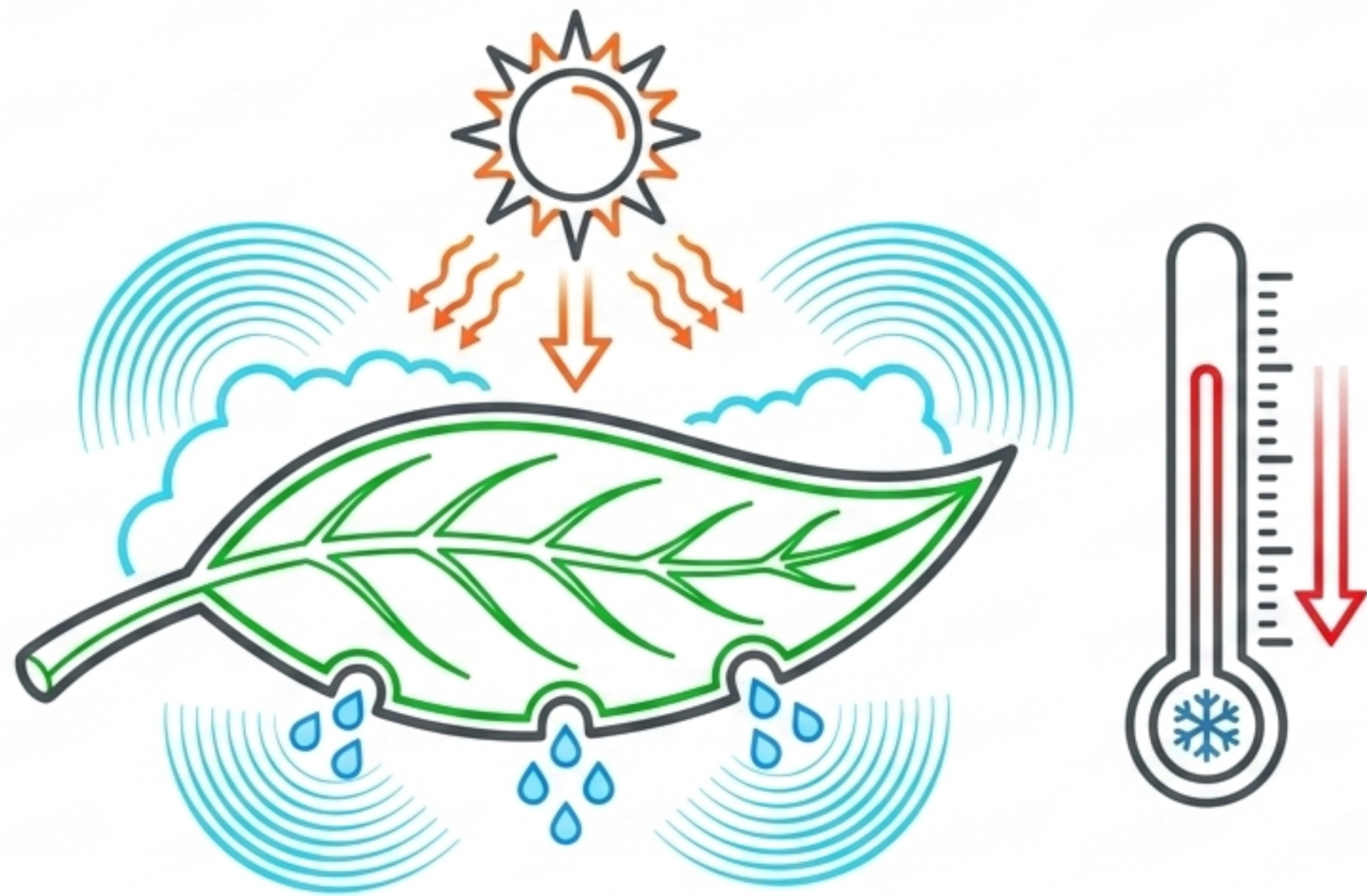


배꼽썩음병 발생 원리

칼슘은 앞으로 먼저 이동하며,
열매로는 잘 재분배 되지 않습니다.
고습, 저습, 고온 등의 스트레스로
증산이 급변하면 열매에 칼슘이 도달하지
못해 밑동이 괴사합니다.

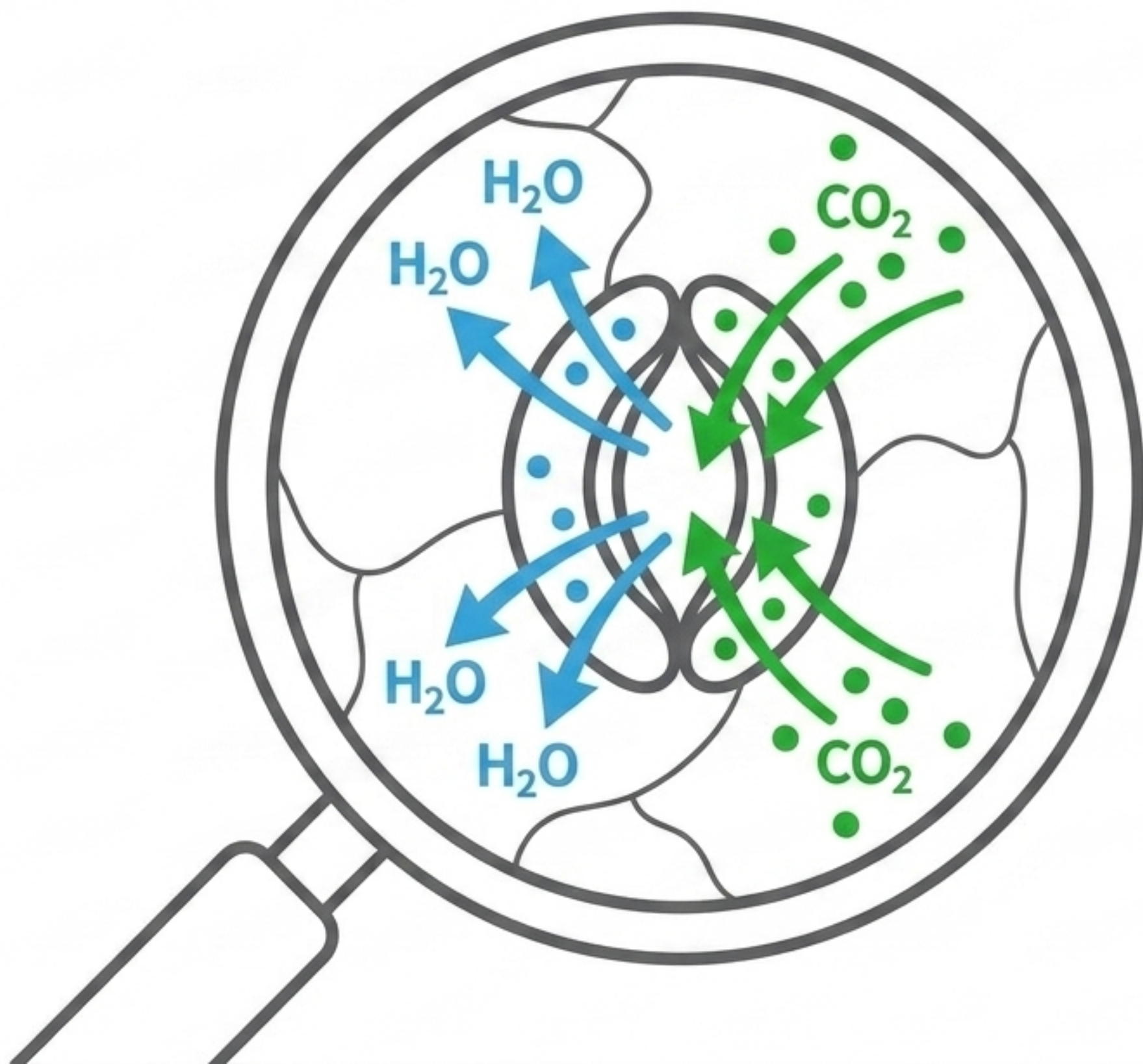


사람이 땀을 흘리듯, 식물은 증산으로 체온을 낮춥니다



물이 수증기로 변할 때 주변의 열을 빼앗습니다. (증발열)
활발한 증산 작용은 한여름 온실 속에서도 잎의 온도를 주변 공기보다 낮게 유지해 줍니다.

증산과 생장은 한 몸처럼 움직입니다



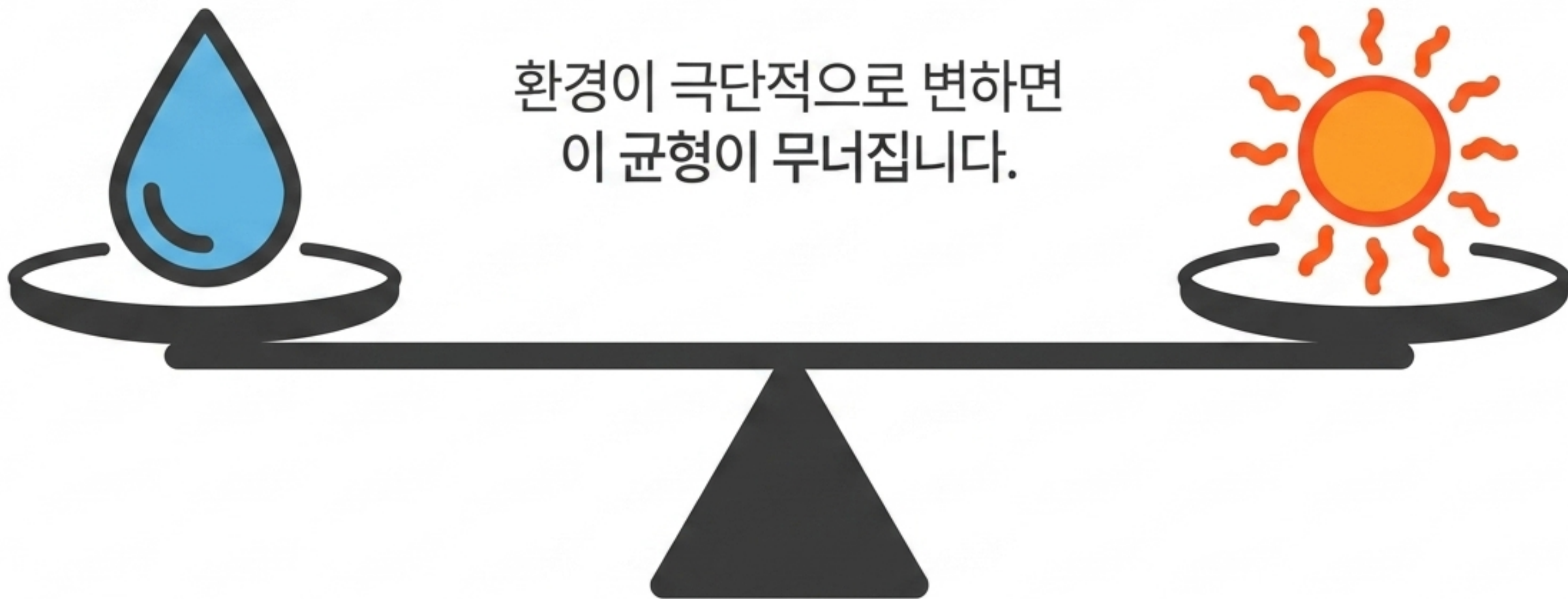
식물이 광합성을 하려면
이산화탄소(CO_2)가 필요합니다.

증산을 위해 기공을 열 때만
이산화탄소가 들어올 수 있습니다.
**즉, 증산을 하지 않으면
광합성도 멈춥니다.**

하지만 증산은 ‘많을수록’ 좋은 것이 아닙니다

가장 이상적인 상태는 뿌리가 물을 흡수하는 속도와
앞에서 물이 빠져나가는 속도가 일치하는 것입니다.

환경이 극단적으로 변하면
이 균형이 무너집니다.



너무 습할 때: 펌프가 멈추고 곰팡이가 번집니다



수분 펌프 정지

증산 약화 (수분 이동 저하)

공기에 이미 수분이 꽉 차 있어 앞에서 물이 증발하지 못합니다.

양분 흡수가 저하되고, 잎 표면에 결로가 생겨 잿빛곰팡이 등 고습성 병해가 발생합니다.

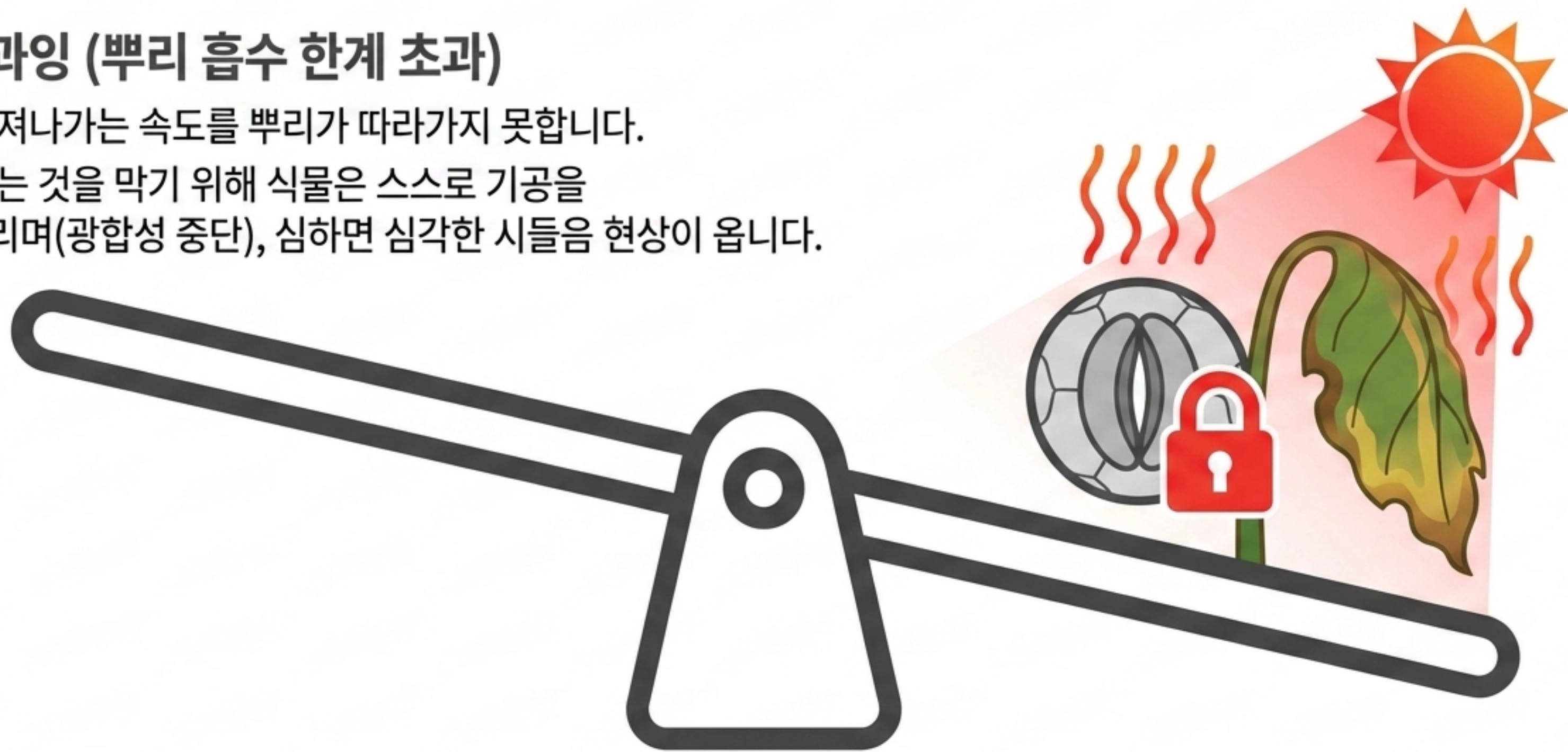


너무 건조할 때: 기공을 닫고 성장을 포기합니다

증산 과잉 (뿌리 흡수 한계 초과)

물이 빠져나가는 속도를 뿌리가 따라가지 못합니다.

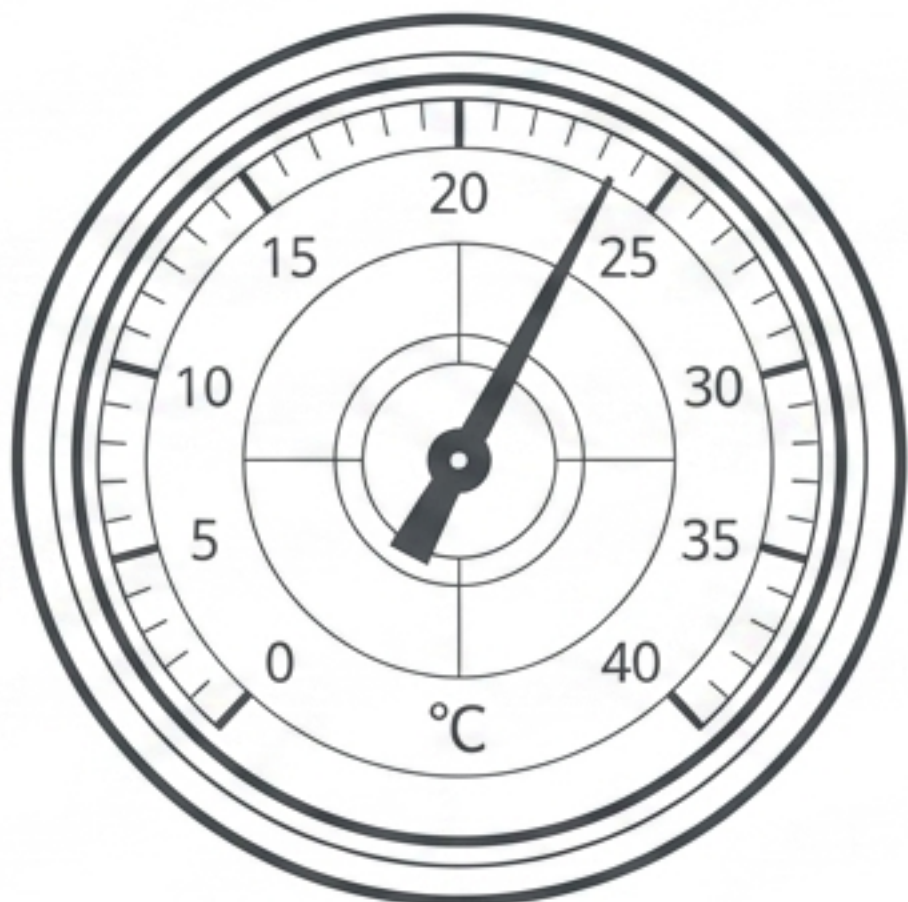
말라 죽는 것을 막기 위해 식물은 스스로 기공을
닫아버리며(광합성 중단), 심하면 심각한 시들음 현상이 옵니다.



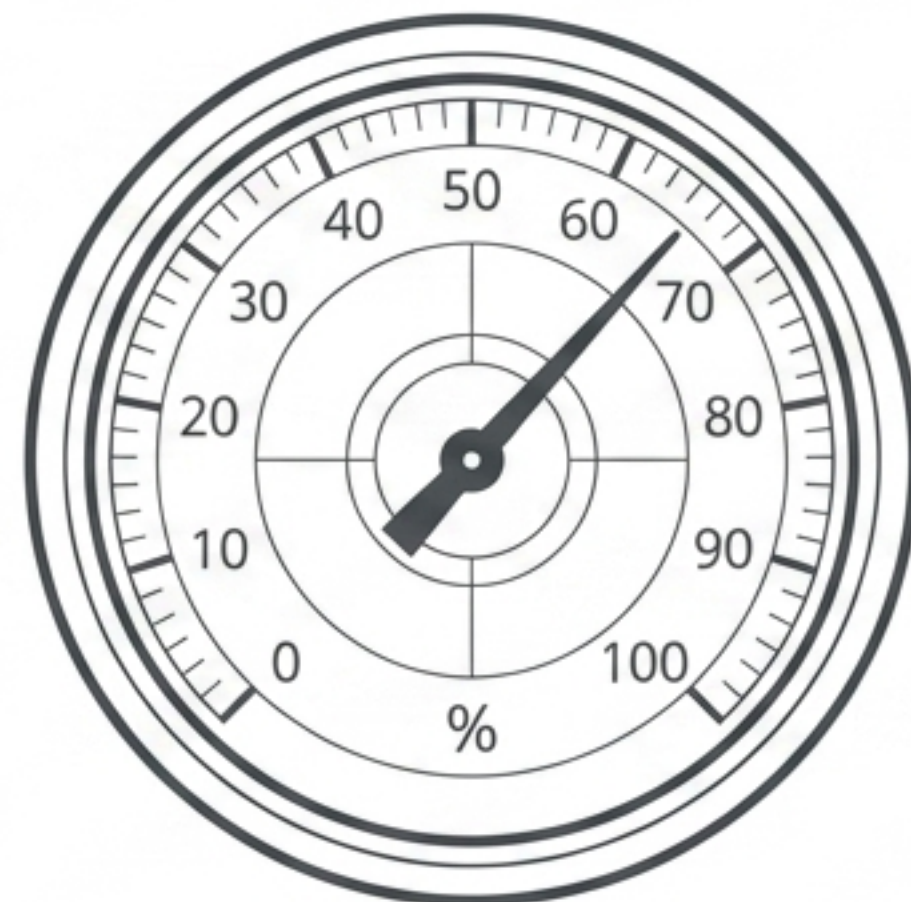
환경 조건에 따른 증산 불균형 진단

환경 조건	증산 상태	식물 내부 변화	외관상 증상
과습 (너무 습함)	증산 약화	양분 흡수 감소 (칼슘 부족)	잎 표면 결로, 곰팡이병
건조 (너무 건조함)	증산 과잉	기공 자체 폐쇄 (광합성 중단)	잎 처짐, 시들음 현상

그렇다면 ‘적당한 수준’은 도대체 어떻게 알 수 있을까요?



온도계



습도계

우리는 보통 온도와 습도를 따로따로 확인합니다.
하지만 온도 25°C, 습도 70%가 식물의 증산 펌프에 ‘정확히’ 어떤 압력을 가하고 있는지 이 두 숫자만으로는 계산하기 어렵습니다.

온도와 습도를 하나로 합친 단 하나의 마스터 지표, VPD



식물이 느끼는 진짜 건조함을 숫자로 보여주는 지표.
다음 장에서는 완벽한 증산 균형을 찾기 위한 비밀, **VPD(수분부족분, 포차)**에 대해 알아보니다.