

스마트 팜 생육환경 모니터링 시스템

만지작
백엽상 활용설명서



❖ 온실 온·습도 관리 중요성

식물은 광합성을 통해 태양에너지를 화학 에너지로 전환하고 포도당과 같은 유기 화합물의 형태로 식물체 내에 저장합니다. 이 유기화합물이 먹이 사슬의 기초입니다. 지구상 모든 동·식물의 생명을 유지하는 원천이 광합성을 통해 생산되는 것입니다.

광합성을 비롯한 식물 활동의 대부분은 증산작용과 밀접한 관계가 있습니다. 식물은 증산작용을 통해 대기 중으로 수분을 방출하고 이 과정은 식물 내부 물 순환에 기여합니다. 양분과 수분은 이 순환을 통해 식물체 내부로 공급됩니다. 증산류로 알려진 이 물 순환은 결국 식물 생장의 기본 조건입니다.

식물의 증산 활동은 온도 및 공기 중 습도에 전적으로 의존합니다. 온도가 너무 높으면 증산이 가속되어 식물의 수분 손실이 증가하고 온도가 너무 낮으면 수분과 양분의 이동이 원활하지 않습니다. 한편, 습도가 너무 낮으면 식물의 증산 속도가 빨라지고 수분 손실로 수분 스트레스를 유발합니다. 습도가 너무 높으면 증산 속도가 느려져 식물체 내에 수분이 축적 될수 있습니다.

따라서 적절한 온도와 습도를 유지하는 것은 식물의 증산 과정을 최적화하고, 수분 손실과 양분 이동의 균형을 맞추는 데 중요합니다. 이를 통해 식물은 건강하게 성장하고 환경 스트레스에 효과적으로 대응할 수 있습니다.

요약하면, 적절한 온·습도 유지가 식물의 증산 활동을 돕고 결국 광합성에 기여합니다. **온실 온·습도 조절은 무엇보다 우선 시행 되어야 할 환경관리 요소**입니다. 온·습도 조절이 선행되지 않은 환경관리는 다소 쓸모 없는 일이 될 수도 있습니다.



❖ 백엽상(통풍건습계)

백엽상은 통풍온습계입니다. 통풍건습계는 건구온도와 습구온도의 차이를 통해 상대습도 등의 수분 지표를 측정하거나 산출합니다.

❖ 측정 원리

팬이 작동하면 백엽상 내부로 온실 공기가 흐르게 되고 습구를 감싼 젖은 심지를 지나면서 증발이 일어납니다. 증발로 인해 열이 빠져나가면서 습구온도계의 온도가 건구보다 낮아집니다. 건구와 습구의 온도 차이를 이용해 상대습도 등을 계산할 수 있습니다. 습도지표를 산출하기 위해 통풍건습계용 습도표나 계산식을 사용합니다.

❖ 백엽상 측정 항목

만지작에서 판매하는 백엽상은 실내온도, 근권온도, 상대습도, 절대수분량, 이슬점, 수분부족량 및 CO2농도를 측정 및 산출하여 인터넷 서버에 기록합니다.

❖ 온실에서 통풍식습계를 주로 사용하는 이유

백엽상은 직접 측정 방식을 사용하기 때문에 높은 정확도를 제공합니다. 또한 낮은 습도에서 높은 습도까지 넓은 측정 범위를 갖습니다. 높은 습도와 온도 변화에 노출된 온실 환경에서 견딜 수 있는 내구성을 가집니다. 다른 고정밀 센서에 비해 상대적으로 저렴하고 유지 보수가 용이 합니다. 통풍온습계는 습구온도계의 심지가 온실 환경과 평형을 이루는 데 시간이 걸립니다. 온실의 환경 관리는 완만하게 달성되어야 하며, 같은 이유로 느린 반응 속도는 오히려 온실 환경 관리에 유리합니다.

이러한 여러 장점 때문에 백엽상은 온실 환경 측정에 널리 사용되고 있습니다.

❖ 백업상 활용

온실 환경에서 온도 및 습도 관리는 필수적이며 먼저 달성해야 할 목표가 됩니다. 온·습도 관리를 하지 않고서는 어떠한 환경 관리도 다소 무의미할 수 있습니다.

- 습공기 이론에 능통하면 온실 환경관리가 용이 해집니다. 당사 홈페이지에 방문하여 “**습공기 이해**” 에 대한 자료를 찾아 참고 하십시오.
- 당사 앱 및 웹을 활용하여 온실 환경관리에 활용 하십시오. 환경 관리가 쉬워집니다.(“**앱 및 웹 사용법**” 참고)
- 식물 증산에 유리한 온·습도 범위가 있습니다. (“**수분부족량 차트**” 참고)
- 또한 각 온도에 따라 증산에 유리한 습도 범위가 다릅니다. 높은 온도에서는 대개 높은 습도를 요합니다. 그러나 너무 높은 습도는 병·해충 발생의 원인이 되기도 합니다.
- 수분부족분은 온도와 습도를 조절하는 단일지표입니다. 즉, 각 온도 대에 맞는 상대습도 관리에 활용될 수 있습니다. **수분부족분의 범위를 3~8 사이로 유지**합니다.
- 냉방 및 제습은 비교적 많은 에너지 비용을 소요됩니다. 주로 가온 및 가습 그리고 환기를 통한 제습을 주로 활용하십시오. 따라서
- 다음 관계에 주목합니다. 온도는 습도에 반비례 합니다. 온도를 높이면 습도가 내려갑니다. 가습을 하면 온도가 내려 갑니다. (“**각 습도지표 의미와 관계**” 참고)
- 온실에서 식물 생장에 유리한 온·습도 조건을 항상 유지하기는 어렵습니다. 온실의 설비 상황과 에너지 비용 등을 감안하여 증산에 적합한 환경을 최대한 늘려줍니다.



- 당사 환경모니터링 앱과 웹에는 **HD 다이어그램**이 있습니다. 복잡한 이론을 숙지하지 않더라도 쉽게 환경관리에 적용할 수 있습니다. 가온, 냉방, 가습, 제습의 필요성을 직관적으로 표시해줍니다.
- 이슬점 온도는 현 습도 상황에서 온도가 내려갈 경우 이슬이 맺히는 온도를 표시합니다. 공기 중으로 추가 수분이 유입되지 않는다는 전제하에 산출되는 온도입니다. 따라서 야간에 증발 및 증산에 의한 추가 수증기 유입을 고려해야 합니다. 해가 진 후 이슬점 온도를 참고하여 난방 온도를 설정합니다. 이슬점 보다 약간 높은 야간 난방온도는 결로를 방지합니다.
- 당사 앱 및 웹에 있는 **HD/VPD 계산기**를 활용하여 수분지표간 연산을 수행할 수 있습니다. 예를 들어, 습도 조절을 위한 가습 및 제습에 필요한 수분량을 계산하거나 목표 온도를 결정할 때 활용할 수 있습니다.
- 당사 환경모니터링 앱과 웹에는 **알람 설정**이 있습니다. 측정되고 있는 모든 항목에 대해 상한 및 하한 알람을 설정할 수 있습니다. 작물 재배는 한 순간의 환경조절 실패가 작물의 생육을 좌우할 수도 있습니다. 필수 항목에 대해 반드시 알람을 설정하십시오.
- 원인 없는 결과는 없습니다. 작물 생육에 변화가 생겼다면, 반드시 과거 온실 환경데이터를 살펴보십시오.
- 되도록 자주 환경데이터를 관찰하고 주목하십시오. 평소와 차이를 보이는 환경요소가 일정 기간 지속되면 반드시 작물 생육에 변화가 생깁니다. 이로써 작물 재배에 대한 아이디어를 얻을 수 있습니다.
- 당사 환경모니터링 앱과 웹에는 **데이터 공유 기능**이 있습니다. 다른 농가와 데이터를 공유하면서 환경관리 방법론을 논의해보세요. 같은 환경조건을 개선하는 서로 다른 방법을 익힐 수 있습니다.

- 시계열 그래프를 잘 활용하십시오. 여러 환경데이터 항목을 동일 시간 축에 나열하는 **시계열 그래프**는 환경 요소 간 연관성을 검토하는데 도움이 됩니다.
- 모든 센서 노드의 환경데이터 항목은 또 다른 센서 노드의 데이터 항목과 함께 여러 차트로 구성될 수 있습니다. (“**내가 만든 차트**” 참고)
- 근권 온도계는 식물 뿌리 부근의 온도를 측정합니다. 되도록 식물의 잔뿌리가 존재하는 깊이로 삽입하십시오. 양·수분의 흡수는 주로 잔뿌리를 통해 이뤄집니다.
- 근권부 온도는 양분 흡수량은 물론 흡수 양분의 종류에도 연관이 있습니다. 재배 전문가의 도움을 받아 재배 작목에 따른 적정 근권부 온도를 유지하십시오.
- 온실이 밀폐 상태를 유지하는 상황에서 CO2 농도는 광합성 활성도를 가늠하는 좋은 지표가 될 수 있습니다.
- 타사 제어기 등에 부착된 온·습도 센서에 복사 차폐 쉘이 없거나 통풍 구조가 아닌 경우, 해당 센서를 백엽상 내부로 유인하는 것도 좋은 방법입니다. 가능하면 백엽상의 온·습도 수치와 일치하도록 해당 센서를 보정하세요. (각 **제어기 메뉴얼** 참고)
- 당사 제품은 타사 제어기와의 연동을 적극 지원합니다. 필요한 경우, 당사에 요청하세요.
- 현재 구현되고 있지 않은 새로운 통계지표가 필요할 경우, 당사에 요청하세요.
- 새로운 기능이 필요할 경우, 당사에 요청하세요.



❖ 각 습도지표 의미와 관계

- 포화수분량은 현재 온도의 공기가 포함할 수 있는 최대 수분량입니다 (단위 : g/m^3 , “포화수증기량 차트” 참고).
- 절대수분량은 현재 공기에 포함되어 있는 실제 수분량입니다 (절대 = 현재 = 실제, 단위 : g/m^3).
- 공기중 수증기가 포화되면 상대습도는 100% 입니다(포화수분량 = 실제수분량, 이 때의 온도가 이슬점 온도).
- 즉, 포화수분량과 실제 수분량이 같으면 상대 습도는 100% 이고 결로가 발생합니다.
- 상대습도는 포화수분량에 대한 실제수분량의 비입니다.(단위 : %).
- 즉, **상대습도 = 실제수분량 / 포화수분량 * 100** (단위 : %).
- 수분부족량은 포화수분량에 대한 실제수분량의 차이입니다.
- 즉, **수분부족량 = 포화수분량 - 실제수증기량** (단위 : g/m^3)
- 수분부족량은 온도와 비례 관계에 있습니다. 즉 온도가 올라가면 수분부족량은 올라갑니다.
- 수분부족량은 상대습도와 반대 반비례 합니다. 즉 상대습도가 올라가면 수분부족량은 내려갑니다.
- 온도와 상대습도는 반비례 합니다. 즉 온도가 올라가면 습도는 내려갑니다.
- 습공기 이론에 능통하면 온실 환경관리가 용이해집니다. 도움이 필요한 경우 당사와 소통하십시오.
- 습공기 이해에 필요한 자료를 보내드립니다.



❖ 포화수증기량 차트

- 온도에 따라서 공기가 함유할 수 있는 최대 수분량이 다름(10°C에서 9.4g, 29 °C에서 28.8g이면 100% 상대습도)
- 같은 상대습도라도 온도에 따라 실제수분량이 다름(50% 상대습도, 10°C에서 4.7g, 29 °C에서 14.4g)

in grams per m³ at 1000 mbar

Temp	Relative Humidity (상대습도)										
	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
10	9.4	8.9	8.5	8.0	7.5	7.1	6.6	6.1	5.6	5.2	4.7
11	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0
12	10.7	10.1	9.6	9.1	8.5	8.0	7.5	6.9	6.4	5.9	5.3
13	11.4	10.8	10.2	9.7	9.1	8.5	8.0	7.4	6.8	6.3	5.7
14	12.1	11.5	10.9	10.3	9.7	9.1	8.5	7.9	7.3	6.7	6.0
15	12.9	12.2	11.6	10.9	10.3	9.6	9.0	8.4	7.7	7.1	6.4
16	13.7	13.0	12.3	11.6	10.9	10.2	9.6	8.9	8.2	7.5	6.8
17	14.5	13.8	13.1	12.3	11.6	10.9	10.2	9.4	8.7	8.0	7.3
18	15.4	14.6	13.9	13.1	12.3	11.6	10.8	10.0	9.2	8.5	7.7
19	16.3	15.5	14.7	13.9	13.1	12.3	11.4	10.7	9.8	9.0	8.2
20	17.3	16.4	15.6	14.7	13.9	13.0	12.1	11.3	10.4	9.5	8.7
21	18.4	17.5	16.5	15.6	14.7	13.8	12.9	11.9	11.0	10.1	9.2
22	19.5	18.5	17.5	16.5	15.6	14.6	13.6	12.7	11.7	10.7	9.7
23	20.6	19.6	18.6	17.5	16.5	15.5	14.4	13.4	12.4	11.3	10.3
24	21.8	20.7	19.6	18.6	17.5	16.4	15.3	14.2	13.1	12.0	10.9
25	23.1	21.9	20.8	19.6	18.5	17.3	16.2	15.0	13.9	12.7	11.5
26	24.4	23.2	22.0	20.8	19.5	18.3	17.1	15.9	14.7	13.4	12.2
27	25.8	24.5	23.2	21.9	20.7	19.4	18.1	16.8	15.5	14.2	12.9
28	27.3	25.9	24.6	23.2	21.8	20.5	19.1	17.7	16.4	15.0	13.6
29	28.8	27.4	25.9	24.5	23.1	21.6	20.2	18.7	17.3	15.9	14.4

❖ 수분부족량 차트

Humidity deficit table (grams of water per m ³ air)														
	RH% 상대습도													
Temperature °C	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
온도 15	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2	3,9	4,5	5,2	5,8	6,5	7,1	7,7	8,4	9
16	0,7	1,4	2,1	2,7	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6
17	0,7	1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,5	7,3	8	8,7	9,4	10,2
18	0,8	1,5	2,3	3,1	3,9	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7	8,5	9,2	10	10,8
19	0,8	1,6	2,4	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,2	9	9,8	10,6	11,4
20	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	9,5	10,4	11,2	12,1
21	0,9	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,4	8,3	9,2	10,1	11	12	12,9
22	1	2	2,9	3,9	4,9	5,9	6,8	7,8	8,8	9,8	10,7	11,7	12,7	13,7
23	1	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3	11,3	12,4	13,4	14,4
24	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	12	13,1	14,2	15,3
25	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,6	12,7	13,9	15	16,2
26	1,2	2,4	3,7	4,9	6,1	7,3	8,5	9,8	11	12,2	13,4	14,6	15,9	17,1
27	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,7	9	10,3	11,6	12,9	14,2	15,5	16,8	18,1
28	1,4	2,7	4,1	5,5	6,8	8,2	9,6	10,9	12,3	13,7	15	16,4	17,7	19,1
29	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13	14,4	15,8	17,3	18,7	20,2
30	1,5	3	4,6	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7	15,2	16,7	18,2	19,8	21,3
31	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16,1	17,7	19,3	20,9	22,5
32	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17	18,6	20,3	22	23,7
33	1,8	3,6	5,4	7,1	8,9	10,7	12,5	14,3	16,1	17,9	19,6	21,4	23,2	25
34	1,9	3,8	5,7	7,5	9,4	11,3	13,2	15,1	17	18,9	20,7	22,6	24,5	26,4
35	2	4	6	7,9	9,9	11,9	13,9	15,9	17,9	19,9	21,8	23,8	25,8	27,8
36	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,5	14,6	16,7	18,8	20,9	23	25,1	27,2	29,3
37	2,2	4,4	6,6	8,8	11	13,2	15,4	17,6	19,8	22	24,2	26,4	28,6	30,8
38	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,2	25,5	27,8	30,1	32,4
39	2,4	4,9	7,3	9,7	12,2	14,6	17	19,5	21,9	24,4	26,8	29,2	31,7	34,1
40	2,6	5,1	7,7	10,2	12,8	15,4	17,9	20,5	23	25,6	28,2	30,7	33,3	35,8

- 온도에 따라서 식물 생장에 적합한 상대습도 범위가 다름(회색 바탕색으로 강조)
- 온도가 낮을 때는 적합한 상대습도도 낮고 범위가 넓음
- 온도가 높을 때는 적합한 상대습도가 높고 범위가 좁음
- 차트 내부에 숫자는 수분부족량(g/m³) 수치이며 증산에 적합한 범위(회색 바탕 영역)는 3~8 임

