

상업용 온실에서 재배환경 안정화를 위한 습공기의 능동적 제어

명동주

- 기존 온실에서 최적의 생산성이 이미 달성 된 경우
관행을 통해 생산성을 높이는 것은 더 이상 불가.
- 투입요인과 낭비 요인을 최소화 하면서 생산을 극대화 할 수 있는
최선의 선택은 ?
습공기 관리를 통한 **적극적인 복합환경제어에 고민.**

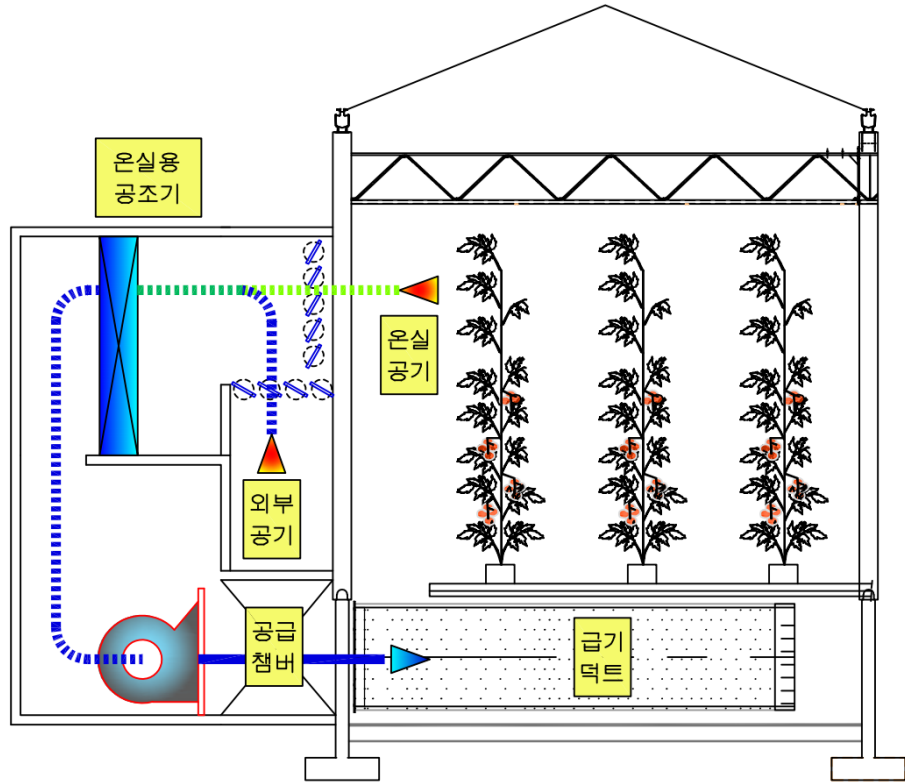
• 1983년 McNally, 완전히 밀폐된 2ha 온실 건설

- 엔지니어이자 온실 건축업자 Donald McNally에 의해 시도
- 뉴질랜드의 오래된 플라스틱 온실에서 습도와 해충문제를 해결하기 위해
- 환기구가 적고 온실 내에서 더 활발하고 균일 한 공기 흐름을 갖게 하자는 실용적인 접근 방식으로 개발

▪ 반밀폐형 디자인과 프로토타입 개발

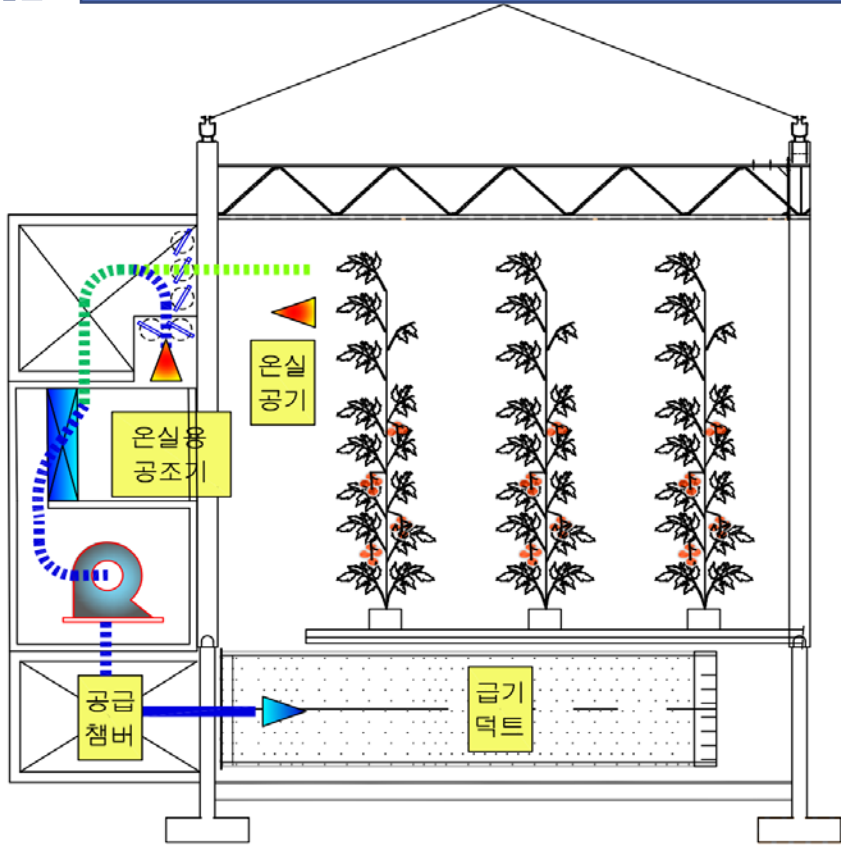
- 2003년 Village Farms GATES greenhouse-Texas
- 2006년 Houweling, 북미에서 가장 큰 생산자 중 하나이며 혁신가이자 재배자
- 높은 광 조건과 남부 캘리포니아에서 미국시장에 대한 접근성을 활용하여 생산성을 크게 증가 시킴
- 온실 건축업자 Kubo와 통풍구의 수를 제한하여 수동적 인 공기 교환을 줄이는 아이디어
- 2007 년에 2, 8 헥타르를 포함한 최초의 대규모 상업용 반 폐쇄 형 유리 하우스를 건설

- 2007년부터 **Kubo**는 특허받은 디자인을 사용하여 **Ultra-Clima®** 건설
 - 2014년 기준 전 세계 고객은 총 147ha가 넘는 면적의 유리온실(Kubo, 2014)
- 2013년까지 네덜란드의 유리 온실 건축업자 **Van der Hoeven**
 - 반밀폐형 유리온실을 프랑스에 건설
 - ‘**Modul-Air**’ 로 알려진 이 제품은 Ultra-Clima®와 동일한 원리로 작동
- 결과적으로 모듈 식 공기 시스템은 이제 주요 키 중 하나입니다.



08년 대형 옥외 공조기방식

적용사유	<ul style="list-style-type: none"> • 온실에 난방 및 냉방을 하기위해 적용 • 외기도입이 필요해 조절 댐퍼 설치 • 배관은 지중매립
공조방법	<ul style="list-style-type: none"> • 옥외에 대형 공조기, 덕트를 설치 • 기류는 온실하부 공급, 상부 흡입 • 외부공기 공급가능 • 옥외에 4m 이상 여유공간 필요 • 팬 소모동력이 높음
시간당 풍량	5회 ~ 7회 / hr
외기취입	가능, 적음
기화냉각	기능 없음
공조동력	높음
공조동력 비용	₩ 25,000,000/ha/yr
장비당 공조용량	140kW ~ 200kW / Unit

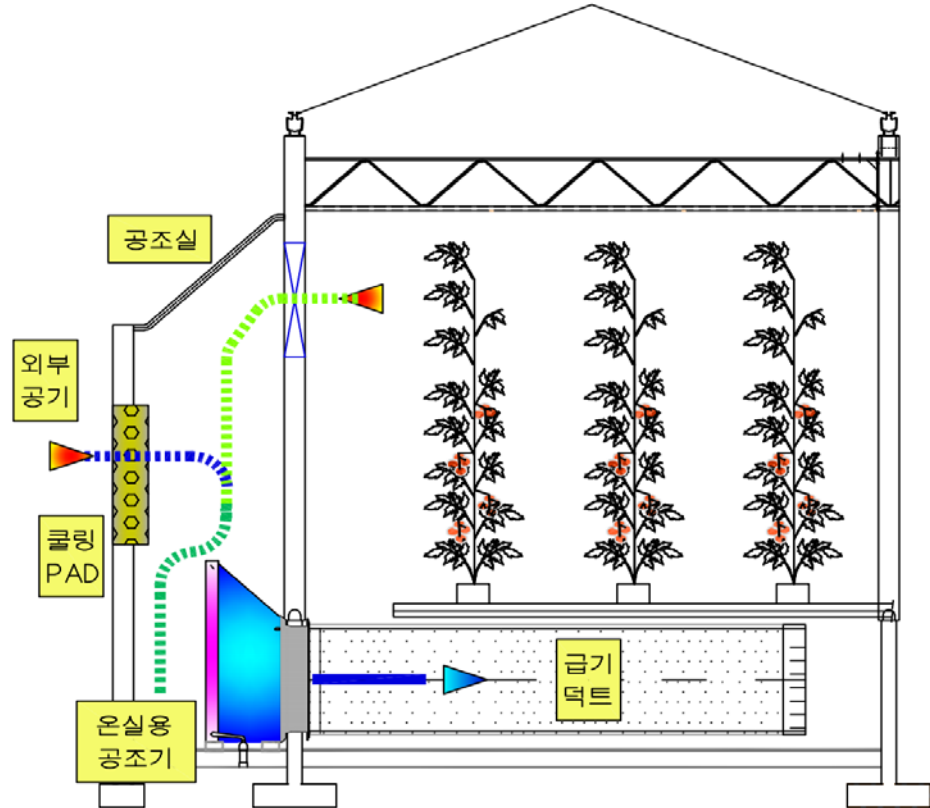


13년 소형 옥외공조기 방식

적용사유	<ul style="list-style-type: none"> 공조기 설치공간 저감 및 기류개선 위해 소형공조기 설치 배관은 옥외설치, 시공 난이함
공조방법	<ul style="list-style-type: none"> 옥외 소형 공조기, 하부에 챔버를 설치 기류는 온실하부 공급, 상부 흡입 외부공기 공급가능 옥외에 2m 이상 여유공간 필요 팬 소모동력이 높음
시간당 풍량	5회 ~ 7회 / hr
외기취입	가능, 적음
기화냉각	기능 없음
공조동력	높음
공조동력 비용	₩ 25,000,000/ha/yr
장비당 공조용량	20kW ~ 30kW / Unit

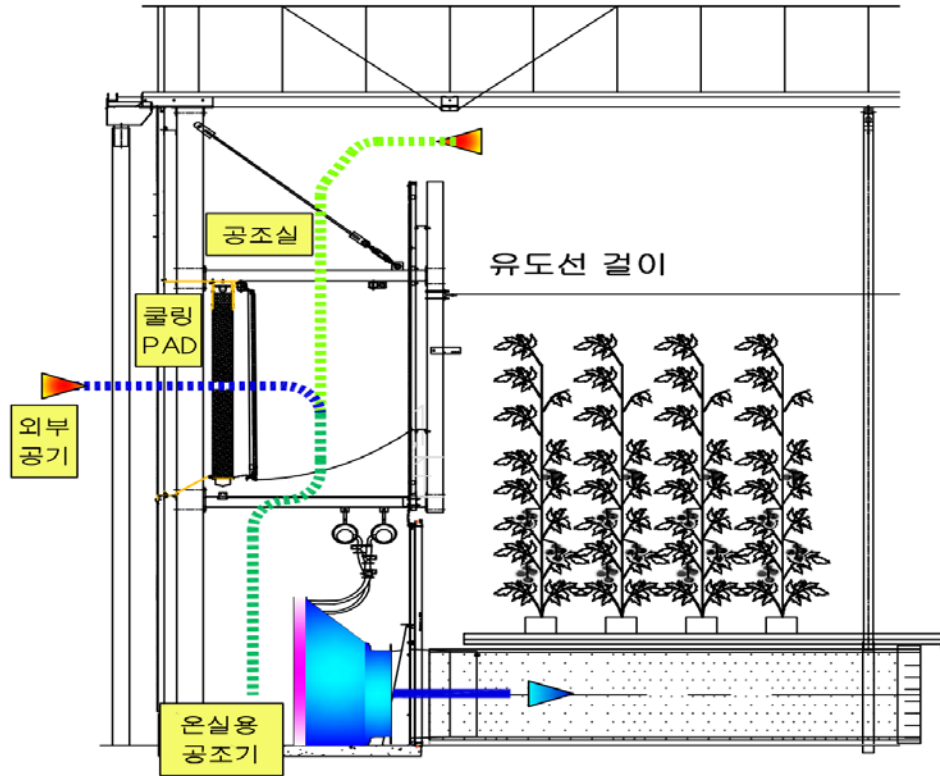


한국에서 생산자에 의한 온실변화



17년 실내공조 및 PAD

적용사유	<ul style="list-style-type: none"> • 온실과 별도의 공조복도 설치 • (개보수 적용가능 모델) • 공조동력 저감 및 여름 기화냉각 설치
공조 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 온실과 별도로 공조복도 조성 • 복도에 소형 EC팬 공조기 설치 • 외기 공급 및 기화냉각(PAD)가능 • 온실측면에 2m 여유공간 필요 • 팬 소모동력이 적음
시간당 풍량	7회 / hr
외기취입	가능, 다소많음
기화냉각	가능
공조동력	낮음
공조동력 비용	₩ 6,500,000/ha/yr
장비당공조용량	10kW ~ 20kW / Unit



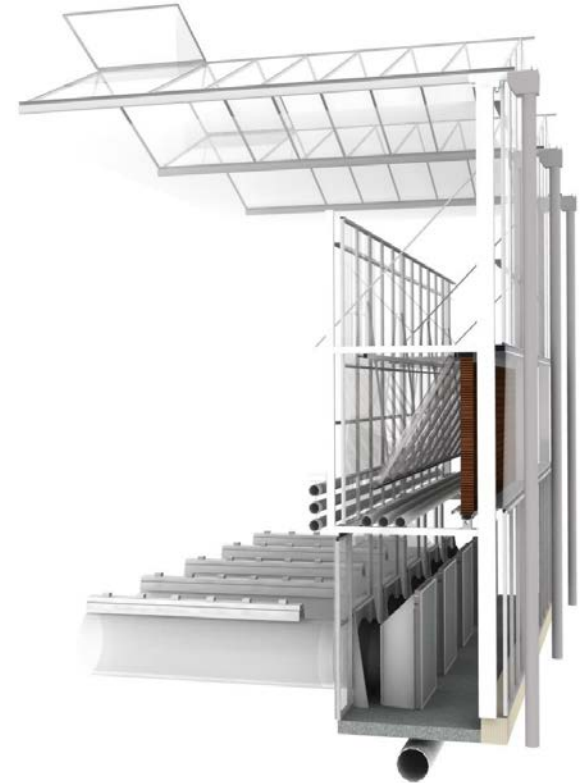
반밀폐형 실내공조 및 PAD

적용사유	<ul style="list-style-type: none"> 온실 일체형 공조복도 설치(신축온실) 기류 및 온도편차 개선위해 고품량 공조 공조동력 저감 및 여름 기화냉각 설치
공조 방법	<ul style="list-style-type: none"> 온실과 일체형 공조복도 조성 복도에 고품량 EC팬 공조기 설치 외기 공급 및 고품질 기화냉각(PAD) 온실측면에 2m 여유공간 필요 팬 소모동력이 적음
시간당 풍량	10 ~ 13회 / hr
외기취입	가능, 많음
기화냉각	가능
공조동력	낮음
공조동력 비용	₩ 11,000,000/ha/yr (
장비당공조용량	20kW ~ 30kW / Unit



습공기 능동제어형 온실의 특징

- Active Cooling
 - 수동적 환기에서 적극적/능동적 순환시스템으로의 전환
- Energy Savings
 - 온실내부로 유입된 에너지를 저장하여 환경 운영에 활용
- Radiation
 - 구조물이 적어 최대 14% 광 인입
- High pressure
 - 온실 내부와 외부의 기압차를 형성하여 고른 기후 조건과 해충 유입 방지



습공기 능동제어형 온실의 특징

- 일반온실보다 90% 천창의 수가 적으며 (방충망 포함) 15% 이상의 광 투과율 상승
- 천창을 통해 여분의 공기, 습과 에너지를 제어

- 높은 온실구조(7.2m이상)는 작물과 온실의 제어를 위한 보다 큰 완충공간을 제공

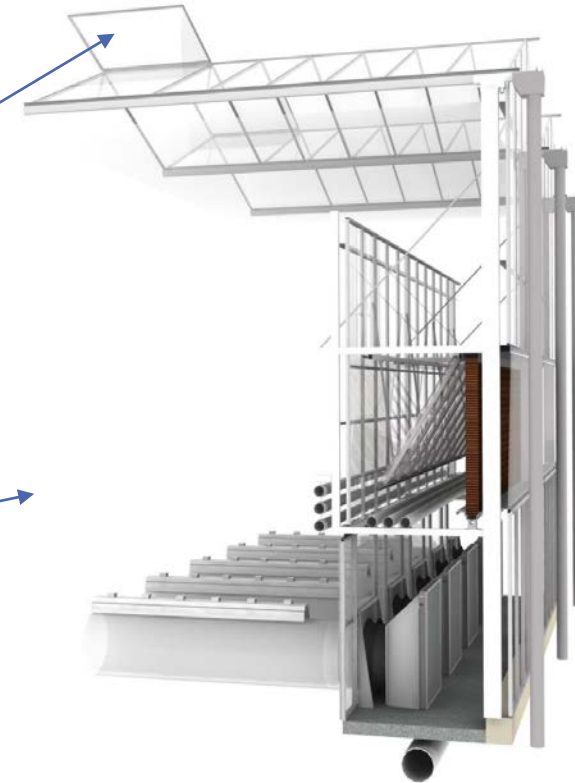


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

- 공기교환시설은 에너지 및 CO₂를 재사용하게 하며 동시에 작동되는 스크린 설비는 에너지를 절약
- 믹싱창을 통하여 내부공기 · 외부공기의 순환 및 혼합

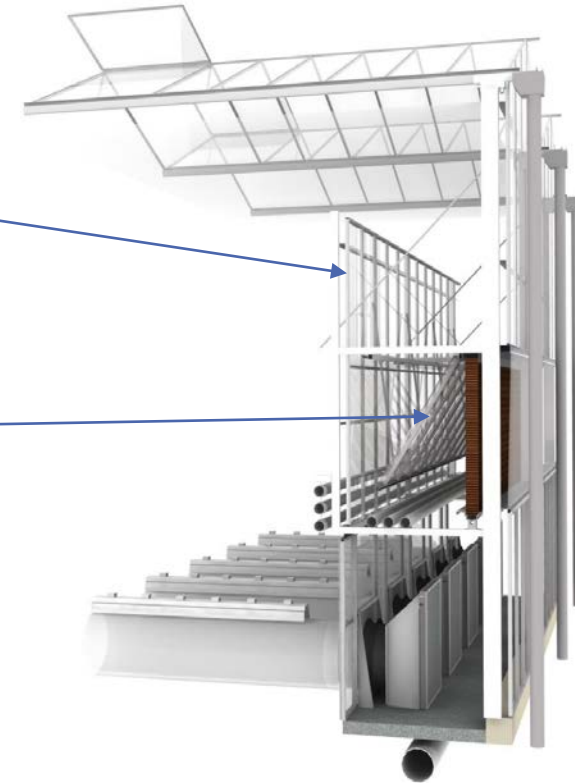
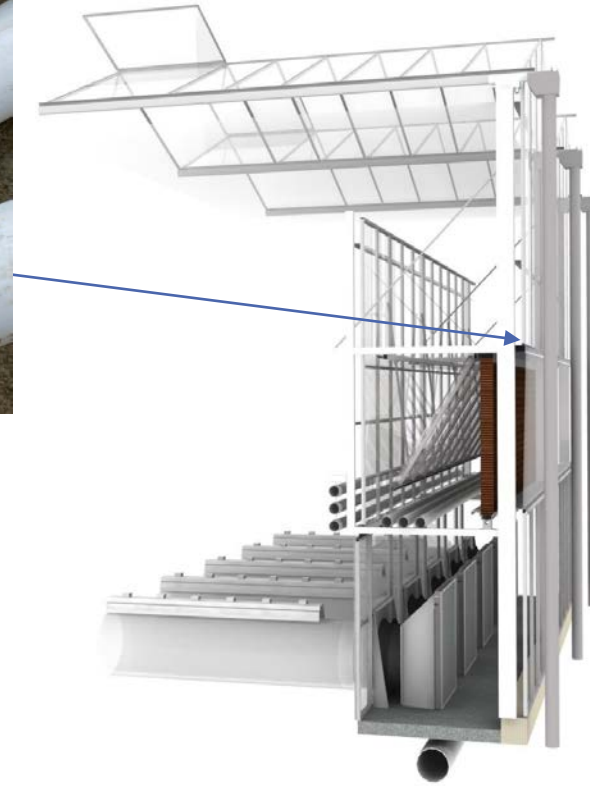
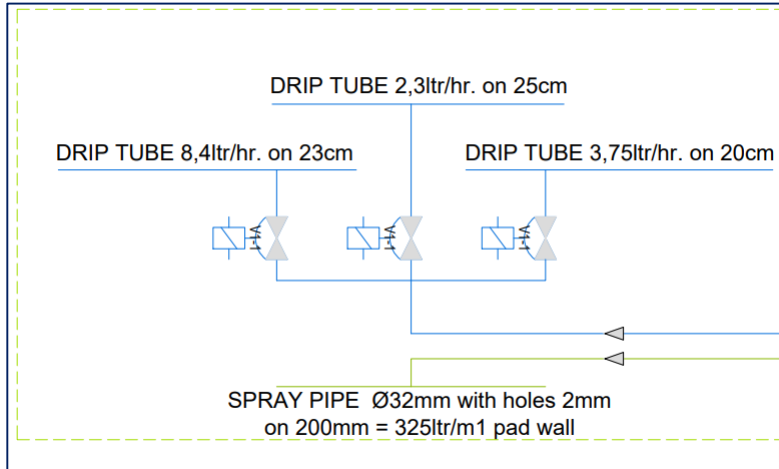


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징



- 9.2 liter/m1 = 2°C cooling
- 18.7 liter/m1 = 4°C cooling
- 36.7 liter/m1 = 8°C cooling

Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

- SCG내의 안정된 공기순환은 온실내의 온도 편차를 최소화
- 온실내의 양압은 습도를 안정적으로 유지시키며 유해충의 온실내 유입을 압력으로 방지
- SCG 컨트롤은 재배자가 원하는 CO₂농도를 일정하게 유지

- 방충망은 외부공기 유입 시 해로운 충의 온실내 유입을 확실하게 차단

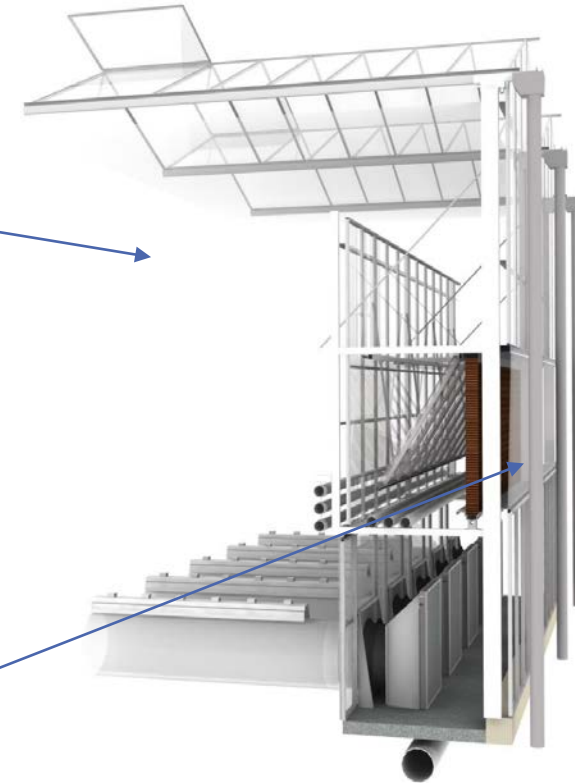


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

- PAD 컨트롤은 온실내의 습의 보충과 온도 하강
- 긴 2중구조의 덕트는 온실내의 공기를 균일하게 공급

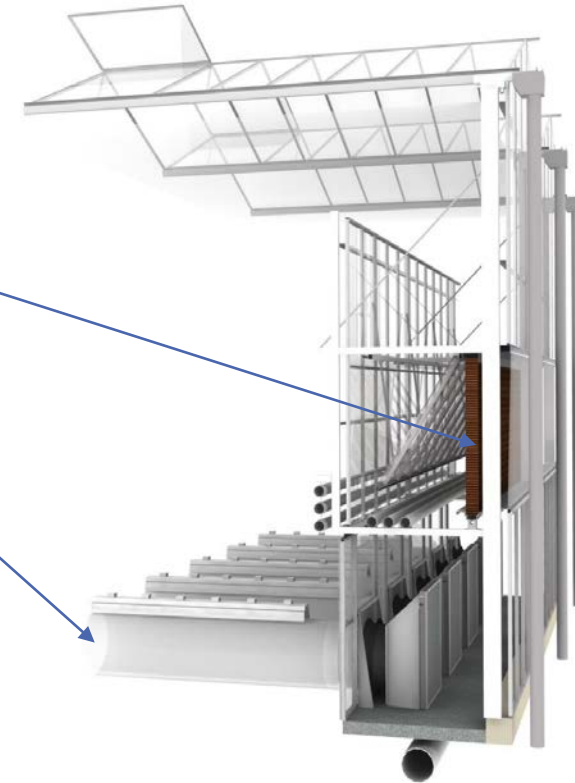
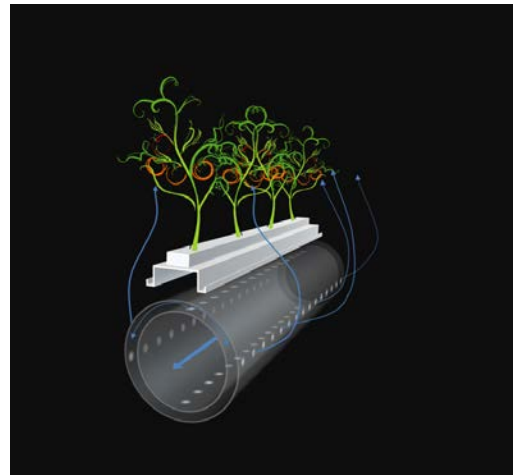


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

- 에어튜브를 통하여 CO₂를 공급하면 코리도에서 온실내에 공급되어질 공기와 잘 혼합되어 덕트를 통하여 온실내에 고르게 공급
- 밀폐구조의 온실에서 CO₂의 효율성이 증가되며 높은 농도가 가능

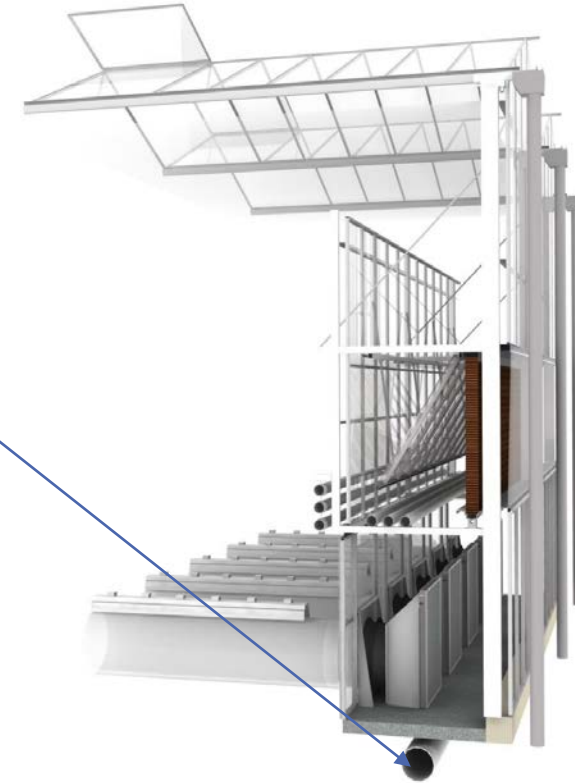


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

- 2중 팬코일은 온실내에 열교환 효율 증대
- 에너지를 절약하는 중요한 장치이며, 팬의 속도는 제공하려는 온도, 압력, 습도의 정도에 따라 자동 조절

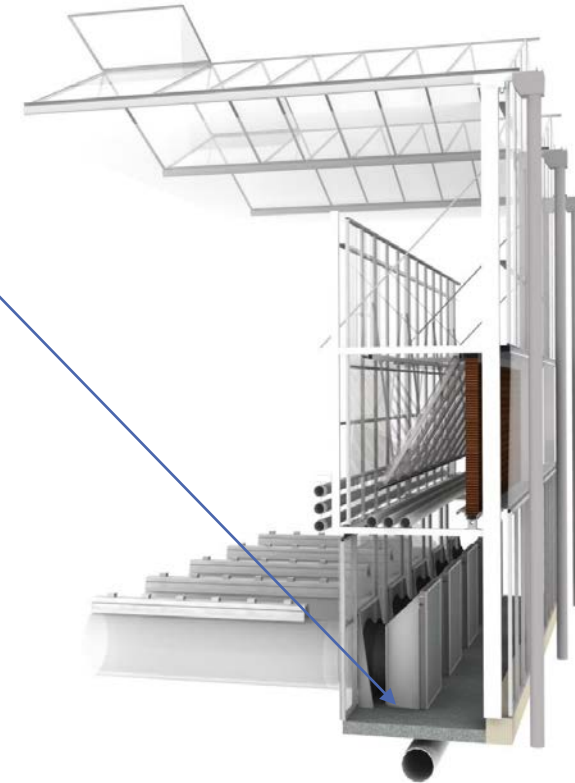
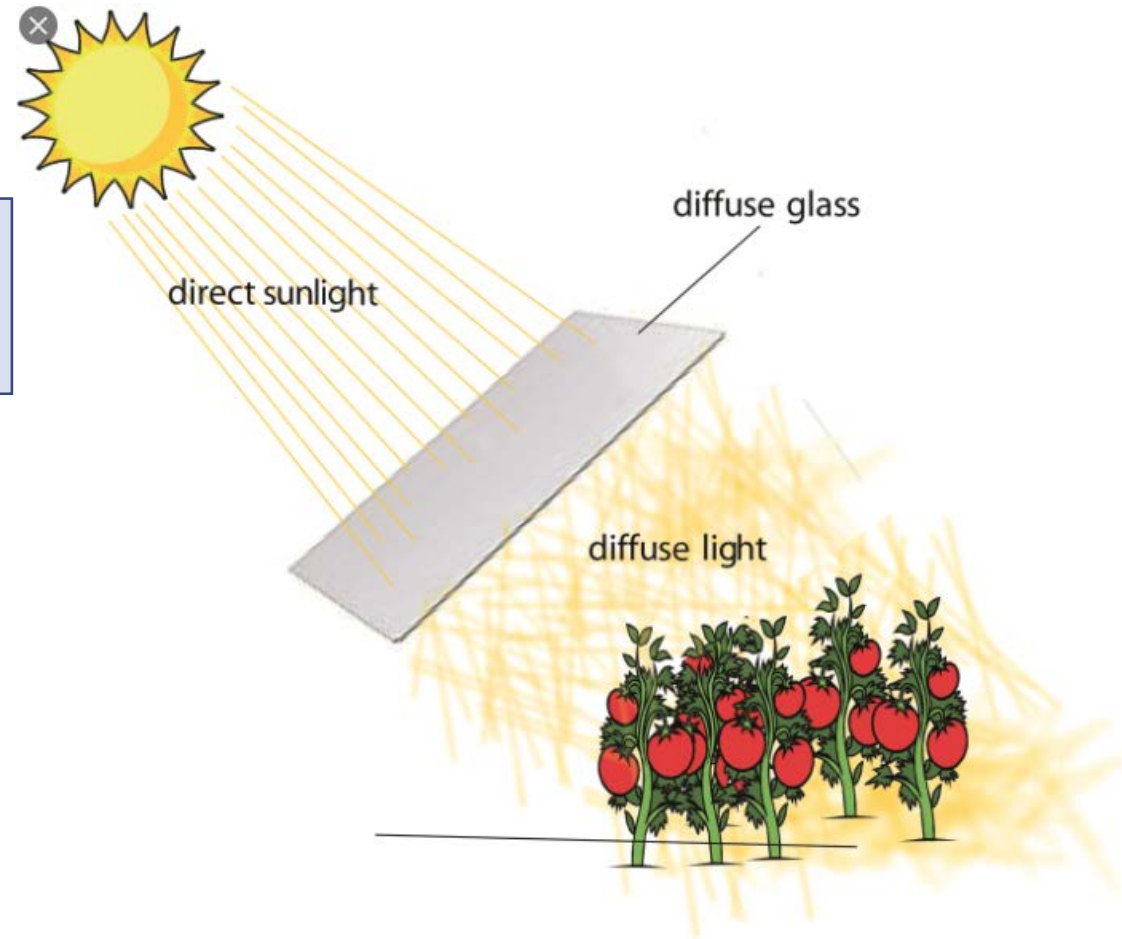


Figure 5 Kubo Design Semi-Closed Greenhouse (Source: www.kubo.com.au)

습공기 능동제어형 온실의 특징

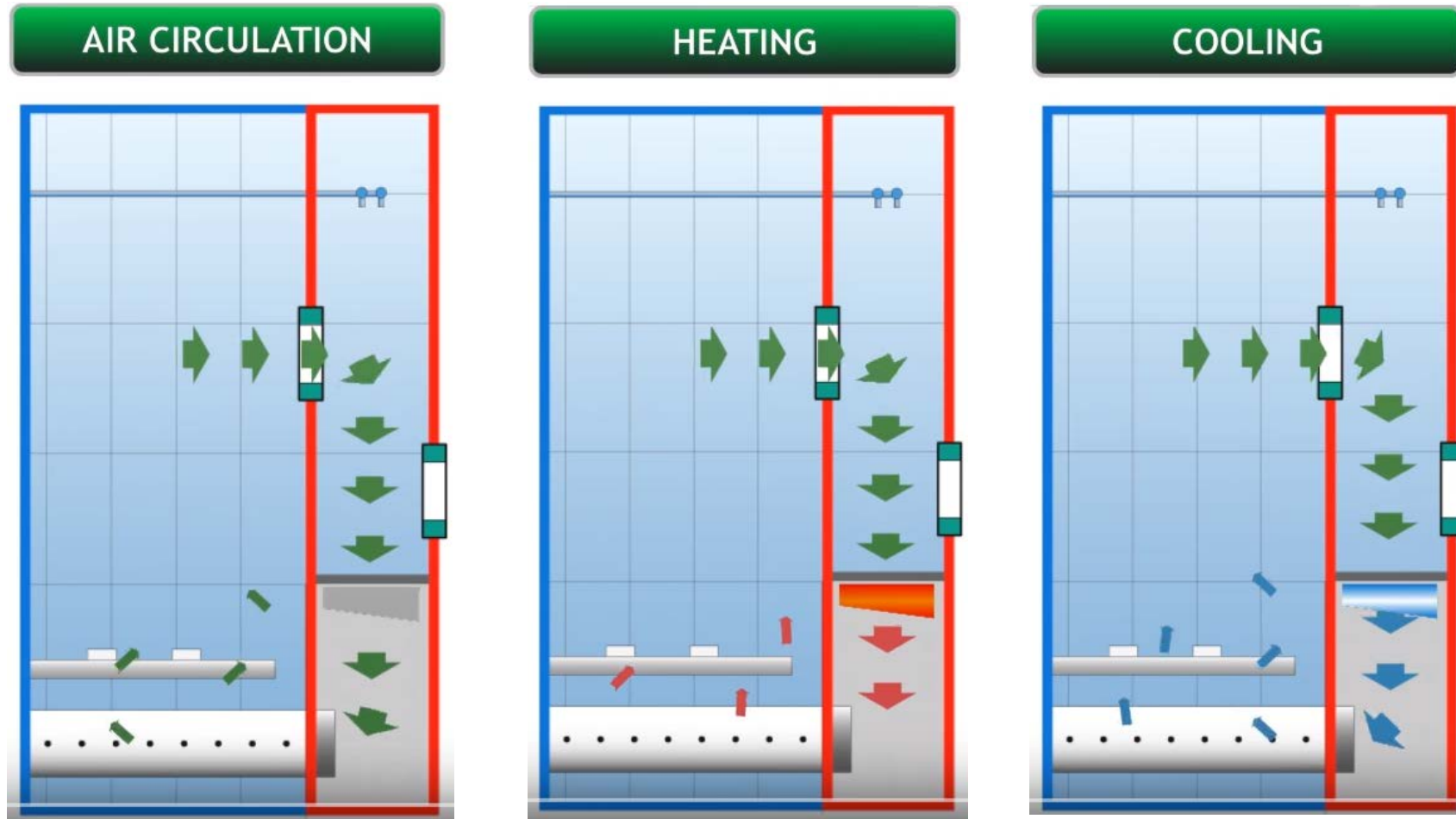
- 온실내 산란광은 정단부 온도를 낮춰주고 작물 하단까지 광을 침투시켜 광합성 효율을 높임



습공기 능동제어형 온실의 작동

공기 유동 및 냉난방

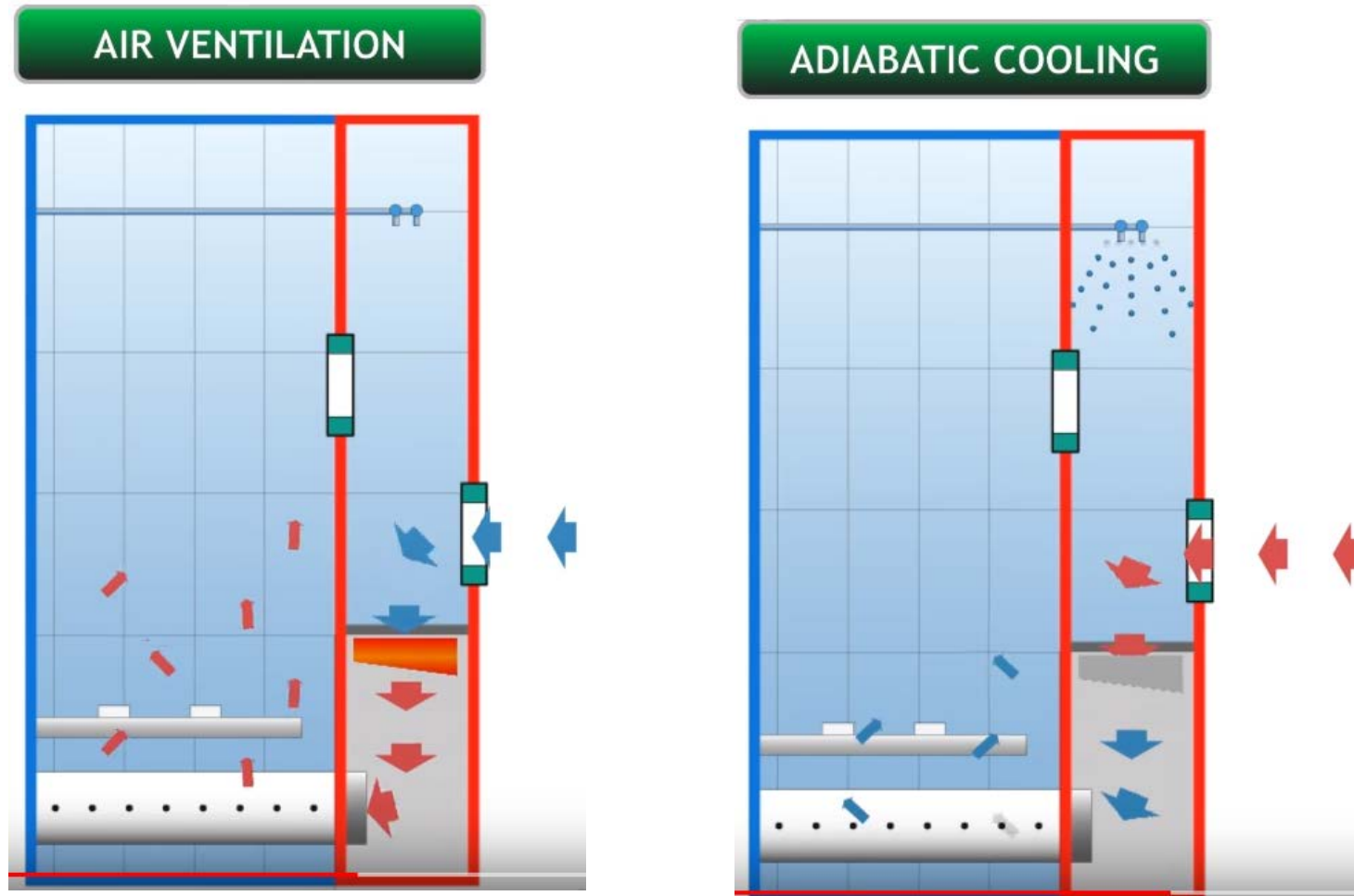
상부 공기를 하부로 순환하고 열교환기에서 냉각 또는 가열하여 공급되는 온도 조절



습공기 능동제어형 온실의 작동

외부 환기 및 냉난방

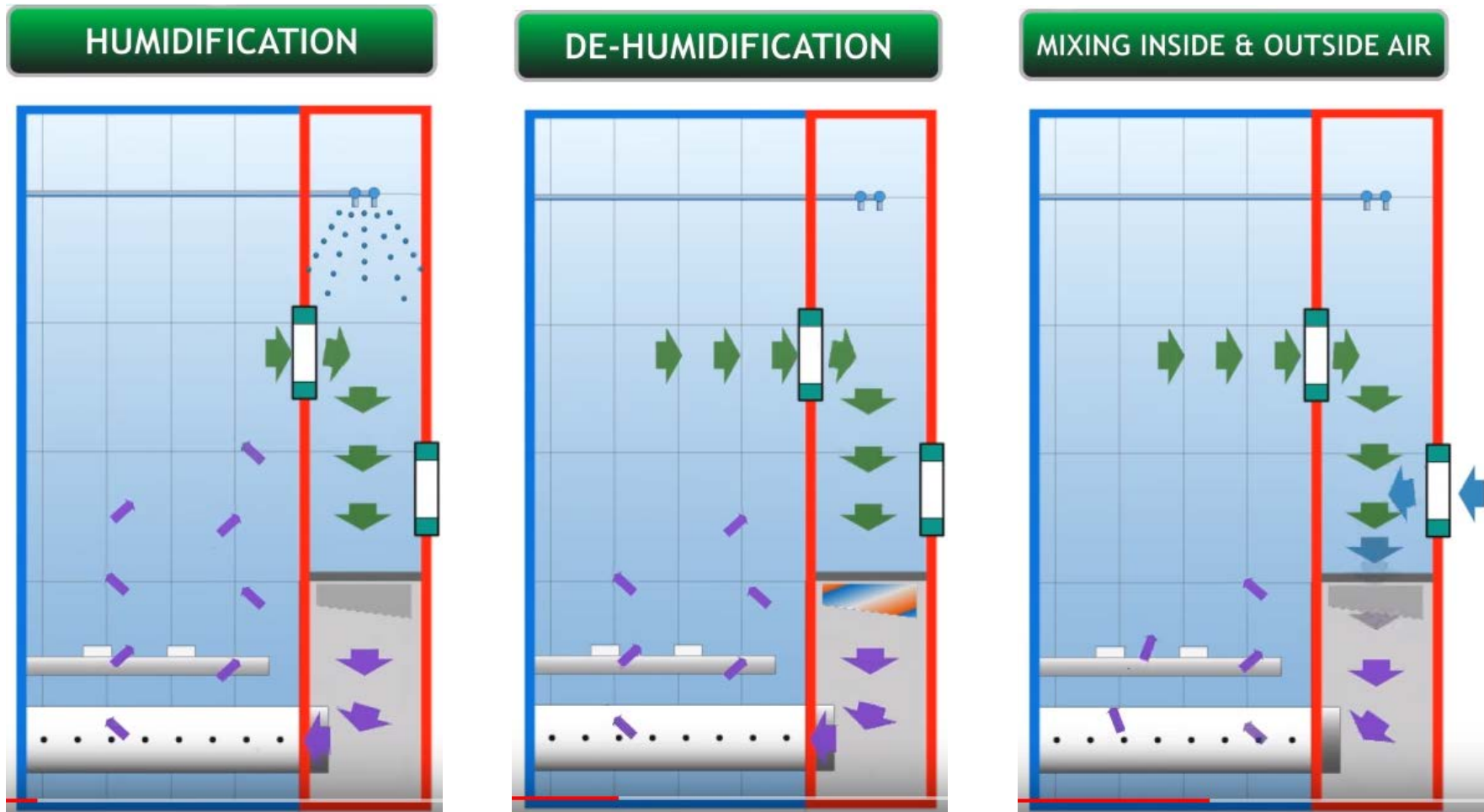
외부공기를 유입시켜 FCU에서 난방하거나 PAD 와 FOG를 이용한 냉각



습공기 능동제어형 온실의 작동

가습 및 제습

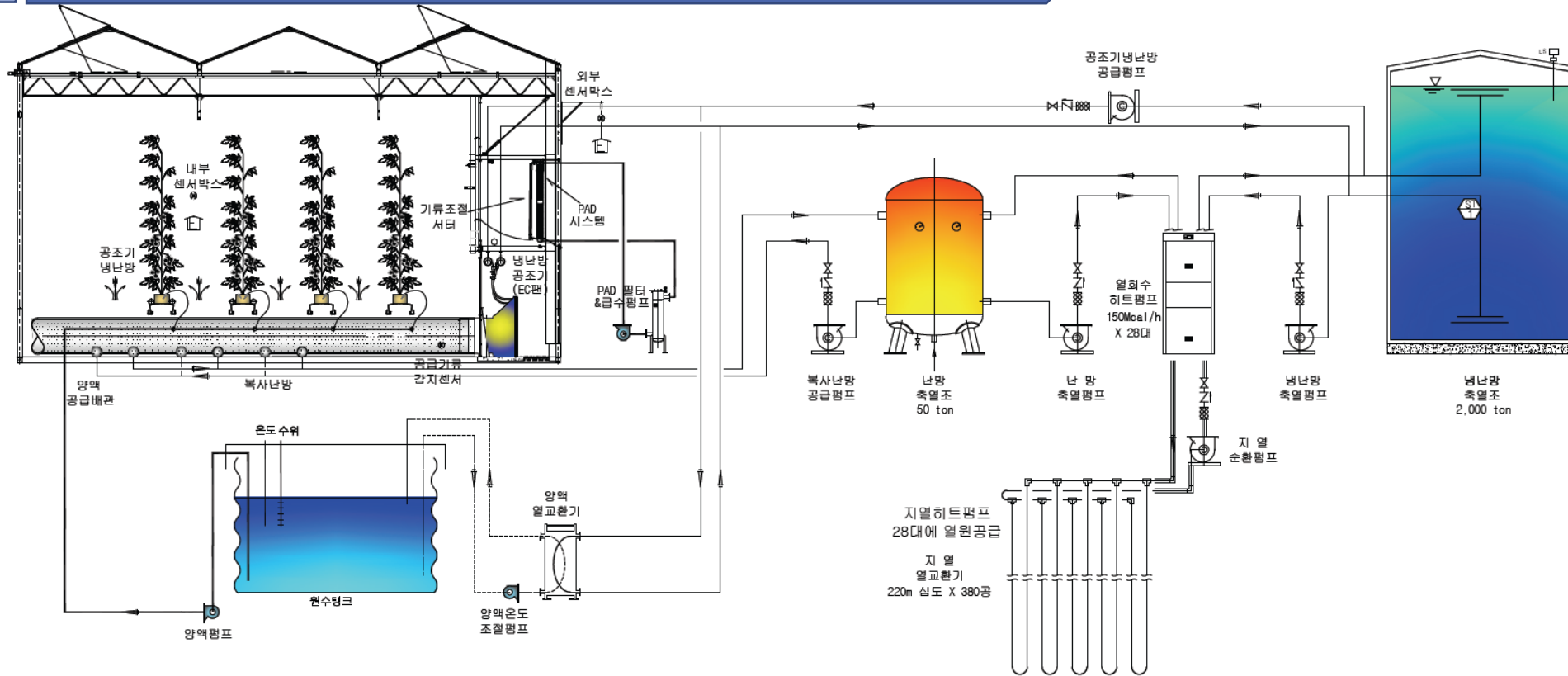
순환되는 공기에 가습하거나 냉각기를 이용한 제습 및 건조한 외부공기를 혼합하여 습조절



습공기 능동제어형 온실의 작동

		초고온다습(여름)		주간고온/야간저온 건조(봄,여름)		저온건조(겨울)	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간
스크린		외부광조절	외부차단	외부광조절	내부열보호	X	내부열보호
환기창	FAN & PAD	외부유입공기냉각 (습도높을시 중지)	X	습공급 외부유입공기 냉각	X	X	X
	환기	습제거가능시 환기	X	제습 온실냉각	제습 온실냉각	제습 냉방	제습
AHU	냉방	제습 냉방	제습 냉방	냉방	X	X	X
	난방	X	X	X	X	난방	난방
Rail 난방		제습조건시	제습조건시 조조가온	X	제습조건시 조조가온 난방	난방	난방

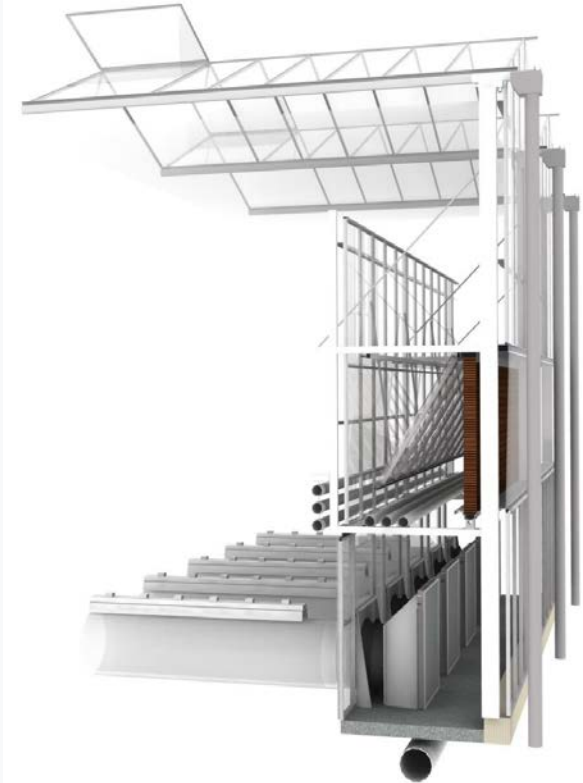
써니너스 온실의 작동



지열히트펌프	지열이용 온실냉난방 열원공급	EC팬 공조기	냉/온수이용 온실에 냉/온풍 공급 풍량조절, 온실환경에 적합한 기류 조성
지열열교환기	히트펌프에 열원공급	복사난방 레일파이프	작업차 운행로 및 복사난방 공급
냉난방축열조	히트펌프 생산된 열을 저장, 온실에 공급준비	PAD시스템	여름주간 냉방 및 저습계절 가습수행 물의 증발현상을 이용한 저비용 냉방공급
난방축열조	4계절 항시 난방수 저장, 레일난방 준비	양액 온도조절	양액의 겨울철 저온, 여름철 고온 해소 냉난방 배관에서 분기하여 온도조절

습공기 능동제어형 온실의 효과

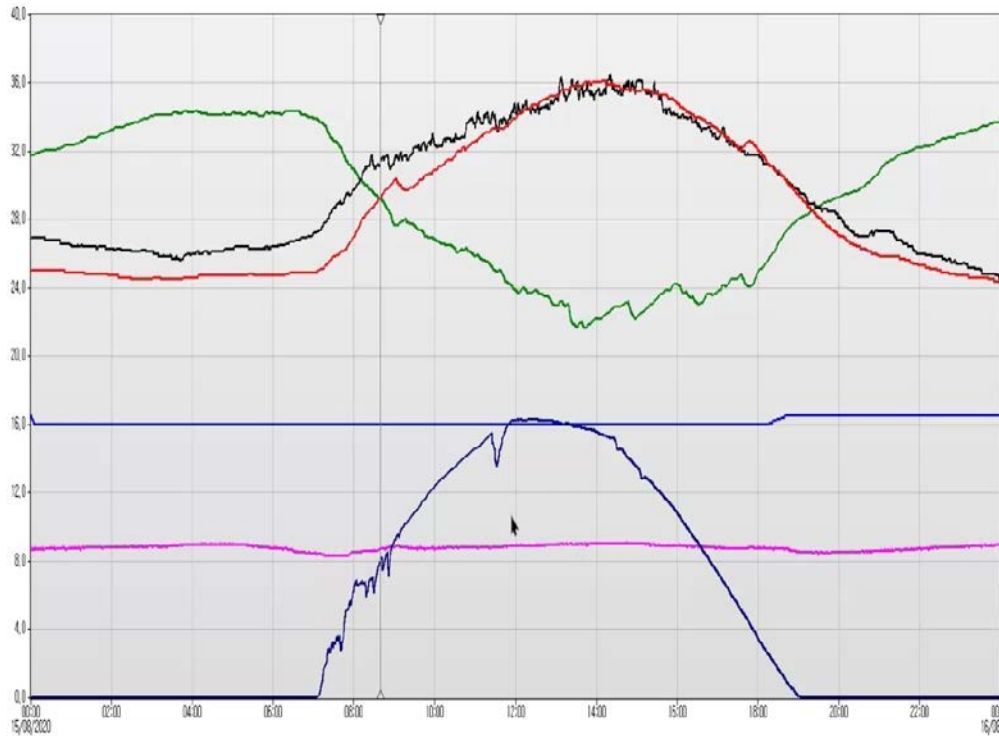
- 생산성 향상
 - 최적의 광, CO₂환경을 조성하여 생산량 증대
 - 여름철 온실내 온도 하강으로 생산성 증대
 - 작물 수확량을 최대 39 %증대 (Ooteghem, 2007)
- 식품의 안전성
 - 온실내부의 양압으로 해충유입 차단, 농약 최소화
- 투입 자원 절약
 - 환기량 최소화로 CO₂의 낭비를 줄이고 열에너지 절감
 - 결로수 회수시스템 등 물 소요량 최소화



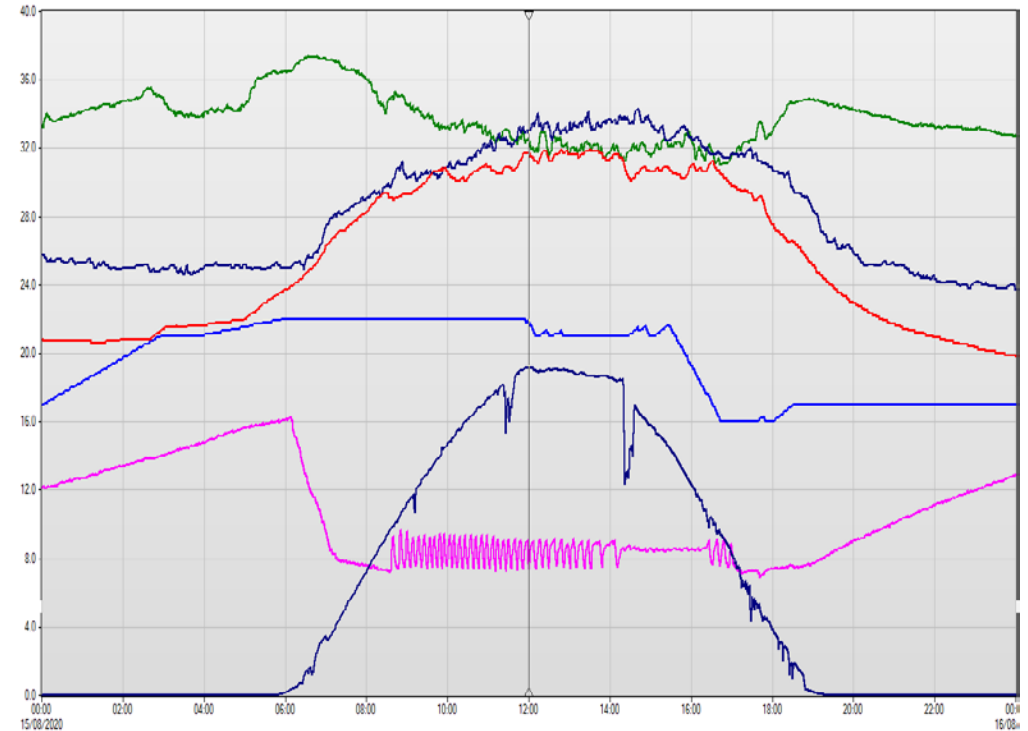
습공기 능동제어형 온실의 효과

2020년 8월 15일

- 기온(붉은선): 낮최고온도 6도 내외, 야간온도 5도 내외 낮게 유지(지열 냉방온실 대비)
- RH(녹색선): 주간 상대습도가 기존대비 (지열 냉방온실) 20% 이상 높게 유지, 습도 편차 적음



기존온실

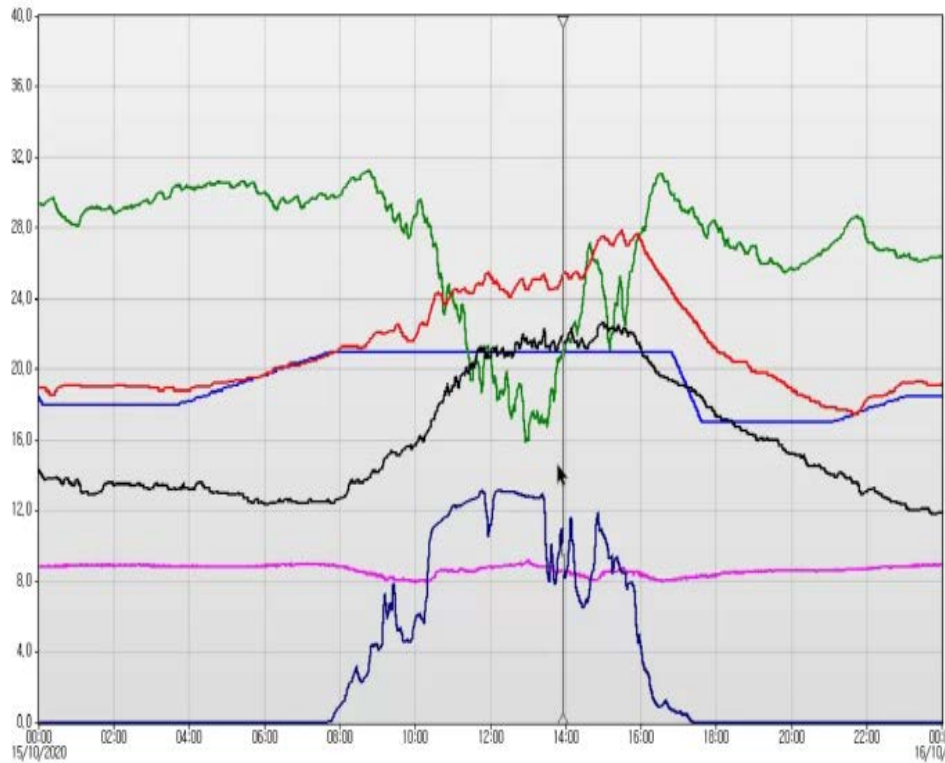


습공기 능동제어형온실

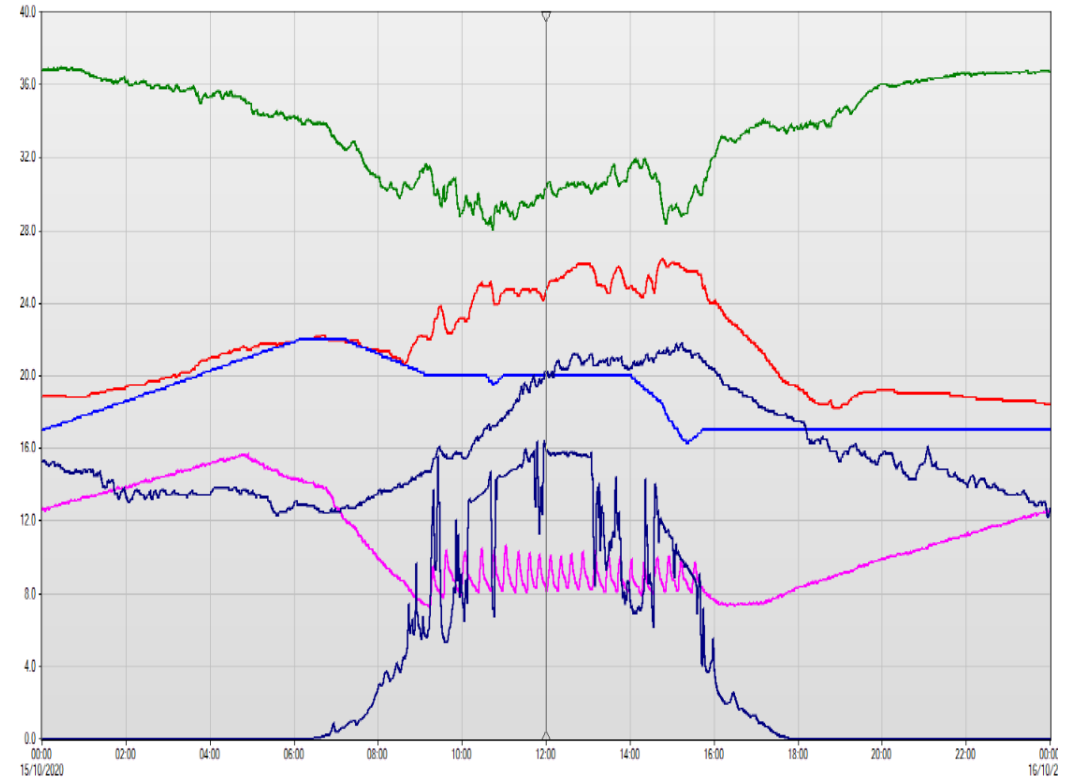
습공기 능동제어형 온실의 작동

2020년 10월 15일

- 기온(붉은선): 초저녁 온도 도달 시간이 빠르고 조조가온 및 온도 상승 속도 유지
- RH(녹색선): 주간 상대습도가 30% 이상 높게 유지, 습도 편차가 적음, 야간습도 90%이상



기존온실

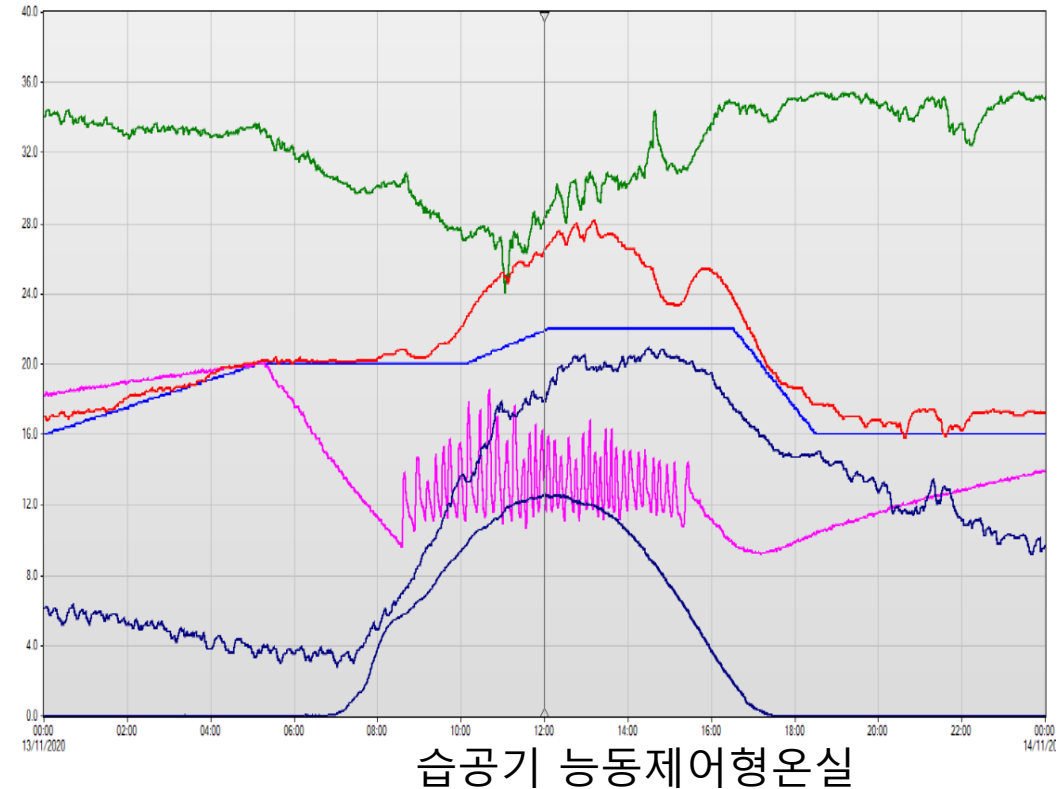
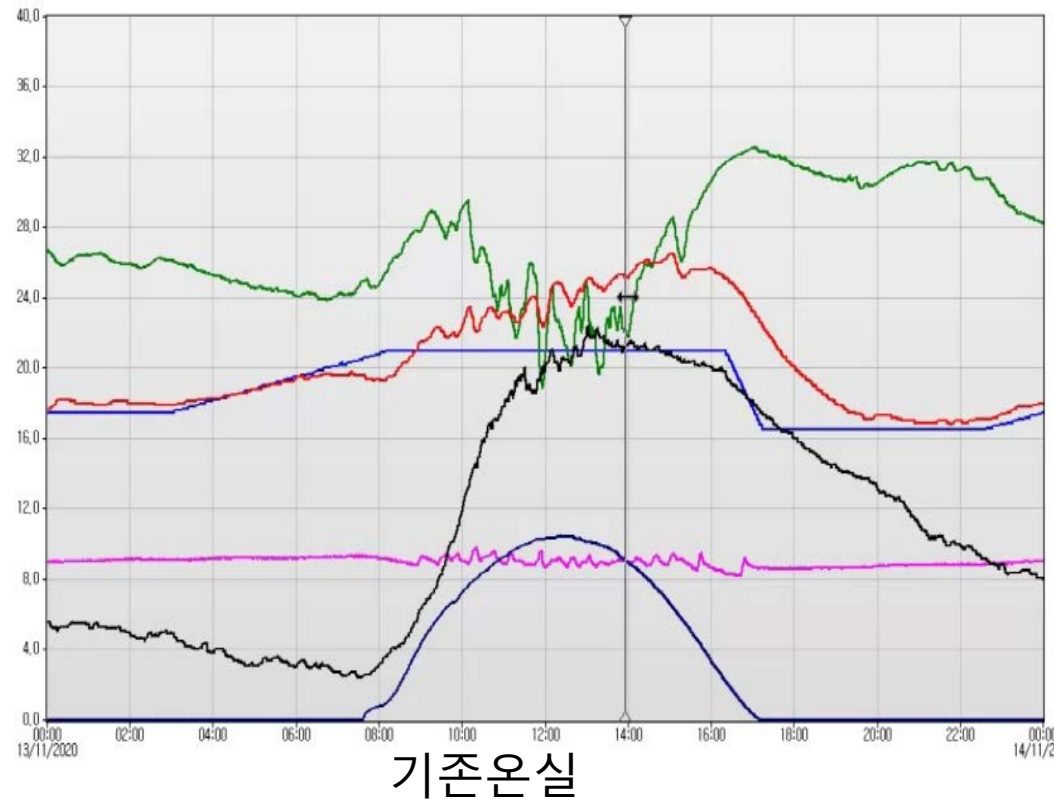


습공기 능동제어형온실

습공기 능동제어형 온실의 작동

2020년 11월 13일

- 기온(붉은선): 초저녁 온도 도달 시간이 빠르고 조조가온 및 온도 상승 속도 유지
- 상대습도(녹색선): 주간 상대습도가 70% 이상으로 유지, 야간습도 85%이상 유지
- CO₂(분홍선): 600ppm 이상 유지, 일 소요량 300kg/ha 내외



운영되고 있는 기존의 온실에서 개·보수를 통해 습 공기를 능동적으로 제어 할 수 있다면

- 4계절의 기후변화를 극복할수 있지 않을까!
- 품질과 생산성을 증대시킬수 있지않을까!
- 에너지의 효율성을 높이지 않을까!