

# 난방 효율을 높이는 비닐하우스 기밀성(냉장고형) 문 설치와 활용

남종우\* / 갤러리팜 대표

목정균 / 광주시농업기술센터 기술보급과 과장

## 연구 필요성

우리 속담에 “바늘구멍으로 황소바람 들어온다.”는 말이 있다. 추울 때는 바늘구멍 같은 작은 구멍에도 무척 세게 바람이 들어온다는 뜻으로, 작은 것이라도 때에 따라서는 소홀히 하여서는 안 됨을 비유적으로 이르는 말이다.

제주도에 돌담이 많은 이유는 바람 때문이다. 바람도 없고 겨울에도 따뜻해 내륙 노지에 서는 볼 수 없는 채소가 자라는 돌담 안쪽과 바람이 있는 바깥쪽을 오가며 느낀 것이 있다. 작은 곳에서 들어오는 차가운 바람이 급격한 온도변화를 만들어 온도적응이 매우 어려웠다는 것이다.

동절기 시설재배 시 농업시설은 일반 건축물이나 주택보다 단열과 보온 성능이 현저히 낮다. 따라서 시설을 이용해 농작물을 재배하는 농가의 경우, 난방비로 총생산비의 30~40%, 최대 50%까지 사용하는 경우도 있다. 그래야만 고품질의 농산물을 안정적으로 생산할 수 있기 때문이다.

이렇듯 에너지 사용이 큰 비중을 차지하는 농업시설은 농가소득을 보전하기 위해 난방비 지출을 줄여야 한다. 바늘구멍으로 들어오는 황소바람을 줄여 난방효율을 높이고자 저

---

\* 남종우: 경기 광주에서 토마토, 허브를 비롯한 각종 과일 농사를 무농약·유기농으로 재배하며 지속 가능한 농업, 농촌 발전과 생산자와 소비자 상생에 힘쓰고 있다.

온저장고 출입문 제작 시 사용하는 개스킷(gasket)을 활용하여 비닐하우스 기밀성(냉장고형) 문 설계 및 제작을 생각했다. 특히 기밀성 문 제작 시 기존시설의 문제점인 개구부 하부쪽에 문턱이 만들어지는 구조를 배제하였으며, 밀폐를 위해 많은 지인에게 조언을 구하여 하부를 견고하게 만들어 처짐 방지 및 기밀성을 유지하도록 제작했다. 출입문 틈으로 유입되는 차가운 공기로 인한 급격한 시설 내 온도변화를 줄여 농작물 생육 증대 및 난방비 절감으로 저비용, 저투입 농업을 이루는 데 본 연구의 목적이 있다.

## 연구방법 및 내용

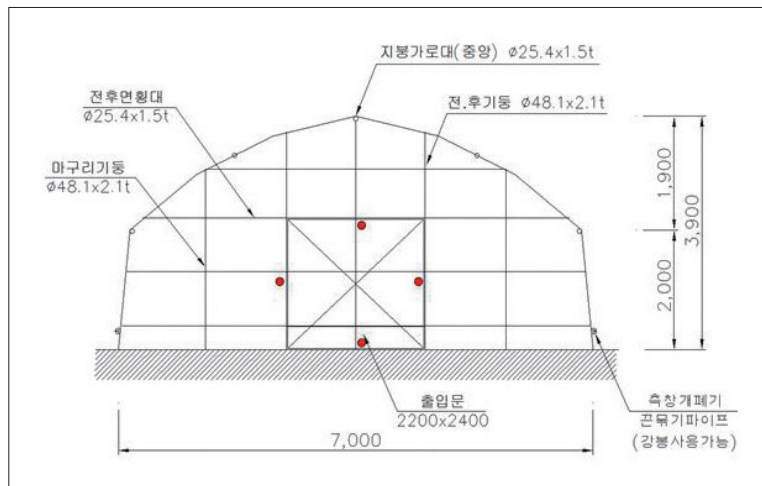
### 1. 시설규격 확인

가. 농림축산식품부 고시 제2014-78호(2014. 7. 24)

원예특작시설 내재해형 규격설계도 및 시방서에 적용된 출입문과 관련된 내용 확인

#### (1) 표준도 출입문 관련 내용 검토

(가) 출입문 규격(2,200mm×2,400mm)외 제한사항이나 단열에 대한 내용은 언급되어 있지 않음(1기작으로 설계가 고려됨)



[그림 1] 표준도출입문

(나) 시설표준도 관련자료 검토



[그림 2] 시설표준도

2. 내재해형 비닐하우스시설 규격 35종 중 단동 비닐하우스를 기본으로 하고 다음과 같이 지역 계수를 고려하여 검토  
(농가에서 자료 활용 시 지역별 시설기준 검토에 활용하면 됨.)

<표 1> 지역별 내재해 설계기준 적설심 및 풍속

\* 지역별 설계기준 적설심(30년 빈도)

적설기준 (cm)	강원도	경기권 (서울, 인천)	경상권 (부산, 울산, 대구)	전라권 (광주)	충청권 (대전, 세종)	제주도
24	-	가평, 고양, 구리, 군포, 과천, 광명, 광주, 남양주, 부천, 김포, 성남, 시흥, 수원, 안산, 안양, 양평, 양주, 의정부, 의왕, 오산, 연천, 용인, 하남, 화성, 파주	부산, 구미 성주, 산청, 봉화, 영양,	구례	-	-

\* 지역별 설계기준 풍속(30년 빈도)

	강원도	경기관 (서울, 인천)	경상권 (부산, 울산, 대구)	전라권 (광주)	충청권 (대전, 세종)	제주도
26	삼척, 원주	광주, 안성, 양평, 오산, 용인, 평택	의성, 거창, 함양	구례, 곡성, 남원, 무주, 순창, 임실, 장수, 정읍, 진안	괴산, 음성, 제천, 증평, 진천, 충주	-

<표 2> 내재해형 비닐하우스시설 규격

\* 단동비닐하우스(19종)

규격명	폭 (m)	축고 (m)	동고 (m)	서까래 Φ(mm)×t(mm)@cm	가로대 Φ(mm)×t(mm)	설계강도		비고
						적설심(cm)	풍속(m/s)	
12-단동-1	7.0	2.0	3.9	Φ42.2×2.1t@90	5개(Φ25.4×1.5t)	55	42	농촌 진흥청

\* 단동비닐하우스(12-단동-1)의 서까래 규격에 따른 안전 적설심 및 안전 풍속

12-단동-1							
서까래 규격		적설심 (cm)	풍속 (m/s)	서까래 규격		적설심 (cm)	풍속 (m/s)
Φ(mm)×t(mm)	설치간격(cm)			Φ(mm)×t(mm)	설치간격(cm)		
Φ31.8×1.5t	70	28	30	Φ31.8×1.5t	90	22	27

※서까래 규격 조정 이외의 내재해형 규격 고시사항(시설제원, 파이프 규격, 조리기개 등)은 변경되지 않은 조건에서  
의 조건표임

### 3. 기존 자재 검토(문헌조사 및 기존 설치농가 현장조사)

#### 가. 기존 시설농가 방문 인터뷰 및 사진 촬영

인근 농가를 방문하여 기존 설치된 시설하우스의 출입문을 촬영·조사한 결과, 하부가 10cm 내외로 바닥에서 떠 있었고 외풍 발생 시 문 고정을 위한 말뚝 및 L형강, 레일이 설치되어 있었다. 설치된 문은 틈 사이가 벌어져 실내외 공기를 차단할 수 없는 구조였다. 아래와 같이 주변 농가를 방문하여 조사한 출입문 관련 개선사항을 출입문 단면 설계 시 반영하였다.



(1) 현장사진

(가) A농가\_고추 재배농가(1기작)



[그림 3] 고추 비가림 시설 지원 농가  
밭에 설치될 경우 경지정리가 되지 않아  
하부틈새 이격이 큼



[그림 4] 출입문 하단부와 지면의 틈새 이격  
연중 재배를 위한 시설 활용 시 하부틈새  
이격 보완이 필요한 시설임



[그림 5] 출입문 하부 움직임 방지 레일 설치  
연중 재배를 위한 시설 활용 시 하부 레일  
틈새 이격 보완이 필요한 시설임



[그림 6] 레일과 문짝이 이격되어 틈 발생  
연중재배를 위한 시설 활용 시 문틀과  
문짝의 틈새 이격에 대한 보완 대책이  
강구되어야 함

(나) B농가\_토마토 재배 농가(2기작)



[그림 7] 비닐 교체 시 출입문 제외  
인건비 절약을 위해 기존 비닐을 존치,  
출입문 비닐 교체가 이루어지지 않음



[그림 8] 출입문 하단과 지면 틈새 이격  
연중 재배 시설이나 문 하부 틈새 이격에  
대한 보완이 필요함



[그림 9] 상부 레일과 문짝 틈 발생  
레일은 접촉면이 직선 구조이고 파이프  
는 곡선구조로 면 접촉시 공간이 발생함



[그림 10] 중간지점이 없어 좌우 틈새 확대  
문짝과 문틀의 크기가 달라 단부에서  
틈새가 크게 형성됨



[그림 11] 문틀과 문짝사이 틈 발생



[그림 12] 11월 토마토 2기작 재배 중



(다) C 농가\_토마토·아욱 재배 농가(2기작)\_시설원예 품질 개선사업



[그림 13] 하부공간이 매우 작게 설치됨  
하부 틈새 이격은 작으나 하부 보강재  
미설치



[그림 14] 출입문 하단부와 지면의 틈새 이격  
하부 틈새 이격은 작으나 하부 보강재  
미설치



[그림 15] 출입문 하단부와 지면의 틈새 이격



[그림 16] 창고 다겹커튼으로 보온 틈새 이격



[그림 17] 외풍 대비 문턱 하부 말뚝 설치

(라) D 농가\_화훼농가



[그림 18] 문틀과 문짝 사이에 틈이 벌어져있음



[그림 19] 레일 조정장치가 없어 문짝이  
틀어짐



[그림 20] 문틈 사이 부직포로 처리



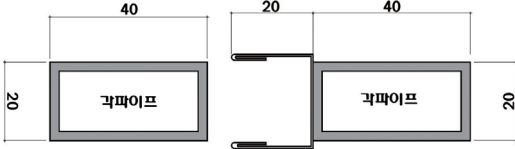

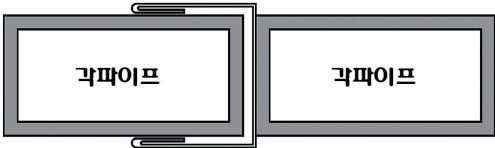

[그림 21] 문짝과 레일 사이 이격

#### 4. 자재 설계(CAD, 스케치업 등 활용)

주변 농가에 설치된 기존 자재의 단점을 보완하여 다음과 같이 개스킷을 활용한 기밀성 문을 설계하였다. 저온저장고 형태의 문 제작 시 압축을 고려하여 출입문을 제작할 경우 과도한 비용이 발생하고 비닐하우스의 특성상 면 접촉으로 인한 열 손실을 고려해야 한다. 차가운 외부기온의 틈 사이 흐름을 차단하는 것이 유리하다고 판단하여 개스킷, 요철형의 슬라이딩 문을 제작해 외기차단과 출입문 진·출입의 편리성을 도모하였다. 출입문 개구부 제작 후 상부와 측면의 하우스파이프 곡면을 각파이프 형태의 면으로 접하도록 철판을 절곡하여 개스킷이 쉽게 면과 접할 수 있도록 하였다. 또한, 기밀성 문의 가장 취약부인 하부의 경우, 각파이프를 설치하여 진·출입시 요철부를 최소화함으로써 농기구의 출입을 원활하게 하고, 동결융기작용에 의해 출입문 하부 토양이 국부적으로 위로 올라가는 현상을 최소화하였다.

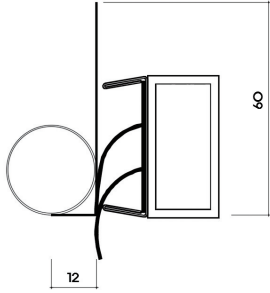

##### (1) 단면설계

##### (가) 출입문 결합부 설계(요철형)


구 분	설계단면	자재설치
결합 전	<p style="text-align: right;">(단위: mm)</p> 	
결합 후		





(나) 측면 설계(하우스파이프 철판절곡+개스킷)

구 분	설계단면	자재설치
측면		

(다) 상부면 설계(하우스파이프 철판절곡+개스킷)

구 분	설계단면	자재설치
상부면		

(라) 하부면 설계(철판절곡+개스킷)

구 분	설계단면	자재설치
하부면		

## 5. 자재 구입, 가공, 제작

사용한 자재는 다음과 같다.(각파이프 별도 구매)



[그림 22] 레일

알루미늄 자재 사용. 부식이 잘 되지 않고 문개폐 시 편리



[그림 23] 롤러

문짝 처짐 시 발생하는 문틈을 조정함



[그림 24] 가이드롤러

문짝의 꺾도이탈 방지 및 강풍 시 문을 고정해줌



[그림 25] 절곡 C형

개스킷 결합 및 각파이프 고정 시 사용



[그림 26] 절곡 D형

문짝 및 요철 결합 시 사용됨



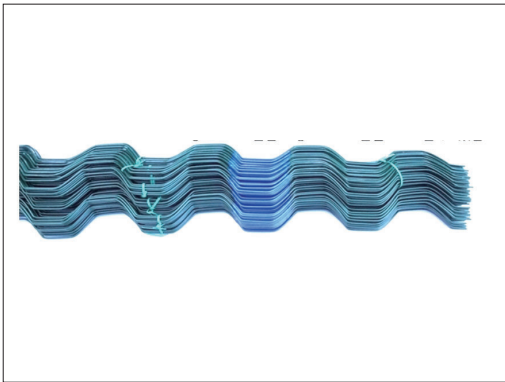
[그림 27] 농업용 고기능성 필름



[그림 28] 패드



[그림 29] 패드필름



[그림 30] 사철



[그림 31] 행거도어용 고무 개스킷

## 5. 자재 시험 설치



[그림 32] 문짝 프레임 제작

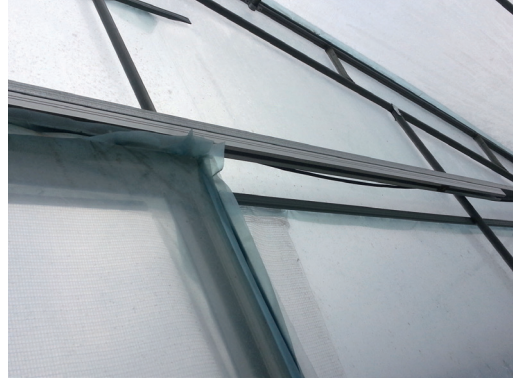


[그림 33] 프레임 설치





[그림 34] 상부 레일 스토퍼 설치  
문짝이 닫히는 위치를 정함



[그림 35] 상부 레일 설치  
알루미늄으로 제작되어 기존 레일보다  
부식 방지 용이, 부드럽게 문을 개폐시킴



[그림 36] 하부 개스킷 설치+요철 결합 전  
요철 결합 제작으로 문닫힘을 더욱 견고  
하게 함



[그림 37] 하부 개스킷 설치+요철 결합  
요철형 결합으로 틈새 이격 최소화 및  
기밀성을 도모함



[그림 38] 요철 결합 전



[그림 39] 문짝 요부



[그림 40, 41] 하부 가이드 롤러  
문짝의 궤도이탈 방지 및 강풍 시 문을 고정해줌



[그림 42] 하부 개스킷 설치  
하부 각파이프 및 개스킷 설치를 통하여  
이동통로의 요철 문제를 해결하고 기밀  
성을 도모함

[그림 43] 설치 전면부

## 6. 측정 장비 목록조사

농촌진흥청(2009)이 제시한 농업시설 에너지 진단 장비 목록은 다음과 같다.

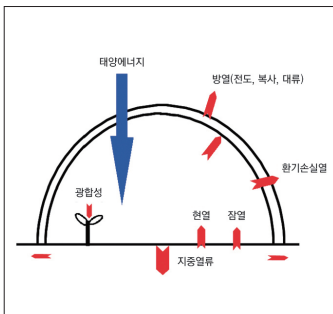
<표 3> 농업시설 에너지 진단 장비

장비내역	수량	비고
1. 적외선 열화상 카메라 1) 온도 : -20~500℃ 2) 분해능 : 0.1℃	1대 이상	
2. 초음파 유량계 1) 온도 : 0~120℃ 2) 파이프 외경 : 20~500mm 3) 유속 : 0~10m/s	1대 이상	데이터기록 (저장)가능
3. 디지털 압력계 1) 압력 : 0~30bar	1대 이상	
4. 데이터 기록계 1) 기록채널 : 5채널 이상 2) 온도측정용 감지기 : 5개 이상/대	2대 이상	
5. 온습도계 1) 온도 : -20~60℃ 2) 습도 : 0~100%	9대 이상	
6. 연소가스 분석기 1) 이산화탄소, 산소, 일산화탄소 및 질소산화물 측정 가능 2) 온도 : -40~1000℃	1대 이상	
7. 표준 온도계 1) 온도 : -50~350℃ 2) 한눈금의 값 : 0.1℃	1대 이상	
8. 온도계 1) 온도 : -40~300℃ 2) 분해능 : 0.1℃ 3) 침형 감지기 : 1개 이상/대 4) 표면접촉식 감지기 : 1개 이상/대	2대 이상	
9. 고온용 온도계 1) 온도 : -50~1,300℃	2대 이상	
10. 적외선 온도계 1) 온도 : -30~400℃	1대 이상	
11. 디지털 풍속계 1) 풍속 : 0~50m/s	1대 이상	

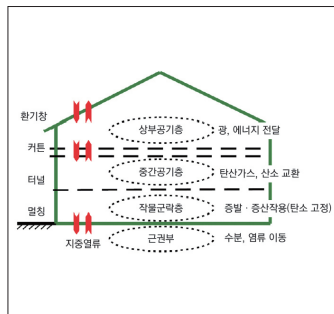
장비내역	수량	비고
12. 디지털 풍압계 1) 정압, 차압 측정 가능 2) 압력: -1,000~3,000Pa	1대 이상	
13. 전력 분석계 1) 삼상 측정 가능 2) 전압, 전류, 역률, 고조파 및 전력 적산 가능 3) 측정 데이터 기록 가능	1대 이상	
14. 교류전력 측정기 1) 삼상, 유효전력, 피상전력, 무효전력 및 역률 측정 가능 2) 전압: 0~600V 3) 전류: 0~1000A	1대 이상	
15. 조도계 1) 조도: 0~20,000lux	1대 이상	
16. 회전계 1) 접촉 및 비접촉 측정 가능 2) 접촉: 1~15,000rpm 3) 비접촉: 1~90,000rpm	1대 이상	

## 7. 온실의 환경특성 및 열 손실량

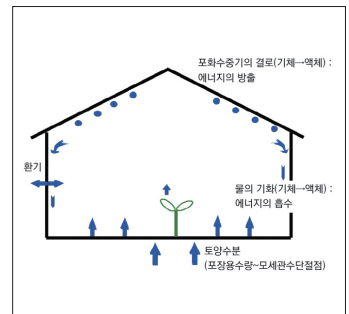
- 온실의 환경특성(농촌진흥청, 2014)



[그림 44]  
낮 동안의 온실 내 열 집적



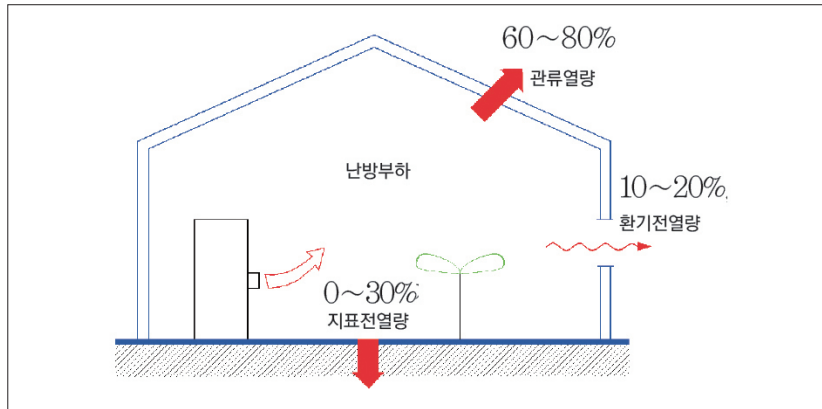
[그림 45]  
온실 내 다양한 미세 기상층



[그림 46]  
온실의 물 순환 특성



- 열 손실량(농촌진흥청, 2014)



[그림 47] 온실 내부의 열 손실(관류열량, 환기전열량, 지표전열량)

## 8. 기상정보 활용(농촌진흥청 농업기상정보, 농업기상분석 시, 군모니터링자료 활용)

농가에 설치된 실내외 온도계 자료 외에도 쉽게 접근할 수 있는 정보인 기상청 날씨예보, 농촌진흥청 농업기상정보 서비스, 농업기상 분석 자료 중 해당 지자체 자료를 활용하여 지역의 다양한 기상정보를 참고할 수 있다.

(1) 농촌진흥청 농업기상정보 서비스, 농업기상 분석

<http://weather.rda.go.kr/analysis/inquiry.jsp>

(2) 농장 인근 기상 데이터 활용(연중기온데이터 확인, 2015. 4. 1~2016. 3. 31)



[그림 48] 농촌진흥청 농업기상정보 서비스, 농업기상분석

(3) 시설 내 설치된 센서 모니터링(시설 내 토양수분, EC, 토양온도, 대기온도, 대기습도, CO<sub>2</sub>, 일사량 측정)자료를 통하여 다양한 데이터 구축 및 실시간 모니터링이 가능하다.

날짜	토양수분 (%)	토양EC (dS/m)	토양온도 (°C)	토양수분 (상토)	토양EC (dS/m)	토양온도 (°C)	대기온도 (°C)	대기습도 (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	일사량 (MJ/m <sup>2</sup> )	토양수분 (%)	토양EC (dS/m)	토양온도 (°C)	토양수분 (%)
01-01	7.892	1.1336	7.118	25.462	0	8.89	5.807	89.62	1066.26	6.39	0	0	6.4	0.792
01-02	8.35	1.1097	8.469	25.538	0	8.052	8.664	88.449	1099.20	7.78	0	0	7.173	1.075
01-03	8.703	0.9975	8.491	25.664	0	8.594	8.95	88.198	1118.84	7.83	0	0	7.967	1.107
01-04	8.989	0.8083	10.396	25.27	0	10.137	10.018	81.934	916.98	11.64	0	0	8.25	1.015
01-05	8.005	0.8335	8.647	25.257	0	10.043	8.476	84.06	722.53	9.83	0	0	7.36	0.833
01-06	7.297	0.8969	8.683	25.151	0.0586	9.842	4.023	88.029	818.02	8.39	0	0	6.445	0.227
01-07	7.708	0.9628	7.786	24.606	0	8.679	6.384	81.582	781.21	12.24	0	0	6.286	0.855
01-08	7.659	1.0393	7.485	24.225	0	8.941	5.384	79.588	643.17	11.57	0	0	5.987	0.713

[그림 49] 시설 내 설치된 센서 모니터링 자료

(4) 기상 자료(농촌진흥청 자료와 센서모니터링)에서 연중 평균기온이 가장 낮은 1월 데이터를 참조하면 가장 추운 시기에 측정된 자료를 확인할 수 있다.

<표 4> 2016년 1월 기상자료

(년-월-일)	평균 기온 (°C)		(년-월-일)	평균 기온 (°C)	
	농촌진흥청 (실외)	농촌진흥청 (실내)		농촌진흥청 (실외)	농촌진흥청 (실내)
2016-01-01	-0.5	5.9	2016-01-17	0.3	4.9
2016-01-02	3.9	8.7	2016-01-18	-4.3	6.0
2016-01-03	5.1	10.0	2016-01-19	-11.1	3.7
2016-01-04	3.2	10.0	2016-01-20	-10.6	3.1
2016-01-05	-1.9	6.5	2016-01-21	-7.3	2.9
2016-01-06	-1.6	4.0	2016-01-22	-7.1	0.9
2016-01-07	-2.7	6.4	2016-01-23	-9.0	-1.5
2016-01-08	-3.5	5.4	2016-01-24	-13.0	0.2
2016-01-09	-1.6	6.9	2016-01-25	-9.7	3.5
2016-01-10	0.4	8.4	2016-01-26	-4.9	1.0
2016-01-11	-3.1	5.3	2016-01-27	-1.7	4.4
2016-01-12	-4.6	18.0	2016-01-28	-1.5	2.5
2016-01-13	-3.8	11.9	2016-01-29	2.5	3.7
2016-01-14	-3.8	6.7	2016-01-30	0.9	6.5
2016-01-15	-0.9	7.6	2016-01-31	-2.2	6.2
2016-01-16	-1.6	4.5			

## 9. 전문가 조언 요청

농촌진흥청 국립원예특작과학원 / 시설원예연구소 농업에너지절감기술팀과 “농업시설 열 손실 진단 사례집” 편집인에게 내방 및 열 손실 저감의 정량적 및 정성적 측정 방안에 대해 조언을 요청하였다.

## 10. 전문가 의견 수렴

### 가. 윤남규 박사(농촌진흥청 연구정책국 기획총괄팀)

“비닐하우스 출입문의 기밀성 향상을 통한 틈새 열 손실 저감 효과에 대해서는 실험을 통해 성능을 구명할 수 있을 듯 함. 보통 비닐하우스의 열 손실 중 틈새 환기에 의한 열 손실은 약 10~15% 정도로 추정하는데, 그중 출입문을 통한 열 손실은 추측건대 최대 20% 정도임. 즉, 출입문을 통한 열 손실은 온실 전체 열 손실의 2~3% 정도일 것으로 추정함. 출입문 이외에 양측면 길이방향의 측창과 연동온실의 경우 지붕천창의 틈새를 통한 열 손실이 나머지 80% 정도를 차지한다고 볼 수 있음.

틈새가 발생할 수 있는 총 길이에 비교해 볼 때 출입문을 통한 열 손실이 차지하는 비중이 큰 편임. 열화상 카메라로 겨울철 비닐하우스 외부를 촬영해보면 출입문을 통한 열 손실이 크게 관측됨. 그렇지만 손실 총 열량은 결국 손실이 발생하는 면적과의 곱으로 계산되므로 측창이나 천창을 통한 손실량이 더 많음. 정확한 측정을 위해서는 겨울철에(최소한 야간 실내외 기온 차가 10°C 이상 발생하는 시기) 적외선 열화상 카메라로 촬영을 해보는 것을 추천함. 이와 같은 측정은 국립원예특작과학원 시설원예연구소 에너지절감연구실에서 도움을 줄 수 있음.

### 나. 권진경 박사

(농촌진흥청 국립원예특작과학원 / 시설원예연구소 농업에너지절감기술팀)

온실 출입문의 기밀성 향상으로 인한 환기열 손실 저감을 정량적으로 측정하기는 쉽지 않음. 일반적인 방법으로

(가) 동일한 구조의 두 온실에 일반 출입문과 기밀 향상 출입문을 설치하여 동일한 난방 설정 온도로 난방유량 사용량 체크 (가장 정확한 방법)

- (나) 출입문 내외부의 일정 거리에 온도센서를 설치하여 두 온실 간의 온도 차 측정 (승온효과를 보는 방법인데 정확한 방법은 아님)
- (다) 열화상 카메라를 이용한 출입문 내외부 온도분포 측정으로 정성적 측정 (정량적인 측정은 표면 온도 값만 측정 가능함.)

출입문이 보온성에 미치는 영향은 단동온실의 경우가 크며 연동온실은 출입문이 바로 외기와 접하지 않으므로 상대적으로 작음.

개발한 기밀 향상 출입문은 사진으로 볼 때 기밀성을 상당히 높일 수 있는 구조로 보임. 단 출입문이 틈 없이 잘 맞아야 기밀성이 확보될 것으로 보이며 장기간 사용에 대비하여 내구성이 확보되어야 함. 출입문은 온실 사용에 따라 틀어지거나 구조가 손상되는 경우가 많으며 고온, 자외선 등에 노출되어 재료의 변형이나 열화가 많기 때문임. 비용 측면에서 비용 상승은 크게 없을 것으로 보이며 내구성만 확보되면 좋은 아이디어로 보임.

## 11. 측정 장비 결정

에너지 진단 장비 목록 중 기밀성 향상 출입문의 틈새 열 손실 저감효과와 관련한 실험 측정 장비는 전문가의 의견을 참고하여 열화상 카메라로 결정하였으며 비용을 고려하여 플리어사의 FLIR E40 모델로 결정함.

## 12. 기밀성 문 개구부 문턱 처짐 실험

기밀성 문의 기본은 사면을 밀폐시키는 것인데 기존 시설의 경우 하부 처짐 및 문턱 발생으로 시설 출입이 불편하여 설치를 꺼림.

농가 의견 수렴 결과, 하부보강을 하되 처짐과 문턱 발생에 대한 문제를 해결하는 방안을 강구해야 했음.

기밀성 문 설치를 위해 문틀 하부에 문턱을 없애고 각파이프를 설치하여 사용해본 결과 처짐이나 문턱 걸림이 발생하지 않음.

(작업자 상시 이동, 수레, 경운기, 관리기, 퇴비살포기, 트랙터 등 운행)





[그림 50] 기밀성 문 개구부 문턱 처짐 실험

### 13. 열화상 카메라를 활용한 측정 자료

야간 실내외 기온 차가 최소 10℃ 이상 발생하는 시기에 열화상 카메라 측정

※ 낮 동안에는 축열과 비닐하우스의 투광이 있으므로 대상물 온도는 야간에 측정해야 함.

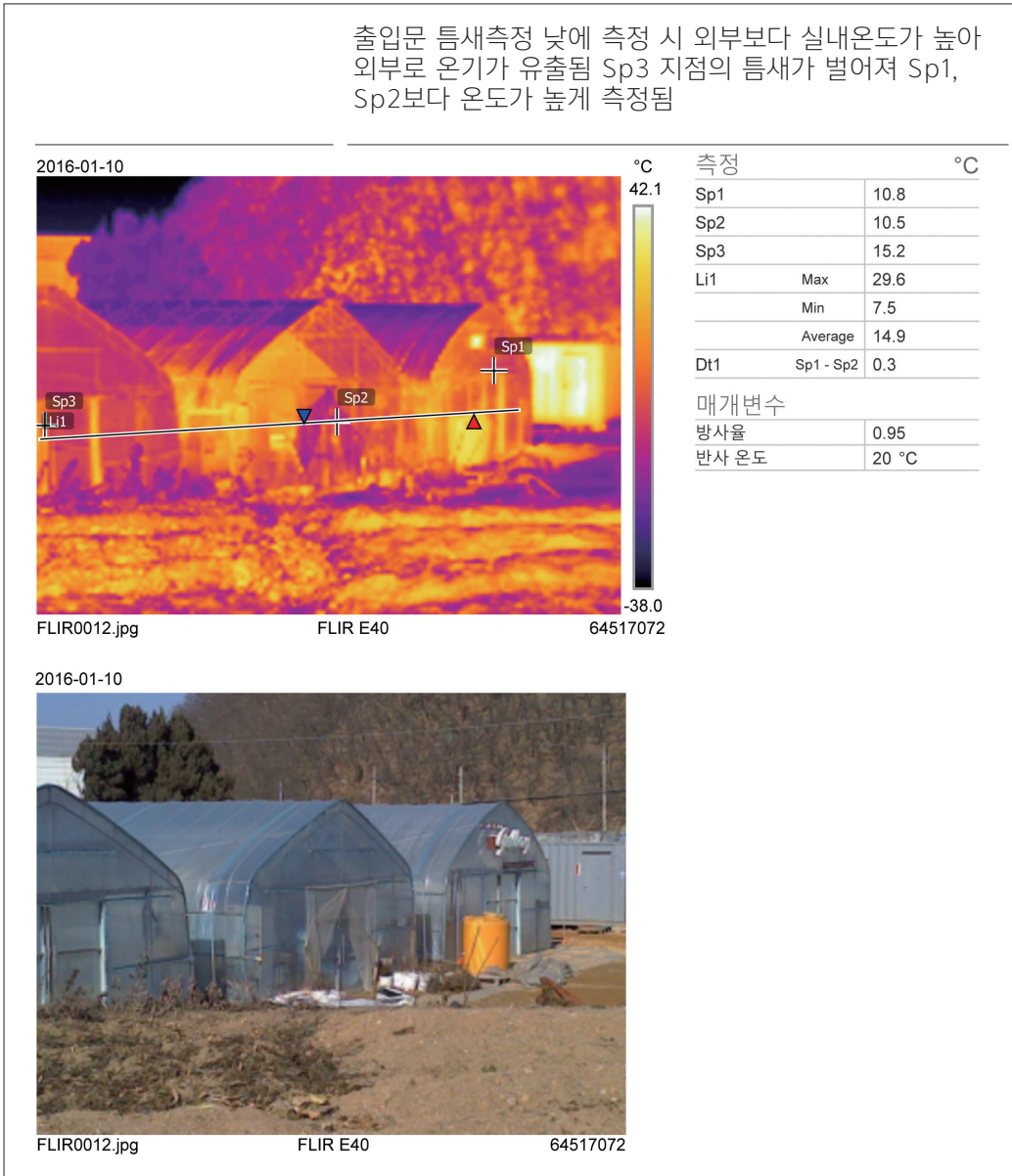
<표 5> 기상정보자료

일시(연월일시)	기온(℃)	습도(%)	풍향	풍속(m/s)	강수량(mm)
2016-01-25 21:00	-9.2	67.0	북동	0.5	0
2016-01-25 22:00	-9.8	70.8	동북동	0.5	0
2016-01-25 23:00	-9.7	72.8	동북동	0.4	0

출처: 농촌진흥청

### 가. 비닐하우스 3개 동 정면 틈새 비교

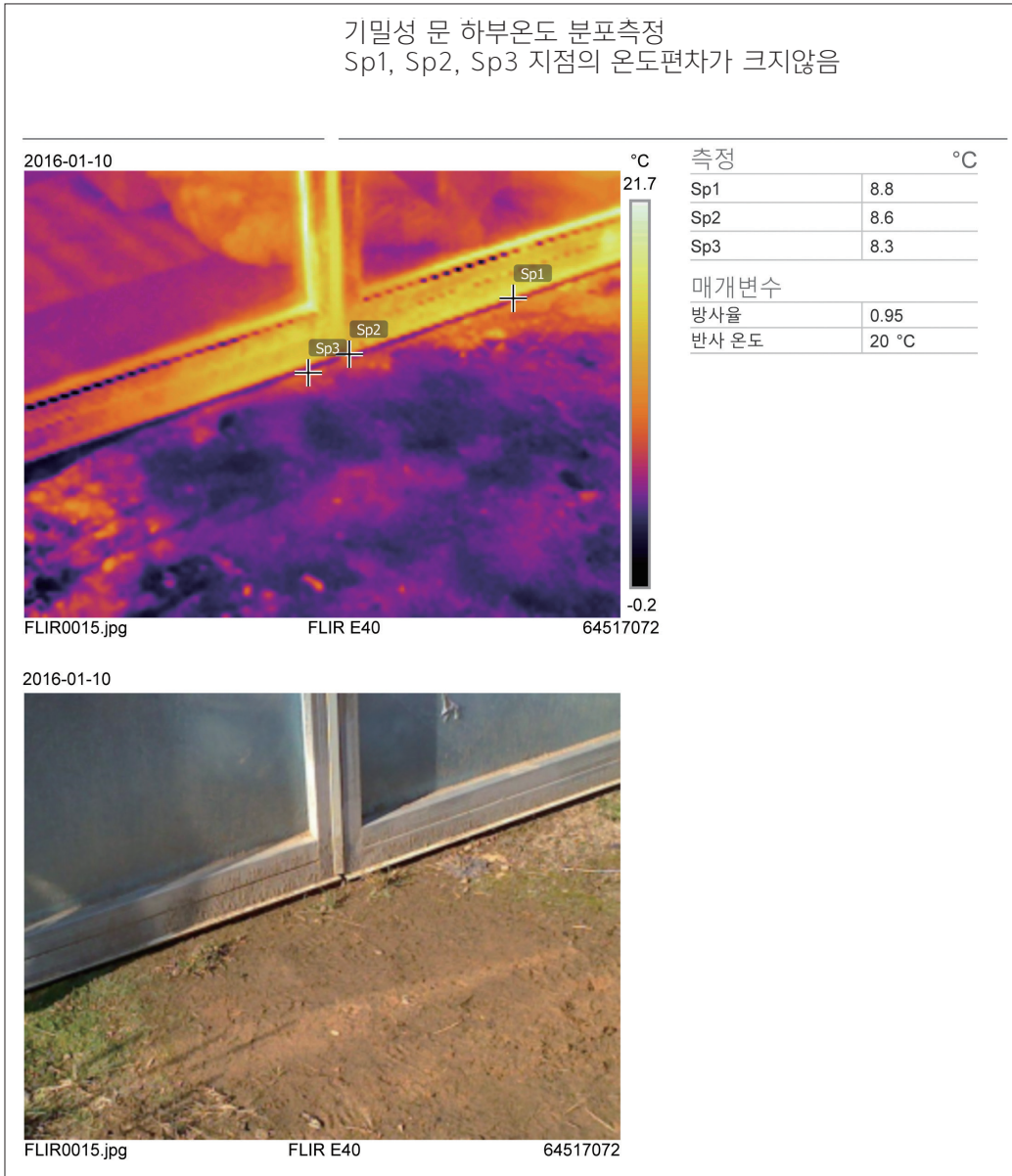
출입문 틈새 측정 결과, 낮에 측정 시 외부보다 실내온도가 높아 외부로 온기가 유출됨. Sp3 지점의 틈새가 벌어져 Sp1, Sp2보다 온도가 높게 측정됨.



[그림 51] 출입문 틈새 비교 측정(주간)

나. 기밀성 문 하부 온도 분포

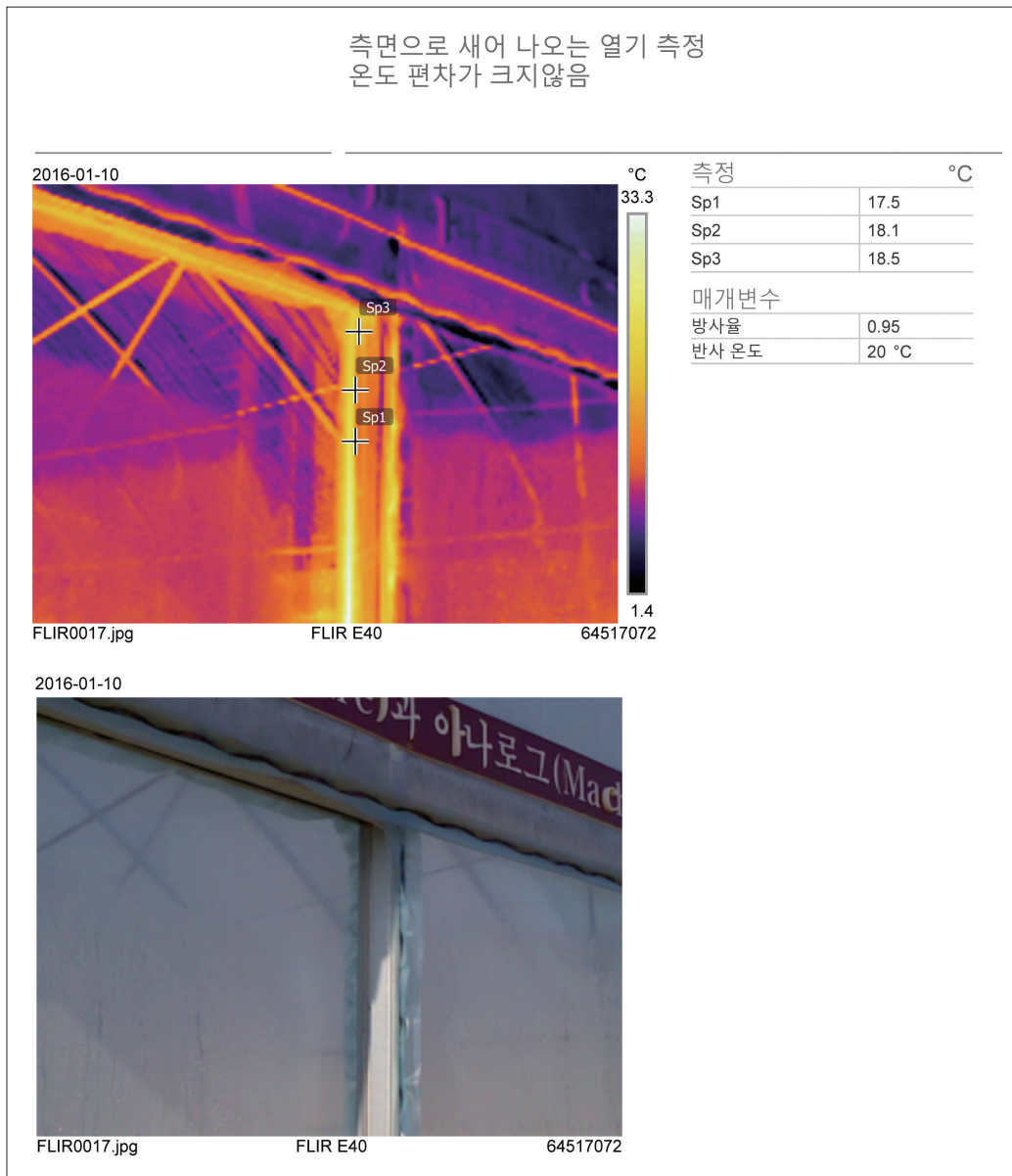
기밀성 문 하부 온도 분포측정 결과, Sp1, Sp2, Sp3 지점의 온도편차가 크지 않음.



[그림 52] 하부 온도분포 측정

### 다. 기밀성 문 측면 온도 분포

측면으로 새어 나오는 열기 측정 결과, Sp1, Sp2, Sp3 지점의 온도 편차가 크지않음.

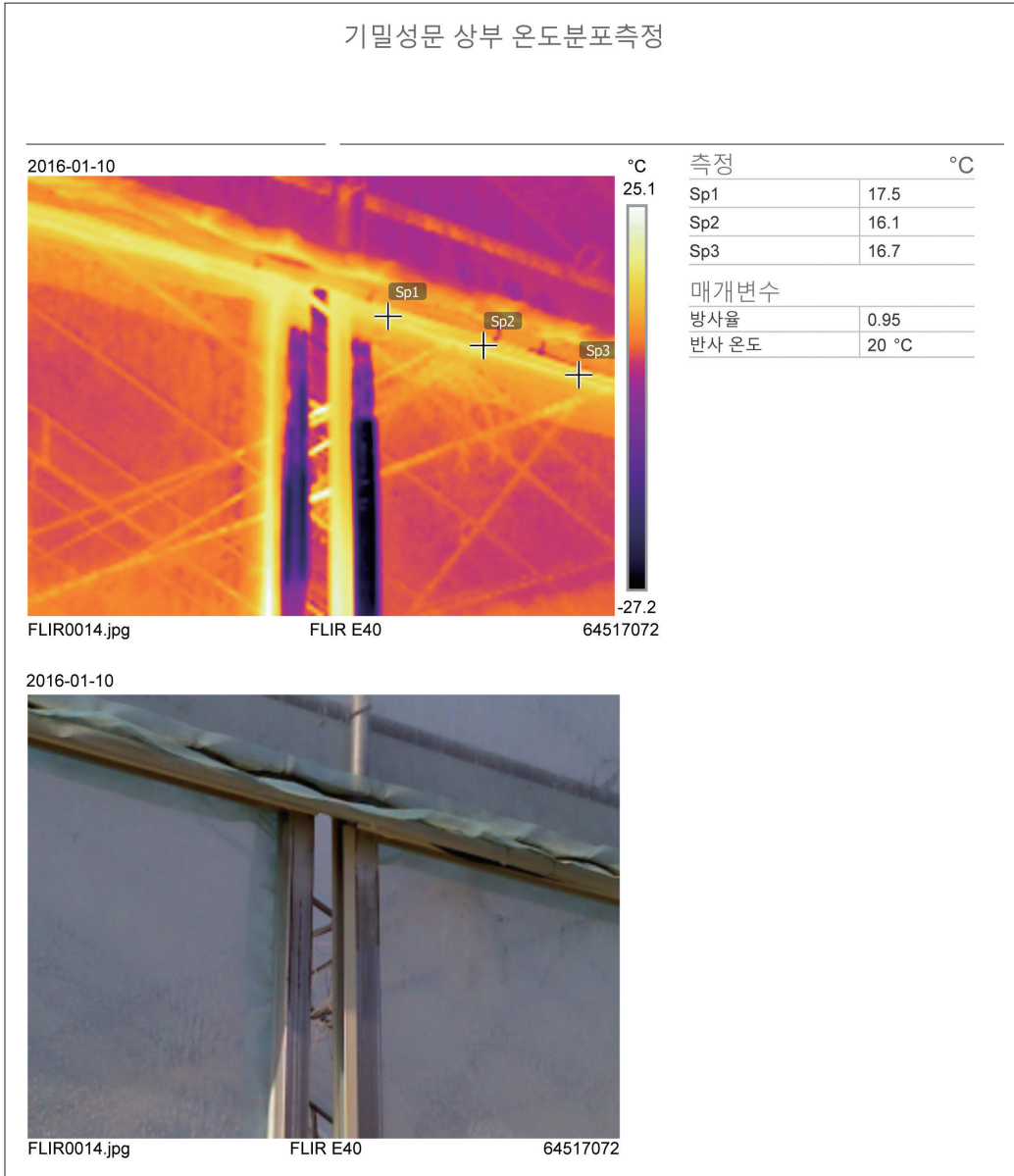


[그림 53] 측면으로 새어 나오는 열 측정



라. 기밀성 문 상부 온도 분포

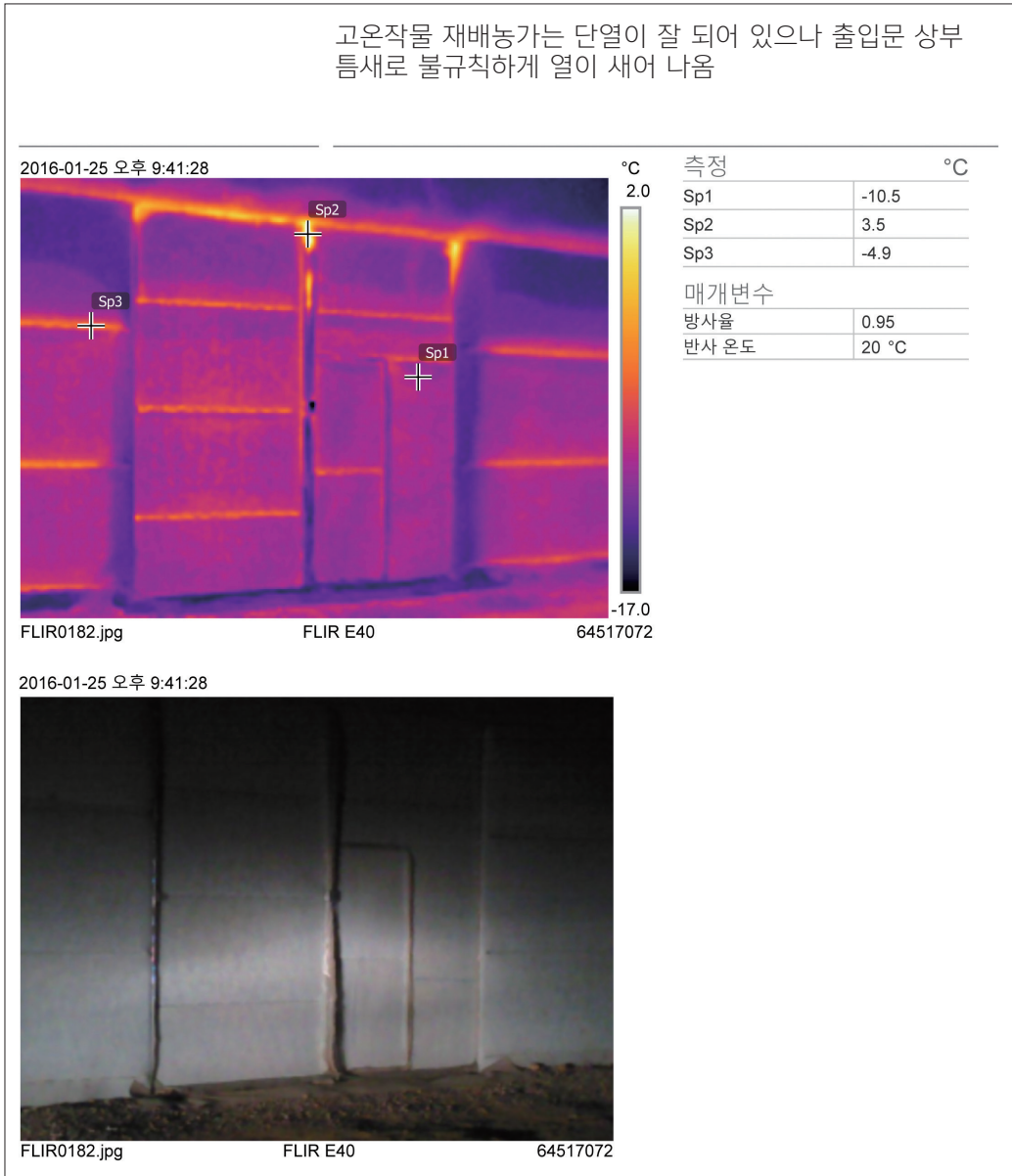
상부에서 새어 나오는 열기측정 결과, Sp1, Sp2, Sp3 지점의 온도 편차가 크지않음.



[그림 54] 상부 온도 분포 측정

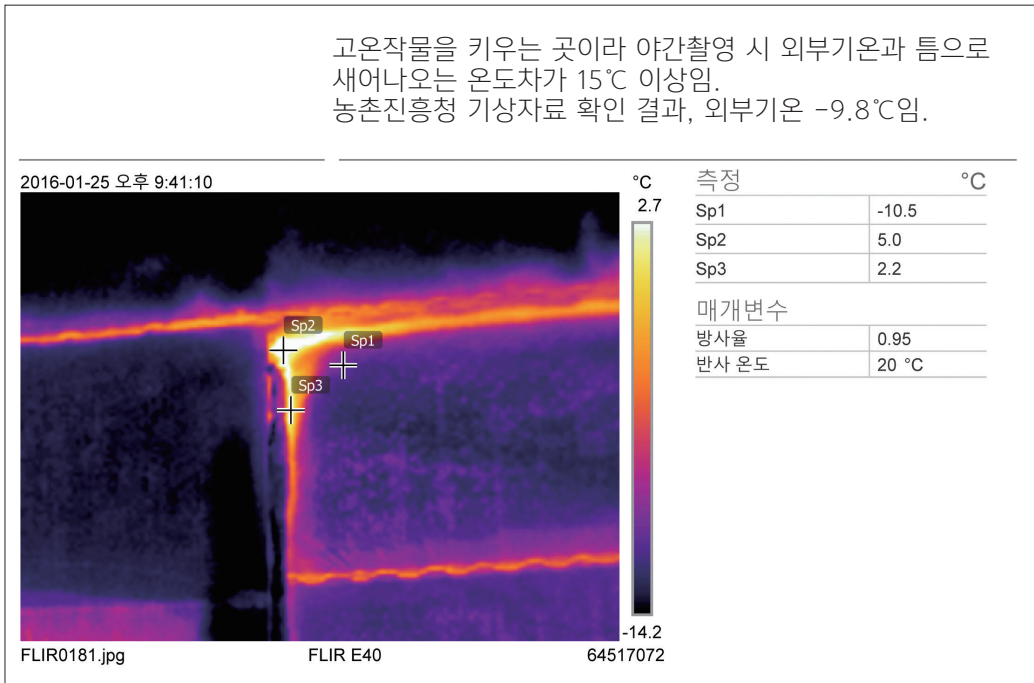
마. 주변 농가 출입문 온도 분포 측정

고온작물 재배농가를 측정해본 결과, 단열이 잘되어 있으나 출입문 상부 틈새로 불규칙하게 열이 새어 나옴.



[그림 55] 고온작물 재배농가 출입문 측정

고온작물을 키우는 곳이라 야간촬영 시 외부기온과 틈으로 새어나오는 온도차가 15°C 이상임. 농촌진흥청 기상자료 확인 결과, 외부기온이 -9.8°C로 나타남.



[그림 56] 고온작물 재배농가 야간측정(연중 최저온도 시 측정)

### 바. 측정데이터

주변농가 측정 시 단열이 균일하지 않은 경우 국부적인 에너지 손실이 크게 발생함.

<표 6> 측정값 비교

(단위: °C)

구 분	Sp1	Sp2	Sp3
가. 비닐하우스 3개동 정면 틈새 비교	10.8	10.5	15.2
나. 하부 온도 분포	8.8	8.6	8.3
다. 측면 온도 분포	17.5	18.1	18.5
라. 상부 온도 분포	17.5	16.1	16.7
마. 주변 농가 출입문 온도 분포 측정_01	-10.5	3.5	-4.9
바. 주변 농가 출입문 온도 분포 측정_02	-10.5	5.0	2.2

## 연구결과

권진경 박사의 의견처럼 온실 출입문의 기밀성 향상으로 인한 환기 열 손실 저감을 정량적으로 측정하기에 한계가 있다.

제시한 방안 중 “열화상 카메라를 이용한 출입문 내외부 온도 분포 측정으로 정성적 측정 (정량적인 측정은 표면 온도 값만 측정 가능함)”을 적용했다. 열화상카메라를 활용하여 온실의 환기창, 틈새 등 에너지가 새어나갈 수 있는 부분을 눈으로 직접 보면서 판단 및 측정하였으나 측정된 시설물이 서로 다른 환경의 농작물을 재배하고 있어 비교평가에는 어려움이 있다.

농촌진흥청 시설원예연구소 농업에너지절감기술팀의 의견대로 실험 설치된 기밀 향상 출입문은 기밀성을 상당히 높일 수 있는 구조로 제작되었다. 장기간 사용에 대비하여 내구성 및 문 틈새가 벌어지는 경우 상부롤러 나사를 조정하여 틈새를 조정할 수 있는 구조로 만들어 유지보수에 유리하도록 제작하였다.

비용적인 측면에서도 기존의 표준도(농림축산식품부 고시 제2014-78호(2014. 7. 24) 원예 특작시설 내재해형 규격설계도 및 시방서에 적용된 출입문)에 제시된 문에 적용될 수 있도록 설계하여 비용 증가를 억제했다.

시설 내 설치된 센서 모니터링 장비(토양수분, EC, 토양온도, 대기온도, 대기습도, CO<sub>2</sub>, 일사량 측정)를 활용하여 얻은 시설 재배작물과의 관계자료는 기밀성 출입문 시설로 인한 영향에 대한 규명이 어려워 자료는 구축하였으나 본 보고서에서는 언급하지 않았다.

단순히 열화상 카메라를 활용한 측정결과로 기밀성 문의 정량적, 정성적인 평가는 어려우나 가시적인 판단으로 출입시설 틈새의 열 손실을 확인할 수 있었다. 또한, 열화상 카메라를 이용하여 출입구 측정결과 틈새를 최소로 한 개스킷을 활용한 기밀성 출입문과 문틀 연결부위의 온도 분포가 일정한 것으로 나타나 기밀성이 우수한 것으로 확인되었다.



## [참고문헌]

1. 농민신문. 2015. “경기농기원, 열화상카메라로 하우스 새는 열 찾는다”. 11월 25일.
2. 농촌진흥청. 2009. 『농업시설 열 손실 진단 사례집』.
3. 농촌진흥청. 2012. “비닐하우스 새나가는 열 잡는법 알려준다”. 2월 13일.
4. 농촌진흥청. 2014. 『시설원예 에너지 절감기술』.
5. 문종필·윤남규·이성현·김학주·이수장·김영화. 2010. “적외선 열화상 분석을 통한 온실의 열 손실 진단 및 평가”. 『한국농공학회논문집』 52(2): 67-73
6. 아시아경제. 2013. “장흥군, 시설원예 열 손실 진단 현장 기술 지원”. 12월 20일.
7. 연합뉴스. 2015. “열화상카메라로 농가시설하우스 ‘새는 열’ 잡는다”. 11월 20일.