

보안 과제( ), 일반 과제( ✓ ) / 공개( ), 비공개( ✓ )발간등록번호( ✓ )

# 첨단생산기술개발사업 제 3차 연도 최종보고서

발간등록번호  
11-1543000-002560-01

## 스마트용 해충가투이 친환경 무인 포집기 개발 및 산업화 최종보고서

2019. 2. 1.

주관연구기관 / (주)신안그린테크  
협동연구기관 / 충남대학교  
(주)나루농업컨설팅

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “스마트 온실용 해충 친환경 무인 포집기 개발 및 산업화”(개발기간 : 2016. 09. 05 ~ 2018. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 2. 1.

주관연구기관명 : (주)신안그린테크 (대표자) 장승호 (인)

협동연구기관명 : 충남대학교 (대표자) 정선옥 (인)

(주)나루농업컨설팅 (대표자) 이범선 (인)

주관연구책임자 : 장승호

협동연구책임자 : 정선옥

이범선

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	116060-03	해 당 단 계 연구 기 간	2016.09.05 ~ 2018.12.31	단 계 구 분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	스마트용 해충가루이 친환경 무인 포집기 개발 및 산업화			
	세부 과제명	-			
연구책임자	장승호	해당단계 참여연구원 수	총: 25명 내부: 25명 외부: -명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,000천원 계:400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 25명 내부: 25명 외부: -명	총 연구개발비	정부:750,000천원 민간:250,000천원 계:1,000,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)신안그린테크				
협동기관명	(주)나루농업컨설팅, 충남대학교				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약 : 농작물 병해충 발생 양상이 달라지고 외래 병해충 발생으로 인한 피해가 증가하며 그로 인한 작물의 각종 질병으로 인한 저품질 생산과 농약 살포를 최소화하기 위한 친환경 방제 기술이 필요하고, 방제작업의 노동력 절감과 작업능률의 극대화를 위해 원격제어가 가능한 스마트 친환경 무인 포집기 개발 필요

보고서 면수  
194p.

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방제작업 및 노동력 절감과 작업능률 극대화를 위한 스마트 온실용 해충가루이 친환경 포집기 개발</li> <li>○ 테스트베드를 구축하여 현장 실증시험 및 보완을 통한 산업화</li> <li>○ 무인방제기 탈부착형태이며, 무게는 10kg내외</li> <li>○ 작물 생장에 적합한 풍속으로 송풍하여 잎을 다각도로 흔들어 해충가루이 확보 유도</li> <li>○ 포집 램프를 부착하여 가루이가 포집되도록 유인</li> <li>○ UV 램프를 부착하여 송풍되는 공기를 주기적으로 살균</li> <li>○ 스마트폰을 활용한 원격 모니터링 시스템 및 제어 시스템 구축</li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해충가루이 주요 피해 작물 실태조사 및 분석             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작물의 종류, 해충가루이 밀도, 해충가루이의 피해수준 등에 따른 설계요인 도출</li> </ul> </li> <li>○ 무인 포집기 주요 작업부 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 송풍부, 흡입구, 살균부의 기존 기성품 선정 제작을 통한 테스트베드에서 실증시험</li> <li>• 해충가루이 포집기 송풍모터 및 알루미늄 팬 제작</li> <li>• 포집기 전열 브라켓, UV램프 위치선정 및 제작</li> <li>• 포집기 하우징 설계 및 제작</li> <li>• 해충가루이 포집기 통합 1차시작품 제작</li> <li>• 송풍부, 흡입부, 살균부 기성품 선정 및 온실모노레일을 이용한 이동 설계</li> <li>• 기본 성능시험(작동상태, 작업상태) 및 최적화보완점(용량증감, 작업속도 등) 도출</li> <li>• 해충가루이의 특성(크기, 밀도, 습성)을 고려한 최적화 설계</li> </ul> </li> <li>○ ICT 융복합 무인포집기 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT융복합을 통한 원격 제어 설계</li> <li>• 무인 작업을 통한 작업능률 향상, 사용자 편의성 및 안전성 확보</li> </ul> </li> <li>○ 기타 병원균 및 포자를 미리 살균해 관련 병을 예방하는 UV살균기능 탑재             <ul style="list-style-type: none"> <li>• UV-C 파장을 이용하여 공기 살균</li> <li>• 화학적 방제 및 살균이 아니라, 사전에 친환경 살균</li> </ul> </li> <li>○ 테스트베드를 통한 현장 실증시험             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 테스트베드에서의 실증시험 실시</li> <li>• 무인 포집기 경제성 평가</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 무인 포집기 활용으로 친환경 방제 및 사전에 개체 수 확산 방지</li> <li>○ 무인 포집기로 농작업자 편의성 및 안전성 향상</li> <li>○ 여성·고령 작업자가 편리하게 사용 할 수 있는 ICT융복합 시스템 개발 및 보급</li> <li>○ 살균기능으로 공기 중 병원균 등을 사전에 살균하여 병해 발생 사전 방지</li> <li>○ 스마트 온실에 적합한 무인 포집기 개발 및 보급으로 스마트팜 실현에 기여</li> <li>○ 외국산 농업기계에 대한 경쟁력 확보</li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>해충가루이 포집</p>	<p>무인방제기</p>	<p>스마트온실</p>	<p>공기순환팬</p>	<p>UV살균</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Pest collection</p>	<p>remote controlled sprayer</p>	<p>Smart Greenhouse</p>	<p>Air circulation fan</p>	<p>UV sterilization</p>



## <본문목차>

### < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	6
2. 국내외 기술개발 현황 .....	8
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	19
4. 목표달성도 및 관련분야 .....	171
5. 연구결과의 활용계획 .....	175
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	176
7. 연구개발결과의 보안등급 .....	179
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 .....	179
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 .....	180
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	181
11. 기타사항 .....	187
12. 참고문헌 .....	188
<별첨 1> 연구개발보고서 초록 .....	194
<별첨 2> 자체평가의견서 .....	195
<별첨 3> 연구성과 활용계획서 .....	202

# 1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
<p>1-1. 연구개발 목적  온실 내 해충의 방제작업 및 노동력 절감과 작업능률 극대화를 위해 테스트베드를 구축하여 현장 실증시험 및 보완을 통해 원격제어가 가능한 스마트 친환경 무인 포집기 개발</p> <p>1-2. 연구개발의 필요성</p> <p>가. 온실 병해충에 의한 손실</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후 변화와 돌발 악기상 등으로 인하여 농작물 병해충 발생 양상이 달라지고 외래 병해충 발생으로 인한 피해가 증가하고 특히 봄, 여름, 가을 계절 지속기간이 증가하는 추세로 겨울이 감소하면서 식물 해충의 월동 후 생존율과 알 부화율이 증가</li> <li>○ 태풍의 발생빈도 및 강도, 집중호우의 발생빈도, 황사의 발생빈도 및 지속일수 등 돌발 악기상의 발생이 증가하여 농작물의 물리적 피해가 확산되고, 홍수의 원인이 되며, 외래 병해충의 유입 가능성이 증가</li> <li>○ 국내에서 널리 재배되던 작물들의 경우 수입이 거의 이루어지지 않거나 수입 증가폭이 작은 반면 국내에서 재배되지 않는 작물의 경우 최근 20년간 수입량이 매우 큰 폭으로 증가하면서 외래 병해충 도입 및 도착화 가능성이 증가</li> <li>○ 저농약 또는 무농약 농산물 또는 유기농산물에 대한 소비자의 관심이 증가하였으므로 병해충 발생에 대한 정확한 예찰과 진단을 통해 농약 살포를 최소화 및 친환경 방제 기술 개발이 필요</li> </ul> <p>나. 해충가루이의 심각성 - 담배가루이</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 담배가루이는 매미목 가루이과로서 4령 약충은 몸이 투명한 백색을 띠고, 몸의 길이는 0.8~1.0 mm 정도, '05년 이후 파프리카, 토마토, 참외 등 시설 작물에 개체수가 큰 폭으로 증가하였으며 농약에 높은 저항성을 가지고 있고 이 해충은 작물 생육을 저해하고, 그을음병 유발 및 바이러스 매개체가 됨.</li> <li>○ 담배가루이는 각태 모두 기주식물의 잎 뒷면에 기생하며, 암컷 수명은 작물에 따라 10~24일 정도로서 식물의 어린 잎에 66~224개 정도의 알을 산란하고 온실가루이보다 높은 온도를 좋아하므로 8℃이하에서는 생장이 정지되며 야외에서는 연간 3~4세대, 시설에서는 10세대 이상 발생이 가능</li> <li>○ 전 세계적으로 알려진 기주식물로는 시설작물 중 고추, 토마토, 참외, 오이, 멜론, 수박 등이 있으며 담배가루이는 성충 및 유충이 잎 뒷면에 기생하여 식물체의 즙액을 흡즙하여 작물 생육억제, 잎의 퇴색위축 및 낙엽, 수량감소 등의 피해를 주고, 불규칙한 과실 착색을 발생</li> <li>○ 약충이 배설하는 감로는 식물에 그을음병을 유발시킬 뿐만 아니라 정상적인 광합성을 저해하여 과실의 수량에도 영향을 주며 다발생시 벌레에서 배출되는 배설물로 인해 그을음병이 발생하여 상품가치를 저하시키며, 2차적으로 토마토 황화위축병, 담배잎말림병, 토란잎말림병 등 60여 종의 바이러스병을 매개함.</li> </ul> <p>다. 해충가루이의 심각성 - 온실가루이</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온실가루이는 매미목 과로서 1.5mm 정도의 성충 크기를 가지고 있고, 몸 색은 옅은 황색이지만 몸 표면에 밀가루모양의 흰 왁스가루로 덮여 있어 흰색을 띠며 알은 포탄 모양으로 길이가 0.2 mm 정도로 잎 표면에 수직으로 서 있으며 알에서 성충까지 약 3~4주가 소요되고 암컷은 1일 평균 8개씩 산란하여 150~300개의 알을 산란함.</li> <li>○ 국내에는 1977년에 스테비아묘목과 함께 유입되었을 것으로 추측하며 3~4월부터 왕성한 번식을 시작하여 5~6월이 되면 시설하우스에서 작업을 하는데 불편할 정도로 번성하여 작업을 기피하는 원인이 됨.</li> <li>○ 기주 식물로는 40과 94종이 기록되어져 있으며 이들 식물 중 특히 가지과 작물(토마토, 가지 등, 박과작물(오이, 호박, 멜론 등), 화훼류(거베라, 국화, 해바라기 등) 및 온실주변의 잡초류(개망초,</li> </ul>	

썸바퀴, 냉이 등)에서 발생 빈도가 높음.

- 온실가루이에 의한 작물피해는 약충과 성충이 잎에서 즙액을 흡즙 하고, 감로를 분비하기 때문에 생기며 특히 밀도가 높은 경우 흡즙으로 인해 식물의 생리적인 대사에 영향을 미치고 새순의 생장의 저해시키며 심할 경우 퇴색, 위조, 낙엽 및 고사에 이르고 이러한 잎의 피해는 과실의 발육에 영향을 주고 수량 감소의 원인이 됨.
- 간접적으로 분비된 감로에 의해서 과실이 끈적거리고 외관상으로 번들거려 좋지 않을 뿐만 아니라 그을음병 곰팡이가 발생하여 과실이 더러워져도 상품성이 떨어지며 작물의 광합성과 호흡을 감소시키고, 바이러스를 매개함.

#### 라. 친환경 사전 개체 수 관리 기술 필요

- 비닐하우스와 유리온실 등 시설 재배면적의 급격한 증가로 온실가루이의 월동과 번식에 좋은 조건이 제공되어 발생과 피해가 매년 증가하는 추세에 있으나, 관련 가루이 무인 방제 개발이 미흡하여 가루이 무인 방제 기술이 필요
- 해충 방제를 위해 화학약품을 사용한 방제가 56.7%이며 환경오염 발생되고, 해충가루이 저항성 유발 및 밀도의 증가를 초래함. 합성농약을 대체할 수 있는 친환경적인 방법을 사용하여 병원성 미생물과 해충을 포집할 수 있는 친환경 포집기술 개발이 필요
- 현재 개발되어 있는 무인 방제기로는 옆면살포가 어렵고 그로 인해 잎 뒷면에 서식하는 해충가루이를 방제하기 어렵고, 특히 온실가루이는 시설재배 작물에서 방제대상 해충이나 작물별로 발생 및 피해양상이 다르기 때문에 일률적으로 방제기준을 설정하기 어려우므로 특성 파악 및 방제 기술이 필요
- 온실용 해충가루이 포집기에 관련하여 UV lamp와 포집 lamp를 통해 해충가루이의 유인과 부수적인 유해요소(균, 포자) 살균을 통해 방제를 하는 동시에 추후 개체 수 증가를 방지해야 하며 현재 해충가루이류의 방제가 매우 어렵고, 잦은 약제사용으로 내성이가 강해져 방제가 어려우므로 UV lamp를 사용한 해충가루이 친환경 포집기 개발이 필요

#### 1-3. 연구개발 범위

- 충가루이 주요 피해 작물 실태조사 및 분석
- 무인 포집기 주요 작업부 개발
- ICT 융복합 무인포집기 개발
- 기타 병원균 및 포자를 미리 살균해 관련 병을 예방하는 UV살균기능 탑재
- 테스트베드를 통한 현장 실증시험
  
- [제 1 세부] 주요 설계요인도출 및 작업부 설계·제작
  - 통합 시작품의 각 구동부 설계 및 제작
  - 해충가루이 친환경 무인 포집기 통합 시작품 제작
  
- [제 1 협동] 자동제어 및 ICT 융복합 기술개발
  - 주요부 및 통합 시작품 최적화 및 성능테스트
  - ICT 융복합 원격 자동제어부 설계 및 제작
  
- [제 2 협동] 주요부 및 통합 시작품 테스트베드 구축 및 현장 적용
  - 주요 과채류 시범온실 테스트베드 구축
  - 가루이의 방제성능 평가 및 현장적용 실험을 통한 시작품의 작업 성능평가
  - 문제점 및 보완점 도출을 통한 설계 개선점 제시

## 2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

### 1. 국내 기술개발현황

#### 가. 국내 논문 연구현황

- 기존 국내 논문 분석 결과, 1999년 ~ 2014년까지 해충가루이 방제효과 및 무인 방제기와 관련된 연구가 꾸준히 진행되었음
- 관련 논문이 학술대회 논문집 등에 보고되었고 초음파기화 방법, LED 트랩, 황색점착트랩 등 해충가루이를 방제하기 위한 체계적인 연구를 수행
- ‘해충 방제 기계’에서 연구된 기존의 내용을 면밀하게 검토하여 이미 연구된 내용을 최대한 반영하여 가루이의 포집부분을 연구함
- 송풍기를 통해 효과적으로 잎의 다각도로 방제가 가능하도록 개발하고 ICT기술과 융합한 온실 자동화에 관한 연구를 추진해 논문을 작성하여 국내 학술지에 게재함

#### <국내논문>

학술지명	저자	게재년도	논문 제목	내용
경상대학교 박사학위 논문	하태기	2002년	온실가루이와 담배가루이의 발육생태 및 Acetamiprid의 방제효과	- 온실가루이 생태에 대한 설명 - 온실가루이 방제 효과 및 지속시간
안동대학교 석사학위 논문	김창수	2013년	A Study on Prevention Technique for the Greenhouse whitefly (Trialeurodes vaporariorum) by using Entomopathogenic Fungi Beauveria bassiana M130	- 온실 가루이 방제기술
한국응용곤충 학회지	강택준, 김세진, 김동환, 양창열, 김형환, 조명래	2014년	시설 온실에서 진딧물에 대한 무인 연무방제기의 방제 효과 보고	- 해충 방제 기술
경북대학교 석사학위 논문	유명식	2013년	광역방제기 축류팬의 유동 및 구조해석을 통한 피로설계	- 송풍기능을 구비한 방제기
성균관대학교 석사학위 논문	안주현	2014년	무인 방제기의 적응형 센서 노이즈 보정	- 무인 방제기 제작

한국원예학회 학술발표요지	서윤원, 황인택, 조원기, 김정근	2003년	초음파기화방법을 이용한 오이 온실가루이 방제효과	- 온실가루이 방제
한국유기농업 학회지	박종호, 홍성준, 한은정, 심창기, 이민호, 김민정, 김용기	2012년	온실재배 토마토에 발생하는 가루이류에 대한 황색점착트랩 방제효과	- 온실가루이 방제
축산시설환경 학회지	민병로, 김동우, 서광욱, 홍준택, 김웅, 최준홍, 이대원	2008년	영상처리를 이용한 광역방제기 팬의 성능실험	- 살포용 방제 장치
축산시설환경 학회지	홍준택, 민병로, 김동우, 서광욱, 김욱, 이승기, 김성엽, 이대원	2007년	축산 농가용 광역방제기 팬의 성능실험 및 분석	- 살포용 방제 장치
한국응용생명 화학회	전주현, 이상계, 이희선	2014년	온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과	- 담배가루이 방제
한국농약과학 회지	심희진, 김순기, Yang Ziwen, 제연호, 강석권	1999년	Paecilomyces fumosoroseus SFP-198의 온실가루이(Trialeurodes vaporariorum)에 대한 살충성 검정과 온실에서의 방제효과	- 온실가루이 - 살충성 검정 및 방제효과
한국농업기계 학회	김영주, 곽현환, 강태경, 이중용	2003년	배부식 방제기의 분무 성능 평가	- 분사 노즐이 있는 해충 방제기
상명대학교 박사 학위 논문	이상돈	2012년	이류체 포그시스템을 이용한 가루이의 친환경적 예방 및 방제법 개발	- 친환경적 가루이 방제기술

농약과학회지	하태기, 황인천, 김종관, 송유한, 김길하, 유용만	2003년	몇 가지 살충제의 온실가루이와 담배가루이의 생육 단계별 살충효과 및 방제효과	- 온실가루이 및 담배가루이 방제 효과 - 살충성 검정 및 방제효과
바이오시스템 공학	구영모	2007년	소형 과수방제기 살포입자의 부착량 분포	- 해충 살충 입자의 부착량 분석

나. 국내 기술 특허현황

- 우리나라 해충 방제기 특허 건수가 2010년을 전후하여 지속적으로 증가하고 있음
- 해충 방제용 조성물을 구축 및 제작하는 방식에 관한 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에 서는 해충 가루이 포집기계를 위한 핵심기술인 송풍기의 바람을 통한 포집기술 및 UV살균 부착, 야간 자동운전기능 등에 관한 기술에 대하여 지식재산권을 확보함

<국내특허>

국가	등록번호	발명의 명칭	출원인
한국	1020130126055	니코티아나 벤타미아나 추출물을 유효성분으로 포함하는 해충 방제용 조성물 Composition for controlling pest comprising Nicotiana benthamiana extracts	경북대학교 산학협력단
	1020100053278	해충방제용 스프레이식 점착제 조성물 및 그 제조방법 Pest control spray adhesive composition and the manufacturing method	주식회사 그린 아그로텍
	1020127017577	해충 방제용 조성물 및 방법 Composition and method for controlling pests	스미또모 가가꾸 가부시끼가이샤
	1007154880000	직류 브러쉬리스 모터를 적용한 농업용 팬을 이용한 환기 및 온도 제어 시스템 System for controlling ventilation and temperature used for agricultural fans employed brushless DC Motor	(주)상일테크
	1009030500000	방제기용 팬 FAN FOR SPRAYING AGRICULTURAL CHEMICALS	(주)한서정공
	2004541130000	방제기용 송풍팬 장치	(주)한서정공
	1014165500000	격자를 이용한 원거리 방제기용 풍향 유도 장치(WIND GUIDING DEVICE FOR LONG-DISTANCE AGRICULTURAL MEDICINE SPRAYER USING LATTICE GRILL	한아에스에스 주식회사 한동특장(주)

2. 국외 기술개발현황

가. 국외 논문 연구현황

- 기존 국외 논문 분석 결과, 주로 해충의 살충제 기반 관리를 위한 유동적 생물 모델 개발에 관한 연구가 진행되었음.
- 해충 방제기계 및 해충가루이에 관한 연구가 진행되지 않았으므로 본 연구과제에서는 살충제 기반이 아닌 친환경적으로 해충을 포집하고 살균을 도울 수 있는 친환경 해충가루이 포집 장치기계를 내용으로 논문을 작성하여 국외 학술지에 게재함.

경북대학교 박사 학위 논문국외논문>

학술지명	저자	게재년도	논문 제목	내용
Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY	Wei Zhang	2007년	Optimal pest management in the presence of natural pest control services.	- 해충 관리 모델링
Chinese journal of biological control	라오충, 쉬융화, 장관, 뤼천, 장홍위	2012년	arasitism of Encarsia formosa against Bemisia tabaci as Affected by Systemic and Foliar Applications of Imidacloprid	- 온실가루이 및 담배가루이 방제기술
경북대학교 박사 학위 논문	Asaduzzaman, Md	2013년	Development of Microbial and Botanical Control of Sweetpotato Whitefly and Root-Knot Nematode	- 담배 가루이 방제 연구



나. 국외 기술 특허현황

- 기존 국외 특허 분석 결과, 해충 방제 관련 특허가 우리나라에서 특히 최근에 증가하는 추세였으며 해충 방제용 조성물과 관련된 특허가 가장 많이 보고되었음
- 일본이나 미국 등의 방제 성분의 기류 확산 및 약제 용해, 해충 유인기술과 관련된 특허가 다수 보고 되었으며 ICT를 결합한 무인 포집기에 대한 특허는 없음
- 따라서 해외 수출을 위해 주 경쟁사인 미국 DRAMM, 중국 ORIOLE 회사들의 특허를 피해 친환경 해충가루이 포집기계 기술과 관련한 특허를 출원함

<국외특허>

국가	등록번호	발명의 명칭	출원인
미국	06427915	PEST CONTROL APPARATUS	Hall; Gary L.
일본	13197139	INSECT PEST PREVENTING DEVICE	住友化学株式会社 , FDK株式会社
일본	15026283	APPARATUS FOR CONTROLLING INSECT PEST	アース製薬株式会社
미국	13078230	동물 파기를 위한 병충해 방제 Pest control for burrowing animals	Murray Pask James W. Halford

### 3. 국내외 제품현황




#### 가. 국내 제품현황

- 국내 시장 분석 결과, 해충 가루이 방제기와 관련한 제품은 씨엔테크, 하나무인방제기, 토명산업, 한걸그린테크 등의 기업에서 개발되어 있으며, 적용 면적, 노즐 수, 분사 속도, 용량이 다양함
- 콤프레셔 설치형, 무인레일 방제기 등 다양한 형태로 존재하지만 약제 방제를 하거나 고랑 사이에 포집기 설치형태가 대부분임
- 본 연구에서는 농민들이 쉽게 사용할 수 있는 원격 모니터링 시스템과 제어기를 사용하고, 해충 포집 및 살균할 수 있는 친환경 제품을 생산함

#### <국내제품>

항목	사진	제조사	모델명	사양 및 특징
		동서그린산업	화훼용 레일방제기	- 4륜 구동식 주행 방식 - 트러스 전체도금 - 2단 노즐식 - 저압용 특대 펌프 - 노즐대 상하이동
		동서그린산업	과채류 레일방제기	- 분사 노즐대 상하 이동 - 디지털 제어방식 - 자동퇴수 밸브 장착 - 2단 노즐식
		하나	HNC-400F	- 400 평 이하의 온실용 - 분무입격: 6~12 $\mu\text{m}$ 조절가능 - 분무량: 5~10 L/hr - 콤프레셔: 1.5 HP - 약제통: 40L 일체형
		하나	HNA-2500F	- 1500 평 이하의 온실용 - 분무입격: 6~12 $\mu\text{m}$ 조절가능 - 분무량: 24~35 L/hr - 콤프레셔: 20 HP - 약제통: 120 L 일체형
		한걸 그린테크	A-5	- 노즐수: 5 - 분무량: 5 L/hr - 적용면적: 1,650 m <sup>2</sup> (500평) - 컴프레셔: 5 HP




	한결 그린테크	A-15	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노즐수: 15</li> <li>- 분무량: 15 L/hr</li> <li>- 적용면적: 4,950 m<sup>2</sup>(1500평)</li> <li>- 15 HP</li> </ul>
	씨엔테크	CN-500T	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노즐수: 6</li> <li>- 분무량: 6 L/hr</li> <li>- 콤프레셔: 5 HP</li> <li>- 적용면적: 500 평 이하</li> </ul>
	씨엔테크	CN-800P	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노즐수: 10</li> <li>- 분무량: 10 L/hr</li> <li>- 콤프레셔: 10 HP</li> <li>- 적용면적: 800 평 이하</li> </ul>
	토명산업	무인 레일방제기 TM-12N	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 콘트롤: AC-220 V</li> <li>- 압력: 15-25 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- 모터: AC 60 W-90 W</li> <li>- 주행속도: 23 m/min</li> <li>- 노즐: 독립밸브 부체살형</li> <li>- 중앙집중 개별제어: 음성안내 리모트콘트롤</li> <li>- 분사범위: 2-4 m</li> <li>- 분부방식: 수직 수평분사</li> <li>- 형식: 고정경로주행식</li> </ul>
	로템 코리아	하우스용 무인방제기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에어 압축 방식: 오일레스 피스톤방식</li> <li>- 실린더: 2</li> <li>- 분당에어생산량: 240 L/min</li> <li>- 압력: 8 kgf/cm<sup>2</sup></li> <li>- 마력: 3 HP</li> <li>- 분당회전수: 1,400 rpm</li> </ul>
	(주)TMC	크린에이치-10A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 형식: 이동식</li> <li>- 용량: 4.5 L</li> <li>- 노즐분사량: 7.2 L/h</li> <li>- 콤프레셔: 3 HP</li> <li>- 제어 방법: 터치스크린+ PLC</li> </ul>


	금장산업	GJ-1000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분무방식: 수직분사, 수평분사</li> <li>- 분무량: 4 L/min</li> <li>- 사용압력: 20~40 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- 분사범위: 4~5 m 수직</li> </ul>
	대동 공업사	DJB-250	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소비전력: 70 W</li> <li>- 램프크기: 45 x 150 mm</li> <li>- 밝기: 약 800 Lm</li> <li>- 수명: 약 8,000 hr</li> </ul>
	한빛 시스템	FU-513	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소비전력: 80 W</li> <li>- 외관재질: 스틸강화특수코팅</li> <li>- 날개크기: 25 cm</li> <li>- 제품중량: 6.5 kg</li> <li>- 제품크기: W430 x D430 x H490 mm<sup>3</sup></li> </ul>

나. 국외 제품현황

- 국외 시장 분석 결과, 해충 가루이 방제기와 관련한 제품은 미국의 DRAMM과 중국의 ORIOLE, Henan Brimful Shine Commerce And Trade 등이 선진국이며, 미국의 DRAMM의 해충 방제 기기는 분무 입자가 미세하여 잎의 다각도에 접촉이 가능함.
- 적합한 분사속도, 대용량, 넓은 적용 면적으로 효율이 뛰어나며 각각 현 세계 최고의 수준이지만 대부분 대규모 농가가 약제방제를 시행하고 있음.
- 본 연구과제에서는 이러한 선진 기술과 경쟁할 수 있는 친환경 포집기술과 UV램프를 이용한 공기 살균, 무인화 시스템을 실용화 하는 방향으로 추진함.

<국내제품>

항목	사진	제조사	모델명	사양 및 특징
		Sseomak technology	IM-OT01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Speed: 70 m/min</li> <li>- Working hour: 7 Hours</li> <li>- Electrical Motor: 0.30 kW</li> <li>- Reel capacity: 100 mt</li> </ul>
		ECO SOLATEC	Solar Trap	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solar panel: 18 V/25 W</li> <li>- Auto control: DC 12 V</li> <li>- Battery: DC 12 V/4.5 A</li> <li>- Fan: 1,200~1,500 rpm</li> <li>- Lamp: DC 12 V/3 W</li> </ul>
		Fuzhou Yudachang New Energy	YDC-HKCQ-01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC Light Trap</li> <li>- Volume: 500 x 500 x 1900 mm<sup>3</sup></li> <li>- Solar Panel: 25~40 WP</li> </ul>
		Henan Brimful Shine Commerce And Trade Co., Ltd.	YS20-160L	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분무량: 3-9L/min</li> <li>- 분무입자: 50~150µm</li> <li>- 압력: 1.5-3.5MPa</li> <li>- 수평분사거리: 12-18m</li> <li>- 입자크기: 10~30µm</li> </ul>
		ORIOLE	OR-DP1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력: 220V/50Hz</li> <li>- 사용 온도: 5-40℃</li> <li>- 약제통: 4L</li> <li>- 무게: 3.5kg</li> <li>- 분사거리: 6m</li> <li>- 분사속도: 0-300ml/min</li> </ul>
		DRAMM	MLVH-10A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전압: 110V</li> <li>- 압력: 21 psi</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"><li>- 노즐: 8L/4hrs</li><li>- 약제통: 8L</li></ul>
--	---	--	--	---

### 3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

#### 제 1절 ICT기반 해충가루이 포집기 주요부 및 통합시작품 산업화(주관 : ㈜신안그린테크)

##### 1. 주요부 설계 및 제작

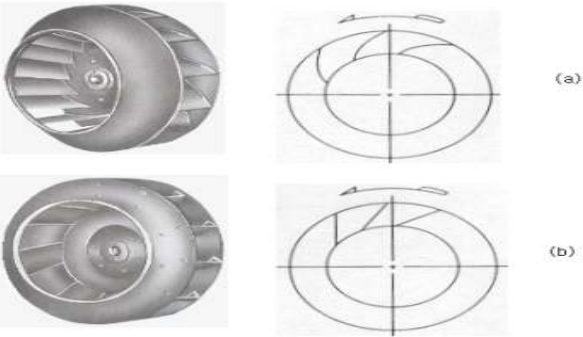
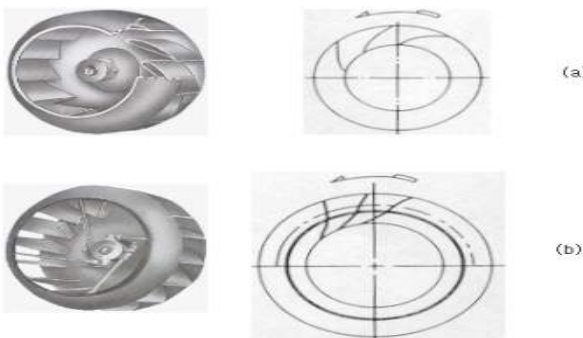
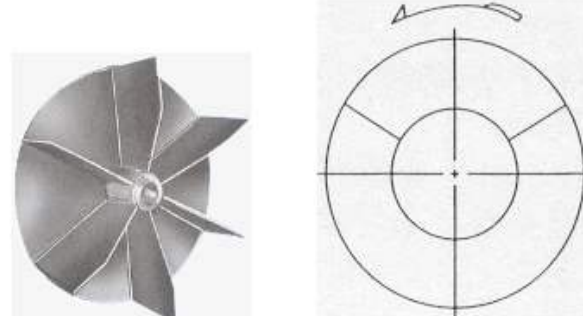
##### 가. 송동부, 흡입구, 살균부 선정

○ 모터, 팬 기성품

- 원심형 종류인 시로코팬(원심형)을 선정

○ 송풍기의 종류조사

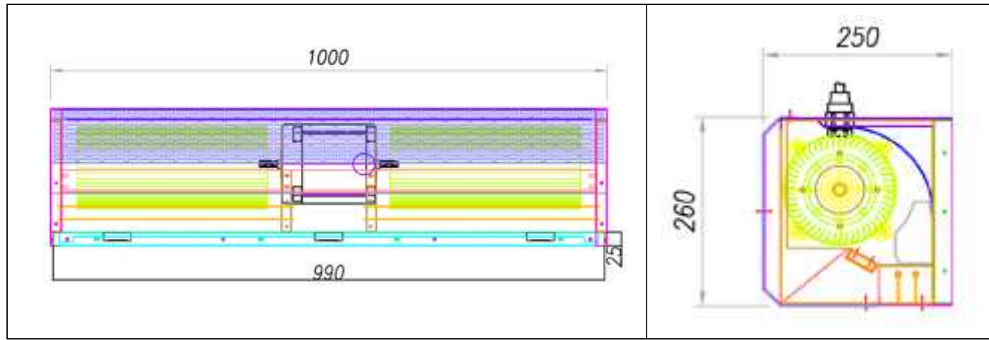
- 배출압력에 의한 분류, 일반적으로 압력에 따라 저압용 팬과 고압용 블로어로 구분

	<p style="text-align: center;">&lt;원심형(후곡형)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 날개의 끝부분이 회전방향의 뒤쪽으로 굽은 후곡형으로 (a)와 같이 날개가 곡선으로 된 것과, (b)와 같이 직선으로 된 것이 있음.</li> <li>• 후곡형은 효율이 높고 고속에서도 비교적 정속한 운전을 할수 있는 것으로 터보형 송풍기에 적용</li> </ul>
	<p style="text-align: center;">&lt;익형(AIR FOIL, LIMIT LOAD FAN)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 후곡형과 다익형을 개량한 것임, (a)는 익형 송풍기로 박판을 접어서 유선형으로 날개를 형성, 고속회전이 가능하며 소음이 적음.</li> <li>• (b)는 리미트로드팬으로 날개를 S자 모양으로 구부린 것이고 다익형은 풍량이 증가하면 축동력이 급격히 증가하여 오버로드가 됨.</li> </ul>
	<p style="text-align: center;">&lt;방사형(PLATE FAN)&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사형의 날개로써 평판으로 되어있음. 방사형은 자기청소의 특성이 있고, 분진의 누적이 심하고 이로인해 송풍기 날개의 손상이 우려되는 공장용 송풍기에 적합</li> <li>• 그러나, 효율이나 소음면에서는 다른 송풍기에 비해 좋지 못함.</li> </ul>

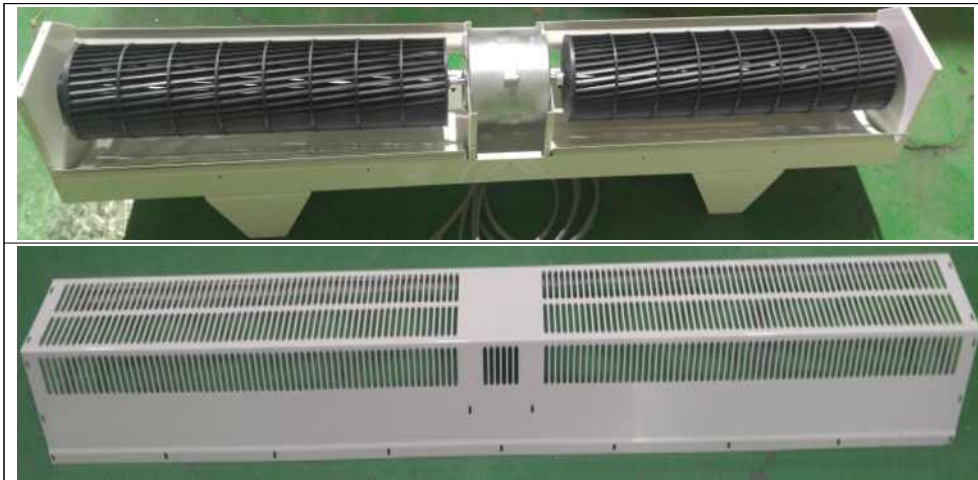
나. 기성품 조합 통합제작

○ 해충가루이 포집기 구성도

- 해충가루이 포집기 : 온실내 화학적 방제가 어려운 담배가루이 등 다량의 해충을 해충유인램프로 유인하여 팬, 모터를 통해 흡입, 전격살충망을 통해 살충, 순환되는 공기를 UV 공기살균램프를 이용하여 공기순환이 될수 있는 일정길이의 레일을 통해 자동이동하는 무인포집기 개발



<시작품 도형>



<시작품 설계>

○ 기능

- 송풍부 및 흡입부 : 기성품 시로코팬을 이용한 송풍 및 흡입
- 전격 살충기 : 송풍을 통해 흡입된 해충을 50W급 전기로 전격 살충
- UV-C 공기살균램프 : 공기토출구 부분에 위치하여 100~280nm 파장대의 자외선을 통해 공기를 살균
- UV-A BL램프 : 공기흡입구 부분에 위치하여 해충유인 기능

○ UV 공기살균램프 기성품

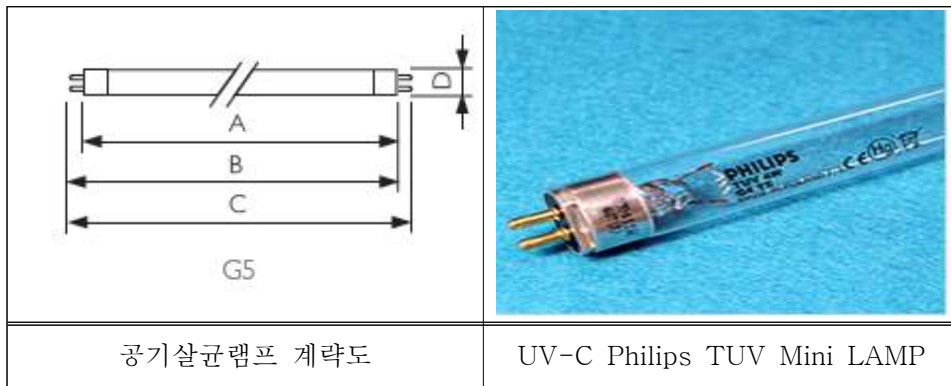
- UV-C 공기살균램프 [Philips TUV Mini LAMP]
- 제조사 : 한성자외선
- 제품특징 : 살균소독을 위한 최대 253.7nm의 단파장 UV 광선램프 내부 코팅처리로 전체 수명시간 내내 일정한 UV 발생, 특수램프 유리가 오존이 생성되는 185nm 파장 필터링



UVC 광선 발생을 알리는 램프 표면 경고표시 부착, 일반 자외선 램프와 마찬가지로 가장 살균력이 강한 253.7nm의 자외선을 방사하는 램프, 수살균과 표면살균용 등 용도에 따라서는 고출력과 장수명램프를 이용해서 식품, 의학, 화장품, 전자공업등의 모든 분야에서 필요로 하는 고순도의 수살균처리 및 용기, 포장재 등의 광세정과 표면처리, 공기살균에 적합한 램프

Type	Cap-Base	Technical Lamp Wattage (W)	Lamp Voltage (V)	UVC at 100h (W)	Lamp Current (A)	Useful life (h)	Depreciation at useful lifetime (%)
TUV 6W	G5	6	42	1.5	0.16	9000	20

A max.	B min.	B max.	C max.	D max.
212.1	216.8	219.2	226.3	16

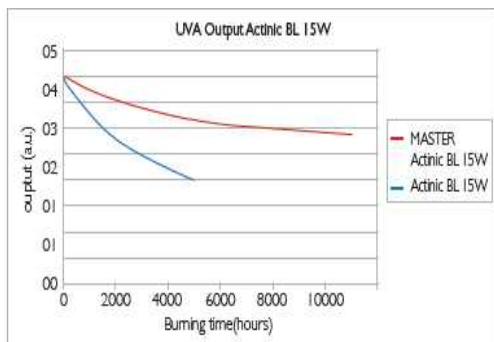


공기살균램프 계략도

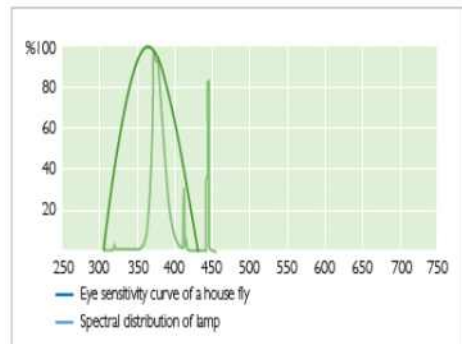
UV-C Philips TUV Mini LAMP

○ 해충유인램프 기성품 :

- UV-A BL램프 [Philips Actinic BL TL 6W]
- BL램프와 같이 315nm ~ 400nm의 자외선을 방사하는 램프
- 조명용 형광램프와 같은 유리를 사용하기 때문에 가시광선도 조금 방사, BL램프와 마찬가지로 피크파장 360nm 부근에서 피크를 갖는 형광체를 사용하고 있음.
- 벌레퇴치용, 벌레유도용 광원, 광화학반응용 광원등에 사용되고 있음.

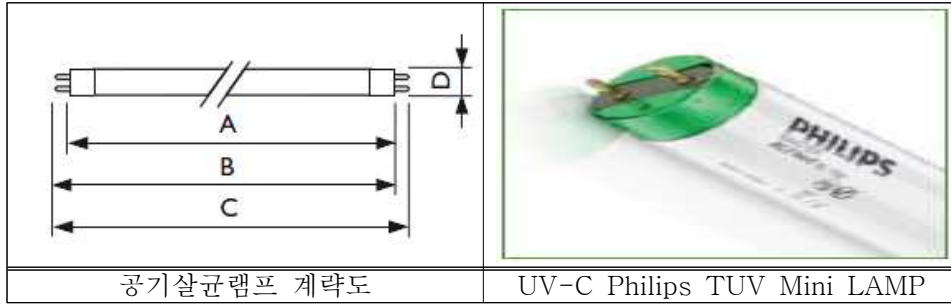


<해충유인램프 스펙트럼 분포도>



<유지보수 및 수명 비교>

Type	Cap-Base	Lamp Voltage (V)	Lamp Current (A)	UV-A (W)
Philips Actinic BL TL 6W	G5	42	0.16	1.3



A max.	B min.	B max.	C max.	D max.
212.1	216.8	219.2	226.3	16

○ 해충 전격 살충기 기성품 :

- 전격 살충기, 내부 케이스내에 해충유인 자외선램프가 포함되어 있으며, 유인된 해충을 감전사 시키는 격자 전극을 포함하는 전격살충기, 격자 적극에 제공되는 출력전압 및 전류를 교류 또는 직류로 선택적으로 전환하고, 전환된 출력 전압 및 전류의 세기를 제어

MK-505 (실내/외 겸용)	
정격전압	220V/60Hz
2차전압	4.3 Kw
소비전력	54W
외관재질	알루미늄 불소도장
램 프	20W X 2개
무 게	13 Kg
크 기	770 x 580 x 200(mm)

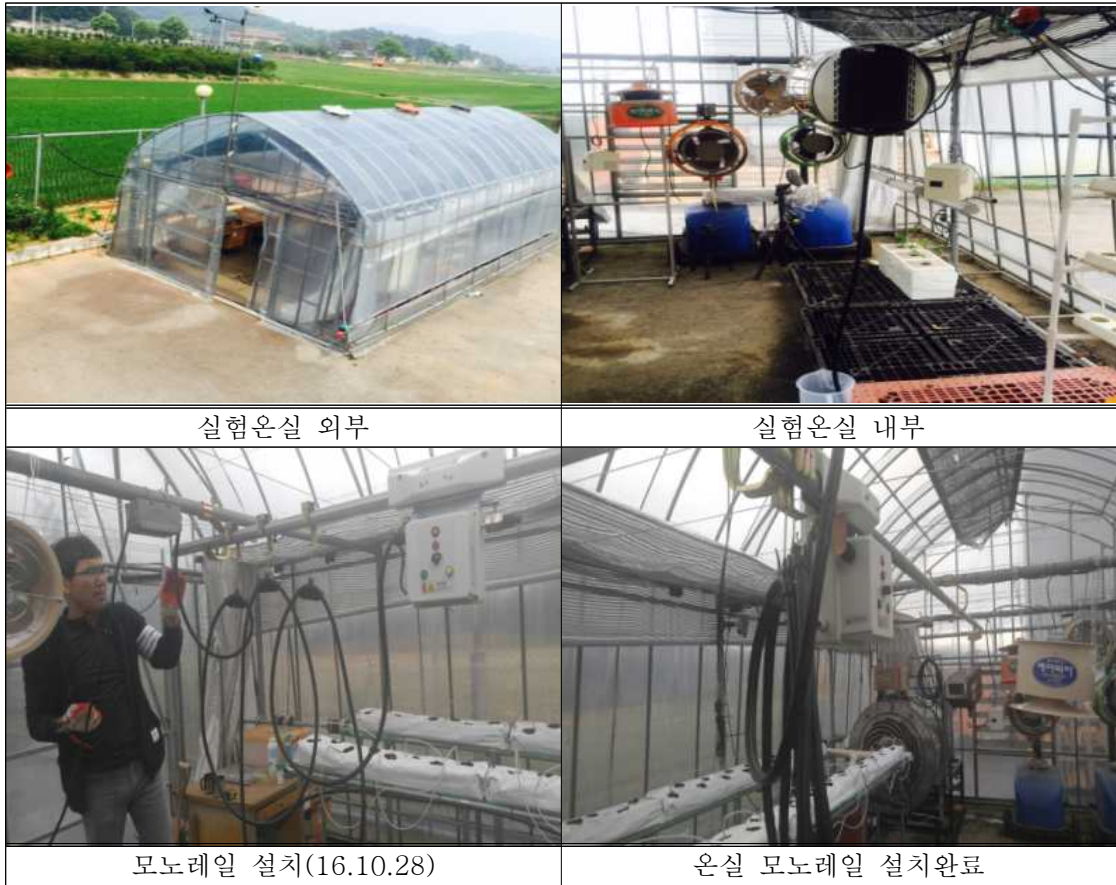
MK-5001 (실내/외 겸용)	
정격전압	220V/60Hz
2차전압	3 Kw
소비전력	40W
외관재질	알루미늄 불소도장
램 프	10W X 2개
무 게	10 Kg
크 기	526 x 400 x 200(mm)

	▶ 모델명 :FU-2055
	▶ 색상 : 검정/ 아이보리
	▶ 정격전압 : 220V / 60Hz
	▶ 소비전력 : 약 45W
	▶ 적용장소 : 옥내/옥외 (겸용)
	▶ 외관재질 : 스틸강화특수코팅
▶ 상품크기 : W470 x D180 x H420(mm)	
▶ 상품중량 : 8kg	

<전격 해충 살충기 기성품>

○ 시제품제작

- (주)신안그린테크 내에 위치한 실험온실에 온실모노레일 설치



<신안그린테크 실험온실 환경제어 장비보유 목록>

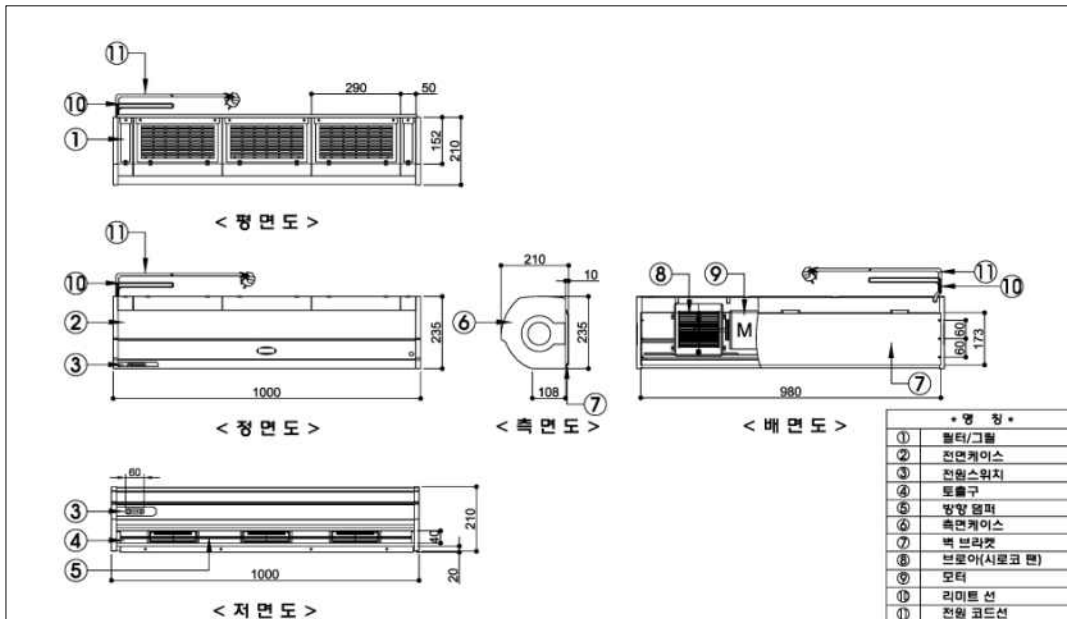
기기명	전력	수량	기기명	전력	수량
농용공기교반 제습기	AC/590W	1	태이저 (전기난방)	AC/6kW	1
공기교반기	AC/100W	1	천정환풍기	AC/130W	3
공기유동팬	AC/130W	1	창개폐기	DC/50W	2
LED조명	AC/30W	4	스크린	DC/50W	4
에어매직	AC/2.5kW	1	부직포	DC/50W	2

○ 실험온실 딸기베드 설치를 통한 온실환경 조성



딸기모종 56묘 베드설치

○ 시제품 설계 및 제작



<해충포집기 설계도>

다. 테스트베드 시험 및 문제점 분석

○ 실험온실 내 시제품 성능테스트



<실험온실내 포집기 성능테스트>

<2016. 11. 28(월)부터 실험온실 내 포집기시제품 성능테스트 실시(해당작물 : 딸기)>

문제점		해결방안
무 게	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차 시제품의 무게는 27kg</li> <li>모노레일을 통해 이동을 위해서는 무게 감량이 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재질 변경을 통한 무게 감량화</li> <li>철 → 알루미늄</li> </ul>
규 격	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재 규격은 1,000 X 235 X 210mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>제품 규격은 농가현장의 조사를 통해 다용도 크기로 제작</li> </ul>
전 력	<ul style="list-style-type: none"> <li>전원 : 220V, 60Hz, 318W</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모터의 전력을 좀더 늘려서 풍량과 풍속을 제어장치를 통해서 속도를 제어할 수 있도록 제작</li> </ul>
흡입부	<ul style="list-style-type: none"> <li>시로코팬 이용</li> <li>풍속 : 12.6m/s</li> <li>풍량 : 860m<sup>3</sup>/h</li> </ul>	
토출부	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재는 좌측에서 공기가 흡입되어 우측으로 공기가 토출되는 구조</li> <li>작물 잎뒷면에 해충들이 붙어있기 때문에 좌측에서 해충이 비산될 수 있도록 구조 설계 변경이 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>좌측 토출부 부분에 좌우로 바람방향이나 나뉘어 작물잎이 흔들릴수 있도록 변경 제작</li> </ul>
레일 이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>시제품의 상단에만 고정시키기 때문에 이동시 좌우로 흔들리는 문제점이 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>몸체 브라켓을 설치하여 흔들림현상 보정</li> </ul>



## 2. 통합 시작품 제작

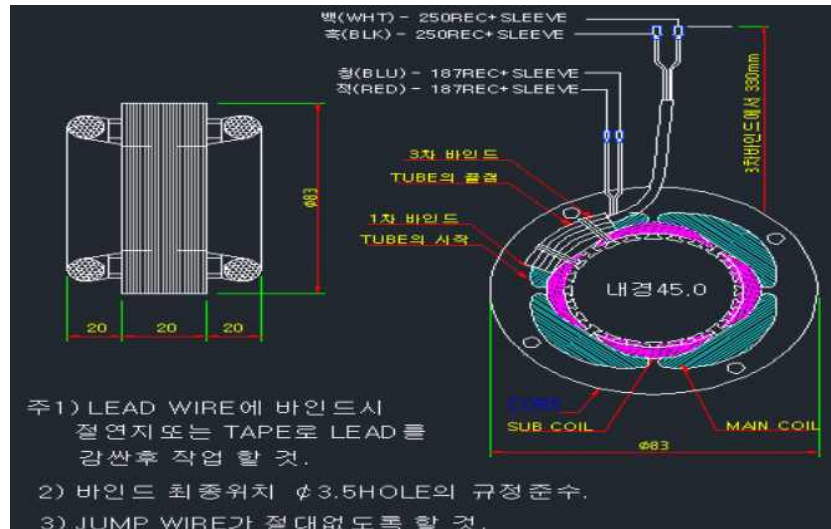
가. 송풍모터, 알루미늄 팬, 전열브라켓, UV램프

○ 해충가루이 포집기 송풍모터 및 알루미늄 팬 제작

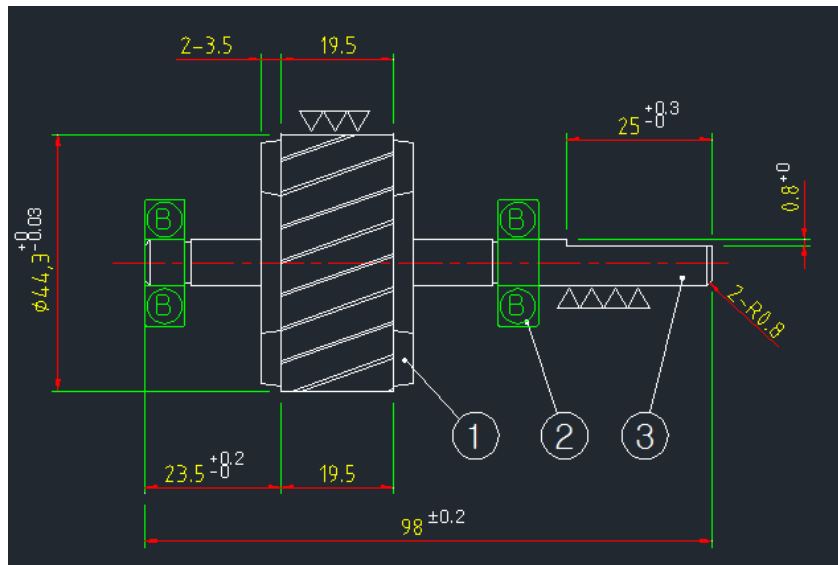
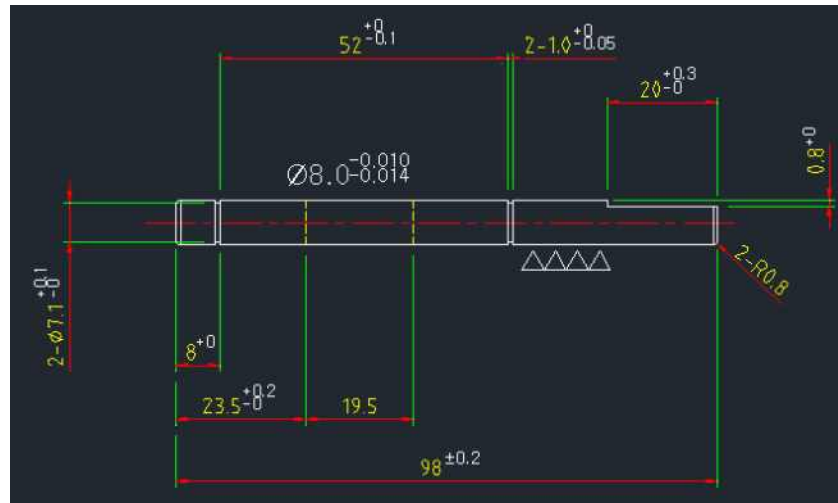
- 온실 내 작물과 작물사이의 사이에 모노레일을 통해 자동으로 이동하면서 하단부에서 바람을 송풍시켜 미립자의 해충들을 비산시켜 상단부에서 해충유인램프 및 흡입부를 통해 해충을 무인방제하는 형식으로 모터팬, 하우징, 흡입부, 토출부 2D설계
- 초기에 기획단계시 철판 제작을 계획하였으나 무게, 강도, 사업화단계시 단가문제로 인해 재질을 변경하였음.

○ 해충가루이 포집기 송풍모터 설계

- 전체규격 : 1104\*146mm
- 모터 및 날개 : 블로워 팬
- 전력 : 220V, 50/60Hz, 50W
- 내경 45.0, Ø83\*20mm



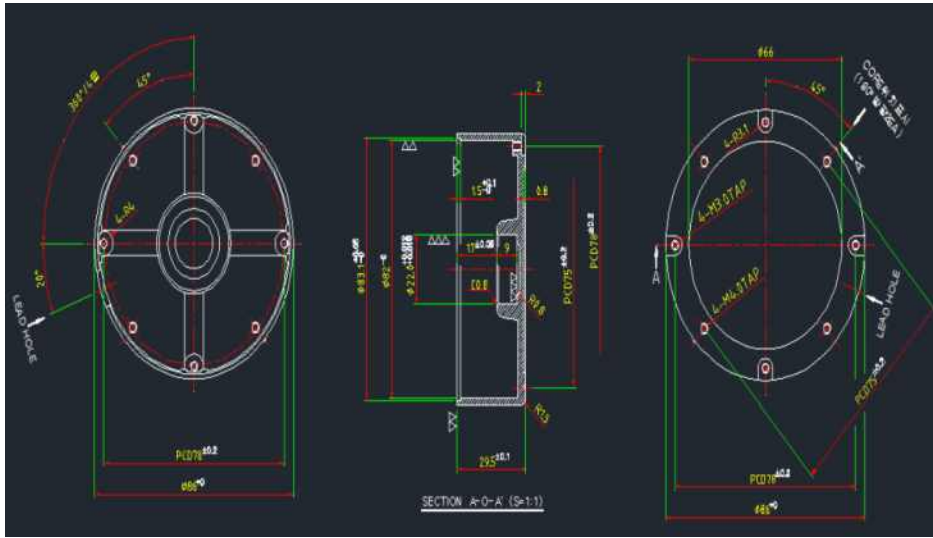
<모터 내부 회로 및 규격 설계>



<모터 축(SHAFT) 설계>

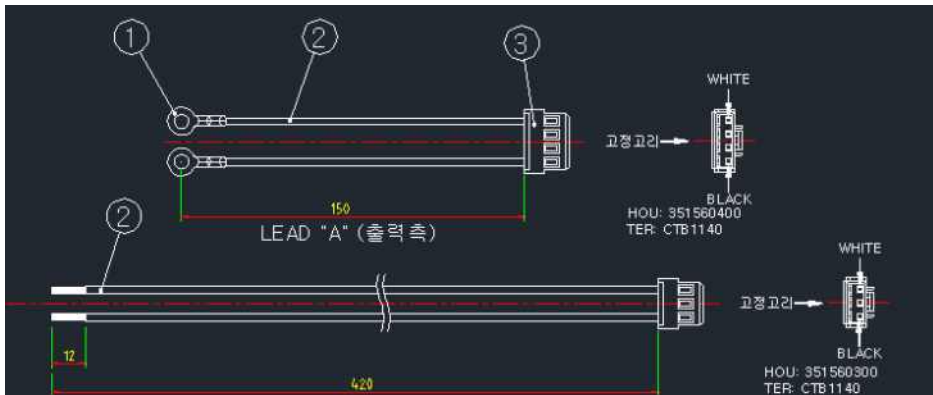
- ROTOR CORE( $\varnothing 44.3 \times 19.5$ t / 45C+ Al)
- BEARING(608ZZ / 고탄소강)
- SHAFT( $\varnothing 8 \times 98.0$  / SM-45C)
- 동심 및 진원도 0.01 이내, 진직도 0.005이내, 중앙부의 22.0치수는 ROTOR위치

○ 모터 커버 설계



<모터커버설계(시로코펜)>

- 진원도 및 동심도 0.03이내 일 것
- Ø22의 BEARING부는 흠, 기스 등이 없이 작업필요
- 사용 CORE는 Ø83 가공
- MOTOR조립 볼트는 JSB-95(M3\*68mm), JSB-105(M3\*75mm) 각 4EA적용



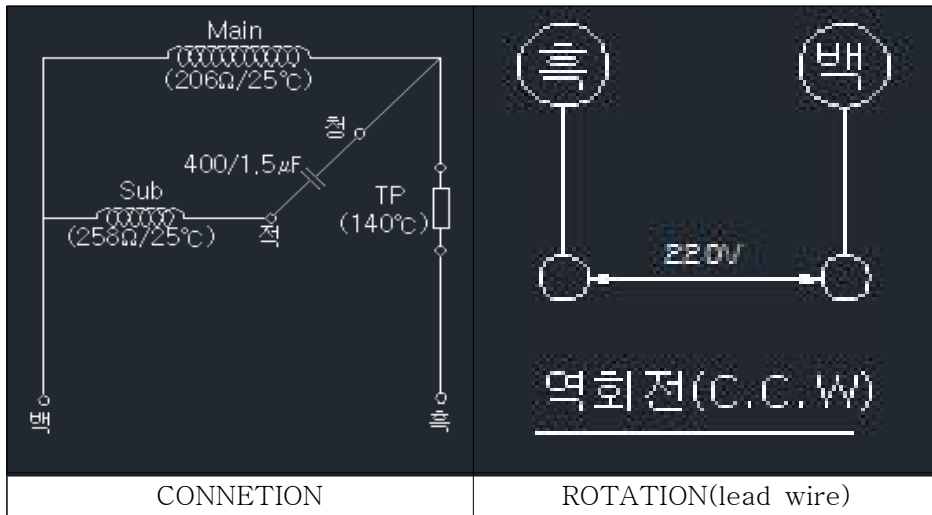
<LEAE SET>

- RING단자(Ø4.1 / Cu)
- LEAD WIRE(UL#20(0.50mm<sup>2</sup>) / 1015)
- HOUSING(4P / Nylon)
- TERMINAL(CTB1140 / Cu)
- WIRE는 UL WIRE #20 0.50MM<sup>2</sup> 사용
- Ø4.1 RING 단자 압착후 수축 TUBE 사용



○ 회로구성도

- 백색(250REC+ SLEEVE) · 흑색(250REC+ SLEEVE)
- 청색(187REC+ SLEEVE) · 적색(187REC+ SLEEVE)



○ 재료규격

- SLOT : FILM 0.18t
- Wedge : FILM 0.25t
- Tube :Silicon Tube
- 온도휴즈 :140℃
- Lead Wire 스펙
- HVSF 0.50mm2 X 400(백,흑)(10mm탈피+ 10mm탈피)
- UL내열 흑색 TUBE Ø4.2에 삽입
- HVSF 0.50mm2 X 220(백,흑)(10mm탈피+ 187REC)
- 광택제 : W-28(무용제형)

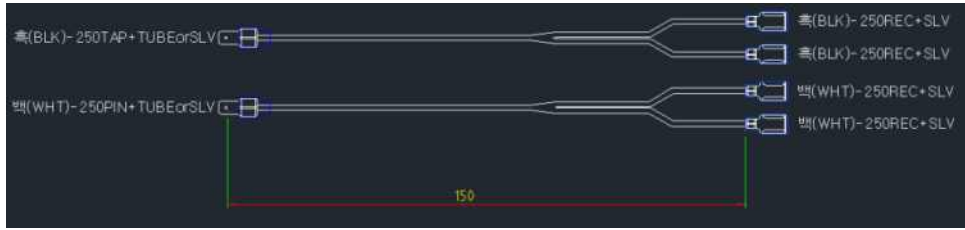
○ COIL 규격

- MAIN : Ø0.20(115g) 1PEW COIL
- P-4-600 X 4군(15.78mm2)
- SUB : Ø0.18(92g) 1PEW COIL
- P-4-600 X 4군(15.27mm2)

○ 제작 규격

- LEAD WIRE에 바인드시 전열지 또는 TAPE로 LEAD를 감싼후 작업
- 바인드 최종위치 Ø3.5HOLE의 규정준수 작업
- JUMP WIRE 없이 작업

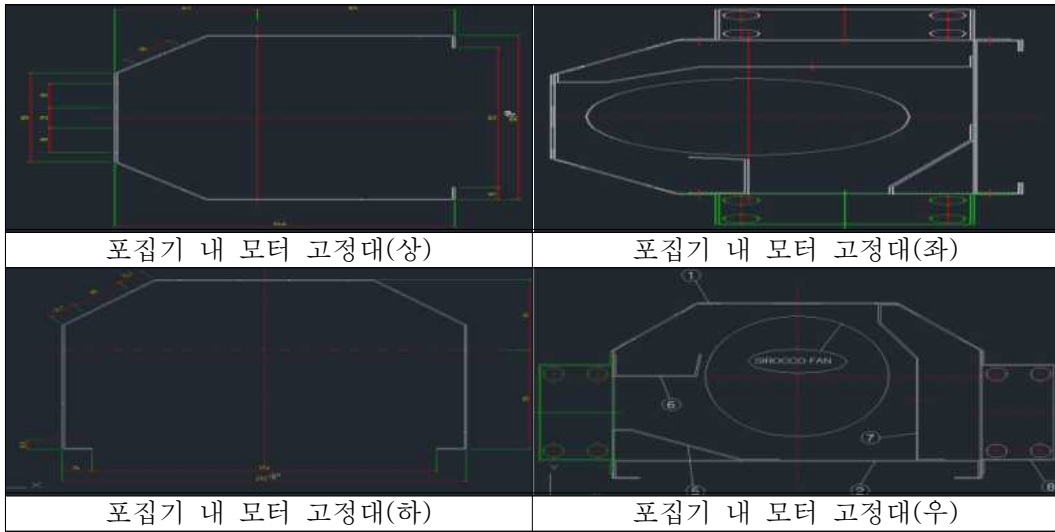
○ LEAD WIRE 구성도



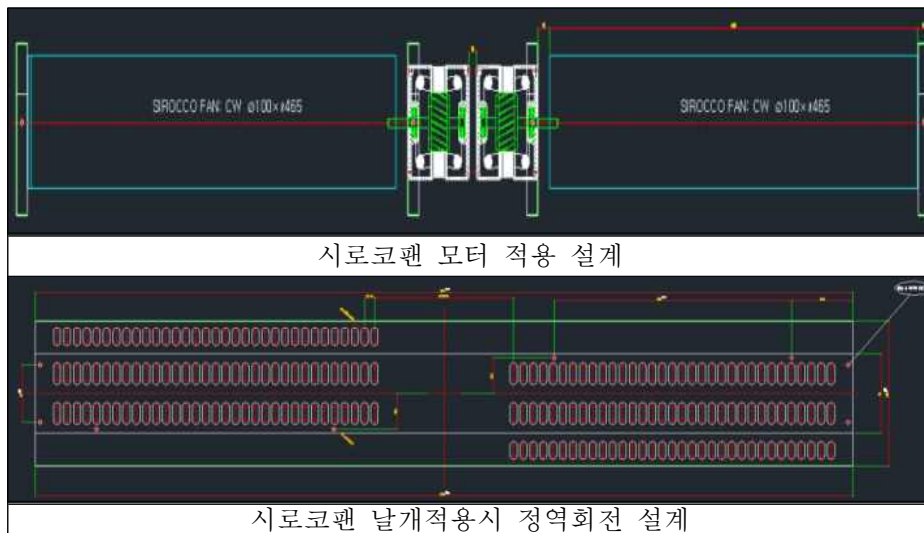
<LEAD WIRE 구성도>

- 흑색(250TAP+ TUBEorSLV)-흑색(250REC+ SLV)
- 백색(250PIN+ TUBEorSLV)-백색(250REC+ SLV)
- WIRE는 UL1015AWG #20(0.50mm) 사용함.
- 250REC 및 PIN 압착후 적합한 절연물로 마감 작업함.

○ 포집기 시로코팬 모터고정부 설계

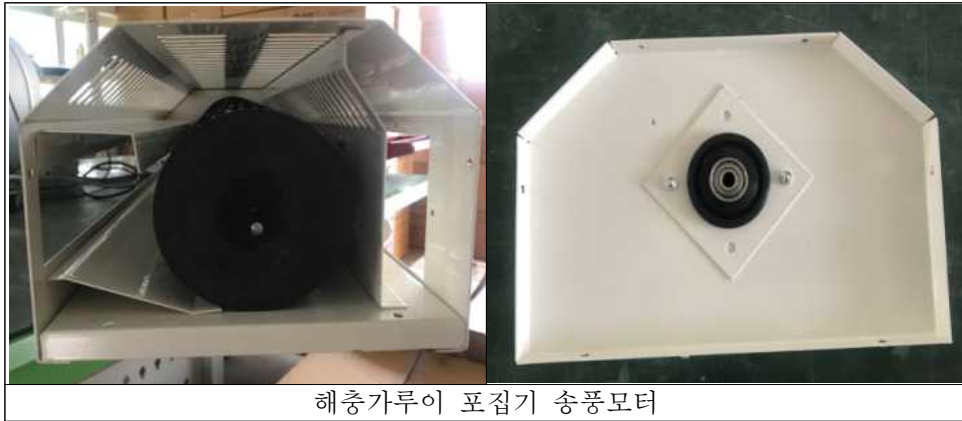


○ 포집기 시로코팬 모터적용



- 시로코팬 : CW Ø100\*465mm\*2(양쪽대칭)
- 왼 쪽 모터 : 정회전 모터 회전, 오른쪽 모터 : 역회전 모터 회전
- 양쪽모터 바람방향 변경 이유 : 온실에 무인 포집기 적용시켰을시 하부쪽에서 바람을 토출시켜 작물의 잎뒷면에 붙어있는 해충가루이를 비산시켜 상부쪽에서 흡입을 함으로써 온실 공중에 있는 해충뿐 아니라 최대한의 해충을 포집하기 위함.

○ 해충가루이 포집기 송풍모터 제작



條件	溫度: 30 ℃	<b>MOTOR TEST DATA</b> SHINANGREENTECH R&D PART	결재	담당	차장	대표
	濕度: 70 %			<i>Handwritten</i>	<i>Handwritten</i>	<i>Handwritten</i>

◎DATE: 2017년 06월 07일

◎APPLICATION:

◎ INSULATION CLASS: "E"

MODEL	RATING	PHASE	INPUT	POLES	RPM	VOLTS	AMPS	AIR FLOW	HZ
TKV-10*(25)	CONT	1φ	55.0↓	4P	1,370↑	220	0.30↓	1200㎥/H	50
TKV-10*(25)	CONT	1φ	50.0↓	4P	1,630↑	220	0.25↓	1200㎥/H	60

주성모터텍 양산용 SPEC (THERMO PRODUCT)

1. NO - LOAD TEST								2. LOCKED-ROTOR TEST			
SPL No	VOLTS	AMPS	WATTS	RPM	HZ	CON.V	ROTA	VOLTS	AMPS	WATTS	HZ
1	220	0.311	49.8	1,473	50	360.0	CW	220	0.388	78.3	50
1	220	0.222	39.4	1,782	60	385.0	CW	220	0.353	72.5	60

3. FULL - LOAD TEST 400V/1.5μF (사각수지, 187AT) (38×12×25)												
SPL No	VOLTS	AMPS	WATTS	RPM	HZ	ST.V	CON.V	TORQUE (g.Cm)			OUT PUT	EFF (%)
								STR.T	RAT.T	MAX.T		
1	220	0.287	52.4	1,385	50	-	323.0	400V/1.5μF				
1	220	0.234	47.5	1,656	60	-	345.0	400V/1.5μF				
1	220	0.286	51.2	1,378	50	-	320.0	400V/1.3μF참고	N32.3	M109	S98.0	

4 TEMPERATURE RISE TEST - deg									
VOLTS	R1(Ω/℃)	R2(Ω/℃)	Running	NOMAL	COIL(℃)	COILdeg	HZ	LOAD SIZE	
220 M	206.5/33.0	온도기록계	2.0H	32.3	110.9	78.6	50	일체형, 붓싱정방	
220 S	258.0/33.0			32.3	101.3	69.0	50	3Blade	
220 M	206.5/33.0	온도기록계	2.0H	33.0	91.9	58.9	60	일체형, 붓싱정방	
220 S	258.0/33.0			33.0	88.5	55.5	60	3Blade	

5. CORE STANDARD			6. WINDING TURNS			7. CONNECTION		
PARTS	STATOR	ROTOR	MAIN: φ0.20 Pitch - 4 - 600 × 4군			- MAIN: S: 갈+백 E: 하+TP - SUB: S: 하+TP E: 적		
Do/Di	φ83/φ45	φ44.5/φ8						
Air Gap		0.25						
Length	20	20						
Slots	16	14						
Skawd		1.2						
Material		60+A#99.9						
End&Fan	W9.5×H3.5							
			SUB: φ0.18 Pitch - 4 - 600 × 4군			- STATOR 작업지도서 참조 -		

NOTE1) ROTATION : CCW(From to Lead Wire)

2) LEAD WIRE : VCTF(흑) 0.75㎡×3C(갈,하,녹)×#530(42mm+8mm, 70mm+10mm달)

: HVSF(백,적) 0.75㎡×#100(8mm달, 187AT), 온도류류: 140℃사용.

3) COIL WEIGHT: φ0.20: 105(g) φ0.18: 90(g)

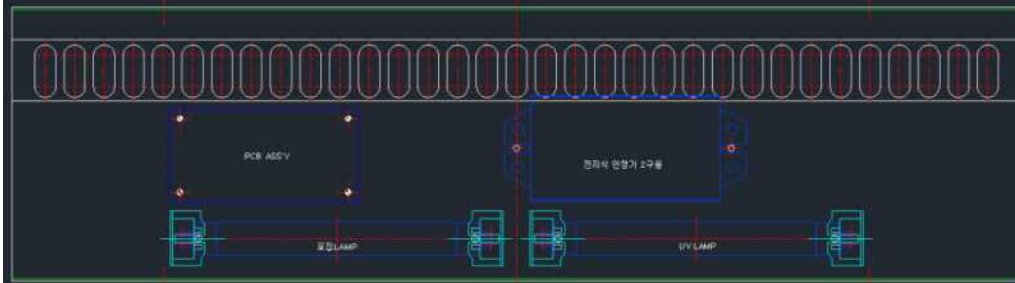
4) FRAME : AL DIECTING COVER CNC가공용.

양식 MTD-01

A4(210×297mm)

○ 포집기 전열 브라켓, UV램프 위치선정 및 제작

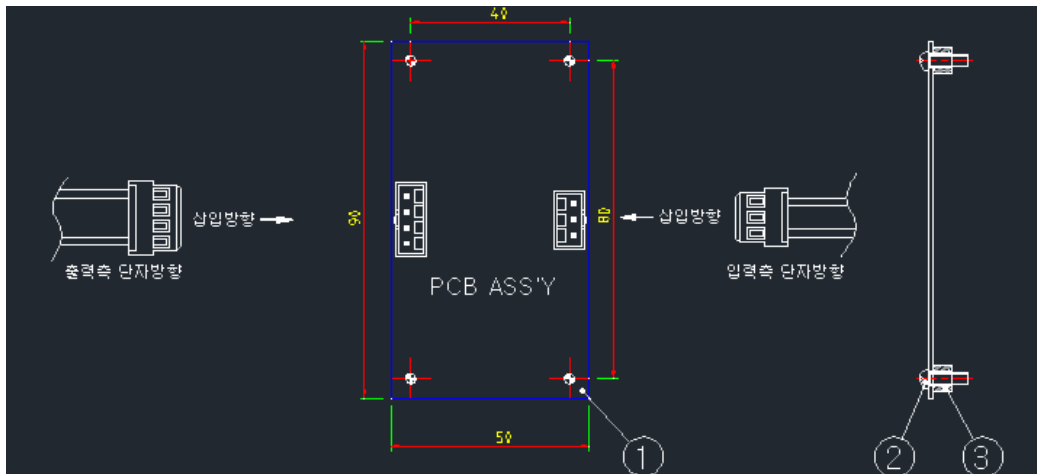
- 흡입부 설계 : 흡입부의 해충살충을 위해 해충유인램프(UV-BL LAMP)로 최대한의 해충을 유인하여 모터팬을 이용한 흡입을 통한 전자전격 살충장치의 해충포집을 하고 토출부로 공기흡입이되기전 공기살균램프(UV-C LAMP)를 이용하여 공기살균효과도 포함



<흡입부 설계(전격브라켓, 공기살균램프, 해충유인램프)>

○ 전열브라켓 설계

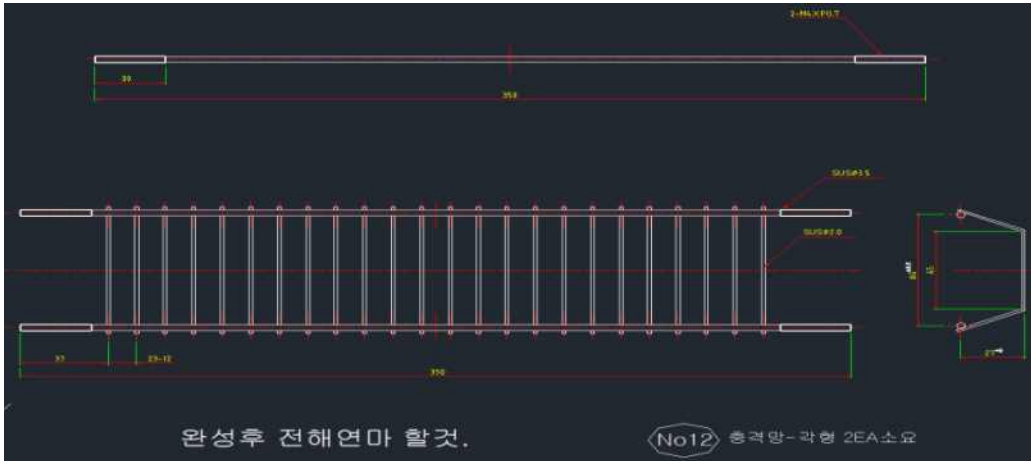
- 전격브라켓 PCB 공간 설계



<전격브라켓 PCB 공간 설계>

- PCB ASSY(220V, DC 3000V)
- 조립 BOLT(M3\*12)
- SUPPORT(Ø6\*h5.0/A1)
- PCB ASSY는 코팅처리를 통해 습기에 견디도록 제작
- PCB고정 SUPPORT는 내경 Ø3.5, 외경 Ø6.0, 높이 H 5.0 사용 시 내전압에 견딜 수 있도록 제작
- PCB체결 BOLT는 M3\*10을 사용할수 있게 HOLE 가공

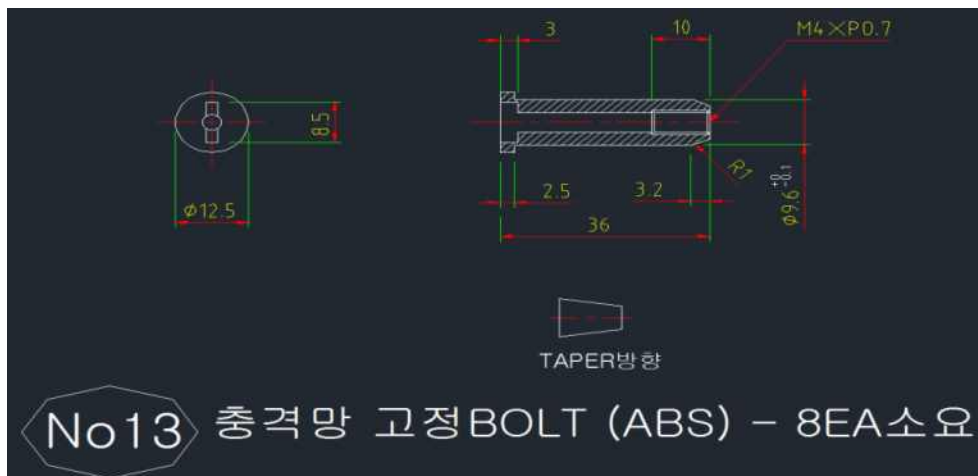
○ 전격 충격망 설계



<전격 충격망 설계>

- 전체길이는 350mm, 전격브라켓 간격 30mm유지
- 양쪽 전격브라켓 고정대는 SUS304 Ø3.5로써, 37mm 제작

○ 전격 충격망 고정볼트 설계



<고정볼트 설계>

- 고정볼트 Ø12.5\*8.5규격, 볼트전체 크기는 Ø9.6\*36mm(M4\*P0.7)

○ 전격 충격망 제작(해충유인램프, 공기살균램프 설계 및 제품 선정 적용)

- 해충유인램프
  - 기성품 UV-A(BL)LAMP 사용
  - 제조사 : 산쿄자외선
  - 모델명 : F4T5.BL
  - 파장 : 315nm ~ 400nm
  - 용도 : 벌레퇴치용, 벌레유도용 광원, 광화학반응용 광원



<해충유인램프(UV-A(BL) LAMP)>

· 특성

수명(H)	램프전류(A)	램프전기용량(W)	규격
3,000	0.162	4	134.5*15.5

- 공기살균램프
  - 기성품 UV-C 공기살균램프 사용
  - 제조사 : 산쿄자외선
  - 모델명 : G4T5
  - 파장 : 200nm ~ 280nm
  - 용도 : 식품, 의료, 화장품, 전자공업 등

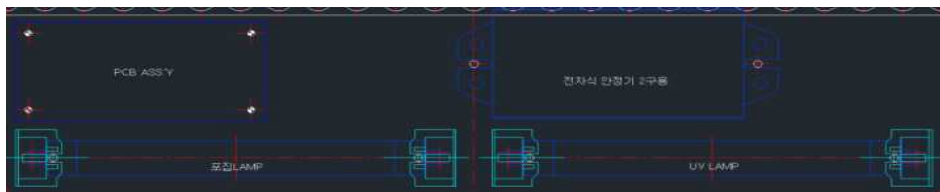


<공기살균램프(UV-C LAMP)>

· 특성

수명(H)	램프전류(A)	램프전기용량(W)	규격
8,000	0.162	4	134.5*15.5

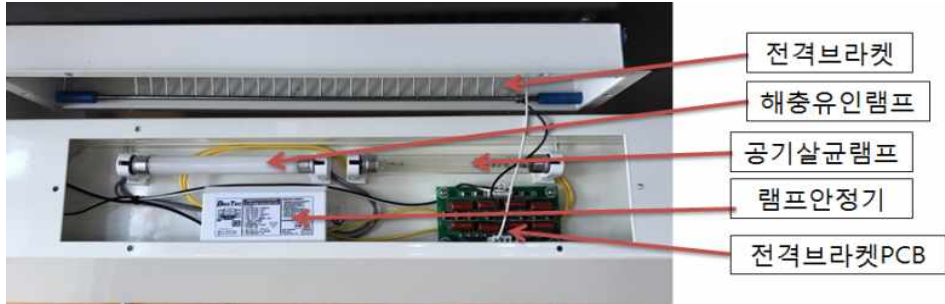
- 해충유인램프, 공기살균램프, 안정기 적용 설계



<해충유인램프, 공기살균램프, 안정기 적용 설계>

- 전기 안정기를 2구용 사용
- 2구는 해충유인램프(UV-BL LAMP), 공기살균램프(UV-C LAMP) 한구씩 사용
- 해충유인램프는 전격브라켓 사이로 불빛 형상이 나오도록 제작
- 공기살균램프는 외부에서 비치지 않도록 제작

- 해충포집기 흡입부 제작



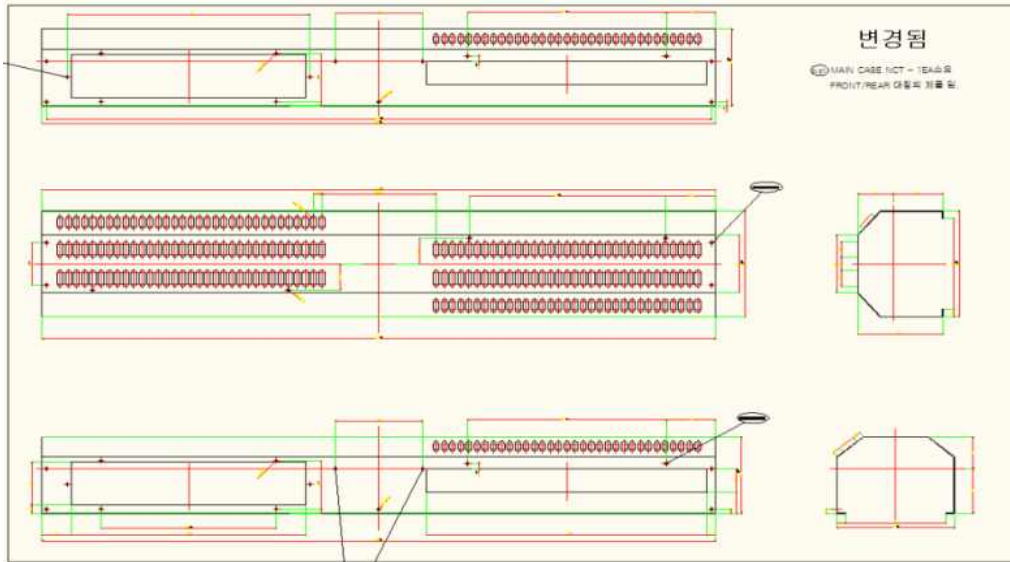
<해충포집기 흡입부 제작>



나. 하우징 및 통합 제작

○ 해충포집기 하우징 설계 및 제작

- 전체 규격 : 1154\*146mm
- 흡입부 규격 : 416\*92mm
- 토출부 규격 : 480\*45mm
- 상하로 구분하여 대칭으로 하여 제작



<해충포집기 하우징 및 정역회전풍향 설계>





무인 포집기 1차 하우스링 시작품 제작

○ 1차시제품에 대한 문제점 도출

- 중량 측면에서 22kg이기 때문에 무인모터를 통해서 자동 포집이 어렵기 때문에 무게 감량화 필요
- 흡입구 쪽에서 전격살충망 간격이 넓어 해충 살충이 되지 않은 문제 도출
- 시제품 후면 바람이 새어나와서 밀폐 필요
- 제품의 상품가치를 위한 백색으로 도금
- 풍량이 너무 강해서 작물에 붙어서 포집하는 특성상 맞지 않아 풍량 감속필요
- 단가, 무게, 강도 등을 고려하여 철 대신 알루미늄으로 제작필요



<무인 포집기 풍량 및 전력 테스트>

1, NO - LOAD TEST								2, LOCKED-ROTOR TEST				
SPL No	VOLTS	AMPS	WATTS	RPM	HZ	CON,V	ROTA	VOLTS	AMPS	WATT S	HZ	
1	220	0.311	49.8	1,473	50	360.0	CW	220	0.388	78.3	50	
1	220	0.222	39.4	1,782	60	385.0	CW	220	0.353	72.5	60	
3, FULL - LOAD TEST								400V/1.5 $\mu$ F (사각수지, 187AT) (38 $\times$ 12 $\times$ 25)				
SPL No	VOLT S	AMPS	WATT S	RPM	HZ	ST.V	CON, V	TORQUE (g.Cm)			OUT PUT	EFF (%)
								STR.T	RAT. T	MAX. T		
1	220	0.287	52.4	1,385	50	-	323.0	400V/1.5 $\mu$ F				
1	220	0.234	47.5	1,656	60	-	345.0	400V/1.5 $\mu$ F				
1	220	0.286	51.2	1,378	50	-	320.0	400V/1.3 $\mu$ F	N32.3	M109	S98.0	
4 TEMPERATURE RISE TEST - deg												
VOLT S	R1( $\Omega$ / $^{\circ}$ C)	R2( $\Omega$ / $^{\circ}$ C)	Runni ng	NOMAL	COIL( $^{\circ}$ C)	COILde (g)	HZ	LOAD SIZE				
220 M	206.5/33.0	온도기록계	2.0H	32.3	110.9	78.6	50	일체형, 3Blade				
220 S	258.0/33.0			32.3	101.3	69.0	50					
220 M	206.5/33.0	온도기록계	2.0H	33.0	91.9	58.9	60	일체형, 3Blade				
220 S	258.0/33.0			33.0	88.5	55.5	60					
<해충포집기 풍량 및 테스트 결과>												

5, CORE STANDARD			6, WINDING TURNS			7, CONNECTION		
PARTS	STATOR	ROTOR	MAIN: $\phi$ 0.20			- MAIN: S; 갈+백 E; 하+TP - SUB: S; 하+TP E; 적		
Do/Di	$\phi$ 83/ $\phi$ 45	$\phi$ 44.5/ $\phi$ 8	Pitch - 4 - 600 $\times$ 4군					
Air Gap		0.25						
Length	20	20						
Slots	16	14				- STATOR 작업지도서 참조 -		
Skewd		1.2						
Material		60+ Al99.9	SUB: $\phi$ 0.18					
End&Fan	W9.5 $\times$ H3.5		Pitch - 4 - 600 $\times$ 4군					
NOTE1) ROTATION : CCW(From to Lead Wire)								
2) LEAD WIRE : VCTF(흑) 0.75mm $\times$ 3C(갈,하,녹) $\times$ l530(42mm+ 8mm, 70mm+ 10mm탈) : HVSF(백,적) 0.75mm $\times$ l100(8mm탈, 187AT), 온도휴류: 140 $^{\circ}$ C사용.								
3) COIL WEIGHT; $\phi$ 0.20: 105(g) $\phi$ 0.18: 90(g)								
4) FRAME : AL DIECTING COVER CNC가공용.								
<해충포집기 코일, 전력 결과>								

○ 해충포집기 하우징 2차 제작



<해충 포집기 2차 시제품 제작>





○ 2차시제품에 대한 문제점 도출

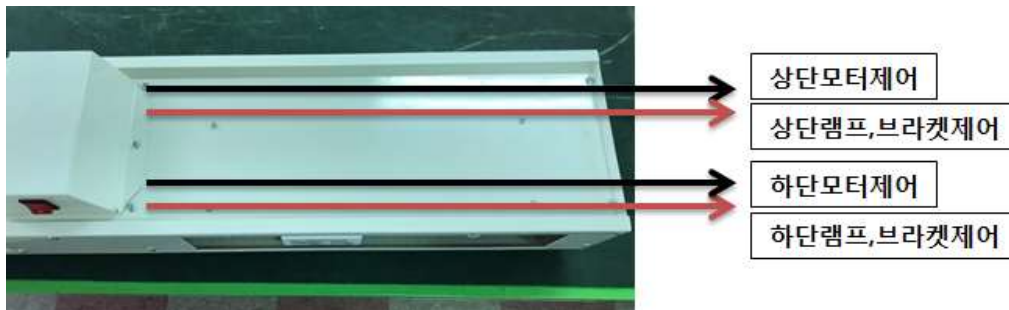
- 제품 무게 감량화(22kg → 13.465kg(8.535kg 감량))
- 더 이상의 무게 감량은 전체적으로 두께를 줄일 수는 있으나, 흡입구멍을 막음으로써 무게는 비슷해지기 때문에 무게감량에 어려움이 있음



- 공기살균효과를 늘리기 위해 UV램프 추가를 고려하였으나 안정기 및 전격브라켓 기관의 공간이 나오지 않아 어려움
- 풍량 손실을 줄이기 위한 후면부 구멍 차단
- 상부측 구멍을 통해 전격살충망, 해충유인램프, 공기살균램프 쪽이 아닌 흡입구로 흡입이 되기 때문에 전체 구멍 80% 이상 줄여 제작



- 제품 본체에서 토출되는 전선은 아래와 같음



- 상단모터, 하단모터, 상단램프,전격살충망, 하단램프, 전격살충망 별도로 자동제어, 속도제어를 위해 전선을 각각 토출

○ 무인 제어모터 연결 현장테스트

- 체인을 이용하여 실험온실에 무인모터와 포집기 연결 테스트 작업

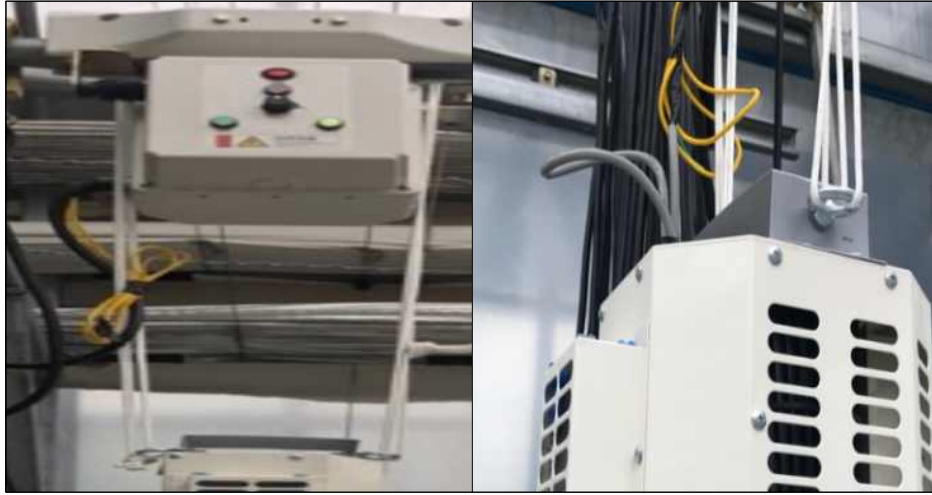


- 포집기 중심에 아이볼트를 이용하여 체인으로 연결하였으나 무게중심을 잡지 못하여 양쪽에서 잡아 줘야할 것 같음
- 체인을 이용하여 무인모터와 포집기 연결 테스트 작업
- 나루농업컨설팅을 통해 실제재배 현장테스트 설치 작업실시





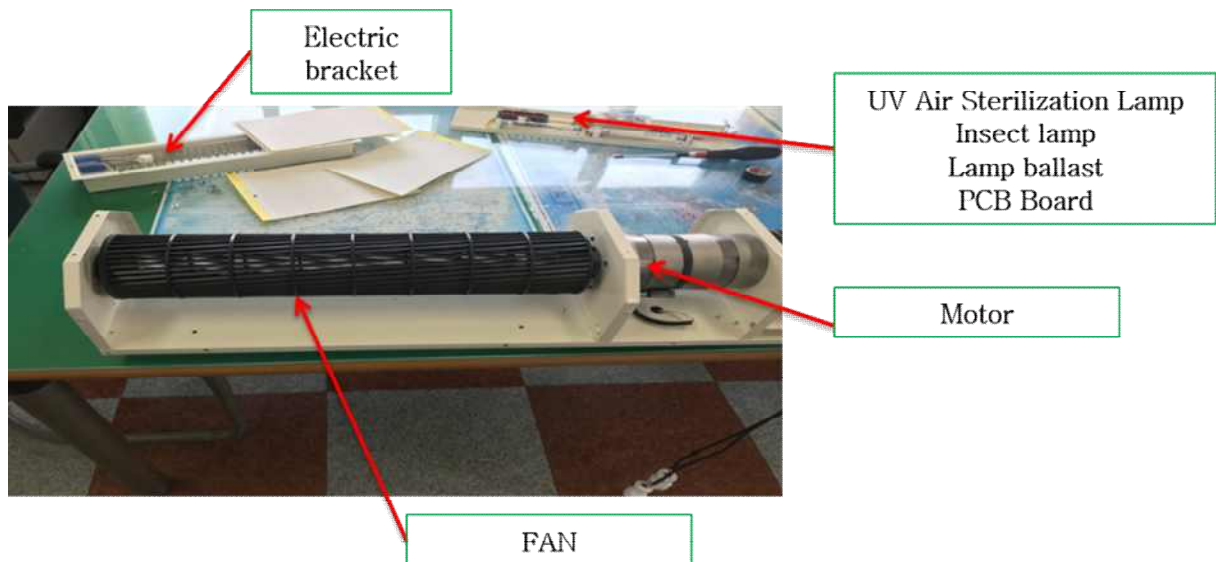
무인 모터와 해충 포집기를 거치대와 예인선을 이용하여 연결 작업 후 아이볼트로 양쪽을 고정시켜 테스트 결과 흔들림 현상 해결



### 3. 현장적용, 문제점 보완, 사업화 준비

#### 가. 현장적용 시험 및 문제점 보완

- 시작품 자체 성능 테스트를 통해 예상치보다 적은 흡입구와 토출구의 흡입량과 토출량 문제를 해결하기 위해 무인 포집기의 부속품인 전열브라켓, UV공기살균램프, 해충유인램프, 램프안전기, PCB기판전열브라켓이 있는 기판을 제거하여 현장적용 테스트를 시도함



- 포집기의 기판제거 후 풍량테스트 진행

	해충포집기(기판제거전)	해충포집기(기판제거후)
최소	2.6m/s	5.1m/s
최대	5.3m/s	7.1m/s
평균	4.6m/s	6.4m/s

- 기판이 있을 때와 기판을 제거 한 후의 풍량을 테스트한 결과 평균 1.8m/s가 차이가 나고 흡입구의 흡입량과 토출구의 토출량이 동시에 상승함

해충포획트랩



해충포획트랩

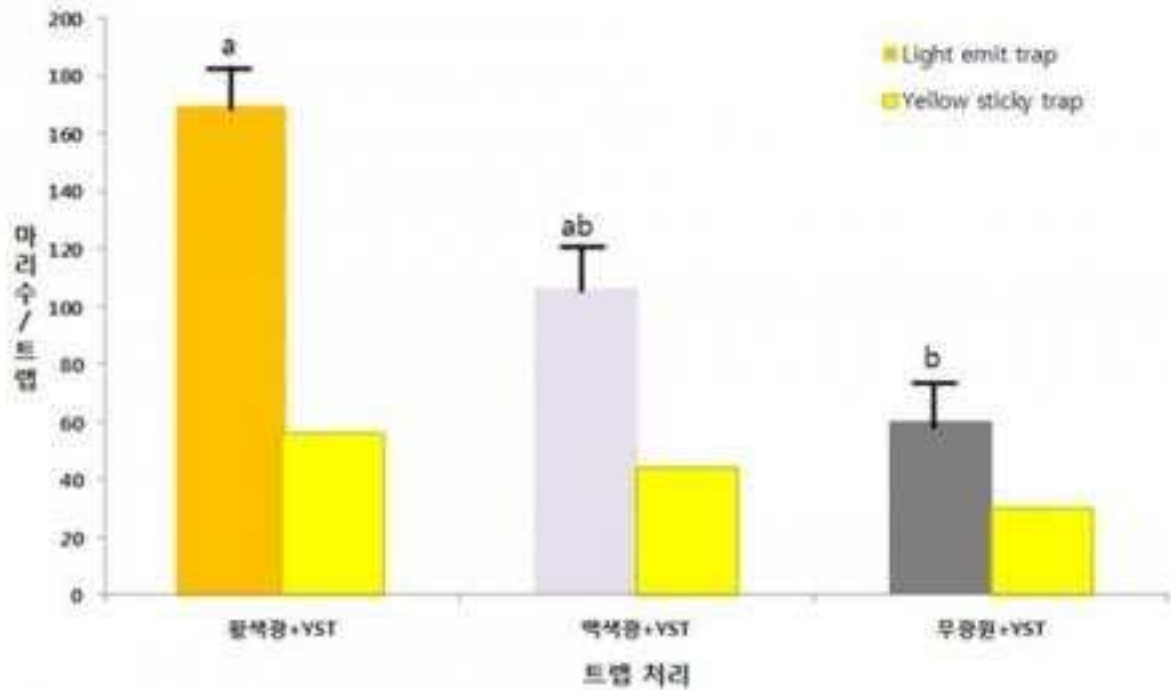


- 기관을 제거한 자리에 접착력이 강한 황색의 카트리지 트랩을 포집기 내부에 부착하고 작동, 해충 가루이가 흡입이 되면서 카트리지 트랩에 붙게끔 재제작 후 현장적용 테스트 진행
- 온실가루이 여러 가지의 방제 방법 및 트랩, 온실가루이의 유인 색깔에 대한 정보조사
  - 농촌진흥청에서 개발한 온실의 문제 해충인 가루이류를 약제 없이 방제할 수 있는 ‘황색 발광 유인트랩’



<농촌진흥청에서 개발한 황색발광 유인트랩>

- 농촌진흥청에서 개발한 황색 발광 유인트랩은 색에 따른 불빛에 유인되는 해충의 특성을 이용해 약간에 황색 빛을 내 해충을 잡는 트랩
- 그동안 시설하우스는 약제를 사용하지 않고 해충을 방제하는 방제법으로 ‘천적이용’, ‘해충이 싫어하는 식물추출물 살포’, ‘천연물질 이용’, ‘해충의 유인과 기피식물 이용’, ‘페로몬에 의한 유인 포살’ 등을 사용했지만, 연중 발생하는 가루이류를 모두 방제하기 어려웠음
- 온실가루이, 담배가루이 같은 가루이류는 시설채소 재배 온실에 연중 발생해 피해를 끼치는데 방제를 위해 약제를 자주 뿌리게 되면 저항성 개체가 발생해 제거가 쉽지 않은 문제도 있음
- 농촌진흥청에서는 온실에 트랩을 설치한 결과, 황색 빛에서 해충을 유인, 포집하는 효과가 가장 높은 것을 확인했고 농촌진흥청은 지면에서 25m 높이에 트랩을 설치한 뒤 매일 12시간씩 야간에 가동한 결과, 황색 발광 유인트랩(283마리/트랩)은 무광원(60마리/트랩)트랩에 비해 4배 정도 유인 효과가 높았음



- 유인트랩 설치 시, 경제성도 뛰어나고 같은 규모(150m<sup>2</sup>)의 시설 온실에서 토마토를 재배하면서 가루이류를 억제 방제할 때와 경제성을 분석해 비교해보니 유인트랩 설치 온실은 17만 3000 원/10a의 비용을 절감했고, 억제 방제 시 추가로 드는 인건비도 감소(출처 : 농촌진흥청)

- 온실재배 토마토에 발생하는 가루이류에 대한 황색점착트랩 방제효과

- 실험에 사용된 담배가루이는 농촌진흥청 국립농업과학원 곤충산업과에서 분양받고 온실가루이는 충남 아산시 영인면에 위치한 유기재배농가에서 채집하여, 점착트랩을 이용하여 토마토에 발생하는 가루이를 방제하고 유인되는 경향을 조사함

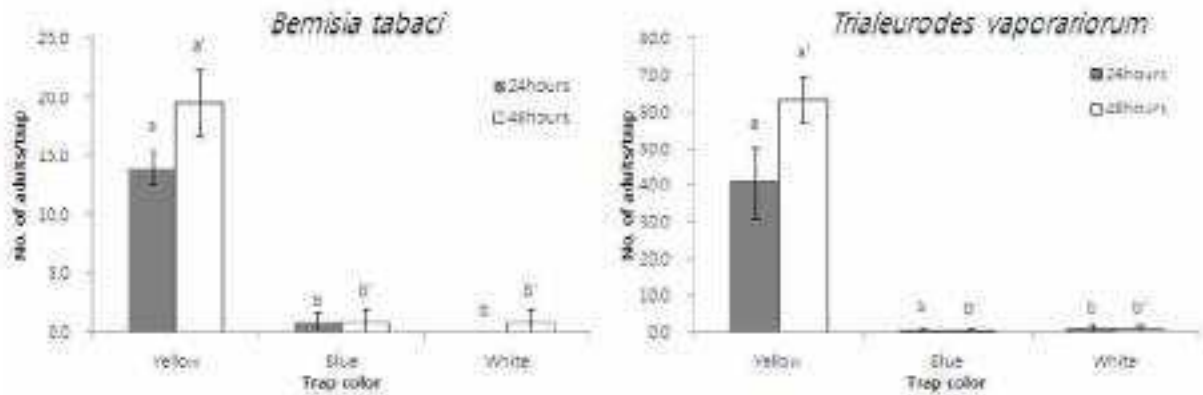
- 점착트랩의 유인력 검정시험을 위해 가루이의 색깔에 대한 반응을 조사하기 위해 각기 색이 다른 점착트랩을 이용하여 포획력을 확인함

- W40×D40×H50cm의 아크릴케이지 벽 안쪽에 10×15cm 크기의 백색, 황색, 청색 세 가지 점착트랩을 설치한 뒤 토마토 유묘를 한 개 넣은 후 온실가루이와 담배가루이를 각각 100마리씩 방사 후 24시간과 48시간 후 점착트랩에 포획된 가루이를 조사하였음

- 시험은 가루이 사육과 동일한 조건에서 4개 케이지로 수행했고 이후 실시한 모든 실험에서 황색점착트랩을 사용함

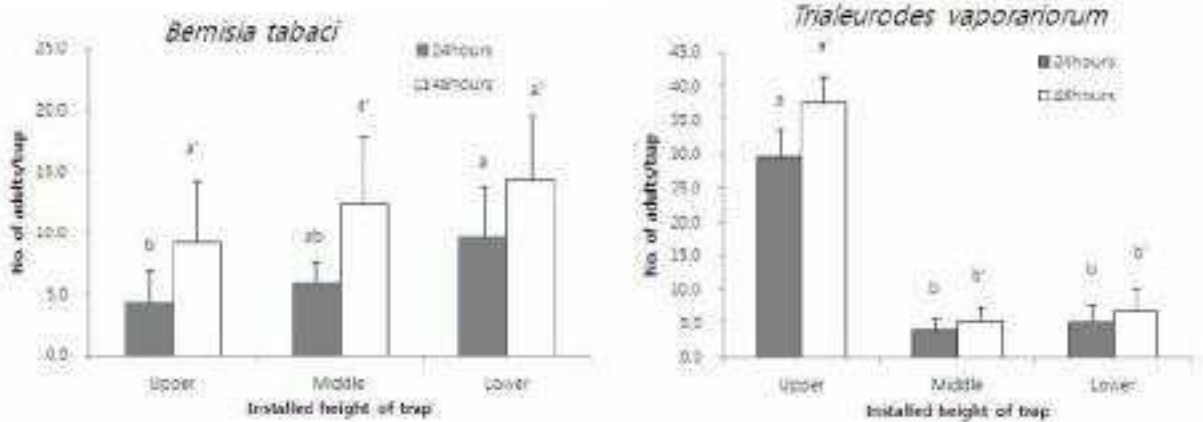
- 트랩설치 높이별 온실가루이와 담배가루이 유인실험은 방충망으로 씌운 W1×D1×H1.5m의 사각 철제 스크린 케이지 안에서 20L 용량의 사각고무포트에 초장 95cm 토마토를 옮겨 심고 예찰용 황색점착트랩(15×10cm, 그린아그로텍)을 트랩 상단기준으로 토마토 양옆에 상(95cm), 중(63cm), 하(30cm) 높이로 설치한 뒤, 반복 당 200마리씩 가루이 성충을 투입

- 토마토 크기에 따른 트랩의 효과를 알아보기 위해 생육이 다른 토마토를 이용하여 실험을 실시함. 시험은 트랩 높이별 유인실험에서 사용한 동일한 스크린 케이지를 사용하였고 사각고무포트에 90cm와 20cm 초장의 토마토를 한 주씩 심고 토마토 10cm 위에 예찰용 황색점착트랩을 설치하였고 토마토 하단에 100마리의 온실가루이 성충을 방사하고 24시간 뒤 트랩에 포획된 성충을 조사함. 시험은 유리재배온실에서 4개의 케이지에서 각각 수행
- 유묘에서 황색점착트랩의 가루이 방제효과를 검정하기 위해 초장이 10cm 정도의 토마토유묘가 심겨져 있는 육묘트레이(25공, W28×D27×H5.5cm) 4개를 방충망을 씌운 스크린 케이지(W1×D1.1×H0.5m) 안에 넣은 후 방제용 황색점착트랩 (35×25cm, 그린아그로텍) 두 개를 가로로 길게 유묘에 약 10cm 간격을 두고 위쪽에 설치하고 300마리의 가루이 성충을 투입하였으며 무처리는 점착트랩을 제외하고 처리구와 동일하게 처리함. 온실가루이는 성충방사 후 18일, 담배가루이는 19일 뒤에 토마토 잎에 발생한 약충 밀도를 전수조사로 확인



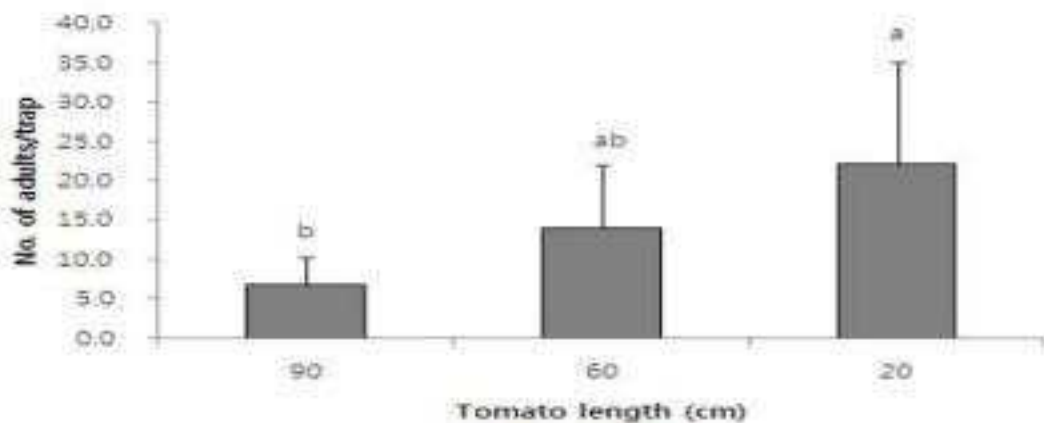
- 실내에서 청색, 백색, 황색 세 가지 트랩을 이용하여 담배가루이와 온실가루이에 대한 유인력을 비교한 결과, 각각 황색트랩에서 트랩당 14.0, 40.8마리로 월등히 높은 포획수를 보여주었으며 다른 색에는 1마리 미만으로 거의 유인되지 않음. 이는 Kim 등(2010)이 담배가루이의 유인 효과가 황색>주황>녹색>검정>적색>청색>백색 순이었다는 보고와 일치되는 경향임. 담배가루이와 온실가루이 성충 모두 작물의 어린잎을 선호하는 경향이 있는데 어린잎일수록 황색에 가까운 색을 띠기 때문에 황색에 가장 많이 포획되는 것으로 예측됨.





· 약 90cm의 토마토 기주에 높이별로 황색점착트랩을 설치하여 유인력을 살펴본 결과, 담배가루이는 상단, 중단, 하단의 트랩에 포획된 성충수에 유의차가 없었지만, 온실가루이는 상단 트랩에 29.4마리로 중단 3.9마리, 하단 5.3마리에 비해 월등히 높은 포획수를 보여줌. 일반적으로 담배가루이와 온실가루이 성충과 알은 모두 작물의 상단에 주로 서식하고 토마토에서도 성충과 알은 기주 상단에 주로 분포하는 것으로 알려져 있음.

· 하지만 토마토 작물 내에서 두 종의 가루이 성충 분포를 세밀하게 비교한 결과 온실가루이는 토마토의 최상층에 가장 많이 분포하는 반면 담배가루이는 최상층보다 약간 아래에 가장 많이 분포하여 온실가루이가 더 어린잎을 선호하는 것으로 나타남. 점착트랩의 담배가루이 유인력이 높이에 따라 크게 차이가 없는 것은 온실가루이보다 담배가루이가 상단을 선호하는 경향이 낮았을 뿐만 아니라, 성충을 기주 하단에서 방사하였고 사용한 토마토 기주가 비교적 어린 편이어서 하단에도 어린잎이 많아 가루이의 일반적인수직분포와 다르게 분포하고 있었기 때문으로 판단됨.



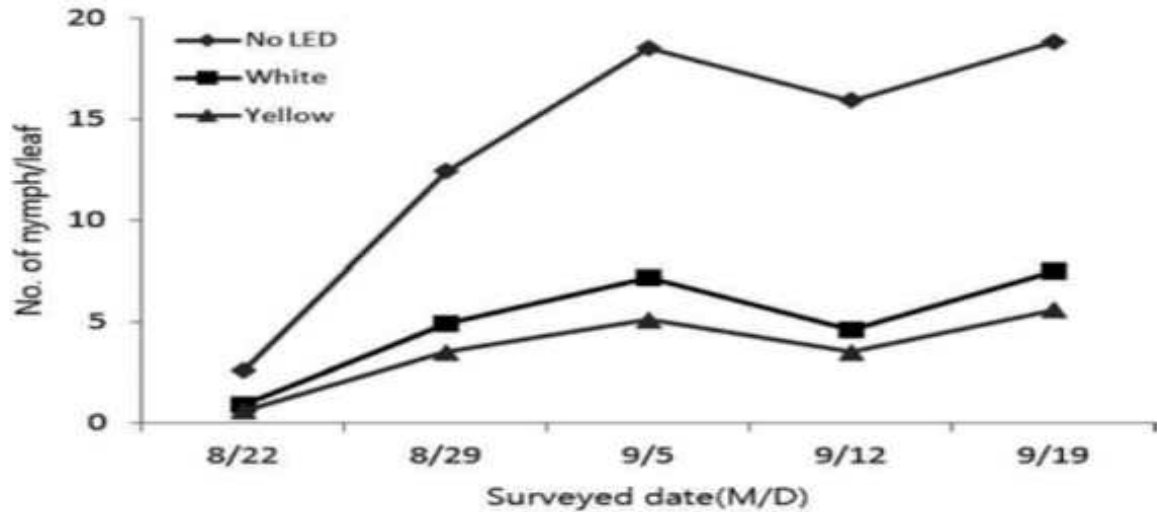
· 초장이 20cm인 토마토 위에 설치한 트랩에서는 트랩당 20마리 이상이 포획되었으나 90cm 초장의 토마토에서는 트랩당 10마리 미만으로 낮게 나타남. 실제 재배포장에서는 토마토의 생장 초기에 점착트랩을 설치할수록 더 높은 가루이 방제효과를 기대할 수 있을 것으로 예상. 가지의 생육 초기에 점착트랩을 설치했을 때는 가루이에 대한 방제효과가 높았지만 후기에 설치했을 때는 유의차를 보이지 않았고 우리나라 유기재배농가에서는 토마토를 6단 정도로 짧게 재

배하는 경우가 많고 이때 1m 이하의 생육기간이 상대적으로 길어 생육초기 방제효과가 좋은 점착트랩의 이용가치가 더 높다 할 것으로 예상.

- 온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과
- 담배가루이 행동반응 실험에 사용된 white LED (450-625 nm) 및 yellow LED (590 nm)는 Kim과 Lee (2012)에 의해 고안된 실험용 모빌형 포집장치를 바탕으로 본 연구 환경에 맞게 수정 및 보완하여 제작한 트랩을 사용함.
- 제작된 LED 트랩은 약제를 처리하지 않은 토마토 모종이 재배된 세동의 온실(100 m<sup>2</sup>)에 각각 2개씩 설치하였고 실험구로 사용된 온실 A동 및 B동에는 white 및 yellow LED 트랩을 각각 작동시켰으며, 대조구로 사용된 온실 C동에는 광원장치를 장착하지 않은 트랩만 설치함.
- 각 장치에는 곤충을 포집하기 위한 투명한 sticky를 부착하여 사용하고 LED 트랩은 빛의 확산 범위 및 간섭효과를 고려하여 설치하였으며, 높이는 일반적 예찰에 이용되는 작물높이에 위치시킨 후, 담배가루이 성충 약 1,000마리를 방사하여 기주에 정착할 수 있도록 하고, 담배가루이 성충 방사 이틀 후부터 일주일간 LED 트랩을 작동시킴.
- LED 트랩의 가동시간은 조도센서를 부착하여 오후 8시부터 오전 8시까지 작동시켰으며, 이후 포획된 담배가루이 성충 개체수를 파악하여 유인효과를 검증함. 기주식물에서의 담배가루이 증식을 조사하기 위해 성충 포집활성에 대한 개체수 조사가 종료된 날부터 각각의 온실에서 기주 5주를 구역별로 선발하여 1주당 2개의 잎에 부착된 담배가루이 약충 개체수를 육안 조사함.
- 실험은 3반복으로 진행되었으며, 각각의 LED 트랩에 얻어진 결과를 SPSS(ver. 12, SPSS INC., USA)를 이용하여 평균±표준편차 또는 백분율(%)로 결과값을 나타내었고, 또한 분산분석(ANOVA)을 이용하여 결과 값의 유의성을 검정하였으며, 사후검정으로는 Tukey's HSD test를 사용함.

Day	Number of insects / trap / day (means ± SEM) <sup>2)</sup>		
	White LED	Yellow LED	No LED
1 day	74.0±2.0a	84.0±3.0a	42.0±1.0b
2 day	71.5±1.5a	77.5±1.5a	32.0±1.0b
3 day	59.5±1.5a	73.5±1.5a	31.5±0.5b
4 day	54.0±2.0a	59.5±1.5a	24.0±1.0b
5 day	44.0±1.0a	51.5±0.5a	17.5±0.5b
6 day	26.0±2.0a	34.0±3.0a	5.5±0.5b
7 day	8.0±1.0a	13.5±0.5a	2.5±0.5b





**Fig. 1** Growth change of *Bemisia tabaci* nymph attached to the tomato leaves.

- 기주식물에서 증식한 담배가루이 약충 수를 성충 포획실험이 끝난 시기부터 1주일 간격으로 4주간 육안 조사한 결과는 Fig.1과 같음. 1주차 담배가루이 약충 수는 white LED 설치동, yellow LED 설치동 및 LED 무설치동에서 평균 0.9마리, 0.6마리, 2.6마리가 관찰되었으며, 3주차까지 LED 트랩이 설치된 온실에 비해 무설치동에서 약충 수가 빠르게 증가하는 경향을 보임.
- LED 트랩이 설치된 온실은 빛에 의해 담배가루이 성충이 유인 및 포획되어 상대적으로 성충의 개체수가 감소되었기 때문에 LED무설치동보다 약충 발생밀도 또한 억제되는 것으로 생각할 수 있으나 4주차 관찰 결과 약충의 개체수가 약간 감소한 후 다시 증가하였는데 이는 담배가루이의 생활사를 고려해 보았을 때, 처음 산란된 알이 성충으로 우화되는 시기 때문에 감소된 것으로 판단됨.
  - 토마토 온실에서 청색 발광 및 점착트랩을 이용한 온실가루이 유인 효과
- 온실가루이의 행동반응 시험에 사용된 발광램프의 가시적 색상은 청색광, 황색광 및 백색광이었으며, 이들 램프의 스펙트럼 분포는 분광측정 세트를 이용하여 측정함. 청색광, 황색광 및 백색광 발광트랩의 스펙트럼 분포는 각각 330nm~470nm, 490nm~710nm, 330nm~1,000nm, 발광램프별 광도는 광원에서 25cm 거리에서 광도계를 이용하여 측정하였으며, 청색, 황색, 백색광 발광 트랩의 광도는 각각 1.3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 15.0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 4.3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
- 발광트랩의 광원장치는 30\*30\*35cm 크기로 알루미늄 반사판과 청색광, 백색광 및 황색광 발사 램프를 내장하였고 하단부에는 포집망을 설치함. 각각의 발광 트랩은 220V의 전원을 타이머에 연결하여 사용하였고 대조구는 광원을 설치하지 않고 트랩 하단부에 포집망만 설치하여 사용 발광 트랩은 Kim과 Lee(2012)에 의해 고안된 케이지형 포집망을 하단부에 부착하였고 일부는 본 연구 환경에 맞게 트랩을 수정 보완하여 사용함.

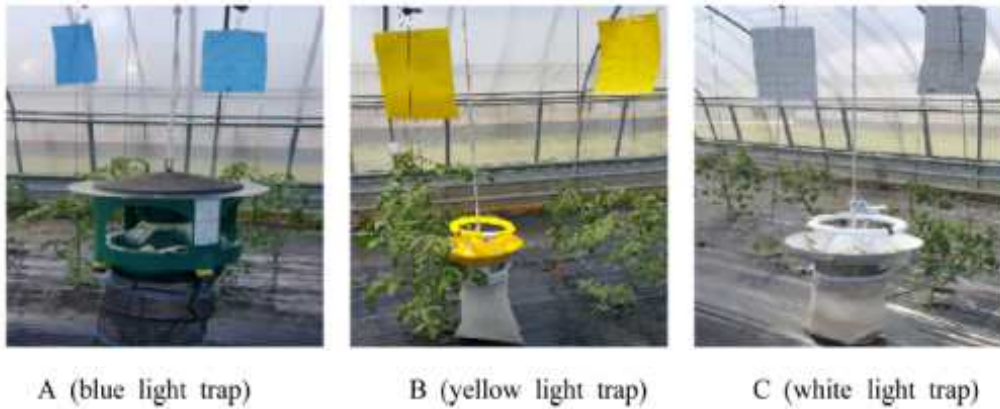


Fig. 2. Light and color sticky traps used in this study (A, 470 nm wavelength of blue light; B, 590 nm wavelength of yellow light; C, 450-625nm wavelength of white light and sticky trap).

- 발광트랩별 온실가루이의 유인력 측정은 2016년 5월 2일부터 9일까지, 그리고 6월 22일부터 8월 17일까지 2회에 걸쳐 실행함. 첫 번째 실험은 함안 시설재배연구소내의 45m<sup>2</sup>의 소형온실을 이용하여 청색광, 황색광, 백색광 트랩 처리구와 광원을 설치하지 않은 대조구를 각각 3반복으로 두어 실험을 실시하였으며, 두 번째 실험은 150m<sup>2</sup>의 비닐 온실에서 청색광, 황색광, 백색광 처리구와 광원을 설치하지 않은 대조구를 각각 3반복으로두어 실험을 실시하였으며, 각각의 발광트랩 상부에는광원과 동일한 색깔의 점착트랩을(35 $\times$ 25cm)을 재배작물의 높이에 각각 1.5m 간격으로 2개를 매달아 설치함. 두 실험 모두 각각의 발광트랩은 식물체를 향하여 조사 되도록 작동.
- 트랩장치 하단부에는 반투명 포집망을 부착하고 공시 작물은 약제를 처리하지 않은 토마토를 사용하였으며, 각각의 처리구에 1반복당 20주씩 재식함. 발광트랩 설치 높이는 지표면 기준 이랑으로부터 25cm 부위에 상부로부터 와이어줄로 매달아 설치하고 발광 트랩의 가동 시간은 조도센서를 부착하여 오후 8시부터 오전 8시까지 작동.

Table 1. Attraction effects of four types of light traps against *Trialeurodes vaporariorum* adults in the greenhouse for tomato cultivation.

Days <sup>1</sup>	Number of insects (means $\pm$ SEM) <sup>2</sup>			
	Blue light trap	Yellow light trap	White light trap	No light trap
1	125.1 $\pm$ 5.2a <sup>3</sup>	88.9 $\pm$ 3.0ab	51.4 $\pm$ 2.0bc	36.0 $\pm$ 2.0c
2	120.5 $\pm$ 4.5a	79.5 $\pm$ 1.5ab	49.6 $\pm$ 2.0bc	35.8 $\pm$ 2.0c
3	112.7 $\pm$ 4.1a	73.7 $\pm$ 1.5ab	47.2 $\pm$ 1.0bc	32.3 $\pm$ 1.5c
4	109.6 $\pm$ 3.3a	68.9 $\pm$ 1.5b	45.2 $\pm$ 1.0bc	27.2 $\pm$ 1.5c
5	107.1 $\pm$ 2.1a	65.1 $\pm$ 1.0b	43.2 $\pm$ 1.0bc	21.1 $\pm$ 1.0c
6	97.4 $\pm$ 2.3a	61.4 $\pm$ 1.0b	41.2 $\pm$ 0.5bc	18.1 $\pm$ 1.0c
7	94.5 $\pm$ 1.1a	56.5 $\pm$ 0.5b	39.0 $\pm$ 0.5c	10.3 $\pm$ 0.5c

<sup>1</sup>Days after treatment.

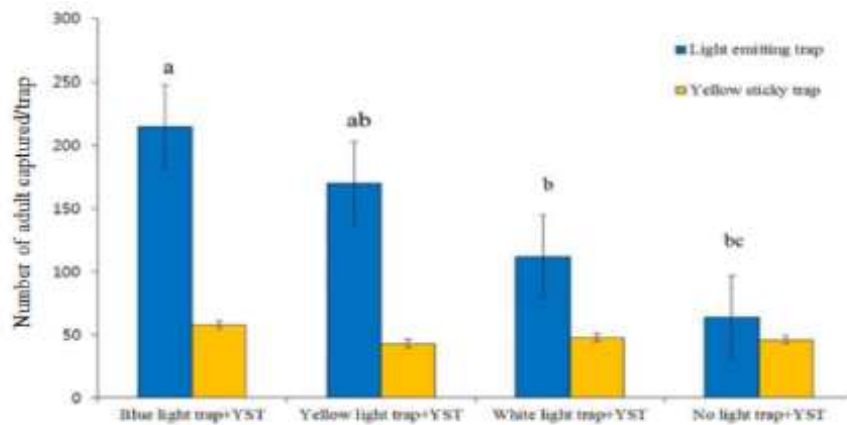
<sup>2</sup>Each value is the average of 3 determinations with 1,000 adult insects per replication.

<sup>3</sup>Means followed by the same letter in same row are not significantly different ( $P=0.05$ ).

- 온실가루이를 접종한 이후 5월 2일부터 9일까지 일일 간격으로 각각의 광원에 의한 유인 활성을 7일간 매일 조사한 결과, 성충의 색체 광원별 일일 포획밀도 변화는 청색 발광트랩에서 트랩당 평균 100마리 이상의 개체수가 포획되어 가장 높은 유인활성을 나타내었으며, 황색발광

트랩에서는 청색 발광트랩 보다는 낮았으나 온실가루이가 반응하여 일일 평균 트랩당 71마리 이상의 개체수가 유인됨.

- 한편, 흰색광 트랩에서는 일일 트랩당 평균 45마리의 개체수가 포획되어 청색광 및 황색광 트랩보다 유인 개체수가 낮고, 대조구로 사용된 광원이 설치되지 않은 트랩의 경우 광원이 설치된 발광트랩보다 현저히 적은 트랩당 평균 26 마리의 개체수가 포획됨.
- 6월 22일부터 8월 17일까지 청색과 황색, 백색의 각각 발광트랩에서 8주 동안 유인 포집한 온실가루이 개체수를 조사한 결과 청색광과 황색광 트랩에서 각각 트랩당 215마리, 170마리가 유인되었으며 백색광 트랩에서는 112마리로 청색 및 황색광 트랩보다 낮았음.



**Fig. 3.** Average number of adult *T. vaporariorum* that were captured by traps attached with a colored sticky board and an light emitting trap for eight weeks in tomato greenhouse. Vertical bars represent standard error of the means. Columns followed by different letters above bars are significantly different at a 5% level by Tukey's HSD test in each light emitting trap.

- 그러나 광원이 부착되지 않은 트랩에서는 평균 64 마리로 처리구중 가장 낮고, 이러한 결과는 처리 기간 동안 포획된 온실가루이 개체수는 처리구간에  $F=13.69$ ;  $df=3$ ;  $P=0.003$ 으로 유의한 차이를 나타냄. Tukey' test 검정 결과에서도 포획 성충수는 청색광+ YST 처리구에서 가장 높아 유의성을 나타냄.

○ 전남대학교 파프리카 유리온실(9600\*12000\*4000)



흡입 / 상단 첫 번째 카트리지



토출 / 상단 두 번째 카트리지

- 위의 사진은 포집기 상단부분에 붙여 놓은 2개의 황색 카트리지 트랩이며 상단 첫 번째 흡입 황색 카트리지 트랩엔 총 3마리의 해충 가루이가 포집되었으며 상단 두 번째 황색 카트리지 트랩엔 총 0마리의 해충 가루이가 포집되었음.





<흡입 / 하단 첫 번째 카트리지>



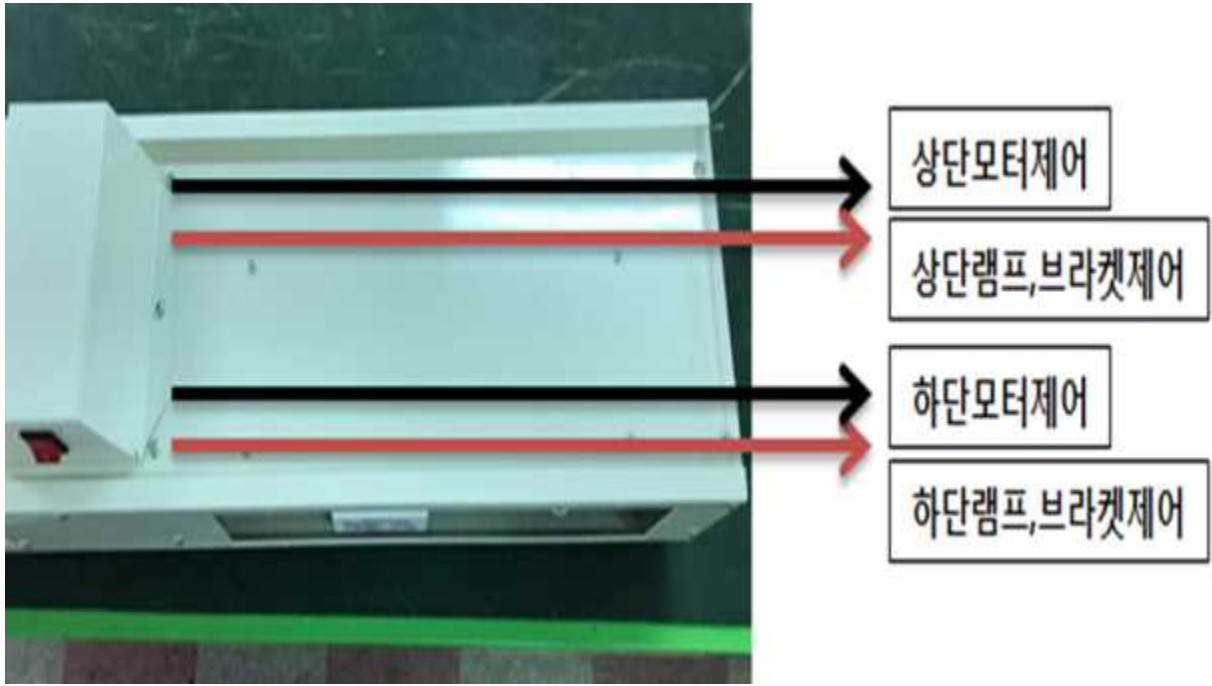
<토출 / 하단 두 번째 카트리지>

- 위의 사진은 포집기 하단부분에 붙여 놓은 2개의 황색 카트리지 트랩이며 하단 첫 번째 흡입 황색 카트리지 트랩엔 총 3마리의 해충 가루이가 포집되었고 하단 두 번째 황색 카트리지 트랩엔 총 2마리의 해충 가루이가 포집되었음.
- 전남대 유리온실 포집기의 모노레일의 길이는 총 7.5m로 왕복 거리 15m를 1회 측정한 결과이며 15m를 왕복하는 시간은 총 2분 소요됨.
- 기관을 제거하고 해충 가루이가 좋아하는 노란색의 카트리지를 부착한 무인 포집기는 작동 시 무인 포집기 내 하부 바닥 또는 상부의 천장에 공기가 부딪혀 일부의 공기가 흡입구 쪽으로도 방출되는 문제가 확인됨.
- 기존에는 램프, 안정기가 부착되어 있는 지지대에 부딪혀 흡입구 쪽으로는 바람이 방출되지 않았지만, 기관을 모두 제거하여서 흡입구 쪽으로도 미세한 공기가 방출되는 것으로 확인



<기판 부착한 무인 포집기>

- 무인 포집기에 기존의 기판을 다시 부착하고 실제 농가의 작물에서 해충 가루이를 별도로 포획하여 본 과제 협동기관 나루농업컨설팅의 실험실에서 흡입 및 포집 실험진행
- 또한 작물의 높이에 따라 상단과 하단을 개별로 제어할 수 있게끔 전원을 별도로 구비하여 개별 컨트롤 제작



<개별 제어 컨트롤러>



<실제 농가 작물에서 별도로 포획한 해충 가루이>

- 전남 장성에 위치한 실제 농가에서 무인 포집기의 구동속도에 비례하여 작물에 영향을 주는 토출부 풍속 테스트를 진행



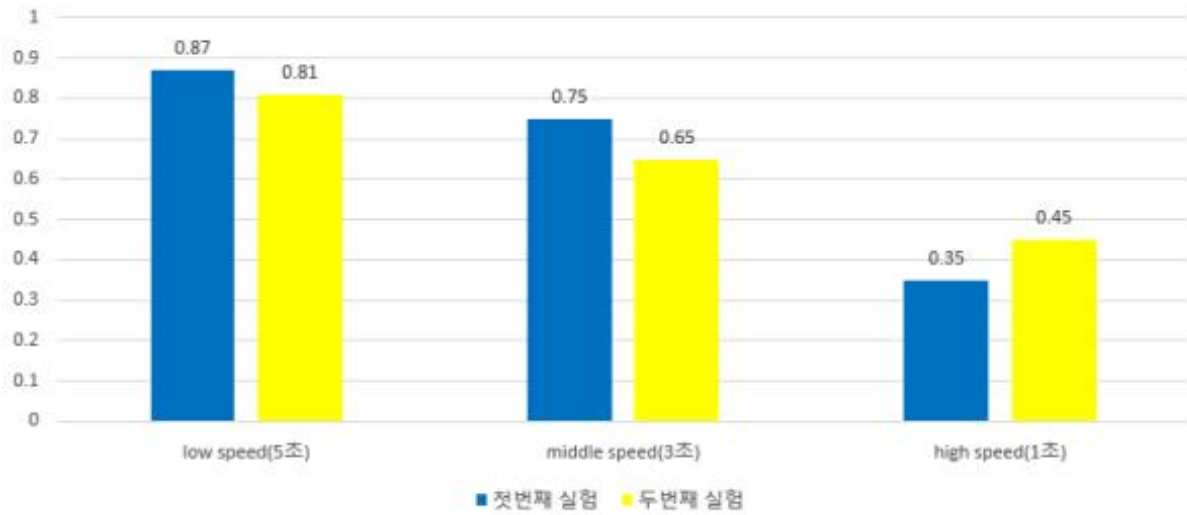
<장성 실제 농가 무인 포집기 현장 테스트>

- 무인 포집기 측부에 각 부 구동제어 시스템을 설치하여 모노레일의 속도를 제어함 속도는 크게 High, Middle, Low로 나뉘어 작동을 하고 각 속도마다 무인 포집기가 지나갈 때 주는 토출량의 풍속을 총 2번 체크함.
- 첫 번째로 Low Speed는 풍속테스트기 센서를 지나가는 시간이 5초가 걸렸으며 첫 번째 테스트는 0.87m/s, 두 번째 테스트는 0.81m/s가 나왔고 평균 풍속은 0.84m/s가 나왔음. 두 번째로 Middle Speed는 풍속테스트기 센서를 지나가는 시간이 3초초가 걸렸으며 첫 번째 테스트는 0.75m/s, 두 번째 테스트는 0.65m/s가 나왔고 평균 풍속은 0.7m/s가 나



왔음. 세 번째로 High Speed는 풍속테스트기 센서를 지나가는 시간이 1초가 걸렸으며 첫 번째 테스트는 0.35m/s, 두 번째 테스트는 0.45m/s가 나왔고 평균 풍속은 0.4m/s가 나왔음.

구동 속도와 작물에 영향을 주는 토출부 풍속



나. 사업화 준비

① 국내·외 전시회 및 박람회 등을 참여하여 개발제품 홍보 및 사업화 추진

번호	유형	행사명	전시품목	장소	활용년도
1	전시회 (국외)	2018 GPEC 농기계 전시회	난방겸용공기 순환제습기 외	일본 도쿄	2018
2	박람회 (국내)	2018 천안 KIMSAT 농기계 박람회	난방겸용공기 순환제습기 외	충남 천안	2018



2018 GPEC 농기계 전시회



2018 천안 KIMSAT 농기계 박람회

② 해외 수출과 국내 판매를 위한 카탈로그 홍보물 제작

- 기존의 카탈로그의 디자인과 내용을 전면 수정하여 국문, 영문, 일문의 다양한 번역을 통한 해외 수출용 카탈로그를 제작
- 회사 및 개발제품의 국내 및 해외 홍보를 통한 수출 경쟁력을 강화하고 국내 및 해외 전시회에 참가 시 배포하여 홍보할 수 있는 디자인 자산의 확보를 추진
- 기계류의 특성상 국내 및 해외 전시회 시 실물 전시에 어려움이 있어 카탈로그가 매우 중요하며 그에 맞는 국제적인 감각에 맞는 디자인으로 제품 및 서비스를 부각시키는 효과와 회사 및 제품 외국어 카탈로그를 통해 해외 바이어의 본사의 기술력과 제품에 대한 정보접근성을 높임으로써 해외 수출 실적 발생으로 연결
- 전시회 및 카탈로그를 통해 농가에게 개발제품의 장점들을 보다 더욱 이해도 높게 다가가 개발제품의 이미지 상승 및 매출액에 기여



## 제 2절 자동제어 및 ICT융복합 기술 개발(협동 : 충남대학교)

### 1. 주요부 최적화 시험

#### 가. 지상부, 지하부 센서 조사 분석

○ 지상부 온도, 습도, 이산화탄소, 조도, 풍향, 풍속, 감우 등 센서 조사

- 온도 센서의 경우 기본 측정범위가 0~100%RH이고, 응답시간은 10sec 이내로 되어 초단위로 정보 습득이 가능해야 함.

항목	그림	제조사	모델명	Specifications
온습도 센서		SENSIRION	SHT75	반응 속도<4 sec. 정밀도:±1.8%RH 측정범위:0~100%RH
		(주)미코엠에스티	HT-01DV	정밀도:±2%RH 측정범위:0~100%RH 응답시간:8sec
		에이스 시스템	ATH100	측정범위:0~100%RH 정밀도:±3%RH 응답성:15sec 반복성:±0.5%RH 측정범위:-20~80℃ 정밀도:±3℃ 출력:DC 1~5 V
		OMRON	ES2-THB	습도범위:20~25% 검출:25,40℃~80% 전압:DC24 V 소비전류:10 mA 이하 온도검출:0~55℃ 사용범위:0~55℃, 95% 출력:DC 24 V
		(주)한스 시스템	HA-TH100	측정범위:0~100%RH 정밀도:±1.8%RH 응답성:8sec 온도정밀도:0.3℃ 전력: 30 μW
		나노센텍	NHT-15B	측정범위:0~100%RH -40~125℃ 출력:디지털(2-wire)
		에코나라	ETH-01DV	측정범위:0~100%RH -40~125℃ 정밀도:±3.0%RH 응답성:8sec 온도정밀도:0.3℃

항목	그림	제조사	모델명	Specifications
CO2 센서		(주)소하테크	SH-300-DC	동작전압:3 V 출력전압:0~3,000 ppm 방식:NDIR
		GE Sensing	T6613	동작전압:5 V 출력전압:0.8~4 V 측정범위:400~2,000 ppm 방식:NDIR
		SOHATECH	SH-300-ND	측정범위: 0~3000ppm 응답시간:0~80% <30초 정밀도:±2% 입력전압:DC 5~ 12 V
		GE Sensing	T6615	측정범위: 0~2000ppm 응답시간:<2분 정밀도:±3% 입력전압:DC 5 V
		DIWELL	EPXDC8CV	측정범위: 0~2000ppm 해상도: 10ppm 정확도: ±3% 전원: 5 V 출력: 0.8~4 V
토양수분 센서		(주)미래센서	WT1000N	측정범위:0~99.9%R 정확도:±3% 센서종류:FDR 작동온도:0~60℃ 출력:DC 12 V
		DECAGON	10HS sensor	측정범위:0~57% 정확도:±3% 측정시간:10 ms 작동온도:-40~50℃ 출력:DC 3 V, 15 V
		(주)미래센서	WT1000N/H	수분측정범위:0~99.9%R 토양측정범위:0~6.0dS/m 정확도:±3% 센서종류:FDR 작동온도:0~60℃ 출력:DC 9~15 V



항목	그림	제조사	모델명	Specifications
풍속 센서		R.M.young	05103,05106	기화풍속:1.1 m/s 측정범위:01000 m/s 정확도:5% 출력:DC 0~1 V
		Campbell	WindSonic	기화풍속:0.01 m/s 측정범위:0~6 0m/s 정확도:2% 출력:DC 5~16 V
강우량 센서		(주)지비엠아이 엔씨	QMR101	범위:144 mm/h 기자재:cable, connector 출력:DC 10~15 V
		(주)영전	TRWS 500/503	범위:240 mm/h 출력:DC 10~15 V
		Texas Electronics	TE525MM	측정단위:0.1 mm 정확도:±1% 출력:DC 12 V
산소센서		CITY TECH	전기화학식 산소센서 AO2	측정범위:0~100% 정밀도:±1% 출력:9~13 mV in Air
		GS YUASA	KE-12	측정범위:0~100% 정밀도:±1% 사용온도범위: 5~40℃
		SENKO	산소센서(SS111 8)	측정범위:0~100% 제로값 범위 ≤ 0.1% 출력:6 ± 1 mV in Air
		버니어코리아	O2-BTA	측정범위:0-27 % (0-270 ppm) 분해능력:0.01%

항목	그림	제조사	모델명	Specifications
조도센서		한진데이터	BH1750FVI I2C	측정범위 : 0-65535 Lux 사용전원 : 3~5 v
		Any Vendor	조도센서 CDS 모듈 3 - 5V	전원:3.3 V - 5 V 출력:디지털
		Rixen	LXT-401	측정범위:0~200,000 LUX 출력:4~20mAdc 2wire 전원: DC 9~32 V 정확도:±3%
		JK전자	PT333-3C	전원:3.3~5 V 출력:디지털
일사량 센서		Campbell	LP02	과장범위:305~2800 mm 측정범위:02~2000 w/m <sup>2</sup> 민감도:15 μV/w/m <sup>2</sup> 동작온도:-40~80℃ 출력:DC 10 mV
		Kipp&zonen	CMP 3	과장범위:310-28 00 mm 측정범위:0~2000w/m <sup>2</sup> 민감도:5~15 μV/w/m <sup>2</sup> 반응시간:18s 이하
		Kipp&Zonen	CM11	과장범위:305~2800 nm 민감도:4~6 μV/w/m <sup>2</sup> 동작온도:-40~80℃ 정밀도:±3℃

○ 지하부 수분, EC 센서 조사

- 제품에 따른 센서의 정확도, 측정범위, 소비전력, 센서종류 등 조사

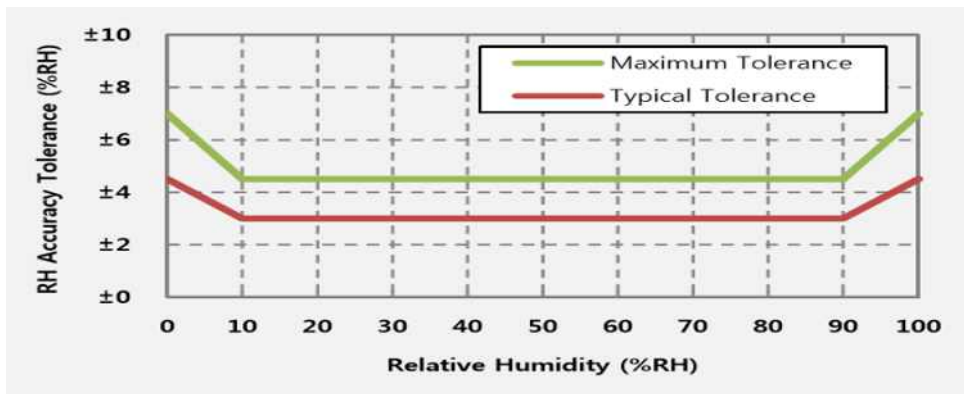
- 토양내부 수분의 측정범위는 최소 50%이 되어야 정확한 데이터를 확인가능하며 시설내부 온도를 고려하여 여름철 최대 온도인 50℃이상 까지 측정이 가능해야함.

항목	그림	제조사	모델명	Specifications
수분 센서		(주)미래센서	WT1000N	측정범위: 0~99.9%R 정확도: ±3% 센서종류: FDR 작동온도: 0~60℃ 출력: DC 12 V
		DECAGON	10HS sensor	측정범위: 0~57% 정확도: ±3% 측정시간: 10 ms 작동온도: -40~50℃ 출력: DC 3 V, 15 V
		(주)미래센서	WT1000N/H	수분측정범위: 0~99.9%R 토양측정범위: 0~6.0 dS/m 정확도: ±3% 센서종류: FDR 작동온도: 0~60℃ 출력: DC 9~15 V
		ELECFREAKS	EF04027	측정범위: 0~99.9%R 정확도: ±3% 센서종류: FDR 출력: 0~4.2 V 전원: 3.3 V or 5 V
		DFROBOT	SEN0193	측정범위: 0~99.9%R 정확도: ±2% 작동온도: 0~55℃ 전원: 3.3~5.5 V
EC 센서		Vernier International	UMS-CON-BTA	측정범위: 0~±20000 uS/cm 분해 능력: ±10 uS/cm 작동온도: -20~60℃
		SEEED	NT-101020052	측정범위: 0~±1000 uS/cm 분해 능력: ±0.1 uS/cm 포트: I2C
		EUTECH	CT-27111D	측정범위: 0.05~200 uS/cm 작동온도: 0~80℃ 샘플량: 16 mL 최대 수압: 0.5 MPa 최대 유속: 2,000 mL/min

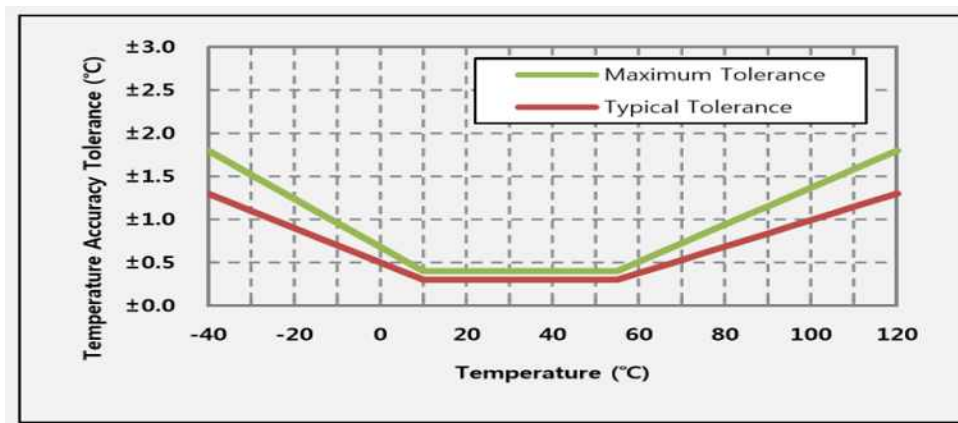


- 제품에 따른 센서의 반응속도, 온도, 습도, 응답성, 측정범위, 소비전력 등 조사

- 온습도센서 : 여름철 태양열로 인하여 시설내부의 온도 및 겨울날씨 및 난방기의 온도를 측정하기 위하여 필요하며 또한 시설내·외부 온도차이로 인한 습기 및 시설 관수로 인한 습기 때문에 장비의 고장이 없어야 하며 여름철 비닐하우스 내부의 온도를 견딜 수 있어야 한다. 이에 적합한 제품은 현재 시중에서 판매되는 제품 중 측정범위가 -40~125℃로 온실 내부의 온도에 견디기 적합하며 또한 비닐하우스 내부에 생길 수 있는 습기에 강하여 시스템상의 에러의 발생률이 적은 ETH-01DV가 가장 적합하다고 생각됨.

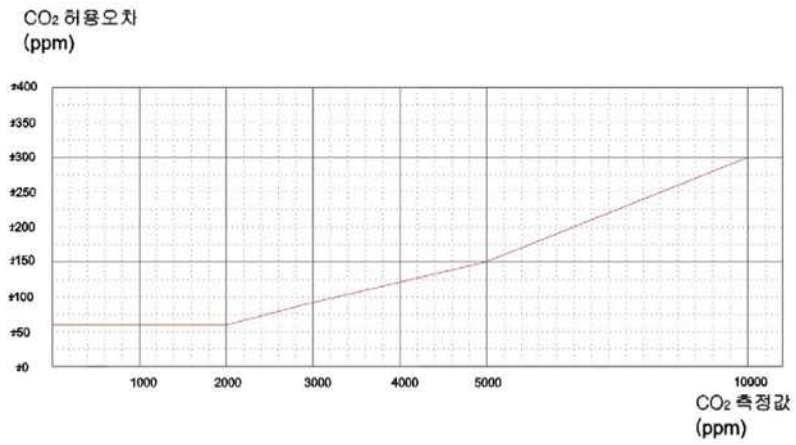


<ETH-01DV센서 상대습도 허용치>(제조회사 제품정보 인용)

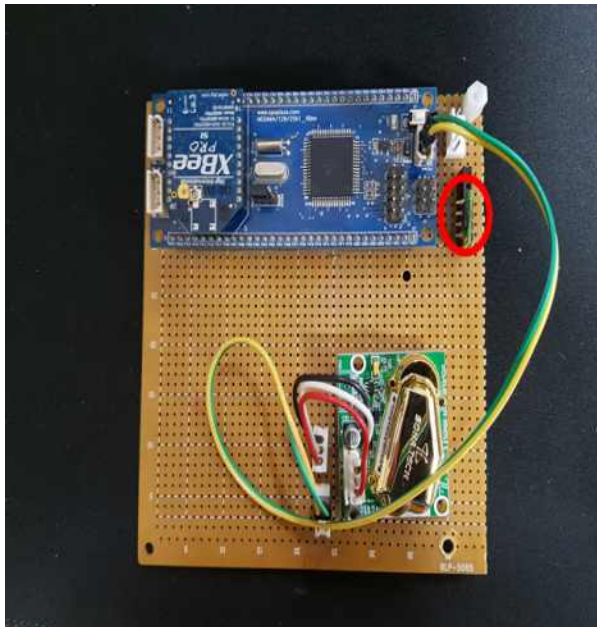


<ETH-01DV센서온도 허용치>(제조회사 제품정보 인용)

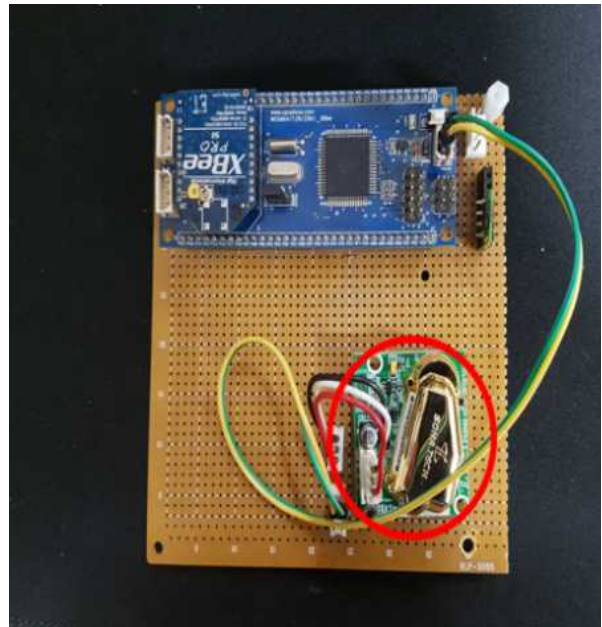
- CO2센서 : 시설 내부의 작물의 호흡으로 인한 CO2온도를 측정하기 위해 필요하며 온습도 센서와 동일하게 온도 및 습기에 강해야 하며 또한 하우스 내부의 정확한 CO2농도 측적을 위하여 가스상물질들이 적외선에 대해 특정한 흡수스펙트럼을 갖는 것을 이용하여 특정성분의 농도를 구하는 방법인 NDIR분석이 가능해야하며 이에 맞는 제품은 SH-300-DC로 센서외부에 코팅을 하여 습도에도 더욱 강함.



<SH-300-DC센서 CO<sub>2</sub>측정값에 따른 오차범위(제조회사 제품정보 인용)>



<ATmega장치에 결합된 온습도센서>



<ATmega장치에 결합된 CO<sub>2</sub>센서>

나. 송풍량, 개체수 박멸 특성 조사

○ 문헌조사를 통한 가루이 개체수의 박멸을 위한 특성조사

- 가루이의 특성

- 온실가루이와 담배가루이는 국내에서 약 40개과 94종의 식물에 가해함.
- 증식력이 대단히 높아 온실내에서는 짧은 기간내에 대량 발생 할 수 있음.
- 발생밀도가 높은 경우 생장저해, 위조, 퇴색, 낙엽, 고사등의 증상을 유발함.
- 가루이의 모든 생활사가 주로 잎 뒷면에서 이루어지기 때문에 약제방제에 어려움이 있음.

- 가루이의 기주 선호성(가지, 오이, 담배, 콩, 토마토, 고추, 수박, 참외)

- 온실가루이가 선호하는 작물의 선호성은 오이, 토마토, 가지, 담배, 수박, 참외, 강낭콩, 고추 순으로 선호함.
- 담배가루이의 기주선호성은 오이, 토마토, 수박, 참외, 가지, 담배, 강낭콩, 고추순임.
- 오이와 토마토는 온실가루이와 담배가루이 두 종 모두 선호성이 강하고 고추는 선호성이 가장 떨어졌으며 다음으로는 오이, 수박, 담배, 콩, 토마토, 피망 순임.

Host plants		Host plant preference (Degree of occurrence*)	
Scientific name	Common name	<i>T. vaporariorum</i>	<i>B. tabaci</i>
<i>Citrullus battich</i>	Watermelon	++	+++
<i>Cucumis L.var. makuwa</i>	Melon	++	+++
<i>Cucumis L.var. sativus</i>	Cucumber	+++	+++
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Kidney bean	++	++
<i>Capsicum annum</i>	Red pepper	+	+
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomato	+++	+++
<i>Solanum melongera</i>	Egg plant	+++	++
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabacco	+++	++

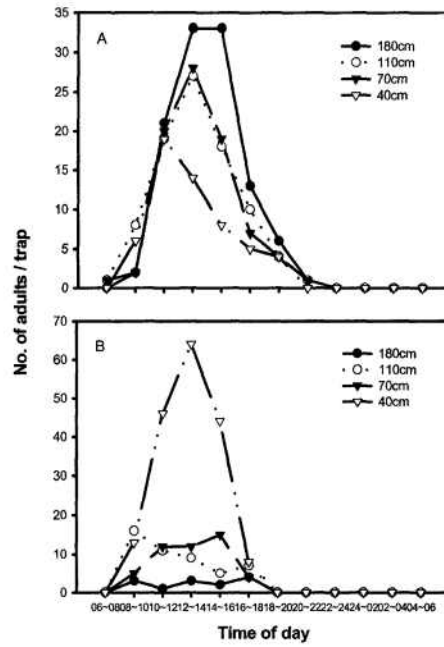
\* + : 1~10 adults/leaf, ++ : 11~50 adults/leaf, +++ : over 50 adults/leaf

<작물별 가루이의 선호성>

(논문 : 온실가루이와 담배가루이의 발육상태 및 Acetamiprid의 방제효과 인용)

- 가루이의 비산활동

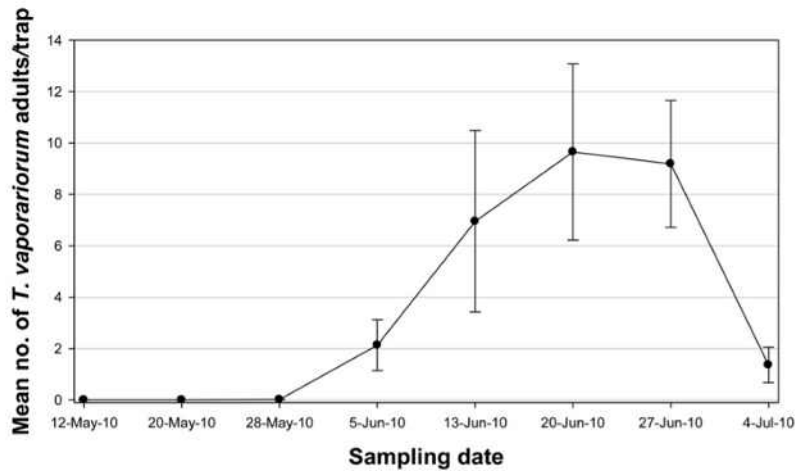
- 9~13시 사이에 가장 많은 비산을 하며 오후에 비산이 활발함.
- 온실가루이는 11~13시 사이에, 담배가루이는 9~11시 사이에 활발함.
- 온실가루이는 위치가 높아질수록 비산활동이 활발하였으나, 담배가루이는 작물의 아래쪽인 40 cm부근에서 가장 많이 비산을 하였음.
- 비산활동이 활발한 시간대의 온도는 높고 상대습도는 낮았음.



<시간당 가루이의 비산활동 거리>

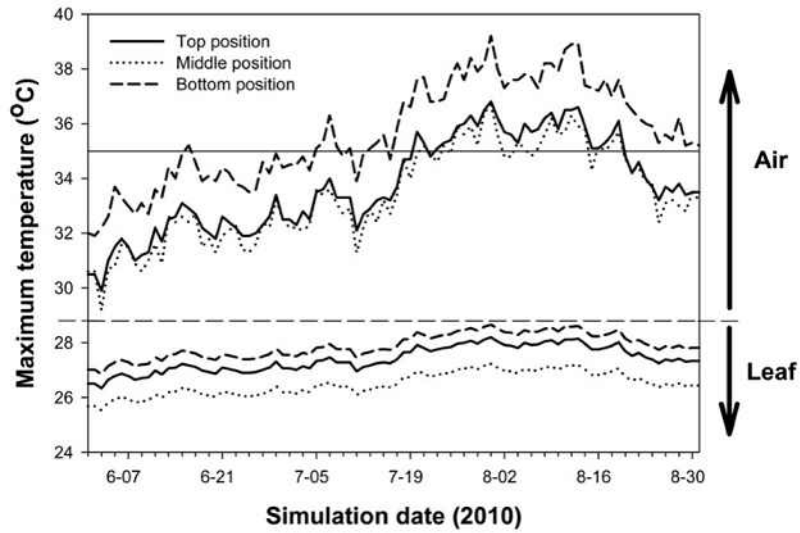
(논문 : 온실가루이와 담배가루이의 발육상태 및 Acetamiprid의 방제효과 인용)

- 시설 내부의 온도변화에 따른 가루이 밀도 차이
  - 가루이의 발육 최고 임계 온도는 35℃임.
  - 여름철 시설내부의 온도는 37.5℃로 치사 고온에 근접함.
  - 대기 중 온도가 급증하는 시점에도 잎 뒷면 온도는 급격한 증가를 보이지 않음.
  - 식물 내 위치별 잎 뒷면 온도는 태양광에 직접 노출되는 부위인 상단 온도보다, 하단 온도가 높음.



<대기 중 온도의 최고값의 변화에 따른 잎 뒷면 미세기상 온도>  
 (온실 내 살충제 최소화를 위한 작물 개체별 미량분사 시스템 및 해충 관리법 개발에 관한 연구 인용)

- 실제 개체군이 서식하고 있는 부근인 잎 뒷면 온도는 대기 중 온도가 높아져서
- 발육이 느려지는 범위에서도 최적 온도에 가까운 값을 유지하고 있음.
- 온실가루이 개체군의 온도 발육은 대기 중 온도가 매우 높은 경우 발육이 느려지거나, 사망률이 증가해야 하지만 실제 개체군이 서식하고 있는 부근인 잎 뒷면 온도는 대기 중 온도가 높아져서 발육이 늦어지는 범위에서도 최적의 온도에 가까운 값을 유지함.
- 시설 내부의 온도가 가루이의 사망에 가까운 온도에 올라가도 가루이의 주 생활하는 곳인 잎의 뒷면의 온도는 가루이가 서식하기 최적의 온도이므로 지속적인 방제를 이용하여 가루이의 방제가 필요함.

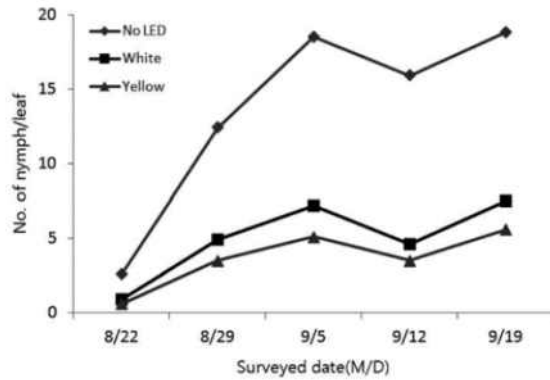


<시간당 가루이의 비산활동 거리>

(온실 내 살충제 최소화를 위한 작물 개체별 미량분사 시스템 및 해충 관리법 개발에 관한 연구 인용)

- LED유인 램프색상에 따른 포집 효과

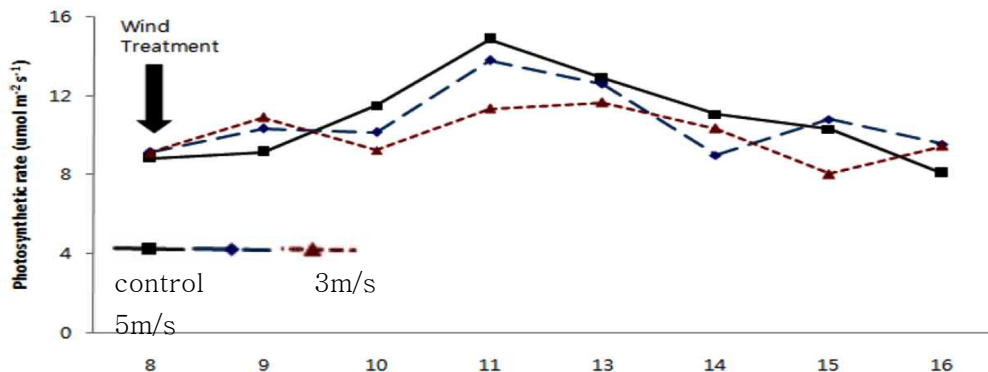
- yellow LED, white LED, LDE 미설치하는 방법으로 총 3곳의 LED트랩 색상을 구분하여 포집 효과를 비교함.
- LED 무설치동에서 평균 0.9마리, 0.6마리, 2.6마리가 관찰되었으며, 3주차까지 LED 트랩이 설치된 온실에 비해 트랩이 설치되지 않은 동에 비해서 약충 수가 빠르게 증가하는 경향을 보임.
- LED 트랩이 설치된 온실은 빛에 의해 담배가루이성충이 유인 및 포획되어 상대적으로 성충의 개체수가 감소되었기 때문임.
- LED무설치동보다 약충 발생밀도 또한 억제되는 것으로 생각할 수 있으나 4주차 관찰 결과 약충의 개체수가 약간 감소한 후 다시 증가하였는데 이는 담배가루이의 생활사를 고려해 보았을 때, 처음 산란된 알이 성충으로 우화되는 시기 때문에 감소된 것으로 판단됨.
- yellow LED 및 white LED 광원은 온실내 실험을 통해 효과적으로 담배가루이 성충을 유인이 되는 것을 확인함.



<기주식물에서 증식한 담배가루이 포획실험>  
(논문: 온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과인용)

- 바람이 식물 생장에 끼치는 영향

- 기본적으로 풍속 1.1~1.7 m/s 이하의 바람을 연풍이라하는데 대체로 작물의 생육을 이롭게 함.
- 식물이 평소 산소를 내뿜고 이산화탄소를 취하지만 공기의 흐름이 없을시 이산화탄소의 농도가 낮아지고 산소의 농도가 높아지는데 이때, 바람으로 공기의 순환 효과를 주면 잎 주변의 산소가 풍부한 경계층을 날리고 기공쪽으로 이산화 탄소의 보급을 강화시킴.
- 공기순환으로 최적 이산화탄소의 구배를 유지하고, 작물 주위의 습기를 배제하여 증산을 촉진하고 양분의 흡수도 조장하여 생육을 건실하게 하며, 규산 등의 흡수가 많아지고 작물 균락내의 과습 상태가 경감되어 병해가 적어짐.
- 수술에서 꽃가루가 바람으로 퍼져 다른 개체의 암술에서 수분이 일어난다.
- 풍속이 강하고 공기가 건조하면 증산이 과도하게 증가하여 식물체가 건조해지며, 기공이 닫혀 이산화탄소의 흡수가 저해되므로 결과적으로 광합성이 감퇴함.
- 자연상태의 바람의 평균 풍속 0.8 m/s와 3 m/s, 5 m/s으로 풍속을 비교하여 풍속에 따른 식물의 광합성 차이를 비교함.
- 3~5m/s의 바람을 송풍하였을 경우 초기에는 광합성 속도가 증가하다가 송풍시간이 길어지면 광합성 속도가 감소함.
- 1시간까지는 증산이 촉진됨에 따라 광합성 속도가 증가하다가 송풍시간이 누적되면 증산과다에 의한 스트레스로 인하여 광합성 속도가 감소함.



<풍속에 따른 식물의 광합성량>  
(논문: 온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과인용)

다. 자동제어 통합배전반 제작

○ 해충무인방제기 전기브라켓, 공기유동팬에 대한 자동/수동 제어 모듈 설계 및 온습도, CO2센서를 통한 데이터 수집.

- 해충무인방제기 프로토타입 제작.
- 모노레일 부에 감속기가 달려 있어 속도 조절을 할 수 있으며 양옆 눌림센서가 고정판에 닿으면 반대 방향으로 이동함.
- 구동부까지 가는 전선을 고무호스로 연결하여 온실내부의 습기에 인한 누전 방지 및 전선의 파손을 방지함.



<모노레일 구동부>

- 모노레일 배전함 속안에 모노레일 전원, 전기브라켓(전기살충기), 송풍기(USB팬)의 전원부를 연결하여 외부 전원 스위치(START)를 누르면 모노레일이 가동하는 동안 전기브라켓, 송풍기가 가동됨.



<모노레일 배전함(외부)>



<모노레일 배전함(내부)>



- 모노레일 기본 구동부에 전기브라켓(전기살충기)과 송풍기(USB팬)를 부착하여 ON/OFF 기능에 따른 작동상태를 확인함.
- 전기브라켓(전기살충기)는 S.M.P.S를 이용하여 기본 전류인 220 V에서 전기에서 3 V로 변환하여 작동을 시킴.



<전기브라켓(전기살충기)>



<S.M.P.S 전압 변환기>

- 송풍기(USB팬)을 이용하여 가동하여 모노레일의 전원 ON/OFF를 이용하여 가동 및 정지하는 것을 실험함.



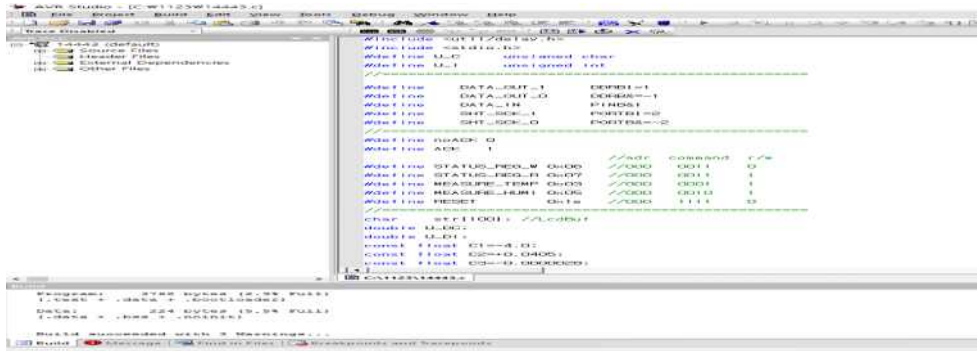
<송풍기(USB팬)가동 전>



<송풍기(USB팬)가동 후>

- 온습도 측정센서 데이터 코딩

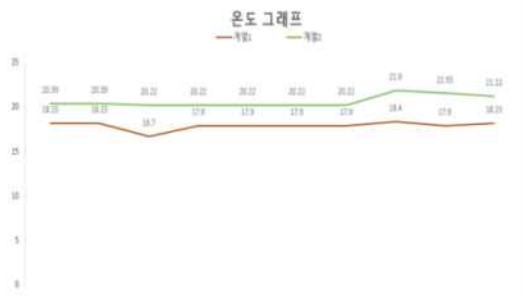
- ATmega에 온/습도센서와 결합 후 입력 코드값을 입력함.
- 코드 입력 후 데이터를 컴퓨터로 전송하여 데이터화 하여 확인함.
- 센서의 측정데이터는 Hyperterminal과 RS-232 통신 케이블을 사용하여 센서 측정 데이터 값을 컴퓨터로 받아들이는 것을 확인함.
- 온도, 습도, 조도, CO2 센서 측정을 위해 컴파일러 AVR Studio 사용하여 C언어로 코딩 작업을 실시하였으며, 데이터 값이 측정되는 것을 확인 함.



<ATmega128과 온/습도센서를 이용한 AVR Studio 코딩>

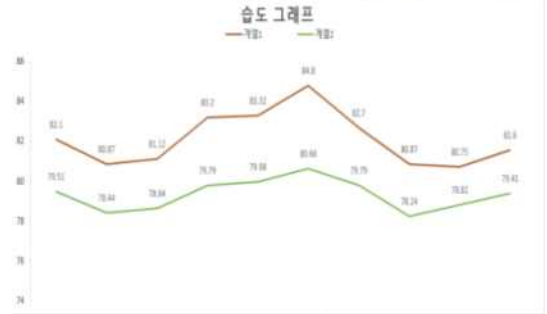
- 220 V 가정용 전기를 쉽게 이용하도록 컴퓨터용 전원케이블 스위치를 사용하였으며 외부 인터페이스 모듈 간 연결이 용이하도록 통신 모듈을 통합함.
- 컴퓨터용 케이블을 사용하여 외부 인터페이스 모듈 간 연결이 쉽도록 제작 하였으며 그림과 같은 방법으로 ATmega, Zigbee, 릴레이 간의 연결 및 통신이 가능하게 하고 하우징 작업을 함으로써 절연성, 내식성, 방습성, 방진성에 도움을 준 것을 아래 그림과 같이 확인할 수 있음.
- 온실 환경 측정 센서의 데이터를 PC로 받아들이기 위하여 ISM 2.4GHz 작동 주파수, 통신거리 10~20m 통신이 가능한 Zigbee 모듈을 사용하였고, Zigbee 보드는 외부 전원 DC 5.0을 사용하여 Zigbee 모듈을 ATmega 과 연결하여 UART 통신을 지원하고, Zigbee 모듈을 장착 할 수 있는 Zigbee 인터페이스 보드를 사용하여 PC와의 통신이 가능하도록 설계함.
- 온습도 센서의 측정 값을 Zigbee의 UART 통신을 이용하여 무선으로 PC에 전송 하도록 설계함.
- ATmega과 Zigbee Pro 모듈을 연결하여 센서의 측정 데이터 값을 받고 다른 두 개의 Zigbee 인터페이스 모듈과 Zigbee 모듈에 데이터 값을 전송하여 그 값을 PC로 전송하게 설계함.
- 온습도 센서를 총 2곳에 각각 다른 공간에 부착 하여 데이터가 들어오는 것을 확인함.

2016-12-06 000028.2.3.4.18.15.82.1.291.20.39.79.51.528	18.15	82.1	20.39	79.51
2016-12-06 000128.2.3.4.18.15.80.87.303.20.39.78.44.528	18.15	80.87	20.39	78.44
2016-12-06 000228.2.3.4.16.7.81.12.171.20.22.78.64.567	16.7	81.12	20.22	78.64
2016-12-06 000328.2.3.4.17.9.83.2.317.20.22.79.79.523	17.9	83.2	20.22	79.79
2016-12-06 000428.2.3.4.17.9.83.32.356.20.22.79.98.528	17.9	83.32	20.22	79.98
2016-12-06 000528.2.3.4.17.9.84.8.317.20.22.80.66.528	17.9	84.8	20.22	80.66
2016-12-06 000628.2.3.4.17.9.82.7.307.20.22.79.79.528	17.9	82.7	20.22	79.79
2016-12-06 000728.2.3.4.18.4.80.87.190.19.9.78.24.533	18.4	80.87	21.9	78.24
2016-12-06 000828.2.3.4.17.9.80.75.303.20.55.78.82.606	17.9	80.75	21.55	78.82
2016-12-06 000928.2.3.4.18.15.81.6.317.20.22.79.41.528	18.15	81.6	21.22	79.41



<온도센서 데이터 값>

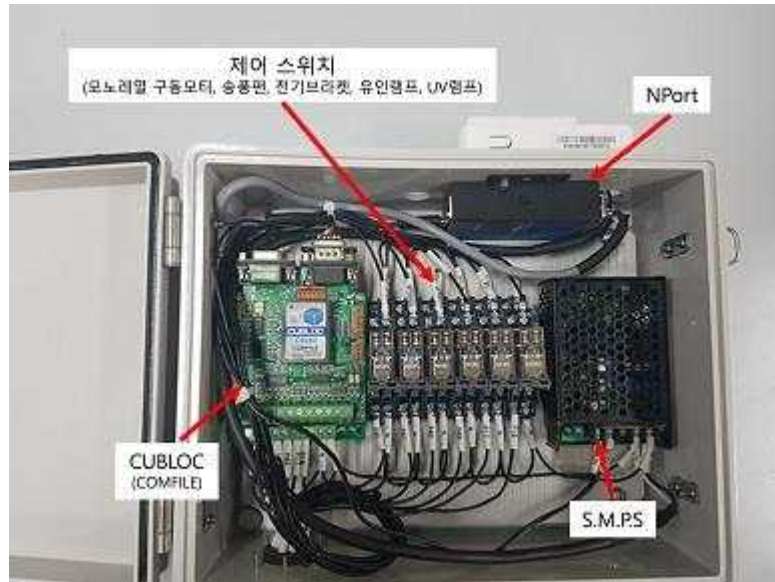
2016-12-06 000028.2.3.4.18.15.82.1.291.20.39.79.51.528	18.15	82.1	20.39	79.51
2016-12-06 000128.2.3.4.18.15.80.87.303.20.39.78.44.528	18.15	80.87	20.39	78.44
2016-12-06 000228.2.3.4.16.7.81.12.171.20.22.78.64.567	16.7	81.12	20.22	78.64
2016-12-06 000328.2.3.4.17.9.83.2.317.20.22.79.79.523	17.9	83.2	20.22	79.79
2016-12-06 000428.2.3.4.17.9.83.32.356.20.22.79.98.528	17.9	83.32	20.22	79.98
2016-12-06 000528.2.3.4.17.9.84.8.317.20.22.80.66.528	17.9	84.8	20.22	80.66
2016-12-06 000628.2.3.4.17.9.82.7.307.20.22.79.79.528	17.9	82.7	20.22	79.79
2016-12-06 000728.2.3.4.18.4.80.87.190.19.9.78.24.533	18.4	80.87	21.9	78.24
2016-12-06 000828.2.3.4.17.9.80.75.303.20.55.78.82.606	17.9	80.75	21.55	78.82
2016-12-06 000928.2.3.4.18.15.81.6.317.20.22.79.41.528	18.15	81.6	21.22	79.41



<습도센서 데이터 값>

○ 통합배전반 기초제작

- 통합배전반은 해충포집기를 제어할 수 있는 제어프로그램인 Tera Term과 NPort을 사용했음.
- 이를 제어 컴퓨터와 제어기를 제어 할 수 있도록 하는 NPort와 각 장비의 구동을 제어하는 스위치로 구성되어 있음.
- 각 기능을 제어하는 스위치는 마그네틱 형식으로 각 스위치별 데이터를 입력한 후 신호를 주면 장비의 구동을 시키는 방식이며 이를 이용하여 구동모터의 이동속도를 측정한 후 선정된 모터의 구동속도를 제어함.
- 이때 사용된 스위치는 GP2R-2C 시리즈로 좁은 공간에서 사용이 가능하며 2극 5A의 범용 파워 릴레이이로 동작시간은 15 m/s 이하, 복귀시간은 10 m/s 이하임.
- 배전함 내부의 부착된 Tera term은 제어컴퓨터에서 프로그램을 이용하여 각 기능별 제어 스위치를 제어할 수 있음.
- NPort는 Tera term에서 나오는 데이터를 수신 받아 무선으로 포집기 제어를 함.



<통합배전함 내부 모습>

- 통합배전함 외부에 있는 스위치와 내부에 있는 제어스위치를 결합하여 배전함을 이용하여 장비를 구동하였음.
  - 통합배전함 외부에 제어스위치를 부착 후 내부에 있는 제어스위치와 연결을 하여 배전함 외부 스위치를 조절하여 장비의 구동을 실시 할 수 있음.
  - 각 기능별 한 개의 스위치를 연결 하였으며 이를 이용하여 장비를 제어하였음.
  - 추가적으로 자동, 수동모드를 나누어 제어 할 수 있게 하여 추후에 개발될 시스템과 연동하여 사용할 수 있도록 제작하였음.



<통합배전함 외부 모습>

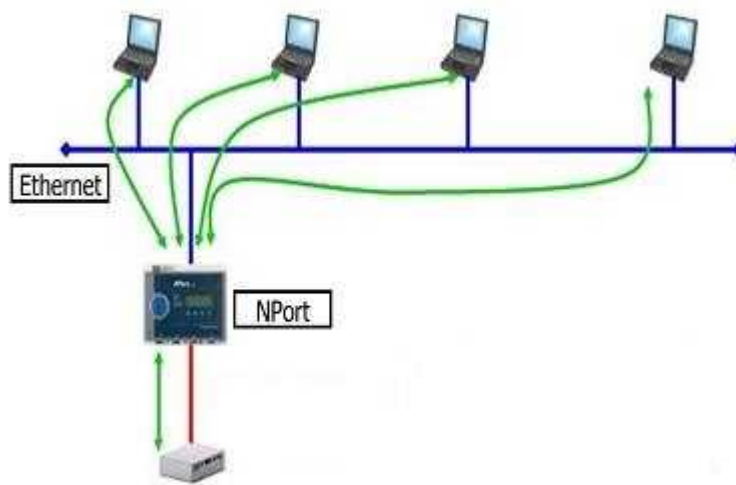
- 추가적으로 통합배전함 외부에 터치스크린 화면을 설치 예정임.
  - 통합배전함 외부에 터치스크린을 설치하여 장비의 정상 가동상태를 확인가능하며 배전함 터치스크린을 통해 장비구동을 구동할 수 있도록 제작 예정임.

## 2. 주요부 최적화 및 현장적용

### 가. 제어시스템 최적화

#### ○ 포집기 무선 통신방법 선정

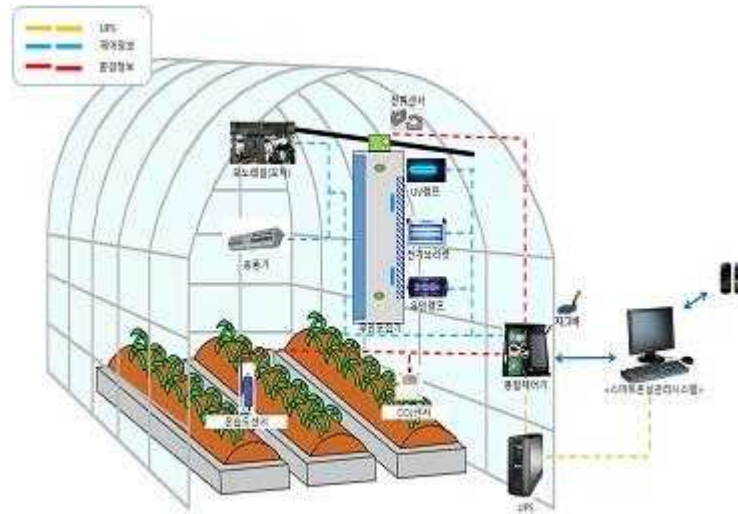
- ICT융복합 원격 모니터링 및 제어를 하기 위하여 인터넷 프로토콜 기반의 네트워크 신호를 변환하여 통제하는 NPort와 제어프로그램인 Tera Term을 이용하여 실시간으로 구동 제어 방법을 선정함.
  - 동시에 8개의 호스트까지 공유 가능함.
  - 호스트에서 순서대로 정보를 제공하여 데이터의 충돌 등의 문제없이 데이터 공유가 가능함.
  - 시리얼 장치의 정보는 모든 호스트에서 전송 가능함.



<NPort를 이용한 컴퓨터 제어처리 모습>

- 컴퓨터로부터 받는 제어 정보를 무선공유기와 NPort의 개인 IP주소를 이용하여 장비에 부착되어 있는 제어 장치를 원격으로 제어하여 송풍기에 부착되어 있는 각 기능별 데이터를 수신함.
  - 스마트 온실용 관리시스템(컴퓨터)와 통합제어기를 통해 시설내부의 제어 정보를 확인함.
  - 통합제어기를 통하여 포집기의 구동속도, 송풍기의 풍속, 살균램프, 유인램프, 전기브라켓의 구동을 제어함.
  - 장비의 구동상태는 컴퓨터에서 통합제어기로 제어신호를 보낸 후 반응시간을 확인하여 장비의 구동상태를 확인함.





<시설내부 원격제어 시스템 구성도>

○ 포집기의 제어범위 선정

- 여러 문헌을 통하여 가루이의 특성을 확인하여 포집기의 제어범위를 선정하였음.
  - 온실가루이와 담배가루이의 발육상태 및 Acetamiprid의 방제효과 논문은 인용하여 담배가루이의 서식 구역을 확인하였으며, 가루이의 비산활동이 활발한 시간대를 확인 하였음.
  - 온실 내 살충제 최소화를 위한 작물 개체별 미량분사 시스템 및 해충관리 개발에 관한 연구를 인용하여 가루이의 서식에 적합한 온도, 습도를 확인하였음.
  - 온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과 논문 인용을 통하여 포집기에 사용되는 유인램프의 선정기준을 정하였고 바람의 속도가 식물에 끼치는 영향을 확인 하였음.
- 풍속이 식물에 영향을 끼치는 범위를 확인하여 포집기의 송풍 속도의 범위를 선정하였음.
  - 1 m/s 이하의 풍속은 연풍으로 작물의 생육을 이롭게 함.
  - 가장 식물의 광합성을 도우며 모든 풍속이 1시간 이상 지속될 때 광합성 속도를 감소시키는 것을 확인함.
- 작물이 성장할 때 광합성에 도움이 되는 풍속을 확인
  - 작물의 성장에 도움이 되는 바람의 세기는 크게 0.8 m/s, 3 m/s, 5 m/s 로 크게 3가지의 풍속임.
- 송풍기의 바람이 식물에 1시간 이상 지속적으로 쐬지 않는 이상 식물에 이상이 없기 때문에 포집기의 풍속의 범위는 5 m/s 이내에서 가루이의 유도할 수 있는 풍속범위에서 선정함.
- 가루이의 비산이 활발한 시간을 확인하여 포집기의 구동시간을 선정
  - 가루이의 비산활동이 가장 활발한 시간은 9 ~ 13시 사이로 이유는 통틀 무렵부터 4시간 동안 우화가 가장 많은 시기로 날개를 말린 가루이가 비산을 시작하는 시간임.
  - 포집기의 가동시간을 9시 ~ 13시 사이에 가동을 하면 손쉽게 가루이의 방제가 가능할 것으로 보임.

- 포집기의 송풍 및 흡입 위치 선정
  - 식물에서 가루이의 서식 구역을 확인하여 포집기의 송풍위치와 흡입위치를 선정함.
  - 온실가루이의 성충은 신초에서 산란을 선호하기 때문에 작물의 상단부에 분포되어 있음.
  - 담배가루이는 수평 이동하는 특성이 있고 이동시 작물의 하단부 부위에서 이동을 함.
  - 포집기의 송풍 및 흡입구의 위치는 가루이가 서식하는 지점(신초가 자라나기 시작하는 지점인 토지에서 40 cm 지점과 작물의 최대 성장점 근처인 180 cm)의 범위를 모두 포함하여야 함.

○ 살균을 위한 UV램프 규격선정

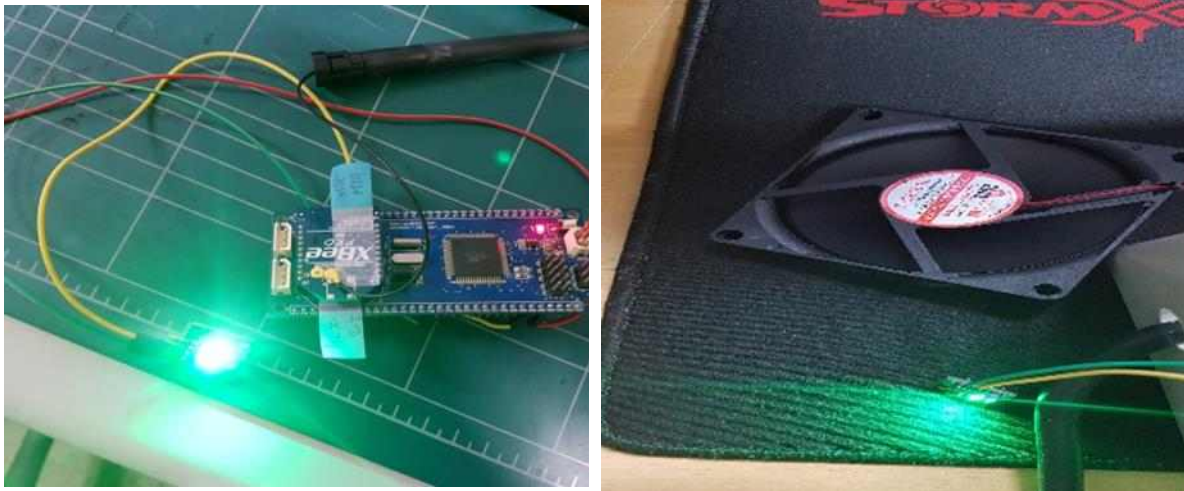
- 해충가루이 포집기 내부에 유인램프와 살균램프가 2개씩 부착되어 있으며 UV살균램프를 이용하여 시설내부 유해한 균과 바이러스를 살균함.
  - UV램프에서 나오는 자외선은 살균을 하는데 이는 미생물의 DNA의 핵산을 파괴하거나 변형시켜 더 이상 활성을 못하게 하는 것임.
- 살균에 사용된 UV램프의 종류는 살균과장에 따라 UV-A, UV-B, UV-C램프를 비교 분석하여 사용되는 시기, 가격, 위해성을 비교 분석하여 사용될 램프를 선정함.
- UV-A램프의 경우 315 ~ 400 nm 파장의 영역을 가지는 자외선, UV-B램프의 경우 280 ~ 315 nm의 파장대를 가지며 지표면에 과도하게 도달하게 되면 피부암과 백내장 등을 유발하고 농작물과 플랑크톤 등에도 해를 미치며, UV-C램프의 경우 파장대가 100 ~ 280 nm 파장대를 가짐.
  - UV-C램프는 253.7 nm의 자외선이 풍부하게 발생하는 램프이며 이는 미생물의 DNA 구조를 파괴하여 불활성화 시키는 소독방식임에 동시에 램프를 점등시키는 것만으로도 살균이 되기 때문에 개발되려고 하는 해충가루이 무인포집기에 부착하여 사용이 좋다고 판단함.



## 나. 원격제어부 설계 및 제작

### ○ 각 기능별 제어 기초실험 진행

- 유인램프와 UV램프는 앞서 실험을 통해 규격을 선정된 4 W 램프를 사용하여 실험을 진행하였음.
- 유인램프와 UV램프를 이용하여 실험하기 전에 LED전구를 이용하여 각 램프들을 제어하는 실험을 진행함.
  - Visual Basic을 이용하여 LED전구 제어 코드를 작성하였고 이를 이용하여 ATmega와 Zigbee를 이용하여 제어를 하였음.
  - 제어실험은 장비의 이동거리를 고려하여 최대 150 m 이격하여 무선제어실험을 진행 하였음.
  - 실험결과 150 m 범위까지는 장애물(문, 물건)들이 있어도 정상적으로 제어가 가능하였으나 150 m 이상 이격될 시 장애물들이 있을 경우 수신률이 40%이상 감소하는 것을 확인할 수 있었음.
  - 이를 보면 한 면의 거리가 150 m 이상 되는 시설에서 장비를 구동 할 때에는 중계 지그비의 설치가 필요함.



<LDE램프(좌), USB구동팬(우) 제어 기초실험>

- - UV-C램프의 출력별, 거리별 살균량 분석을 진행하였으며 램프의 출력은 제작된 무인포 집기에 부착이 가능한 크기인 4 W, 6 W, 8 W 3가지를 비교하였음.



<UV램프 전력별 살균력 측정>

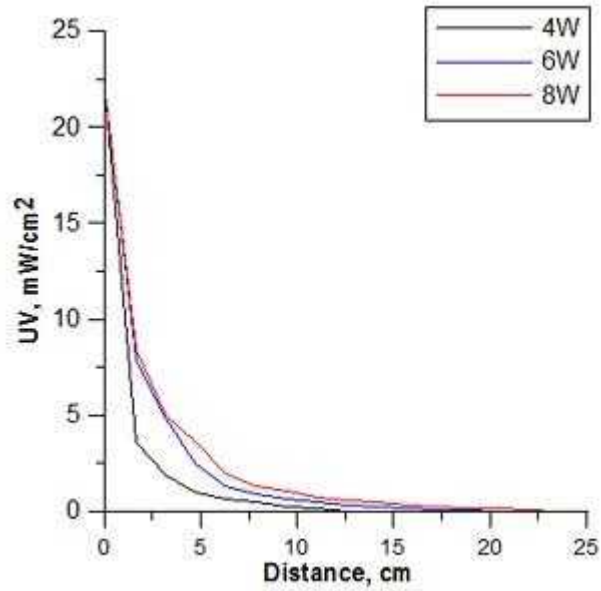


<UV램프 살균력 측정기>

- 살균량 측정기는 Lutron사의 SSEYL UVC-254를 이용하여 거리에 따른 광량을 측정하였음.
  - 측정 가능한 범위는  $199.9 \text{ uW/cm}^2 \times 0.1 \text{ uW/cm}^2$  ,  $1.999 \text{ mW/cm}^2 \times 0.001 \text{ mW/cm}^2$  ,  $19.99 \text{ mW/cm}^2 \times 0.01 \text{ mW/cm}^2$  임.
  - 주 측정 가능한 파장은 254 nm임.
- 측정결과 4 W, 6 W, 8 W 3가지 램프의 살균력은 아래와 같이 데이터가 측정되었으며 거리가 멀어질수록 출력별 광량 감소량이 컸으나 근접부에서의 광량은 3가지 램프의 살균력은  $5.1 \sim 5.14 \text{ mW/cm}^2$  으로 동일했음.
  - 4 W는 거리 45 cm 일 때 6 W는 거리 70 cm, 8 W는 거리 80 cm 일 때 살균력의 세기가  $0 \text{ mW/cm}^2$ 이 나왔음.
  - 이는 램프를 설계할 때 UV램프가 공기살균 이외로 외부에 나오게 되면 작물에 쬐이고 농가에서 일하는 작업자가 보고 일을 진행하며 피부손상, 각막 손상을 입을 수 있으므로 작업자와의 거리를 확인하여 설계를 진행해야함.
  - UV램프의 광량을 볼때 4, 6, 8 W의 살균량은 포집기의 목적인 공기를 살균 할 수 있는 거리에서 같지만 출력에 따른 전력사용량을 보면 출력에 따라 증가하는 것을 보며 4 W를 사용 하는 것이 효율이 좋다고 볼 수 있음.

<UV램프 전력별 능력>

Type	Technical Lamp Wattage (W)	Lamp Voltage (V)	UVC at 100h (W)	Lamp Current (A)	Useful life (h)
4 W	4	29	0.9	0.17	6,000
6 W	6	42	1.5	0.16	9,000
8 W	8	56	2.1	0.15	11,000



<UV램프 출력별 광량>

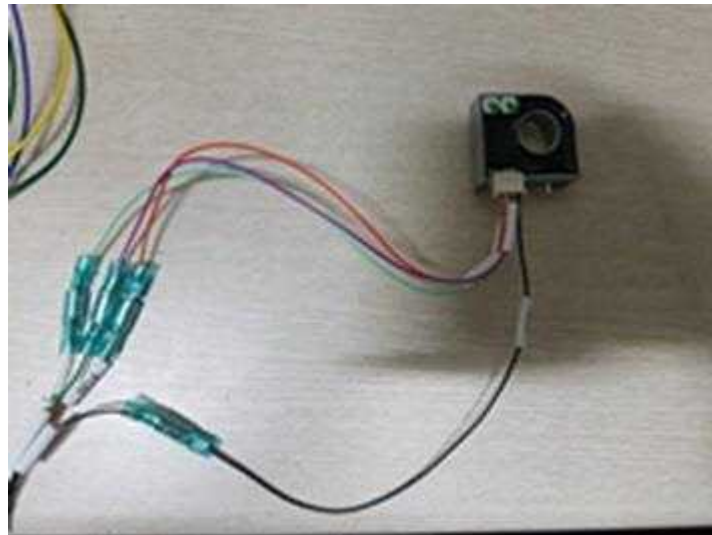
○ 장비가동상태 확인

- 전류센서를 이용하여 장비들의 정상가동 상태를 확인하였고 이는 장비를 구동중인 장비의 전원 공급부분에 결합하여 정상가동시 측정되는 전류를 확인하였음.
- 장비를 1시간 구동을 하여 가동 시 생길 수 있는 전류의 범위를 측정하였고 이를 통해 장비를 구동 시 정상가동 전류범위를 측정할 수 있었음.
- 이때 사용된 장비는 DCS SERIES(전류감지 스위치)와 소전류 측정용 전류센서를 사용하여 전류를 측정함.



<DCS SERIES(전류감지 스위치)>

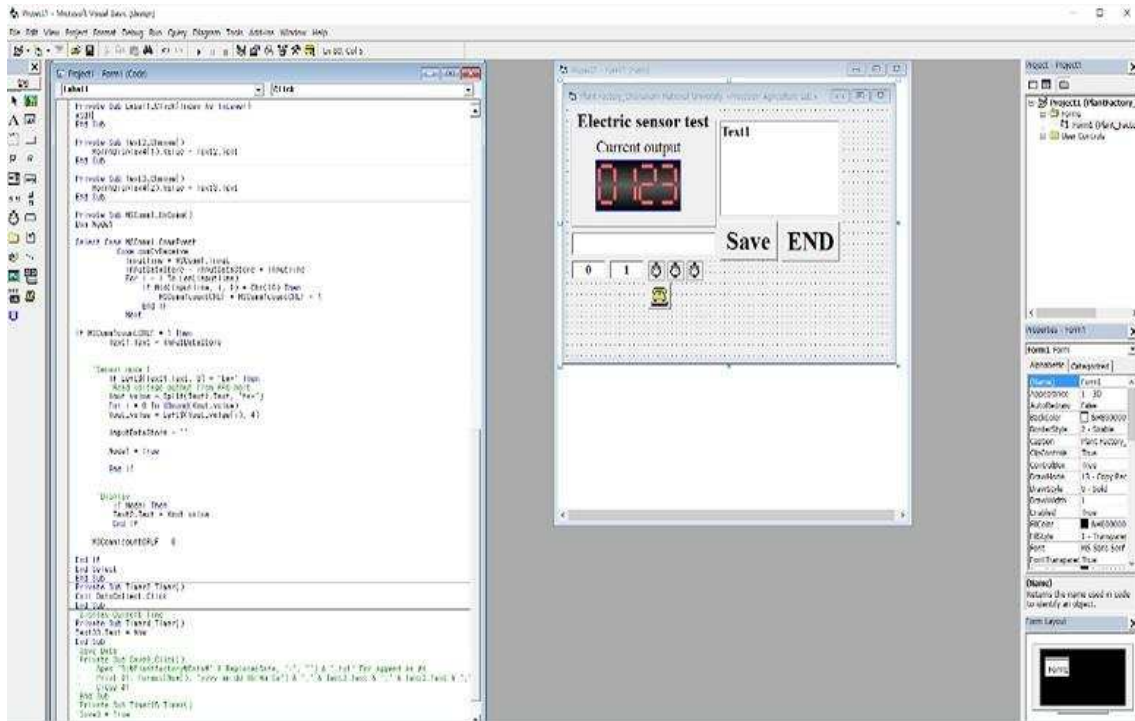
- DCS SERIES(전류감지 스위치)는 저전류 감지용, 과전류 감지용으로 사용되는 센서로 3.5~135 A 까지의 광범위한 전류 감지가 가능함.
- 용도로는 각종 모터류의 상태감지, 과부하 감지, 조명 배선의 단선 감지, 각종 자동제어, 생산 공정기기의 상태 감지, 각종 상태 표시를 감지 할 수 있음.
- 즉 부하가 걸리면 전류가 흘러가야 하는 것임에도 불구하고 전류가 흐르지 않으면 상태가 정지되어 있는 상태이거나 고장으로 정지되어 전류가 감소되거나 또는 전류가 감지되지 않는 것을 확인하여 상태가 이상한 것을 확인 하는 장비임.
- 소전류 측정용 전류센서는 앰프와 센서를 포함하고 내부회로가 하나의 몰드 결합체로 구성되어 제조하여 제품의 신뢰성이 높음.



<소전류 측정용 전류센서>

- 장비의 개수를 추가하며 전류를 측정하였고 이를 통해 사용되는 전력량의 범위를 선정 할 수 있었음.
- 포집기에 포함 된 장비의 기능에 따라 사용되는 전력량이 달라 전력부족으로 장비의 정상 가동이 안될 수 있어 실험을 진행함.
- 최초 모노레일 구동모터와 송풍모터를 구동 시 가장 많은 전력이 소모되었으나 유인램프, UV살균램프의 전력이 미미하게 감소하는 모습을 볼 수 있었으나 이는 1초 이내에 다시 정상 범위로 돌아오는 것을 확인 할 수 있었음.





<전류센서를 이용한 장비 가동시 전류측정>

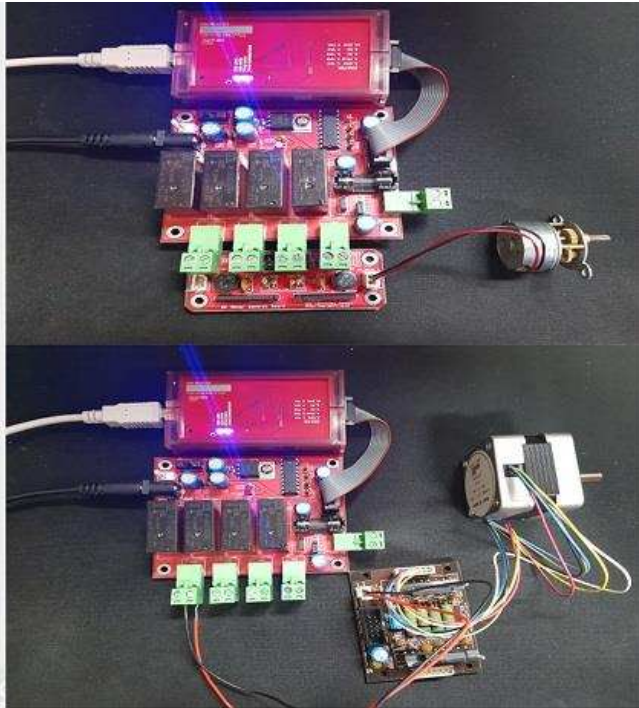
○ 구동모터 제어 실험

- 포집기에 사용되는 송풍모터와 모노레일 구동모터의 구동속도를 제어하기 위하여 구동제어 실험을 진행
  - 10 V 스텝모터와 모터드라이브를 이용하여 제어실험을 진행하였음.
  - 제어방법은 펄스폭제어(PWM)를 이용하였으며 이 제어방법은 모터에 들어가는 전류를 제어하여 모터의 구동속도를 제어하는 방식임.

```

1 int motorPin = 3;
2
3 void setup()
4 {
5   pinMode(motorPin, OUTPUT);
6   Serial.begin(9600);
7   while (! Serial);
8   Serial.println("Speed 0 to 255");
9 }
10
11
12 void loop()
13 {
14   if (Serial.available())
15   {
16     int speed = Serial.parseInt();
17     if (speed >= 0 && speed <= 255)
18     {
19       analogWrite(motorPin, speed);
20     }
21   }
22 }

```



<스텝모터와 모터드라이브를 이용하여 제어실험 사진>

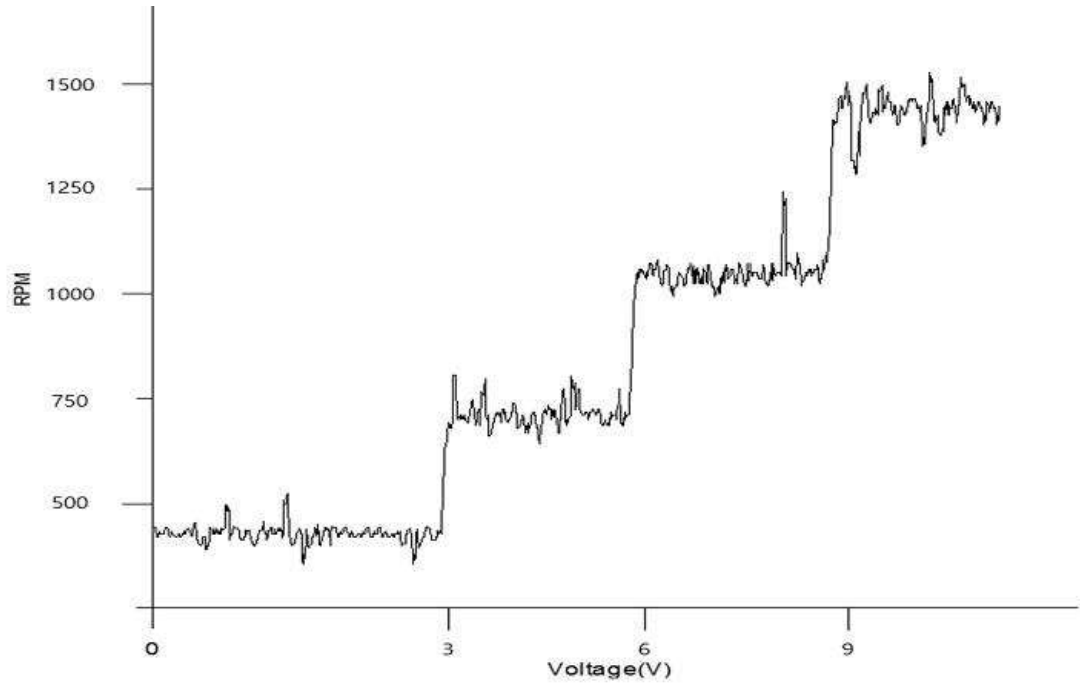
- Comport 프로그램을 사용하여 모터의 펄스폭을 제어함
  - 컴퓨터에서 사용되는 직렬 통신 포트이며 이는 신호를 받아 모터드라이브를 구동하며 이 때 모터의 주파수를 조절하여 장비의 구동속도를 제어 함.





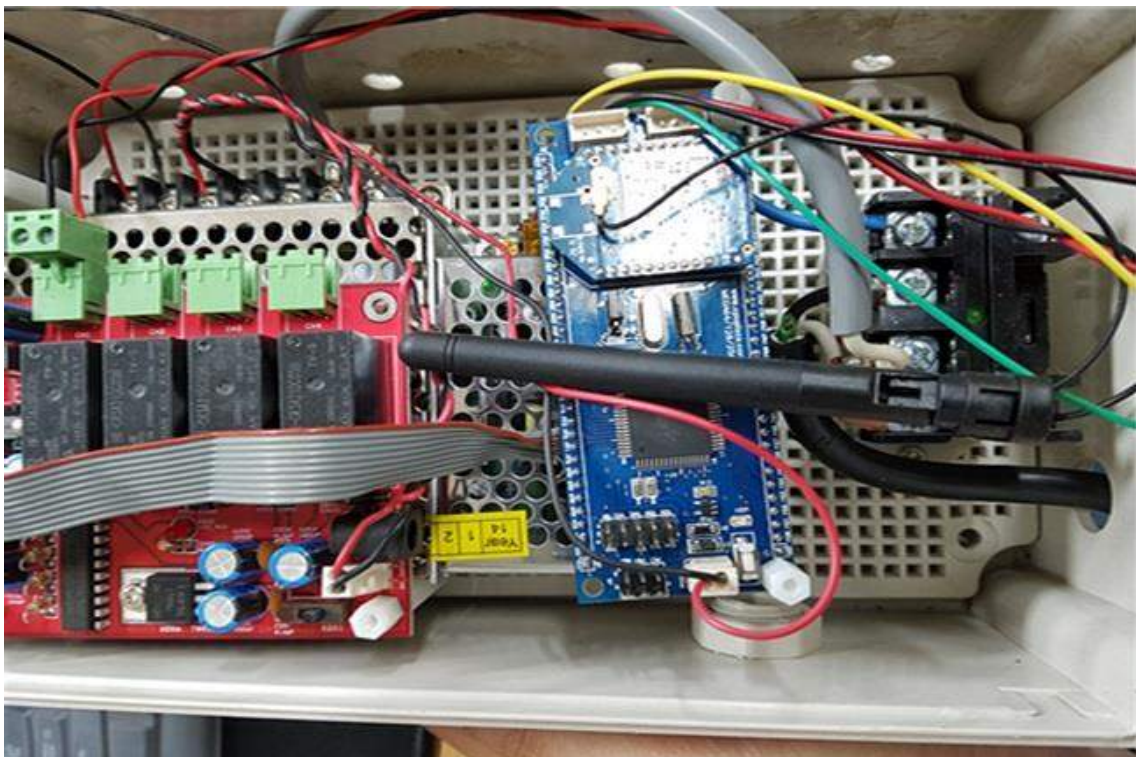
<Comport 프로그램을 이용하여 장비의 주파수 조절>

- 펄스폭제어(PWM)를 이용하여 구동모터 제어를 실시한 결과 아래 그림과 같이 측정되었음.
  - 데이터를 보면 처음 전류가 흐를 때부터 모터의 RPM이 측정 되는 것을 보며 정상 가동이 되는 것을 확인 할 수 있음.
  - 전압을 3 V, 6 V, 9 V로 변경할 때마다 구동모터의 RPM이 약 350씩 상승되는 것을 볼 수 있었음.
  - 최대 9 V일때 모터의 최대 RPM인 약 1500 대가 측정 되는 것을 확인 할 수 있었음.
    - 펄스폭제어(PWM)를 이용하여 구동모터의 이동속도를 제어 할 수 있는 것을 확인 할 수 있었음.



<전력변화에 따른 구동모터 회전속도>

- 구동모터 제어기판과 기초제작장치(LED램프 및 USB팬) 제어 장치 결합하였음.
- 모노레일 구동모터 제어기판과 기초 제작한 LED램프, USB구동팬을 결합하여 구동모터를 무선으로 제어하는 동시에 LED램프, USB구동팬의 제어를 진행함.



<LED램프와 USB팬 구동 제어장치>

- 구동모터의 속도(저속, 중속, 고속), 출발, 정지, 후진 기능을 사용하면서 LED램프와 USB 팬의 제어를 진행함.
  - 구동모터의 기판에 LED램프와 USB팬의 구동 제어 코드를 추가 코딩하여 모터의 각 기능을 제어 하며 동시 작동이 되도록 설계함.
- 송풍팬 풍속을 조절하기 위하여 구동모터 속도 제어
- 송풍팬의 구동모터 속도를 제어하기 위하여 전력조절 장치인 TPR-2N장비를 이용하였음.
  - 이 장비는 전력을 조절하는 장치이며 이를 이용하여 송풍팬을 구동시키는 모터의 구동속도를 제어함.
  - 가변저항기 노브를 포함하여 작은 전압 변동 및 간단한 릴레이에 의해 모터를 구동, 정지시킬 수 있음.



<구동모터 제어장치 TPR-2N(좌), ST540(우)>

제품 설명

형명	TPR-2N
외형치수(mm)	115.2(W) × 194.7(H) × 123.6(D)
기능	Soft Start, 과열경보(O.T), 경보출력, 기울기 설정, 출력제한 설정, 과전류 경보설정(O.C), 부하단선 경보설정(L.L),
표시방법	LED에 의한 출력표시
제어방식	위상제어, 사이클제어(스위치에 의한 선택). ON/OFF 제어
기동방식	Soft Start / Soft Down. (시간 : 0 ~ 50초)
적용부하	저항부하, 인덕턴스 부하(스위치에 의한 선택)
정격전류	50, 70 A
전원전압	110, 220, 380, 440 V a.c.
전원주파수	50/60 Hz
최소부하	0.5 A
제어소자	S.C.R
제어입력	4 - 20 mA d.c, 1 - 5 V d.c, 0 - 10 V d.c
외부볼륨	수동 설정볼륨(B 10 kΩ)
경보출력	과열경보(TPR-2N), 과전류 경보, 부하 단선경보 검출시 경보출력 동작, 릴레이 접점 출력(1a접점) 125V a.c 10 A, max, 5 A 250 V a.c
절연저항	20 MΩ 이상, 500 V d.c (입력단자-전원단자)
내전압	2,000 V, 1분간 (입력단자-전원단자)
냉각방법	50 A (자연냉각), 70 A (강제냉각)
중 량	약 2,000 g

- 연결된 디지털 컨트롤러는 NOVA사의 ST540 제품으로 고정밀(0.1%), 고기능이 실현이 가능함.
- 멀티 입력(T/C, RTD, DCV) 지원 가능하며, 멀티 출력 및 동시 출력(Max 4점) 가능, 파라메타 조작이 용이하고 설정 값이 문자화로 표현됨.
- 오버 슈트 억제 기능 지원하고 경보 출력 1점 기본 탑재되어 있으며, RUN/STOP 기능이 포함됨.
- 운전시작 및 종료 예약 기능 탑재되어 있고 보조 출력 상태의 운전화면이 표시됨.
- 구간별 입력 보정기능(Max 4 Zone)하고, PID 자동 보정 기능(AT Gain)이 탑재되어 있음.
- 다양한 통신 프로토콜 지원(Modbus 외)하며 최종적으로, 고품질, 고신뢰성(CE,CUL,ISO 등) 실현하였음.



<디지털 컨트롤러(NOVA사의 ST540)>

- 디지털 컨트롤러를 이용하여 풍속조절
  - 디지털 컨트롤러인 ST540을 이용하여 풍속 제어 실험을 진행하였으며 풍속은 풍속센서 (P2531)를 이용하여 실시간으로 제어값에 따른 풍속을 확인하였음.
  - 풍속센서(P2531)는 0 ~ 45 m/s의 풍속을 측정할 수 있음.



<풍속센서(P2531)>

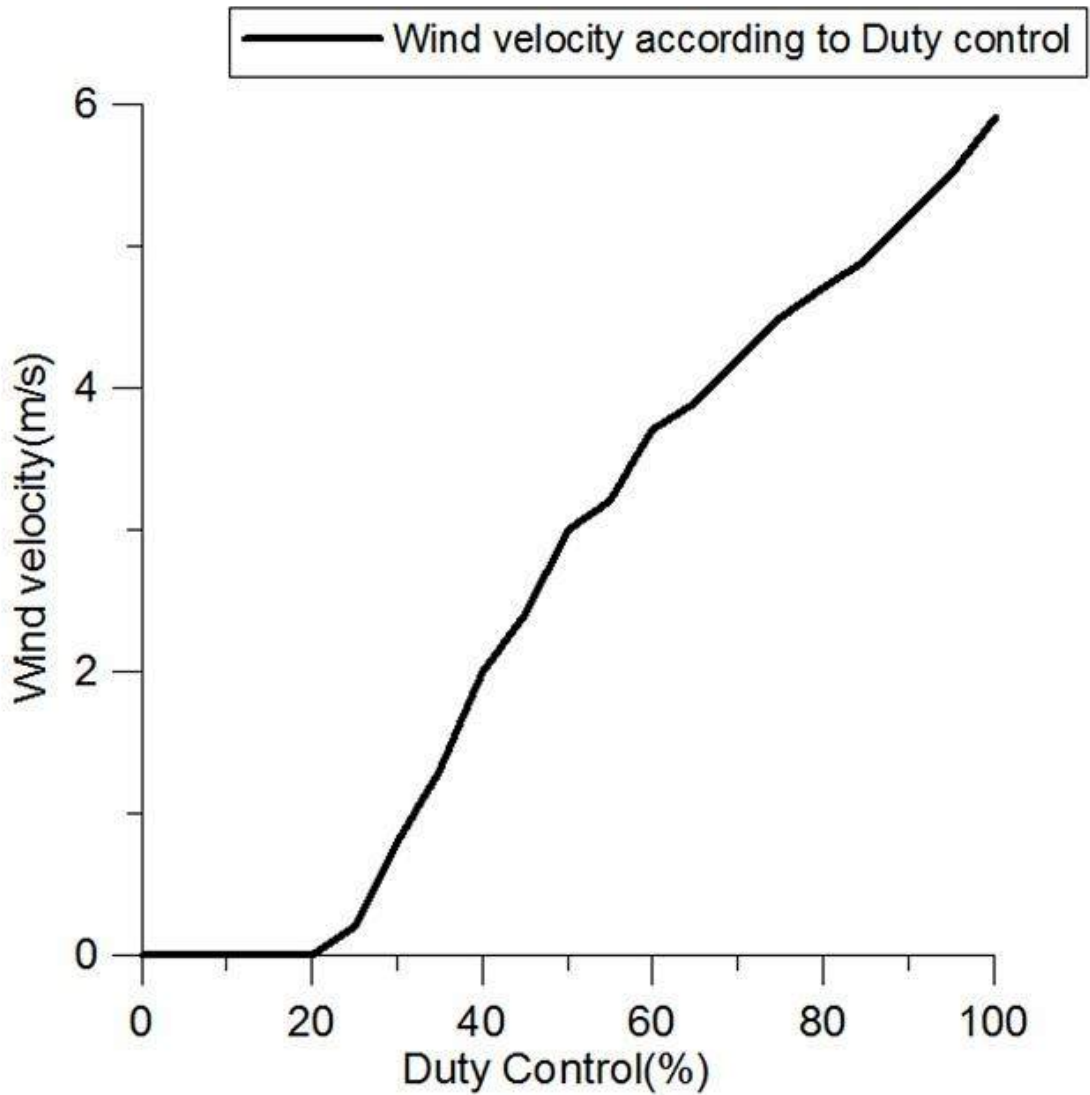
- 포집기와 풍속계의 거리는 비닐하우스 내의 작물들의 평균 이격거리인 70 cm에서 포집기의 예상 이격거리를 예상하여 30 cm 이격하여 풍속을 측정하였음.





<풍속센서를 이용한 구동모터 전류 공급값에 따른 풍속측정 장면>

- 구동모터의 속도에 따른 풍속은 모터의 전류 값이 100%일 때 최대 5.9 m/s가 나왔으며 모터의 구동속도가 20%가 되었을 때 30 cm 지점에 있는 풍속센서에서 풍속이 측정이 안 되었음.
- 풍속의 측정은 총 10번 측정을 실시하여 데이터의 평균값을 계산하였음.
- 풍속은 최대 5.9 m/s 로 작물에 도움이 되는 풍속 값인 5 m/s 와 비슷한 값을 보였음.
- 아래의 그래프는 모터의 최대 전력을 100%로 했을 때 전력 조절에 따른 풍속의 변화의 값을 나타낸 값임.



<Duty Control에 따른 풍속 변화>

○ 원격 자동제어부 설계

- 에플레이터 제어프로그램인 Tera Term을 이용하여 실시간 장비 구동제어 하였음.
  - 저속, 중속, 고속, 출발, 후진, 정지 등 총 6개의 동작으로 구동을 제어함.
  - 각자의 제어 장치는 한 개의 기능을 가지고 있으며 장비의 구동이 최대 1 s 이내에 반응하여 움직이도록 설계를 함.



각 기능별 제어코드 작성

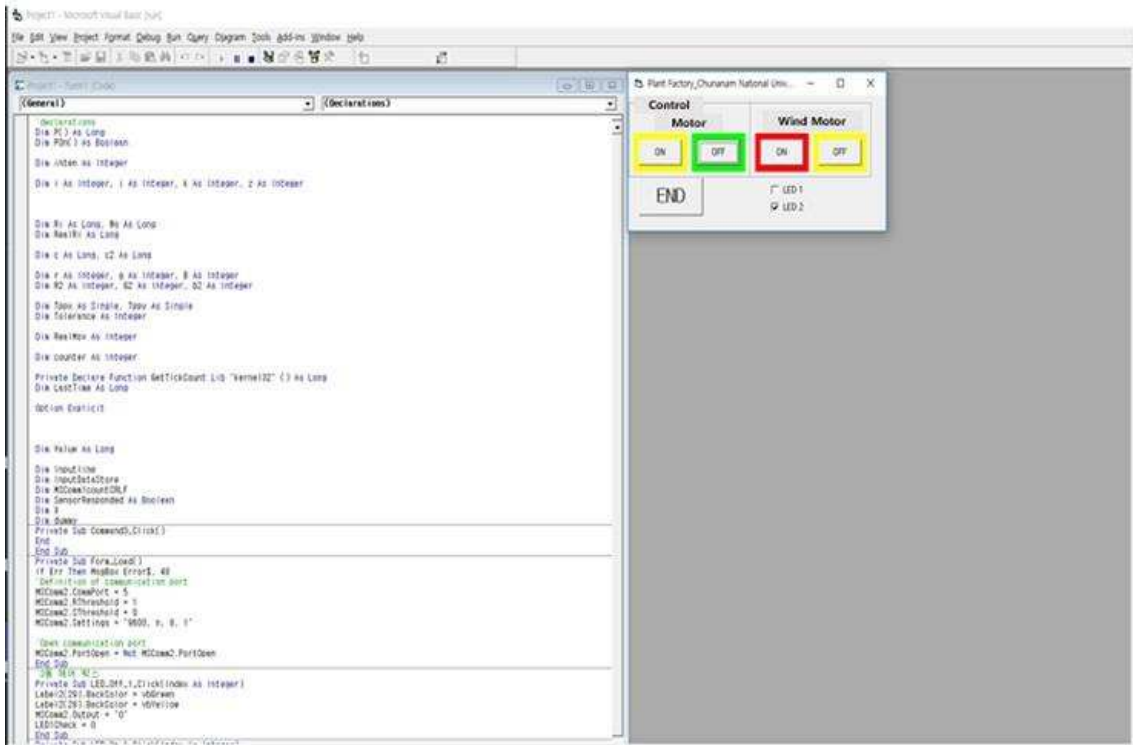
	ON	OFF	동작
Ch.1	00101	00100	저속
Ch.2	00201	00200	중속
Ch.3	00301	00300	고속
Ch.4	00401	00400	출발
Ch.5	00501	00500	후진
Ch.6	00601	00600	정지

- 인터넷프로토콜(IP) 기반의 네트워크 신호를 변환하여 통제하는 NPort를 이용하여 포집기의 구동제어 기초실험을 진행함.
  - 자동제어는 구동모터 원격 자동제부 설계를 중심으로 진행하였음.



<NPort를 이용한 포집기구동제어 실험(응답성테스트)>

- Visual Basic을 이용하여 장비의 구동을 제어함.
  - 각 기능의 장비를 GP2R-2C 스위치에 연결하여 기능별 신호를 보내면 장비가 구동되며 제어를 할 수 있도록 코딩하였음.
  - 최초 위에 제작된 모노레일 구동모터의 제어코드와 각 기능별(송풍모터 속도, 전기브라켓, 유인램프, UV살균램프)구동 코드를 작성하여 장비를 실시간으로 제어할 수 있음.



<Visual Basic을 이용하여 장비구동 코드 작성>

- 스마트폰을 이용 제어 노트북과 연결하여 장비의 구동을 제어함
  - NPort를 이용하여 장비를 제어하는 제어컴퓨터에 스마트폰을 이용하여 접속하여 장비의 가동을 제어하였음.
  - 스마트폰으로 컴퓨터에 있는 프로그램을 제어 하였을 때 약 1 s 정도의 딜레이 시간이 있었으며 이를 참고하여 장비의 대기시간을 선정하면 좋을 것으로 보임.







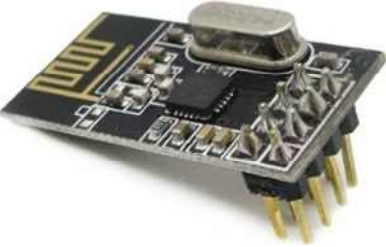

<스마트폰 및 컴퓨터를 이용한 원격제어>



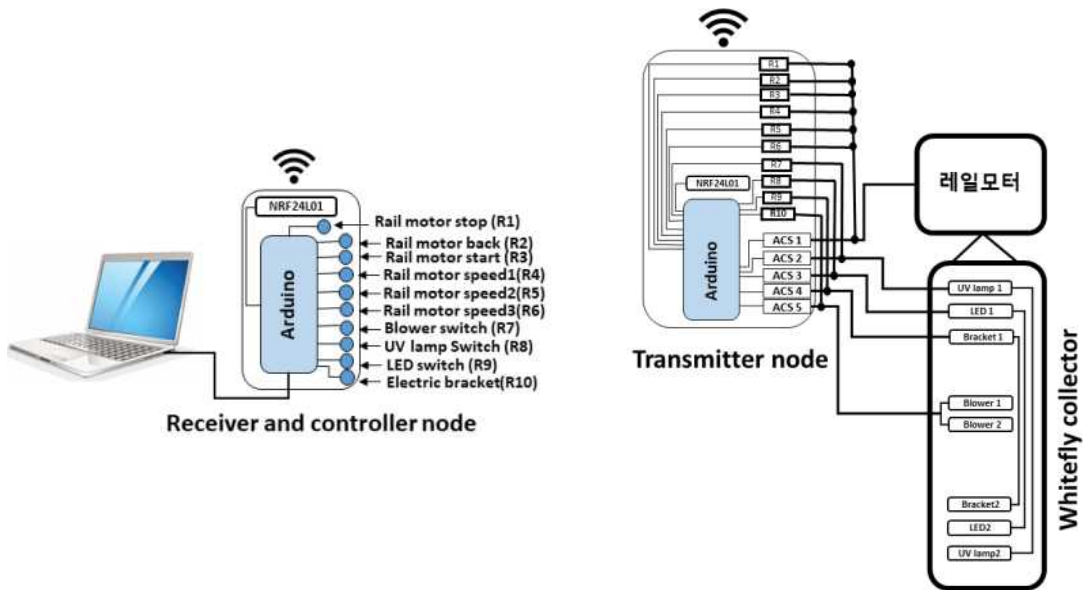
### 3. 현장 적용 및 사용자 매뉴얼 작성

#### 가. 현장적용 및 성능평가

##### ○ 사용되는 재료들

Sl.no	제품명	사진
	<p>Arduino Mega 아두이노 메가</p> <p><u>특징:</u> 01.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microcontroller: ATmega2560</li> <li>- 작동전압 5v)</li> <li>- 권장입력전압 7-12V</li> <li>- 제한 입력전압6-20V</li> <li>- Digital I/O Pins 54 (of which 14 provide PWM output)</li> <li>- Analog Input Pins 16</li> <li>- DC current per I/O Pin 40 mA</li> <li>- DC current for 3.3V Pin 50 mA</li> <li>- Flash memory 256 KB</li> <li>- SRAM 8 KB EEPROM 4 KB</li> <li>- Clock Speed 16 MHz</li> </ul>	
02.	<p>현재센서 (ACS712ELCTR-30A-T)</p> <p><u>특징:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5v 전원공급장치</li> <li>- 탑재된 전원 표시기</li> <li>- 최대 30A 전류 측정</li> <li>- 감도가 66mV/A 인 아날로그 출력</li> </ul>	
03.	<p>nRF24L01</p> <p><u>특징:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.4GHz RF transceiver Module. 송수신기모듈</li> <li>- 작동전압: 3.3V.</li> <li>- 정격전류: 50mA.</li> <li>- 범위: 50 - 200 feet.</li> <li>- 동작전류: 250mA (maximum)</li> <li>- 통신규약: SPI.</li> <li>- 보드 속도: 250 kbps - 2 Mbps.</li> <li>- 주파수 범위: 125.</li> </ul>	
04.	<p>8 channel Relay</p> <p><u>특징:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강한 광전자 차단 간섭 방지 기능이 있는 n-board EL817 광전 커플러</li> <li>- 온보드 5V,10A/250VAC,10A/30VDC 릴레이</li> <li>- 100,000회 연속 흡수 가능</li> <li>- 모듈은 출력 신호 표시기와 함께 직접 MCU I/O 링크가 될 수 있습니다.</li> <li>- 다이오드 전류 보호 기능이 있는모듈,짧은 응답 시간</li> <li>- PCB 크기: 45.8mm x 32.4mm</li> </ul>	

○ 시스템구조

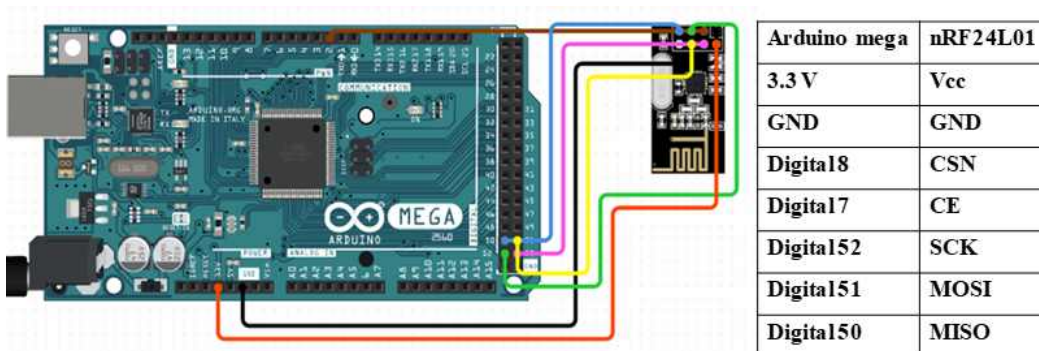


<온실 가루이용 포충기의 전반적인 제어 시스템설계>

- 총 10개의 릴레이와 10개의 푸시 스위치가 무선으로 연결되어 구성요소를 제어함
- 6개의 릴레이 및 6개의 푸시스위치가 3개의 레일모터속도, 1개의 역방향 속도 및 정지 목적을 제어하는 데 사용됨
- 그리고 블로워, UV 램프, LED 램프 및 전기 브래킷을 제어하는 데 사용되는 다른 릴레이 및 푸시 스위치
- 레일 모터, 블로워, LED, UV 램프 및 전기 브래킷과 연결된 5개의 ACS712를 통해 실시간 전력 소비량을 감지함

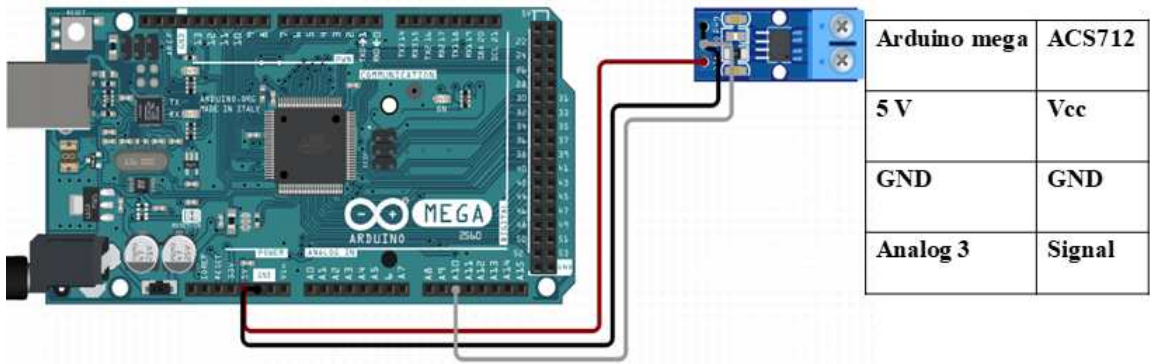
○ 회로제작:

- nRF24L01 모듈은 Arduino 메가 보드와 연결되었으며 Arduino IDE 소프트웨어를 사용하여 무선 통신을 프로그래밍함



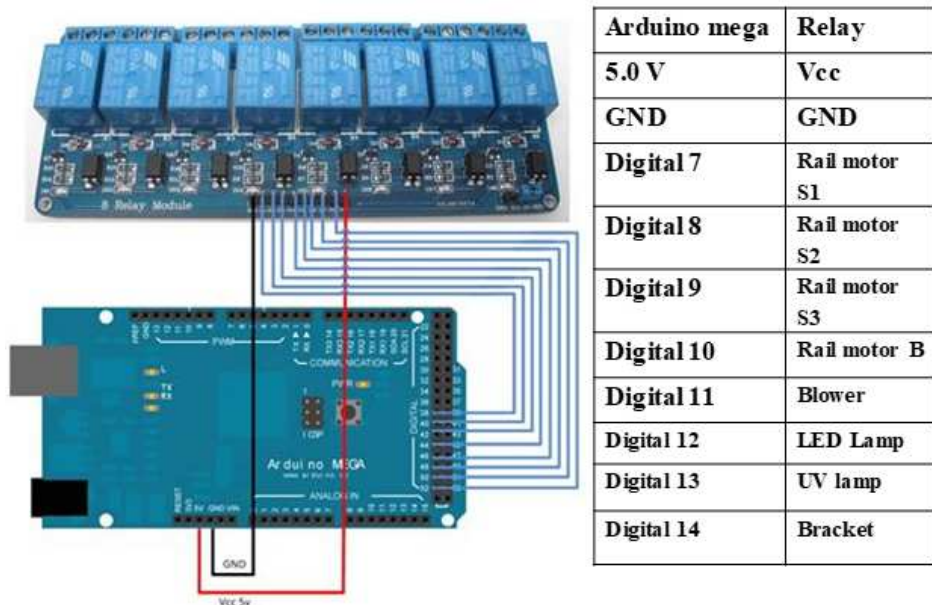
<아두이노 메가와 nRF24L02 연결 핀아웃>

- 각 구성 요소의 전력 소비량 측정을 위해 ACS712 센서가 Arduino mega에 연결됨
- 연결핀 출력은 그림3과 같이 설정됨



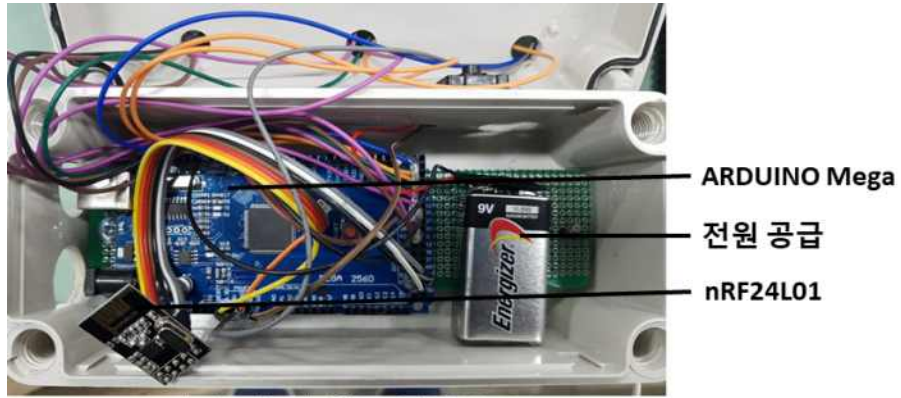
<Arduino Mega and ACS712 connection pin out>

- Whitefly collector의 구성요소를 제어하기 위해 아래그림과 같이 8채널 릴레이가 Arduino 보드에 연결됨



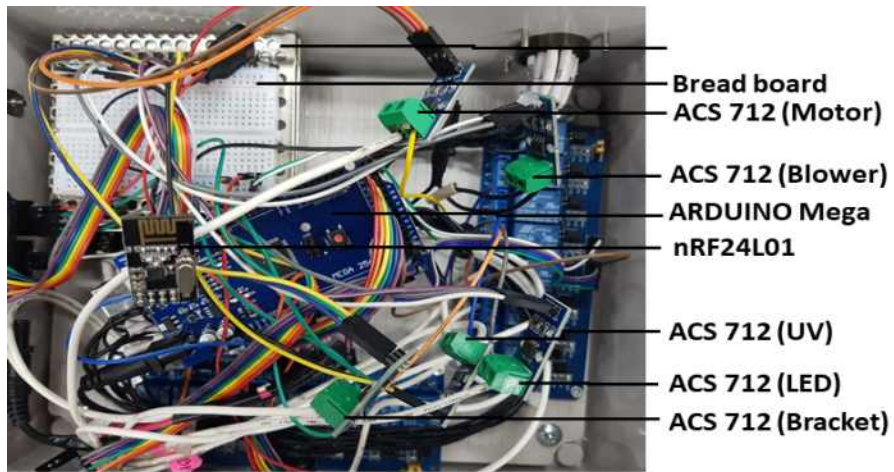
<Arduino Mega and 8 channel relay connection pin out>

- 그런 다음 모든 센서, 릴레이, nRF24L01 모듈이 하나의 회로에 통합되어 송신기 노드를 생성함
- 그리고 하나의 nRF24L01을 Arduino와 연결하여 수신기와 송신기 노드를 만들 수 있도록 함



**수신기 및 컨트롤러 노드**

<온실가루이용 포충기의 수신기 및 컨트롤러 노드>



**송신기 노드**

Figure 6: Whitefly collector의 송신기 노드

○ 소프트웨어 및 프로그램:

- 여기에서 전체 시스템을 운영하기 위해 오픈소스 아두이노 1.8.7을 사용함
- 이 프로그램은 Windows, MacOS, Linux 운영 체제에서 사용할 수 있음
- 이 소프트웨어에 사용되는 플랫폼은 IA-32 , x86-64 , ARM
- Java, C, C++가 이 소프트웨어에서 작성 언어로 사용됨
- 전체 구성요소는 아두이노 소프트웨어(IDE)에 스케치된 후 아두이노 보드에 삽입하는 프로그램으로 상호 연결됨
- 두 개의 프로그램이 두 개의 노드, 하나는 송신기 노드 용, 다른 하나는 제어기 노드와 수신자 노드 용으로 생성됨



```

#include <SPI.h>
#include "MF24U1.h"
#include "MF24U1.h"

const int sensorD0 = 0; // soil sensor
const int sensorD1 = A5; // sensor
const int sensorD2 = A2; // electric sensor
const int sensorD3 = A3; // LED
const int sensorD4 = A4; // UV lamp
int digitalWrite = 0; // 155 for 5A Module, 100 for 25A Module and 44 for
float Cmul = 0.0;

double Voltage = 0;
double Voltage1 = 0;
double Voltage2 = 0;
double Voltage3 = 0;
double Voltage4 = 0;
double Vtemp = 0;
double Vtemp1 = 0;
double Vtemp2 = 0;
double Vtemp3 = 0;
double Vtemp4 = 0;
double AmpAmp1 = 0;
double AmpAmp2 = 0;
double AmpAmp3 = 0;
double AmpAmp4 = 0;

void setup() {
  pinMode(sensorD0, INPUT);
  pinMode(sensorD1, OUTPUT);
  pinMode(sensorD2, INPUT);
  pinMode(sensorD3, OUTPUT);
  pinMode(sensorD4, OUTPUT);
  digitalWrite(sensorD1, LOW);
  digitalWrite(sensorD3, LOW);
  digitalWrite(sensorD4, LOW);
}

void loop() {
  // read sensor data
  Voltage = analogRead(sensorD0);
  Voltage1 = analogRead(sensorD1);
  Voltage2 = analogRead(sensorD2);
  Voltage3 = analogRead(sensorD3);
  Voltage4 = analogRead(sensorD4);
  Vtemp = analogRead(sensorD1);
  Vtemp1 = analogRead(sensorD2);
  Vtemp2 = analogRead(sensorD3);
  Vtemp3 = analogRead(sensorD4);
  AmpAmp1 = analogRead(sensorD1);
  AmpAmp2 = analogRead(sensorD2);
  AmpAmp3 = analogRead(sensorD3);
  AmpAmp4 = analogRead(sensorD4);
}

```

```

#include <SPI.h>
#include <MF24U1.h>
#include <MF24U1.h>

void setup() {
  pinMode(sensorD0, INPUT);
  pinMode(sensorD1, OUTPUT);
  pinMode(sensorD2, INPUT);
  pinMode(sensorD3, OUTPUT);
  pinMode(sensorD4, OUTPUT);
  digitalWrite(sensorD1, LOW);
  digitalWrite(sensorD3, LOW);
  digitalWrite(sensorD4, LOW);
}

void loop() {
  // read sensor data
  Voltage = analogRead(sensorD0);
  Voltage1 = analogRead(sensorD1);
  Voltage2 = analogRead(sensorD2);
  Voltage3 = analogRead(sensorD3);
  Voltage4 = analogRead(sensorD4);
  Vtemp = analogRead(sensorD1);
  Vtemp1 = analogRead(sensorD2);
  Vtemp2 = analogRead(sensorD3);
  Vtemp3 = analogRead(sensorD4);
  AmpAmp1 = analogRead(sensorD1);
  AmpAmp2 = analogRead(sensorD2);
  AmpAmp3 = analogRead(sensorD3);
  AmpAmp4 = analogRead(sensorD4);
}

```

<아두이노 소프트웨어(IDE)의 송신기 및 수신기 노드 프로그램 스케치>

○ 제어시스템의 성능 평가:

- 성능실험을 평가하기 위한 제어시스템 제작 후 크기(95 mx25.5 mx11m)의 하우스에서 실시
- 8.5m의 3개의 돔이 온실 지붕에 부착됨.
- 하우스는 전라남도 장성군 남면 삼태리 796-2에 위치함.
- 온실에서는 토마토가 재배됨
- 작물의 평균 높이는 1.56 ± 0.062 m.
- 작물 사이의 평균 거리는 0.5 ± 0.05 m.
- 두 줄 사이의 거리는 0.15 m.
- 온실용 가루이 포집기의 작동거리는 95m



<실험 온실 실내 및 외부>

○ 실험 설계:

- 감지 매개변수:
  - 구성부품의 현재소모량
  - \* 레일모터
  - \* 송풍기
  - \* 전기 브래킷
  - \* 자외선 등 UV

\* LED 등

- 제어 매개변수:

- Whitefly collector 전원
- 레일모터 전원
- 레일모터 전방속도제어(top/medium/low)
- 레일모터 후진동작 전원
- 송풍기 전원
- UV 등 전원
- LED 램프 전원
- 전기 브래킷 전원

○ 실험조건

- 데이터 수집 -4시간 연속(오후 6시부터 오후 10시)
- 10개의 복제 (수동, 자동 제어 및 원격 제어 모드)

○ 실험과정

- 전류계 및 알려진 전류 소비 구성 요소를 사용하여 모든 센서를 보정
- 각 구성 요소를 기준으로 모든 현재 센서를 삽입
- 릴레이와 함께 부착된 전원구성요소 On/off components attached with the relay.
- 모든센서와 릴레이는 아두이노 메가(송신기 노드)를 사용하여 연결
- 이 릴레이는아두이노 메가(수신기 및 제어기 노드)를 사용하는 다른 RF24L01에 의해 일부 푸시 스위치를 사용하여 무선 제어됨
- 또한 센서의 데이터와 릴레이의 피드백 신호를 수신기와 제어기 노드에 의해 수집하여 PC에 실시간으로 저장함
- 데이터를 얻으려면 PLX-DAQ 데이터 획득 소프트웨어를 사용함
- 데이터 및 제어 명령은 그래프와 함께 x1시트에 직접 저장됨



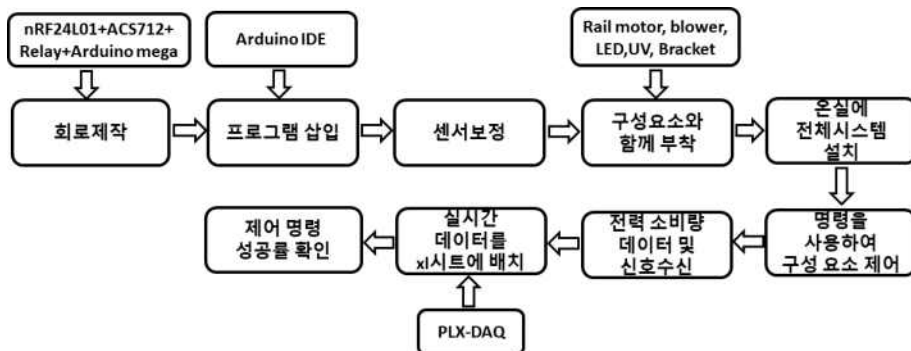
<PLX-DAQ 데이터 수집 툴 소프트웨어 전면 패널>

- 각 구성 요소의 작동 상태를 파악하기 위해 전력 소비 데이터를 수집함
- 전력 소비 상태에 따른 구성 요소의 응답 시간을 파악하기 위해 제공된 on/off 신호도 수집함
- 현장에서 데이터를 수집하여 다음 표에 행 데이터에 표시함

항목	수동 (원격) /자동	반복	모터 (watt)	B <sub>1</sub> (watt)	LED (watt)	B <sub>r</sub> (watt)	UV (watt)	이동 시간	On/ Off 신호									
									R <sub>f</sub>			R <sub>b</sub>	B <sub>L</sub>	L E D	U V	B <sub>r</sub>		
									S 1	S 2	S 3							
감지																		
제어																		

**\*\*R<sub>f</sub>-Rail Motor Forward movement, S<sub>1</sub>-top speed, S<sub>2</sub>- middle speed, S<sub>3</sub>- low speed, R<sub>b</sub>- Backward movement, B<sub>L</sub>-Blower, B<sub>r</sub>-Electric bracket**

<온실 가루이용 포집기 성능 평가>

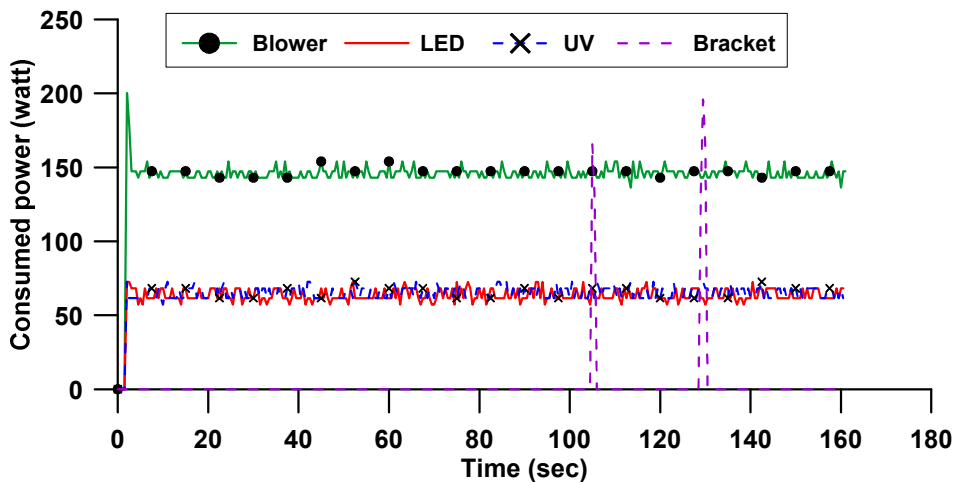


<온실가루이용 포집기 실험의 전반적인 작업 도표>

○ 실험결과

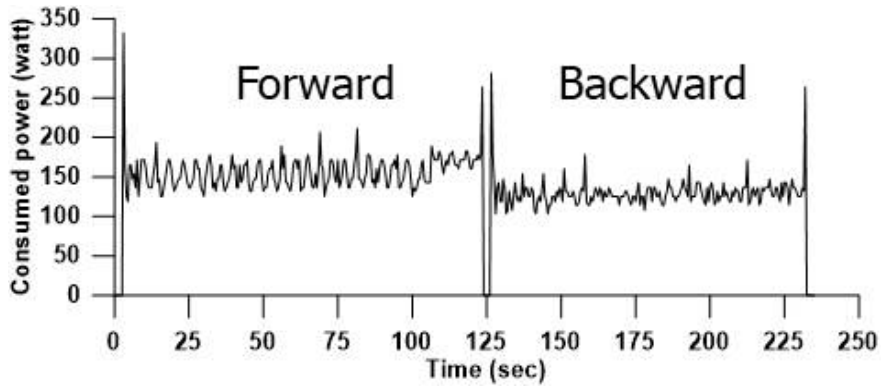
- 감지부:

- 모든 구성요소의 전력 소비는 ACS712 전류센서를 사용하여 측정되었으며 nRF24L01 모듈에 의해 무선으로 수집됨
- Whitefly collector에는 송풍기가 2개 있고 평균 전력  $145.76 \pm 4.78$  와트를 소비함
- 이와 유사하게 LED 램프 두 개는 평균  $63.72 \pm 3.94$  와트의 전력을 소비함
- 2개의 UV램프는 평균  $65.20 \pm 3.86$  와트의 전력을 소비함
- 전기 받침대 2개 포함, 백과리나 곤충과 같은 장애물을 마주하지 않는 한 전력 소모가 없음
- 실험 중 전기 브래킷이 어떤 장애물에 직면하여 몇 초간 확실히 고출력을 소비한 것으로 확인됨
- 송풍기, LED 램프, UV 램프 및 전기 브래킷 실시간 전력 소비 곡선이 그림 12에 제시되어 있음

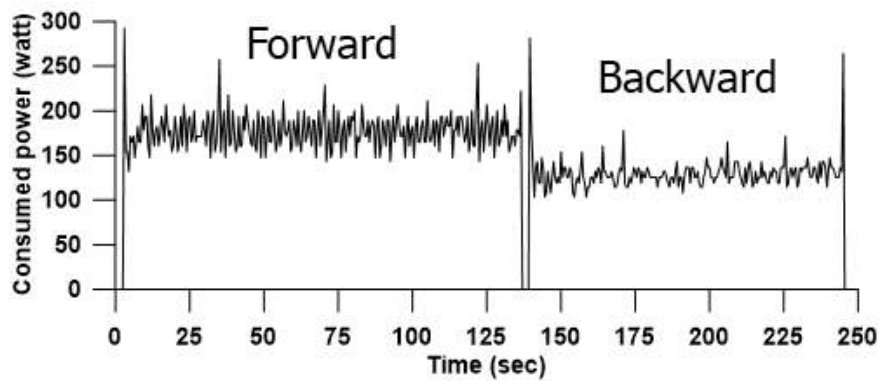


<온실 가루이용 포집기의 다양한 구성 요소에 의해 소비되는 전력>

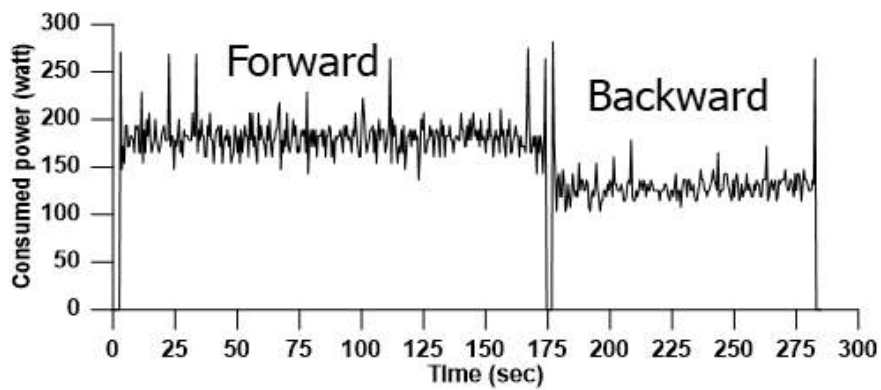
- 그래프는 일반적으로 전기 브래킷이 장애물(흰색)을 받지 않는 한 전력을 소비하지 않는다는 것을 보여 줌
- 실험 중 최대 출력은 202.42와트(W)로 일부 장애물에 의한 전기 브래킷으로 파악됨
- 레일 모터의 전력 소비량 측정 시, 모터에 의해 다른 속도로 소비되는 전력에 주목함
- 다양한 속도에서 레일 모터의 전력 소비량이 그림에 나타나 있음



<저속에서의 레일 모터의 실시간 전력 소비량>



<중간 속도에서의 레일 모터의 실시간 전력 소비량>



<고속에서 레일모터의 실시간 전력소비량>

<다양한 속도에서의 레일모터의 전력소비량>

Item	Forward speed			B a c k speed
	Low	mid	High	
Speed (m/sec)	0.25	0.22	0.175	0.29
Power consumption (watt)	156.48 ± 21.2	177.36 ± 19.96	181.43 ± 18.39	129.20 ± 18.12



- 실험 기간 동안 한 토마토가 받은 시간에 얼마나 많은 양의 공기 흐름이 실험 중에 측정됨
- 레일 모터의 다양한 속도에서 실험장 각 발전소는 다양한 시간 동안 다양한 양의 공기 흐름을 받음
- 실험 중 각 공장의 기류량과 지속시간을 VelociCalc 다기능계 9565로 측정함

<레일 모터의 다양한 작동 속도에서의 기류 측정 요약 제공>

Rail motor speed	Average air flow received per plant , m/sec	Average time of air flow per plant, sec
High speed	0.418 ± 0.034	1.002 ± 0.042
Medium speed	0.725 ± 0.033	2.961 ± 0.047
Low speed	0.85 ± 0.0243	5.001 ± 0.078

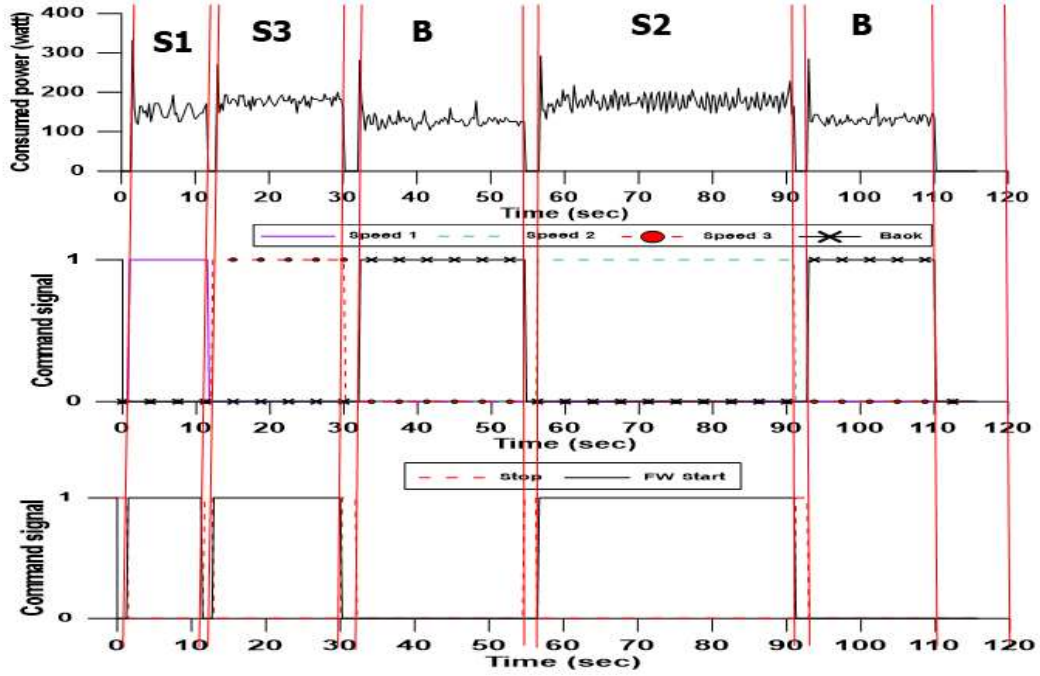


<기류량 및 지속시간 측정>

- 제어부

- 레일모터 제어명령 평가
  - \* 레일 모터는 3회의 전진 및 1회의 후진 속도로 제어됨
  - \* 레일 모터에 대한 제어적 평가는 각 속도마다 10개의 복제를 사용하여 수행됨
  - \* 그림 17에서 그것은 전력 소비 곡선과 제어 명령 신호를 보여줌
  - \* 각 시간에서 전력 소비 곡선은 무시할 수 있는 시간 차이와 함께 제어 명령으로 응답함
  - \* 실험 동안에 레일 모터의 제어 성공률이 100% 였음

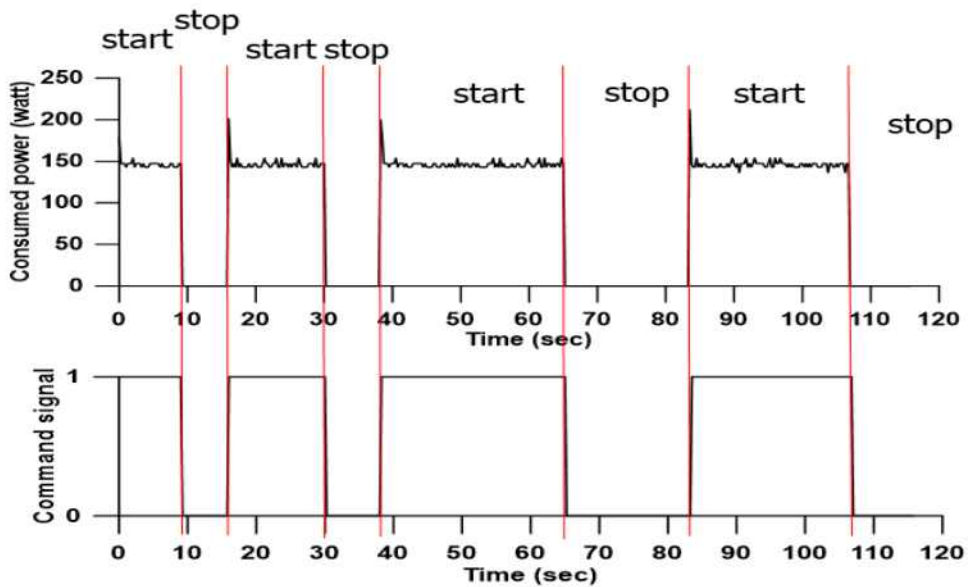




<전력소비량이 있는 레일모터제어명령>

- 송풍기 제어 명령 평가

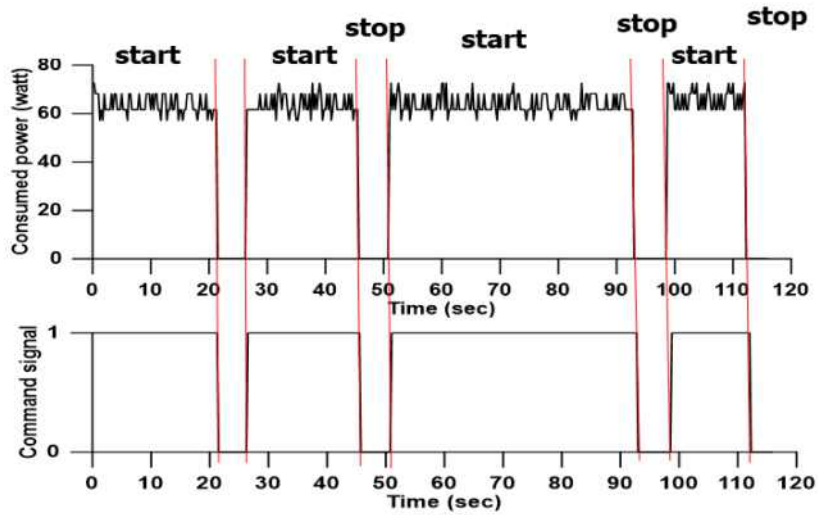
- 송풍기 리모컨에서 전원(1/0)신호를 제공하여 제어함
- 시동 명령 중에 송풍기는 침두 전력 소비로 이동한 다음 평형 상태가 됨
- 모든 전원 제어 명령은 시간을 제공하며, 송풍기 응답시간은 실험중에 동일함
- 제어평가는 열 개의 복제로 수행되었고 100% 제어 응답 성공률이 확인됨



<전력소모가 있는 송풍기 제어 명령>

- LED 등 제어 명령 평가

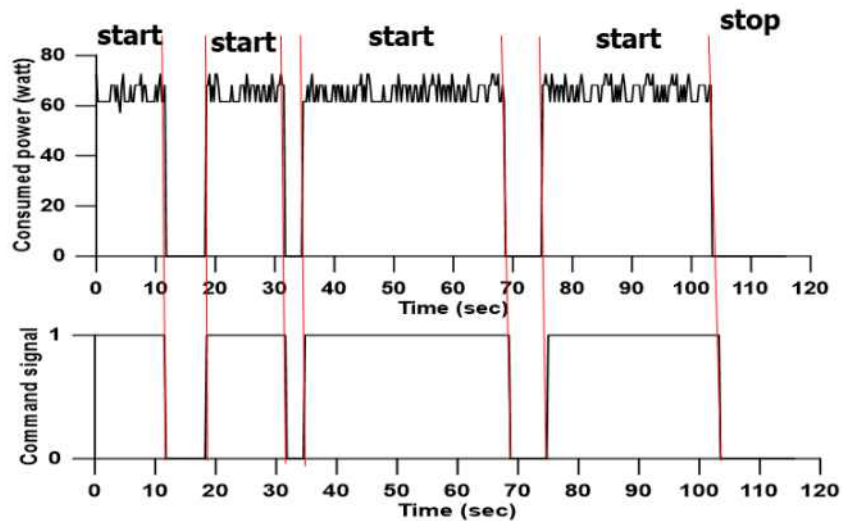
- LED 램프는 리모컨에서 ON/OFF 신호를 제공하여 제어함
- 또한 각각 10개의 복제가 있는 제어 신호를 사용하여 수동 및 임의로 제어함
- LED 램프의 ON(1) 제어 신호가 컨트롤러에 전송되면 평균 전력 소비량이 63.72W로 나타남
- 그리고 OFF 신호(0)를 보내는 동안 전력 소비량은 0와트가 되고 전력 소비 그래프는 LED 램프 제어 명령에 표시된 것처럼 시간 차이는 거의 없음
- 항상 제어에서 100%의 성공률을 보임



<전력 소모가 있는 LED 램프 제어 명령>

- UV 등 제어 명령 평가

- UV 등을 제어하기 위해 컨트롤러 리모컨에서 1/0 신호를 제공함



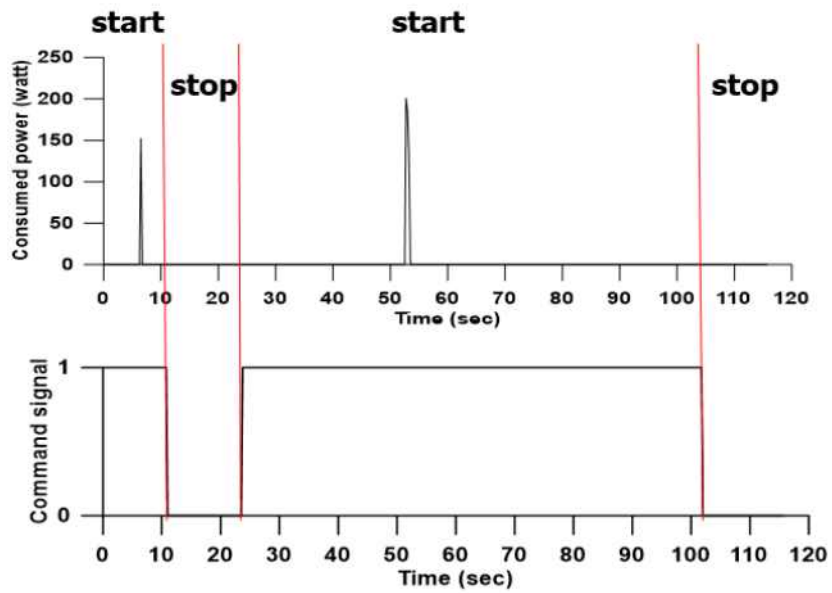
<전력소모가 있는 UV램프 제어 명령>

- ON 신호를 공급한 후 평균 전력 소비량 약 65.20W
- 전원 소비는 OFF 신호를 제공하는 동안 즉시 0와트로 이동함

- 따라서 기본적으로 실험에서 UV 등의 제어 명령과 전력 소비 상태 사이에는 시간 차이가 없는 것으로 보임
- 결과에 근거하여 제공된 제어 신호 성공률이 100%였다고 할 수 있음

- 전기 브래킷 컨트롤 명령 평가

- 일반적으로 전기 브래킷은 whitefly같은 장애물을 넘을 때까지 전력을 소비하지 않음
- (1)조건의 제어명령 중 때로는 약 202.42 watt 선택 전력 소비량을 보임
- 그리고 off상태에서는 항상 0watt를 보임
- 10개의 복제에서 전기브래킷의 경우 제어명령 100%%성공률로 작동함



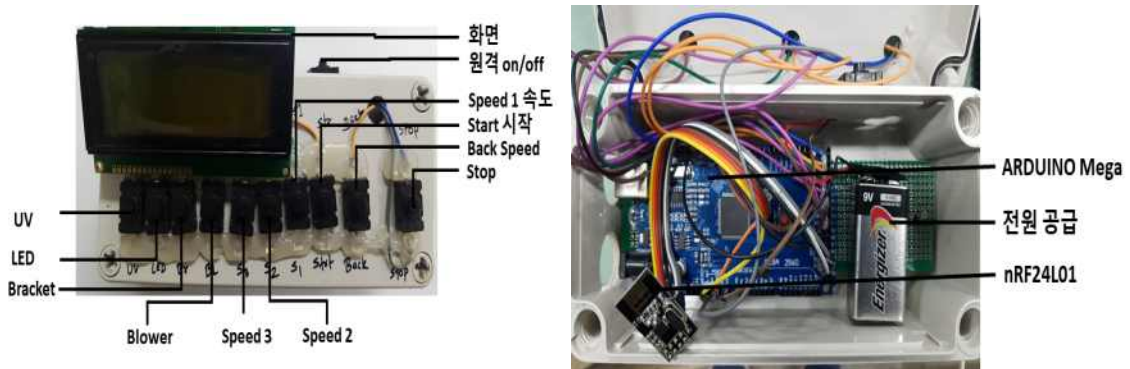
<전력 소모가 있는 전기 브래킷 컨트롤 명령>

나. 자동제어기 사용자 매뉴얼 작성

○ 사용자 설명서

- 기존 제어시스템의 사용 설명 및 사용설명서와 제품 간의 관계

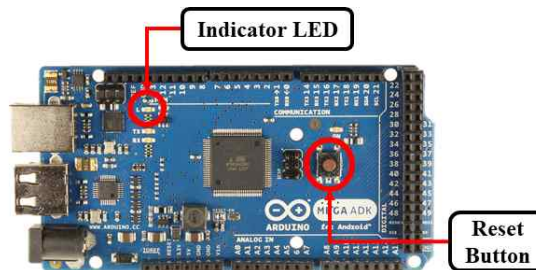
- 제어용 리모컨은 디스플레이 1개와 리모컨을 켜고 끄는 11개의 푸시 스위치로 구성되며, 다른 10개는 온실용 가루이 포집기 구성부품을 제어하기 위한 것임
- 리모컨 안에는 아두이노 메가, 전원 및 nRF24L01이 있음
- 디스플레이에는 각 구성부품의 전력 소모량과 상태가 표시됨
- 먼저 송신기와 원격의 통신을 설정하려면 원격 전원 스위치를 킴
- 특정 속도로 레일 모터를 작동하려면 먼저 해당 속도 버튼을 켜 다음 시작 버튼을 누름
- 뒤쪽 방향으로 레일 모터를 작동해야 하는 경우에는 정방향으로 작동하는 경우 중지 버튼을 먼저 누른 다음 뒤 속도 스위치를 킴
- 송풍기를 켜고 끄려면 자외선 램프, LED 램프 및 전기 브래킷이 위 그림 22의 특정 스위치를 사용해야함



<장비를 제어하기 위한 리모컨의 세부사항>

- 설치 및 유지보수에 관한 정보

- 제어 시스템을 켜려면 전원 버튼을 눌러야함 (위 사진 참조)
- 제어 시스템에 문제가 발생하면 전원 공급(배터리) 연결을 확인
- 제어 시스템이 켜져 있지만 제어 명령이 작동하지 않으면 nRF24L01 모듈의 배선을 확인하고 아래 사진과 같이 제어기의 다시 시작 버튼을 누름
- 송신 노드 마이크로 컨트롤러의 표시 LED가 깜빡이지 않으면 데이터 전송이 중단되는 경우 데이터 수집 중에 마이크로 컨트롤러의 재시작 버튼을 눌러야 함



<마이크로 컨트롤러의 리셋 버튼과 LED 표시>

- 안전에 관한 정보

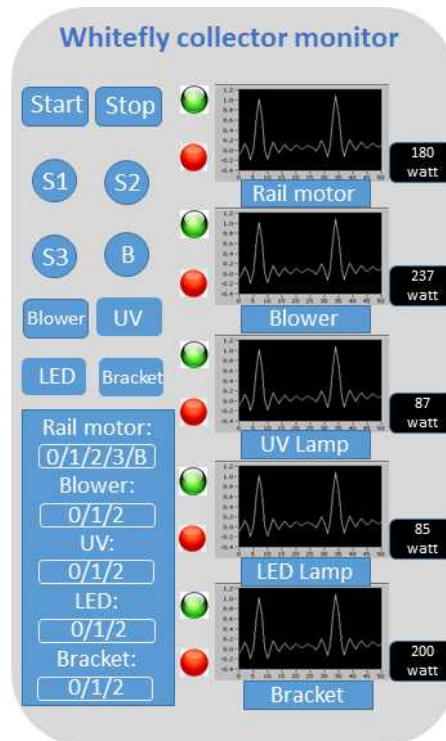
- 이 시스템의 모든 구성 요소는 낮은 DC전압을 사용했기 때문에 제어 시스템이 작동하는

동안 주요 안전 예방 조치는 필요하지 않음

- 전송 노드 안전주의 사항은 노드에 전류 센서와 릴레이 모듈이 부착된 AC라인이 있기 때문에 주의를 기울여야 함
- nRF24L01 모듈의 작동 범위 때문에 리모컨이 제어 장치로부터 60m 이상 떨어져서는 안됨
- 원격 및 제어 장치는  $-200^{\circ}\text{C} \sim +700^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 작동되어야 함

- 제안된 제어 시스템에 대한 사용자 설명서

- 스마트폰을 그림 23과 같은 전면 패널과 함께 리모컨으로 사용할 수 있음
- 시스템은 기존의 개발된 제어 시스템으로 작동함
- 기존 개발 시스템과 같은 10개의 스위치 제공



<온실 가루이 포집기에 제안되는 스마트폰 기반컨트롤 패널>

- 실시간 전력 소비량 그래프로 표시
- 각 구성부품 그래프 옆에서 빨간색 또는 녹색 불빛이 각각 꺼짐 또는 켜짐으로 빛남
- 제어명령에 따른 디스플레이에 레일 모터 속도 상태가 표시됨
- 송풍기, LED 등, UV 등 및 전기 브래킷의 상태가 상태 표시줄에 표시됨
- 구성부품이 다운되거나 문제가 있는 경우 표시장치는 구성부품의 전력 소모 상태에 따라 그 정보를 제공함

### 제 3절 테스트베드 구축 및 현장적용(협동 : ㈜나루농업컨설팅)

#### 1. 주요 과채류 농가 비산해충 및 가루이류 실태조사

##### 가. 비산해충 관련 현황조사

###### ○ 조사 개요

- 대상 작물 : 토마토, 파프리카, 딸기(특히 토마토와 파프리카를 중심으로)

- 대상 해충 : 온실가루이, 담배가루이, 총채, 응애, 진딧물

- 조사 항목 : 출현시기, 관리밀도, 다발생시 피해, 해충의 서식생태 및 습성, 해충유입경로, 비산해충 종류 등

###### - 조사 지역

전남 : 화순, 장성, 보성지역 15명

전북 : 장수, 김제지역 6명

경남 : 진주, 김해지역 16명

###### - 조사 방법 :

현장 대면조사

조사표 작성

지역별로 5~10농가를 방문하고 온실가루이 관련 해충의 발생빈도 및 과거 피해내용에 대해 조사

과채류 비산해충 및 가루이 실태조사표

농 가		위 칙		
주 소				
면적(평)	온실형태			
<b>&lt;주요 병해충 발생 현황&gt;</b>				
구 분	주출현시기	피해밀도	피해정도	유입경로
가루이류			소 중 대	
총채벌레			소 중 대	
응애			소 중 대	
진딧물			소 중 대	
철벌레(나방류)			소 중 대	
<b>&lt;주요 과채류 가루이류 발생 현황&gt;</b>				
구분	예방활동(원격/기차제)	방제활동	효과	
가루이류		주요 약제		
		관한경약제		
기타 비산 해충 (총채/응애/진딧물)		주요 약제		
		관한경약제		

<조사표>



## ○ 현황조사 결과

10월과 11월에 걸쳐 연구원이 각 지역별로 현장방문을 하여 대면조사를 한 결과 비산해충에 대해 다음과 같은 결과를 얻었다. 농가에서 관심을 가지고 관리하는 비산해충은 총채, 응애 및 가루이류이며, 가장 관리에 어려움을 겪고 있는 해충이 가루이류(온실가루이와 담배가루이)와 응애류인 것으로 나타났다. 토마토 농가는 가루이류에 대해 가장 민감하게 대응을 하고 있으며, 파프리카 농가는 과일의 품질과 수세에 영향을 미치는 총채벌레, 딸기농가는 수세에 영향을 미치는 응애류에 대해 중점을 두고 관리하고 있었다.

계절과 환경에 따라 유행하는 해충이 다르지만 주로 환절기이거나 겨울철 이외의 따뜻하고 건조한 계절에 해충의 발생이 많은 것으로 나타나 3~5월, 10~11월에 발생이 많았다. 모든 비산해충들이 온실내로 유입되는 것은 환기창의 개도율이 높은 시기에 번성을 하고 특히, 주변에 같은 작물이 많거나 단지화를 이룬 재배지역에서 방제를 하더라도 인근 하우스에서 유입되는 경우들이 많아 공동방제 등이 이루어지지 않는 한 농약에 의한 박멸은 어려운 것으로 나타났다.

가루이류와 총채류는 흡즙에 의한 바이러스 전염 매개충으로 각별한 주의가 필요하며, 특히 토마토재배 농가에서는 최근 문제가 심각한 황화바이러스나 황화위축바이러스(TYLCV)의 전염시켜 수량감소의 원인이 되고 있으며, 화순 농가의 경우 바이러스 저항성 품종에서도 감염에 의해 정식후 1개월만에 약 20%를 제거해내고 보식을 한 경우가 있으며, 다른 완숙토마토 농가도 정식후 약 2개월 이내에 TYLCV에 의한 문제가 심각한 수준으로 말하고 있다. 최근에는 잘 알려진 TYLCV이외에도 TiCV 및 ToCV의 증상이 3-4년 전부터 확산되고 있으며, 이 증상도 가루이류에 의한 전염으로 의심되고 있다.

파프리카의 경우 총채에 의한 직접적인 과일피해나 수세의 저하 및 잎의 위축 등이 문제가 되지만 가루이류에 의한 바이러스 감염 및 확산이 우려되어 지속적으로 밀도관리가 이루어지고 있다. 특히 파프리카 농가들의 천적사용율이 높아져 정식후 2개월이내에 방제작업을 완료하고 천적 투입이 일반화되어있으며, 특히 가루이, 총채, 응애에 대해서는 지속적인 밀도관리가 이루어지고 있으며, 진딧물에 대해서는 천적에 의한 관리가 용이하여 발생시에 곧바로 투입하는 경우가 많았다.

온실가루이는 기주식물이 90종이 넘어 온실작물은 물론 온실주변의 잡초류에도 발생빈도가 높아 언제든지 온실주변에서 비산하여 날아들어올 수 있다. 온실가루이의 약충과 성충은 잎에서 즙액을 흡즙하고, 감로를 분비하기 때문에 피해식물은 검은색 분을 바른것처럼 되며, 밀도가 높은 경우 흡즙으로 인해 식물의 생리적인 대사에 영향을 미치고 새순의 생장을 저해한다. 심할 경우에는 퇴색, 위조, 낙엽 및 고사에 이르게 된다. 특히 여러 가지 바이러스의 매개가 되며, 번식력이 매우 강해 밀도조절을 못하면 급격히 증가하게 된다.

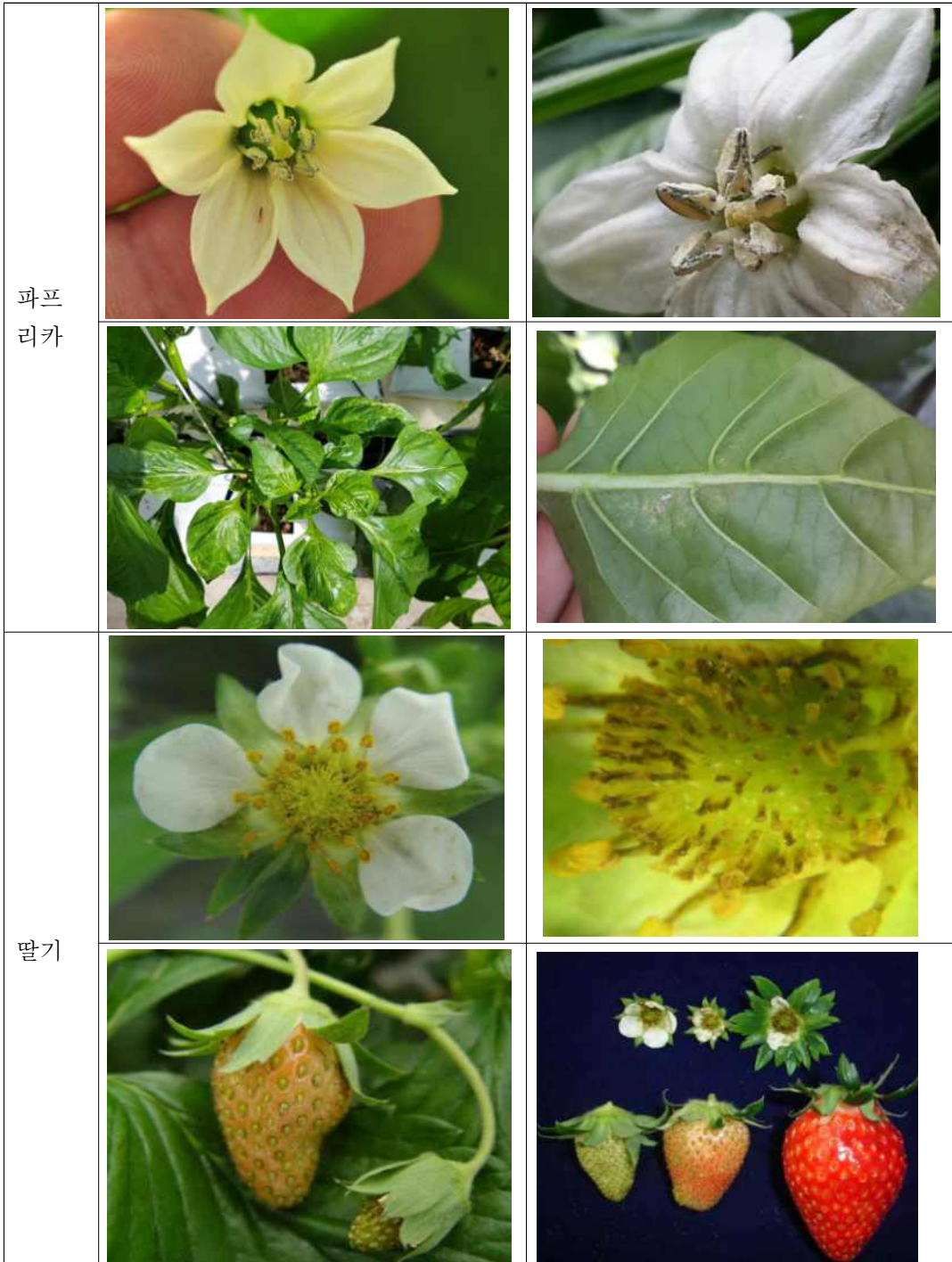
<비산해충 및 가루이 실태조사>

대상해충		다발생작물	주출현시기	비고
총채류	꽃노랑총채 대만총채	파프리카	5월	천창을 통한 외부유입 바이러스 동반 토마토반점위조바이러스( TSWV)
		토마토	10월	토마토반점위조바이러스( TSWV) 동반
		딸기	3~4월	불량과,
응애류	점박이응애	파프리카	3~4월	흡즙에 의한 변색
		토마토	10월	흡즙에 의한 변색
		딸기	10월~11월 3~4월	충해 중 가장 심함
	차면지응애	파프리카	7~8월	예찰이 어려움
토마토		12월~1월		
가루이류	담배가루이	파프리카	8~10월	토마토황화잎말림바이러스 (TYLCV) 동반
		토마토	10~11월	
	온실가루이	토마토	3~5월	TYLCV, ToCV, TiCV 등

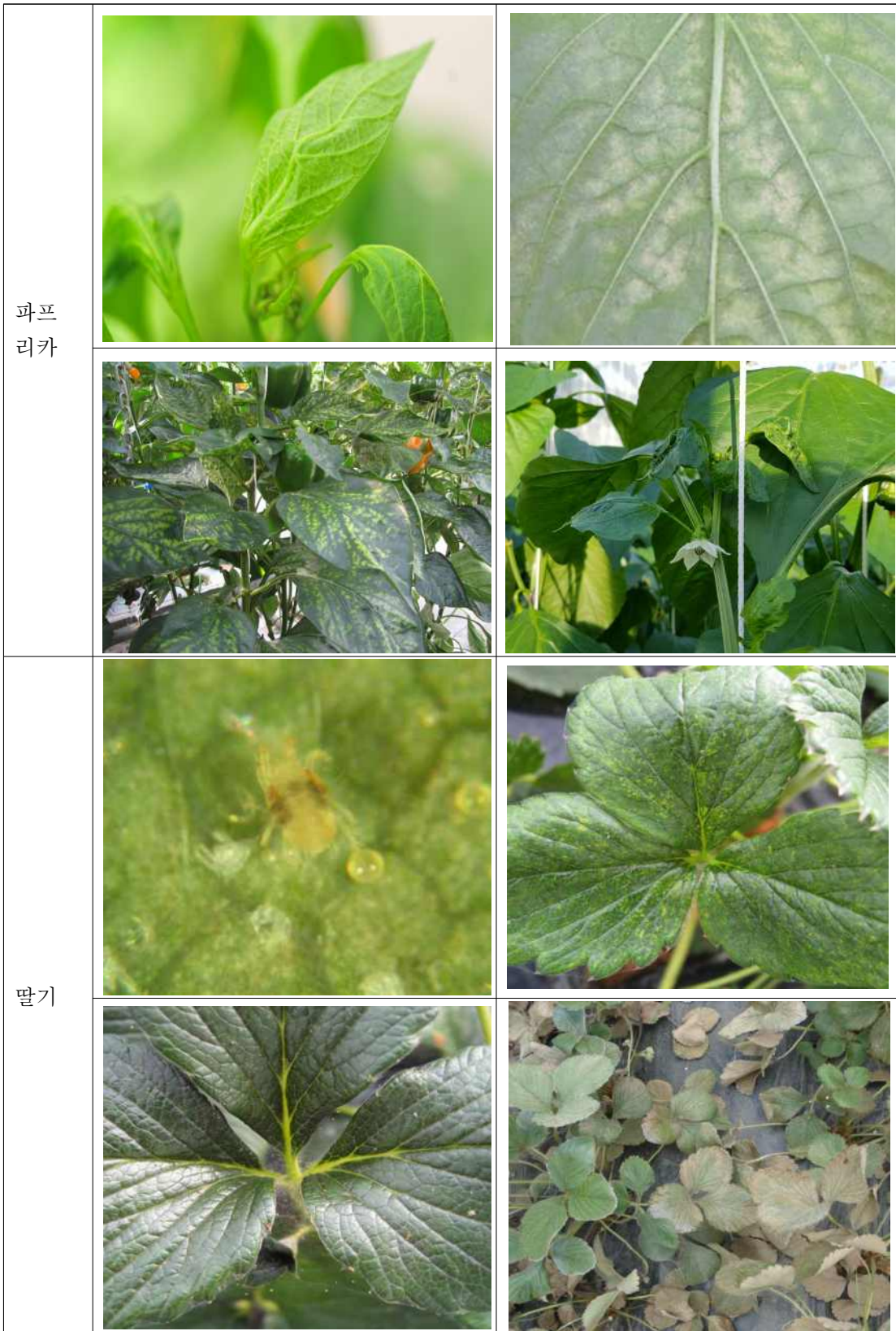
나. 가루이류 피해 예방 및 방제 현황조사

○ 과채류의 종류별 가루이류 피해 예방 및 방제를 위한 현황 조사

- 과채류의 종류별 가루이류 및 비산해충 피해 실태 (농업회사법인 탐진들. 병해충도감, 농촌진흥청. 쉽게 알보는 딸기 병해충 2판 참조)
  - 총채벌레 : 성충과 약충이 꽃에 많이 기생하며 꽃이 흑갈색으로 변색되어 불임이 됨. 과일은 과피가 다갈색으로 변해 상품가치가 없어짐.











- 응애류 : 잎이 작아지고 기형이 되며, 엽록소가 파괴되어 광합성 감소를 일으켜 점차 잎이 말라 고사





- 가루이류 : 과실에는 직접적인 영향을 나타내지 않으나 약충과 성충이 잎에서 즙액을 흡즙하고, 감로를 분비해 그을음을 발생시키고 바이러스를 매개

<p>파프리카</p>		
<p>딸기</p>		
<p>토마토</p>		
<p>토마토</p>		

- 주요 과채류의 가루이류 및 비산해충에 관한 설문 조사 분석 : 전남, 전북 지역의 토마토, 파프리카, 딸기 농가에서 설문조사를 작성 받아 분석

- 분석표

<가루이류 및 비산해충에 관한 설문 분석>

구분	예방활동 (천적방제)	비고	방제활동 (화학적방제)	비고
가루이류	지중해이리응애, 사막이리응애, 황온좁벌	- 천적을 조기에 투입시 효과 좋음	지존, 팡파레, 신기루, 세티스, 텔리게이트, 에이팜, 모스피람, 팬텀	- 방제효과 : 증상 - 기대효과 : 확산 방지 - 약제에 따라 발 육단계별 방제 효과차이가 있음 - 방제약제 두가지 이상 혼용시 효 과 높아짐
총채	애꽃노린재		에이팜, 부메랑	- 날씨에 따라 방 제효과에 차이가 있음
응애	사막이리응애, 칠레이리응애		코드윈, 쇼크, 가네마이트	
진딧물	진디벌	- 화학적 방제가 함께 이루어져야함	체스, 팡파레, 모벤토, 세티스	

- 가루이류 화학적 방제 약제 선호도 : 신기루, 팡파레 > 지존 > 팬텀, 모스피람 > 세티스 > 텔리게이트, 산마루, 에이팜



다. 개발방향 가이드 제시

○ 개발 시제품에 대한 가이드 제시

- 가루이류 기초자료 수집

• 온실가루이 생태 및 특징

① 온실가루이 (*Trialeurodes vaporariorum*)는 매미목(Homoptera) 가루이과(Aleyrodidae)에 속하는 외래 해충으로 국내에서는 시설재배지 내의 스테비아, 라벤더, 일황련 등에서 처음 확인 되었고, 시설 재배 면적의 확대로 방울토마토를 포함한 여러 채소류에 큰 피해를 주며 전국적으로 분포(Choi et al., 1991)

② 온실가루이는 알, 1령충~4령충(유충), 번데기와 성충등의 4단계를 거치고, 성충과 1령충을 제외하고 나머지의 발육태는 잎 뒷면에 부착되어 성장하는 미소곤충(van Roermund and van Lenteren, 1992). 직접적 피해로는 성충과 유충의 식물체액 흡즙으로 인한 수량감소, 간접적 피해로는 감로를 분비하여 그을음병을 유발로 인한 작물 생육, 상품가치 저하 등이 있으며, 때때로 바이러스병 매개(Brown, 1990)

③ 시설 내에서 년 11~15세대 이상을 경과하며 생활사는 주로 잎 뒷면에서 이루어지고, 약충과 번데기는 왁스층(wax layer)을 형성해 외부를 보호하므로, 화학적 방제가 어려움 (Byrne et al., 1986)

④ 온실가루이 발육단계별 특징

<온실가루이 발육 단계별 특징> (하, 2002)

알	3령충	중령유충(번데기)	성충
			
- 포탄모양 - 보통 짧은 갈고리 모양의 구조에 의해 잎에 붙어있음 - 산란직후 유백색 2~3일후 갈색을 띠며 이후 검정색으로 변함 - 7~10일 후 부화	- 납작한 형태로 1령충과 거의 비슷. - 1령충만 이동 가능하며, 적당한 장소에 이르면 침모양의 입을 식물체에 꽂은 채로 생활	- 왁스성분을 다량 분비하면서 두꺼워지며 성충의 붉은색 눈이 보이기 시작하면 번데기라 구분함 - 4일 경과후 성충으로 우화	- 성충은 체장이 매우 미소하며 잎 뒷면에 무리를 지어 생활 - 수명은 약 30~40일

<온실가루이의 작물에 따른 생물적 특성>(Martin, 1999)

발육단계	작물			
	가지	오이	토마토	고추
성충수명(일)	28	21.1	20.4	4.8
산란수/암컷	286	175	94	3
산란수/암컷/일	10.1	8.3	4.7	0.7
알~성충까지기간(일)	25	26	28	30
약충 사망률(%)	9	11	21	92

\*온도조건 : 22℃

⑤ 온실가루이는 항상 식물체의 어린 잎에 집중 분포하므로 식물체 높이의 상>중>하 순으로 밀도가 높다고 알려졌으나(Lenteren and Noldus, 1990; Ohnesorge et al., 1980) 이류체 포그시스템을 작동 후에는 식물체 상부의 온실가루이 밀도가 급격히 감소하는 수직분포의 변화를 보였다는 연구결과도 있음(Kim et al., 2012)

⑥ 황색 점착 트랩의 온실가루이 유인 가능 거리는 15m로 추정(Park et al., 2011)

⑦ 온실가루이 성충의 비산·분산 활동 시간(Hosoda and Naba, 1980)

10℃ 전후	20℃ 전후
11시~15시	7~19시

- 담배가루이 생태 및 특징

① 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 노린재목(Hemiptera), 가루이과(Aleyrodidae)에 속하며 1889년 담배해충으로써 그리스에서 발견되어 이름 붙여짐(Gennadius, 1889)

② 1928년 브라질과 1978년 타이완에서 발견(Mound and Halsey, 1978)된 이후 남극대륙을 제외한 모든 대륙에서 발견되고 있으며(Martin, 1999; Martin et al., 2000), 1980년대 이후로 그 개체수가 폭발적으로 증가함에 따라 세계 곳곳에서 작물 생산에 제한인자로 작용 중

③ 담배가루이의 피해로는 약충과 성충의 흡즙에 의한 피해 뿐만 아니라, 감로에 의한 그을음병 발생, 광합성 감소에 의한 피해가 크며(Lindquist et al., 1972) 잦은 농약사용에 의한 약해의 피해를 입기도 하며, 많은 작물의 바이러스 매개체로도 알려짐(Wisler and duffus, 2001).

④ 담배가루이의 기주식물로 600여종이 넘는 식물이 보고된바 있고(Mound and Halsey, 1978; Greathead, 1986; Secker et al., 1998) 그 중 50%가 넘는 식물이 가지과, 콩과, 국화과, 아욱과, 대극과로 분류(Mound and Halsey., 1978).

⑤ 담배가루이는 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계, IGR계, 네오니코티노이드계 등의 살충제에 저항성이 보고된 바 있음(Wardlow 1976; Elhag and Horn, 1983; Prabhaker et al., 1992; Horowitz and Ishaaya, 1994; Horowitz et al., 1994; Devine et al., 1999; Horowitz et al., 1999; Elbert and Nauen, 2000)





⑥ 방충망을 이용한 담배가루이 방제에 관한 문헌

㉠ 0.4mm 이하의 방충망은 담배가루이 유입 차단 효과에 매우 효과적(Oida et al., 2007)

㉡ 방충망 크기가 54mesh 에서는 담배가루이 개체가 쉽게 통과할 수 있는 반면, 직교로 직조된 60mesh부터 83mesh 까지의 방충망은 통과하지 못함 (Chung et al., 2013)

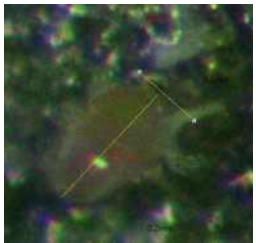



⑦ 담배가루이 발육단계별 특징

<담배가루이 발육 단계별 특징> (하, 2002)

알	3령충	중령유충(번데기)	성충
			
- 약간 노란색을 띤 긴 타원형	- 2령충부터 고착 상태로 작물체 수액을 흡즙, 감로배설	- 충체가 온실가루이와는 달리 길은 노란색을 띤	- 전체적으로 흰색을 띠며 날개의 중앙 부위가 겹치지 않고 1차형태로 벌어지는 것이 특징

- 담배가루이 크기 측정

<담배가루이 크기측정>(광학현미경 이용 600배율 관찰)

알	성충		
			
가로*세로 0.2*0.1mm	가로*세로 0.2*0.4mm 날개 0.4mm		

- 가루이 관찰을 위한 테스트베드 구축 : 가루이 형태와 생활습관을 관찰하여 기초자료를 용이하게 수집 할 수 있도록 테스트 베드를 미리 설치 하였음

- 테스트 베드 구축

- ① 테스트 베드 설치 장소 : 전남대학교 농생대 부속농장 벤로형 실험온실
- ② 테스트 베드 설치

<테스트베드 설치사진>



가로\*세로 2.1\*2.8m  
지상에서 베드 0.7m  
베드 높이 0.1m  
베드에서 프레임 1.2m  
Ebb & flow방식 양액급액

\* 본 연구의 실험을 위해 전남대학교 농생대 부속농장 소재 유리온실에 테스트베드를 설치하였다. 유리온실내에 벤치식 Ebb & flow 베드위에 격자형 구조의 철구조물을 설치하고, 시제품 테스트에 이용할 무인방제기 구동부 2대를 설치하였다. 양액재배 방식으로 저면관수를 이용해 배양액을 공급할 수 있도록 할 예정이다.

\* 철구조물 외부에는 해충의 외부비산을 막고, 한정된 범위내에 사육하기 위해 방충망으로 뒤집어 씌어 외부로부터 차단하고자 하였다. 가루이 사육을 위한 작물로서는 토마토와 파프리카를 준비하였으며, 지속적인 사육을 위해 일정기간마다 필요한 모종을 구입하여 육묘할 예정이다.



- 주요 과채류(기주식물) 준비 및 정식

<기주식물 정식 사진>



• 기주식물 정보

- ㉠ 품종 : TY Tinny 토마토 (중대과종 대추토마토)
- ㉡ 파종일 : 2016.10.14, 240공 암면트레이 EC 2.5 pH 6.5 포습 후 정식
- ㉢ 가식일 : 2016.11.20
- ㉣ 정식일 : 2016.12.09
- ㉤ 재식밀도 : 5.1주/m<sup>2</sup>

• 기주식물 관리방법

- ㉦ 저면관수 : 2회/일
- ㉧ EC : 2.5 ds/m

㉔ pH : 6.5

• 실험베드 보완

㉕ 가루이류 사육에 용이하도록 작은 크기 mesh 의 방충망 설치

㉖ 가루이류 관찰에 용이하도록 10\*10cm 격자, 크기 60\*80cm 검은색 바탕의 구조물 설치

→ 차후에 120\*160cm 크기로 보완 예정

<가루이류 비산활동 관찰에 필요한 구조물 설치>



\*기주식물로서 과채류인 토마토와 파프리카의 모종을 준비하였으며, 격리할 수 있도록 준비된 사육시설내에 이식하여 방충망으로 격리하였다. 사육실의 내부에 가루이의 비산활동을 관찰, 측정할 수 있도록 격자형 구조물을 설치하였으며, 가로세로 10cm로 구분된 격자표식을 준비하였다. 이것은 고속비디오카메라로 비산활동 촬영시 비산거리의 측정을 격자표식을 통해 비례적으로 판단하기 위한 수단이다. 이후 실험을 통해 송풍에 의한 비산거리가 멀어질 시에는 더 확대된 격자표식을 준비할 것이다. 고속비디오카메라는 초당 36프레임을 촬영할 수 있으며, 디지털 정지화면을 통해 해충의 이동거리, 방향 등을 추적할 예정이다.



<가루이 비산활동 측정을 위한 거리표지판 및 고속비디오카메라>



- 가루이 시료의 포집

<담배가루이 포집 사진>



①포집 장소 : 전라남도 담양군 토마토 농가

②포집 방법 : 잠자리채 이용 → 소형 흡입기 ( 잠자리채의 mesh가 너무 큰 관계로 포집이 불가능, 포집 후 이동에 용이)

\*실험에 이용될 가루이의 사육을 위해 담양군과 장성군의 토마토 농가를 방문하여 포집하였다. 초기 잠자리채를 이용하여 포집하려 하였으나 채집이 어려워 흡충기를 이용하였다. 현재 잡을 수 있는 가루이는 대부분 담배가루이로, 온실가루이는 포집이 어려웠다.

○ 시제품 개발시의 고려사항

- 해충의 생활습성 조사에 의한 시제품 개발시 고려사항 전달

- ① 생육단계별 행동/생활습성을 고려한 포획조건 판단 :  
일중 이동습성(온도가 높은 주간), 주요 기주 습성(잎 뒷면)
- ② 온실형태별(단동/연동/높이), 재배작물(파프리카/토마토/딸기)에 따른 고려사항
  - ㉠ 단동에서는 이동성 검토 필요, 연동의 경우 중방의 높이 고려
  - ㉡ 파프리카, 토마토의 경우 세로형 시스템,
  - ㉢ 딸기의 경우 고설재배, 평면재배이므로 가로형 시스템
- ③ 농가의 작업패턴, 온실환경 등 운용환경에 대한 고려사항
  - ㉠ 주간 작업으로 인해 이랑별 개별가동 필요
  - ㉡ 야간 자동운전 시스템 도입 필요
  - ㉢ 야간 송풍시 가루이 비산정도 파악
- ④ 해충 종류별/생육단계별 무게, 비산능력, 비산을 위한 자극 조건 등
  - ㉠ 담배가루이와 온실가루이의 비산 거리 차이 확인 필요
  - ㉡ 야간 송풍자극에 따른 야간 비산정도 파악
  - ㉢ 비산시작을 위한 최소송풍 속도 구명

- 개발 시제품 평가를 위한 항목 선정

- ① 해충종류별 비산을 위한 환경조건
  - ㉠ 비산을 위한 최소 송풍속도
  - ㉡ 거리에 따른 송풍속도 변화(이랑간격 고려)
  - ㉢ 야간 비산 정도
- ② 해충종류별 흡입을 위한 환경조건
  - ㉠ 송풍에 의한 비산자극 및 흡입을 위한 흡입가능 최소 속도 구명
  - ㉡ 흡입평가를 위한 포집망 설치
  - ㉢ 전격살충방식 도입을 위한 최소 전격살충 격자 규격
- ③ 살균을 위한 환경조건
  - ㉠ 살균효과를 위한 살균등의 조사용량 구명
  - ㉡ 살균효과를 위한 살균등 이동속도 구명
  - ㉢ 조사 거리에 따른 살균효과 차이

- 평가항목에 따른 평가방법 규정

- ① 비산을 위한 송풍기 송풍량 또는 송풍속도
- ② 흡입을 위한 흡입기 흡입량 또는 흡입속도
- ③ 살균을 위한 조사거리 및 살균등의 용량별 살균 속도

## 2. 1차 테스트베드 구축 및 작업 성능 평가

### 가. 시범온실 테스트베드 구축

#### ○ 주요과채류 시범온실 테스트 베드 구축

##### - 테스트베드 높이 조정

- 1년차에 설치한 테스트베드의 경우 기주식물을 생육할 수 있는 공간의 높이가 1.2m로 기주식물인 토마토를 2화방~3화방 사이에서 성장점을 적심해야하는 높이로 기주식물 생육 및 가루이 사육에 적합하지 않아 측고를 0.5m 늘려 높이를 조정하였음

<테스트 베드 높이 조정 사진>



가로\*세로 2.1\*2.8m  
지상에서 베드 0.7m  
베드 높이 0.1m  
베드에서 프레임 1.2m → 1.8m  
Ebb & flow방식 양액급액

#### ○ 온실 중방거리와 무게에 따른 하중 측정

- 실험 내용 : 중방 거리를 2.5, 3.0m 로 가정하고 10, 20, 30, 40kg의 물체를 매달았을 때 파이프가 휘는 정도를 측정함
- 실제 온실과 같이 일반구조용 탄소강관을 사용하여 실험(KSD 3566, STK 290, E-G, 42.7\*1.9\*6mm)
- 10, 20, 30, 40kg의 물체는 실험의 편의성을 위해 물통 사용
- 결과 : 각각의 물통 무게 10, 20, 30 40kg에서 중방의 길이가 2.5m에서 3.0m로 0.5m 늘어날 때 중방의 휘는 정도 차이는 0.5, 1.0, 1.0, 1.35cm로 10kg에서 20kg으로 늘릴 때 그 차이가 가장 심했음. 따라서 포집기의 무게는 10kg 정도 내외가 적절할 것으로 생각되나 현장에서의 중방거리와 차이가 있으므로, 현장 적용 후 테스트가 더 필요할 것으로 사료됨

<중방거리와 무게에 따른 하중 측정 테스트베드 구축 사진>

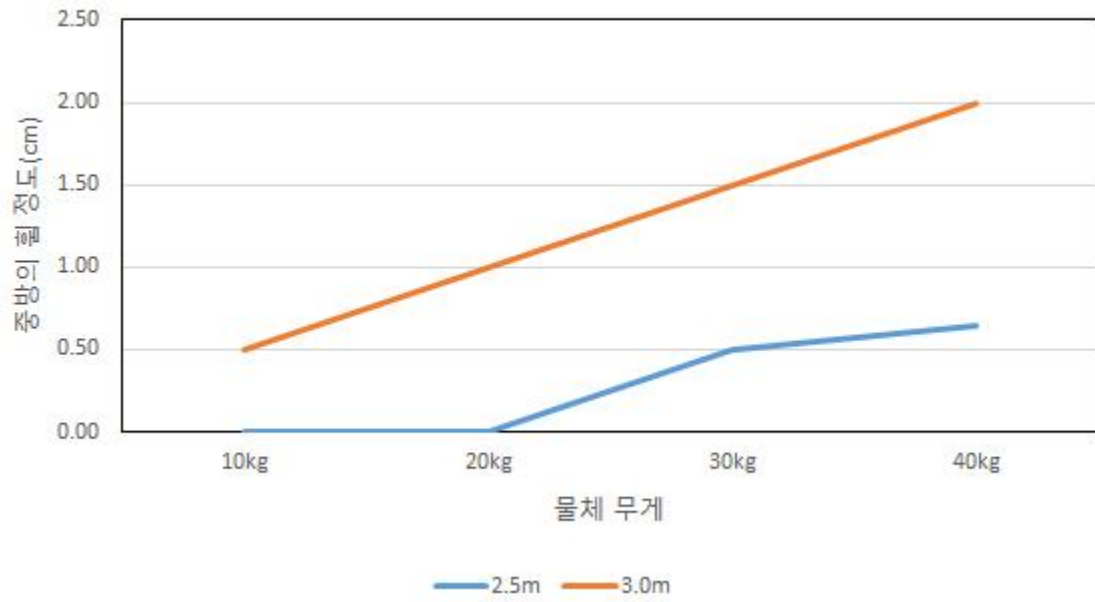


<중방거리와 무게에 따른 하중 측정 결과>

중방거리 무게	2.5m		3.0m	
10kg		0.00c m		0.50c m
20kg		0.00c m		1.00c m
30kg		0.50c m		1.50c m
40kg		0.65c m		2.00c m

<중방거리와 무게에 따른 하중 측정 결과>

### 중방거리에 따른 무게 하중 측정 결과





## 나. 비산해충 및 가루이의 방제성능

### ○ 비산해충 가루이의 방제성능 평가

#### - 가루이류 무게 측정

- 기초실험 시 크기만 측정하여 기초자료가 부족하므로 가루이류 무게를 측정함
- 1/1000, 1/10000g 의 저울(AND 저울)을 이용하여 무게를 측정
- 담배가루이 1마리의 무게 측정은 불가하였고, 40마리의 담배가루이를 동시에 측정하였을 때 0.0009, 0.0012, 0.0010g으로 측정되어 1마리 당 약 0.000026g으로 1/10000g이 채 되지 않는 것으로 측정되었음

<가루이 무게 측정 사진>



### ○ 풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험

#### - 실험 목적 및 내용 : 가루이 흡입 가능 거리 및 풍속 조사

- ① 진공청소기를 이용한 거리에 따른 흡입 풍속 측정
- ② 풍속 측정과 동시에 가루이 개체를 낙하시켰을 때와 물체위에 올려놓았을 때 흡입이 시작되는 거리와 풍속을 측정함

#### - 실험 재료

##### ① 진공청소기

- 모델 : SAMSUNG VC33LWDCRGN
- 집진타입 : 트윈챔버
- 소비전력 : AC220V, 60HZ/1200W
- 세기를 “강”에 고정하여 측정

##### ② 풍속계

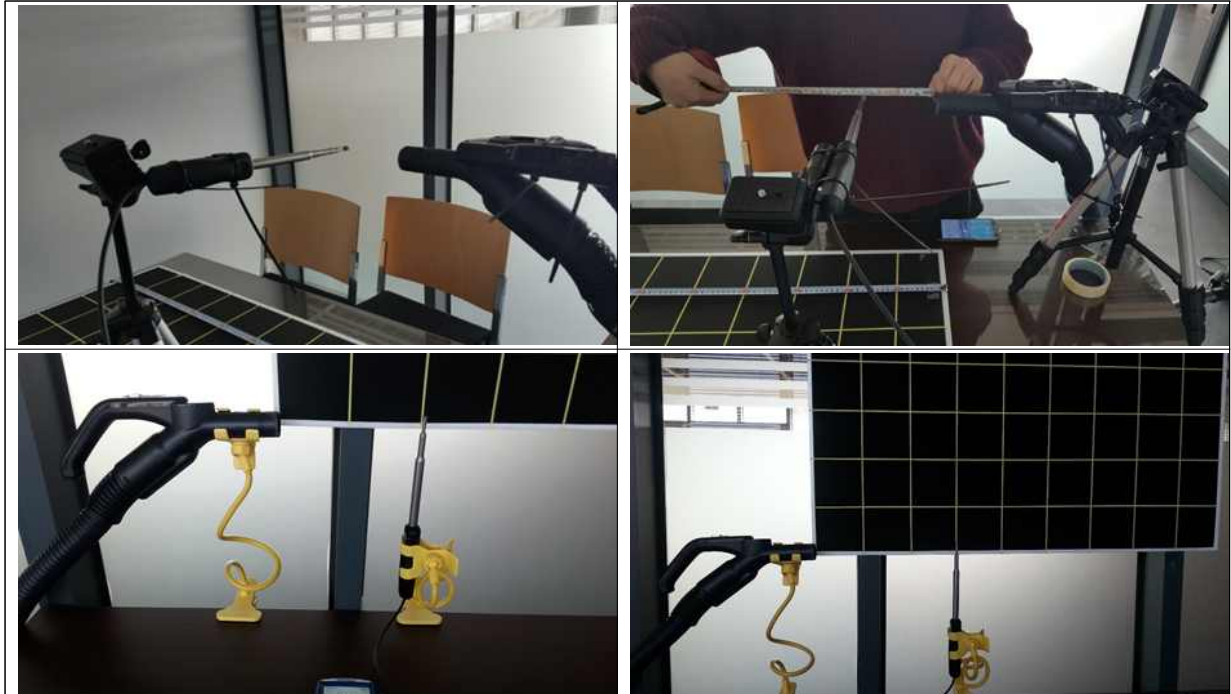
- 모델 : Air Velocity Meter 9545
- 풍속 측정 범위 : 0~30 m/s
- 정확도 :  $\pm 0.015$  m/s
- 진공청소기 흡입부 크기에 맞추어 설정값(round duct, 1.3inch) 조절 후 측정



- 실험방법

- ① 진공청소기 입구로부터 거리에 따른 흡입 풍속 측정 : 1cm 간격으로 1~20cm까지 측정
- ② 측정시 거리별로 공기유동이 생긴 후 측정하기 위해 진공청소기 가동 후 20초 후에 측정
- ③ 실험대 위로 45cm 높이에 고정시킨 후 측정
- ④ 외부의 공기유동에 영향을 받지 않도록 가로\*세로\*높이 4.9\*2.3\*2.6m 의 한정된 공간에서 측정
- ⑤ 3반복 실험으로 평균과 표준편차를 구함

<풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 사진>



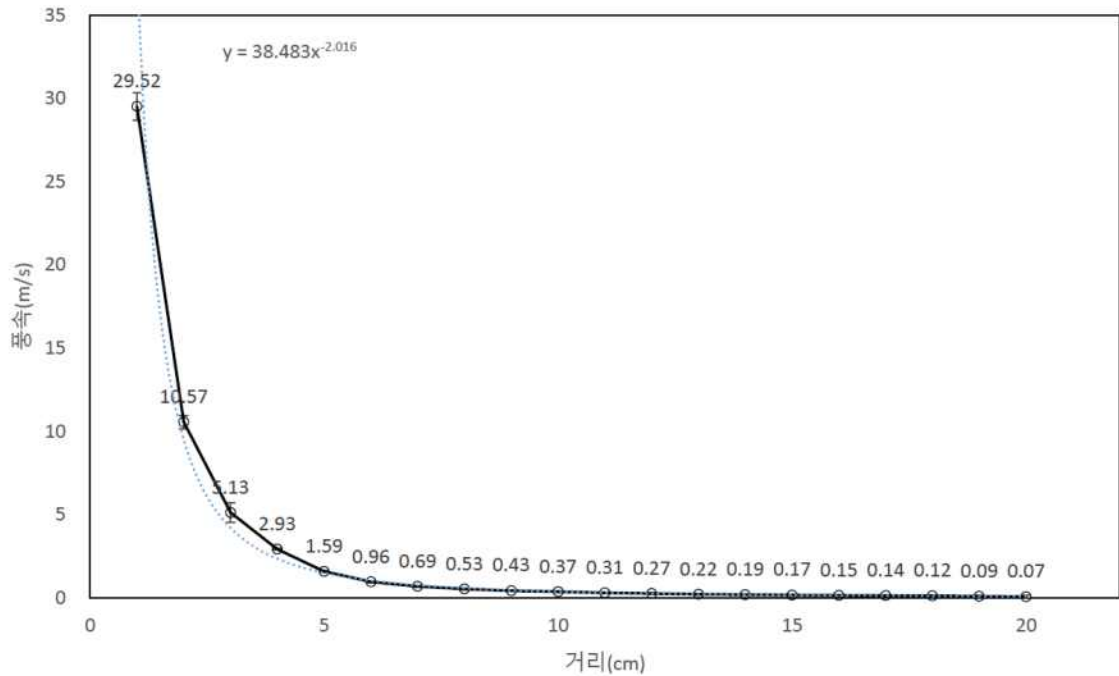
- 실험 결과

- ① 가장 가까운 측정거리인 1cm 에서는 평균 29.5m/s 가 측정되었고 이후로 1cm 멀어질때 마다 풍속은 꾸준히 감소하였지만 그 감소율은 10cm 까지 감소하다가 11cm에서 다시 증가하였다 감소하였다는 반복하였음
- ② 풍속측정과 동시에 가루이 개체를 낙하시켰을 때 흡입이 시작되는 거리와 풍속 : 9cm거리에서 0.43m/s일 때 흡입 시작
- ③ 가루이 개체가 물체위에 올려져 있을 때 흡입이 시작되는 거리와 풍속 : 5cm 거리에서 1.59m/s일 때 흡입 시작
- ④ 가루이를 비산시킬 수 있다면 10cm 이내의 거리에서 0.5m/s의 풍속으로 흡입이 가능할 것으로 사료됨

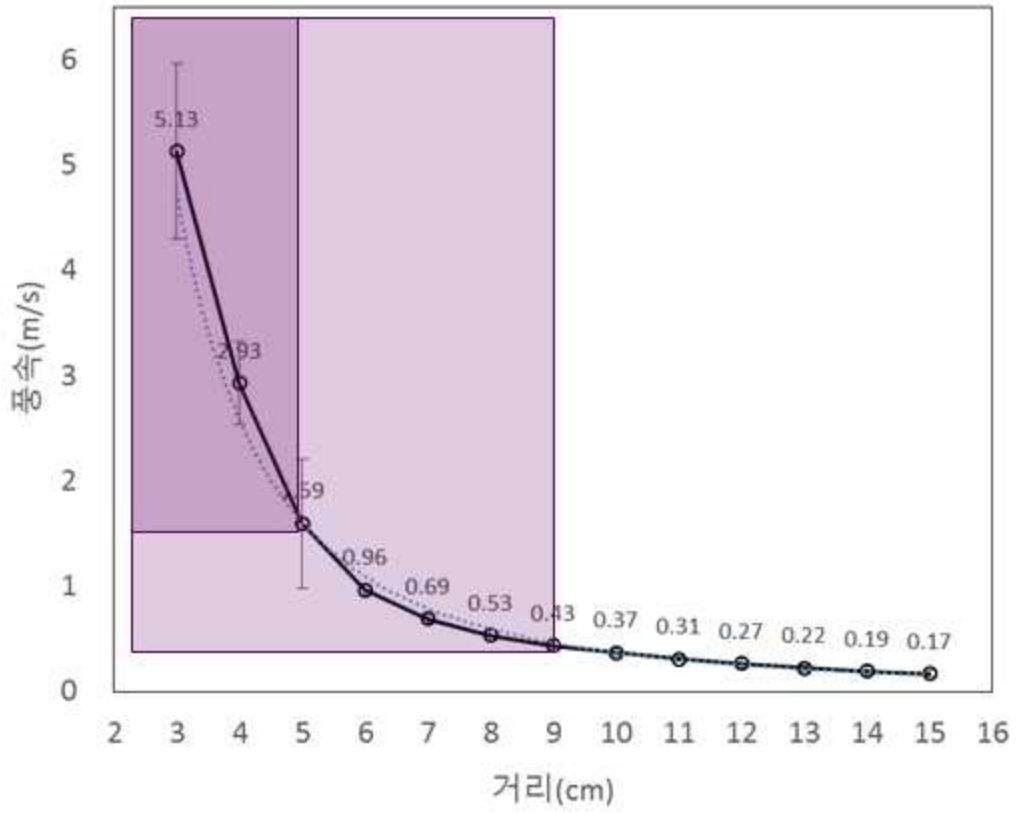
<풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 결과>

거리 (cm)	풍속(m/s)			풍속평균 (m/s)	풍속 표준편차	감소율(%)
	1반복	2반복	3반복			
1	30.48	28.97	29.12	29.52	0.83	
2	10.2	10.52	10.98	10.57	0.39	-64.2
3	5.74	4.52	5.12	5.13	0.61	-51.5
4	2.98	2.88	2.92	2.93	0.05	-42.9
5	1.63	1.56	1.59	1.59	0.04	-45.6
6	1.02	0.93	0.94	0.96	0.05	-39.5
7	0.73	0.64	0.70	0.69	0.05	-28.4
8	0.57	0.49	0.54	0.53	0.04	-22.7
9	0.46	0.41	0.43	0.43	0.03	-18.8
10	0.42	0.34	0.35	0.37	0.04	-14.6
11	0.34	0.27	0.31	0.31	0.04	-17.1
12	0.3	0.22	0.28	0.27	0.04	-13.0
13	0.26	0.19	0.21	0.22	0.04	-17.5
14	0.23	0.15	0.19	0.19	0.04	-13.6
15	0.2	0.14	0.17	0.17	0.03	-10.5
16	0.18	0.14	0.14	0.15	0.02	-9.8
17	0.16	0.13	0.14	0.14	0.02	-6.5
18	0.15	0.09	0.12	0.12	0.03	-16.3
19	0.15	0.03	0.10	0.09	0.06	-22.2
20	0.14	0.02	0.06	0.07	0.06	-21.4

<풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 결과1>



<풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 결과2>



다. 시제품 성능평가 및 설계 개선점 제시

○ 현장적용 실험을 통한 시제품의 작업성능 평가

- 현장 적용 전 실내 실험을 통한 작업성능 평가1: 방충망 유무에 따른 높이·거리별 흡입·토출 풍속 테스트

• 실험 목적 및 내용 : 시제품이 두 부분으로 나누어 한쪽은 방충망을 설치하였고, 한쪽은 설치하지 않았으므로, 방충망 유무에 따라 흡입·토출 풍속의 차이를 측정하기 위함

• 실험 방법

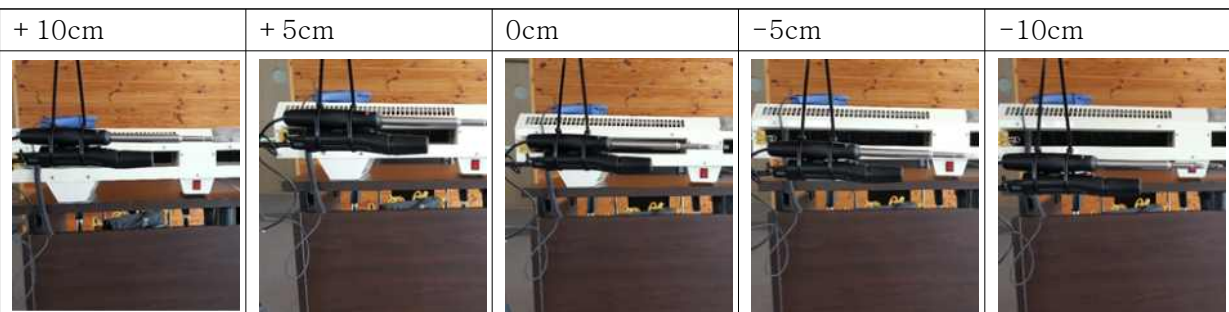
\*풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험에 쓰인 Air Velocity Meter 9545 풍속계를 이용하여 시제품 흡입·토출 풍속 측정

\*방충망설치부와 미설치부를 각각 측정하였고 거리를 5cm부터 50cm 까지 5cm 간격으로 측정

\*흡입·토출부의 중간부분을 0으로 설정하고 위 아래로 각각 5, 10cm 까지 측정하여 시제품 작동시 영향을 미칠 수 있는 주변부의 풍속 변화를 측정함

\*각 측정은 3반복 측정함

<방충망 유무에 따른 높이·거리별 흡입 토출 풍속테스트>



• 실험 결과

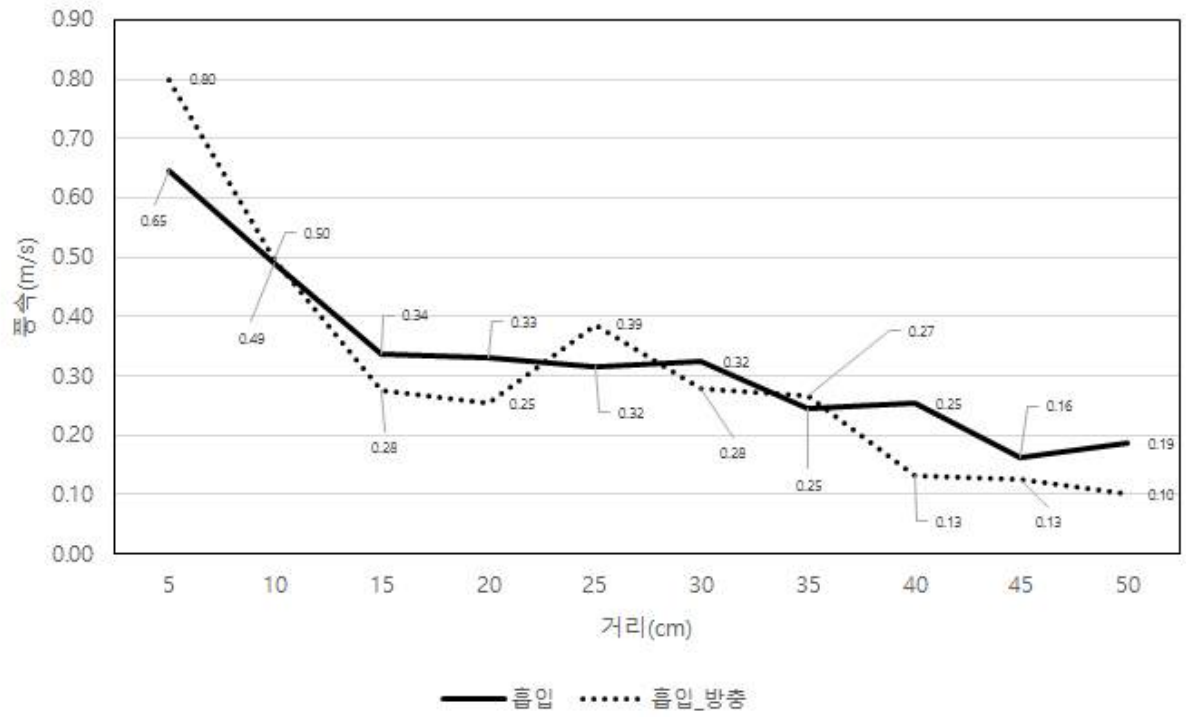
<방충망 유무에 따른 높이·거리별 흡입·토출 풍속테스트>

거리(cm)	높이 (cm)	토출풍속(m/s)			흡입풍속(m/s)_방충망			흡입풍속(m/s)		
		1반복	2반복	3반복	1반복	2반복	3반복	1반복	2반복	3반복
5	-10	0.50	0.56	0.52	0.76	0.66	0.52	0.79	0.80	0.81
	-5	0.41	0.38	0.37	0.83	0.82	0.84	0.11	0.10	0.10
	0	13.21	13.28	13.19	0.80	0.78	0.79	0.13	0.11	0.05
	+5	1.55	1.47	1.57	0.59	0.58	0.55	0.10	0.09	0.08
	+10	0.35	0.36	0.37	0.51	0.51	0.50	0.09	0.10	0.09
10	-10	0.36	0.32	0.38	0.50	0.49	0.48	0.50	0.48	0.51
	-5	0.25	0.26	0.27	0.60	0.58	0.56	0.21	0.17	0.18
	0	10.37	10.59	10.55	0.55	0.57	0.58	0.05	0.05	0.05
	+5	7.39	7.50	7.19	0.41	0.41	0.42	0.07	0.07	0.06
	+10	0.74	0.75	0.76	0.45	0.45	0.44	0.08	0.07	0.08
15	-10	0.41	0.44	0.49	0.35	0.31	0.35	0.29	0.27	0.27
	-5	0.29	0.31	0.30	0.43	0.43	0.42	0.31	0.35	0.32
	0	5.08	4.91	4.88	0.41	0.41	0.41	0.05	0.04	0.05
	+5	7.96	8.16	8.12	0.35	0.36	0.35	0.06	0.06	0.07
	+10	3.16	3.14	3.05	0.37	0.37	0.37	0.08	0.08	0.07
20	-10	0.28	0.30	0.22	0.34	0.33	0.32	0.23	0.27	0.26
	-5	0.23	0.20	0.24	0.38	0.38	0.37	0.31	0.35	0.32
	0	2.95	2.98	2.89	0.35	0.35	0.35	0.03	0.03	0.03
	+5	8.11	7.89	8.20	0.27	0.28	0.30	0.04	0.04	0.05
	+10	4.95	5.11	5.09	0.30	0.29	0.29	0.04	0.04	0.04
25	-10	0.43	0.44	0.46	0.31	0.32	0.32	0.38	0.39	0.39
	-5	0.20	0.21	0.22	0.34	0.35	0.37	0.21	0.23	0.24
	0	2.08	1.93	2.19	0.36	0.37	0.35	0.20	0.19	0.22
	+5	8.20	8.41	8.55	0.25	0.26	0.26	0.03	0.03	0.02
	+10	7.39	7.49	7.42	0.26	0.26	0.27	0.03	0.03	0.03
30	-10	0.14	0.13	0.14	0.32	0.33	0.32	0.30	0.27	0.27
	-5	0.55	0.57	0.60	0.30	0.29	0.28	0.33	0.35	0.36
	0	1.49	1.51	1.47	0.32	0.31	0.32	0.09	0.08	0.09
	+5	8.05	8.62	8.95	0.23	0.25	0.26	0.19	0.22	0.18
	+10	8.37	8.07	7.89	0.25	0.24	0.24	0.03	0.04	0.03
35	-10	0.13	0.14	0.14	0.25	0.25	0.24	0.26	0.26	0.28
	-5	0.45	0.48	0.42	0.24	0.25	0.26	0.21	0.20	0.22
	0	1.01	1.03	0.94	0.25	0.23	0.23	0.15	0.15	0.16
	+5	7.91	7.89	7.78	0.25	0.26	0.25	0.12	0.16	0.12
	+10	8.78	8.52	8.48	0.22	0.22	0.22	0.03	0.03	0.03
40	-10	0.14	0.22	0.13	0.27	0.26	0.23	0.19	0.10	0.11
	-5	0.27	0.28	0.26	0.23	0.22	0.23	0.11	0.17	0.18
	0	0.94	0.99	1.04	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.20
	+5	6.92	6.48	6.37	0.18	0.18	0.19	0.06	0.09	0.08
	+10	8.59	8.60	8.48	0.21	0.21	0.21	0.05	0.04	0.04
45	-10	0.12	0.13	0.12	0.17	0.16	0.16	0.11	0.12	0.15
	-5	0.23	0.24	0.23	0.21	0.02	0.19	0.19	0.20	0.21
	0	0.91	0.93	0.94	0.18	0.19	0.22	0.08	0.09	0.07
	+5	5.52	5.47	5.58	0.20	0.19	0.18	0.14	0.13	0.15
	+10	7.80	7.99	7.91	0.20	0.19	0.19	0.02	0.02	0.03
50	-10	0.14	0.12	0.14	0.19	0.19	0.18	0.10	0.11	0.09
	-5	0.20	0.17	0.24	0.18	0.17	0.18	0.13	0.15	0.14
	0	0.74	0.77	0.82	0.20	0.19	0.20	0.06	0.07	0.07
	+5	4.12	4.01	3.92	0.16	0.18	0.16	0.19	0.20	0.18
	+10	7.07	6.96	6.92	0.19	0.18	0.18	0.06	0.06	0.05

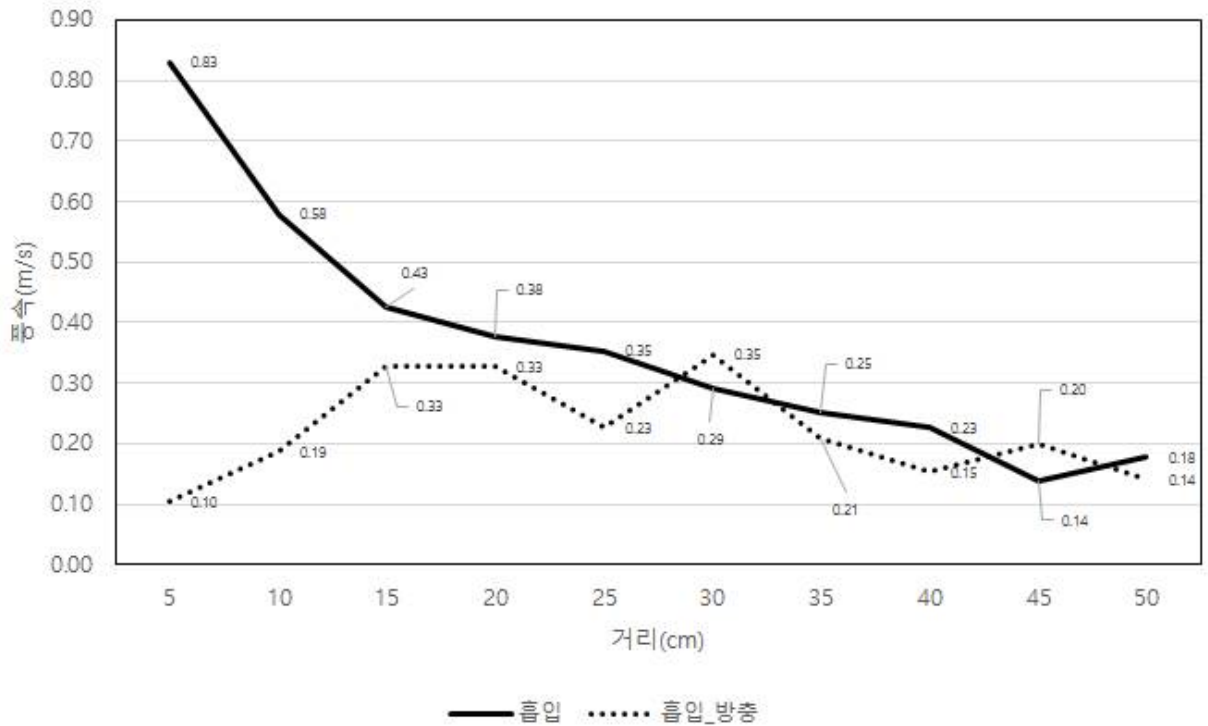
① 흡입 풍속 테스트 : 높이 -10, -5cm를 제외하고 방충망이 있을 경우 거리별 최저 2배 이상, 최고 8배이상의 풍속차이가 있었으며 방충망이 있는 경우 해충가루이 흡입 가능 풍속인 0.43m/s를 충족하지 못하였음

<방충망 유무에 따른 높이·거리별 흡입 풍속 테스트>

높이 - 10cm

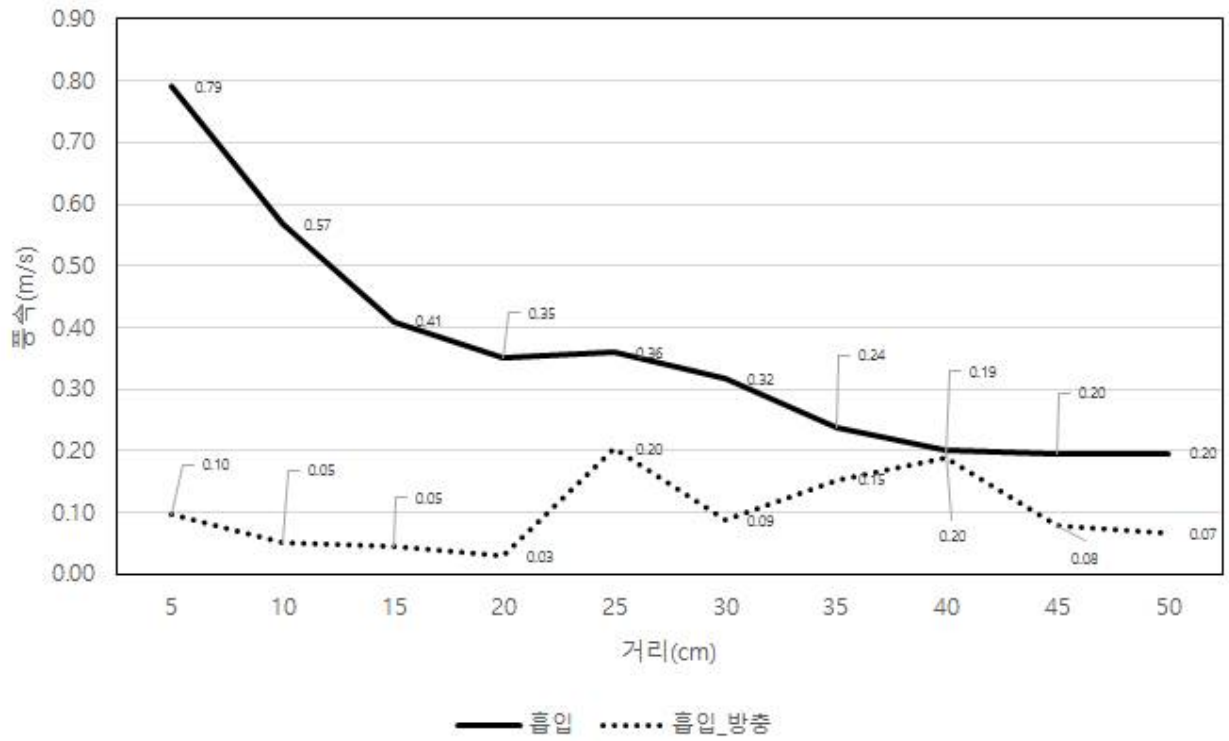


높이 - 5cm

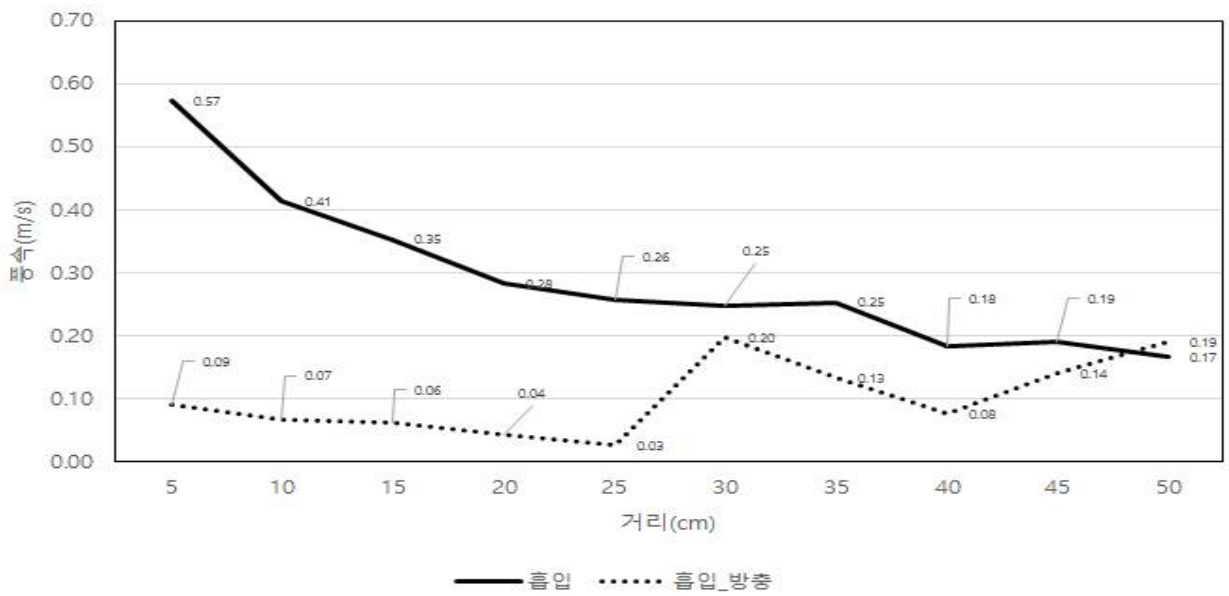


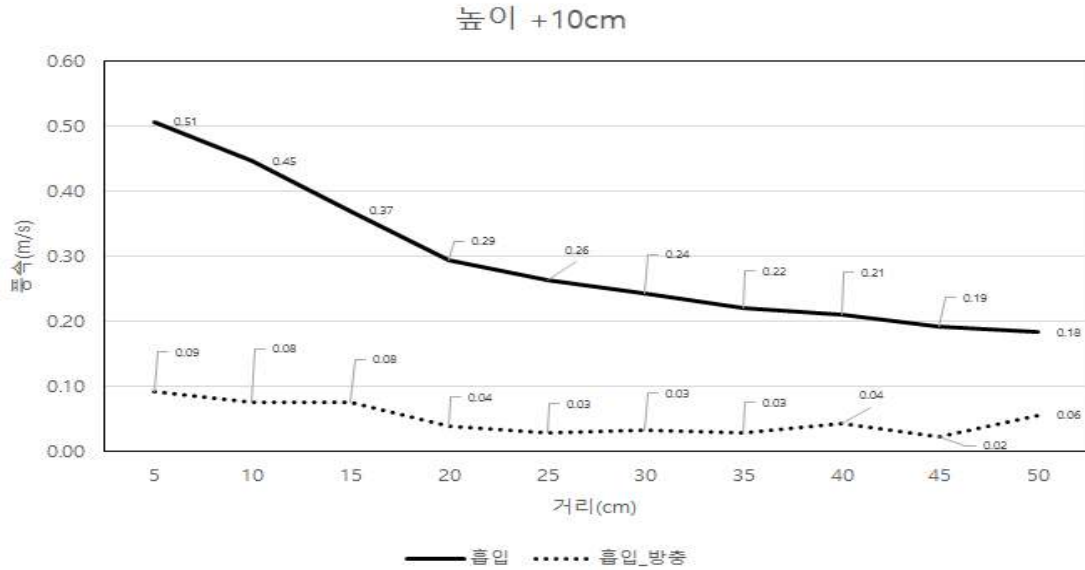


### 높이 0cm



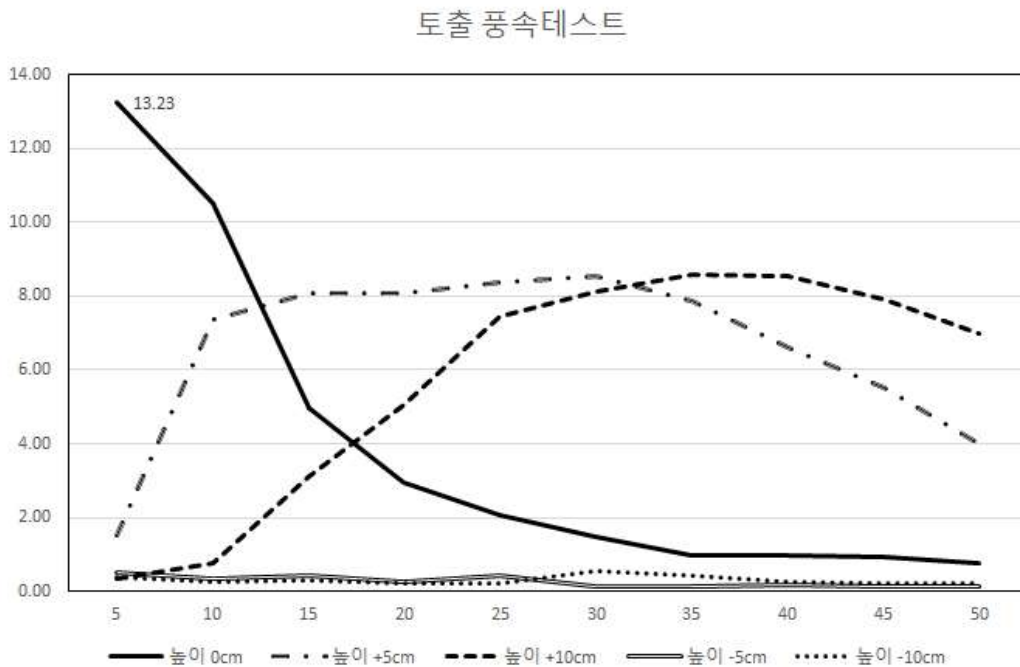
### 높이 +5cm





### ② 토출 풍속 테스트

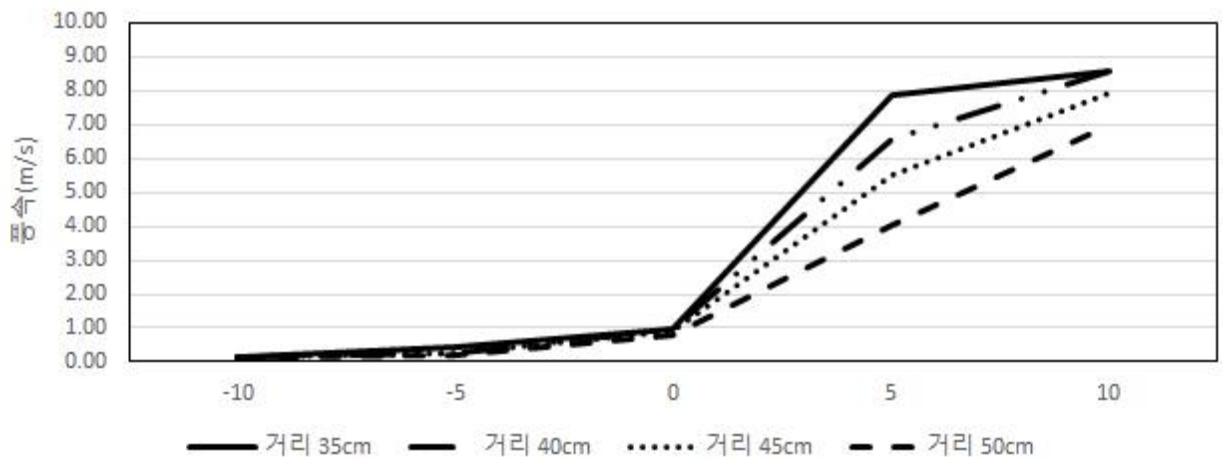
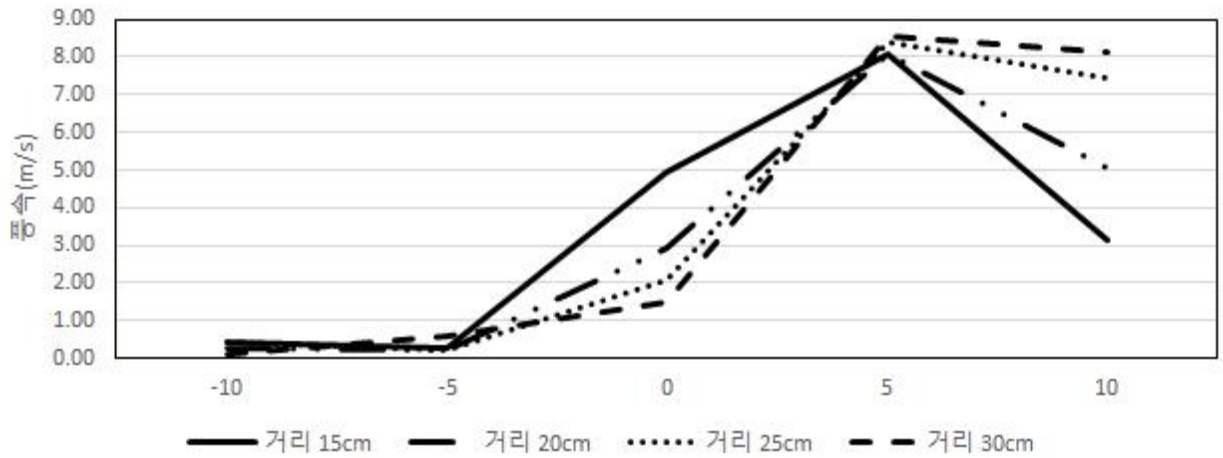
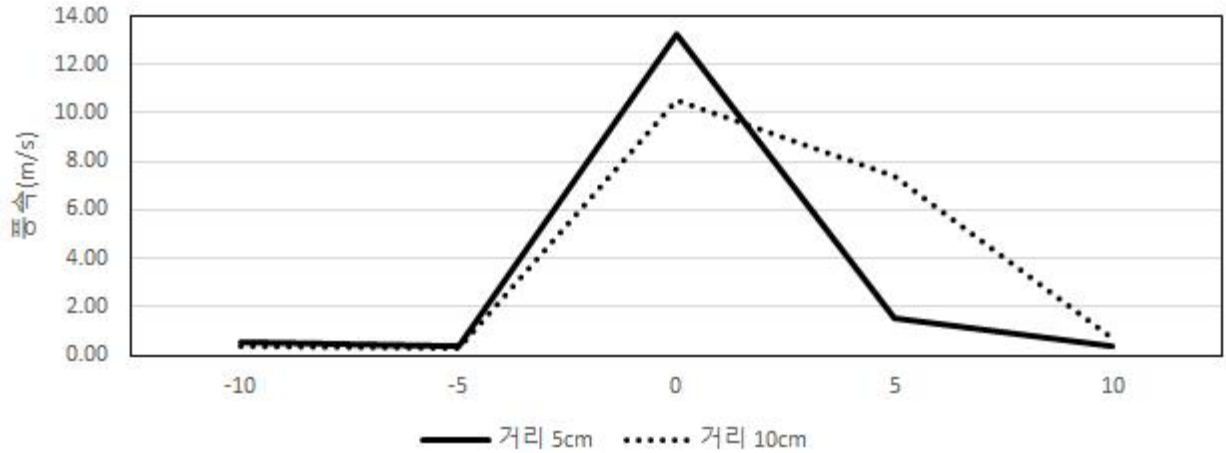
\* 높이 -5cm, -10cm에서는 대부분의 거리에서 풍속이 매우 낮아 흡입 가능 풍속인 0.43m/s를 충족하지는 못하였고 높이 0cm에서는 거리가 멀어질수록 풍속이 감소하였으며, +5cm, +10cm에서는 거리가 멀어질수록 기류가 세졌다가 다시 감소하는 경향을 띠



### <방충망 유무에 따른 높이·거리별 토출 풍속 테스트>

\* 거리 5, 10cm 에서는 높이 0cm를 기준으로 높이에 따라 풍속이 급감하였으나, 거리 15, 20, 25, 30cm 에서는 높이 5cm에서 풍속이 가장 높았고, 거리가 더 멀어진 35, 40, 45, 50cm에서는 높이가 높아질수록 풍속이 가장 높았음

<방충망 유무에 따른 거리별 토출 풍속 테스트\_높이 0cm기준>



- 현장 적용 전 실내 실험을 통한 작업성능 평가2: 두 번째 시제품의 디자인이 변경되어 흡기구 개수에 따른 위치·거리별 테스트를 수행함

- 실험 목적 및 내용

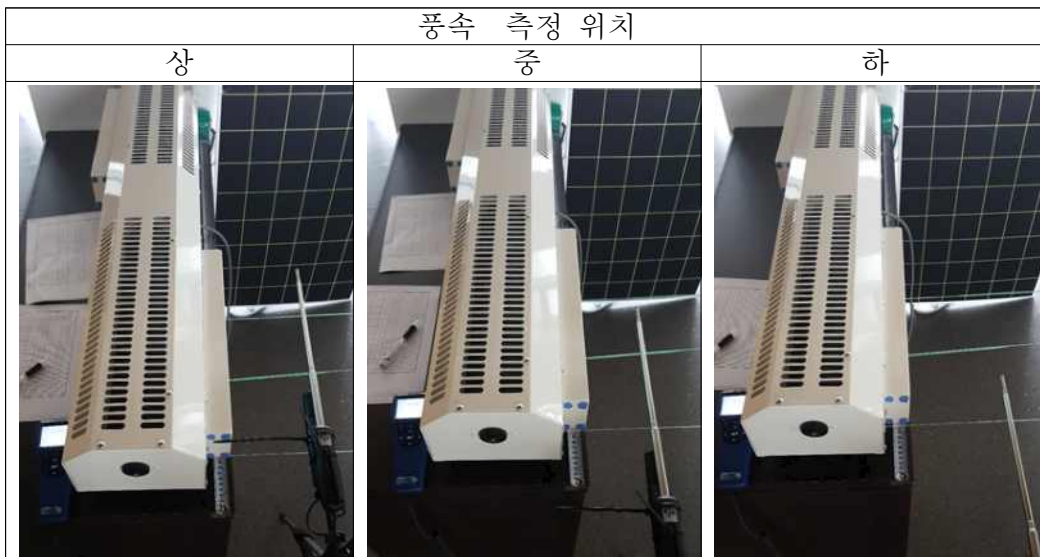
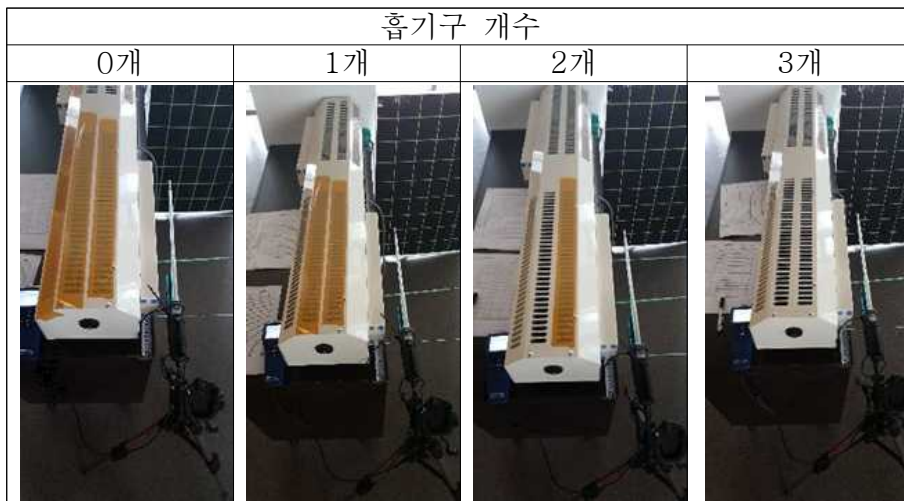
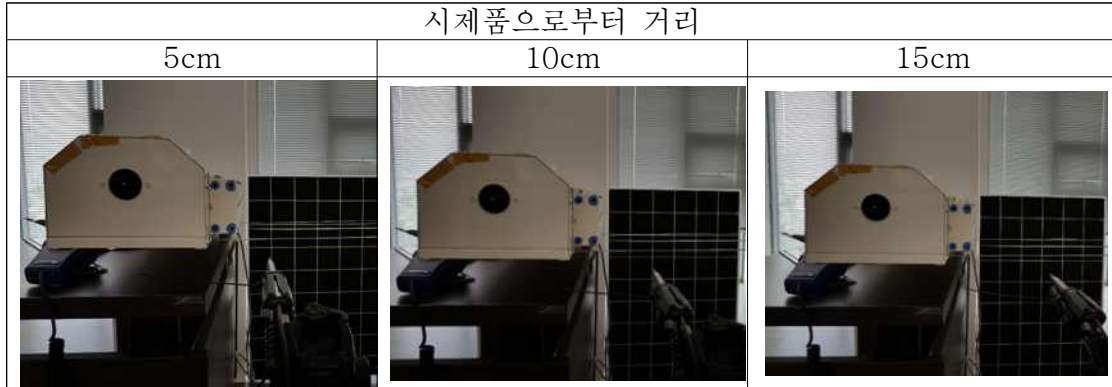
시제품의 흡기구가 3개로 디자인 되어 흡입되는 공기의 양이 증가함에 따라 토출 풍속 측정

을 위해 실험을 수행함

• 실험 방법

앞선 실험에 쓰인 Air Velocity Meter 9545 풍속계를 이용하여 시제품 흡입·토출 풍속 측정  
흡기구의 개수는 유리테이프를 이용해 조절하였음

흡기구를 모두 막았을때를 0으로 하고, 총 3개의 흡기구를 개수별로 막아 흡입부토 토출부에서 거리 5cm, 10cm, 15cm를 두고 측정하여 비교하였음



- 실험 결과

<방충망 유무에 따른 높이·거리별 흡입·토출 풍속테스트>

위치 (위에서부터 높이)/(총길이)	흡기구 개수	거리 (cm)	반복	토출풍속 (m/s)	흡입풍속 (m/s)
상 (8cm) / (48cm)	0	5	1	0.53	0.17
			2	0.55	0.18
			3	0.55	0.19
		10	1	0.36	0.15
			2	0.33	0.16
			3	0.35	0.14
		15	1	0.33	0.12
			2	0.37	0.11
			3	0.27	0.10
	1	5	1	2.98	0.40
			2	3.12	0.37
			3	3.08	0.39
		10	1	1.14	0.20
			2	1.12	0.19
			3	1.34	0.18
		15	1	0.96	0.16
			2	0.98	0.16
			3	0.89	0.16
	2	5	1	7.62	0.56
			2	7.56	0.56
			3	7.61	0.55
		10	1	5.30	0.33
			2	5.37	0.34
			3	5.48	0.34
		15	1	3.57	0.28
			2	3.64	0.27
			3	3.59	0.23
	3	5	1	9.57	0.57
			2	9.48	0.58
			3	9.70	0.57
		10	1	6.60	0.36
			2	6.59	0.37
			3	6.42	0.37
		15	1	5.37	0.34
			2	5.34	0.33
			3	5.39	0.31

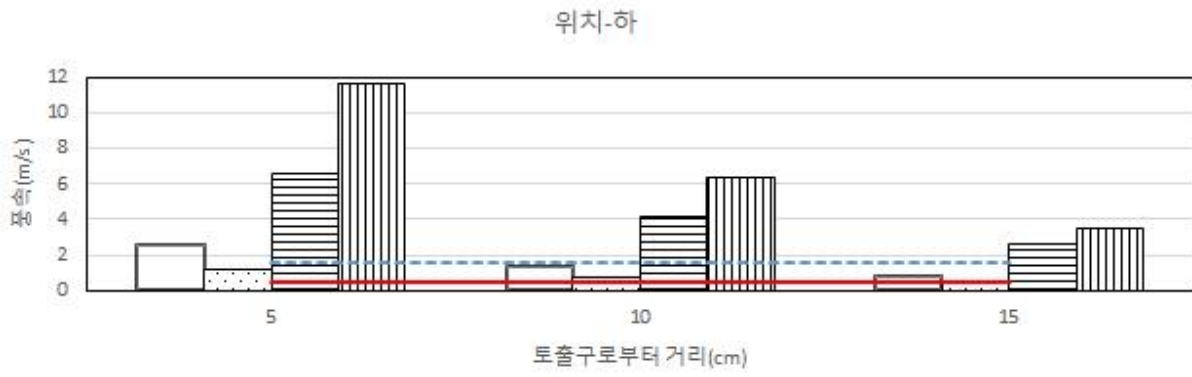
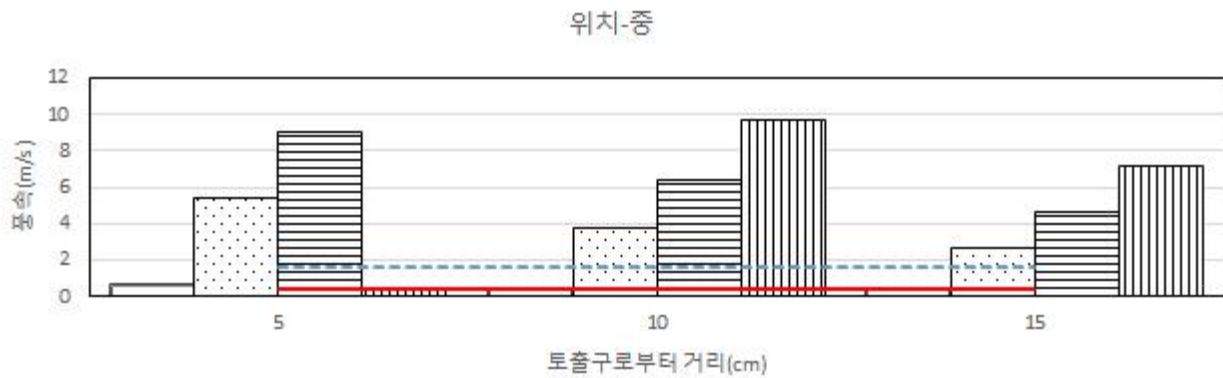
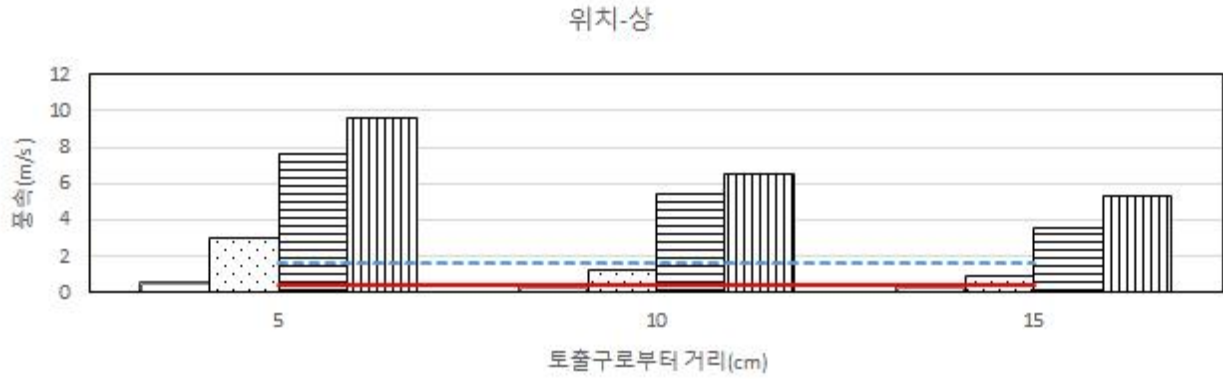
위치 (위에서부터 높이)/(총길이)	흡기구 개수	거리 (cm)	반복	토출풍속 (m/s)	흡입풍속 (m/s)
중 (24cm) / (48cm)	0	5	1	0.59	0.45
			2	0.66	0.46
			3	0.63	0.46
		10	1	0.57	0.23
			2	0.31	0.24
			3	0.35	0.24
		15	1	0.45	0.12
			2	0.43	0.13
			3	0.48	0.11
	1	5	1	5.40	0.43
			2	5.41	0.44
			3	5.40	0.45
		10	1	3.70	0.26
			2	3.85	0.26
			3	3.86	0.25
		15	1	2.53	0.17
			2	2.66	0.18
			3	2.73	0.18
	2	5	1	9.11	0.57
			2	9.07	0.56
			3	9.01	0.58
		10	1	6.35	0.37
			2	6.41	0.35
			3	6.37	0.34
		15	1	4.68	0.26
			2	4.71	0.30
			3	4.59	0.24
	3	5	1	0.40	0.62
			2	0.41	0.64
			3	0.39	0.61
10		1	9.61	0.41	
		2	9.64	0.46	
		3	9.71	0.47	
15		1	7.16	0.34	
		2	7.14	0.33	
		3	7.12	0.34	



위치 (위에서부터 높이)/(총길이)	흡기구 개수	거리 (cm)	반복	토출풍속 (m/s)	흡입풍속 (m/s)
하 (40cm) / (48cm)	0	5	1	2.53	0.43
			2	2.66	0.42
			3	2.60	0.43
		10	1	1.25	0.22
			2	1.27	0.21
			3	1.37	0.21
		15	1	0.82	0.14
			2	0.83	0.15
			3	0.76	0.15
	1	5	1	1.12	0.38
			2	1.16	0.37
			3	1.13	0.38
		10	1	0.74	0.25
			2	0.72	0.24
			3	0.70	0.23
		15	1	0.49	0.17
			2	0.54	0.17
			3	0.51	0.16
	2	5	1	6.51	0.59
			2	6.56	0.58
			3	6.53	0.58
		10	1	4.23	0.35
			2	4.16	0.36
			3	4.02	0.37
		15	1	2.51	0.26
			2	2.65	0.27
			3	2.68	0.28
	3	5	1	11.53	0.60
			2	11.64	0.61
			3	11.61	0.61
10		1	6.30	0.39	
		2	6.34	0.41	
		3	6.28	0.35	
15		1	3.51	0.35	
		2	3.44	0.33	
		3	3.46	0.33	

① 토출 풍속 테스트 : 흡기구 1개 이상에서는 대부분 물체위의 가루이를 비산시킬 수 있을 정도의 풍속이 측정되었지만, 기준 풍속 1.59m/s보다 작게는 3.2배에서 6배까지의 속도가 측정됨

<흡기구 개수에 따른 위치별 토출 풍속 테스트>

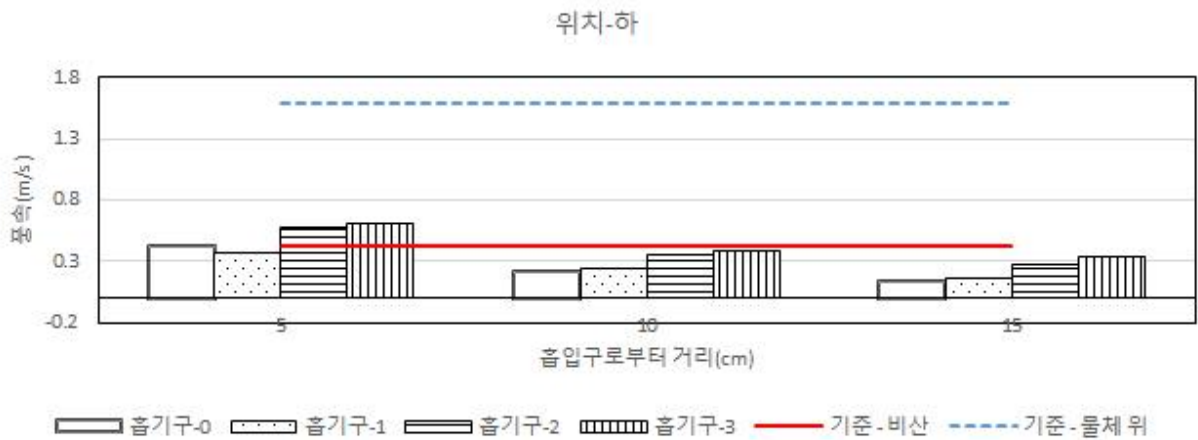


② 흡입 풍속 테스트 : 살충 흡입구쪽의 풍속이 낮아 물체위의 가루이를 흡입하기에는 매우 낮은 풍속으로 측정되었고, 비산하고 있는 가루이의 경우 흡기구 2개이상, 거리 5~10cm 이내에서 흡입이 가능한 풍속이 측정되었음

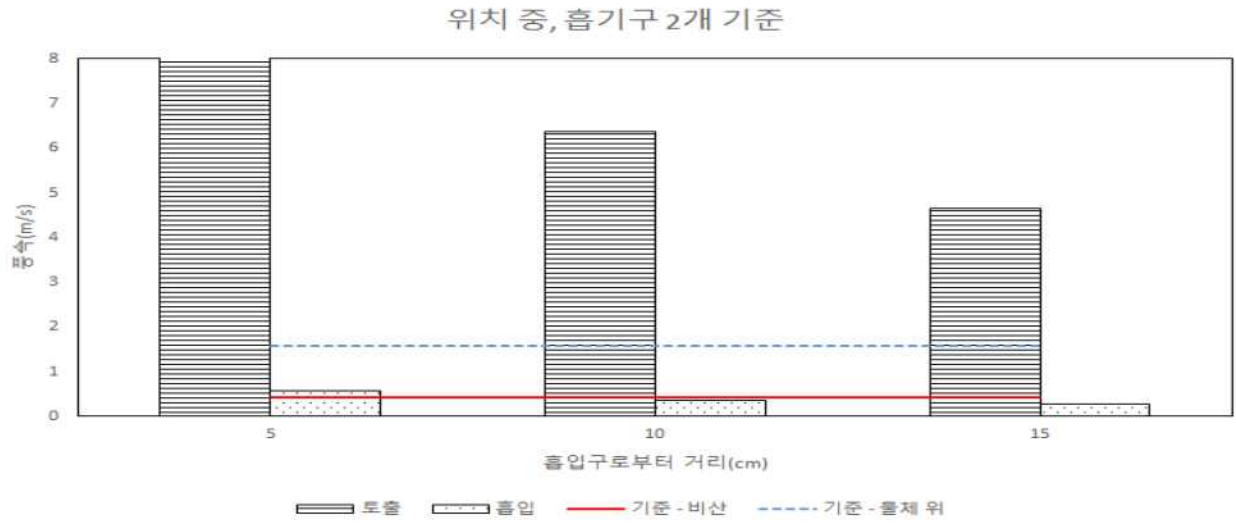
<흡기구 개수에 따른 위치별 흡입 풍속 테스트>



③ 흡입·토출 비교(중간위체에서 흡기구 2개 기준): 토출 풍속은 물체위의 가루이를 비산시키기에 너무 강한 풍속이며, 흡입 풍속은 비산하는 가루이를 5~10cm 이내의 가까운 가루이만을 흡입 할 수 있는 풍속으로 사료됨



<토출, 흡입 풍속 비교>



- 현장 적용 실험을 위한 현장 섭외

- 실험 포장 섭외 : 폭 8, 길이 16, 높이 4m의 실험 포장을 섭외하여 주요 과채류인 토마토와 파프리카를 이용한 가루이 사육 후 테스트를 진행하고자 했으나 계절적 특성상 너무 높은 고온으로 인해 가루이 사육이 불가능하여 테스트가 불가하였음

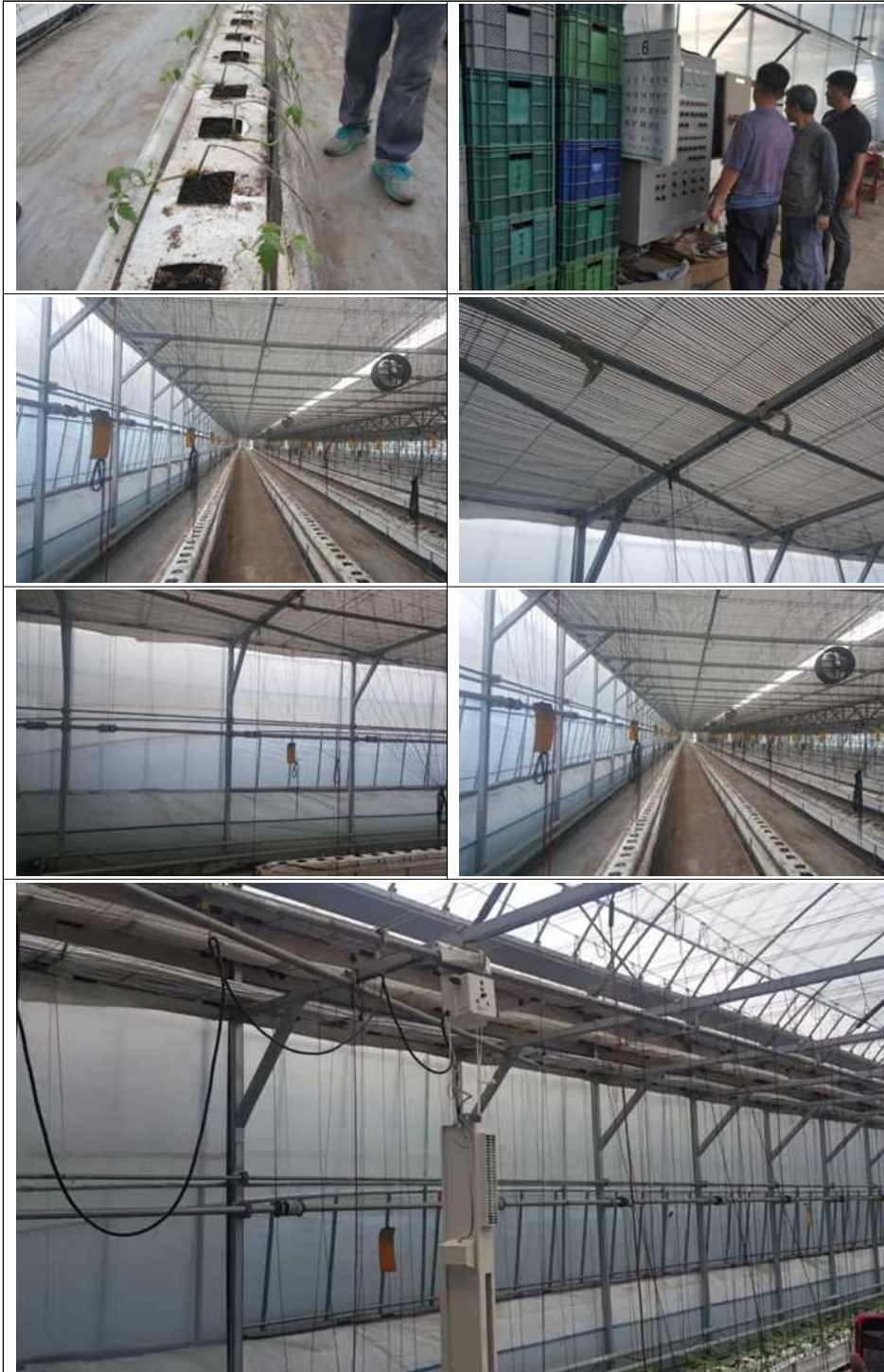
<테스트 베드 실험포장의 기주식물 재배>





- 시제품 설치 후 실험 온실 섭외 : 기존의 실험포장은 25mm의 파이프를 사용하여 만든 온실로 방제기의 무게를 지탱하기에 무리가 있고 베드간 사이가 좁아 테스트가 힘들어 실제 토마토 재배 농가를 섭외하여 시제품을 설치하였음

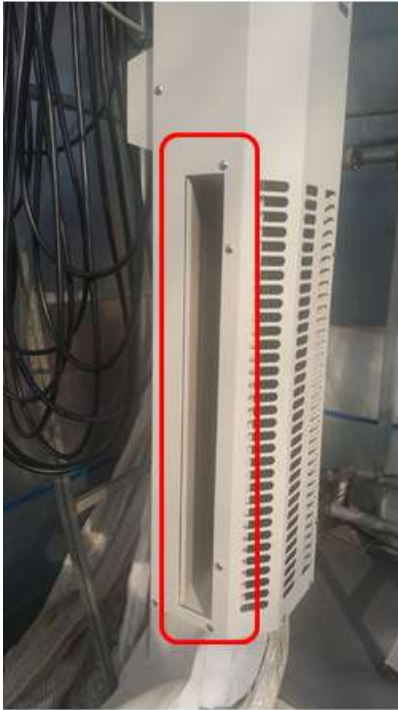
<농가현장 실험포장의 기주식물 재배>



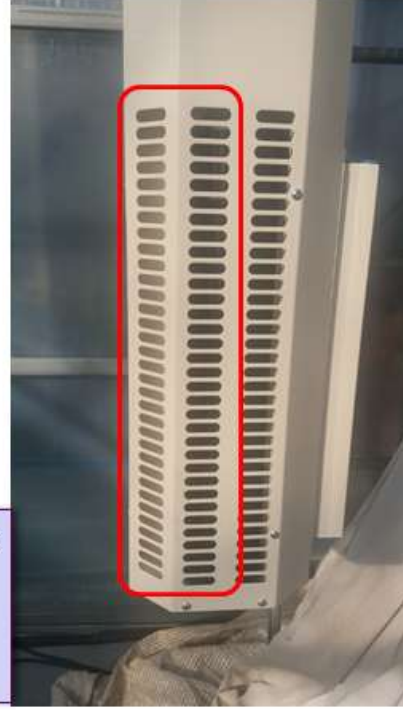
○ 개발시제품 문제점 및 보완점 도출

- 수정요인 발굴 및 피드백

<수정요인1>



포집된 해충이 얼마나 되는지 측정을 위한 포집망 부착을 위한 지그 부착



토출바람 세기를 위한 구멍 막기 (흡입속도에 대한 영향은?)

- 수정요인 1의 사진에서 보는 바와 같이 토출구에 해충수집을 위한 포집망을 부착하여 성능평가에 도움이 될 수 있도록 하며, 특히 전격살충기의 간격을 통과한 해충에 대해 포집망에서 걸러내기 위해 별도의 지그를 설치하여 실험 편의성 및 사용자의 편의성을 높이는 것이 좋을 것으로 판단되며, 현재 제작된 시제품은 토출풍속이 낮아 상부에 마련된 흡입구의 구멍을 일정부분 폐쇄하므로써 속도를 높이는 것을 고려했다.
- 수정요인 2의 사진은 UV램프와 안정기 등이 내부에 부착되어 흡입구의 유로를 막는 장애물의 역할을 하여 흡입유속이 떨어지는 결과를 가져온 것 같다. 흡입되는 공기의 살균을 위해 UV램프를 설치하였으나 이것이 성능을 저하시키므로 일부 안정기에 대해서는 제품 외부로 부착하므로써 유로를 확보할 필요가 있다. 또한 흡입구에 설치된 전격살충기의 전극 간격이 너무 넓어서 살충에 문제가 될 수 있어 전극의 간격을 해충이 걸릴 수 있도록 조정하여야 할 것으로 본다.
- 수정요인 3을 보면 구동부에 포집장치를 고정시킬 수 있는 장치와 포집기의 상하 위치를 조절할 수 있는 장치를 통해 작물의 크기에 따라 높낮이를 조절할 수 있도록 하는 장치가 필요할 것으로 본다.



<수정요인 2>



내부 유인등, UV등  
안정기 외부 부착으로  
내부 유로 저항  
줄이기



내부 전격살충기 전선  
폭이 너무 커서 -와  
+극 사이에 해충이  
끼어야 하는데 너무  
넓어서 그대로  
통과되므로 간격조정  
(1mm~2mm?)



포집기를 구동부에 고정시킬  
수 있는 장치(움직이면  
작물에 상처)  
포집기 상하 이동 고정기구

### 3. 2차 시작품 성능평가 및 작업체계 제시

#### 가. 2차 시작품 방제 성능 평가

##### ○ 3차 시작품 현장 적용(2차 시작품보다 먼저 현장 적용 테스트 수행)

- 3차 시작품 : 2차년도 2차 시작품 흡기구 개수에 따른 풍속테스트 결과 흡기구 2개 이상일 때 토출 풍속이 8m/s이상으로 작물에 부정적 영향을 미칠 수 있어 이를 반영하여 흡기구 1개인 시작품을 제작하였고, 내부의 유인램프와 살충브라켓 구조는 유지하였음

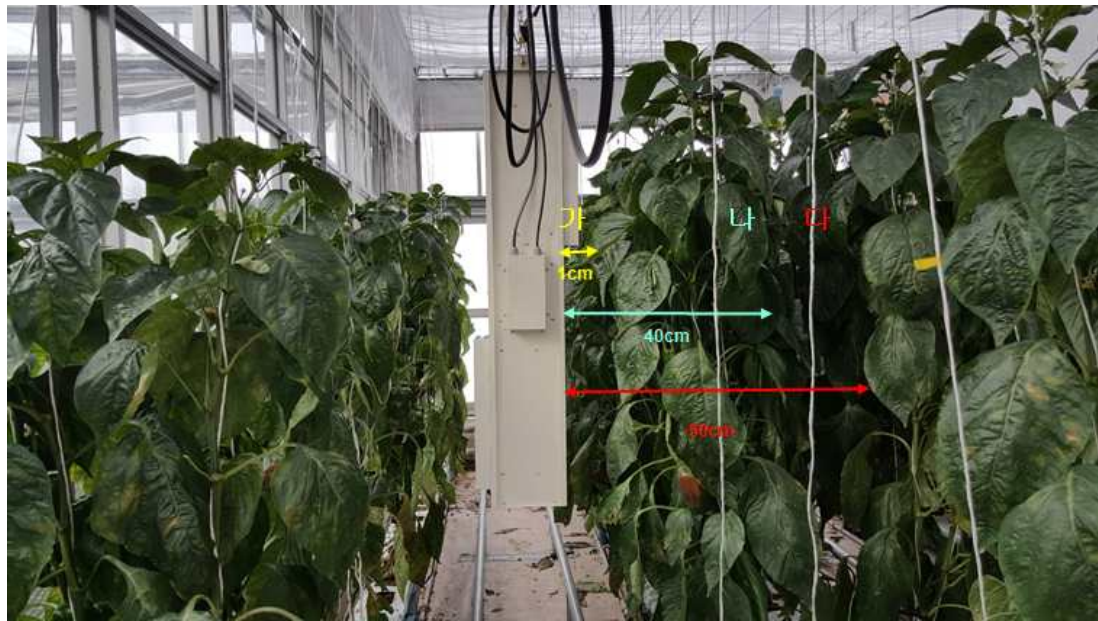
##### ▪ 3차 시작품 현장 설치 후 풍속테스트

- 테스트 내용 : 포집기 구동시 작물체 위치별로 직접적으로 미치는 영향을 판단하기 위해 작물 통로 중앙에 설치하여 흡입·토출 풍속 측정

- 테스트 조건

- 설치 장소 : 전남대학교 농업생명과학대학 부설 실험온실 중 벤로형 유리온실 G5구역(크기 : 가로\*세로 8\*8m) → 기존의 테스트 베드는 구동부를 설치하고 작동하기에 측고가 낮고, 온실 내부의 크기가 작았으며, 하우스 파이프 직경이 작아 시작품설치 및 구동에 적절하지 않아 레일이 설치된 온실로 테스트 베드 변경함
- 측정 방법
- 기존 풍속측정에 사용된 Air velocity Meter 9545 풍속기를 이용해 구동부가 정지해 있을 때와 구동부 가동 중 흡입 풍속과 토출 풍속을 측정하였고, 풍속 측정 지점을 통과하는 5초동안 최저·최고·평균 풍속을 측정하였음
- 작물에 직접적으로 미치는 영향과 간접적으로 미치는 영향을 판단하기 위해 측정위치를 3곳으로 설정하였고, 가루이 포집이 적절한 높이인 작물의 중상하부 높이를 지정하여 3반복 측정함

<3차 시작품 현장설치 후 풍속테스트 위치>

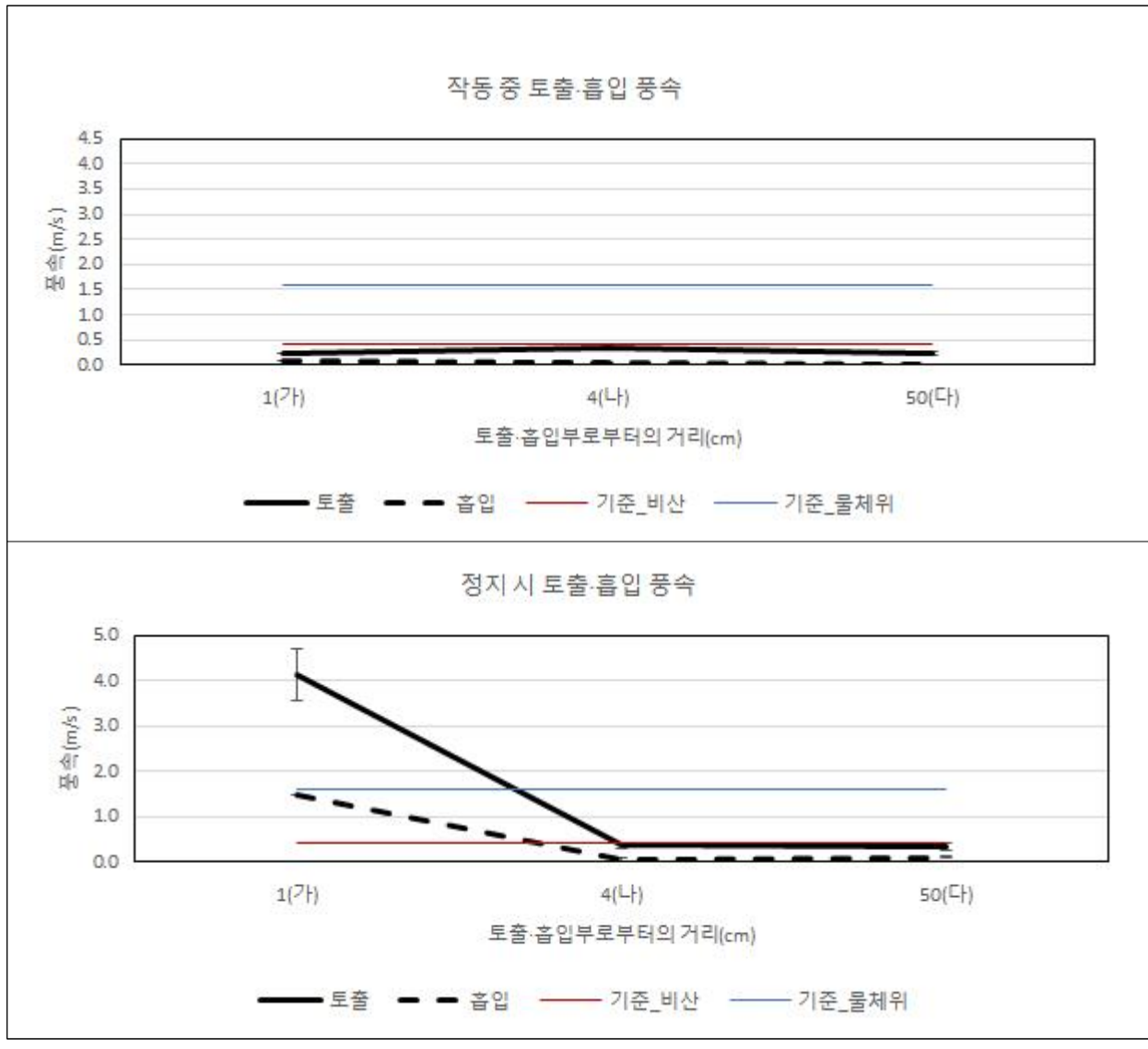


설정위치	작물체와 거리	위치 설정 내용
가	1cm	포충기가 이동하는 통로의 작물체 바깥쪽 옆
나	40cm	포충기가 이동하는 통로의 작물체 안쪽 옆
다	50cm	포충기가 이동하는 통로 옆의 통로에 위치한 작물체의 안쪽 옆(포충기와 가까운 쪽)

- 테스트 결과

- 구동부 정지시보다 작동시에 더 짧은 시간 영향을 주므로 풍속이 더 낮게 측정되었음. 가위치에서 평균값으로 비교했을 때 정지시와 구동시 토출풍속은 18배, 흡입풍속은 13.5배 차이로 정지시 높은 풍속을 나타내었다. 시작품에서 멀어질수록 토출, 흡입 풍속 모두 낮아지는 양상이었으나, 이동시 토출풍속의 양상은 나>다>가 순으로 높았음
- 2차년도 풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 결과를 바탕으로 비산 시 흡입 가능 풍속을 0.43m/s, 작물 위에 있을 시 흡입가능 풍속을 1.59m/s로 설정하여 3차 시작품 풍속테스트와 비교함. 구동부 정지시에는 포충기가 이동하는 통로의 작물체 안쪽일까지 흡입·토출 풍속이 충분하여 가루이가 비산하거나 작물체 위에 있더라도 흡입할 수 있는 풍속이 충족되었음. 그에 반해 구동부 이동시에는 토출풍속, 흡입 풍속 모두 모든 위치에서 모든 기준을 충족하지 못하였음. 이와 같은 결과는 1·2차 시작품 풍속테스트 시에 정지상태에서 풍속을 측정하여 실제 포장에서 적용했을 때의 풍속과 큰 차이가 발생하였고, 1차 또는 2차 시작품의 현장조사가 추가적으로 필요할 것으로 판단되었음

<3차 시작품 현장설치 후 풍속테스트 결과와 기준점 비교>



○ 2차 시작품 추가 조사 : 현장 적용 테스트

▪ 2차 시작품 현장 설치 후 풍속테스트

- 테스트 내용

- 1차 시작품 테스트시 방충망의 역할이 크지 않고 흡입·토출 풍속을 크게 낮추었으므로 1차 시작품의 디자인은 적합하지 않기 때문에 현장 실험이 필요하지 않을 것으로 판단함
- 2차 시작품의 테이터는 2차년도에 흡기구 개수 차이를 두어 실내에서 고정된 상태로 풍속 테스트한 결과만 있고 3차 시작품과 흡기구 개수의 차이가 있어 현장에서의 테스트 필요
- 3차 시작품 테스트 결과 정지시와 구동시의 토출풍속이 적게는 13.5배, 많게는 18배로 차이가 크게 발생하였으므로, 실내 실험에서 문제가 되었던 강한 토출 풍속으로 인한 작물피해는 발생하지 않을 것으로 판단하여 3차 시작품 테스트와 동일한 조건으로 실험을 수행함

- 테스트 조건

- 설치 장소 : 전남 장성군 남면 삼대리 796-2번지 3연동 비닐온실(크기 : 길이\*폭 95\*25.5m) → 전남대 실험온실의 경우 기주 식물을 철거하여 실험이 불가능하였고, 가루이 밀도가 높은 온실에서 실험하기 위해 테스트베드로 설정함. 실제로 상업적으로 운영되고 있는 온실이므로 큰 피해가 가지 않도록 1라인의 15m가량을 테스트 베드로 제한함
- 측정 방법 : 3차 시작품 실험과 마찬가지로 Air velocity Meter 9545 풍속기를 이용해 구동부가 정지해 있을 때와 구동부 가동 중 흡입 풍속과 토출 풍속을 측정하였고, 풍속 측정 지점을 통과하는 5초동안 최저·최고·평균 풍속을 측정하였고 측정위치를 3곳으로 설정하였고, 가루이 포집이 적절한 높이인 작물의 중상하부 높이를 지정하여 3반복 측정함(사진2)



<2차 시작품 현장설치 후 풍속테스트 위치>



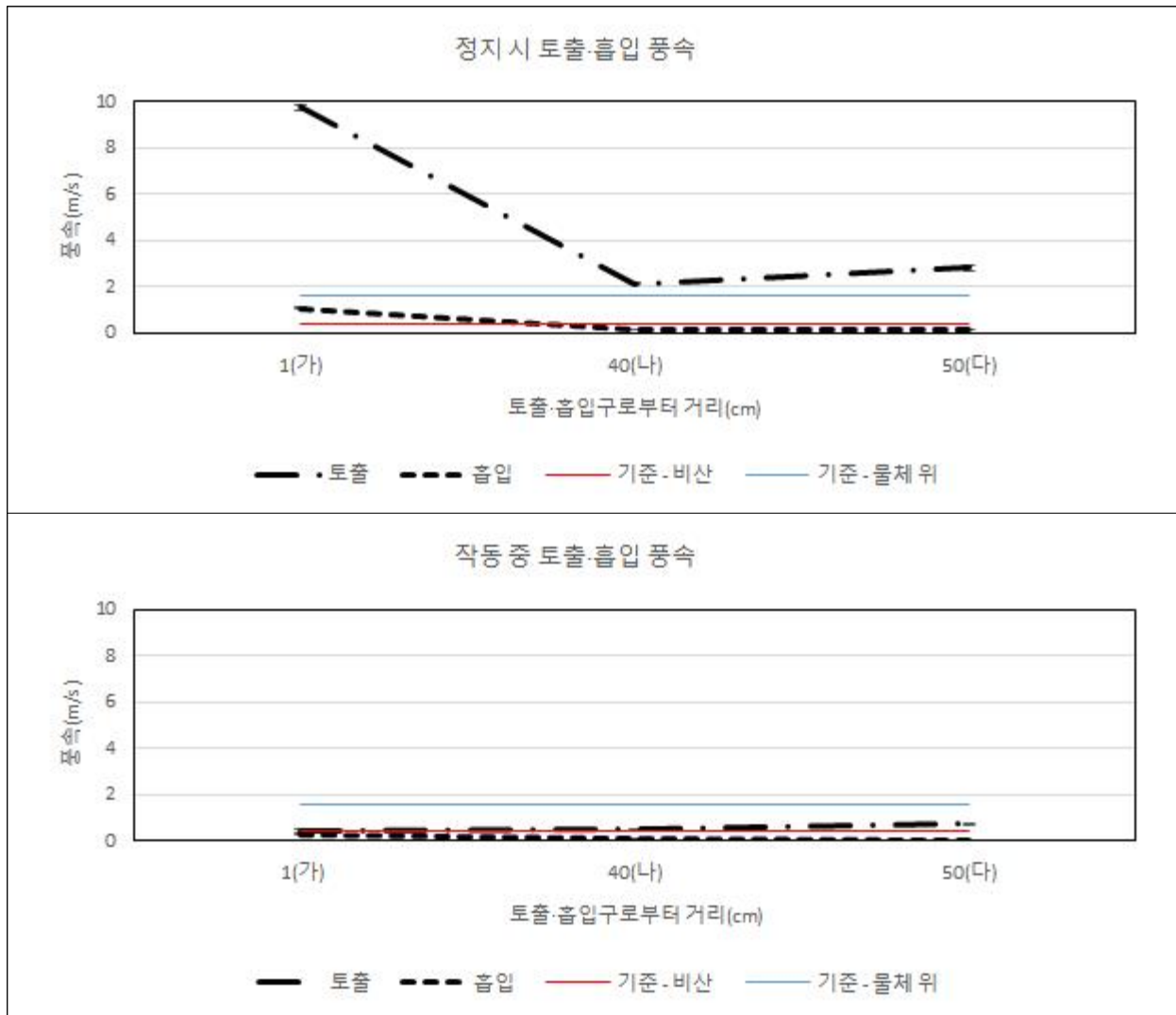
설정위치	작물체와 거리	위치 설정 내용
가	1cm	포충기가 이동하는 통로의 작물체 바깥쪽 앞
나	40cm	포충기가 이동하는 통로의 작물체 안쪽 앞
다	50cm	포충기가 이동하는 통로 옆의 통로에 위치한 작물체의 안쪽 앞(포충기와 가까운 쪽)



- 테스트 결과

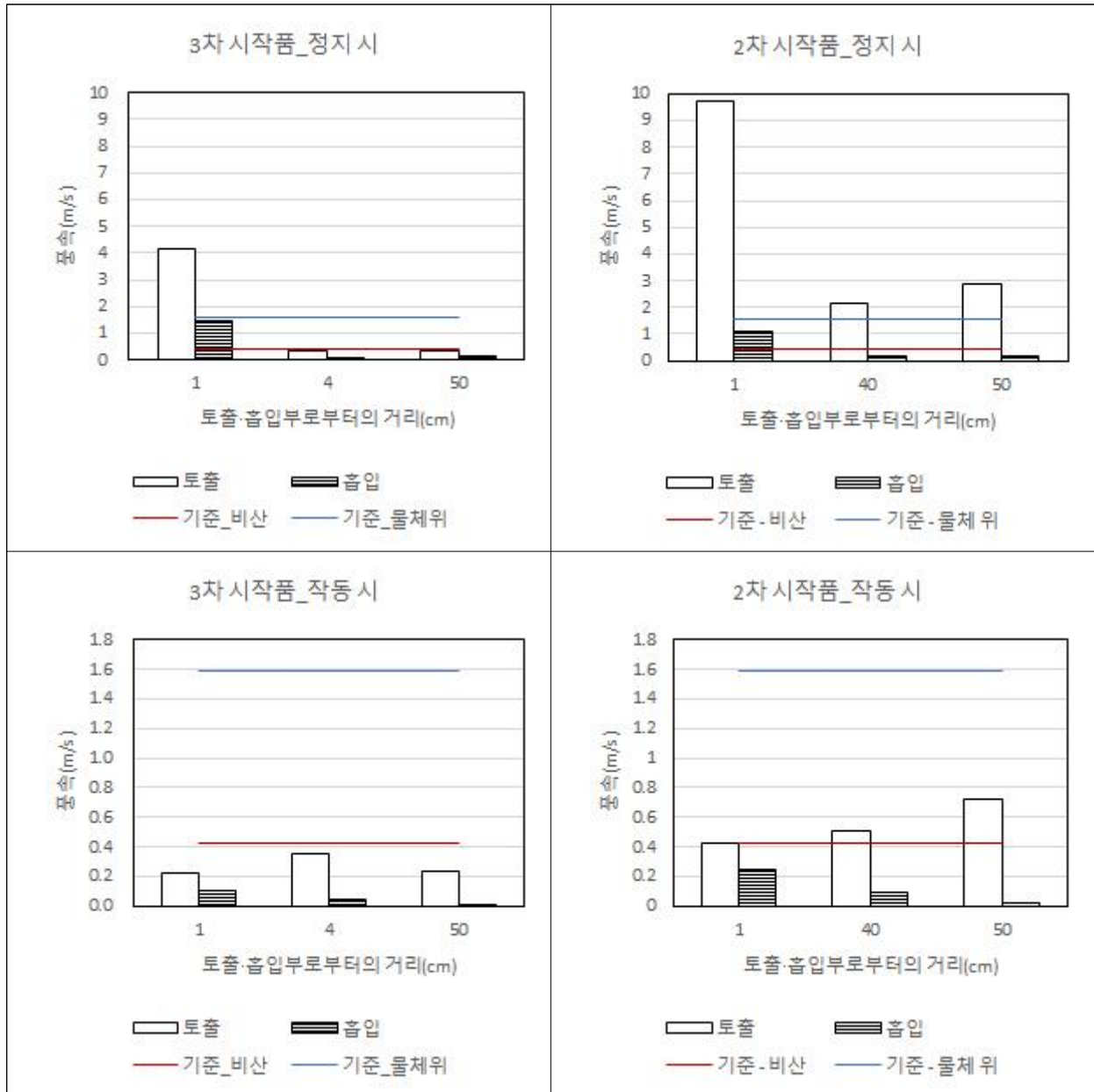
- 표에서 3차 시작품과 마찬가지로 정지시에 토출풍속과 흡입풍속이 높았으나 구동시에는 현저하게 떨어져, 토출풍속의 차이는 위치 가 에서 22.7배, 위치 나 에서 4.2배, 위치 다 에서 3.9배의 차이가 측정되었고, 흡입풍속의 차이는 위치 가에서 4.4배, 위치 나에서 1.8 배, 위치 다에서 6.7배로 측정됨
- 토출 풍속은 정지시와 구동시 모두 40cm 거리인 나 위치에서보다 50cm 거리인 다 위치 에서 더 높은 풍속이 측정되어 3차 시작품때와 다른 양상을 나타내었고, 흡입구 개수에 따라 포집기의 토출 바람의 기류가 달라졌기 때문으로 추정함
- 시작품 구동시 작물위에 정지해 있는 가루이를 비산시키거나 흡입할 수 있는 풍속은 충족 되지 않았으나, 비산하고 있는 가루이에 영향을 줄 수 있는 토출 풍속은 측정되었고, 거리가 멀어짐에 따라 가<나<다 위치 순으로 풍속은 더 높아졌음.

<2차 시작품 현장설치 후 풍속테스트 결과와 기준점 비교>



- 3차 시작품과 2차 시작품의 현장 적용 풍속테스트 비교 시 두 시작품 모두 작물위에 있는 가루이를 흡입할 수 있는 풍속은 충족 되지 않음
- 흡입이 가능한 경우는 흡입구 3개의 2차 시작품을 구동시키지 않을 때 가장 근거리인 가위치(포집기와 작물간 거리 1cm)에서만 가능하였음
- 시작 품 작동시 2차 시작품에서만 비산하고 있는 가루이에 영향을 줄 수 있는 토출 풍속이 측정되었고, 거리가 멀어짐에 따라 가<나<다 위치 순으로 풍속은 더 높아졌음

<3차, 2차 시작품 현장 풍속 테스트 비교>



- 작물 옆의 표면에 위치한 가루이는 시작품 가동 후 비산과 흡입 모두 이루어지지 않았음. 풍속 측정시 포집기와 풍속계를 평행해서 측정하는 반면, 작물체의 경우 옆이 포집기와 평행해서 위치하지 못하는 경우가 대부분이고, 가루이 또한 작물의 표면에 위치하지 않고 작물의 측면에 위치하기도 하며 대부분의 경우 작물의 앞 뒤에 위치하므로 2차, 3차 시작품의 풍속으로 가루이를 비산시키거나 흡입시키는 것이 어려울 것으로 판단하였음.

<2차 시작품 구동시 작물체 표면의 가루이 비산·흡입 여부>





○ 실험 포장 관리 : 시제품 개발 또는 필요시 실험을 적용할 수 있도록 실험 포장 관리

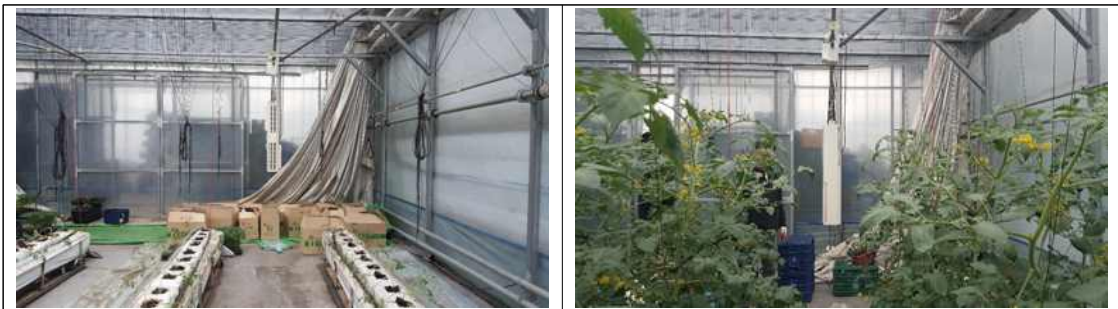
- 전남대학교 농업생명과학대학 부속온실 베로형 실험 온실 : 3차 시제품 현장실험 후 파프리카를 철거하고, 일반적으로 가루이 피해가 많은 토마토를 정식하여 관리함

<전남대학교 실험포장 기주식물 관리>



- (2) 전남 장성 토마토 온실 : 장성 실험온실의 경우 농장주가 직접 작물을 관리하였고, 주기적 방문을 통해 가루이 밀도 확인함

<전남 장성 비닐온실 실험포장 기주식물 관리>



## 나. 설계 개선보완점 제시

### ○ 현재까지 실험결과를 바탕으로 개선점 제시

#### ▪ 낮은 흡입 풍속 극복방안 제시

- 노란색의 점착 트랩은 현장에서 가루이 성층의 개체수를 모니터링 할 때 많이 사용하며 (Natwick et al., 1995) 가루이 성층과 기타 비산해충을 방제하기 위해 온실에서 많이 사용됨(Chu and Thomas, 1998)
- 가루이는 빛이 들어오는 상부의 잎에 내려앉은 뒤 흡즙과 산란을 위해 잎의 뒷면으로 옮겨가고 기주를 떠날 때는 빛이 있는 쪽으로 향했음(Chu et al., 1995).
- 가루이가 노란색에 빛에 반응하는 사실은 일찍이 1921년도에 밝혀진 사실이며(Lloyd, 1921) 그 이후로도 많은 과학자들에 의해 증명되었음
- 따라서 부족한 흡입 풍속을 보충하고, 포집된 후 살충되지 않고 다시 포집기를 빠져나가는 개체가 없도록 유인램프와 살충브라켓을 제거하여 포집기 안의 공간을 확보하고 노란색 점착 트랩을 장착하여 테스트할 수 있는 시작품 제작을 제시함

### ○ 4차 시작품 테스트

- 4차 시작품 : 3차 시작품까지 실험을 바탕으로 흡입부를 3개로 늘리고, 유인램프와 살충브라켓을 제거하여 흡입풍속과 토출풍속을 높이고, 확보된 공간에 노란색 점착트랩을 설치하여 가루이를 포집하고자 하였음

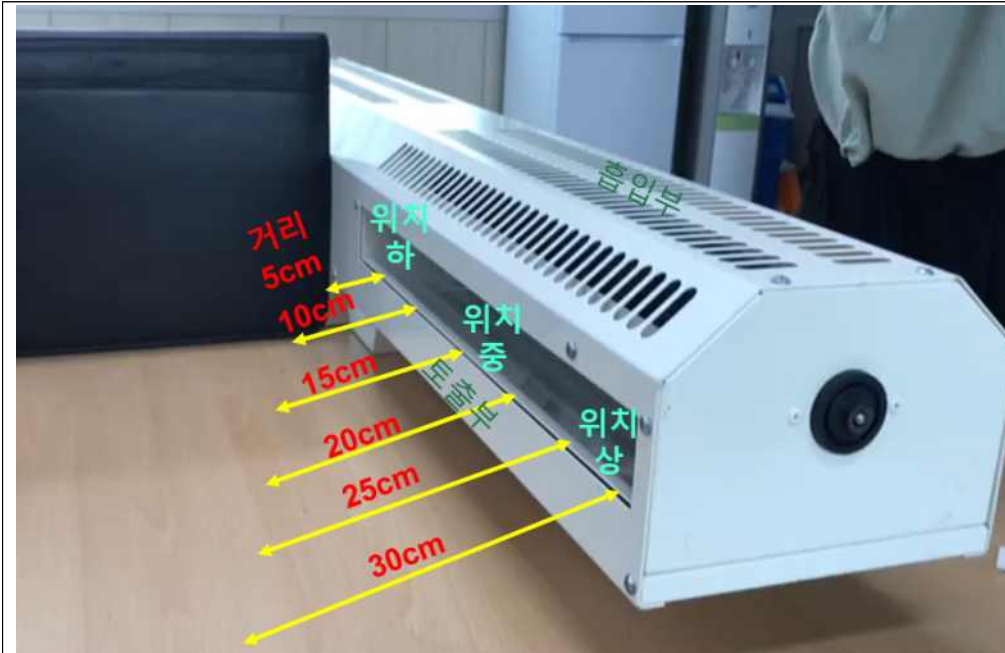
#### ▪ 4차 시작품 실내 풍속 테스트

- 테스트 내용 : 유인램프와 살충 브라켓이 제거된 시작품의 흡입·토출 풍속의 변화를 측정하고자 하였으며, 유인램프 1차 시작품 역시 유인램프와 살충브라켓이 없는 상태에서 흡입부가 4개였으므로 동일한 비교를 위해 실내에서 풍속테스트를 진행함
- 테스트 조건 : 이전의 풍속 테스트에 쓰인 Air Velocity Meter 9545 풍속계를 이용하여 풍속을 측정하였고, 흡입구, 토출구의 총 구간을 위에서부터 3곳으로 나누어 상·중·하로 나누었고, 시작품에서 5cm부터 30cm까지 5cm 간격으로 흡입·토출 풍속을 3반복 측정함(사진6)

#### - 테스트 결과

- 흡입구가 3개이며 유인램프와 살충브라켓 등 내부의 장애물이 없는 상태에서 기존보다 흡입 풍속이 증가하긴 했으나, 증가폭이 크지 않아 포집기 중간위치에서 5cm 이내의 거리에서만 작물위에 있는 가루이를 포집할 수 있는 풍속이 측정됨
- 하지만 토출풍속은 30cm 거리까지 3m/s 이상을 유지하였으므로 작물체 위에 있는 가루이를 비산시키기에 충분하다고 판단되었고, 비산하고 있는 가루이를 흡입할 수 있는 풍속인 0.49m/s가 15cm 거리 이내에서 충족하였음
- 위치별로는 토출부와 흡입부 중간 위치에서 풍속이 높았기 때문에 현장 적용시 가루이 다 발생 지점을 위치 중을 기준으로 통과할 수 있도록 높이 조절 필요

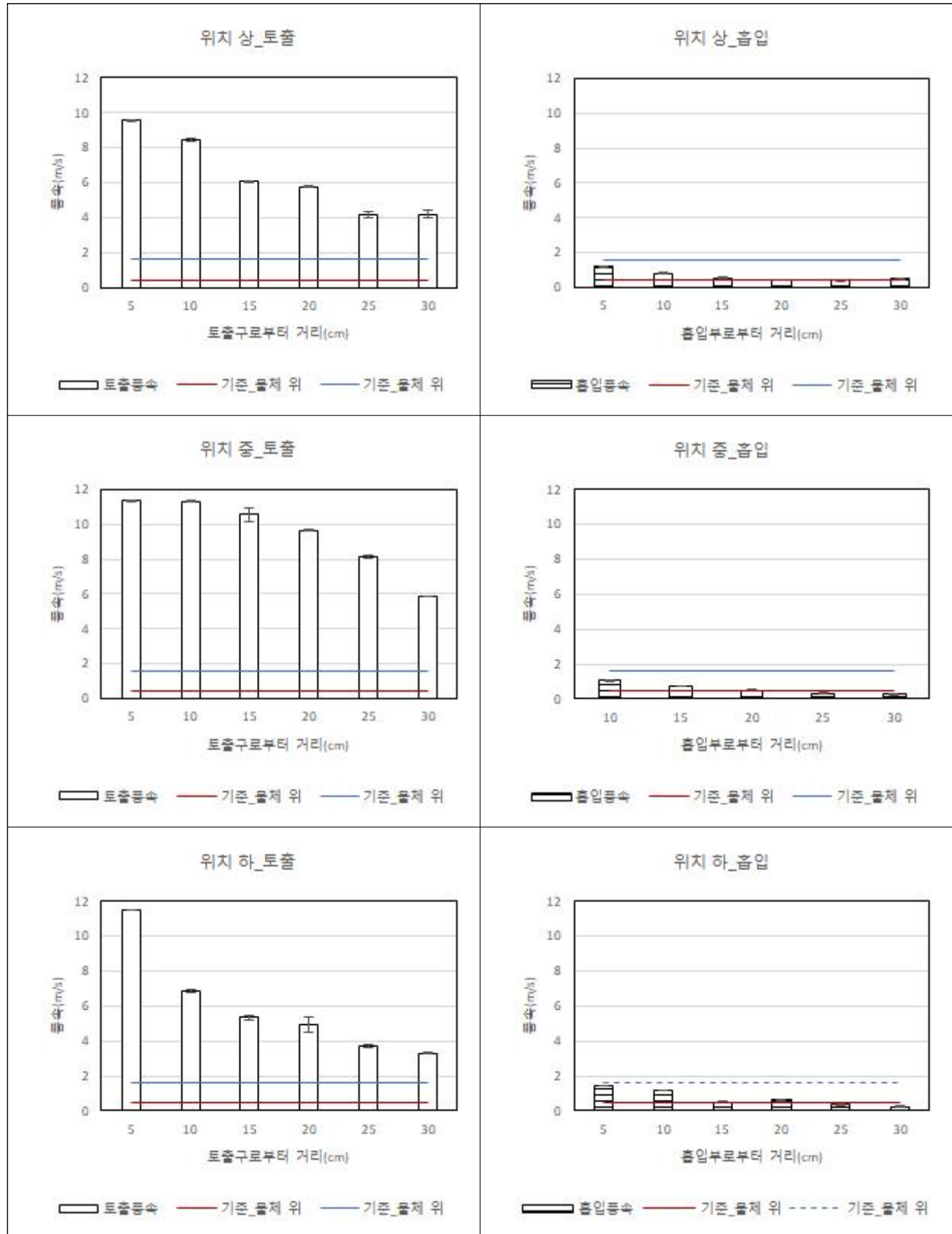
<4차 시작품 실내 풍속테스트 위치>



	위치			거리(cm)					
	상	중	하	5	10	15	20	25	30
흡입부	흡입부와 토출부를 상, 중, 하 세 개의 위치로 나누어 측정			흡입부, 토출부에서 5cm 간격으로 30cm 거리까지 측정					
토출부									



<4차 시작품 실내 풍속 측정>



▪ 4차 시작품 현장 적용 테스트

- 테스트 내용 : 4차 시작품에 노란색 점착트랩을 부착시켜 현장적용시 포집되는 가루이와 기타 비산 해충 개수 조사

- 테스트 조건

- 테스트 장소 : 전남 화순군 도곡면 덕곡리 664번지 파프리카 온실→ 철거를 앞둔 시점의 온실로 가루이와 기타 비산해충의 밀도가 높아 테스트 진행
- 테스트 도구 : 시중에서 쉽게 구할 수 있고, 농가에서 흔히 사용하는 양면 노란색 점착트랩 28.5cm\*15cm을 포집기의 규격에 맞게 상하부에 총 5개를 부착하였고, 크기에 맞추어 1개는 반으로 잘라 부착하여 사용함
- 테스트 방법 : 무인방제기 레일이 설치되어있지 않아 작업용 차를 이용해 테스트를 진행함. 작업용차에 포집기를 설치하여 작물 상부에 포집기의 중간지점이 오도록 높이를 설정하고, 통로 중앙에서 2회 왕복한 후 실험용 돋보기 10배율을 이용해 가루이 및 비산가루이 개체수를 조사함

<4차 시작품 현장 적용 테스트 현장>



- 테스트 결과

- 포집기에 부착한 전체 노란색 점착 트랩 5개에 가루이는 1마리 포집되었고, 가루이보다 체면적이 2배 이상 큰 뿌리파리 성충 2마리가 포집됨
- 흡입부로 들어와 내부에서 순환하고 다시 나가는 흐름에 있어서 포집기 내부의 방해물이 없고 포집기 토출부에서 역시 공기 유동에 영향하는 물체가 없으므로 포집되어 들어온 가루이가 되돌아 나간 비율이 많았을 것으로 추정함
- 따라서 흡입부에서 포집되어 들어온 가루이가 토출부로 나가기 전 살충브라켓에 의해 살충되는 2차 시작품이 포집에 더 적절하다고 판단하였고, 살충브라켓에 대한 추가실험이 더 필요할 것으로 판단하였음

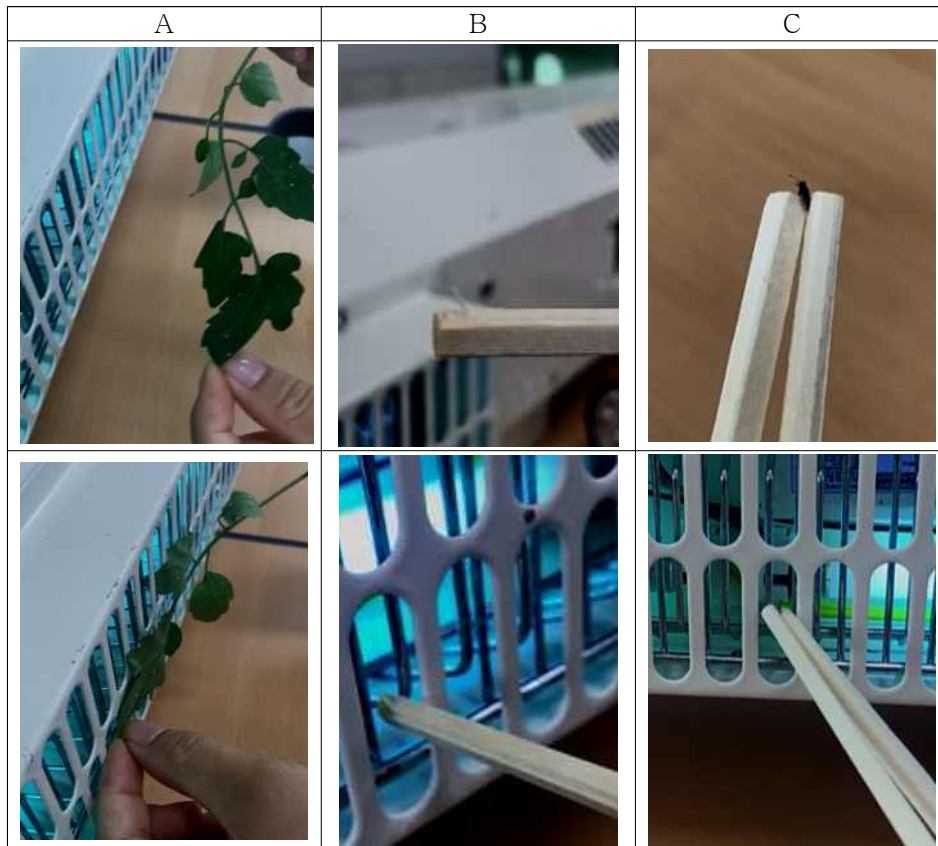
<4차 시작품 현장 적용 테스트 결과>



▪ 2차 시작품 살충브라켓 살충력 테스트

- 테스트 내용 : 1차~4차까지의 시작품을 테스트한 결과 약한 흡입풍속이만 유인램프를 이용해 가루이 유인이 가능하고, 유인 후 5cm 이내에 접근시 흡입이 가능하며, 흡입 후 살충을 통해 다시 탈출하는 개체가 없도록 하는 2차 시작품의 구조가 가장 적합하다고 판단하였고, 살충브라켓의 보안을 위해 살충력 테스트를 수행함
- 테스트 조건 : 전남대의 테스트베드에서 누대사육중이던 가루이개체 50마리를 기주식물인 토마토 잎과 함께 포집하여 실내에서 토마토 잎에 앉아있는 가루이 개체를 이용해 포집 및 살충력을 테스트 하였고, 부전도체인 나무젓가락을 이용해 가루이를 직접적으로 브라켓에 닿게 하여 살충력을 테스트 하였으며, 아메리카잎굴파리 2개체를 이용해 비산해충 살충력을 추가적으로 테스트함

<2차 시작품 살충브라켓 살충력테스트>



- 테스트 결과

- 기주식물위의 가루이를 흡입부에 직접적으로 위치했을 때 5cm 이내에서 흡입되지 않았고, 포집기와 기주식물,가루이가 맞닿아도 흡입이 어려웠음
- 가루이 크기의 10배 이상인 아메리카 앞굴파리를 브라켓과 직접 닿는 조건을 만들어 주었을 때 곧바로 살충되었음
- 흡입 살충 전제에는 토출풍속이 충족되어 가루이나 기타 미소곤충을 비산시켜야함을 확인함

■ 시작품의 최종개선점 제시

- 시작품 모델 구조 : 포집기 가까이 유인램프를 이용해 해충을 유인하여 적은 흡입 풍속으로도 흡입이 가능하고, 흡입 후 포집되어 들어온 해충이 토출부로 나가기 전 살충브라켓에 의해 살충되는 2차 시작품 구조가 적절할 것으로 판단함

- 흡입속도 증가

- 현재 2차 시작품 현장 적용후 1cm 이내에서 흡입 풍속이 0.23m/s로 측정되어 비산하는 개체를 흡입할 수 있는 0.43m/s를 충족하지 못하였으므로 흡입속도를 증가시켜야함
- 흡입풍속 증가시 토출 풍속 증가 역시 수반되는데, 정지 시 토출풍속이 최대 10.01m/s로 측정되더라도 구동부에 연결하여 포집기 작동시 작물을 지나가는 5초동안의 평균 토출 풍속은 50cm 거리 이내에서 최대 0.8m/s로 측정되었으므로, 구동부가 작동하지 않아 한 곳에서 작물에 지속적으로 영향하지 않는다면 작물에 부정적인 영향을 미칠 확률은 적을 것으로 판단함
- 또한 수분스트레스가 없는 상태에서 0~0.8m/s의 바람은 순광합성을 촉진시키며, 0.1m/s 보다 0.4m/s의 풍속에서 순광합성량이 1.3배 더 높았다는 결과(Kitaya et al., 2004)가 있으며, 토마토 시설 재배에서 CO2 시용시 0.3~1.0m/s로 공기순환을 시킬 때 순광합성이 1.11배 더 높아진다는 결과(Thongbai et al., 2010)가 있으므로 해충 밀도가 낮을 때 공기순환장치로서의 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 판단함

- 상하부 유인램프 파장 교체

- 가루이 행동특성은 작물의 상부에서 노란빛을 찾아가는 경향이 있으므로 포집기 상부의 유인램프는 노란색 파장으로 교체하고, 다른 비산해충 중 총체벌레의 행동특성은 작물의 중간부에서 파란색 빛을 찾아가는 경향이 있으므로 포집기 하부의 유인램프는 파란색 파장으로의 교체가 필요함

■ 시작품의 포집 성능 조사

- 테스트 내용 : 2차 시작품을 이용해 현장에 적용했을 시 실제 포집되는 가루이의 개수를 구체적으로 파악하기 위해 살충브라켓에 의해 형체가 없어지지 않고, 포집 후 다시 날아갈 염려가 없는 가루이 대체제를 이용해 실험을 수행함

- 테스트 조건

- 해충가루이 무게와 크기가 비슷한 화장용 얇은 티슈를 약 2\*2mm 크기로 잘라 가루이 대신 실험에 이용
- 포집된 티슈의 개수 파악을 위해 포집기의 토출부에 60mesh 이상의 방충망을 설치



- 포집기가 설치된 통로에서 각각 포집기와의 거리 1cm, 40cm, 50cm 에 위치한 잎 3개를 선정해 2\*2mm 티슈 5개를 올려 포집 테스트를 수행함
- 실제 가루이가 아니므로 잎 위에서 이탈할 경우 곧바로 통로 바닥으로 떨어지기 때문에 포집기를 왕복 1회만 작동 후 잎 위에 남아 있는 티슈의 개수와 방충망 안으로 수집된 티슈의 개수를 조사함

- 테스트 결과

- 잎 위에 남아 있는 티슈의 개수 : 포집기 왕복 1회 작동 후 잎 위에 남아 있는 티슈의 개수는 0개로 포집되거나 토출되는 바람에 의해서 날리고, 또 바람의 영향으로 움직이는 잎에서 처음 설치된 위치를 이탈한 것으로 파악됨
- 포집된 티슈의 개수 : 포집된 티슈의 개수는 총 15개 중 2개로 총 13.3% 포집됨. 1회 왕복 후 결과이므로 가루이 밀도가 높을 시 한 통로당 7회 이상 왕복 시 방제가 충분히 이루어질 것으로 파악되며, 가루이 대체제인 티슈의 경우 비산성이 없어 처음 위치에서 이탈한 후 중력의 영향으로 바로 땅으로 떨어졌기 때문에 포집 개수가 낮았을 것으로 추정함

- 실험결과에 대한 보충

- 1차년도 연구를 바탕으로 가루이 성충의 무게를 최대 0.001g, 길이를 1.0mm로 추정하여 총채벌레 탈착 가능속도 계산식(Gan-Mor et al., 2012)에 적용할 경우 해충가루이의 탈착 가능 속도는 약 0.77m/s(중단속도 기준)

$$V_{\text{terminal}} = \sqrt{(2mg/C\rho A)}$$

A = cross-sectional area of body  
 m = body mass  
 g = gravitational pull  
 ρ = fluid (air) density  
 C = drag coefficient (0.5)

- 2차 시작품 현장테스트 시 포충기와의 거리 50cm에서 작물 중심부에 영향하는 최대 풍속이 0.86m/s이므로 포집기와 50cm 이내에서 영향을 받은 가루이 모두 탈착 가능
- 2차년도 풍속과 거리에 따른 가루이 흡입실험 결과 탈착 후 비산하고 있는 가루이의 경우 비산하지 않고 있는 가루이에 비해 1/3 수준의 낮은 풍속으로 흡입이 가능하므로, 탈착 후 공기유동에 따라 흡입부 1cm 이내로 유도될 경우 대부분의 가루이는 포집이 가능함

## 다. 효과적 사용을 위한 작업체계 제시

### ○ 설치 시 고려사항

- 작동이상에 따른 과부하 예방을 위한 과부하 차단장치 설치(화재예방)
- 작동을 완료했을 때 정지위치가 농작업에 저해되지 않도록 위치할 것
- 기존 방제기 구동부에 연결시 전원연결부위의 누전 방지를 위한 체결구 부착
- 작업기에 인가되는 전선과 흡입기가 이동중에 온실구조물이나 작물에 영향받지 않도록 시험하고 설치
- 작업기 설치 숫자에 따른 전기용량 계산(인가전기)
- 작업기 이동거리에 따른 전선용량 계산(모터부하 고려)
- 이랑의 간격을 고려하여 작업기가 작물에 걸리지 않는 간격을 유지: 잎이나 과일에 부딪혀 작업자의 상해 또는 작업기의 손상이 생길 수 있으므로 보호가이드 부착 고려 필요
- 흡입구에 작물이 빨려 들어가지 않을 거리 유지 : 필요시 흡입방지 가이드 설치
- 레일이동식 방제기에는 모두 적용될 수 있도록 대표적 방제기에 적용장치 고려하여 제작 : 구동부에 전원이 없는 와이어 유인식의 경우 별도의 전원선 설치

### ○ 운용 중 고려사항

- 작업기 이동 속도 조절
- 작업기 위치 조절 : 온실가루이는 식물체의 어린잎에 분포하므로 식물체 높이의 상>중>하 순으로 밀도가 높기 때문에 포집기의 설치 위치가 해당 작목의 성장점에 위치할 수 있도록 설치
- 야간 자동운행 시간 설정 : 1시간마다 1회 왕복운행 등
- 주간 운행시 작업자 보호를 위한 경보음 및 경광등 설치
- 작업자 충격시 보호를 위한 안전부재(스폰지, 가이드 등) 설치
- 아침 환절기 결로가 맺힐 시기 아침 일찍 왕복운행을 실시하여 잎의 결로를 털어주거나 말려 줄 수 있는 방향으로 활용 가능
- 해충의 밀도별로 사용빈도를 조절할 수 있도록 시간대별 작동횟수 조절이 용이하게 할 것
- 작동 시작시간과 종료시간을 설정하고, 작동시간 내에 횟수를 지정하면 계산하여 시간이 지정되는 방식(횟수 지정방식) 또는 작동시간 내에 시각을 선택하여 지정할 수 있는 방식(시각 지정 방식)으로 고려
- 농약방제, 수확 등 기구를 이용한 작업시 또는 수확/정지 작업 등 작업자가 라인에 들어갈 시에는 작동되지 않도록 수동으로 설정할 수 있도록 할 것 : 운행중 작업자의 작업시 간단한 스위치 조작으로 원위치 할 수 있도록 비상복귀 또는 비상스위치 부착
- UV 살균등 작동시간 카운팅 : 점등시간에 따른 램프 교체시기 체크
- 야간 무인 작동에 따른 과열방지 장치 : 모터 주변 온도 감지 장치 설치
- 고온 고습 사용 환경에 따른 모터 방수 및 절연 대책 필요
- 전기 접점 절연 관리 대책 필요
- 온풍기 사용능가의 경우 난방 덕트 비닐 높이를 고려하여 걸리지 않도록 높이 설정 필요

○ 운용 프로그램

- 야간 작업 모드

- 일몰 후 시작시간-종료시간 설정
- 운행방법 입력 : 작업횟수 또는 일정 시각
- 최소 운행 간격 : 왕복시간을 고려하여 10분
- 최대 운행 간격 : 운행 효율을 고려하여 1시간
- 종료 시각 한계 : 일출 전 2시간(겨울철 조조가온)

- 주간 작업 모드

- 운행시간 입력 : 시작시간, 종료시간
- 운행방법 입력 : 작업횟수(최소 운행간격 고려)
- 작업자 진입시 비상정시 모드 전환 : 원래 위치로 복귀 후 정지

- 비상 운전 모드

- 1회만 작동
- 운영자가 휴지시간에 작동을 원할 때

○ 유지관리시 고려사항

- 전원선 파손 수시 점검
- 전류 누진 점검
- 작물 피해여부 점검
- 타이머 시각 점검
- UV 램프 수명 점검
- 비상스위치 작동유무 점검

○ 효과적인 가루이 포집을 위한 포집기 적정 작동 시간대

- 가루이는 10℃ 전후에서 11시~15시 사이, 20℃ 전후에서 7시~19시 사이 비산과 분산활동을 하며, 가루이 피해가 많은 토마토·파프리카의 경우 야간 온도를 최소 15℃ 이상으로 관리하고, 주간 온도 20℃ 이상으로 관리하므로 오전 환기 시점부터, 오후 환기 닫는 시점까지 작동하는 것이 효과적

#### 4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

				코드번호	D-06
4-1. 목표달성도					
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용	
1차 년도 (2016)	ICT기반 해충가 루이 포집기 주요 부, 통합시작품 제작 및 산업화	해충가루이 포집기 주요부 설 계·제작	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 송풍부, 흡입구, 살균부의 기존 기성품 선정</li> <li>- 최종 기성품 조합, 제작을 통한 테스트베드에서 실증실험</li> <li>- 실증실험을 통한 문제점 분석</li> </ul>	
	자동제어 및 ICT 융복합 기술개발	주요부 최적화 및 기본성능시 험	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT기반으로 사용자 편의를 도모하기 위한 지상부, 지하부 센서 조사 및 분석</li> <li>- 시스템의 최적화를 위하여 송풍 유량 이동 속도, 개체수의 박멸 등을 고려한 시스템의 자동 특성 조사</li> <li>- 자동제어를 위한 통합배전함 제작</li> </ul>	
	주요부 및 통합시 작품 테스트베드 구축 및 현장적용	주요 과채류 농가의 비산해충 및 가루이류 실태조사	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 과채류 재배농가의 비산해충 관련 현황조사</li> <li>- 과채류의 종류별 가루이류 피해 예방 및 방제를 위한 현황 조사</li> <li>- 개발 시제품에 대한 가이드 제시</li> </ul>	

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2017)	ICT기반 해충가 루이 포집기 주요 부, 통합시작품 제작 및 산업화	해충가루이 포집기 통합시작품 제작	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해충가루이 포집기 송풍모터 및 알루미늄 팬 제작</li> <li>- 포집기 전열 브라켓, UV램프 위치선정 및 제작</li> <li>- 포집기 하우징 설계 및 제작</li> <li>- 해충가루이 포집기 통합 1차시작품 제작</li> </ul>
	자동제어 및 ICT 융복합 기술개발	주요부 및 통합시작품 최적화 및 현장적용	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요부 및 통합시작품 최적화</li> <li>- 통합배전반 제작</li> <li>- ICT융복합 원격 자동제어부 설계 및 제작</li> <li>- ICT융복합 원격 모니터링 및 제어기 : 스마트폰 원격제어 및 작업상태 모니터링</li> <li>- 자동제어부, ICT융복합 원격 모니터링 및 제어부 개념설계</li> </ul>
	주요부 및 통합시 작품 테스트베드 구축 및 현장적용	주요부 및 통합시작품 현장적 용 및 작업성능 평가	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 과채류(파프리카, 토마토) 시범온실 테스트베드 구축</li> <li>- 비산해충 및 가루이의 방제성능</li> <li>- 현장적용 실험을 통한 시작품의 작업성능 평가</li> <li>- 문제점 및 보완점 도출을 통한 설계 개선점 제시</li> </ul>

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2018)	ICT기반 해충가 루이 포집기 주요 부, 통합시작품 제작 및 산업화	문제점 보완, 현장적용, 산업화	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 송풍부, 흡입부, 살균부 기성품 선정 및 온실모노레일을 이용한 이동 설계</li> <li>- 기본 성능시험(작동상태, 작업상태) 및 최적화보완점(용량증감, 작업속도 등) 도출</li> <li>- 주요부 및 통합시작품 제작</li> <li>- 현장적용 및 보완점 도출</li> <li>- 현장적용시 문제점이 보완된 시작품 제작</li> <li>- 타협동기관 통합 현장적용테스트 분석</li> <li>- 방울토마토, 딸기 농가에 실제 농가 현장실증 테스트 및 설문을 통한 보완점분석</li> <li>- 현장적용 및 실용화</li> </ul>
	자동제어 및 ICT 융복합 기술개발	문제점 보완, 현장적용, 사용자 매뉴얼 작성	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동제어부, ICT융복합 원격 모니터링 및 제어부 성능평가 및 보완점 도출</li> <li>- 2년차 현장적용 문제점을 보완한 시작품 설계</li> <li>- 현장 적용 및 종합 성능평가</li> <li>- 산업화를 위한 사용자 매뉴얼 작성</li> </ul>
	주요부 및 통합시 작품 테스트베드 구축 및 현장적용	2차 시작품 현장적용 및 작업 성능 평가	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시범온실 테스트베드를 활용한 2차 시작품 방제성능 평가</li> <li>- 시작품의 최종 개선점 및 설계 보완점 제시</li> <li>- 개발품 효과적 사용을 위한 작업체계 제시</li> </ul>



#### 4-2. 관련분야 기여도

- 해충가루이 포집기 주요부 설계·제작
  - 송풍부, 흡입구, 살균부의 기존 기성품 선정
  - 최종 기성품 조립, 제작을 통한 테스트베드에서 실증실험
  - 실증실험을 통한 문제점 분석
- 해충가루이 포집기 통합시작품 제작
  - 해충가루이 포집기 송풍모터 및 알루미늄 팬 제작
  - 포집기 전열 브라켓, UV램프 위치선정 및 제작
  - 포집기 하우징 설계 및 제작
  - 해충가루이 포집기 통합 1차시작품 제작
- 문제점 보완, 현장적용, 산업화
  - 송풍부, 흡입부, 살균부 기성품 선정 및 온실모노레일을 이용한 이동 설계
  - 기본 성능시험(작동상태, 작업상태) 및 최적화보완점(용량증감, 작업속도 등) 도출
  - 주요부 및 통합시작품 제작
  - 현장적용 및 보완점 도출
  - 현장적용시 문제점이 보완된 시작품 제작
  - 타협동기관 통합 현장적용테스트 분석
  - 방울토마토, 딸기 농가에 실제 농가 현장실증 테스트 및 설문을 통한 보완점분석
  - 현장적용 및 실용화
- 주요부 및 통합시작품 현장적용 및 작업성능 평가
  - 주요 과채류(파프리카, 토마토) 시범온실 테스트베드 구축
  - 비산해충 및 가루이의 방제성능
  - 현장적용 실험을 통한 시작품의 작업성능 평가
  - 문제점 및 보완점 도출을 통한 설계 개선점 제시
- 주요 과채류 농가의 비산해충 및 가루이류 실태조사
  - 주요 과채류 재배농가의 비산해충 관련 현황조사
  - 과채류의 종류별 가루이류 피해 예방 및 방제를 위한 현황 조사
  - 개발 시제품에 대한 가이드 제시
- 2차 시작품 현장적용 및 작업성능 평가
  - 시범온실 테스트베드를 활용한 2차 시작품 방제성능 평가
  - 시작품의 최종 개선점 및 설계보완점 제시
  - 개발품 효과적 사용을 위한 작업체계 제시
- 주요부 최적화 및 기본성능시험
  - ICT기반으로 사용자 편의를 도모하기 위한 지상부, 지하부 센서 조사 및 분석
  - 시스템의 최적화를 위하여 송풍유량 이동 속도, 개체수의 박멸 등을 고려한 시스템의 자동 특성 조사
  - 자동제어를 위한 통합배전함 제작
- 주요부 및 통합시작품 최적화 및 현장적용
  - 주요부 및 통합시작품 최적화
  - 통합배전반 제작
  - ICT융복합 원격 자동제어부 설계 및 제작
  - ICT융복합 원격 모니터링 및 제어기 : 스마트폰 원격제어 및 작업상태 모니터링
  - 자동제어부, ICT융복합 원격 모니터링 및 제어부 개념설계
- 문제점 보완, 현장적용, 사용자 매뉴얼 작성
  - 자동제어부, ICT융복합 원격 모니터링 및 제어부 성능평가 및 보완점 도출
  - 2년차 현장적용 문제점을 보완한 시작품 설계
  - 현장 적용 및 종합 성능평가
  - 산업화를 위한 사용자 매뉴얼 작성

## 5. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-07
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허등록: 2건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천정 모노레일식 탈부착 무인포집기</li> <li>- 스마트 온실용 해충가루이 무인포집기</li> </ul> </li> <li>○ 기술이전: 1건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 온실용 해충가루이 무인포집기</li> </ul> </li> <li>○ 제품화: 1건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 천정 모노레일식 탈부착 무인포집기</li> </ul> </li> <li>○ SCI 논문: 1건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격 자동제어 및 모니터링 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 비SCI 논문: 2건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ICT 융복합 모니터링 시스템 제작</li> <li>- ICT 융복합 원격 자동 제어기 설계 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 학술논문: 2건 (한국농업기계학회지에 게재)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격 자동 제어부 설계</li> <li>- 무인 방제 시스템 설계 및 제작</li> </ul> </li> <li>○ 홍보전시: 10건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해충가루이 방제를 위한 재배양식 표준화 및 작업방식</li> <li>- 해충 방제 및 살균 포집기 보급</li> </ul> </li> <li>○ 관련 인증: 1건               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신기술 인증 또는 성능 인증</li> </ul> </li> </ul>	
<p>○ 최종 연구 결과인 천정 모노레일식 무인 방제기를 개발하여, 온실 재배 농가보급 및 무인화 작업의 생력화 및 기계화율 향상에 기여</p>	
<p>가. 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 친환경 포집기에 대한 기반 조성으로 상세 사양 선정에 따라, 친환경 포집기의 다양화 및 기술발전</li> <li>○ 무인 친환경 포집기 도입으로 작업효율성이 높은 방제기 개발 및 보급가능</li> <li>○ 여성·고령 작업자가 편리하게 사용 할 수 있는 ICT융복합 시스템 개발 및 보급가능</li> </ul>	
<p>나. 경제적·산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발된 친환경 포집기를 농가현장에 보급하여 인력에 의존하는 해충가루이 방제작업 노동력절감 및 기계화율 향상</li> <li>○ 관련 지식재산권 등록을 통한 기술보호, 제품에 대한 인증, 보급확대를 위한 정책제안을 통한 효과적 시장진입</li> <li>○ 농가 노동력 절감, 인건비 절감, 소득증대</li> <li>○ 해충가루이 피해가 많은 작물인 파프리카, 토마토를 위한 기계화 작업체계 완성</li> <li>○ 외국산 농업기계 국내잠식 대응</li> </ul>	

## 6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호 D-08

- 2차년도 해외과학기술정보 수집(제 1세부)
- 1. 출장국 : 미국 콜럼버스
- 2. 출장목적 : 미국 CULTIVATE 2017 전시회 참가 및 기술동향 파악
- 3. 출장기간 : 2017. 07. 14 - 2017. 07. 18(4박5일)
- 4. 활동내역 :
  - 미국 농기자재전시회 CULTIVATE 2017 전시회 참가
  - 각종 온실 기자재 세계 기술동향 파악
  - 과제 관련 해충포집 관련 기술수집
  - 해충포집 및 ICT 관련 업체 미팅

<p>국의 출장 참고 사진자료</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>CULTIVATE 2017 전시부스</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<p>제품홍보 및 상담</p> 	<p>제품홍보 및 상담</p> 
<p>제품홍보 및 상담</p> 	<p>세계 기술동향정보수집</p> 

○ 3차년도 해외과학기술정보 수집(제 1세부)

1. 출장국 : 일본 도쿄(2018 AGRIWORLD)
2. 출장목적 : 2018 일본 AGRIWORLD 농기계 전시회 참관
3. 출장기간 : 2018. 10. 10 - 2018. 10. 13(3박4일)
4. 활동내역 : - 2018 AGRIWORLD 전시장 방문  
- 온실 해충방제 기술 수집 및 참관  
- 해외 농기계 기술력 분석

### 국외 출장 참고 사진자료



2018 AGRIWORLD 전시장



2018 AGRIWORLD 전시장



2018 AGRIWORLD 전시장



1. 출장국 : 일본 삿포로(홋카이도 대학교)
2. 출장목적 : 국외 해충방제 방법 확인 및 연구관련 최신정보 수집
3. 출장기간 : 2018. 07. 23 - 2018. 07. 26(3박4일)
4. 활동내역 :
  - 일본 홋카이도 대학교 방문
  - 홋카이도 대학 노보루 노구치 교수와 가루이 및 포집기 관련 미팅
  - 홋카이도 대학 내 온실 및 농기계 전시실 방문, 관련기술 업체 확인
  - 과제 관련 해충 포집 기술 수집

### 국외 출장 참고 사진자료



홋카이도 대학교 방문



홋카이도 대학교 농기계 전시실 방문



홋카이도 대학 노보루 노구치 교수와 미팅

홋카이도 대학 소개 모습

### 7. 연구개발결과의 보안등급

		코드번호	D-09
보안등급분류	일반과제		
결정사유	“ 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음”		

### 8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호	D-10		
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호



## 9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호	D-11
<p>○ 「(주)신안그린테크 연구실 안전관리 규정지침」에 의거함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구참여인원의 보험가입을 대학차원에서 의무적으로 적용함</li> <li>- “연구실안전관리책임자”를 지정하여 안전 관리 및 지도 수행</li> <li>- 연구실안전관리책임자는 연구실 안전 책임 관리</li> <li>- 통제상황과 사고발생시 대처요령 등 교육 훈련 실시</li> <li>- 연구실 자체 안전점검 실시 및 결과 비치</li> <li>- 일정 기간 이상 종사자 건강검진 실시</li> </ul> <p>○ 「충남대학교 연구실 안전관리 규정지침」에 의거함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구참여인원의 보험가입을 대학차원에서 의무적으로 적용함</li> <li>- “연구실안전관리책임자”를 지정하여 안전 관리 및 지도 수행</li> <li>- 연구실안전관리책임자는 연구실 안전 책임 관리</li> <li>- 통제상황과 사고발생시 대처요령 등 교육 훈련 실시</li> <li>- 연구실 자체 안전점검 실시 및 결과 비치</li> <li>- 일정 기간 이상 종사자 건강검진 실시</li> </ul> <p>○ 「(주)나루농업컨설팅 연구실 안전관리 규정지침」에 의거함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구참여인원의 보험가입을 대학차원에서 의무적으로 적용함</li> <li>- “연구실안전관리책임자”를 지정하여 안전 관리 및 지도 수행</li> <li>- 연구실안전관리책임자는 연구실 안전 책임 관리</li> <li>- 통제상황과 사고발생시 대처요령 등 교육 훈련 실시</li> <li>- 연구실 자체 안전점검 실시 및 결과 비치</li> <li>- 일정 기간 이상 종사자 건강검진 실시</li> </ul>	

## 10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	온실용 무인 해충포집기 설계 및 이동 속도 기초시험	(주)신안그린테크	장승호	대한민국	-	2017. 09. 25.	단독사사	비SCI
2	국내 학술 회의	한국농업기계학회	충남대학교	이원재	대한민국	-	2017. 04. 06	-	경북대학교 발농업기계 개발연구센터
3	국내 학술 회의	한국원예학회 춘계학술발표대회	(주)나루농업컨설팅	이범선	대한민국	-	2017. 05. 25	-	대전컨벤션
4	국제 학술 회의	ACPA	충남대학교	이원재	뉴질랜드	-	2017. 10. 16	-	CLAUDELANDS CONFERENCE AND EXHIBITION CENTRE
5	특허	스마트온실용 해충가루이 친환경 무인포집장치	(주)신안그린테크 외 2명	장승호, 정선옥, 이범선	대한민국	-	2018. 01. 10	-	10-18194 26





# Design and Construction of an Automatic White-fly Collecting Device Control System for Smart Greenhouse

Won-Jae Lee<sup>1</sup>, Young-Woo Seo<sup>1</sup>, Yong-Joo Kim<sup>1</sup>, Seung-Ho Jang<sup>2</sup>, Beom-Seon Lee<sup>3</sup>, Sun-Ok Chung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National Univ., Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134, Republic of Korea

<sup>2</sup> SHINAN GREEN-TECH, Jeongjich 1ro, Daejeon-myeon, Yeonggwang-gun, Suncheon, Chonnam, 1210, Republic of Korea

<sup>3</sup> 1-NARU, Gang-ni-gil Daejeon-Myeon, Daejeon-gun, Jeonnam, 57326, Republic of Korea



## Introduction

- Whitefly is consistently increased.
- Harmful insects pesticide causes a severe environmental pollution.
- Automated remote control system was designed and fabricated to eradicate whitefly.



## Materials and Methods

### Basic test device design of collecting device driving motor control

- Driving motor, blower, electric bracket, marned lamp, UV sterilizing lamp.

### Driving motor control basic test method

- Control the pulse width(PWM) of the motor drive and the step motor by using the encoder sensor attached.



Whitefly unmanned collection device diagram



Experiment of motor speed control using pulse width

### Confirm sterilizing power according to power of UV sterilization lamp



Sterilization power according to power of sterilization lamp

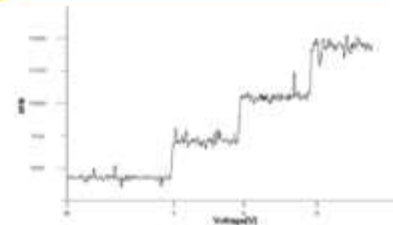
## Results and Discussion

### Design and basic test results

- Pulse width modulation to control the motor speed.
- Discharge wind velocity decreases with distance.
- Suction wind velocity does not differ by distance.

### Power consumption by UV sterilization lamp power

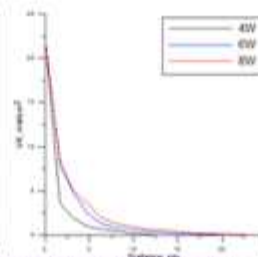
- Sterilizing power of the three lamps are the same as 5.1 ~ 5.14 mW/cm<sup>2</sup>
- Power increases the voltage and the used power increase, but lamp power decreases.



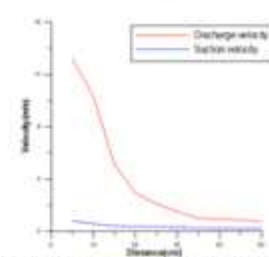
Motor RPM according to voltage change

The specifications of the lamp according to the electrical power

Type	Technical Lamp Voltage (V)	Lamp Voltage (V)	UV-C at 100% (W)	Lamp Current (A)	Output (h)
4 W	4	29	0.9	0.17	6,000
6 W	6	42	1.5	0.16	9,000
8 W	8	56	2.1	0.15	11,000



Sterilization or UV lamps according to distance



Wind velocity according to distance by using 220 V motor

## Conclusions

- Using pulse width (PWM) control of voltage the blowing speed of the drive motor and collector was regulated.
- Since the sterilizing power of the ultraviolet sterilization lamp was all the same, it is effective to sterilize the air by using 4 W lamp which consumed low electricity.

## Acknowledgement

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(IPET) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(Project No. 116060-03)

# 온실환경 제어를 위한 센서 및 제어 인터페이스 모듈의 성능평가

Evaluation of highly compatible sensor and control interface modules for greenhouse environment control



이원재\*, 서영우\*, 강나래\*, 성남석\*, 노배트 닥\*, 김용주\*, 정선복\*

\*J.-W. Lee, Y.-W. Seo, N.-A. Kang, S.-S. Sung, N.-B. Dak, Y.-J. Kim, S.-B. Jung

충남대학교 바이오시스템기술연구소

서론 및 연구 목적

- 현재 상용화되어 있는 온실 환경제어시스템의 S/W 및 H/W의 서로 호환이 되지 않아 농민들이 원하는 맞춤형 제작 환경 제어시스템을 운영하는데 어려움이 있음
- 다양한 제어알고리즘 및 양버튼 적용시킬 수 있는 호환성이 향상된 온실 환경 제어인터페이스 모듈을 성능 평가하고자 하였음



## 재료 및 방법

### 제어 인터페이스 모듈

- 본 연구에서 온실 및 제어 인터페이스 모듈 성능평가를 위해 사용한 제어 시스템은 8비트 MCU가 적용된 각종 개발보드를 사용하였고, RS-232 통신 제어 모듈을 사용하여 온실 환경 측정 데이터 값을 PC에서 수신할 수 있도록 하였음(Fig. 1, Fig. 2)
- 온실 내 온/습도 측정값을 위해 온도 센서, 습도 센서, 환풍기를 사용하여 일정한 간격으로 제어입력을 가동시킨 후 1시간 20분으로 3시간 동안 온실 내 온/습도의 변화량을 측정하였음



Fig. 1. Designed Environment Control Interface Module Diagram



Fig. 2. Receive data value from PC using a communication cable

### 성능 시험 방법

- 현장 실험에 앞서 온실 안에서 사용하는 전기 회로와 기구기를 이용하여 온실에서 제어 실험을 실시함
- 지정된 온/습도 값에 따라 전기회로와 기구기가 작동하는 만큼 확인하여야 할 데이터 값이 있는지 제어입력과 연결하여 자동 실험 및 측정값을 실시함(Fig. 3)
- 제어 실험을 위해 잘 고려하여, 환기 및 급수 단말기를 사용하였음



Fig. 3. Photo of the equipment according to temperature/humidity

## 결과 및 고찰

### 온/습도를 이용한 장비제어 성능 시험 결과

- 당상 220V를 환경제어인터페이스 모듈을 이용하여 온/습도를 측정할 수 있어 해당 값을 이용하여 온실에서 사용하는 잘 고려하여 환풍기를 제어 하였을 때 장비가 모두 정상적으로 작동함을 확인함 (Fig. 4)
- 실험을 통해 1시간 동안 온/습도 값의 변화량을 측정할 결과 평균값은 각각 33.21℃, 34.34% 이었고 표준편차는 각각 1.44℃, 2.74%의 데이터 값을 얻음
- 1시간 동안 온실의 온도는 30℃ ~ 35℃ 사이를 유지하였으며, 습도는 30% ~ 40% 사이로 실험으로 얻은 온실 내 온/습도 범위를 유지하였음 (Fig. 5, Fig. 6)
- 본 실험은 On/off 방식의 제어 알고리즘을 사용하였지만 더욱 정밀한 온실 환경제어를 위하여 PID, 퍼지 제어 알고리즘을 추가하여 제어방식을 더욱 세밀화할 수 있도록 설계한다면 제어입력에 대한 효율성이 향상될 것이라 기대함



Fig. 4. Photo of the control equipment in operation

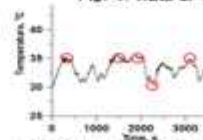


Fig. 6. Temperature change graph

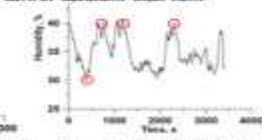


Fig. 8. Humidity change graph

## 요약 및 결론

- 호환성이 높은 센서 및 제어 인터페이스 모듈 성능평가를 위하여 제어입력을 이용한 성능시험 평가를 함

- 1시간 동안 양버튼을 이용하여 온실의 온/습도를 통제할 결과 온실의 온도는 30℃ ~ 35℃ 사이를 유지하였고, 습도는 30% ~ 40% 사이로 통제 범위에 있었음

## 사사

- 본 연구는 농림수산식품기술개발사업(과제번호: 110000-03)의 지원으로 수행하였음



# 온실용 친환경 무인 포집기 개발을 위한 담배가루이의 특성 및 흡입 포집 조건 조사

## Characteristics of White Fly and Suction Condition of Automatic Insect Collecting Device for Greenhouse Crop

이범선<sup>1\*</sup> · 이정필<sup>1</sup> · 정한수<sup>1</sup> · 유점숙<sup>1</sup> · 김은정<sup>1</sup> · 장승호<sup>2</sup> · 정선옥<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>나루농업컨설팅주, <sup>2</sup>신안그린테크주, <sup>3</sup>충남대학교 바이오시스템공학과

### Introduction

담배가루이는 시설원예에서 화훼를 비롯해 토마토, 파프리카, 고추, 가지, 오이, 호박 등 많은 작물에 해를 입히는 주요 해충으로 흡입에 의한 피해뿐만 아니라 갑포에 의한 그을음병 발생 및 광합성 감소에 의한 피해가 크며, 많은 작물의 바이러스 매개체로서 다양한 피해를 주고 그 방제 또한 매우 어렵다. 본 연구는 시설원예 온실에서 피해류에 심각한 수광저해나 생육장애를 가져오는 비산해충을 친환경적으로 포집하여 제거하고자 하는 무인해충포집장치를 개발하기 위해 해충 포집기의 개발을 위한 기초자료로 흡입하고자 먼저 담배가루이의 특성을 조사하고 강제 흡입 포집을 위한 조건들을 조사하였다.

### Materials and Methods

담배가루이의 특성 및 흡입 포집 조건 조사를 위해 전라남도 담양군 수북면에 위치한 비닐하우스 병충아로 농가에서 담배가루이 300여 개체를 포집하여 실험에 사용하였다. 담배가루이 형태 및 크기 측정을 위해 Nikon 현미경 1000배율을 이용했고, 1/10000g 무게측정을 위해 Sartorius (Germany)사의 분석용 정밀 전자저울 TE2145를 사용하였다. 담배 가루이의 흡입포집 조건을 조사하기 위해 외부의 공기유동에 영향을 받지 않도록 가로\*세로\*높이 4.9\*2.3\*2.6m의 외부로부터 독립된 공간에서 TSI(USA)사의 Velocicalc Air Velocity meter 9545 모델을 이용해 1~20cm 까지 1cm 간격으로 거리별 진공청소기의 풍속을 측정하였고, 풍속측정과 동시에 가루이 개체를 낙하시켰을 때와 물체위에 올려놓았을 때 흡입이 시작되는 거리와 풍속을 3번씩 측정하였다.

### Results and Discussion

담배가루이를 1000배 광학현미경으로 관찰시 성충의 경우 3마리 평균 몸통 폭\*길이 0.73\*0.93mm, 날개 길이 1.10mm로 측정 되었다. 개체의 무게는 1마리당 측정기 어려워서 40마리씩을 측정하여 평균하면 0.025mg으로 측정되었다. 진공청소기의 흡입풍속을 측정한 결과 3cm 에서 4cm 로 떨어졌을 경우 5.12m/s 에서 2.92m/s 로 42.9% 감소했으며, 14cm에서 15cm로 떨어졌을 경우 0.19m/s에서 0.7m/s 로 10.5% 감소하여 거리가 떨어질 수록 감소폭은 낮은 것을 확인할 수 있었다. 흡입 포집 조건을 위하여 담배가루이를 낙하시켰을 경우 흡입되는 거리와 그 풍속은 거리 9cm 이하, 풍속 0.43m/s 이상일 때 흡입되었고, 담배가루이가 물체위에 존재하는 경우에는 거리 5cm 이하, 풍속 1.59m/s 이상일 때 흡입되었다. 이러한 결과를 바탕으로 비산해충을 경우 거리에 상관없이 최소 0.43m/s 이상의 풍속을 가져야만 흡입이 가능한 것으로 판단되었으며, 후속 추가적인 실험이 필요할 것으로 사료된다.



Table 1. Observation of feature and size of Bemisia tabaci using optical microscope.

	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Avg	Stdev
Flu					
width (mm)	0.7	0.7	0.8	0.73	0.08
length (mm)	0.9	0.9	1.0	0.93	0.12
Length (mm)	1.1	1.1	1.1	1.10	0.00

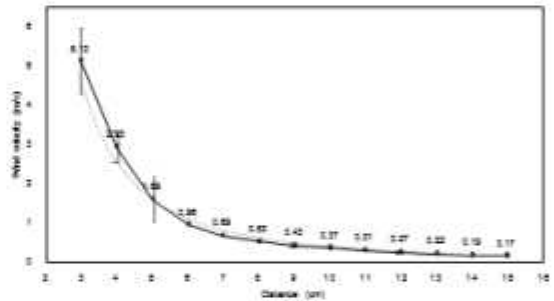


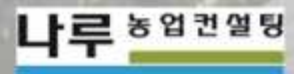
Figure 1. Change of wind velocity as affected by distance from vacuum.

Table 2. Possibility of whitefly suction by distance and wind velocity

Distance (cm)	Wind velocity(m/s)				suction of whitefly	
	2m/sec	3m/sec	4m/sec	Average	in the air	on the objects
1	2.92	2.92	2.92	2.92	0	0
2	3.12	3.12	3.12	3.12	0	0
3	5.12	4.92	5.12	5.12	0	0
4	2.92	2.92	2.92	2.92	0	0
5	2.12	2.12	2.12	2.12	0	0
6	1.52	1.52	1.52	1.52	0	0
7	1.12	0.92	1.12	1.12	0	0
8	0.82	0.82	0.82	0.82	0	0
9	0.62	0.62	0.62	0.62	0	0
10	0.42	0.42	0.42	0.42	0	0
11	0.37	0.37	0.37	0.37	0	0
12	0.32	0.32	0.32	0.32	0	0
13	0.27	0.27	0.27	0.27	0	0
14	0.22	0.22	0.22	0.22	0	0
15	0.17	0.17	0.17	0.17	0	0
16	0.12	0.12	0.12	0.12	0	0
17	0.12	0.12	0.12	0.12	0	0
18	0.12	0.12	0.12	0.12	0	0
19	0.12	0.12	0.12	0.12	0	0
20	0.12	0.12	0.12	0.12	0	0

\*Naru Agri. Consultancy Co., Ltd. 67-14 Gangui-gil, Damyang, Jeonnam, 57326, Korea  
 †Hinan Greensh Co., Ltd. 1210 Noksak-ro, Jeonnam, 58027, Korea  
 ‡Dep. Of Biosystem & Machinery Eng., Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34134 Korea.  
 Corresponding Author E-mail: asrd025@naver.com

본 연구는 농림축산식품부 청년생산기술개발사업지원에 의해 수행되었음





**특허증**  
CERTIFICATE OF PATENT



**특허** 제 10-1819426 호  
Patent Number

**출원번호** 제 10-2017-0096234 호  
Application Number

**출원일** 2017년 07월 28일  
Filing Date

**등록일** 2018년 01월 10일  
Registration Date

**발명의 명칭** Title of the Invention  
스마트 온실용 해충 가루이 친환경 무연로집장치

**특허권자** Patentee  
등록사할한에 기재

**발명자** Inventor  
등록사할한에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.  
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention  
has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2018년 01월 10일

**특허청장**  
COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성문보

## 11. 기타사항

코드번호	D-13
○	

## 12. 참고문헌

코드번호	D-14
○	Ahn, K. S., K. Y. Lee, M. H. Choi, J. W. Kim, and G. H. Kim. 2001. Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae). <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> 40: 203-209.
○	Arnó, J., R. Albajes, and R. Gabarra. 2006. Within-plant distribution and sampling of single and mixed infestations of <i>Bemisia tabaci</i> and <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Homoptera: Aleyrodidae) in winter tomato crops. <i>J. Econ. Entomol.</i> 99: 331-340.
○	Gerling, D. A. N. and A. R. Horowitz. 1984. Yellow traps for evaluating the population levels and dispersal patterns of <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). <i>Ann. Entomol. Soc. Am.</i> 77: 753-759.
○	Gillespie, D. R. and D. Quiring. 1987. Yellow sticky traps for detecting and monitoring greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) adults on greenhouse tomato crops. <i>J. Econ. Entomol.</i> 80: 675-679.
○	Kim, I. S., C. Y. Hwang, J. H. Kim, and M. H. Lee. 1986. Studies on host plants, development, and distribution within plants of the greenhouse whitefly, <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood). <i>Korean J. Plant Prot.</i> 25: 201-207.
○	Kim, J. K., J. J. Park, C. H. Pak, H. S. Park, and K. J. Cho. 1999. Implementation of yellow sticky trap for management of greenhouse whitefly in cherry tomato greenhouse. <i>J. kor. Soc. Hort. Sci.</i> 17: 659-659.
○	Kim, J., J. R. Lim, S. G. Lee, S. H. Park, S. S. Jung, D. C. Choi, and C. Y. Hwang. 2010. Attractive effect of <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae) by sticky trap. <i>Korean Society Appl. Entomol.</i> p. 213. <i>Proceedings Annual Conference Korean Society of Applied Entomology.</i> May. 13-15. Jinju. Korea.
○	Kim, J., J. R. Lim, S. S. Jung, D. C. Choi, D. H. Kim, and C. Y. Hwang. 2011. Effect of sticky trap for density inhibition of <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae). p. 241. <i>Proceedings Annual Conference Korean Society of Applied Entomology.</i> May. 12-14. Hongcheon. Korea.
○	Lee, M. L., S. B. Ahn, and W. S. Cho. 2000. Morphological characteristics of <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of their biotypes in Korea by DNA markers. <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> 39: 5-12.
○	Lee, M. H., S. Y. Kang, S. Y. Lee, H. S. Lee, J. Y. Choi, G. S. Lee, W. Y. Kim, S. W. Lee, S. G. Kim, and K. B. Uhm. 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of <i>Bemisia tabaci</i> in Korea. <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> 44: 169-175.
○	Mainali, B. P. and U. T. Lim. 2008. Use of flower model trap to reduce the infestation of greenhouse whitefly on tomato. <i>J. Asia Pac. Entomol.</i> 11: 65-68.
○	Nauen, R., N. Stumpf, and A. Elbert. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type <i>Bemisia tabaci</i> (Homoptera: Aleyrodidae). <i>Pest Manag. Sci.</i> 58: 868-875.
○	Omer, A. D., T. F. Leigh, and J. Granett. 1992. Insecticide resistance in field populations of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the San Joaquin Valley (California) cotton cropping system. <i>J. Econ. Entomol.</i> 85: 21-27.
○	Park, J. D., D. I. Kim, and U. Park. 1998. Occurrence and within-plant distribution of <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood) and <i>Encarsia formosa</i> (Gahan) in greenhouse. <i>Korean J. Appl. Entomol.</i> 37: 117-121.
○	Van de Veire, M. and V. Vacante. 1984. Greenhouse whitefly control through the combined use of the colour attraction system with the parasite wasp <i>Encarsia formosa</i> [Hym.: Aphelinidae]. <i>BioControl.</i> 29: 303-310.
○	Rural Development Administration (RDA). 2009. <i>Tomato culture (Standard textbook for farming).</i>

393pp. RDA Press, Suwon, Korea.

- Rural Development Administration (RDA). 2010. Tomato organic farming manual. 113pp. RDA Press, Suwon, Korea.
- Bedford ID, Briddon RW, Brown JK, Rosell RC, and Markham PG (1994) Geminivirus transmission and biological characterisation of Bemisia tabaci (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann Appl Biol* 125, 311–25.
- Bishop AL, Worrall RJ, Spohr LJ, McKenzie HJ, and Barchia IM (2004) Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. with light-emitting diodes. *Vet Ital* 40, 266–9.
- Chu CC, Jackson CG, Alexander PJ, Karut K, and Henneberry TJ (2003) Plastic cup traps equipped with light-emitting diodes for monitoring adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J Econ Entomol* 96, 543–6.
- Devine GJ and Denholm I (1998) An unconventional use of piperonyl butoxide of managing the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull Entomol Res* 88, 601–10.
- Horowitz AR, Kontsedalov S, Khasdan V, and Ishaaya I (2005) Biotypes Band Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Arch Insect Biochem Physiol* 58, 216–25.
- Junji H, Makoto A, Tomoki N, Toshio M, Tetsuo Y, and Hiroki I (2002) Studies on the control of insect pests using illuminators made from ultra high luminance light-emitting diodes. Characteristics of insect electro retinograms (EGR) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli. *J Jpn Soc Agric Mach* 64, 76–82.
- Kim MG and Lee HS (2012) Attraction effects of LED trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J Appl Biol Chem* 55, 273–5.
- Kim MG, Yang JY, Chung NH, and Lee HS (2012) Photo-response of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), to light emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55, 567–9.
- Lee SW, Song MK, Ahn KS, Kim YJ, Moon YS, Koo HN et al. (2013) Insecticidal activity and behavioral disorders by pyriproxyfen to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. *Kor J Pestic Sci* 17, 33–40.
- Navas-Castillo J, Camero R, Bueno M, and Moriones E (2000) Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Dis* 84, 835–7.
- Oh MS and Lee HS (2011) Development of phototactic test apparatus equipped with light source for monitoring pests. *J Appl Biol Chem* 53, 248–52.
- Park JA, Seok J, Parasad SV, and Kim Y (2011) Sound stress alters physiological processes in digestion and immunity and enhances insecticide susceptibility of *Spodoptera exigua*. *Kor J Appl Entomol* 50, 39–46.
- Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznika Z, Breive K, Ulinskaite R, Brazaityte A et al. (2005) High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. *J Phys D: Appl Phys* 38, 3182–7.
- Yang JY, Cho KS, Chung NH, Kim CH, Suh JW, and Lee HS (2013) Constituents of volatile compounds derived from *Melaleuca alternifolia* leaf oil and acaricidal toxicities against house dust mites. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 56, 91–4.
- Yang YC, Lee SG, Lee HK, Lee SH, and Lee HS (2002) A piperidine amide extracted from *Piper longum* L. fruit shows activity against *Aedes aegypti* mosquito larvae. *J Agric Food Chem* 50, 3765–7.
- Yang YC, Lim MY, and Lee HS (2003) Emodin isolated from *Cassia obtusifolia* (Leguminosae) seed shows larvicidal activity against three mosquito species. *J Agric Food Chem* 51, 7629–31.
- Yeh N and Chung JP (2009) High-brightness LEDs—energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. *Renew Sust Energy Rev* 13, 2175–80.

- Zhang LP, Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, and Chu D (2005) Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *J Appl Entomol* 129, 121-8.
- Antignus, Y. 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Research* 71:213-230.
- Antignus, Y., D. Nestel, S. Cohen, and M. Lapidot. 2001.
- Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior. *Environmental Entomology* 30:394-399.
- Briscoe A.D. and L. Chittka. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46:471-510.
- Carmelo, P.B. 2015. Effect of environmental factors on the flight activity of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under greenhouse conditions. *Entomological Science* 18:207-216.
- Chen, T.Y., C.C. Chu, G. Fitzgerald, E.T. Natwick, and T.J. Henneberry. 2004. Trap Evaluations for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Hoverflies (Diptera: Syrphidae) *Environ. Entomol.* 33:1416-1420.
- Chu C. C., M.S. Alvin, T.Y. Chen, P.J. Alexander, and T.J. Henneberry. 2004. Lime green light emitting diode equipped yellow sticky card traps for monitoring whiteflies, aphids and fungus gnats in greenhouses. *Entomologia Sinica* 11:125-133.
- Coombe, P. E. 1982. Visual behaviour of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Physiological Entomology* 7 (3):243-251.
- Gerling, D. 1990. Natural Enemies of whiteflies: Predators and Parasitoids. En: Gerling, D. (ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept, Andover UK. 147-186.
- Gu, X.S., W.J. Bu, W.H. Xu, Y.C. Bai, B.M. Liu, and T.X. Liu. 2008. Population suppression of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) using yellow sticky traps and *Eretmocerus nr. rajasthanicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on tomato plants in greenhouses. *Insect Science* 15:263-270.
- Jeon, J.H., M.S. Oh, K.S. Cho, and H.S. Lee. 2012. Phototactic response of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light emitting diodes. *J Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 55:35-39.
- Junji, H., A. Makoto, N. Tomoki, M. Toshio, Y. Tetsuo, and I. Hiroki. 2002. Studies on the control of insect pests using illuminators made from ultra-high luminance light-emitting diodes. Characteristics of insect electro retina grams (EGR) with respect to wavelength and frequency of pulsed light stimuli. *J. Jpn. Soc. Agric. Mach.* 64:76-82.
- Kelber A. and D. Osorio. 2010. From spectral information to animal colour vision: experiments and concepts. *Proc. Biol. Sci.* 277:1617-1625
- Kim, M.G., and H.S. Lee. 2012. Attraction effects of light trap to *Spodoptera exigua* adults in the greenhouse. *J. Appl. Biol. Chem.* 55:273-275.
- Lee, S.W., M.K. Song, K.S. Ahn, Y.J. Kim, Y.S. Moon, and H.N. Koo. 2013. Insecticidal activity and behavioral disorders by pyrifluquinazon to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. *Kor. J. Pestic. Sci.* 17:33-40.
- Mellor, H. E., J. Bellingham, and M. Anderson. 1997. Spectral efficiency of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* its hymenopteran parasitoid. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 83:11-20.
- Mutwiwa, U.N. C. Borgemeister, B. Vonelsner, and H. Tantau. 2005. Effects of UV-absorbing plastic films on greenhouse whitefly(Homoptera: Aleyrodidae). *Journal Economical Entomology* 98:1221-1228
- Navas-Castillo, J., R. Camero, M. Bueno, and E. Moriones. 2000. Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato chlorosis virus. *Plant Dis.* 84:835-837.

- Palumbo, J.C., A.R. Horowitz, and N. Praghaker. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20:739-765.
- Polston, J.E., R.J. McGovern, and L.G. Brown. 1999. Introduction of Tomato yellow leaf curl virus in Florida and implications for the spread of this and other geminiviruses of tomato. *Plant Disease* 83:984-988.
- Qui, B.L. and S.X. Ren. 2006. Using yellow sticky traps to inspect population dynamics of *Bemisia tabaci* and its parasitoids. *Chinese Bulletin of Entomology* 43:53-56.
- Riley, D. G. and M.A. Ciomperlik. 1997. Regional population dynamics of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environmental Entomology* 26:1049-1055.
- Schubert, E. F. and H.F. Yao. 2002. Light emitting diode: Research, manufacturing, and applications. VI. SPIE. Bellingham, Wash. Shinkaji, N., T. Fujiwara, and H. Amano. 1983.
- The effects of the vinyl film absorbing ultraviolet to alighting of adult of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on cucumber in the plastic house, pp. 99-105. Technical Bulletin, Faculty of Horticulture, Chiba University, Japan. Stukenberg, N., K. Gebauer, and H.M. Poehling. 2015. Light emitting diode(light)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *J. Appl. Entomol.* 139: 268-279.
- Tamulaitis G, P. Duchovskis, Z. Bliznika, K. Breive, R. Ulinskaite, and A. Brazaityte. 2005. High-power light-emitting diode based facility for plant cultivation. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 38:3182-3187.
- Yeh, N. and J.P. Chung. 2009. High-brightness lights-energy efficient lighting sources and their potential in indoor cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 13:2175-2180.
- Brown J.K., 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agro-ecosystems worldwid. *FAO Plant Prot. Bull.* 42. 3-32.
- Brown, J.K. 1990. An update on the whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and Caribbean Basin. *FAO Plant Prot. Bull.* 39:5-23
- Choi, K. M., S.B. Ahn, W.S. Cho, S.C. Han, and M.H. Lee. 1991. The illustrated guide to Korean vegetable insect pests. NongJinHoe, Suwon, Korea.
- Chu, C.C. and Henneberry, T.J. (1998) Development of a silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) trap. *Recent Research Developments in Entomology*, 2, 47-54.
- Chu, C-C., Henneberry, T.J., Cohen, A.C. 1995. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): Host preference and factors affecting oviposition and feeding site preference. *Environ. Entomol.* 24(2), 351-360.
- Chung, B. K., Lee, H.S., & Kim, Y.B. 2013. Establishment of 60 mesh nets to reduce crop loss by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in tomato greenhouse. *Kor. J. Ento.* 52(1), 23-27.
- Devine, G.J., I. Ishaaya, A.R. Horowitz, and I. Denholm. 1999. The response of pyriproxyfen-resistant and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to pyriproxyfen and fenoxycarb alone and in combination with piperonyl butoxide. *Pestic. Sci.* 55:405-411.
- Elbert, E.A. and D.J. Horn. 1983. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manag. Sci.* 56:60-64
- Elhag, E.A. and D.J. Horn 1983. Resistance of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in selected Ohio greenhouse. *J. Econ. Entomol.* 76:945-948.
- Gan-Mor, Samuel, et al. "Improved physical control of insects by combining air blowing and suction drag forces." *Power and Machinery. International Conference of Agricultural Engineering-CIGR-AgEng 2012: agriculture and engineering for a healthier life, Valencia, Spain, 8-12 July 2012. CIGR-EurAgEng, 2012.*
- Gennadius, P., 1889. Disease of tobacco plantations in the trikonia. The aleurodid of tobacco.



Ellenike Georgia, 5, 1-3.

- Greathead, A.H., 1986. Host plants. In: Cock, M.J.W.(Ed.), *Bemisia tabaci*-A Literature Survey on the Cotton Whitefly with an Annotated Bibliography. CAB International Institutes, Biological Control. Silwood Park, UK. 17-26.
- Horowitz, A.R., G. Fore, and I. Ishaaya. 1994. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with Emphasis on cotton. *Pestic. Sci.* 1994. 42:113~122.
- Horowitz, A.R., z. Mendelson. M. Cahill, and I. Ishaaya. 1999. Managing resistance to the insect growth regulator, pyriproxyfen, in *Bemisia tabaci*. *Pestic. Sci.* 55:272~276.
- Hosoda, A. and K. Naba. 1980. Studies on the biology and control of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*(Westwood). 9. Flight behavior and dispersal of greenhouse whitefly adults. *Annual Rep.Hiroshima Agr.Res.* 42:23-24.
- Kim, J.K., J.J. Park, C.H. Park, H. Park and K. Cho. 1999. Implementation of yellow sticky trap for management of greenhouse whitefly in cherry tomato greenhouse. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:549-553
- Kim, S.E., S.D. Lee, S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2012. Eco-friendly control of whiteflies by two fluid fogging system. *J. Bio-Env. Con.* 21(2):120-126
- Kitaya, Y., Shibuya, T., Yoshida, M., Kiyota, M., 2004. Effects of air velocity on photosynthesis of plant canopies under elevated CO<sub>2</sub> levels in a plant culture system. *Adv. Space Res.* 34, 1466-1469.
- Lindquist, R., Bauerle, W., Spadafor, R. 1972. Effect of the greenhouse whitefly on yields of greenhouse tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 65, 1406-1408.
- Lloyd, J. T . 1 9 2 1 . The biology of North American caddisfiy larvae. *Bull. Lloyd Lib., Entomo/. Ser. 2 1 : 1-124*
- Martin, J.H., 1999. The whitefly fauna of Australia (Sternorrhyncha: Aleyrodidae): a taxonomic account and identification guide. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Canberra, Australia (CSIRO Entomology Technical Paper No. 38). 197.
- Martin, J.H., Mifsud, D., Rapisarda, C. 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean basin *Bull. Entomol. Res.* 90. 407-448.
- Mound, L.A., Halsey, S.H., 1978. *Whitefly of the World: a Systematic Catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data.* Wiley, New York. 340.
- Natwick, E. T., C. C. Chu, H. H. Perkins, T. J. Henneberry, and A. C. Cohen. 1995. Pima and upland cotton susceptibility to *Bemisia argentifolii* under desert conditions. *Southwest. Entomol.* 20: 429-438.
- Oida, H., Tsugane, T., Kubo, C., Kusakawa, T, Shimizu, K., Nonomiya H., Kazato, N., & Nakadai, K. 2007. Distribution, seasonal occurrence and physical control of sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae) Q-biotype and Chiba prefecture. *Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Soc.* 54.143-150.
- Park, J.J., J.J. Lee, K.I. Shin, S.E. Lee, and K.Cho. 2011. Geostatistical analysis of the attractive distance of two different size of yellow sticky traps for greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaprariorum* (Westwood) (Homoptera : Aleyrodidae), in cherry tomato greenhouses. *Aust. J. Entomol.* 50:144-151
- Prabhaker, N., N.C. Toscano, T.M. Perring, G. Nuessly, K. Kido, and R.R. Youngman. 1992. Resistance monitoring of the sweetpotato whitefly (Homoptera:Aleyrodidae) in the Imperial Valley of California. *J. Econ. Entomol.* 85:1063~1068.
- Secker, A.E., Bedford, I.A., Markham, P.G., William, M.E.C., 1998. Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. In : Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases. British Crop Protection Council, Farnham, UK. 837-842.

- THONGBAI, P., KOZAI, T. and OHYAMA, K. (2010). CO<sub>2</sub> and air circulation effects on photosynthesis and transpiration of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 126, 338-344.
- van Roermund, H.J.W. and J.C. van Lenteren. 1992. The parasite - Host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera:Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera:Aleyrodidae) XXXIV. Life-history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* as a function of host plant and temperature. *Agricultural University Wageningen Papers*. 92-3.
- Wardlaw, L. R., A.B. Ludlam, and L.F. Bradley. 1976. Pesticide resistance in glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*(West.)). *Pestic. Sci.* 7:320~324.
- Wisler, G.C., Duffus, J.E. 2001. A century of plant virus management in the Salinas Valley of California "East of Eden". *Virus Res.* 71 (1-2), 161-169.
- 하태기. 2002. 온실가루이와 담배가루이의 발육생태 및 Acaetamid의 방제효과. 경상대학교대학원 농생물학과 박사학위 논문