

<표지>

(옆면)

(앞면)

과제  
번호

스마트 팜 검인증 시스템 구축 연구 (CRO) 최종보고서

2019

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

발간등록번호

11-1543000-002896-01

# 스마트 팜 검인증 시스템 구축 연구 (CRO)

## 최종보고서

2019.11.15.

주관연구기관 / 농업기술실용화재단

# 농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “스마트 팜 검·인증 시스템 구축 연구(CRO)” (개발기간 : 2016.09.05 ~ 2019.09.04.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 10. 15.

주관연구기관명 : 농업기술실용화재단 (대표자) 박 철 응 (인)

주관연구책임자 : 김 영 태

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<제출문>

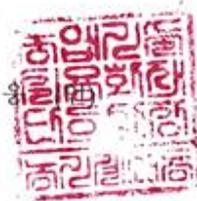
## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “스마트 팜 검·인증 시스템 구축 연구(CRO)” (개발기간 : 2016.09.05 ~ 2019.09.04.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 10. 15.

주관연구기관명 : 농업기술실용화재단 (대표자) 박 철 용



주관연구책임자 : 김 영 태



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	816021-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2016-09-05 ~ 2019-09-04	단 계 구 분	3/3
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	기술사업화지원사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	스마트 팜 검·인증 시스템 구축 연구 (CRO)			
연구책임자	김 영 태	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:420,000천원 민간:       천원 계 :420,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:1,080,000천원 민간:       천원 계: 1,080,000천원
연구기관명 및 소속부서명	농업기술실용화재단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

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(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)      보고서 면수

--	--

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (검인증 시스템 구축) 한국형 스마트 팜 표준화 기술 검인증 추진을 위한 시스템 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가 협의체 운영으로 객관적 검인증 체계 구축</li> <li>- 스마트 팜 구성기기, 센서 등 표준·규격 적합성 검인증</li> <li>- 센서 외부환경조절용 시스템 구축</li> <li>- 표준규격 및 신호체계 적합성 확인을 위한 계측시스템 구축</li> <li>- 검인증을 통한 성능 확보된 기자재 보급</li> </ul> </li> <li>○ (검인증 매뉴얼 개발) 스마트 팜 표준화 기술 적합성 확인을 위한 객관적이고 체계화된 매뉴얼(검인증방법, 기준 등) 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검인증방법, 기준 개발 및 적용으로 표준·규격 적합성 확인</li> <li>- 스마트 팜 유형별(원예시설, 축산시설, 노지시설) 표준화 기술에 적합한 객관적 검인증 매뉴얼 개발</li> <li>- 표준화 기술 변화에 대응한 신속한 매뉴얼 수정 및 보강으로 사업화 지원</li> </ul> </li> <li>○ (검인증 시스템 및 매뉴얼 실증테스트를 통한 고도화) 테스트베드에서 검인증매뉴얼을 활용, 검인증 된 센서 및 기자재 등의 실증테스트를 통한 고도화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검인증매뉴얼과 검인증시스템으로 완료된 기기의 실증테스트를 통한 환류</li> <li>- 매뉴얼 및 검인증시스템 보완</li> <li>- 작동 및 표준규격 호환성 시험</li> <li>- 실증테스트를 통한 검인증시스템 및 매뉴얼 고도화로 한국형 스마트 팜 표준 구축 지원</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과</p>	<p>&lt;핵심성과&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (사업화 지표) 스마트 팜 검인증 매뉴얼 개발 및 계측시스템 구축</li> <li>○ (연구기반지표) 검인증 매뉴얼(검정방법 및 기준) 고시</li> </ul> <p>&lt;전략성과&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 한국형 스마트팜 검인증시스템 및 매뉴얼(검정방법 및 기준 등) 개발 및 확립</li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 스마트 팜 검인증 시스템 구축으로 스마트 팜 ICT 기자재 검정 및 관련 업체기술 향상, 업체간·기자재간 표준규격 적합성 및 호환성 확보로 한국형 스마트 팜 기술 확립</li> <li>○ 스마트 팜 ICT 기자재 표준규격에 맞춘 검인증 시스템 구축으로 객관적이고 성능이 확보된 기자재 보급으로 한국형 스마트 팜 조기 정착 및 수출지원</li> <li>○ 스마트 팜 이외 첨단 ICT 융복합 농업기술 검인증 시스템 구축 활용</li> <li>○ 국가 R&amp;D기관, ICT 전문기관 등 협력 체계 지속 구축 활용을 통한 세계 초일류 첨단 농업기반 조성</li> </ul>				
<p>국문핵심어</p>	스마트 팜	표준화	검인증시스템	실증테스트	고도화
<p>영문핵심어</p>	Smart farm	Standardization	Certification system	Substantiation test	Enhancement

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요 .....	1
제1절. 연구개발 목적 .....	1
제2절. 연구개발의 필요성 .....	1
제3절. 연구개발 범위 .....	1
제2장. 연구수행 내용 및 결과 .....	3
제1절. 시설원예 및 축사 환경센서 검정 시스템 구축 .....	3
1. 검정 센서 성능 비교를 위한 고정밀도 기준센서 선정 및 확보 .....	3
2. 테스트 베드용 고정소스 발생장치 .....	3
가. 온·습도센서 검정을 위한 항온항습 챔버 선정 및 개조 .....	5
나. 풍향·풍속 검정을 위한 환경발생장치 제작 .....	6
다. 광양자 및 조도센서 검정을 위한 암실챔버 .....	9
라. CO2 센서 검정을 위한 시스템 구축 .....	10
마. 암모니아센서 검정을 위한 시스템 구축 .....	11
바. 지온센서 검정용 액체항온조 .....	13
사. pH 센서 검정 .....	14
아. 낙하 충격 시험기 .....	14
제2절. 스마트 팜 구동기 검정 장비 .....	15
1. 관수 밸브 및 펌프 시험기 .....	15
2. 시설원예 구동 모터 토크 측정기 .....	17
제3절. 검정 매뉴얼 개발 .....	19
1. 축산 기자재 검정 매뉴얼 제작 .....	19
2. 스마트 시설원예 기자재 검정 매뉴얼 제작 .....	20
제4절. 시설원예 및 축산 스마트 팜 ICT기자재 검정 테스트 베드 구축 .....	20
1. 시설원예 스마트 팜 ICT기자재 검정 테스트베드 구축 .....	20
2. 축산 ICT기자재 검정 테스트베드 구축 .....	22
3. 신뢰성 시험동 구축 .....	24
제5절. 이동형 검·인증 통합 시스템 구축 .....	24
제3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	26
제1절. 목표 .....	26
제2절. 목표 달성여부 .....	26
제3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책 .....	26
1. 정량 성과 미달 .....	26
2. 테스트베드 구축 .....	27
3. 실증 테스트 .....	27
제4장. 연구결과의 활용 계획 등 .....	28
붙임. 참고 문헌 .....	28
<첨부1> 스마트 팜 센서 및 구동기 검정방법 및 기준 .....	28

# 제1장. 연구개발과제의 개요

## 제1절. 연구개발 목적

- 스마트 팜 표준화기술의 체계적 검인증 시스템 구축, 매뉴얼 개발, 검인증 시스템 및 매뉴얼 실증 테스트를 통한 스마트팜 관련 국내기업 기반 고도화 및 수출 지원

## 제2절. 연구개발의 필요성

- 스마트 팜 농생명 ICT 분야는 시장 도입기를 지나 성장기에 접어들고 있으며, 시장 성장기에 국내 기업의 기술경쟁력이 떨어질 경우 해외시장 종속의 심화가 우려됨
- 국내 상용화 시 농업현장 환경과 유사한 테스트베드를 통해 품질을 향상하는 것이 외산 제품과의 경쟁에서 중요하게 작용

\* 현장에서는 기술 비표준화로 인한 호환성 문제, 투자비용 대비 효과성, 사후기술지원 서비스 미흡 문제 등의 해결 요구

- 농업인 교육 등 한국형 표준 스마트 팜의 조기 정착을 지원하고 농업분야 수출중심 산업으로 육성 하기 위한 국가 중심의 통합지원 체계 구축 필요
- 검인증 시스템 구축을 통한 검증되지 않은 스마트 팜 기자재 으로 인한 농업인 피해 경감
- 정부 주도로 개발한 스마트 팜 기자재의 표준규격에 부합하는 검정매뉴얼 및 시스템 개발로 한국형 스마트 팜 기술 조기 정착 및 보급 지원
  - 신규 및 기 보급 스마트 팜 기자재의 표준 규격 적합성 및 호환성 확인
  - 표준규격 운영, 사후관리 추진으로 정책지원사업 체계 구축

## 제3절. 연구개발 범위

- 시설원예용 ICT 기자재 검정 체계 구축
  - 검정매뉴얼(검정방법 및 기준) 개발
  - 시설원예용 ICT 기자재 현황 조사 및 분석
  - 대상기종, 검정유형, 측정인자, 환경인자 등 조사 및 자료 수집
  - 스마트 팜 ICT 기자재별 검정 방향 분류 및 업체 등 현장 조사
  - 기자재별 검정방법 및 기준(안) 마련 후 관련 전문가 협의회 구축 운영
    - \* 구조, 표준규격 적합성, 호환성, 성능, 안전성, 내구성 등 검정방법 및 기준 등 협의
    - \* 농촌진흥청, ICT협회, 협의체 및 스마트 팜 기자재 생산업체 협력
  - 기자재별 검정 계측장비 등 구축

\* 검정용 시험시설 온습도제어, 조도제어, 내구성(초저온, 초고온), 전류·전압 신호 입·출력 검출 시스템 및 자동계측 장치와 현장설치 기자재 검정 장비 구축

- 기자재 성능 검정을 위한 Test-bed 구축

\* 재단에서 성능검정을 위한 시설 확보 전까지 농촌진흥청에서 구축한 Test-bed를 활용하여 검정 추진

· 스마트 팜 기자재 호환성 검정을 위한 테스트베드 구축 사업 추진 중으로 '17년 상반기 부터 실용화재단 이전지인 익산에 구축 계획 및 예산확보 중

\* 테스트베드 구축 전까지 계측 및 측정장비 등 농촌진흥청 국립농업과학원(농업공학부) 시설 공동 활용

○ 축산시설용 기자재 검정 체계 구축

- 축산시설용 ICT 기자재 표준 규격 설정( '16년 말)

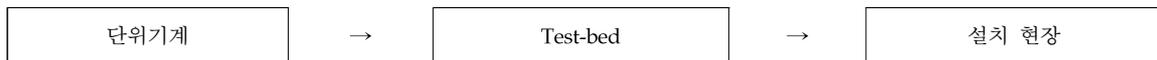
- 표준규격 설정 협의회 참여를 통한 신속한 검정방법, 기준 및 측정 장비 마련

\* 시설원예용 기자재 검정체계 구축과 함께 축산시설 검정체계 병행 추진

○ 축산시설용 스마트 팜 ICT 기자재 검정 실시( '17년 3월 부터)

○ 스마트 팜 기자재 검정 단계

- 시험실 단위검정, Test-bed 검정, 현장 설치 후 검정 등 단계별로 추진



- 표준규격 적합성, 호환성 및 현장 정상작동까지 one-stop 검정

○ 기존 설치 운영 중인 스마트 팜 ICT 기자재에 대한 설정 규격과의 호환성 평가

\* 호환성 평가 결과는 농식품부에 제출하여 표준규격과 호환되도록 보완 조치

○ 시설원예 및 축산시설용 스마트 팜 ICT 기자재 표준규격 확대에 따른 검정방법 등 개선 추진

- 1세대 → 2세대 → 3세대 개발에 따른 표준규격에 부합한 검정방법, 기준 등 신속한 제정 및 검정 추진

\* 기자재 신규 개발 및 확대에 따른 계측시스템 지속적인 구축 추진

## 제2장. 연구수행 내용 및 결과

### 제1절. 시설원예 및 축사 환경센서 검정 시스템 구축

국내 농업인구의 고령화 및 여성화가 진행됨에 따라 농업노동인구가 감소하는 것과 동시에 이상기온 등의 문제로 인하여 온실 내 환경조정이 가능하고 노동투입이 적은 스마트 팜의 보급이 가속화되고 있다. 스마트 팜의 보급이 증가하면서 시설원예용 스마트 팜에 활용되는 ICT 기자재를 판매하는 업체는 157개가 등록되어 있으며 판매 등록된 시설원예용 장비는 949종이다. (농림수산물교육문화정보원, '19.9) 스마트 팜 기술이 보급됨에 따라 농업인이 여가시간 및 농가소득 증가 등의 긍정적 효과도 많이 나타나고 있으나 성능과 내구성이 보장되지 않는 ICT기자재의 유통으로 농업인의 안전문제 및 경제적 피해 등이 우려되고 있다. 또한 스마트 팜 ICT기자재를 보급하는 업체가 영세하여 설치 후 도산하는 경우에는 호환성 문제로 인하여 스마트 팜 기자재 전체를 바꿔야 하는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 농업기술 실용화재단과 한국전자통신연구원에서는 시설원예용 스마트 팜에서 활용되는 ICT기자재 중 센서 12종, 구동기 9종에 대하여 KS표준(KS X 3268, 3269)을 제안하고 등록하였다.

이러한 표준을 기본으로 스마트 팜에 활용되는 센서의 정확도 및 정밀도, KS표준 규격 적합성 여부 등을 판단하기 위하여 본 연구에서는 시설원예 및 축사 스마트팜에 활용되는 장비에 대한 검정시스템을 구축하고 스마트 팜 단위기자재 검정방법(안)을 제정하여 검정업무에 적용하고자 하였다.

#### 1. 검정 센서 성능 비교를 위한 고정밀도 기준센서 선정 및 확보

현재 시설원예용 스마트 팜 표준에 포함되어있는 센서는 중복을 제외한 총 13종으로 각 내외기에 대응하면서 현재 스마트 팜에 활용되는 센서 정밀도의 10배 이상에 해당하는 고정밀도의 기준센서를 선정 및 확보하였으며 기준 센서 성능은 아래 표와 같다.

#### 2. 테스트 베드용 고정소스 발생장치

KS표준에서 명시한 스마트 팜에 활용되는 13종 센서의 측정정확도를 확인하기 위해서는 기준기와 외부 환경을 제어가 가능한 챔버나 시료, 시험기구 등을 필요로 한다. 검정대상에 포함된 각 센서의 소스를 발생시키기 위한 챔버 및 시험기구 등을 표 2.와 같이 제작하였으며 pH 센서, CO2센서 등 기준시료가 있는 경우에는 국가공인시험기간에서 성적서가 발급된 시료를 준비하였다. 또한 농업기술실용화재단은 검정에 사용되는 모든 센서를 주기적으로 국가교정기관에 교정을 의뢰를 하여 센서의 측정 데이터의 신뢰성을 확보

표 1. 센서 검정을 위한 기준센서

측정대상	모델명	측정범위	정밀도
온도	HD4917T	-40 ~ 150 °C	±0.3°C
습도		0 ~ 100 %R.H.	±2%
감우	HD2013.2	ON/OFF	
풍속	HD 52.3D	0 ~ 60 m/s	0.01 m/s
풍향		0 ~ 359.9 °	0.1°
광양자	LP PAR 03 BL AC	0 ~ 150 klux	< 4%
조도	PHOT 01	0 ~ 1.5 klux	< 4%
pH	DO 9765T	-1 ~ 15 pH	0.1 %
토양함수율	ECH20 EC-5	0 ~ 100 %	0.03 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	HD37BTV.1	0 ~ 5,000 ppm	±(50ppm+3%)
토양수분	HD3910_D	0 ~ 100 %	±3%



그림 1. 스마트팜 센서 검정을 위한 기준센서

표 2. 센서 검정을 위한 환경제어 시스템

환경제어	모델명	성능
온습도	TH-81	-10 °C ~ 120 °C 0 ~ 100%RH 구현
풍향풍속	주문제작	풍향 : 0 ~ 360°, 풍속 : 0 ~ 25 m/s
광	주문제작	0 ~ 3,000 W/m <sup>2</sup> , 0 ~ 1.5 klux
CO <sub>2</sub>	주문제작	표준가스 사용, 0 ~ 5,000 ppm CO <sub>2</sub> 측정
토양수분	주문제작	0 ~ 100%RH
암모니아	주문제작	0 ~ 1,000 ppm

### 가. 온·습도센서 검정을 위한 항온항습 챔버 선정 및 개조

KS표준에 명시된 스마트 팜용 온도 센서의 측정범위는 -40 °C ~ +60 °C, 허용오차는 ±0.5°C 이며 습도측정 범위는 0 ~ 100 %RH, 허용오차는 ±5% 이며 국내에서 관측된 최저온도인 영하 32.6 °C를 기준으로 하고 있다. 그러나, 센서의 검정의 경우 최대최소를 측정여부가 아닌 측정 정확도를 판단하기 위한 것이기 때문에 여러 가지 사항을 고려하여 MIsystem사의 TH-81 모델을 구매하였다. 선정된 항온항습 챔버는 81 L의 시험체적을 가진 모델로 기준기와 스마트 팜에 기본적으로 활용되는 온도센서가 동시에 시험 가능한 것으로 판단되었다.

또한, 센서 고정을 위하여 센서 지그와 함께 기준기와 온도센서의 데이터를 받기위한 커넥터를 제작하여 챔버 밖에 설치된 DAQ시스템에서 항온항습 챔버 내의 센서가 측정하는 값을 실시간으로 측정 가능하도록 그림 2.(b)와 같이 제작하였다. 챔버의 상세 사양은 아래 표 3. 과 같다.



(a) MIsystem사 TH-81



(b) 센서 데이터 통합 측정 장비



(c) 온습도 센서 지그

그림 2. 온습도 센서 검정을 위한 항온항습 챔버

표 3. TH-81 항온항습 챔버 사양

Spec.		TH-81
Chamber volum		81 L
Control system		Digital PID Controller
Temperature	Working Range	-10℃~120℃
Humidity	Working Range	30%~98%
Heater	Drying bulb	1.6KW × 1ea
	Humidity	1.5KW × 1ea
Sensor	Temperature	Pt 100Ω
	Humidity	Electric sensor
Air FAN		3" × 6"
Material	Internal	Stainless steel #304
	External	steel, powder coating
	Shelves	Stainless steel, Perforated Shelves, 2ea
	Insulation	Urethane form
	Door Parking	High Temp, Silicone Rubber
Water tank		20 L
Dimension	Internal (W×D×H, mm)	450 × 400 × 450
	External (W×D×H, mm)	1100 × 850 × 1290 (without Motor box 150 mm)
Safety		ELB(Earth Leakage Circuit Breaker)
Electric Requirements		220VAC 50 or 60Hz(Optional)

나. 풍향·풍속센서 검정을 위한 환경발생장치 제작

풍향·풍속 센서의 측정정확도를 측정하기 위하여 기존 풍향·풍속 센서를 측정하기 위한 시험방법 및 장치 등을 조사한 결과 KS B 6311(송풍기의 시험 및 검사방법) 등을 참고하여 풍향·풍속 환경 발생장치를 제작하고자 하였으며 제작조건은 표 4.와 같이 설정하였다.

표 4. 풍향·풍속센서 검정 시스템 제작 조건

기능	제작조건
고속 송풍	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비사이즈 : 5m * 3m * 3m 이내</li> <li>- 타입 : Cross flow fan</li> <li>- 최대풍량 : 8,500 m<sup>3</sup>/h 이상</li> <li>- 최대풍속 : 35 m/s 이상</li> <li>- 최대정압 : 350Pa 이상</li> <li>- 허용(토출)단면적 : 300*200mm 이상</li> <li>- 풍량/풍속 가변제어 : 0~100%, 1%단위로 제어</li> <li>- 인버터 : 10kW급, 비상제동을 위한 장치 포함</li> </ul>

테스트 베드	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 테스트 베드사이즈 : 2,500 * 1,500 * 800 (mm) 이상</li> <li>- 베드상부 : 정반 &amp; T-slot 구조</li> <li>- 회전판 이동레일 장착 : 0~1,500mm</li> <li>- 풍향회전판 : 360도 / ±5도, 회전/고정장치 포함</li> <li>- 송풍관로 : 가변형, 500~1200mm</li> <li>- 풍향/풍속 센서장착 유니버설 지그</li> </ul>	
제어장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 풍속 검교정 : 기준센서, 검교정센서</li> <li>- 풍향 검교정 : 기준센서, 검교정용 각도판</li> <li>- 데이터 저장 및 분석장치</li> <li>- E-Stop System</li> <li>- 통신방식 : Ethernet/EtherCAT (시스템연동)</li> <li>- 채널 : 아날로그16, 디지털 8, 통신등</li> <li>- 검교정 센서 인터페이스 모듈</li> <li>- 환경센서 : 온도/습도/대기압</li> <li>- Industrial PC c/w 3.2 GHz Intel Pentium Processor</li> <li>- 128 Gbyte Solid State Hard Drive</li> <li>- 2 x DDR 1 Giga 533 MHz</li> <li>- 1280x1024 AGPx4 Graphics Support (support for two monitors)</li> <li>- 5 Slots PCI</li> <li>- 1 x Ethernet Port (10/100)</li> <li>- Microsoft Windows 7</li> </ul>	
외부 환경 측정	송풍 온도	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 형식 : T type</li> <li>- 측정범위 : 0 ~ 400 °C</li> <li>- 측정정도 : ±0.5 % FS 이내</li> <li>- 표시방식 : 디지털식, 4 digit</li> </ul>
	대기압	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측정범위 : 80 ~ 120 kPa</li> <li>- 측정정도 : ±0.2 % FS 이내</li> <li>- 반복성 : 0.001 이하</li> <li>- 표시방식 : 디지털식</li> <li>- 압력센서 변환기 : 절대 압력 변환기</li> </ul>
	대기온도 및 상대습도	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측정범위 : 온도 -10 ~ 150 °C, 상대습도 0 ~ 100 % RH</li> <li>- 측정정도 : ±0.5 % FS 이내</li> <li>- 표시방식 : 디지털식</li> </ul>

풍향·풍속 센서 검정을 위한 검정 시스템은 크게 4가지 부분으로 제작되었는데, 고속송풍을 위한 송풍장치와 기준센서와 검정대상 센서에 바람을 일정하게 불어 넣도록 송풍관로와 센서를 고정하기 위한 테스트베드를 설치하였다. 동시에 센서 데이터 취득 및 고속송풍장치의 풍속, 풍량을 제어하도록 산업용 PC 및 센서 DAQ 등을 부착하고 Microsoft사의 Windows 7을 기반으로 데이터 취득, 분석용 소프트웨어 등을 개발하여 부착하였다. 검정대상 센서에서 나오는 신호는 데이터 통합 처리시스템에 부착하여 신호를 수집하였으며 수집된 데이터를 측정불확도

평가를 통하여 성적서를 작성하고자 하였다. 또한 기준센서와 검정대상 센서를 고정하기 위하여 기준센서는 송풍관로 내에 배치하고 검정대상 센서의 풍향과 풍속 측정정확도를 측정하기 위한 테스트지그를 만들어 풍로가 아닌 센서가 360° 회전하게 함으로서 풍향 측정정확도를 측정하도록 제작하였다. 고속 송풍을 위하여 선정된 송풍장치는 이노텍 코리아의 TIS-310GS, GT 모델을 선정하였으며 사양은 표 5.와 같다.

표 5. 송풍장치 TIS-310GS,GT 상세사양

항목	사양	항목	사양
전원	220 V, 60 Hz	소비전력	1,200 W
날개크기	∅ 310 x 165 T (mm)	최대풍량	5,670 m <sup>3</sup> /h
전류	5.8 A	최대정압	206 pa
극수	6 P	회전수	1,130
중량	51 kg		

KS표준에 명기된 최대 풍속 75 m/s 발생 가능한 풍동을 제작하고자 하였으나 장비의 크기나 비용적 측면에서 구현이 어렵기 때문에 최초 설계조건에서도 35 m/s의 인공풍을 발생시킬 수 있는 장비를 제시하였으나, 장비 크기 및 비용 등의 문제로 인하여 최대 풍속 25 m/s(뷰퍼트 풍속계급표 9단계)구현이 가능하도록 조정하여 제작하고자 하였다. 인공풍의 속도는 송풍관로의 크기와 송풍장치의 최대풍량에 따라 변화하기 때문에 최대 풍속 25 m/s를 유지하면서 풍속 센서에 일정한 바람을 주도록 제작하기 위하여 제작된 송풍관로의 크기는 28(H) x 29.5(W) x 150(L) cm 로 하였다.

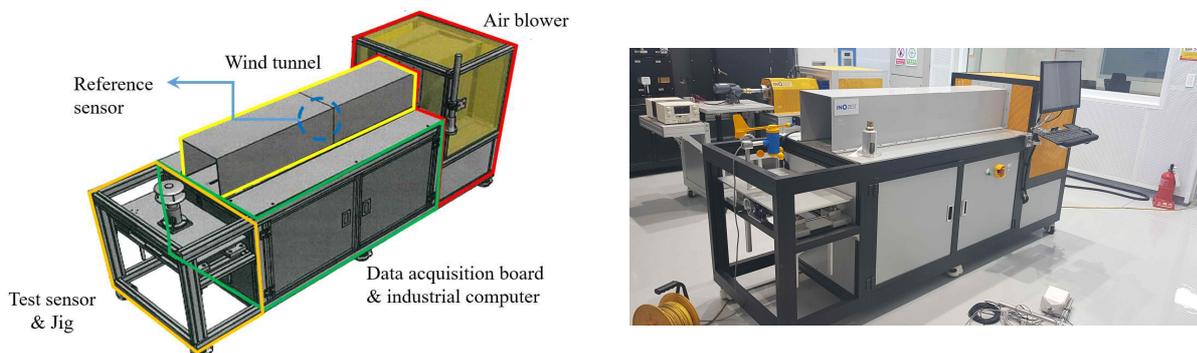


그림 3. 풍향 풍속 센서 검정을 위한 검정 시스템

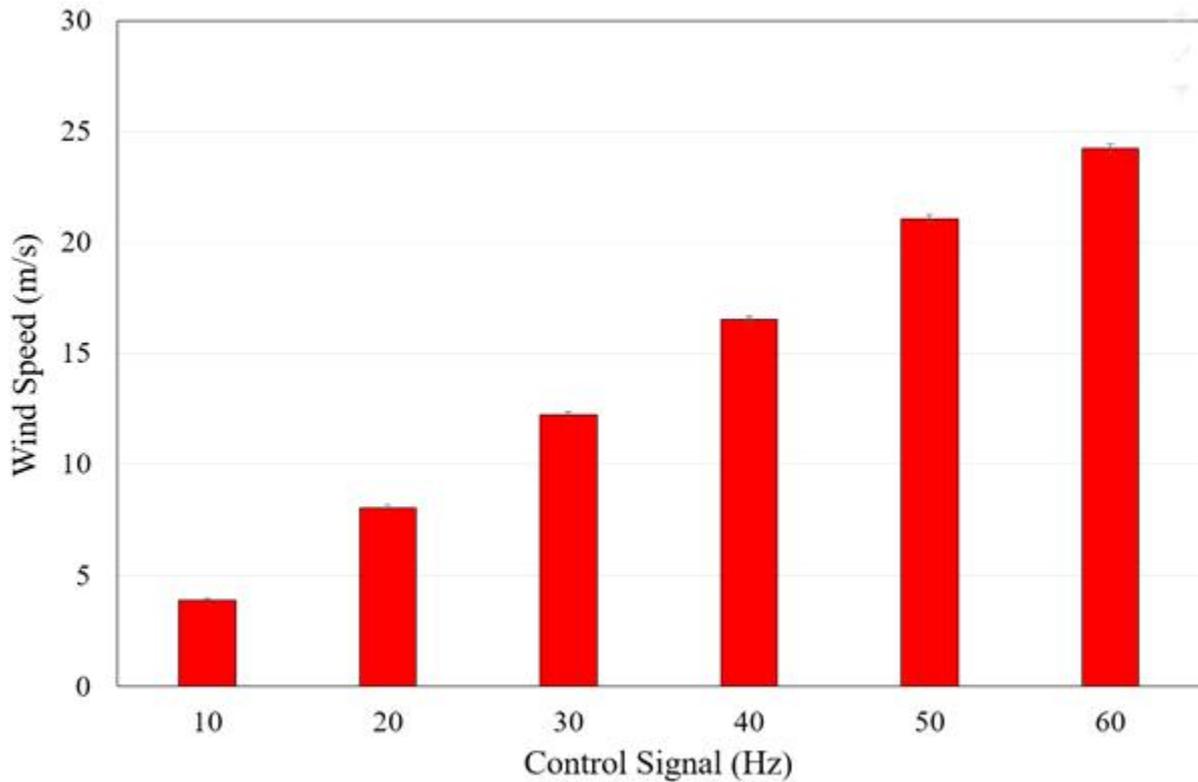


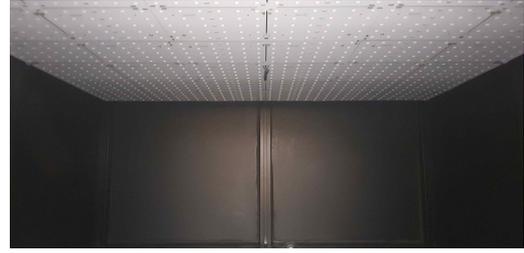
그림 4. 제어신호 별 인공풍 세기 측정

#### 다. 광양자 및 조도센서 검정을 위한 암실챔버

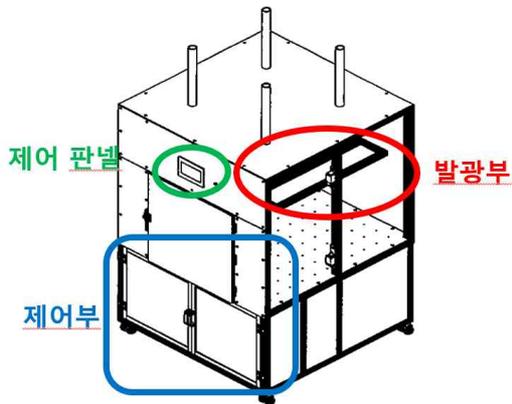
세계기상기구에서는 광양자 및 조도센서는 야외에서 태양광을 이용하여 기준센서와 검정센서의 측정값을 비교하는 방식으로 성능평가를 진행한다. 하지만 관행의 방법은 날씨의 영향을 많이 받고 비, 구름이 없는 조건하에서 진행되기 때문에 성능검정에 제약이 존재하기 때문에 본 연구에서는 암실 챔버 및 인공광원을 사용하여 광양자 및 조도, 일사 센서에 대한 검정을 수행할 수 있는 시스템을 제작하였다. 암실내부천장에는 높이 조절이 가능한 광원이 설치되어있으며 챔버 내부 바닥에는 앞서 확보한 기준센서를 부착하여 인공광에서 조사되는 광입자를 측정할 수 있도록 설계하였다. 외부 컨트롤러에서는 사용자가 원하는 광량을 제어할 수 있는 컨트롤 패널이 있으며 이를 통해 단계별 인공광원을 발생하여 검정 수행할 수 있다. 내부에 설치된 기준센서와 검정센서의 데이터는 내부에 설치된 커넥터에 연결되어 챔버 외부로 전달되며 통합 DAQ 장비를 통해 데이터 획득이 가능하다.



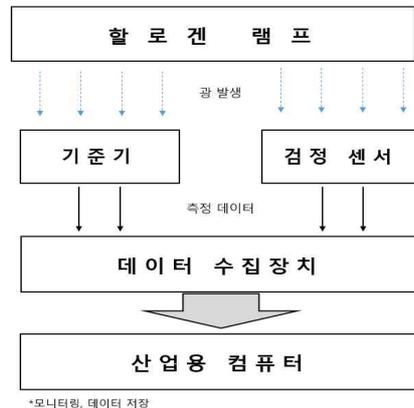
(a) 광양자 및 조도 검정을 위한 암실 챔버



(b) 암실 챔버 내부 인공광원 및 기준센서



(c) 광양자챔버 구조



\*모니터링, 데이터 저장

(d) 챔버 데이터획득 블록다이어그램

그림 5. 인공광원이 포함된 암실 챔버

#### 라. CO<sub>2</sub> 센서 검정을 위한 시스템 구축

농업용 CO<sub>2</sub>센서 검정을 위한 전용 시스템을 설계 및 제작하였다. 제작한 검정 시스템은 CO<sub>2</sub>가스를 대상으로 검정을 진행하기 때문에 검정 안전성을 고려하여 가스유출시 가스를 흡입 및 배출 할 수 있는 Fume Hood내에 검정 시스템인 CO<sub>2</sub> 표준 가스를 순환할 수 있는 탱크가 설치하였다. 검정용 탱크는 스마트팜 내에 사용되는 농업용 CO<sub>2</sub>센서가 전부 들어갈 수 있도록 CO<sub>2</sub>센서 중 가장 크기가 큰 현재 기준센서를 기준으로 입구를 제작하였다. 각각 2개의 입구에는 기준 센서 및 검정센서가 자리하며 입구를 덮은 마개에 데이터 케이블이 탱크 내부에서 외부로 나올 수 있도록 설계되었다. 검정은 공인인증기관에서 인증받은 CO<sub>2</sub> 표준가스와 N가스를 탱크에 공급하여 탱크 내부에 CO<sub>2</sub>농도를 일정하게 유지하게 하였다. 기준센서 및 검정센서는

탱크 내부의 CO<sub>2</sub>농도 측정하여 외부의 데이터 수집 모듈에 데이터를 전송하고 농도별 기준센서와 검정센서의 CO<sub>2</sub>측정량을 비교 분석이 가능하도록 하였으며 측정 결과는 설치된 디스플레이 장치에서 실시간으로 확인이 가능하다.



CO<sub>2</sub> 센서 검정용 Fume Hood



CO<sub>2</sub> 순환 탱크

그림 6. CO<sub>2</sub> 센서 검정 시스템

#### 마. 암모니아센서 검정을 위한 시스템 구축

암모니아 센서 검정 시스템은 인체에 위험한 암모니아 가스를 활용하기 때문에 CO<sub>2</sub> 센서 검정 시스템과 동일하게 Fume Hood 내에 암모니아 순환 탱크를 설치하여 제작하였으며 탱크내부에 암모니아 표준가스를 흐르도록 하여 탱크 내부에 암모니아 농도가 일정하게 유지되도록 하였다. 탱크에 설치된 출입구를 CO<sub>2</sub>센서 검정시스템과 마찬가지로 시중에서 유통중인 가장 큰 센서를 전부 투입 가능한 크기로 제작하였다. 탱크내부에 설치된 암모니아 기준센서와 검정센서로 암모니아 농도를 측정하며 이를 비교하여 검정센서의 표준 적합여부를 판단한다. 암모니아 센서는 독성이 강한 가스를 다루기 때문에 설치형 가스 검지기 FIX800시리즈를 사용하였으며 상세 사양은 아래 표와 같다. 또한 암모니아의 독성이 강한물질을 제거하기 위해 검정 후 남은 암모니아는 WET SCRUBBER을 통해 제거된다.

표 6. 암모니아 센서

제품명	설치형 가스 검지기
제품 모델	FIX800
사용센서	암모니아 센서
측정범위	0 ~ 1000 ppm
분해능	0.01 ppm
반응타임	< 50s
가스흡입 방식	자유확산식
신호출력	RS-485 수자 신호출력
전송 방식	실드케이블, 1000m~2000m 전송 가능

경보 알림 방식	소리경보, 경보알림 : 95dB
알림 설정	A1 경보치, A2 경보치
공률	< 1.5W (DC24)
전원공급	DC 24V ± 6V
오차	<±3% FS
압력범위	<200Kpa
작업온도	-40℃~70℃
상대습도	10% ~95%RH
방폭등급	IP65
방호등급	IP66 (방수방진)
디스플레이	LED 디스플레이
제품 크기 및 무게	H210 mm x L175 mm x B85 mm, 1.8 kg
케이스 재질	하우징 : ADC 12 알루미늄 합금, 알루미늄 형재, 나사선 M45°1.5



(a) 암모니아 챔버  
Fume Hood



(b) 암모니아 센서  
데이터 측정기



(c) 암모니아 스크래퍼



(d) 암모니아센서



(d) 암모니아 센서 측정을 위한 검정 시스템

그림 7. 암모니아 센서 검정 시스템

#### 바. 지온센서 검정용 액체항온조

스마트 팜 ICT 기자재 중 지온센서는 토양 내부 온도를 측정하는 센서로 일반적으로 토양의 내부에 센서를 집어넣어 측정된 전류나 전압값을 온도로 환산한다. 지온센서를 검정하기 위한 관행적인 방법은 실제 토양을 사용하여 센서를 검정하는 것이나 검정 시 소모되는 이물질이 없는 양질토를 구하는 문제와 토양의 온도와 습도 상태를 이상적으로 구성하는 것은 불가능에 가깝기 때문에 본 연구에서는 냉매를 사용하여 지온센서의 검정을 수행할 수 있는 시스템을 제작하였다. 검정은 액체항온조 내에 영하  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서도 상변화를 일으키지 않는 Dynalene HC-50 냉매를 채우고 지온센서를 냉매에 넣어 센서값을 측정하는 방식을 사용하였다. 지온센서의 온도 가동범위는  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 상온  $25^{\circ}\text{C}$ 이므로 냉매대신 증류수를 넣게 되면 최저온도에서 증류수의 어는점이하로 온도가 떨어지기 때문에 지온센서와 함께 증류수가 얼어버리는 현상이 일어나므로 냉매를 사용하였다. 검정시스템의 항온항습조의 외관 모습과 사용한 냉매는 그림

8.와 같으며 항온항습조 전방에 내부 챔버의 온도를 조절 할 수 있는 컨트롤러와 비상시 장비를 정지할 수 있는 비상 스위치가 위치하고 있으며 후방에는 내부의 냉매를 밖으로 배출시키는 배출구가 있도록 설계 제작하였다.



지온 센서 검정 시스템



지온 챔버 컨트롤러



Dynalene HC-50 냉매

그림 8. 항온항습조 및 검정용 Dynalene HC-50 냉매

#### 사. pH 센서 검정

pH센서는 추가적인 환경제어 시스템이 필요하지 않으며 공인인증기관에서 공인성적서를 받은 표준 pH용액을 농도별로 (4, 7, 10 pH)구입하여 각 농도별 검정 센서에 대한 pH 측정하였다. 검정시 pH 표준용액의 온도는 10~40℃로 준비된 상태에서 비커에 채운 후 검정 센서를 투입하여 센서에서 출력되는 데이터가 안정화 된 후 1분간 측정하는 방식으로 검정을 진행하고자 매뉴얼을 작성하였으며 측정된 데이터를 통하여 측정정확도를 평가하고자 하였다.



그림 9. 검정용 비커 및 pH 센서 검정용 표준 용액

#### 아. 낙하 충격 시험기

스마트팜에서 활용되는 스마트 팜 센서나 제어장치는 낙하나 외부의 충격으로부터 보호하기

위하여 하이박스나 스틸박스 등을 활용하여 보호장치를 설치한다. 그러나, 실제로 이러한 보호 장치가 내구성을 가지는지 판단하기 위하여 충격 안전성 시험 평가를 위한 낙하 충격 시험기 와 충격 시험기를 도입하여 충격 후 박스 내 검정센서가 정상 작동여부와 파손여부 등을 판단 하고자 하였다. 낙하충격 시험의 경우, 일반적인 검정이 아닌 내구성 등 신뢰성 검정장비로 제작되었으며 2019년 9월부터 진행된 검정에서는 활용하지 않고 2020년 신뢰성 시험업무에 투 입하기 하고자 하였다.



(a) 소형 낙하 충격기



(b) 대형 낙하충격기 (전방)  
그림 10. 낙하 충격 시험기



(c) 대형 낙하충격기 (후방)

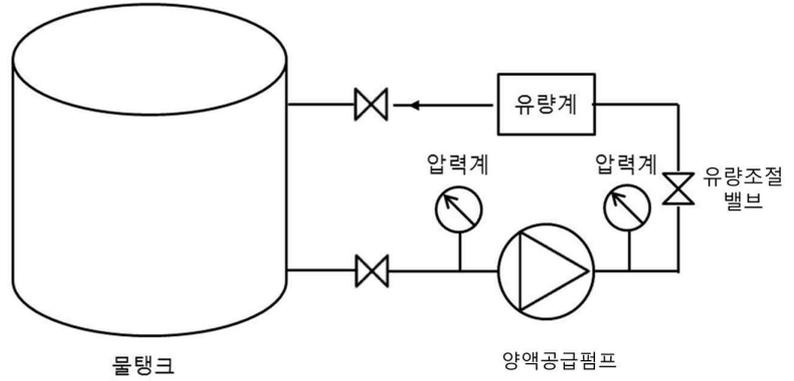
## 제2절. 스마트 팜 구동기 검정 장비

### 1. 관수 밸브 및 펌프 검정 시스템

스마트팜에서 활용되는 양액공급장치에 부착되는 관수 펌프의 성능과 관수밸브의 내구성 등을 확인하기 위하여 검정시스템을 구성하였다. KS B 6307(기어펌프 및 나사펌프의 시험 및 검사 방법)을 준용하여 제작하였다. 검정의 목적으로는 관수펌프에 표시된 유량과 전양정에 관한 정 보를 확인하고 제공하는 것이다. 관수 펌프의 구조 및 검정 방법은 관수펌프의 입수구 전단 및 출수구 후단 1m 이내의 위치에 압력계가 설치되어있으며 작동 시 유량계에 표시되는 유량을 측정한다. 관수 밸브 시험은 검정장비에 관수 밸브를 설치하고 정상작동 여부와 30 kPa의 압 력을 밸브에 인가했을 때 밸브의 기밀상태를 확인한다. 관수밸브검정이 진행시 설치되어있는 인버터 펌프 PBI-403MA를 사용하며 자세한 사양은 표 7. 과 같다. 반대로 펌프 검정 시 설치 되어있는 펌프를 제거 후 검정대상 구동펌프를 설치하여 검정을 진행한다.



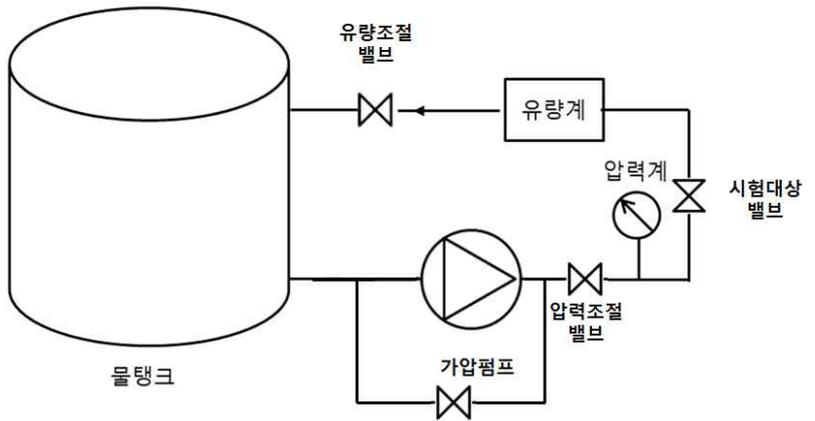
(a) 관수 밸브 펌프 시험기



(b) 양액 펌프 시험



(c) 구동 펌프 검정



(d) 관수밸브 시험

그림 11. 관수 펌프 및 밸브 시험 및 장비 모습

표 7. 관수밸브 검정 장비에 사용되는 인버터 펌프 상세사양

모터사양	Model	PBI-403MA
	정격전압	3상 220V
	정격전류	5.5A
	정격주파수	60Hz
인버터사양	정격 출력	1,100W
	사용전압	단상 220V
	정격용량	3.3KVA
	입력주파수	50~60Hz
	출력주파수	최대 60Hz
	제어방식	Vector+VVVF
압력센서용량		16 bar
펌프사양	품명	유체펌프
	정격전압	단상 220V 60Hz

정격전류	9.3 A
회전수 범위	1,440~3,600 rpm
정격출력	1,100 W
정격소비전력	1,550 W
최고압상	46 m
최소양정	0.5 m
최대양수량	10 m <sup>3</sup> /hr
흡입구경	32 mm
도출구경	25 mm
허용사용압력	10 kgf/cm <sup>2</sup>
보호등급	IPX4

## 2. 시설원에 온실 구동 모터 토크 측정기

시설원에 온실에 사용되는 구동기 중 가장 많은 종류를 차지하는 것은 천창, 측정, 보온덮개, 차광막 등에 사용되는 개폐장치이다. 개폐장치의 출력 및 내구성을 검정하기 위하여 검정 시스템을 설계 및 제작하였다. 온실에 사용되는 다양한 개폐장치 모터는 220 V 교류전압을 입력받아 인버터를 거쳐 직류를 활용하는 모터가 사용되기 때문에 검정 시스템에 모터 구동에 필요한 직류전원 공급 장치 설치하여 진행하였다. 구동모터의 토크에 따라 크기 및 형태가 다양하기 때문에 토크측정기의 축과 일직선을 유지하기 위한 별도의 리프트 장비가 설치하였으며 리프트 상단에 검정 구동기를 고정할 수 있는 지그를 배치하고 토크측정기는 TRB-50K 모델로 최대 50 kgf·m 까지 토크 측정이 가능하며 자세한 상세 사양은 표 8.과 같다. 큰 장비의 경우 직류가 아닌 교류전압을 그대로 활용하는 경우도 있으므로 2020년 농생명ICT검인증센터 계측 장비 구축 시에 포함하고자 하였다.

구동기 모터 시험기

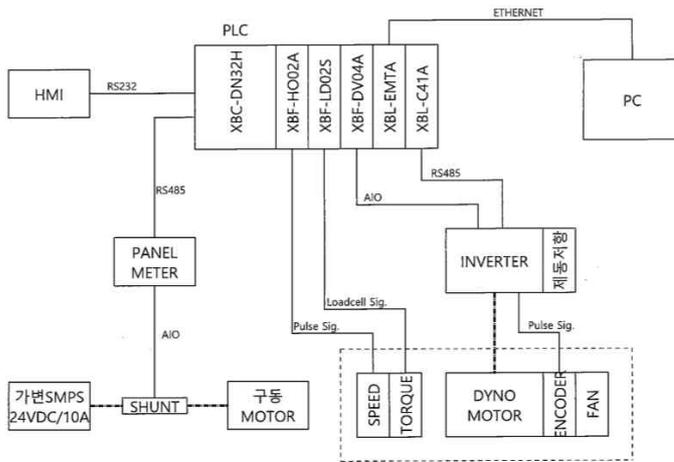
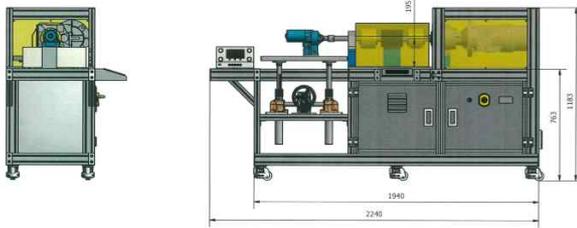
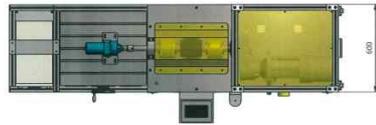
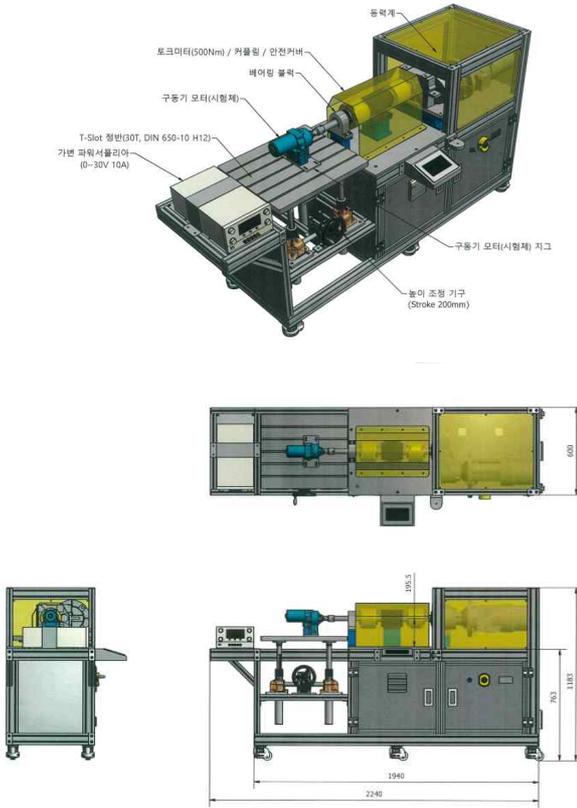


그림 12. 구동모터 토크 측정 시스템

표 8. 구동모터 검정용 토크 센서 상세사양

제품	TRB-50K
Dimensions (flange)	ø 58 mm
Motor shaft tolerance	0.2 mm axial 0.03 mm radial
Protection DIN EN 60529	IP 65 (without shaft seal), IP 67 (with shaft seal)

Starting Torque	<0.02 Nm (+20 °C, IP65) <0.025 Nm (+20 °C, IP67)
Materials	Housing : aluminium die-cast Flange : aluminium die-cast
Operating temperature	-40°C~+85°C
Relative humidity	90 % non-condensing
Resistance	DIN EN 60068-2-6 Vibration 30 g, 10 - 2000 Hz DIN EN 60068-2-27 Shock 250 g, 6 ms
Connection	Flange connector M12, 8-pin Flange connector M23, 12-pin cable
Weight approx	300 g
Voltage supply	5 VDC ± 5% 8~30 VDC 4.75 ~ 30 VDC

### 제3절. 검정 매뉴얼 개발

#### 1. 스마트 축산 사양관리기기 검정 매뉴얼 제작

축산 기자재 검정 대상에 포함된 사양관리기기는 25종으로 ‘자동 급이기’, ‘음수공급기’, ‘돼지 무게 선별기’, ‘사료잔량이 측정 가능한 사료빈’, ‘스마트 체중계’, ‘자동포유기’, ‘스마트 우유냉각기’ 등 표준에 포함된 대상을 기준으로 하였다. 본 연구에서는 각 사양관리기기의 검정 기준 및 성능 평가 방법에 대한 기틀을 마련하고 전문가 협의체를 구성하여 3차례의 회의를 통해 검정 방법 및 기준을 최적화 진행 및 검정 매뉴얼 최종안을 제작하였으며 필요시 현장 농가 방문 등을 통하여 매뉴얼의 완성도를 높였다. 전문가 협의체 구성원은 농촌진흥청 축산환경과, 축산생명환경부, 국립축산과학원, 스마트팜 개발과, 대학 및 농업기계 실용화재단의 전문가로 구성하였다.



그림 13. 축산기자재 전문가 자문회의

## 2. 스마트 팜 센서 및 구동기 검정 매뉴얼 제작

스마트 팜에 적용되는 11개의 센서에 대한 검정 방법 및 기준에 대한 검정 매뉴얼을 제작하고 전문가 협의체를 구성하여 매뉴얼 최적화를 진행하였다. 검정 대상 센서는 ‘온습도’, ‘일사 및 광양자’, ‘풍향’, ‘풍속’, ‘감우’, ‘CO2’, ‘토양함수율’, ‘토양수분장력’, ‘지 제작하였다. 전문가 협의체는 충남대학교, (주)하이드로 웨스트 임원 및 농업기술실용화재단 등으로 구성하였다. 스마트 팜 센서 및 구동기의 검정방법 및 검정기준에 대한 표준화 내용은 <첨부 1> 과 같다.

## 제4절. 시설원예 및 축산 스마트 팜 ICT기자재 검정 테스트베드 구축

### 1. 시설원예 스마트 팜 ICT기자재 검정 테스트베드 구축

시설원예 스마트 팜에 사용되는 ICT기자재의 검정용도 테스트베드를 구축하기 위하여 원예특 작시설 내재해형 규격 설계도 및 시방서(농식품부 고시 제 2014-78호)에 작성된 단동 온실, 3연 동 온실 및 유리온실을 기반으로 구축하였으며 총 면적은 2,851 m<sup>2</sup> 로 구성하였다. 상세 구성 면적은 표 9.와 같다. 스마트 팜 ICT기자재 검정 테스트베드는 2020년 상반기에 완공되어 2020년 6월부터 본 연구에서 확보한 검정시스템을 설치하여 검정 수행 예정이다.

표 9. 시설원예용 ICT기자재 검정 테스트베드 면적

시설명	면적(m <sup>2</sup> )	시설명	면적(m <sup>2</sup> )
단동	1,000	유리온실	896
3연동	982		
계	2,851		

시설원예 스마트 팜에 사용되는 ICT기자재의 검정용도 테스트베드의 용도로 제작된 테스트베 드용 온실은 그림 14.과 같이 측창, 천창 등 각 구동기 위치마다 계측장비를 부착하여 실시간

으로 데이터계측 장비에 온실에서 움직이는 구동기의 위치 및 구동상황 등을 파악함과 동시에 제어가 가능하도록 설계하였다.



(a) 단동온실 계측장비 설치 위치 (예시)

(b) 현재 제작중인 테스트용도 단동온실

그림 14. 단동온실 등 계측장비 및 제작중인 테스트용 단동온실

연구수행기간 내에 테스트베드를 제작 완료하고자 하였으나 비용문제 등으로 계측기 등에 대한 부착은 2020년 6월을 완성을 목표로 하고 있으며 구동기의 테스트 등은 이동형 통합 검인 증 시스템 등을 통하여 현재 제작된 테스트베드 온실에서도 검정이 가능한 상태이다.

시설원예용 ICT기자재 검정을 위한 3연동 온실과 유리온실도 그림 15.와 같이 완성단계이며 단동온실과 마찬가지로 각 구동기가 장착되어 개폐 등을 실시하는 지점에는 계측기기를 장착할 예정이다. 고정형 계측기기는 2020년에 부착되어 시설원예용 ICT기자재의 호환성 등을 확보하는데 주력할 예정이다.



(a) 테스트베드 용도 유리온실



(b) 테스트베드 용도 3연동 온실

그림 15. 제작중인 테스트용 유리온실 및 3연동 온실

## 2. 축산 ICT기자재 검정 테스트베드 구축

스마트 축사에 사용되는 축산 ICT기자재의 검정용도 테스트베드를 구축하기 위하여 농협에서 제공하는 대가축, 중가축 및 소가축에 대한 설계도를 바탕으로 테스트베드를 구축하였으며 총 면적은 820.25 m<sup>2</sup> 로 구성하였다. 상세 구성면적은 표 10.과 같다.

표 10. 축산 ICT기자재 검정 테스트베드 면적

시설명	면적(m <sup>2</sup> )	시설명	면적(m <sup>2</sup> )
대가축	375	소가축	265.25
중가축	180		
계	820.25		

시설원예용 테스트베드와 동일하게 부착된 각 구동기 마다의 계측장치를 부착하였으며 축산 ICT기자재 중 사양관리기기는 축사내부에서 움직이는 장비가 대다수이므로 실내 이동을 측정할 수 있는 비컨이나 토탈 스테이션 등을 활용하여 축사 내에서 움직이는 장비의 위치를 파악 할 수 있도록 설계하였다.



그림 16. 토탈스테이션



그림 17. 실내위치 추적용 비컨

토탈 스테이션과 실내용 비컨 등을 현재 데이터 측정속도 등을 고려하여 측사 내부에 부착하기 위하여 선정 중에 있으면 2020년 6월까지 둘 중 하나를 선택하여 테스트베드 내부에 부착할 예정이다. 시설원예용 테스트베드와 마찬가지로 데이터 측정장비에 실시간으로 정보를 송신하도록 제작하고 데이터 측정장비에서 데이터를 축적하여 성능분석을 하고자 한다.

현재 측사는 그림 18.과 같이 제작되었으며 실증시험은 가능하나 측사용 사양관리기기 및 내외기센서 등은 2020년부터 검정예정으로 장비구축과 함께 검정을 진행을 추진하고자 한다.



(a) 대가축 축사용 테스트베드



(a) 중가축 축사용 테스트베드

그림 18. 축산 ICT기자재 검정을 위한 테스트베드

### 3. 신뢰성 시험동 구축

테스트베드 내부 센서에 입력되는 환경조건에 따라 구동기의 구동성능을 측정하고자 신뢰성 시험동에는 가장 기초적으로 환경구성 챔버 등을 구성하고자 하였다. 환경구성 챔버는 KS표준에서 표기하고 있는 13종 내기센서에 대하여 대응하는 챔버를 구성하고자 하였으며 환경구성 챔버는 검정용 챔버와는 달리 센서 하나가 들어갈 정도의 체적을 가진 소형챔버로 구성하고자 하였으며 2020년 초에 도입하고자 하였다. 또한, 본 연구에서 진행된 검정장비 들은 신뢰성 시험동이 제작된 후 1층 ICT기자재 검정실에 배치하고자 하였으며 이후 설치작업을 진행할 예정이다. 또한 SCADA 시스템을 구축하여 모든 테스트베드에서 생산되는 데이터 및 제어 등을 신뢰성 시험동 제어실에서 실시함으로써 호환성 검정 등을 추진하고자 한다.



그림 19. 신뢰성 시험동 구성도 및 현재 추진사항

### 제5절. 이동형 검·인증용 통합 시스템 구축

대부분의 스마트팜 ICT기자재는 단독으로 사용하지 않고 스마트 온실 및 축사에서 패키지로 설치되

어 사용한다. 일반적으로 검정신청자가 검정신청제품을 재단으로 운반하여 검정을 진행하지만 경우에 따라 검정대상 기자재를 운반하기 어려운 경우 현장검정을 수행한다. 이러한 경우를 대비하여 이동형 검인증용 통합 시스템 구축이 필요하며 본 연구에서는 현장에서 데이터 수집 및 신호 발생이 가능한 이동형 검인증 통합장비를 제작 하였다. 휴대용 검정 장비는 스마트팜에 설치된 제어판넬을 RS-485 통신을 통하여 실시간 데이터 저장 및 모니터링이 가능하며 임의의 신호를 제어판넬을 통해 구동기로 전달하여 구동기의 정상 작동 여부를 확인할 수 있다. 장비 내부에는 개별 센서 측정을 위한 4채널의 RS-485 단자가 있으며 8채널 아날로그 입력과 8채널의 아날로그 출력 단자가 있으며 4채널의 온도 입력 단자가 있다.



그림 20. 이동형 통합 검인증 시스템



그림 21. 이동형 통합 검인증 시스템 작동 계략도

### 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 제1절. 목표

본 연구의 목적은 스마트팜 검·인증 시스템 구축에 대한 연구이며 이를 통해 스마트팜에 사용되는 센서 및 구동기의 검정을 수행할 수 있는 검정장비와 검정 메뉴얼을 개발하는 것을 목표로 한다.

#### 제2절. 목표 달성여부

주관연구 기관인 농업기술실용화재단의 연구내용과 목표 달성도는 아래와 같음.

연 도	내 용	달 성 도
1차년도 (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메뉴얼 개발을 위한 전문가 협의체 마련</li> <li>• 검정 및 안전관리 기준 및 방법 개발</li> <li>• 검정 메뉴얼 최적화</li> <li>• 환경 센서 및 단위 기계 검·인증 용 시스템 구축</li> <li>• 센서의 측정범위 120%, 정밀도 2배 이상, 신뢰성수준 95% 이상을 만족할 수 있는 기준 센서 구축</li> </ul>	100
2차년도 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스마트 팜 테스트 베드 구축</li> <li>• 검·인증 기준 센서 선정 및 테스트 베드용 고정형 시스템 구축</li> <li>• 기준 센서와 검증 센서의 비교를 위한 시스템 구현</li> <li>• 외기 센서의 검정 기준에 대한 검사 방법 개발</li> <li>• 내기센서 검정 기준에 대한 검사 방법 개발</li> <li>• 검정기준의 스마트 팜에 적합성에 대한 연구</li> <li>• 자동화 시스템의 작동 및 기능성에 대한 비교 평가 시스템 구현</li> <li>• 신호 처리 시스템 구현</li> <li>• 측정 데이터 통합 신호 처리 시스템 구현</li> <li>• 검·인증 데이터 분석 시스템 구현</li> <li>• 테스트 베드용 고정 소스 발생장치 개발 및 구현</li> </ul>	100
3차년도 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이동형 검·인증용 통합 시스템 구축</li> <li>• 각 센서별 검·인증을 위한 현장 이동형 소스 발생장치 개발 및 구현</li> <li>• 휴대용 발생장치의 디지털화를 통한 단계별 환경 소스 발생 구현</li> <li>• 모듈화 소형화를 통한 소스 발생장치에 대한 디지털 제어가 가능한 휴대용 장비 개발</li> <li>• 실증 테스트를 통한 검·인증 시스템의 고도화 연구</li> <li>• 각 센서별 신뢰성 예측, 고장분석, 가속수명 시험 방법 연구를 통한 검인증 시스템의 신뢰성 확보 연구</li> </ul>	80

#### 제3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

### 1. 정량 성과 미달

최종 성과물 목표기준 비SCI 2건과 특허 출원 1건이 미달되었음. 현재 논문 2건은 경상대학교 농업생명과학연구 저널에 투고하였으며 심사 중에 있고 각 논문 제목은 아래와 같다. 특허는 암모니아 검정 장비에 대하여 내부심의 중에 있으며 올해 안에 출원 예정이다.

투고 논문 제목	
1.	농업용 풍속 센서 검정을 위한 시스템 개발
2.	농업용 일사 및 광양자 센서 검정 시스템 개발을 위한 기초 연구

### 2. 테스트베드 구축

현재 스마트팜 기자재 성능시험을 위한 스마트팜 테스트 베드는 공사 중에 있으며 날씨 및 태풍의 영향으로 공사 일정이 소폭 연기되어 2020년 초 완공예정이다. 완공 후 본 연구에서 개발한 검정용 장비를 설치하고 테스트 하여 2020년 6월에 스마트팜 기자재대한 검정을 본격적으로 수행할 것으로 예상된다.

### 3. 실증 테스트

본 연구는 검정 매뉴얼 제작 및 검정 시스템 제작과 테스트베드 구축에 중점을 두고 수행을 하여 제작된 검정 시스템에 대한 실증테스트를 소홀히 한 점이 있으나 지속적인 연구를 통해 보완 할 예정이다.

## 제4장. 연구결과의 활용 계획 등

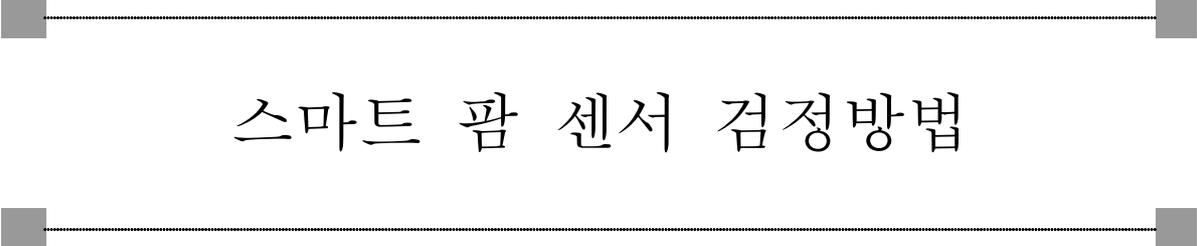
- 한국형 스마트 팜 ICT 기자재 검인증 매뉴얼(검정방법 및 기준) 개발을 통한 검정체계 구축 활용
  - 본 연구과제에서 개발한 검인증 매뉴얼(검정방법 및 기준) 고시
  - 테스트베드 활용을 통한 농산업체 기술 확립 지원
  - ICT 융복합 스마트 팜 ICT 기자재 신규 개발 시에도 신속 검정체계 구축 및 검정 지원
- 한국형 ICT 스마트 팜 검·인증 시스템 개발을 통한 검·인증 시스템 구축
  - 원예, 축산 분야 스마트 팜에 적용되는 환경센서 및 구동기에 대한 단위 기계 검·인증 평가에 활용
  - 스마트 팜 Test Bed를 활용한 환경센서와 구동기들간의 복합적인 검·인증 평가에 활용
  - 현장 이동형 검·인증 시스템 개발을 통한 현장 맞춤형 검·인증 평가에 활용
- 한국형 ICT 스마트 팜 검·인증 시스템 고도화를 통한 국내 스마트 팜 조기 정착 및 해외 수출 지원
- 첨단 농업기계 검인증 시스템 구축 후속 연구 추진
  - 농생명 분야에 ICT 융복합 기술적용이 예상되어 체계적인 검인증 시스템을 구축하여 신속한 현장적용 및 객관적 성능평가 지원 시스템 구축 연구 추진으로 창조농업 확산 지원
  - 예) 인공지능(A.I.)을 활용한 스마트 팜 기술, 첨단 농업기계 확산보급 사업을 위한 검인증체계 구축으로 농업분야 신 성장 동력 확보 지원

### 붙임. 참고문헌

1. S. Migdall, P. Klug, A. Denis, H. Bach, “The additional value of hyperspectral data for smart farming“, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2012 IEEE International, pp. 7329-7332, 22-27 July 2012.
2. M. Jhuria, A. Kumar, R. Borse, “Image processing for smart farming: Detection of disease and fruit grading“, Image Information Processing (IC IIP) 2013 IEEE Second International Conference on, pp. 521-526, 9-11 Dec. 2013.
3. Wang Qiang, A. Terzis, A. Szalay, “A novel soil measuring wireless sensor network“, Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) 2010 IEEE, pp. 412-415, 3-6 May 2010.
4. C.C. Castello, J. Fan, A. Davari, Rwei-Xi Chen, “Optimal sensor placement strategy for environmental monitoring using Wireless Sensor Networks“, System Theory (SSST) 2010 42nd Southeastern Symposium on, pp. 275-279, 7-9 March 2010.
5. K. Tanaka, T. Suda, K. Hirai, K. Sako, R. Fuakgawa, M. Shimamura, A. Togari,

- “Monitoring of soil moisture and groundwater levels using ultrasonic waves to predict slope failures“, *Sensors 2009 IEEE*, pp. 617-620, Oct. 2009.
6. Lei Xiao, Lejiang Guo, “The realization of precision agriculture monitoring system based on wireless sensor network“, *Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering (CCTAE) 2010 International Conference*, vol. 3, pp. 89-92, 12-13 June 2010.
  7. Y. Jiber, H. Harroud, A Karmouch, “Precision agriculture monitoring framework based on WSN“, *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) 2011 7th International*, pp. 2015-2020, 4-8 July 2011.
  8. Eric D. Hunt et al., “The development and evaluation of a soil moisture index“, *Int. J. Climatol.* Published online in Wiley InterScience, 2008.
  9. T. Uchinuno, Y. Yasunaga, M. Keiichi, N. Sugimoto, S.-I Aouqi, “Development of Knowledge Sharing System for Agriculture Application“, *Advanced Applied Informatics (IIAIAAD) 2013 IIAI International Conference on*, pp. 108-111, Aug. 31 2013-Sept 4 2013.
  10. Wei Lin, “Real time monitoring of electrocardiogram through IEEE802.15.4 network“, *Emerging Technologies for a Smarter World (CEWIT) 2011 8th International Conference & Expo on*, pp. 1-6, 2-3 Nov. 2011.
  11. Zhenyu Liao, Sheng Dai, Chong Shen, “Precision agriculture monitoring system based on wireless sensor networks“, *Wireless Communications and Applications (ICWCA 2012) IET International Conference on*, pp. 1-5, 8-10 Oct. 2012.
  12. S.N. Singh, R. Jha, M.K. Nandwana, “Optimal design of solar powered fuzzy control irrigation system for cultivation of green vegetable plants in Rural India“, *Recent Advances in Informator Technology (RAIT) 2012 1st International Conference*, pp. 877-882, 15-17 March 2012.

<첨부1>



## 스마트 팜 센서 검정방법

## 00 센서

### 1. 적용범위

이 검정방법은 농업용 온실에 정보통신기술(ICT)을 활용하여 작물의 생육환경을 제어하는 스마트 온실에 사용되는 다음 센서에 대하여 적용한다.

- 1-1. 온·습도 센서
- 1-2. 일사 및 광양자 센서
- 1-3. 풍향센서
- 1-4. 풍속센서
- 1-5. 감우센서
- 1-6. CO<sub>2</sub> 센서
- 1-7. 토양함수율센서
- 1-8. 토양수분장력센서
- 1-9. 지온센서
- 1-10. EC센서
- 1-11. pH센서

### 2. 용어의 뜻

#### 2-1. 전장비

시험을 하는데 필요한 모든 장비를 부착한 상태를 말한다.

#### 2-2. 기준기

「국가표준기본법」 제13조제1항의 국가측정표준 대표기관이나 같은 법 제14조제3항의 국가교정업무 전담기관에서 교정을 받은 측정기기를 말한다.

#### 2-3. 검정센서

검정대상 센서로 신청자가 제공한 것을 말한다.

#### 2-3. 측정점

센서의 성능을 평가하기 위하여 정한 측정 지점을 말한다.

#### 2-4. 측정정확도

검정대상 센서가 측정한 값(이하 “센서 값”이라 한다)과 기준기가 측정한 값(이하 “기준기 값”이라 한다)의 차이 값을 나타내며 다음식으로 구한다.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (|\epsilon_{gi} - \epsilon_{di}|)}{n}$$

여기서,

$E$  : 측정정확도,

$\epsilon_d$  : 센서 값

$\epsilon_g$  : 기준기 값

$n$  : 반복횟수

#### 2-5. 안정화

센서의 측정값이 일정한 값을 유지하는 상태를 말한다.

#### 2-6. 표준용액

검정에 사용되는 용액으로 농도가 정확하게 알려져 있는 용액을 말한다.

#### 2-7. 표준가스

검정에 사용되는 가스로 농도가 정확하게 알려져 있는 가스를 말한다.

#### 2-8. 바탕가스

측정 대상 성분 이외의 주요 성분 가스로서 순수 질소 또는 공기를 말한다.

#### 2-9. 항온항습기

공기의 온도와 습도를 일정범위 내에 유지하기 위한 장치

#### 2-10. 측정단위

- 온·습도 : °C, %R.H
- 일사 및 광양자 : W/m<sup>2</sup>, umol/m<sup>2</sup>·s
- 풍향 : °(degree)
- 풍속 : m/s
- 이산화탄소 : ppm
- 토양함수율 : %(w.b.)
- 토양수분장력 : kPa
- 지온 : °C
- 전기전도도 : μs/cm
- 수소이온농도 : pH

### 3. 시험항목

#### 3-1. 구조조사

#### 3-2. 성능시험

#### 3-3. 조작의 난이도시험

#### 3-4. 안전성시험

### 4. 시험조건

#### 4-1. 검정센서의 안정화

검정센서는 신제품으로 하고 시험 전 충분히 안정화된 후 측정하며 검정센서의 측정 값을 표시할 수 있는 출력신호 단자는 검정신청자가 제공하는 것으로 한다.

#### 4-2. 시험계기

기준기, 시험장비 및 계측기는 시험전에 교정하여 둔다.

### 5. 구조조사

#### 5-1. 조사목적

이 조사는 센서의 기계적, 전기적 연결의 인터페이스 규격을 확인하는 것을 목적으로 한다.

#### 5-2. 측정 및 조사항목

가. 형식 및 규격

나. 본체

- (1) 접속단자
- (2) 결선형식
- (3) 결선식별
- (4) 단자순서
- (5) 전원전압
- (6) 출력신호 형태 및 범위
- (7) 측정범위
- (8) 출력신호
- (9) 신호일치도

### 5-3. 측정 및 조사방법

별표7. 구조조사 방법에 의한다.

한국정보통신기술협회 단체표준 TTAK.KO-10.0903(스마트온실을 위한 센서 인터페이스)에 따른다.

#### (1) 출력신호

(가) 아날로그 신호 : 데이터수집 장치를 사용하여 센서 별 측정 범위에 포함되어 지는 신호가 출력되는지 확인한다.

(나) 디지털 신호 : RS-232 또는 RS-485 데이터수집 장치를 이용하여 출력되어 지는 데이터의 형태를 확인한다

#### (2) 신호일치도

아날로그 신호는 측정값을 그래프화 하고 디지털 신호는 측정값을 텍스트화 하여 신청자가 제시한 데이터표와의 일치여부를 확인한다.

### 5-4. 사용계측기

멀티미터, 데이터수집장치(DAQ), 기준기, 항온항습기, 오실로스코프 등

## 6. 성능시험

### 6-1. 온·습도센서

#### 6-1-1. 시험조건

(1) 기준기와 검정센서는 사용하기 전 검출부를 증류수로 세척하고 깨끗한 거름 종이 또는 탈지면 등으로 닦은 후 건조시킨다.

(2) 항온항습기는 다음과 같은 조건으로 안정화시킨다.

(가) 온도 : 설정온도  $\pm 0.5$  °C 이내

(나) 습도 : 설정습도  $\pm 3$  %R.H 이내

(3) 습도는 항온항습기 내 온도가  $(20 \pm 0.5)$  °C인 상태에서 측정하는 것으로 한다.

(4) 시험은 낮은 값에서 높은 값 순으로 순차적으로 실시한다.

#### 6-1-2. 측정항목

(1) 기준기 및 검정센서의 온·습도

(2) 측정정확도

### 6-1-3. 측정방법

(1) 기준기와 검정센서를 향온향습기 정중앙의 동일한 위치에 설치하고, 기준기와 검정센서는 5 cm 이내로 설치하고 간섭받지 않도록 한다.(그림1)

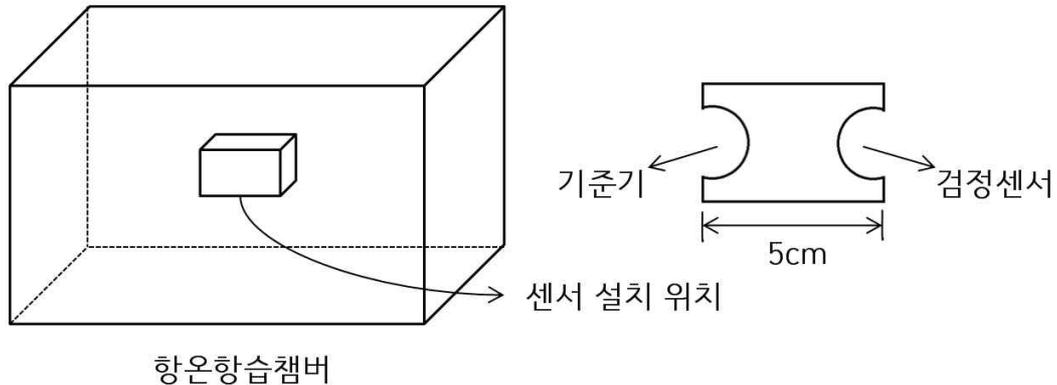


그림 56 온습도 측정 향온향습기

(2) 검정센서와 기준기를 데이터수집장치(DAQ)에 연결하여 출력신호를 확인한다.

(3) 온·습도는 아래와 같이 5개 지점으로 하고 각 지점별 기준기 값과 센서 값이 안정화 된 후 5분 동안 측정한다.

(가) 온도센서(°C) : -20, -10, 0, 20, 40, 60

(나) 습도센서(% R.H) : 20, 40, 60, 70, 80

(4) 측정은 온습도를 동시에 측정하는 센서의 경우 온도와 습도를 각각 측정하는 것으로 한다.

(5) 각 측정지점에서 센서 값과 기준기 값을 측정하여 측정정확도를 산출한다.

### 6-1-4. 사용계측기

향온향습기, 기준기, 데이터수집장치(DAQ) 등

## 6-2. 일사 및 광양자 센서

### 6-2-1. 시험조건

(1) 기준기와 검정센서는 사용하기 전 검출부를 증류수로 세척하고 깨끗한 거름 종이 또는 탈지면 등으로 닦은 후 건조시킨다.

(2) 시험은 낮은 값에서 높은 값 순으로 순차적으로 실시한다.

### 6-2-2. 측정항목

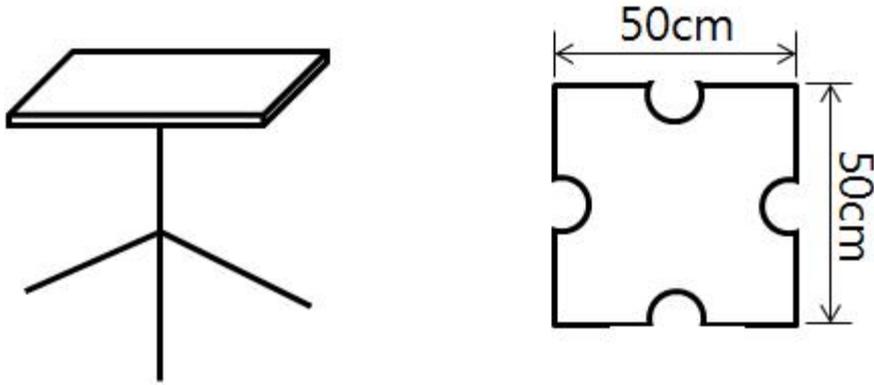
(1) 기준기 및 검정센서의 일사량, 광양자량

(2) 측정정확도

### 6-2-3. 측정방법

(1) 일사챔버 내부 하단에서 높이가 50 cm인 검정용 지그[평판(50 × 50) cm]에 검정 센서와 기준기를 5 cm 이내의 간격으로 간섭받지 않도록 그림

과 같이 설치한다.



- (2) 검정센서와 기준기를 데이터수집장치(DAQ)에 연결한다.
- (3) 측정은 데이터수집장치 연결 후 10분 후 부터 5분 동안 실시한다.
- (4) 센서 값과 기준기 값을 측정하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-2-4. 사용계측기

줄자, 기준기, 데이터수집장치(DAQ),일사챔버 등

### 6-3. 풍향센서

#### 6-3-1. 시험조건

- (1) 바람의 영향이 없는 실내 및 실온에서 실시한다.
- (2) 풍향판은 1° 간격으로 구분할 수 있어야 하며 지면에서 1 m 높이에서 수평을 유지해야 한다.
- (3) 풍향지시계는 북쪽을 0°로 하고 시험은 시계방향으로 진행한다.

#### 6-3-2. 측정항목

- (1) 검정센서 풍향각
- (2) 측정정확도

#### 6-3-3. 측정방법

- (1) 검정센서의 수감부를 풍향판 위에 설치하고 풍향지시계 방향과 일치하도록 0°로 설정한다.
- (2) 검정센서의 수감부를 0°에서 360°까지 12방위(30° 간격)로 회전시키며 각 방위마다 안정화 된 센서 값을 1분 동안 측정한다.  
단, 초음파식 센서 등은 풍동 내에서 시험을 실시하며 검정센서의 수감부를 측정점으로 회전시키고 풍동을 작동시켜 안정화된 후 변화한 풍향각을 1분 동안 측정한다.(수평방향의 데이터만 측정한다.)
- (4) 풍향판 값과 센서 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-3-4. 사용계측기

방위각계, 풍향지시계, 각도조절센서, 풍향판, 풍동 등



#### 6-5-1. 시험조건

실내(실온)에서 실시하며 반드시 검정센서는 수평을 유지하여야 한다.

#### 6-5-2. 측정항목

검정센서 정상작동 확인, 비그침 확인

#### 6-5-3. 측정 및 조사방법

##### (1) 정상작동 확인(ON)

센서의 수감부에 검정신청자가 정한 방법으로 물을 뿌려 작동 신호(아날로그 및 디지털 값)를 출력하는지와 일치여부를 확인한다.

예) 수분감지 시 출력신호 0 V 또는 5 V 등

##### (2) 비 그침 확인(OFF)

센서의 수감부에 부착된 수분을 증발시켜 더 이상 비(또는 눈)가 오지 않는 것으로 인지하는 조건(검정신청자가 제시)에서의 출력신호를 확인한다.

##### (3) 신호 오류 방지장치 시험

신호 오류를 방지하기 위한 장치가 있을 경우 해당 장치의 작동 유무를 확인하기 위해 신청자가 제시한 출력과 일치여부를 확인한다.

##### (4) 시험은 3회 반복 시험한다.

#### 6-5-4. 사용계측기

오실로스코프, 계측기, 분무기, 타이머 등

### 6-6. CO<sub>2</sub> 센서

#### 6-6-1. 시험조건

(1) 시험실은 온도 (20 ± 1)℃, 대기압 1013.25 hPa ± 2 %인 상태로 유지한다.

(2) 표준가스는 특성에 대한 정확한 인증값이 확정되어 있고 일정한 신뢰수준에서 측정불확도가 표시되어 있는 인증서가 첨부되어 있는 것으로 한다.

(3) 시험에 사용할 표준가스의 농도는 0.511 mmol/mol, 1.02 mmol/mol의 농도값을 갖는 가스를 사용한다. 다른 농도의 표준가스를 사용할 경우 [별첨 1]에 따라 제조하여 사용한다.

(4) 시험은 낮은 농도부터 높은 농도 순으로 진행한다.

(5) 시험 전 배관 라인에 있는 잔류가스를 제거하고 교차 오염을 방지하기 위해 표준가스를 10초 이상 분사한다.

(6) 가압식의 경우 그림 1의 주입구 1, 2는 마개로 막고, 3에 센서를 설치한다. 흡입식의 경우 1, 2의 마개를 열고 3에 센서를 설치한다.

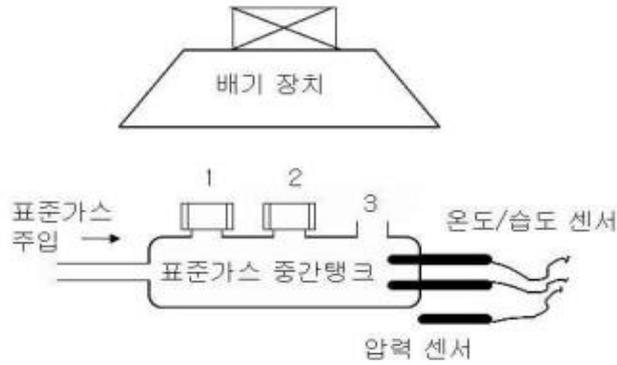


그림 59. 표준가스 주입 및 CO<sub>2</sub> 농도 측정장치

- (7) 센서 측정값에 영향을 미치는 압력과 온도를 측정하여 다음과 같이 이상기체 상태방정식에 따라 측정결과를 표준상태로 보정한다.

$$y = y_0 \times \frac{p_{st}}{p} \times \frac{t}{t_{st}}$$

여기서,

- $y$  : 표준상태(20℃, 1013.25hPa)에서의 보정값(ppm)
- $y_0$  : 교정환경(교정온도 및 압력)에서의 측정값(ppm)
- $p_{st}$  : 기준 상태에서의 압력(hPa)
- $p$  : 교정 환경에서의 압력(hPa)
- $t_{st}$  : 기준온도(20℃)
- $t$  : 교정 환경에서의 온도(℃)

#### 6-6-2. 측정항목

센서 오차

#### 6-6-3. 시험방법

- (1) 표준가스 측정탱크에 검정센서를 고정시켜 설치한다.
- (1) 표준가스를 주입 시킨 후 안정화 된 센서 값을 1분 동안 측정한다.
- (2) 바탕가스를 측정탱크에 주입시켜 잔류가스 제거 후 다시 같은 표준가스를 주입시켜 안정화된 값을 측정한다.
- (3) 이와 같은 조작을 각 표준가스에 대해 5번 반복한다.
- (4) 각 반복마다 표준가스 농도와 센서 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-6-4. 시험장비 및 계측기

항온실, 가스유량 조절장치, 압력 조정기, 표준가스 측정탱크, 온습도계, 대기압계, 데이터수집장치(전압, 전류계)

## 6-7. 토양함수율 센서

### 6-7-1. 시험조건

- (1) 기준기와 검정센서는 사용하기 전 검출부를 증류수로 세척하고 깨끗한 거름종이 또는 탈지면 등으로 닦아내 건조시킨다.
- (2) 컨테이너는 직육면체(가로 30 cm, 세로 20 cm, 높이 10 cm) 형태로 제작한다.
- (3) 토양함수율 측정 시 센서 매설 깊이는 컨테이너의 중앙에 위치하도록 한다.(FDR, TDR 방식 센서 포함)
- (4) 표준 대조 토양은 센서 삽입 위치에서 100 cm<sup>3</sup> 코어로 채취하여 105 °C에서 18시간 이상(중량변화 1% 이하까지) 오븐 건조한다.
- (5) 토양은 수분 저장력, 생육 등에 이상적인 사질양토(사양토)로 사용한다.

### 6-7-2. 측정 및 조사항목

측정정확도

### 6-7-3. 측정 및 조사방법

- (1) 각 컨테이너에 4kg의 사질양토를 골고루 채운 후 물을 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml를 붓는다.
- (2) 교반기를 이용해 수분이 골고루 섞이도록 교반하고 코어측정법으로 토양의 함수율과 센서 측정값을 측정한다. 세부방법은 아래와 같다.
- (3) 교반된 토양에 무게( $W_c$ )와 부피( $V_t$ )를 알고 있는 코어시료채취기를 그림 3과 같이 코어 위에 위치시킨 다음 코어를 컨테이너에 담겨있는 토양에 삽입시킨다.



그림 3. 코어 토양 채취 및 용적밀도(무게와 부피) 측정

- (4) 동시에 검정대상 토양함수율센서를 그림 4와 같이 설치 후 그 값을 기록한다.

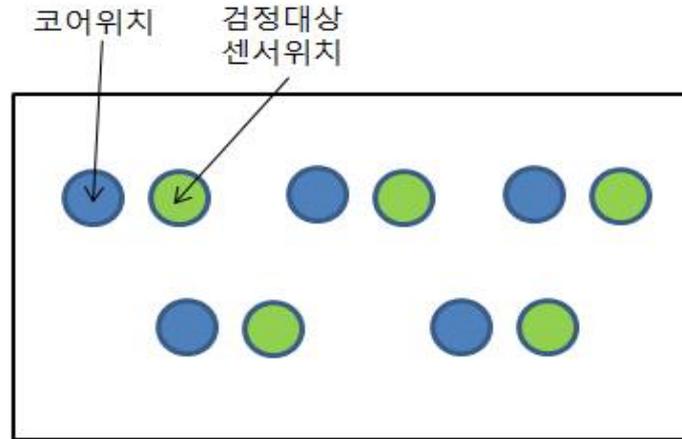


그림 61. 코어 및 검정대상센서 설치 위치

- (5) 코어전체를 꺼낸 다음 코어의 외부와 상, 하부 표면을 코어의 면과 정확히 일치되게 자른 다음 코어의 뚜껑을 덮는다.
- (6) 토양이 들어있는 코어 전체무게(WT=Wc+Wt)를 평량하여 토양샘플의 무게(Wt)를 산출한다.
- (7) 건조오븐에서 건조시킨 후 샘플을 오토테시케이터 안에서 30-40 분간 상온까지 자연 냉각시킨 후 샘플을 꺼내어 무게를 측정하고 그 값을 기록한다.
- (8) 중량수분함량과 용적수분함량을 다음의 수식을 이용하여 산출한다.

$$\text{중량수분함량(\%)} = \frac{\text{건조전 토양무게} - \text{건조후 토양무게}}{\text{건조후 토양무게}} = \frac{\text{수분무게}}{\text{건조토양무게}} \times 100$$

$$\text{용적수분함량(\%)} = \frac{\text{습토무게} - \text{건 토무게}}{\text{습토부피}} = \frac{\text{수분무게/물의 비중}}{\text{습토부피}} = \frac{\text{수분부피}}{\text{습토부피}}$$

- (9) 이 시험방법에서 규정하지 않은 사항은 「KS I ISO 11272 토양의 질-건조 부피의 밀도 측정방법 및 KS I ISO 11465 토양의질-수분함량과 건조물질의 무게측정(중량법)」 기술표준에 기술된 사항을 준용한다.
- (10) 코어측정법으로 측정한 값과 센서 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-7-4. 시험장비 및 계측기

컨테이너(플라스틱), 건조오븐(20-200 °C, ±0.5 °C) 코어 시료 채취기(코어 : 100 cm<sup>3</sup> 또는 200 cm<sup>3</sup> 각 5개), 디지털저울(0-1000 g, 최소눈금 1 mg), 오토테시케이터 등

#### 6-8. 토양수분장력센서

##### 6-8-1. 시험조건

- (1) 센서를 사용하기 전 검출부를 증류수로 3회 이상 세척하고 깨끗한 거름종이 또는

탈지면으로 닦아 사용한다.

- (2) 센서에 사용될 물은 끓이거나 진공 처리하여 모든 공기를 제거하고 공기가 들어가지 못하도록 탈기수를 보관하여야 하며 탈기수를 조심스럽게 넣되, 공기의 접촉을 최소화 한다.
- (3) 전기 압력변환기가 장착된 센서는 진공 펌프를 사용하여 공기를 제거한다. 다만, 공기 제거장치가 부착된 센서는 공기제거를 하지 않는다.
- (4) 이 시험조건에서 규정하지 않은 사항은 「KS I ISO 11276(토양의질- 표면 장력 계에 의한 공극수 압력 측정 방법), 한국계량측정협회 절대압계의 표준교정절차, 용량형 진공계의 표준교정절차」 기술표준에 기술된 사항을 준용한다.

### 6-8-2. 시험항목

측정정확도

### 6-8-3. 시험방법

- (1) 토양수분장력센서를 시험할 수 있는 챔버를 그림 1 과 같이 구성해 기준장치와 검정장치를 각각 3분씩 5회 반복 측정하여 데이터를 수집 한다.

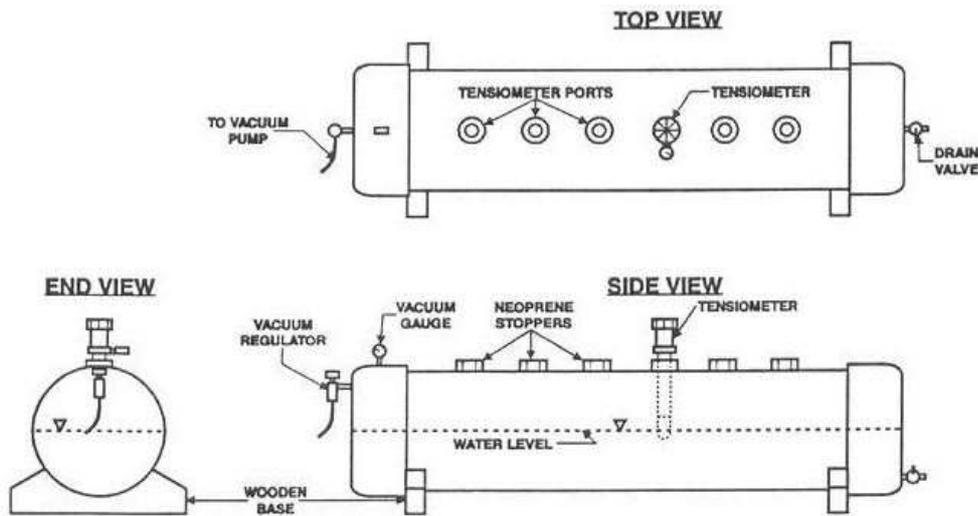


그림 62. 토양수분장력센서 시험 진공챔버

- (2) 챔버의 진공계이지 및 압력펌프는 국가 압력표준에 소급성이 있는 교정된 장치를 사용하고 레귤레이터를 조절해 계지를 확인하면서 5개의 검정점을 측정한다.
- (3) 측정점은 검정대상 센서의 측정범위를 최소 20 % 등 간격으로 나누어 5포인트 지점을 낮은 압력에서 높은 압력순으로 각각 3분 동안 데이터 수집장치를 이용하여 수집한다. 가압 시에는 압력이 검정점을 과도하게 벗어나지 않도록 주의한다.

(4) 각 측정점에서 센서 값과 기준기 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-8-4. 시험장비 및 계측기

온습도계, 압력펌프, 진공챔버 등

### 6-9. 지온 센서

#### 6-9-1. 시험조건

- (1) 기준기와 검정센서는 사용하기 전 검출부를 증류수로 세척하고 깨끗한 거름종이 또는 탈지면 등으로 닦아내 건조시킨다.
- (2) 측정은 설정온도에  $\pm 0.5$  °C 이내, 상대습도  $\pm 3$  %R.H 이내 항온항습조 내에서 안정화된 후 시험을 실시한다.
- (3) 이 시험조건에서 규정하지 않은 사항은 「KS C 1603(측온 저항체), KS A 0511(온도 측정방법 통칙), 한국계량측정협회(비금속 열전대의 표준교정절차)」 기술 표준에 기술된 사항을 준용한다.

#### 6-9-2. 시험항목

- (1) 기준기 및 검정센서의 온도
- (2) 측정정확도

#### 6-9-3. 측정방법

- (1) 기준기와 검정센서를 그림1과 같이 항온조에 설치한다. 이때 기준기와 검정센서를 항온항습조 내의 동일한 위치에 5 cm 이내의 간격으로 설치한다.
- (2) 액체 항온조의 온도가 8개 지점의 측정점(-10°C, -5°C, 0°C, 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C)에 대해서 검정하고자 하는 온도에 도달한 후 온도 안정화시간(최소 3분상)이후에 기준기와 검정센서의 온도값을 3분동안 수집한다.

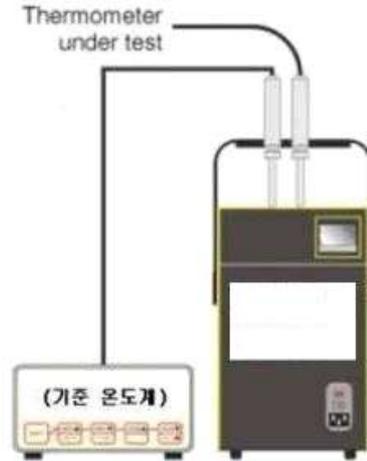


그림 63. 지온센서 검정 액체항온조

(3) 각 측정점에서 센서 값과 기준기 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

#### 6-9-5. 시험장비 및 계측기

기준 저항식온도계, 전압측정기(-100 mV ~ 100 mV), 고안정도 액체 항온조(-40 ~ 130 °C)

### 6-12. EC센서

#### 6-12-1. 시험조건

- (1) 센서를 사용하기 전 검출부를 증류수로 3회 이상 세척하고 깨끗한 거름종이 또는 탈지면으로 닦아 사용한다.
- (2) 표준용액은 염화칼륨(KCL)으로 각각 84  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , 1413  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , 12880  $\mu\text{s}/\text{cm}$  EC값을 갖는 용액으로 한다. 단, 시험자가 제시한 센서 적용대상 작물에 따라 다른 농도를 사용할 수 있다.
- (3) 표준용액의 온도는 10~40°C로 유지한다.
- (4) 시험은 낮은 농도부터 높은 농도 순으로 진행한다.
- (5) 전기전도도의 온도 의존성을 보정하고, 비교를 위해 25°C의 상온에서의 값으로 보정하는 것이 필요하므로 아래와 같이 25°C에서 측정 전기전도도를 보정해준다. 자체 보정기능이 있을 경우 측정값을 그대로 사용한다.

$$C_{25} = \frac{C_T}{|(T-25)| \times 0.0249 + 1}$$

여기서,

$C_{25}$  : 25°C 보정 값( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )     $C_T$  : 임의온도에서의 EC 측정값( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

$T$  : 측정 시 시료 온도

#### 6-12-3. 측정항목

- (1) 표준용액 온도
- (2) 측정정확도
- (3) 연속측정

#### 6-12-4. 시험방법

- (1) 표준용액 온도

시험조건에 따라 설치된 EC센서와 같은 위치에 온도센서를 설치하여 매 1초 간격으로 수집하며 그 평균값으로 한다.

- (2) 측정정확도

(가) 각 표준용액 100 mL를 비커에 채운 후 검정센서를 담가 센서 값이 안정화 된 후 1분간 측정하고 세척 후 다시 같은 표준용액에 담가 측정한다.

(나) 위 과정을 15회 반복한 후 각 반복에서 표준용액 농도와 센서 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

- (3) 연속측정

농도가 가장 높은 표준용액에 센서를 담가 24시간 방치 후 세척하여 재현성 측정 정확도 방법에 따라 시험을 진행한다.

#### 6-12-5. 시험장비 및 계측기

온습도계, 데이터수집장치(전압, 전류계), 표준용액 등

### 6-14. pH센서

#### 6-14-1. 시험조건

- (1) 센서를 사용하기 전 검출부를 증류수로 3회 이상 세척하고 깨끗한 거름종이 또는 탈지면으로 닦아 사용한다.
- (2) 표준용액은 각각 4 pH, 7 pH, 10 pH를 갖는 용액으로 한다.
- (3) pH 표준용액의 온도는 10~40℃로 유지한다.
- (4) 시험은 낮은 pH부터 시작한다.
- (5) 온도에 따라 pH의 변화가 생기므로 정확한 측정을 위해서는 보정이 필요하다. KS M 0011에 따라 사용되는 표준용액은 [별첨 2]과 같이 보간법을 이용하여 하거나 그 외에 표준용액은 표준용액 제조사가 제시한 온도표에 따라 보정한다. 자체 보정기능이 있을 경우 측정값을 그대로 사용한다.

#### 6-14-2. 시험항목

- (1) 표준용액 온도
- (2) 측정정확도
- (3) 연속측정

#### 6-14-4. 시험방법

- (1) 표준용액 온도

시험조건에 따라 설치된 pH센서와 같은 위치에 온도센서를 설치하여 매 1초 간격으로 수집하며 그 평균값으로 한다.

- (2) 측정정확도

(가) 각 표준용액 100 mL를 비커에 채운 후 검정센서를 담가 센서 값이 안정화 된 후 1분간 측정하고 세척 후 다시 같은 표준용액에 담가 측정한다.

(나) 위 과정을 15회 반복한 후 각 반복에서 표준용액 농도와 센서 값을 비교하여 측정정확도를 산출한다.

- (3) 연속측정방법

농도가 가장 높은 표준용액에 센서를 담가 24시간 방치 후 세척하여 재현성 측정 정확도 방법에 따라 시험을 진행한다.

#### 6-14-5. 시험장비 및 계측기

온습도계, 데이터수집장치(전압, 전류계), 표준용액 등

### [별첨1] 표준가스의 제조

#### 1. 표준가스 제조기

CO<sub>2</sub> 센서 시험을 위해 여러 농도 수준의 표준가스가 필요하다. 한 종류의 표준가스를 가지고 여러 농도 수준의 희석 표준가스를 만들기 위해서 그림2와 같은 방법으로 질량 유량조절기(mas flow controller)를 사용하여 제조할 수 있다. 또한, 가습상태에 따라 다르게 감응하거나 간섭현상을 나타낼 수 있으므로 가습 표준가스를 제조할 수 있도록 구성해야 한다.

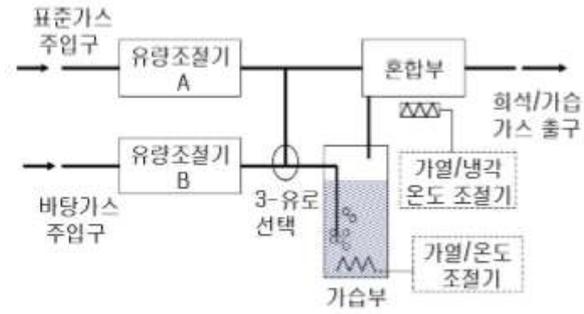


그림 64 희석, 가습 가스 제조 장치

## 2. 희석 가스 제조 농도

희석 장치를 사용하여 가스를 제조하는 경우, 제조 농도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x = x_0 \times \frac{M_A}{M_A + M_B}$$

여기서,  $x$  : 희석 가스의 농도

$x_0$  : 사용한 표준가스의 원래 농도

$M_A$  : 표준가스의 유량

$M_B$  : 비탄가스의 유량

[별첨 2] pH 온도보상 방법

pH 표준용액의 온도별 pH 값은 아래 표와 같으며 기재되지 않은 온도에서의 pH값은 앞뒤의 값을 보간하여 사용한다.

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \times (x - x_1) + y_1$$

$y$  = 측정온도에서의 pH 값,                       $y_1$  = 측정온도 아래 pH 값

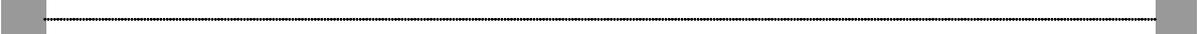
$y_2$  = 측정온도 위 pH 값                               $x$  = 측정온도

$x_1$  = 측정온도 아래 온도 값                       $x_2$  = 측정온도 위 온도 값

온도 ℃	pH 값										
	옥살산염		프탈산염		중성 인산염		인산염		붕산염		탄산염
	제1종	제2종	제1종	제2종	제1종	제2종	제1종	제2종	제1종	제2종	제2종
0	1.666	1.67	4.003	4.00	6.984	6.98	7.534	7.53	9.464	9.46	10.32
5	1.668	1.67	3.999	4.00	6.951	6.95	7.500	7.50	9.395	9.40	10.24
10	1.670	1.67	3.998	4.00	6.923	6.92	7.472	7.47	9.332	9.33	10.18
15	1.672	1.67	3.999	4.00	6.900	6.90	7.448	7.45	9.276	9.28	10.12
20	1.675	1.68	4.002	4.00	6.881	6.88	7.429	7.43	9.225	9.22	10.06
25	1.679	1.68	4.008	4.01	6.865	6.86	7.413	7.41	9.180	9.18	10.01
30	1.683	1.68	4.015	4.02	6.853	6.85	7.400	7.40	9.139	9.14	9.97
35	1.688	1.68	4.024	4.02	6.844	6.84	7.389	7.39	9.102	9.10	9.92
38	1.691	1.69	4.030	4.03	6.840	6.84	7.384	7.38	9.081	9.08	-
40	1.694	1.69	4.035	4.04	6.838	6.84	7.380	7.38	9.068	9.07	9.89



# 스마트 팜 센서 검정기준



## 00 센서

### 1. 구조조사

별표7 농업기계 구조기준에 따른다.

### 2. 성능시험

(1) 측정정확도 오차는  $\pm 3\%$  이내 일 것

(2) pH, EC 연속측정시험 측정정확도 오차는  $\pm 3\%$  이내 일 것

### 3. 조작의 난이도시험

(1) 안정화 후 센서 측정값은  $\pm 2\%$  범위 내에서 측정될 것

(2) 과부하로 및 오작동으로 인한 작동정지 현상이 없을 것

(3) 마찰에 의한 소음과 진동이 없을 것

### 4. 안전성시험

규칙 별표 13 안전장치의 구조 및 성능기준에 따른다.

## <부속서>

1. 원예용 스마트팜을 구성하는 각 구동기에 대하여 정보통신 기술을 활용하여 제어하는 연결방식으로 기계적 또는 전기적 연결장치 등의 규격은 다음의 형식을 따른다. 단, 구동기별로 구조기준으로 정하여진 규격에 대하여는 관련 기준을 따른다.

기계적 연결장치 규격				전기적 연결장치 규격		작동 방식
접속 단자	계전기 형식*	작동 신호 결선식별	동력선 식별	작동 신호 전압	동력선 전압	
① 커넥터 ② 터미널 단자	<직류> ① 2A2B	<직류> ① + : 적색 ② 접지: 검정색	<직류> ① + : 적색 ② 접지: 검정색	<직류> ① 5V ② 12V ③ 24V ④ 48V	<직류> ① 5V ② 12V ③ 24V ④ 48V	① 스위치 방향 (상 하) ② 스위치 작동 모드 (ON, OFF)
	<교류> ① 220V(단상) ② 220V(삼상) ③ 380V(삼상)	<교류> ① 신호 : O ② 접지 : G	<교류단상> ① R상 : 적색 ② T상 : 검정색	<교류> ① 220V 60Hz	<교류> ① 220V(단상) ② 220V(삼상) ③ 380V(삼상)	
			<교류삼상> ① R상 : 적색 ② S상 : 갈색 ③ T상 : 검정색			

\* 1A(1극 A접점 계전기), 1A1B(1극A접점과 1극B접점 계전기), 2A2B(A접점이 2극, B접점이 2극인 계전기)

## 2. 작성예시

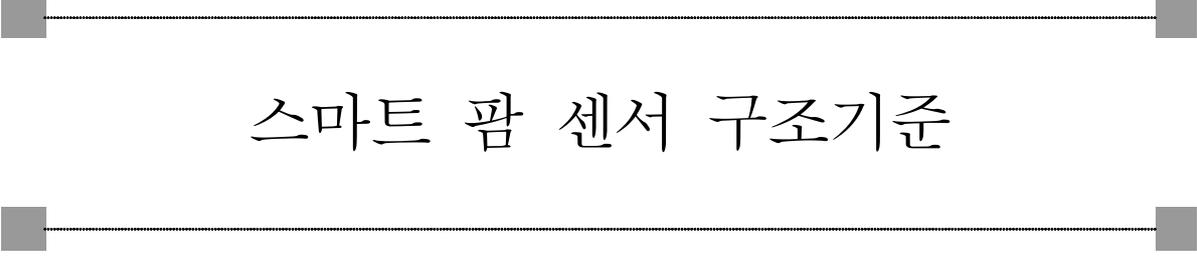
### 기계적 연결장치

- 접속단자 : 터미널 단자
- 계전기 형식 : 교류 (220V 단상)
- 동작신호 결선 식별 체계 : 교류 (신호 O, 접지 G)
- 동력선 식별 체계 : 교류단상 (R상 적색, T상 검정색)

### 전기적 연결장치

- 동작신호 전압 : 교류 (220V 60Hz)
- 동력선 전압 : 교류 ((220V 단상)

### 작동방식 : 스위치 모드 (ON, OFF)



# 스마트 팜 센서 구조기준

(1) 정보통신 기술을 활용하여 제어하는 연결방식으로 기계적 또는 전기적 연결장치 등의 규격은 다음의 형식을 따를 것으로 한다.

기계적 연결장치 규격				전기적 연결장치 규격		측정범위
접속 단자	결선형식	결선식별	단자순서	전원전압	출력신호 형태 및 범위	
① 커넥터 ② 터미널 단자	<2선식> ①W(백색) ②B(흑색) <3선식> ①R(적색) ②Y(황색) ③B(흑색) <4선식> ①R(적색) ②Y(황색) ③G(녹색) ④B(흑색)	<결선식별> ① R ( 적 색 ) : 전원 ② Y ( 황 색 ) : 신호1 ③ G ( 녹 색 ) : 신호2 ④ B ( 흑 색 ) : 접지	<단자순서> ①전원 ②신호1 ③신호2 ④접지	<직류> ① 5V ② 12V ③ 24V ④ 48V	아날로그 <전압신호> ①0~3V ②0~5V ③0~10V <전류신호> ①4~20mA ②0~20mA	단 체 표 준 TTAK.KO- 10.0903에 따 름
				<교류> ① 220V 60Hz	디지털 <직렬통신> ①RS232 ②RS485 ③CAN ④SPI	

(2) 온·습도 센서

(가) 온도계의 최소표시 단위는 0.1 °C 이하이어야 한다.

(나) 습도계의 최소표시 단위는 1 % 이하이어야 한다.

(3) 일사 및 광양자 센서

(가) 수감부의 보호막은 외부 충격에 견딜 수 있는 재질이며 방수방습 처리가 되어 있어야 한다.

(나) 수감부에는 수평조절이 가능하여야 하며, 감도정수가 표기되어야 한다.

(다) 직달일사센서의 경우 수감부에 수광면을 바르게 조절하기 위한 조준기와 태양 추적이 가능한 장치가 부착되어 있어야 한다.

(라) 일사센서의 최소표시 단위는 0.1 W/m<sup>2</sup> 이하이어야 한다.

(리) 광양자센서의 최소표시 단위는 0.1 umol/m<sup>2</sup>·s 이하이어야 한다.

(4) 풍향센서

(가) 검정센서의 풍향계의 기동은 풍속 1.0 m/s 이하이어야 한다.

(나) 풍향의 최소표시 단위는 1° 이내이어야 한다.

(5) 풍속센서

(가) 검정센서의 수감부의 재질은 내구성을 갖추고, 풍배 또는 풍차는 회전 시 바람에 의하여 그 형태가 변하지 않게 견고해야 하며 어느 방향에서든지 동일한 풍속이 감지될 수 있는 구조로 되어 있어야 한다.

(나) 기동풍속은 1.0 m/s 이하, 최소표시 단위는 0.1 m/s 이하로 되어야 하며 풍속은 변화 없이 일정한 값을 지시 또는 표출하여야 한다

(6) 감우센서

(가) 센서는 아날로그, 디지털 등 출력이 가능한 하여야 한다.

(나) 안개 및 이슬 등에 의한 신호 오류를 방지하기 위한 장치가 있어야한다.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.