

116113-2

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

발간등록번호

11-1543000-002551-01

시설농업용 ICT 융·복합기술 기반 CO2 시비 및  
에너지통합시스템 개발  
최종보고서

2019. 01. 12.

주관연구기관 / 유니시스인터내셔널(주)  
협동연구기관 / 경상대학교 산학협력단

시설농업용 ICT 융·복합기술  
기반 CO2 시비 및  
에너지통합  
시스템 개발

최종  
보고  
서

2019

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "시설농업용 ICT융복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발"(개발기간 : 2016. 11. 29 ~ 2018. 11. 28) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 1. 12.

주관연구기관명 : 유니시스인터내셔널㈜ (대표자) 한규왕

위탁연구기관명 : 경상대학교 산학협력단 (대표자) 정종일

주관연구책임자 : 조원준

위탁연구책임자 : 김현태



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	116113-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.11.29. ~ 2018.11.28	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	시설농업용 ICT융복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발			
연구책임자	조원준	해당단계 참여연구원 수	총: 17 명 내부: 15 명 외부: 2 명	해당단계 연구개발비	정부: 300,000천원 민간: 100,000천원 계: 400,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 22 명 내부: 20 명 외부: 2 명	총 연구개발비	정부: 600,000천원 민간: 200,000천원 계: 800,000천원
연구기관명 및 소속부서명	유니시스인터내셔널(주)			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 경상대학교 산학협력단			연구책임자: 김현태	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반. 산업혁신사업 보안관리요령 제9조의 보안등급에 해당하지 않음
-------------------------	--------------------------------------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	2	5	1								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

요약

1) 정성적 성과목표

- 청정연료(DME)를 사용한 DeNOx 보일러 개발과 친환경 시설농가 실현
- ICT 기술기반으로 시설농가 온실 에너지통합 제어시스템 시제품 개발
- 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 표준 모델 도출

2) 정량적 성과

- 사업화지표
  - 지식재산권 (특허) : 출원 3건, 등록 2건
  - 기술실시 (이전) : 2건, 기술료 76,600,000원
  - 사업화 : 제품 1건 (매출액 국내 450만원, 수출 450만원(통관 진행 중))
    - 고용창출 : 13명((주)바이오프랜즈 포함)
- 연구기반지표
  - 학술성과 : 학술발표 6건, SCI 논문 투고 1건(심사 중)
    - 비 SCI 논문 투고 1건(4/30 발행예정)
  - 정책활용·홍보 : 정책활용 1건, 홍보전시 2건

보고서 면수

<요약문>

<p>연구개발목표</p>	<p>① 청정연료를 연료로 시설농가에 필요한 농업용에너지를 공급할 수 있는 난방용 DeNOx 보일러 시스템 기술개발, 시설농가 적용 및 이를 제어·관리할 수 있는 ICT 기반의 에너지 통합관리 시스템 상용화 기술개발          ; 청정연료를 사용하여 시설농가에 필요한 에너지를 생산 분배하고, ICT 기반으로 농가, 시설원예등 수요처에 지원함으로써 에너지 통합관리 시스템 제공          ; 에너지통합관리시스템 (EMS)을 도입하여 농장물 이력, 농업과 관련된 다양한 정보 (농작물 생성환경, 생체정보 등)을 수집, 축적 및 DB화를 통하여 식물의 생육을 최적화하는 시스템으로 개발</p> <p>② 농업 부문에서 농업생산 자동화 기술도입으로 연료저감을 실천하고 청정연료 보급으로 친환경 농업생산을 촉진하며 탄소흡수원을 극대화하기 위해 청정연료 (BioDME, BioMethnaol, BioEthanol, 수소 등)을 보급하고, 탄소저장, 탄소저감 등 탄소순환기술을 개발함          ; 보일러의 배기가스 중 CO2를 육묘장 내 공급하고 생육발달과정을 제어함으로써 농업생산성을 극대화하고자 함</p>
<p>연구개발내용</p>	<p>[주관연구기관 : 유니시스인터내셔널(주)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● DeNOx 보일러를 이용한 시설농가의 친환경 에너지 통합시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 청정연료인 DME의 기존 인프라(DME 탱크, 경유보일러, 수배관, 유리온실등)를 보유하고 있는 광주육묘장을 대상으로 실증, DeNOx 보일러로 시설을 개조하여 운영하여 친환경 에너지 통합시스템 개발</li> <li>- 광합성 향상과 우수한 재배 농작물 획득을 위한 DeNOx 보일러 배기가스에 포함된 CO2를 온실내로 공급하여 소량 다품종 농가사업 실현(육종사업, 인삼수경재배 등)</li> </ul> </li> <li>● ICT 기술기반 시설농가 온실의 에너지 스마트 통합제어시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 온실환경 제어시스템에서 구현하고 있는 기본적인 제어항목에 부가하여 온도/습도/CO2 농도 관리가 가능한 시스템 개발</li> <li>- 연소기기(보일러)를 통한 난방 및 CO2시비를 통합적으로 제어할 수 있는 통합제어시스템을 개발</li> <li>- CO2 시비를 위한 NOx 후처리 시설을 설치하여 필요한 CO2 농도별 시험을 수행하고, 적합성평가, 농가 생산성을 높이기 위한 다양한 인자 시험을 하고자 함</li> </ul> </li> </ul> <p>[위탁연구기관 : 경상대학교]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 농업시설 실증 적용시 CO2의 회수 및 분리·정제 시스템 공정 설계, 실증             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 DME 활용과 가스의 에너지화에 대한 방법을 조사하며, 농업시설내에 적용하였을 때 발생하는 실험결과 분석, 평가 및 DeNOx 버너를 이용한 난방용 보일러 배가스 중 CO2의 회수 및 분리·정제를 위한 정제 시스템 공정 설계 및 시험</li> </ul> </li> <li>● 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 운용방법 최적화             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가에 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 표준 모델 및 운영방안 도출</li> <li>- 시설농가에 대표작물별 생육실험을 통한 온실에서의 CO2 가스 효율분석, DME 연소에 의한 CO2가 온실 내 작물 생육 환경에 미치는 영향을 평가하며, 실증연구를 통해 온실 환경 데이터를 축적함</li> </ul> </li> </ul>

<p>연구개발성과</p>	<p>1) 정성적 성과목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 청정연료(DME)를 사용한 DeNOx 보일러 개발과 친환경 시설농가 실현</li> <li>- ICT 기술기반으로 시설농가 온실 에너지통합 제어시스템 시제품 개발</li> <li>- 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 표준 모델 도출</li> </ul> <p>2) 정량적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업화지표 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 지식재산권 (특허) : 출원 1건, 등록 3건</li> <li>● 기술실시 (이전) : 2건, 기술료 168만원</li> <li>● 사업화 : 제품 1건 (매출액 국내 450만원, 수출 450만원(통관 진행 중))</li> <li>고용창출 : 11명((주)바이오프랜즈 포함)</li> </ul> </li> <li>- 연구기반지표 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 학술성과 : 학술발표 6건, SCI 논문 투고 1건(심사 중)</li> <li>비 SCI 논문 투고 1건(4/30 발행예정)</li> <li>● 정책활용·홍보 : 정책활용 1건, 홍보전시 1건</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>화석연료 사용으로 인한 환경오염물질을 저감할 수 있고, 청정연료 사용으로 발생하는 CO2를 재활용함으로써 식물생장에 이용이 가능하여 청정시설농업단지 이미지를 부각, 친환경 마크 획득으로 고부가가치의 작물재배지로 거듭날 수 있다.</p> <p>또한, 중소규모 농가에서 쉽게 사용할 수 있는 탄산시비 및 EMS (Energy Management System) 를 포함하는 ICT (Information &amp; Communication Technology) 기반 농업분야 식물공장 및 시설원예에 대한 통합제어시스템과 클라우드 기반의 웹 및 앱 제어기술이 개발될 경우 기존의 온실환경제어기술 뿐 아니라 관련제어기 및 에너지 기기분야의 기술개발을 촉진할 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있으며, 에너지 사용량을 직접적으로 감소시킴으로써 국가에너지의 효율적인 활용에 기여할 수 있다.</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>저질소산화물 보일러</p>	<p>스마트 팜</p>	<p>ICT 기술</p>	<p>에너지관리 시스템</p>	<p>CO2 시비</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>DeNOx boiler</p>	<p>Smart Farm</p>	<p>ICT</p>	<p>EMS</p>	<p>CO2 Fertilization</p>

## 〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	7
1-1. 연구개발의 목적 .....	7
1-2. 연구개발의 필요성 .....	14
1-3. 연구개발 범위 .....	17
제 2 장 연구수행 내용 및 결과 .....	18
2-1. 1차년도 연구개발 수행내역 .....	18
2-2. 2차년도 연구개발 수행내역 .....	38
제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	124
3-1. 목표 .....	125
3-2. 목표 달성여부 .....	126
3-3. 목표 미달성 원인 및 차후대책 .....	127
제 4 장 연구결과의 활용 계획 등 .....	129
4-1. 실용화·사업화 계획(기술이전실시) .....	129
4-2. 특허, 논문 등 지식재산권 확보 계획 .....	129
4-3. 추가연구, 타 연구에 활용계획 .....	131
붙임. 참고 문헌 .....	132

[부록 1] 특허

[부록 2] 도면

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

- 환경오염물질 발생을 저감하기 위한 청정연료 도입 시급
  - 에너지 기본계획에서 글로벌 에너지 시장의 변화 및 환경에 따라 화석 에너지 공급을 2011년 65.8%에서 2035년 52%로 감소시키고, 환경보존 측면에서 청정에너지인 가스의 공급 비중을 11.5%에서 15.4%로 다소 확대하는 것을 제시
  - 전력 수요를 15% 감축하고 발전 부문의 온실가스 20% 감소를 통한 환경보호와 에너지절약을 실현하기 위해 ESS (Energy storage system), EV (Electric vehicle) 등의 정보통신기술 (ICT)기반의 인프라 구축을 통한 에너지 수요관리 추진
  - 수도권을 중심으로 대기환경을 개선하기 위하여 “수도권 대기환경개선에 관한 특별법”을 제정하여 시행하고 있어 수도권의 대기환경이 다소 개선되었으나 이산화질소, 오존등의 대기오염물질은 개선되지 않는 것으로 나타남
  - 질소산화물 배출량의 약 30%정도를 점유하고 있는 연소공정의 대형설비, 발전시설 등에 대해서는 배출허용기준을 강화시켜 그 배출량을 저감하고 있으며, 이를 보다 효과적으로 추진하기 위하여 배출 총량제를 도입하여 실시하고 있음<sup>1)</sup>
  - 환경 측면에서 비교적 청정하고 경제적인 천연가스의 대량 개발 및 생산은 에너지 사용처에 대해 다변화를 제공하고 있음
  - 친환경 에너지자원으로서 수소 및 에탄올을 사용할 수 있으며, DME는 천연가스로부터 생산되며 활용이 용이하고 디젤연료를 대체할 수 있는 에너지임
  - 현재 한국가스공사에서 DME 생산 기술을 확보하고 있으나, 목표치에 비해 보급이 원활하지 않음
  - 농업부문의 에너지 이용량은 지속적으로 증가하고 있으며 이 중 1/3이 면세유로 공급되고 있어 농업부문의 활용가능성에 대한 관심이 높아지고 있음

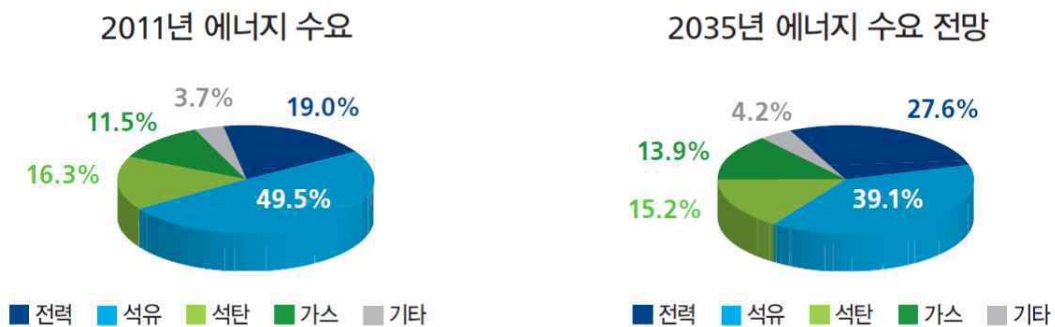


그림 1-1. 2011년, 2035년 에너지 수요전망 비교

1) 미세먼지 관리 종합대책 주요내용과 방향, 한국환경정책평가연구원, 2018



- 지구 온난화 및 온실가스

- 지구의 환경은 그 오랜 역사 동안 몇 번이나 극적으로 변해왔다는 사실이 다양한 증거를 통해 밝혀지고 있으나, 근래처럼 인간의 활동이 원인이 되어 급격한 환경 변화를 일으켰던 적은 없었으며, 특히 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 농도는 최근 200년 동안 급증하여 기온 상승의 주범으로 불리고 있음

- 현재 세계의 평균적인 대기 중 이산화탄소 농도는 약 387ppm (2009년 말기준)으로 조사되었고, 이는 공기 분자 100만 개 중에 이산화탄소 분자가 387개 있음을 의미함

- 18세기 산업 혁명이 일어나기 전, 지구의 이산화탄소 농도는 약 280ppm으로 추정되고 있으며, 또한 얼음 속에 갇힌 공기를 조사한 결과, 적어도 과거 80만 년동안은 300ppm을 넘은 적이 없다고 밝혀졌으나, 현재 300ppm을 넘어 계속해서 상승하고 있는 상태임

- 대기 중의 이산화탄소의 꾸준한 증가는 지구온난화의 주범으로 지목되고 있고, 이러한 온난화 현상을 일으키는 주원인으로 생각되는 것은 바로 온실 가스 라고 불리는 여러 종류의 기체들이며, 그 중 CO<sub>2</sub>는 인류에 의해 가장 많이 배출되고 있는 온실가스임

- IPCC의 2007년 4차 보고서에 의하면 1906~2005년간 세계의 기온은 0.74℃ 상승한 것으로 이는 2001년 3차 보고서에서 나타난 1901~2000년간 0.6℃ 상승 이라는 내용을 상회한 것으로 기후시스템의 온난화는 의심의 여지가 없다고 할 수 있음

- IPCC에서는 온실가스 배출량에 따라 2100년까지 지구의 평균기온이 1.1~6.4℃ 까지 상승할 것으로 예상했는데, 현재 진행되고 있는 각국의 온실가스 감소정책을 고려해볼 때 6℃ 수준으로 온도가 상승할 확률이 더 높은 것으로 추정되고 있음



그림 1-2. 지구온난화 메커니즘

1. 태양에서 지구로 오는 빛 에너지 중에서 약 34%는 구름이나 먼지 등에 의해 반사되고, 지표면에는 44%정도만 도달
2. 지구는 태양으로부터 받은 이 에너지를 파장이 긴 적외선으로 방출하는데 이산화탄소등의 온실가스가 적외선 파장의 일부를 흡수

- 지구온난화는 해수면증가, 홍수 등의 이상기후의 빈발, 생물종의 변화 등에 의해서 농작물의 피해 및 산업생산력 감소 등의 경제적 손실로 이어져, 경제성장에 악영향을 미칠 것으로 예상되고 있으며, 일부 개도국에서는 1℃ 상승에 경제성장율이 1.3%씩 감소될 것으로 추정하고 있음

- 이러한 지구온난화에 의한 피해는 우리에게도 현실화 되고 있으며, 최근 30년간 기온이 0.7℃ 상승하였고, 연평균 강수량은 200mm이상 증가하였음

- 해수상승에 있어서는 과거 46년간의 해수면 높이 측정 자료를 분석한 결과 제주부근 5.1mm, 남해안 3.4mm 해수면이 상승했으며 특히 지난 10년간의 해수면 상승속도가

이전의 상승속도 대비 2배 이상 빨라진 것으로 나타났고, 기상청이 발표한 한반도 기후변화 전망보고서에 따르면, 2100년 서울의 열대야일수는 72일로 늘어날 것으로 전망했음



그림 1-3. 우리나라의 해수면 연간 상승률

- 기상청은 이처럼 급격한 열대야 증가 현상의 주범으로 대기 중 온실가스 증가를 꼽았으며, 2012년 미국해양대기청(NOAA)은 대기 중 이산화탄소의 농도가 400ppm을 넘어 인류 역사상 최고치를 경신했다고 발표했기에 열대야, 폭염 등 이상고온 현상은 더욱 가속화될 것으로 보이며, 이러한 기후의 변화 원인으로 자연적인 요인과 인위적인 요인을 들 수가 있고 자연적 요인이야 어쩔 수 없는 부분이지만 인위적 요인인 산업활동, 산림파괴, 도시화 등 인간의 활동에 의한 온실가스는 줄여가야 마땅할 것임

- 온실가스의 주원인으로 지목되고 있는 CO2는 역설적이게도 식물의 탄소동화작용에 가장 필요한 요소이며 탄소동화작용의 결과로 산소를 분리하는 식물의 매커니즘을 통하여 온난화의 속도는 더뎠다고 할 수 있음

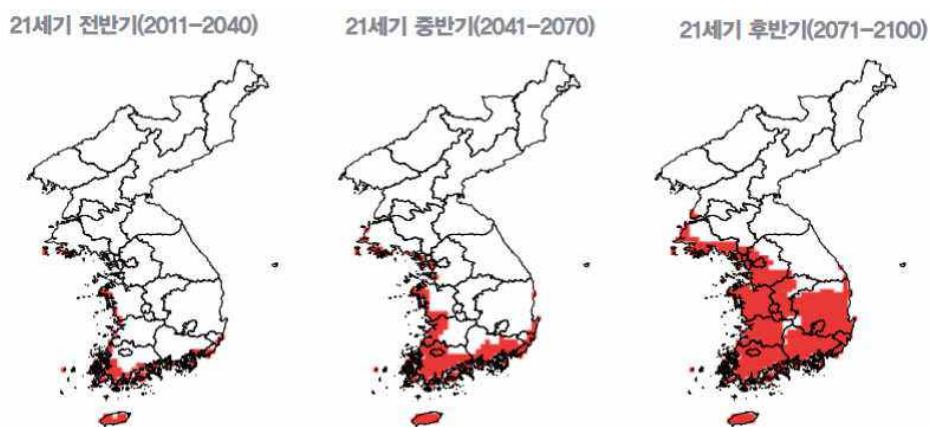


그림 1-4. 21세기 한반도 아열대기후구 변화 전망

- 국가경쟁력 확보를 위한 국내 농업분야의 에너지 보급 필요
  - 우리나라 에너지소비량이 2000년부터 2011년까지 연평균 3.2% 증가하였으나 농림어업 분야의 에너지는 2.7% 감소함. 국제 유가 상승이 농가의 경영수지 악화로 이어져 농업생산 활동이 감소함
  - 국내 농업부문에서 친환경 에너지의 안정적인 확보는 국내 농업 확장의 기반이 됨
  - 농산물 생산에 석유류 57.2%로 가장 많이 이용되고 전기가 35.0%, 석탄류가 7.7% 이용되며, 시설 및 축사 냉난방에 32.3%, 건물 8.8% 순임
  - 시설원예 및 기계화의 확대 등으로 농업부문 에너지 투입량은 지속적으로 증가하고 있으며, 고부가가치 원예작물 중 난방비 비중은 지속적으로 증가하고 있음
  - 국내 온실의 30%가 겨울철 난방을 하고, 농업용 면세유의 65%가 난방에 사용되고 있으며, 온실난방의 약 90%는 경유등의 유류에 의존함
  - 2014년 한국농촌경제연구원에서 제시한 에너지 정책은 신재생에너지를 농업시설에 보급 확대하여 친환경 녹색성장을 선도하고, 온실가스 절감을 추진하며 에너지를 많이 사용하고 있는 시설원예부문과 축산부문에 에너지 절감시설을 보급 확대하여 경영비를 절감하고자 함

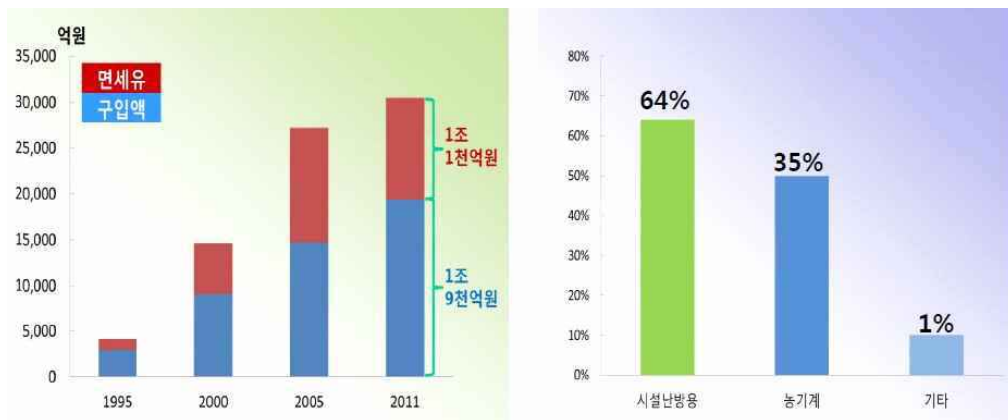


그림 1-5. 농업분야 면세유 현황 및 용도별 농업용 에너지 사용 현황, 농업전망

- 농업시설에 청정연료 도입 및 관리 시스템 개발 (ICT 제어기술)
  - 농산물 시장개방으로 인한 국제 간 경쟁의 심화와 불확실성 증대에 대응하기 위해서는 농업분야의 IT융합 기술 활용을 통한 농업경쟁력을 강화할 필요가 있음
  - 우리나라 농업 분야의 IT 융합기술 개발은 시설원예, 식물공장, 융합서비스, 표준기술 분야를 중심으로 이루어지고 있으며, 경영분야/ 생산분야/ 유통분야 등에 걸쳐서 폭넓게 진화되고 있음
  - 그러나 타 산업 분야에 비해 농업 분야는 IT 융합 원천기술 개발부터 검증, 확산까지 총괄하는 기획 및 조정 기능이 미흡하여 아직 초기단계에 머물고 있으며, 체계적으로 확산하고 사업화 할 수 있는 품질보증 및 체계화, 관리 및 운영능력, 콘텐츠 등이 부족하여 농업 분야의 IT 융합 신기술의 활용과 확산을 위한 기술개발 및 성공모델의 발굴확대가 시급함

표 1.1 농업분야별 IT 적용 기술

구분	적용기술
생산/경영관리	USN, RFID, CCTV, 센싱, 제어 (기상관련 알람서비스, 시기알림, 실내환경센서, 기상관측장비, 시설제어, 에너지제어, 리모트센싱, 기상재해, 자동온도 감지), 농업경영관리시스템 (ERP)
유통/물류관리	GPS, RFID, GIS, QR코드
마케팅, 판매, 소비	QR코드, DW, 모바일 웹, SNS, 소셜커머스, LBS, CRM 및 개인화
시스템 통합	시스템 연계 표준화(웹서비스, 표준화프로토콜 정의, 연계, API), 지식 DB, 표준 프로토콜 (센서 : 온도, 습도, 조도, CO2, 강우, 일사, EC 센서등, 도난감지등), 오픈 API, 프로파일링, 통신 송수신 프로토콜 RS485/USN/CAN
교육/기타	스마트그리드, IPTV

- 농촌의 인터넷 및 무선통신망 인프라를 개선하여 농업인의 정보접근 및 활용이 쉽도록 하고, 농업인을 대상으로 하는 정보화교육 (IT 교육 등) 확대, 경영관리 s/w개발 및 보급을 통한 정보이용 촉진 및 활성화 농업경영 효율화를 위한 스마트 농업을 활성화할 필요가 있음

표 1.2 스마트 통업을 통한 가치사슬별 기대 효과

구분	주요 내용
생산	▶각종 기술과 다양한 정보를 활용하여 농업 생산의 효율성 제고 ▶영농 활동과정에 필요한 기술정보를 관련 전문가와 실시간으로 연계하여 신속히 문제 해결
유통	▶새로운 정보기기를 통해 시장에 직접 가지 않고도 농산물을 구매하는 새로운 유통방식 확장 ▶농산물에 RFID를 장착하여 생산과 유통에 대한 실시간 이력 추적
소비	▶농산물 생산자와 소비자간의 정보 비대칭성 감소를 통해 효율적 소비 가능 ▶농산물 소비 관련 종합정보가 실시간 제공됨으로써 생산자와 소비자 잉여 발생
농촌	▶관광·체험정보 제공 및 공유를 통한 도농 간 친밀도 제공 ▶GIS를 활용하여 지역정보를 실시간으로 제공함으로써 농촌 관광 등 수요 증대로 지역경제 활성화

- 기온실환경제어 뿐 아니라 냉난방장치, 발전기 등 에너지공급장치까지 제어하는 ICT 기반의 Farm-EMS 통합컨트롤러 개발



그림 1-6. ICT 기반 농장제어 개념도

- DME관련 기기가 본 과제를 통해 개발되는 보일러에 국한되지 않고 열병합, GHP등의 분야까지 포함하여 다양하게 적용될 것이므로 에너지기기, 센서류, CO2시비계통 등을 모두 포함할 수 있는 다양한 기기가 통합적으로 호환될 수 있는 통합 컨트롤러가 개발되어야 함

- CO2시비를 적용하기 위하여 CO2 및 불순물의 농도를 측정하고 이에 따라 시비여부나 별도의 purification여부를 판단하여 제어하는 로직을 개발하여야 함

- 기존 온실환경제어에 부가하여 가스 및 유류를 사용하는 에너지기기 및 이와 연동하는 탄산시비를 포괄적으로 수행하는 통합컨트롤러 개발

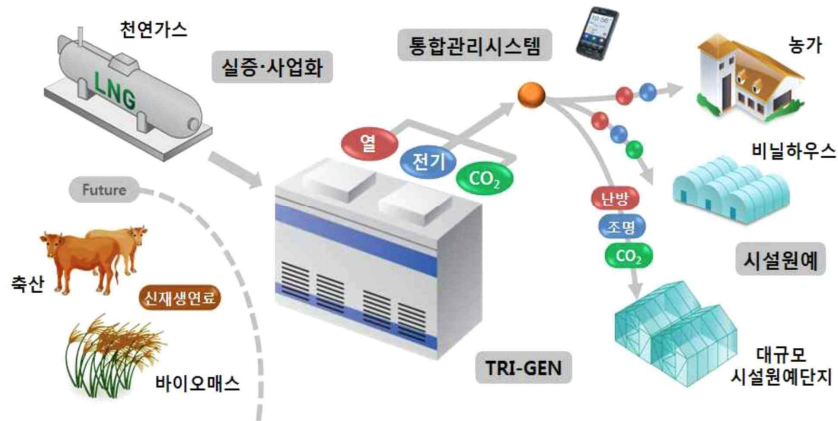


그림 1-7. 농업 기반 통합 컨트롤러 개발 개념도

- 연소기기의 배출물 발생 특성을 파악하고 탄산시비를 위한 가스 conditioning 및 시행 여부를 결정하기 위한 제어로직 개발

- 기존의 삼중발전 제어 시스템은 온실 환경제어와 독립적으로 운영되었으나 온실 내 최적의 환경을 유지하기 위하여 에너지와 환경제어가 통합되어야 함. 따라서, 생산 공정까지 고려한 시제품 수준의 온실 에너지 환경 통합제어 시스템 개발이 필요하며, 개발된 제품을 이용하여 농가실증 및 안정성 검증이 필요하며 작물에 미치는 영향을 파악하는 것이 매우 중요함

• 신재생에너지를 활용한 농업시설 작물의 생육환경 연구

- 농업을 포함한 국내 에너지 사용량의 97%를 해외에너지자원에 의존하고 있는

우리나라의 현실에서 국가 경쟁력을 강화하기 위하여 신재생에너지에 대한 관심이 급증하고 있는 실정임<sup>2)</sup>

- 또한 농업시설의 경우 작물 생육 환경유지를 위한 에너지 소비가 많이 발생하며, 가용되는 에너지만큼 농가에서는 직접적인 부담으로 작용하고 있음. 최근에는 최소의 에너지로 최적의 생산율을 검증하는 최적화 연구가 계속해서 이루어지고 있음. 이러한 부분은 에너지 절감기술이나 절약적인 측면에서 많은 효과를 나타내지만, 현안을 해결하기 위한 근본적인 접근이 되지 못하는 실정임. 현안의 근본적인 해결을 위해 현재 국내에서도 신재생에너지 (태양열 활용 Heating Tech., 지열교반 시스템 등)에 관한 연구가 다양한 방면으로 기획되어 연구되고 있음

- 본 연구에서는 DME(Dimethyl Ether 디메틸 에테르)라는 가스 연소를 통해 발생하는 자원을 농가에 적용하고자 함. DME는 천연가스, CBM(Coal Bed Methane), Biomass 등 다양한 원료로부터 합성된 연료로, 물리적 성질은 LPG와 유사하며, 연소 시 매연이나 유해물질이 발생하지 않는 청정연료로 분류되는 물질임. 본 연구에서는 DME 연료 연소용 보일러를 통해 연소하여 농업 시설 내부 난방 효과와 연소후 발생하는 가스에서 CO2를 정제하여 작물생산에 활용하고자 함

- DME연료는 디젤연료에 대비하여 가격경쟁력을 보유하고 있음(상용화 시 약 10%이상 저가공급 가능). 따라서 DME용 보일러 연소를 통한 농업시설 난방은 현재보다 저가의 유지비를 형성할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 식물 성장 촉진에 많은 부분을 관장하는 CO2를 정제하여 공급하면 일석이조의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단됨

- DME 보일러의 난방 능력 및 효율성 검토를 통한 경제성 분석 → 일반 농가에서 많이 활용되는 난방 기술에 대비하여 DME 개발 보일러의 난방 능력과 효율을 통해 경쟁력 검토 → 시설 내부 면적 대비 난방 운영 비용에 대한 기초 연구를 통한 경제성 분석 진행

- 시설 내부 전체 난방 및 국부 난방, 난방 위치 연구를 통한 난방 기술을 추가적으로 연구진행

- DME 보일러 가동 후 생성된 연소 가스 내 CO2를 정제, 분리하여 온실 내 시비

- DME 연료를 연소하고 발생하는 가스에서 CO2를 정제하는 기술을 개발하고자 하며 또한 개발 기술을 통해 온실 내부에 CO2를 시비하여 작물 생산에 활용하고자 함

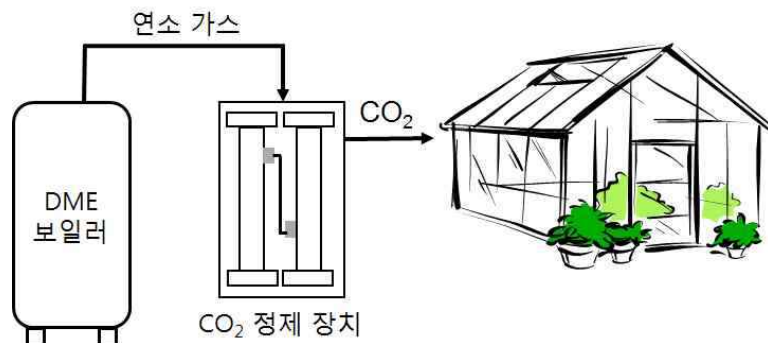


그림 1-8. DME보일러를 활용한 온실내 CO2 시비

2) 2018 KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2018

## 1-2. 연구개발의 필요성

### (1) 바이오에너지 (청정연료) 적용 보일러 개발

- 현재 국내 원유 사용량은 연간 8억 배럴 (2백만 배럴/day) 수준으로 고유가 지속은 성장률, 수출, 내수, 기업채산성, 물가 등 우리나라 경제에 복합적인 악영향을 미칠 것으로 예측되고 있음
- 석유, 가스, 석탄을 비롯한 화석연료의 다량사용으로 기후변화, 대기오염 등의 환경문제를 야기하고 궁극적으로는 이들 자원의 고갈이 염려되기 때문에 바이오에너지는 중요한 화석연료 대체에너지 자원으로서 최근 큰 관심을 끌고 있음<sup>3)</sup>
- 산업의 전반적인 부분에서 환경문제는 빠지지 않고 필수적으로 거론됨. 특히 배기가스의 경우는 차량 및 일반 산업에서 법률적으로 강하게 규제하고 있는 부분이 많을 정도로 민감한 상황임. 이러한 부분은 에너지 사용 시 발생하는 에너지가 환경에 큰 문제를 일으킨다는 것을 간접적으로 대변하고 있음. 따라서 사회적, 공익의 측면에서 친환경 에너지 개발은 필수적으로 수행해야하는 과제로 도래하였음
  - 본 연구에서 다루는 DME연료의 경우, 청정연료로 산업에서의 활용기술을 획득하여 상용화하게 되면 다양한 파급효과를 가질 수 있을 것으로 판단됨. 따라서 본 연구에서는 DME연료를 활용한 보일러 개발을 진행하여 일반 산업의 기초적인 접목을 시도하고자 함
  - 또한 농산업 적용을 통해 다양한 활용 가능성을 제안하고자 함. DME연료의 특성상 활용기술 가치가 증명되면 매년 문제가 되는 연료대란이나 대체 에너지 산업에 긍정적인 방향으로 큰 도움이 될 것으로 판단됨



그림 1-9. 광주 욕묘장 DME연료 공급 연구 방향<sup>4)</sup>

- 청정연료를 사용한 DeNOx 보일러는 동일 용량의 경우 온풍기와 배출가스에 대한 평가 결과를 비교해보았을 때, 대기환경보전법의 배출허용기준을 만족하며 전반적으로 경유 대비 감소경향을 나타냄
- 특히 최근 경유 사용에 대한 논란의 중심인 1차 배출먼지의 경우 약 85%, 2차 생성먼지의 원인인 NOx는 50%정도 감소됨

3) 주요국의 바이오에너지 정책동향과 농업에서의 과제, 농림수산식품기획평가원, 2015

4) DME 공급, 설비운영 및 상용법령(안) 도출 용역보고서, 한국석유관리원, 2016

표 1.3 DME 와 경유연료의 배출가스 비교

측정 위치	항목	단위	배출 허용기준	비율결과			
				DME 연료	경유연료	경유대비 감소율(%)	분석방법
온풍기 후 단	먼지	g/hr	20	0.20	1.37	85	중량법
	SOx	g/hr	50	0	0	0	침전적정법
	NOx	g/hr	60	27( 1ppm)	55(3ppm)	50	가스분석기
	CO	ppm	-	0	30	100	가스분석기
	CO	%	-	5.23	7.55	31	가스분석기

- 바이오매스 산업의 성공여부는 화석연료, 석유와의 가격 경쟁력 여부에 달려있음
- 바이오매스로부터 얻어진 에탄올은 휘발유와 혼합연료의 형태 (ETBE, Ethyl Tertiary Buthyl Ether)의 혼합연료 혹은 수화에탄올로 공연비를 낮게 유지할 수 있고, 증발잠열이 높고, 옥탄가가 높으며 화염온도는 낮다는 등의 수송용 대체연료로서 아주 우수한 특성을 갖고 있음이 입증되고 있음

(2) ICT 기술개발

- ICT 기술발달이 빠르고 중소규모 농가가 대다수를 차지하는 우리나라의 경우 ICT 기술을 기반의 농업분야 EMS(Energy Management System)를 통해 에너지 절감과 농업생산성의 향상을 달성하기 위해서는 북미 및 서유럽 등지에서 활용되고 있는 중대형 시스템보다 간단하면서 신뢰도가 높은 통합제어 시스템의 개발이 필수적임
- 이러한 통합제어시스템은 클라우드 서비스와 접목되어 농업분야의 빅데이터 확보 및 농업기술의 확산 및 이에 따른 생산성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망되며, 농업종사인력의 고령화에 따른 문제를 상당부분 해소할 수 있을 것으로 전망됨
- 다양한 작물과 재배환경, 다양한 연소기기 등에 대한 적용을 위해서는 상당한 기간 동안의 성능 및 신뢰성 검증이 수반되어야 하며 농가의 수용성을 높이기 위해서는 관련 기관의 인증 등이 필수적임
- 웹 및 앱 기반으로 서비스를 제공하기 위해서는 SaaS(Software at a Service) 형식의 클라우드 서비스를 제공해야 하고, 궁극적으로는 프로그램을 판매하는 형태가 아니라 우리가 주변에서 앱 등을 활용하면서 익숙해진 것과 같이 단말기 기반의 사물인터넷 환경에서 서비스가 됨
- 이러한 SaaS 클라우드 서비스를 기반으로 각각의 사용자가 개별환경(기기의 종류, 수량 및 기타 설정)에 맞게 활용할 수 있고, 이러한 경우 개별사용자들은 클라우드에 접속된 단말기를 사용하는 형태가 되며, 클라우드 서비스를 통해 작물성장에 필요한 기초자료, 기후 및 타 사용자들의 재배환경 등과 같은 다양한 정보를 상호 교환하거나 획득할 수 있게 됨. 또한, 수많은 사용자로부터 얻어지는 Big data를 어떠한 데이터베이스(Back-end) 구조로 모으고 활용할 수 있을지에 대한 기초적인 검토와 활용사례 등을 개발하는 것은 향후 농업의 무인화, ICT화 및 인공지능의 활용과 관련하여 기초적이면서도 중요한 연구임
- 본 과제를 통해 성능 및 신뢰성이 확보된 원예시설 및 식물공장 등에 대한 통합제어시스템을 개발하고 이를 적용함으로써 ICT기반 Farm-EMS 시스템 상용화 기반을 확보할 계획임



(3) CO2 시비, 농작물에 미치는 영향

- 시설하우스에서 고품질 작물을 재배하기 위해서는 CO2의 공급이 필요하며, 이를 공급하기 위하여, 액화탄산을 공급하고 있는데 이는 현재 공급에 차질을 초래하고 있을 뿐만 아니라, 가격 또한 비싸게 형성되어 농업경영에 막대한 지장을 초래하고 있으므로 CO2의 포집과 공급에 대한 기술 개발이 절실히 요구되고 있는 상황임
- 현재 시설농업에 있어서 고품질의 작물 생산 및 생산량 증대를 위해서는 CO2의 공급이 절대적으로 필요한 상황임
- 각 작물마다 필요한 CO2의 필요량, 공급 방법, 공급 시간이 다르므로 이에 대한 연구에 의한 공급 장치의 개발이 필요함

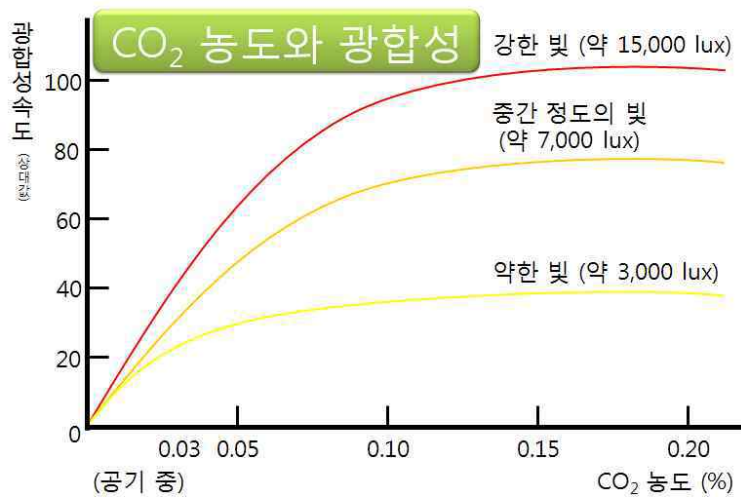


그림 1-10. CO2 농도와 작물과의 상관관계

- 각 CO2의 효과적인 공급을 위하여 열부력을 이용하나 공기 유동에 의한 방법 등 다양한 방법의 통하여 공급체계의 구축이 필요함
- CO2가 식물생장에 미치는 영향은 각종 연구들에 의하여 충분히 입증 되었으며, CO2 공급시 기대되는 경제적 효과 역시 검증되었음
- CO2의 경우 현재 농업용으로 공급되고 있으나 그 공급량도 절대적으로 부족할 뿐만 아니라 가격 역시 농업 생산구조에 영향을 미치고 있음
- 고품질의 작물에는 단위면적당 생산소득이 높은 작물인 파프리카, 딸기, 애플망고 등이 있으며, CO2를 포집하여 각 작물에 공급하는 체계를 구축할 경우 경제적 파급효과는 더 커질 것으로 판단됨
- 시설하우스 내의 CO2환경은 시간에 따라 이산화탄소의 농도 변화가 심하게 일어나는데, 아침에 해가 뜨고 광합성이 시작되면 이산화탄소의 농도는 서서히 낮아지기 시작하고, 밤에는 식물호흡과 토양호흡(토양 미생물의 분해활동)에 의해 농도가 높아짐
- 이산화탄소의 농도가 높아질수록 광합성 속도가 증가하나 CO2 포화점에 도달하면 더 이상 광합성 속도가 증가하지 않으므로, 적절한 CO2 공급량을 결정하여야 함
- 하우스 내의 이산화탄소의 농도 분포는 바람이 없거나 적기 때문에 상하좌우 위치에 따라서 농도가 달라지며, 작물의 생육이 왕성한 잎과 줄기 주변의 농도가 특히 낮아지므로 적절한 CO2 공급과 순환에 의해 CO2 농도를 일정하게 유지하는 시스템이 필요함

### 1-3. 연구개발 범위

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
시설농가 친환경 DeNO <sub>x</sub> 보일러 배출가스 청정성 향상 및 CO <sub>2</sub> 회수	<p>DME 버너 제작 : 400,000/50,000/40,000 kcal/hr 제작 : 에너지 분포도 측정 (온도, 습도, CO<sub>2</sub>) 배출가스 CO<sub>2</sub> 회수 및 시비 : 배출가스 회수 및 하우스에 주입 배출가스 농도 분석 (NO<sub>x</sub>, CO) : 한국기계연구원 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 광주육묘장 400,000kcal/hr DME 버너 적용 보일러 실증실험 (이탈리아 제품 개조)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검댕 감소</li> <li>- 배출가스 NO<sub>x</sub> : 46ppm</li> <li>- 배출가스 CO<sub>2</sub> : 1170ppm</li> <li>- 식물생장 생산량단위 : 128% 증가</li> </ul> </li> <li>○ 경상대학교 50,000kcal/hr DME 버너 적용 열풍기 실증실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도 : 에너지 투입과 비례하여 증가</li> <li>- 습도 : 온도와 반비례</li> <li>- CO<sub>2</sub> : 일정시간 경과 후 유지 (유량에 영향)</li> <li>- 식물생장 실험중 (적축면상추)</li> </ul> </li> <li>○ 공주 Test-bed 40,000kcal/hr DME 버너적용 온풍기 실증 실험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형 저NO<sub>x</sub> DME 버너 적용</li> <li>- NO<sub>x</sub> 61ppm, CO 1ppm</li> <li>- 버너 개선 보완 필요</li> </ul> </li> </ul>
스마트온실 에너지통합제어 시스템 개발	<p>DME보일러와 관련 모듈에 관한 사양/제어로직 및 사용자 환경, 사용자 경험 검토를 통한 효과적인 모니터링/제어방법 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온습도, 풍향, CO<sub>2</sub> 누전감지, 화재감지 등의 환경관리</li> <li>○ 에너지통합제어장비 : 전력질감장비, 온도관리, 환기관리, 음수량관리, 조도관리, 습도관리, 데이터관리, 양액등 시설관리</li> <li>○ 생산시스템관리 : 인트라넷과 인터넷 장비, 컨트롤러(PLC), 모니터링, 컴퓨터 구비</li> </ul>
농가실증결과 및 적합성분석	<p>DME 연료 사용후 배기가스의 CO<sub>2</sub>를 시비하여 작물 생육상태 분석</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차 : 3.6~3.25 고추묘종               <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> : 1,100~1,200ppm (DME 연소 배기가스)</li> <li>- 무게상승률 : 28%</li> </ul> </li> <li>○ 2차 : 4.3~4.22 고추묘종               <ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> : 1,300~1,350ppm (DME 연소 배기가스)</li> <li>- 무게상승률 : 36%</li> </ul> </li> </ul>

## 제 2 장 연구수행 내용 및 결과

### 2-1. 1차년도 연구개발 수행내역

- 1차년도에는 시설농가 친환경 DeNOx 보일러 배출가스 청정성 향상 및 CO2 회수와 스마트 온실 에너지 통합제어시스템 개발, 농가실증결과 및 적합성 분석의 크게 3가지 분야의 연구를 수행하였음
- 시설농가는 광주육묘장, 경상대학교, 공주의 시설농가에서 DME버너와 DME버너를 활용한 보일러를 활용하여 연구하였고, 스마트온실 에너지통합제어시스템은 광주육묘장에 적용하였음. 해당 농가에 실증하여 적합성을 분석하여 1차년도 연구를 마무리하였으며, 1차년도 요약내용은 아래 표와 같음

연구범위		연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
시설농가 친환경 DeNOx 보일러 배출가스 청정성 향상 및 CO2 회수 (NOx 25ppm, CO 25ppm)	광주육묘장	400,000kcal/hr 급 DME 버너 제작	발생 검댕 감소 배기가스 NOx : 46ppm
		배출가스 CO2 회수 및 시비	발생 CO2 : 1170ppm 발생 NOx : 47ppm
	경상대학교	- Sensing Point : 실험온실 8ea, 대기 1ea - DME 열풍기의 배출구 유량을 7단계로 조절 - 온도변화, 상대습도변화, CO2 농도, 대기 변화를 1분 단위로 측정	- 연소에 따른 에너지가 공급되는 시점 : 온도 급속 상승, 상대습도 감소 - 이산화탄소 농도 : 일정시간 경과 후 이산화탄소 농도 유지 (1200ppm) - 실내온도 : 에너지 투입과 비례하여 증가 - 상대습도 : 온도와 반비례 관계 - 각 지표의 농도 유지가 최적의 식물생장의 핵심임
공주 test-bed	- 청정연료(DME)를 사용한 소형 저NOx Burner 1차 시제품과 온풍기를 제작 설치 - 소형 저NOx Burner 1차 시제품 배가스 측정	NOx : 61ppm CO : 1ppm	
스마트 온실 에너지 통합제어 시스템 개발 (1개소)	- 광주육묘장 스마트온실 에너지 통합시스템 개발	- 육묘장 내 사무실에 에너지통합시스템 적용 - 웹상에서 모니터링 가능한 시스템 개발	
농가실증결과 및 적합성 분석 (CO2시비영향, 생산성향상 20% 이상 여부)	DME 연료 사용후 배기가스의 CO2를 시비하여 작물 생육상태 분석	○ 1차 : 3.6~3.25 고추묘종 - CO2 : 1,100~1,200ppm (DME 연소 배기가스) - 무게상승률 : 28% ○ 2차 : 4.3~4.22 고추묘종 - CO2 : 1,300~1,350ppm (DME 연소 배기가스) - 무게상승률 : 36%	

#### 2-1-1. 시설농가 친환경 DeNOx 보일러 배출가스 청정성 향상 및 CO2 회수

- 현재 국내 원유 사용량은 연간 8억 배럴 (2백만 배럴/day) 수준으로 고유가 지속은 성장

를, 수출, 내수, 기업채산성, 물가 등 우리나라 경제에 복합적인 악영향을 미칠 것으로 예측되고 있음

- 석유, 가스, 석탄을 비롯한 화석연료의 다량사용으로 기후변화, 대기오염 등의 환경문제를 야기하고 궁극적으로는 이들 자원의 고갈이 염려되기 때문에 바이오에너지는 중요한 화석연료 대체에너지 자원으로서 최근 큰 관심을 끌고 있음<sup>5)</sup>
- 산업의 전반적인 부분에서 환경문제는 빠지지 않고 필수적으로 거론되고 있으며, 특히 배기가스의 경우는 차량 및 일반 산업에서 법률적으로 강하게 규제하고 있는 부분이 많을 정도로 민감한 상황임. 이러한 부분은 에너지 사용 시 발생하는 에너지가 환경에 큰 문제를 일으킨다는 것을 간접적으로 대변하고 있음
- 시설농가 (광주육묘장) 에 청정연료 DME를 활용하는 DeNOx 보일러 및 버너를 설치하여 배출가스, 검댕 등의 환경오염물질을 줄이고 경제성을 확보하는 방안을 모색하고자 본 실험을 진행하였으며, 연료 생산부터 시설농가로의 공급의 전체적인 모식도는 아래 그림과 같음



그림 2-1. 광주 육묘장 DME연료 공급 연구 방향<sup>6)</sup>

- 실험은 1,000평규모의 광주육묘장, 경상대학교 유리온실, 공주 비닐하우스에서 DME 버너를 활용하여 진행하였으며 각 실험조건과 연구결과는 아래와 같음

- (1) 실험방법 : 청정연료 DME 사용가능한 버너 개발 및 적용
- (2) 수행내용

(가) 광주육묘장

- ① 사양 : DME버너를 이용한 400,000kcal/hr 보일러
- ② 실험기간 : 2017. 1 ~ 2017. 4
- ③ 실험결과
  - 광주육묘장 연료로써의 DME 실증

5) 주요국의 바이오에너지 정책동향과 농업에서의 과제, 농림수산물식품기획지원, 2015

6) DME 공급, 설비운영 및 상용범령(안) 도출 용역보고서, 한국석유관리원, 2016

- 청정연료 DME는 다음과 같은 환경친화성 때문에 우리나라는 물론 일본, 중국에서 농촌연료로 보급한 사례하고 상업용 또는 실증시험을 하였음

표 2.1 DME 환경친화성 특성(농촌연료 적합성)

환경특성	환경적 이슈	DME 특성
대기환경 (영향)	오존층 파괴	광합성작용(H <sub>2</sub> O & CO <sub>2</sub> ) 오존층 파괴 없음(대기방출후 6시간후 분해됨)
	미세먼지(PM) 발생	PM 없음(No PM)
	광화학스모그, 산성비	LPG보다 NOx 발생량이 30%이하 EGR(Exhaust Gas Recirculation) 설치시 NOx :20~30ppm 황성분 없음(No sulfur)
토양환경	기화열에 의해서 토양의 수분을 냉각시킴, 지하로 침투하지 않고 증발	

- 상기의 조건으로 친환경 농업용 연료인 DME를 보일러에 적용하여 CO<sub>2</sub>와 수분을 시설농가로 재순환하여 작물의 재배현황을 고찰함

• 시설설치

- 광주육묘장은 1000평 정도의 규모로 토마토, 고추, 오이, 수박 등 모종에 대해서 육묘하여 상업적으로 작물을 생산 및 판매하여 연 5억원 수준의 매출을 올리고 있음

- 대부분의 농업시설에서 연료비는 전체의 30%이상을 상회하여 선진국 25% 미만의 에너지 사용보다 연료비에 부담이 큼

- 따라서 육묘장에 설치된 기존 보일러를 개조하고 DME 설비(탱크, 기화기 등)에서 DME 연료로 사용하는 저NO<sub>x</sub> 버너를 이용하여 CO<sub>2</sub> 시비와 ICT기반의 환경제어와 작물별 데이터를 확보하고자 함

- 보일러는 400,000kcal/hr 용량으로 버너는 초기모델로 이탈리아 제품으로(저NO<sub>x</sub> 버너) 사용하여 운영함



그림 2-2. 저NO<sub>x</sub> 버너 사용 보일러개조 및 DME 배관시설 설치작업

• 환경분석

- 정부의 농업용 유류에 부과되는 각종세금 (부가세, 교육세 등 목적세)을 전액 면제 공급하면서 '15. 12월 말일까지 이었으며, 농업용 트랙터, 농업용 난방기 등 39개 기종에

휘발유, 경유, 등유, 중유, 윤활유, LPG가 그 대상임

- 석유화학물질의 불완전 연소는 흔히 ‘검댕’ 이라고 하는 타르질의 생성물을 발생시키며 작업자의 건강을 위협하여 주변환경의 공기를 오염하여 환경문제가 있음

- 광주육묘장에서는 기존 난방연료로 등유를 사용하였으며, 본 과제를 통해 적용한 DME 버너와 비교하였을 때 발생하는 검댕이 많이 줄어들었음을 확인하였으며 이를 통해 작업자의 환경 개선과 환경오염물질의 배출이 감소함을 시각적으로 확인하였음



<DME 버너 사용>



<등유 버너 사용>

그림 2-3. DME 버너와 등유 버너

- 광주육묘장에 설치한 DME 버너를 활용한 보일러는 380kW (400,000cal/hr) 급의 용량이며 이 보일러는 온수 2,000kg를 공급하는데 사용됨. 광주육묘장에서는 토마토, 고추, 오이, 상추 등의 다양한 작물을 육묘하고 있으며, 이 작물들에 미치는 영향에 대하여 분석함

표 2.2 광주육묘장 설비 현황 및 재배작물

구분	내용
설비용량	380kW(400,000kcal/hr)/unit, 3,300m <sup>2</sup> /unit
설비규모	온수 저장탱크 용량 2,000kg
Test 실증장소	광주육묘장
재배작물	토마토, 고추, 오이, 상추 등 (2017/02 ~ 2017/04)

• CO2 배기가스측정 및 실험

- 식물의 광합성을 위해 CO2는 필수적이므로 고품질로 향상하기 위해 주로 액화탄산을 사용하고 있으며, 공기중 CO2 함량은 350~400ppm로 식물 광합성에 필요한 1,000~1,500 ppm 이상을 충족시키기엔 부족한 상황임

표 2.3 각 작물별 CO2 필요량

작물		CO <sub>2</sub> 필요량 (ppm)
채소	토마토	1,000
	오이	1,500-2,000
	고추	1,000
	상추	1,000-1,500
	멜론	1,000
	딸기	1,500
분화	철쭉	700-1,000

	베고니아	600-800
	국화	700-900
절화	국화	700-1,000
	카네이션	1,000-1,500
	가베라	600-800
	장미	1,000-1,200
	엽채류	1,500~2,500
	근채류	1,000~3,000
	과채류	500~1,500
	피망, 가지, 강낭콩	800~1,500

- DME 버너의 사용으로 발생하는 배출가스에 CO<sub>2</sub>가 함유되어 있으며 이를 회수하여 식물에 재순환할 경우 환경문제를 개선할 수 있으며 식물의 고품질화에 긍정적인 영향을 줄 수 있음

- 탄화수소계 연료가 연소할 때 발생할 수 있는 부산물로, 독성을 지닌 일산화탄소와 식물생장에 도움을 주지만 온실가스로 주목받는 이산화탄소, 그리고 대기 중 질소와 만나 생성되는 NO<sub>x</sub>가 주를 이룬다고 할 수 있으나, DME를 활용할 경우 일산화탄소와 NO<sub>x</sub>는 거의 발생하지 않으나 식물생장에 필요한 만큼의 CO<sub>2</sub> 회수가 가능하므로 농촌에서 사용하기에 적합한 연료로 볼 수 있음

- CO<sub>2</sub> 시비 실증시험(DME 연료를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 측정 한 값)은 광주육묘장에서 재배하는 토마토 육묘종을 대상으로 분석하였으며, 같은 면적기준 CO<sub>2</sub> free 인 상태보다 DME 연소시 발생하는 CO<sub>2</sub>를 활용하였을 때 100%이상의 생산성이 높아짐을 확인함

- 배기가스에서 NO<sub>x</sub> 측정값은 아래와 그림과 같이 측정되었음. 도시가스와의 유사한 수치이며, 산소 4% 기준에서 46ppm으로 매우 양호한 결과가 도출되었으며 작물이 성장하는데 충분히 쾌적한 환경이라고 할 수 있음

구분	대기	비닐하우스 CO <sub>2</sub> -free	설비후단 (CO <sub>2</sub> -측정)	비닐하우스 CO <sub>2</sub> 농도
CO <sub>2</sub> 농도				
	433ppm	394ppm	1171ppm	1170ppm
생산성 (같은면적 기준)		50개 (421.3 g)		114개 (572.6 g)

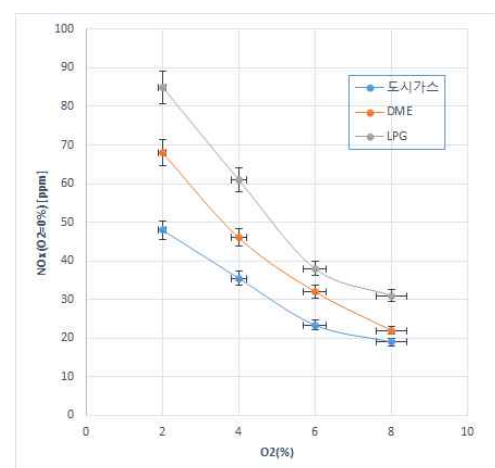


그림 2-4. CO<sub>2</sub> 와 NO<sub>x</sub> 농도

(나) 경상대학교

- DME를 이용하여 온실의 난방효과와 CO<sub>2</sub> 발생 효과를 검증하기 위한 실험용 온실에서

환경변수를 측정하기 위하여 센서를 설치하였으며, DME 버너를 활용하여 실내 환경 변수의 변화를 지점별로 분석함

- ① 사양 : DME버너를 이용한 50,000kcal/hr 열풍기 (CO2 발생기)
- ② 실험기간 : 2017. 8 ~ 2017. 11
- ③ 실험결과
  - 농업 시설내 DME 가스 활용 검증 실험
    - 농업 시설내 DME 가스 활용 검증 실험을 실시
    - 소재지: 경상대학교에 소재한 실험용 유리온실(약 20평)
    - 열원: DME 전용 열풍기를 제작
    - 실내 환경변수(온도, 습도, 이산화탄소)의 변화를 분석

표 2.4 DME전용 버너의 사양

구분	열량 (kcal/h)	모터 (rpm)	모터출력 (W)	최대풍량 (CFM)	배출구 직경 (mm)	길이 (mm)
사양	40,000	1,495	200	1,060	400	1,360



그림 2-5. 실험 온실, 실험 온실 내부 및 센서 위치



그림 2-6. DME 전용 열풍기



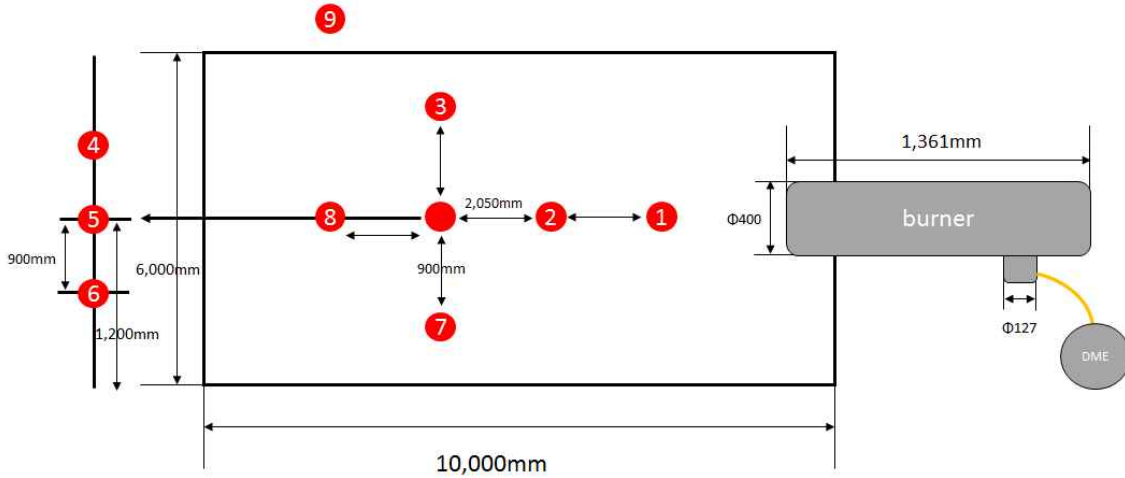


그림 2-7. 환경변수 측정위치

- 환경변수의 온도, 습도 및 이산화탄소를 측정하였으며, 측정은 온실내부 8지점과 외부 1점을 측정하였음. 위의 그림에서 4, 5, 6 번 지점은 중앙부의 수직 측정을 의미함
- 버너에는 공연비를 조절하기 위해 7단계의 조절기를 부착하여, 공기와 혼합정도를 조절하였으며, 이에 따른 적절한 보일러의 효율을 파악하고자 함



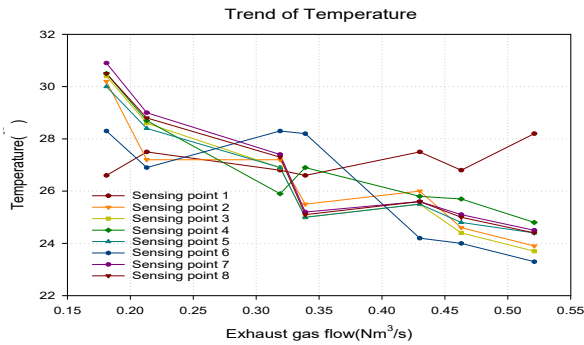
그림 2-8. 공연비 조절 연소 컨트롤러

- 온실에서 DME 가스의 난방효율을 파악하고자 공연비 조절이 가능한 7단계를 각각 30분 동안 가동하고, 다시 30분 동안 유리온실 내로 바람이 통하게 하여 기존의 상태로 만들면서 실험을 반복함

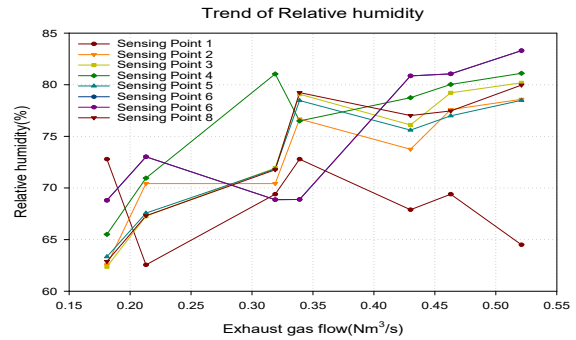
표 2.5 DME 전용 열풍기 유속 및 유량

단계	배출구 유속(m/s)	배출구 유량(m <sup>3</sup> /s)
1	1.39	0.181
2	1.87	0.213
3	2.46	0.319
4	2.62	0.339
5	3.32	0.430
6	3.57	0.463
7	4.03	0.521

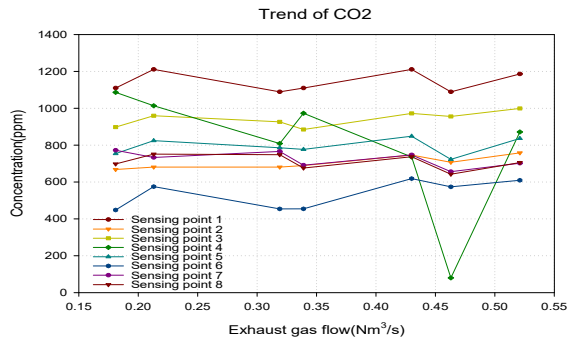
- Sensing Point : 실험온실 8ea, 대기 1ea
- DME 열풍기의 배출구 유량을 7단계로 조절
- 온도변화, 상대습도변화, CO2 농도, 대기 변화를 1분 단위로 측정
- 각 지점의 온도, 습도 및 이산화탄소의 분포를 경시별로 알아보고자 각 단계별 시간별 분포를 관찰하였으며, 30분 평균 변화를 아래 그래프 및 표에 나타냄



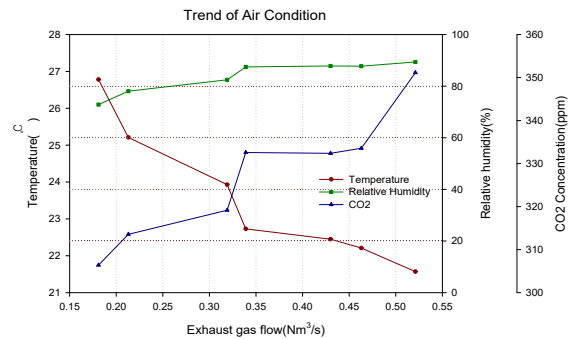
온도 변화



상대습도 변화



CO2 농도 추이



대기 조건 추이

그림 2-9. 각 지점의 온도, 습도 및 이산화탄소 분포

표 2.6 외부의 평균온도, 평균상대습도 및 평균이산화탄소 농도

변수	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	7단계
평균온도(°C)	26.78	25.21	23.93	22.73	22.45	22.21	21.57
평균상대습도(%)	72.85	78.05	82.47	87.45	87.81	87.73	89.36
평균이산화탄소 (ppm)	306.39	313.55	319.16	332.58	332.39	333.55	351.13

- 연소에 따른 에너지가 공급되는 시점 : 온도 급속 상승, 상대습도 감소
- 이산화탄소 농도 : 일정시간 경과 후 이산화탄소 농도 유지
- 실내온도 : 에너지 투입과 비례하여 증가
- 상대습도 : 온도와 반비례 관계
- 온도, 습도 및 이산화탄소의 농도유지는 식물생장에 많은 영향을 줌
- 위의 결과에서 살펴보면, 연소에 따른 에너지가 공급되는 시점에서는 온도는 급속하게

상승하였으며, 상대습도는 상대적으로 감소하였으며, 또한 이산화탄소의 농도도 일정시간이 지난 후에는 일정한 상태를 유지하는 것을 확인함

- 이는 이 시점에서 이산화탄소의 농도를 온실 내에서 유지함과 동시에 온도의 설정에 중요한 자료가 될 것으로 판단됨

(다) 공주 test bed

① 사양 : DME버너를 이용한 40,000kcal/hr 온풍기

② 실험기간 : 2017. 7 ~ 2017. 11

③ 실험결과

- 청정연료(DME)를 사용한 소형 저NOx Burner 개발
  - 청정연료(DME)를 사용한 소형 저NOx Burner 1차 시제품과 온풍기를 제작 설치
  - 소형 저NOx Burner 1차 시제품 배가스 측정
  - 측정장비 : MRU VARIO plus

표 2.7 열풍기 배가스 측정 결과

측정위치	거리 (cm)	NOx (ppm)	CO (ppm)
열교환기 후단	0	61	1
배가스 출구 시작점	7	62	1
배가스 출구 중간점	21	61	1
배가스 출구 끝지점	35	61	2
대기	55	58	6
대기	75	82	5

- 배출가스 출구지점의 NOx 및 CO 농도는 각각 평균 61ppm, 1ppm으로 분석되어 환경에 큰 스마트팜 선진국 (네덜란드 등)의 기준에 부합하기 위해 보완이 필요하며 보완을 통해 2차년도 실험을 수행하였음



그림 2-10. 저NOx Burner 설치 온풍기

- 청정연료(DME) 활용 생육 검증장치 설치
  - 청정연료(DME)를 사용한 저NOx Burner와 온풍기를 검증
  - 실험용 Green house(약 50평)를 제작
  - 실내 환경변수(온도, 습도, 이산화탄소)의 변화를 분석 및 제어하기 위한 Control Panel을 설치
  - 생육(예정)작물 : 상추



그림 2-11. 공주 test bed



그림 2-12. 공주 Green House control Panel

## 2-1-2. 스마트 온실 에너지통합제어시스템 개발

(1) 실험방법 : DME보일러와 관련 모듈에 관한 사양/제어로직 및 사용자 환경, 사용자 경험 검토를 통한 효과적인 모니터링/제어방법 구축

(2) 수행내용

- 이산화탄소 발생의 주요 원인인 화석연료 사용을 줄이기 위해 에너지 소비 절감 및 효율화에 대한 사회적 요구가 점차 증가되면서 신재생에너지 등 저탄소 에너지공급시스템과 함께 에너지 소비 및 탄소배출 저감을 위한 고효율 에너지 수요시스템 구축이 더욱 강조되고 있으므로 농가의 에너지 사용을 최적화하기 위해 에너지 소비원에 대해 각 분야 간 (전기, 가스, 열 등)의 연계 융합을 ICT 기술을 통해 실현하여 낭비되고 있는 요인과 개선방안을 찾아 실천에 옮길 수 있는 수단으로 개발함
- 광주육묘장 에너지통합제어시스템 구축
  - 광주육묘장과 ICT의 융합으로 새로운 가치를 창출하고 지속적인 데이터를 확보함으로써 외부 환경변화에 따른 최적 조건을 확립하는 것을 목적으로 함
  - 작업자의 건강 및 작업환경을 유지하고 에너지 효율을 상승시키기 위해 광주육묘장 내 작업실에 에너지통합제어시스템 구축
  - 작물의 생산성과 품질을 향상시키기 위하여 지상부와 지하부의 다양한 환경을 종합적으로 조절하고자 함
  - 작물의 특성과 시설농가의 위치에 따라서 습득한 개인농장습득 기술이 중요하여 환경조절을 통한 ①최대한의 생산성을 높이는 환경제어와 ②최소의 비용으로 에너지관리제어를 하는 것이 스마트 팜 또는 시설농가에 중요한 작업환경임
- 상기에서 에너지통합제어시스템을 이용하여 운영한 결과 온도/습도/CO2에 대한 제어는 가능하나, 실제 농가의 많은 영향을 미치는 전력량에 대한 에너지절감이 중요한 것으로 판단됨

- ICT 제어시스템으로 전력사용량 최소로 하는 최적제어 에너지통합시스템으로 설치하는 것이 필요하며, 장비와 제어시스템을 다음과 같이 구성함

표 2.8 ICT 제어시스템 구성

구성요소		구성내역
환경관리	내부환경	온도, 습도, 풍속, 음압, CO2, 조도, 누전(정전)감지, 화재감지
	외부환경	온도, 습도, 풍향, 풍속 등
에너지통합제어장비		전력(에너지)절감 장비, 온도관리, 환기관리, 음수량관리, 조도관리, 습도관리, 데이터관리, 양액등 시설관리
생산관리시스템장비		인트라넷과 인터넷 장비(스마트팜), 컨트롤러(PLC), 모니터링, 컴퓨터(서버)

- 휴지상태일 때와 운전 중일 때로 나누어 데이터를 작성하였으며, 각 장치별 온도, 습도, 압력, 농도, 유량이 메인화면에 송출됨
- 자세하게는 각 항목에 대하여 30분 간격으로 데이터 트렌드를 볼 수 있으며 10초에 한 번씩 갱신되는 시스템임

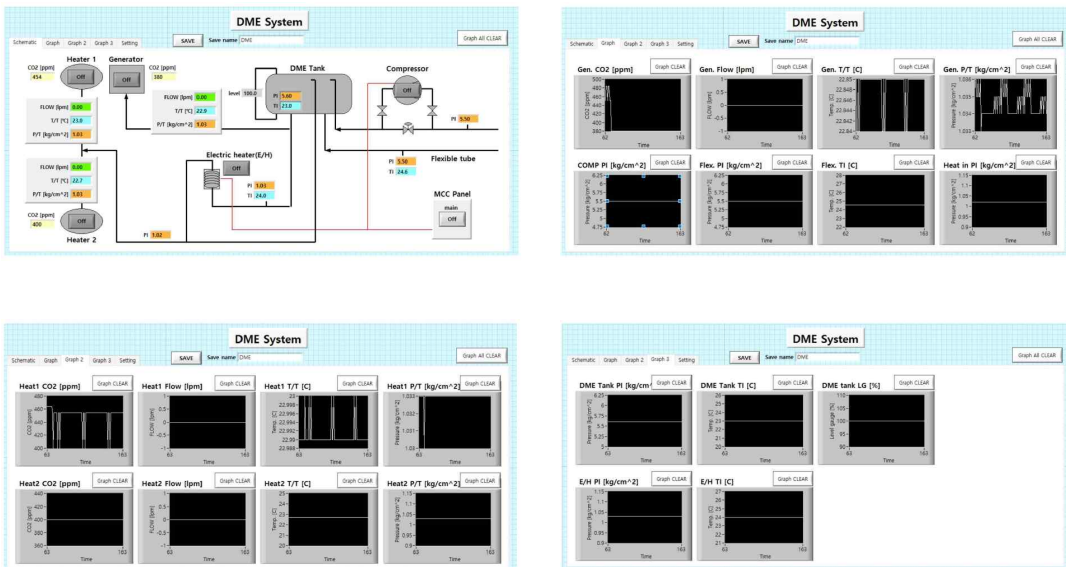


그림 2-13. 휴지상태의 광주육묘장 에너지통합제어시스템

- 버너를 on 상태로 전환하였을 때 데이터의 흐름이 변화하는 것을 확인하였으며, 사용량 및 현재 상황을 실시간으로 확인할 수 있어 불필요하게 사용되는 에너지의 소비를 줄일 수 있을 것으로 판단됨

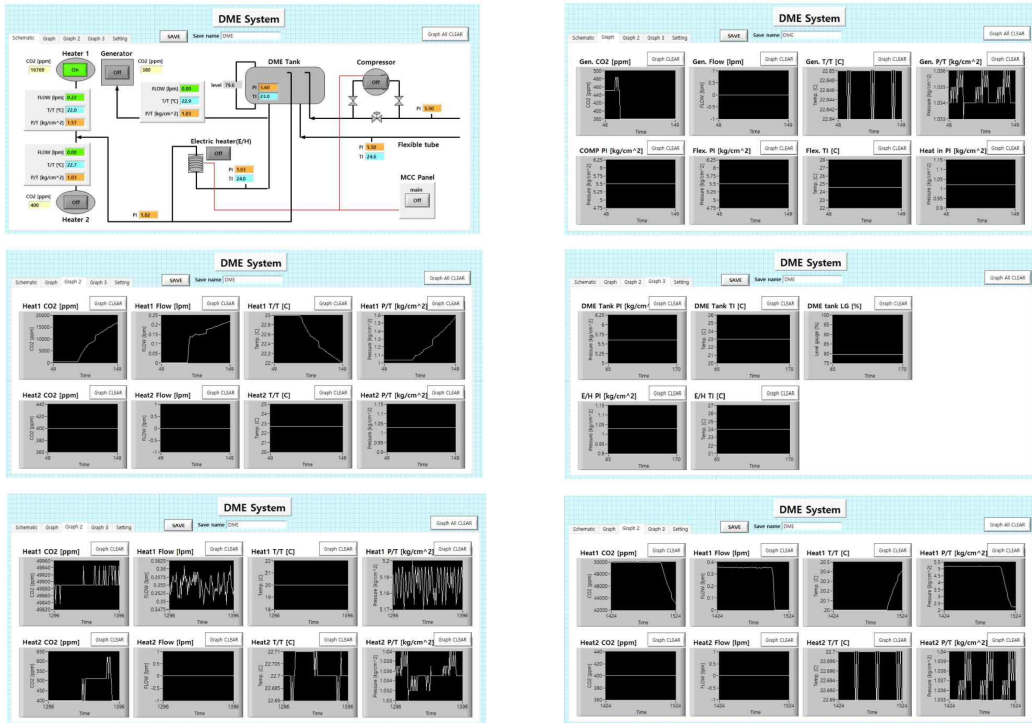


그림 2-14. 운전상태의 광주육묘장 에너지통합제어시스템

- 광주육묘장 에너지통합제어시스템 외부 모니터링 시스템 개발
  - 외부에서 모니터링할 수 있는 웹사이트 개발 [www.agrofarm.kr](http://www.agrofarm.kr) 개발하여 육묘장에서 송출된 DME 시스템 및 현장 현황에 대한 데이터를 웹에서 확인 가능하며, 각 요소 부품 및 계통의 상황을 10초에 한번씩 갱신하며 그래프를 통해 확인할 수 있음

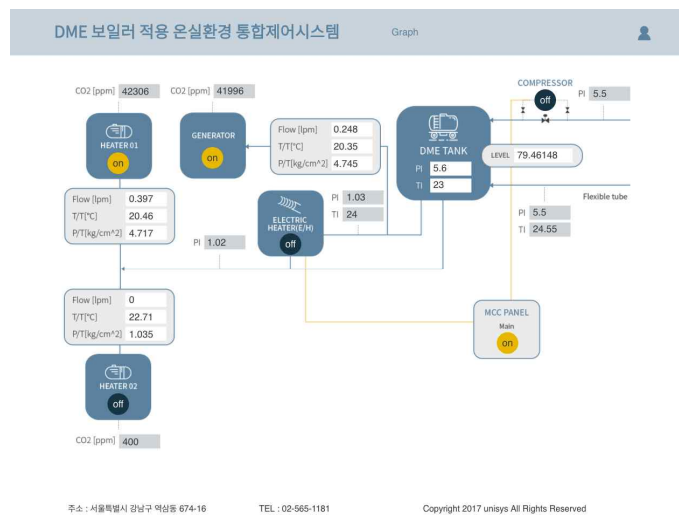


그림 2-15. 외부 모니터링 시스템 [www.agrofarm.kr](http://www.agrofarm.kr)의 main 화면 구성도

- 각 장치의 data를 웹 상에서 회원가입을 통해 볼 수 있음. 아이디가 일치하지 않는 경우 다시 입력을 유도하며, 관리자로부터 인증받은 계정이 아닐 경우 로그인이 불가능함
- 아이디를 기억하지 못할 경우는 관리자에 문의하며, 비밀번호를 잊어버렸을 경우 가

입한 이메일로 임시 비밀번호가 발송 되도록 설계되어 있음



그림 2-16. 회원가입 및 관리자 화면

- 각 장치별 트렌드를 확인할 수 있으며, 광주육묘장 현지에서 관찰 가능한 트렌드와 동일함을 확인하였으며, 외부활동시에도 육묘장의 실시간 환경을 모니터링이 가능함으로써 긴급 상황에 대한 대처가 가능함

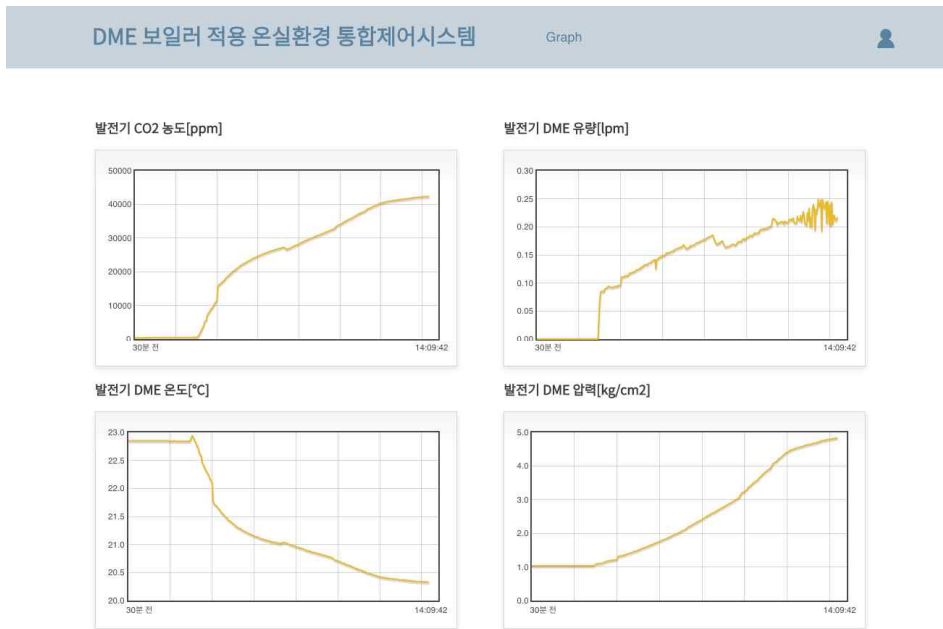


그림 2-17. 각 장치별 실시간 데이터 트렌드

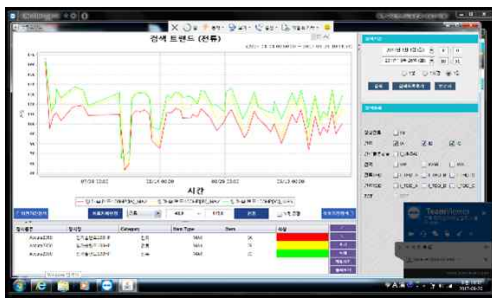
- 여름철에 전력사용량 절감을 위한 에너지통합관리시스템(EMS)를 구축하고 아래와 같이 꾸준히 Data Logging을 하고, 향후 유효한 데이터가 쌓이면 최적제어프로그램으로 운영하고자 함



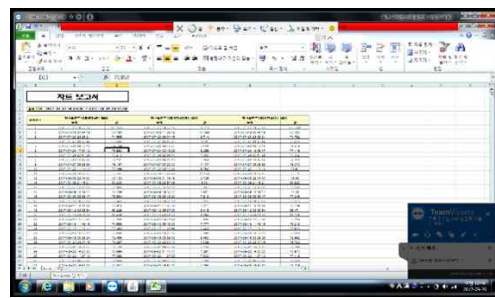
온도 트렌드 모니터링  
(17/7.15 ~ 17/9.20)



전력 생산량 모니터링 및  
부하제어 시험운전



부하추종 제어시스템에 의한  
전류값 변화



보고서(빅데이터화)

그림 2-18. Data Logging 및 보고서

### 2-1-3. 농가실증결과 및 적합성 분석

#### (1) 광주육묘장 농가실증결과

- DME연료 사용후 배기가스에서 발생하는 물과 CO2를 이용한 시비(CO2 enrichment, fermentation) 1차 실증 결과로 작물의 생육상태를 다음과 같이 살펴보았음

표 2.9 광주육묘장 실증 결과

실증 기간	위치	작물 종류	시기	온도	CO2 공급시간	CO2 농도(ppm)	경작물의 무게 상승율(%)	CO2 공급방법
3.6~3.25	광주육묘장	고추	겨울철(3월)	Day 23°C Night 18°C	오전 8시 ~ 오후 4시	1100~1200	28%	DME연소 배가스
4.3~4.22	광주육묘장	고추	겨울철(4월)	Day 25°C Night 20°C	오전 8시 ~ 오후 4시	1300~1350	36%	DME연소 배가스

- 3월에 실증한 고추의 무게는 28% 상승하였으며, 4월에 실증한 것은 36% 상승한 것을 확인할 수 있음. 이는 DME 연소를 통해 얻은 CO2가 작물의 생육상태에 긍정적인 영향을 주는 것으로 볼 수 있음
- DME를 활용한 버너는 분리정제가 불필요하지만 향후 DME 이외의 다른 연료와 혼합



사용 할 수 있도록 분리정제 시스템을 고려해볼 수 있음

- 멤브레인 기술을 이용한 온실용 이산화탄소 포집 시스템에 관한 것으로, 제조된 기체 분리막에 적용되는 기체는 이산화탄소, 산소, 수소, 암모니아인 것을 특징으로 하며 이산화탄소 투과도가 150 내지 2000GPU(Gas Permeation Unit,  $10^{-6} * \text{cm}^3/\text{cm}^2 \text{ sec cmHg}$ ) 인 복합막 및 그 모듈로 구성된 멤브레인 필터를 활용할 수 있음
- 이와 더불어 온실 내부에 순환되는 내부 공기의 부유 미생물 및 병원성 균의 제거를 위한 생물학적 필터와 살균시스템 모니터링 장치를 설치하고 필요에 따라 이산화탄소 모니터링 장치, 압력계, 유량계, 압축기, 온도조절시스템, 필터, 드라이어 중 하나 또는 둘 이상을 더 설치 할 수 있는 시스템으로 환경적인 요소 뿐 아니라 유해요인의 제거가 가능한 시스템을 개발 중에 있으므로 통합제어시스템의 한 축으로 이용가능 할 것 이라 판단됨

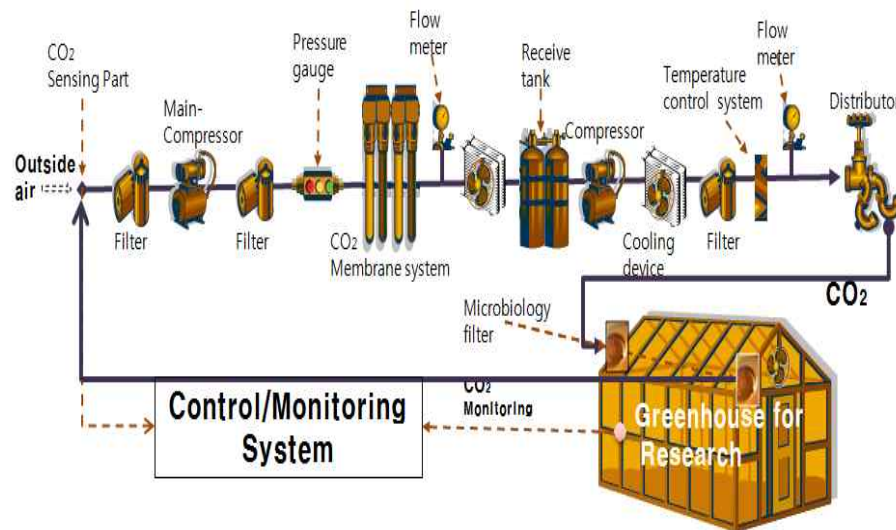


그림 2-19. 전체 시스템 모식도

- 이 시스템은 대기 중이나 농가, 난방용 온실에서 버려지는 배출 가스 내에서 CO<sub>2</sub>를 분리시켜 포집, 저장하여 적절한 시기에 수정재배용 식물공장 및 온실 내 주입함으로써 작물 생육에 필요한 이상적인 CO<sub>2</sub>농도를 만들어 생산성을 향상시키며, 대기로 버려지는 유해가스를 저감시킴으로써 환경오염을 줄이는 효과가 있을 것으로 보임

(2) 국내외 탄산시비 방법에 따른 경제성 조사

- 경상대학교 유리온실 내 CO<sub>2</sub> 공급용 Membrane System 적용 및 작물 재배 실험 결과를 바탕으로 Membrane System의 유리온실 적용 및 CO<sub>2</sub> 포집, 공급에 따른 경제성 분석을 실시함
- 경상대학교 유리온실 내 설치된 Membrane System 가용 규모는 최대 약 300평의 유리온실 내 CO<sub>2</sub> 공급 가능, 따라서 경제성 분석은 300평 규모(약 10a)의 유리온실 내 작물 재배를 가정, 이를 기준으로 분석 및 평가를 실시함
- 유리온실은 설치 면적과 시공 업체마다 차이가 있기 때문에 정확하게 산정할 수 없음, 시공업체마다 3.3 m<sup>2</sup> 당 50~100만원으로 차이가 있기 때문에 농림수산식품부의 ‘첨단온실 신축지원사업’의 지원 기준단가 30억/ha를 적용하여 초기 투자비를 산정함<sup>7)</sup>

7) 첨단온실신축 지원사업, 농림식품부, 2014

표 2.10 첨단 유리온실의 초기 투자비용 평가

구분	면적	m <sup>2</sup> 당 비용	초기 투자비용
첨단 유리온실	10 a	300,000 원	300,000,000 원

- 농촌진흥청 농축산물소득자료집(2015)에 따르면 착색단고추(파프리카)의 2015년 총수입은 10a 당 약 40,448,323원, 10a 당 경영비는 약 26,309,632원, 10a 당 소득은 14,138,692원으로 조사됨

표 2.11 착색단고추(파프리카)의 소득 동향

구분	2015년 (A)	2014년 (B)	평년	증감 (A-B)	증감률 (A/B-1)*100
□ 10a 당 총수입	40,448,323	42,430,164	41,981,791	-1,981,841	-4.7
- 수량	13,042	11,747	11,544	1,295	11.0
- 가격	3,095	3,612	3,632	-517	-14.3
□ 10a 당 경영비	26,309,632	26,547,591	26,912,150	-237,959	-0.9
- 종묘비	2,272,099	2,227,695	2,080,436	44,404	2.0
- 무기질비료비	1,791,820	1,904,982	2,018,899	-113,162	-5.9
- 유기질비료비	19,711	13,697	60,002	6,014	43.9
- 농약비	1,023,514	686,525	518,315	336,989	49.1
- 영농광열비	7,282,174	8,316,284	9,438,846	-1,034,110	-12.4
- 수리비	18,400	22,437	22,917	-4,037	-18.0
- 기타재료비	3,854,105	4,473,024	4,155,906	-618,919	-13.8
- 소농구비	43,643	18,304	14,970	25,339	138.4
- 대농구상각비	782,023	924,388	1,122,129	-142,365	-15.4
- 영농시설상각비	4,304,065	4,528,956	4,149,388	-224,891	-5.0
- 수선비	307,575	364,520	277,239	-56,945	-15.6
- 기타요금	79,132	84,385	183,041	-5,253	-6.2
- 농기계·시설임차료	7,958	399	15,453	7,559	1894.5
- 토지임차료	255,429	148,515	249,309	106,914	72.0
- 위탁영농비	268,570	96,024	75,092	172,546	179.7
- 고용노동비	3,999,414	2,737,456	2,530,208	1,261,958	46.1
□ 10a 당 소득	14,138,692	15,882,573	15,069,640	-1,743,881	-11.0

- 액화 이산화탄소 공급 시, 이산화탄소 시비기 설치 비용 약 60,000천원(10년 기준, 연간 약 6,000천원), 액화 이산화탄소 사용 비용 10a 당 약 3,600천원, 따라서 10a 당 약

9,600천원의 비용이 매년 소비됨

- 농촌진흥청에 따르면 파프리카 재배 농가에서 주간에 CO<sub>2</sub>를 700 ppm 이상 연속으로 시비하는데 소요되는 비용은 연간 10a 당 약 3,000~4,000천원이 소요됨으로 추정

- 액화 이산화탄소 공급 시, 10a 당 매년 약 922천원의 수익액 발생

- Membrane System의 경우, 초기 투자비용은 약 10a 당 30,000천원, 액화 이산화탄소 미사용으로 10a 당 매년 약 9,600천원 비용 절감 가능

### (3) 적합성 분석 (경제성 분석)

#### (가) 가정 및 분석 주안점

##### ① 청정연료 사용을 위한 선행연구 결과 기반 분석

- 환경분석 및 시장성 분석에서는 시설원예 농가의 면제경유 중단에 따른 대체에너지 보급에 대한 이슈, 대체에너지 활용 확대를 위한 문제점 등을 고찰하였음
- 분석 대상 과제는 청정연료를 활용한 DeNOx 버너를 이용한 친환경 보일러 운영 및 ICT 통합제어시스템 적용으로 경유를 대체하는 청정연료 보급 및 농가에 필요한 에너지 지원 제공, 작물 재배를 효율적으로 제어할 수 있는 자동제어시스템 구현을 목표로 하고 있으며, 대체연료인 DME를 연소할 때 가스를 정제하여 포집한 CO<sub>2</sub>를 온실 내 작물에 시비함으로써 생산성 및 품질 개선 효과를 가져오는 것으로 나타나 기존 시설 농가에서 대체에너지 시설 도입에 따르는 문제점을 해결할 수 있는 것으로 제시됨에 따라 이러한 결과를 기반으로 분석
- 실제 현장실증이 이루어진 광주육묘장에서의 DME 청정연료 대체 사용을 위한 시설 도입 및 도입된 시설을 이용하여 운영에서 나타난 결과를 반영하였음

##### ② 분석 주안점

- 청정연료인 DME를 난방 연료로 대체함에 따라 이를 부응하기 위해 개발된 DeNOx 보일러, 저녹스 버너 등은 환경적 측면에서는 기존 보일러나 버너 대체로 적정하나 시설 농가의 입장에서는 새로운 시설의 도입이므로 부담으로 작용함
- 따라서, 친환경 설비를 도입함에 따른 환경적 효과 보다는 시설 운용에 따른 난방비 절감효과를 기반으로 경제성을 분석함

##### ③ 경유 난방비

- 면세 경유 보급 중단에 따라 면세 등유로 대체하는 농가가 늘어나고 있으나, 열효율 문제 등으로 경유를 그대로 사용하는 농가도 다수임
  - 따라서 본 분석에서 경유 난방비용 산정 시 면세 경유가 아닌 시중 판매 경유의 가격을 기준으로 함

#### (나) 주요 변수 및 경제성 분석

##### ① 경유 가격 추이 및 전망

- 국내 경유 가격(주유소 기준)은 2016년 하반기부터 상승세를 유지하다가 2017년 상반기 하향세로 접어들었으며, 2017년 하반기에는 다시 상승세를 보이고 있음
  - 최근 1년간 최저 가격은 1,311원/리터였으며, 최고 가격은 1,415원/리터로 나타났음
  - 2017년 2/4분기 평균가격은 약 1,340원/리터 수준

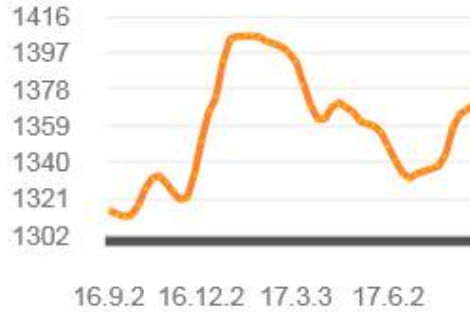


그림 2-20. 국내 경유 가격 추이(단위:원)<sup>8)</sup>

- World Bank 2030년까지의 장기 오일 가격 전망에 따르면 연평균 2.92% 성장할 것으로 전망
- 국내 경유 가격은 2017년 1,340원에서 2022년 1,547원에 이를 것으로 전망
  - 2017년 2/4분기 평균 가격을 기준으로 world bank의 장기 오일 가격 전망치를 반영하여 추산

표 2.12 경유 가격 전망

(단위 : 원/리터)

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1,340	1,379	1,419	1,461	1,504	1,547	1,593	1,639	1,687	1,736

\* 주유소 판매 기준

② DME 가격 추이 및 전망

- 전세계 DME의 약 90%는 중국에서 소비가 이루어지고 있음
  - 국내의 경우 DME의 사용이 아직 일반화되어 있지 않은 실정이며, DME는 LPG와 유사한 연료로 취급되어 비슷한 유통구조를 가지고 있음. 즉 산지에서 운송 후 국내 DME 운영사 세금 및 마진을 취하고, DME 충전소가 판매처 세금 및 마진을 취하는 형태로 이루어지고 있음
    - 이러한 DME 유통구조를 고려할 때 산지 가격 대비 국내 소비자가는 약 2배 반영
    - 2017년 1/4분기 중국의 DME 평균 현물가격을 고려할 경우 546\$/톤 (627,900원/톤) 가격이므로 국내 소비자가는 1,256원/kg (841원/리터) 수준임
- EIA의 2017년 보고서에 따르면, 천연가스 가격은 연평균 1.7% 상승할 것으로 전망
  - 국내 DME 소비자 가격은 2017년 1,256원/kg에서 2022년 1,366원/kg에 이를 것으로 전망

8) 한국석유공사 오픈넷, [www.opinet.co.kr](http://www.opinet.co.kr)

표 2.13 DME 가격 전망

(단위 : 원/kg)

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1,256	1,277	1,299	1,321	1,344	1,366	1,390	1,413	1,437	1,462

\* 소비자 가격 기준

③ 광주 육묘장(1,400평 규모) 설비 현황 및 DME 연료사용에 따른 도입 설비

- 기존 보유 설비 : 온풍기(20만kcal/hr 2대), 온수보일러 버너 시스템 (5만kcal/hr) 1대
- 신규 도입 설비 : 온풍기(20만kcal/hr 2대), DME DeNOx 버너 시스템 (5만kcal/hr) 1대, 45kw 발전기 1대

표 2.14 설비비

(단위 : 천원)

구분	시설비
기존 경유 설비(보일러, 온풍기) <sup>1)</sup>	30,000천원
DME 신규 설비(ICT 연계 스마트설비) <sup>2)</sup>	60,000천원

\* 1) 육묘장 1,500평 규모 경유 보일러 및 온풍기 시설비(한국농촌연구원, 실태조사, 2013년)

2) ICT 연계 스마트 설비는 200,000kcal/hr 기준 4,500만원 공급 목표(유니시스인터내셔널 자료), 광주 육묘장의 경우 400,000kcal/hr 규모임을 감안하여 시스템 공급단가는 60,000천원으로 계상

- 신규 도입설비는 기존 설비와 병행하여 병렬로 설치하므로 기존 설비에 추가하여 설치비용이 증가하게 됨

④ DME 소비량 및 연료비 절감액

- 선행연구에 따르면 온풍기 적용을 위한 연료 소비량은 경유의 경우 27.1리터/hr에 대해 DME 열량을 감안할 경우 39.3리터/hr가 요구되나 실제 운용에서는 약 36.5리터/hr가 소요되어 7% 열량 대비 효율 향상되는 것으로 나타났음

- 난방이 필요한 11월~4월까지 광주육묘장을 15℃ 이상으로 유지하기 위해서는 DME 약 72톤이 소요

- DME 비중(0.67)을 고려할 경우 연간 소비량은 107.5천 리터 소요, 실제 운용에서 DME가 36.5리터/hr 소요된 것을 고려 시 연간 경유 소비량은 79.8천 리터 필요

- 연료비 절감액 = DME 연료비 - 경유 연료비

- DME 연료비 = 연간 72톤 사용(107.5천리터) \* 연도별 DME 가격

- 경유 연료비 = 실소요량 36.5리터를 기준으로 할 경우 연간 경유 소요량은 79.8리터 \* 연도별 경유 가격

표 2.15 연료비 절감액

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
경유가격 (원/리터)	1,340	1,379	1,419	1,461	1,504	1,547	1,593	1,639	1,687	1,736

DME가격 (원/kg)	1,256	1,277	1,299	1,321	1,344	1,366	1,390	1,413	1,437	1,462
연료비 절감액	16,483	18,068	19,717	21,434	3,220	25,079	27,011	9,021	31,110	3,281

⑤ 시설 도입비 및 유지·보수비용

- 경유의 경우 기존 설비를 그대로 이용하므로 신규 설비 도입 비용은 없으나 DME 청정 연료 대체시 DME 연료사용을 위한 신규 설비를 도입함에 따라 신규시설 설치비 (60,000천원) 소요
- 유지·보수비용은 도입 이후년도부터 발생하는 것으로 가정하였으며, 유지·보수비용은 신규설비비 대비 연도별로 12% 반영

표 2.16 도입비 및 유지보수비

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
기존설비 유지보수비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
신규설비 도입비	60,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
신규설비 유지보수비	-	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200

⑥ 비용 절감액

- 비용 절감액 = 연료비 절감액 + 신규설비 유지보수비 - 기존설비 유지보수비 - 신규설비 도입비

표 2.17 비용절감액

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
연료비 절감	16,483	18,068	19,717	21,434	23,220	25,079	27,011	29,021	31,110	33,281
기존설비 유지보수비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
신규설비 설치비	60,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
신규설비 유지보수비	-	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
절감액	-39,917	14,468	16,117	17,834	19,620	21,479	23,411	25,421	27,510	29,681

⑦ 경제성 분석 종합

- 기존 시설농가의 경유 연료를 DME 대체연료로 교체할 경우 연료비 절감 이익이 수요자인 시설농가에 발생함, 동 분석은 광주 육묘장 실증 결과를 기반으로 하고 있음

- 청정연료인 DME로 시설을 구축하여 운영할 경우 약 3.5년 후 원금을 회수할 있을 것으로 나타났음, 다만, 초기 설비 구축 비용부담이 크므로 이를 제도(정부지원책)와 연계 시 시설농가의 선택은 높아질 것으로 분석됨

## 2-2. 2차년도 연구개발 수행내역

- 2차년도에는 청정연료(DME)를 사용 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 개발과 친환경 시설농가 실현, ICT 기술기반으로 시설농가 온실 에너지통합제어시스템 시제품 개발, 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 시설농가 스마트 온실 표준 모델 제시로 크게 3가지 분야의 연구를 수행하였음
- 시설농가는 광주육묘장, 경상대학교, 화성 퓨처 스마트 팜, 논산 딸기농장에 DME 버너와 DME 연료 CO2 발생기를 활용하여 연구하였고, ICT 기반 복합환경제어 프로그램 및 통합 관제시스템을 개발하여 화성 퓨처 스마트 팜과 논산 딸기농장에 적용하였음
- 2차년도 요약내용은 아래 표와 같음

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정연료 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 시스템 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DME 저장시설 Package 설계 및 제작</li> <li>• 20,000kcal/hr, 70,000kcal/hr DME CO2 발생기 설계 및 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metal Fiber 버너</li> <li>- 가스연소식 버너</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광주, 논산, 화성농장 DME 보급 및 버너적용</li> <li>• 온풍기 현장 적용</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2 시비분석 및 ICT 기반 통합제어시스템 적합성 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2 발생기 배출가스 측정</li> <li>• CO2 시비에 따른 생산량 및 품질 규명</li> <li>• CO2 농도 변화 모니터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO2 시비 분석 및 농작물재배 실증</li> <li>• ICT 기반 제어시스템 평가</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설농가 난방시설, 에너지관리시스템 개발 및 설비구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설농가 CO2 시비 시스템 구축</li> <li>• 외부온도에 따른 시설내부의 온도 변화 모니터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직접가열식 CO2 시비 시스템 구축</li> <li>• 에너지관리시스템 구축</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DME연료 사용 버너 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배출가스 농도(CO2, CO, NOx, THC)를 전기화학방식 가스분석기를 이용하여 측정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공인인증기관 버너 성능시험               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 발생 CO2 : 1.8~0.7%</li> <li>- 발생 NOx : 15~6ppm</li> <li>- 발생 CO : 3~1ppm</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실 실증 실험, CO2 공급기술 확립 및 현장 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정연료 DME가 작물의 성장과 냉각스트레스의 완화에 미치는 영향 분석</li> <li>• 상추, 배추, 고추를 이용하여 실험 후 생리학적 요인에 미치는 영향 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경상대 실험실 실증 완료 및 CO2 공급 기술 확립</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 모니터링 및 제어용 ICT 기술기반 통합제어시스템 컨트롤러 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC 응용프로그램 개발</li> <li>• 안드로이드 앱 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모니터링 기능</li> <li>- 원격제어 기능</li> <li>- 설정정보 관리 기능</li> <li>- CAM 정보 기능</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업용 모니터링, 제어 및 영상기록 통합제어 시스템 구현</li> <li>• H/W, S/W 개발</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 에너지절감 모델 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설원예농가에서 사용하고 있는 주요 원료인 경유를 대체하여 DME 청정연료를 보급함에 따른 제반 환경 분석</li> <li>• 시설원예농가 청정연료보급 시장성 및 경제성 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DME 연료 이용 에너지 절감 및 보급사업 모델 제시</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 친환경 연료의 농가보급을 위한 최적 운영방안 및 표준 모델 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT(제어시스템)장치와 DME를 사용에 따른 에너지 절감을 고려한 경제적인 온실 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농가 보급 최적운영방안 및 표준 모델 제시</li> </ul>

### 2-2-1. 청정연료(DME)를 사용 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 개발과 친환경 시설농가 실현

#### 1. 광주육묘장

- 광주육묘장의 설비는 묘종별로 육묘하는 시기와 난방 또는 탄산시비하는 기간들이 다르지만, 주로 열매소류를 중심으로 육묘를 하던 시설에 DME보일러 설비를 1차년도에 시설개조하고 2차년도에는 수관설비의 열교환기 효율을 향상시키기 위해서 필요한 배관, 보온설비를 보강하였다.



(a)보일러교체 전 버너(등유보일러 버너)



(b)보일러 교체(2차 시제품 버너활용)

그림 2-21. 광주육묘장 보일러 설비교체 중 기존 등유버너(a)와 DME가스버너(b)

- 특히, 2차년도에는 육묘장 비닐하우스의 열관리시스템을 효율적으로 관리하기 위하여,



보일러실에서 수관(배관)을 통해서 나가는 배관 내 과열수증기(superheated steam)의 온도를 유지하는 것이 매우 중요하다고 판단하여 배관의 보온시설로 정비하였다.



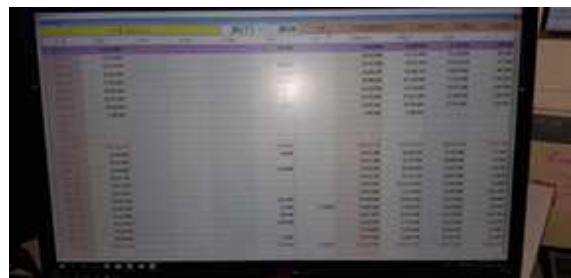
육묘장내 보일러의 수관열교환기 상층부(a) 수관보일러 열교환기 및 배관 시설정비(b)

그림 2-22. 광주육묘장의 수관열교환기 시설을 정비한 후 전경(a,b)

- 상기와 같이 간단한 보온시공을 통하여서 에너지 효율이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 1,2차년도에 걸쳐서 시행 결과로 ‘17년 10월부터 ’ 18년 2월까지 이루어진 것으로 이때 상품생산은 전년도 대비 다소 떨어지는 현상이 있었으나, 탄산시비와 난방온도를 향상시킨 2월부터는 매출이 증가하는 것으로 나타났다. 에너지 관리측면에서 밖으로 새어나가는 열을 보온만으로도 에너지 향상과 전체 육묘장의 매출이 향상되는 것을 알 수 있는 결과로써 탄산시비는 농작물의 광합성에 필요한 탄소동화-이화작용에 중요한 것을 제공하게 하고, 상기와 같이 열교환기와 배관의 보온으로 더욱 높은 에너지 절감과 생산성 향상을 가져옴을 알 수 있다.



광주육묘장 생산관리시스템(a)



매출현황표(b)

그림 2-23. 광주육묘장 농작물 육묘 생산관리시스템(a)과 매출현황표(b)

- 청정연료 DME를 이용한 보일러 시설교체와 탄산시비를 한 결과의 매출액을 단순 비교한 결과 다음과 같이 나타났다.

표 2.18 광주육묘장 매출 비교

월	매출현황(단위 : 원)	
	2017년(a)	2018년(b)
2월	95,832,000	65,422,000

3월	23,049,000	74,737,200
4월	56,337,120	64,025,550
5월	32,071,030	57,248,000
비교(b-a)	207,289,150	261,432,750
생산성향상(%), $\frac{(b-a)}{a} \times 100$	26.1% 농작물 매출향상(품질 10~15% 향상)	

- 2017년 매출액도 열풍식 청정연료 DME를 이용하여 운영하여 전년도에 비하여 15%이상의 매출향상을 가져왔는데, 탄산시비와 에너지절감 효율향상을 통하여 26.1%의 농작물 매출향상을 가져오게 되었으며, 경상대학교에서 생육발달과 품질을 검증한 결과 15%이상의 품질향상을 가져왔음이 증명되어 비닐하우스 등 시설원예농가에서 탄산시비와 에너지효율 향상이 매출에 미치는 영향이 크음을 알 수 있다.
- 2018년도 하반기(여름)는 이상기후에 따른 농작물이 뿌리를 못 내리는 경우가 전년도 대비하여 10% 이내로 증가하는 경우를 보았으나, 광주육묘장의 농부들의 정성어린 육묘현장에서의 작업활동으로 품질 좋은 농작물 육묘를 할 수 있었다.
- 아래의 사진은 2018년 3월부터 9월까지 육묘장에서 농작물 상품의 질을 높이고, 육묘를 잘한 상태를 사진으로 담아보았다.



2018년 3월 육묘장



2018년 4월 육묘장



2018년 5월



2018년 6월



2018년 7월



2018년 8월



2018년 8월



2018년 9월

그림 2-24. 광주육묘장 모종 및 종자

- 광주육묘장에 설치된 청정연료 DME를 이용한 CO2발생기와 온풍기의 시스템은 다음과 같이 구성되어 있으며, 각각의 주요사양도 다음의 그림과 같다.

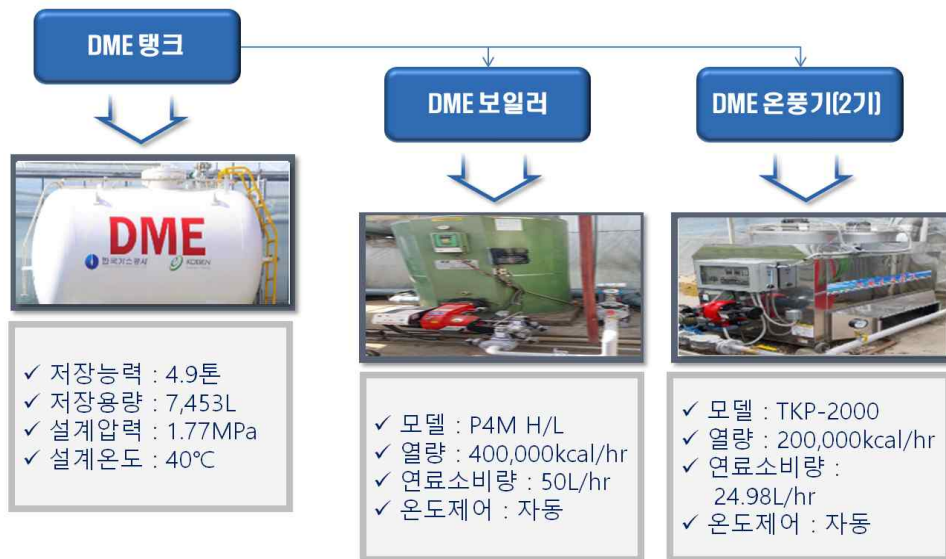


그림 2-25. 청정연료 DME를 이용한 CO2발생기와 온풍기의 시스템

- 종합적으로 ‘17년부터 ’ 18년까지의 DME를 이용한 결과는 다음의 표와 같이 조사되었으며, 특히 미세먼지는 85%를 저감하였음을 확인하였다. CO2의 양은 버너에서 연소된 곳으로부터 엽채소류에 가까운 곳에서 측정한 결과이며, CO는 거의 없는 것으로 분석결과가 나와서 최적의 버너 설계와 에너지효율을 증가하는 것이 매우함을 알 수 있다.

표 2.19 DME연료를 사용할 경우 열풍기 분석결과<sup>9)</sup>

Measuring position	Item	Unit	Emission Standards	Ratio result			Remarks (analysis method)
				DME fuel	Diesel fuel	Decrease rate compared with diesel (%)	
Back of hot air fan	Dust	g/hr	20	0.20	1.37	85	Weight method
	Sox	g/hr	50	0	0	0	Precipitation titration method
	Nox	g/hr	60	27 (1ppm)	55 (3ppm)	50	Gas analyzer
	CO	ppm	-	0	30	100	Gas analyzer
	CO2	%	-	5.23	7.55	31	Gas analyzer

## 2. 화성 퓨처스마트팜

- 상추와 딸기를 재배하는 화성 퓨처스마트팜에 탄산시비를 위하여 2018. 2월 ~ 5월까지 DME 연료공급설비와 CO2 발생기를 설치하였다.

표 2.20 DME 연료공급설비 사양

품 명	DME 저장탱크	강제식 기화기	중압조정기	준저압조정기	충전펌프
사 양	1.0Ton	100kg/hr	100kg/hr	100kg/hr	2,000kg/hr

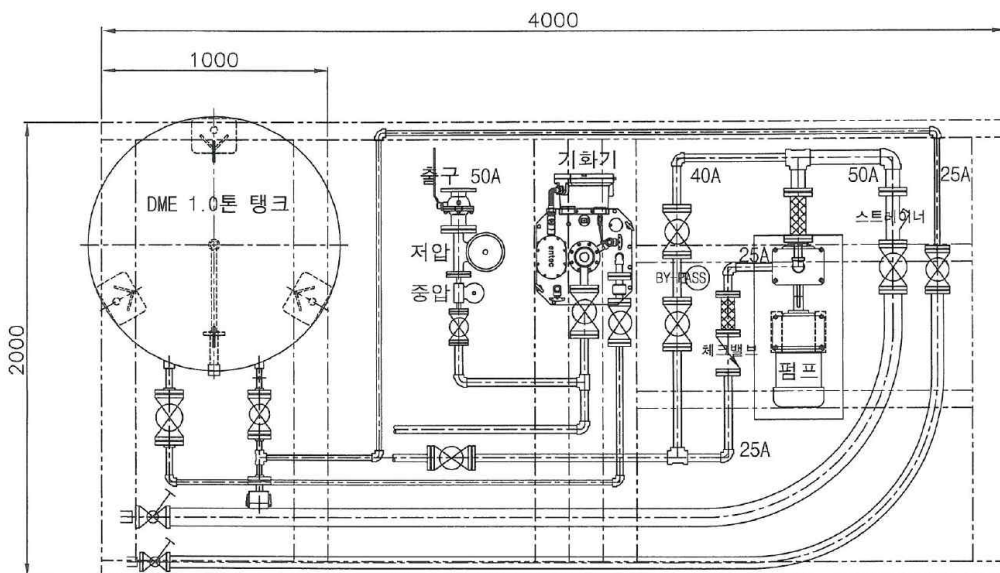


그림 2-26. 연료공급설비 Package 설계

- DME 연료공급설비는 농가의 위치(협소한 도로 사정)를 고려하여 DME 충전이 용이하도록 대용량의 Tank Lorry와 소용량의 Bulk Lorry 모두 충전이 가능하도록 구성하였다.

9) Development of CO2 enrichment for greenhouse supply CO2 produced by burning clean fuel (DME) in boiler, ICCDU2017 상해, 2017



그림 2-27. DME 연료공급설비 설치

- 1차년도 소형 저녹스 버너 시제품의 배기가스에서 NOx가 61ppm으로 연구목표인 25ppm보다 높게 나와 DME 연료 CO2 발생기의 버너를 공기와 연료의 혼합가스를 버너로 주입하는 방식으로 완전연소시키고 화염이 짧아 NOx 발생이 현저히 줄어드는 Metal Fiber 버너를 적용하였다.
  - 질소산화물(NOx)과 미세먼지의 상관관계에 관한 연구결과에 따르면 질소산화물 농도가 PM2.5의 미세먼지가 형성되는데 약 50%의 영향력을 행사하는 것으로 알려졌다.
- Metal Fiber Burner를 적용하여 연구목표인 CO, NOx 25ppm 이하인 배기가스를 구현하였다.

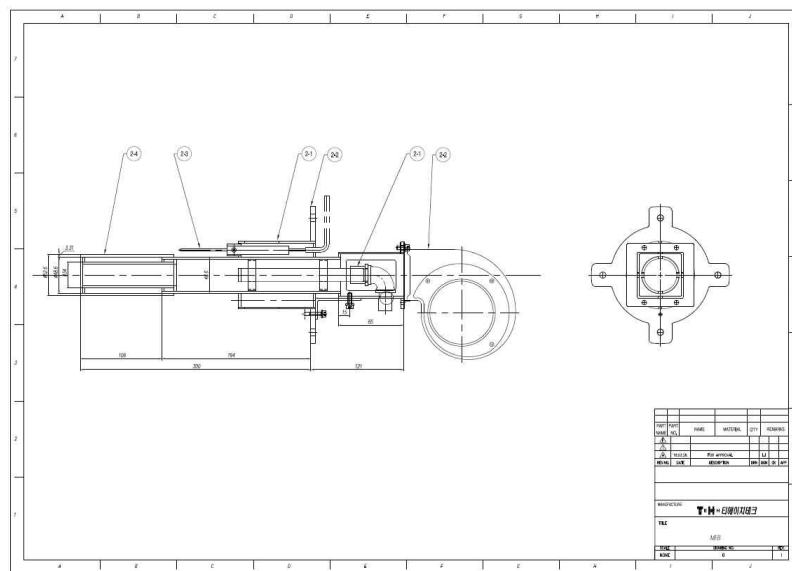


그림 2-28. Metal Fiber Burner 설계

표 2.21 Metal Fiber Burner 적용 CO2 발생기 배기가스

시험항목	결과	
	CO	NOx
토출구로부터 30cm	1ppm	11ppm
토출구로부터 50cm	1ppm	7ppm

- CO2 센서와 연동하여 시설농가 내부의 CO2 농도가 설정 값에 도달하면 자동정지하고 설정 값보다 낮으면 재기동하도록 Control Logic을 구성하였다.



그림 2-29. CO2 발생기, CO2 센서 및 컨트롤러 설치

- 온실 내에 CO2를 공급하면 화학비료나 농약처럼 곧바로 효과가 나타나는 것은 아니다. CO2 공급 효과는 서서히 점차적으로 나타나며 작물재배 기간에 따라 공급기간도 달라져야 할 것이다.
- 또한, 동절기에만 CO2가 부족하고 동절기에만 CO2를 공급해야 하는 것으로 인식 되고 있는데 문제가 있다.
- 작물 재배 온실 내에는 계절에 관계없이 대부분 외기에 비해 CO2 결핍 현상을 보인다. 겨울철에는 CO2문제에 앞서 일조량 부족, 온도 등이 광합성 최적 조건이라 할 수는 없다.
- 시설내의 작물은 아침에 일조량 이외에 탄산가스, 온도 등이 광합성의 제한인자가 된다. 일조량이 약한 경우나 온도가 낮은 경우에 광합성에 필요한 탄산가스의 포화점도 저하하기 때문에 무조건 CO2 농도를 높이는 것은 무의미 하다.
- 아래의 표는 재배작물별 날씨에 따른 필요한 탄산가스 농도를 나타내고 있다. 흐린 날은 맑은 날의 1/2 정도를, 비 오는 날은 사용하지 않는 것이 좋다.
  - 재배작물별로 날씨에 따라 CO2 농도를 각각 설정하여 CO2 시비를 하였다.

표 2.22 재배작물별 탄산가스 필요량

재배작물	탄산가스 필요량(ppm)	
	맑은 날	흐린 날
상추	1,000~1,500	500~700
딸기	1,500	800



딸기 재배



수경재배 상추

그림 2-30. 화성 퓨처스마트팜 재배작물

- 수경재배 상추에 하루 4시간씩 CO2 1500ppm을 시비하였을 때 생육과 수량에 미치는 영향을 분석한 결과 무시비 대비 주당 생체중이 96.1% 증가하였다.

표 2.23 CO2 시비의 효과

재배작물	주당 생체중(g)	
	CO2 시비(a)	무시비(b)
상추	50.4	25.7
생산성향상(%), $\frac{(a-b)}{b} \times 100$	96.1% 농작물 수량 향상	

### 3. 논산 딸기 농장

- 논산 딸기 농장에는 CO2, 온도, 습도 센서와 이동식 DME 연료 CO2 발생기 및 하우스 내부의 작물의 생육과정과 외부인의 출입을 확인할 수 있도록 CCTV를 설치하고 하우스내의 환경을 모니터링할 수 있는 통합관제시스템을 구축하였다.
- 이동식 DME 연료 CO2 발생기의 주요 사양은 아래표에 나타내었다.

표 2.24 이동식 CO2 발생기 사양

품명	사양	비고
가스버너	70,000kcal/hr	기존 버너 개조
블로워	3,600m <sup>3</sup> /hr	
DME 용기	23L	2ea
Housing	∅395mm	3중
온도 컨트롤러	-	외장
불꽃감지기	-	버너내부
연료필터	HGF2120	1bar
레귤레이터	4kPa	
연료용기히터	800W	0~150℃
타임스위치	-	조정단위 15분



그림 2-31. DME 가스연소식 CO2 발생기 설치



그림 2-32. 온도, 습도, CO2 센서 및 CCTV 설치



그림 2-33. 스마트 팜 통합관제시스템 및 CO2 발생기 설치

- 탄산가스 공급과 추비시기, 추비량
  - 지금까지의 재배에서는 다량의 비료를 시비하여 식물의 뿌리가 원할 때 원하는 만큼 자유롭게 흡수할 수 있었다. 그러나 CO2 재배에서는 뿌리의 활력이 높아져 흡비력이 증가되기 때문에 종래의 방식대로 시비 하면 비료의 과대 흡수가 일어나기 쉽다.
  - 따라서 한 번에 비료를 과대 시비하지 않도록 주의하고 CO2 재배 시 추비는 CO2 효과를 좌우하는 중요한 문제로 추비는 소량씩 여러 번 나누어 앞당겨 시비하는 것이 바람직하다.
  - 과채류의 경우 과실이 많이 열릴 때에는 비료성분이 많이 필요해 비질이 생기기 쉬우므로 수량을 증가 시키려면 추비를 보다 많이 해야 한다. 수확 최성기에는 어떤 경우라도 추비가 수확에 앞서야 하며 이시기에 적절한 추비가 안 되면 병이 많이 발생한다.
- 상기의 사항을 고려하여 CO2 시비를 한 결과 딸기의 생육 상황은 아래 그림과 같고 자세한 사항은 4. CO2 시비분석에 나타내었다.



CO2 시비



무시비



CO2 시비 무시비  
뿌리의 발달 차이

그림 2-34. 딸기 생육 상황



#### 4. CO2 시비분석

- 광합성이란 식물성장의 가장 기본적인 활동으로 식물의 잎에서 공기 중으로부터 흡입한 탄산가스(CO<sub>2</sub>)와 뿌리로부터 흡수한 물을 원료로 하여 태양에너지를 이용 탄수화물을 생산하는 일련의 과정을 말함
  - 탄산가스(CO<sub>2</sub>)+물(H<sub>2</sub>O) → 광합성 탄수화물(CH<sub>2</sub>O)+산소(O<sub>2</sub>)
- 식물 건물(乾物)중 약90% ~ 95%는 광합성에 의해 생성된 탄수화물로 이루어져 있으며 광합성은 식물 성장의 대부분을 차지하고 있음
- 공기 중의 CO<sub>2</sub> 함량은 대략 350ppm정도 이지만 식물광합성 능력에 따른 적정 CO<sub>2</sub>농도에는 절대량 부족한 실정
  - 많은 연구결과에 의하면 식물 광합성에 필요한 CO<sub>2</sub> 요구량은 공기 중의 CO<sub>2</sub> 양보다 3~5배 정도 더 필요한 1000~1500PPM이라 함
    - 특히, 밀폐된 온실 내 작물은 밀식재배 및 외기와 격리 재배되므로 대기 중 CO<sub>2</sub>마저도 공급받지 못하며 또한 일출 후 광합성 작용으로 온실 내 CO<sub>2</sub> 농도는 단 시간 내(20~30분) 소진되고 그 결과 CO<sub>2</sub> 부족으로 광합성을 못하게 되므로 식물 성장을 지연시키고 품질저하 및 수확량 감소의 원인이 됨
      - 따라서, 온실 재배에서 CO<sub>2</sub>가 부족한 시간에 공기 중 CO<sub>2</sub>농도의 3~5배(1000~1500PPM) 가 되도록 CO<sub>2</sub>를 공급하여 주면 잎, 뿌리 작물에서는 2.4배, 미숙 열매채소(오이, 가지, 피망 등)에서는 2.1배, 완숙 열매채소(토마토, 참외, 딸기 등)에서는 1.4배 정도 증수 효과를 가져오며 품질 향상도 기대 할 수 있음
- 광합성 작용을 원활하게 하기 위해서는 탄산가스(CO<sub>2</sub>)햇빛, 온도, 습도, 풍속 등 지상 부환경과 토양의 관수량, 비옥도 같은 지하 부 환경 요인들이 고루 만족 되어야 함
- 온실 환경 조건하에서 CO<sub>2</sub> 공급으로 충분한 CO<sub>2</sub>환경을 만들어 줌으로써 농업 생산성을 향상 시킬 수 있는 CO<sub>2</sub> 재배법이 일반화 되고 있음

#### 가. CO2 시비분석 실험

- ① 목적 : 화성 퓨처스마트팜과 논산 딸기 농장 딸기재배에서의 DME 가스 연소기를 이용한 온풍 및 탄산가스 시비 효과 분석
- ② 주요측정 항목 : 탄산가스 농도, 시설 내 온도, 딸기의 생육 및 수량 등
- ③ 실험결과
  - DME 연소식 온풍 및 탄산가스 사용에 따른 시험작물의 이상증상은 발생되지 않음
  - 시설내부 탄산가스 농도는 대조구(무시비)가 300~600ppm, 탄산가스 시비는 06시 ~ 10시에 900~1,000ppm으로 높게 유지되었으며, 그 외 시각에서는 대조구와 유사한 분포를 나타냄
  - 탄산가스 시비 후 초장, 엽장, 엽폭, 관부직경, 생체중, 건물중 등 생육변화는 차이가 나타나지 않음
  - 딸기 상품과 수량(kg/10a)은 대조구(무시비) 3,431kg에 비해 탄산가스 시비는 3,925kg으로 대조구에 비해 상품수량 14.4%, 총수량 17.3% 증수

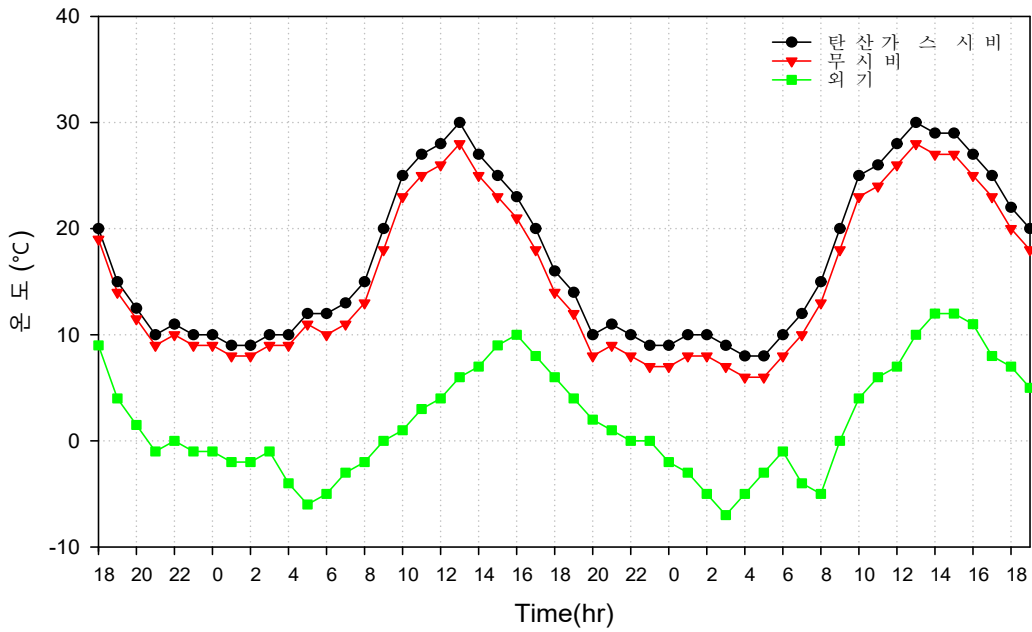


그림 2-35. 일변 온도변화

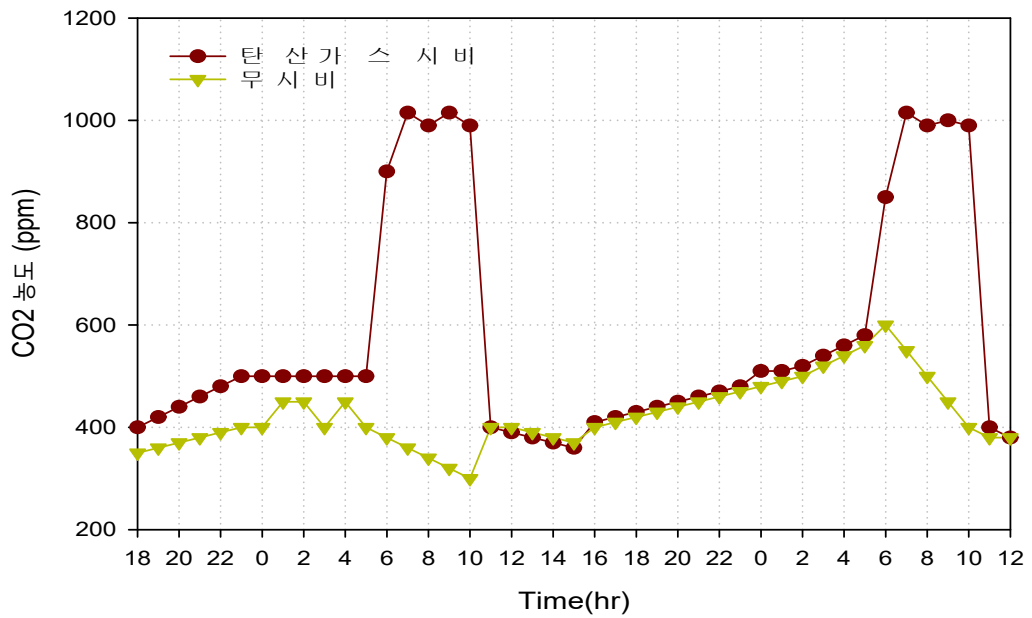


그림 2-36. (평균)탄산가스 농도 변화

표 2.25 생육 특성

탄산가스	엽수 (개)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	관부 직경 (mm)	초장 (cm)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	생체중 (g)	건물중 (g)
시비	7.4	7.2	6.7	17.1	20.6	828	40.2	11.0
무시비	7.5	7.2	6.6	17.0	20.8	818	40.1	10.9

표 2.26 수량 특성

탄산 가스	평균 과중 (g)	주당 상품수량		수량 (kg/10a)		총수량 (kg/10a)	수량 지수
		과수 (개)	과중 (g)	상품과	상품과 지수		
시비	20.2	20.4	436	3,925	114.4	4,360	117.3
무시비	19.5	18.6	382	3,431	100	3,716	100

④ DME 온풍 및 CO2 발생기 성능 시험(자체평가)

- 제어장치 작동 성능 확인
  - 컨트롤 패널에서 CO2 농도 제어 여부 확인

표 2.27 제어장치 작동 성능

시험항목	설정값	단위	표시값		결과
			차단시	재점화시	
CO2 제어	1,000	ppm	1,015	990	정상

- 연소 성능 확인
  - 외부공기 유입 여부에 따라 불완전 연소(황염) 등이 발생하는지 확인

표 2.28 연소 성능

시험항목	결과
외부공기 유입 무	불완전 연소 없음
외부공기 유입 유	불완전 연소 없음

- 온도 측정
  - 토출구로부터 30cm, 50cm에서 온풍 온도 확인

표 2.29 배출 온도 측정

시험항목	결과
토출구로부터 30cm	124℃
토출구로부터 50cm	65.7℃

- CO 측정
  - 토출구로부터 30cm, 50cm에서 CO 농도 확인

표 2.30 배출 CO 측정

시험항목	결과
토출구로부터 30cm	1ppm
토출구로부터 50cm	1ppm

- NOx 측정
  - 토출구로부터 30cm, 50cm에서 NOx 농도 확인

표 2.31 배출 NOx 측정

시험항목	결과
토출구로부터 30cm	11ppm
토출구로부터 50cm	7ppm

- 측정장비
  - Testo 330LX 연소가스 분석기
  - O2, CO, NO Sensor 내장, NOx(Program 계산값)



그림 2-37. 연소가스 측정장비

- 현재까지는 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기의 CO2 공급에 따른 농작물 성장정도, 생육품질 및 생산성 향상에 대하여 자체 실험을 진행하였으나, 공신력을 확보하기 위하여 향후 농촌진흥청 국립원예특작과학원 등 공인된 인증기관에 평가의뢰를 진행할 예정임

## 5. DME 연료 사용 버너 실험

### 가. 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기 성능 시험

#### (1) DME 가스연소식 버너 검증

##### (가) 주요개발내용

- 기존 가스버너(LPG)를 DME용으로 개조

- 버너 노즐 변경
  - LPG 대비 낮은 열량의 DME의 불완전 연소 방지 및 안정적 연소 확보
  - 노즐 분공 경 및 분공 수 변경
    - 노즐의 연료 공급 홀의 크기를 변경하였으나 그 크기의 변화량으로는 기존 연료(LPG) 대비 낮은 열량으로 인하여 불완전 연소가 발생하여 높은 농도의 CO가 발생
    - 노즐의 분공 수를 2배로 확대하고 분공 경을 확대하여 안정적인 연소 특성을 확보
  - 또한 송풍기의 공기 공급 방향을 재설정함으로써 인하여 연소과정에서 불균일한 온도 분포를 개선하여 연통의 중앙부와 상, 하, 좌, 우 부분에서의 균일한 연소 상태를 확보하고 그에 따른 유해가스 발생량을 최소화시킴으로써 인하여 안정성 확보



그림 2-38. 버너 노즐 변경

- 연료 공급 장치 개조
  - DME 연료의 특성(일반 고무의 팽윤 현상)을 반영하여 스테인레스 계열의 호스로 변경
  - 낮은 열량의 DME의 불완전 연소 방지를 위한 연료 공급량 및 공급압력 증대
    - 버너로 공급되는 연료 공급압력 변경(버너에 장착되어 있는 연료공급압력 조절장치의 솔밸브 리프트팅량 조절 및 장착 각도 변경)하는 것은 연료공급량 변경 효과가 적음
    - 그러나 연료 탱크로부터 버너로 공급되는 압력을 증가(2kPa → 4kPa)시킴으로써 안정적인 연소상태 확보 가능
  - 연료 탱크의 잔량 확인을 위한 압력계 설치
- 겨울철 냉시동성 개선
  - DME 연료의 기화특성을 고려하여 안정적인 기화를 위한 가온장치 적용 (0~150℃, 온도설정)
- 자동 ON/OFF 설정
  - 버너 이상 작동에 의한 연료 누출 및 과열방지를 위한 자동 차단장치 적용
  - 시간설정에 의한 자동 ON/OFF 적용

나. 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기 성능 시험



연료압력 레귤레이터 변경



용기 가열 패드 설치



타이머 및 전원공급장치



송풍기 에어가이드



연료 공급 호스 및 용기



시제작품

그림 2-39. 주요 개선 사항

(1) 시험 목적 : 공인인증기관인 한국기계연구원에 의뢰하여 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기의 배출가스 농도(CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, THC)를 전기화학방식 가스 분석기를 이용하여 측정

(2) 시험대상품 및 시험장비 구성

- 시험 대상품 : DME 가스연소식 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기
- 시험장비 구성
  - DME 버너 : 70,000 kcal/hr 급
  - 온풍공급용 송풍기
  - DME 공급 펌프
  - 가스분석기 : MRU (VARIO plus Industrial)

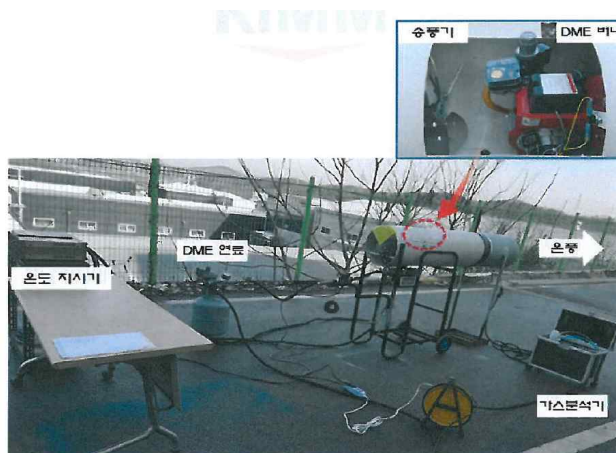


그림 2-40. DME 가스연소식 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기 성능시험

(3) 시험조건 및 방법

- 시험조건
  - 사용연료 : DME(Dimethyl Ether)
  - 연료 공급량 : 8m<sup>3</sup>/hr
  - 연료 공급압력 : 400mmAq
  - 가스분석기 : MRU (VARIO plus Industrial)
- 시험방법
  - DME 가스연소식 온풍 및 CO2 발생기는 농가 하우스 작물 등에 온풍 및 CO2 공급을 위한 용도로 사용된다.
  - 먼저 온풍공급용 송풍기가 작동하고 이어서 DME 버너가 작동하게 된다.
  - DME 가스연소식 온풍 및 CO2 발생기의 작동이 시작되어 약 10분경과 후 배출가스의 온도가 일정하게 유지되는 시점에 CO2 발생기 배출구 끝단에서 약 10cm 전방지점에 분석기 Probe를 삽입하여 아래의 그림에 나타난 바와 같이 중심부를 비롯한 5개 지점에서 배출가스 농도 및 온도를 계측한다.



그림 2-41. 배기가스 농도 및 온도 계측 위치

#### (4) 시험결과

- “(3) 시험조건 및 방법” 에 따른 온풍기 배출가스의 농도 및 온도 계측결과는 다음과 같다.

표 2.32 배출가스 농도 및 계측결과

측정위치	NOx (ppm)	CO (ppm)	THC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	온도 (°C)
1	15	3	17	1.8	17.79	204.8
2	6	1	5	0.8	19.43	131.4
3	6	1	5	0.9	19.49	136.2
4	5	1	0	0.7	19.70	123.1
5	6	1	5	0.9	19.54	136.2

※ 연구개발 목표 NOx 25ppm, CO 25ppm 이하 달성



**시험 성적서**

시험명 : 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기 성능시험  
 시험품 : DME 가스연소식 온풍 및 CO2 발생기 (모델명: BF-DG-70K)  
 - Unisys International -



주요: 1. 이 성적서는 해당 시험품 및 해당 시험방법에만 유효함.  
 2. 성적서는 각 장비다 위변조 방지용 안전인쇄를 보유했음.  
 3. 이 성적서는 지양선 상단 연의 시험품 균하며, 성적서 일부 또는 요인내로 불  
 법을 행위나 광고용으로 사용할 수 없음.



34103 대전시 유성구 가동북로 156번지  
 TEL : 82-42-868-7401 FAX : 82-42-868-7824

**시험 성적서**

KIMM 한국기계연구원		페이지( 2 ) / 총페이지(7)	KIMM-18-1088
1	시험명	청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기 성능시험	
2	의뢰자명 및 주소	[의뢰자] [주소]	
3	제조자명 및 주소	[제조사] [주소]	
4	시험품	1) 품명(모델명)	DME 가스연소식 온풍 및 CO2 발생기 (BF-DG-70K)
		2) 사양	70,000 kcal/hr(max)
5	시험(분석)방법	전기화학분석	
6	시험일자	2018. 12. 6	
7	시험현장	실외	
8	시험결과	별첨	
9	성적서 번호	KIMM-18-1088	
10	성적서 용도	성능인증	
11	기타사항		
12	시험 및 보고 : 관 관 대	공도 및 승인 : 이 대 훈	
	시험실무자 : 관 관 대	기술책임자 : 이 대 훈	

2018. 12. 12

한국기계연구원



2/7

그림 2-42. DME 가스연소식 온풍 및 CO2 발생기 시험성적서

(5) 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기의 안전성 확보 방안

• 유해가스 발생 가능성

- 표 2.32 배출가스 농도 및 측정결과에 나타나듯이 DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기에서 발생하는 유해가스는 NOx, CO, THC로 나타났다.

- NOx는 질소산화물로서 고농도일 경우에는 눈과 호흡기 등에 자극을 주어 기침, 두통, 현기증을 일으킨다.

- CO(Carbon Monoxide, 일산화탄소)는 혈액 중 헤모글로빈과 결합하여 혈액의 산소운반능력을 저하시켜 중추신경에 영향을 미친다.

- THC(Total Hydrocarbon, 총탄화수소)는 대기 중의 산소, 질소 등과 반응하여 여러 종류의 유도체를 생성하기 때문에 인위적 공기오염의 전구물질이라 할 수 있다.

- DME를 이용한 온풍 및 CO2 발생기에서 배출되는 NOx는 2020년 개정 예정인 대기환경보전법에서 규정하는 허용기준 40ppm 보다 낮고, CO는 MSDS(Material Safety Data Sheet)에서 규정하는 TWA(Time Weighted Average, 시간가중 평균 노출 기준) 기준 30ppm 보다 낮으며, THC는 대기환경보전법에서 규정하는 허용기준 40ppm 보다 낮아 배출 허용 기준을 만족함

• 기능의 안전성

- CO2 농도제어는 CO2 센서와 컨트롤러를 연동하여 ON/OFF 및 Timer 적용으로 원하는 시간을 설정하여 ON/OFF 가능

- 불꽃감지기가 설치되어 있어 버너의 불꽃 유무를 확인하여 연료 공급 및 차단 기능으로 안전성을 증대





온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기 CO<sub>2</sub> 컨트롤러  
 그림 2-43. DME 가스연소식 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기와 컨트롤러

- 안전성 확보 방안

- 신규 제조된 청정연료 DME를 이용한 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기의 안전성을 확보하기 위하여 한국가스안전공사의 가스용품 설계단계 검사를 진행할 예정이며, 판매전에 가스용품 생산 단계검사를 실시하여 산업통상자원부령이 정하는 바에 따라 합격표시를 취득하도록 노력하겠습니다

6. 온실 실증 실험, CO<sub>2</sub> 공급 기술 확립 및 현장 실험

- 청정연료 DME가 작물의 성장과 냉각스트레스의 완화에 미치는 영향을 분석하기 위해 상추, 배추, 고추를 이용하여 실험
- 결과자료를 통해 여러 생리학적 요인에 미치는 영향을 분석
  - DME 연소가스 활용 배추, 상추와 고추의 생육 실험
  - 각 실험마다 결과 비교를 위해 DME를 공급하지 않는 대조군 형성
  - DME 연소가스의 공급량에 따른 환경 요인과 성장량의 변화 분석

가. 디메틸에테르(DME) 연소가 그린하우스 내 배추와 상추의 성장에 미치는 영향

(1) 실험 목표

- DME 연소 가스가 온실에서의 상추와 배추 성장에 미치는 영향을 규명

(2) 실험 설계

- 이 실험은 동일한 크기의 온실 3곳(폭 3m, 길이 4m, 높이 2.5m)에서 진행
- 3개의 온실에서 모두 2개의 야채를 심을 수 있는 베드가 있고 한 베드는 상추를 기르고 다른 베드는 배추를 재배

표 2.33 실험 설계(테스트 수행과 데이터 분석 포함)

Greenhouse	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Greenhouse 1 (17 m <sup>3</sup> /min)	Test 1 (0.5hr/day)	Test 2 (1hr/day)	Test 3 (1.30 hr/day)	Test 4 (1.30 hr/day)
Greenhouse 2 (10 m <sup>3</sup> /min)	Test 5 (0.5hr/day)	Test 6 (1hr/day)	Test 7 (1.30 hr/day)	Test 8 (1.30 hr/day)
Greenhouse 3 (No DME)	Test 9	Test 10	Test 11	Test 12

- 각각의 DME가스 유량에 따른 상추와 배추의 성장량, 엽록소함량, CO<sub>2</sub>농도 및 온도를 비교하기 위해 12가지 테스트를 수행

- DME 공급시간은 각각 주차별로 1주차는 하루당 0.5시간, 2주차는 1시간, 3주차는 1.5시간, 4주차는 2시간으로 설정
- 덕트 내의 평균 DME가스 유량은 Greenhouse1은  $17m^3/min$ , Greenhouse2는  $10m^3/min$ , Greenhouse3은 DME가 유입되지 않도록 각각 통제

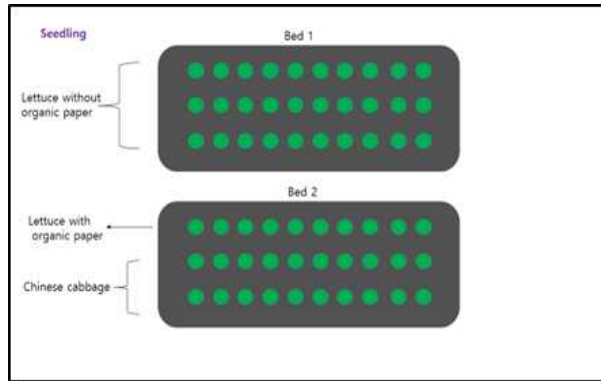


그림 2-44. 채소재배 실험 설계

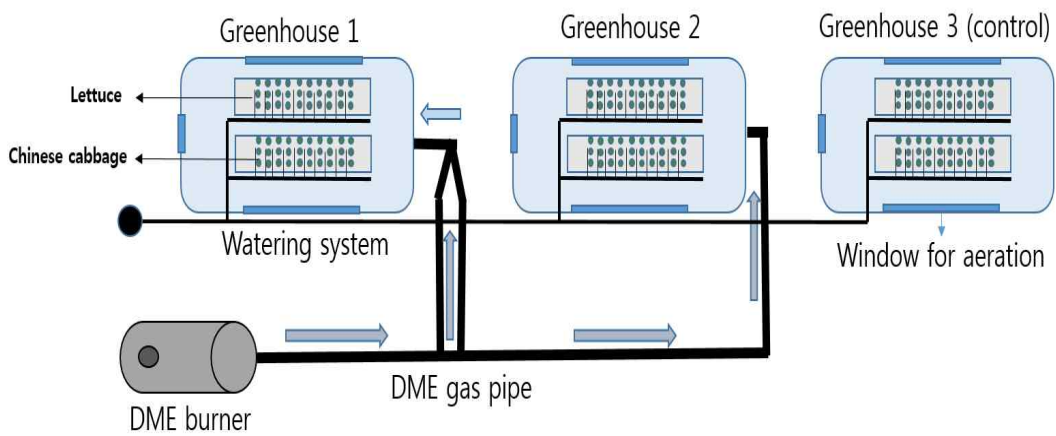


그림 2-45. 온실로의 DME 연소가스(CO<sub>2</sub>) 공급 설계

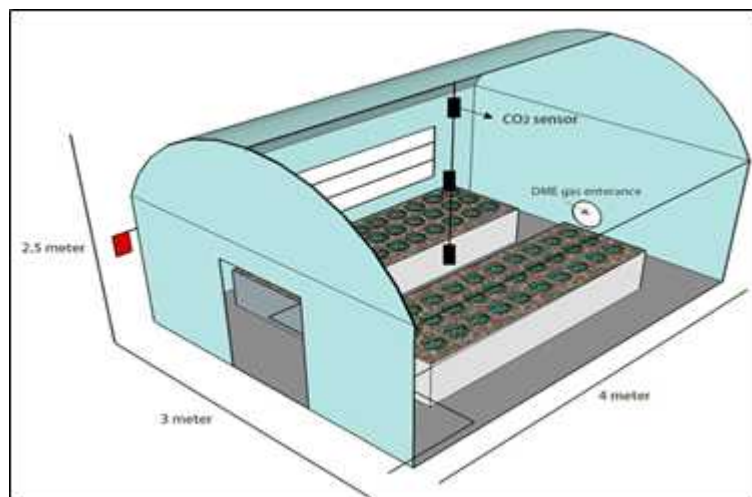


그림 2-46. 실험용 온실 계획도



그림 2-47. DME 연료 CO2 발생기



그림 2-48. DME 연소가스(CO<sub>2</sub>) 공급 경로



그림 2-49. 온실의 급수 시스템

- 온실 3곳 모두 급수량 동일
- 물은 온실의 급수 시스템 그림과 같이 각각의 작물에 바늘형태의 관으로 공급
- 물을 주는 시간은 모든 온실에서 하루에 2분으로 설정
- 공기 공급을 위해 측면의 창문은 오전 9시에 개방, 온도유지를 위해서 오후6시에 폐쇄

### (3) DME의 물리적인 특성

- 디메틸에테르는  $CH_3OCH_3$ 의 화학식을 가진 가장 단순한 에테르

- DME는 무색의 천연 가스의 일종으로, 무독성과 생분해성 합성 연료로, 청정 연료로 알려져 있음
- DME의 물리적 특성은 프로판이나 부탄과 비슷
- DME는 가시적은 파란색 불꽃으로 연소하며, 순수상태에서는 과산화 되지 않음<sup>10)</sup>

표 2.34 디메틸에테르(DME)의 물리적 특성

Formula	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
Molecular weight (g mol <sup>-1</sup> )	46.07
Density (g cm <sup>-1</sup> )	0.661
Normal boiling point (°C)	-24.9
Carbon Content (wt%)	52.2
Hydrogen content (wt%)	13
Oxygen content (wt%)	34.8

\*Density at P=1 atm and T= -25°C

표 2.35 DME Gas Burner의 사양

Items	Specification
Quantity of energy (kcal / h)	40000
Rotational frequency of motor (rpm)	1495
Output of motor (W)	200
Quantity of flow (m <sup>3</sup> / min, CFM)	1060
Diameter of outlet (mm)	400
Length of burner (mm)	1360

- 가스농도 점검하기 위해 DME 연소 중에 20L용량의 플라스틱 백에 공기샘플을 수집
- 채취 당일, 샘플을 한국산업기술시험원(KTL)에 제출하였고, ISO 6974-6표준법에 따라 기체농도 측정
- 시험 환경은 온도 20.0±5°C, 상대습도 50±20%

표 2.36 DME 연소 중의 가스 농도

Gases (unit)	Amount
CO <sub>2</sub> μmol/mol(ppm)	3316.1
H <sub>2</sub> μmol/mol(ppm)	0.7
CO μmol/mol (ppm)	11.6
CH <sub>4</sub> μmol/mol(ppm)	1.7
O <sub>2</sub> cmol/mol(%)	21.3
N <sub>2</sub> cmol/mol (%)	77.8

#### (4) 상추와 배추 재배

- 시장에서 상추와 배추씨앗을 구매 후 파종을 위해 구매한 트레이에 씨앗을 파종
- 3주후, 각각 30개의 상추와 배추가 성장한 후, 아래 그림과 같이 온실의 두 개의 베드에 각각 이식

10) Semelsberger et al., 2005

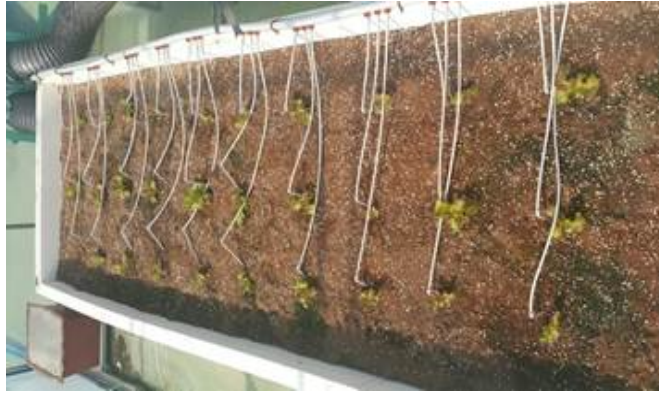


그림 2-50. 온실로 상추 이식

(5) 데이터 수집 및 분석

- 이산화탄소, 온도, 습도는 3개의 다른 위치에 설치된 전기화학적 센서인 ‘Lutron MCH-383SD’ 에 의해 측정
- ‘Lutron MCH-383SD’ 는 날짜, 시간 간격을 기록할 수 있도록 장착되며, 이 데이터를 저장할 수 있는 메모리 카드가 있으며 10분 간격으로 데이터를 확인하고, 추가 분석 및 해석을 위해 기록된 데이터를 평균화 함
- 하부 센서는 바닥에서 0.3m 높이에 맞춰져 있으며, 이는 베드의 식물 높이와 동일



그림 2-51. 전기화학적 센서

- 엽록소는 ‘SPAD 502’ 엽록소 측정기를 사용해 측정
- 분석을 위해 각 작물들의 평균 데이터를 취합
- 데이터는 매주 3개의 온실에서 수집



그림 2-52. 엽록소 측정기

- 마지막 실험 시에 온실 1, 2, 3에 있는 각 식물의 잎과 뿌리의 건조 전의 무게와 건조 후 무게를 비교
- 건조 전의 무게는 전체 식물로 측정되었으나, 많은 수의 잎과 상추와 배추의 크기를 고려하여 각각 작물들의 5장의 큰 잎으로 마른 잎의 무게분석을 진행
- 뿌리는 흙을 제거한 후 따로 분류
- 80°C에서 24시간 동안 오븐 건조기에서 말리는 방식으로 건조 하였으며, 건조 전, 후의 잎과 뿌리의 무게는 전자저울로 측정



그림 2-53. 건조 전 무게 측정

(6) 통계학적 분석

- 통계 분석은 ‘ 프리즘 5 그래프 패드 프로그램’ 을 사용하여 수행
- 데이터는 평균(SEM)으로 제시되었고, 단방향 분산 분석으로 분석되었으며, 유의도  $P < 0.05$  수준의 Bonferroni's Multiple Comparison Test를 따름

(7) 결과 및 논의

(가) 이산화탄소

- 첫 날 테스트는 온실의 이산화탄소의 패턴을 산출

- 아래 그림은 각각 DME가스가  $17m^3/min$ ,  $10m^3/min$  공급되는 2개의 온실과 가스가 공급되지 않는 1개의 온실, 총 3개의 온실의 이산화탄소 패턴을 나타냄
- 온실 1과 2에서 DME burner가 오전 6시부터 30분 동안 작동하면서 이산화탄소도 급격히 증가
- $17m^3/min$ 와  $10m^3/min$ 의 DME를 공급한 온실의 최대 이산화탄소 농도는 각각 1380ppm과 940ppm 으로 기록
- 이러한 결과로부터, DME를 운영함에 따라 온실 내부의 이산화탄소 농도가 상당히 증가한다는 것이 명확히 관찰됨

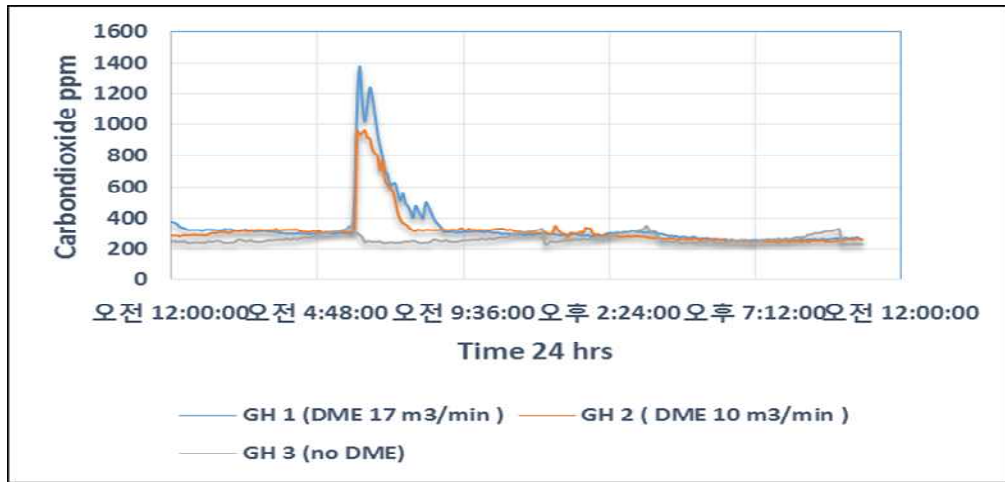


그림 2-54. 3개의 온실에서 하루 동안 이산화탄소 농도

(나) 건조 전·후 상추와 배추 무게

- 온실 1과 3은 흥미로운 결과가 관찰되었지만, 온실 1과 2는 결과가 큰 차이가 없음
- 건조 전 작물의 가장 높은 중량은 DME공급량이  $17m^3/min$ 인 온실 1의 작물이고, 그 다음은 DME를  $10m^3/min$  공급시킨 온실2, 제일 낮은 중량은 결과 대조를 위해 DME를 공급하지 않은 온실3임
- DME를 온실에 공급함으로써 생산량을 크게 증가시킴

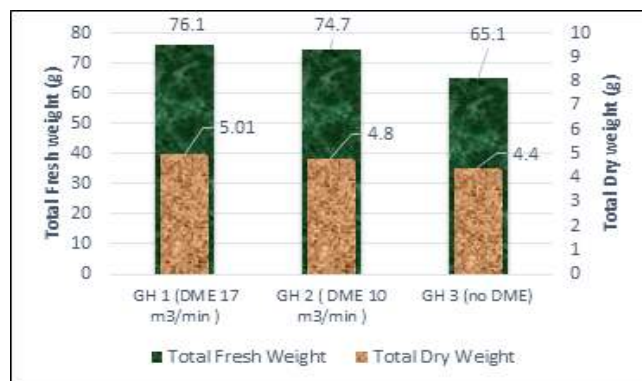


그림 2-55. 3개 온실의 상추의 건조 전·후 평균 중량



그림 2-56. 3개 온실의 배추의 건조 전·후 평균 증량



그림 2-57. 연구 종료 시 상추와 배추

(다) 상추와 배추의 엽록소 함량

- 엽록소 함량의 결과는 3개 온실에 있는 베드의 각 라인의 작물을 측정된 평균으로 제시
- 이전 연구에서 이산화탄소가 식물의 엽록소 함량을 증가시킨다는 것을 보여주었기 때문에 예상대로 온실 1에서 가장 높은 농도의 엽록소가 측정
- 온실 1의 작물은 온실 3의 작물보다 약 15% 더 많은 엽록소를 가지고 있음 따라서 이러한 결과는 온실에서의 DME 연소가스(CO<sub>2</sub>) 공급이 식물의 성장에 효과적일 수 있다고 제안함

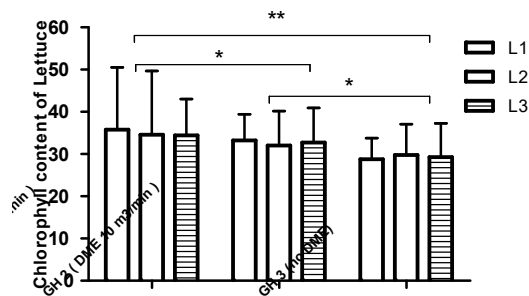


그림 2-58. 각 온실의 상추 엽록소 농도



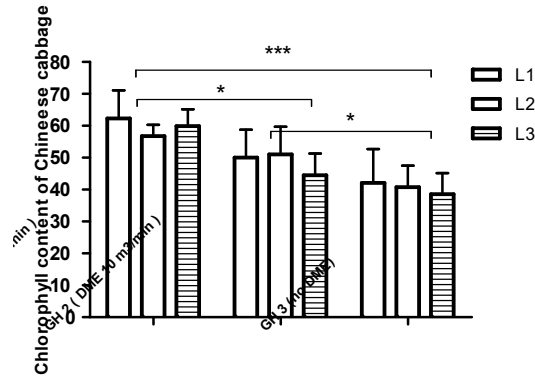


그림 2-59. 각 온실의 배추 엽록소 농도

나. DME 연소가스(CO<sub>2</sub>) 공급을 통한 온실의 환경요소 제어가 고추의 냉각 스트레스 완화에 미치는 영향

(1) 실험 목표

- 온실 제어 시스템에 DME를 공급함으로써 발생하는 온도 및 CO<sub>2</sub>의 패턴변화를 산출
- DME가 생리학적 변수들과 토양 함수량에 미치는 영향 알아내고, 각각의 3가지 처방(DME-1, DME-2, DME-3)의 효능을 비교하여, 적절한 DME공급 비율을 선정
  - 본 연구 결과는 고추 농업인들에게 냉각 스트레스 완화를 통해 최대 생산량을 얻을 수 있도록 지침을 제공

(2) 실험 장소

- 본 실험은 2018년, 주위 매개변수들을 기록해주는 자동 제어 시스템이 설치된 3개의 온실에서 수행
- 동일한 치수의 3개의 온실을 사용했고, 각 온실의 크기는 폭 3m, 길이 4m, 높이 2.5m 임
- 온실 내 온도 변화범위는 5.7~30.3C이고, CO<sub>2</sub>농도 변화범위는 302~415ppm이며 평균값은 온도는 16.40C, CO<sub>2</sub> 농도는 365.2ppm임



그림 2-60. 자동제어 시스템 장비

(3) 실험 설계

- DME-1과 DME-2는 덕트 내 평균 DME 유량에 따라 구성되었으며, 온실 1(DME-1)과 온실 2(DME-2)는 평균적으로 각각 17.4m<sup>3</sup>/min, 10.2m<sup>3</sup>/min의 DME가 매일 오전6시부터 1시간동안 공급
- 하지만 온실 3(DME-3)의 경우 대조를 위해 DME가 공급되지 않도록 통제
- 3개의 온실에는 각각 2개씩의 고추를 재배할 수 있는 베드가 구비되어있으며 환기를 위해, 온실 창문은 매일 오전 10시부터 오후 6시 사이 실내온도를 고려하여 개방함

(4) 작물관리

- 작물을 관리함에 있어서 각 온실에 일정한 비율의 DME가스를 공급
- 작물이 성장함에 따라 각각 기준에 맞게 다른 양의 비료를 사용
- 빠짐없이 급수를 해주며, 식물마다 같은 급수량을 지키고, 특히 작물과 뿌리에 세심한 관심을 기울임

표 2.37 작물(고추)관리 상세내용

Parameter	Practice
Plantation area	Greenhouse
Planting method	Seedling
Date of seedling	2 February, 2018
Plant population per pot	1
Row spacing at seedling stage	3 cm
Seedling depth	1 cm
Transplant of seedling	No
Fertilizer (N-P-K) application ratio	5-5-5
	5-10-10
Application of irrigation	5 min/day by sprinkler irrigation system
Application of pesticides	No
Application of herbicides	No

N: Nitrogen; P: phosphorus; K: potassium



그림 2-61. 실험용 온실 3동

(5) 데이터 수집

- 작물이 발아한 후, 정기적으로 작물들을 조사하여 생리적 변수와 DME처방에 따른 패턴변화를 관찰

- 발아 후 20일 뒤 각 온실에서 20개의 작물을 무작위로 채취하여 8주간 각 처방에 따른 뿌리와 싹의 길이, 잎의 면적, LAI, 토양 함수량을 측정
- 표본 작물들의 뿌리와 싹의 길이는 자(미터)를 이용하여 측정하였으며, 작물의 건조 전·후의 중량은 전자저울(model- FX-300iWP)과 건조오븐(model- 5E Series Drying Oven)을 이용하여 측정
- 작물의 건조중량을 측정하기 위해 24시간 동안 80°C를 유지하였고, 토양 함수량을 측정하기 위해서는 같은 80°C를 48시간 동안 유지
- LAI를 결정하는 데 필수적인 잎 면적을 추정하기 위해, Leaf Area Meter(Model Portable Laser CI-202, CID Bio- Science, USA)를 이용
- LAI, RGR 및 NAR은 일정한 시간 간격 내에 있는 잎 면적, 작물 건조중량에 따른 공식을 이용하여 계산되었으며, 통계적 기준이 된 데이터는 유의수준 P<0.05의 샘플을 반복 없이 무작위로 선정했을 때의 변화량 분석을 포함하여 산출
- 실험 데이터 평균값 사이의 주요 차이점은 사후 Tukey' s HSD test를 통해 검증
- 모든 통계적 계산은 Statistix10과 사회과학용 통계 패키지(SPSSVersion:22.0.0.0)를 통해 수행

$LAI = (\text{Area of leaf coverage per plant}) / (\text{Area of soil covered per plant})$

$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$

Where,

$W_2 = \text{Weight of dry matter (g) at time } t_2$

$W_1 = \text{Weight of dry matter (g) at time } t_1$

$t_2 - t_1 = \text{The time interval in days}$

$NAR = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) \times ((\ln A_2 - \ln A_1) / (A_2 - A_1))$

Where,

$A_1$  and  $A_2$  are the leaf areas recorded in  $\text{cm}^2$  and  $W_1$  and  $W_2$  are the total dry matter in gram at time  $t_1$  and  $t_2$

## (6) 결과 및 논의

### (가) 온도와 이산화탄소의 패턴

- 온도와 이산화탄소등의 환경적인 요인들은 작물성장의 전반에 걸쳐 매우 중요
- 실험 시작단계에서, 각각 DME 공급량이 다르기 때문에 이산화탄소농도와 온도의 변화패턴을 조사
- 실험 4개월 간 하루 동안 온도 및 이산화탄소의 평균값 데이터를 통해 매일 아침 6시에서 8시 사이 DME를 17.4  $\text{m}^3/\text{min}$ (온실1)과 10.2  $\text{m}^3/\text{min}$ (온실2)만큼 처리하였을 때 이산화탄소농도는 대조군(온실3)에 비해 각각 290%와 205%가량 증가했고, 온도는 온실1은 5.5°C, 온실2는 3.5°C가량 상승하였음

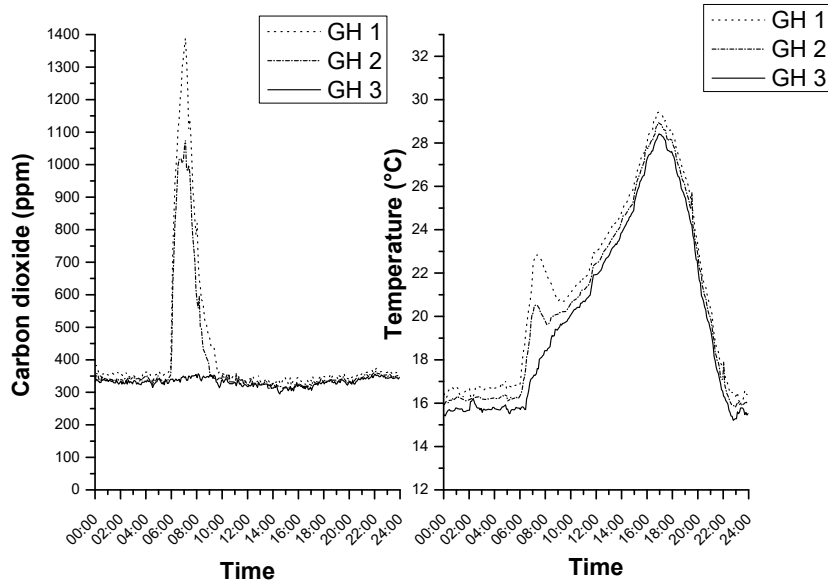


그림 2-62. 이산화탄소 농도와 온도의 변화 평균값

(나) 작물 성장수준

- 작물의 성장수준은 DME-1이 다른 두 처방법 보다 높은 수치로 측정
- 8주의 고추 성장 과정에서 평균(±sd) 작물 성장수준(mm)은 DME-1, DME-2 그리고 DME-3 각각  $272 \pm 3.83$ ,  $264 \pm 5.19$ ,  $255 \pm 7.64$ 이며, 이러한 차이는 DME-1, DME-2 및 DME-3 간에 작물 성장수준 차이로 ( $p < 0.05$ ) DME 공급비율이 식물 성장에 영향을 미친다고 판단됨
- 시간이 경과함에 따라, 식물 성장수준은 상당한 비율로 증가
- 모든 처방에서 1주일 이 지날 때마다 작물의 성장수준이 지속적으로 증가( $P < 0.05$ )
- 8주 동안 DME가 온실 1에서 평균유량  $17.4 \text{ m}^3/\text{min}$ 만큼 공급되었을 때, 대조군에 비하여 줄기부분과 뿌리부분의 성장률이 각각 2.79~10.12%, 2.76 ~ 5.84%의 범위로 두드러지게 증가했고, 온실 2에서  $10.2 \text{ m}^3/\text{min}$ 만큼 DME가 공급되었을 때 줄기와 뿌리의 성장률은 각각 4.3%, 3.37%만큼 증가

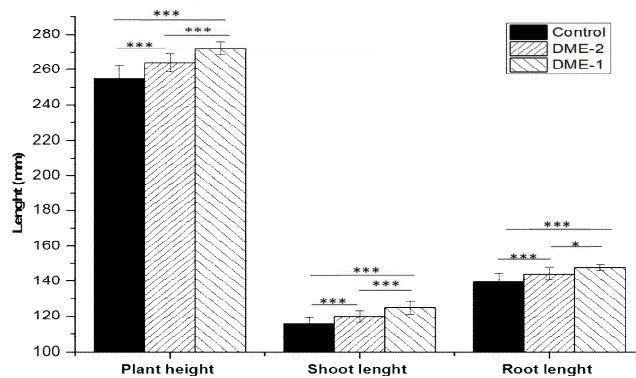


그림 2-63. 3개의 온실에서의 매주 식물 높이, 뿌리 길이, 사출 길이 및 잎 면적 지수 평균값과 SE

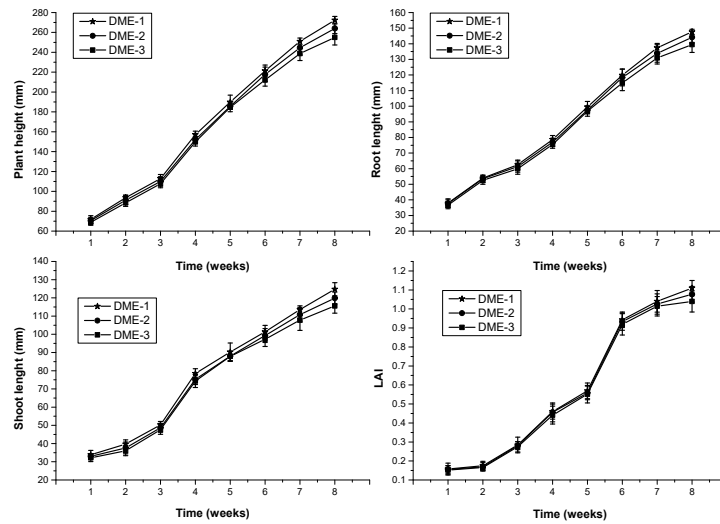


그림 2-64. 3개의 온실에서 각각 다른 3가지 DME 처방 8주 후 작물 길이, 뿌리 길이 및 줄기부분 길이의 평균값과 SE(n=20)

표 2.38 DME 공급량과 줄기부분, 뿌리부분 작물전체 길이 변화량 비교

PP	Group		MD	P-value	95% confidence interval	
					LB	UP
Shout length	DME-1	DME-2	4.8500	0.000	2.0924	7.6076
	DME-1	DME-3	9.2000	0.000	6.4424	11.957
	DME-2	DME-3	4.3500	0.001	1.5924	7.1076
Root length	DME-1	DME-2	3.4500	0.013	0.6236	6.2764
	DME-1	DME-3	8.1500	0.000	5.3236	10.976
	DME-2	DME-3	4.7000	0.001	1.8736	7.5264
plant height	DME-1	DME-2	8.3000	0.000	3.9071	12.692
	DME-1	DME-3	17.350	0.000	12.957	21.742
	DME-2	DME-3	9.0500	0.000	4.6571	13.442

PP: Physiological parameters; MD: Mean difference; LB: Lower bound; UP: upper bound

\* The mean difference is significant at the 0.05 level

(다) 잎 면적과 LAI(Leaf Area Index)

- 서로 다른 비율의 DME 공급은 성장기의 잎 면적과 LAI에 큰 영향을 미침
- DME-1 처방의 경우 1주차에는 잎 면적과 LAI 수치가  $2.52\text{cm}^2$ 과 0.16이었지만, 8주차에는 각각  $17.75\text{cm}^2$ 과 1.11로 측정됨
- DME-2의 값은 1주차에서는  $2.45\text{cm}^2$ 와 0.155에서 8주차  $17.24\text{cm}^2$ 와 1.08로 증가
- DME-3의 값은  $2.44\text{cm}^2$ 와 0.15에서  $15.05\text{cm}^2$ 와 1.04로 증가
- 따라서 높은 수치의 잎 면적과 LAI는 DME-1, DME-2에서 얻었으며, 최소 잎 면적과 LAI는 DME-3에서 관찰됨
- 실험데이터에 대한 통계적 분석의 결과, DME의 공급으로 잎 면적과 LAI가 상당히 증가함 ( $p < 0.05$ )

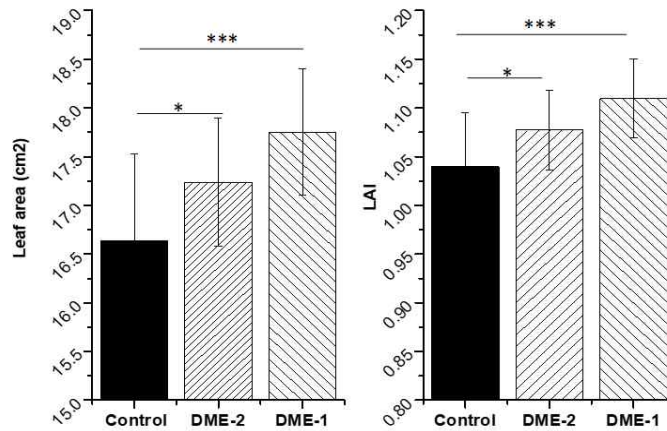


그림 2-65. 3가지 DME처방에 따른 3개 온실의 각각 잎 면적과 LAI의 평균값과 SE(n=20)

표 2.39 DME 공급량에 따른 잎 면적과 LAI수치 비교

PP	Group		MD	P-value	95% confidence interval	
					LB	UP
Leaf area	DME-1	DME-2	0.5159	0.079	-0.0473	1.0791
	DME-1	DME-3	1.1166	0.000	0.5535	1.6799
	DME-2	DME-3	0.6008	0.034	0.0376	1.1640
LAI	DME-1	DME-2	0.0322	0.079	-0.0029	0.0674
	DME-1	DME-3	0.0697	0.000	0.0345	0.1049
	DME-2	DME-3	0.0375	0.034	0.0023	0.0727

(라) 작물의 건조 전,후 중량

- DME 공급량의 수준은 DME-1의 건조 전 무게에 의미 있는 영향을 끼쳤지만( $p < 0.05$ ), DME-1과 DME-2사이의 차이는 통계적으로 의미가 있지 않음( $p > 0.05$ )
- 실험 8주차, DME-1, DME-2, DME-3의 건조 전 작물의 가장 높은 평균중량은 각각 3.80g, 3.75g, 3.69g으로 기록
- 따라서 DME-1은 DME-2와 DME-3에 비해 건조 전 중량이 상당히 높게 유지됨
- 건조 후의 가장 높은 평균중량은 DME-1과 DME-2에서 각각 0.571g과 0.532gm이었고, DME-3에서 0.478g임

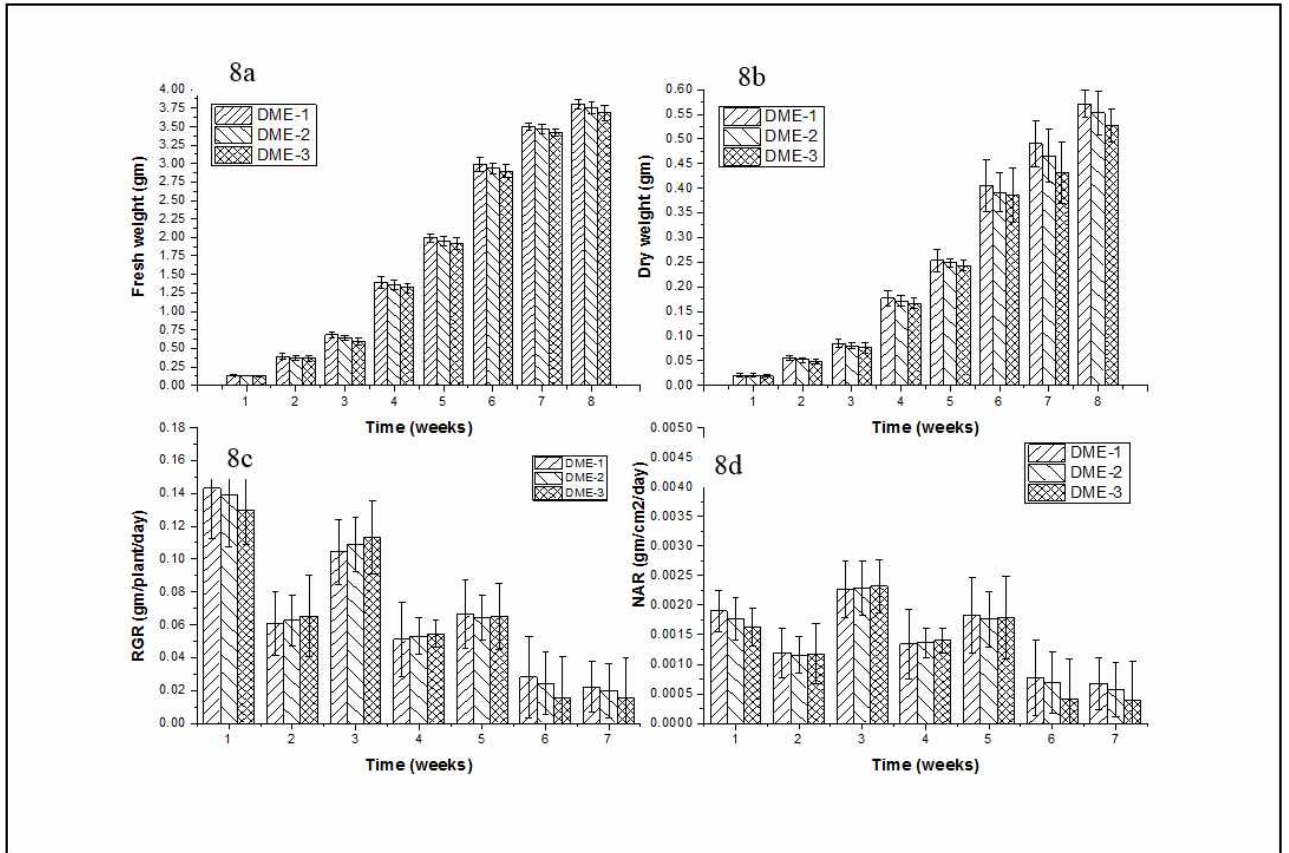


그림 2-66. 3가지 DME 연소가스 처방에 따른 3개의 온실의 고추 건조 전, 후 중량, RGR, NAR의 평균값과 SE (주별 분류)

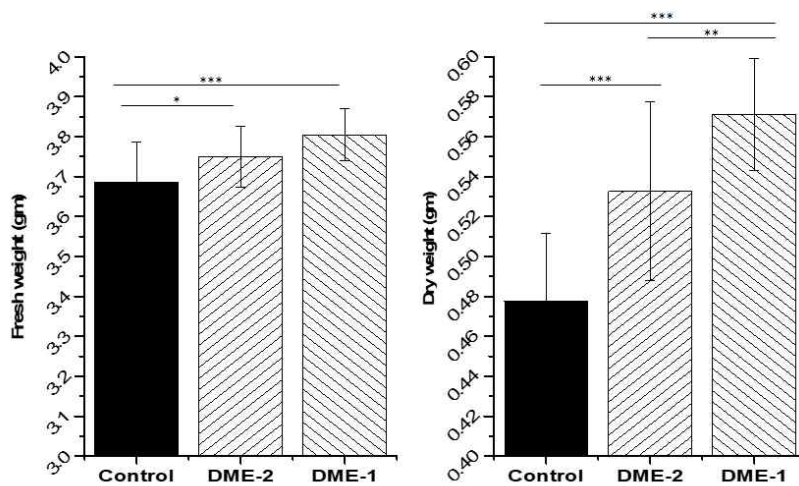


그림 2-67. 3가지 DME처방에 따른 3개 온실의 각각 건조 전, 후 중량의 평균값과 SE(n=20)

표 2.40 DME 연소가스 공급량에 따른 건조 전·후 중량 변화 비교

PP	Group		MD	P-value	95% confidence interval	
					LB	UP
Fresh weight	DME-1	DME-2	0.0545	0.095	-0.0074	0.1164
	DME-1	DME-3	0.1185	0.000	0.0565	0.1804
	DME-2	DME-3	0.0640	0.041	0.0020	0.1259

Dry weight	DME-1	DME-2	0.0384	0.004	0.0108	0.0660
	DME-1	DME-3	0.0934	0.000	0.0658	0.1210
	DME-2	DME-3	0.0549	0.000	0.0274	0.0825

PP: Physiological parameters; MD: Mean difference; LB: Lower bound; UP: upper bound

\* The mean difference is significant at the 0.05 level

(마) RGR (Relative growth rate) 과 NAR (net assimilation rate)

- RGR 및 NAR의 값들은 DME 공급량에 영향을 받은 것에 대해 통계적으로 의미가 있는 않음( $p > 0.05$ )
- DME-1의 작물에 대한 RGR 값의 범위는 최소 0.022g/day에서 최대 0.143g/day로 측정됨
- DME-2의 작물에 대한 RGR 값의 범위는 최소 0.0197g/day에서 최대 0.139까지 다양했으며, 대조군인 DME-3에서는 범위가 최소 0.0155g/day에서 최대 0.13g/day로 측정됨

표 2.41 DME 연소가스 공급량에 따른 RGR과 NAR 변화 비교

PP	Group		MD	P-value	95% confidence interval	
					LB	UP
RGR	DME-1	DME-2	-0.0026	0.900	-0.0120	0.0174
	DME-1	DME-3	0.0068	0.511	-0.0079	0.0215
	DME-2	DME-3	0.0041	0.779	-0.0106	0.0188
NAR	DME-1	DME-2	0.0001	0.795	-0.0002	0.0005
	DME-1	DME-3	0.0002	0.235	-0.0001	0.0006
	DME-2	DME-3	0.0001	0.581	-0.0002	0.0005

PP: Physiological parameters; MD: Mean difference; LB: Lower bound; UP: upper bound

\* The mean difference is significant at the 0.05 level.

(바) 토양함수량

- 급수 관리는 생리적 변수에 미치는 영향이 상당히 달랐기 때문에 고추의 전체적인 성장 과정에서 굉장히 중요한 요소임
- 토양의 함수량은 DME 연소가스 공급량에 대해 영양을 받지 않는다는 것을 관찰하였음
- 수분 함량은 온실 1의 경우 76.5~81.78%이며, 온실 2는 76.6~81.97%, 온실 3은 76.6%~81.28%임
- 실험 결과에 나타난 것처럼 관개 수위가 동일하고, 실험 기간 내에 각 포트별로 토양 함수량이 거의 흡사하였으므로, 수분함량이 각각에 온실의 작물 성장에 영향을 미치지 않음

표 2.42 DME 연소가스 공급량에 따른 토양 함수량 비교

Parameter	Group		MD	P-value	95% confidence interval	
					LB	UP
SMC	DME-1	DME-2	0.7708	0.384	-0.6232	2.1650
	DME-1	DME-3	0.7425	0.411	-0.6515	2.1367
	DME-2	DME-3	-0.0283	0.999	-1.4224	1.3658



SMC: Soil moisture content; MD: Mean difference; LB: Lower bound; UP: upper bound

\* The mean difference is significant at the 0.05 level

표 2.43 DME 연소가스 공급량에 따른 각각의 생리적 변수 변화 비교

Parameters	Group	df	Mean Square	F-value	P-value
Shoot length	Between groups	2	423.61	32.25	0.000
	Within groups	57	13.132		
Root length	Between groups	2	334.71	24.264	0.000
	Within groups	57	13.795		
Plant height	Between groups	2	1506.05	45.193	0.000
	Within groups	57	33.325		
Fresh weight	Between groups	2	0.070	10.625	0.000
	Within groups	57	0.007		
Dry weight	Between groups	2	0.044	33.585	0.000
	Within groups	57	0.001		
Leaf area	Between groups	2	6.248	11.405	0.000
	Within groups	57	0.548		
LAI	Between groups	2	0.024	11.405	0.000
	Within groups	57	0.002		
RGR	Between groups	2	0.000	0.627	0.538
	Within groups	57	0.000		
NAR	Between groups	2	0.000	1.374	0.261
	Within groups	57	0.000		
SMC	Between groups	2	3.821	1.139	0.327
	Within groups	57	3.356		

\* The mean difference is significant at the 0.05 level

#### 다. 결론

이 연구에서 우리는 DME 연소가스 공급이 이산화탄소뿐만 아니라 수확량도 증가 시킨다는 결론을 내렸다. 17 m<sup>3</sup>/min의 DME 연소가스 공급은 (폭 3m, 길이 4m, 높이 2.5m)의 온실에서 양상추와 배추의 성장에 유용했다. 또한 차가운 기후 조건에서 DME가 식물 높이, 잎 면적 및 LAI, RGR, NAR, 생체중 및 건조 중량에 미치는 영향이 높은 수확량의 온실 재배 고추를 얻기 위해 매우 중요함을 보여준다.

DME 적용률은 식물의 높이, 뿌리와 싹의 길이, 잎의 면적과 LAI, 식물의 생체중과 건조중량에 중요한 영향을 미친다. 또한, 각각의 DME 처리에 대한 식물의 생체중과 건조중량 간에 중요한 선형 관계가 발견되었다.

DME 연소가스 투입에 따른 생체중과 건조중량이 강한 상관관계를 갖는다는 것은 온실 내 겨울작물의 잠재적 적합성을 나타내는 지표이며 작물 모델에 적용 될 수 있다.

농업경영자들과 연구원들이 농업에 DME를 적용한다는 새로운 의사 결정을 선택하기 위해, 극도로 추운 온실에서 생리적 변수에 대응하여 수확량을 개선하는 것은 중요하다. 또한, 본 연구는 온실 내에서 DME 가스 온풍 및 CO<sub>2</sub> 발생기를 이용한 농작물의 성장성과를 측정하는 추가 실험의 범위를 만들어냈다.

차가운 기후 조건에서도 DME 연소가스가 식물 높이, 잎 면적, LAI, RGR, NAR, 생체중 및 건조 중량에 미치는 영향이 온실에서의 고추 수확량에 큰 영향을 미치는 것을 알았다. 그러나 성장성과 다른 온실효과를 비교하기 위해서는 다양한 품종을 이용한 추가적인 실험과 다른 영양소 조절이 필요하다. 또한 특정 작물에 대한 DME 연소 가스의 정확한 비율을 정량화하는 것은 필수적이며 이는 식물 성장을 개선하고 수확량을 향상시키는 데 도움이 될 수 있다.

## 2-2-2. ICT 기술기반으로 시설농가 온실 에너지통합제어시스템 시제품 개발

### 1. 모니터링 및 제어용 ICT 기술기반 통합제어시스템 컨트롤러 개발

#### 가. 연구개발 내용

##### (1) PC 응용프로그램 개발

- 모니터링 기능 개발 : 센서정보 및 센서별 Log 모니터링, 창 개폐상태 정보, 주변기기 작동 여부 정보
- 원격제어 기능 개발 : Cloud기반에서 창 제어, 유동 팬 작동 제어, CO<sub>2</sub> 발생기 제어
- 설정정보 관리 : 설정정보 조회 및 갱신

##### (2) 안드로이드 앱 개발

- 모니터링 기능 개발 : 센서정보 및 센서별 Log 모니터링, 창 개폐상태 정보, 주변기기 작동 여부 정보
- 원격제어 기능 개발 : Cloud기반에서 창 제어, 유동 팬 작동 제어, CO<sub>2</sub> 발생기 제어
- 환경설정 기능 : 접속환경 설정, 앱 설정

#### 나. 연구수행 내용 및 결과

- 농장에 영향을 주는 외부 환경에 대한 정보인 외부 환경 정보 및 농장 현지에 설치되는 센서 유니트가 측정한 정보인 내부 환경 정보를 입력받는 메인 서버 유니트와, 메인 서버 유니트와 원거리 통신으로 연결되고 메인 서버 유니트로부터 제어 명령을 입력받아 농장에 설치되는 환경 조절 유니트를 제어하는 제어 유니트로 구성
  - 메인 서버 유니트는 클라우드 시스템으로 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보 등이 저장
  - 메인 서버 유니트는 제어 유니트, 단말 유니트, 외부 서버와 원거리 통신으로 연결되

고, 통신 연결된 장치들과 정보 데이터 또는 환경 조절 유니트의 작동 명령을 송수신

- 메인 서버 유니트는 제어 유니트, 단말 유니트, 외부 서버와 유선 또는 무선으로 통신 연결되는 서버 통신부와, 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보를 저장하는 정보 저장부와, 정보 저장부에 저장된 정보를 근거로 환경 조절 유니트의 제어 명령을 산출하는 제어 산출부와, 내부 환경 정보, 외부 환경 정보에 대한 환경 통계 정보를 산출하는 통계 산출부로 구성

- 서버 통신부는 제어 유니트, 단말 유니트, 외부 서버와 유선 또는 무선으로 통신 연결되며, 상황에 따라서, 센서 유니트, 환경 조절 유니트와 통신이 연결됨

- 단말 유니트는 사용자가 원거리에서 농장의 상태를 모니터링하거나 농장에 마련되는 환경 조절 유니트를 원격으로 제어하기 위한 장치로서 PC(Personal Computer), 스마트폰을 통해서 메인 서버 유니트에 저장된 정보를 열람하거나 농장의 실시간 상태를 모니터링

- 센서 유니트는 농장 시설 내부의 온도, 습도, 조도 및 이산화탄소를 측정하는 센서와 농장 시설을 촬영하는 카메라로 구성

- 환경 조절 유니트는 이산화탄소 발생기, 윈도우 제어부, 유동팬부 및 급수부를 제어

- 외부 서버는 외부 환경 정보를 메인 서버 유니트에 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조시간, 일조량, 산불, 지진, 태풍, 병충해 등 기후 변화로 인한 환경 정보와 돌발적 또는 비주기적으로 발생하는 재해 정보를 제공

- 제어 유니트는 환경 조절 유니트 및 센서 유니트와 무선 통신으로 연결되고, 환경 조절 유니트 및 센서 유니트와의 통신 연결 상태 정보를 메인 서버 유니트에 송신

- 제어 유니트는 통신 게이트웨이 기능을 하는 통신 모듈과, 농장 시설 현장에서 직접 환경 조절 유니트를 제어할 수 있는 제어 모듈로 구성

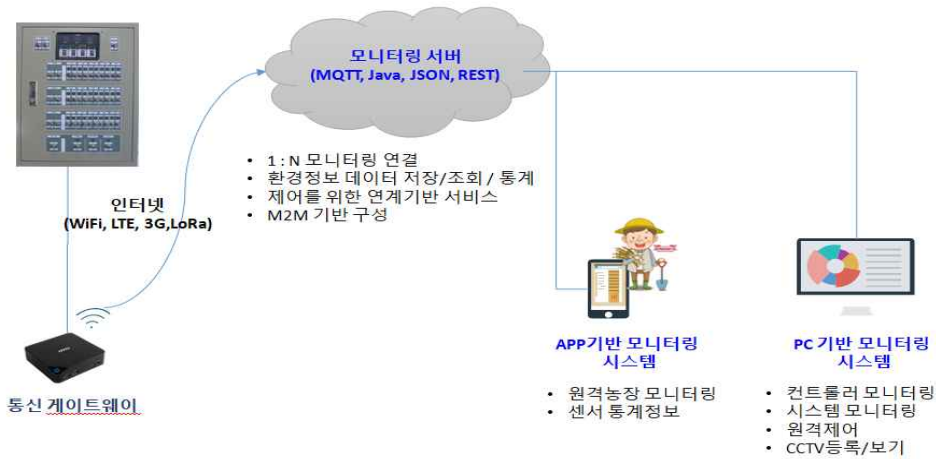


그림 2-68. 시스템 구성도

- 모니터링 시스템은 PC를 이용하는 Web 기반 모니터링 시스템과 스마트폰을 이용하는 App 기반 모니터링 시스템(안드로이드 앱)으로 개발

- “무선환경 노드#1”에는 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서의 센서 유니트가 연결된 상태이며, “전과 세기”는 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서가 제어 유니트에 연결된 통신 상태를 의미함

- 제어 명령은 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 중 하나 이상의 물리량의 목표 값을 설정하는 자동 제어 명령과, 환경 조절 유니트의 구동을 직접적으로 제어하는 수동 제어 명령

이 포함

- 제어 산출부는 환경 조절 유니트의 작동 주기, 구동 시간, 구동 시작 시각, 구동 종료 시각에 대한 정보를 단말 유니트로부터 입력받아 제어 유니트로 전달

- 환경 조절 유니트가 제1 환경 조절부 및 제2 환경 조절부를 포함할 때, 제어 산출부는 내부 환경 정보 및 외부 환경 정보를 근거로 제1 환경 조절부와 제2 환경 조절부 간의 작동 우선순위를 결정함

- 예를 들어, 외부 환경 정보 중 기온과 일조량의 수치가 높고, 일조시간이 길다면, 농장 시설의 내부 온도를 높이기 위해서 온풍부를 사용하는 것보다, 윈도우 제어부를 사용하는 것이 에너지 효율이 높을 수 있으므로 환경 제어 장치는 외부 환경 정보와 내부 환경 정보를 복합적으로 분석하여, 농장 시설의 환경 제어를 신속하고 효율적으로 수행할 수 있음

- 메인 서버 유니트의 정보 저장부는 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보를 저장할 수 있으며 정보 저장부에 저장된 정보들은 단말 유니트로 조회할 수 있음

- 작동 이력 정보는 환경 조절 유니트가 작동된 이력에 대한 정보 즉, 환경 조절 유니트의 사용량, 사용 시기 등의 정보는 작동 이력 정보로서, 정보 저장부에 저장

- 통계 산출부에 의해서 산출된 환경 통계 정보는 단말 유니트를 통해서 출력이 되어 사용자는 단말 유니트를 통해서 내부 환경 정보의 시계열적 변화를 모니터링 하여 내·외부 환경 변화에 대한 환경 조절 유니트의 사용량, 내·외부 환경 변화에 따른 작물의 생장을 알 수 있음

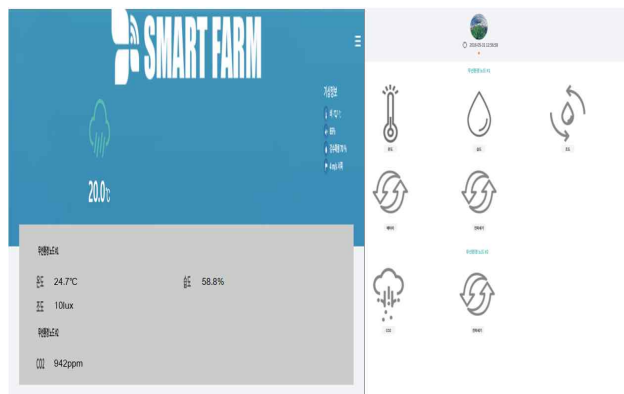


그림 2-69. Web 기반 모니터링 시스템 global.farmlink.kr의 화면



그림 2-70. App 기반 모니터링 시스템의 화면



그림 2-71. 통합제어시스템 대시보드

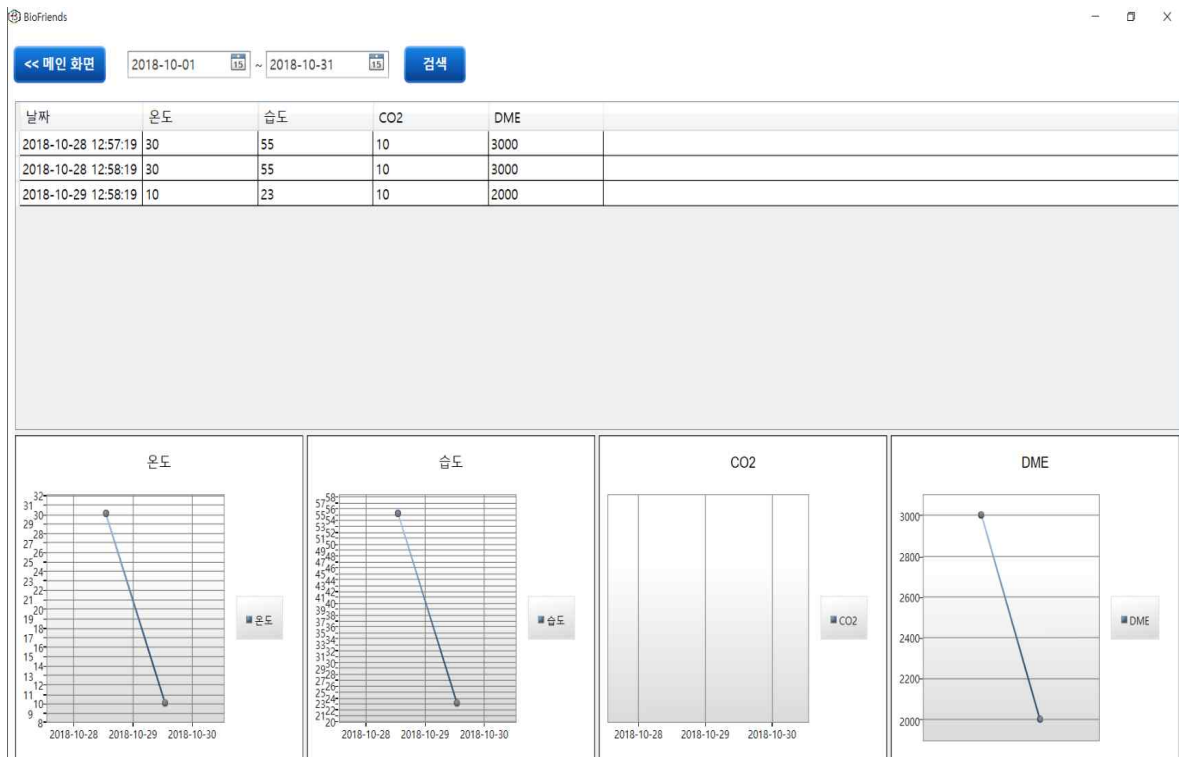


그림 2-72. 통합제어시스템 온도, 습도, CO2, DME Level

- 통합제어시스템 Hardware 구성도 및 기능 설명

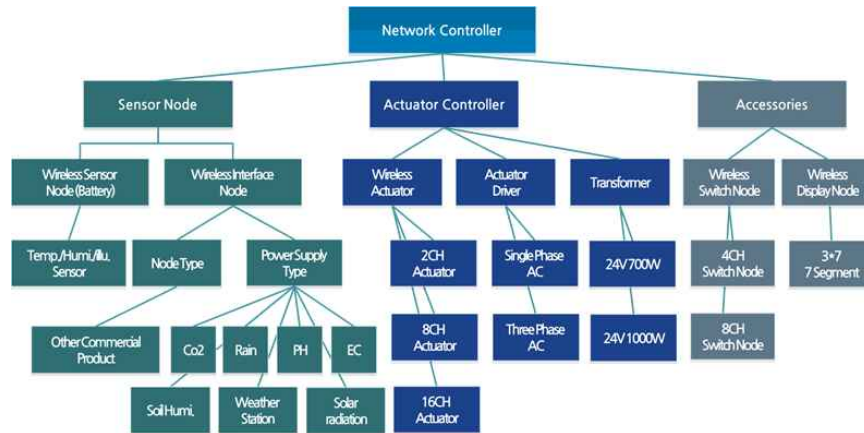
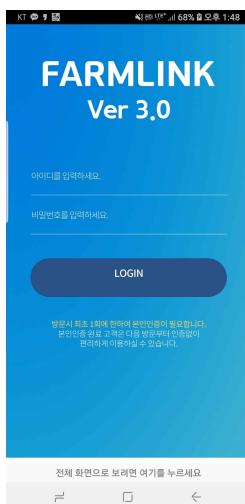


그림 2-73. 통합제어시스템 H/W 구성도

표 2.44 주요 Hardware 기능 설명

Classification	Product	Sub-Product	Description
네트워크 컨트롤러 (Network Controller)			네트워크 관리 및 게이트웨이 기능 수행
무선 센서노드 (Wireless Sensor Node)	Sensor Node (Battery Type)	UBN Sensor (In-house)	온도 / 습도 / 조도 센서 포함, 배터리 교체 2년
	Interface Node (with external)	Node Type	외부 장비 및 디바이스를 연결
무선 구동부 (Wireless Actuator Controller)	구동기 (Actuator)	2CH Actuator	2개의 장치를 동시에 제어
		8CH Actuator	8개의 장치를 동시에 제어
	구동자 (Actuator Driver)	Single Phase AC	단상 AC 구동기 2채널 개별 제어
		Three Phase AC	3상 AC 구동기 1채널 개별 제어
	트랜스 모듈 (Transformer)	24V 700W	24V DC 모터를 위한 전원 공급장치
24V 1000W			
액세서리 (Wireless Accessories)	무선 스위치 노드 (Switch Node)	4CH Switch Node	4채널 무선 스위치 노드
		8CH Switch Node	8채널 무선 스위치 노드
	무선 디스플레이 노드 (Display Node)	3*7 7Segment	28.8 x 40.8(mm) 7segment 3x7

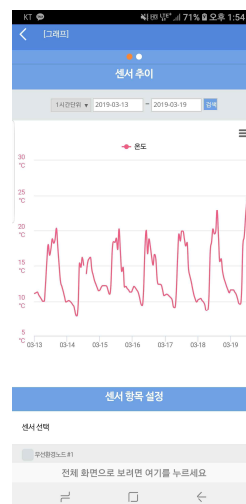
- 통합제어시스템 Software 구성도



(로그인 화면)



(홈 화면)



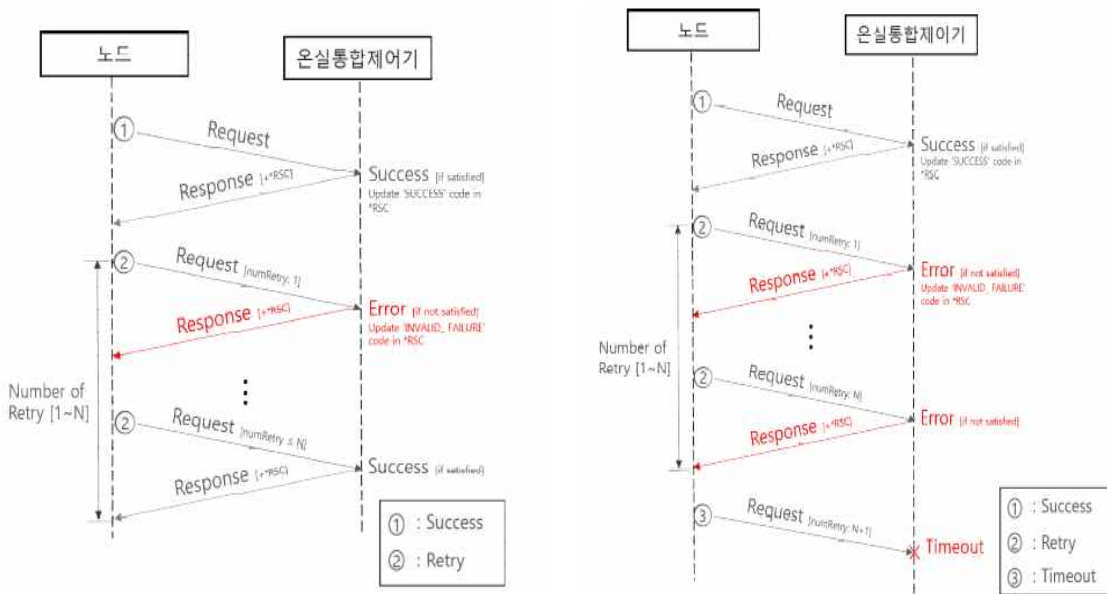
(센서 추이 그래프)



(자동화 설정 화면) (일반 설정 화면) (원격제어 화면)

그림 2-74. 통합제어시스템 S/W 구성도

- 통신 프로토콜(정보통신단체 표준)



재전송횟수 내 요청메시지 전송

재전송횟수 내 요청메시지 전송 실패

그림 2-75. 메시지 전송 순서

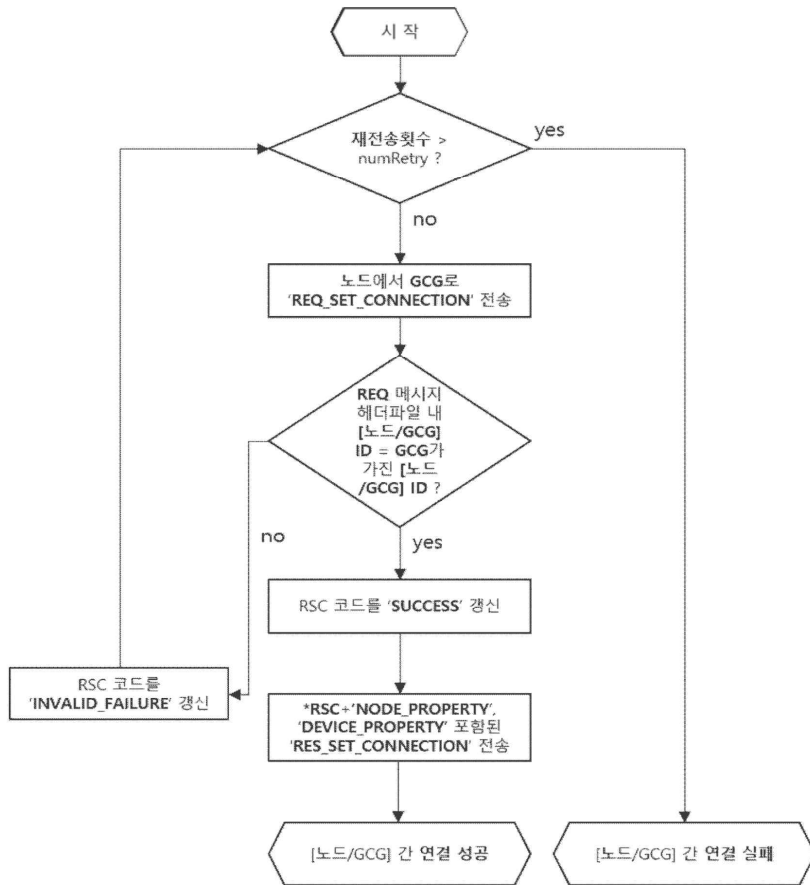
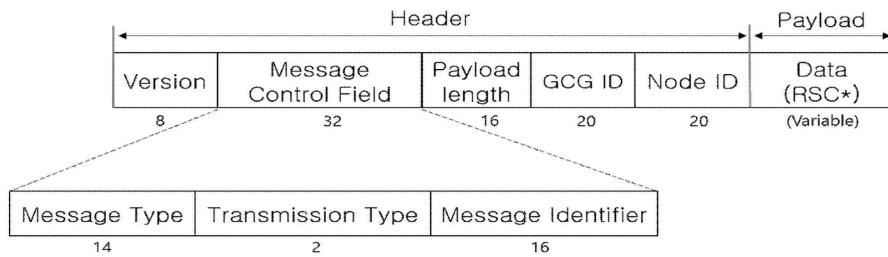


그림 2-76. 메시지 흐름도

- 메시지는 고정 길이의 헤더와 가변 길이의 데이터 (페이로드)로 구성된다.



- **RSC(\*)**: Response Status Code (8bit), Response 메시지 한하여 포함
- **Payload Data**: (RSC\*) + (NODE\_PROPERTY, DEVICE\_MAIN\_INFO, DEVICE\_PROPERTY, DEVICE\_ID, MSG\_CONTROL\_PROFILE) 및 이들의 조합으로 구성 가능

※ 괄호 내 들어가는 정보들은 메시지에 따라 가변적임

그림 2-77. 메시지 구조

표 2.45 메시지 종류

메시지 종류	정의	설명	방향	
			노드 → GCG	GCG → 노드
REQ_SET_CONNECTION	0x0000	연결 요청	○	
REQ_SET_DEVICE_INIT	0x0001	디바이스 초기화		○



REQ_SET_DEVICE_INIT_ALL	0x0002	전체 디바이스 초기화		○
REQ_SET_NODE_PROPERTY	0x0003	노드 속성 설정 요청	○	○
REQ_SET_DEVICE_PROPERTY	0x0004	디바이스 속성 설정 요청	○	○
REQ_SET_NODE_DEVICE_PROPERTY_ALL	0x0005	노드 및 전체 디바이스 속성 설정 요청	○	○
REQ_SET_MSG_FLOW_CONTROL_PROFILE	0x0006	프로파일 설정 요청	○	○
REQ_GET_NODE_PROPERTY	0x0007	노드 속성 조회 요청		○
REQ_GET_DEVICE_PROPERTY	0x0008	디바이스 속성 조회 요청		○
REQ_GET_NODE_DEVICE_PROPERTY_ALL	0x0009	노드 및 디바이스 속성 조회 요청		○
REQ_GET_DEVICE_VALUE	0x000A	디바이스 값 조회 요청		○
REQ_GET_MSG_FLOW_CONTROL_PROFILE	0x000B	프로파일 조회 요청		○
REQ_SET_DEVICE_CONTROL	0x000C	디바이스 제어 요청		○
REQ_SET_REBOOT	0x000D	리부팅 요청		○

- Software 테이블 설계서

표 2.46 Software 테이블 설계서

엔티티명	제어데이터
테이블명	CONTROL_DATA_INFO
테이블 설명	스마트팜 제어데이터를 저장한다.

속성명	컬럼명	타입	길이	필수	키	비고/ 무결성
농업인아이디	FARMER_ID	VARCHAR2	20	Y	PK	
시설아이디	FAC_ID	VARCHAR2	20	Y	PK	
제어일시	CONTROL_DATE	DATE		Y	PK	
천창 작동상태	CEILING_WNDW_STAT	CHAR	1			On/Off
이중창 작동상태	DOUBLE_WNDW_STAT	CHAR	1			On/Off
측창 작동상태	SIDE_WALL_WNDW_STAT	CHAR	1			On/Off
보온커튼 작동상태	HEAT_INSULATION_CURTAIN_STAT	CHAR	1			On/Off
차광커튼 작동상태	SHADING_CURTAIN_STAT	CHAR	1			On/Off
CO2발생기 작동상태	CO2_GENERATOR_STAT_STAT	CHAR	1			On/Off
유동팬 작동상태	AIR_CIRCULATION_FAN_STAT	CHAR	1			On/Off
배기팬 작동상태	EXHAUST_FAN_STAT	CHAR	1			On/Off
관수장치 작동상태	IRRN_STAT	CHAR	1			On/Off
양액시스템 작동상태	NUTRIENT_SLUTN_SYS_STAT	CHAR	1			On/Off
3Way밸브 작동상태	THREE_WAY_VALVE_STAT	CHAR	1			On/Off
분무기 작동상태	SPRAYER_STAT	CHAR	1			On/Off
포그분사기 작동상태	FOG_DEVICE_STAT	CHAR	1			On/Off
보광등 작동상태	SPPL_LAMP_STAT	CHAR	1			On/Off
난방기 작동상태	HEATER_STAT	CHAR	1			On/Off
냉방기 작동상태	COOLER_STAT	CHAR	1			On/Off
냉난방기 작동상태	CLNG_HEAT_DEVICE_STAT	CHAR	1			On/Off
보일러 작동상태	BOILER_STAT	CHAR	1			On/Off
훈증기 작동상태	FMG_EQUIP_STAT	CHAR	1			On/Off
천창 동작 설정값	CW_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			

속성명	컬럼명	타입	길이	필수	키	비고/ 무결성
이중창 동작 설정값	DW_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
측창 동작 설정값	SW_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
보온커튼 동작 설정값	HIC_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
차광커튼 동작 설정값	SC_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
CO2 공급 설정농도값	CO2_SETUP_DNSTY	VARCHAR2	30			
유동팬 동작 설정값	ACF_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
배기팬 동작 설정값	EF_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
관수 공급 설정값	IRRN_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
양액 공급 설정pH값	NUTRIENT_SLUTN_SETUP_PH	VARCHAR2	30			
양액 공급 설정EC값	NUTRIENT_SLUTN_SETUP_EC	VARCHAR2	30			
3Way밸브 동작 설정값	TWV_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
분무기 동작 설정값	SPRAYER_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
포그분사기 동작 설정값	FOG_DEVICE_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
보광등 동작설정값	SL_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			
난방설정온도	HEATING_SETUP_TP	VARCHAR2	30			
냉방설정온도	COOLING_SETUP_TP	VARCHAR2	30			
훈증기 동작설정값	FE_SETUP_VALUE	VARCHAR2	30			

• ER 다이어그램

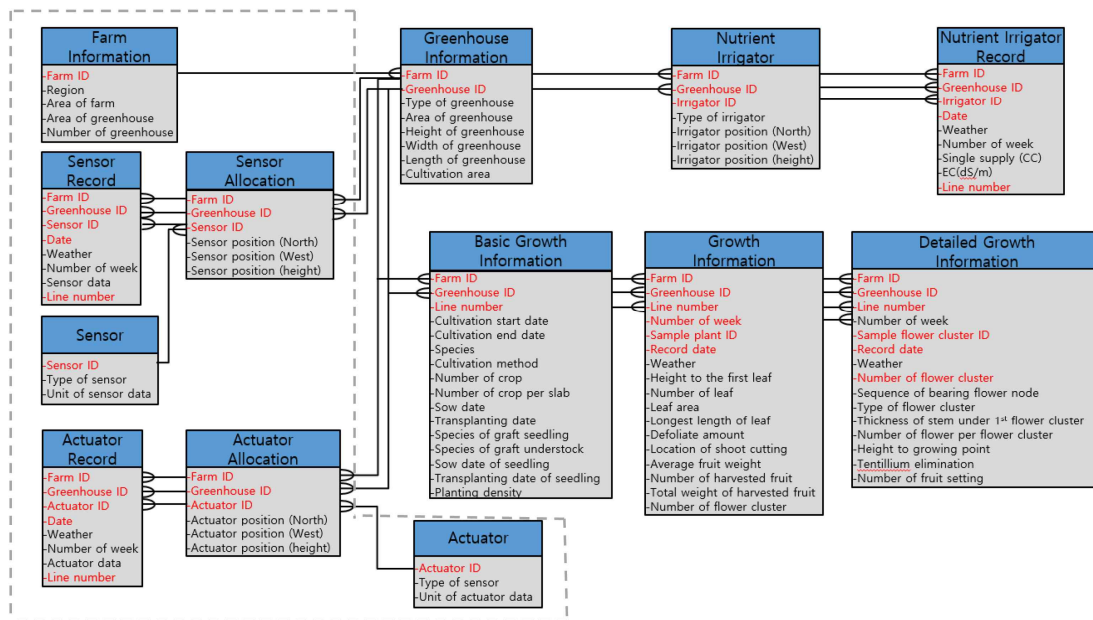


그림 2-78. ER 다이어그램 (Thalheim and Bernhard 2013 참조)

• DB 스키마 (RFID/USN융합포럼표준)

표 2.47 작물 정보 테이블

번호	컬럼명	컬럼 설명	Key	Type	Null
1	plant_id	작물 아이디	PK	INT	N
2	plant_scientific_name	학명		CHAR(32)	N
3	cultivar_name	품종명		CHAR(32)	N
4	growth_type	생육형		INT	Y

5	growing_temp-max	생육 적정 온도(최고)		FLOAT	Y
6	growing_temp-min	생육 적정 온도(최저)		FLOAT	Y
7	growing_RH-max	생육 적정 습도(최고)		FLOAT	Y
8	growing_RH-min	생육 적정 습도(최저)		FLOAT	Y
9	CO2_demand-max	CO2 요구량(최고)		FLOAT	Y
10	CO2_demand-min	CO2 요구량(최저)		FLOAT	Y
11	leaf_shape	엽형		CHAR(16)	Y
12	bolting	추대성		INT	Y
13	leaf_firmness	잎의 경도		FLOAT	Y
14	leaf_color	엽색		CHAR(6)	Y
15	leaf_length	엽장		INT	Y
16	leaf_width	엽폭		INT	Y
17	leaf_number_max	엽수		INT	Y
18	product_yield	주당 생산량		INT	Y

- ① plant\_id : 식물공장에서 재배되는 작물을 정의  
예) 상추, 쌈바귀, 아이스플랜트 등
- ② plant\_scientific\_name : 재배 작물에 있어서 학술적인 사용을 목적으로 명명된 이름  
예) *Latuca sativa*
- ③ cultivar\_name : 작물 재배에 사용된 작물의 품종을 정의  
예) 적축면, 청축면, 로메인 등
- ④ growth\_type : 재배하는 작물의 이용 부위에 따라 작물을 엽채류, 과채류, 화훼류로 구분
- ⑤ growing\_temp-max : 작물이 생육하는데 최적인 온도범위의 최대값을 제시
- ⑥ growing\_temp-min : 작물이 생육하는데 최적인 온도범위의 최소값을 제시
- ⑦ growing\_RH-max : 작물이 생육하는데 최적인 습도범위의 최대값을 제시
- ⑧ growing\_RH-min : 작물이 생육하는데 최적인 습도범위의 최소값을 제시
- ⑨ CO2\_demand-max : 작물이 생육시 필요로 하는 탄소가스의 농도의 최대값을 정의
- ⑩ CO2\_demand-min : 작물이 생육시 필요로 하는 탄소가스의 농도의 최소값을 정의
- ⑪ eaf\_shape : 엽채류의 경우 식물공장의 협소한 공간적 특성상 잎의 전개 형태가 재배작물 선택의 지표가 되므로 작물이 가지고 있는 고유한 잎의 형태를 정의 예) 누운 타원형, 넓은 타원형 등
- ⑫ bolting : 작물을 재배하면서 꽃대가 올라오기 시작하는 기간을 정의  
일반적으로 엽채류의 경우 꽃대가 올라올 경우 상품성이 급격히 떨어지므로 생육가능 기간 지표가 됨 예) 90일, 100일 등
- ⑬ leaf\_firmness : 잎을 이용하는 엽채류의 경우 상품성과 깊은 관련이 있는 잎의 질감을 정의(단위 kg/cm<sup>2</sup>)
- ⑭ leaf\_color : 작물이 가지고 있는 고유의 발현가능한 색을 정의(RGB로 색을 표현)
- ⑮ leaf\_length : 재배하는 작물 잎의 평균적인 크기(단위 mm)
- ⑯ leaf\_width : 재배하는 작물 잎의 평균적인 크기(단위 mm)
- ⑰ leaf\_number\_max : 재배하는 작물의 평균적인 잎의 수를 나타내며, 수량의 결정에 영향을 주는 요인
- ⑱ product\_yield : 작물 1주당 생산되는 량을 정량화 예) 300g/1주

- 작물생장 지표 정보
  - 생육하고 있는 작물의 성장 정도를 파악할 수 있는 지표를 정의

표 2.48 작물생장 지표 정보 테이블

번호	컬럼 명	컬럼 설명	Key	Type	Null	비고
1	growth_stage	작물 생육단계	PK	INT	N	
2	plant_id	작물 아이디	PK, FK	INT	N	
3	photosynthesis_rate	광합성속도		FLOAT	N	
4	respiration_rate	호흡속도		FLOAT	N	
5	fresh_weight	작물 생체중		INT	N	
6	dry_weight	작물 건물중		INT	N	
7	relative_growth_rate	상대성장율		FLOAT	N	
8	leaf_area_index	엽면적지수		FLOAT	Y	
9	leaf_number	엽수		INT	Y	

- ① growth\_stage : 작물의 생육 상태를 표시하는 단계를 정의  
예) 육묘기-생장기-수확기 (3단계), 전기-중기-후기-말기 (4단계) 등
- ② plant\_id : 식물공장에서 재배되는 작물을 정의  
예) 상추, 쌈바귀, 아이스플랜트 등
- ③ photosynthesis\_rate : 작물이 단위 시간 동안 단위 엽에서 이산화탄소를 흡수하여 고정하는 속도를 의미(단위  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )
- ④ respiration\_rate : 작물이 단위 시간 동안 단위 엽에서 이산화탄소를 배출하며 성장하는 속도(단위  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )
- ⑤ fresh\_weight : 작물이 성장함에 따라 증가한 전체의 작물 무게(단위 g)
- ⑥ dry\_weight : 작물이 성장함에 따라 증가한 전체의 작물 무게에서 수분의 무게를 제외한 작물 무게(단위 g)
- ⑦ relative\_growth\_rate : 측정 시점의 건물생산량을 건물 중 증가속도로 나눈 값
- ⑧ leaf\_area\_index : 식물군락의 엽면적을 그 군락이 차지하는 지표면적으로 나눈 값
- ⑨ leaf\_nember : 작물 잎의 수

## 2-2-3. 청정연료 보급과 ICT 적용에 따른 시설농가 스마트 온실 표준 모델 제시

### 1. 에너지절감 모델 제시

#### 가. 환경분석

##### (1) 환경분석 개요

(가) 환경분석에서는 시설원예 농가에서 사용하고 있는 주요 원료인 경유를 대체하여 DME 청정연료를 보급함에 따른 제반 환경에 대해 분석

- 농촌 환경오염과 온실 환경오염에 따른 피해 : 시설 작물재배가 증가하면서 온실 내 경유를 주원료로 사용하는 보일러로 인한 유해가스에 의한 작물의 피해가 나타나고 있어 개선 니즈, 기후변화 대응 및 온실가스 감축을 위한 방안으로 온실뿐만 아니라 가정용, 산업용 DeNOX 보일러의 보급 확대 추세

- 기후변화대응에 따른 온실가스감축 : 농축산 부문은 온실가스 배출 및 감축 규모에서 전체 1% 내외로 차지하는 비중은 크지 않으나 농경지·축산 배출원 관리 등으로 '30년 1.0백만톤을 감축(감축률 4.8%) 계획, 농림축산식품부는 농업분야 최초로 지열히트펌프와 목재펠릿보일러를 이용한 온실가스 감축사업(2건)을 외부사업으로 승인(2017.7)하였으며, 향후 농업 관련 온실가스 감축이 가능한 사업에 대해 면밀한 검토를 통해 사업을 승인할 계획
- 시설원예농가의 난방연료 변화 : 면세경유 중단에 따라 시설농가에서는 연료 부담 경감을 위해 지열 활용, 태양광 연계, 펠릿 목재 보일러, 전기보일러 등 연료비를 감축할 수 있는 다양한 방안을 강구 중에 있음
- 4차 산업혁명 대응 : AI(초지능), IoT(초연결), Big data(新자본) 등 파괴적 기술의 확산으로 제품·생산방식의 혁신, 新비즈니스 모델의 등장 등의 4차 산업혁명으로 기존 산업 방식의 근본적인 변화가 이루어지고 있음. 농업분야에서도 정보통신 기술과 연계한 육종을 위한 작물생장 모니터링 시스템, ICT 기술을 이용한 원격제어, 단동형 원격 정밀제어 관리, 스마트팜 등 ICT 연계 새로운 농업 시장의 성장세

(2) 농촌 환경오염

(가) 농촌지역 오염의 종류와 관련 요인

① 주된 오염종류와 관련법, 오염물질

- 농업과 농촌에 관련된 오염의 종류와 오염은 매우 다양하며, 크게는 대기오염, 수질오염, 토양오염, 악취, 폐기물, 기타 등으로 구분

표 2.49 농촌지역 오염종류와 관련법, 오염물질

구분	관련법과 조례	오염물질
대기오염	법: 대기환경보존법 조례: 대기환경개선과 오염물질 배출기준, 자동차 공회전과 배출가스 검사, 미세먼지, 대기 및 수질 환경보전 관련 조례	일산화탄소 등 61종 대기오염물질과 시안화수소 등 35종 특정 대기유해물질, 이외 분진 등
수질오염	법: 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(수질수생태계법, 구: 수질환경보호법) 조례: 폐수종말 처리장과 낚시 구역 제한 등에 관한 조례	구리와 그 화합물 등 53종 수질오염물질, 6가크롬 화합물 28종 특정 수질유해물질
	법: 수도법, 화학물질관리법, 농약관리법, 폐기물관리법, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	유해물질, 노약, 폐기물, 오수·분뇨, 가축분뇨
	법: 하수도법, 비료관리법	8개 중금속 기준, 유기물질 등
	법: 지하수법 규칙: 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙	-
토양오염	토양환경보전법, 친환경농업육성법, 잔류성 오염물질 관리법	22개 토양오염물질, 24개 잔류성 오염물질, 비료농약 과용, 폐기물 방치와 매립 등
악취	악취관리법	22개 지정 악취물질
폐기물	폐기물관리법, 화학물질 관리법 등	생활쓰레기, 지정폐기물 등
기타	자연환경보전법, 환경피해배상책임 및 구제에 관한 법률, 환경환경공단법 등	환경 관련 규제, 조정 등

② 대기오염 원인과 피해

- 대기오염은 정상적인 대기상태에 인위적이든 자연적이든 어떠한 형태로 인해 바람직스럽지 않은 오염물질이 배출되어 불특정 다수에게 생활에 피해를 주는 상태로, 대기 중 오염물질이 일정량 이상 포함되어 사람이나 동식물에게 피해를 주거나 줄 가능성이 있는 상태
  - 연료의 연소에 따른 배출 탄화수소는 1차 오염물질이며, 오존은 이러한 다양한 화학물질이 서로 반응해서 생성된 2차 오염물질임
- 대기오염에 대한 피해는 비교적 광범위하고 그 원인을 즉시 찾아내기가 어렵기 때문에 각종 인위적인 행위에 대한 규제를 강화하는 것이 추세임
  - 대기오염의 주된 물질은 각종 산화물질, 일산화탄소, 방사선 물질 등임. 온실가스로 규정되어 있는 이산화탄소, 아산화질소, 메탄 등도 오염물질이며, 먼지와 매연, 황사현상도 대기를 오염시켜 인축과 생활에 극심한 피해를 주고 있음
- 대기오염원, 배출물질 및 그로 인한 피해는 다음과 같음

표 2.50 대기오염의 원인 및 피해

오염원	배출물질	대기악화 및 피해
화석연료 등 난방용 기구 자동차 배기가스 산업용 열공급 시설 기타 연소물 소각	황산화물(SOx) 질소산화물(NOx) 일산화탄소(CO) 옥시단트(OX) 먼지 등	지구온난화 현상 초래 농작물 피해 산성비 피해(식물의 타락, 고사, 금속과 건물의 부식, 물고기 폐죽음 등) 인체건강장애(호흡기질환, 폐렴, 결막염, 대사장애, 정신이상, 노이로제 등)

(나) 농촌 오염에 따른 피해

① 우리나라 농촌 대기오염물질(가스상) 및 피해

- 우리나라 농촌의 대기오염을 유발하는 가스상 물질에 대해 조사한 결과에 따르면, 질소산화물이 47%로 가장 높았으며, 그 다음으로 일산화탄소(CO)가 32%로 나타나 자연친화적 농업현장 구축에 부적합한 것으로 나타나고 있음

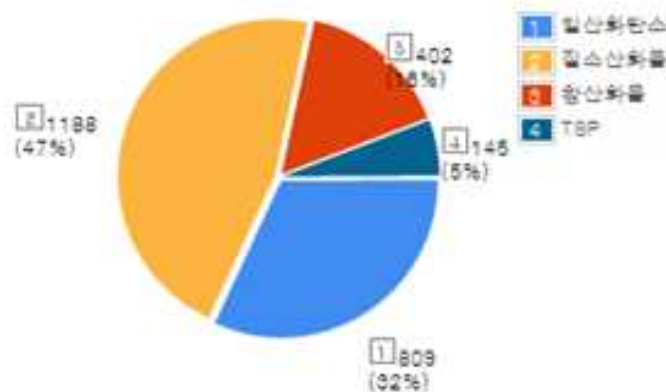


그림 2-79. 국내 농촌지역 가스상 대기오염물질

- 특히 시설 작물재배가 증가하면서 온실 내 경유를 주원료로 사용하는 보일러로 인한 유해가스에 의한 작물의 피해가 나타나고 있어 이를 개선하기 위한 DeNOx 보일러 보급이 필요하며, 기후변화 대응 및 온실가스 감축을 위한 방안으로 온실 뿐만 아니라

가정용, 산업용 DeNOX 보일러의 보급이 확대되고 있는 실정임  
 - 온실 내로 유해가스의 유입은 작업자와 작물에게 악영향을 초래하고 있음

표 2.51 대기오염의 원인 및 피해

유해가스(ppm)	인간(8시간)	식물(순간)	식물(8시간)
탄산가스	5,000	4,500	1,600
일산화탄소	25	100	-
이산화황	2	0.1	0.015
황화수소	10.5	0.01	-
에틸렌	5.0	0.01	0.02
일산화탄소	5.2	0.5	0.25
이산화질소	5.0	2.0	0.10

원인	사진	피해 양상
오이 잎의 암모니아 가스에 의한 피해		비닐하우스 내 오이 잎의 암모니아가스 피해증상으로 회백색의 반점이 잎맥 사이에 무질서하게 나타남.
고추 잎의 아황산가스에 의한 피해		고추 잎에 아황산가스를 접촉한 피해증상으로 적갈색 혹은 백색의 반점이 잎맥 사이에 무수히 나타남.

그림 2-80. 유해가스에 의한 작물의 피해 사례

(3) 신기후체제 출범에 따른 기후변화 대응

(가) 제1차 기후변화대응 기본계획(2016.12)

① 「저탄소녹색성장기본법」에 따라 수립된 「기본계획」은 신기후체제(Post 2020)\*에 대응하기 위한 우리나라의 중장기 기후변화 전략과 구체적인 액션플랜을 담은 첫번째 종합 대책으로 온실가스 감축, 기후변화 적응, 국제협력 등 관련 대책 마련

- '20년 만료 예정인 교토체제를 대체하여 적용되는 신기후체제(파리협정, 16.11월 발효)는 기존 37개 선진국에만 온실가스 감축의무가 발생하던 교토체제와 달리 197개 모든 당사국에 감축의무 발생(우리나라는 '30년 37% 감축목표 제시)

• 기후변화대응을 기존 감축 중심에서 시장과 기술 중심의 새로운 패러다임으로 전환하고, 기후변화로부터 국민이 행복하고 안전한 사회를 구현하며, 민간의 역할을 강화하고 경제·환경·사회의 조화로 정책수용성을 제고하는 방향으로 수립

② 기후변화대응 주요과제는 신재생에너지 보급 및 청정연료 발전 확대, 에너지효율 향상, 탄소 흡수원 기능 증진, 탄소시장 활용 등 경제적 온실가스 감축수단을 활용하고, 저탄소 시대의 새로운 성장 동력인 10대 기후기술 투자를 확대하고, 에너지 신산업을 적극 육성해 나갈 계획

• 기후변화 복합위성 등 과학적 위험관리체계를 도입하여 기후변화 감시·예측 및 문제

해결 역량을 선진화하고, 다양한 경로의 국제 네트워크를 구축하여 기후변화협상 대응력을 강화

- 중앙정부와 지방정부간, 정부와 기업간 기후변화 대응 거버넌스 형성 등을 통해 전 국민의 감축 참여를 적극 유도

표 2.52 기후변화대응 기본계획에 따른 추진전략

분야	현재	향후 중장기 전략 방향
대응범위	온실가스 감축	감축·적용·투명성 등 포괄
감축수단	규제중심 (산업계 부담)	과학기술/시장 중심 (산업, 시장 진흥)
대응체계	단편적 대응 (개별부처 차원)	통합적 대응 (범부처 차원)
이행주체	정부주도 / 산업계 중심	민관협업/ 소부문 노력
평가체계	-	주기적 평가/환류
국제점검	-	5년 단위 이행실적 점검

- 기후변화대응을 위한 주요 과제

비전	효율적 기후변화 대응을 통한 저탄소 사회 구현
----	---------------------------



### 1. 저탄소 에너지 정책으로의 전환

- (목표) 청정에너지 대체 및 효율적 에너지 사용을 통한 감축
- (과제) 신재생에너지 보급 확대, 저탄소 전원믹스 강화, 에너지 효율 제고 등

### 2. 탄소시장 활용을 통한 비용효과적 감축

- (목표) 국내 탄소시장의 안착 및 국제 탄소시장과의 연계·활용을 통한 감축
- (과제) 배출권거래제 활성화, 국제시장메커니즘(IMM) 활용

### 3. 기후변화대응 신산업 육성 및 신기술 연구투자 확대

- (목표) 에너지 신시장·일자리 창출과 온실가스 감축의 동시 달성
- (과제) 민간의 신산업 창출 지원, 신기술 기반·투자 확대 등

### 4. 이상기후에 안전한 사회 구현

- (목표) 기후변화로 인한 위험감소 및 피해의 최소화
- (과제) 과학적인 기후변화 영향 분석·관리, 기후변화에 안전한 사회 건설 등

### 5. 탄소 흡수·순환 기능 증진

- (목표) 산림의 온실가스 감축 기여를 통해 감축 부담 완화 및 상쇄
- (과제) 탄소 흡수원 기능 증진, 자원순환사회 전환 촉진 등

### 6. 신기후체제 대응을 위한 국제협력 강화



- (목표) 우리나라의 기후변화 대응 노력의 국제적 인정 및 국가적 위상 제고
- (과제) 범정부 기후변화 협상 대응력 강화, 감축 이행 점검 대응

### 7. 범국민 실천 및 참여기반 마련

- (목표) 국가적 기후변화 대응 네트워크 활성화
- (과제) 기후변화 거버넌스 구축, 기후변화 대응 국민적 공감대 형성

- 기후변화대응정책 기대효과



(나) 2030 국가온실가스감축 기본로드맵

① 기기본계획과 함께 확정된 「2030 국가온실가스감축 기본로드맵」(이하 「기본로드맵」)은 '30년 국가온실가스 감축목표 37%(BAU대비)를 효율적으로 목표 달성 하기 위한 체계적인 이행방안 제시

- 「기본로드맵」에 따르면 '30년 감축량 315백만톤중 국내에서는 전환(발전), 산업, 건물 등 8개 부문에서 219백만톤(BAU 대비 25.7%)을 감축

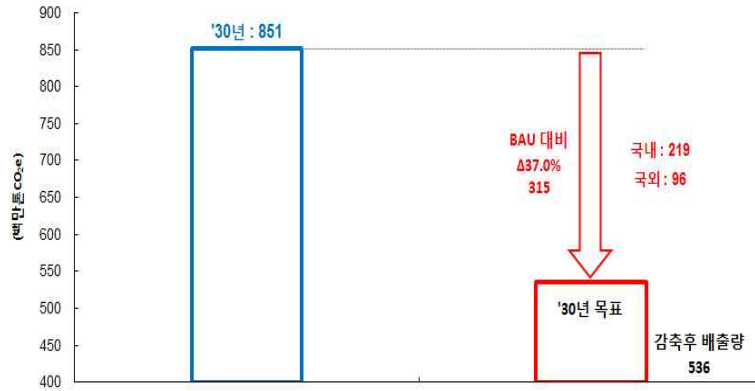


그림 2-81. '30년 국가 온실가스 감축 목표

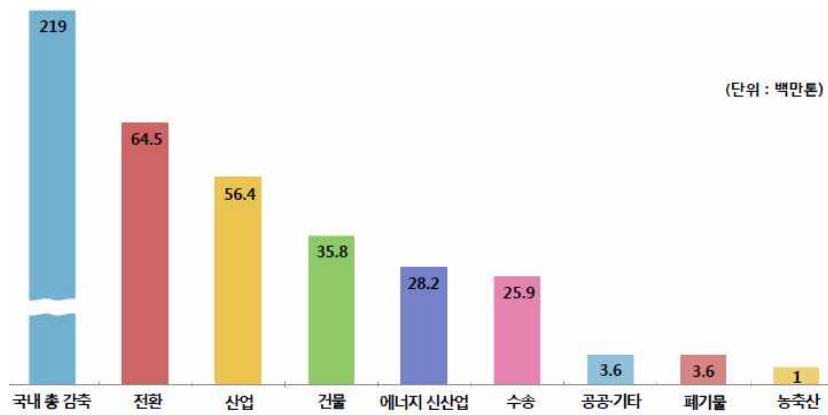


그림 2-82. 2030년 부문별 목표 감축량

- 전환(발전) 부문은 국내에서 가장 많은 64.5백만톤(부문 BAU 대비 19.4%), 산업 부문은 56.4백만톤(11.7%)을 감축
- 산업 부문은 국가경제에 미치는 영향을 감안하여, 감축량을 12% 이내로 고려
- 건물 부문은 35.8백만톤(18.1%), 에너지 신산업 부문은 28.2백만톤, 수송 부문은 25.9백만톤(24.6%)을 감축
- 공공/기타 부문은 3.6백만톤(17.3%), 폐기물 부문은 3.6백만톤(23%), 농축산 부문은 1.0백만톤(4.8%)을 각각 감축할 계획
- 국외에서는 파리협정에서 제시한 국제시장 메커니즘(IMM)을 통해 96백만톤을 감축할 계획

표 2.53 '30년 부문별 온실가스 감축 목표

부문	BAU (백만톤)	감축량 (백만톤)	감축률(%)	
			부문 BAU 대비	국가 BAU 대비
전환	(333)*	64.5	(19.4)	7.6
산업	481	56.4	11.7	6.6
건물	197.2	35.8	18.1	4.2
에너지신산업	-	28.2	-	3.3
수송	105.2	25.9	24.6	3.0
공공·기타	21	3.6	17.3	0.4

폐기물	15.5	3.6	23.0	0.4
농축산	20.7	1	4.8	0.1
국내 감축	851*	219	25.7%	
국외 감축		96	11.3%	

\* 배출량 총계(백만톤) : 부문별 합계 840.6 + 기타 10.4(공정배출, 가스제조 등)

\*\* 전환(발전) 부문 BAU는 각 부문별 배출량에 간접적으로 포함

② 시설원예농가 연료 사용 관련 부문의 주요 내용

- 산업 부문은 56.4백만톤(감축률 11.7%)을 감축
  - 석유화학 등 22개 업종에서 에너지 효율 개선, 친환경 공정 가스 개발 및 냉매 대체, 혁신적 기술도입, 폐자원 활용 등을 추진
- 에너지 신산업 부문은 '30년 28.2백만톤을 감축
  - CO2 직접 포집·저장 및 자원화 기술(CCUS), 수소환원기술 등 개발 : 에너지 신산업인 전기자동차, 수요자원 거래시장, 에너지 자립섬, ESS(에너지 저장 장치), 친환경에너지 타운, 발전소 온배수열 활용, 태양광 대여 등에 초점
- 농축산 부문은 농경지·축산 배출원 관리 등으로 '30년 1.0백만톤을 감축(감축률 4.8%)

③ 농림축산식품부 온실가스 감축 대응

- 농림축산식품부는 농업분야 최초로 지열히트펌프와 목재펠릿보일러를 이용한 온실가스 감축사업(2건)을 외부사업으로 승인(2017.7)하였으며, 향후 농업 관련 온실가스 감축이 가능한 사업에 대해 면밀한 검토를 통해 사업을 승인할 계획임

표 2.54 농식품부 온실가스 감축 외부사업

구 분	연간 감축효과		
	온실가스 감축량	난방유 대체	감축량 예상 판매수익
지열히트펌프(3.1ha)	2,974톤CO <sub>2</sub>	약 120만 l	60백만원
목재펠릿보일러(0.7ha)	255톤CO <sub>2</sub>	약 10만 l	5백만원

\* 온실가스 1톤CO<sub>2</sub> 당 등유 400 l 대체, 배출권 1톤CO<sub>2</sub> 당 2만원 기준

- 지열에너지를 이용한 온실가스 배출 감축
  - 농촌지역에서 냉난방 열 생산을 위해 사용하던 유류 및 전기보일러를 대체하여 지열에너지를 이용함으로써 온실가스를 감축



그림 2-83. 지열에너지를 이용한 난방사업

- 목재펠릿을 활용한 온실가스 배출 감축
  - 농촌지역에서 열 생산을 위해 사용하던 유류를 대체하여 목재펠릿 난방기를 이용함으로써 온실가스를 감축

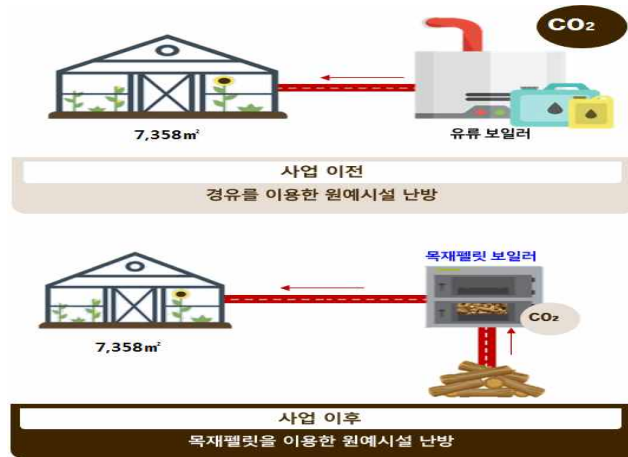


그림 2-84. 목재펠릿을 이용한 원예시설 난방

#### (4) 시설원예농가 난방연료 문제

##### (가) 농업용 난방기 면세경유 공급제한 조치

① 면세유 부정유통 방지를 위해 농림축산식품부는 2015.7.1일부터 모든 농업용 난방기에 대해 면세경유를 공급하지 않으며, 그 밖의 면세 유종인 등유, 중유, LPG 및 부생연료유1호는 현재와 같이 계속 공급하는 것을 공표

- 유종별 고유 사용목적(경유는 내연기관용, 등유는 난방 및 취사용), 면세경유 부정유통 방지, 이미 등유로 전환한 농업경영체와의 형평성 등을 고려하여 모든 농업용 난방기에 대해 면세경유의 공급을 제한

- ‘10.1.1일이후 신규로 출고된 난방기, ’ 11.7.1일부터는 중고 난방기를 취득한 경우 면세 경유 공급을 제한

- 15.7.1일부터는 모든 농업용 난방기에 면세경유 공급 제한(농·축산·임·어업용 기자재 및 석유류에 대한 부가가치세 영세율 및 면세 적용 등에 관한 특례규정 시행규칙, ‘15.3.13)

- 난방용 등유가 경유에 비해 열효율이 다소 떨어지고 시기에 따라 가격이 높다는 점을 감안하여 면세유 가격 정보를 인터넷에 공개하고, 농업에너지이용효율화사업 확대 등을 통해 농업인의 부담을 경감

- 농업용 난방기가 아닌 트랙터 및 콤팩트 등 그 밖의 농기계에는 면세경유·휘발유·등유·LPG·윤활유를 계속 공급

- 농업용 면세유류 공급대상 농업기계 : 동력경운기, 농업용 트랙터, 동력이앙기, 주행형 동력분무기(액체형태의 약탱크가 부착된 것에 한한다), 고속분무기(스피드스프레이), 바인더, 콤팩트, 곡물건조기, 주행형 탈곡기, 예도형 동력예취기, 동력중경제초기, 동력수확기, 농산물건조기, 관리기, 동력이식기, 농업용난방기(비닐하우스용·온실용 또는 농가의 축산용에 사용되는 것으로서 농림축산식품부장관이 정하여 고시하는 것만 해당되며, 이 난방기에는 경유 면세유 공급은 제외한다.), 동력절단기, 농업용 병충해방제기, 농업용 양수기, 동력예취기, 동력탈곡기, 동력배토기, 동력시비기, 동력탈피기 및 박피기, 농산물결속기, 농산물 운반대 및 운반차, 농산물세척기, 동력혈굴기, 동력구절기, 동력가지절단기 및

파쇄기, 동력수피기 및 파쇄기, 동력과종기, 농 선, 잔디깎는기계(농업용으로서 25마력 이하인 것에 한한다), 녹차채엽기, 벼섯재배소독기, 농업용무인헬리콥터, 농업용로더(4톤 미만), 농업용 동력제초기, 농업용 화물자동차(「자동차관리법 시행규칙」 별표 1에 따른 경형 및 소형 화물자동차로 한정하며, 벤형 화물자동차 및 지붕구조 덮개의 탈부착이 가능하도록 제작된 화물자동차는 제외한다.), 농업용 굴삭기(1톤 미만), 사료배합기(火食 사료용)

(나) 농업용 난방기 면세경유 공급제한에 따른 문제

① 면세경유 난방기 공급 제한에 따라 면세 등유 사용에 따른 열효율 문제 발생

- 경유는 점화 후 10~15분이면 열풍기가 돌다가 꺼지지만 등유는 25~30분 지나야 작동이 멈춰 그만큼 기름이 더 들어가고, 경유를 때면 뜨거운 공기가 나오는 닥트가 뜨끈뜨끈한데 등유는 미지근하여 난방비 부담 증가
- 경유와 등유의 열효율 차이는 10% 정도이나 실제 사용에서는 늦게 가열되고 열풍기 작동이 오래 지속되므로 실제 열효율은 20~30% 낮게 발생하는 것으로 보고

표 2.55 등유와 경유의 난방비 비교

기준	난방면적 : 30평
	필요 열량 : 12,000kcal
경유보일러	경유 열량 : 8,750kcal 경유보일러 효율 : 85% $\text{경유소모량} = 12,000\text{kcal} / (8,750 \times 0.85) = 1.61\text{L/hr}$ 1달 기준 소모량(1일 10시간 기준) = 1.61리터*10시간*30일 = 483리터/월 경유 1리터 금액( '17.1기준) 1,400원/리터 소요비용 = 483*1,400 = 676,200원/월
등유보일러	등유 열량 : 8,500kcal 등유보일러 효율 : 60%* $\text{등유소모량} = 12,000\text{kcal} / (8,500 \times 0.80) = 2.35\text{L/hr}$ 1달 기준 소모량(1일 10시간 기준) = 2.35리터*10시간*30일 = 705리터/월 경유 1리터 금액( '17.1기준) 1,000원/리터 소요비용 = 705*1,000 = 705,000원/월

\* 등유보일러는 효율이 80%로 보고되어 있으나 실제 난방시 느린 가열시간과 열풍작동 시간의 지속을 고려할 경우 60% 수준에 불과하여 실제 난방비는 증가

② 경유 보일러를 대체할 수 있는 난방 방안 강구 확대 및 주요 문제점

- 면세경유 중단에 따라 시설농가에서는 지열 활용, 태양광 연계, 펠릿 목재 보일러, 전기보일러 등 연료비를 감축할 수 있는 다양한 방안을 강구 중에 있음
  - 태양광의 경우 계절별 일조량이 다르고, 순간적으로 열풍을 공급하는데 한계
  - 지열 활용을 위해서는 지열 히트펌프 설치 등에 따른 비용, 기존 보일러와의 연계 문제 등 발생
  - 펠릿 연소 보일러의 경우 소규모 시설에 부적합

(5) 4차 산업혁명 대응

(가) 4차 산업혁명에 따른 기업 경쟁방식의 변화

- AI(超지능), IoT(超연결), Big data(新자본) 등 파괴적 기술의 확산으로 제품·생산방식의 혁신, 新비즈니스 모델의 등장
  - 제조업과 서비스업의 경계 모호, 수직적 분업에서 네트워크형 협업으로 전환
- 제품의 디지털화, 데이터화 및 지능화 진전에 따라 제조업과 서비스업의 경계 파괴 및

폭넓은 융합이 진행

- 대량생산에 의한 규모의 경제, 소유 중심, 유형 자산 중심의 산업화 사회에서, 사용자 중심, 접근 중심, 무형자산 중심의 탈제조 경제로 이행하는 과정으로 인식

(나) 4차 산업혁명 대응 ICT 농업

- 육종을 위한 작물생장 모니터링 시스템으로 실험실에서 인공광원하에 3D카메라를 통하여 화물별 작물 영상을 획득하는 기술, ICT 기술을 이용한 원격제어 편리성, 단동형 원격 정밀제어 관리를 통한 관리노력 경감, 수확기간 연장, 품질향상 등의 성과 제시
- 가스엔진으로 압축기를 구동하고 히트펌프 사이클에 의한 냉난방, 냉방/제습의 경우 온습도 관리를 제어함으로써 작물의 생산성 향상에 기여, 배기가스를 이용한 탄산시비로 광합성 향상을 통한 수확량 증대 등
- 복합환경 조절에서 환기, 난방 조건별로 정밀제어하도록 함으로써 온실별 에너지 최적 제어로 비용 절감
- 삼성KPMG의 ‘스마트팜이 이끌 미래 농업’ 산업동향보고서(2016.10)에 따르면, 정보통신기술(ICT)을 온실, 과수원 등에 접목해 원격으로 작물과 가축의 생육환경을 제어할 수 있는 농장인 스마트팜 국내 시장은 2012년 2조4295억원에서 연평균 14.5% 성장하여 2016년 4조원을 돌파할 것으로 전망하는 등 ICT 연계 새로운 농업에 대한 전망 등 제시

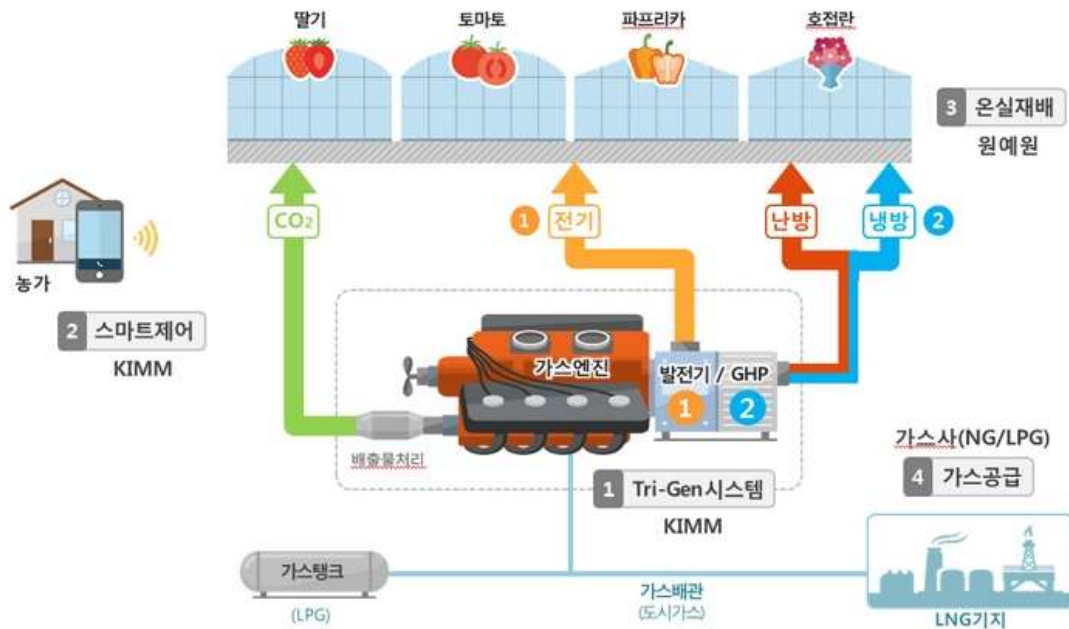


그림 2-85. 차세대 스마트 온실 에너지 통합 Tri-Gen 시스템

나. 시설원예농가 청정연료보급 시장성 및 경제성 분석

(1) 주요 국가별 온실 규모

(가) 주요 국가별 온실규모

- 전세계 주요 국가별 온실규모는 중국이 3,900,000ha(2013년 기준)로 가장 큰 규모를 차지하는 가운데, 우리나라는 2014년 기준 51,787ha로 스페인(2007년 기준)과 일본(2011년 기준)의 온실규모와 비슷한 수준

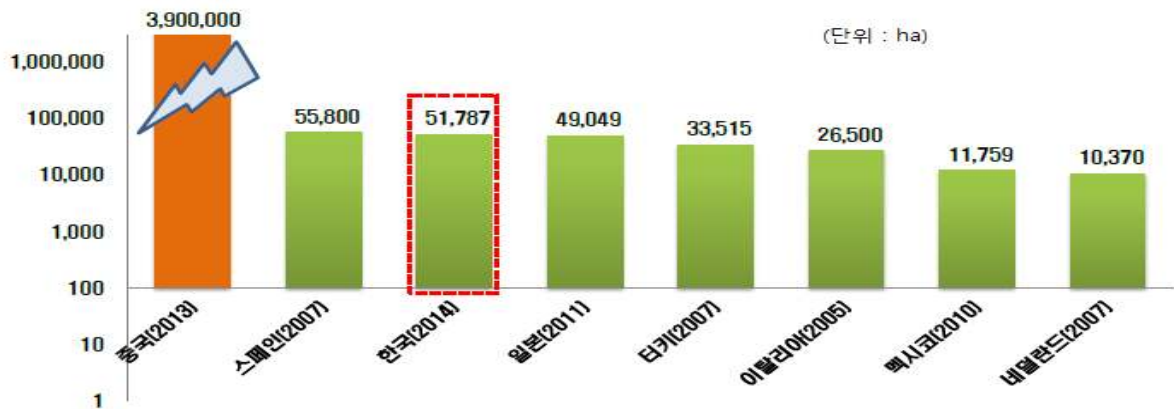


그림 2-86. 주요 국가별 온실 규모

(나) 중국

① 전세계 온실면적의 약 85%를 차지하는 중국은 일반 비닐온실에서 무가온 온실로 전환 중

- 중국의 온실면적은 약 3,900,000ha(2013년 기준)이며, 그 중 시설 채소 면적은 3,680,000ha로 전체의 약 94%를 차지
- 중국의 온실은 무가온온실99%, 가온온실1%(수입원예시설<sup>11</sup>), 약176.53ha에 불과하나 일반 비닐온실의 경우 석탄 소모에 따른 생산비 부담, 에너지자원 부족 등으로 인해 무가온 온실로 전환하면서 시설의 규모화를 추구하고 있음
- 중국의 온실 시설은 대부분 비닐하우스+일광온실(=토벽온실, Solar greenhouse)이며, 1984년~1997년 간 면적이 3,700ha에서 78,200ha으로 약 20여배 수준으로 증가하였고, 연료나 외부에너지 투입없이 한겨울에 무난방으로 생산재배 유지해 왔음(2013년 기준 시설채소 총 생산량 2.5억 톤 중 일광온실 생산량은 1.0억 톤 규모)



A:일반 비닐온실

B:일광온실(토벽온실)

그림 2-87. 중국의 일광온실

- 최근에는 전통농업에서 벗어나 스마트하우스, 단지경영, 품질 중시, 채소 공장화를 통한 육묘 생산, PV(태양광) 그린하우스 사업의 확대, 생태적 순환형 농업 확대 등을 통해 2020년까지 온실, 비닐하우스, 차광막, 비가림막 중심으로 720,000ha 신설/700,000ha 개조하여 생산량 12% 향상을 목표로 하고 있음

11) 네덜란드, 미국, 이스라엘, 프랑스 등지로부터 수입하여 운영 중이나 연료비가 약 60%를 차지하여 적자운영 중



그림 2-88. 중국의 혁신 스마트 하우스

(다) 스페인

- ① 온실 면적이 크게 증가하였으며, 지역경제 팽창의 주요 원동력으로 작용
  - 스페인의 온실면적은 약 55,800ha(2007년 기준), 2015년 기준 약60,000ha 추정되고 있으며, 지난 10년 간 온실면적이 2배(25,000ha→55,800ha) 이상 급증한 유일한 국가
  - 스페인은 유럽에서 농가당 경영규모(농가당3.78ha)가 가장 크며, 지역경제 팽창의 주요 원동력으로 작용하고 있음



A: 알메리아(Almeria)위성사진

B: 엘히도(EI Jido) 지역 온실단지

그림 2-89. 스페인 시설온실 사진

- 스페인의 온실은 평평한 하우스 모양으로 전체 시설면적의 95%를 차지하고 있으며, 기후적 영향으로 난방 보다는 냉방에 초점을 둔 무가온 온실로 ‘저비용고효율’을 지향하고 있음. 상대적으로 낮은 생산원가(경쟁력 확보)를 위해 자동화된 온실과 재배시스템(관비재배, 수경재배, IPM 및 천적이용기술)을 적극 도입 중

(라) 네덜란드

- ① 세계 최대의 유리온실 보유 및 규모화, 집단지화, 첨단화 추구
  - 네덜란드의 온실면적은 약 10,370ha(2007년 기준)로 채소 4,577 ha, 과수 344 ha, 화훼 4,555 ha(절화 2,308ha, 분화 1,351ha, 기타 254ha), 종묘·묘목 486 ha 등이며, 가운데 재배는 전체 대비 약 92%인 9,463ha
  - 네덜란드는 유리온실이 약 99%로 세계 최대 규모이며, 2015년 기준 경영체당 시설원예 평균면적은 3ha 규모임. 경쟁력 확보를 위해 시설원예의 규모화, 집단지화, 첨단화를 추구하고 있음



- 네덜란드 온실 유형은 벤로형 87%, 광폭형 12%, 비닐온실 1%



그림 2-90. 네덜란드 유리온실 단지 전경(날드릭 지역)

- 네덜란드는 온실 폭 6.4m, 지붕 폭 3.2m에서 온실 폭 8m, 지붕 폭 4.0m로 넓히는 등 온실 유리의 폭을 매년 넓혀서 광투과율을 향상시켜 생산성 향상을 꾀하고 있으며, 안정적인 생산량 유지를 위한 수경재배가 약 90% 이상을 차지하고 있음
- 네덜란드는 선진형 재배기술을 도입하여 1980년 대비 온실에너지 사용을 2010년까지 40% 이하로 절감하기 위해 재배법 개선과 인공광 이용 기술개발, 태양광, 지열, 바이오연료 등 다각적 접근을 시도하고 있음

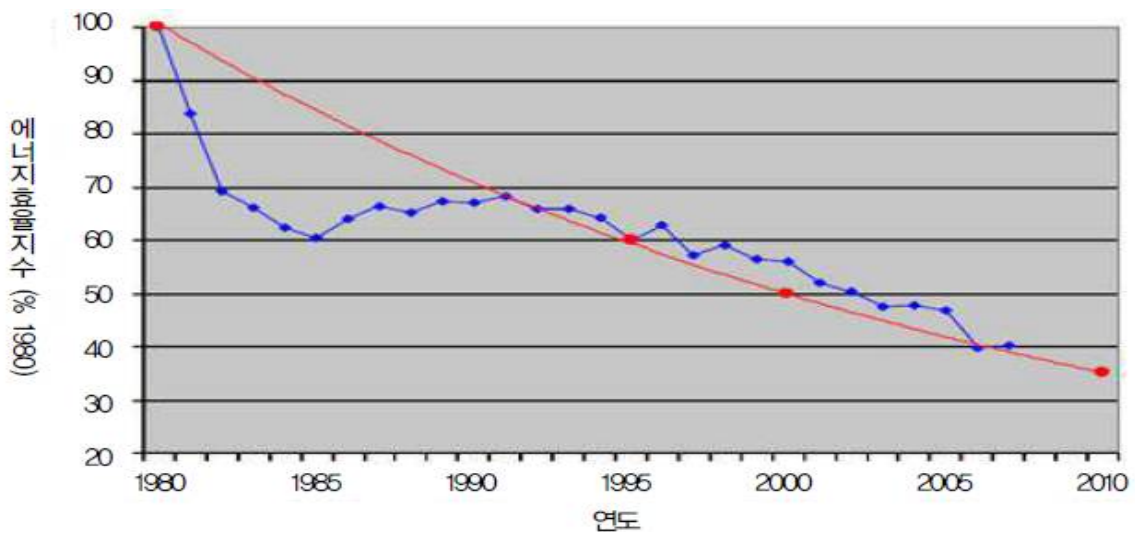


그림 2-91. 네덜란드 시설원에 에너지 절감 계획 및 추진 성과

(마) 카자흐스탄

- ① 인접국 대비 시설원예산업이 매우 부진하며, 온실 추가 확보가 시급한 실정
- 카자흐스탄의 온실면적은 약 58.6ha에 불과하며, 무가온온실이 전체 86%인 50.4ha를 차지하고 있으며, 가온온실은 8.2ha에 불과
  - 개선 소형 시설원예설비는 보일러시스템, 온수배관시스템이 구비되어 있으며, 피복은 내구성이 강한 폴리카보네이트 재질을 사용

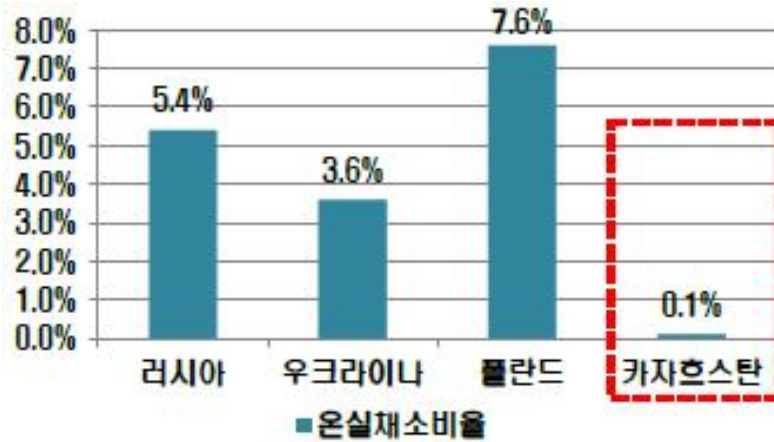


그림 2-92. CIS국가별 총 채소 생산량 대비 비닐하우스 채소 생산 비율(%)

- 겨울 기간(11월~5월) 지역별 토마토, 오이, 야채 등을 생산하기 위한 온실은 알마타주를 제외한 모든 주에서 부족한 실정이며, 전체적으로는 온실 채소 생산량은 필요량 대비 23배 이상 부족한 것으로 나타나고 있음



그림 2-93. 카자흐스탄 주요 주별 재배온실 및 부족 온실면적 현황

- 카자흐스탄 정부는 2010년부터 안정적인 채소류 공급을 위해 시설농업분야 지원을 확대하고 있으며, 2014년 온실 소유자에게 보조금 20% 인상하여 지원 중

(2) 국내 시설원예 현황

(가) 연도별 온실현황 및 유형

- 전체 농림업 경지면적(1,691,00ha) 중 약 3%인 51,787ha(2014년 기준)가 온실이며, 채소 48,835ha, 화훼 2.952ha 규모
  - 시설재배 농가 수는 81,000호이며, 화훼 13,000호, 채소 68,000호
  - 비닐온실 단동, 비가림 위주의 무가온온실은 45,485ha로 전체 대비 약 87%를 차지하고 있으며, 가온온실은 6,320ha로 비닐온실 연동, 유리온실, 첨단온실 형태로 운영 중
- 2009년부터 2014년까지 농림업 생산액은 429,950억원에서 2014년 472,920억원으로 약 9% 증가한 반면 시설원예 생산액은 동기간 49,470억원에서 59,230억원으로 19% 증가
  - 2009년~2014년 기간 채소류는 생산액이 17% 증가하였으며, 화훼류는 -19%로 생산액이 감소
- 2000년대 이후 온실면적은 정체 상태이며, 단동 시설면적은 약 5% 증가율을 보이는 대신 연동시설 14~27%의 증가율을 보이고 있으며, 시설의 규모화가 이루어지고 있음

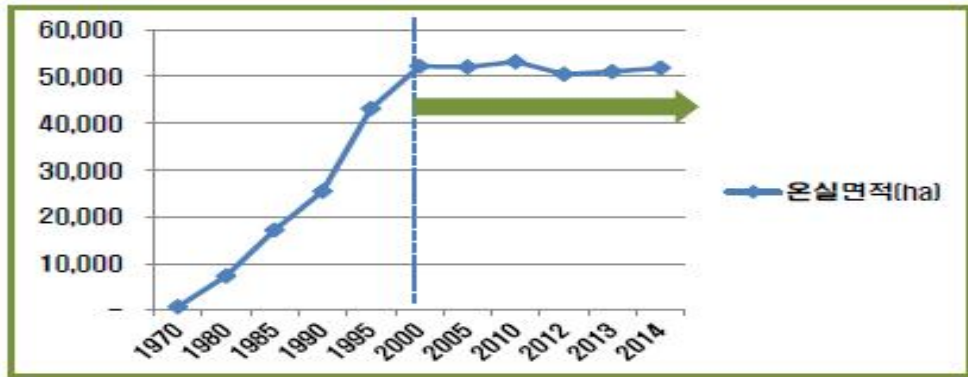


그림 2-94. 연도별 온실현황<sup>12)</sup>

- 무가온 온실(비닐온실 단동, 비가림), 가온 온실(비닐온실 연동)의 대부분은 노후화되어 생산량이 불안정하다는 단점을 지니고 있음
  - 생산성 향상, 환경변화 대응 생산환경 재구축, 에너지의 효율적 사용 검토가 요구되고 있음

구분	무가온 온실(ha)			가온온실(ha)			총계 (ha)	비율[%]	
	비닐(단동)	비가림	소계	비닐(연동)	유리	소계		가온 온실	무가온 온실
경기	5,259	169	5,428	956	74	1,030	6,458	16	84
강원	2,419	19	2,438	507	28	535	2,973	18	82
충북	2,146	60	2,206	179	10	189	2,395	8	92
충남	6,916	29	6,945	398	29	427	7,372	6	94
전북	4,427	360	4,787	435	78	513	5,300	10	90
전남	3,241	552	3,793	812	79	891	4,684	20	80
경북	8,760	94	8,854	581	26	607	9,461	7	93
경남	8,353	16	8,369	1,179	65	1,244	9,613	13	87
제주	7	-	7	172	12	184	191	96	4
계	41,528	1,299	42,827	5,219	401	5,620	48,447	-	-

그림 2-95. 지역별 온실 유형 비교<sup>13)</sup>

(나) 온실 유형과 생산량의 변화

- 가온 온실(비닐, 유리온실 연동) 재배가 이루어지는 파프리카, 토마토 등은 있음 가격이 안정적임에 반해 무가온 온실(비가림시설) 재배로 이루어지는 상추, 시금치 부추 등은 생산량의 불안정으로 가격이 불안정
  - 첨단시설이 집적된 파프리카의 경우 안정된 생산량 확보로 수요 및 수출에 기여
  - 전체 과채류 수출금액 중 파프리카의 비중은 64%를 차지

12) 2014 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적, 농림축산식품부, 2014

13) 2014 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적, 농림축산식품부, 2014

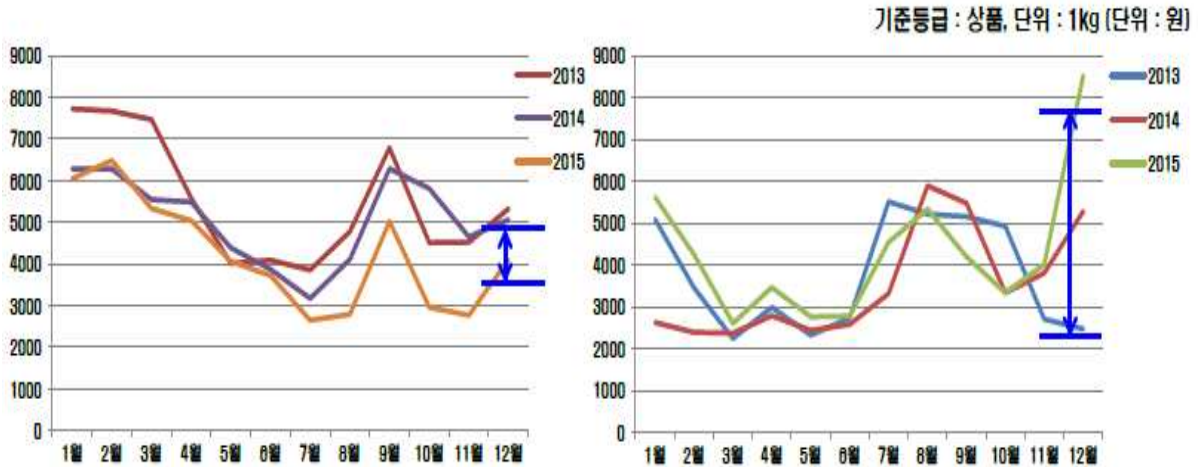


그림 2-96. 파프리카 도매단가(좌) 및 상추 도매단가(우)의 추이<sup>14)</sup>

표 2.56 파프리카, 상추 생산량

구분	'08	'09	'10	'11	'12'	'13	'14
파프리카	32,778	36,023	41,396	43,160	50,642	62,622	64,363
상추	158,098	146,061	141,159	116,808	111,950	96,669	108,732

\* 파프리카는 수요 증대로 재배면적이 증가함에 따라 생산량도 증가, 면적당 생산량은 큰 변화 없음

\* 상추는 재배면적에는 큰 변화가 없으나 기후 조건 등에 따라 연도별 생산량 편차가 매우 큼

(다) 시설원예 산업 현황<sup>15)</sup>

- 시설원예 자재 시장의 성장세가 정체되면서 시설원예자재 공급사 및 온실시공 업체는 크게 감소
  - 국내 시설원예 자재 시장규모는 1995년 4,250억원에서 2000년 7,149억원으로 5년간 59%가 증가하였으나, 2013년 11,167억원 규모로 13년간 5% 증가에 그친 것으로 나타나고 있음
  - 1996년 한국농자재산업협회 소속 기업은 73개사였으나 2016년 한국시설원예협회의 소속 기업은 45개사에 불과하여 28개사가 감소한 것으로 나타났음
  - 온실시공업체는 1996년 대한온실협회 소속 기업이 182개사였으나 2016년 한국농업시설협회 소속 기업은 125개사로 54개사가 감소한 것으로 나타났음

(3) 스마트팜 시장

(가) 스마트팜

① 스마트팜의 정의

- 농업테크란 ‘농업’ 과 기술을 의미하는 단어 ‘Technology’ 를 결합시킨 용어로 ‘농업에 사용되는 신기술’ 을 의미
- 농업테크는 농기구, 비료, 재배법 등 오늘날까지 적용돼 온 농업에 IoT(사물인터넷), 인공지능, 빅데이터 등 4차 산업혁명을 이끄는 신기술을 융합하는 것
- ‘스마트팜’ 은 농업테크가 적용된 대표적인 사례로, 비닐하우스 또는 축사에 정보통신기술을 접목해, 원격으로 작물과 가축을 관리하는 시스템을 의미하며, 시설을 관리하기 위해 만들어진 소프트웨어, 작물 사이클 돌아다니며 관리하는 로봇, 수확기계 등이

14) 농산물유통정보, KAMIS, 2015

15) 시설원예 생산자재 산업의 현황과 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2015

포함됨

② 스마트팜의 핵심요소

- 시설의 온도·습도·이산화탄소 수준 등 작물이 자라는 데 영향을 미치는 여러 요소들을 실시간으로 통제하기 위해서는 빅데이터를 수집, 분석하는 소프트웨어가 절대적으로 요구되며, 스마트팜의 핵심요소임
- 스마트팜 소프트웨어는 작물을 키우는 데 도움이 되는 기본 정보를 가지고 외부 온도 및 습도와 같은 환경정보를 센서로 수집하고 이렇게 수집된 데이터를 바탕으로 작물 재배에 최적화된 환경을 제어함
  - 창문 개폐, 영양분 공급, 냉/난방기 구동 등 시설과 작물을 제어하는 과정이 모두 이 소프트웨어의 데이터 분석에 따라 진행되도록 함
  - 기록된 작물의 정보는 농장주의 스마트폰으로 바로 전송되기 때문에 작물의 상태를 파악하기가 쉬워지고, 적시에 필요한 조치를 취할 수 있게 함
  - 스마트팜은 작물 관리에 필요한 인력은 줄이면서, 수확량은 극대화할 수 있게 해 주는 새로운 농업의 혁신 재배방법임

③ 스마트팜 로봇

- 미국 아이다호주 노스웨스트나사렛대학 연구팀에서 개발한 아이다봇(Idabot)은 카메라와 무선 주파수 센서를 탑재, 탑재된 카메라로 열매의 색상을 분석해 작물의 상태를 파악하거나 조치가 필요한 나무에 살충제를 뿌리기도 하는 등 스마트팜에서 응용이 확대됨에 따라 다양한 형태로 발전
- 무선 주파수 식별을 위해 과실수와 포도나무 덩굴에 전자태그 장치를 부착함으로써 과실수와 포도나무 사이를 움직이며 농장 일을 하도록 하며, 드론과 협업도 가능함
- 특수 카메라를 탑재한 드론이 포도덩굴이나 과실수의 이미지를 촬영하고, 아이다봇은 이미지의 색상을 분석해 작물에 부족한 영양분이 무엇인지 관리하도록 함으로써 작물의 생산성 향상을 꾀할 수 있도록 함
- 스마트팜에는 로봇 외에도 작물과 환경 정보의 빅 데이터 활용, 센서와 소프트웨어 상호작용, 자동화 시스템 및 클라우드 서비스 등 각종 신기술이 적용되고 있음

(나) 국내 스마트 농업

① 국내 농업 활성화 필요성

- 국내 농업은 농업 인구 고령화, 농업 인력과 농경지 감소, 생산 비중 감소 등의 어려움에 봉착해 있음
- 농림축산식품부의 집계에 따르면, 국내 농경지는 2000년 전 국토의 19.0%에서 2013년 17.1%로 지속적으로 감소하고 있으며, 농림어업 종사자 비중도 전체 취업자의 10.6%에서 5.7%로 급격히 줄어드는 추세
  - 국내 총생산 중 농림어업이 차지하는 비중도 2000년 4.4%에서 2013년 2.3%로 급락

② 국내 농업의 스마트화 추진 현황

- 국내 농업은 정보통신기술(ICT), 바이오기술(BT), 녹색기술(GT) 등 첨단 기술이 융합된 형태로 진화하고 있음
- ICT를 접목한 스마트 농업이 생산물의 품질과 생산 효율을 높이는 데 기여할 수 있어, 노동인구 및 농지 감소, 기후변화에 따른 기상이변 등의 문제를 해결할 수 있는 방안으로 제시되고 있음
- 스마트 농업과 관련된 생산 영역의 주요 산업 기술은 스마트 팜, 식물공장, 지능형 농작업기 등으로 구분됨

- 스마트 팜(smart farm)은 센서와 네트워크 기반의 스마트 농업생산 시스템으로 각종 센서 기술을 이용해 농축산물의 성장, 생육 단계부터 온도, 습도, CO2 등의 정보 관리에 기초해 최적의 환경을 조성하고 병충해 등의 피해를 막기 위한 시스템 기술로, 최근 네트워크, 분석 소프트웨어, 스마트기기와의 연계를 강화하는 추세



그림 2-97. 스마트기기를 이용한 농작물 재배 관리

- 스마트 개념이 스마트 팜과 함께 농업 에너지 쪽으로도 확산되면 시설원예 등에서 에너지 비용을 절감할 수 있음이 실증되고 있음
  - 세종창조혁신센터와 SK는 2014년 10월부터 세종시 연동면에 조성한 ‘창조마을’에 300kW 태양광발전소를 구축한 뒤 전기를 판매해 연간 수천만 원의 수익을 창출
  - 스마트폰으로 재배시설을 원격 제어할 수 있는 ‘스마트 팜’ 기술을 적용할 뿐 아니라 태양광을 이용한 에너지 절감 프로젝트 진행 중
- 식물공장이라는 새로운 개념도 등장하고 있으며, 연평균 50% 이상의 고성장세
  - 식물공장 기술은 저비용, 고효율로 작물을 생산하기 위해 작물의 상태에 따라 영양, 온도, 광원 등 성장환경을 실시간으로 모니터링하고 제어·관리하는 기술
  - 다양한 식물을 재배하고 생육 속도와 수확기를 조절하기 위해 온도를 조절하고, 식물 성장에 적합한 양분을 자동으로 공급해 품질을 높이며, 특히 작물의 광합성과 생육을 조절하기 위해 형광등, 고압나트륨등, LED의 다양한 광원을 이용한다. 이중에서 LED를 이용해 작물의 생산량과 품질을 높이고 전기에너지를 절감
  - 우리나라는 1990년대에 식물공장 연구를 시작했고, 2009년부터 정부가 식물공장 연구를 지원하는데 박차를 가하고 있음
  - 잇들개, 국화 등의 경우 밤에 적색광 조명을 켜주면 백색광보다 광합성 작용을 촉진해 생산량과 품질을 향상시킬 수 있으며, 오이, 토마토 등 호광성(好光性) 작물의 경우 흐리고 비오는 날이 계속될 때 적색이나 청색 LED 광을 적절히 활용하면 생산량과 품질을 높일 수 있음
  - 또한 LED는 백열등보다 전기에너지의 저감 효과가 70% 이상 높아 비용을 낮추는 동시에 이산화탄소 배출량도 감소시킬 수 있음



그림 2-99. LED 식물공장 전경

#### (다) 스마트팜 시장규모 및 전망

##### ① 국내 스마트팜 시장은 연평균 14.5% 성장세

- 국내 스마트팜 시장은 2012년 2조4295억원에서 연평균 14.5% 성장을 지속하고 있으며, 이러한 추세에 따라 2016년 4조1699억원까지 성장할 것으로 예측<sup>16)</sup>
  - 국내 스마트팜 시장규모는 세계 3위 수준에 해당

##### ② 대기업의 진출로 스마트팜 시장 급속한 성장세 전망

- SK텔레콤은 세종시에 ‘지능형 비닐하우스 관리시스템’을 구축했으며, KT는 전국에 보유한 네트워크 인프라와 통합관계 역량, 빅데이터 기술을 융합한 ‘기가(GIGA) 스마트팜 사업’을 추진 중
  - 대기업의 스마트팜 시장 진입에 따라 국내 스마트팜 시장은 급속하게 성장 중
  - 국내 스마트팜 시장이 현재까지는 농업 생산을 중심으로 전개되고 있으나, 유통, 소비 등의 분야로 확산되고 있는 등 스마트팜 관련 시장이 확대될 것으로 전망

#### (4) 저녹스(NOx) 버너 시장

##### (가) 저녹스 버너 보급현황

##### ① 저녹스 버너

- 연료와 공기의 혼합특성을 조절하거나 연소영역의 산소농도와 화염온도를 조절하는 방법 등으로 열에 의한 질소산화물 생성 및 연료의 질소성분에 의한 질소산화물 생성을 억제할 수 있는 버너
  - 기존의 일반 버너 대비 질소산화물 저감을 최대 50%, 사용연료 저감을 3%의 효과가 입증되면서 국가적으로도 이제는 선택이 아닌 필수사항으로 인식
  - 국립환경과학원에 따르면 저녹스 버너 교체로 연평균 3,466톤의 질소산화물과 359,455톤의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있는 것으로 분석
  - 1톤급 LNG 일반버너를 저녹스 버너로 교체 시 연간 약 200만원의 연료비가 절감되며, 전체 연료사용량 기준으로는 연간 약 5천5백만Nm<sup>3</sup>이 절감(440억원 효과)

##### ② 저녹스 버너 보급사업

- 에너지관리 및 대기질 개선을 위해 저녹스 버너 설치 대상지역 및 시설과 지원규모 등을 점차 확대
  - 2006년부터 우리나라에서 정부의 저녹스 버너 설치 지원사업이 전개된 지 9년만에 저녹스 버너 보급 1만대 돌파

16) 스마트팜이 이끌 미래 농업, 산업동향보고서, 삼정KPMG, 2016

- 저녹스 버너는 송풍기 일체형, 송풍기 분리형, 송풍기 내장형, 보일러 일체형 등 네 종류로 시중에 보급되고 있으며, 송풍기 일체형·분리형이 전체 설치물량의 약 90% 차지
- 2008년까지 1천대를 밑돌았던 버너 설치지원 규모는 정부의 버너 설치지원 사업예산이 확대되면서 지난 2009년 보급대수 1,943대로 정점을 찍은 이후 연평균 약 1,500대의 보급실적을 보이고 있음
- 용량별로는 2014년까지 1톤 미만 저녹스 버너는 전체 물량의 43.6%를 차지한 4,697대가 설치되었고, 1~2톤급 3,079대(28.6%), 2~3톤급 1,064대(9.9%), 3~4톤급 604대(5.6%) 등으로 고용량 제품일수록 설치규모가 낮은 것으로 나타났음

표 2.57 국내 저녹스 버너 보급 현황(용량별, 지역별)

용량별 설치현황										
구분	총계	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
총계	10,778	169	277	497	1,943	1,801	1,493	1,560	1,492	1,546
1톤 미만	4,697	0	0	0	1,243	916	550	611	646	731
1~2톤	3,079	76	123	226	350	519	440	505	419	421
2~3톤	1,154	33	64	115	129	130	166	170	136	121
3~4톤	604	26	43	55	74	63	79	91	96	77
4~5톤	270	11	17	22	23	36	51	36	36	38
5~6톤	306	12	11	29	27	42	54	41	39	51
6~7톤	197	2	10	18	16	14	32	34	37	34
7~8톤	146	2	1	8	18	30	24	21	19	23
8~9톤	171	4	4	14	31	11	37	26	24	20
9~10톤	12	0	0	0	0	0	9	1	1	1
10톤 이상	232	3	4	10	32	40	51	24	39	29

지역별 설치현황										
구분	총계	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
합계	10,778	169	277	497	1,943	1,801	1,493	1,560	1,492	1,546
수도권	5,641	100	205	431	1,035	943	699	729	707	792
비수도권	5,137	69	72	66	908	858	794	831	785	754

(나) 저녹스 버너 시장구도 및 인증현황

① 국내 저녹스 버너 시장은 1장 4중 구도

- 정부의 친환경버너 보급 지원사업에 적극 참여하고 있는 저녹스버너 제조사는 한국미우라공업, 청우지엔티, 흥국공업, 수국, 발트코리아, 대열보일러, 한국코로나, 부-스타, 범양써머텍 등 9개사로 수국, 부-스타, 청우지엔티 등 3개사가 시장을 주도
  - 수국의 경우 세계적인 고효율 버너 제조기술로 45% 이상의 압도적인 점유율로 부동의 1위를 유지하고 있으며, 부-스타·청우지엔티·발트코리아·한국미우라공업 등 4개 업체가 각각 10%대의 점유율

② 저녹스 버너 인증

- 저녹스 버너 인정검사를 맡고 있는 한국환경공단에서는 저녹스버너 인정기준은 LNG버너의 질소산화물 배출량이 40ppm 이하, LPG 버너는 질소산화물 배출량 50ppm 이하로 규정
  - 저녹스 오일버너의 오염물질 배출량은 최소 70ppm(경유)에서 최대 180ppm(중유)



표 2.58 국내외 저녹스 버너 인정 기준

국내 저녹스버너 인정기준		
사용연료	NOx(ppm)	CO(ppm)
LNG	40	120
LPG	50	120

일본 저녹스버너 인정기준		
구분	배출농도	연료
소형보일러	60ppm	가스
	80ppm	액체(유류)
내연기관장치	100ppm/12h	가스히터

미국 저녹스버너 인정기준		
용량(ton/hr)	인정기준 (산소 3%)	산소농도 4% 환산 시
0.16 이하	20ppm	18.9ppm

(다) 해외 주요 선진국 저녹스 버너 정책동향

① 해외 선진국에서는 우리나라 보다 20년 이상 앞서 친환경 정책지원

- 우리나라는 2006년부터 정부 대기보전정책에 따라 저녹스버너 지원사업이 본격화되기 시작한 반면 미국, 일본, 유럽 등 해외 선진국에서는 이미 1980년대부터 친환경버너에 대한 기술투자 및 정책지원
- 일본은 1994년부터 일본 환경성의 환경계획에 의해 환경부하를 저감하기 위한 실행계획으로 연소설비에 한해 석탄, 석유 등의 연료를 천연가스로 전환하는 사업자에게 정부에서 보조금 지원
- 세계 최고의 저녹스버너 기술력을 보유한 미국은 1980대부터 시행된 청정대기법(Clean Air Act)에 의해 산업용버너에 대한 NOx 규제를 강화
  - 2006년부터는 제조일로부터 15년 이상 노후된 시설의 경우 NOx 및 CO의 배출허용기준을 초과하거나 개선조치가 이뤄지지 않을 시 가동중지 처분
  - 저녹스 버너 인정기준에서는 0.16톤급(산소농도 3%) 저녹스 버너에 대해 대기오염물질 배출허용기준을 세계 최고 수준인 20ppm 이하로 적용

(5) 시설농업의 에너지 절감 및 대체

(가) 시설원에 농가 에너지 이용실태

① 시설채소 농가의 에너지 이용실태

- 온실설치와 관련하여 외부시설 형태를 살펴보면 PET가 43.3%, 단독형 온실이 37.8%로 나타났음

표 2.59 시설채소 농가 외부 시설 형태 실태조사<sup>17)</sup>

구분	빈도(명)	비율(%)
유리온실(양지붕형, 베로형, 기타)	5	5.6
PC	1	1.1
PET	39	43.3
고층고온실	2	2.2
표준하우스	7	7.8
단동형 온실	34	37.8
광폭형 온실	2	2.2
합계	90	100.0

• 시설채소 농가의 난방시설 투자 및 운영비

- 난방 및 보온시설 투자비를 에너지원별로 살펴보면, 중유보일러의 경우 연료비와 전기비가 가장 높게 나타나고 있음

표 2.60 난방시설 관련 투자 및 운영비

구분	응답자수	평균값(천원)
경유보일러	설치비(천원)	125
	연료량(리터)	113
	연료비(원)	14,281,239
	전기(kw)	4
	전기비(원)	845,086
중유보일러	설치비(천원)	11
	연료량(리터)	8
	연료비(원)	37,857,429
	전기(kw)	1
	전기비(원)	960,000
석유보일러	설치비(천원)	4
	연료량(리터)	5
	연료비(원)	5,100,400
전기보일러	설치비(천원)	14
	전기(kw)	3
	전기비(원)	1,258

• 보온시설별 투자비를 비교해보면, 시설비는 수평커튼이 가장 높게 나타났음

표 2.61 보온시설 관련 투자비

구분	응답자수	평균값
다중피복	시설비(천원)	2,687,910
	설치년도(년)	1967
	수리비(원)	6,107,143
다겹보온커튼	시설비(천원)	5,247,956
	설치년도(년)	1984
	수리비(원)	17,500,333

17) 시설원예농가 에너지 소비 실태조사, 농촌경제연구원, 2014

수평커튼	시설비(천원)	33	8,916,355
	설치년도(년)	28	1936
	수리비(원)	6	701,250
수막시설	시설비(천원)	18	700,444
	설치년도(년)	13	2003
	수리비(원)	4	1,075,000
배기열 회수장치	시설비(천원)	9	3,502,006
	설치년도(년)	6	2009

② 시설육묘 농가의 에너지 이용실태

- 외부시설로 유리온실을 설치한 농가는 8.3%, 비닐온실을 설치한 농가는 70.8%, 유리온실과 비닐온실을 함께 이용하는 농가는 20.8%로 나타남

표 2.62 육묘장 외부 시설 형태 실태조사<sup>18)</sup>

구분	빈도(명)	비율(%)
유리온실	2	8.3
비닐온실	17	70.8
유리 + 비닐온실	5	20.8
합계	24	100.0

- 생산시설 설치비용은 비닐온실의 경우 평균 2,171평, 설치비용은 5억원, 유리온실의 면적은 평균 1,583평, 설치비용은 평균 16억 5천만원으로 나타남

표 2.63 육묘 생산시설 설치비용

(단위 : 평, 천원)

구분	응답자수	평균값(천원)	
유리온실	면적	6	1,583
	총설치비용	6	1,650,000
	설치비/평	2	604
비닐온실	면적	21	2,171
	총설치비용	19	500,000
	설치비/평	13	237

- 난방 및 보온시설 투자비를 에너지원별로 살펴보면, 가장 많이 사용하는 냉난방시설은 경우 보일러/온풍기로 나타났고(약 54%), 전기보일러/온풍기를 이용하는 농가는 약 45%로 나타났음. 육묘장의 경우 다른 품목 시설농가에 비하여 신재생에너지 이용이 많은 것으로 나타났으며, 그 중에서 지열과 공기열은 설치비가 상당히 높은 편이지만 연료비 부담은 적은 것으로 조사됨

18) 시설원예농가 에너지 소비 실태조사, 농촌경제연구원, 2014

표 2.64 육묘장 난방시설 관련 투자 및 운영비<sup>19)</sup>

구분		응답자수	평균	
화석 에너지	경유 보일러/온풍기	설치비(천원)	11	30,091
		연료량(리터)	7	52,857
		연료비(천원)	7	40,143
		전기(kw)	3	219,667
		전기비(천원)	3	33,000
	중유 보일러/온풍기	설치비(천원)	1	20,000
		연료량(리터)	1	20,000
		연료비(천원)	1	20,000
	석유 보일러/온풍기	설치비(천원)	1	100,000
		연료량(리터)	1	100,000
		연료비(천원)	1	100,000
	병커C유 보일러/온풍기	설치비(천원)	5	47,000
		연료량(리터)	3	96,667
		연료비(천원)	2	60,000
		전기(kw)	2	399,500
전기비(천원)		2	65,000	
전기 보일러/온풍기	설치비(천원)	11	70,818	
	전기(kw)	8	91,528	
	전기비(천원)	9	22,422	
신재생 에너지	지열	설치비(천원)	2	880,000
	공기열	설치비(천원)	5	178,000
		연료비(천원)	1	55,000
		전기(kw)	2	43,250
		전기비(천원)	2	10,630
	목재펠릿	설치비(천원)	4	40,075
		연료량(톤)	4	48.0
연료비(천원)		4	15,875	

- 보온시설별 투자비를 비교해보면, 다중피복 3,095만 원, 다겹보온커튼 8,556만 원, 수평 커튼은 4,200만 원으로 나타나 다겹보온커튼이 가장 높게 나타났음

표 2.65 육묘장 보온시설 및 운송차량 설치 운영비

구분	응답자수	평균	
다중피복	시설비(천원)	4	30,950
	설치년도(년)	6	2011.5
	수리비(원)	3	11,667
다겹보온커튼	시설비(천원)	13	85,562
	설치년도(년)	13	2010.0
	수리비(원)	3	8,333
수평커튼	시설비(천원)	6	42,000
	설치년도(년)	9	2005.7
	수리비(원)	1	15,000

19) 시설원예농가 에너지 소비 실태조사, 농촌경제연구원, 2014

운송차량	시설비(천원)	12	38,250
	설치년도(년)	13	2007.6
	운영비(원)	9	12,889

③ 주요 시설원예 작물 에너지 사용량(10ha 기준)

- 작물별 에너지 사용량을 살펴보면, 전반적으로 전기와 석유류를 혼합하여 많이 사용하고 있음. 착색단고추의 경우 중유의 사용금액이 전체 에너지 사용금액의 28.9%를 사용하고 있으며, 전기는 분석대상 작물 모두에서 전체에너지 사용금액의 10% 내외로 사용되며 여타 에너지원의 사용량은 미미한 수준

표 2.66 주요 시설원예 작물 에너지 사용량(10a 기준)

구분	단고추		오이	토마토		
	착색	피망		방울	일반	
표본수	258	98	999	454	809	
사용량 (kw, l, g)	전기	19,705	6,554	3,631	6,859	5,455
	경유	5,467	1,948	2,046	3,393	1,592
	석유	25	1	46	19	19
	중유	4,106	388	143	209	141
	휘발유	76	6	9	8	11
	가스	917	70	0	0	0
	연탄	15	-	0	12	12
	기타	761	0	20	142	18
사용금액 (천원) 운송차량	전기	852 (9.0)	286 (13.1)	169 (8.3)	267 (8.2)	227 (12.1)
	경유	5,250 (55.8)	1,614 (74.2)	1,699 (83.3)	2,790 (86.6)	1,498 (79.0)
	석유	21 (0.2)	1 (0.0)	42 (2.1)	5 (0.1)	18 (1.0)
	중유	2,718 (28.9)	253 (11.6)	101 (4.9)	134 (4.1)	106 (5.7)
	휘발유	71 (0.8)	5 (0.2)	11 (0.5)	8 (0.2)	11 (0.6)
	가스	246 (2.6)	16 (0.7)	1 (0.0)	- -	0 (0.0)
	연탄	9 (0.1)	- -	0 (0.0)	4 (0.1)	5 (0.3)
	기타	249 (2.6)	- -	16 (0.8)	38 (1.2)	10 (0.5)
	소계	9,416	2,175	2,039	3,246	1,874

④ 시설 원예농가 경영상 애로요인

• 시설채소

- 시설채소 농가의 재배 및 출하 시 애로요인을 살펴보면, 적합한 소득 작목 선택의 어려움과, 판매처확보 문제, 운영자금 조달 어려움을 선택한 농가가 많은 반면, 노동력 부족 문제, 노후 시설의 개보수 어려움, 냉난방비 부담증가에 대해서는 전혀 아니다와 매우 그렇다가 비슷한 비율을 보이고 있어 농가별 처한 상황에 따라 응답이 달라지는 것을 확인

할 수 있음(냉난방비 부담 : 전혀 아니다(43.0%), 매우 그렇다(42.1%))

- 냉난방비 부담 증가에 대해서는 면세 경유에 판매 보급 제한 조치가 이루어지기 이전의 응답으로 최근 조사에 따르면 면세 경유 보급 제한에 따라 냉난방비의 부담이 가중된 것으로 나타나고 있음

• 시설과일 및 시설화훼

- 시설과일 및 시설화훼 농가의 재배 및 출하 시 애로요인을 살펴보면, 노후한 시설 개보수 비용과 냉난방비 증가가 농가에 가장 부담이 되는 것으로 나타났음

- 냉난방비 부담 증가에 대해 매우 그렇다고 응답한 건은 전체 43.3%로 전혀 아니다라고 응답한 건(21.3%) 대비 2배 이상 높게 나타났음

(나) 시설원에 농가 경영성과

• 단고추, 오이, 토마토, 풋고추의 에너지 사용금액을 나타내는 광열동력비가 중간재비에서 차지하는 비중은 약 25%에서 40% 수준이고, 경영비 대비 광열동력비 비중은 10% 후반대에서 30% 수준으로 나타났음

- 품목별로 중간재 대비 광열동력비 비중이 가장 큰 작목은 풋고추로, 40.4%를 기록하며 경영비 대비 광열동력비 비중이 가장 큰 작목은 착색단고추로 30.8%

표 2.67 시설채소의 경영성과(10a 기준)

구분	단고추		오이	토마토		풋고추	
	착색	피망		방울	일반		
표본수(개)	258	98	999	454	809	489	
생산량(A, kg)	11,404	6,292	10,959	7,085	8,512	4,658	
조수입(B)	40,005	15,959	15,503	17,807	15,290	17,024	
경영비	중간재비(C)	24,008	7,791	6,828	8,957	6,712	7,112
	광열동력비(E)	9,416	2,175	2,039	3,246	1,874	2,874
	계(D)	30,613	12,094	11,502	13,492	10,683	11,487
소득	13,492	7,400	7,921	7,487	7,715	8,771	
순이익	9,393	3,865	4,001	4,297	4,607	5,536	
부가가치(F)	15,997	8,167	8,674	8,842	8,578	9,911	
광열동력비 비중(%)	E/C	39.2	27.9	29.9	36.2	27.9	40.4
	E/D	30.8	18.0	17.7	24.1	17.5	25.0
단위생산당 광열동력비 (원/kg, 천원)	E/A	826	346	186	458	220	617
	E/B	235	136	132	182	123	169
	E/F	589	266	235	367	218	290

- 한편 감귤, 포도, 장미, 심비디움 등의 시설과일 및 시설화훼 농가의 에너지 사용금액에서 광열동력비의 중간재비에서의 비중은 약 42%에서 72%수준으로 나타났으며, 경영비 대비 광열동력비 비중은 약 30%에서 40% 수준으로 나타났음

(다) 시설원에 농가의 대체에너지 및 에너지 절감시설 이용실태 및 효과

① 시설채소 농가의 대체에너지 및 에너지 절감시설

• 2013년 한국농촌경제연구원의 시설원예농가조사결과에 따르면 대부분의 농가는 지열히트펌프, 공기열 히트펌프, 목재 펠릿 등 대체 에너지 시설을 보유하고 있지 않은 것으로 나타났음

- 대체에너지 시설을 이용하지 않는 원인을 시설별로 나누어 조사한 결과, 대체에너지

모두 유지 및 보수비용이 크기 때문에 보유하지 않는다는 의견이 지배적으로 나타났음

- 대체에너지 시설 보급을 확대하기 위해서는 유지 및 보수비용을 최소화할 수 있는 대체에너지의 공급이 필요함

표 2.68 시설원예농가의 대체에너지 시설을 보유하지 않는 이유<sup>20)</sup>

구분	지열히트펌프		공기열 히트펌프		목재펠릿	
	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)	빈도(명)	비율(%)
높은 유지·보수비*	123	72.8	90	59.2	83	53.2
장기적 영농포기	3	1.8	2	1.3	2	1.3
기존 경유 이용이 효율적**	17	10.1	17	11.2	23	14.7
경영규모 축소			2	1.3	1	0.6
기타	26	1.4	41	27.0	47	30.1
합계	169	100.0	152	100.0	156	100.0

\* 지열히트펌프, 공기열히트펌프, 목재펠릿의 경우 현재 기술개발의 진보에 따라 유지·보수비의 절감이 개선되었음

\*\* 2015.7월부터 면세경유 전력 공급 중단에 따라 난방비 부담 가중

### ② 대체에너지시설 도입 효과

- 기존에 사용하는 경유를 기준으로 대체에너지에 대한 사용 후 효과를 평가한 결과에 따르면 생산량 증가효과와 난방비 절감효과는 있는 것으로 나타났으나 품질 향상효과는 오히려 기존 경유보다 떨어지는 것으로 조사
  - 대체에너지 이용에 따른 품질을 개선할 수 있는 영농법과 연계 필요

표 2.69 대체에너지 이용 후 효과<sup>21)</sup>

구분	기존 경유 이용시	지열 히트펌프	공기열 히트펌프	목재 펠릿
생산효과	100	107	103	100
난방효과	100	107	111	109
품질효과	100	100	98	88

### ③ 대체에너지 관련 시설 운영상의 문제점

- 대체에너지 관련 시설을 설치 한 후 운영상의 문제점으로는 과거의 경우 고장이 작고, AS 등 사후관리가 미흡하다는 의견이 많았으나 최근에는 운영 및 관리가 기존 냉난방 시설보다 어렵다는 의견이 지배적
  - 운영 및 관리가 기존 냉난방 시설 보다 어렵다고 응답한 건은 2012년 이전 27.5%였으나 2012년 이후 29.5%로 증가하였고, 냉난방 비용절감 효과를 기대하기 어렵다고 응답한 건은 15.9%에서 20.5%로 증가

### ④ 시설 과일 및 화훼농가의 대체에너지 및 에너지 절감시설

- 2013년 한국농촌경제연구원의 시설원예농가조사결과에 따르면, 조사 대상 농가의 26.8%가 대체에너지 시설을 보유한 것으로 응답
  - 육묘 농가들이 41.7%로 가장 높은 보유율을 보였으며, 감귤 및 화훼 농가들도 대체

20) 시설원예농가조사, 농촌경제연구원, 2013

21) 시설원예농가조사, 농촌경제연구원, 2013

에너지 시설을 많이 보유하고 있는 것으로 나타났음

- 대체에너지 시설을 보유하고 있는 농가 가운데, 약 10%는 지열히트펌프와 공기열히트펌프 두 가지 시설을 함께 보유하고 있는 것으로 조사

표 2.70 품목별 대체에너지 보유 현황

(단위 : 응답수(명), 비율(%))

구분	보유	미보유	합계
감귤	7 (23.3)	23 (76.7)	30 (100.0)
포도	5 (13.5)	32 (86.5)	37 (100.0)
화훼	12 (33.3)	24 (66.7)	36 (100.0)
육묘	10 (41.7)	14 (58.3)	24 (100.0)
계	34 (36.8)	93 (73.2)	127 (100.0)

\* 주 : ( )은 응답비율(%)

- 신재생에너지 시설 도입 요인은 대부분 난방 비용 절감과 정부의 지원에 기인하는 것으로 나타나고 있음
- 한편 대체에너지 시설을 도입하지 않는 이유는 상당수가 높은 시설 설치비 부담
  - 정부에서 많은 비용을 지원해주고 있으나, 보조금을 고려하더라도 농업인들은 설치비에 대해 큰 부담

표 2.71 품목별 대체에너지 보유 현황

(단위 : 응답수(명), 비율(%))

구분	지열히트펌프	공기히트펌프	목재펠릿
높은 시설 설치비	69 (71.9)	60 (65.2)	28 (30.8)
높은 유지·보수비	1 (1.0)	4 (4.3)	8 (8.8)
열효율에 대한 불확실성	9 (9.4)	13 (14.1)	22 (24.2)
낮은 필요성(작목 전환, 영농축소 등)	3 (3.1)	2 (2.2)	2 (2.2)
관리 어려움 및 운영기술 부족	3 (3.1)	2 (2.2)	21 (23.1)
기타	11 (11.5)	11 (12.0)	10 (11.0)
합계	96 (100.0)	93 (100.0)	91 (100.0)

\* 주 : ( )은 응답비율(%)

⑤ 대체에너지시설 도입 효과

- 대체에너지 시설을 도입한 농가들의 난방비와 생산량, 품질변화를 살펴보면, 지열히트펌프와 공기열히트펌프의 경우 난방비, 생산량 모두 증가하고, 품질은 좋아지는 것으로



나타난 반면 목재펠릿을 사용하는 농가의 경우, 난방비는 절약되지만 생산량과 품질이 낮아지는 것으로 나타났음

표 2.72 대체에너지 도입 효과 평가<sup>22)</sup>

구분	지열히트펌프	공기열 히트펌프	목재 펠릿
도입 전	100.0	100.0	100.0
난방비 증감 정도	134.4	141.4	92.1
생산량 증감 정도	103.8	105.7	91.4
품질 향상 정도	107.5	104.3	88.6
샘플 수	8	7	7

⑥ 대체에너지 관련 시설 운영상의 문제점

- 대체에너지 관련 시설을 설치 및 운영에 대해 설치비용 및 운영비에 대한 부분이 애로 요인으로 나타났음

- 설치비용이 비싸다는 의견이 가장 지배적이었으며, 유비·보수 등 운영비가 비싸다는 의견도 높게 나타났음

⑦ 시설농가의 대체에너지 보급 및 확대를 위한 시사점

- 에너지 절감시설의 설치비 및 시공비에 대한 농가의 부담이 매우 큰 것으로 나타나 개선이 요구됨

- 에너지 절감시설에 대한 시공단가와 자부담 비중을 낮추어 농가들의 부담을 덜어줄 수 있어야 할 것임

- 기술개발을 통한 생산 및 설치 비용절감이 이루어져야 할 것임

- 특히 배기열회수장치의 경우 시공비가 너무 높고 효과에 대한 불확실성이 높으므로 기술개발을 통한 효과 개선이 요구됨

- 대체에너지의 보급에 따라 작물의 재배환경 개선을 통해 생산성 향상 및 품질 향상을 꾀할 수 있는 방안의 강구가 요구됨

- 대체에너지 시설을 용이하게 관리할 수 있는 방안 마련이 필요함

(6) 경제성 분석

(가) 가정 및 분석 주안점

① 청정연료 사용을 위한 선행연구 결과 기반 분석

- 환경분석 및 시장성 분석에서는 시설원예 농가의 면제경유 중단에 따른 대체에너지 보급에 대한 이슈, 대체에너지 활용 확대를 위한 문제점 등을 고찰하였음

- 분석 대상 과제는 청정연료를 활용한 DeNOx 보일러 시스템 운영 및 ICT 통합제어시스템 적용으로 경유를 대체하는 청정연료 보급 및 농가에 필요한 에너지원 제공, 작물 재배를 효율적으로 제어할 수 있는 자동제어시스템 구현을 목표로 하고 있으며, 대체연료인 DME를 연소할 때 가스를 정제하여 포집한 CO2를 온실 내 작물에 시비함으로써 생산성 및 품질 개선 효과를 가져오는 것으로 나타나 기존 시설 농가에서 대체에너지 시설 도입에 따르는 문제점을 해결할 수 있는 것으로 제시됨에 따라 이러한 결과를 기반으로 분석

- 실제 현장실증이 이루어진 광주육묘장에서의 DME 청정연료 대체 사용을 위한 시설 도입 및 도입된 시설을 이용하여 운영에서 나타난 결과를 반영하였음

22) 시설원예농가조사, 농촌경제연구원, 2013

② 분석 주안점

- 청정연료인 DME를 난방 연료로 대체함에 따라 이를 부응하기 위해 개발된 DeNOx 보일러, 저녹스 버너 등은 환경적 측면에서는 기존 보일러나 버너 대체로 적정하나 시설 농가의 입장에서는 새로운 시설의 도입이므로 부담으로 작용함
- 따라서, 친환경 설비를 도입함에 따른 환경적 효과 보다는 시설 운용에 따른 난방비 절감효과를 기반으로 경제성을 분석함

③ DME의 보급

- DME는 LPG와 물성이 유사하나 원료의 공급은 (주)바이오프랜즈 보은 DME 플랜트로부터 공급되는 것을 가정
  - 향후 DME의 청정성에 따라 난방연료, 자동차연료 등으로 사용이 확대될 것으로 예상됨

④ 경유 난방비

- 면세 경유 보급 중단에 따라 면세 등유로 대체하는 농가가 늘어나고 있으나, 열효율 문제 등으로 경유를 그대로 사용하는 농가도 다수임
  - 따라서 본 분석에서 경유 난방비용 산정 시 면세 경유가 아닌 시중 판매 경유의 가격을 기준으로 함

(나) 주요 변수 및 경제성 분석

① 경유 가격 추이 및 전망

- 국내 경유 가격(주유소 기준)은 2016년 하반기부터 상승세를 유지하다가 2017년 상반기 하향세로 접어들었으며, 2017년 하반기에는 다시 상승세를 보이고 있음
  - 최근 1년간 최저 가격은 1,311원/리터였으며, 최고 가격은 1,415원/리터로 나타났음
  - 2017년 2/4분기 평균가격은 약 1,340원/리터 수준



그림 2-100. 국내 경유 가격 추이(단위 : 원)<sup>23)</sup>

- World Bank 2030년까지의 장기 오일 가격 전망에 따르면 연평균 2.92% 성장할 것으로 전망
- 국내 경유 가격은 2017년 1,340원에서 2022년 1,547원에 이를 것으로 전망
  - 2017년 2/4분기 평균 가격을 기준으로 world bank의 장기 오일 가격 전망치를 반영하여 추산

23) 한국석유공사 오피넷, www.opinet.co.kr

표 2.73 경유 가격 전망

(단위 : 원/리터)

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1,340	1,379	1,419	1,461	1,504	1,547	1,593	1,639	1,687	1,736

\* 주유소 판매 기준

② DME 가격 추이 및 전망

- 전세계 DME의 약 90%는 중국에서 소비가 이루어지고 있음
  - 국내의 경우 DME의 사용이 아직 일반화되어 있지 않은 실정이며, DME는 LPG와 유사한 연료로 취급되어 비슷한 유통구조를 가지고 있음. 즉 산지에서 운송 후 국내 DME 운영사 세금 및 마진을 취하고, DME 충전소가 판매처 세금 및 마진을 취하는 형태로 이루어지고 있음
  - 이러한 DME 유통구조를 고려할 때 산지 가격 대비 국내 소비자가는 약 2배 반영
  - 2017년 1/4분기 중국의 DME 평균 현물가격을 고려할 경우 546\$/톤(627,900원/톤) 가격이므로 국내 소비자가는 1,256원/kg(841원/리터) 수준임
- EIA의 2017년 보고서에 따르면, 천연가스 가격은 연평균 1.7% 상승할 것으로 전망
  - 국내 DME 소비자 가격은 2017년 1,256원/kg에서 2022년 1,366원/kg에 이를 것으로 전망

표 2.74 DME 가격 전망

(단위 : 원/kg)

2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1,256	1,277	1,299	1,321	1,344	1,366	1,390	1,413	1,437	1,462

\* 소비자 가격 기준

③ 광주 육묘장(1,400평 규모) 설비 현황 및 DME 연료사용에 따른 도입 설비

- 기존 보유 설비
  - 온풍기(20만kcal/hr 2대), 온수보일러 버너 시스템(5만kcal/hr) 1대
- 신규 도입 설비
  - 온풍기(20만kcal/hr 2대), DME DeNOx 버너 시스템(5만kcal/hr) 1대, 45kw 발전기 1대

표 2.75 설비비

(단위 : 천원)

구분	시설비
기존 경유 설비(보일러, 온풍기)*	30,000천원
DME 신규 설비(ICT 연계 스마트설비)**	60,000천원

\* 육묘장 1,500평 규모 경유 보일러 및 온풍기 시설비(한국농촌연구원, 실태조사, 2013년)

\*\* ICT 연계 스마트 설비는 200,000kcal/hr 기준 4,500만원 공급 목표, 광주육묘장의 경우 400,000kcal/hr 규모 임을 감안하여 시스템 공급단가는 60,000천원으로 계상

- 신규 도입설비는 기존 설비와 병행하여 병렬로 설치하므로 기존 설비에 추가하여 설치 비용이 증가하게 됨

④ DME 소비량 및 연료비 절감액

- 선행연구에 따르면 온풍기 적용을 위한 연료 소비량은 경유의 경우 27.1리터/hr에 대해 DME 열량을 감안할 경우 39.3리터/hr가 요구되나 실제 운용에서는 약 36.5리터/hr가 소요되어 7% 열량 대비 효율 향상되는 것으로 나타났음
  - 난방이 필요한 11월~4월까지 광주육묘장을 15℃ 이상으로 유지하기 위해서는 DME 약 72톤이 소요
    - DME 비중(0.67)을 고려할 경우 연간 소비량은 107.5천 리터 소요, 실제 운용에서 DME 가 36.5리터/hr 소요된 것을 고려 시 연간 경유 소비량은 79.8천 리터 필요
- 연료비 절감액 = DME 연료비 - 경유 연료비
  - DME 연료비 = 연간 72톤 사용(107.5천리터) \* 연도별 DME 가격
  - 경유 연료비 = 실소요량 36.5리터를 기준으로 할 경우 연간 경유 소요량은 79.8리터 × 연도별 경유 가격

표 2.76 연료비 절감액

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
경유가격 (원/리터)	1,340	1,379	1,419	1,461	1,504	1,547	1,593	1,639	1,687	1,736
DME가격 (원/kg)	1,256	1,277	1,299	1,321	1,344	1,366	1,390	1,413	1,437	1,462
연료비 절감액	6,483	18,068	19,717	21,434	23,220	25,079	27,011	29,021	31,110	33,281

⑤ 시설 도입비 및 유지·보수비용

- 경유의 경우 기존 설비를 그대로 이용하므로 신규 설비 도입 비용은 없으나 DME 청정 연료 대체시 DME 연료사용을 위한 신규 설비를 도입함에 따라 신규시설 설치비 (60,000천원) 소요
- 유지·보수비용은 도입 이후년도부터 발생하는 것으로 가정하였으며, 유지·보수비용은 신규설비비 대비 연도별로 12% 반영

표 2.77 도입비 및 유지보수비

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
기존설비 유지보수비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
신규설비 도입비	60,000									
신규설비 유지보수비		7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200

⑥ 비용 절감액

- 비용 절감액 = 연료비 절감액 + 신규설비 유지보수비 - 기존설비 유지보수비 - 신규설

## 비 도입비

표 2.78 비용절감액

(단위 : 천원)

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
연료비 절감	16,483	18,068	19,717	21,434	23,220	25,079	27,011	29,021	31,110	33,281
기존설비 유지보수비	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
신규설비 설치비	60,000									
신규설비 유지보수비		7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
절감액	-39,917	14,468	16,117	17,834	19,620	21,479	23,411	25,421	27,510	29,681

### ⑦ 경제성 분석 종합

- 기존 시설농가의 경유 연료를 DME 대체연료로 교체할 경우 연료비 절감 이익이 수요자인 시설농가에 발생함, 동 분석은 광주 육묘장 실증 결과를 기반으로 하고 있음
- 청정연료인 DME로 시설을 구축하여 운영할 경우 약 3.5년 후 원금을 회수할 있을 것으로 나타났음, 다만, 초기 설비 구축 비용부담이 크므로 이를 제도(정부지원책)와 연계 시 시설농가의 선택은 높아질 것으로 분석됨

## 2. 친환경 연료의 농가보급을 위한 최적 운영방안 및 표준안 제시

### 가. 에너지통합관리시스템 표준모델

#### (1) 사업모델 선정배경

- 농업용 친환경연료로 DME를 선정하고, DME를 사용한 시설농가(스마트팜 등) 온실에 ICT융합기술을 기반으로 CO2 시비를 하고, 난방등 에너지관리를 통합적으로 관리하는 시스템을 도출하는 사업으로 농가 현장에 다양하게 적용한 결과 우수한 성과를 얻음
- 이러한 온실용 에너지통합관리시스템에 대한 표준모델은 농업진흥청에서 발간한 ‘**스마트환경관리시스템 가이드라인**’의 복합환경제어시스템과 식물공장이 그 표준모델이 될 것이며 여기서는 에너지관리측면에서 접근하고자 함
  - 최근 농업진흥청에서 발표한 삼중열별합시설의 성공사례를 보면, 우리나라 시설원예 농가는 유류연료인 등유를 주로 사용함에 따라 효율성이 낮고 이산화탄소 배출량도 많아 유가변동에 취약하다고 함
  - 특히 파프리카 재배 시 난방에 등유를 사용하고, 이산화탄소 공급을 위해 액화탄산을 따로 사용해 연 8,000~9,000만원/ha의 비용이 투입될 정도로 에너지 소모가 많은 시설이기 때문에, 에너지효율을 높이고 농작물의 생산량을 향상시키는 방안을 강구하는 “청정연료 DME를 이용한 시설농가 에너지효율 향상을 위한 에너지관리시스템”에 대한 표준모델을 제시하고자 함
- 이번에 본사업을 통하여 개발된 청정연료 DME를 이용한 “에너지통합관리시스템”은 청정연료 DME가스를 연료로 사용하여 시설농가에 보일러, 온풍기, CO2 발생기를 제공

하여 CO2/에너지효율을 높이는데 적용함. (단, 여름철 냉방에 대해서는 고려하지 않았으며, 겨울철 난방용으로 사용하는 경우에 한하여 검증)

- 아직까지도 농가에서는 난방, 냉방, 탄산시비, 제습 등을 각각 개별로 제어함에 따라 에너지 효율이 낮은게 현실이므로, 에너지 효율을 높이고 CO2 시비를 동시에 수행한 에너지통합관리시스템을 적용하되, 통합시스템은 ICT 기술을 융합하여 소규모 시설농가에 적용한 것에 의미가 있음

- 에너지통합관리시스템에서는 난방 위주로 육묘장과 딸기농장을 대상으로 시험을 하였으며, CO2 시비는 DME연료를 이용하여 미세먼지 95%저감, 질소산화물 저감, 이산화탄소 1,200 ~ 1,700ppm 조정으로 농작물 품질향상, 생산성 향상에 기여함

- DME 가스연료를 온실 에너지원으로 사용할 경우 기존 면세유나 2차 에너지인 전기에 비해 온실가스 배출량이 크게 줄어드는 것을 확인함. 천연가스는 메탄이 주성분으로 지구온난화지수가 21배이며, 탈루에 의한 온실가스 배출문제가 있으며, 액화석유가스는 탄소배출계수가 17t/TJ로 매우 높은 반면, DME는 대기중에서 분해되며 지구온난화지수가 CO2보다 낮아 온실가스저감 연료로 적합한 연료인 것으로 판단됨



그림 2-101. 시설농가 에너지통합관리시스템

(2) 표준모델

- 농작물의 생산성과 품질을 향상시키기 위해서 지상부와 지하부의 다양한 환경을 종합적으로 조절해 주어야 하며 에너지통합관리시스템으로 제어하기 위한 환경조절의 원칙은 최소 비용으로 최대의 생산성을 발휘할 수 있도록 하는 것이며, 환경에 관련된 다양한 요인을 조절하여 생산성을 향상시키는 것이 중요함

- 복합환경 제어에서 에너지통합관리시스템은 작물의 생육에 영향을 주는 환경요인들을 복합적으로 제어와 에너지관리시스템에 적합한 환경을 만드는 것을 목표로 함. 특히, 2개 이상의 환경요소(온도/습도/CO<sub>2</sub> 등)가 관련된 환경조절방법을 의미함

- 시설농가내의 에너지와 환경조절을 위하여 필요로 하는 대상은 지상부 환경 제어와 지하부 환경 제어로 구분 가능함

(가) 지상부 환경 제어대상 및 방법

- ① 온도제어를 위하여 보온·난방·냉방·환기·차광 장치를 이용
- ② 습도제어를 위하여 가습·제습·환기 장치를 이용
- ③ 탄산가스 농도 제어를 위하여 탄산가스 시비 장치를 이용
- ④ 공기유동(기류)을 위하여 환기와 공기교반 장치를 이용
- ⑤ 광강도 조절을 위하여 차광과 보광 장치를 이용
- ⑥ 에너지효율 향상 측정을 위한 통합에너지관리시스템 모듈을 이용

(나) 지하부 환경 제어대상 및 방법

- ① pH제어를 위하여 산알칼리액 첨가 장치를 이용
- ② EC 및 이온제어를 위하여 비료염 첨가방법 및 장치를 사용
- ③ 용존산소 제어를 위하여 공기혼입·교반 및 양액공급시간을 조절
- ④ 양액온도제어를 위하여 양액난방 및 냉각 장치를 이용
- ⑤ 광강도 조절을 위하여 차광과 보광 장치를 이용

- 시설농가의 에너지통합관리시스템을 효율적으로 운영하기 위하여 다음과 같이 하드웨어와 소프트웨어가 가이드라인을 제시하고, 제어항목도 다음과 같이 구분함

- 하드웨어와 소프트웨어 : 에너지통합관리시스템의 하드웨어는 계측용 센서·인터페이스·제어용 컴퓨터·각종 환경조절장치 등을 포함하고, 여러 가지 환경인자들의 계측과 이들의 상호작용을 고려해 상업용 온실에 마이크로프로세서를 이용한 복합환경조절장치와 에너지관리 모니터링 시스템이 보급되고 있음. 복합환경관리 시스템의 소프트웨어는 작물의 생육 관리를 위한 최적 환경 제어를 위하여 작물의 다양한 생육환경정보를 설정하는 부분과 설정한 환경제어범위를 만족시키기 위한 난방기와 같은 환경제어기기를 효율적으로 작동시키기 위한 알고리즘(algorithm) 부분으로 구성

- 국내 시설농가 에너지관리시스템(FEMS: Farm Energy Management System)은 스마트 팜, 시설농가, 식물공장 에너지 소비 정보를 실시간 수집하고 다양한 분석 및 비용 평가를 통해 고객의 제품 생산 설비의 최적 운영을 지원하며 에너지 비용을 절감하는 시스템으로 구성

- ① 실시간 에너지 설비 운영상황 모니터링 및 이력
- ② 에너지 분석을 통한 최적운전 지원 및 비용절감
- ③ 온실가스 배출량 관리를 통한 적극적인 규제 대응



- 실시간 에너지 사용량 모니터링
  - 제품생산 및 전력설비의 에너지 사용량을 대시보드 및 다양한 화면을 통해 실시간 감시
- 생산 및 전력설비 운영 이력관리
  - 에너지 사용량 및 운영관련 이벤트를 연,월,일별로 상세 조회 가능
- 비용관리
  - 설비 운영에 따른 비용을 각 사업장의 전기요금에 맞게 체계적으로 관리
- 온실가스 배출 관리
  - 단위 에너지당 온실가스 배출량에 대한 정보 제공 (tCO<sub>2</sub>/toe)
- 에너지 소비 특성 분석
  - 에너지 소비 특성 분석을 통한 설비 최적운영지원 및 관리 효율 향상

[표시에 : 국내 스마트팩토리에 적용된 사례를 기준으로 상기 목적에 맞게 설계]



(3) 에너지통합관리 보고서 표준모델(한국에너지관리공단 사례 적용)

(가) 에너지 사용현황

① 연간 에너지 사용현황(직전연도 2개년)

- 20 년

에너지원별		단 위	사용량	금액(백만원)	단가(부가세 제외) (원/ l ,Nm <sup>3</sup> ,kg)		비 고
전 력		kWh				원/kWh	
		toe					
연	DME	kNm <sup>3</sup>				원/Nm <sup>3</sup>	
		toe					
	LPG	kNm <sup>3</sup>				원/Nm <sup>3</sup>	
		toe					
료	등 유	kl				원/ l	
		toe					
	기 타 ( )	kl				원/ l	
toe							
	소 계	toe					
총 계		toe					

[작성지침]

- 농가의 연간 전기 사용량 및 해당되는 연료의 연간 사용량 및 금액 기재한다.
- toe 환산시 toe 환산기준(2011 개정)을 참고하여 총발열량 기준으로 작성한다.
- 직전연도 2개년에 대해 연도별로 개별 작성하며 건물의 에너지 요금 고지서를 참고하여 작성한다.
- 직전연도 2개년에 대한 에너지 사용량이 없을 경우, 에너지 사용 시점부터 작성한다.
- 에너지다소비 시설농가는 에너지사용량 신고 시 제출한 사용량 실적 제출로 같음할 수 있다.
- “설치계획 검토”의 경우 기재하지 않는다.

② 월별 에너지 사용현황(직전연도 2개년)

• 20 년

월 별	전 력		DME		LPG		등 유		기 타	
	사용량 (kWh)	금액 (천원)	사용량 (Nm <sup>3</sup> )	금액 (천원)	사용량 (Nm <sup>3</sup> )	금액 (천원)	사용량 (kl)	금액 (천원)	사용량 (kl)	금액 (천원)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
합 계										

[작성지침]

- 농가의 에너지 사용현황에 맞게 항목 변경하여 작성한다.
- 직전연도 2개년에 대해 연도별로 개별 작성하며 건물의 에너지 요금 고지서를 참고하여 작성한다.
- 직전연도 2개년에 대한 에너지 사용량이 없을 경우, 에너지 사용 시점부터 작성한다.
- “설치계획 검토”의 경우 기재하지 않는다.

③ 계통별 설비 현황

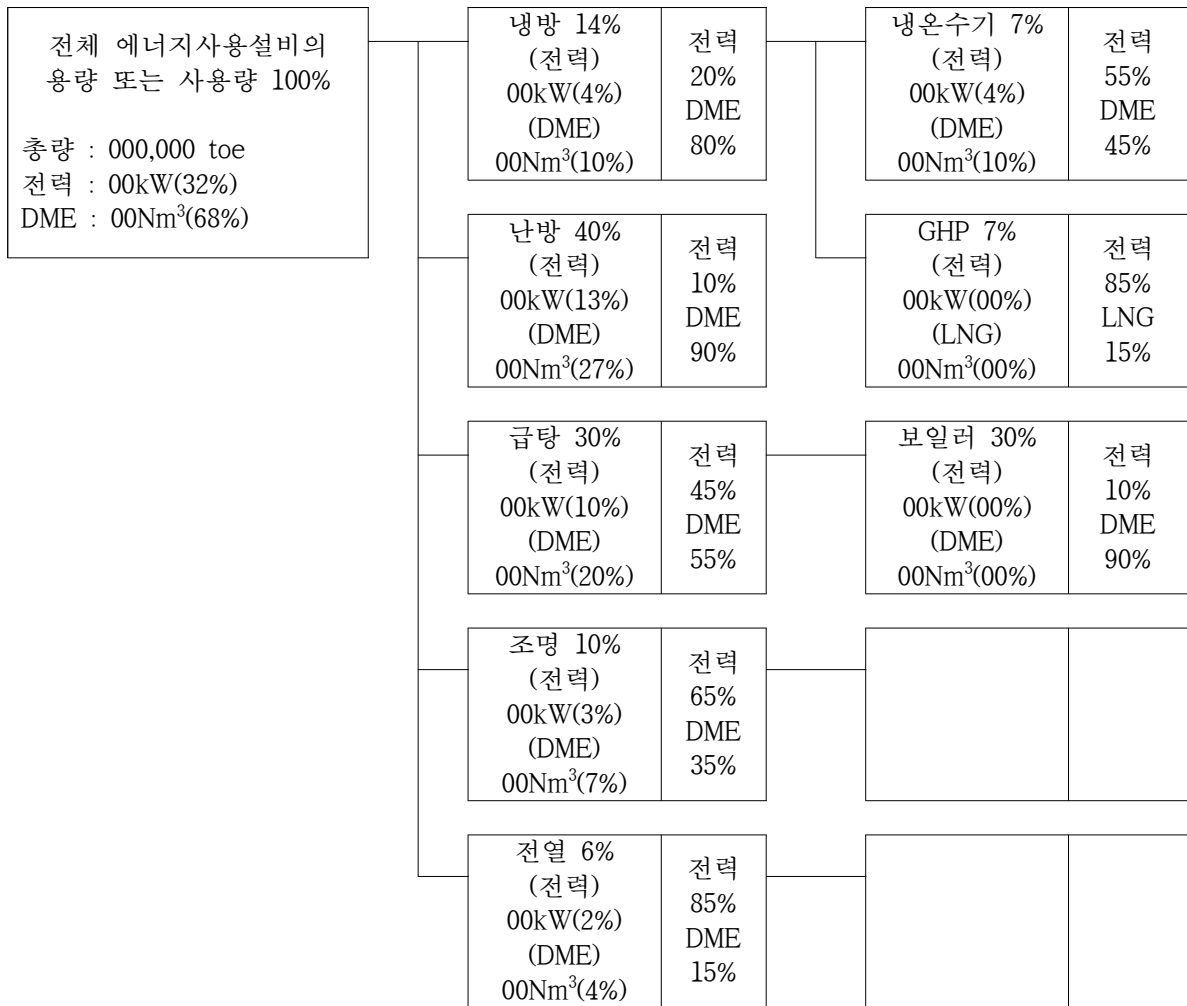
구분	설비명	설치 장소	형식	용량	단위	계측대수/ 전체대수	계측 상태	자동 제어	사용 열원	설치 년도	용도	성능 및 효율 분석	비중
열원 설비													
공조 설비													
급탕 설비													
조명 설비													
전열 설비													

[작성지침]

- 에너지 사용설비에 대해서 계통별(열원설비, 공조설비, 급탕설비, 운송설비, 조명설비, 전열설비)로 구분하여 기재한다.
- 에너지관리시스템을 적용한 에너지 사용설비의 계측 상태 기재한다.
  - ● 사용량 전체 계측, ○ 사용량 일부계측, ◆ 상태 계측, X 계측 안함
- 에너지관리시스템을 적용한 에너지 사용설비의 자동제어 동 여부 기재한다.
- 용도는 냉방, 난방, 급탕, 환기 조명 등 수요처를 함께 표시한다.
  - \* 예) 여름철 냉방용, 냉각용, 수관식 보일러 급탕용 등
- 전체 에너지사용설비의 용량 또는 사용량을 100%로 하여 계측 대상 설비에 대한 에너지 비중(%)을 산출한다.

④ 에너지 흐름도

- (예시) : 내용을 포함하되 양식은 변경 가능



[작성지침]

- 전체 에너지사용설비의 용량 또는 사용량을 기준으로 ‘전체-에너지 용도별-에너지 사용설비별’ 로의 에너지 현황을 Block Diagram으로 작성한다.
- 전체 에너지사용설비의 용량 또는 사용량을 100%로 하여 말단 사용처의 합이 100%가 되도록 기재하고 각 단별로 사용 에너지원별(전력, DME 등) 점유율을 표시한다.

### 제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

- 본 연구 사업은 우리나라에서 미래농업기술 먹거리 창출의 일환으로 시작한 “스마트팜” 적용기술로써 정보통신기술인 ICT 융·복합기술을 기반으로 농업생산 자동화 기술이 도입된 시설농가(광주육묘장, 일반 시설농가 등)에 친환경에너지원을 이용하여 연료절감 및 친환경 농업생산을 촉진하는 기술개발을 하는데 목적이 있음
- 농업에서 연료 등 에너지원을 활용하는 분야가 전체 농업생산 매출액에 30%에 육박할 정도로 많은 에너지원이 필요하여, 재생에너지원인 태양광, 태양광, 지열, 바이오가스, 바이오매스 등을 활용하는 기술이 절대적으로 필요한 분야임
- CO2시비는 농업분야에서 탄소저장, 탄소저감 등 탄소순환기술로 매우 유용한 기술로 온실가스 저감에 필요한 기술로써, 농작물의 생산성을 높이고 몇몇 농작물에서 있어서 생육발달과정에 필수적인 요소임
- 따라서 본 연구 사업을 통하여, 화석연료에서 발생하는 CO2를 이용하여 생육발달을 촉진하고, ICT기술을 기반으로 에너지통합제어시스템을 구축하여 에너지효율향상과 청정 연료를 이용한 청정 농업시설을 확보하고자 함
  - 본 연구 사업을 통하여 개발된 친환경보일러는 국내 경유를 모델로 개발된 보일러를 DME를 이용한 난방 및 CO2시비를 수행하여 수입 대체하는 경쟁력이 높은 제품으로 개발함
  - 비교우위에 있는 기술적 경쟁력과 농작물 재배의 향상 등은 본 제품을 상품화하여 농가에 보급하여 시장선점에 역점을 두어 홍보와 영업활동으로 검증하고자 함
  - 2-2-1. 청정연료(DME)를 사용 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 개발과 친환경 시설농가 실현의 광주육묘장 사례를 살펴보았을 경우('16. 12 ~ '18. 11까지 약 2년간 실증) 에너지 13%절감과 소득 17% 향상 등 사례를 통한 검증으로 가름하고자 함



[광주육묘장 DME 버너 적용 온수 보일러, 온풍기 및 수관보일러 열교환기 및 배관 시설정비]



[광주육묘장 에너지절감 및 소득향상 지표]

### 3-1. 목표

구분 (연도)	수행기관	연차별 세부목표
1차년도	주관기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 광주육묘장 청정연료(BioDME) 보급 및 기존 DeNOx 보일러 시스템 이용 친환경 온실 실증</li> <li>② 온실환경시스템/CO<sub>2</sub>시비 제어용 통합제어시스템 컨트롤러개발, 적용</li> </ul>
	위탁기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 국내외 탄산시비 연구 현황 및 실제 농가의 환경분석</li> <li>② 청정연료 DME 가스의 CO<sub>2</sub> 저장 기술 분석 및 확립</li> </ul>
2차년도	주관기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 청정연료 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 시스템 운영</li> <li>② CO<sub>2</sub> 시비분석 및 ICT 기반 통합제어시스템 적합성 평가</li> <li>③ 시설농가 난방시설, 에너지관리시스템 개발 및 설비구축</li> <li>④ DME연료사용 버너 실험(공연비와 배기가스 등)</li> <li>⑤ 에너지절감 모델제시</li> <li>⑥ 모니터링 및 제어용 ICT기술기반 통합제어시스템 컨트롤러 개발</li> </ul>
	위탁기관	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 온실 실증 실험, CO<sub>2</sub> 공급 기술 확립 및 현장 실험</li> <li>② 친환경 연료의 농가보급을 위한 최적 운영방안 및 표준안 도출</li> </ul>

### 3-2. 목표 달성여부

구분 (년도)	연차별 세부목표	달성도 (%)	연구수행내용	관련분야기여도
1차년도	○ 육묘장 청정연료(BioDME) 보급	100	-광주육묘장 DME보급	-기술이전실시준비 -DME플랜트 건설
	○ 기존 DeNOx 보일러 시스템 이용 친환경 온실 실증	100	-광주육묘장 DeNOx보일러 시스템실증(1~3월) -온실 실증, 생육관찰	-국내 딸기재배, 화훼시설 적용 검토
	○ 온실환경시스템 / CO <sub>2</sub> 시비 제어용 통합제어시스템 컨트롤러개발 및 현장 적용	100	-에너지 통합 시스템 (EMS) 개발완료	-특허출원
	○ 국내외 탄산시비 연구 현황 및 실제 농가의 환경분석	100	-경상대학교내 탄산시비 연구완료 -작물생육시험 및 환경 분석 완료	-한국형 스마트팜적용 기반도출
	○ 청정연료 DME 가스의 CO <sub>2</sub> 저장 기술 분석 및 확립	100	-DME가스의 CO <sub>2</sub> 저장 기술 분석완료	-DME가스이용 CO <sub>2</sub> 저장기술고도화
2차년도	○ 청정연료 DeNOx 버너를 적용한 보일러 및 온풍기 시스템 운영, 현장 적용	100	-광주, 논산, 화성농장 DME보급 및 버너적용 -온풍기 현장적용	-중국시장 개척(해외수출 진행 중, 요령성 철령시)
	○ CO <sub>2</sub> 시비분석 및 ICT 기반 통합 제어시스템 적합성 평가	100	-CO <sub>2</sub> 시비분석완료 및 농작물재배 실증 -ICT기반제어시스템 평가완료	-국내 논산농장, 대전화훼시설 적용 -소형 제어시스템 개발 기반도출
	○ 시설농가 난방시설, 에너지관리시스템 개발 및 설비구축	100	-직접가열식 CO <sub>2</sub> 시비 시스템 구축 -에너지관리시스템	-중국시장 개척(해외수출 진행 중, 요령성 철령시)
	○ DME연료사용 버너 실험(공연비와 배기가스 등)	100	-공인인증기관 버너 시험완료	- '19년 NET인증신청
	○ 에너지절감 모델제시	100	-DME연료 이용 에너지 절감 및 보급사업 모델 제시	-충북 보은 DME플랜트 건설 -농촌연료 보급사업 예정( '19년 7월)
	○ 모니터링 및 제어용 ICT기술기반 통합제어시스템 컨트롤러 개발	100	-농업용 모니터링, 제어 및 영상기록 통합제어 시스템 구현 -H/W, S/W 개발	-특허출원 및 등록완료 -상용화 기반구축
	○ 온실 실증 실험, CO <sub>2</sub> 공급 기술 확립 및 현장 실험	100	-경상대 실험실 실증완료 및 CO <sub>2</sub> 공급 기술 확립	-스마트 플랜트팜 적용 -후속연구사업 도출
	○ 친환경 연료의 농가보급을 위한 최적 운영방안 및 표준안 도출	100	-농가보급 최적운영방안 표준안 도출	-충청권(보은, 공주, 논산) 사업을 위한 농지임대 -기술이전업체(바이오프랜즈)현지적용상용화

### 3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성)

- 본 연구사업의 연구개발 목표에 아래와 같이 충실하게 달성하였으나, 본 사업을 통하여 청정연료(DME, 바이오가스, LPG 등)를 보급하고 에너지효율향상을 위한 후속연구가 절실히 요구됨

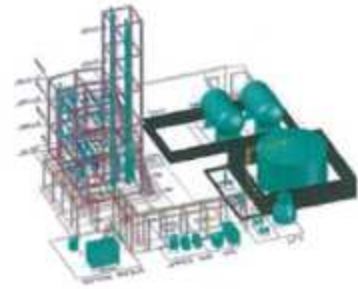


DME CO2 발생기

DME Fuel GENSET  
50 / 60 HZ (1500RPM / 1800RPM)



DME 분산발전기(30kW)



DME 플랜트(충북보은)

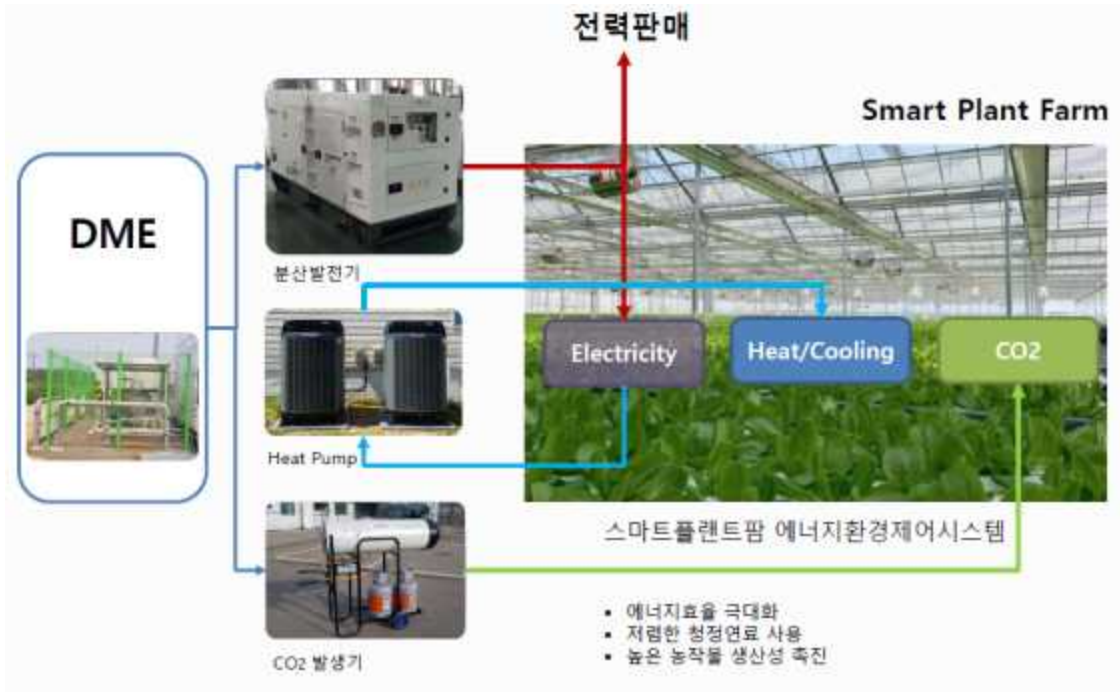
- 최근 신재생에너지를 이용한 농가 전력보급과 효율성 증대를 위한 신에너지원과 연계사업은 “스마트 플랜트 팜” 또는 “대형 스마트 팜”에 적합한 에너지를 효율적으로 사용하고 에너지절감, 온실가스 감축(CO2, CH4가스)과 연계된 기술개발이 농어촌지역에 선도적으로 수행할 필요가 있음

1. 후속연구사업 : 스마트 플랜트팜 적용 고효율 고체산화물 연료전지(SOFC)를 이용한 삼중열병합시스템 개발





2. 후속연구사업 : 스마트 플랜트팜 적용 DME 삼중열병합시스템 개발



## 제 4 장 연구결과의 활용 계획 등

### 4-1. 실용화·사업화 계획(기술이전실시)

1. 과제의 연구책임자 조원준 연구소장은 (주)바이오프랜즈를 창업. 이후 본 과제의 주관기관인 유니시스인터내셔널(주)와 2018년 4월 10일 기술사업 양도계약 (총액 68,200,000 원, VAT 포함)을 체결하고 정부과제를 수행함에 있어서 발생하는 모든 연구사업과 관련한 기술과 관련된 모든 사업을 양수하기로 함
  - 본 과제를 통한 특허 (등록번호 10-1915455 (등록일자. 2018.10.31.)) DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합제어를 위한 에너지 통합관리 시스템, 출원번호 10-2018-0143368 (출원일자. 2018.11.20.) 환경 제어 장치, 실용신안 (등록번호 20-0487859(등록일자. 2018.11.07.) 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치)을 (주)바이오프랜즈에 기술이전 함. 기술료 68,200,000 원 (계약 체결일 2018년 4월 10일)
2. 시설농가 DME CO2 발생기 및 에너지 통합제어시스템에 대한 특허 전용실시
  - 당해연도 기술료 8,400,000 원 (기술료 계약 체결일. 2018년 11월 26일)
  - 이를 통한 사업화 계획 중 (제3자를 통한 기술실시와 사업화)
3. 논산 딸기 농가에 CO2 발생기 및 에너지 통합제어시스템 적용 (기술보유자의 직접 사업화)
  - CO2 발생기 2기 및 에너지 통합제어시스템 적용을 통해 국내 총 매출액 4,500,000 원 달성
  - 국내 농가에 CO2 발생기 및 에너지 통합제어시스템 보급 사업 실행 중

### 4-2. 특허, 논문 등 지식재산권 확보 계획

1. 특허
  - 등록번호 10-1915455 (등록일자 2018.10.31.) DME 보일러를 이용하는 스마트팜의 통합제어를 위한 에너지 통합관리 시스템
  - 출원번호 10-2018-0143368 (출원일자. 2018.11.20.) 환경 제어 장치
2. 실용신안
  - 등록번호 20-0487859 (등록일자. 2018.11.07.) 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치
3. 논문
  - 논문명 : Mitigating chilling stress of pepper plant by using Dimethyl Ether combustion gas in control greenhouse
    - 학술지명 : Emirates Journal of Food and Agriculture
    - 주저자명 : Jayanta Kumar Basak (소속 : 경상대학교 산학협력단)
    - 호 : Under review
    - SCI여부(SCI/비SCI) : SCI
    - 게재년도 : 2019
    - 비고 : 투고 완료, 게재여부 진행 중
  - 논문명 : Effect of Dimethyl ether (DME) Combustion on Lettuce and Chinese cabbage Growth in Greenhouse

- 학술지명 : Preparing for submission
- 주저자명 : Waqas Qasim (소속 : 경상대학교 산학협력단)
- 호 : Submitted
- SCI여부(SCI/비SCI) : 비SCI (GNU: Academic)
- 게재년도 : 2019
- 비고 : 투고 완료, 게재여부 진행 중

#### 4. 학술대회 발표

- 학술회의명 : 15<sup>th</sup> ICCDU
  - 발표일 : 2017년 7월 19일
  - 개최장소 : ShanghaiTechUniversity (Shanghai, China)
  - 발표자 : 유혜진
  - 발표제목 : Production of hydrogen and synthesis gas from CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> reforming process
- 학술회의명 : 15<sup>th</sup> ICCDU
  - 발표일 : 2017년 7월 19일
  - 개최장소 : ShanghaiTechUniversity (Shanghai, China)
  - 발표자 : 조원준
  - 발표제목 : Development of CO<sub>2</sub> enrichment for greenhouse supply CO<sub>2</sub> produced by burning clean fuel (DME) in boiler
- 학술회의명 : 한국 수소 및 신에너지학회
  - 발표일 : 2018년 5월 3일
  - 개최장소 : 인천광역시 송도컨벤시아
  - 발표자 : 조원준, 유혜진
  - 발표제목 : ICT기술과 DME 연료 사용기반으로 시설농가 환경제어 및 에너지관리시스템 개발
- 학술회의명 : The 9th Intentional Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (ISMAB 2018)
  - 발표일 : 2018년 5월 29일
  - 개최장소 : 제주특별자치도 제주칼호텔
  - 발표자 : Jayanta Kumar Basak (소속 : 경상대학교 산학협력단)
  - 발표제목 : Impacts of DME combustion gas on Physiological Parameters of pepper in Control Greenhouse
- 학술회의명 : AGENG CONFERENCE 2018, New engineering concepts for a valued agriculture
  - 발표일 : 2018년 7월 10일
  - 개최장소 : Wageningen, the Netherlands
  - 발표자 : Waqas Qasim (소속 : 경상대학교 산학협력단)
  - 발표제목 : Effect of Dimethyl ether (DME) Combustion on Lettuce and Chinese cabbage Growth in Greenhouse
- 학술회의명 : Korean Society of Agricultural Machinery (KSAM)
  - 발표일 : 2018년 10월 19일
  - 개최장소 : 서울특별시 서울대학교
  - 발표자 : Jayanta Kumar Basak (소속 : 경상대학교 산학협력단)
  - 발표제목 : Assessment of changing pattern of Temperature and CO<sub>2</sub> by using DME combustion gas for enhanced growth of Pepper plant in Greenhouse

### 4-3. 추가연구, 타 연구에 활용계획

- 본 연구과제를 통하여 얻은 성과물에 대하여 사업화를 위한 스마트 팜을 기술실시권을 소유한 (주)바이오프랜즈사가 한국형 스마트 팜을 연간 1개동(500~600평)으로 운영하여, DME연료보급설비, CO2 시비, 에너지통합시스템을 적용하여 지속적으로 활용, 대형 단지로 확대 보급하고자 함
- 현재 농업정책금융보험원에서 이 사업을 통해서 도출된 결과물과 스마트 팜(또는 컨테이너 스마트 팜)에 적용하는 사업제안을 의뢰하여 초기 자본에 대해서 투자유치를 실시하고 있으며, 저렴한 DME연료를 생산하기 위하여 충북보은 산업단지에 공장을 건설중으로 생산된 DME를 농어촌 연료로 보급할 예정임
- 에너지효율을 향상시키고, 미세먼지, 온실가스 저감등을 농촌에서 해결하기 위한 에너지독립 스마트 팜에 대한 정부과제를 계속 도출하여 전력/냉난방/CO2공급을 할 수 있는 분산발전시스템 개발을 후속과제로 제안하고자 함
  - DME(Dimethyl Ether)라는 연료를 농업용으로 보급하는 사업으로 LNG는 배관을 설치해야 하는 단점이 있으며, 액화탄산가스 가격이 비싸고 대형화가 필요함
  - DME는 LPG와 유사한 연료로써 LPG 연소식과 비교하면 기술적으로 유사하나, 국내 농업용 전용으로 DME를 보급하면 국내 청정연료 DME를 생산하는 기업으로 DME 특성에 맞는 연소식 탄산가스 시비법으로 겨울철에 적합할 것으로 보여지며, 특히 난방 보일러 배기가스를 이용한 탄산시비를 통하여 가격경쟁력과 국산화로 경쟁력을 확보하는 사업으로 기대됨
  - 여름철 냉방과 겨울철 난방을 위한 분산발전기와 융합한 기기를 설치 예정이며 이를 위한 후속과제 참여를 기획중임
- 연구책임자 조원준 연구소장은 본 연구 기술개발을 바탕으로 (주)바이오프랜즈를 창업 후 창업벤처기업부 발주 창업진흥원이 주관으로 진행 중인 “창업선도대학 창업아이템 사업화 연구개발사업”에 참여 중

## 붙임. 참고문헌

- 1) 미세먼지 관리 종합대책 주요내용과 방향, 한국환경정책평가연구원, 2018
  - 2) 2018 KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2018
  - 3) 주요국의 바이오에너지 정책동향과 농업에서의 과제, 농림수산식품기획평가원, 2015
  - 4), 6) DME 공급, 설비운영 및 상용법령(안) 도출 용역보고서, 한국석유관리원, 2016
  - 5) 주요국의 바이오에너지 정책동향과 농업에서의 과제, 농림수산식품기획평가원, 2015
  - 7) 첨단온실신축 지원사업, 농림식품부, 2014
  - 8), 23) 한국석유공사 오피넷, [www.opinet.co.kr](http://www.opinet.co.kr)
  - 9) Development of CO2 enrichment for greenhouse supply CO2 produced by burning clean fuel (DME) in boiler, ICCDU2017 상해, 2017
  - 10) Semelsberger et al., 2005
  - 12), 13) 2014 시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적, 농림축산식품부, 2014
  - 14) 농산물유통정보, KAMIS, 2015
  - 15) 시설원예 생산자재 산업의 현황과 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2015
  - 16) 스마트팜이 이끌 미래 농업, 산업동향보고서, 삼정KPMG, 2016
  - 17), 18), 19) 시설원예농가 에너지 소비 실태조사, 농촌경제연구원, 2014
  - 20), 21), 22) 시설원예농가조사, 농촌경제연구원, 2013
- IoT 기반의 한국형 스마트 팜 구축과 수출 및 비즈니스 확대방안, 한국미래교육기술연구원, 2018
- ICT 기반의 미래 정밀농업을 위한 스마트팜/식물공장 기술현황과 최적의 시스템 구축방안, 한국미래교육기술연구원, 2018
- 스마트 온실환경관리 가이드라인(2018), 농촌진흥청, 2018

[부록 1] 특허

- DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템





(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월06일

(11) 등록번호 10-1915455

(24) 등록일자 2018년10월31일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>G06Q 50/06</i> (2012.01) <i>G06F 17/30</i> (2006.01)<br/> <i>G06Q 50/02</i> (2012.01) <i>G06Q 50/10</i> (2012.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>G06Q 50/06</i> (2013.01)<br/> <i>G06F 17/30318</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0146655</p> <p>(22) 출원일자 2017년11월06일<br/>         심사청구일자 2017년11월06일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>         JP2004248565 A*<br/>         KR1020130030996 A*<br/>         KR101784896 B1*</p> <p>*는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> | <p>(73) 특허권자<br/>         유니시스인터내셔널 주식회사<br/>         서울특별시 강남구 언주로93길 16 ,3층(역삼동)</p> <p>(72) 발명자<br/>         조원준</p> <p>유혜진</p> <p>이제철</p> <p>(74) 대리인<br/>         김애라</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 1 항

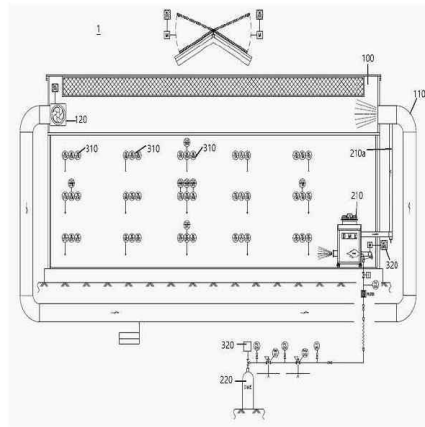
심사관 : 백양규

(54) 발명의 명칭 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템

**(57) 요약**

본 발명은, 농작물 재배지를 관리하기 위한 통합 관리 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템(EMS)을 제공한다.

**대표도**



(52) CPC특허분류  
G06Q 50/02 (2013.01)  
G06Q 50/10 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	16113-02
부처명	농림축산식품부
연구관리전문기관	농림식품기술기획평가원
연구사업명	2016년도 농림축산식품 연구개발사업 (첨단생산기술개발사업)
연구과제명	시설농업용 ICT 융·복합기술기반 CO2 시비 및 에너지통합시스템 개발
기여율	1/1
주관기관	유니시스인터내셔널 주식회사
연구기간	2016.11.29 ~ 2018.11.28



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

DME 보일러를 이용하는 스마트 광인 빌딩형 농장의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서:

농작물이 재배되는 시설인 복수 개의 빌딩형 농장들;

DME 연료를 이용하여 상기 빌딩형 농장들에서의 농작물의 생육에 필요한 환경을 제공하는 DME 시설부로서, 상기 DME 연료를 연소시켜 상기 빌딩형 농장들에 이산화탄소 또는 열을 공급하는 DME 보일러를 포함하는, 상기 DME 시설부;

상기 빌딩형 농장들의 온도, 습도, 및 이산화탄소 농도와 상기 DME 시설부의 DME 연료의 온도, DME 연료의 압력, DME 연료의 유량, 및 이산화탄소 농도에 관한 데이터를 측정하는 센서부; 및

통합 관리 서버, 복수 개의 농가의 휴대폰들, 및 통신망을 포함하는 통합 관리부를 포함하고,

상기 DME 시설부는, 상기 DME 연료를 저장하는 DME 저장 탱크, 상기 DME 연료로부터 전력을 생산하는 DME 전력 발전기, 및 상기 DME 전력 발전기로부터 생산되는 전력을 공급받아 상기 빌딩형 농장들에 공급할 열을 생산하는 전기 히터를 더 포함하고, 상기 통합 관리 서버는:

상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 통합 관리 데이터를 생성하는 제어부, 상기 센서부 및 농가의 휴대폰들과 데이터를 송수신하는 송수신부, 및 상기 통합 관리 데이터를 저장하는 데이터베이스부를 포함하고;

상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 생성되는 상기 통합 관리 데이터를 상기 데이터베이스부에 미리 설정된 정상 범위 값과 비교하고, 비교 결과에 따라 상기 DME 보일러를 제어하여 상기 빌딩형 농장들의 이산화탄소의 농도를 자동으로 조절할 수 있고;

상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 생성되는 상기 통합 관리 데이터로부터 빅데이터를 구축하여, 상기 데이터베이스부에 저장하고 상기 농가의 휴대폰들에 제공하고;

상기 통합 관리 데이터로부터 빅데이터를 구축하여 상기 농가의 휴대폰들에 제공되는 결과는 (i) 온도 트렌드 모니터링 그래프, (ii) 전력 생산량 모니터링 및 부하제어 시험 운전 그래프, (iii) 부하추종 제어시스템에 의한 전류값 변화 그래프, 및 (iv) 빅데이터화한 보고서이고,

상기 농가의 휴대폰들로 상기 통신망을 통하여 상기 통합 관리 데이터를 상기 통합 관리 서버로부터 상기 통신망을 통하여 실시간으로 전송받아 디스플레이 할 수 있고, 상기 빌딩형 농장들의 온도, 습도, 및 이산화탄소의 농도를 조절할 수 있고,

상기 통신망은 무선랜이고,

상기 센서부는:

상기 빌딩형 농장들에 설치되어 상기 빌딩형 농장들의 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 및 조도를 측정하는 제 1 센서;

상기 DME 보일러에 설치되어 상기 DME 보일러의 온도, 상기 DME 연료의 유량, 및 발생하는 이산화탄소의 농도를 측정하는 제 2 센서;

상기 DME 저장 탱크에 설치되어 상기 DME 저장 탱크에서의 상기 DME 연료의 온도, 압력, 및 유량을 측정하는 제 3 센서; 및

상기 DME 전력 발전기에 설치되어 상기 DME 전력 발전기에서 생산되는 전력량 및 상기 DME 연료의 연소에 따른 이산화탄소 발생량을 측정하는 제 4 센서를 더 포함하고,

상기 DME 연료로부터 얻어진 이산화탄소, 열 및 전기를 상기 빌딩형 농장들에 공급하고 상기 센서부에서 측정되는 데이터를 바탕으로 상기 빌딩형 농장들을 통합 관리할 수 있고,

상기 농가의 휴대폰들을 통하여 상기 DME 보일러, 상기 DME 저장 탱크, 상기 DME 전력 발전기, 및 상기 전기 히터가 원격으로 제어될 수 있는 것을 특징으로 하는, 에너지 통합 관리 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 농작물 재배지를 관리하기 위한 통합 관리 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템(EMS)에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 시설재배는 유리온실이나 플라스틱(비닐) 하우스, 빌딩형 농장과 같이 재배실을 가지는 인공시설에서 재배환경을 인위적으로 조절하면서 농작물을 재배하는 것을 말한다. 이산화탄소는 과일이나 채소와 같은 농작물의 광합성 작용(탄소이화 및 동화작용)에 사용되므로 농작물의 성장에 매우 중요한 요소이다.

[0003] 이와 같은 시설재배에는 농작물 생장에 필요한 이산화탄소를 재배실에 공급하기 위한 이산화탄소 공급 장치가 이용되는데, 종래의 이산화탄소 공급장치로서, 식음용 액상 이산화탄소의 경우에는 상당한 비용이 요구되며, 백등유, 액화석유가스(LPG) 등 연료의 연소 시에 발생하는 이산화탄소를 시설재배에 이용하는 방식의 경우에는 연료비의 증가 또는 연료의 불완전연소로 인하여 농작물이 피해를 입을 수 있는 점 등의 문제점이 있다.

[0004] 반면, DME(Dimethyl Ether)는 하나의 산소와 두 개의 메틸기가 결합된 에테르 화합물(CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>)이다. DME는 완전연소시 온실가스 배출이 타 연료보다 적으며 대기에서 CO<sub>2</sub>와 물로 빠르게 분해 되어 오존을 형성하지 않고, 연소 후 배기가스 중의 NOx 농도가 20ppm 미만이다. 즉, 거의 완전연소가 가능한 청정연료이다. DME는 천연가스나 석탄으로부터는 물론, 바이오 매스나 폐 플라스틱 등의 다양한 에너지원으로부터 제조할 수 있다. 또한 DME는 친환경적인 특징뿐만 아니라 세탄가가 높고 LPG와 유사한 물성 때문에 디젤차량 및 LPG 대체연료, 연료전지 등의 다양한 용도로 사용이 가능한 물론 수송, 저장수단, 인프라 구축 등의 장애가 적다는 장점이 있는 연료이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 이러한 청정 연료인 DME를 사용하여 이산화탄소를 발생시켜 온실 등의 농작물 재배지에 공급하고 또한 DME를 사용하여 전력을 생산하고 농작물의 생육에 필요한 열을 공급함에 있어서, 농작물 재배지에서의 이산화탄소의 발생량, 온도, 습도 등을 모니터링하고, 전력량을 확인하여 농작물 재배지를 통합적으로 관리할 수 있는 시스템이 요구된다.

**과제의 해결 수단**

- [0006] 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서:
- [0007] 농작물이 재배되는 시설인 스마트 팜(smart farm);
- [0008] DME 연료를 이용하여 상기 스마트 팜에서의 농작물의 생육에 필요한 환경을 제공하는 DME 시설부로서, 상기 DME 연료를 연소시켜 상기 스마트 팜에 이산화탄소 또는 열을 공급하는 DME 보일러를 포함하는, 상기 DME 시설부;
- [0009] 상기 스마트 팜의 온도, 습도, 및 이산화탄소 농도와 상기 DME 시설부의 DME 연료의 온도, DME 연료의 압력, DME 연료의 유량, 및 이산화탄소 농도에 관한 데이터를 측정하는 센서부; 및
- [0010] 상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 통합 관리 데이터를 생성하는 제어부, 상기 센서부 및 농가의 단말기와 데이터를 송수신하는 송수신부, 및 상기 통합 관리 데이터를 저장하는 데이터베이스부를 포함하는 통합 관리 서버, 적어도 하나의 농가의 단말기를 포함하는 통합 관리부를 포함하고,
- [0011] 상기 DME 연료로부터 얻어진 이산화탄소, 열 또는 전기를 상기 스마트 팜에 공급하고 상기 센서부에서 측정되는 데이터를 바탕으로 상기 스마트 팜을 통합 관리할 수 있는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0012] 또한, 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서, 상기 DME 시설부는, 상기 DME 연료를 저장하는 DME 저장 탱크 및 상기 DME 연료로부터 전력을 생산하는 DME 전력 발전기 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서, 상기 센서부는:
- [0014] 상기 스마트 팜에 설치되어 상기 스마트 팜의 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 및 조도 중 적어도 하나를 측정하는 적어도 하나의 제 1 센서;
- [0015] 상기 DME 보일러에 설치되어 상기 DME 보일러의 온도, 상기 DME 연료의 유량, 및 발생하는 이산화탄소의 농도 중 적어도 하나를 측정하는 제 2 센서;
- [0016] 상기 DME 저장 탱크에 설치되어 상기 DME 저장 탱크에서의 상기 DME 연료의 온도, 압력, 및 유량 중 적어도 하나를 측정하는 제 3 센서;
- [0017] 상기 DME 전력 발전기에 설치되어 상기 DME 전력 발전기에서 생산되는 전력량 및 상기 DME 연료의 연소에 따른 이산화탄소 발생량 중 적어도 하나를 측정하는 제 4 센서; 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서, 상기 농가의 단말기는, 상기 통합 관리 서버에 의하여 상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 생성되는 상기 통합 관리 데이터를 실시간으로 디스플레이 할 수 있고, 상기 스마트 팜의 온도, 습도, 및 이산화탄소의 농도 중 적어도 하나를 조절할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서, 상기 통합 관리 서버는, 상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 생성되는 상기 통합 관리 데이터를 상기 데이터베이스부에 미리 설정된 정상 범위 값과 비교하고, 상기 비교 결과에 따라 상기 DME 시설부를 제어하여 상기 스마트 팜의 온도, 습도, 및 이산화탄소의 농도 중 적어도 하나를 자동으로 조절할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 있어서, 상기 통합 관리 서버는 상기 센서부로부터 전송되는 데이터를 수집하고 종합하여 생성되는 상기 통합 관리 데이터로부터 빅데이터를 구축하여 상기 데이터베이스부에 저장하거나 상기 농가의 단말기에 제공할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템에 따르면, 각 스마트 팜의 온도/습도/열/이산화탄소 센서로부터 데이터를 받아 이를 통합적으로 관리함으로써 각 스마트 팜의 식물재배 환경에 적합하도록 제어할 수 있도록 하여 각 스마트 팜의 관리를 용이하도록 하는 한편, 단위 면적당

농작물의 생산량을 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템의 개념도이다.
- 도 2는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템의 요부를 도시한다.
- 도 3은 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템에 사용되는 통합관리부의 개념도이다.
- 도 4는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템에 의해 농가에 제공되는 모니터링 화면을 도시한다.
- 도 5는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템과 DME 보일러를 이용한 온도, 습도, 이산화탄소 제어 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템에서의 DME 전력 발전기에 연결된 센서에서 측정되고 DME 전력 발전기의 관리에 이용되는 이산화탄소 농도, DME 유량, DME 온도, DME 압력량을 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템에서 수집된 농가의 재배환경을 모니터링하여 빅데이터화 한 결과를 보여준다.
- 도 8a 내지 8c는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템이 구현되는 예시적인 실제 환경을 도시하는 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템을 상세히 설명한다. 첨부된 도면은 본 발명의 예시적인 형태를 도시한 것으로, 이는 본 발명을 보다 상세히 설명하기 위해 제공되는 것일 뿐, 이에 의해 본 발명의 기술적인 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 또한, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응되는 구성요소는 동일한 참조번호를 부여하고 이에 대한 중복 설명은 생략하기로 하며, 설명의 편의를 위하여 도시된 각 구성 부재의 크기 및 형상은 과장되거나 축소될 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템(이하, “에너지 통합 관리 시스템”이라 함)(1)의 개념도 및 도 2는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템의 요부를 도시한다.
- [0026] 먼저, 도 1을 참조하면, 에너지 통합 관리 시스템(1)은 농작물이 재배되는 스마트 팜(100), DME 시설부(200), 센서부(300), 통합 관리부(400)를 포함한다.
- [0027] 스마트 팜(smart farm)(100)은 시설 재배지로서 예를 들면, 유리온실이나 플라스틱(비닐) 하우스, 빌딩형 농장과 같이 재배실을 가지는 인공시설에서 재배환경을 인위적으로 조절하면서 농작물을 재배할 수 있는 시설을 포함한다. 특히, 본 발명에 따른 스마트 팜(100)은 위와 같은 시설 중에서도, 후술할 DME 시설부(200)에서 DME 연료로부터 얻어진 이산화탄소를 공급받아 농작물의 생육에 이용하는 시설로서 후술할 센서부(300)에서 측정되는 데이터를 바탕으로 후술할 통합 관리부(400)에 의하여 관리되는 시설을 의미한다. 스마트 팜(100)은 도 1에 도시된 바와 같이, 공기 순환 시설(110)을 갖추고 있으며, 공기 순환 시설(110)에는 스마트 팜(100)로부터 공기를 배출시키는 환기 팬(120)이 연결되어 있고, 또한, 후술할 DME 보일러(210)에서 발생하는 이산화탄소를 공급받을 수 있는 이산화탄소 공급관(210a)이 연결되어 있다.
- [0028] DME 시설부(200)는, 도 1 및 도 2를 참조하면, DME 연료를 이용하여 스마트 팜(100)에서의 농작물의 생육에 필요한 환경을 제공하는 시설을 통칭한다. DME 시설부(200)는 적어도 하나의 DME 보일러(210), DME 저장 탱크(220), DME 전력 발전기(230), 전기 히터(240)를 포함한다. DME 보일러(210)는 DME 저장 탱크(220)로부터 DME 연료를 공급받아 공기 중의 산소와 반응시켜 농작물의 생육에 필요한 이산화탄소를 발생시키고, DME 보일러(210)에서 생성된 이산화탄소는 스마트 팜(100)로 공급될 수 있다. DME와 산소의 반응식은 하기의 화학식 1과 같다.
- [0029] [화학식 1]
- [0030]  $CH_3OCH_3 + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$
- [0031] 또한, DME 보일러(210)의 화학식 1과 같은 연소 반응에서 생성된 열은 스마트 팜(100)으로 공급되어 스마트 팜

- (100)의 온도를 제어하는 데에 사용될 수 있다. DME 보일러(210)는 버너, DME 연료 주입구, 공기 주입구, 및 버너에서 연소되어 발생하는 이산화탄소를 재배치설로 공급하는 팬 부재를 포함할 수 있다. DME 전력 발전기(230)는 DME 저장 탱크(220)로부터 DME 연료를 공급받아 DME 연료를 연소시킴으로써 에너지 통합 관리 시스템(1)에 필요한 전력을 공급할 수 있다. 전기 히터(240)는 전기(DME 전력 발전기(230)로부터 생산되는 전기를 포함)를 공급받아 열을 생산하며 스마트 팜(100)의 온도를 제어하는 등의 용도로 사용될 수 있다.
- [0032] 센서부(300)는 스마트 팜(100) 내에 적어도 하나 이상의 장소 또는 복수 개의 스마트 팜(100)에 설치되는 적어도 하나의 제 1 센서(310)를 포함하고, 제 1 센서(310)는 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 및/또는 조도를 측정하여, 후술할 통합 관리부(400)로 측정 결과를 송신한다. 또한, 제 2 센서(320)는 DME 보일러(210)에 설치되어 DME 보일러의 온도, DME 연료의 유량, 및/또는 발생하는 이산화탄소의 농도를 측정하여 통합 관리부(400)로 측정 결과를 송신한다. 또한, 제 3 센서(330)는 DME 저장 탱크(220)에 설치되어 DME 저장 탱크(220)의 DME 연료의 온도, 압력, 유량, 등을 측정하여 통합 관리부(400)로 측정 결과를 송신한다. 제 4 센서(340)는 DME 전력 발전기(230)에 설치되어 DME 전력 발전기(230)에서 생산되는 전력량, DME 연료의 연소에 따른 이산화탄소 발생량, 등을 측정하여 통합 관리부(400)로 측정 결과를 송신한다. 센서부(300)를 구성하는 각 센서들은 상술한 것에 한정되지 않고, 기타 다른 시설에도 설치될 수 있는 등, 본 발명이 구현되는 환경에 따라 다양하게 변형, 변경하여 적용할 수 있다.
- [0033] 도 3을 참조하면, 통합 관리부(400)는 통합 관리 서버(410), 각 농가의 단말기(420), 통신망(430)을 포함한다. 통합 관리 서버(410)는 제어부(411), 송수신부(412), 데이터베이스부(413)를 포함한다. 송수신부(412)에서는 제 1 센서(310) 내지 제 4 센서(340)에서 측정된 데이터들을 송신받아 제어부(411) 및/또는 데이터베이스부(413)로 전달한다. 또한, 제어부(411)에서는, 제 1 센서(310) 내지 제 4 센서(340)를 포함하는 센서부(300)에서 측정된 데이터들을 수집하고 종합하여 통합 관리 데이터를 생성한 다음 통합 관리 데이터를 데이터베이스부(413)에 저장하고/저장하거나 실시간으로 통신망(430)을 통하여 에너지 통합 관리 시스템(1)을 이용하는 각 농가의 단말기(420)들로 통합 관리 데이터를 전달한다. 송수신부(412)는 통합 관리 서버(410)가 센서부(300) 및 농가의 단말기(420)와 각각 통신할 수 있도록 한다.
- [0034] 농가의 단말기(420)는 데스크탑 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 휴대폰, 등을 포함한다. 통신망(430)은 이동통신망, 무선랜, 등을 포함한다. 에너지 통합 관리 시스템(1)을 이용하는 농가의 농장주, 관리자, 또는 작업자들은 농가의 단말기(420)에 접속하여 통합 관리 데이터를 전송받아 실시간으로 모니터링할 수 있으며, 도 4는 농가의 단말기(420)에 제공되는 예시적인 모니터링 화면을 보여준다.
- [0035] 에너지 통합 관리 시스템(1)을 이용하는 농가의 농장주, 관리자, 또는 작업자들은 농가의 단말기(420)에 제시되는 모니터링 화면을 보고 직접적으로 또는 원격으로 해당 농가의 DME 보일러(210), DME 저장 탱크(220), DME 전력 발전기(230), 전기 히터(240) 등을 제어할 수 있고, 스마트 팜(100)의 환기 팬(120) 등을 포함하는 각 시설을 제어할 수 있다.
- [0036] 추가적으로 또는 대안적으로, 통합 관리 서버(410)에 미리 설정된 관리 프로그램에 따라, 제 1 센서(310) 내지 제 4 센서(340)를 포함하는 센서부(300)에서 측정된 데이터들을 수집하고 종합하여 센서부(300)에서 측정된 각 데이터가 미리 설정된 정상 기준값의 범위를 벗어나면, 자동으로 해당 센서에 연관된 DME 보일러(210), DME 저장 탱크(220), DME 전력 발전기(230), 전기 히터(240) 등을 제어하여 해당 센서에서 측정되는 온도, 습도, 이산화탄소 발생량, 유량 등이 자동으로 정상 기준값의 범위 내에 있을 수 있도록 관리될 수도 있다. 예를 들면, 스마트 팜(100)의 이산화탄소 농도를 측정하는 제 1 센서(310)로부터 측정된 이산화탄소의 농도가 통합 관리 서버(410)의 데이터베이스부(413)에 미리 저장된 이산화탄소의 농도의 정상 범위 값을 벗어나게 되면 제어부(411)에서는 DME 보일러(210)를 작동시키는 신호 값을 발생시켜 해당 DME 보일러(210)를 제어할 수 있다.
- [0037] 도 5는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템(1)에서, 상술한 바와 같이 통합 관리부(400)를 통하여 해당 DME 보일러(210)를 제어하여, 해당 스마트 팜(100)에서의 온도, 습도, 이산화탄소 제어 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0038] 도 6은 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템(1)에서의 DME 전력 발전기(230)에 연결된 센서(예를 들면, 제 3 센서(330))에서 측정되고 DME 전력 발전기(230)의 관리에 이용되는 이산화탄소 농도, DME 유량, DME 온도, DME 압력량을 나타내는 그래프이다.
- [0039] 도 7은 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템(1)에서 수집된 농가의 재배환경을 모니터링하여 빅데이터화 한 결과를 보여준다. 센서부(300)에서 측정된 데이터들을 통합 관리 서버(410)에서 수집하고 종합하여 도 7과 같이

빅데이터를 구축함으로써, 에너지 통합 관리 시스템(1)을 이용하는 농가에서 농작물의 재배 및 유지 관리에 필요한 정보를 제공할 수 있도록 한다.

[0040] 도 8a 내지 8c는 도 1에 따른 에너지 통합 관리 시스템(1)이 구현되는 예시적인 실제 환경을 도시하는 사진이다. 도 8a는 에너지 통합 관리 시스템(1)의 스마트 팜(100)(스마트 팜)의 전경의 예시적인 사진을 보여주고, 도 8b는 에너지 통합 관리 시스템(1)에 이용되는 DME 보일러(210)의 요부의 예시적인 사진을 보여주고, 도 8c는 스마트 팜(100) 내에 설치된 센서부(300)의 예시적인 사진을 보여준다.

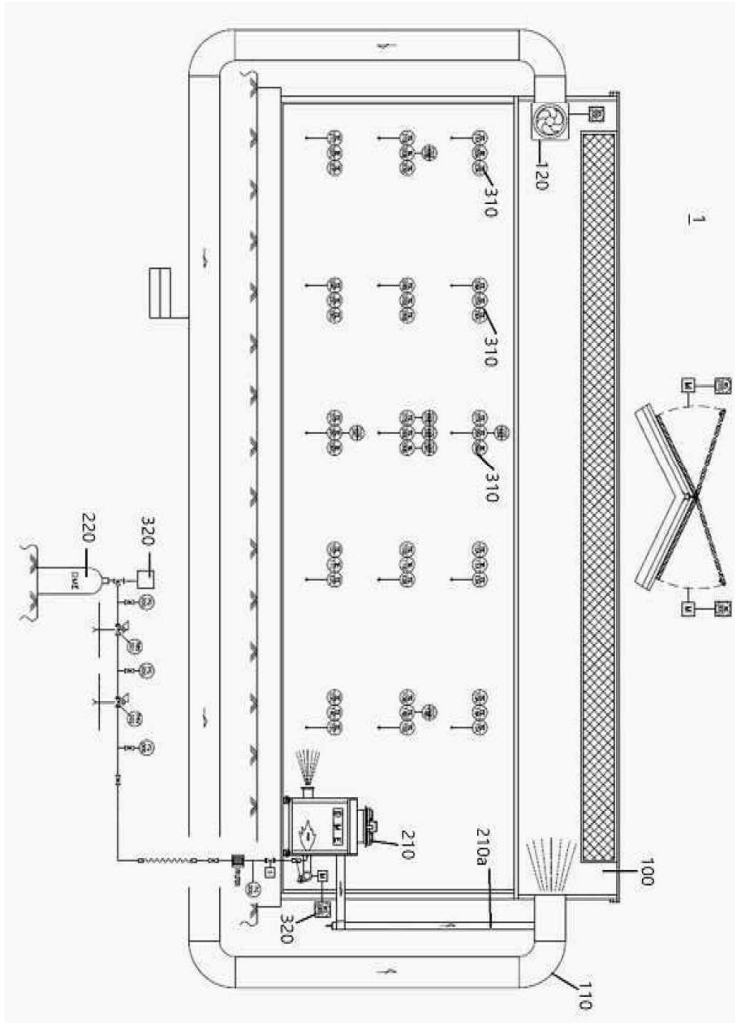
[0041] 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술분야에서의 통상의 기술자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해되어야 한다. 아울러, 본 발명의 범위는 상기의 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구 범위에 의하여 나타내어진다. 또한, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

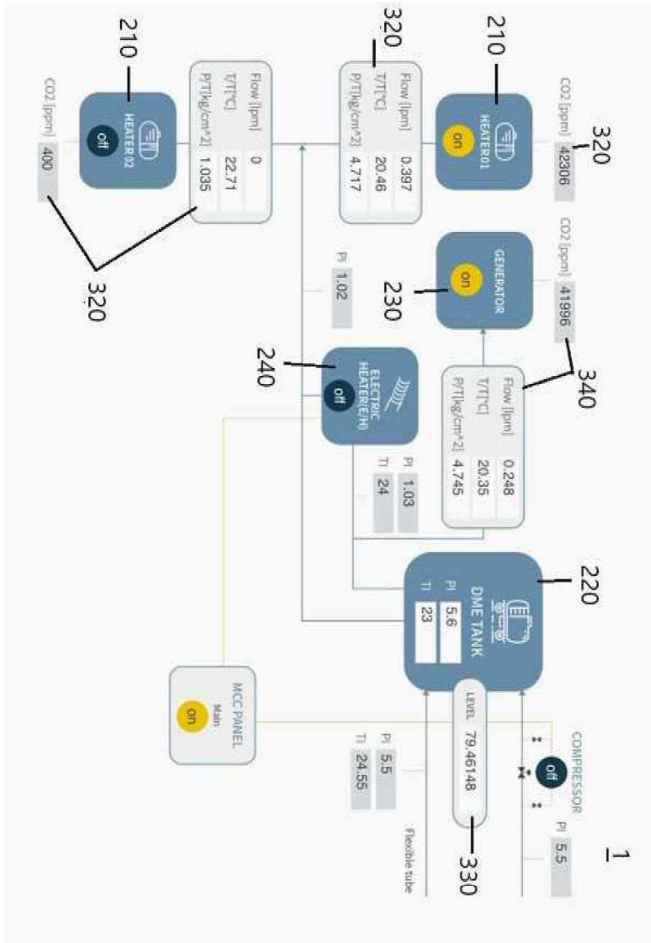
[0042] 1: DME 보일러를 이용하는 스마트 팜의 통합 제어를 위한 에너지 통합 관리 시스템; 100: 스마트 팜; 210: DME 보일러; 300: 센서부; 400: 통합 관리부; 410: 통합 관리 서버; 420: 농가의 단말기

도면

도면1

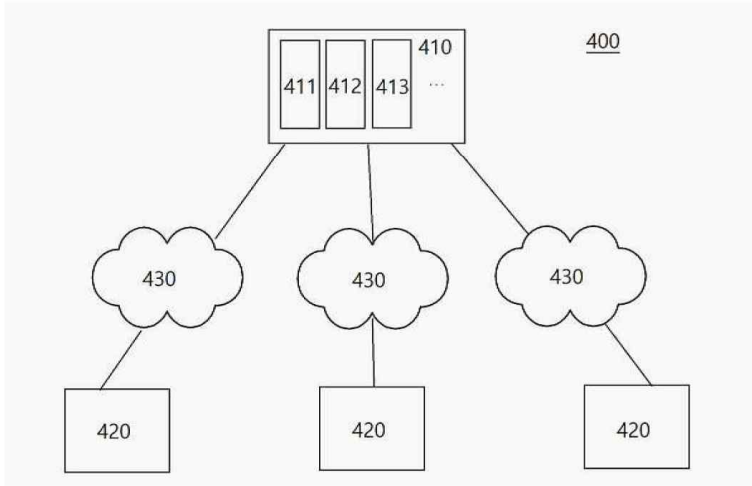


도면2

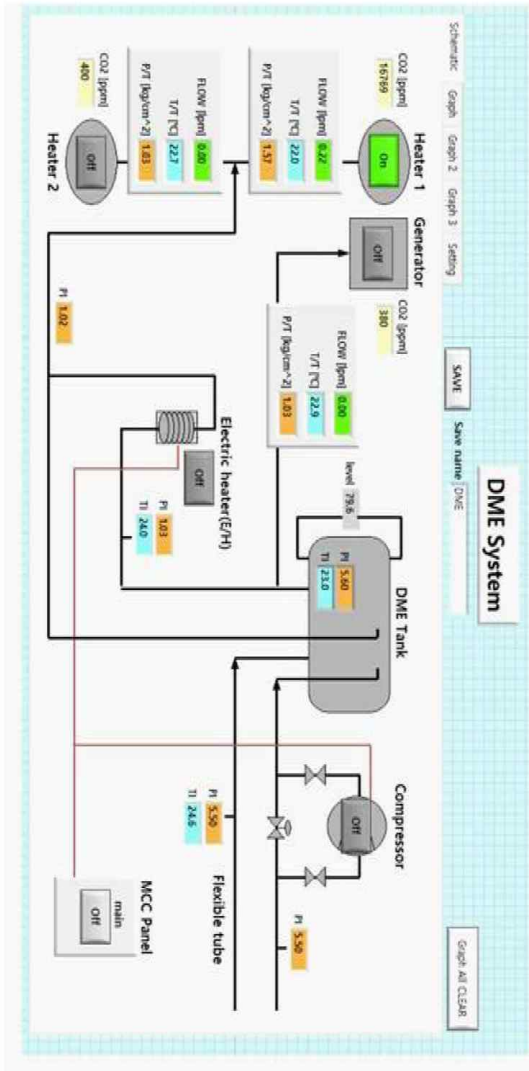




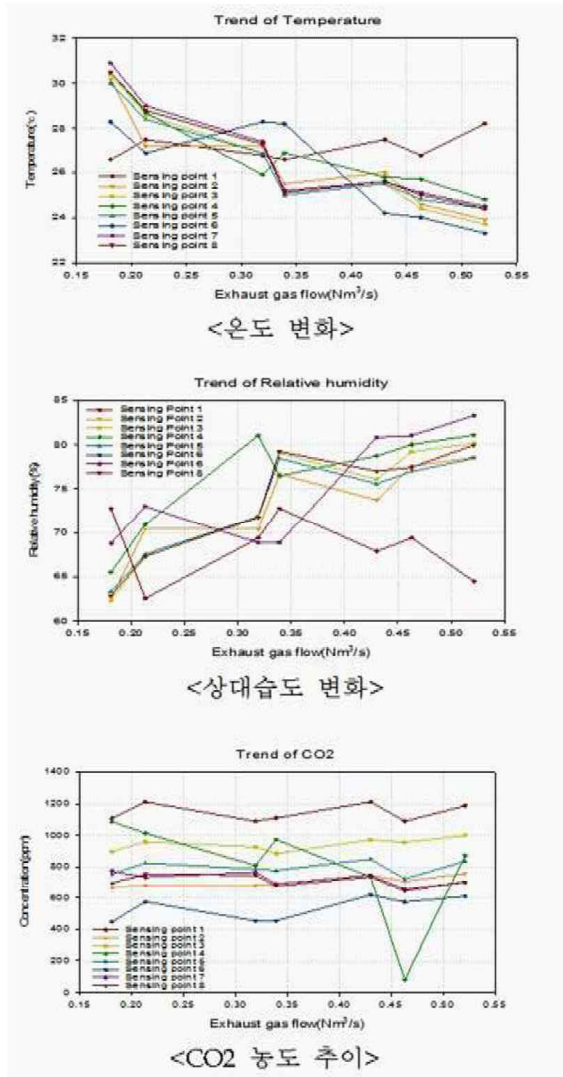
도면3



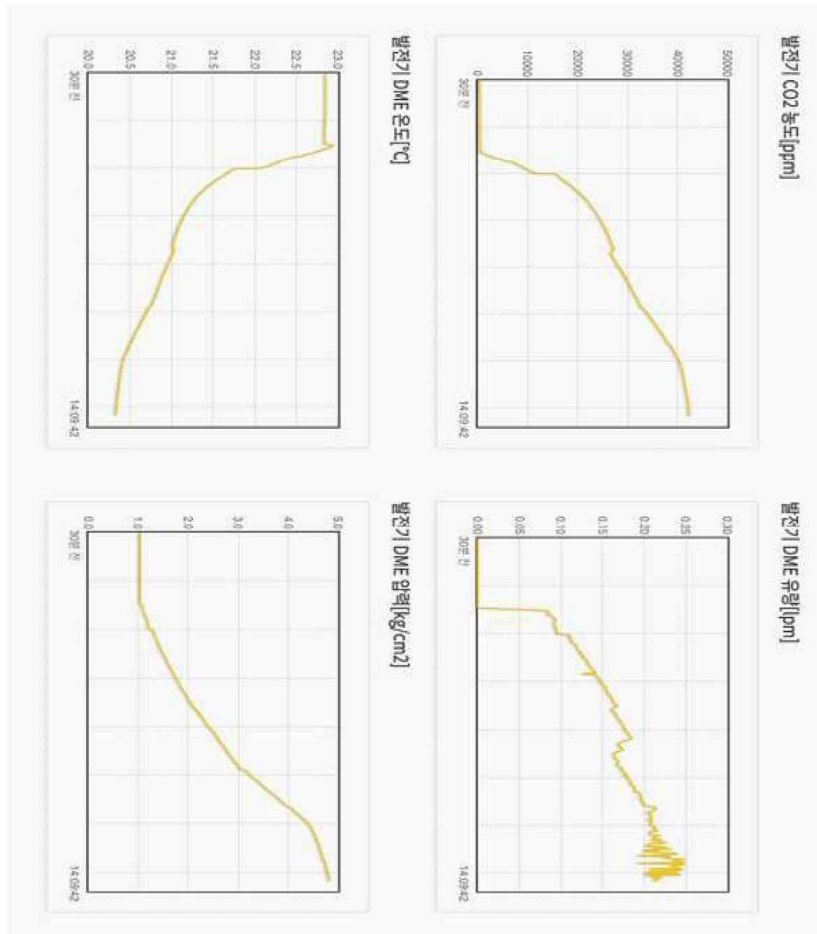
도면4



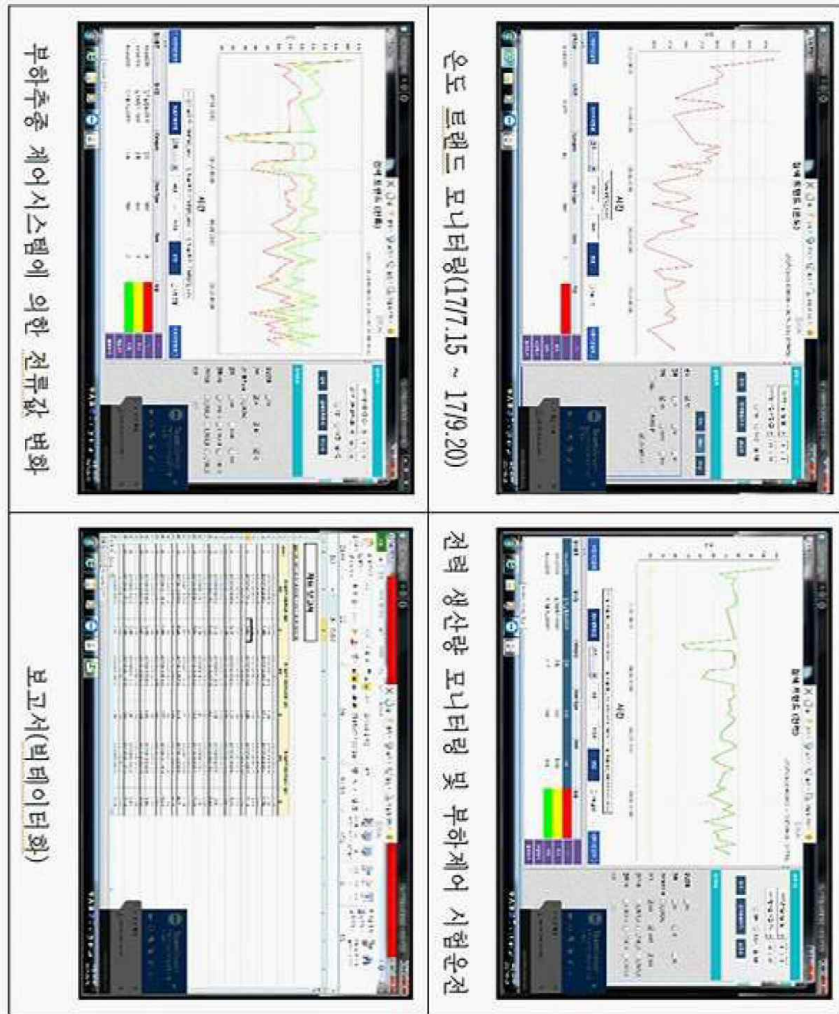
도면5



도면6



도면7



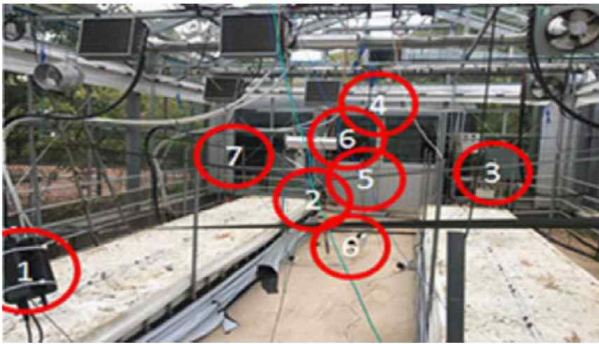
도면8a



도면8b



도면8c



- 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치 실용신안



고안의 명칭 Title of the Device  
농작물 재배용 이산화탄소 발생장치

실용신안권자 Owner of the Utility Model Right  
유니스시스템내셔널 주식회사(121111-\*\*\*\*\*)  
서울특별시 강남구 언주로93길 16,3층(역삼동)

고안자 Designer  
등록사항란에 기재

위의 고안은 「실용신안법」에 따라 실용신안등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Utility Model Act, a utility model for the device has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2018년 11월 07일



QR코드로 현재기존  
등록사항을 확인하세요

특허청장  
COMMISSIONER,  
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

박원주



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록실용신안공보(Y1)

(45) 공고일자 2018년11월13일  
(11) 등록번호 20-0487859  
(24) 등록일자 2018년11월07일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>A01G 7/02 (2006.01) A01G 9/18 (2006.01)<br/>A01G 9/24 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>A01G 7/02 (2013.01)<br/>A01G 9/18 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 20-2017-0005484</p> <p>(22) 출원일자 2017년10월24일<br/>심사청구일자 2017년10월24일</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>KR1020130053497 A*<br/>(뒷면에 계속)</p> | <p>(73) 실용신안권자<br/>유니시스인터내셔널 주식회사<br/>서울특별시 강남구 언주로93길 16 ,3층(역삼동)</p> <p>(72) 고안자<br/>조원준</p> <p>유혜진</p> <p>이제설</p> <p>(74) 대리인<br/>김애라</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 2 항

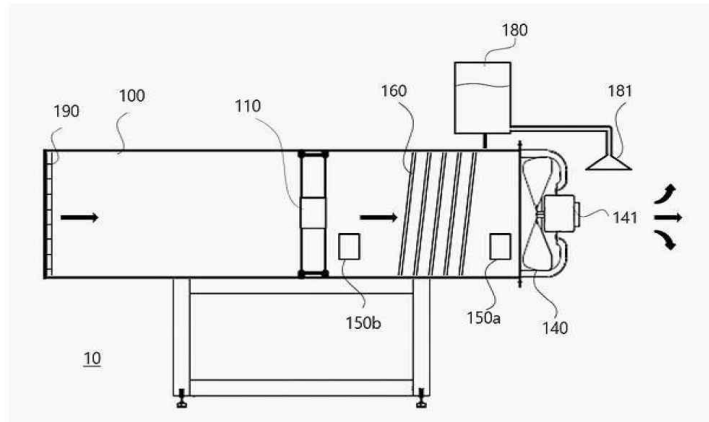
심사관 : 도현미

(54) 고안의 명칭 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치

**(57) 요약**

본 고안은 DME 연료로부터 농작물의 광합성에 필요한 탄소 비료인 이산화탄소를 생성하여 온실에 직접적으로 공급할 수 있는 장치에 관하여 설명하고 있다.

**대표도** - 도1





(52) CPC특허분류

A01G 9/24 (2013.01)  
A01G 9/246 (2013.01)  
A01G 9/247 (2013.01)  
Y02P 60/147 (2015.11)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004248565 A\*  
KR1020120070401 A\*  
KR1020120134609 A\*  
JP2011101630 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 고안을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 16113-02  
부처명 농림축산식품부  
연구관리전문기관 농림식품기술기획평가원  
연구사업명 2016년도 농림축산식품 연구개발사업 (첨단생산기술개발사업)  
연구과제명 시설농업용 ICT 융·복합기술기반 CO2 시비 및 에너지통합시스템 개발  
기여율 1/1  
주관기관 유니시스인터내셔널 주식회사  
연구기간 2016.11.29 ~ 2018.11.28

---

명세서

청구범위

청구항 1

농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서:

양단부가 개구된 형상의 하우징;

상기 하우징의 측면에 구비되는 DME(Dimethyl Ether) 연료 주입구 및 공기 주입구;

상기 하우징의 내부에 구비되고 상기 하우징 내부로 유입되는 DME 연료를 연소시키는 버너; 및

상기 하우징의 개구된 일단부에 위치하고, 상기 버너에서 상기 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 재배시설로 공급하는 팬 부재로서, 3 개 또는 4 개의 날개들 및 상기 날개들을 회전시킬 수 있는 모터를 포함하는 상기 팬 부재;

상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하고 상기 하우징의 외부로 둘러싸는 나선형의 관 형상인 냉각 부재로서, 상기 관 내부에 냉각수가 흐르고, 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 냉각하여 재배시설로 공급할 수 있는 상기 냉각 부재;

상기 하우징의 내부에, 상기 팬 부재 부근에 위치하여 재배시설로 공급되는 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 1 온도 센서;

상기 버너 부근에 위치하여 상기 DME 연료가 연소되어 생성된 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 2 온도 센서;

상기 하우징의 내부에 상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하는 보조 가열 부재로서, 상기 하우징의 내부 공간에 위치하거나 상기 하우징의 내벽에 부착되는 나선형의 전열선으로 이루어지고, 재배시설 내부의 공기를 높여야 하는 경우에 상기 보조 가열 부재에 의하여 상기 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 가열하여 재배시설로 공급할 수 있는, 상기 보조 가열 부재;

상기 하우징의 외부에, 재배시설에서 재배되는 농작물에 공급할 농약을 저장할 수 있는 저장 부재, 및 상기 저장 부재에 연결되고 상기 팬 부재의 전면에 위치하는 스프레이 부재로서, 상기 팬 부재에 의하여 상기 재배시설로 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 공급하는 경우, 상기 스프레이 부재에 타이머가 부착되어 설정된 시간에 상기 농약을 이산화탄소를 포함하는 공기 중에 분사하여 상기 재배시설의 농작물에 상기 농약을 공급할 수 있는 상기 스프레이 부재;

상기 하우징의 개구된 타단부에 위치하고, 하우징의 단면과 일치하는 관 형상인 해충 방제 필터 부재로서, 전기가 흐를 수 있는 그물망 구조의 통전부 및 상기 통전부와 상기 하우징이 접촉하는 부분에 마련된 절연부를 포함하는 상기 해충 방제 필터 부재; 및

상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결될 수 있고 원통형 형상의 가요성 송풍 부재를 포함하고,

상기 가요성 송풍 부재의 양단부는 개구되고 링 형상의 프레임들을 포함하고, 상기 링 형상의 프레임들은 금속, 플라스틱 및 나무로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고, 상기 프레임들 사이의 원주면은 원통형의 비닐, 방수 천 및 가요성 플라스틱으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고,

상기 가요성 송풍 부재의 일단부는 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결되고, 상기 가요성 송풍 부재의 타단부는 상기 재배시설 쪽으로 향하도록 설치되어, 상기 하우징 내부의 이산화탄소를 포함하는 공기가 재배시설로 이동할 수 있고,

상기 DME 연료 주입구로 기체 상태의 DME 연료가 주입되고, 상기 DME 연료 주입구에 밸브, 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 압력을 측정할 수 있는 압력계 및 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 유량을 측정할 수 있는 유량계를 더 포함하고,

상기 공기 주입구에 밸브 및 펌프를 더 포함하고, 하우징의 개구된 타단부에서 DME 연료의 연소에 필요한 공기

가 유입되며, 상기 공기 주입구에 연결된 펌프로 상기 하우징 내부로 공기를 주입함으로써, DME 연료가 완전 연소되도록 하고,

상기 DME 연료 주입구로부터 공급되는 DME 연료와 상기 공기 주입구로부터 공급되는 공기 중의 산소가 반응하여 이산화탄소를 발생시켜 농작물의 재배시설로 공급할 수 있는 것을 특징으로 하고,

상기 하우징은 양단부가 개구된 원통형이고 원형 단면의 지름은 500mm 내지 1000mm이고 길이는 1000mm 내지 5000mm인, 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서:

양단부가 개구된 형상의 하우징;

상기 하우징의 측면에 구비되는 DME(Dimethyl Ether) 연료 주입구 및 공기 주입구;

상기 하우징의 내부에 구비되고 상기 하우징 내부로 유입되는 DME 연료를 연소시키는 버너; 및

상기 하우징의 개구된 일단부에 위치하고, 상기 버너에서 상기 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 재배시설로 공급하는 팬 부재로서, 3개 내지 4개의 날개들 및 상기 날개들을 회전시킬 수 있는 모터를 포함하는 상기 팬 부재;

상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하고 상기 하우징의 외부로 둘러싸는 나선형의 관 형상인 냉각 부재로서, 상기 관 내부에 냉각수가 흐르고, 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 냉각하여 재배시설로 공급할 수 있는 상기 냉각 부재;

상기 하우징의 내부에, 상기 팬 부재 부근에 위치하여 재배시설로 공급되는 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 1 온도 센서;

상기 버너 부근에 위치하여 상기 DME 연료가 연소되어 생성된 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 2 온도 센서;

상기 하우징의 내부에 상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하는 보조 가열 부재로서, 상기 하우징의 내부 공간에 위치하거나 상기 하우징의 내벽에 부착되는 나선형의 전열선으로 이루어지고, 재배시설 내부의 공기를 높여야 하는 경우에 상기 보조 가열 부재에 의하여 상기 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 가열하여 재배시설로 공급할 수 있는, 상기 보조 가열 부재;

상기 하우징의 외부에, 재배시설에서 재배되는 농작물에 공급할 농약을 저장할 수 있는 저장 부재, 및 상기 저장 부재에 연결되고 상기 팬 부재의 전면에 위치하는 스프레이 부재로서, 상기 팬 부재에 의하여 상기 재배시설로 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 공급하는 경우, 상기 스프레이 부재에 타이머가 부착되어 설정된 시간에 상기 농약을 이산화탄소를 포함하는 공기 중에 분사하여 상기 재배시설의 농작물에 상기 농약을 공급할 수 있는 상기 스프레이 부재;

상기 하우징의 개구된 타단부에 위치하고, 하우징의 단면과 일치하는 판 형상인 해충 방제 필터 부재로서, 전기가 흐를 수 있는 그물망 구조의 통전부 및 상기 통전부와 상기 하우징이 접촉하는 부분에 마련된 절연부를 포함하는 상기 해충 방제 필터 부재; 및

상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결될 수 있고 원통형 형상의 가요성 송풍 부재를 포함하고,

상기 가요성 송풍 부재의 양단부는 개구되고 링 형상의 프레임들을 포함하고, 상기 링 형상의 프레임들은 금속, 플라스틱 및 나무로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고, 상기 프레임들 사이의 원주면은 원통형의 비닐, 방수 천 및 가요성 플라스틱으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고 복수 개의 개구부들을 포함하고,

상기 가요성 송풍 부재의 일단부는 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결되고, 상기 가요성 송풍 부재의 타단부는 상기 재배시설에 설치되어, 상기 하우징 내부의 이산화탄소를 포함하는 공기가 상기 가요성 송풍 부재의 원주면의 복수 개의 개구부들 및 상기 가요성 송풍 부재의 개구된 타단부를 통해 상기 재배시설로 이동할 수 있고,

상기 DME 연료 주입구로 기체 상태의 DME 연료가 주입되고, 상기 DME 연료 주입구에 밸브, 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 압력을 측정할 수 있는 압력계 및 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 유량을 측정할 수 있는 유량계를 더 포함하고,

상기 공기 주입구에 밸브 및 펌프를 더 포함하고, 하우징의 개구된 타단부에서 DME 연료의 연소에 필요한 공기가 유입되고, 상기 공기 주입구에 연결된 펌프로 상기 하우징 내부로 공기를 주입함으로써, DME 연료가 완전 연소되도록 하고,

상기 DME 연료 주입구로부터 공급되는 DME 연료와 상기 공기 주입구로부터 공급되는 공기 중의 산소가 반응하여 이산화탄소를 발생시켜 농작물의 재배시설로 공급할 수 있는 것을 특징으로 하고,

상기 하우징은 양단부가 개구된 원통형이고 원형 단면의 지름은 500mm 내지 1000mm이고 길이는 1000mm 내지 5000mm인, 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

고안의 설명

기술분야

[0001] 본 고안은 DME(Dimethyl Ether) 연료로부터 농작물의 광합성에 필요한 탄소 비료인 이산화탄소를 생성하여 온실에 직접적으로 공급할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 시설재배는 유리온실이나 플라스틱(비닐) 하우스, 빌딩형 농장과 같이 재배실을 가지는 인공시설에서 재배환경을 인위적으로 조절하면서 농작물을 재배하는 것을 말한다. 이산화탄소는 과일이나 채소와 같은 농작물의 광합성 작용(탄소이화 및 동화작용)에 사용되므로 농작물의 성장에 매우 중요한 요소이다.
- [0003] 일반적으로, 이와 같은 시설재배에는 농작물 성장에 필요한 이산화탄소를 재배실에 공급하기 위한 이산화탄소 공급 장치가 이용되는데, 이 이산화탄소 공급 장치는 액상 이산화탄소가 저장되는 탱크, 액상 이산화탄소를 기화시키는 기화기, 기화된 이산화탄소를 재배실에 공급하는 공급 장치를 포함한다.
- [0004] 그러나, 식용용 액상 이산화탄소의 경우에는 수급 관리가 어려운 데다, 고가이므로 상당한 비용이 소요된다는 문제가 있다. 또한, 이러한 액상 이산화탄소를 이용한 이산화탄소 공급 장치를 시설재배에 도입하기 위해서는 막대한 시설투자가 전제되어야만 하는 문제점이 있다.
- [0005] 백등유, 액화석유가스(LPG) 등 연료의 연소 시에 발생하는 이산화탄소를 시설재배에 이용하는 방식도 사용되고 있으나, 이는 유가 급등추세로 인한 연료비의 증가, 연료의 불안전연소로 인하여 농작물이 피해를 입을 수 있는 점 등의 문제점이 있다.
- [0006] 한편, DME(Dimethyl Ether)는 하나의 산소와 두 개의 메틸기가 결합된 에테르 화합물(CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>)이다. DME는 완전연소시 온실가스 배출이 타 연료보다 적으며 대기에서 CO<sub>2</sub>와 물로 빠르게 분해 되어 오존을 형성하지 않고, 연소 후 배기가스 중의 NOx 농도가 20ppm 미만이다. 즉, 거의 완전연소가 가능한 청정연료이다. DME는 천연가스나 석탄으로부터는 물론, 바이오 매스나 폐 플라스틱 등의 다양한 에너지원으로부터 제조할 수 있다. 또한 DME는 친환경적인 특징뿐만 아니라 세탄가가 높고 LPG와 유사한 물성 때문에 디젤차량 및 LPG 대체연료, 연료전지 등의 다양한 용도로 사용이 가능함은 물론 수송, 저장수단, 인프라 구축 등의 장애가 적다는 장점이 있는 연료이다.

**고안의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 시설재배시에 농작물에 이산화탄소를 공급할 수 있는 장치를 제공함에 있어서, 보다 낮은 단가의 청정 연료를 사용하면서도 농작물에 연료의 불안전연소로 인한 피해를 주지 않으며 농작물에 효율적으로 이산화탄소를 공급할 수 있는 장치가 요구된다.

**과제의 해결 수단**

- [0008] 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서:
- [0009] 양 단부가 개구된 형상의 하우징;
- [0010] 상기 하우징의 측면에 구비되는 DME(Dimethyl Ether) 연료 주입구 및 공기 주입구;
- [0011] 상기 하우징의 내부에 구비되고 상기 하우징 내부로 유입되는 DME 연료를 연소시키는 버너; 및
- [0012] 상기 하우징의 개구된 일단부에 위치하고, 상기 버너에서 상기 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 재배시설로 공급하는 팬 부재로서, 복수 개의 날개들 및 상기 복수 개의 날개들을 회전시킬 수 있는 모터를 포함하는 상기 팬 부재를 포함하고,
- [0013] 상기 DME 연료 주입구로부터 공급되는 DME 연료와 상기 공기 주입구로부터 공급되는 공기 중의 산소가 반응하여 이산화탄소를 발생시켜 농작물의 재배시설로 공급할 수 있는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 또한, 본 고안에 따른, 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 내부에 상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하는 보조 가열 부재를 더 포함하고, 상기 보조 가열 부재에 의하여 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 가열하여 재배시설로 공급할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 버너와 상기 팬 부재 사이에 위치하고 상기 하우징의 외부에 장착될 수 있는 냉각 부재를 더 포함하고, 상기 냉각 부재에 의하여 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 가열하여 재배시설로 공급할 수도 있다.

- [0016] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 내부에, 상기 팬 부재 부근에 위치하여 재배시설로 공급되는 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 1 온도 센서 및 상기 버너 부근에 위치하여 상기 DME 연료가 연소되어 생성된 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 2 온도 센서 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 외부에, 재배시설에서 재배되는 농작물에 공급할 물이나 약액을 저장할 수 있는 물 또는 약액 저장 부재 및 상기 물 또는 약액 저장 부재에 연결되고 상기 팬 부재의 전면에 위치할 수 있는 스프레이 부재를 더 포함하고, 상기 팬 부재에 의하여 상기 재배시설로 상기 이산화탄소를 포함하는 공기를 공급할 때에, 상기 스프레이 부재를 통해 상기 물 또는 약액을 이산화탄소를 포함하는 공기 중에 분사하여 상기 재배시설의 농작물에 상기 물 또는 약액을 공급할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 개구된 타단부에 위치하고, 하우징의 단면과 대체로 일치하는 관 형상인 해충 방제 필터 부재를 더 포함하고, 상기 해충 방제 필터 부재는, 전기가 흐를 수 있는 그물망 구조의 통전부, 및 상기 해충 방제 필터 부재와 상기 하우징이 접촉하는 부분에 마련된 절연부를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결될 수 있고 원통형 형상의 가요성 송풍 부재를 더 포함하고, 상기 가요성 송풍 부재의 양단부는 개구되고 링 형상의 프레임들을 포함하고, 상기 링 형상의 프레임들은 금속, 플라스틱 및 나무로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 프레임들 사이의 원주면은 원통형의 비닐, 방수 천 및 가요성 플라스틱으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고, 상기 가요성 송풍 부재의 일단부는 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결되고, 상기 가요성 송풍 부재의 타단부는 상기 재배시설 쪽으로 향하도록 설치되어, 상기 하우징 내부의 이산화탄소를 포함하는 공기가 재배시설로 이동할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결될 수 있고 원통형 형상의 가요성 송풍 부재를 더 포함하고, 상기 가요성 송풍 부재의 양단부는 개구되고 링 형상의 프레임들을 포함하고, 상기 링 형상의 프레임들은 금속, 플라스틱 및 나무로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 프레임들 사이의 원주면은 원통형의 비닐, 방수 천 및 가요성 플라스틱으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나의 재질이고 복수 개의 개구부들을 포함하고, 상기 가요성 송풍 부재의 일단부는 상기 하우징의 상기 팬 부재가 위치한 일단부에 연결되고, 상기 가요성 송풍 부재의 타단부는 상기 재배시설에 설치되어, 상기 하우징 내부의 이산화탄소를 포함하는 공기가 상기 가요성 송풍 부재의 원주면의 복수 개의 개구부들 및 상기 가요성 송풍 부재의 개구된 타단부를 통해 상기 재배시설로 이동할 수 있다.
- [0021] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 DME 연료 주입구에 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 압력의 압력을 측정할 수 있는 압력계 및 상기 하우징 내부로 공급되는 DME 연료의 유량을 측정할 수 있는 유량계 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 보조 가열 부재는, 상기 하우징의 내부 공간에 위치하거나 상기 하우징의 내벽에 부착되는 나선형의 전열선일 수 있다.
- [0023] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 냉각 부재는, 상기 하우징의 외부를 둘러싸는 나선형의 관이고 상기 관 내부에 냉각수가 흐를 수 있다.
- [0024] 또한, 본 고안에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치에 있어서, 상기 하우징은 양단부가 개구된 원통형일 수 있다.

**고안의 효과**

- [0025] 본 고안에 따르면, 농작물에 이산화탄소를 공급하여 농작물의 생육을 촉진함으로써 보다 우수한 품질의 할 수 있는 농작물을 생산할 수 있도록 하는 한편, 보다 낮은 단가의 청정 연료를 사용하면서도 농작물에 연료의 불완전연소로 인한 피해를 주지 않으며 농작물에 효율적으로 이산화탄소를 공급할 수 있도록 하는 장점이 있다. 또한, 농작물에 이산화탄소를 공급하면서 해충의 방제 및 재배시설의 환경에 맞는 온도의 공기를 제공할 수 있으며, 농작물 전반에 걸쳐 이산화탄소를 효율적으로 제공할 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1은 본 고안의 일실시예에 따른 DME 연료를 사용하는 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)의 내부를 도시

하는 도면이다.

도 2는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)의 외부를 도시하는 도면이다.

도 3은 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)에 사용될 수 있는 예시적인 해충 방제 필터 부재(190)를 도시한다.

도 4a 및 도 4b는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)에 사용될 수 있는 예시적인 송풍 부재(200)를 도시한다.

도 5는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 일 실시양태로 구현한 경우를 도시한 사진이다.

도 6은 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용하지 않은 경우와 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용한 경우의 이산화탄소 농도 및 농작물의 생산성을 비교한 실험 결과를 나타내는 도표이다.

**고안을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0027] 이하, 본 고안의 일 실시예에 따른 DME 연료를 사용하는 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치를 상세히 설명한다. 첨부된 도면은 본 고안의 예시적인 형태를 도시한 것으로, 이는 본 고안을 보다 상세히 설명하기 위해 제공되는 것일 뿐, 이에 의해 본 고안의 기술적인 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0028] 또한, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응되는 구성요소는 동일한 참조번호를 부여하고 이에 대한 중복 설명은 생략하기로 하며, 설명의 편의를 위하여 도시된 각 구성 부재의 크기 및 형상은 과장되거나 축소될 수 있다.
- [0029] 도 1은 본 고안의 일 실시예에 따른 DME 연료를 사용하는 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)의 내부를 도시하는 도면이고, 도 2는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)의 외부를 도시하는 도면이다.
- [0030] 도 1 및 도 2를 참조하면, DME 연료를 사용하는 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)는 하우징(100), 하우징(100)의 내부에 구비되는 버너(110), 하우징(100)의 측면에 구비되는 DME 연료 주입구(120) 및 공기 주입구(130), 버너(110)에서 연소되어 발생하는 이산화탄소를 재배시설로 공급하는 팬 부재(140)를 포함한다.
- [0031] 하우징(100)은 상술한 바와 같이 하우징(100)의 내부 공간에 버너(110)가 구비되어 DME 연료 주입구(120)로부터 공급되는 DME 연료와 공기 주입구(130)로부터 공급되는 공기 중의 산소가 반응하여, 이산화탄소를 발생시킨다. DME와 산소의 반응식은 하기의 화학식 1과 같다.
- [0032] [화학식 1]
- [0033]  $CH_3OCH_3 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
- [0034] 하우징(100)의 개구된 일단부에 구비된 팬 부재(140)가 작동하면, 버너(110)에 의하여 DME 연료가 연소됨으로써 발생한 이산화탄소를 포함하는 하우징(100) 내부 공간의 공기를 팬 부재(140) 쪽으로 이동하여 하우징(100) 외부의 재배시설로 이산화탄소가 공급된다. 도 1 및 도 2의 굵은 실선의 화살표는 공기의 흐름을 도시한다. 또한, 하우징(100)은 양단이 개구된 원통형일 수 있고, 원형 단면의 지름이 100mm 내지 1000mm일 수 있고, 하우징(100)의 길이는 100mm 내지 5000mm일 수 있다. 그러나, 본 고안은 이에 한정되지 않고 적어도 두 개의 면이 개구된 사각통 형상일 수 있는 등, 다양한 변형, 변경이 가능하다.
- [0035] DME 연료 주입구(120)에는 DME 연료 탱크(미도시)가 호스나 관으로 연결될 수 있고, DME 연료 주입구(120)에는 밸브가 더 구비될 수 있다. DME 연료 주입구(120)로 기체 상태의 DME 연료가 주입된다. 또한, DME 연료 주입구(120)에는 하우징(100) 내부로 공급되는 DME 연료의 압력의 압력을 측정할 수 있는 압력계 및/또는 유량을 측정할 수 있는 유량계(121)를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 공기 주입구(130)에는 밸브 및/또는 펌프가 더 구비될 수 있다. 하우징(100)의 타단부가 개구되어 있으므로, 개구된 타단부로부터도 DME에 필요한 공기가 하우징(100) 내부로 유입되지만, 공기 주입구(130)에 연결된 펌프로 하우징(100) 내부로 공기를 주입함으로써 DME 연료가 완전 연소되도록 한다.
- [0037] 팬 부재(140)는 하우징(100)의 일단부에 위치할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이 하우징(100)의 일단부의 외부에 위치할 수도 있지만, 본 고안은 도시된 바에 한정되지 않고, 일단부의 내부에 위치할 수도 있고, 일단부 상에 위치할 수도 있다. 팬 부재(140)는 복수 개의 날개들을 포함한다. 날개들의 개수는 예를 들면 3 내지 4개 일 수 있으나, 본 고안은 이에 한정되지 않고 다양한 변형, 변경이 가능하다. 팬 부재(140)의 중심부에는 모터

- (141)가 연결되어 팬 부재(140)의 날개들을 회전시킬 수 있고, 모터(141)에는 모터(141)를 회전시킬 수 있는 전력을 제공하는 외부의 전원부에 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0038] 하우징(100)에는 온도 센서(150)를 구비할 수 있다. 제 1 온도 센서(150a)는 팬 부재(140) 부근에 위치하여 재배시설로 공급되는 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 버너(110) 부근에 위치하여 DME 연료가 연소되어 생성된 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 측정할 수 있는 제 2 온도 센서(150b)를 포함할 수도 있다.
- [0039] 하우징(100)의 내부에는 버너(110)와 팬 부재(140) 사이에 보조 가열 부재(160)를 구비할 수 있다. 비닐하우스와 같은 재배시설에 이산화탄소를 포함하는 공기를 공급할 때, 재배시설 내부의 공기를 높여야 하는 경우에 보조 가열 부재(160)에서 이산화탄소를 포함하는 공기를 가열하여 재배시설로 공급할 수도 있도록 하였다. 따라서, 작업자는 재배시설 내부의 온도를 높여야 할 필요가 있을 때 보조 가열 부재(160)를 작동시킬 수 있고, 이 때, 제 1 온도 센서(150a) 및/또는 제 2 온도 센서(150b)로 온도를 측정하여 보조 가열 부재(160)에 의하여 재배시설로 공급되는 이산화탄소를 포함하는 공기의 온도를 얼마만큼 가열하여야 하는지를 조절할 수 있도록 하였다. 보조 가열 부재(160)는, 예를 들면, 하우징(100)의 내부 공간에 위치하거나 하우징(100)의 내벽에 부착되는 나선형의 전열선이어서 전기로 열을 공급하는 방식을 채용할 수도 있고, 나선형으로 하우징(100)의 내부 공간에 위치하거나 하우징(100)의 내벽에 부착되는 관 형태이어서 DME 연료나 LPG, 천연가스등을 하우징(100)의 외부에 설치된 별도의 가열장치(미도시)에서 연소시켜 데워진 공기를 상기 관으로 공급할 수 있는 등 다양한 변형, 변경이 가능하다.
- [0040] 또한, 하우징(100)의 외부에는, 버너(110)와 팬 부재(140) 사이에 하우징(100)의 외부에 장착될 수 있는 냉각 부재(170)를 더 포함할 수 있다. DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기는 DME 연료의 연소에서의 발열 반응으로 하우징(100)으로 공급되는 공기보다는 높은 온도일 수 있다. 한편, 재배시설에서 재배되고 있는 작물의 종류에 따라 DME 연료가 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 그대로 작물에 제공하는 경우에 작물의 생장에 높은 온도가 오히려 방해가 되는 경우에는, 냉각 부재(170)로 버너(110)에서 연소되어 발생하는 이산화탄소를 포함하는 공기를 냉각시켜 재배시설로 공급할 수 있다. 냉각 부재(170)는 예를 들면 하우징(100)의 외부에 부착될 수 있는 나선형의 관형상이고 외부의 냉각수 저장 탱크(미도시)와 연결되어, 관의 내부에 냉각수와 같은 냉매가 흐를 수 있다. 도 2의 점선의 화살표는 냉각수의 흐름을 예시적으로 도시한다.
- [0041] 하우징(100)의 외부에는 재배시설에서 재배되는 농작물에 공급할 물이나 약액을 저장할 수 있는 물 또는 약액 저장 부재(180)를 더 포함할 수 있다. 저장 부재(180)는 저장 부재(180)에 연결되고 팬 부재(140) 전면에 위치할 수 있는 스프레이 부재(181)를 더 포함한다. 스프레이 부재(181)는 복수 개의 분사구들을 포함한다. 팬 부재(140)에 의하여 재배시설로 이산화탄소를 포함하는 공기를 공급할 때에, 스프레이 부재(181)를 통해 작물의 생장에 필요한 물이나 약액(농작물의 해충을 방지할 수 있는 농약을 포함) 등을 이산화탄소를 포함하는 공기에 분사하여 재배시설의 작물에 이산화탄소뿐만 아니라 물 또는 약액 등을 같이 공급할 수 있도록 하였다. 스프레이 부재(181)에는 타이머가 부착되어 설정된 시간에 물 또는 약액 등이 분사될 수도 있고, 작업자가 수동으로 스프레이 부재(181)를 통해 물 또는 약액 등을 분사할 수도 있다.
- [0042] 하우징(100)의 타단부의 개구부에는 해충 방제 필터 부재(190)를 더 포함할 수 있다. 도 3은 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)에 사용될 수 있는 예시적인 해충 방제 필터 부재(190)를 도시한다. 해충 방제 필터 부재(190)는, 예를 들면, 하우징(100)의 단면과 대체로 일치하는 판 형상일 수 있다. 해충 방제 필터 부재(190)는 전기가 흐를 수 있는 그물망 구조의 통전부(191), 해충 방제 필터 부재(190)와 하우징(100)이 접촉하는 부분에 마련된 절연부(192) 및 통전부 측으로 전류가 흐르도록 전원을 공급할 수 있는 외부 전원 공급부(미도시)를 포함한다. 외부 전원 공급부는 예를 들면 하우징(100)의 외부에 별도로 설치된 전원 공급부일 수 있다.
- [0043] 하우징(100)에는 팬 부재(140)가 위치한 일단부에 긴 원통형 형상이고 가요성인 송풍 부재(200)가 연결될 수 있다. 도 4a 및 도 4b는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)에 사용될 수 있는 예시적인 송풍 부재(200)를 도시한다. 도 4a 및 도 4b에서의 굵은 실선 화살표는 이산화탄소를 포함하는 공기의 흐름을 나타낸다. 송풍 부재(200)는 예를 들면 비닐 또는 방수 천 재질의 원통형 터널 형상일 수 있다. 양단부는 개구되고 양단부(또는 추가적으로 중간부)에 링 형상의 프레임들(201)을 포함하여 원통형의 터널 형상을 유지할 수 있다. 구체적으로, 프레임들(201)은 링 형상의 금속, 플라스틱, 나무로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 재질로 되어 있을 수 있다. 프레임들(201) 사이의 원주면(204)은 원통형의 비닐, 방수 천, 가요성 플라스틱으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 재질로 되어 있을 수 있다.



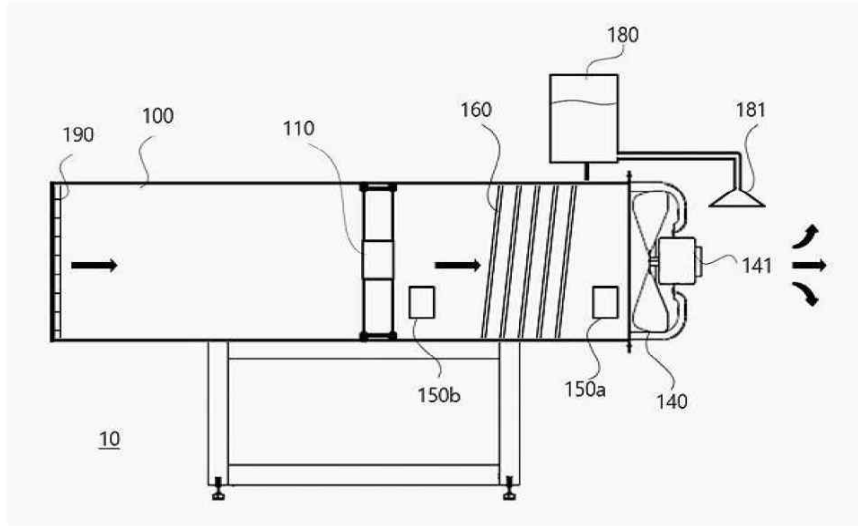
- [0044] 도 4a는 제 1 실시양태로서, 송풍 부재(200)의 양단부만이 개구되고, 송풍 부재(200)의 일단부(202)는 하우징(100)의 팬 부재(140)가 위치한 일단부에 연결되고 송풍 부재(200)의 타단부(203)는 재배시설 쪽으로 향하도록 설치되어, 하우징(100) 내부의 이산화탄소를 포함하는 공기가 재배시설로 이동할 수 있다.
- [0045] 도 4b는 제 2 실시양태로서, 송풍 부재(200)의 일단부(202)는 하우징(100)의 팬 부재(140)가 위치한 일단부에 연결되고, 송풍 부재(200)의 원주면(204)은 복수개의 개구부들(204a)을 추가로 포함하여, 송풍 부재(200)를 재배시설 내부에 설치하여 재배시설의 면적이 큰 경우에 재배시설 내부에 고르게 이산화탄소를 공급할 수 있도록 하였다.
- [0046] 도 5는 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 일 실시양태로 구현한 경우를 도시한 사진이다.
- [0047] 도 6은 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용하지 않은 경우와 도 1에 따른 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용한 경우의 이산화탄소 농도 및 농작물의 생산성을 비교한 실험 결과를 나타내는 도표이다. 좌측의 두 개의 측정값들은 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용하지 않은 경우로서, 각각 일반적인 대기중의 이산화탄소 농도와 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용하지 않은 경우의 비닐하우스내 이산화탄소 농도를 나타내고, 그 측정값은 각각 433ppm 및 394ppm이다. 우측의 두 개의 측정값들은 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용한 경우로서, 각각 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)의 부근의 측정값과 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치(10)를 사용한 경우의 비닐하우스 내 이산화탄소 농도를 나타내고, 그 측정값은 각각 1171ppm 및 1170ppm이다.
- [0048] 상술한 본 고안의 기술적 구성은 본 고안이 속하는 기술분야에서의 통상의 기술자가 본 고안의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로 이해되어야 한다. 아울러, 본 고안의 범위는 상기의 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구 범위에 의하여 나타내어진다. 또한, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 고안의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

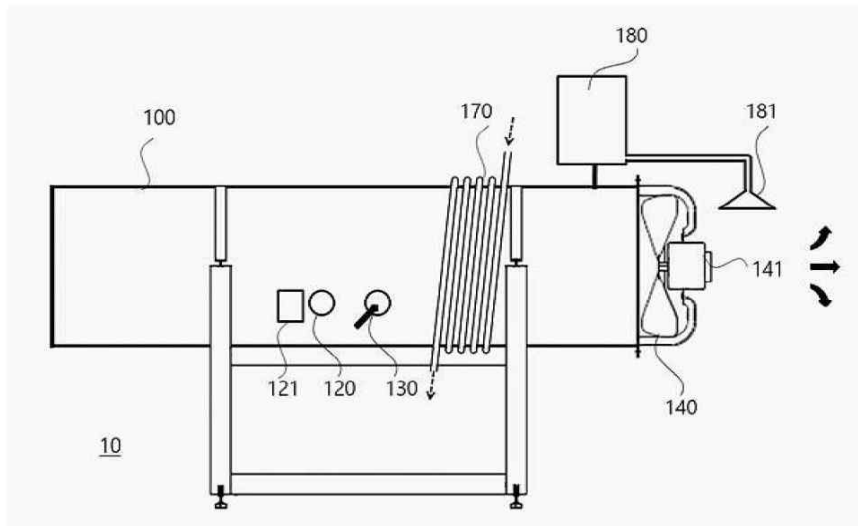
- [0049] 10: DME 연료를 사용하는 농작물 재배용 이산화탄소 발생장치  
 100: 하우징  
 110: 버너  
 120: DME 연료 주입구  
 130: 공기 주입구  
 140: 팬 부재  
 141: 모터 부재  
 150: 온도 센서  
 160: 보조 가열 부재  
 170: 냉각 부재  
 180: 물 또는 약액 저장 부재  
 181: 스프레이  
 190: 해충 방제 필터 부재  
 200: 송풍 부재

도면

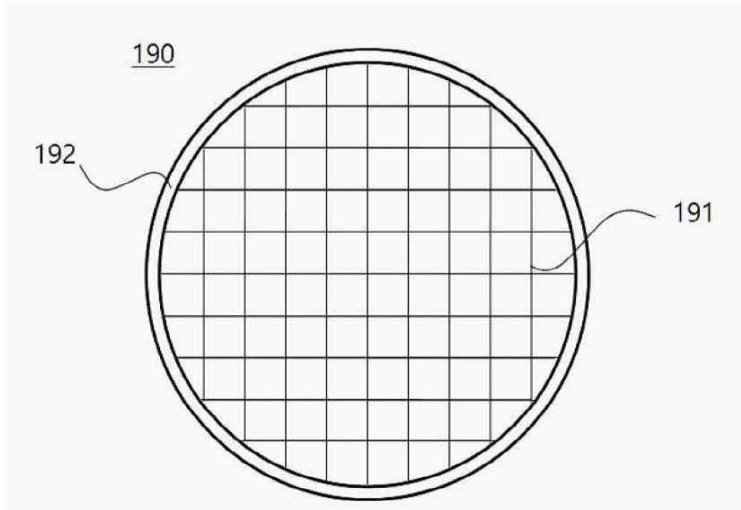
도면1



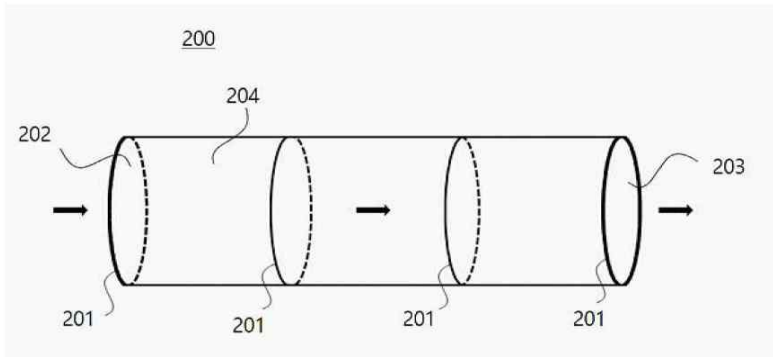
도면2



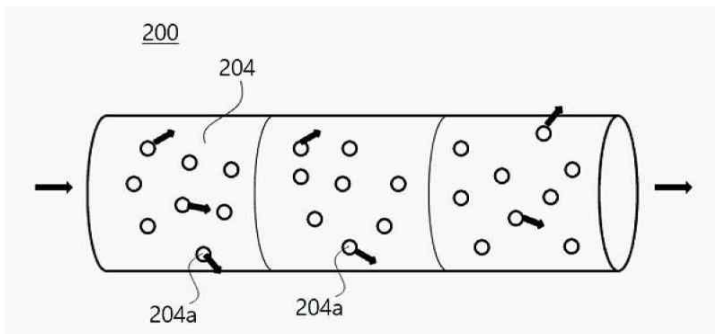
도면3



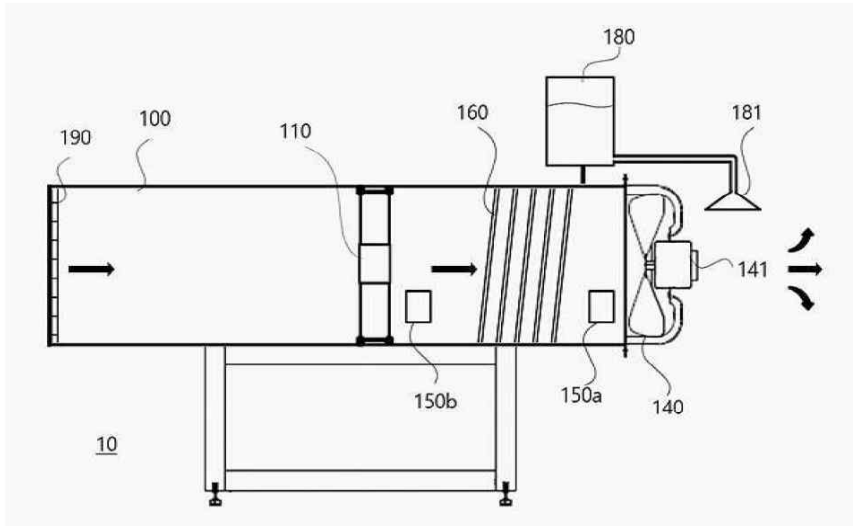
도면4a



도면4b



도면5



도면6

### DME 연료를 사용하여 CO2를 측정한 실험값

구분	대기	비닐하우스 CO <sub>2</sub> -free	실비후단 (CO <sub>2</sub> -측정)	비닐하우스 CO <sub>2</sub> 농도
CO <sub>2</sub> 농도	 433ppm	 394ppm	 1171ppm	 1170ppm
생산성 (같은면적 기준)		50개 (421.3 g)		114개 (572.6 g)

관인생략

## 출원번호통지서

출원일자 2018.11.20  
 특기사항 심사청구(무) 공개신청(무)  
 출원번호 10-2018-0143368 (접수번호 1-1-2018-1155366-33)  
 출원인명칭 유니시스인터내셔널 주식회사(1-2013-017465-6)  
 대리인성명 김애라(9-1999-000225-1)  
 발명자성명 조원준 유혜진  
 발명의명칭 환경 제어 장치

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드  
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.

※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

**【서지사항】**

**【서류명】** 특허출원서  
**【출원구분】** 특허출원  
**【출원인】**  
**【명칭】** 유니시스인터내셔널 주식회사  
**【특허고객번호】** 1-2013-017465-6  
**【대리인】**  
**【성명】** 김애라  
**【대리인번호】** 9-1999-000225-1  
**【포괄위임등록번호】** 2017-024755-0  
**【발명의 국문명칭】** 환경 제어 장치  
**【발명의 영문명칭】** APPARATUS FOR CONTROLLING ENVIRONMENT  
**【발명자】**  
**【성명】** 조원준  
**【성명의 영문표기】** Wonjun Cho  
**【주민등록번호】**  
**【우편번호】** 10322  
**【주소】**  
**【발명자】**  
**【성명】** 유혜진  
**【성명의 영문표기】** Hyejin Yu

**【주민등록번호】**

**【우편번호】** 34028

**【주소】**

**【출원언어】** 국어

**【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】**

**【과제고유번호】** 116113-2

**【부처명】** 농림축산식품부

**【연구관리 전문기관】** 농림식품기술기획평가원

**【연구사업명】** 2016년도 농림축산식품 연구개발사업(청단생산기술개발사업)

**【연구과제명】** 시설농업용 ICT융복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발

**【기여율】** 1/1

**【주관기관】** 유니시스인터내셔널 주식회사

**【연구기간】** 2016.11.29 ~ 2018.11.28

**【취지】** 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 김애라

(서명 또는 인)

**【수수료】**

**【출원료】** 0 면 46,000 원

**【가산출원료】** 26 면 0 원

**【우선권주장료】** 0 건 0 원



2018-11-20

<b>【심사청구료】</b>	0	항	0	원
<b>【합계】</b>	46,000			원
<b>【감면사유】</b>	중기업(70%감면)[1]			
<b>【감면후 수수료】</b>	13,800			원

**【발명의 설명】**

**【발명의 명칭】**

환경 제어 장치{APPARATUS FOR CONTROLLING ENVIRONMENT}

**【기술분야】**

【0001】 본 발명은 원격에서 농장의 환경을 제어하는 장치에 관한 것으로, 클라우드 데이터를 농장의 실측 데이터와 융합하여 농장 환경을 복합적으로 제어하는 환경 제어 장치에 관한 것이다.

**【발명의 배경이 되는 기술】**

【0002】 작물의 품질 및 생산량은 농장의 환경 요소인 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 등에 큰 영향을 받는다. 작물의 성장은 수개월 또는 수년 동안 장시간에 걸쳐 이루어지기 때문에 이 긴 시간 동안 사람이 투입되어 직접 농장의 환경을 모니터링 하기 어렵다.

【0003】 또한, 비닐하우스, 온실 등의 농업의 경우, 장시간 농장 시설 안에서 작업자가 작업을 하게 될 경우 각종 건강장해가 발생할 수 있다.

【0004】 사람이 직접 농장에 방문 또는 대기하지 않더라도 실시간으로 농장주에게 농장의 상태를 알려주고, 농장의 환경 변화에 따라 즉각적으로 대처하는 장치가 필요하다.

【0005】 한국등록특허 제10-0967840호에는 유무선 통신망을 이용한 원격지 농장 관리 방법 및 시스템에 대한 기술이 개시되고 있다.

**【선행기술문헌】**

**【특허문헌】**

【0006】(특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0967840호

**【발명의 내용】**

**【해결하고자 하는 과제】**

【0007】본 발명은 원격에서 농장의 환경을 제어하는 장치에 관한 것으로, 클라우드 데이터를 농장의 실측 데이터와 융합하여 농장 환경을 복합적으로 제어하는 환경 제어 장치를 제공하기 위한 것이다.

【0008】본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**【과제의 해결 수단】**

【0009】본 발명의 환경 제어 장치는 농장에 영향을 주는 외부 환경에 대한 정보인 외부 환경 정보 및 상기 농장 현지에 설치되는 센서 유니트가 측정한 정보인 내부 환경 정보를 입력받는 메인 서버 유니트와, 상기 메인 서버 유니트와 원격리 통신으로 연결되고, 상기 메인 서버 유니트로부터 제어 명령을 입력받아 상기 농장에 설치되는 환경 조절 유니트를 제어하는 제어 유니트를 포함하는 것일 수 있

다.

【0010】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 제어 유닛은 상기 환경 조절 유닛 및 상기 센서 유닛과 무선 통신으로 연결되고, 상기 환경 조절 유닛 및 상기 센서 유닛과 통신 연결 상태 정보를 메인 서버 유닛에 송신하는 것일 수 있다.

【0011】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 환경 조절 유닛은 온풍부, 이산화탄소 발생부, 윈도우 제어부, 유동팬부 중 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

【0012】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 센서 유닛은 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서, 이산화탄소 센서, 카메라 중 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

【0013】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유닛은 외부 서버로부터 상기 외부 환경 정보를 입력받고, 상기 외부 환경 정보는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조시간, 산불, 지진, 태풍, 병충해 중 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

【0014】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유닛은 상기 환경 조절 유닛의 작동 이력에 대한 작동 이력 정보를 상기 제어 유닛으로부터 입력받는 것일 수 있다.

【0015】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유닛은 상기 외부 환경 정보, 상기 내부 환경 정보, 상기 작동 이력 정보 중 하나 이상의 정보를 저장

하는 정보 저장부와, 상기 정보 저장부에 저장된 정보를 근거로 상기 환경 조절 유니트의 제어 명령을 산출하는 제어 산출부를 포함하는 것일 수 있다.

【0016】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 센서 유니트는 상기 농장의 작물의 성장 상태를 촬영하는 카메라를 포함하고, 상기 카메라의 촬영 정보는 상기 제어 산출부로 입력되며, 상기 제어 산출부는 상기 촬영 정보를 근거로 상기 환경 조절 유니트의 상기 제어 명령을 산출하는 것일 수 있다.

【0017】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유니트는 원거리의 단말 유니트와 통신으로 연결되고, 상기 단말 유니트로부터 상기 환경 조절 유니트의 제어 명령을 입력받는 것일 수 있다.

【0018】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유니트는 상기 단말 유니트에 상기 외부 환경 정보, 상기 내부 환경 정보 중 하나 이상의 정보를 송신하는 것일 수 있다.

【0019】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 제어 명령은 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 중 하나 이상의 물리량의 목표 값을 설정하는 자동 제어 명령과, 상기 환경 조절 유니트의 구동을 직접적으로 제어하는 수동 제어 명령을 포함하고, 상기 메인 서버 유니트는 상기 단말 유니트를 통해서 상기 제어 명령 중 하나를 입력받는 것일 수 있다.

【0020】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유니트는 상기 내부 환경 정보, 상기 외부 환경 정보 중 하나 이상의 정보에 대한 환경 통계 정보를 산출

하는 통계 산출부를 포함하고, 상기 환경 통계 정보는 상기 단말 유니트로 송신되는 것일 수 있다.

【0021】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 메인 서버 유니트는 상기 내부 환경 정보 및 상기 외부 환경 정보를 입력받아 상기 환경 조절 유니트에 입력되는 상기 제어 명령을 산출하는 제어 산출부를 포함하는 것일 수 있다.

【0022】 본 발명의 환경 제어 장치의 상기 환경 조절 유니트는 제1 환경 조절부 및 제2 환경 조절부를 포함하고, 상기 제어 산출부는 상기 내부 환경 정보 및 상기 외부 환경 정보를 근거로 상기 제1 환경 조절부와 상기 제2 환경 조절부 간의 작동 우선 순위를 결정하는 것일 수 있다.

#### 【발명의 효과】

【0023】 본 발명의 환경 제어 장치는 외부 환경 정보와 내부 환경 정보를 복합적으로 분석하여, 농장 시설의 환경 제어를 신속하고 효율적으로 수행할 수 있다.

【0024】 본 발명의 환경 제어 장치는 클라우드 기반에서 농장 시설 외부 환경 정보를 단말 유니트를 통하여 제공하고, 농장 시설 내부 센서 유니트를 통하여 내부 환경 정보와 환경제어를 위한 정보를 수집하고, 카메라와 제어 유니트를 통하여 농장 시설 내부를 관리 통제할 수 있다.

#### 【도면의 간단한 설명】

【0025】 도 1은 본 발명의 환경 제어 장치를 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 환경 제어 장치를 나타내는 블록도이다.

도 3은 센서 유니트와 제어 유니트의 관계를 나타내는 블록도이다.

도 4는 환경 조절 유니트와 제어 유니트의 관계를 나타내는 블록도이다.

도 5 내지 8은 단말 유니트에서 출력되는 UI 화면을 나타내는 사진이다.

**【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】**

【0026】 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 한다.

【0027】 이하, 도 1 내지 8을 참조하여, 본 발명의 환경 제어 장치에 대한 구성 및 기능을 상세히 설명한다.

【0028】 농장은 농작물, 축산물 등을 생산하는 시설로, 외부 환경 요소에 직접적 또는 간접적으로 영향을 받는 시설을 의미할 수 있다. 농장 시설은 외부 광이 내부로 투광이 되면서 외부와의 통기를 차단하는 온실, 하우스 등일 수 있다.

【0029】 외부 환경은 날씨, 재해 등으로 외부적 요인으로 농장 지형 또는 시설에 영향을 주는 환경일 수 있다.

【0030】 도 1 내지 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 환경 제어 장치는 농장에 영향을 주는 외부 환경에 대한 정보인 외부 환경 정보 및 농장 현지에 설치되는 센서 유니트(400)가 측정하는 정보인 내부 환경 정보를 입력받는 메인 서버 유니트(100)와, 메인 서버 유니트(100)와 원거리 통신으로 연결되고 메인 서버 유니트(100)로부터 제어 명령을 입력받아 농장에 설치되는 환경 조절 유니트(500)를 제어하는 제어 유니트(200)를 포함할 수 있다.

【0031】 메인 서버 유니트(100)는 본 발명의 환경 제어 장치가 구축하는 클라우드 시스템의 주체일 수 있다. 메인 서버 유니트(100)는 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보 등이 저장될 수 있다. 메인 서버 유니트(100)는 제어 유니트(200), 단말 유니트(300), 외부 서버(11)와 원거리 통신으로 연결되고, 통신 연결된 장치들과 정보 데이터 또는 환경 조절 유니트(500)의 작동 명령을 송수신할 수 있다.

【0032】 구체적으로, 메인 서버 유니트(100)는 제어 유니트(200), 단말 유니트(300), 외부 서버(11)와 유선 또는 무선으로 통신 연결되는 서버 통신부(110)와, 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보 중 하나 이상의 정보를 저장하는 정보 저장부(120)와, 정보 저장부(120)에 저장된 정보를 근거로 환경 조절 유니트(500)의 제어 명령을 산출하는 제어 산출부(130)와, 내부 환경 정보, 외부 환경 정보 중 하나 이상의 정보에 대한 환경 통계 정보를 산출하는 통계 산출부(140)를 포함할 수 있다.

【0033】 서버 통신부(110)는 제어 유니트(200), 단말 유니트(300), 외부 서



버(11)와 유선 또는 무선으로 통신 연결되며, 상황에 따라서, 센서 유니트(400), 환경 조절 유니트(500)와 통신 연결될 수 있다.

【0034】 서버 통신부(110)는 WiFi, LoRa, UMTS, WCDMA-FDD, WCDMA-TDD, UTRA-TDD LCR, CDMA2000 1xEV-DO, HSDPA, HSUPA, HSPA+, LTE, EV-DO 리비전 A, EV-DO 리비전 B, EV-DO 리비전 C(UMB), LTE 어드밴스트, 와이브로 에볼루션 등의 통신망으로 제어 유니트(200), 단말 유니트(300), 외부 서버(11)와 무선 통신 연결이 될 수 있다.

【0035】 단말 유니트(300)는 사용자가 원거리에서 농장의 상태를 모니터링하거나 농장에 마련되는 환경 조절 유니트(500)를 원격으로 제어하기 위한 장치일 수 있다. 구체적으로, 단말 유니트(300)는 PC(Personal Computer), 스마트폰, 스마트 TV, PDA(Personal Digital Assistant) 중 하나일 수 있다. 사용자는 단말 유니트(300)를 통해서 메인 서버 유니트(100)에 저장된 정보를 열람하거나 농장의 실시간 상태를 모니터링할 수 있다.

【0036】 도 3에 도시된 바와 같이, 센서 유니트(400)는 농장 시설 내부의 환경 요소, 작물 또는 축산물의 상태를 측정하는 것일 수 있다. 구체적으로, 센서 유니트(400)는 농장 시설 내부의 온도, 습도, 조도 및 이산화탄소를 측정하는 센서와 농장 시설을 촬영하는 카메라(450)를 포함할 수 있다. 즉, 센서 유니트(400)는 온도 센서(410), 습도 센서(420), 조도 센서(430), 이산화탄소 센서(440) 및 카메라(450) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

【0037】 카메라(450)는 농장의 작물 또는 축산물의 생장 상태를 촬영하거나

농장에 불법적인 침입이나 돌발적으로 발생하는 사고를 촬영할 수 있다.

【0038】 환경 조절 유니트(500)는 농장 시설의 환경을 조절하는 장치일 수 있다. 구체적으로, 농장 시설 내부의 온도, 습도, 조도, 이산화탄소 등의 환경 요소들을 조절할 수 있는 장치일 수 있다.

【0039】 도 4에 도시된 바와 같이, 환경 조절 유니트(500)는 온풍부(510), 이산화탄소 발생부(530), 윈도우 제어부(540), 유동팬부(520) 및 급수부 중 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

【0040】 온풍부(510)는 온풍을 농장의 시설에 주입하는 장치일 수 있다. 구체적으로, 온풍부(510)는 농장 시설 내부에 온풍을 주입해 온도를 상승시킬 수 있다.

【0041】 이산화탄소 발생부(530)는 탄산가스 발생기로 농장 시설에 탄산가스를 주입하는 장치일 수 있다. 탄산가스는 이산화탄소의 기체상을 의미할 수 있다.

【0042】 윈도우 제어부(540)는 농장 시설에 마련되는 창(window)의 여닫이를 조절하는 장치일 수 있다. 구체적으로는 창을 움직일 수 있도록 창에 연결되는 액추에이터 장치일 수 있다. 창은 내외부 공기를 차단하는 것과 빛을 차단하는 것이 각각 마련될 수 있다. 즉, 윈도우 제어부(540)는 창을 여닫음으로써, 농장 시설 내외부 공기의 통기를 조절하거나 외부 광원으로부터의 농장 시설 내부로 입사되는 광량을 조절할 수 있다. 즉, 윈도우 제어부(540)를 통해 농장 시설 내부의 조도, 습도, 온도 등 제어할 수 있다.

【0043】 유동팬부(520)는 팬을 회전시켜 농장 시설 내부의 공기를 강제적으로 농장 시설 외부로 배출하거나 반대로 농장 시설 외부의 공기를 농장 시설 내부로 주입하는 장치일 수 있다. 유동팬부(520)을 통해 농장의 온도를 낮추거나 습도를 조절할 수 있다.

【0044】 급수부는 농장의 작물 또는 축산물에 물을 공급해 주거나 농장 시설에 물을 분사해 습도를 조절하는 장치일 수 있다.

【0045】 외부 서버(11)는 외부 환경 정보를 메인 서버 유니트(100)에 송신해 주는 서버일 수 있다. 외부 환경 정보는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조시간, 일조량, 산불, 지진, 태풍, 병충해 등 일 수 있다. 즉, 외부 환경 정보는 기후 변화로 인한 환경 정보와 돌발적 또는 비주기적으로 발생하는 재해 정보 등을 포함할 수 있다.

【0046】 제어 유니트(200)는 환경 조절 유니트(500) 및 센서 유니트(400)와 무선 통신으로 연결되고, 환경 조절 유니트(500) 및 센서 유니트(400)와의 통신 연결 상태 정보를 메인 서버 유니트(100)에 송신할 수 있다.

【0047】 제어 유니트(200)는 통신 게이트웨이 기능을 하는 통신 모듈(210)과, 농장 시설 현장에서 직접 환경 조절 유니트(500)를 제어할 수 있는 제어 모듈(220)을 포함할 수 있다. 제어 유니트(200)는 농장 시설 현장에 마련될 수 있다.

【0048】 환경 조절 유닛(500) 및 센서 유닛(400)은 통신 모듈(210)과 무선으로 연결되거나 제어 모듈(220)과 유선으로 연결될 수 있다.

【0049】 제어 유닛(200)은 통신 게이트웨이로 통신망의 노드일 수 있다.

【0050】 제어 유닛(200)은 복수로 마련되며, 각 제어 유닛(200)에는 개별의 센서 유닛(400) 및 환경 조절 유닛(500)이 통신 연결될 수 있다. 예를 들어, 하나의 제어 유닛(200)에는 온도와 관련되는 온도 센서(410)와 온풍부(510), 유동팬, 윈도우 제어부(540)가 연결될 수 있고, 다른 하나의 제어 유닛(200)에는 이산화탄소와 관련되는 이산화탄소 센서(440)와 이산화탄소 발생부(530)가 연결될 수 있다.

【0051】 도 5는 단말 유닛(300)에 출력되는 화면이다. "무선환경 노드#1"은 제어 유닛(200) 중 하나를 의미할 수 있다. "무선환경 노드#1"에는 온도 센서(410), 습도 센서(420), 조도 센서(430)의 센서 유닛(400)이 연결된 상태이며, "전과 세기"는 온도 센서(410), 습도 센서(420), 조도 센서(430)가 제어 유닛(200)에 연결된 통신 상태를 의미할 수 있다.

【0052】 메인 서버 유닛(100)은 단말 유닛(300)로부터 환경 조절 유닛(500)의 제어 명령을 입력받을 수 있다.

【0053】 제어 명령은 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 중 하나 이상의 물리량의 목표 값을 설정하는 자동 제어 명령과, 환경 조절 유닛(500)의 구동을 직접적으로 제어하는 수동 제어 명령을 포함할 수 있다. 메인 서버 유닛(100)은 단말

유니트(300)를 통해서 제어 명령 중 하나를 입력받을 수 있다.

【0054】 도 6은 수동 제어 명령을 입력하는 화면으로, 단말 유니트(300)에 출력되는 것일 수 있다. 수동 제어 명령은 환경 조절 유니트(500)의 on/off 또는 출력을 조절할 수 있다.

【0055】 도 7은 자동 제어 명령을 입력하는 화면으로, 단말 유니트(300)에 출력되는 것일 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 등의 환경 변수에 대해서 목표치의 값을 입력하면, 메인 서버 유니트(100)의 제어 산출부(130)는 환경 조절 유니트(500)의 작동 조건을 산출할 수 있다. 즉, 제어 산출부(130)는 온도, 습도, 이산화탄소, 조도에 대한 목표 값을 입력받으면, 목표 값에 도달하기 위한 환경 조절 유니트(500)의 on/off 또는 출력을 조절할 수 있다.

【0056】 제어 산출부(130)는 환경 조절 유니트(500)의 작동 주기, 구동 시간, 구동 시작 시각, 구동 종료 시각에 대한 정보를 단말 유니트(300)로부터 입력받아 제어 유니트(200)로 전달할 수 있다.

【0057】 제어 산출부(130)는 내부 환경 정보 및 외부 환경 정보를 입력받아 환경 조절 유니트(500)에 입력되는 제어 명령을 산출할 수 있다. 구체적으로는 환경 조절 유니트(500)가 제1 환경 조절부 및 제2 환경 조절부를 포함할 때, 제어 산출부(130)는 내부 환경 정보 및 외부 환경 정보를 근거로 제1 환경 조절부와 제2 환경 조절부 간의 작동 우선 순위를 결정할 수 있다.

【0058】 제1 환경 조절부는 온풍부(510), 이산화탄소 발생부(530), 윈도우 제어부(540), 유동팬부(520), 급수부 중 하나일 수 있다. 제2 환경 조절부는 온풍부(510), 이산화탄소 발생부(530), 윈도우 제어부(540), 유동팬부(520), 급수부 중 하나일 수 있다.

【0059】 예를 들어, 외부 환경 정보 중 기온과 일조량의 수치가 높고, 일조 시간이 길다면, 농장 시설의 내부 온도를 높이기 위해서 온풍부(510)를 사용하는 것보다, 윈도우 제어부(540)를 사용하는 것이 에너지 효율이 높을 수 있다. 본 발명의 환경 제어 장치는 외부 환경 정보와 내부 환경 정보를 복합적으로 분석하여, 농장 시설의 환경 제어를 신속하고 효율적으로 수행할 수 있다.

【0060】 제어 산출부(130)는 카메라(450)로 촬영된 농장의 작물의 성장 상태를 촬영한 촬영 정보를 입력받을 수 있다. 제어 산출부(130)는 촬영 정보를 근거로 환경 조절 유니트(500)의 제어 명령을 산출할 수 있다. 예를 들어, 농장 시설의 온도를 높이기 위해서 윈도우 제어부(540)를 작동하는 것이 효율적이라도 작물에 화상 등의 손상이 촬영된 상태라면 윈도우 제어부(540)를 작동하는 것보다 온풍부(510)를 작동하는 것이 바람직할 수 있다.

【0061】 메인 서버 유니트(100)의 정보 저장부(120)는 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보, 환경 통계 정보를 저장할 수 있다. 정보 저장부(120)에 저장된 정보들은 단말 유니트(300)로 조회할 수 있다.

【0062】 작동 이력 정보는 환경 조절 유니트(500)가 작동된 이력에 대한 정보일 수 있다. 즉, 환경 조절 유니트(500)의 사용량, 사용시기 등의 정보는 작동 이력 정보로서, 정보 저장부(120)에 저장될 수 있다.

【0063】 환경 통계 정보는 외부 환경 정보, 내부 환경 정보, 작동 이력 정보 등을 시계열적으로 정리하거나 두 가지 이상의 정보를 융합한 정보일 수 있다.

【0064】 도 8은 단말 유니트(300)에 출력되는 화면으로, 내부 환경 정보 중 이산화탄소에 대한 정보를 시계열적으로 출력한 것일 수 있다. 통계 산출부(140)에 의해서 산출된 환경 통계 정보는 단말 유니트(300)를 통해서 출력될 수 있다. 예를 들어, 사용자는 단말 유니트(300)를 통해서 내부 환경 정보의 시계열적 변화를 모니터링 하거나, 내외부 환경 변화에 대한 환경 조절 유니트(500)의 사용량, 내외부 환경 변화에 따른 작물의 성장을 알수 있다.

【0065】 이상에서 본 발명에 따른 실시예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

#### 【부호의 설명】

【0066】 11...외부 서버	100...메인 서버 유니트
110...서버 통신부	120...정보 저장부
130...제어 산출부	140...통계 산출부

200... 제어 유닛	210... 통신 모듈
220... 제어 모듈	300... 단말 유닛
400... 센서 유닛	410... 온도 센서
420... 습도 센서	430... 조도 센서
440... 이산화탄소 센서	450... 카메라
500... 환경 조절 유닛	510... 온풍부
520... 유동팬부	530... 이산화탄소 발생부
540... 윈도우 제어부	



**【청구범위】**

**【청구항 1】**

농장에 영향을 주는 외부 환경에 대한 정보인 외부 환경 정보 및 상기 농장 현지에 설치되는 센서 유니트가 측정한 정보인 내부 환경 정보를 입력받는 메인 서버 유니트;

상기 메인 서버 유니트와 원거리 통신으로 연결되고, 상기 메인 서버 유니트로부터 제어 명령을 입력받아 상기 농장에 설치되는 환경 조절 유니트를 제어하는 제어 유니트를 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,

상기 제어 유니트는,

상기 환경 조절 유니트 및 상기 센서 유니트와 무선 통신으로 연결되고,

상기 환경 조절 유니트 및 상기 센서 유니트와 통신 연결 상태 정보를 메인 서버 유니트에 송신하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서,

상기 환경 조절 유니트는 온풍부, 이산화탄소 발생부, 윈도우 제어부 및 유동팬부 중 하나 이상을 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서,

상기 센서 유니트는 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서, 이산화탄소 센서 및 카메라 중 하나 이상을 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 5】**

제1항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는,

외부 서버로부터 상기 외부 환경 정보를 입력받고,

상기 외부 환경 정보는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 강수량, 일조시간, 산불, 지진, 태풍 및 병충해 중 하나 이상을 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 6】**

제1항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는,

상기 환경 조절 유니트의 작동 이력에 대한 작동 이력 정보를 상기 제어 유니트로부터 입력받는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 7】**

제6항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는,

상기 외부 환경 정보, 상기 내부 환경 정보, 상기 작동 이력 정보 중 하나

이상의 정보를 저장하는 정보 저장부와,

상기 정보 저장부에 저장된 정보를 근거로 상기 환경 조절 유니트의 제어 명령을 산출하는 제어 산출부를 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 8】**

제7항에 있어서,

상기 센서 유니트는 상기 농장의 작물의 생장 상태를 촬영하는 카메라를 포함하고,

상기 카메라의 촬영 정보는 상기 제어 산출부로 입력되며,

상기 제어 산출부는 상기 촬영 정보를 근거로 상기 환경 조절 유니트의 상기 제어 명령을 산출하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 9】**

제1항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는 원거리의 단말 유니트와 통신으로 연결되고,

상기 단말 유니트로부터 상기 환경 조절 유니트의 제어 명령을 입력받는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 10】**

제9항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는 상기 단말 유니트에 상기 외부 환경 정보, 상기 내부 환경 정보 중 하나 이상의 정보를 송신하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 11】**

제9항에 있어서,

상기 제어 명령은 온도, 습도, 이산화탄소, 조도 중 하나 이상의 물리량의 목표 값을 설정하는 자동 제어 명령과, 상기 환경 조절 유니트의 구동을 직접적으로 제어하는 수동 제어 명령을 포함하고,

상기 메인 서버 유니트는 상기 단말 유니트를 통해서 상기 제어 명령 중 하나를 입력받는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 12】**

제9항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는,

상기 내부 환경 정보, 상기 외부 환경 정보 중 하나 이상의 정보에 대한 환경 통계 정보를 산출하는 통계 산출부를 포함하고,

상기 환경 통계 정보는 상기 단말 유니트로 송신되는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 13】**

제1항에 있어서,

상기 메인 서버 유니트는 상기 내부 환경 정보 및 상기 외부 환경 정보를 입력받아 상기 환경 조절 유니트에 입력되는 상기 제어 명령을 산출하는 제어 산출부를 포함하는 것인 환경 제어 장치.

**【청구항 14】**

제13항에 있어서,

상기 환경 조절 유니트는 제1 환경 조절부 및 제2 환경 조절부를 포함하고,

상기 제어 산출부는 상기 내부 환경 정보 및 상기 외부 환경 정보를 근거로  
상기 제1 환경 조절부와 상기 제2 환경 조절부 간의 작동 우선 순위를 결정하는 것  
인 환경 제어 장치.

**【요약서】**

**【요약】**

본 발명은 원격에서 농장의 환경을 제어하는 장치에 관한 것으로, 클라우드 데이터를 농장의 실측 데이터와 융합하여 농장 환경을 복합적으로 제어하는 환경 제어 장치를 제공하기 위한 것이다.

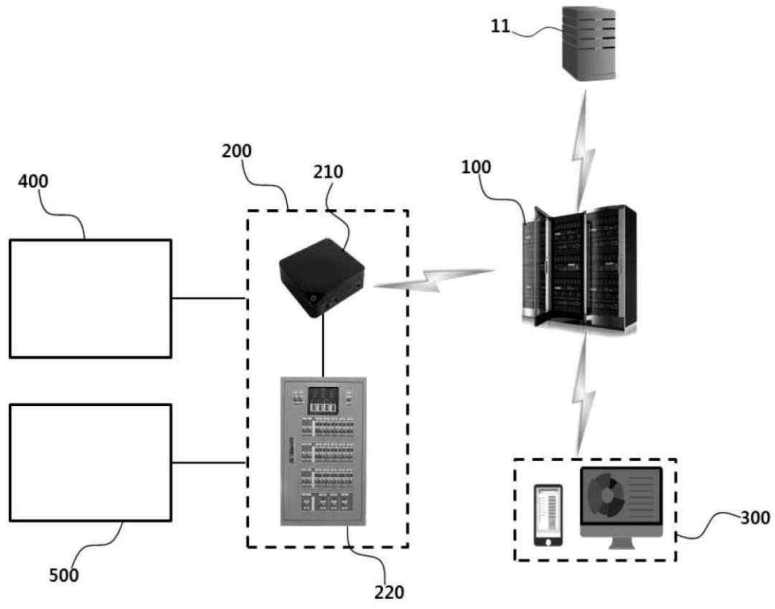
본 발명의 환경 제어 장치는 농장에 영향을 주는 외부 환경에 대한 정보인 외부 환경 정보 및 상기 농장 현지에 설치되는 센서 유니트가 측정된 정보인 내부 환경 정보를 입력받는 메인 서버 유니트와, 상기 메인 서버 유니트와 원격 통신으로 연결되고, 상기 메인 서버 유니트로부터 제어 명령을 입력받아 상기 농장에 설치되는 환경 조절 유니트를 제어하는 제어 유니트를 포함하는 것일 수 있다.

**【대표도】**

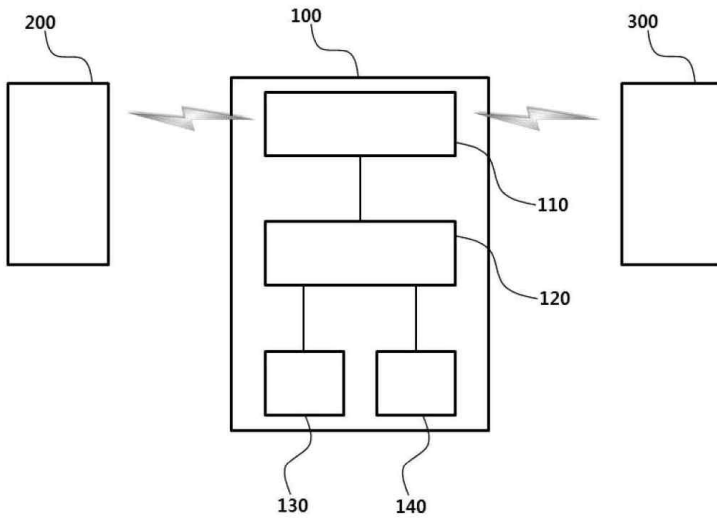
도 1

【도면】

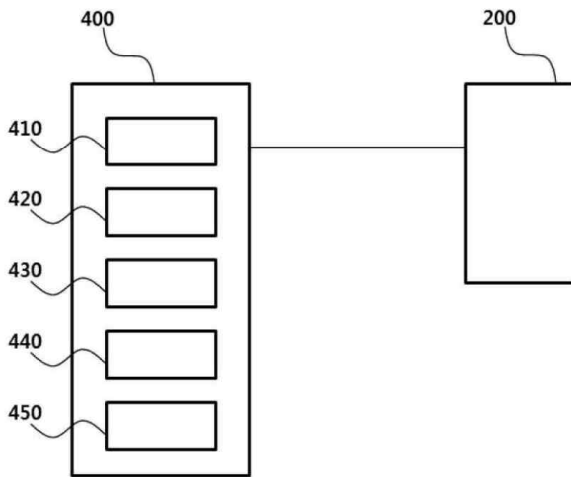
【도 1】



【도 2】

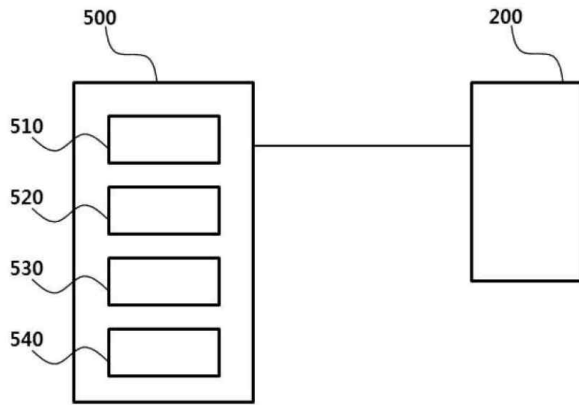


【도 3】





【도 4】



【도 5】



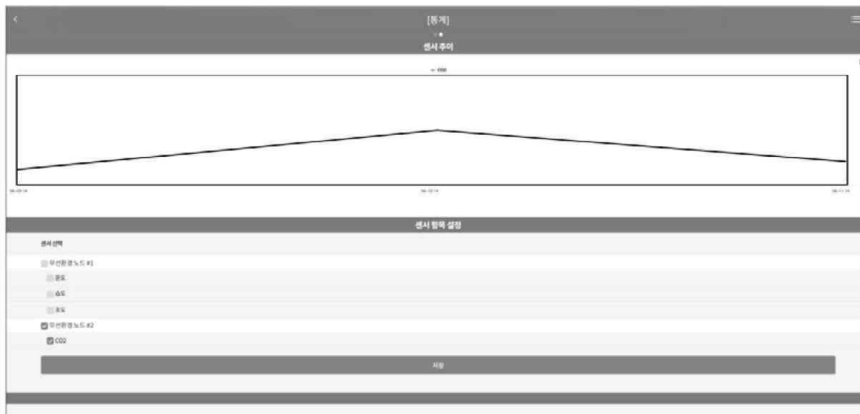
【도 6】



【도 7】

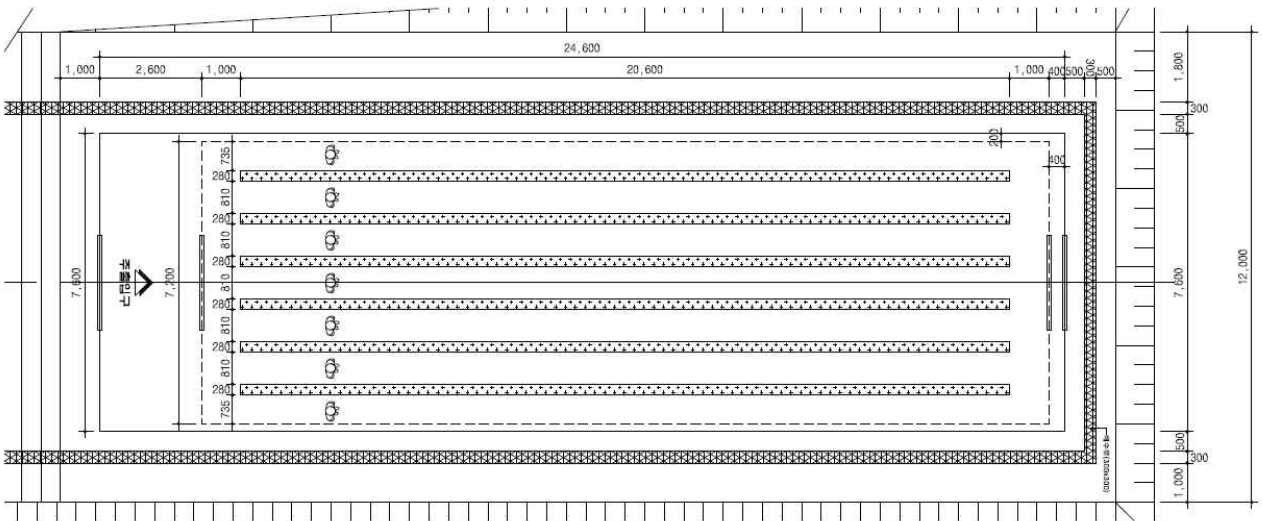
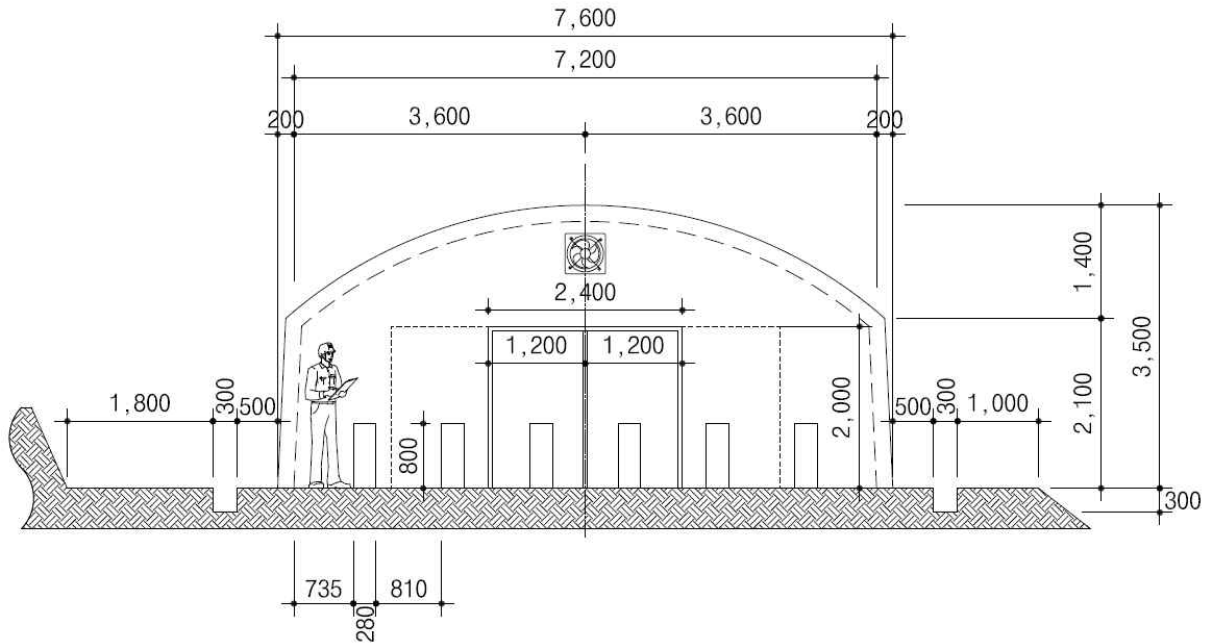


【도 8】

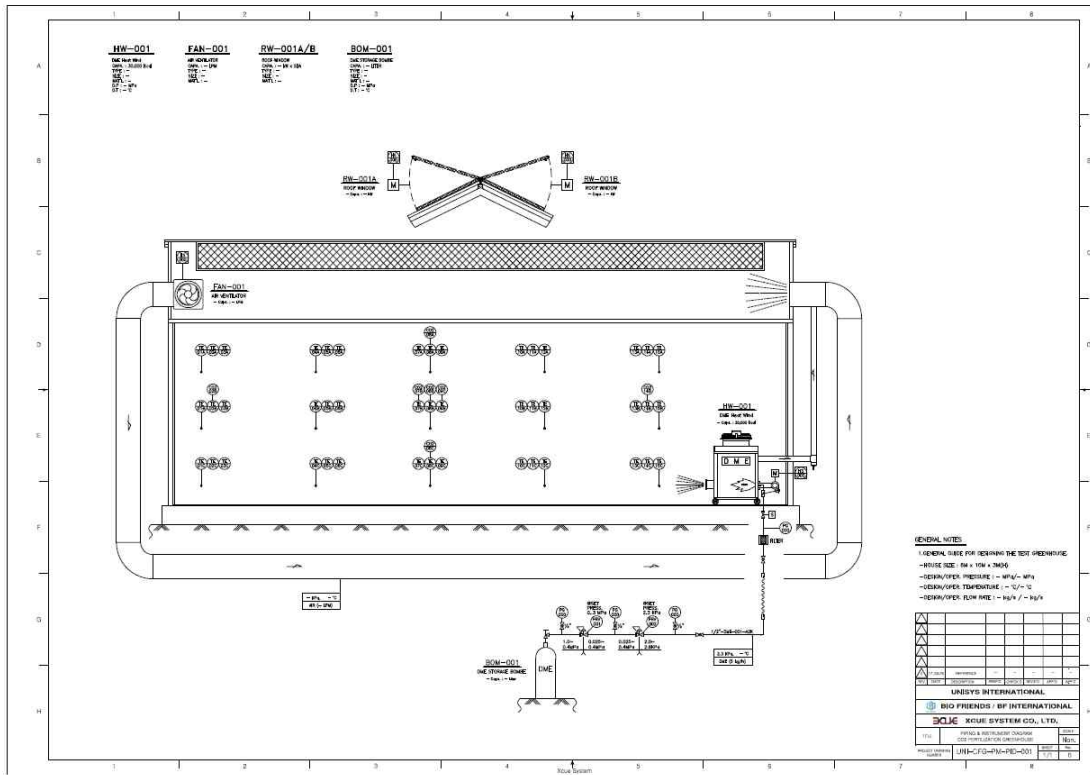


[부록 2] 도면

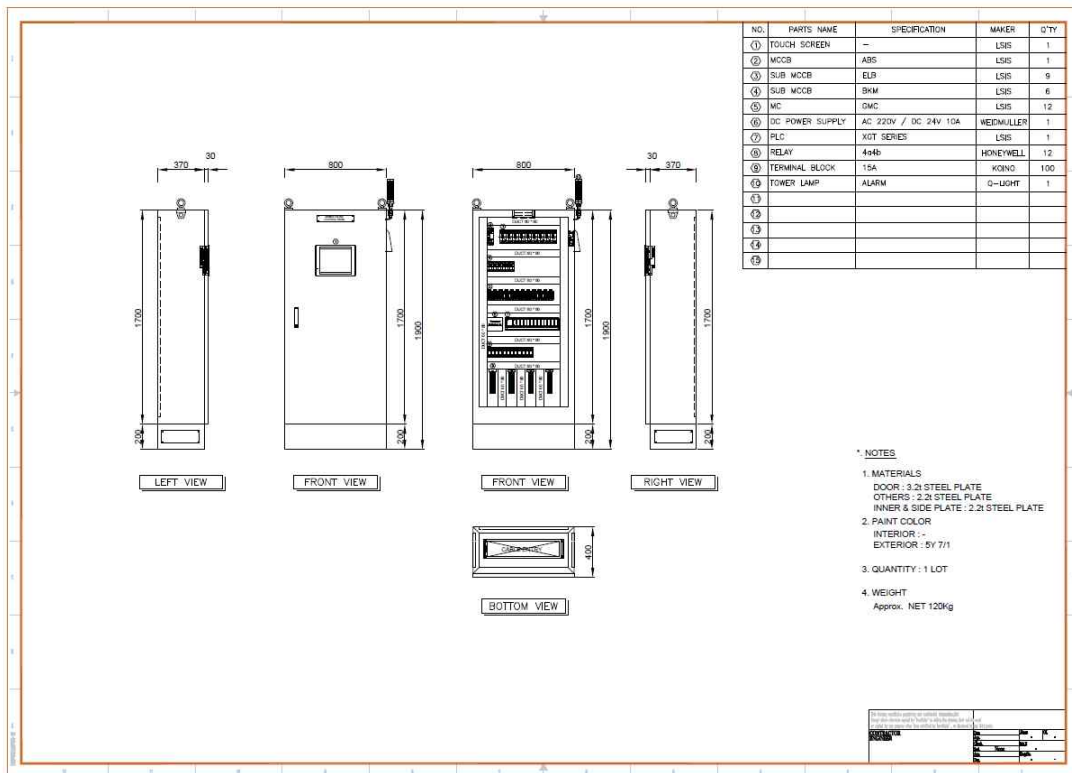
- 공주 그린하우스 설계



- 공주 그린하우스 P&ID

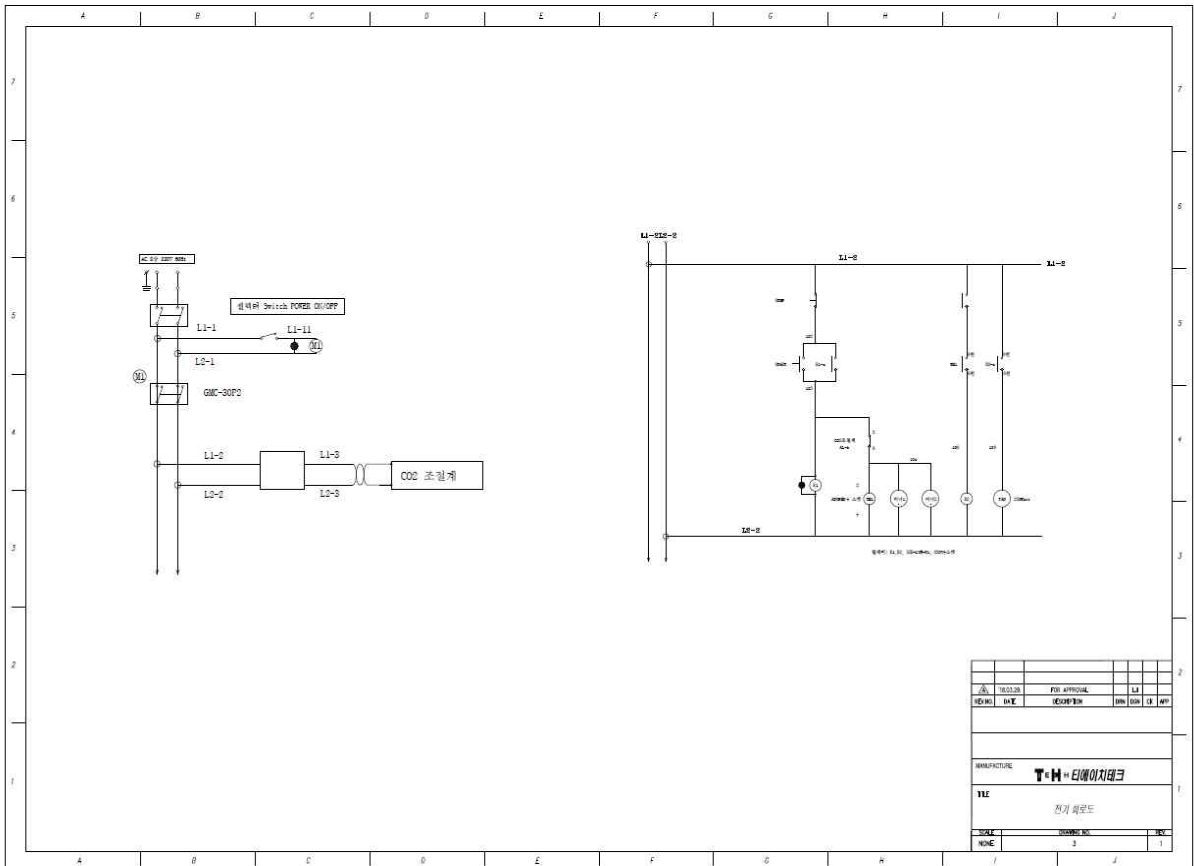
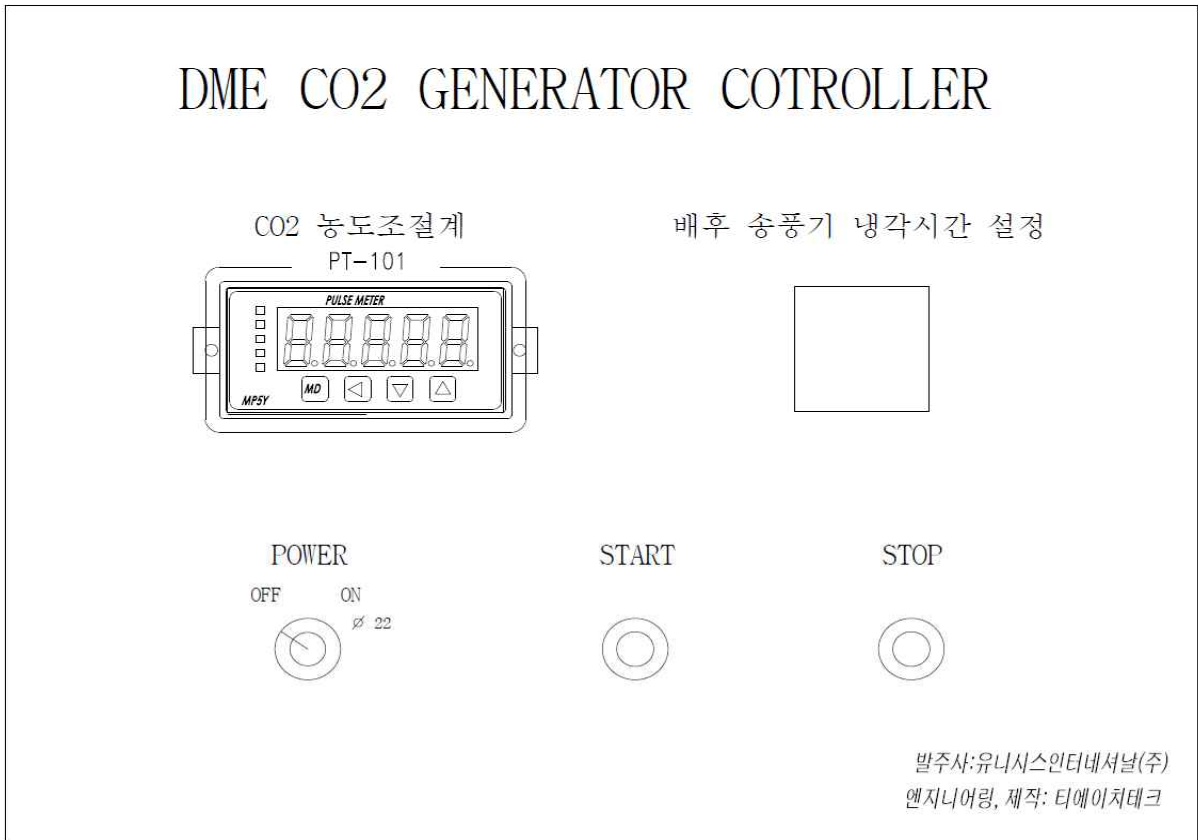


- 공주 그린하우스 Control Panel

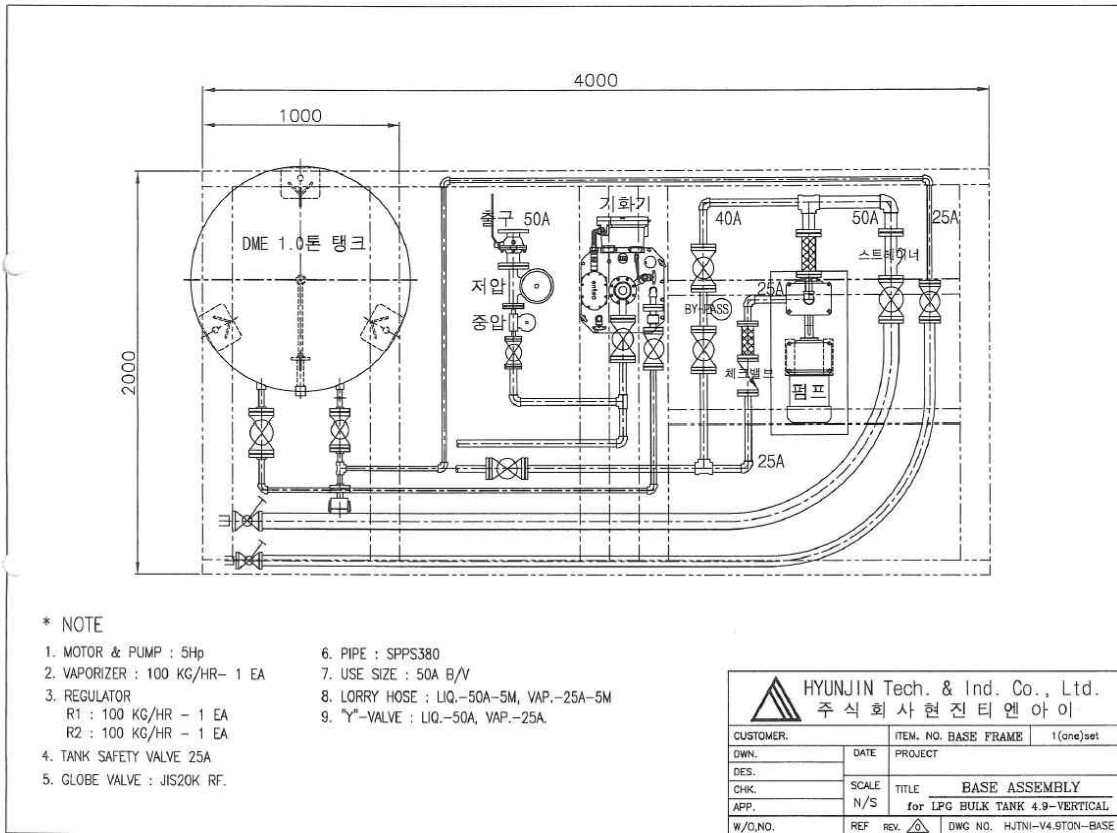




- DME 연료 CO2 발생기 Controller 설계

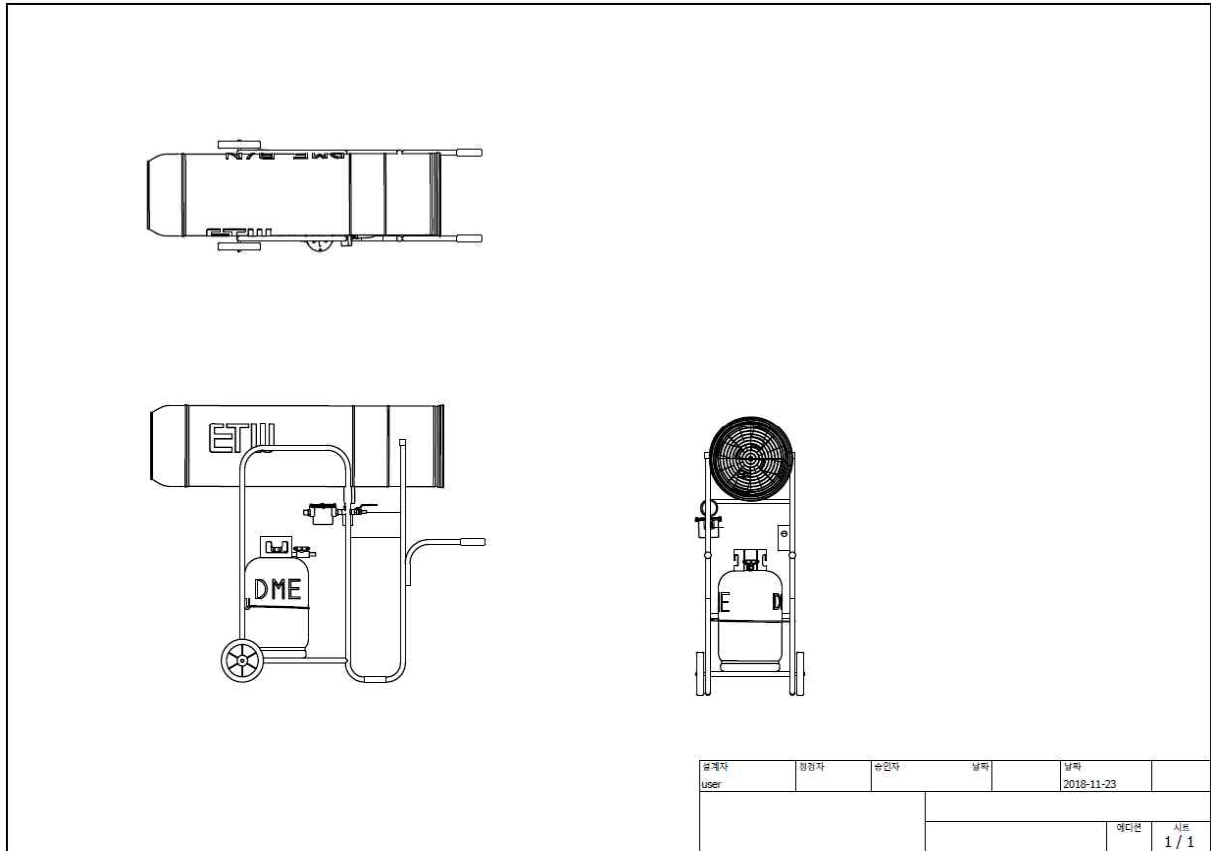


- DME 연료공급설비 설계(화성 퓨처 스마트 팜 적용)





- 이동형 DME 연료 CO2 발생기(논산 딸기 농장 적용)



### 주 의

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