

발간등록번호/11-1390645-000021-01

2008 개정판

고유가 극복을 위한

시설원예 에너지절감 가이드 북



농촌진흥청

www.niae.go.kr

발 간 사

우리나라의 시설원예의 면적은 현재 약 52천ha에 달하고 있으며 약 24%에 해당하는 12천ha는 겨울철에 난방기를 가동하여 원예작물을 생산하고 있습니다. 또한 서양란 등의 일부 고소득 작물은 여름철에 온실을 냉방하여 재배하고 있습니다.

온실을 냉난방하기 위해서는 열에너지가 필요하며 우리나라에서는 대부분 화석 연료를 이용하여 온실을 냉난방하고 있는 실정입니다.

최근 국제 유가의 급등에 따라 시설원예 생산비 중 난방비가 차지하는 비중이 크게 증가하여 시설원예농가에 매우 큰 부담이 되고 있어 겨울철 시설원예 작물의 효율적 생산과 지구 온난화에 대응하여 시설난방에너지 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 기술 개발이 요구되고 있습니다.

이와 같은 고유가 시대에 대처하기 위하여 우리 연구소에서는 '90년대 중반부터 농업용 에너지 절감 기술 개발 연구를 수행하여 그동안 온풍난방기의 배기열을 회수하여 재활용하는 기술과 온실의 난방공간을 최소화 하여 난방비를 줄일 수 있는 중앙권취식 보온터널 자동개폐기, 공기-공기식 히트펌프를 이용한 온실 냉·난방 기술, 환기시 밖으로 배출되는 열을 다시 회수하여 에너지를 절감할 수 있는 열회수형 환기장치, 온실내 과습공기의 제습을 통하여 상품성을 높이면서 에너지를 절감할 수 있는 제습기 등을 개발하여 농업현장에 보급하여 왔습니다.

특히, 최근에는 지중 3m 깊이에 파이프를 매설하여 지열을 냉난방으로 이용할 수 있는 수평형 지열히트펌프 시스템을 개발하여 난방비를 78% 절감할 수 있는 기술을 개발하여 금년 지식경제부 추경예산 700억원으로 시범보급을 계획하고 있습니다. 앞으로는 시설원예에 사용하는 에너지원을 신·재생 에너지로 대체할 수 있는 기술의 개발이 필요하며, 바이오디젤 원료로 대두되고 있는 유채 등 유지작물의 대량생산을 위한 기계화 기술과 에너지화 기술도 필요하게 될 것입니다.

또한 농산부산물은 대부분이 열에너지로 변환이 가능한 바이오매스로서 농업용 신·재생 에너지로서 많은 가능성을 가지고 있어, 이를 이용한 난방에너지 실용화 기술 개발도 필요할 것입니다.

최근 정부에서도 국가에너지 비중을 석유를 포함한 화석에너지에서 신·재생 에너지를 포함한 친환경에너지 분야로 전환하는 것을 골자로 하는 “국가에너지 기본계획”을 수립하여 추진하고 있습니다.

우리 연구소에서도 정부의 “저탄소 녹색성장” 추진 및 “석유 이후의 시대”에 대한 국가에너지 기본계획 정책 추진을 뒷받침 할 수 있는 기술 개발에 중점을 두고 연구를 추진하여 시설원에 농업인들의 에너지 사용비용을 조금이나마 줄일 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

또한 농업에너지 기술 정보와 국가적인 정책 정보를 알기 쉽게 정리하여 시설원에 산업에 종사하고 있는 농업인들에게 제공하는 것도 기술 개발과 더불어 우리들이 해야 할 중요한 일이라고 생각합니다.

이와 같은 취지에서 고유가 시대를 대처하기 위한 지침서로서 「고유가 극복을 위한 시설원에 에너지절감 가이드북」 개정증보판을 발간하게 되었으며, 시설원에 필요한 난방 이론을 비롯하여 에너지절감 기술과 신·재생 에너지 이용기술 그리고 면세유 관련 규정 등을 정리하였습니다. 부디 이 자료가 시설원에 에너지절감 및 생산비절감을 위하여 유익하게 활용되었으면 합니다.

2008년 9월

농촌진흥청

농업공학연구소장 윤진하

목 차

I. 우리나라의 시설원예 및 농업용 에너지 소비현황	1
1. 우리나라의 시설원예 현황	1
2. 농업용 에너지 소비 현황	3
가. 연료의 발열량	3
나. 농업용 면세유 가격동향	4
다. 난방 연료별 가격 비교	7
3. 국제 유가상승이 우리농업에 미치는 영향	8
가. 국제 유가 동향과 전망	8
나. 농업부문에 미치는 영향	9
다. 유가상승에 따른 농가대응 방안	12
II. 시설원예 난방방법	14
1. 온실의 열평형(에너지보존)	14
2. 온실의 난방부하 및 소요 난방유량	15
가. 최대난방부하	15
나. 온실종류별 소요 난방유량	19

3. 난방방법별 특성과 장단점 비교	20
가. 온실난방방법	20
나. 온풍난방과 온수난방의 특징	21
다. 온실난방기의 유해가스 피해	36
Ⅲ. 온실의 보온력 향상 기술	37
1. 온실보온의 원리	37
2. 온실의 보온력 증대 방안	39
가. 광투과율 극대화	39
나. 피복자재의 열관류율 최소화	42
다. 온실 틈새에서 빠져나가는 환기전열 최소화	44
라. 가운데 필요한 난방공간을 최소화	45
마. 북쪽 내부 벽면에 반사필름 설치	46
3. 에너지절감 보온력 향상 기술	47
가. 예인권취식 수평커튼 개폐장치	47
나. 수평 예인권취식 다겹보온커튼	52
다. 중앙권취식 보온터널 자동개폐장치	57
라. 수막시스템	60
Ⅳ. 시설원예 에너지절감 난방기술	69
1. 온풍난방기 에너지절감 기술	69
가. 버너 및 열교환기 분진제거	69
나. 배기열 회수장치	73
다. 고효율 온풍난방기(개량 열교환기)	77
라. 온풍난방기용 이중덕트	80

2. 열회수형 환기장치	82
가. 시스템의 구조 및 특징	82
나. 열회수형 환기장치의 원리	83
다. 열회수형 환기장치의 성능	84
라. 열회수형 환기장치의 효과	84
마. 실용화 성과	86
바. 농가이용 사례	86
3. 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템	88
가. 시스템의 구성 및 제어 모식도	88
나. 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템의 작동 패턴	89
다. 일사량 감응 전자동 변온 관리의 효과	90
4. 온수보일러용 코일튜브 열교환기	92
가. 개요 및 특징	92
나. 열교환 능력	93
다. 소요비용 분석	94
라. 실용화 성과	94
5. 석탄난방기	94
가. 무한궤도 연소식 석탄온풍난방기	97
나. 연탄난방기	101
6. 전기 온풍난방기	106
가. 농사용 전기	106
나. 농사용 전력 전기요금	106
다. 농사용 전기 설비	107
라. 전기 온풍난방기	108

V. 신 재생에너지 이용 기술	111
1. 히트펌프	111
가. 히트펌프의 개요	111
나. 히트펌프의 효율	115
다. 히트펌프의 구성	118
라. 히트펌프의 이용	120
마. 대표적인 히트펌프 방식	121
2. 공기열원 히트펌프를 이용한 온실냉난방시스템	122
가. 구조 및 특징	122
나. 작동 원리	123
다. 냉난방 성능(농업공학연구소)	123
라. 실용화 성과	124
마. 농가실증 사례	124
바. 참고자료 : 온실의 냉방부하설계 예시	126
3. 히트펌프를 이용한 양액베드 냉난방시스템	127
가. 구조 및 특징	127
나. 양액베드 냉난방시스템 작동 원리	128
다. 양액베드 냉난방 효과	129
라. 실용화 성과	131
4. 지열 히트펌프 시스템	132
가. 지열 히트펌프	132
나. 지열히트펌프 이용의 장점	133
다. 지열 히트펌프의 국내외 보급현황	134
라. 지열 히트펌프의 분류	134
마. 지열 히트펌프의 열원 이용 방식에 따른 특징	141
바. 적용	141
사. 수평형 지열히트펌프의 현장적용 사례(농업공학연구소)	144

5. 바이오디젤 이용 기술	148
가. 바이오디젤의 개요 및 정의	148
나. 바이오디젤의 품질규격	149
다. 바이오디젤의 생산 공정	150
라. 바이오디젤의 공급원료	151
마. 국내 유채 생산 및 수확후처리	151
바. 바이오디젤의 특성	152
사. 바이오디젤의 활용 및 기대효과	156
6. 바이오매스 가스 이용 기술	157
가. 바이오매스의 개요 및 정의	157
나. 바이오매스의 특성	157
다. 바이오매스의 가스화 기술	158
7. 태양광 이용 기술	161
가. 태양광의 개요와 정의	161
나. 설계와 구조	161
다. 태양광 발전시스템의 성능	163
8. 시설원예용 제습기	166
가. 구조 및 특징	166
나. 제습 원리	166
다. 시설원예용 제습기의 효과	167
라. 실용화 성과	169
마. 농가이용 사례	169

참고자료 I. 2008년도 에너지절감 시범사업 현황	172
1. 단독형 시설하우스 안전 생력화 시범	172
2. 연동형 시설하우스 에너지절감 패키지화 시범	173
3. 온실관리자동화 시범	174
4. 시설화훼 에너지절감 패키지화 시범	175
 참고자료 II. 2008년도 에너지절감 시범사업 현황	 176
1. 중앙권취식 자동개폐시설 난방비 절감 시범	176
2. 시설원에 자동제습장치 시범	177
3. 배기열 회수장치 난방비 절감 시범	178
4. 지열이용 냉난방 실증 시범	179
 참고자료 III. 2007년도 에너지절감 시범사업 보급 사례	 180
1. 중앙권취식 자동개폐시설 실증 시범	180
2. 시설원에 자동제습장치 실증 시범	183
3. 배기열 회수장치 실증 시범	186
4. 지열이용 냉난방 실증 시범	189
 참고자료 IV. 면세유 신청 및 사용요령	 190
1. 면세유 공급 체계도	190
2. 면세유 공급 관계법령	191
3. 면세유 대상 유종(7개 유종)	191
4. 면세유 업무체계	191
5. 면세유 신청방법	191
7. 사후관리	197

참고자료 V. 작물별 야간설정온도, 난방부하 및 일최저기온	218
1. 재배작목별 야간온도 설정기준	218
2. 일최저기온의 5년간 월평균 기온(℃)	219
3. 최저외기온 설정온도에 따른 난방유량 산출예	220

I. 우리나라의 시설원예 및 농업용 에너지 소비현황

1. 우리나라의 시설원예 현황

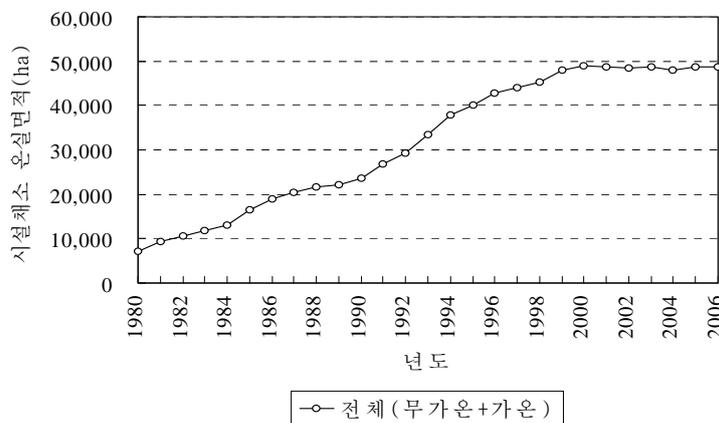
○ 시설원예 면적은 '90년대 후반까지 국가경제의 성장과 더불어 급신장 하였으나 최근 경영여건의 어려움으로 정체 상태임

- 시설채소 온실면적(ha) : ('80)7,141 → ('90)23,698 → ('00)48,853 → ('07)49,828

※ 시설형태별('07) : 비닐하우스 49,499ha, 경질판온실 104ha, 유리온실 225ha

- 시설화훼 온실면적(ha) : ('89)1,346 → ('94)2,844 → ('99)3,292 → ('07) 3,208

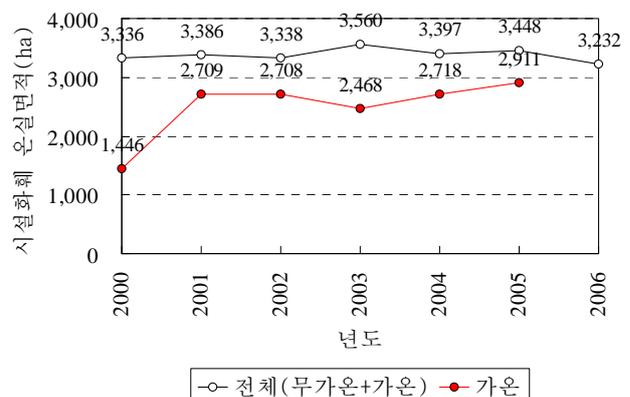
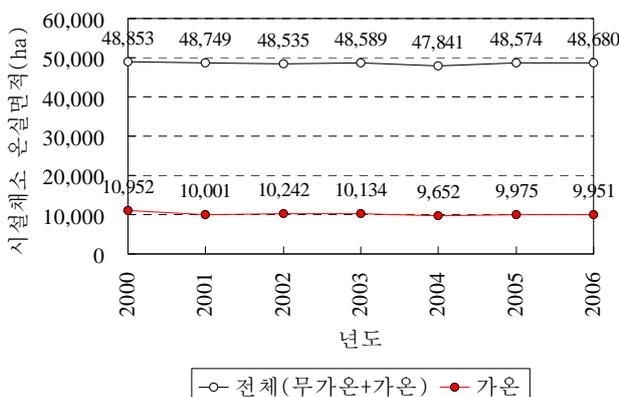
※ 시설형태별('07) : 철골유리 94ha, 철골경질 226ha, 철파이프 2,737ha, 기타 151ha



○ 시설채소의 가온재배 면적은 '90년대 중반까지는 작형이 축성화됨에 따라 급신장 하였으나 최근 증가추세가 둔화됨

- 시설채소 가온면적은 10,396ha로 시설채소 면적의 21% 수준임 ('07)

- 시설화훼 가온면적은 2,566ha로 시설화훼 면적의 80% 수준임 ('07)



<시설채소 가온방법별 재배면적('07)>

(단위 : ha)

전체	무가온	가온									
		계	유류	연탄	폐목	가스	패타이어	코크스	왕겨	톱밥	기타
49,828	39,432	10,396	9,495	362	28	26	46	8	2	3	426
		계	지상부 난방				지하부 난방				
			온풍 난방	온수 난방	기타	온수 보일러	태양열 복합	기타			
			10,396	8,911	567	520	352	27	19		

주) 자료 : 2007 채소생산실적(농림수산식품부)

○ 농업용 난방기 보급은 가온재배 면적의 증가와 더불어 급신장됨

- 농업용 난방기 보급대수 : 27,557대('00) → 178,430대('06)

- 농업용 유류의 면세, 온도관리의 편의성 등으로 대부분 유류 사용

- 면세유류 공급 : 경유 1,933천kL, 중유 79천kL('07)

<농업용 난방기 보유대수('07. 12. 기준)>

(단위 : 대)

구분 \ 년도	'95	'00	'05	'06
보유대수	42,153	127,557	186,246	178,430

<농업용 면세유류 공급실적('07)>

구분	휘발유	등유	경유	중유	윤활유	LPG	계
공급량	124,562	334,494	1,933,271	78,679	6,070	1,036	2,478,112
공급액	85,285	244,841	1,292,101	35,327	10,777	1,137	1,669,468
면세액	110,552	89,632	1,211,562	5,018	1,075	123	1,417,962

주 : 1) 공급량의 단위는 휘발유·등유·경유·중유·윤활유(kL), LPG(톤), 공급액·면세액의 단위는 백만원임(자료 : 농협중앙회)

2. 농업용 에너지 소비 현황

가. 연료의 발열량

에너지원	단위	총발열량		석유환산계수
		kcal	MJ 환산	
원 유	kg	10,750	45.0	1.075
휘 발 유	L	8,000	33.5	0.800
실 내 등 유	L	8,800	36.8	0.880
보 일 러 등 유	L	8,950	37.5	0.895
경 유	L	9,050	37.9	0.905
병커A유(B-A유)	L	9,300	38.9	0.930
병커B유(B-B유)	L	9,650	40.4	0.965
병커C유(B-C유)	L	9,900	41.4	0.990
프 로 판	kg	12,050	50.4	1.205
부 탄	kg	11,850	49.6	1.185
나 프 타	L	8,050	33.7	0.805
용 제	L	7,950	33.3	0.795
항 공 유	L	8,750	36.6	0.875
아 스 팔 트	kg	9,900	41.4	0.990
운 활 유	L	9,250	38.7	0.925
석 유 코 크	kg	8,100	33.9	0.810
부 생 연 료 1 호	L	8,850	37.0	0.885
부 생 연 료 2 호	L	9,700	40.6	0.970
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.5	1.300
도시가스(LNG)	Nm ³	10,550	44.2	1.055
도시가스(LPG)	Nm ³	15,000	62.8	1.500
국 내 무 연 탄	kg	4,650	19.5	0.465
수 입 무 연 탄	kg	6,550	27.4	0.655
유연탄(연료용)	kg	6,200	26.0	0.620
유연탄(원료용)	kg	7,000	29.3	0.700
아 역 청 탄	kg	5,350	22.4	0.535
코 크 스	kg	7,050	29.5	0.705
전 력	kWh	2,150	9.0	0.215
신 탄	kg	4,500	18.8	0.450

- 주 : 1) 총발열량은 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 발열량임
 2) 석유환산계수는 에너지원별 발열량을 1kg = 10,000kcal로 환산한 값임
 3) 최종에너지사용기준으로 전력량을 환산하는 경우에는 1kWh = 860kcal를 적용해야 함
 4) 에너지원별 총발열량은 50kcal에서 반올림한 값임
 5) Nm³은 0℃, 1기압 상태의 체적을 의미함
 6) 1cal = 4.1868J, 1MJ = 10⁶J (자료 : 에너지경제연구원)

나. 농업용 면세유 가격동향

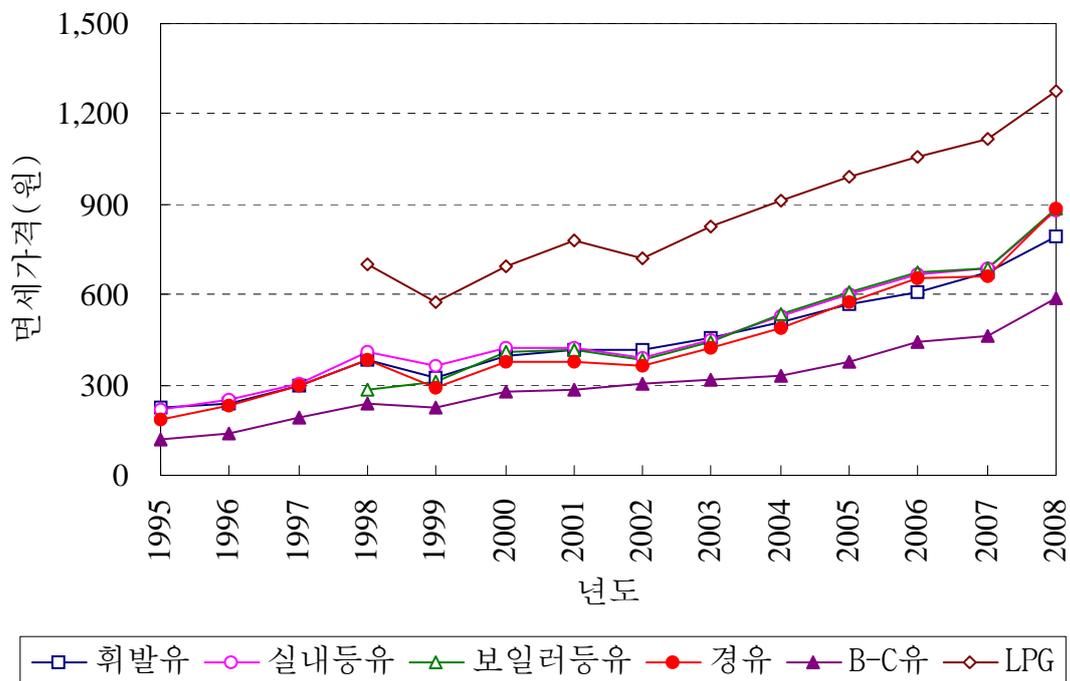
- 농업용으로 공급되고 있는 석유류는 세금이 면제된 면세유로 공급되고 있으며, 면세유의 가격은 일반 과세가격의 57%(휘발유), 68%(경유), 88~90%(실내등유, 보일러등유, B-C(벙커-C)유, LPG) 수준임('08. 7. 1. 기준)

<농업용 면세유 가격(농협중앙회)>

(단위 : 원)

기준	휘발유		실내등유		보일러등유		경유		B-C유		LPG	
	과세가	면세가	과세가	면세가	과세가	면세가	과세가	면세가	과세가	면세가	과세가	면세가
'08. 7. 1	1,882	1,078	1,443	1,273	1,422	1,255	1,872	1,276	942	837	1,734	1,557
'08년 평균	1,746	796	1,176	882	1,176	882	1,619	883	746	589	1,609	1,273

주) '08년 평균은 '08. 1~7월 평균 가격임



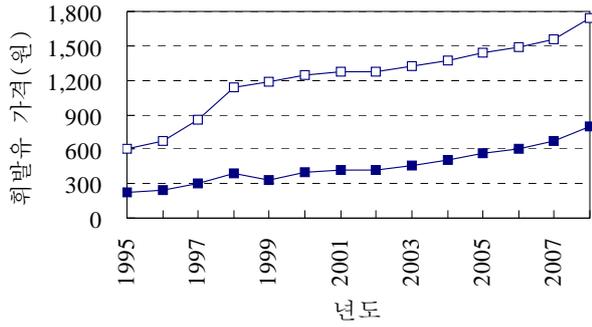
<유류별 면세가격>

주) 1995~2007년은 1~12월 평균가격, 2008년은 1월~7월 평균가격임

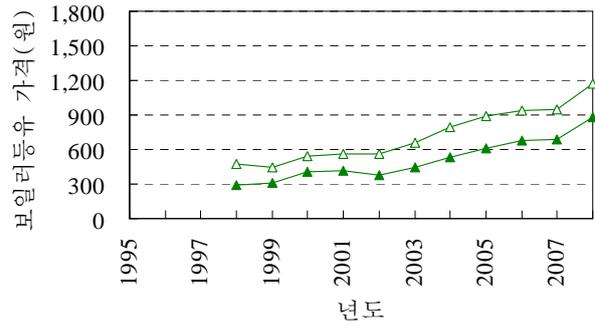
<농업용 면세유류 공급실적>

구분	연도	휘발유	등유	경유	중유	윤활유	LPG	계
공급량	'90까지	153,997	486,864	1,403,375	-	31,493	-	2,075,729
	'95	128,567	274,792	1,015,658	43,194	6,516	-	1,468,727
	'00	136,494	437,848	1,614,406	101,376	6,990	2,533	2,299,647
	'05	135,628	402,406	1,963,405	86,500	6,547	1,606	2,596,092
	'06	124,619	351,779	1,903,212	86,492	6,500	1,297	2,473,899
	'07	124,562	334,494	1,993,271	78,679	6,070	1,036	2,478,112
공급액	'90까지	10,681	26,397	67,761	-	7,368	-	112,207
	'95	29,628	61,095	188,954	5,523	6,221	-	291,421
	'00	49,160	193,394	625,216	27,908	9,478	1,783	906,939
	'05	77,320	249,311	1,105,290	30,525	10,230	1,579	1,474,255
	'06	77,376	235,298	1,203,091	37,360	10,636	1,381	1,565,141
	'07	85,285	244,841	1,292,101	35,327	10,777	1,137	1,669,468
면세액	'90까지	9,029	2,606	12,365	-	737	-	24,737
	'95	48,400	17,271	58,719	550	622	-	125,562
	'00	116,166	59,793	377,897	2,796	948	272	557,872
	'05	118,699	114,476	1,005,029	4,367	945	228	1,243,744
	'06	109,716	92,064	1,103,438	5,375	1,064	196	1,311,853
	'07	110,552	89,632	1,211,562	5,018	1,075	123	1,417,962

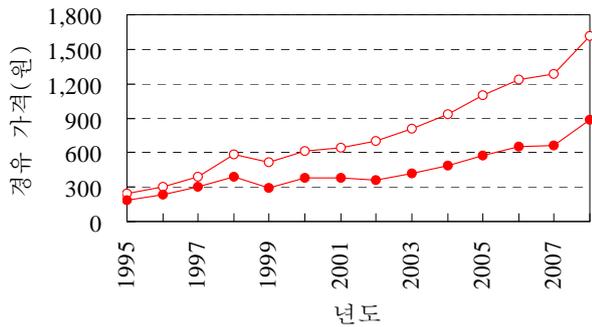
주 : 1) 공급량의 단위는 휘발유·등유·경유·중유·윤활유(kL), LPG(톤), 공급액·면세액의 단위는 백만원임(자료 : 농협중앙회)



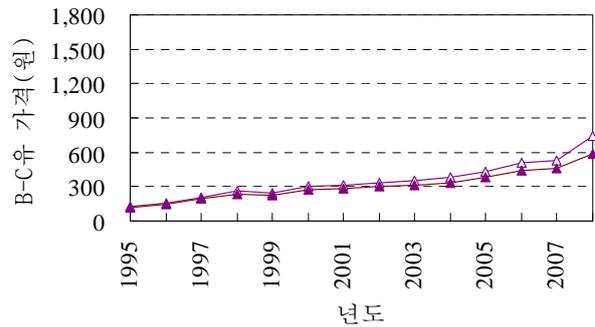
□ 과세가 ■ 면세가



△ 과세가 ▲ 면세가



○ 과세가 ● 면세가



△ 과세가 ▲ 면세가

<유류별 과세가 대비 면세가>

주) 1995~2007년은 1~12월 평균가격, 2008년은 1~7월 평균가격임

- 면세유 공급('07년 농업용 면세유 공급액 1조 4,180억원)은 식량안보와 농업의 국제 경쟁력 확보 등 국내 농업보호 차원에서 정책적으로 필요한 부분임
- 농업용 면세유 공급액의 대부분은 경유로 1조 2,116억원('07년)에 달하고 있음
 - 경유 소비량의 64.3%(124만kL)는 시설원예 난방에 사용되는 것으로 추산
- 국제 원유가격이 지속적으로 상승함에 따라 시설원예 농가의 경영 비중에서 난방비가 차지하는 비중이 크게 상승됨
- 농산물 시장 개방에 따른 국제경쟁력 제고를 위해서는 무엇보다도 난방비의 비중을 줄이는 것이 시급한 과제임

다. 난방 연료별 가격 비교

<2008. 7. 1. 기준>

연료 종류	가격	총발열량(kcal)		천kcal당 가격 (원)
		단위당	100원당	
연탄(kg)	84.7원/kg	4,650	5,490	18 (13)
농사용전기(병)(kWh)	36.4원/kWh	860	2,363	42 (30)
보일러등유(L)	1,255원/L	8,950	713	140 (99)
경유(L)	1,276원/L	9,050	709	141 (100)
중유(B-C유)(L)	837원/L	9,900	1,183	85 (60)
LPG(Nm ³)	1,557원/Nm ³	15,000	963	104 (74)

<2008. 1. 1.~7. 1. 평균 기준>

연료 종류	가격	총발열량(kcal)		천kcal당 가격 (원)
		단위당	100원당	
연탄(kg)	84.7원/kg	4,650	5,490	18 (17)
농사용전기(병)(kWh)	36.4원/kWh	860	2,363	42 (38)
보일러등유(L)	996원/L	8,950	899	111 (101)
경유(L)	999원/L	9,050	906	110 (100)
중유(B-C유)(L)	660원/L	9,900	1,500	67 (60)
LPG(Nm ³)	1,442원/Nm ³	15,000	1,040	96 (87)

주 : 1) 연탄은 서울시 3.6kg 소형탄 기준임(연탄 1장 = 3.6kg)

2) 연탄은 판매소도 가격 기준임(가정도 가격은 판매소도 가격에 배달비용 등이 추가되며 시도지사가 결정하는 사항으로 지역마다 다름)

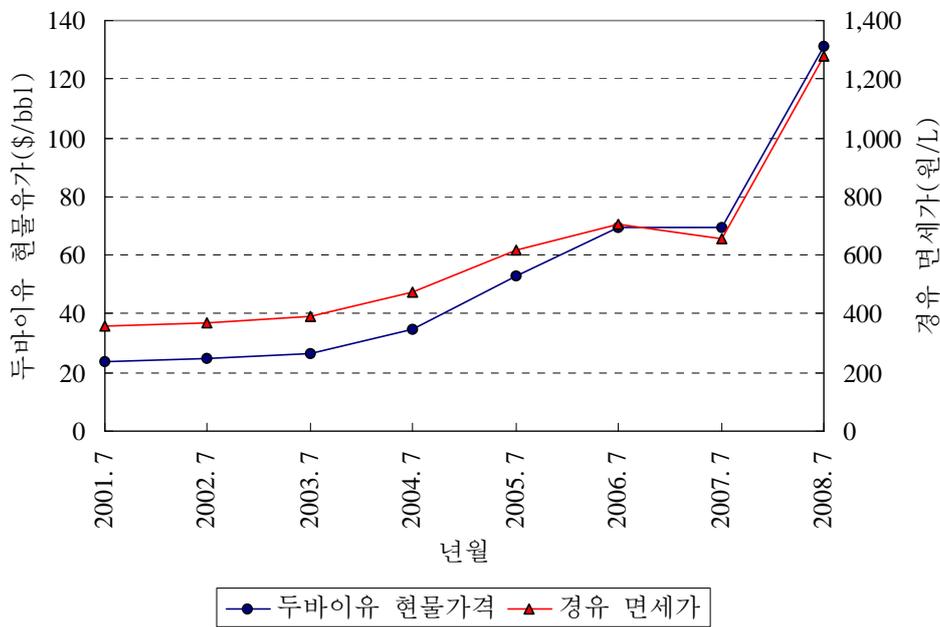
3) 전기의 발열량은 1kWh=860kcal 적용(1cal=4.1868J)

4) Nm³은 0℃, 1기압 상태의 체적을 의미함

3. 국제 유가상승이 우리농업에 미치는 영향

가. 국제 유가 동향과 전망

- 두바이유 현물유가는 '07. 3월~'08. 7월에 걸쳐 가파른 상승추세를 나타내었으나 '08년 8월 이후 안정세를 보이고 있음
- 국제 유가(Dubai, \$/배럴) : ('02.7.)24.7 → ('04.7.)34.7 → ('06.7.)69.2 → ('08.7.)131.31
- 면세경유(원/L) : ('02.7.)367 → ('04.7.)473 → ('06.7.)703 → ('08.7.)1,276



<국제원유 가격 및 경유 면세가>

주) 두바이유 현물유가는 매년도 7월 평균가격, 경유 면세가는 매년도 7. 1. 기준

- '08년 8월 이후 국제 유가는 지정학적 불안과 비OPEC 국가들의 공급차질 우려에도 불구하고 미국을 비롯한 주요 석유소비국들의 수요 감소 확대 가능성과 OPEC의 공급 증가 및 미국 달러화 강세의 영향으로 하락세를 나타냄
- 최근의 유가상승은 과거와 다른 양상을 보이고 있음
 - 1차 위기('73~'74년), 2차 석유파동('79~'80년), 걸프사태('90~'91년)와 같은 비경제적 요인과는 달리 경제적, 구조적 요인에 의하여 발생

나. 농업부문에 미치는 영향

- 국제 유가가 달러화 약세에 따른 투기자금 유입 등으로 120\$/배럴 (Dubai산 원유, '08. 5.)수준으로 상승함에 따라 기계화·시설현대화가 진전된 우리 농업에 영향이 클 것으로 예상됨
- 농업용 면세유 가격은 '07년에 비하여 80%(경유), 54%(중유) 상승하였음

<면세유 가격 변화 추이>

구 분	'04	'05	'06	'07 (a)	'08. 5. (b)	증가율(%) (b/a×100)
면세경유(원/L)	466	519	619	584	1,048	179.5
면세중유(원/L)	331	321	453	410	633	154.4
평 균(원/L)	399	420	536	497	841	69.2

주) 면세유 가격은 농협중앙회에서 조사한 매년도 3월 1일 가격 기준임

- 국제 유가(Dubai유 기준)가 120\$/배럴 수준으로 장기화될 경우, 주요 원예작물 경영비는 '07년에 비하여 평균 24% 증가 예상
 - 노지재배 작목은 경영비 증가율이 1~2%로 미미함
 - 시설재배 작목은 120\$/배럴시 평균 26%, 150\$/배럴시 평균 38% 증가 예상
 - 120\$/배럴시 시설감귤 34%(392만원/10a), 장미 27%(495만원/10a)
 - 150\$/배럴시 시설감귤 51%(587만원/10a), 장미 41%(751만원/10a)
- 국제 유가(Dubai유 기준)가 120\$/배럴 수준으로 장기화될 경우, 주요 원예작물 소득은 '07년에 비하여 평균 25% 감소 예상
 - 노지재배 작목은 소득 감소율이 1%로 미미함
 - 시설재배 작목은 120\$/배럴시 평균 30%, 150\$/배럴시 평균 44% 감소 예상
 - 120\$/배럴시 시설감귤 52%(391만원/10a), 장미 45%(500만원/10a)
 - 150\$/배럴시 시설감귤 78%(586만원/10a), 장미 67%(744만원/10a)

<유가(두바이유 기준) 수준별 경영비 증가율> (단위 : 천원, %/10a)

구 분		'07년 경영비	유가수준별 경영비 증가율(%)				
			120\$/배럴	130\$/배럴	140\$/배럴	150\$/배럴	160\$/배럴
평 균		6,128	24	28	32	35	39
노 지 재 배	노지재배평균		1,124	1	2	2	2
	과수	배	1,636	2	2	2	3
		사과	1,567	1	2	2	2
	채소	가을배추	432	2	2	2	3
		당근	862	1	1	1	2
시 설 재 배	시설재배평균		9,464	26	30	34	38
	과수	시설감귤	11,518	34	40	45	51
		시설포도	3,620	20	23	27	30
		축성오이	11,216	24	28	31	35
	채소	축성토마토	6,125	22	26	29	33
		국화	5,991	14	16	19	21
	화훼	장미	18,315	27	32	36	41

주 : 1) 2007년 경영비 기준 두바이유 가격 : 63\$/배럴

2) 유가상승에 따른 유류비 증가분만 고려함 (자료 : 농촌진흥청 농업경영정보관실)

<유가(두바이유기준) 수준별 소득감소율> (단위 : 천원, %/10a)

구 분		'07년 소득	유가수준별 소득 감소율(%)				
			120\$/배럴	130\$/배럴	140\$/배럴	150\$/배럴	160\$/배럴
평 균		5,865	25	29	33	37	41
노 지 재 배	노지재배평균		2,484	1	1	1	1
	과수	배	1,551	2	2	2	3
		사과	2,957	1	1	1	1
	채소	가을배추	3,076	0	0	0	0
		당근	2,350	0	0	0	1
시 설 재 배	시설재배평균		8,119	30	35	39	44
	과수	시설감귤	7,515	52	61	69	78
		시설포도	3,706	20	23	26	29
		축성오이	10,459	25	30	34	38
	채소	축성토마토	9,651	14	16	19	21
		국화	6,278	13	16	18	20
	화훼	장미	11,104	45	52	60	67

주 : 1) 농가 판매가격은 2007년산과 동일하다고 전제하였음

2) 유가상승에 따른 유류비 증가분만 고려함 (자료 : 농촌진흥청 농업경영정보관실)

- 국제 유가상승의 영향은 노지작목에서는 크지 않으나, 시설원에 작목에서는 크게 나타나며 시설원에 작목이 유가상승의 영향을 크게 받는 이유는 경영비 중 유류비의 비중이 높기 때문임
- 노지재배작목 경영비 중 난방비는 3% 수준에 불과함
 - 시설재배작목 경영비 중 난방비는 41%로 매우 높음

<주요 원예작물의 경영비('07년 기준)> (단위 : 천원/10a)

구 분	경영비 (A)	광열동력비 (B)	비료비 (C)	제재료비(D)	감가상각비 (E)	비 중(%)					
						B/A	C/A	D/A	E/A		
평 균	6,128	2,315	429	725	1,205	38	7	12	20		
노지재배	노지재배평균	1,124	32	175	227	181	3	16	20	16	
	과수	배	1,636	54	228	429	299	3	14	26	18
		사과	1,567	46	203	324	272	3	13	21	17
		평균	1,602	50	216	377	286	3	13	24	18
	채소	가을배추	432	12	113	36	68	3	26	8	16
		당근	862	14	154	118	83	2	18	14	10
		평균	647	13	134	77	75	2	21	12	12
시설재배	시설재배평균	9,464	3,838	598	1,057	1,889	41	6	11	20	
	과수	시설감귤	11,518	6,676	406	635	2,242	58	4	6	19
		시설포도	3,620	1,114	270	705	1,069	31	7	19	30
		평균	7,569	3,895	338	670	1,656	51	4	9	22
	채소	축성오이	11,216	4,076	1,034	2,076	1,919	36	9	19	17
		축성토마토	6,125	2,090	502	1,314	989	34	8	21	16
		평균	8,670	3,083	768	1,659	1,454	36	9	20	17
	화훼	국화	5,991	1,283	295	589	1,041	21	5	10	17
		장미	18,315	7,787	1,080	1,021	4,073	43	6	6	22
평균		12,153	4,535	687	805	2,557	37	6	7	21	

주) '07년 경영비는 '06년 작목별 소득을 기준으로 종자비, 무기질비료비, 농약비, 비닐비, 인건비, 감가상각비, 유류비의 농가 구입가격 지수를 적용하고 그 외는 생산요소 가격은 동일한 것으로 가정하여 추정하였음 (자료 : 농촌진흥청 농업경영정보관실)

다. 유가상승에 따른 농가대응 방안

○ 시설구조 개선에 의한 보온력 향상기술 도입

- 다겹보온커튼, 중앙권취식 소형터널 개폐장치 설치로 난방비 40~50% 절감

○ 난방기의 에너지 효율향상 기술 도입

- 배기열 회수장치, 고효율 난방기, 일사비례 변온관리장치, 열교환기 청소 등

○ 자연에너지 및 대체연료 이용 난방기술 도입

- 석탄난방기, 순환식 수막보온커튼 등 설치로 30~40%, 지열히트펌프 설치로 약 78% 난방비 절감

○ 지역특성에 맞는 작목 선택으로 소요 난방 에너지 최소화

- 중북부 지역 : 상추, 시금치, 프리지아 등 저온성 엽채류 및 화훼류
- 중부 지역 : 오이, 토마토, 국화 등 중온성 채소와 화훼류
- 남부 지역 : 파프리카, 풋고추, 장미 등 고온성 과채류 및 화훼류

구분	고온성	중온성	저온성
채소	멜론, 파프리카, 고추, 피망, 느타리버섯, 양송이, 생표고, 가지, 방울토마토, 토마토 등	수박, 팽이버섯, 오이, 참외, 무, 호박, 깻잎 등	썩갓, 배추, 상추, 시금치, 셀러리, 양배추, 브로콜리, 부추, 미나리, 양상추, 청경채, 딸기 등
화훼	호접란(팔레놉시스), 장미, 덴파레, 포인세티아, 칸나, 글라디올러스, 바이올렛, 심비디움, 아나리스, 야자류, 유스토마, 행운목, 국화, 백합(나리), 명자란(무늬 등글레) 등	동양란(풍란), 거베라, 튜립, 고무나무, 벤자민, 선인장, 안시리움, 금화, 카네이션, 수선화, 금어초, 데이지, 시클라멘, 아이리스, 팬지, 페츰니아, 프리플라, 프리지아, 숙근안개초, 수선화 등	백량금, 산세베리아, 산호, 접란, 제라늄, 천리향, 철쭉, 산호수, 문주란, 소철, 시클라멘, 관음죽, 비비추, 허브 등
과수	감귤, 한라봉	포도	

주 : 1) 면세유류 용량조건표 작성에 사용된 작물별 야간온도 설정 기준임

2) 세부 작목별 야간설정온도는 부록의 참고자료 II [별표 1] 참조

○ 에너지 절감형 재배작형 선택으로 소요 난방 에너지 최소화

- 중북부 및 중부 지역 : 축성·억제작형→반축성·조숙작형
- 남부 지역 : 축성 및 억제재배
- 작형 조절에 의한 난방비 절감(예)
 - 토마토 : 1월 정식→2월 정식, 52~58% 절감
 - 오 이 : 2월 정식→3월 정식, 51~62% 절감

구 분		정식 시기별 난방비(천원/10a)		
작 물	지 역	1월	2월	3월
토마토	춘천	5,415 (100)	2,593 (48)	931 (36)
	대전	4,010 (100)	1,839 (46)	458 (25)
	김해	2,881 (100)	1,214 (42)	107 (9)
오 이	춘천	8,502 (100)	4,749 (56)	2,336 (49)
	대전	6,764 (100)	3,727 (55)	1,625 (44)
	김해	5,355 (100)	2,875 (54)	1,079 (38)

주) 관행비닐하우스, 연동, 3중 비닐피복시설에서 경유이용 연중재배

<시설원예 에너지절감 기술 보급현황>

(단위 : ha)

기술 년도	지중 난방시설	수막 재배시설	축열 물주머니	하우스 경보장치	배기열 회수장치	연탄 난방기	중앙관취식 보온터널	석탄 온풍기	기타
'07(A)	1,205	10,746	1,181	479	264	414	97	49	1,331
'08(B)	1,337	10,763	1,169	525	300	499	112	56	1,559
증감율 (%)	111	100	99	107	110	121	115	109	117

주 : 1) 자료(농촌진흥청 기술지원국)

2) 증감율 : (B/A)×100

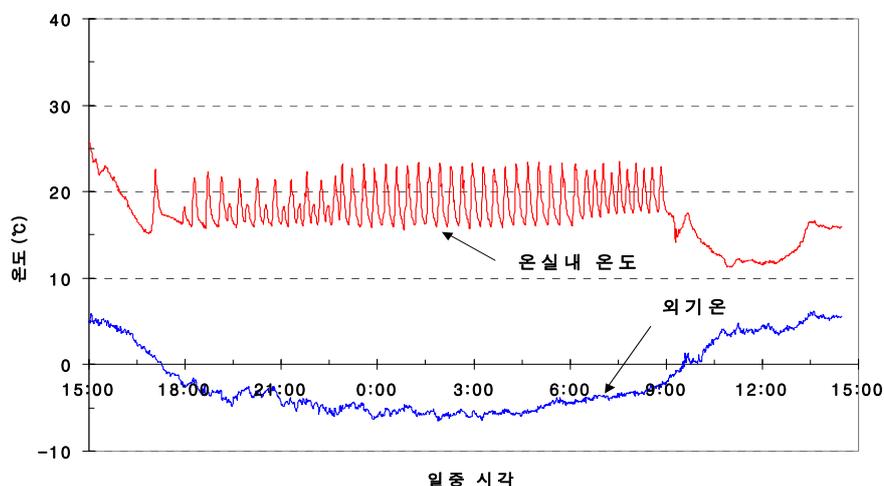
II. 시설원에 난방방법

1. 온실의 열평형(에너지보존)

○ 온실을 하나의 밀폐 시스템으로 간주하여 열수지 방정식 수립

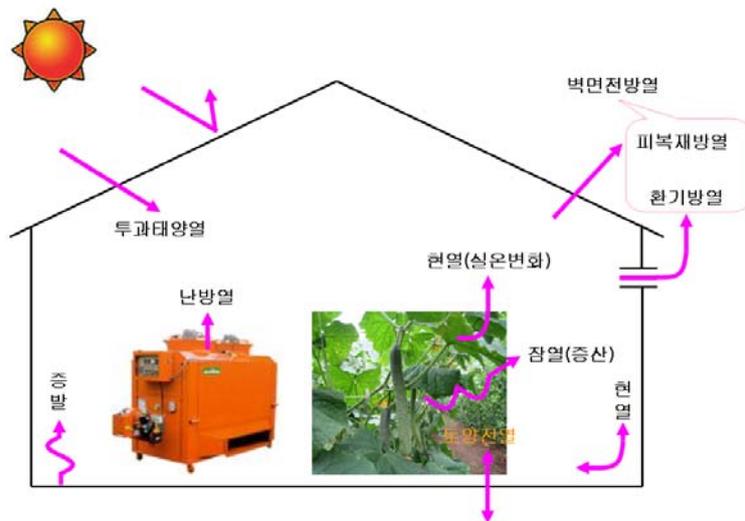
$$\text{공급 열원} = \text{벽면 열전달} + \text{토양 전열} + \text{작물의 현열 및 잠열} + \text{실내공기의 엔탈피}$$

- 온실의 열수지에서 제일 큰 변수는 벽면 열전달량으로 보온재가 얼마나 외기와 단열이 잘 되어있느냐에 따라 난방기의 가동시간 즉, 연료소비량이 결정되므로 벽면재의 보온성이 매우 중요
- 효율적 난방이용기술이란 합리적인 난방부하 산정으로 적정 용량의 난방장치 설비와 이를 올바르게 사용하는 기술이 관건
- 관행의 온풍난방기가 가동되는 온실의 온도변화를 살펴보면 온실의 실내온도를 설정온도로 유지시키기 위해 야간에 온풍난방기는 약 5분 간격으로 운전과 정지를 반복
 - 열평형 관점에서 보온재의 역할이 충분하지 못한 원인
 - 잦은 온풍난방기 단속운전으로 점화 및 소화시의 불완전연소로 연료소비가 많음



2. 온실의 난방부하 및 소요 난방유량

- 온실의 난방계획 시 가장 먼저 고려하여야 할 것은 재배지역과 재배작물의 온도환경에 따른 난방부하 결정임
- 난방부하 산정에 미치는 요인은 피복재를 통한 방열, 천장과 벽면을 통한 방열, 토양전열, 작물의 현열과 잠열, 주간에는 태양열, 난방기 작동시는 난방열이 온실의 열수지에 관련되는 인자임
- 온실에서 방열되는 열량과 정상적인 작물성장조건에 적합한 온도환경을 제공하기 위하여 소요되는 열량이 온실난방시 소요되는 난방부하임



가. 최대난방부하

- 난방설비용량을 결정하는데 중요한 지표가 되는 최대난방부하는 작물재배 난방기간 중 최저기온 시간대의 필요 난방 열용량

$$Q_g = \{A_g(q_t + q_v) + A_s \cdot q_s\} \cdot f_w$$

Q_g : 최대난방부하량 (kcal/h), q_t : 피복면적당 관류전열손실량 (kcal/m²·h)
 q_v : 단위 피복면적당 틈새환기 열손실량 (kcal/m²·h)
 q_s : 단위 상면적(바닥면적)당 도양전열량 (kcal/m²·h)
 A_g : 온실피복면적 (m²), A_s : 온실상면적(=바닥면적) (m²)
 f_w : 풍속보정계수 (일반지역의 온실 1.0, 강풍지역 온실 1.1)

(1) 관류전열 손실량

- 온실의 내부에서 복사 및 대류 열전달에 의하여 피복재 내표면에 전달된 열이 전도 열전달에 의하여 피복재를 통과한 후 피복재 외 표면에서 다시 복사 및 대류 열전달에 의해 외기로 방열되는 것을 관류전열 손실이라 함

$$q_t = h_t(T_s - T_d)(1 - f_r)$$

h_t : 관류열전달계수 (kcal·m⁻²·h⁻¹·°C⁻¹), T_s : 난방설정온도 (°C)
 T_d : 설계 외기온도 (°C), f_r : 보온피복의 열절감률

- 피복재별 관류열전달계수

피복재	관류열전달계수 (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ·°C ⁻¹)	피복재	관류열전달계수 (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ·°C ⁻¹)
1중 유리	5.0~5.4	2중 유리	2.6~3.0
1중 플라스틱	5.5~5.8	1중 유리, 1층 보온커튼	2.6~3.0
2중 아크릴	2.6~3.0	2중 플라스틱, 1층 보온커튼	1.9~2.1
2중 플라스틱, 1중 폴리에틸렌	3.4~3.8		

○ 피복재별 열절감율

보온방법	피복재	난방부하계수 (kcal·m ⁻² ·h ⁻¹ ·°C ⁻¹)		열절감율(%)	
		유리	플라스틱	유리	플라스틱
1중 피복		5.3	5.7		
2중 피복	유리, PVC필름	3.2	3.4	35	40
	PE 필름	3.3	3.5	30	45
1중 커튼	PVC필름	3.7	4.0	35	40
	PE 필름	3.3	4.0	30	35
	부직포	4.0	4.3	25	30
	알루미늄 혼입필름	2.9	3.1	40	45
	알루미늄 증착필름	2.7	2.9	50	55
2중 커튼	PE 필름 2층	2.9	3.1	45	45
	PE 필름+알루미늄 필름	1.9	2.0	65	65
외면피복	섬피	2.1	2.3	60	-

(2) 틈새환기 열손실량

○ 틈새환기에 의한 열손실은 온실내의 공기 엔탈피차와 환기율에 비례하나 난방설계시 엔탈피를 고려하게 되면 설계조건이 복잡하게 되므로 틈새환기 열손실 산정에는 환기전열계수(h_v)를 이용하여 계산함

$$q_v = h_v(T_s - T_d)$$

h_v : 환기전열계수 (kcal·m⁻²·h⁻¹·°C⁻¹)

○ 환기전열계수

온실의 종류	환기전열계수 ($\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$)	온실의 종류	환기전열계수 ($\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$)
유리 온실	0.3~0.5	보온피복 온실	0.0~0.2
플라스틱 온실	0.2~0.4	완전 기밀온실	0.0

(3) 토양 전열량

- 일반적으로 야간의 토양 열전달은 주간 일사에 의하여 토양 내부에 저장된 열량때문에 토양 내부로부터 표면으로 전달됨
- 난방온실의 경우 야간에도 실내온도가 높아지면 표면으로의 열전달이 억제되거나 반대로 역류하는 경향을 지님
- 열전달이 하향(온실내 열이 토양을 가열)일 때는 정(+), 상향(토양의 열이 온실을 가열)일 때는 부(-)의 부호를 가짐

○ 토양전열계수(단위 : $\text{kcal}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$)

보온피복 내외 기온차(°C)	무		유	
	난지	한지	난지	한지
10	-20	-15	-15	-10
15	-10	-5	-5	0
20	0	+5	+5	+10

나. 온실종류별 소요 난방유량

○ 유리온실 연간 난방 연료 소요량(단위 : L/10a·년)

지대별	지역	작물별			
		저온성 작물		고온성 작물	
		토마토(6℃)	오이(9℃)	고추(13℃)	장미(16℃)
중북부	강원(홍천)	14,720	20,912	30,580	38,882
	경기(화성)	11,611	17,234	26,633	34,726
중남부	충남(유성)	10,650	16,073	25,480	33,564
	전북(남원)	9,389	14,904	24,319	32,577
남 부	전남(구례)	6,687	11,816	20,374	28,106
	경남(밀양)	7,351	12,311	20,668	28,274
	제주(제주)	1,506	5,419	13,564	21,446

주 : 1) 경유난방기 사용 기준(경유 발열량 9,200kcal/L)

2) 열점감률 0.5 적용

○ 비닐하우스 연간 난방 연료 소요량(단위 : L/10a·년)

지대별	지역	작물별			
		저온성 작물		고온성 작물	
		토마토(6℃)	오이(9℃)	고추(13℃)	장미(16℃)
중북부	강원(홍천)	13,852	19,679	28,777	36,590
	경기(화성)	10,926	16,218	25,062	32,679
중남부	충남(유성)	10,022	15,125	23,978	31,585
	전북(남원)	8,835	14,026	22,885	30,656
남 부	전남(구례)	6,293	11,119	19,173	26,449
	경남(밀양)	6,918	11,585	19,449	26,607
	제주(제주)	1,418	5,110	12,764	20,182

주 : 1) 경유난방기 사용 기준(경유 발열량 9,200kcal/L)

2) 열점감률 0.5 적용

3. 난방방법별 특성과 장단점 비교

가. 온실난방방법

- 난방방법 선택시 중요한 요소중 하나는 운영비용으로서 난방기의 연료비가 이에 해당됨
- 난방 시설비를 제외할 경우, 가장 경제적인 방법은 심야 전기난방이고 그 다음이 연탄난방, 농사용 전기난방, 중유난방이며 가장 보편적 난방방법인 경유난방은 7가지 방법 중 5위를 차지하고 있음
- 연탄난방 이용시에는 연탄교체작업, 연탄보일러 설치비용과 온도조절 문제 등에 대한 신중한 고려가 요구됨
- 심야 전기 및 농사용전기를 이용한 난방방법은 1,000m²(300평) 규모 온실에서는 적어도 100kW 이상으로 수전용량을 증설해야 하며, 2,000만원이상에 달하는 수전설비 비용도 고려되어야 함
- 중유난방은 경유난방에 비해 발열량이 높고 운전비용이 저렴하나 유황성분을 많이 포함하고 있기 때문에 대기환경보전법에 의해 규제를 받고 있음
 - 중유구입이 상대적으로 쉬운 해안지방, 제주도 및 대규모 유리온실 등 최소한 20만kcal 이상 용량에 사용되고 있으며 점도가 높기 때문에 저장탱크와 연료공급부에 별도의 가열장치가 필요
 - 중유 사용 제한 지역은 황 함유량에 따라 나뉘는데, 0.5% 이하로 제한되어있는 지역은 경기도 9개시, 강원도 4개시, 충청도 6개시, 전라도 4개시, 경상도 11개시, 제주 전지역이며, 0.3% 이하는 경기도 8개시, 강원도 1개시, 충청도 1개시, 전라도 3개시에서 점차 확장되는 추세임

○ LPG난방은 LPG를 연소시켜 그 연소열을 온풍으로 이용하고 배기 탄산가스를 작물의 광합성에 이용하는 시스템

- 난방과 탄산가스 시용을 동시에 할 수 있는 장점이 있으나 LPG 시용과 탱크설비 비용에 대한 고려 및 탄산가스 과잉에 따른 고려 필요

<사용연료에 따른 난방방법의 특성>

특성 방법	장 점	단 점	비 고
경유난방	·취급 간단 ·온도조절 용이	·연료비용 고가	·3만~20만kcal/h ·보편적 난방수단
중유난방	·발열량이 큼 ·온도조절 용이 ·경유보다 경제적	·연료 가열장치 필요 ·저장탱크 용량이 큼 ·배기가스	·10만~100만kcal/h ·온수/온풍난방 ·중유공급이 제한적
연탄난방	·가격 저렴	·온도조절 불리 ·축열탱크 필요 ·연탄교체 노력 과다	·장비가 쉽게 부식 ·유해가스 발생
전기난방	·열손실이 없음 ·취급간단	·수전설비 필요 ·축열탱크 필요	·심야 전기 ·농사용 전기이용
가스난방	·열효율이 높음 ·유해가스가 없음 ·배기탄산가스 이용 가능 ·취급 간단	·연료/설비 고가 ·가스취급교육 필요	·직화식 연소 시 탄산가스 장애 발생 우려
태양열난방	·신재생에너지 ·친환경에너지	·지중난방 보조열원 필요 ·설비 고가 ·설치공간이 큼	·심야 전기 또는 농사용전기를 보조열원으로 사용

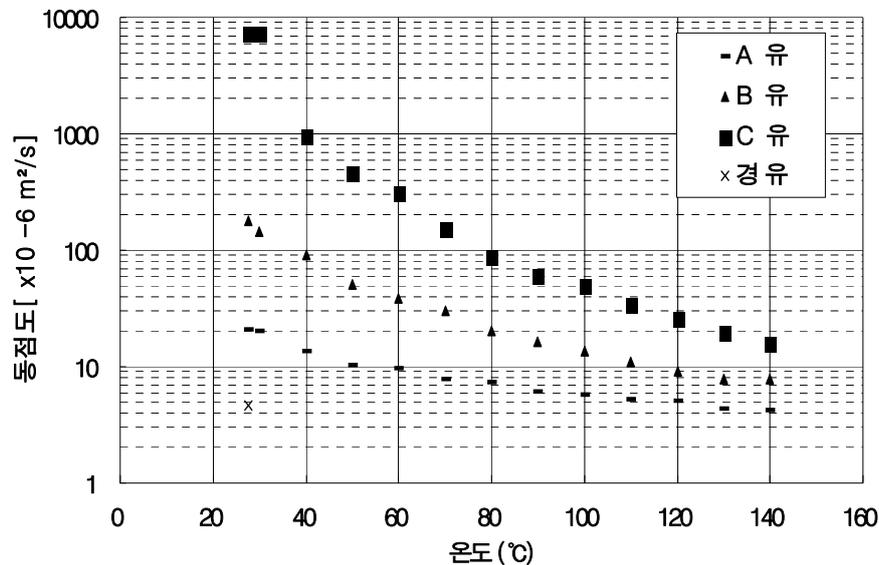
나. 온풍난방과 온수난방의 특징

(1) 온풍난방 방법

(가) 연료별 특성

○ 온풍난방기는 사용연료에 따라 경유온풍난방기, 중유온풍난방기, 석탄온풍난방기, 가스온풍난방기, 전기온풍난방기 등으로 구분

- 액체연료는 동점도에 따라 연소특성이 상이함
 - 경유는 영하에서도 동점도가 10cSt 이하이므로 온도에 따른 연소 특성에 큰 차이가 없지만 중유는 온도에 따라 동점도가 크게 변하기 때문에 연소특성에 차이가 있음
- 중유 온풍난방기용 압력분사식 버너에서는 중유의 유동성을 증가시키기 위해 가열장치를 부착하여 분사 전에 중유를 가열
 - 중유의 원활한 이송을 위하여 저유탱크에도 가열장치 설치
 - 중유의 적정 분사온도는 A중유는 70℃, B중유는 100℃정도임



- LPG난방기는 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas)를 열원으로 함
 - LP가스는 프로판(Propane, C₃H₈)과 부탄(Butane, C₄H₁₀)을 주성분으로 에탄, 프로필렌, 부틸렌 등이 약간 포함되어 있음
 - 액화 및 기화되기 쉬우며 기체상태에서는 비중이 공기보다 무겁고 액체상태에서는 물보다 가벼움
 - 온도에 따라 액체의 부피가 변하는 특성이 있으며 무색, 무취, 무독함
 - 발열량은 12,000kcal/kg으로 경유보다 약 30% 정도 높으며, 취급성이 우수하고 완전연소 가능

- 연소시 생성되는 탄산가스를 작물의 광합성에 이용할 수 있으나 탄산가스 과다에 의한 장애우려가 있어 주의 요망

○ 고체연료로는 석탄, 연탄, 폐타이어, 폐기물 연료(RDF : Refused-derived Fuel) 등이 있음

- 액체연료에 비해 발열량이 낮으며 취급 및 연소제어가 힘들
- 연료공급 및 재처리에 별도의 장치 및 노동력이 필요하며 연탄보일러의 경우 연탄투입과 연탄재 배출에 상당한 노동력과 시간이 요구됨
- 고체연료 에너지기기는 일단 연소가 시작되면 중단이 곤란하므로 큰 용량의 축열조가 동반되어야 하며 연소 후 남은 재의 처리가 필요함
- 고체연료의 발열량은 연탄 4,650kcal/kg, RDF 7,000kcal/kg, 폐타이어 9,200kcal/kg으로 난방열원으로서의 발열량은 충분함

종 류	발열량(kcal/kg)	연소방식
폐타이어	9,200	건류가스연소
폐타이어정제유	10,400	액체분사연소
RDF	7,000	건류가스연소
코크스	6,000~7,500	직접연소
연탄	4,400~4,600	직접연소
괴탄	7000~8000	직접연소
장작	3,000~4,000	직접연소

(나) 온풍난방기의 연소특성

- 온풍난방기의 성능을 결정하는 데 가장 중요한 요소는 연소상태임
- 연소는 연료가 산소와 급격하게 결합하면서 다량의 열을 내는 발열반응임
 - 대부분의 석유화합물계통의 분자식은 C_nH_m 으로 연료-공기의 혼합체 상태에서 점화되면 탄산가스, 물, 열 등이 생성됨



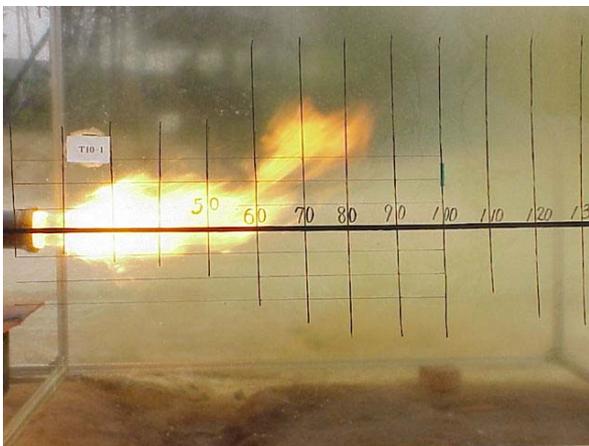
- 연소시 필요한 산소는 공기의 형태로 공급되며 공기가 과잉 공급되면 과잉산소가 열발생 반응 중 경유가 함유하고 있는 성분과 결합하면서 여러 산화물이 생성됨
 - 공기가 부족하면 불완전연소를 일으켜 일산화탄소를 다량으로 배출시키며 연소효율이 낮아짐 검은색 연기가 발생되고 화염은 암적색을 나타냄
 - 공기가 너무 많으면 화염의 온도가 낮아져 열교환 효율이 떨어지고 배기손실량이 많아짐 화염이 짧아지고 백열화되기도 하며 심한 경우 백색의 연기 발생
- 연소 시 화염의 크기는 연료 분무입자의 무화상태 및 공기량에 따라 달라지며 화염온도도 달라짐
 - 화염의 길이가 너무 길지 않고 지름이 크면서 힘차고 불꽃은 밝은 오렌지 빛일 때의 연소조건이 적절한 상태임
 - 완전연소란 이론적으로 공기와 연료의 질량비가 1이 되는 경우이나 정확하게 1이 되는 연소는 거의 없음

- 완전연소시의 연소효율은 100% 이며, 온풍난방기의 압력분사식 버너의 경우 열효율은 80~90% 수준
- 이 때 공기비는 1.1~1.3 정도이고 탄산가스농도는 10~13.4% 수준이나 탄산가스농도가 10% 이하일 때는 버너의 댐퍼를 조정하여 공기량을 조절하여야 함

<연료별 완전연소 시 배출되는 최대 탄산가스농도> (단위 : %)

연 료	갈탄	역청탄	무연탄	코크스	경유	중유	천연가스
최대 CO ₂	19~21	18~20	19~29	20~21	15~16	15~16	11~12

- 불완전연소시에는 연통에서 검은 연기가 나오거나 화염의 길이가 너무 길고 배기가스 성분 중에서 일산화탄소 농도가 높아지고 상대적으로 탄산가스 농도는 낮아짐
 - 연료분사펌프의 분무압력이 낮아 분무입자가 너무 큰 경우
 - 공기량이 충분치 못해 연소시 필요한 산소량이 부족한 경우
(분사압력을 노즐의 정격압력에 맞추고 댐퍼의 공기문을 화염이 밝은 오렌지색이 나오도록 조정해야 함)



<비정상화염>



<정상화염>

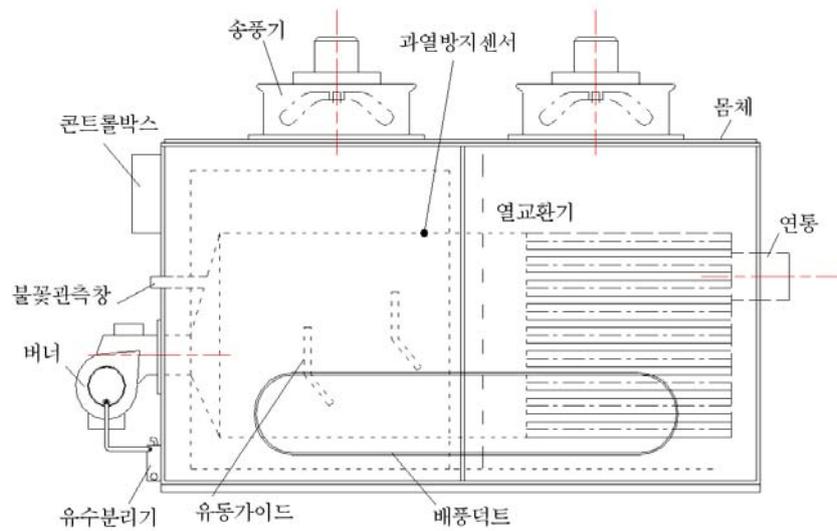
(다) 온풍난방기의 구조 및 성능

- 온풍난방은 시설비가 저렴하고 온도제어성능이 우수하여 국내에서 가장 보편적인 온실 난방수단으로 이용되고 있으며, 온실 난방면적의 95% 이상을 차지하고 있음
- 온풍난방기의 용량은 보통 kcal/h로 표시하며, 버너에서 단위시간에 연소하는 연료소비량 또는 소비동력에 해당하는 발열량을 말함
- 온풍난방기의 주요 성능

연료	규격 (kcal/h)	연료소모량 (L/h)	배기가스 온도(℃)	온풍온도 (℃)	소비전력 (kW)	연소효율 (%)	소음 (dB)
경유	20,000 ~80,000	3.4~11.2	188~294	48~78	0.5~2.2	86~90	77~85
	80,000 ~140,000	12.5~18.8	213~310	57~86	1.7~3.7	82~90	80~89
	140,000 ~200,000	20.2~26.6	264~316	61~78	2.7~6.7	86~89	84~92
	200,000 ~350,000	32.3~42.6	260~323	70~81	7.4~12.0	85~90	89~90
중유	200,000	22.9~26.3	270~280	80~100	4.5~7.5	86~90	
	300,000	36.1~40.7	270~290	80~100	8.5~11.2	84~88	

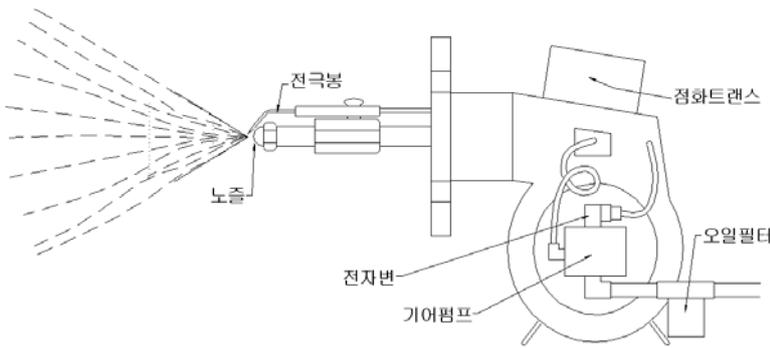
주) 농기계 평가 시험 성적서(자료 : 농촌진흥청 농업공학연구소)

1) 구조 및 기능



가) 버너

- 버너는 온풍난방기의 핵심요소로서 온풍난방기의 성능은 버너의 성능에 달려 있다고 할 수 있으며, 버너는 분사펌프, 노즐, 송풍팬, 모터, 확산판, 전자밸브, 광전관(CDS, 화염검출기), 점화봉, 댐퍼 등으로 구성되어 있음
- 연료의 연소는 분사펌프에 의해 고압으로 노즐을 통과한 연료가 안개상태로 무화되고 여기에 공기를 불어넣어 미립화된 연료의 입자가 열에 의해 증발하면서 공기중의 산소와 결합하여 연소됨
 - 분사펌프의 압력이 높으면 분무입자의 크기가 작아지고 압력이 낮으면 분무입자의 크기가 커지며, 너무 크면 불완전 연소가 증가되고 너무 작으면 화염의 길이가 짧아져 연소실에 폭발적인 고온현상이 나타나 노벽에 손상 우려
- 송풍팬과 모터는 연소에 필요한 공기를 공급하며, 이 공기는 확산판에 부딪혀 회전력을 일으켜 와류형태로 연소실로 들어감



<버너의 주요 부분>



<광전관(불꽃감지기)>

- 광전관이 연소실 내의 불꽃을 감지하면 전자밸브는 계속 열림 상태가 되어 연소가 계속적으로 이루어지나 광전관이 그을음 등으로 오염되면 불꽃을 감지하지 못하므로 전자밸브는 닫힘 상태가 되어 연료공급이 중단됨
 - 전자밸브가 없다면 연소실 내로 계속적인 연료분사가 이루어져 연소로가 폭발하는 사태가 발생할 우려도 있음
- 점화봉은 노즐 위에 위치해 있는 2개의 전극봉으로 한쪽에는 +, 다른 쪽에는 -전류가 고압으로 흐르면서 노즐에서 분사되는 연료-공기혼합체를 점화시킴
- 댐퍼는 공기량을 조정하는 문으로서 보통 0~10으로 눈금이 표시되어 있으며, 공기량이 많으면 연소가스에서 흰색이 나타나고 공기량이 적으면 검은 연기가 나오므로 댐퍼의 게이트를 잘 조절하여 무색 또는 청색의 연기가 나오도록 조절

- 노즐의 용량은 시간 당 분사되는 연료의 양으로 표시되어 있음(보통 gal/h로 표시)
 - gal은 gallons의 영어 약자로서 1gal은 3.7854L에 해당되며 1,000m² (300평)용 12만kcal 경유 온풍난방기의 경우 보통 3.5gal/h의 노즐이 사용됨
- 온풍난방기에 사용되는 펌프는 보통 기어펌프가 사용되며 경유버너의 분사압력은 10~15kg/cm²이며 중유A, B(벙커-A, B)를 사용하는 버너의 분사압력은 20~25kg/cm²임
- 근래에 경유와 A중유 겸용 버너를 부착한 온풍기가 사용되고 있는 데 A중유는 경유와 C중유를 70:30의 비율로 혼합한 배합유로 동점도가 높아 동절기에 적절한 가열장치 없이는 연소에 적합한 분사입자를 만들 수 없음
 - 경유버너는 경유의 적정 분사압력인 10~15kg/cm²에서 경유를 분사하는 데 비하여 높은 동점도를 가진 중유A는 유류의 온도 70℃, 분사압력 20kg/cm² 이상이 되어야 완전연소에 적합한 분무입자를 얻을 수 있음
- 오일필터는 오일에 포함된 불순물을 여과시키기 위하여 금속망으로 구성되어 있고 상단부에는 공기빼기 밸브가 붙어 있어 오일필터 이전까지의 유로에 공기가 찼을 경우 오일필터에서 공기빼기가 가능

나) 연소로와 열교환기

- 연소로는 연료-공기 혼합체가 연소되는 장소로서 연소가스는 열교환기를 거쳐 연통을 통하여 외부로 방출됨

- 열교환기는 연소로의 후반부에 위치하거나 연소로 상부에 2단 또는 3단으로 설치되어 있으며, 열교환은 열교환기 상부에 있는 송풍팬이 하부로 공기를 강제로 송풍시켜 뜨거워진 열교환기와 연소로 표면을 공기가 통과하면서 열교환이 이루어짐
- 열교환이 끝난 연소가스는 배기연도를 통하여 대기로 방출되며 배기가스 온도는 250~300℃에 이르고 전체 연소열량의 약 10~20% 정도를 차지하며, 오래 사용하여 열교환기 및 연소로에 그을음이 많이 부착되어 있으면 열교환이 잘 이루어지지 않아 배기가스의 온도는 더 높아짐
- 연소로는 고온의 연소온도에 견디는 재료로 제작되어 있으며 열교환기와 더불어 충분한 열교환 면적을 갖도록 설계되어야 함
 - 풍량이 동일할 경우 열교환 면적이 버너용량보다 작을 경우에는 배기가스온도가 너무 높아 열손실이 많고, 클 경우에는 온풍온도가 너무 낮아지는 문제가 발생

다) 송풍기

- 온풍난방기는 보통 온실내에 설치되어 있으며, 송풍기는 온실공기를 강제적으로 흡입하여 고온으로 가열된 열교환기와 연소로 주위로 통과시켜 온풍으로 변환시켜 이를 다시 덕트를 통해 온실내로 배출하는 장치임
 - 충분한 열교환이 이루어질 수 있는 공기를 송풍할 수 있는 용량이 필요함
 - 송풍기 용량이 작으면 열교환이 충분히 일어나지 않아 연소열의 상당부분이 고온인 상태면서 배기가스 형태로 대기로 방출됨

- 송풍기는 온풍난방기의 측면에 부착되어 있는 경우도 있지만 대개의 경우 열교환기 상부에 위치하고 있으며 주로 1~1.5kW급 용량의 송풍기 2개가 설치되어 있음
- 송풍기 작동 시 주의해야 될 점은 주위에 비닐이나 끈이 빨려 들어가지 않도록 온풍기 주위를 청결한 상태로 유지해야 함

라) 연 통

- 보통 온풍난방기는 온실의 입구나 전면 중앙에 설치하며, 온풍난방기가 2대일 경우 다른 한 대는 온실의 후반부 끝에 설치
- 온풍난방기의 위치는 가능한 연통길이를 짧게 하는 것이 좋으며 외부와 가까이 설치하고, 연소로에 부압을 적게 주어 역화를 방지하여야 하고 연통높이는 적어도 온실의 천장보다 1m 높게 설치하는 것이 좋음
- 배기가스 온도는 보통 250~300℃로 이를 회수하여 온풍 또는 온수지중난방에 이용하는 배기열 회수장치가 사용되고 있으며, 이러한 장치는 온풍난방기의 배기가스 배출기 뒤에 부착되어 있으므로 연소부압문제는 없으나 최종 배기가스온도가 100℃ 이하로 내려가면 배기가스중의 황산화물(SO_x)이 가스수증기와 결합하여 황산(H₂SO₄)이 되어 연통을 부식시킬 우려가 있음
- 일부 농가에서는 배기열을 100% 재이용하기 위해 온실의 중앙부에 설치하고 연통을 길게 온실을 가로질러 측면으로 설치한 경우도 있음
 - 이런 경우 온풍난방기의 부압이 커져 역화가 일어날 수 있으며, 연통으로 맞바람이 불면 버너는 연도부압을 받아서 종종 연소가 중단되거나 화재의 위험이 있으므로 주의가 요망됨

마) 온풍구와 덕트

- 온풍구는 열교환기에서 가열되어진 공기를 온실로 배출되는 출구
- 대부분의 온풍난방기는 2개의 온풍구를 좌우에 두고 있으며, 온풍구의 형태는 원형, 마름모꼴 등 다양한 형태가 있으며 온풍구에서 나오는 온풍은 덕트를 통하여 온실 안으로 골고루 분산됨
- 덕트의 배치는 직경이 큰 주 덕트에서 직경이 작은 분배덕트로 연결하여 사용하고 있으나 이러한 덕트배치로는 온실의 양측과 후반부는 중앙보다 온도가 낮아 온도분포를 균일하게 유지하기가 곤란
 - 분배 덕트의 직경을 작게 하여 풍속을 높여 덕트 내 거리에 따른 온도변화를 최소화 시켜 온풍을 공급하거나 덕트에 있는 구멍의 크기를 조절하거나 환기팬을 구동시켜 온실내의 온도편차를 줄이는 방법 등이 사용되고 있음



바) 컨트롤러

- 온풍난방기의 운전은 먼저 온도센서로 온실내의 온도를 감지한 후, 설정 온도 이하이면 버너의 송풍팬이 작동하여 연소로에 잔류하고 있던 연료 잔류분을 깨끗이 연통으로 배출한 후 버너를 작동
- 버너의 작동으로 연소가 시작되어 열교환기의 온도가 일정온도에 이르면 송풍기가 작동되어 연소열을 온풍으로 변환시켜 온실내로 배출시킴
- 과열방지기(팬리미트)는 열교환기의 온도가 너무 높을 때(약 150℃) 버너의 운전을 정지시키며 송풍기의 운전은 계속하고 40℃ 근처에서 송풍기를 정지

<컨트롤러 배선도>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
전원		경보	버너 모터		과열		녹	녹	적
버너							센서		경보 입력

11	12	12	14	15	16	17	18	19	20
주	환풍 입력	검	흰	파	노	외부경고		반자동	
환풍 출력		송풍기 1	송풍기 2	변온기전원					

(2) 온수난방 방법

(가) 온수난방 시설용량 결정

- 온수난방은 100℃ 이상의 고온수를 사용하는 고온식과 65~85℃의 저온수를 사용하는 저온식이 있으나 보통 저온식을 많이 사용

$$Q_B = (Q_g \cdot f_{hB} + Q_{loss}) (1 + \gamma)$$

Q_B : 보일러 필요용량(kcal/h)

f_{hB} : 배관방식에 따른 보정계수(상부배관의 경우 1.05~1.1, 하부배관의 경우 1.0~1.05)

Q_{loss} : 온실 밖 배관일 경우의 열손실(kcal/h)

γ : 안전계수(방열핀이 없는 배관의 경우 0.3, 방열핀이 있는 배관의 경우 0.2)

(나) 방열관의 길이 결정

○ 방열관의 길이는 최대난방부하를 사용하여 결정

$$L_p = Q_g \cdot f_p / q_p$$

L_p : 필요한 방열관 길이

f_p : 수직으로 겹친 배관수에 따른 보정계수(겹친 배관수 2~6단에서 1.0~1.4로 함)

q_p : 방열관 단위 길이당 방열량(kcal/m/h)

(방열핀이 없는 배관의 경우 100~150 kcal/m/h, 핀이 있는 배관의 경우 400~650 kcal/m/h)

○ 배관 내에서의 온수 순환속도는 방열량, 기포방지와 배관설비의 경제성을 고려하여 0.5~1.0 m/s 범위가 적당

- 온수난방의 방열성능은 기본적으로 방열관에 의해 좌우

(백관+알루미늄 에어로핀 방열관의 방열성능은 1,920kcal/h·m)

- 1,000m²(300평) 온실의 난방부하가 120,000kcal/h일 때, 백관+알루미늄 에어로핀 방열관의 길이는 약 63m 정도가 필요하며, 방열 효율을 높이기 위해서는 방열관 주위의 공기유동이 활발해야 함

<알루미늄 압출 방열관의 방열성능>

유량(L/min)	열매체 온도별 방열성능(kcal/m/h)		
	60℃	70℃	80℃
10	120	300	480
20	240	480	720
30	360	720	900
40	480	960	1440

<백관+알루미늄 에어로핀 방열관의 방열성능>

유량(L/min)	열매체 온도별 방열성능(kcal//m/h)		
	60℃	70℃	80℃
10	300	360	420
20	840	960	1080
30	1260	1350	1440
40	1440	1680	1920

주) 농업에너지 이용 기술의 이해와 실제(농촌진흥청 농업공학연구소)

(다) 온수보일러

- 온수보일러는 사용연료에 따라 경유보일러, 중유보일러, 석탄보일러, RDF보일러, 폐타이어보일러, 장작보일러 등으로 구분되며 연소장치, 노통, 수관, 축열조, 순환펌프로 이루어져 있음
- 경유나 중유보일러는 일반적으로 난방기의 노통에 2중 물벽을 더 하고 노통 내에 수관을 배치하여 수관 내로 물을 강제순환시켜 온수를 얻는 구조로 되어 있음

다. 온실난방기의 유해가스 피해

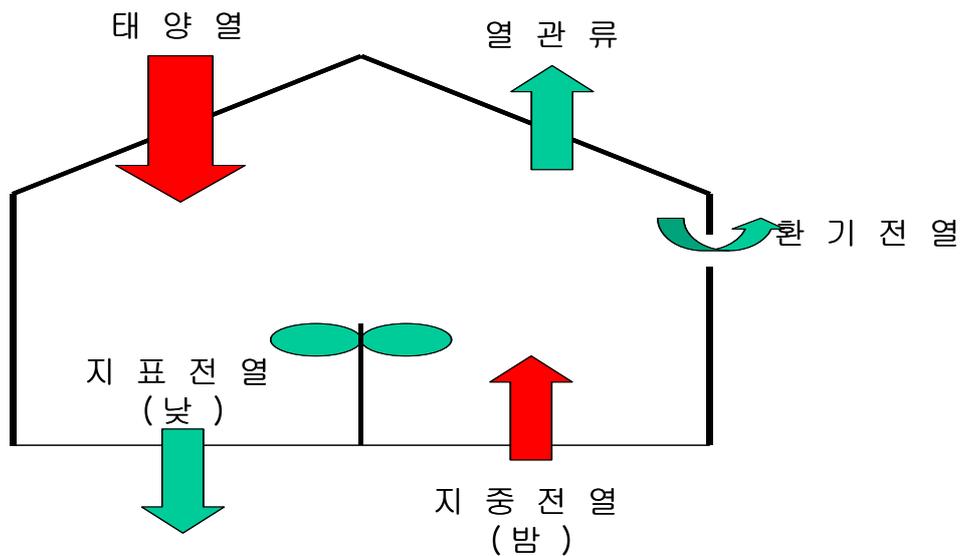
- 온실에서 난방기와 관련되는 작물피해 원인은 난방기의 품질 불량, 화재, 배기가스 유출 등이 있으며, 온실재배 특성상 커다란 재산피해로 이어짐
- 화재는 주로 난방용량 부족으로 인한 난방기의 과열, 전기시스템의 누전, 난방기 주변의 인화물질 등이 원인이 되어 일어남
- 아질산가스(NO , NO_2)는 직접열식 난방기의 배기가스에 포함되어 있으며, 양이 적어서 크게 문제되지는 않으나 과도한 경우 엽맥사이 엽록흑갈색의 반점, 피사낙엽, 기공 주변탈색을 유발시킬 가능성이 있음
- 연소가스 중에서 식물에게 가장 해가 되는 가스는 아황산가스(SO_2)로 물과 결합하여 황산이 생성됨
 - 주요 증상으로는 수침상, 흑갈색의 반점, 엽맥사이 황백화가 발현됨
 - 연료에 포함된 황(S)이 연소 시 공기중의 산소(O_2)와 결합되면서 발생하며 경유, 중유, 액화가스는 소량의 황을 함유하고 있으나 C 중유에는 무게 기준으로 4% 이하로 가장 많이 포함되어 있음
- 에틸렌가스(C_2H_4)는 프로판가스(C_3H_8)를 연료원으로 하는 직화식 난방기의 부적절한 사용으로 발생
 - 작물에 따라서 0.2ppm만 존재해도 작물에 치명적 손상을 일으킴
- 그 외 연소 배기가스에는 속하지 않지만 미연소 탄화수소로 직화식 연소기나 화석연료를 사용하는 탄산가스 공급기에서 발생
 - 연소기의 연료관 불량 및 솔레노이드 오픈상태에서 광전기(Pilot light)가 작동하지 않을 때 연료가 바로 분출하여 작물에 피해(난방기 운전자의 세심한 주의가 요구됨)
- 미연소 탄소는 검댕이라고도 하는데 간접열식 난방기는 전부 연도를 통하여 대기로 배출되어야 하나, 간혹 연소로나 열교환기의 결합으로 온실내로 배출되어 작물에 해를 끼치는 경우도 있음

Ⅲ. 온실의 보온력 향상 기술

1. 온실보온의 원리

- 맑은 날 낮 동안에 지표에 도달하는 태양열은 1m^2 당 $2,500\text{kcal}$ 이나 온실 피복재에 의하여 차단되거나 반사되어 온실내부로 투과되는 열량은 $1,500\sim 1,750\text{kcal/m}^2$ 정도임
- 이때 햇빛은 $295\sim 3,000\text{nm}$ 의 단파장에서 온실이 포복면을 통과하면서 $3,000\sim 50,000\text{nm}$ 의 장파 열에너지로 바뀌면서 열선화되어 하우스 내로 들어옴
- 하우스 내로 입사한 광선은 토양에 흡수되어 먼저 지온이 높아진 후 지면과 공기사이에 열교환이 일어나 온실내의 공기가 더워짐
 - 이러한 하우스 내의 열에너지는 피복재에 의하여 외부로의 방열이 차단되므로 하우스 내의 온도는 상승됨
- 야간에는 태양열이 없기 때문에 실내 공기중의 열은 대부분 피복재 등을 통하여 방열되고 결국 온실내부 토양에 유입된 열량 중 $10\sim 15\%$ ($175\sim 225\text{kcal/m}^2$) 정도가 온실의 보온에 사용됨
- 따라서 난방을 하지 않을 경우 급속히 기온이 저하되므로 여러 가지 수단을 이용하여 방열을 최대한 억제시켜야 하는데 이를 온실의 보온이라고 함
- 하우스 내의 온도 편차가 클수록, 외부에서 바람이 강하게 불수록 방열량이 많아지고, 하우스의 밀폐도가 낮을수록 보온성은 낮아짐

- 일반적으로 온실내에서의 열손실은 피복재를 통한 방열(관류열량)이 전체 열손실의 60~80%, 피복재의 틈이나 창틈을 통과하여 방열하는 양이(환기전열량) 10~20%이며 하우스 상면과 토양과의 열교환(지표전열량)은 지역에 따라 다르며 대체로 0~30%임
- 피복재 또는 보온재의 선택에 따라 보온성능의 차이가 커 난방에너지 손실에 큰 차이가 있으므로 주의가 필요함



<온실 유형별 열수지 분석>

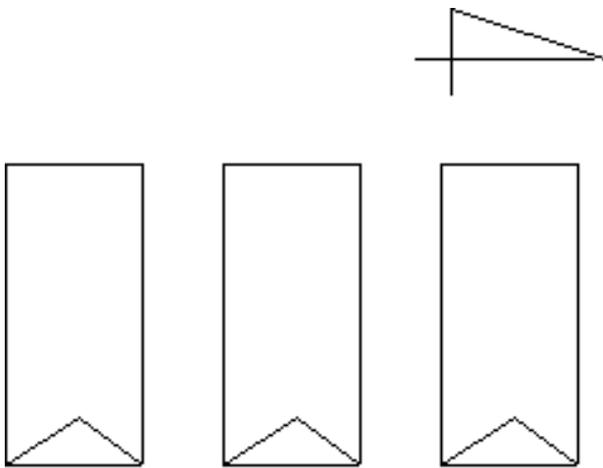
(단위 : kcal/m²/h)

항 목		유리온실	PC온실	PET온실	PE하우스
유입 요인 (A)	유입일사량	1,194	1,096	1,050	1,095
	지중전열량	151	347	339	175
	가온전열량	1,510	1,269	1,268	1,299
	계	2,855	2,712	2,657	2,569
소모 요인 (B)	벽면전열량	2,220	2,260	1,928	2,276
	환기전열량	430	310	485	182
	계	2,650	2,570	2,413	2,458
B/A(%)		92.8	94.8	90.8	95.7

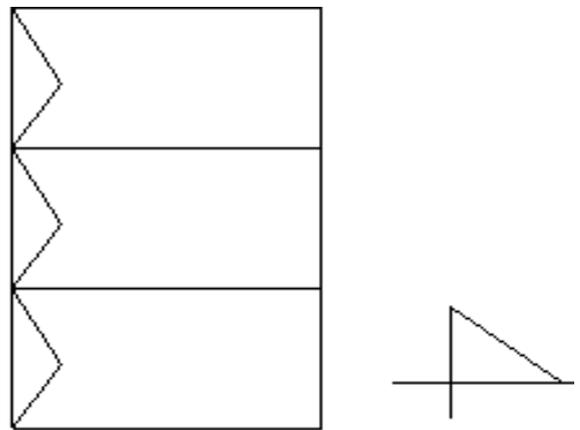
2. 온실의 보온력 증대 방안

가. 광투과율 극대화

- 가능한 한 햇빛을 온실 내부로 많이 유입시키는 것이 필수적이며, 자연 상태에서 주어진 에너지를 최대한 활용해야 함
 - 태양에서 방사된 에너지를 온실 내부로 많이 들어오게 하는 방법
- 온실은 단동에서는 동서, 연동에서는 남북으로 설치(길이)
 - 단동에서는 동서로 길이 방향을 유지하는 것이 겨울철에 남북으로 유지하는 것 보다 10% 정도 광투과율이 높음
 - 연동에서는 남북으로 설치하는 것이 아침과 저녁에 투광량이 많아져서 온도 상승이 빠름



온실길이방향(단동-동서동)



온실길이방향(연동-남북동)

<온실의 형태와 설치 방향에 따른 광투과율>

광투과율 계절	단 동				연 동(S형)			
	남북동		동서동		남북동		동서동	
	S형 (30°)	A형 (15°)	S형 (30°)	A형 (15°)	15°	30°	15°	30°
겨울	71%	71	84	83	65	65	62	75
초봄(초겨울)	76	76	80	80	70	71	67	74
봄(초가을)	80	82	73	75	76	77	74	73
여름	83	83	74	77	82	82	78	75

주) S형: 양지붕형, A형: 아치형, 지붕경사각: 15°, 30°

- 온실의 골조율은 평면도에서 나타난 상면적에 대한 골조면적의 비율을 말하며 가급적이면 단면계수가 큰 골조를 사용하여 간격을 넓게 설치하여 골조율을 낮추는 것이 광투과율을 높일 수 있음
 - 아치형 온실은 하나의 연결된 구조물로 기둥과 서까래를 구성하여 양지붕형 온실보다 골조율이 낮음
 - 일반적으로 고강도 경량형 홈통과 알루미늄 합금으로 구성된 벤로 온실이 비교적 구조물의 폭이 넓고 H형강, C형강 등으로 구성된 양지붕형보다 골조율이 낮음

- 광투과율이 높은 피복자재를 사용
 - 광투과율이 우수한 유리는 90% 이상의 광투과율을 보이며 플라스틱 소재 가운데 불소계 수지인 ETFE나 MMA와 같은 소재의 피복자재는 피복 초기 광투과율이 92% 이상으로 높음
 - 비닐하우스에서 많이 이용하는 연질필름으로는 PVC, EVA, PE 순으로 광투과율이 높음

<온실 유형별 골조율, 광투과율, 환기면적률>

온실유형	골조율(%)	광투과율(%)	환기면적률(%)
유리온실(양지붕형)	18~20	65~70	25~30
유리온실(벤로형)	10~12	70~72	10~15
경질온실	13~15	65~67	25~30
비닐하우스	8~10	60~65	20~25

주 : 1) 광투과율은 피복자재 및 기타 부대장치에 의한 차광률을 고려
 2) 환기면적률은 전체 표면에 대한 환기면적의 비율임

○ 방적성이 우수한 피복자재를 사용

- 온실 내외의 온도 차이로 내부의 습공기가 응축되어 피복자재에 물방울이 맺히면 투광률을 떨어뜨려 햇빛의 유입을 억제하고 다습으로 인한 병 발생도 많아짐
- 물방울을 빨리 흘러내리게 하는 방적성은 일반적으로 농업용 필름에 계면활성제를 첨가하는 방법을 이용하고 있음
- 온실에서 환기덕트를 이용하여 환기를 적절하게 시키는 것도 보온성을 유지하면서 방적성을 향상시킬 수 있는 방법임

<연질피복자재 종류별 방적성>

피복자재	수적량 (mL/100m ²)	무적(無滴)상태 투광률(%)	유적(有滴)상태 투광률(%)
PE필름	2.51	88	80
EVA필름	2.45	89	79
직조필름	0.55	80	77

○ 먼지 등에 오염이 적은 피복자재를 사용

- 유리는 보통 20년 정도의 수명을 가지는데 피복자재 가운데 오염이 가장 적고 오염이 되더라도 옥살아세트산이나 시중의 세정제 등으로 세척이 용이
- 플라스틱 소재로는 ETFE나 직조필름 등이 비교적 오염이 적고 PVC나 EVA는 오염이 심한 편임

<연질피복자재 종류별 방진성>

피복자재	피복후 경과일수(일)	먼지부착량(mg/m ²)	광투과율(%)
PE필름	0	-	71.1
	89	48.5	60.1
	180	49.9	57.5
	351	52.4	53.7
EVA필름	0	-	73.6
	89	49.7	62.4
	180	52.2	58.9
	351	56.5	54.8
직조필름	0	-	65.4
	89	48.8	55.7
	180	49.1	54.5
	351	50.4	53.1

나. 피복자재의 열관류율 최소화

○ 열관류율이 적은 피복자재나 피복방법 사용

- 자재의 고유 열전도도 : 물체의 길이에 반비례하므로 열전도도가 높고 두께가 얇을수록 열이 잘 통과됨
- 피복자재와 직접 접촉하는 골조자재는 열전도율이 낮은 자재 사용
- 열관류율 : 피복자재와 같은 투명한 물체의 일정한 면적에서 빠져 나가는 열특성
- 온실 표면적은 대부분 피복자재로 덮여 있으므로 열관류율이 작을수록 보온성은 우수

<온실 자재 구성별 열전도율>

재료	열전도율(W/m/K)
구리	386
알루미늄	204
탄소강	54
유리	0.75
플라스틱	0.2~0.3
물	0.6
수소	0.18
공기	0.026

주) 열전도율은 절대온도 300K 기준임 ($K = ^\circ C + 273$)

○ 장파 투과율이 낮은 피복자재 사용

- 피복자재는 열에너지인 장파의 투과율이 낮고 반사나 흡수율이 높은 것이 보온성이 높음
- 투명자재로는 유리가 95%의 흡수율과 5%의 반사율을 가지며 투과율은 거의 나타나지 않아 보온성이 우수
- 플라스틱자재로는 PVC의 장파투과율이 25~45% 정도로서 PE나 EVA보다 낮아 보온성이 우수(최근에는 소각이나 매립할 경우 환경부담이 큰 PVC를 대체할 PO계 필름이 유럽이나 일본에서 개발되어 국내에도 보급됨)
- 같은 재질이라도 두께가 얇을수록 5~20% 정도 장파투과율이 높으므로 가급적 두꺼운 피복자재를 사용하는 것이 보온성이 우수함
- 알루미늄 분말이 혼합되거나 증착된 필름을 제외한 부직포나 화학섬 등은 비록 장파의 흡수율이 높아 열을 가두는 능력이 크다 하더라도 통기성이 크므로 두께가 2~10mm 이상이고 압축 처리되어 강도를 유지하여야만 보온자재로서 기능을 유지

<보온 피복자재의 장과 투과율, 흡수율 및 반사율>

보온 자재 및 두께(mm)		흡수율(%)	투과율(%)	반사율(%)
PE	0.05	5	85	10
	0.10	15	75	10
EVA	0.05	15	75	10
	0.10	35	55	10
PVC	0.05	45	45	10
	0.10	65	25	10
PET	0.05	60	30	10
	0.10	80	10	10
	0.175	85>	5<	10
부직포		90	-	10
화학솜		95	-	5
발포 PE		95	-	5
PVA		90>	-	10<
유리		95	-	5
경질판 (PC, MMA, FRP 등)		90	-	10
알루미늄 혼입 PE필름		65~75	-	25~35
알루미늄 증착필름	OPP계	15~25	-	75~85
	PE계	25~40	-	60~75

다. 온실 틈새에서 빠져나가는 환기전열 최소화

- 창, 출입문, 기타 연결부위에서 생기는 틈새를 철저히 밀폐해야 함
- 아치형 비닐하우스가 유리온실과 같은 양지붕형 시설보다 밀폐 시 환기 횡수가 적어 보온이 양호함
 - 천창, 측창 및 출입문 등 수시로 개폐가 이루어지는 부위는 밀폐를 철저히 하여 보온성을 높여야 함

<온실유형별 밀폐시 환기횟수와 유류소모량 비교>

시설유형	밀폐시 환기횟수 (회/h)	유류소모량 (L/m ²)	유류소모지수 (PE 하우스 기준)
유리온실	1.57	8.7	116
PC온실	1.98	9.1	121
PET온실	2.05	9.3	124
PE하우스	0.53	7.5	100

라. 가운데 필요한 난방공간을 최소화

- 과채류의 생육정도 및 작업성 고려하여 보온커튼의 높이를 조절
 - 고추, 오이, 토마토, 멜론과 같은 과채류는 생육 초기에는 비교적 낮은 높이에 커튼을 설치할 수 있으므로 밤에 가운데 필요한 공간을 최소화할 수 있어 난방비를 30~40% 정도 절감 가능
- 분화류와 같이 키가 작은 작물은 시설 내 터널을 설치하여 내부 공간만 가온
 - 난류, 칼라코에 등과 같이 비교적 적은 생육공간을 차지하는 작물은 터널과 같은 적은 공간만 효율적으로 난방하면 난방비를 45~50% 정도 절감할 수 있음



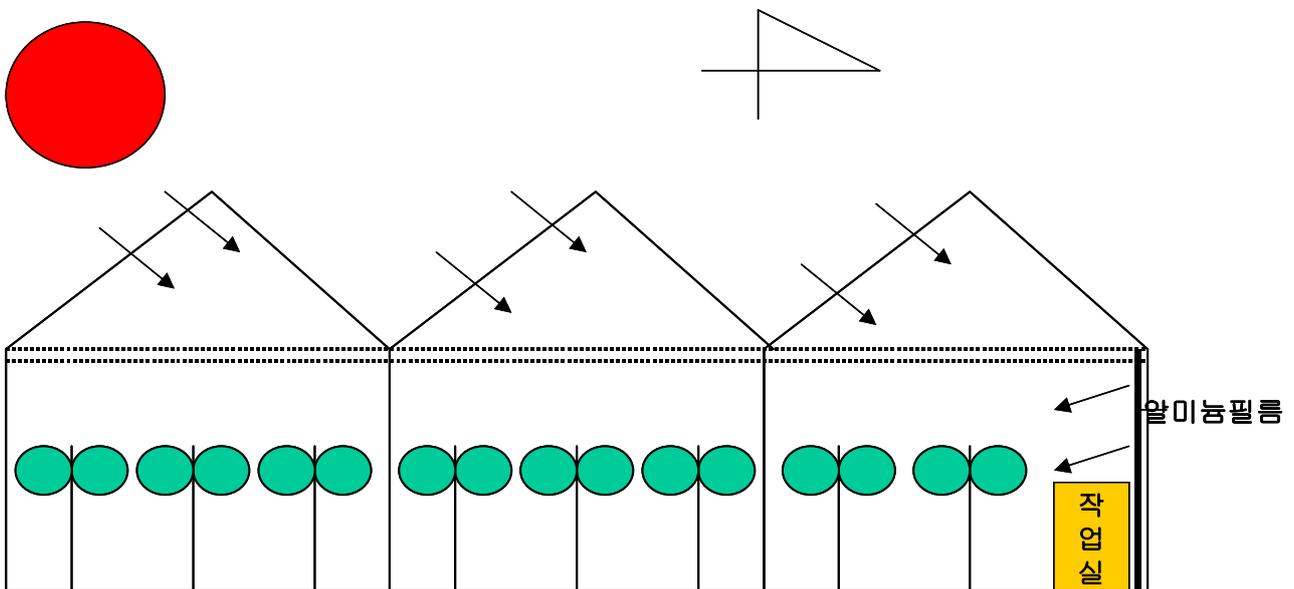
<수평식 상하이동커튼>



<분화류 터널난방>

마. 북쪽 내부 벽면에 반사필름 설치

- 온실의 북쪽에 알루미늄 필름처럼 반사율이 큰 자재로 고정식 수직 커튼을 부착하고 작업실을 설치
 - 겨울철에 온실에서 북측 벽면을 통하여 햇빛이 빠져나가므로 북측 벽면에 광 반사가 잘되는 알루미늄 필름을 고정, 부착하면 광이용률 향상
 - 공기층이 두꺼워 보온성이 우수한 화학솜이나 발포 폴리에틸렌(폴리폼)과 같은 보온자재를 내구성이 우수한 미니마트(직조섬유)나 연질필름(두께 0.15mm 이상)으로 구성된 다겹의 보온자재로 벽면을 덮으면 보온성을 강화시킬 수 있음
 - 북쪽벽 가까이 유인자재나 수확자재를 놓아두거나 간단한 작업실을 설치하면 북쪽의 찬 공기를 완충시키는 역할 가능



3. 에너지절감 보온력 향상 기술

가. 예인권취식 수평커튼 개폐장치

(1) 연구배경

- 온실에서 사용되고 있는 커튼 개폐방식은 와이어 등으로 커튼을 끌어당겨 커튼을 열고 닫는 예인식 커튼 개폐방식과 일정한 경사를 따라 권취축이 이동 회전하면서 커튼을 감아 열거나 풀어 내려서 닫는 권취식 커튼 개폐방식이 사용되고 있음.
- 온실 커튼장치에 의한 그늘은 예인식 커튼 개폐장치의 경우 5~10%를 차지하며, 커튼 그늘에 의한 작물생육 불량 및 생산량 감소는 15~20%에 달함



<예인식 커튼장치>

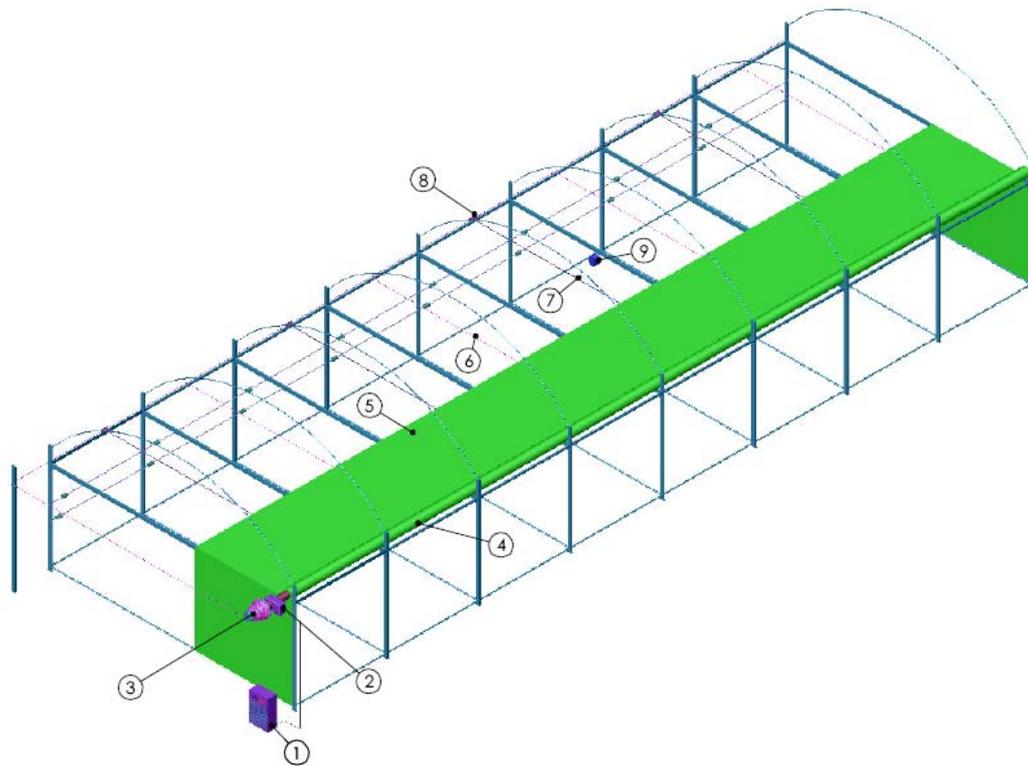


<예인권취식 커튼장치>

(2) 구조 및 특징

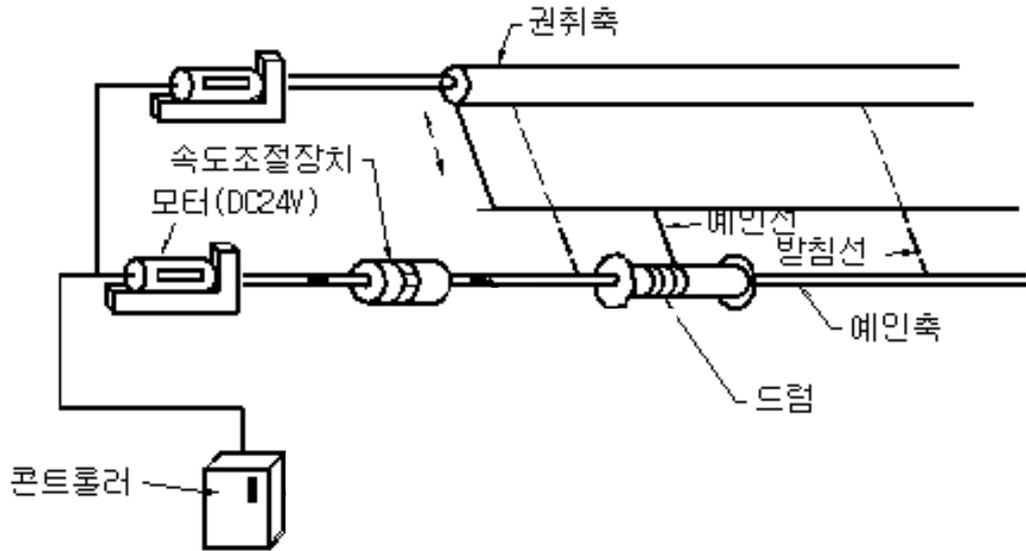
- 예인권취식 수평커튼 개폐장치는 커튼을 와이어 등으로 끌어 당겨 커튼을 감거나 풀어주는 장치로, 온실 한쪽에 설치된 권취축은 고정되어 있고, 권취 횟수에 따라 커튼 감김이나 풀림속도가 자동으로 조절되게 되어 있음
- 장치의 구성은 개폐모터 및 안전장치(②), 권취부(④), 예인부(③, ⑦, ⑧), 센싱 및 제어부(①, ⑨) 등으로 구성됨

- 커튼을 끌어당기는 예인줄에 힘이 균일하게 걸리도록 자동조절되어 권취상태를 일정하게 유지시키며, 만약 예인줄이 권취드럼에 엉켜 과부하를 받을 때에는 권취축이 공회전되도록 하여 커튼이 찢어지거나 예인줄이 끊어지지 않도록 고안되어 있음



(3) 예인권취식 수평 커튼 개폐장치의 작동원리

- 수평커튼 개폐장치의 제어반에는 전원스위치, 자동 또는 수동 조작 스위치가 구비되어 있고, 제어반의 스위치를 자동으로 선택하면 온도센서의 신호와 컨트롤러에 설정된 커튼 개폐의 목표치를 비교하여 개폐모터에 신호를 보내어 권취축을 정회전 또는 역회전시킴으로써 커튼을 감거나 풀어 펼침
- 커튼에 과부하가 걸릴 때는 권취축과 개폐모터 사이에 브레이크 디스크판과 같은 안전장치가 삽입되어 있어 이 부분이 공회전함으로써 커튼의 감김이나 c풀림속도를 자동으로 조절



(4) 예인권취식 수평 커튼 개폐장치의 효과

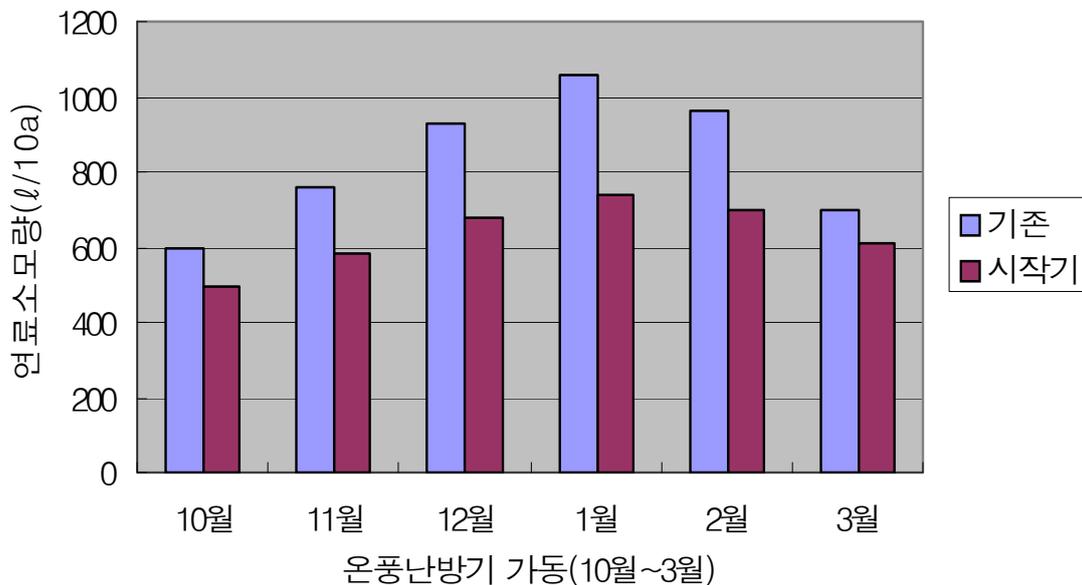
(가) 커튼 그늘면적 감소

- 온실폭 7m 개폐시 커튼재의 종류에 따라 차이가 있으나 예인권취식 수평커튼은 커튼을 완전히 감았을 때 최대 권취폭이 15~35cm로 나타나 관행 예인식 및 랙앤피니언식의 커튼 접힘폭 90~120cm, 63~75cm에 비해 그늘면적을 70~80% 감소시킬 수 있음

구 분	개폐폭 (cm)	접힘폭 또는 권취폭(cm)	개폐속도 (cm/s)	평균축토크 (kgf·cm)
예인식(관행)	700	90~120	3.3	-
랙앤피니언식(관행)	700	63~75	2.5	-
예인권취식	700	15~35	1.7	5.3

(나) 난방에너지 절감 효과

- 일반 부직포 커튼에 비해 5중 누빔 보온커튼을 사용했을 때 온도는 평균 4~5°C 상승
- 비닐하우스 1,000m²(300평)을 기준으로 온풍난방기의 연료 사용량은 10월부터 3월까지 기존 부직포 커튼장치에서는 5,010L의 경유가 소요된 반면, 예인권취식 커튼장치의 5중 누빔 보온커튼재를 사용했을 때는 3,797L로 월별로 18~31%의 난방에너지 절감 가능



(5) 실용화 성과

- 산업재산권 출원 및 등록
 - 특허 출원명 : 온실에 이용하는 수평커튼 자동개폐방법 및 장치
 - 특허등록 : 제 10-232054호 ('99. 8)
- 산업체 기술이전 : (주)21C우리농업(2003. 5) 등

(6) 농가이용 사례

○ 이용농가 : 경기도 양감면 정문리

파프리카 농장 대표 박준서(016-374-9266)

○ 구입동기

- 동절기에 재배되는 파프리카의 적정 온도를 유지하기 위하여 많은 양의 유류가 소모되고 있고 유류가격의 지속적인 상승으로 인한 경영비 압박으로 소득이 감소되는 시기에 농업기술센터의 소개로 도에서 실시하는 도비 특수시책사업의 일환으로 도입

○ 시설현황

- 1-2W형 비닐하우스 2,200평에 파프리카 재배를 하고 있음

○ 이용효과

- 예인권취식 커튼 개폐장치 설치후 난방 보온효과가 우수하여 7,260m² (2,200평) 파프리카 농장에 연간 56,000L의 경유를 사용하여 커튼장치 설치 전의 약 73,000L에 비하여 약 23%의 에너지 절감



<커튼을 감는 상태>



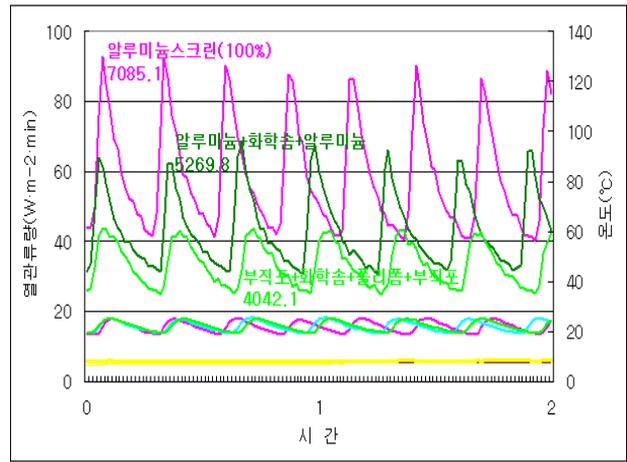
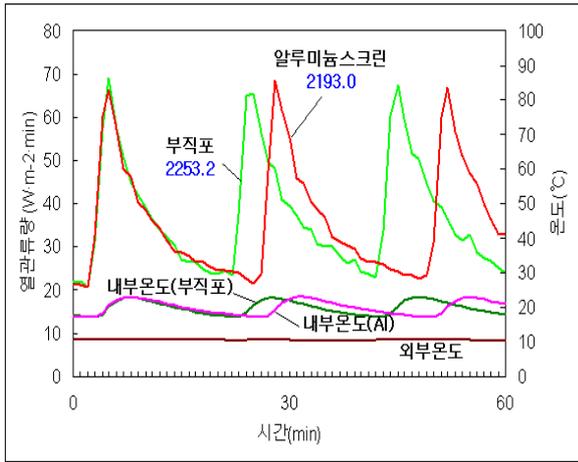
<커튼이 펼쳐진 상태>

나. 수평 예인권취식 다겹보온커튼

- 연동형 온실의 경우 주로 부직포, 알루미늄 스크린 등의 보온자재를 중방 윗부분에 수평방향으로 1중 또는 2중으로 설치하고 예인선, 개폐축, 드럼 등을 전동모터와 연결하여 개폐하는 방식을 많이 사용하고 있으나 보온자재의 두께나 재질을 선택하는데 한계가 있음
- 커튼을 개폐할 때 예인선의 균형이 맞지 않아 고장이 자주 발생하고 있지만 보수나 교체작업이 용이하지 않고 비용이 많이 소요되는 문제점이 있음
- 수평예인권취식 다겹보온커튼은 여러 종류의 보온자재를 몇 겹으로 겹쳐서 누빈 자재를 사용하여 보온력이 높으며, 예인권취 개폐방식을 도입하여 작동시 고장이 적고 내구성이 좋아 연동형 비닐하우스나 유리온실, 광폭형 무기둥 하우스 등의 보온커튼 개폐장치로 적합

(1) 다겹보온커튼의 열관류량과 보온력

- 보온용 커튼자재별 열관류량
 - 농가에서 가장 많이 사용되고 있는 부직포는 알루미늄스크린보다 열관류량이 많아 보온성이 낮았음
 - 알루미늄+화학솜+알루미늄의 3겹보온자재는 알루미늄스크린에 비해 열관류량이 약 34% 적었음
 - 조합형 다겹보온자재(부직포+폴리폼+화학솜+부직포+폴리프로필렌)가 3겹 보온자재에 비해 열관류량이 30% 정도 적어 조합형 다겹보온자재의 보온효과가 가장 좋았음
 - 열관류율은 폴리폼 98.2%, 부직포 92.2%, 화학솜 89.8%, 다겹보온자재 58.9%로 나타나 단일소재의 보온자재를 여러 겹으로 조합할 경우 보온효과가 높아지는 것으로 나타났음



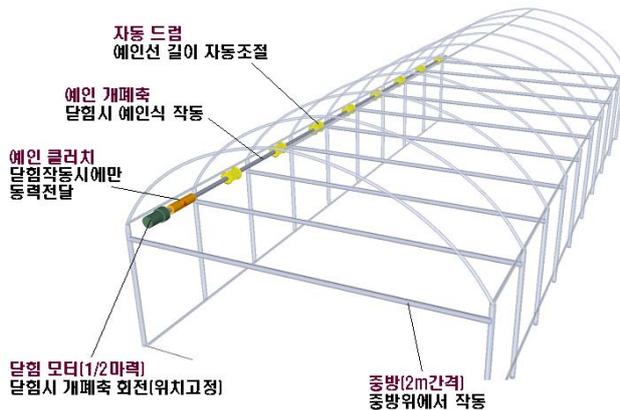
<보온자재 종류별 내외표면의 열관류량 및 열관류율>

구분	열관류량(W/m/h)		열관류비율(A/B) (%)
	내표면(A)	외표면(B)	
폴리폼	2945.4	2999.4	98.2
부직포	2850.3	3093.0	92.2
화학섬	1251.7	1394.1	89.8
다겹보온자재	776.7	1268.0	58.9

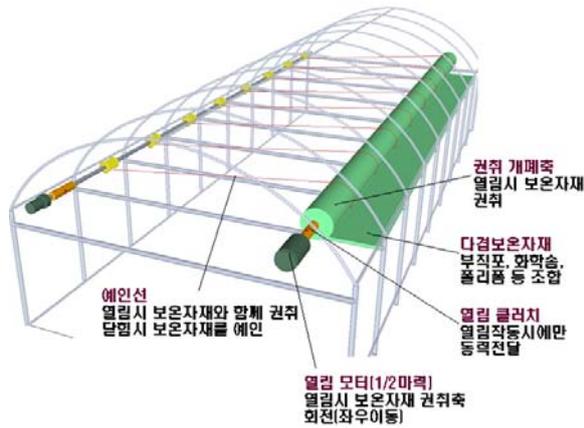
(2) 구조 및 작동원리

- 수평예인권취식 다겹보온커튼은 예인선과 드럼을 이용하는 기존의 부직포 커튼이나 알루미늄스크린에 주로 사용되는 예인 개폐방식과 비닐하우스의 환기창 개폐장치에 주로 사용되는 권취식 개폐방식을 병행하여 두꺼운 보온자재를 원활하게 개폐할 수 있고 작동성과 내구성이 우수하도록 고안됨
- 예인권취식 다겹보온커튼의 구조는 커튼이 닫힐 때에는 예인식으로 작동하는데, 온실의 한쪽 기둥 측고부위에 베어링으로 회전축을 고정하고 닫힘 모터와 자동조절드럼을 부착하여 예인선이 드럼의 띠 홈에 감기면서 다겹보온자재를 끌어당겨 펼칠 수 있도록 되어 있음

- 이때, 예인되는 개폐축과 다겹보온자재는 중방 위에서 작동되며 자동드림은 여러 가닥인 예인선의 균형을 맞추기 위해 예인선에 전달되는 장력이 일정 수준 이상이 되면 다른 예인선의 장력과 동일하게 될 때까지 공회전하여 보조를 맞추어 주므로 예인선이 드림에서 이탈되거나 엉기지 않아 개폐작동 시 발생하는 고장을 최소화



- 커튼을 말아서 한쪽으로 모아 두는 열림 작동시는 권취방식으로 온실의 반대쪽 기둥 측고부위에 다겹보온자재의 한쪽 끝을 고정하고 권취축에 열림 모터와 클러치를 부착하여 예인선과 보온자재를 동시에 말아서 곡부 물받이 하부에 밀착되도록 하여 보온자재로 인한 그림자를 최소화시킴
- 개폐모터와 함께 부착되는 클러치는 정역방향의 한쪽으로만 힘이 전달될 수 있도록 조절하는 역할을 함으로써 커튼이 열릴 때 예인선이 감기는 자동드림에 과도한 부하가 작용하지 않고 닫힐 때에도 두꺼운 다겹보온자재를 펼치는 데 큰 힘이 들지 않도록 하여 개폐작동을 원활하게 해줌



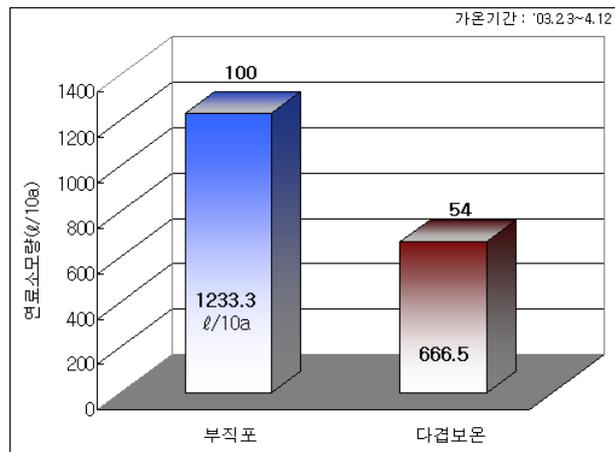
- 부직포 커튼의 경우는 온실폭을 기준으로 중앙에서 양쪽으로 열리도록 커튼클립으로 부직포를 끌어당기면서 개폐시키는 방식
 - 예인권취식 다겹보온커튼은 한쪽 기둥에서 반대쪽 기둥까지 온실 폭 전체를 한꺼번에 감아서 말거나(권취식) 끌어서 펼치는(예인식) 방식

- 부직포 커튼은 열림 작동이 끝난 상태에서도 부직포가 곡부 물받이 아래에 밀착되지 않아 접히는 폭이 넓어지게 되므로 온실 내부에 그늘이 많이 발생하나 다겹보온커튼은 권취축에 보온자재가 말려 감기게 되므로 완전히 열린 상태에서 곡부물받이 아래에 밀착시켜 정리되므로 내부에 그늘이 거의 생기지 않음



(3) 설치 효과

- 예인권취식 다겹보온커튼과 부직포커튼을 설치한 온실에 풋고추를 재배하여 난방비 절감효과 및 생육 비교 시험을 실시한 결과, 다겹 보온커튼을 설치한 온실에서 46%의 연료절감 효과가 나타났음
- 다겹보온커튼을 설치한 온실에서 엽수 및 분지수가 많았고 주경장, 초장 등 전반적인 생육이 좋았으며, 초기수량도 27%가 증가되었음



<작물생육 상태(농촌진흥청 원예연구소)>

다. 중앙권취식 보온터널 자동개폐장치

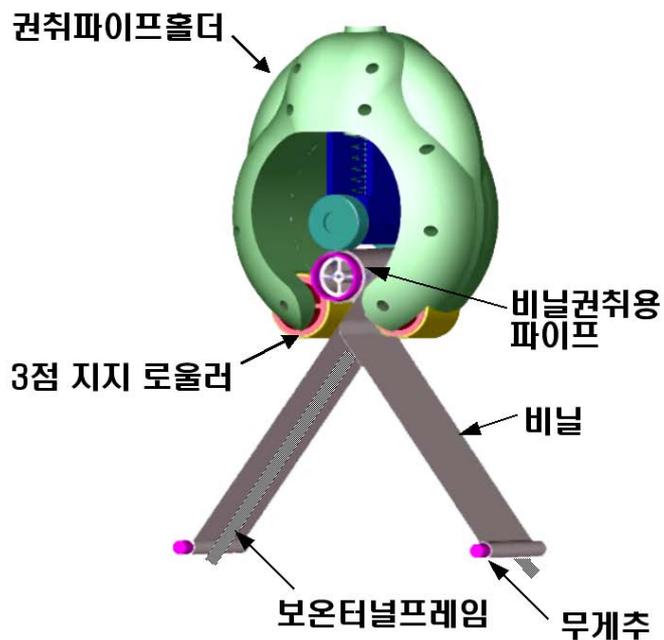
(1) 개요 및 특징

- 온실내에 보온터널을 설치하여 재배하는 경우, 보온터널의 개폐를 자동화 한 장치
- 온실내에 보온터널을 설치하면 최대 60% 이상의 난방비용을 절약할 수 있으나 보온터널을 일일이 사람이 여닫아 주어야 하기 때문에 보온터널 재배기술의 보급이 제한되고 있음
- 중앙권취식 보온터널 개폐장치는 보온터널의 개폐를 간단한 구조로 자동화하여 보온터널 재배기술의 보급기반을 조성하였음
- 중앙권취식 보온터널 개폐장치를 이용하면 온실내부에 설치된 모든 보온터널을 동시에 개폐할 수 있으며, 특히 베드재배의 경우에는 코일튜브 열교환기와 병행하여 사용하면 난방비 절감효과를 극대화 할 수 있음
- 또한 중앙권취식 보온터널의 피복재로 이용되고 있는 필름을 보온력이 우수한 재질로 교체할 수 있는 방안을 마련하여 보온력을 증대시킴으로서 저온성 작물의 무가온 재배에 적극 활용할 수 있도록 해야 함
- 멜론, 파프리카, 토마토, 오이 등은 줄기의 유인이 필요하므로 중앙권취식 보온터널 개폐장치의 적용을 위해서는 보온터널내부에 유인줄을 설치할 수 있는 구조물을 설치하거나 발상의 전환을 통한 새로운 재배양식의 개발이 요구됨



(2) 상세구조

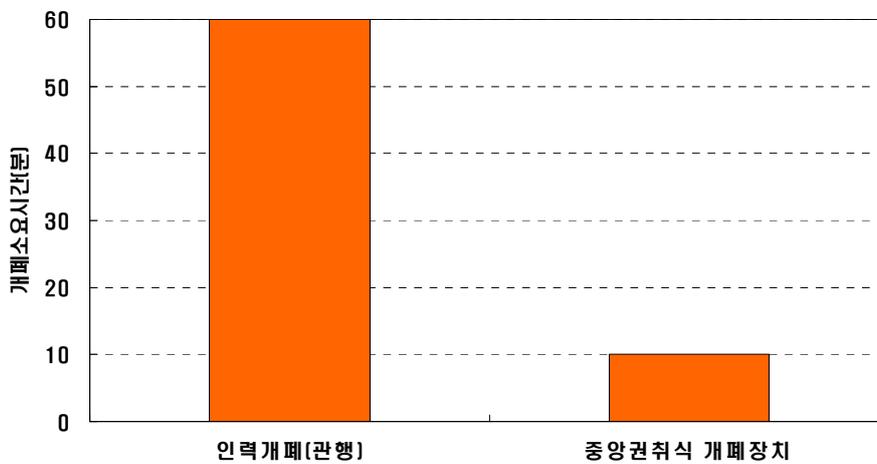
- 중앙권취식 보온터널 개폐장치는 권취파이프홀더, 비닐권취용 파이프, 3점 지지로울러, 비닐, 무게추, 개폐모터 등으로 구성되어 있으며, 비닐권취용 파이프에 2겹의 보온터널용 비닐을 클립으로 고정하여 설치함



(3) 개폐성능 및 보온효과

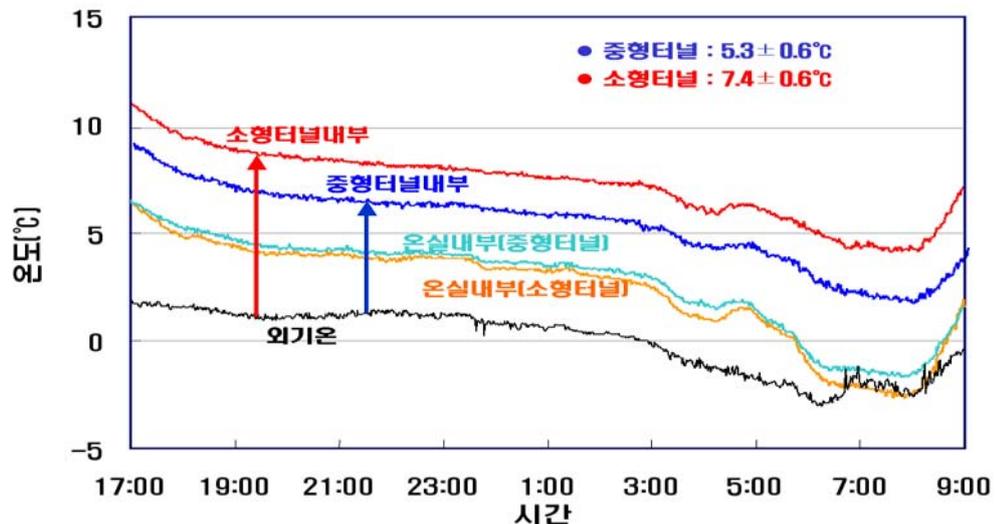
(가) 개폐성능

- 300평 온실에 보온터널을 설치하여 재배하는 경우 인력개폐에 소요되는 시간은 60분 정도임
- 중앙권취식 보온터널 개폐장치를 설치하는 경우에는 간단한 스위치 조작으로 한번에 일괄개폐가 가능하며 소요시간을 10분 이내로 단축시킬 수 있음



(나) 무가온시 보온효과

- 소형터널(폭 120cm, 높이 70cm) : 외기온보다 7.4℃ 높게 유지
- 중형터널(폭 120cm, 높이 180cm) : 외기온보다 5.3℃ 높게 유지



(4) 실용화 성과

○ 산업재산권 출원 및 등록

- 특허 출원명 : 온실용 중앙권취식 보온터널 및 보온커튼의 개폐장치
- 특허출원 : 제 10-2001-0084808호('01. 12. 24)
- 특허등록 : 제 10-0448850호('04. 9. 6)

○ 산업체 기술이전 및 농진청, 지자체 시범보급 중('02~'06)

라. 수막시스템

- 수막보온시스템이란 지하수를 비롯하여 온천수, 발전소의 폐수, 기타 산업용 폐수 등을 피복 비닐위에 살수하여 물이 갖고 있는 열에너지에 의한 난방효과와 함께 피복재를 통한 열손실을 방지하는 온실의 난방에너지 절감 기술임
- 수막재배는 자연에너지인 지하수를 비닐하우스 피복재에 살수하여 보온 및 단열효과를 높여 무가온으로 작물을 재배하는 기술로 주요 재배작물은 딸기, 상추, 감자 등의 저온성 작물임
 - 수막재배의 유류에너지 대체효과(난방과 별도)는 국내의 경우 연간 3~5천억원으로 추산
- 수막보온시스템은 지하수를 사용한 후 흘려보내는 비순환식과 지하수를 재순환시켜 사용하는 순환식으로 구분되며 지하수가 부족한 지역에는 순환식 수막시스템을 설치하여 재배하여야 함
 - 순환식 수막시스템 도입시 비순환식 대비 17,788톤/년/2,000m²의 지하수 절약(지하수 가치를 303원/톤으로 환산시 5,305천원/년/2,000 m² 절감(ha당 26,524천원))

(1) 수막재배기술의 현황과 문제점

- 수막재배기술은 1984년 처음 국내에 도입된 이후 급격하게 확산되어 1991년에는 1,160ha에 이르게 되었고, 2001년에는 7,241ha의 시설에서 사용되고 있는 것으로 조사됨
- 현재 활용되고 있는 수막시스템은 한번 사용한 지하수를 배수로를 통해 흘러버리는 비순환 방식이 대부분이어서 지하수 자원의 재활용률이 매우 낮은 실정
- 우리나라는 OECD에서 분류한 물 부족 국가 중의 하나로 앞으로는 지하수 자원 보존문제가 사회적인 이슈가 될 것이며, 또 현재 일부 지역에서는 이미 지하수 부족으로 인해 수막재배를 포기하는 등 수막재배 기술의 활용에 큰 제한요인으로 대두됨
- 수막시스템은 저온기 시설재배에서 보온이나 난방효과를 통해 에너지를 절감할 수 있는 장점이 있는 반면에 수막의 본질적인 특성 또는 시스템의 결함 등으로 인한 부정적인 측면도 있음
 - 지하수의 고갈이나 오염
 - 철분이 많은 지하수를 장기적으로 이용할 경우 피복재 오염으로 인한 광투과율 저하
 - 살수된 물의 집수 또는 배수가 불량할 경우 온실주변을 통한 침출수로 인한 온실 과습
 - 혹한기의 불연속적 가동에 따른 결빙현상 등

(2) 수막시스템의 원리

- 수막시스템은 지하수를 이용하여 장파장 복사열 교환을 억제하고, 지하수의 열에너지를 실내공기와 교환함으로써 온실을 보온

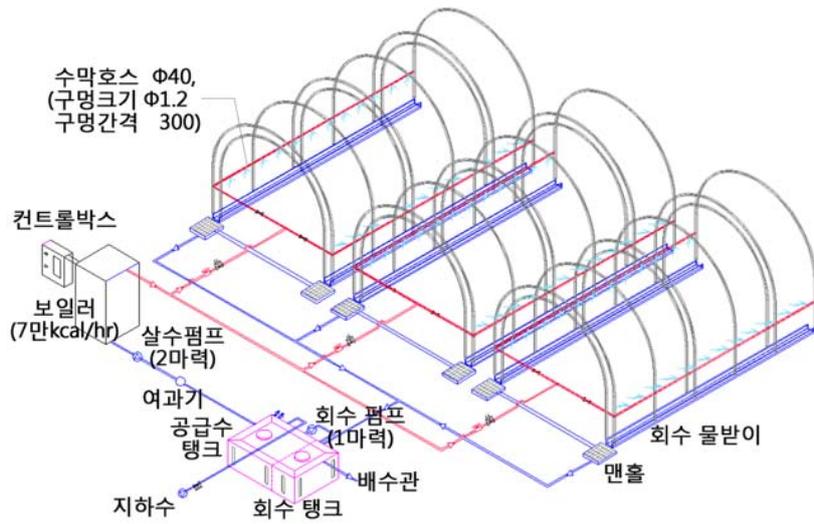
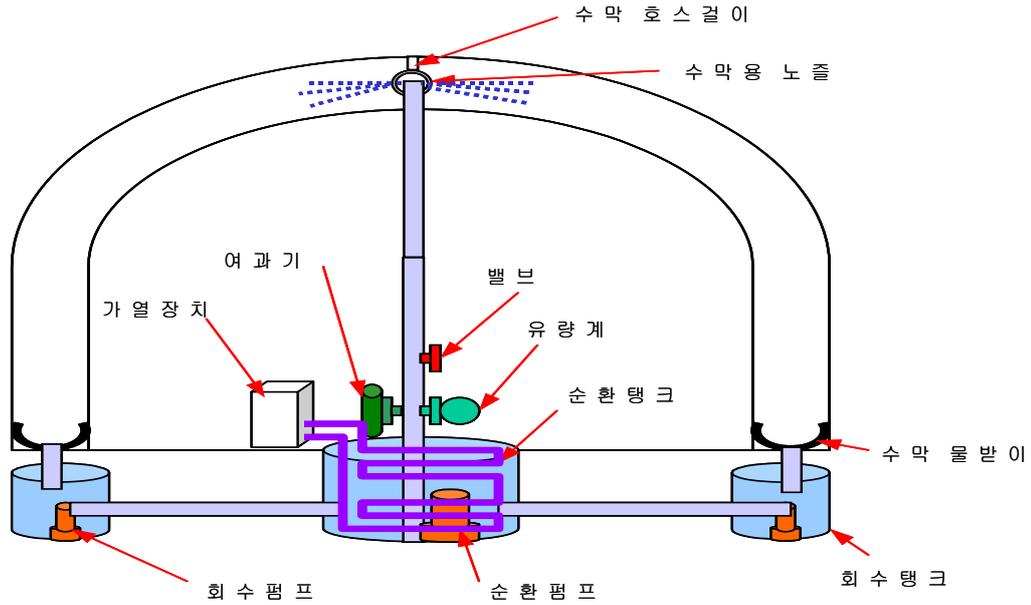
- 수막온실은 온실 내외 공기 사이에 외기온보다 온도가 높고 두께가 얇은 수막으로 열전달 저항층을 형성시켜 장파장 열선의 유출을 방지
 - 노즐형식의 살수장치 등으로 미세한 물 입자를 온실의 내외 피복재 사이에 분무시킴으로써 물 입자와 주변 공기간의 열교환 표면적을 크게 하여 물의 장파장 열선에 대한 차단효과를 높이는 2차적인 효과도 기대됨
- 사용되는 물의 온도가 높을수록, 살수되는 물의 양이 많을수록, 살포되는 물의 입자가 작을수록 더 큰 보온력을 얻을 수 있음
- 사용 수온이 온실의 설정온도 보다 낮더라도 온실 내외간의 온도차가 클 때는 상당한 보온효과가 있는 것으로 나타남
- 수막시스템에서 기본적으로 활용되는 잠열은 비열 즉, 물 1L가 1℃ 식을 때 1kcal의 열을 방출하는 원리로서 물을 많이 사용할수록 많은 열량을 얻을 수 있지만 아무리 많은 양을 사용해도 지하수 온도 이상으로 실온을 유지할 수 없다는 한계가 있음
- 일반적으로 수막시스템에서 물에 의해 방출된 열량은 대부분 실외의 차가운 공기와 열교환을 통해 손실되며, 상대적으로 적은 열량만이 실내 공기를 가온하는 데 사용됨
- 이것은 수막에 의한 열량 방출이 온실 내부 공기의 열손실을 억제하여 실내 공간을 보온하게 되는 것으로 수막시스템을 난방수단이 아닌 보온수단으로 분류하는 이유임
- 저온성 채소는 수막 방법만으로도 재배가 가능하지만 고온성 채소의 경우는 부족한 온도를 다른 난방 방법으로 보충 필요

- 지하수의 수온 15℃, 배출수온 5℃, 수막유량 150L/min일 경우, 수막에 의한 총 방출열량은 90,000kcal/h 정도임
 - 일반적으로 열교환량은 온도차에 비례하므로 이 경우 수막의 총 방출열량 중 외기로 손실되는 열량이 약 83% 이고, 나머지 17%는 실내 공기를 가열하는데 사용되므로 그만큼 실내공간의 난방소요열량이 절약됨

(3) 수막시스템의 설치요령

- 설치 전에 고려해야 할 사항
 - 지하수의 겨울철 수온은 지역과 관정의 깊이에 따라 다소 차이가 있기는 하지만 대체로 13~17℃ 수준임
 - 수량이 충분하더라도 수온이 너무 낮거나 지하수에 철분이 많은 곳 등은 수막 활용에 문제가 있으므로 지하수의 온도, 수질 등을 사전에 충분히 조사, 검토하여야 하며 이 밖에 지하수를 양수하는데 필요한 전기 시설, 배수문제 등도 고려해야 함

- 수막시스템의 구성과 특징
 - 지하수 자원이 부족한 지역에서 최소한의 에너지 투입으로 수막재배를 하기 위하여 개발한 순환식 수막시스템은 수막으로 사용한 물을 흘려버리지 않고 회수하여 일정 수온으로 가열한 다음 다시 사용하는 순환식 수막시스템을 설치하는 것이 좋으며 순환식 수막시스템은 물의 재순환을 위한 물탱크, 가열장치 등의 설비가 추가되어 비용의 부담은 있지만 지하수자원이 부족하거나 지하수의 수질이 나쁜 지역에서도 수막재배가 가능하다는 장점이 있음



<순환식 수막시스템 구성도>



<순환식 수막시스템 설치 모습(단동하우스)>

<순환식 수막보온시스템의 특징>

적용면적(m ²)	최대 살수량 (L/min/1,000m ²)	작동 및 제어
2,000 (666m ² ×단동 3동)	215	<ul style="list-style-type: none"> • 설정온도 이하가 되면 수막 작동 • 지하수 여건에 따라 회수된 물 재활용비율 조절 가능(완전순환 또는 부분순환) • 공급탱크 물이 설정온도 이하로 되면 보충수(지하수) 공급 • 회수탱크 물이 설정온도 이하이면 버리고 지하수 보충 • 동별로 공급수량 조절 가능 • 경보기능 : 이상시 자체 경보음 발생

- 지하수에 철분이 많이 포함된 지역에서도 수막재배가 가능하도록 원예연구소에서 개발한 권취식 수막재배시스템은 내부 2중 피복을 권취식으로 완전 개폐할 수 있도록 함으로써 철분의 피복재 오염으로 인한 광투과율 저하를 방지할 수 있는 장점이 있음



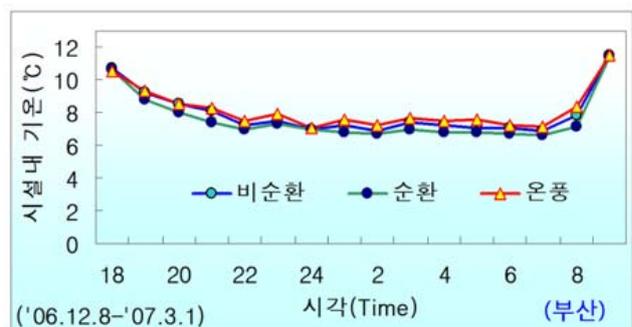
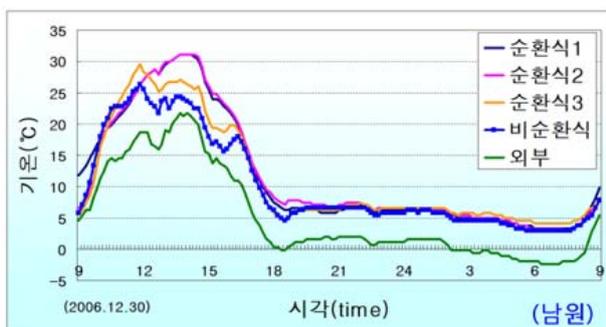
<철분에 의해 오염된 내피복재>



<내피복재를 권취한 모습>

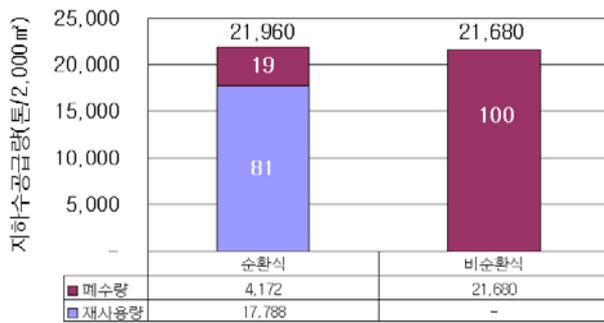
(4) 수막시스템의 보온 및 난방효과

- 수막시스템의 보온효과는 지하수의 온도, 외기온, 단위 면적당 살수량 등에 따라 달라지는데, 일반적으로 수온이 높을수록, 외기온이 낮을수록, 단위 면적당 살수량이 증가할수록 보온효과가 높아짐
- 비순환식 수막시스템의 경우 살수량은 지하수의 공급여건에 따라 조정될 수 있으나 10a당 250L/min 정도를 권장하고 있으며, 이때 보온효과는 최저외기온이 -6°C 일 때 수막온실 내부기온을 9°C 정도로 유지할 수 있음
- 순환식 수막시스템의 경우에는 물탱크의 용량과 사용수의 회수 및 재 가열시간을 고려하여야 하므로 일반적인 지하수의 수온보다 다소 높은 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 의 수온으로 10a당 150~200L/min 정도 살수하여야 하며, 보온효과는 최저외기온이 -6°C 일 때 수막온실 내부기온을 8°C 정도로 유지할 수 있음
- 수막시스템의 보온효과(농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장, '06)
 - 시설 내 기온

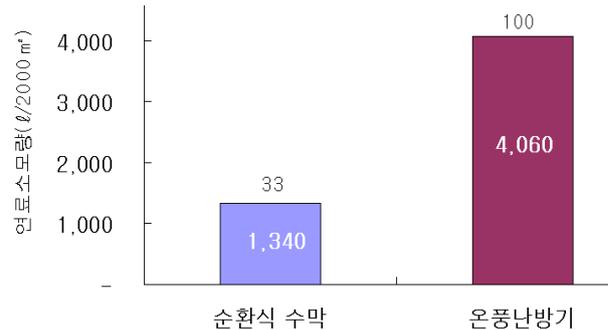


<수막시스템의 보온 효과(시설 내 기온)>

- 연료비만 고려할 경우, 순환식 수막시스템은 온풍난방에 비하여 약 67%의 연료 절감
 - 순환식 수막은 회수된 물을 가온하는데 1,340L/년/2,000m²의 연료(경유)가 소요됨
 - 온풍난방은 4,060L/년/2,000m²의 연료(경유)를 사용



<지하수 절약효과>



<연료소모량>

- 딸기의 생육특성

처리	엽수 (개)	엽면적 (cm ²)	관부직경 (mm)	생체중(g)		건물중(g)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
비순환	8.6	690	18.4	38.9	14.7	9.1	3.1
순환	8.5	687	18.1	39.0	15.4	9.1	3.3
온풍	8.6	695	18.2	39.4	15.8	9.2	3.3

처리	평균 과중(g)	상품과(/주)		총수량(/주)		상품률(%)
		과수(개)	과중(g)	과수(개)	과중(g)	
비순환	21.8	7.3	161	8.2	176	91
순환	21.7	7.2	156	8.1	169	92
온풍	21.2	7.9	169	9.0	185	91

주) 정식일 : '06. 10. 18, 조사일 : '07. 1. 19

- 지하수 사용량 및 가치 환산 기준

구분		공급량 (톤/년/2000m ²)	순환비율 (%)	지하수사용량 (톤/년/2000m ²)	지하수단가 (원/톤)	사용 지하수가치 (원/년)
수막	비순환식	21,680	-	21,680	303	6,569,040
	순환식	21,960	81	4,172	303	1,264,237

주) 지하수 단가 : 물의 가치와 물 공급의 사회적 기여도(한국수자원공사 수자원연구원)에서 농업용수에서 10%의 용수제약이 있을 경우를 기준 303원/톤 적용

• 경제성분석(고정비 및 변동비만 고려할 경우) (단위:원/2,000m²)

구분		고정비				변동비 (유류비용)	계
		소계	감가상각비	자본이자	수선비		
수막	비순환식	880,833	583,333	87,500	210,000	0	80,833(100)
	순환식	2,516,667	1,666,667	250,000	600,000	871,000	3,387,667(385)
온풍난방		2,139,167	1,416,667	212,500	510,000	2,639,000	4,778,167(542)

- 주 : 1) 순환식 수막 설치비용 : 10,000,000원/2,000m²(시공비 포함)
 2) 비순환식 수막 설치비용 : 3,500,000원/2,000m²(시공비 포함)
 3) 온풍난방기 가격 : 8,500,000원/2,000m²(시공비 포함)
 4) 장치 소요되는 인건비, 전기료, 작물 생산성(수량)은 순환식, 비순환식이 같은 것으로 봄
 5) 연료비(경유)는 650원/L 기준

• 경제성분석(고정비, 변동비, 지하수 가치를 고려할 경우) (단위:원/2,000m²)

구분		고정비	변동비(유류비)	사용 지하수가치	계
수막	비순환식	880,833	0	6,569,040	880,833(100)
	순환식	2,516,667	871,000	1,264,237	3,387,667(62)
온풍난방		2,139,167	2,639,000	0	4,778,167(64)

주) 고정비 : 감가상각비, 자본이자, 수선비

IV. 시설원에 에너지절감 난방기술

1. 온풍난방기 에너지절감 기술

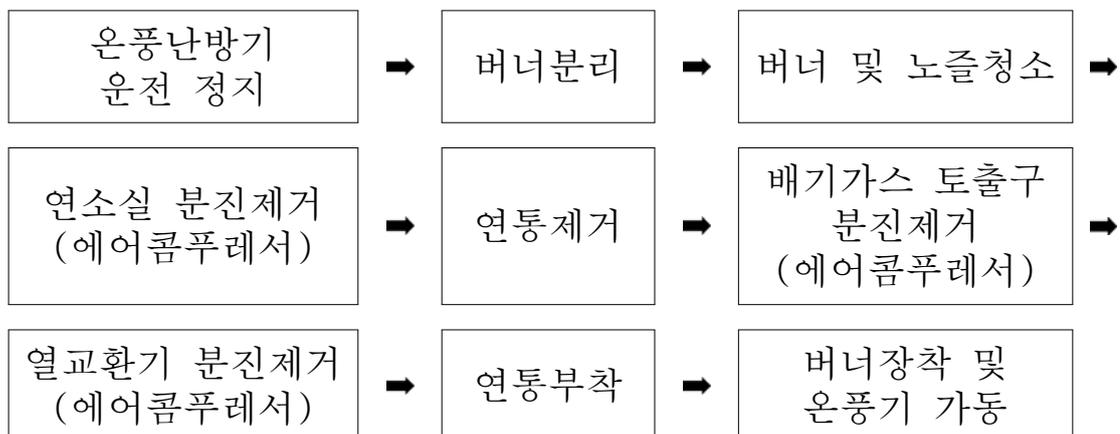
가. 버너 및 열교환기 분진제거

(1) 개요 및 특징

- 겨울철 온실 난방의 90% 이상을 차지하는 온풍난방기는 사용연수가 오래됨에 따라 온풍기 내부의 버너와 열교환기 등에 분진이 쌓이게 되고 분진층이 두꺼워질수록 열교환 효율이 낮아져 배기가스의 온도가 점점 높아져 열이용 효율이 떨어짐
- 따라서 온풍으로 공급되는 열량(열이용 효율)은 초기의 80% 이상에서 점차로 줄어들어 크게는 60%까지 감소됨
- 이와 같이 사용연수가 오래된 온풍난방기는 버너와 열교환기 내부의 분진을 제거하여 열교환 효율을 높여줌으로서 난방비 절감이 가능함

(2) 분진제거방법

- 사용기기 : 소형 이동식 에어컴프레서
- 분진제거 순서



○ 연소실 분진 제거



<분진제거>



<분진배출>

○ 열교환기 분진 제거



<분진제거>



<분진배출>

○ 버너 및 열교환기의 분진제거 전후 사진

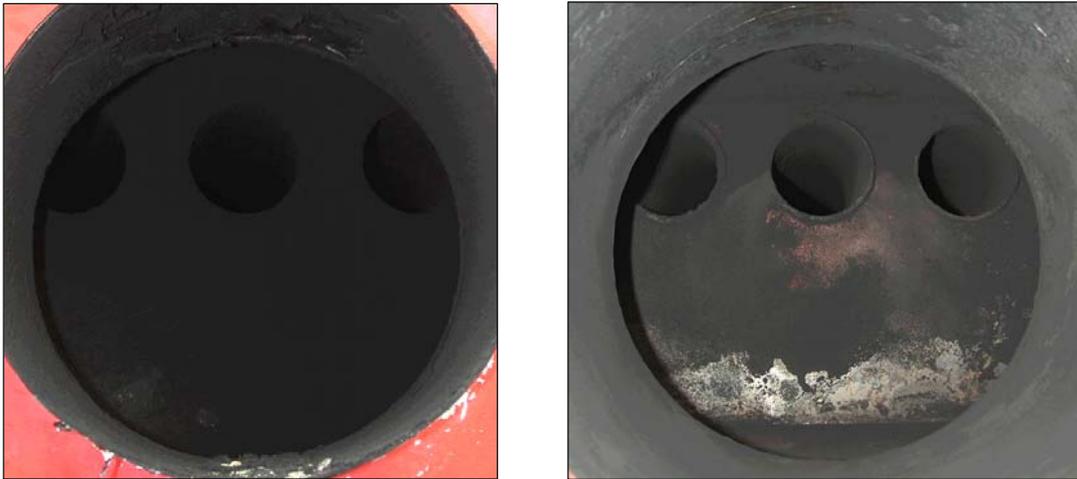


<분진제거 전>



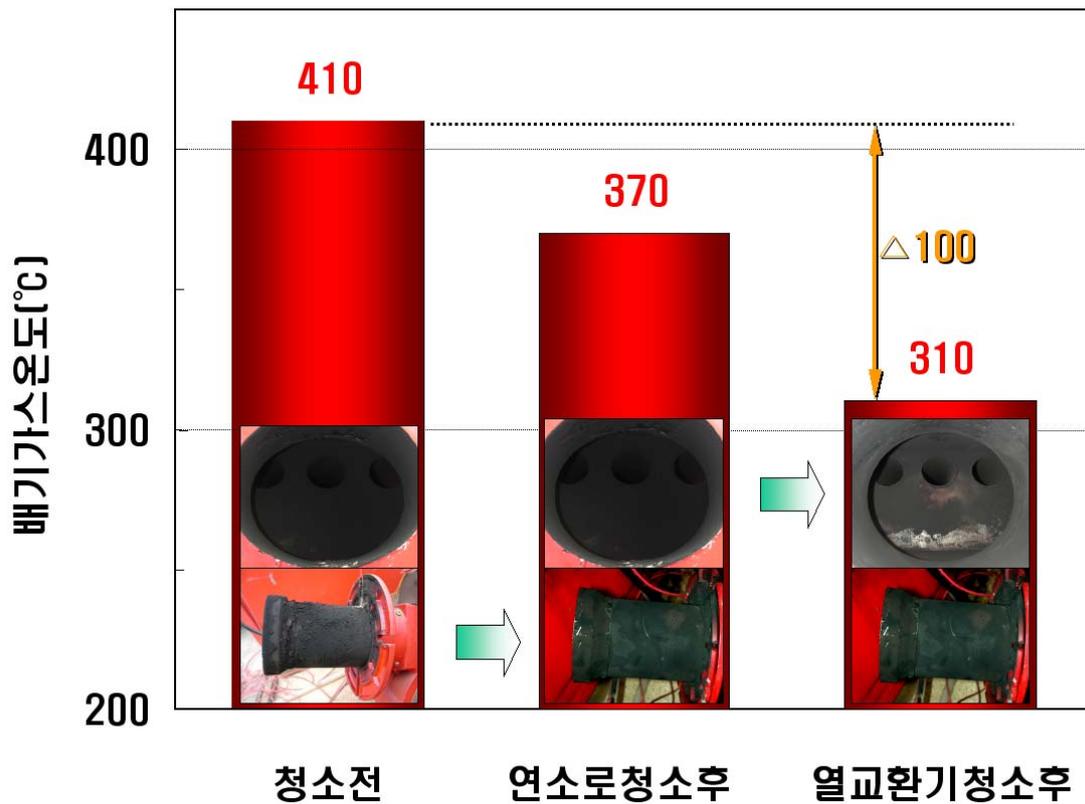
<분진제거 후>

○ 열교환기 분진제거 전후 사진



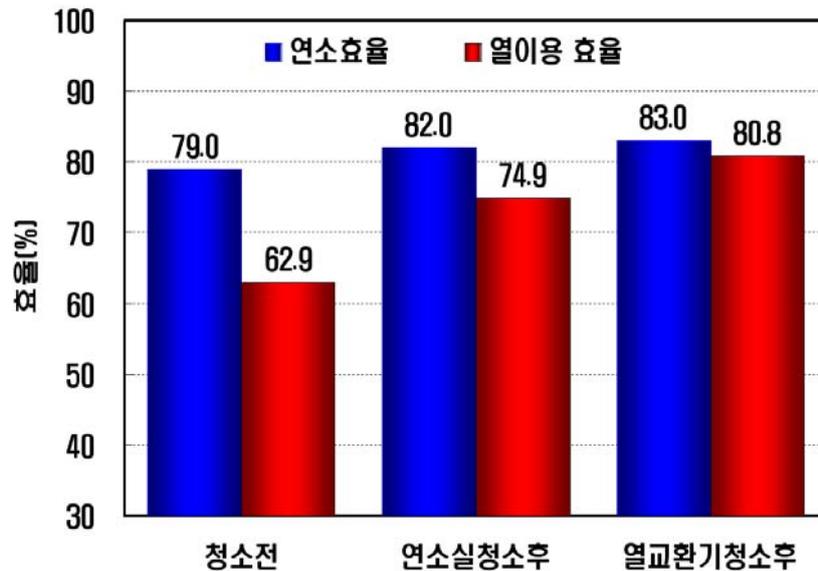
(3) 분진 제거 효과

○ 분진 제거전과 제거후의 배기가스 온도 강하 효과



○ 온풍난방기의 버너와 열교환기를 청소한 후에 배기가스 온도는 410°C→310°C로 약 100°C 떨어짐

○ 분진 제거전과 제거후의 온풍난방기 효율 증대 효과



(4) 난방비 절감 효과

○ 온풍난방기의 버너와 열교환기를 청소한 후에 온풍난방기의 연소 효율은 79%에서 83%로 약 4%가 상승하였으나, 실질적으로 온풍으로 이용하는 효율로 정의되는 열이용 효율은 약 62.9%에서 80.8%로 크게 증가하여 약 18%의 난방비 절감 효과가 있었음

(5) 분진제거로 난방비 절약을 실천

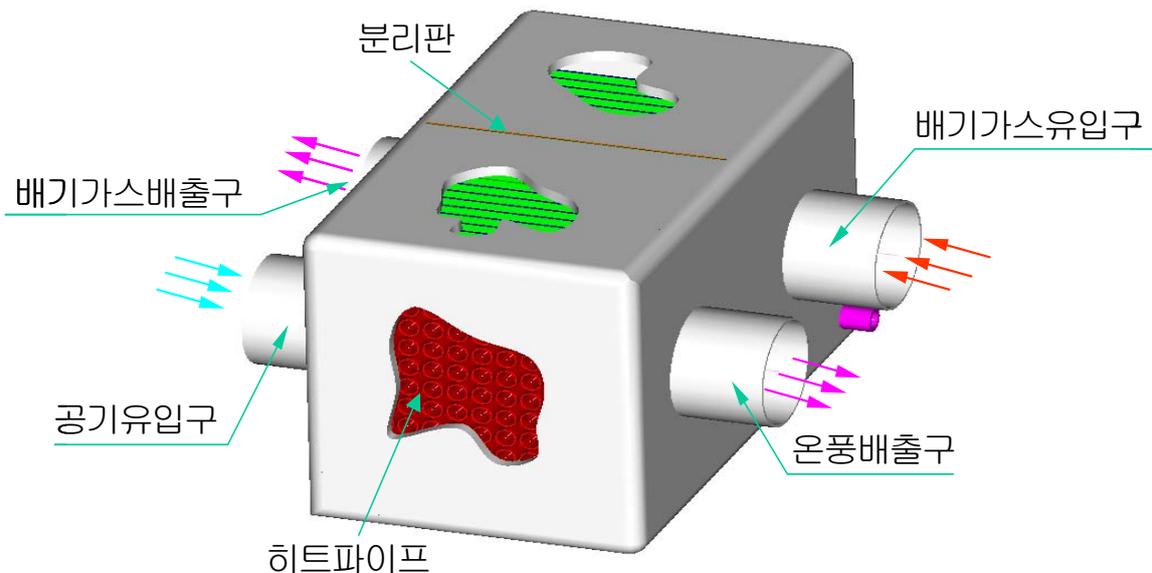
○ 다년간 사용한 온풍난방기는 연소로와 열교환기에 일정한 두께 이상의 분진층을 가지고 있고, 이로 인한 열교환 효율저하로 온풍으로 변환되는 열량이 크게 감소되므로 난방기를 가동하기 전에 일년에 한번씩만 분진을 제거함으로써 크게는 18%이상의 난방연료비를 절약할 수 있음

○ 이제는 유가의 변동이 겨울철 시설원에 농가의 소득을 좌지우지하는 커다란 요인이 되고 있어 그동안에 무심코 지나쳤던 온풍난방기의 청소가 난방비 절약의 또 다른 대안으로 대두됨

나. 배기열 회수장치

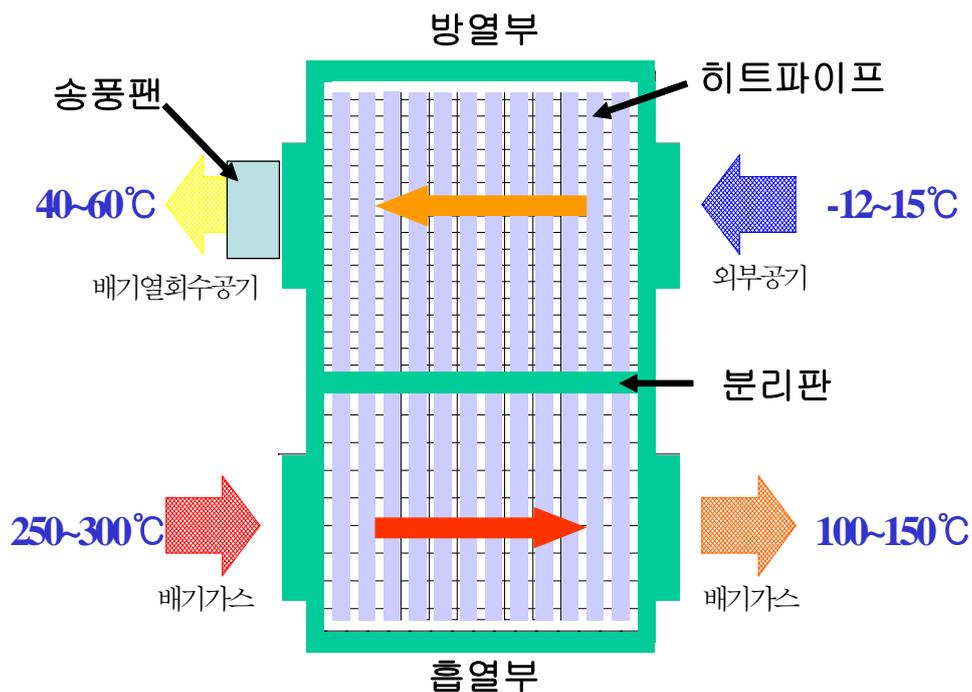
(1) 구조 및 특징

- 배기열 회수성능 향상을 위하여 가장 중요한 요소는 최대의 흡열 및 방열이 이루어지도록 열교환기를 설계하는 것이 중요함
 - 열교환기를 통과한 후의 최종 배기가스 온도가 100℃ 이하로 낮을 경우에는 저온부식 현상이 발생할 우려가 있음
- 배기열 회수장치는 기존 사용중인 온풍난방기의 연도에 간단히 부착하여 사용
- 직육면체 모양의 열교환기 내부에 열회수효율이 탁월한 핀 부착형 히트파이프를 수직으로 교차하여 배열
- 배기가스가 통과하는 흡열부와 열을 회수하기 위한 방열부를 분리판으로 분리하여 배기가스와 공기가 혼합되지 않도록 제작



(2) 배기열회수 원리

- 250~300℃의 뜨거운 배기가스가 통과하여 열교환후 온실 밖으로 차가운 배기가스(100~150℃)가 배출됨
- 핀 부착형 히트파이프에 의해 배기열이 흡수되고 이 열은 다시 반대쪽의 방열부(히트파이프 응축부)쪽으로 전달
- 송풍팬에 의해 강제 흡입된 차가운 공기(-12~15℃)가 방열부를 통과하면서 히트파이프로부터 열을 얻음
 - 회수된 따뜻한 공기(40~60℃)를 온실의 공간난방에 재이용.

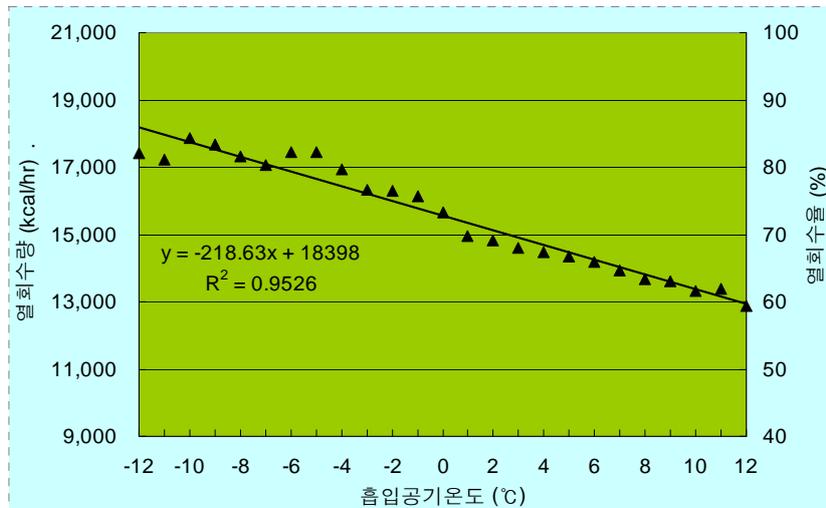


(3) 배기열회수 효과

(가) 배기열 회수 성능

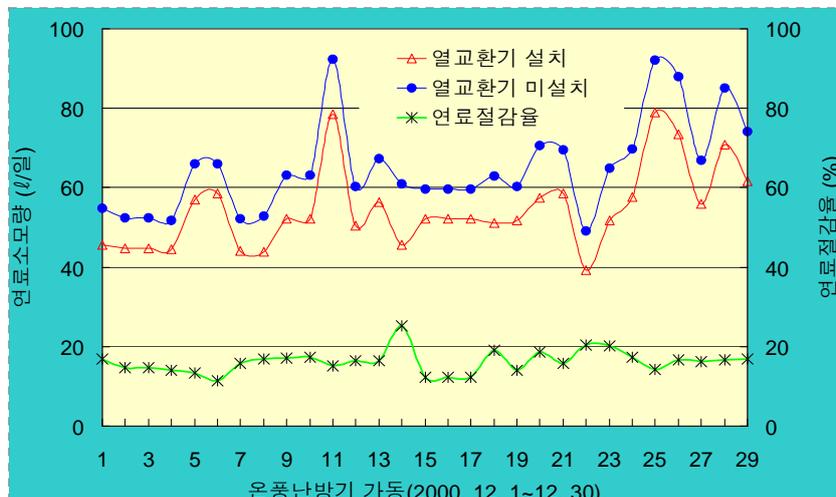
- 열회수량 및 회수효율(140,000kcal/h의 온풍난방기 부착 사용시)
 - 열회수량 17,850kcal/시간, 열회수율 85%(흡입 공기온도 -10℃)
 - 열회수량 12,900kcal/시간, 열회수율 61.3%(흡입 공기온도 12℃)

○ 배기열회수는 흡입공기 온도가 낮을수록 효과가 우수



(나) 난방에너지 절감 효과

- 11.5~25.2%(평균 16%) 연료 절감효과
 - 관행 온풍난방기 사용 : 50~90L/일 소모
 - 배기열회수장치 사용 : 40~80L/일 소모



(4) 실용화 성과

- 산업재산권 출원 및 등록

- 특허 출원명 : 온실의 배기열 환원장치
 - 특허출원 : 제 10-1999-0032083호('99. 8. 5)
 - 특허등록 : 제 10-0325307호('02. 2. 6)
- (한국발명진흥회 직무발명경진대회 동상 수상, '04)

- 산업체 기술이전 및 농진청 및 지자체 시범사업('00~현재)

(5) 농가이용 사례

- 이용농가 : 경상북도 상주시 헌신동 상주 한마음 작목반
오이생산 대표 김만섭(054-532-1811)

- 입지조건

경상북도 상주시 헌신동은 평야지에 위치하고 있어 예로부터 소득 작목인 오이 재배를 하여 오던 곳으로 “상주오이”는 겨울철 농수산물 시장에서 전국 출하물량의 70% 이상을 차지하는 주산단지

- 구입동기

동절기에 재배되는 오이의 적정 온도를 유지하기 위하여 많은 양의 유류가 소모되고 있고 유류가격의 지속적인 상승으로 인한 경영비 압박으로 소득이 감소하여 상주시 농업기술센터에서 도비 특수시책 사업의 일환으로 도입

- 배기열 회수장치의 적용

- 온풍난방기에서 외부 연통으로 손실되는 열을 최소화하기 위해 배기열 회수장치를 2000년도 가을 작형부터 도입하여 외부로 손실되는 열을 최소화

- 1중 아치의 높이를 농가보급형 자동화 하우스의 규격에서 50cm 정도 낮게 개선을 하여 전체 난방면적의 감소와 햇빛 투광의 조건을 개선
- 온풍난방기의 온도관리를 기존 4단 변온(일출후-오전 25~30℃, 오후 20~25℃, 초야 15℃, 심야 10℃) 관리에서 5단 변온(일출 후-오전 25~30℃, 오후 20~25℃, 초야 15℃, 중야 10℃, 일출 직전 25℃) 관리로 오이의 성장과 재배환경 개선

○ 이용효과

- 배기열 회수장치를 설치 효율적인 난방이 가능하여 연간 5,500L의 경유를 사용하여 전년도 6,500L에 비하여 15%의 에너지 절감 효과
- 수확량은 10a당 14,000kg에서 15,000kg까지 향상시켜 소득이 크게 향상



<배기열회수장치 이용 오이재배>

다. 고효율 온풍난방기(개량 열교환기)

(1) 원리 및 특징

- 농업용 온풍난방기는 온실의 주 난방장치로서 2000년 온풍난방기 보유대수가 12만 여대 이던 것이 2006년에는 18만 여대로 5년 사이에 약 50%가 증가

- 온풍난방기 가동에 따른 난방비용은 연간 약 7,000여억원('07)으로 추산
 - 농업용 면세유 공급량의 54% 정도를 온실난방에 사용하는 것으로 추산
- 온풍난방기의 열효율은 77.5~93.3%로 제조업체간 큰 차이를 가지며
온풍난방기의 실질적인 열이용 효율은 열효율보다 5~20% 낮음
- 온풍난방기의 열이용 효율을 개선하기 위해서는 열교환장치 개량이 필요
- 현재 시판되는 농업용 온풍난방기의 열교환기 파이프의 단면 형상은 원형 일렬 배치 형태임
- 열교환기의 열이용 효율을 높이기 위해서는 열교환기를 통과하는 바람의 송풍저항을 낮추고 열교환 면적을 증가시켜야 함
- 열이용 효율을 높이는 열교환기의 파이프 형태는 장방형 육각 교차 배열 형태로 나타남



<기존 열교환기 파이프>



<개량 열교환기 파이프>

(2) 고효율 온풍난방기의 성능 및 효과

- 기존의 농업용 온풍난방기에 비해 에너지 소비효율이 11% 향상
 - 관행 온풍난방기(원형 일렬 배열)의 열이용 효율 : 76.8%
 - 고효율 온풍난방기(장방형 육각 교차 배열)의 열이용 효율 : 87.8%

<열교환기 파이프 형태 및 배열에 따른 온풍난방기 효율>

구 분		기존 온풍난방기 (원형 일렬) (체적비 : 0.224)	기존 온풍난방기 (원형 교차) (체적비 : 0.224)	고효율 난방기 (육각 교차) (체적비 : 0.278)
풍량(m ³ /h)	우측	10,558.8	10,076.4	11,514.6
	좌측	11,120.4	10,688.4	11,667.6
풍압(Pa)	우측	145.9	133.9	173.0
	좌측	160.3	155.2	180.2
온풍열량(kcal/h m ²)		14,192	13,313	18,873
열이용효율(%)		76.8	73.0	87.8
열효율		90.4	90.7	90.5
온풍온도(℃)	우측	57	64	59
	좌측	56	59	58

주) 농촌진흥청 농업공학연구소 시험 성적('07)

- 난방에너지 절감률 14.3% 증가
 - 기 보급된 온풍난방기를 새로 개발된 고효율 온풍난방기로 10% (약 2만 여대) 교체 시 연간 약 100억원정도의 난방비용 절약 가능

(3) 실용화 성과

- 산업재산권 출원 및 등록
 - 특허 출원명 : 고효율 온풍난방기
 - 특허출원 : 제 20-07-19879호('07. 12. 11)

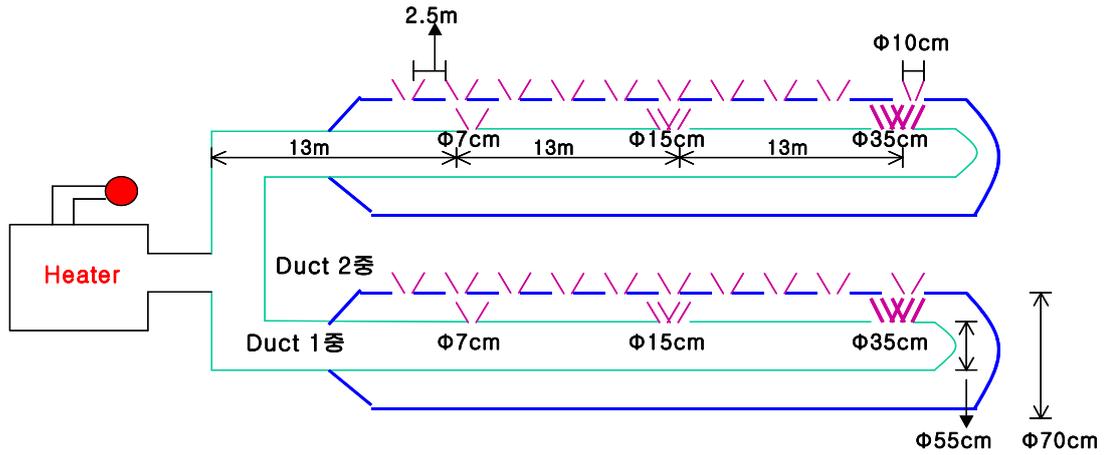
- 산업체 기술이전('08. 1. 22) 및 보급 중

라. 온풍난방기용 이중덕트

- 온풍난방은 난방기에서 나오는 뜨거운 바람을 덕트를 통해서 온실로 송풍하는 방식으로 기존의 덕트는 온풍난방기 토출구쪽과 덕트 끝부분의 송풍 온도의 편차가 13~15℃까지 발생하여 작물생육이 불균일

(1) 이중덕트의 구조 및 제작 요령

- 이중덕트의 기본 원리는 난방기에서 먼 쪽에 더운 공기를 많이 보내고 가까운 쪽은 적게 보내서 전체적으로 고르게 열을 분배시키는 방법임
- 이중덕트는 내부덕트와 외부덕트의 2중구조로 되어 있으며, 내부덕트를 통하여 난방기에서 나온 더운 공기를 시설의 뒤쪽으로 많이 보내고, 보내진 더운 공기는 외부덕트를 통하여 온실내에 고르게 퍼지도록 함으로써 시설 내 온도를 균일하게 유지하는 방법임
- 50m길이의 온실을 기준으로 이중덕트의 내부덕트는 직경 50~55cm의 비닐에 13m 간격으로 각각 직경 7cm, 15cm, 35cm의 구멍을 뚫어주며, 온실 길이에 따라 전체 길이를 3등분하여 구멍을 뚫어줌
- 외부덕트는 직경 70~75cm의 비닐에 직경 10cm의 구멍을 2.5m 간격으로 뚫고 온실이 길어질 경우에는 구멍 간격을 3~3.5m까지 적절히 조절함
- 난방기 온풍 토출구에 먼저 내부덕트를 고정하고, 난방기를 가동시켜 내부덕트를 부풀린 후 외부덕트를 끝부분부터 삽입하여 난방기 온풍 토출구에 고정하여 설치



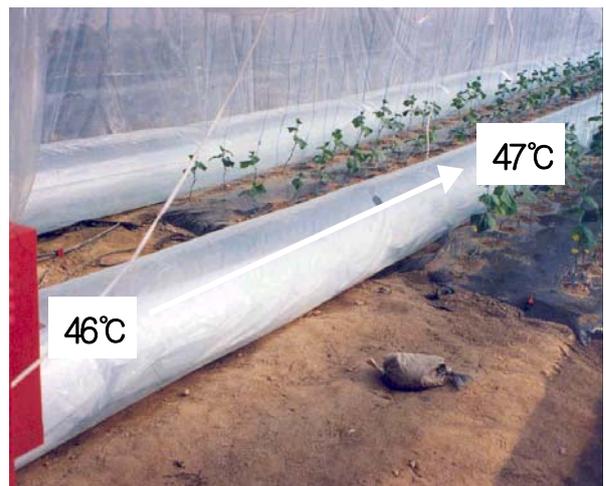
<이중덕트 설치 개략도>

(2) 이중덕트 설치 효과

- 이중덕트는 온풍난방기 전면의 토출구쪽과 덕트 끝부분의 온도 편차가 1~2℃ 이내로 송풍온도가 균일하여 온실 내 온도편차를 최소화할 수 있는 장점이 있으며, 열 이용효율 증가로 난방비도 13% 절감됨
- 오이 재배시험 결과, 오이 수량도 18% 증수됨



<관행덕트>



<이중덕트>

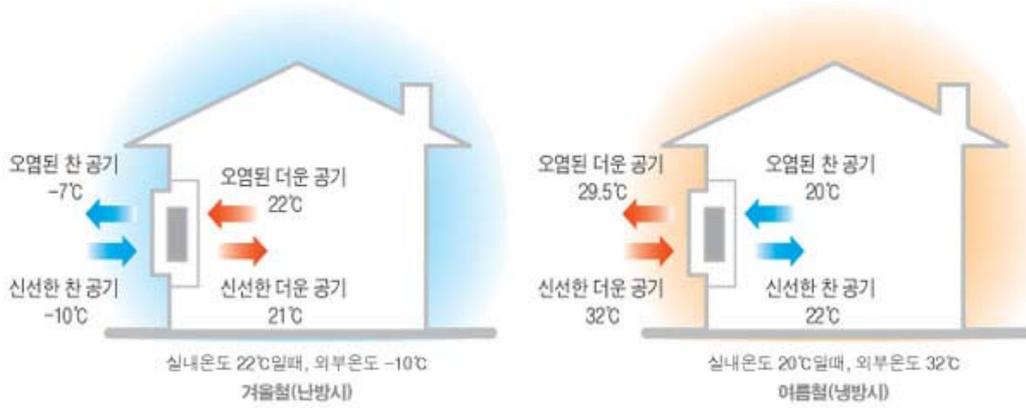
2. 열회수형 환기장치

가. 시스템의 구조 및 특징

- 농업시설 온실 내부를 작물생육에 적절한 환경조건으로 유지를 하기 위해서는 환기가 필요
 - 특히 버섯재배사의 경우 작물체 호흡으로 인해 온실내에 CO₂가 발생 (버섯의 경우 고농도의 CO₂(이산화탄소)는 자실체 형성과정에서 가스장해를 일으켜 발아장애, 생리장애 및 세균병을 유발)

- 기존의 환기장치 사용시 환기로 인한 전열손실 때문에 여름철에는 냉방비가 증가하고, 겨울철에는 반대로 난방비 지출이 크게 증가됨

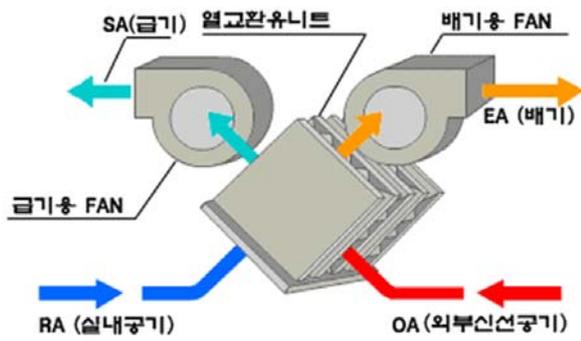
- 열회수형 환기장치는 오염된 실내공기와 신선한 외부공기를 환기시킬 때 내부공기와 함께 온실 밖으로 버려지는 냉·난방열을 판형 열교환기를 통하여 열교환시켜 밖에서 유입되는 공기를 가열 시켜 줌으로서 작물의 스트레스 경감 및 에너지 절감 가능
 - 겨울철 : 외부기온보다 높은 오염된 실내공기를 팬을 통해 밖으로 내보낼 때 다른 팬을 통해 실내로 유입되는 차가운 신선한 외부공기와 열교환시켜 따뜻해진 신선한 공기를 온실내로 유입시킴(난방열 회수+환기)
 - 여름철 : 외부기온보다 낮은 오염된 실내공기를 팬을 통해 밖으로 내보낼 때 다른 팬을 통해 실내로 유입되는 신선한 외부공기와 열교환시켜 차가워진 신선한 공기가 온실내로 유입토록 함(냉방열 회수+환기)



- 이산화탄소 농도이외에 온도 및 습도를 자동제어 함으로써 버섯재배사뿐만 아니라 기타 작물재배용 온실 및 축사에도 사용가능
- 열회수형 환기장치는 환기를 할 때 밖으로 배출되는 열을 최대한 회수하면서 유해가스는 밖으로 원활하게 배출할 수 있는 새로운 개념의 환기장치임

나. 열회수형 환기장치의 원리

- 배기용 팬은 시설내부공기를 흡입하여 열교환기를 거쳐 외부로 배출
 - 시설내부 공기(실내공기)는 송풍기에 의해 환기장치의 환기부 입구로 유입된 후 관형 열교환기에 열을 전달하고 환기부 출구 덕트를 통하여 외부로 배출됨
- 급기용 팬은 시설외부의 신선한 공기를 흡입, 열교환기를 거쳐 내부로 공급
 - 외부의 신선한 공기는 송풍기에 의해 급기부 입구로 유입된 후 다시 관형 열교환기에서 열을 얻어 시설내의 급기부 출구 덕트를 통하여 시설내부로 공급
- 관형 열교환기를 통과하면서 열이 교환되고 열교환시 실내공기와 외부공기는 섞이지 않음
- 공기 출입구에 필터 및 자동댐퍼를 설치하여 병해충 및 이물질 유입 방지 가능



<열회수형 환기장치 구성도>



<농업공학연구소 개발 열회수형 환기장치>

다. 열회수형 환기장치의 성능

○ 환기능력

- 버섯재배사용 : 900m³/h (165m²(50평))
- 온실용 : 2,500m³/h (1,000m²(300평))

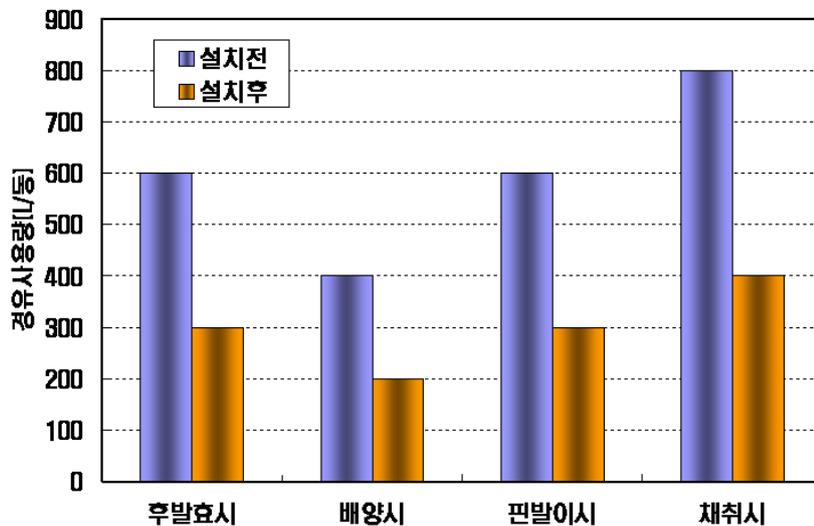
○ 전력부하 : 500Wh

라. 열회수형 환기장치의 효과

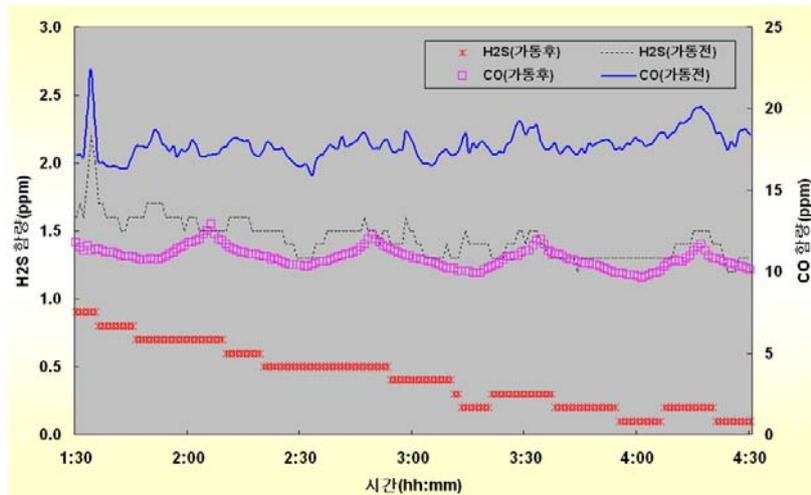
(1) 난방에너지 절감 효과

○ 열회수율 63~80%로 버섯재배사내 열 방출 최소화

○ 난방비 50% 절감(양송이 버섯재배, 984천원/작기/165m²(50평))



(2) 환기효과 및 생산량 향상 효과



<열회수형 환기장치 설치 후 생육환경 개선(양송이 버섯재배사)>

○ 관행대비 내부 공기환경 개선(양송이 버섯재배사)

- 일산화탄소(CO) : 19→10ppm (47.4% 감소)
- 황화수소(H₂S) : 1.5→0.2ppm (86.7% 감소)

○ 관행대비 생산량 향상(양송이 버섯)

- 수확량 33~39% 증가
- 상품품 생산비율 향상(60%→80%)

<1작기당 수확량(양송이 수확량 및 품질)>

구분 \ 주기	수확량(kg)						상품성(품질)	
	1	2	3	4	5	합계	상품	중·하품
열회수형 환기장치	1000	500	300	200	150	2,150	80%	20%
관행	800	400	250	100	-	1,550	60%	40%

주 : 1) 농촌진흥청 농업공학연구소 시험 성적('07)

2) 버섯재배사(폭 1.4m×길이 17m×2열×4단, 53.5평) 기준

3) 입상에서 폐상까지 총 수확량(1회), 연간 재배 횟수 3.5회 기준

마. 실용화 성과

○ 산업재산권 출원 및 등록

- 실용신안 출원명 : 농업시설용 열회수형 환기장치
- 출원번호 : 제 20-2007-0019875호('07. 12. 11)

○ 산업체 기술이전 보급 중('08. 1. 22)

- 양송이·느타리버섯 재배사, 육계사 및 시설원예 온실 등에 확대 보급

바. 농가이용 사례

○ 이용농가 : 충남 부여군 석성면 현내리 586번지(양송이 버섯재배 농가) 대표 김정은(041-836-5481)

○ 열회수형 환기장치의 적용

- 양송이 버섯재배사(폭 1.4m×길이 17m×2열×4단, 53.5평)에 열회수형 환기장치를 설치하여 환기 시 공기와 함께 외부로 배출되는 열을 회수하여 난방에 재이용

○ 이용효과

- 기름값 전년대비 50% 절감(경유 2,400L/동→1,200L/동)
- 생산물 저장기간 3일 → 5일 연장으로 출하시기 조절 가능
- 상품성 향상(상등품 생산비율 60→80%)
- 소득 30% 증가(연간 2천만원)
- 생육환경을 정밀 제어할 수 있어 수확기간 연장으로 인력집중 감소
- 에너지 절감효과 및 환기성능에 만족
- 성능이 우수하고 고장이 없어 크게 만족



<열회수형 환기장치(왼쪽 : 버섯재배사 외부, 오른쪽 : 버섯재배사 내부)>

○ 현장평가회 개최

- 일시 : '08. 5. 14
- 장소 : 충청남도 부여군 석성면 양송이 버섯재배농가
- 참석자 : 버섯재배농가, 시군센터, 산업체 등 60여 명



<농업시설용 열회수형 환기장치 현장평가회 개최>

3. 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템

- 변온관리란 온도에 따른 작물의 생리반응에 적합하도록 실내 온도를 아침난방, 광합성촉진, 양분이동, 호흡억제 단계로 나누어 관리함으로써 양분의 이동을 촉진하고 호흡량은 최소화시켜 난방에너지를 절감시키고 작물의 생산성과 상품성을 향상시키는 기술임

- 낮 동안에 광합성에 의하여 잎에서 만들어진 동화산물은 작물의 각 부위로 빠르게 전류됨
 - 주간에 일사량이 많은 날은 잎에 축적되는 양분이 많기 때문에 양분의 전류를 촉진시키기 위하여 야간 온도를 높게 관리
 - 일사량이 적은 날은 잎에 축적된 양분이 많지 않기 때문에 야간 온도를 낮게 관리
 - 이와 같이 일사량에 따라 야간의 온도관리를 달리 하는 것이 일사변온관리임

- 기존의 타이머에 의한 변온관리 시스템은 단순히 시간적 개념에서 분할하여 접근하였기 때문에 작물의 생리적 기능이 충분히 고려될 수 없는 문제점 발생
 - 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템은 주간 일사량 수준(매우 맑음, 맑음, 흐림, 비)에 따라 야간의 온도를 PID 제어 방식으로 자동으로 조절

가. 시스템의 구성 및 제어 모식도

- 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템은 온도센서, 일사센서, 컨트롤러로 구성

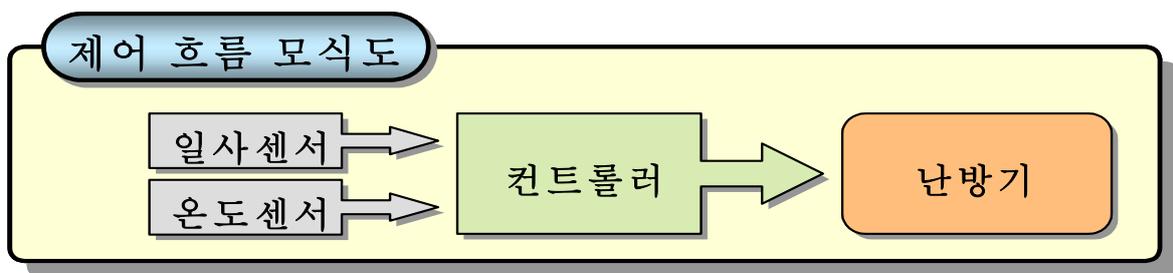
- 온도센서는 온실내 두 시점에 설치하여 측정된 온도 값을 컨트롤러로 보내고 일사센서는 1개를 설치하되 온실 구조물의 영향을 받지 않는 온실 외부에 설치하여 측정된 일사량을 컨트롤러로 송신
- 컨트롤러에서는 측정된 온도와 일사량을 이용하여 난방기 가동을 제어하여 생육 환경을 조절



일사센서



온도센서



나. 일사량 감응 전자동 변온관리 시스템의 작동 패턴

○ 아침난방

- 일출 전 1~2시간은 비교적 높은 온도로 관리되도록 제어
- 일출 후 바로 광합성이 개시되지만 한참 동안은 시설 내의 온도가 낮아 광합성률이 떨어지므로 일출 전부터 가온을 시작하여 일출과 함께 광합성이 왕성하게 하도록 함

○ 낮 시간대

- 대부분의 광합성과 전류가 일어나는 시간
- 온도가 높아짐에 따라 광합성 속도가 급격히 빨라지는데, 이러한 경향도 어느 시점을 최고로 하여 그 이상의 고온이 되면 호흡이 왕성해져 겉으로 나타나는 광합성량은 감소됨
- 따라서 광합성이 최대에 이루어질 수 있도록 온도를 제어하게 되며 다만, 저온기에도 시설 내 온도는 작물의 최적 생육온도보다 높아질 수 있으므로 적절한 환기를 실시하여 광합성량이 최대가 되도록 최적 생육온도를 유지

○ 일몰 직후

- 해가 진후에는 동화산물의 전류를 촉진시킬 수 있도록 그날의 일사량에 따라 온도를 조절
- 낮 동안의 일사량이 많은 날은 전류 촉진 시간대인 일몰 직후 4~5시간은 온도를 높게 하고, 흐린 날에는 낮 동안의 일사량이 많지 않기 때문에 광합성량도 많지 않으므로 온도를 낮게 관리

○ 야간 시간대

- 전류가 끝난 후부터는 호흡에 의한 소모를 줄일 수 있도록 작물 생육에 지장이 없는 범위에서 낮은 온도로 유지

다. 일사량 감응 전자동 변온 관리의 효과

- 기존 온풍기나 4단변온기기와 달리 비례적분제어를 하기 때문에 시설 내의 설정온도에 대한 편차가 작아 안정적으로 조절 가능
- 항온관리나 변온관리 방식에 비해 에너지 절감효과는 물론 작물의 생산성도 크게 향상됨

- 시설오이의 경우 연료비는 야간 항온관리(13℃)에 비해 연료비가 25~35%, 기존의 4단 변온장치를 이용하였을 때보다는 15~20%가 절감
- 작물의 생산성은 오이의 경우, 일사 변온관리구가 항온 관리구에 비해 상품수량과 상품률이 증가됨
- 장미의 경우, 일사 변온관리 시 전체 수량에는 큰 차이가 없었으나 절화장 60cm 이상의 상품수량이 품종에 따라 항온관리에 비해 7.9~35% 증가하였고, 난방비는 14.2% 절감됨

<온도관리 방법별 연료소비량>

(단위 : L/100평)

처리	항온구	4단 변온구	일사감응 변온구
연료소모량 (지수, %)	5,564 (100)	4,914 (88.3)	4,451 (80.0)

주) 농촌진흥청 원예연구소('99. 10. 23~'00. 1. 13)

<오이의 수량 및 품질 특성>

처 리	총수확과 (개/주)	상품과 (개/주)	평균과중 (g/개)	상품률 (%)	상품수량 (kg/10a, 지수)
항 온 구	15.4	13.5	114.5	86	4,251(100)
4단 변온구	16.4	15.7	105.5	95	4,555(107)
일사감응 변온구	18.6	17.7	118.5	95	5,314(125)

주) 농촌진흥청 원예연구소('99. 10. 23~'00. 1. 13)

<장미의 난방 관리방식에 따른 절화길이별 수량특성>

품 종	난방관리	절화길이별 수량(/100주)					상품 수량 (본/주)	상등품률 (%)
		50cm 미만	50~ 59cm	60~ 69cm	70cm 이상	전체		
'Rote Rose'	항 온	35.4	116.7	164.6	106.3	423	3.88	69.9
	4단 변온	21.2	107.7	151.9	98.1	379	3.58	69.9
	일사변온	9.4	92.2	151.6	175.0	428	4.19	78.0
'Tineke'	항 온	108.3	204.2	107.1	77.1	497	3.88	47.4
	4단 변온	9.3	92.2	151.6	176.0	429	4.20	78.0
	일사변온	10.4	91.7	168.8	264.6	535	5.25	82.5

4. 온수보일러용 코일튜브 열교환기

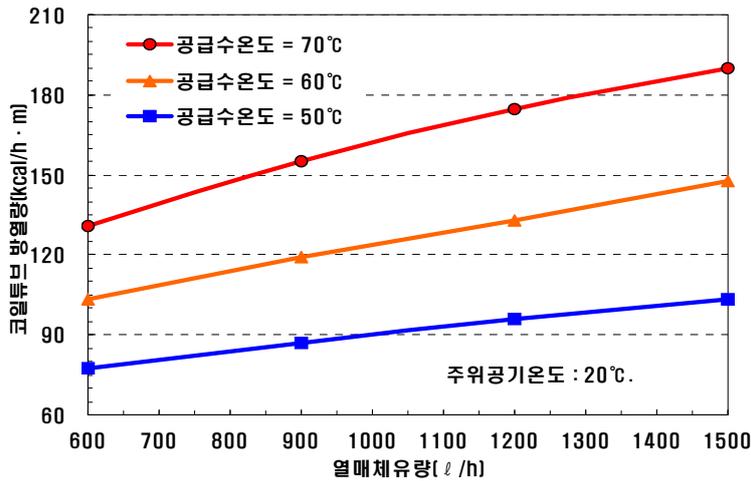
가. 개요 및 특징

- 온실의 난방방법은 크게 복사난방과 대류난방으로 분류할 수 있으며, 대부분의 온실은 대류난방방법을 이용하고 있음
- 대류난방은 자연대류와 강제대류로 분류되며, 온풍난방기를 이용하면 강제대류, 온수보일러를 이용하면 자연대류로 볼 수 있음
- 강제대류에 의한 난방은 공기유동속도가 크기 때문에 온실벽체를 통한 열손실이 많은 것이 단점이며, 온수보일러를 이용하는 자연대류 난방은 열손실은 작으나 열교환을 위한 시설비가 많이 들어 대형 온실 등에 국한되어 이용되고 있음
- 따라서 열손실이 작은 온수난방방법을 보급하기 위해서는 설치비용이 적게 들면서 열전달 속도가 빠르고 내구성이 우수한 열교환기의 개발이 필요함
- 코일튜브 열교환기는 XL 파이프를 코일형태로 제작한 것으로서 소형 온수보일러와 조합하여 저비용으로 단동온실 또는 연동온실의 온수 난방을 실현할 수 있는 장치임

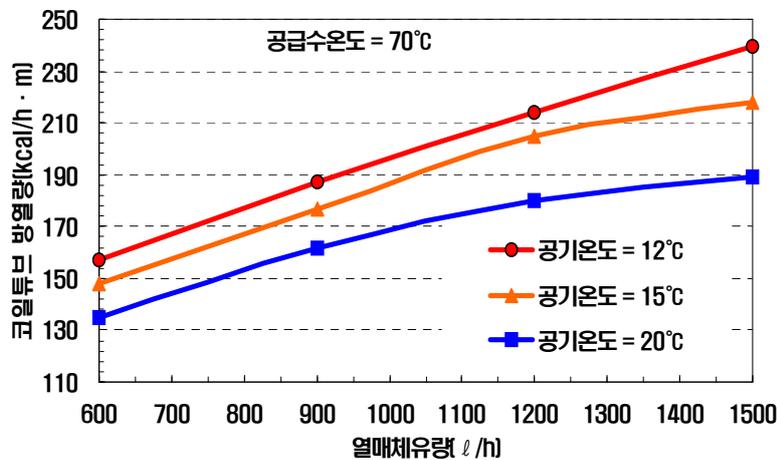


나. 열교환 능력

- 코일튜브 주위의 공기온도가 20℃, 코일튜브에 공급되는 온수의 유량을 600~1,500L/h일 때 코일튜브의 방열량은 공급수의 온도가 50℃일 때 77~105kcal/h·m, 60℃일 때 105~145kcal/h·m, 70℃일 때 134~190kcal/h·m로서 공급수의 온도가 높을수록 증가됨

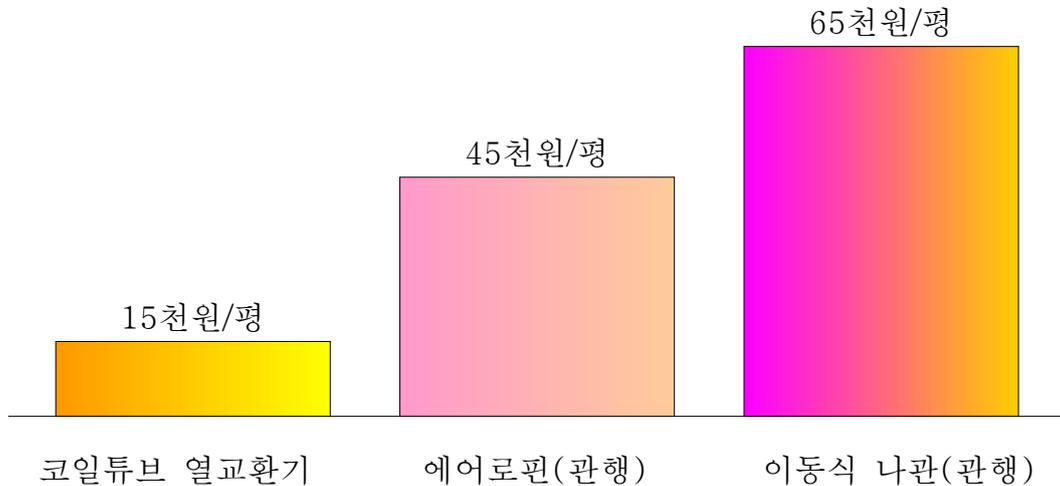


- 공급수의 온도를 70℃로 고정하고 유량을 600~1500L/h로 변화시킨 경우, 주위의 공기온도에 따른 방열량을 분석한 결과, 주위 공기온도가 20℃인 경우에는 코일튜브의 방열량이 137~190kcal/h·m까지 변화하였고, 15℃인 경우에는 148~217kcal/h·m, 12℃인 경우에는 157~245kcal/h·m로서 주위공기의 온도가 낮을수록 증가됨



다. 소요비용 분석

- 코일튜브 열교환기 설치비용 : 15,000원/평으로 에어로핀의 1/3 수준임



라. 실용화 성과

- 산업재산권 출원 및 등록
 - 특허 출원명 : 온실 및 비닐하우스의 온수난방장치
 - 특허출원 : 제 10-2004-0058511호('04. 7. 27)
 - 특허등록 : 제 10-0615044호('06. 8. 16)
- 산업체 기술이전 및 농진청, 지자체 시범보급('05~'06)

5. 석탄난방기

- 석탄난방기는 기본적으로 석탄류, 즉 무연탄, 연탄, 분탄, 괴탄, 갈탄, 조개탄, 코크스 등의 석탄을 연료로 사용하는 난방기를 말함
- 고체연료를 사용함으로써 일반적으로 액체연료를 사용하는 경우, 중유난방기보다 운전이나 온실의 온도조절에 어려움이 있음

- 일단 연소가 시작되면 중간에서 멈출 수가 없고 연료가 전부 연소 될 때까지 연소가 진행됨
 - 따라서 온실난방에 석탄난방기를 이용하는 경우 온풍난방보다는 온수난방에 적합함
- 대부분의 부대시설로 축열조를 설치하여 난방이 필요 없는 주간에는 연소열을 온수형태로 저장하여 난방이 필요한 야간에 활용
 - 온풍난방은 온수가 라디에이터로 통과할 때 송풍시켜 간접으로 온풍을 얻거나 경유난방기처럼 연소실에서 연소시키면서 연소실과 열교환 기표면으로 송풍시켜 직접 온풍을 얻는 방법이 사용됨
 - 연탄난방기는 석탄난방기 중에서 온실난방에 가장 많이 이용되는 기종으로 IMF로 인한 경유가격의 상승으로 경유난방기 대신 연탄난방기가 조금씩 보급되고 있는 추세이지만 연탄의 투입, 타고남은 재를 처리하는 작업이 번거로움
 - 연탄 투입과 배출은 보통 하루에 한번씩 약 1~2시간이 소요되며, 연탄은 3~5단으로 30~60개 정도 쌓여져있어 연소하고 남은 연탄 재를 배출 할 때는 제일 하층단을 불씨로 남기고 배출
 - 연탄투입공정은 대부분 인력으로 행하고 배출공정은 일부 반자동화됨
 - 연탄 연소시에는 황화합물과 일산화탄소(CO)가 발생하므로 유해가스가 시설이나 작물에 피해가 발생되지 않도록 각별한 주의가 요망됨

<석탄난방기의 종류 및 특징>

종 류	연료 및 공급방식	용량 (kcal/h)	재처리	온도조절	특 징
무연탄 보일러	입자크기 : 5~25mm 자동식	2만~20만	자유낙하 수동식 또는 자동식	온도설정 : 1단 온도조절 : 자동제어식	연료공급은 연료 공급 시간 및 급수 온도에 따라 자동 조절 열효율: 70~80%
무연탄 온풍기	입자크기 : 5~25mm 자동식	10만	자유낙하 수동식	1단 또는 4단	연료공급은 실내온도 설정에 따라 자동공급 열효율: 80% 수준
연탄 보일러	3.6kg 구멍탄	4만~20만	수동식	1단 또는 4단	온수축열조에 저장하여 지중가온에 이용 열효율 : 30~60%
연탄 온풍기	3.6kg 구멍탄	5만~10만	수동식	1단 또는 4단	온수를 방열기로 보내 온풍난방 또는 축열조 온수를 지중난방에 이용 열효율 : 60~80%
코크스 난방기	코크스 50~100mm 점결탄 자동식	5만~20만	반자동	1단	온수축열조저장, 온수 및 온풍난방가능 열효율 : 60~80%

주) 농촌진흥청 농업공학연구소 시험검정 자료

- 코크스는 점결탄을 1,000℃ 정도에서 건류해 만든 회백색의 탄소로 해탄이라고도 불리며 성상은 회분 10~12%, 입도는 60~150mm, 휘발분은 2% 이하로 구성되어 있음
- 코크스는 발열량이 약 8,000kcal/kg으로 연탄보다 화력이 우수하고 재성분이 적어 재처리가 용이함
- 코크스난방기의 연료공급은 호퍼에 코크스를 담아 연소가 진행됨에 따라 낙하시키는 방식이 사용되며, 재처리는 재성분이 10%이하로 연탄난방기 보다 용이하고 모터로 진동스크린을 구동하여 재를 주기적으로 배출하는 반자동식도 있음
- 코크스난방기의 열효율은 70~80% 정도로 추정됨

○ 석탄난방기 사용시 문제점

- 초기점화에 별도의 연료가 필요하며, 화력조정이 쉽지 않고 온실 온도에 따른 난방기의 변온운전이 곤란함
- 온풍보다는 온수공급이 주가 되므로 온실온수배관 비용으로 인한 난방 시설비가 비싸고 난방기 자체의 시설비용도 기존의 경유온풍기보다 고가임
- 석탄난방기의 선정시에는 소정의 품질을 가진 석탄연료의 안정적 공급방안 확보, 연료의 공급 및 재배출 등에 소요되는 노력과 분진 등에 대한 충분한 검토가 필요함

가. 무한궤도 연소식 석탄온풍난방기

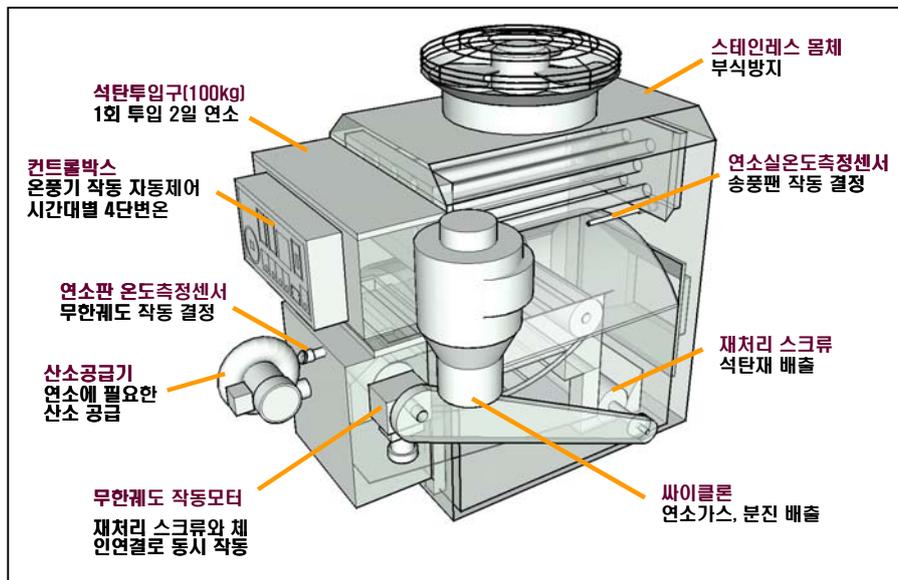
- 무한궤도 연소식 석탄온풍난방기는 석탄을 연료로 이용하면서 경유 온풍기 수준으로 온풍온도를 정밀 조절할 수 있고 연료공급 및 교체 노력을 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 개념의 난방기임

(1) 구조 및 특징

- 무한궤도 연소식 석탄온풍난방기는 기존의 고정식 박스 형태인 연소실 내부구조를 개선하여 제작
- 석탄이 무한궤도상에서 연소되면서 서서히 뒤로 이동함으로써 석탄 투입구에서 멀어져 완전히 연소될 때까지 연소실 내부의 온도를 상승시킴
- 최종적으로 연소된 석탄재가 하부 배출구로 낙하하여 스크류식 재처리 장치를 통해 외부로 배출됨
- 내부의 무한궤도 연소실은 순차적으로 이동하면서 석탄을 연소시키는 궤도 형태의 연소판, 스크류 방식의 석탄재 배출장치, 연소

실 하부로 낙하하는 잔재물을 배출하기 위해 스크류 쪽으로 수집하는 경사판, 무한궤도 작동시 연료가 연소판 밖으로 떨어지는 것을 방지하는 가이드로 구성됨

- 외부구조는 250kg 용량의 석탄투입구, 스테인리스 재질의 연소실, 연소가스와 분진을 배출할 수 있는 사이클론, 무한궤도 연소실과 석탄재 배출 스크류를 작동시키는 구동모터, 석탄 연소에 필요한 산소를 공급하는 블로어, 온실 내부에 온풍을 공급하는 송풍팬 등으로 이루어짐



- 난방용량은 20만kcal/h로서 500~600평정도 규모의 시설에 설치하여 사용 가능
 - 석탄 투입구의 용량은 250kg으로 1차 가공된 석탄연료인 그레놀탄 25kg짜리 10포(가격 4,000~4,500원/포)를 투입할 경우, 겨울철 외부 기온에 따라 1~2일 정도 사용 가능
 - 하루에 300장 이상을 교체해야 하는 연탄난방기에 비해 노동력을 크게 줄일 수 있고 교체작업시 연탄가스에 의한 불편함이나 위험성이 적음

- 대용량의 외부 석탄 공급장치를 별도로 설치할 경우에는 1톤가량의 석탄을 한꺼번에 투입하여 4~5일 정도를 사용할 수 있고 부족한 연료만 보충하여 주면 계속적으로 난방 가능
- 난방을 시작하기 위해 처음 한번은 수동으로 불꽃 점화용 탄을 이용해 연소실 내부의 석탄에 착화시켜야 하지만 일단 연소가 시작된 이후에는 석탄투입구 전면에 부착되어 있는 컨트롤박스가 온실 내부 온도센서의 설정온도에 따라 무한궤도를 제어하여 석탄 연소량을 자동으로 조절하기 때문에 불꽃을 관리하기 위한 노력 절감

(2) 석탄온풍난방기의 장점 및 에너지 절감 효과

- 무한궤도 석탄온풍기의 제어장치는 온실내부 온도센서, 석탄연소부 온도센서, 열교환실 온도센서를 이용해 산소공급기, 무한궤도 연소부, 송풍팬 등을 제어하여 난방기를 작동시키도록 구성됨
 - 석탄을 연료로 사용하면서도 경유온풍난방기와 같이 4단 변온관리가 가능해 24시간 각 시간대별로 온도설정이 가능
 - 난방이 필요 없는 시간대에는 불씨유지 모드가 작동하여 불꽃이 완전히 꺼지지 않을 정도로 최소한의 석탄만을 연소시키도록 하고 온실 내부온도가 설정온도보다 낮아져 난방이 필요하게 되면 즉시 재가동하여 지속적인 난방을 할 수 있도록 모든 기능이 자동 설정
 - 기존 연탄 및 석탄난방기 사용의 불편함을 개선하여 운전조작이 쉽고 경유온풍기 수준으로 정밀한 온도조절 가능
- 석탄온풍난방기는 경유온풍기에 비하여 연료비를 40~50% 정도 줄일 수 있어 석유류를 대체할 수 있는 난방수단으로 기대



(3) 사용 시 유의사항

- 석탄이 연소될 때 발생하는 이산화황, 일산화질소 등의 복합 유해 가스는 작물에 피해를 미치는 것으로 나타났음
- 이와 같은 유해가스는 철을 부식시켜 온실 골조에 영향을 줄 수 있으며 인체에도 해롭기 때문에 석탄온풍난방기는 반드시 외부에 전용실을 만들어 온실내부로 연소가스가 유입되지 않도록 격리 설치 필요



나. 연탄난방기

- 연탄(煉炭, briquette)은 석탄을 분쇄한 뒤 피치나 펄프의 폐액 같은 점결제를 혼합하여 원통형으로 성형한 연료로 연소가 잘 되도록 세로로 구멍을 여러 개 내어서 만들기 때문에 구멍탄 또는 구공탄이라고도 불림
 - 구멍의 수에 따라 9공탄, 19공탄, 22공탄 등으로 구분됨
 - 가정용은 대개 구멍이 22개이고 주로 무연탄 가루로 제조됨
 - 한국공업규격에 따르면 가정용 연탄(2호)은 무게 3.6kg(건조하더라도 3.3kg 이상), 지름 150mm, 높이 142mm, 열량 4400~4600kcal를 표준으로 규정

(1) 연탄난방기의 장단점

- 연탄은 kg당 발열량이 2,760kcal로 22공탄의 경우 1개당 발열량은 약 9,000kcal 정도로 유류나 전기에 비해 단위가격 당 유효발열량이 2배 이상 높은 장점이 있음
- 연탄난방은 가격이 저렴하여 난방비 부담을 크게 줄일 수 있음
- 연탄보일러는 온도조절이 용이하지 못하여 난방부하량 변동에 탄력적으로 대응하기가 어려워 주난방보다는 보조난방수단으로 활용되고 있음
- 연탄을 교환하는데 노력이 많이 들고 일산화탄소 가스로 인한 장비부식 및 가스중독 우려, 타고남은 연탄재의 처리 등 단점도 많음
- 연탄난방기를 도입하고자 할 경우 이러한 문제점을 충분히 검토하여 결정하여야 하며, 농장이 주택가 인근에 있을 경우에는 연탄가스 배출문제 등도 고려하여야 함

(2) 연탄난방기의 종류 및 구조

- 연탄난방기는 대부분 온수방식이 많으며, 열전달 방식에 따라 수조식, 수관식, 수관수조식 등으로 구분됨
 - 수조식은 철판을 용접하거나 철을 용융하여 수실을 물질형태로 만든 간단한 구조임
 - 수관식은 온수배관을 여러 층으로 설치하여 수실을 형성한 형태인데 전열면적이 수조식보다 넓으나 청소가 용이하지 못하고 순환저항이 큰 단점이 있음
 - 수관수조식은 이 두 방식을 혼합한 형태로 최근에 많이 보급되고 있음

- 수조식은 연탄화실에서 연탄이 연소되어 발생하는 열로 수조를 직접 가열하는 방식인데 현재는 많이 사용되지 않고 있음

- 수관식은 연탄화실에서 연소되어 발생하는 열로 수관을 가열하며 데워진 물을 수조로 이송하여 저장하는 방식
 - 열을 접하는 면적이 크기 때문에 축열 속도가 빠르고 열효율도 비교적 높은 편이나 수관에 가스로 인한 슬러지나 부식 등이 발생하면 열효율이 떨어지고 청소하기 곤란한 단점이 있음

- 수관수조식 연탄보일러는 형태가 매우 다양한데 대부분 연소통, 열전달용 수관, 열전달용 수조, 수조 밖의 보온재, 외피, 축열탱크, 배기구 등으로 구성됨
 - 수관수조 내부에 약 2~3톤 정도의 물을 축열할 수 있는 공간이 있으며, 3톤 정도의 축열탱크가 별도로 설치
 - 보조난방으로 사용할 경우에는 별도의 축열탱크는 필요 없으며, 주난방기의 축열 물탱크에 바로 연결하여 사용하기도 함

※ 수관수조식 연탄보일러의 사용 사례(1)

- 연탄화실은 직사각형 상자형태로 한번에 연탄 300장을 투입할 수 있으며 대당 난방면적은 900~1,000평



<수관수조식 연탄난방기>



<수관수조의 형태>

※ 수관수조식 연탄보일러 사용 사례(2)

- 투척식 연탄보일러로 화구에 연탄을 직접 던져 넣는 방식으로 작업자가 연탄가스에 노출될 위험이 적고 연소된 재의 처리가 용이함
- 연탄뿐 아니라 목재, 코크스 등 다양한 고체연료 사용 가능
- 그러나 난방기 가동 시간동안 지속적으로 연탄을 투척해 넣어야 하기 때문에 인력이 많이 소요되는 단점이 있음



<투척식 연탄보일러>



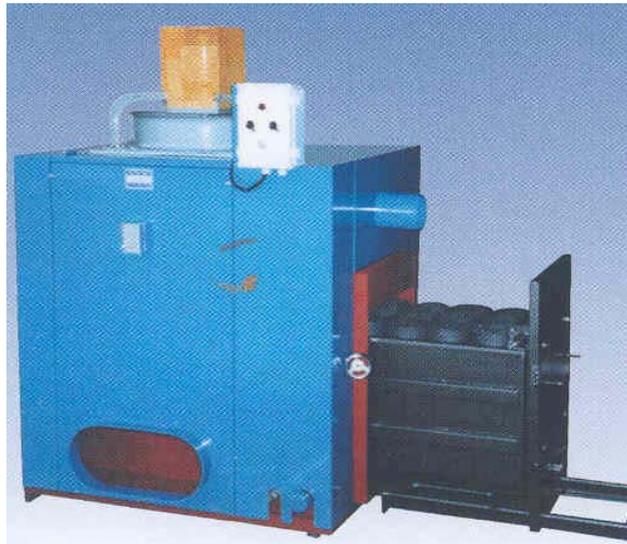
<연탄투입 장면>



<연탄재 처리>

※ 온풍방식 연탄난방기 사용 사례(3)

- 화실에는 1회에 84장의 연탄이 들어가며, 약 25만kcal 용량으로 200평 정도의 온실 난방이 가능함
- 화덕의 좌우를 개방할 수 있어 연탄교체가 편리하고 난방배관이나 축열조 등의 부대설비가 필요 없어 설치비용 저렴



<온풍방식 연탄난방기>

(3) 연탄난방기 사용시 유의사항

- 연탄이 연소되면서 배출되는 가스의 성분은 연탄교체 1시간 후 연탄 난로 상부 1m 위치에서 조사한 결과 CO 907ppm, CO₂ 6,000ppm, NO 2ppm, NO_x 2ppm, SO₂ 3ppm 수준이었음
- 온실외부에 연탄난방기를 격납할 수 있는 비닐하우스를 설치하고 연탄을 연소시켰을 때 위치별 일산화탄소(CO)는 작업실 17ppm, 연소하고 있는 난방기 안 6,385ppm, 연소통을 열었을 때 발생량은 1,946ppm으로 나타나 연탄 교체시 작업자가 가스를 흡입하지 않도록 각별한 주의가 요망됨

<혈중 일산화탄소-헤모글로빈의 농도 및 인체영향>

CO-Hb (%)	증상	CO농도(ppm)	흡입시간
4	건강한, 사람은 문제되지 않지만 호흡기 계통 질환 등의 환자에게는 영향을 줄 수 있음	9~30	10~30분
5	중추신경에 영향	30	4~6 시간
		120	1 시간
10	과격한 근육활동 시 숨이 참	40	8 시간
20	보통 활동에도 숨이 차고 간헐적 두통	400~500	1 시간
30	두통, 신경과민, 피로감, 주의력 산만	1,000	1 시간
40~50	두통, 정신혼란	1,000	1~2 시간
60~70	의식혼탁, 호흡중추마비	1,000	4~5 시간
80	사망	1,500~2,000	4~5 시간

6. 전기 온풍난방기

가. 농사용전기

농사용 전력은 전기의 사용 용도에 따라 3가지로 구분하여 적용

(1) 농사용 전력(갑)

- 양곡생산을 위한 양수, 배수(排水)펌프 및 수문조작에 사용하는 전력

(2) 농사용 전력(을)

- 농사용 육묘(育苗) 또는 전조(電照)재배에 사용하는 전력

(3) 농사용 전력(병)

- 농작물재배·축산·양잠·수산물양식업에 전력을 사용하는 고객으로서 농사용 전력(갑) 및 농사용 전력(을) 이외의 고객
- 농수산물 생산자의 농수산물 건조시설, 농작물 저온보관시설, 수산업 협동조합 또는 어촌계가 단독 소유하여 운영하는 수산물 제빙·냉동시설
- 농작물재배·축산·양잠·수산물양식업의 해충 구제(驅除) 및 유인용 전등

나. 농사용 전력 전기요금

(1) 농사용 전력(갑)

- 기본요금 : 요금 적용전력에 대하여 kW당 340원
- 전력량요금 : 모든 사용 전력량에 대하여 kWh당 20.60원

(2) 농사용 전력(을)

- 기본요금 : 요금 적용전력에 대하여 kW당 930원
- 전력량요금 : 모든 사용 전력량에 대하여 kWh당 26.30원

(3) 농사용 전력(병)

- 기본요금 : 요금 적용전력에 대하여 kW당 1,070원
- 전력량요금 : 모든 사용 전력량에 대하여 kWh당 36.40원

<농사용 전력 전기요금(적용일자 : '07. 4. 1.)>

구분	기본요금(원/kW)	전력량 요금(원/kWh)
농사용 전력(갑)	340	20.6
농사용 전력(을)	930	26.3
농사용 전력(병)	1,070	36.4

다. 농사용전기 설비

- 현재 농가에 보급되고 있는 전력은 3kW이며 사용주의 전력공급 희망에 따라 공급전력을 증설할 수 있음
- 증설비용은 5kW 이하에서는 180,400원이며 추가 증설시 70,400원 /kW(일반전기업자 100,000원/kW)가 소요됨
 - 100kW 초과 시 고압 신규설비를 요하며 내선을 제외한 설치비용은 14,300원/kW로 특히, 일반 전기업자가 설치하는 경우는 내선비용을 고려
- 한전 소유 전주 200m 이내의 거리는 기본으로, 200m 초과 시에는 51,700원/m가 소요되며 전주 추가 및 변압기 신설에도 비용은 동일
- 임시용 또는 주택용일 경우, 전기 인입공사비는 15만원(한전부담), 보증금 20만원이며 내선 배선공사비(전기공사업체) 약 35만원으로 지역별로 약간의 차이가 있음

- 내선 배선공사는 최종 한전주에서 주택까지의 배선 및 계량기 설치 공사를 말함

<농사용 전력 증설 비용>

• 농사용 전력 증설 비용	
5kW 이하 (저압)	180,400원(=164,000원*1.1(VAT포함))
전력 증설 시	70,400원/kW(=64,000원*1.1(VAT포함), 한전), 100,000원/kW(일반전기업자)
100kW 초과 시 (고압)	14,300원/kW(=13,000원/kW*1.1(VAT포함))
• 전주 설치 비용	
200m 이내	기본요금에 기포함
200m 초과 시	51,700원/m(=43,000원/m*1.1(VAT포함)+전기업체 4,400원/m) ※ 한전주 추가 및 변압기 신설비용은 동일
• 임시용 또는 주택용일 경우	
전기 인입공사비	150,000원(한전부담), 보증금 200,000원(농가부담)
내선 배선공사비	약 350,000원(지역별 차이 발생)

- 주 : 1) 100kW 초과 시에는 변압기, 차단기 등 수전설비 비용 추가 소요
2) 내선 배선공사는 한전주에서 주택까지의 배선 및 계량기 설치공사를 말함

라. 전기 온풍난방기

(1) 특징

- 전원장치, 송풍팬, 송풍관, 제어장치, 케이스, 투시창, 프레임 등으로 구성됨
- 난방 성능, 안정성 등에 대한 국가공인시험·연구기관의 시험평가를 거쳐 정부지원 농기계에 포함