

粒子充填型 二重壁 溫室에 關한 研究¹⁾

李錫健 · 李鍾元 · 李賢雨
慶北大學校 農科大學 農業土木工學科

A Study on the Double-Wall Greenhouse Filled with Styrene Pellets

Lee, Suk-Gun Lee, Jong-won Lee, Hyun-Woo
Dept. of Agricultural Civil Engineering, Kyungpook National University,
Daegu 702-701

Summary

This study was conducted to develop the automatic insulation system which control inside temperature of the greenhouse. For this purpose, the double-wall greenhouse and system which could automatically supply and discharge styrene pellets were constructed, and abrasion of the pellets, blower ability, insulating property, transmittance and shading effect were analyzed by the experiments.

The results obtained from this study can be summarized as follows :

1. It took an hour and fifteen minutes to supply and discharge about 2m³ pellets in the experimental greenhouse. However, it is possible to reduce the operation time by proper selection of the blower and exhaust port, and by proper control of the supply and return pipe.

2. It was founded that the indirect delivery way was more profitable than the direct one in the supply and return of pellets.

3. When the transmittance was measured between 10 a.m. and 3 p.m., the average light transmissivity rate was 67%.

4. In winter nighttime, the inside temperature of the double-wall greenhouse without the pellets was higher than the outside temperature by 3.4°C on an average. However, the inside temperature of the double-wall greenhouse with insulated area 73% was higher than the outside by one 6.6°C on an average, and the inside temperature of the greenhouse with insulated area 100% was higher than outside one by 13.5°C on an average. Therefore, it was proved that the insulating ability of the double-wall greenhouse in nighttime was excellent.

5. When the outside temperature was 36.9°C on an average, the inside temperature of the double-wall greenhouse with insulated area 100% was 30°C on an average. As the inside temperature was lower than the outside one by 7°C on an average, we could know that the shading effects of the double-wall greenhouse were excellent in summer daytime.

키 워 드 : 이중벽온실, 펠레트, 단열, 차광, 투광성

Key words : double-wall greenhouse, pellets, insulation, shading, transmittance

¹⁾本 研究는 1992年度 韓國科學財團의 研究費支援에 의하여 遂行된 것임.

서론

농산물의 수출·입 개방화시대에 직면하여 과학적인 기술을 도입한 첨단농업생산기술이 지향하는 궁극적인 목표는 생산단가의 절감과 농업 생산품의 품질향상이라 할 수 있다. 생산단가의 절감은 생산에 소요되는 에너지의 절감과 생산작업의 자동화를 통해서 부분적으로 달성할 수 있으며, 농산물의 품질향상은 적정생육조건을 유지함으로써 가능할 것이다. 특히, 국제경쟁력을 확보하고 농가의 소득증대를 도모하기 위해서는 많은 노동력을 필요로 하는 노지재배보다 적정생육환경의 조절이 용이한 시설재배로의 전환이 불가피한 현실이다.

그러나, 시설재배에 있어서 생산비를 절감하고 품질을 향상시키기 위해서는 많은 에너지 투입이 요구되므로 시설원예는 에너지 소비형의 농경방식이라 지적되고 있는 바¹⁾, 적극적인 보존수단의 개발과 에너지 절약형 온실의 개발이 현실적인 문제로 대두되고 있다.

일반적인 보존수단인 온실의 피복은 단일 또는 이중으로 하는 일차피복과 실내에 커튼이나 터널을 설치하는 이차피복으로 대별할 수 있다. 피복재의 종류 및 피복방법에 관한 연구는 오래 전부터 수행되어 왔으며, Sheldrake 등²⁾은 폴리에틸렌 필름으로 이중피복을 한 경우에 단일피복보다 약 40%의 난방열량을 감소시킬 수 있다고 보고한 바 있다.

겨울철에 외기온이 급격히 하강하는 경우에는 온실내외의 온도차에 의한 관류전열손실을 줄이는 것이 보존의 주목적이라 볼 수 있으며 거적 등의 보조피복재를 야간에는 피복하고 주간에는 일사에 의한 온도상승과 광합성에 필요한 일사를 투과시키기 위해 제거하는 경우가 많은데 이 작업에 많은 노동력이 소요되는 실정이다.

이러한 보조피복재의 피복 및 제거에 소요되는 노동력 절감을 도모하기 위한 기초실험으로서, Lee (1987)³⁾는 연질비닐하우스의 벽체를 이중으로 하여 이중벽 사이에 단일입자를 직송방식으로 충전·회수하여 이중벽 단일온실의 단일실험을 실시한 결과 단일성이 우수하고 차광효과도 상당함을 보고한 바 있다. 그러나, 연질비닐로 피복한 온실의 경우에는 피복재의 내구성 부족으로 인하여 장기간

입자의 충전·회수과정의 반복이 곤란하여 실용성이 있는 견고한 유리 또는 경질 PET 필름으로 피복한 온실에 대한 자동단열실험이 필요할 것으로 사료되었다. 또한, 송풍기 케이싱을 통해 단일입자를 이중벽 사이로 수송하는 직송방식에 의한 입자공급은 입자의 마모가 크고 정전기발생이 심하기 때문에 간접방식으로 충전·회수하는 방법이 더 좋을 것으로 판단되었다.

이에 본 연구는 온실의 벽과 지붕을 경질 PET 필름으로 피복하여 내구성을 높이고, 이중벽사이에 단일입자를 자동으로 충전·회수함으로써 주간에는 일사에 의한 온실내부온도의 상승을 도모하고, 야간에는 단열을 통하여 전열손실을 최대한 방지할 수 있는 온실의 자동단열시스템을 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험용 온실의 구조

실험용 단일온실의 구조는 온실부, 입자를 저장하는 저립조, 송풍기, 충전관 및 회수관등으로 구성되어 있고, 그 세부구조는 다음과 같다.

가. 실험용 온실의 형식 및 크기

실험용 온실은 Fig. 1과 같으며, 크기는 폭이 3m, 길이가 5m이고, 棟西棟으로 설치된 양지붕형 온실이다.

단열입자는 충전관 및 회수관 내부에서는 송풍기의 풍량과 풍압으로 이동되지만 이중벽의 지붕경사면에서는 입자의 자중으로 이동하게 된다. 따라서, 입자의 원활한 이동을 위해서는 적당한 지붕경사가 요구되며, 4.6/10(24.7°)이상의 경사가 적당한 것으로 추천되고 있는 바^{7,8,9)} 본 연구에서는 온실의 지붕경사를 30°로 하였다.

나. 이중벽의 구조

이중벽을 가진 온실에 있어 벽체의 간격은 단열층의 두께증가에 따른 열전달계수의 감소율을 감안하여 5~10cm의 범위가 적당하다고 추천되고 있는 바⁵⁾, 본 실험에서는 단열층의 두께증가에 따른 관류전열손실량의 변화율과 충전관 및 회수관

의 직경을 고려하여 8.5cm로 하였다.

그리고, 이중벽 온실의 피복재는 일사투과율, 강도, 시공성 등을 고려하여 선택하여야 한다. 이중벽 단열온실에 있어 채광성이 가장 양호한 피복은 외피복을 유리로 하고, 내피복을 경질비닐필름(또는 유리)을 사용한 경우라고 보고되어 있다^{10, 11)}. 이 경우에, 광투과율은 피복재가 6개월간 광에 노출된 상태의 단일유리피복다 5~6%정도 낮고, 단일연질비닐보다는 25%정도 높은 것으로 나타나 있다¹⁰⁾. 본 연구에서는 재료비를 고려하여 온실의 내 외피복재로 경질폴리에스테르(PET)필름을 사용하였다.

한편, 이중벽의 제작시 주의하여야 할 사항은 이중벽 내부의 습기침투 문제이다. 온실내부의 다습한 공기가 이중벽 사이로 침투하면 입자 회수시 입자가 벽체내부에 부착할 가능성이 높아 주간의 투광성에 장애가 되므로 본 실험에서는 이중벽 골조와 피복재 사이를 실리콘 등으로 밀봉하여 이중벽 구조의 기밀성을 유지하였다.

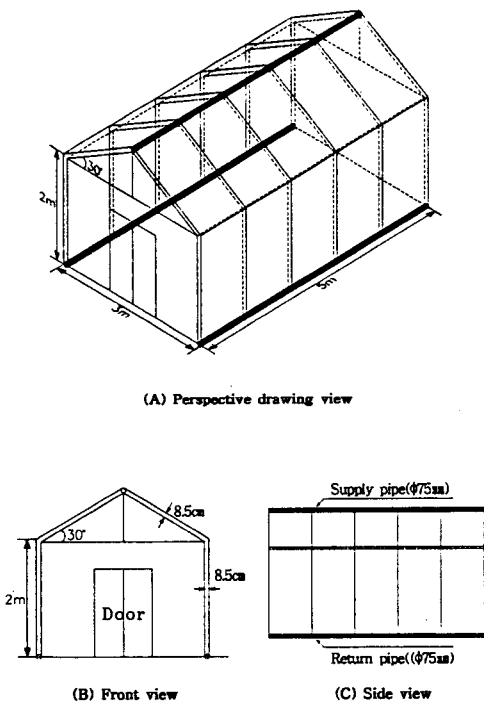


Fig. 1. Diagram of experimental greenhouse.

다. 저립조

실험용 온실에서 입자를 저장하는 저립조는 Fig. 2와 같이 두께 3mm의 철판을 사용하여 150cm×150cm×250cm의 크기로 제작하였다.

저립조의 하단부에는 충전관과의 연결관을 부착하고 입자의 송·출입을 제어할 수 있도록 밸브를 설치하였으며, 상부에는 회수관과의 연결관을 설치하고 회수시 저립조의 압력을 낮추기 위한 감압관을 설치하여 송풍기와 연결되도록 하였다. 그리고, 저립조 내부의 상단에는 감압시 단일입자가 감압관으로 나오지 못하도록 하기 위하여 1.5mm 간격의 철망을 설치하였으며, 단일입자가 원활히 배출되도록 하기 위하여 저립조의 하부는 호퍼형태로 경사지게 하였다.

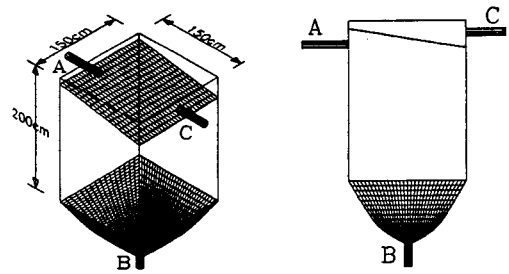


Fig. 2. Diagram of pellet storage

라. 충전관 및 회수관

실험용 온실의 송풍방식은 단일입자의 마모나 정전기의 발생이 적은 간접방식을 택하였다. 단일입자가 저장되어 있는 저립조, 입자이동의 동력원이 되는 송풍기 및 충전·회수관, 온실부와의 연결상태는 Fig. 3과 같다. 단일입자를 이중벽 사이로 공급하는 충전관은 양쪽으로 단일입자를 동시에 공급하기 위하여 송출구를 30cm 간격으로 수직선에 30°방향으로 좌우대칭되게 설치하였다.

회수관에는 단일입자의 원활한 회수를 위하여 30cm간격으로 직경 4cm의 흡인구를 만들었고 이중벽 사이의 단일입자를 완전히 회수하기 위해서 벽체의 바닥에 설치하였다. 입자회수시에는 회수

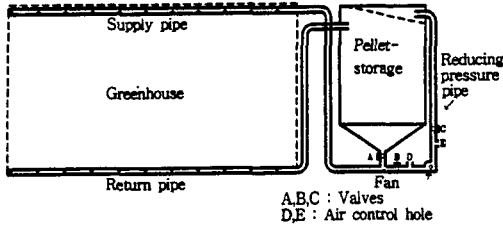


Fig. 3. Pipe arrangement for the pellets moving.

관의 풍압과 밀접한 관계가 있고, 관 내부의 정압과 풍속은 회수관의 표면적과 흡인구의 면적비에 관련되기 때문에 적당한 흡인구의 직경과 간격을 조사하기 위해서 좌측의 11개의 흡인구를 만들었으며, 우측에는 8개의 흡인구를 만들었다.

마. 송풍기

송풍기의 용량은 입자의 송출거리와 충전 및 회수관의 구조에 의하여 결정되지만, 송풍기 용량이 입자의 충전 및 회수에 소요되는 시간에 많은 영향을 미치므로 입자의 사용량, 저립조 및 온실의 크기, 이중벽과 저립조의 밀폐상태 등을 충분히 고려하여 송풍기를 선택하여야 한다. 입자가 송풍기의 압력으로 이동하는 것이 아니라, 풍량의 관성에 의해서 다량의 공기와 함께 충전관내부에서 송출구를 통하여 이중벽 사이로 밀고 나오는 것이므로 충분한 풍량이 필요하게 된다. 또, 이와 함께 공급되는 다량의 공기를 온실의부로 배출시켜야 입자의 공급이 원활하게 이루어지므로 배기구를 통하여 충분한 배기량을 확보해야 한다. 이를 고려하여 본 실험에서는 0.5HP(380W)과 1HP(0.75KW)의 축류팬 송풍기를 사용하여 충전 및 회수실험을 수행하였다.

바. 온도계측시스템

본 실험에서 단일 및 차광성능을 분석하는데 필요한 온실내의 온도를 계측하기 위하여 사용한 온도계측시스템은 Fig. 4와 같다.

온도계측을 위한 온도센서를 지상 50cm되는 곳에 온실내부의 길이방향으로 6점, 외부에 2점을 설치하여 온도계측을 하였다. 온도계측시스템은 계측센서, 가변 power supply(0~5V), terminal,

A/D convert(PC--MADC(AR-B3001))로 구성되었으며 계측결과를 분석하기 위한 프로그램을 작성하여 사용하였다.

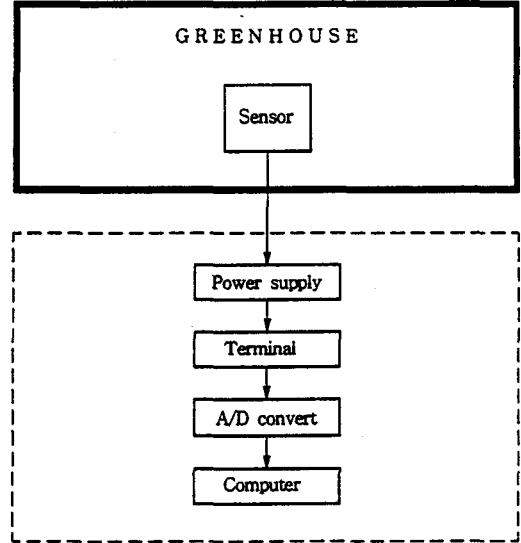


Fig. 4. Block diagram of temperature measuring system.

2. 단일입자의 물리적 성질

본 실험에 사용된 단일입자는 스티로폼 입자(styrene pellets)로서 직경별로 여러 종류가 있으나 본 연구에 사용된 입자는 일반건축용 단열재로 사용되고 있는 스티로폼판을 제작하기 전의 발포 입자로서 직경 3~5mm, 중량 8~10kg/m³인 球形 입자이다. 직송방식에 의한 입자의 마모를 분석하기 위한 실험에서는 직경 5~10mm, 중량 17kg/m³의 球形입자를 사용하였다.

3. 입자의 마모실험 장치 및 방법

직송방식에 의한 입자의 마모율을 분석하기 위한 실험장치는 Fig. 5와 같으며 입자의 마모시험은 사용기간을 1개월~5개월로 하여 실시하였다. 실험용 온실에 있어 하루동안 입자의 충전 및 회수를 각각 1회씩하는 것으로 보고 1개월(30일)동안에 30회씩 작동하는 것으로 가정하였다. 따라

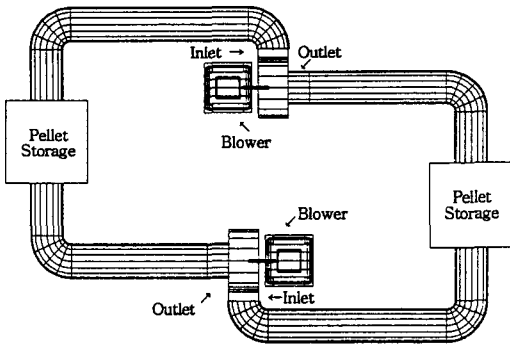


Fig. 5. Experimental equipment for abrasion test of styrene pellets.

서, 운전횟수는 1개월시 30회, 2개월시 60회, 3개월시 90회, 4개월시 120회, 5개월시 150회가 된다. 이를 반복운전하여 마모시험을 실시하였다.

마모시험에 사용된 입자는 직경 5~10mm, 중량 17kg/m³의 球形으로서 3.36mm이하로 마모된 입자는 효용성이 없는 것으로 판단하여, No.6체(3.36mm)로 체가름하여 직경이 3.36mm이하인 입자의 중량통과 백분율로 마모정도를 판정하였다.

4. 단열입자의 충전 및 회수 실험방법

단열입자가 송풍기의 케이싱내를 통과하는 직송방식으로 단열입자를 충전 회수할 경우에는 단열입자의 마모가 크기때문에, 자유낙하에 의해 송출하고, 저립조를 감압해서 회수하는 간접방식으로 개량하여 단열입자의 충전 및 회수실험을 수행하였으며 실험용 온실에서 입자의 충전 회수시스템은 Fig. 3과 같다.

단열입자를 이중벽안으로 충전시킬 때에는 밸브 A, B, E를 열고 송풍기를 가동시키면 밸브 E로부터 외기를 유입시키면서 입자는 저립조 하부의 관을 통하여 충전관→송출구→이중벽 사이로 충전된다. 이때 이중벽으로 유입되는 공기는 온실천정부위에 있는 배기구를 통하여 대기중으로 방출된다. 그리고 입자를 저립조로 회수시킬때는 밸브 A, B, E를 닫고 밸브 D, C를 열어서 송풍기를 작동하면 감압관을 통하여 저립조내의 공기는 외부로 방출

되어 저립조내는 부압이 발생하여 입자는 이중벽→흡인구→회수관→저립조로 회수된다. 이때 입자의 수송에 필요한 공기는 온실천정 양단에 있는 배기구로 유입된다. 즉 이중벽을 가진 온실에 있어 입자의 충전 또는 회수시의 순환경로를 정리하면 다음과 같다.

- ◎ 충전경로 : 저립조 → 충전관 → 송출구 → 이중벽
- ◎ 회수경로 : 이중벽 → 흡인구 → 회수관 → 저립조

결과 및 고찰

1. 실험용 온실의 운전특성

0.5마력과 1마력의 축류형 송풍기를 사용하여 온실의 이중벽 사이에 약 2m³의 입자를 간접방식으로 충전 및 회수하는데 소요된 시간은 1시간 15분이었다. 이때, 입자를 이중벽 사이에 충전하는데 소요된 시간은 약 50분정도였고, 입자를 회수하는데 25분정도 소요되었다.

0.5마력의 송풍기를 사용한 경우에 입자의 완전 회수가 되지 않았으며, 이의 원인은 흡인구의 면적에 비해 송풍기의 흡인력이 부족하기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 회수의 진행은 저립조에 가까운 부위의 입자부터 회수되었다. 이는 흡인력이 저립조로부터 멀어질수록 작아지기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 사실은 회수관의 흡인구가 11개인 좌측 이중벽의 회수율에 비하여 흡인구가 8개인 우측 이중벽의 회수율이 훨씬 양호한 사실로부터 알 수 있다.

충전시 입자는 공기와 혼합되어 이중벽 사이로 공급되므로 이중벽 사이의 공기를 외부로 배출시켜주는 배기구의 면적을 좀 더 넓게 해주고, 저립조로부터 충전관으로 공급되는 입자의 양을 많게 해 줌으로써 충전에 소요되는 시간을 줄일 수 있었다.

2. 단열입자의 마모성

Fig. 5의 마모시험장치를 이용하여 입자를 송풍기의 케이싱내로 통과하게 하는 직송방식에 의한

입자의 마모실험을 수행한 결과는 Table. 1과 같다.

Table 1. Abrasion of Styrene pellets

period	Total weight(g)	Passing weight 3.36mm sieve(g)	Abrasion ratio(%)
1 month	14.21	0.54	3.2
2 month	14.78	0.95	6.4
3 month	14.54	1.58	10.9
4 month	14.76	2.18	14.76
5 month	14.54	2.87	19.71

Table 1에서 보는 바와 같이 5개월 연속사용시 약 20%의 입자마모가 발생하였으며, 이는 대부분 송풍기의 케이싱날에 의해 발생하였다. 따라서 간접방식으로서의 개량이 타당한 것으로 분석되었다.

3. 이중벽 온실의 투광성

본 실험에 사용된 단열온실은 이중벽으로 되어 있기 때문에 이중벽 사이에 충전된 단열입자가 회수후에도 일부는 이중벽의 내측에 부착되어 주간의 일사투과에 문제가 있을 것으로 예상된다. 이러한 문제를 구명하기 위한 실험으로 단열입자를 회수한 직후에 단열입자의 일부가 피복재에 부착된 상태에서 1994년 2월25일 온실내외의 일사량을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

이중단열온실의 투광성을 객관성있게 평가할 수 있는 10시에서 15시까지의 평균투광율은 67%로 나타났다. 투광율곡선에 굴곡이 나타난 것은 외부 일사량 변화의 영향도 있었지만 온실골조의 그늘이 온실내부에 설치한 일사계에 영향을 주었기 때문이다. 또한, 단열입자의 송입 및 회수가 반복되는 과정에서 피복면의 내부를 닦아주는 효과가 있는 동시에 진동으로 인하여 비닐면의 외부에 먼지 등의 오물이 부착되는 것을 방지하는 효과가 다소 있기 때문에 장기간 사용시 투광성의 감소율은 적을 것으로 판단된다.

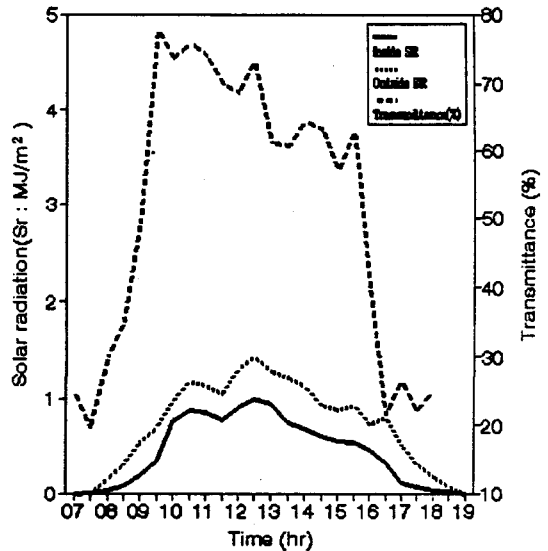


Fig. 6. Transmittance of the double covered PET-house without the pellets.(1994. 2.25)

4. 이중벽 온실의 단열효과

겨울철에 야간의 외기온이 급격히 하강함에 따라 온실내외의 심한 온도차로 인한 열손실을 최대한으로 방지할 수 있는 단열온실을 개발하기 위하여 실험용 온실에 입자를 제거하였을 때와 단열면적비를 73%와 100%로 하였을 때의 단열성능을 비교 분석하였다. 여기서 단열면적비는 바닥을 제외한 총표면적에 대한 단열면적의 비율 의미한다.

Fig. 7은 외기온이 낮은 겨울철(1994. 1.11)에 입자를 제거한 상태의 이중벽온실에 대한 야간의 단열성능을 나타낸 그림이다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 야간(17:00~07:00)에 외기온이 $-6.5^{\circ}\text{C} \sim 0.0^{\circ}\text{C}$ (평균 -4.5°C)인 범위 내에서 변화할 때, 온실의 내부온도는 $-2.5^{\circ}\text{C} \sim 4.9^{\circ}\text{C}$ (평균 -1.1°C)로 나타나, 온실의 내부온도가 외기온보다 평균 3.4°C 높게 나타났다.

Fig. 8은 일몰직전에 입자를 천정과 양측벽에 충전시킨 경우로서 단열표면적비가 73%일때 익일 일출시까지의 외기온과 단열온실의 내부기온을

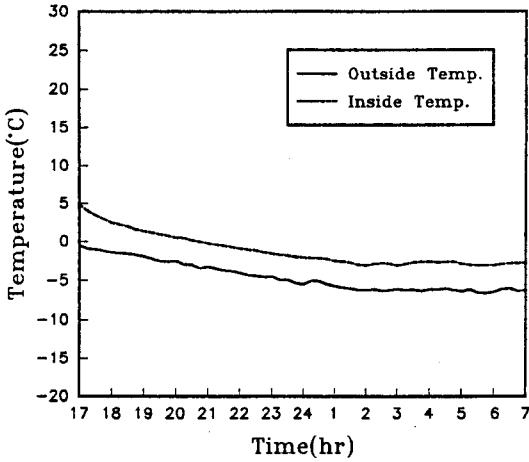


Fig. 7. Temperature variation of the greenhouse without the pellets during the nighttime in winter.(1994. 1.11)

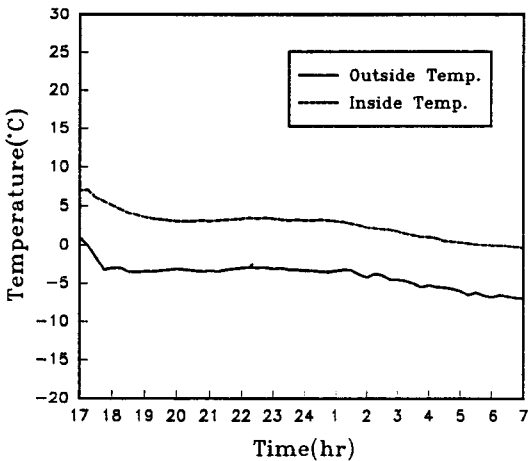


Fig. 8. Temperature variation of the greenhouse insulated with the pellets during the nighttime (ratio of insulated area : 73%) (1994. 1.31)

측정한 결과이다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 겨울철(1994. 1.31) 야간(17:00~07:00)에 외기온이 $-6.5^{\circ}\text{C} \sim 1.0^{\circ}\text{C}$

(평균 -3.9°C)인 범위내에서 변화 할 때, 온실의 내부온도는 $-0.3^{\circ}\text{C} \sim 7.2^{\circ}\text{C}$ (평균 2.7°C)로 나타나, 온실의 내부온도가 외기온보다 평균 6.6°C 높았다. 전술한 입자제거시 야간의 온실내부온도가 외기온보다 평균 3.4°C 높은것과 비교하면, 73%의 입자를 충전한 단열온실의 경우가 평균 3.2°C 높게 나타났다.

Fig. 9는 겨울철(1994. 2.10)에 일몰시 단열면적비가 100%일때 입자를 충전하여 익일 일출시까지 온실의 단열성능을 측정된 결과이다.

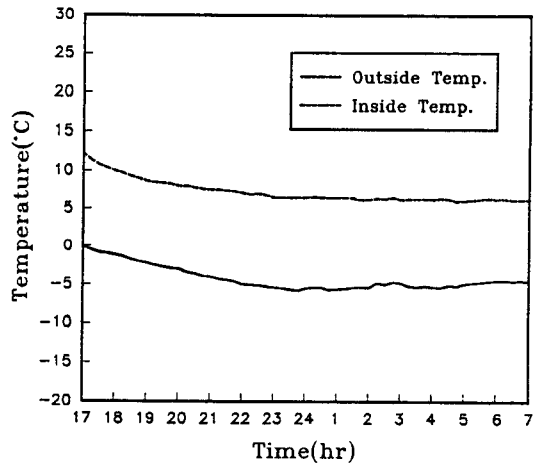


Fig. 9. Temperature variation of the greenhouse insulated with the pellets during the nighttime (ratio of insulated area : 100%) (1994. 2.10)

겨울철 야간(17:00~07:00)에 외기온이 $-5.7^{\circ}\text{C} \sim 0.1^{\circ}\text{C}$ (평균 -4.9°C)인 범위내에서 변화할 때, 단열면적비가 100%일때의 내부온도는 $6.0^{\circ}\text{C} \sim 12.2^{\circ}\text{C}$ (평균 9.3°C)로 나타나, 외기온보다 내부온도가 평균 13.5°C 높았다. 이는 전술한 입자제거시 야간에 온실내부온도가 외기온보다 평균 3.4°C 높게 나타난 것과 비교해 볼때 입자를 충전한 이중벽 단열온실의 야간단열성능이 우수함을 알 수 있었다.

본 실험결과는 지붕형태, 온실체적 및 외기온

등의 실험조건이 상이하므로 기존의 연구결과와 직접 비교하기는 곤란하지만, 李⁴⁾가 온실체적이 7m³인 이중비닐피복 터넬에 대하여 실험한 결과 겨울철 야간에 온실내외의 온도차가 14.4℃로 나타난데 비하여, 온실체적이 36.5m³이고 이중PET 피복 지붕형인 본 실험에서는 온실내외의 온도차가 13.5℃로서 다소 차이가 있었으며 이는 온실형태와 온실체적이 상이하기 때문인 것으로 판단되며 온실의 형태와 체적에 따른 이론적인 분석이 요망된다.

5. 이중벽 온실의 차광 성능

무가온 온실인 경우에 내부온도를 상승시키는 주요인은 주간일사이다. 여름철(1994. 6.14)에 환기를 시키지 않은 밀폐된 이중벽 단열온실의 일기온 변화를 측정한 결과, Fig. 10에서 보는 바와 같이 외기온이 30℃ 정도로 높아지면 온실의 내부온도는 50℃ 이상 상승하게 되어 대부분의 작물은 생육적온범위를 벗어나게 된다. 따라서, 본 실험은 주간일사가 양호하고 외기온이 비교적 높을 때 단열온실에 단열입자를 충전하여 태양광의 투과를 차단시킴으로서 온실내부온도의 과다상승을 어느 정도 방지할 수 있는지를 검토하기 위하여 실시하였다.

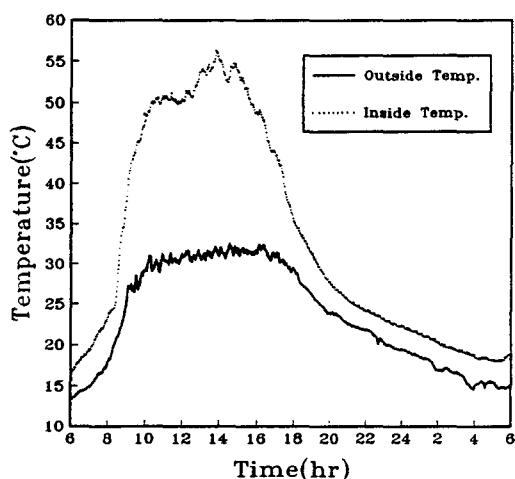


Fig. 10. Temperature variation of the greenhouse without the pellets in summer. (1994. 6.10)

여름철(1994. 7.21)에 있어 일사가 양호하고 외기온이 비교적 높은 주간(06:00~18:00)에 이중벽 단열온실의 이중벽에 단열면적비가 100% 되도록 충전하여 태양광의 투과를 차단시킴으로서 온실내부온도의 과다상승 방지효과를 검토한 결과는 Fig. 11과 같다.

Fig. 11에서 보는 바와 같이, 외기온이 22.4℃~39.7℃(평균 36.9℃)인 주간(06:00~18:00)에 단열온실의 내부온도는 24.9℃~32.7℃(30℃)의 범위내에서 완만하게 변화하였으며 외기온보다 평균 7℃ 낮게 나타났다. 이러한 사실로 외기온이 높은 주간(06:00~18:00)에 단열입자를 충전시킨 이중벽 단열온실은 차광으로 인한 온도의 과다상승을 방지하는 효과가 상당함을 확인할 수 있었다.

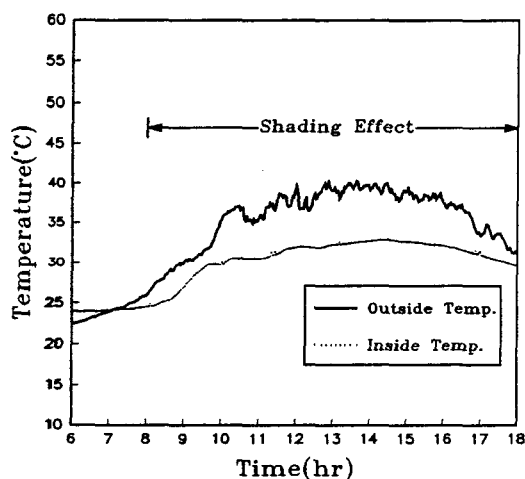


Fig. 11. Temperature variation of the greenhouse insulated with the pellets during the daytime(ratio of insulated area : 100%) (1994. 7.21)

적 요

자동단열온실시스템을 개발할 목적으로 실험용 온실의 천정과 벽체를 이중벽으로 제작하여 이중벽 내부에 단열입자를 자동으로 충전 회수할 수 있도록 시스템을 구성하여, 입자의 송풍성능, 투과

성, 입자의 마모실험, 온실의 단열성능 및 차광효과를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 약 2m³의 입자를 충전 회수하는데 약 1시간 15분이 소요되었으나, 온실의 규모에 적합한 송풍기의 용량, 배기구의 면적, 충전관 및 회수관의 조절로 소요시간을 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 단열입자의 회수 직후에 이중벽온실의 투광성을 객관성있게 평가할 수 있는 10시에서 15시까지의 평균투광율은 67%로 나타났다.

3. 입자의 충전 및 회수를 직송방식으로 하였을 때, 입자마모율이 연속 5개월 사용시 20%로 나타나, 입자의 충전 및 회수를 간접방식으로 수행하는 것이 타당한 것으로 분석되었다.

4. 겨울철 야간에 단열입자를 회수한 이중벽 온실의 내부온도는 외기온보다 평균 3.4℃ 높았으나, 입자를 충전한 단열온실의 내부온도는 단열면적비가 73%일때 외기온보다 평균 6.6℃ 높았고, 단열면적비가 100%일때 외기온보다 평균 13.5℃ 높게 나타나 단열온실의 야간단열성능이 우수함을 알 수 있었다.

5. 일사가 양호하고 외기온이 높은 주간에 입자를 충전한 단열온실(단열면적비 100%)의 차광성능을 분석한 결과, 외기온의 평균이 36.9℃일때 온실내부온도의 평균은 30℃로 외기온보다 평균 7℃ 낮게 나타나 차광효과가 크다는 사실을 알 수 있었다.

인용문헌

1. 權寧準. 1986. 自動 斷熱 비닐하우스의 保溫 效果, 慶北大學校 碩士論文 : 8-15.
2. 農林水産部. 1986. 農林水産 統計年報. 韓國 :

- 20-30.
3. 李基明의 5人. 1993. 施設園藝自動化 基礎와 應用. 文運堂.
4. 李錫健. 1987. 溫室의 自動斷熱시스템에 關한 研究. 韓國시스템에 關한 研究. 韓國農工學會 誌. 29(4) : 117-123.
5. 韓國農業機械學會. 1987. 계측 및 마이크로컴퓨터 활용 기술.
6. 岡田益己. 1984. 溫室カーテン用資材의 保溫力의 簡單な比較法, 農業氣象, 40(2) : 159-162.
7. 宮川. 1972. 베레트하우스의 構造와 效果, 農業氣象의 實用技術, 日本農業氣象學會編, 養賢堂 : 55-66.
8. 內海修一. 1983. 施設園藝 省에너지技術의 實際, 博友社 : 70-77.
9. 三原義秋. 1978. 施設園藝의 氣候管理, 誠文堂新光社 : 50-81.
10. 日本農業氣象學會. 1972. 農業氣象의 實用技術, 養賢堂 : pp.55-74.
11. 清水 茂. 1972. 施設園藝의 基礎技術, 最新園藝技術, 誠文堂新光社 : 176-178.
12. Challa, H. and J. V. D. Vooren. 1980. A strategy for climate control in greenhouses in early winter production, Acta. Hort. 106 : 159-164.
13. Sheldrake, R. and R. W. Langhams, 1962. Heat requirement of plastic greenhouse, Proc. of Amer. Soc. of Hort. Sci, 80 : 666-669.
14. Mihara, Y. and M. Hayashi. 1979. Studies on the insulation of green-houses(1)-Overall heat transfer coefficient of greenhouses with single and double covering using several material curtains-, J. of Agr. Met. in Japan, 35(1) : 13-19.