

시설내 온도분포를 균일화 할 수 있는 온풍난방용 2중덕트의 개발

Development of Double Distributing Duct Equal to Thermostatic distribution on Hot Air Heater in Protected Cultivation

김태영* · 김기덕 · 조일환 · 남윤일 · 남은영 · 우영희¹ · 문보흠
원예연구소 시설재배과, ¹한국농업전문학교

Tae Young Kim* · Ki Deog Kim · Il Hwan Cho · Yooun Il Nam · Eun Young
Nam · Young Hoe Woo¹ · Bo Heum Moon

Div. of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute, RDA,
Suwon 441-440, Korea

서 론

우리나라의 시설재배면적은 2001년 현재 52,135ha이고 이중가온 재배면적이 12,710ha로 전체 시설재배면적의 25%에 해당하며 또한 난방비용이 경영비 중 차지하는 비중이 시설재배 선진국의 15%에 비하여 25~30%을 차지하고 있어 난방비의 비중이 높다.

온풍난방시 시설내 에너지 절감을 위한 국내의 연구는 주로 보온, 난방기의 위치 및 Duct의 토출구 간격 및 직경(Kim 등, 1994), 난방배관 구조개선(Kwon 등, 1992)등으로 연구되어 왔다.

또한 난방재배시설의 대부분이 온풍난방을 하고 있는데 이러한 온풍난방의 경우 온풍을 시설내로 송풍을 하기 위하여 1중 비닐로 된 온풍덕트를 사용하고 있는데 이러한 1중비닐 온풍덕트 사용시 시설의 전후면 온도 편차가 13~15℃까지 생겨 시설내 온도분포가 불균일화되고 또한 시설내 전·후면 작물의 생육차이로 수량과 품질이 떨어지는 문제점을 해결하고 아울러 시설내 송풍온도와 풍속을 균일하게하여 시설내 전후면의 온도편차를 줄이고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 2001년 3월말부터 2002년 12월까지 원예연구소에서 수행하였다. 시험방법은 농가보급형 비닐하우스(1-1S형)에 대조구로 관행의 온풍덕트(330m')와 이중덕트구(330m')를 설치하여 비교하였으며 두처리 모두 온풍난방기를 이용하여 가온하였다.

송풍덕트의 자재는 관행덕트와 2중덕트 모두 PE필름 0.1mm를 이용하였다. 수평커튼은 1층으로 하였고 외부피복재는 0.1mm 그리고 내부피복재는 0.05mm의 PE필름을 사용하였다.

시설내 기온은 주간 최고 30℃ 야간에는 최저 15℃ 이상으로 관리하였다. 시험작물은 시설오이 품종인 백봉오이(Cucumis sativus L.)을 2002년 2월 7일에 정식하였다.

이중덕트 처리구는 정식후부터 이중덕트로 하여 관리하였고 관행덕트는 일중덕트를 사용하여 온풍난방을 하였다.

두처리 모두 흑색필름(0.01m)으로 멀칭하였고 관수는 점적관수 장치로 동일하게 관리하였다. 시비에 있어서는 질소, 칼리의 경우 전체 시비량의 1/2은 정식전에 사용하고 나머지 1/2은 20일 간격으로 5번에 걸쳐서 추비하였다. 인산과 키토는 전량을 밑거름으로 사용하였다.

하우스내 환경측정은 Data logger(Li-1000, Li-cor)와 MP-092(Sola-V, Eko)으로 조사하였고 시설내 시설내 연료소모량은 유량계를 이용하여 조사하였다.

결과 및 고찰

본 시험에서 처리한 이중덕트의 개략도는 그림 1.과 같다.

시설내 온도편차를 줄이기 위하여 이중덕트를 개발하고 이중덕트는 내부덕트와 외부덕트로 구성되는데 내·외부덕트의 온풍토출구 간격 및 직경을 설정하였다. 내부덕트의 온풍토출구 간격은 13m에 하나씩 뚫고 토출구의 직경은 전면은 7cm, 중앙은 15cm, 후면은 35cm로 뚫고 그 다음 외부덕트의 토출구 간격은 2.5m로 균일하게 하였으며 토출구의 직경도 10cm로 동일하게 하여 시설내 온도편차를 줄이는 장치이다.

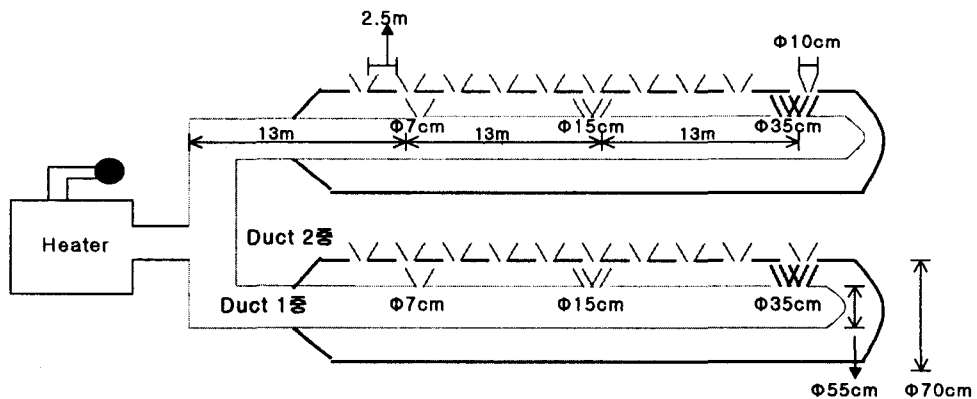


Fig. 1. Design drawing of double duct

표 1. 은 처리별 덕트 토출구의 직경 및 간격을 나타낸 것인데 이중덕트에 있어서 내부덕트의 송풍토출구 면적은 1,176cm²이고, 외부덕트의 송풍토출구의 면적은 1,256cm²로 비슷하였으며 관행덕트는 외부만 1,256cm²로 동일하였다.

내·외부덕트 토출구의 면적이 다르면 풍압과 송풍기의 모터에 부하가 걸려 많은 문제점이 있으므로 내부덕트의 토출구 면적보다는 외부덕트의 총토출구 면적을 약간 크게 설치하여야 한다.

Table. 1. Diameter and interval Growth of duct discharge hole in treatment

Treatment	Discharge hole of incide duct				Discharge hole of outside duct			
	Interval of discharge hole(m)	Number of discharge hole(ea)	Diameter of discharge holef(cm)	Area (cm ²)	Interval of discharge hole(m)	Number of discharge holef(ea)	Diameter of discharge holef(cm)	Area (cm ²)
Double duct	13	3	7.5, 15.0, 35.0	1,176	2.5	16	10	1,256
Conventio nal duct	5	-	-	-	2.5	16	10	1,256

그림 2는 온풍덕트의 종류에 따른 시설내 전·후면의 온도분포를 나타냈는데 시설내 가온시기인 3월 12일에 조사하였고 이중덕트에 있어서는 시설의 전면에 있는 덕트의 토출구의 송풍온도가 46℃이고 후면 덕트의 토출구에서도 약 47℃로 거의 온도편차가 없었으며 관행덕트인 일중덕트에 있어서 전면의 온도가 53℃인데 비하여 시설의 후면 인 덕트의 끝지점인 45m에서는 38℃로 무려 15℃의 온도편차가 나서 시설내 온도분포 및 송풍온도가 불균일하다는 것을 나타낸다.

Thermastatic distribution in kinds of hot air distributing double duct

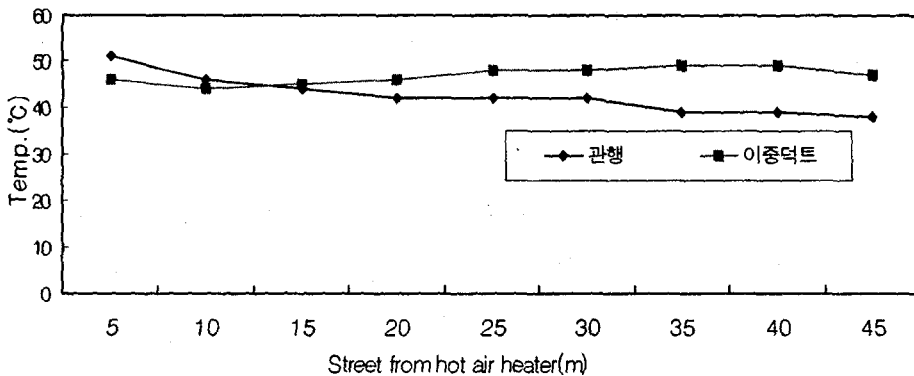


Fig. 2. Thermastatic distribution in kinds of hot air distributing double duct(Mar. 12 '02)

그림 3은 덕트종류에 따른 시설내 위치별 풍속을 비교하였다. 관행덕트에 있어서는 시설의 전면보다는 후면의 풍속이 9m/s로 전면보다 약간 높았으며 전체적으로 8m/s를 나타내었다. 그러나 이중덕트는 내부덕트의 토출구의 송풍이 한번 외부덕트에 부딪혀 풍압이 떨어지는 경향으로 내부 덕트의 토출구 구멍 가까이 있는 외부덕트의 토출구의 풍속이 7.5~8m/s정도이며 내부덕트의 토출구가 크게 뚫려 있는 뒤쪽으로 갈수록 풍속이 약간 높아지는 경향을 나타낸다.

Wind velocity distribution in kinds of hot air distributing double duct

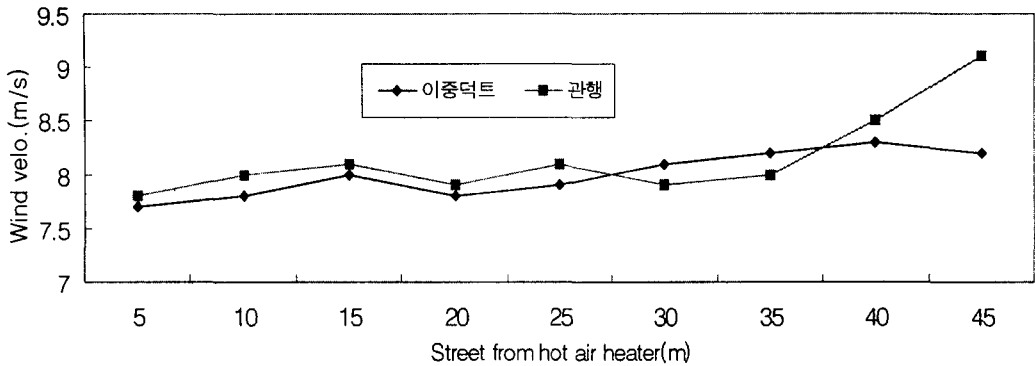


Fig. 2. Wind velocity distribution in kinds of hot air distributing double duct((Mar. 12 '02)

덕트 종류별 정식 1개월 후 오이 생육은 이중덕트의 전면과 중앙에 있어서 관행덕트와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았지만 시설의 후면에 있어서는 오이 초장이 65.5cm로 관행의 57.2cm에 비하여 14%정도 생육이 증대되었다.

Table. 2. Growth of cucumber in treatment (30 days after planting)

Treatment	Front	Middle	Rear	Remark
Double duct	74.5	68.6	65.5	Planting : Mar. 4. '02.
Conventional duct	75.6	65.9	57.2	

처리별 반축성재배시 시설내 위치별 오이의 과장은 관행덕트와 이중덕트에 있어서 큰 차이는 없었으며 평균과중은 이중덕트가 152.8g으로 관행에 비하여 15% 증대되었으며 이는 수확기간내에 성장이 빨랐다는 것을 나타내며 10a당 전체수량도 이중덕트가 4,616kg으로 관행에 비하여 17% 증수하였다.

덕트종류별 반축성 재배기간이 3월 4일부터 4월 24일까지 연료소모량을 비교한 것인데 이중덕트가 10a당 3,233 ℓ로 관행의 3,724 ℓ에 비하여 13% 절감되었다.

Table. 3. Cucumber yield and fuel consumption in position of greenhouse (Mar. '02. to June Feb. '02.)

Treatment	Position of greenhouse	Fruit length (cm/ea)	Fruit diameter (mm/ea)	Mean fruit weight (g/ea)	Commercial yield (kg/10a)	Fuel consumption (ℓ/10a)
Double duct	Front	24.7	30.4	163.5	4,901	3,233
	Middle	23.9	29.2	148.5	4,715	
	Rear	24.6	28.8	146.5	4,148	
	Mean	24.4	29.5	152.8	4,616	
Conventional duct	Front	24.7	28.2	141.0	4,657	3,724
	Middle	23.6	28.6	136.5	3,979	
	Rear	22.6	27.4	120.1	3,135	
	Mean	23.6	28.1	132.5	3,924	

요약 및 결론

처리별 온풍덕트 토출구의 온도는 개선형 덕트인 이중덕트에 있어서 전·후면의 온도차가 3~4℃인데 비하여 관행덕트인 일중덕트는 13~14℃로 시설내 온도분포가 불균일하였고 오이의 생육에 있어서도 관행덕트의 전면과 후면의 생육차이가 18.4cm인데 개선형인 이중덕트에 있어서는 9.0cm로 매우 생육이 균일하였으며, 10a당 수량에 있어서도 관행덕트를 이용한 재배에서 3,924kg인데 비하여 이중덕트를 사용한 재배에 있어서 4,616kg으로 약 17%가 증수되었다는 것을 알 수 있고 전 재배기간 동안 연료소모량은 관행이 3,724 ℓ인데 비하여 이중덕트 재배에 있어서 3,233 ℓ로 13%의 연료절감 효과가 있다.

인용문헌

- 日本施設園藝協會編集. 施設園藝 핸드ブック. 1998. 園藝情報 セクタァ. : p. 128~138
 日本施設園藝協會編. 施設園藝의 環境制御技術. 1997. 暖房装置. p.56~66
 Vogelesang, J. and Van Weel, P.,1990. Bench heating systems and their influence on microclimate. Acta Horticulturae. 245 : 243~251
 Vogelesang, J. and Van Weel, P.,1991. Effect of root-zone heating on growth flowering and keeping of Saintpaulia. Scientia Horticulturae. 34 : 101~113
 Effect of minimizing the heating space on energy saving hot pepper growth in the plastic green house. Journal of Bio-Environment control.10(40): 213~218(2001)
 Chun, H. 1997. Effects of different types of greenhouse and training methods on

- canopy, growth and yield of green pepper(*Capsium annuum* L.). Ph.d. thesis. Dong-kuk university, Korea(in Korean)
- Kim, H. Y. 1997. The study of therm-keeping in P.E house. Report NHRI : p 652~662.
- Kim, T.Y. and H. Chun. 1995. The study on the environmental property and the growth response of Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) in green house. Biological production facilities and environment control 5 : 30~33.
- Kim, T.Y. and I. H. Cho. 1997. Effects of airpoly PE house and air-injected double PE house for improvement of heat-keeping in green house. Report NHRI : p 771~775
- Kim, T.Y. and Y. S. Kwon. 1994. Studies of heater position and duct installation for the effective heat management in green house. Report NHRI : p 505~509
- Kwon, Y.S. 1997. The technique of energy saving in protected cultivation. NJAES p. 37 ~ 61
- Kwon, Y.S. 1995. The development research for pipe-method in heating boiler. Report NHRI : p. 485~490
- Lee, J. W. 1997. Effect of root zone warming by hot water in winter season on rhizosphere environment, growth and yield of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativus* L.) Ph.d. thesis. Kyungpook University, Korea.
- Park, S. K and Y. B. Lee. 1982. Efficient utilization of solar energy modelling for the energy conservation of the green glass house. : p. 60~64
- Song, H. G. 1993. Heating of greenhouse . The automatization of protected horticulture . M.Y.D : 128~144