

간이 농업시설의 환경해석

Environmental Analyses in Rain Shelters

손 정 익*
Son, Jung Eek

Summary

One of the typically simple structures in protected horticulture is the rain shelter, which is widely applied in summer regardless of its poor ventilation. To evaluate ventilation performance of rain shelters, the ventilation rate as well as inside temperature of one conventional and two improved rain shelters were predicted and compared under various wind speeds and irradiances.

More accurate model in which the inside space of rain shelter was subdivided into three parts considering the crops grown, was developed. The ventilation rate of each opening and the general direction of air flow in the rain shelter can be predicted by the model.

The ventilation rates as well as inside temperatures of each rain shelter obtained by the model and the actual measurement, proved that the ventilation performance of improved rain shelters were superior to that of conventional one.

I. 서 론

농업시설중 원예시설은 고품질 생산을 위한 다양한 첨단 재배기술이 도입되고 있지만, 현실적으로 작물생산의 상당한 부분을 차지하는 것은 노지재배이다. 노지재배는 외부 기상조건에 직접인 영향을 받기 때문에, 하절기의 경우 시설재배에 비해서 강우에 의한 병충해 발생등의 문제점이 있다²⁾. 따라서 간단한 시

설로 강우를 차단하여 병발생을 억제함으로써 노지재배에 비하여 상대적인 고품질 생산 및 수확 증대를 이룰수 있다.

여름철 간이시설 재배방법에 의하여 병 발생이 노지재배보다 억제됨으로써 수확량이 증가된 것으로 실증되고 있다^{1,5,6)}. 그러나 이상과 같은 장점 이외에도 많은 단점을 가지고 있기 때문에 비가림시설과 같은 간이시설 재배를 위하여 생리장애 및 작물재배 방법에 관한

* 건국대학교 농과대학

키워드 : 간이시설, 비가림시설, 환기율, 실내온도, 환경해석, 환기모델

많은 연구가 진행되어 왔다^{8,9,11~13}). 또한 보다 적극적인 방법으로 시설의 형태에 따른 작물생육 상태에 관한 연구가 다소 이루어 지고 있다^{1,2}).

간이시설의 대표적 형태인 비가림 시설은 간단한 시설로서 시공이 간편하고 경제적이며 하절기 재배용으로 많이 사용되는 시설이다. 비가림시설의 기본조건은 단순한 형태이면서도 원칙적으로 하절기 실내 온도가 가능한 작물의 생육한계 온도 이하가 되도록 하여야 한다. 또한 강우차단이 가능하며 노동력을 최소로 할 수 있어야 하며, 강풍에 대하여 구조적으로 안전하여야 한다^{4,7}).

이상과 같은 조건을 만족시킬수 있다면 효율적인 비가림시설 형태라고 말할 수 있고, 이러한 형태 개발에 관한 필요성에 비해서 관련 분야에 대한 연구는 그다지 많은 편이다. 최근 작물재배에 의한 간이시설내의 환기량 변화 가능성을 무시한 간이시설의 환경해석에 관한 기초적 연구를 실시한 바 있다^{2,3}).

본 연구의 목적은 특징적으로 분류한 3형태의 간이시설을 대상으로 작물재배에 의한 실내 공기유동 저항을 고려함으로써, 보다 정확한 간이시설의 환기율 및 실내온도를 비교·분석을 통하여 간이시설의 효율적 형태 설정에 기여하는데 있다.

1. 공시시설, 측정장치 및 방법

가. 공시시설

공시시설의 제원은 Fig. 1과 같다. 간이시설의 형태는 관행의 비가림시설인 단동아치형, 강우차단효과를 고려한 개량형태인 3연동 아치형 및 톱날형(이하, 각각 Type 1, Type 2, Type 3로 칭함)를 사용하였다. 공시시설의 길이는 각각 10m, 10m, 10m이고 폭은 5.4m, 6.0m, 6.0m, 천장높이는 2.4m, 2.4m, 2.8m이었다. 또한 각 시설 좌우측에 0.8m×10m의 환기구를 만들었으며, Type 2는 곡부에 0.

35m×10m의 환기구 2개씩을 만들었고, Type 3는 톱날형태의 지붕 수직면에 1.0m×10m 환기구를 만들고 환기구 상부에 비닐의 끝부분만 부착하여 강우차단 효과를 주면서 환기가 가능하도록 하였다.

관행형의 경우, 풍속이 없을 경우에도 일사량에 의한 증력환기가 발생하지만 해석상에는 환기량이 없는 것으로 간주되기 때문에 상이한 해석 결과가 된다. 따라서 0.4m×10m의 환기구를 2개로 구분하여 독립적으로 2개 환기구로 가정하였다. 또한 작물재배 형태에 의하여 3개의 독립된 공간을 구분하였고 구분된 공간사이를 일종의 환기구로 가정하여 해석하였다. 따라서 각 시설별 환기구는 Type 1, Type 2 및 Type 3는 각각 6개, 8개, 7개가 된다. 참고적으로 시설에는 토마토와 참외가 80 : 20 정도로 재배되었다. 시설 형태별 특성은 Table-1과 같다.

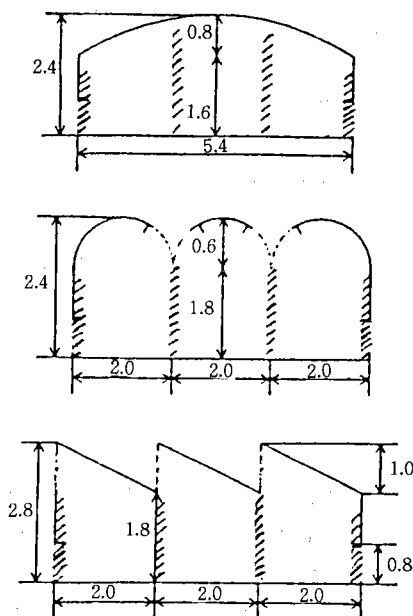


Fig. 1. Cross sectional shapes and scales of rain shelters. Oblique lines indicate the crops grown in rain shelters

Table-1. Parameters of each rain shelter

		Type 1	Type 2	Type 3
Floor Area(m ²)		162	180	180
Cover/Floor Area		1.79	1.93	2.37
Vlume(m ²)		347.1	398.0	414.0
Openings	1	12.0, 0.2	24.0, 0.4	24.0, 0.4
	2	12.0, 0.6	21.0, 2.1	30.0, 2.3
	3	0.0, 2.4	21.0, 2.1	0.0, 2.3
	4	0.0, 2.4	21.0, 2.1	30.0, 2.3
Area(m ³)	5	12.0, 0.6	21.0, 2.1	30.0, 2.3
Height(m)	6	12.0, 0.2	24.0, 0.4	24.0, 0.4
	7	72.0, 1.2	21.0, 0.9	54.0, 0.9
	8	72.0, 1.2	24.0, 0.9	54.0, 0.9
Openings	1	0.8	0.8	0.8
	2	0.8	-0.5	0.1
	3	-0.6	-0.5	-0.5
	4	-0.4	-0.5	-0.5
Wind Pressure Coeff.	5	-0.4	-0.5	-0.4
	6	-0.4	-0.4	-0.4
	7	0.0	0.0	0.0
	8	0.0	0.0	0.0
Openings	1	0.4	0.4	0.4
	2	0.4	0.7	0.6
	3	0.0	0.7	0.0
	4	0.0	0.7	0.6
Discharge Coeff.	5	0.4	0.7	0.6
	6	0.4	0.4	0.4
	7	0.6	0.6	0.5
	8	0.6	0.6	0.6

풍압계수는 원예시설에 대한 실험적 풍압계수를 참고로 하였다^{7,14)}. 비가림시설 좌우측의 환기구에는 작물의 생육형태를 고려하여 30도의 브라인더로 가정하여 모두 0.25로, 또한 실내의 작물에 의한 환기구는 50도의 브라인더로 모두 0.45로 고정하였다. Type 2의 천장의 환기구는 단순창으로 가정하여 0.7로, Type 3의 경우는 개도 45도의 창으로 가정하여 0.44를 사용하였다.

나. 측정장치 및 방법

본연구에 사용한 측정기기는 온도측정용 열전대(T type), 일사계(PCM-01, KADEC) 1

대, 30점 측정용 기록계(HR 2400, YOKOGAWA)를 사용하였다. 측정시기는 1993년 8월9일 부터 8월11일 까지로 대체적으로 기상조건이 양호하였다.

각 시설내 실내온도 변화를 비교하기 위하여 각 시설의 중앙부에 피복재, 실내상부, 실내중앙, 지면, 작물체 및 지중의 온도를 동시에 측정하였다. 환기량을 위한 내외기온차를 계산하기 위하여 외부에 1.2m 높이의 온도를 측정하였다.

1. 모델에 의한 실내온도 및 환기량 해석

가. 환기량 기본식

(1) 환기모델의 개념

공시시설의 환기해석에 사용된 대표적 환기모델의 개념은 Fig. 2와 같다. 이것은 Type 2에 관한 것으로 재배작물에 의해서 3개의 공간으로 구분된다. 환기구는 외부와 접하는 6개, 내부의 3개로 구성되어 있다.

(2) 환기량 기본식

간이시설내에서 고려되는 환기는 자연환기와 강제환기중 자연환기이다. 자연환기는 풍상-풍하의 압력차에 의한 풍력환기와 실내외 온도차에 의한 중력환기로 구성된다. 환기 구동력인 실내외 압력차는 정압차, 부력, 풍력에 의해서 구성되고, 환기량은 환기 구동력 및 환기구 특성에 의하여 결정된다.

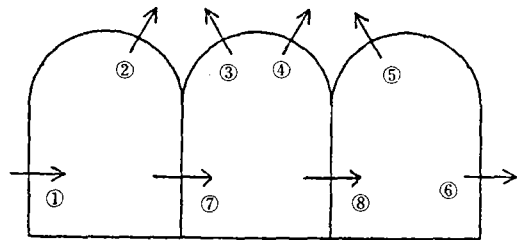


Fig. 2. Concept of the ventilation model for Type 2

각 시설내 작물이 3열로 배열되어 있기 때문에 환기저항을 고려하여 시설내 공간을 재배중인 작물의 형태에 따라 3개의 공간으로 구분한 모델을 사용하였다. 이경우 환기구의 수는 최대 8개가 된다. 환기의 유입 및 유출구가 1개인 단순형태의 시설에서는 간단한 계산으로 환기량을 계산할 수 있으나, 환기구가 1개 이상일 경우는 주로 수치해법에 의존한다. 실내의 압력차 ΔP 와 환기구의 환기량 Q 와의 관계를 포함한 일반적인 환기량의 계산은 다음과 같다^{4,10}.

외부와 접하는 환기구 1~6의 압력차는 실내의 정압차, 부력 및 풍압이 고려되었고, 내부 환기구 7~8은 각 공간의 정압차 및 부력이 고려되었다. 또한 정상상태에서 각 공간의 환기구를 통한 유입량 및 유출량의 합은 동일한 것으로 가정하였다.

$$Q_{i1\sim6} = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} |\Delta P_1|} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{i1\sim8} = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} |\Delta P_2|} \dots\dots\dots (2)$$

단, $\Delta P_1 = P_i - P_w + P_g$
 $\Delta P_2 = P_i - P_{i-1} + P_g$

$$P_w = C \frac{\gamma_o}{2g} V^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$P_g = h \gamma_o \frac{t_i - t}{273 + t_i} \dots\dots\dots (4)$$

$$\sum Q_{1j} = Q_1 + Q_2 + Q_7 = 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$\sum Q_{2j} = Q_2 + Q_3 + Q_7 + Q_8 = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\sum Q_{3j} = Q_5 + Q_6 + Q_8 = 0 \dots\dots\dots (7)$$

여기서, A는 환기구 면적(m²), α 는 환기구 풍량계수, ΔP 는 환기구 내외의 전압력차(kg/

m²)이며, 만약 $\Delta P \geq 0$ 일 경우(유출시)는 $\gamma = \gamma_i$ 로 하고, $\Delta P < 0$ 일 경우(유입시)는 유량 Q (m³/s)를 -, $\gamma = \gamma_i$ 로 한다. V는 기준높이(z)의 풍속, P_w 및 P_g는 각각 환기구의 풍압력 및 부력, P_i 및 P_{i-1}는 각 임의의 공간 및 인접공간의 실내정압(지면기준)이다. Q_{ij}는 각각 시설내의 공간에서의 임의의 환기량으로 실내정압의 함수로 표시된다. 풍압력은 동압과 풍압계수(C)의 곱, 부력은 내외기온차 Δt 및 환기구 높이(h) (일반적으로 지면에서의 수직거리), 또한 실내정압은 미지수로 두고 관계식을 구성한다. g 및 γ 는 각각 중력가속도 및 공기비중이며, 첨자 i, o 및 w는 각각 실내, 실외 및 환기구 위치를 나타낸다.

나. 모델에 의한 환기특성 분석 및 환기량 계산

정상상태에서 상기의 환기모델의 미지수인 실내의 정압차 P_i를 구해야만 환기량을 구할 수 있다. 따라서 일정한 풍속 및 내외기온차를 설정한 후, 반복법의 일종인 뉴턴 램슨을 사용하여 정압차를 구하고 이 값을 이용하여 각 환기구의 환기량을 구하였다⁴). 또한 일사량에 의한 온도상승 및 이것에 기인하는 중력환기에 의한 환기량의 변화를 구하기 위하여 환기모델 및 열수지모델을 사용하여 간이시설내의 내기온과 환기량을 동시에 산정하였다.

여기서 각 시설내의 공간을 작물 재배형태에 따라 3개로 구분하여 취급하였다. 각 공간별 정압차는 상이하지만 실내온도는 일정한 것으로 가정하였다. 시설별 상대적 온도 및 환기량의 비교를 위하여 다음과 같은 간단한 정상상태에서의 실내공기의 현열 열수지 모델을 이용하였다. 기본개념은 다음과 같다.

$$Hc = k(T_i - T_o) Ac \dots\dots\dots (8)$$

$$Hq = C_v Q (T_i - T_o) \dots\dots\dots (9)$$

$$H_s = \tau S(1-r)(1-f) A_F \dots\dots\dots (10)$$

$$\sum H_i = H_s + H_c + H_q = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$Q = \frac{1}{C_v} \left[\frac{aR_n(1-f)}{\Delta t} - wk \right] A_f \dots\dots\dots (12)$$

단, $R_n = \tau S(1-r)$

여기서, C_v 는 용적비열(정압비열 × 밀도 ≈ 0.3kcal/m³.°C), S 는 실외수평면일사량(MJ/m²/hr), f 는 순복사열의 증발잠열 변환비(작물의 무성 상태에 따라서 0.5~0.65), A_f 는 상면적, w 는 피복표면적/상면적(방열비), k 는 피복면 관류열율(kcal/m²·hr.°C), τ 는 일사투과율, r 은 실내반사율(0.1정도)이다. 일조시간 중의 토양전열량은 무시하였다.

모델에 사용한 조건중, 시설조건은 폭, 길이, 지붕높이, 처마높이, 부피 및 바닥면적이 설정되고, 기상조건은 풍속(0~4m/s), 외기온도(28°C), 실외수평면 일사량(2.0, 2.5, 3.0MJ/m²/hr), 피복재의 일사투과율(0.75, 0.7), 실내반사율(0.1), 열관류율(5.0kcal/m²/hr/°C)이며, 작물조건은 순복사량의 증발잠열 변환비(0.5)를 사용하였다. 환기량 및 실내온도 계산수순은 Fig. 3과 같다.

시설의 길이는 10m이지만 실제 재배시는 30m이상이기 때문에 모델 사용시는 약 30m로 확장을 가정하여 정면과 후면의 열교환의 과대평가를 방지하였다. 또한 시설형태별 각 환기구의 환기특성을 파악하기 위하여 외기온 28°C, 일사량 2.5MJ/m²/hr, 풍속 1m/s일 경우의 각 환기구의 환기량을 계산하였다.

3. 실측치를 사용한 환경해석 방법

가. 환경요인의 측정 및 자료수집

실측치를 이용한 간이시설간의 환경비교를 위하여 실내일사량, 실내기온, 피복재온도, 지면온도, 작물체온도등을 측정하였다. 외부

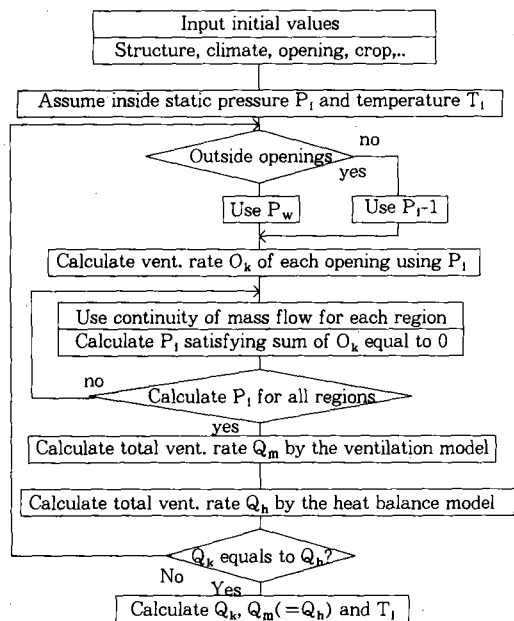


Fig. 3. Procedure for calculating ventilation rate and inside temperature

기상자료는 인근 기상대의 실외일사량, 풍속(높이 10.6m) 등을 참고하였고, 풍속은 다음식을 이용하여 고도별로 보정하였다.

$$V = V_z \left(\frac{h}{h_z} \right)^{1/4} \dots\dots\dots (13)$$

나. 환경변화 분석

외부환경 변화에 따른 시설별 상대적인 환기특성을 비교 분석하기 위하여 측정된 시설내의 온도를 이용하였고, 내외기온차 및 일사량에 의한 환기량 계산이 가능한 간이식을 사용하였다. 사용자료는 1993년 8월 10일 20시부터 8월 11일 16시까지의 기간에 대해서, 외부조건은 일사량 0~2.8MJ/m²/hr, 온도 21~29.4°C, 풍속 0~3.8m/s(높이 10.6m)의 범위에 있는 기상자료를 사용하였다. 환기모델 및 열수지모델을 사용하여 외부기상조건에 따른 간이시설별 내외온도차 및 환기량의 변화를 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시설별 내외기온차 및 환기량 예측 비교

가. 설정 조건에 따른 내외기온차 및 환기량과의 관계

환기량과 실내기온을 동시에 산정 가능한 환경예측 모델을 사용하여 외기온, 풍속, 일사량 및 관련 변수를 이용하여 시설 형태별 환기량 및 실내온도 변화를 구하였다. 외기온 28.0℃, 일사량 2.0, 2.5, 3.0MJ/m²/hr, 풍속 0, 1, 2, 3m/s일 경우에 각 시설의 실내기온 및 환기량은 Table-2와 같다. 또한 일사량 2.5MJ/m²/hr에서 풍속변화에 따른 각 시설형태별 환기량 및 온도변화는 Fig. 4 및 Fig. 5과 같다.

풍속변화에 따른 시설별 환기량은, 기본적으로 Type 3 및 Type 2가 Type 1 보다 크게 나타났고, 풍속이 증가할수록 시설형태별

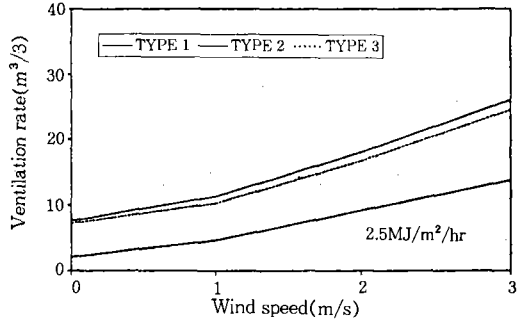


Fig. 4. Change of ventilation rate with wind speed for 3 types of rain shelter under 28°C of outside temperature and 2.5MJ/m²/hr of irradiation

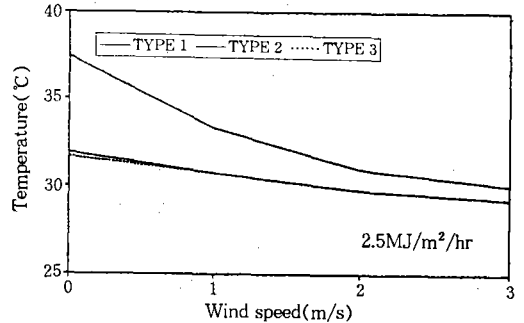


Fig. 5. Change of inside temperature with wind speed for 3 types of rain shelter under 28°C of outside temperature and 2.5MJ/m²/hr of irradiation

Table-2. Ventilation rate(Q:m³/s) and inside temperature(T:°C) for various wind speeds(m/s) and solar irradiations(MJ/m²/hr) under 28°C of outside temperature

Solar irradiation	Wind speed	Type 1		Type 2		Type 3	
		Q	T	Q	T	Q	T
2.0	0	1.92	35.96	7.08	31.33	6.59	31.16
	1	4.58	32.24	10.75	30.29	9.87	30.23
	2	9.16	30.25	17.85	29.43	16.59	29.40
	3	13.72	29.63	25.87	29.00	24.47	28.97
2.5	0	2.08	37.43	7.61	31.90	7.12	31.70
	1	4.58	33.30	11.33	30.73	10.25	30.70
	2	9.16	30.94	18.04	29.76	16.67	29.74
	3	13.73	30.04	25.97	29.25	24.54	29.21
3.0	0	2.23	38.83	8.13	32.41	7.59	32.30
	1	4.58	34.36	11.47	31.23	10.59	31.15
	2	9.17	31.53	18.23	30.10	16.72	30.08
	3	13.74	30.44	26.07	29.49	24.58	29.45

차이는 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 풍속변화에 따른 실내온도는 Type 1이 Type 2 및 Type 3에 비하여 높았고, 풍속이 증가할수록 시설형태별 온도차이는 감소하는 경향을 나타냈다. 일사량 변화에 따른 시설별 환기량은 풍속이 거의 없는 경우에 상대적으로 3.0, 2.5, 2.0MJ/m²/hr 순으로 크지만, 이것은 풍속변화에 따른 환기량 변화에 비하여 무시할 정도로 작게 나타났다.

실내온도를 지표하여 시설형태별 환기특성을 평가한다면, 관행형 Type 1은 중력환기가 거의 이루어지지 않기 때문에 저풍속 영역에서 상대적으로 높은 온도를 나타내고 있고 풍속

이 증가할 수록 자연환기의 대부분이 풍력환기에 지배를 받는 것으로 사료된다. 또한 개량형 Type 2 및 Type 3의 경우, 저풍속 영역에서 상대적으로 온도가 낮은 것은 중력환기가 일부 이루어지고 있다는 것을 나타내고 있고, 풍속이 증가할수록 풍력환기에 지배를 받는 것으로 사료된다. 이러한 사실은 비가림 시설이 상대적으로 중력환기보다는 풍력환기에 의존하고 있다는 것을 말한다.

나. 시설의 환기구별 환기량 비교

세부적인 환기량 변화를 파악하기 위하여 외기온 28°C, 일사량 2.5MJ/m²/hr, 풍속 1m/s 일 경우의 시설형태별 각 환기구의 환기량은 Fig. 6과 같다.

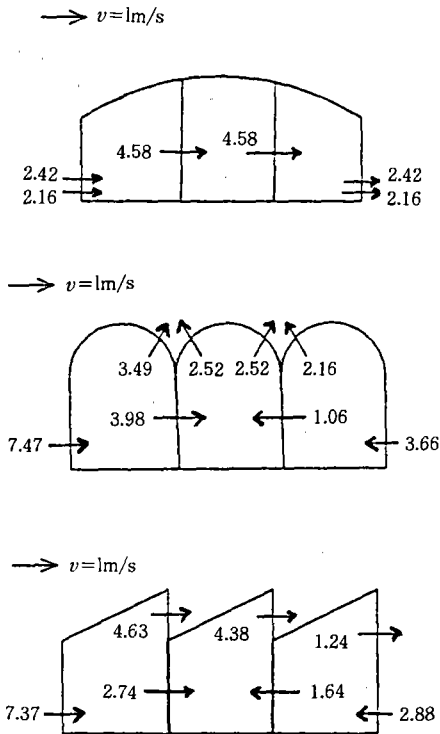


Fig. 6. Flow rate(m³/s) and direction of the ventilation at 28°C of outside temperature, 2.5MJ/m²/hr of irradiation and 1m/s of wind speed

여기서, 풍상측의 + 압력과 지붕 환기구에 서의 - 압력이 시설내의 환기를 유도하고 있음을 보여주고 있고, 특히 풍상측의 측창에 있는 환기구의 환기량이 크며, 천창의 환기구 환기량도 중심부로 갈수록 환기량이 감소하는 것을 알수 있다. 또한 작물재배에 따른 각 환기구의 환기량 및 실내의 개략적 공기유동 형태를 파악할 수 있다.

2. 실측치를 사용한 시설별의 온도변화 분석

각 시설형태별 실내온도 변화는 Fig. 7과 같다. 일반적으로 실내온도 변화는 실외온도의 변화와 유사한 경향이며, 일사량에 직접적으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 실내온도 측정치는 환기모델에 의한 결과와 마찬가지로 Type 1이 상대적으로 Type 2 및 Type 3 보다 높은 경향이었고, 특히 Type 3과 Type 2는 거의 차이가 없었다. 특히 야간에는 지중열 및 복사열에 의한 열교환이 작용하지만 각 시설별 실내온도 변화는 거의 유사하였다.

각 시설형태별 작물체 온도 변화는 Fig. 8

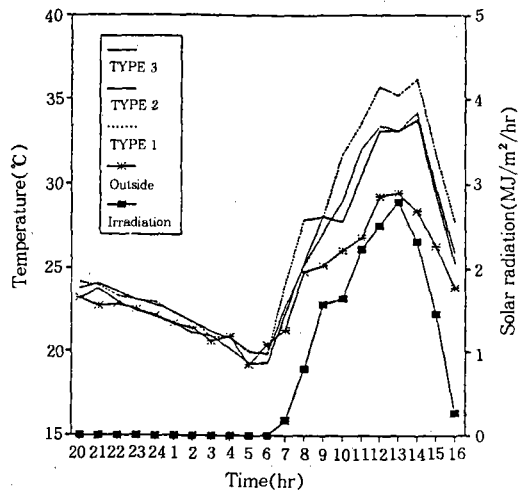


Fig. 7. Measured inside temperatures of 3 types of rain shelter

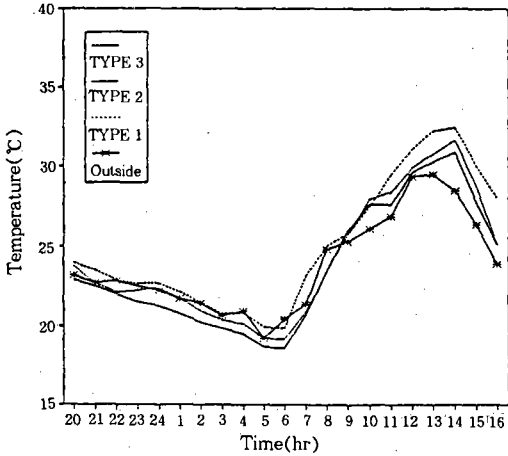


Fig. 8. Measured crop temperatures of 3 types of rain shelter

과 같다. 일반적으로 실외온도의 변화와 유사한 경향을 나타냈고 큰 차이는 없었다. 상대적으로 Type 1이 Type 2 및 Type 3 보다 약간 높은 경향을 나타냈고 Type 3과 Type 2는 거의 차이가 없었다.

IV. 결 론

간이 농업시설의 효율성 평가를 위하여 관행형 및 개량형 시설의 환기량 및 실내온도 등의 환경해석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시설내 작물재배를 고려한 환기모델을 구축하여 시설내 공간에서의 환기량 및 공기유동을 개략적으로 파악할 수 있었다.

2. 풍속변화에 따른 시설별 환기량은, 기본적으로 개량형인 Type 3 및 Type 2가 관행형 Type 1 보다 크게 나타났고, 풍속이 증가할수록 시설형태별 차이는 다소 증가하는 경향을 나타냈다.

3. 풍속변화에 따른 시설별 실내온도는 Type 1이 Type 2 및 Type 3에 비하여 높았고, 풍속이 증가할수록 시설간의 온도차이는 감소하는 경향을 나타냈다.

4. 일사량 변화에 따른 시설별 환기량은 저

풍속 영역에서 일사량 3.0, 2.5, 2.0MJ/m²/hr 순으로 크지만, 이것은 풍속변화에 따른 환기량 변화에 비하여 무시할 정도로 작게 나타났다.

5. 각 시설의 실내온도 변화는 환기모델에 의한 결과와 마찬가지로 Type 1이 상대적으로 Type 2 및 Type 3 보다 높은 경향이었고, 특히 Type 3과 Type 2는 거의 차이가 없었다.

6. 각 시설내 작물체 온도 변화는 실외온도의 변화와 유사한 경향을 나타냈지만 큰 차이는 없었고, 단지 상대적으로 Type 1이 Type 2 및 Type 3 보다 약간 높은 경향을 나타냈다.

7. 비가림 시설이 상대적으로 증력환기보다는 풍력환기에 의존하고 있고, 전체적으로 개량형인 Type 2 및 Type 3은 관행형인 Type 1보다 효율적인 형태라고 사료된다.

본 연구는 건국대 교내연구비 및 농촌진흥청 특정연구비 일부로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 김현환, 조삼중, 이시영, 권영삼, 신만균, 남윤일, 최규홍, 1993, 간이시설 형태별 환경특성과 토마토 생장반응 연구, 생물생산시설환경, 2(2) : 89~98.
2. 원예연구소, 1995, 간이시설을 이용한 여름철 과채류 품질향상 연구, 농촌진흥청, pp264.
3. 손정익, 김문기, 권영삼, 남상운, 윤남규, 1995, 비가림시설의 효율적 형태개발에 관한 기초연구, 생물생산시설환경, 4(1) : 32~42.
4. 손정익, 1994, 원예시설의 환경설계 및 환경제어, 생물생산시설환경, 3(1) : 72~81.
5. 정승용, 박상근, 권영삼, 이지원, 1991, 비가림재배에 관한 과채류 고품질 안전수확

- 재배법 개발, 원시연보 : 100-101.
6. 지광현, 류승열, 류인철, 1988, 고냉지 비가림 채소류 안정생산을 위한 비가림 재배효과, 농시연보, 30(3) : 31~37.
 7. 농어촌연구원, 1996, 원예시설의 구조안전 기준 작성, 농어촌진흥공사, pp261.
 8. Hanada, T., 1987, Cultural practice to control pest and disease by using plastic materials, In Promotion vegetable production in the tropics, Tropical Agricultural Research Center, Tsukuba, Japan : 53-60.
 9. Kimura, K. and Tanakamaru, S., 1982, Studies on plant response to rainfall(Ⅲ), Stomatal response to rainfall, J. Agr. Met., 38 : 239-243.
 10. Kozai, T. and S. Sase, 1980, A simulation of natural ventilation for a multi-span greenhouse, Greenhouse and food production, Japan rural Information System Association : 27-38.
 11. National Research Institute of Vegetables and Ornamental Plants(ed.), 1984, Some problems of simple protected culture, NRIVO, pp.105.
 12. Ozawa, K., 1991, Structure of rain shelters and their effects on crop production in Japan, FFTC international seminar on cultivation under simple constructions in the tropics and subtropics.
 13. Takahashi, S. and Sasaki, T., 1979, Effects of rain shelter on summer harvesting tomato, In Annual report of vegetable production, Miyagi Horticultural Experiment Station, Natori, Japan : 106-111.
 14. 立花一雄 外 3人, 1979, 施設園藝ハウスの設計と施工, オーム社, pp236.