

# 作物栽培를 고려한 簡易施設의 環境特性 分析

손정의 · 김문기\* · 권영삼\*\*

건국대학교 농공학과, \*서울대학교 농공학과, \*\*원예연구소 시설재배과

## Environmental Analysis in Rain Shelters with Crop Cultivation

Son, Jung-Eek · Kim, Moon-Ki\* · Kwon, Yong-Sam\*\*

Konkuk Univ., \*Seoul Nat'l Univ., \*\*Hort. Res. Institute, RDA

### 1. 研究目的

비가림 시설은 대표적인 간이시설로써 시공이 간편하며 강우차단 효과에 의한 생산성 향상이 기대되는 등 경제성 높기 때문에 하절기 재배에 많이 이용된다. 본 연구에서는 다양한 비가림 시설(관행형태 및 개량형태)의 형태별 효율성 평가를 위하여 적정 외부 풍속 및 일사량 조건에 대하여 각 시설의 환기를 및 실내온도 등을 포함한 환경해석을 실시하였다. 또한 시설내의 공간을 재배중인 작물의 형태에 따라 몇개의 공간으로 구분하여 시설내의 환기 저항을 고려한 시설의 환기량 및 실내온도 예측이 가능한 모델을 사용함으로써 보다 정확한 비가림 시설의 효율성 검토를 목적으로 하였다.

### 2. 研究內容 및 方法

#### 1) 공시시설의 제원 및 특징

공시 간이시설의 형태는 관행형태의 비가림용 간이시설인 단동아치형(Type 1), 개량형태로서 3연동아치형(Type 2) 및 3연동롭날형(Type 3)으로 제시되었다. 각 시설은 작물 재배 형태에 의하여 3개의 독립적인 공간으로 구분하여 취급하였다. 각 시설형태별 특성은 Table 1과 같다.

#### 2) 모델에 의한 실내온도 및 환기량 해석

##### (1) 換氣量 基本式

自然換氣는 風上-風下의 壓力差에 의한 風力換氣와 실내의 온도차에 의한 重力換氣로 구성된다. 換氣 驅動力인 실내의 압력차는 정압차, 부력, 풍력에 의해서 구성되고, 환기량은 환기 구동력 및 환기구 특성에 의하여 결정된다. 실내의 압력차  $\Delta P$ 와 개구부의 환기량  $Q$ 와의 관계는 다음과 같다. 여기서 각 시설내 작물이 3열로 배열되어 있기 때문에 환기저항을 고려하여 시설내 공간을 재배중인 작물의 형태에 따라 3개의 공간으로 구분하였고, 이때 각 공간별의 작물에 의한 개구부 풍향계수는 작물을 2열을 고려하여 복합개구부 풍향계수 및 면적을 사용하였다. 또한 Type2의 천장 환기구의 경우도 복합개구부로 처리하였다.

$$Q_{n-6} = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} |\Delta P|}, \quad \Delta P = P_i - P_w + P_g$$

$$Q_{n-8} = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} |\Delta P|}, \quad \Delta P = P_i - P_{i-1} + P_g$$

$$\alpha A = \sqrt{\frac{1}{\sum 1/(\alpha_i A_i)^2}}$$

$$P_w = C \frac{\gamma_o}{2g} V^2, \quad P_g = h \gamma_o \frac{t_i - t_o}{273 + t_i}$$

$$\sum Q_{1j} = Q_1 + Q_2 + Q_7 = 0$$

$$\sum Q_{2j} = Q_2 + Q_3 + Q_7 + Q_8 = 0$$

$$\sum Q_{3j} = Q_5 + Q_6 + Q_8 = 0$$

여기서; A는 개구부 면적(m<sup>2</sup>), α는 개구부 풍랑계수, αA는 복합개구부의 풍랑계수×면적, ΔP는 개구부 내외의 全壓差(kg/m<sup>2</sup>), P<sub>w</sub> 및 P<sub>0</sub>는 각각 개구부의 풍압력 및 부력, P<sub>i</sub> 및 P<sub>i-1</sub>은 각 임의 공간 및 인접 공간의 실내정압(地面기준)이다. Q<sub>ij</sub>는 각각 시설내의 공간에서의 임의의 개구부의 환기량으로 실내정압의 함수로 표현된다.

### (2) 모델에 의한 환기특성 분석 및 환기량 계산

풍속 및 내외기온차 설정시, 실내압 P<sub>i</sub>를 구하기 위해서는 Newton-Rapson법을 사용하여 각 개구부의 환기량을 구하였다. 또한 일사량의 변화에 따른 환기량의 변화를 구하기 위하여 상기의 환기모델 및 실내 열수지 모델을 사용하여 간이시설내의 내기온과 환기량을 산정하였다. 여기서 각 시설내의 공간을 작물 재배형태에 따라 3개로 구분하여 취급하였다. 각 시설의 환기모델의 개념은 Fig.1와 같다.

기상조건(기준높이 풍속 0~4m/s, 외기온도: 28℃, 실외수평면 일사량 2.0, 2.5, 3.0 MJ/m<sup>2</sup>/hr), 피복재조건(일사투과율 0.75, 0.7), 실내반사율 0.1, 열관류율 5.0kcal/m<sup>2</sup>/hr/℃), 작물조건(순복사량의 증발잠열 변환비 0.5)의 조건을 설정하였다.

## 3) 실측에 의한 시설내 환경 해석

### (1) 환경요인의 측정 및 자료수집

간이시설내의 환경측정을 위하여 실내일사량, 실내기온, 실내습도, 피복재온도, 상면온도, 작물체온도, 풍속 측정 자료를 이용하였다. 외부기상자료는 인근 기상대의 실외일사량, 풍속(10.6m)를 참조하였다.

### (2) 환경변화 분석

간이시설별 실내온도 및 작물체온도를 비교하였다. 또한 내외온도차 및 환기량 계산을 위하여 내외온도차 및 열수지식에 의하여 간이시설별 환기량을 추정하였다. 또한, 연속적인 외부환경변화에 따른 각 시설별 실내온도의 변화 및 환기량의 변화를 조사하기 위하여 비정상상태의 시간변화에 따른 온도변화를 조사하였다. 이를 위하여 외부조건은 일사량 0 - 2.8 MJ/m<sup>2</sup>/hr, 온도 21 - 29℃, 습도 55 - 96%, 풍속 0 - 3.8 m/s(10.6m)의 범위에 있는 기상자료를 사용하였다. 마지막으로 외부기상조건에 따른 간이시설별 내외온도차 및 환기량의 변화를 계산하였다. 이를 위하여上記의 환기모델 및 열수지모델을 사용하였다.

$$H_c = K(T_i - T_o)A_c$$

$$H_q = C_v Q(T_i - T_o)$$

$$H_s = \tau S(1-r)(1-f)A_f$$

$$\sum H_i = H_s + H_c + H_q = 0$$

$$Q = \frac{1}{C_v} \left[ \frac{\alpha R_n (1-f)}{\Delta t} - wk \right] A_f, \quad \text{단, } R_n = \tau S(1-r)$$

여기서, H<sub>q</sub>는 총열량의 증가분(제거분), Δt는 내외기온차, C<sub>v</sub>는 용적비열(定壓比熱×密度=0.3 kcal/m<sup>3</sup>·°C), R<sub>n</sub>은 室内純輻射量, α는 受熱面積補正率(1.0), f는 純輻射熱의 증발잠열에의 변환비(0.5), A<sub>f</sub>는 상면적, w는 피복표면적/상면적(放熱比), k는 피복면 관류열율(kcal/m<sup>2</sup>hr·°C), S는 실외수평면일사량, τ는 일사투과율, r은 실내반사율(0.1정도)이다. 일조시간중의 토양전열량은 무시한 식이다.

## 3. 結果 및 考察

### 1) 시설별 실내온도 및 전체 환기량 예측

풍속 0~4m/s, 외기온 28℃, 일사량 2.0~3.0 MJ/m<sup>2</sup>/hr)의 환경조건에 대하여 내외기온차 및 일사량과 환기량과의 관계를 구하였다. 시설내의 환기특성은 일반적으로 일사량보다는 풍속에 가장 민감한 것으로 나타났다. 환기모델에 의한 Type2의 내외기온차 및 환기량은 Fig.2과 같다.

### 2) 시설별 실내온도 및 국부 환기량 예측

외기온, 풍속, 일사량에 관련된 간이시설의 변수를 이용하여 시설 형태별 환기량 및 실내온도 변화를 구하였다. 전반적으로 환기량은 풍상측 환기구에서 크고 풍하측 환기구에서 작은 것으로 나타났다. 따라서 중심으로 갈수록 환기량이 작아지고 온도가 상승한다는 것을 예측할 수 있다. 외기온 28.0℃, 일사량 2.5MJ/m<sup>2</sup>/hr, 풍속 1m/s일 경우에 시설형태별 내기온 변화, 환기량 및 개구부 환기량을 비교하였다(Fig.3).

### 3) 환경측정에 의한 분석

작물에 재배되고 있는 각 시설별 일중 온도변화는 Fig.4와 같다. Fig.3에서의 환기량의 결과와 동일하게 Type1 > Type2, Type3의 형태로 개량형 모델의 환기성능이 우수한 것을 간접적으로 평가할 수 있다.

Table 1. 시설형태별 각종 변수

		Type 1	Type 2	Type 3
상면적		60	60	60
방열비		2.33	2.35	2.13
체적		170.8	147.0	123.0
(개구부) 면적, 높이	1	4.0	8.0	8.0
	2	4.0	8.0	8.0
(개구부) 풍압계수	1	0.8	0.8	0.8
	2	0.8	0.8	0.8
(개구부) 풍량계수 $\alpha$ 면적A, $\alpha$	1	1.6	3.2	3.2
	2	1.6	3.2	3.2

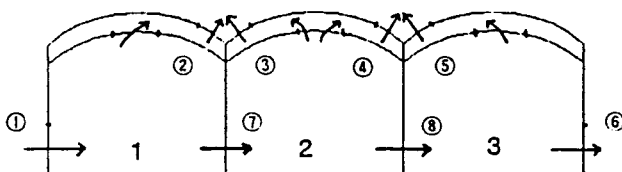


Fig.1. 시설내의 환기모델의 개념

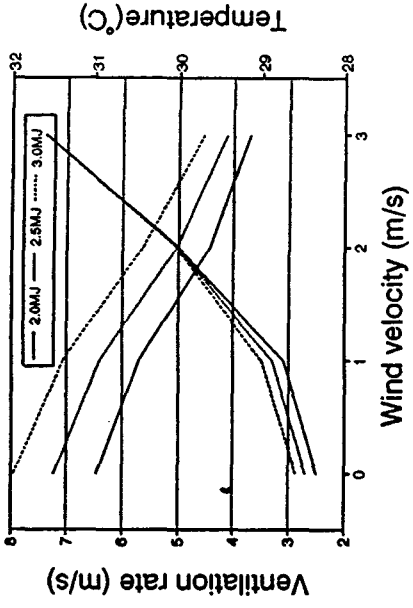


Fig.2. 내외기온차와 환기량과의 관계

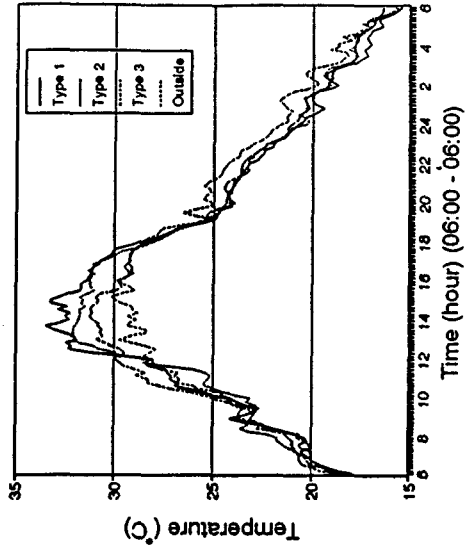
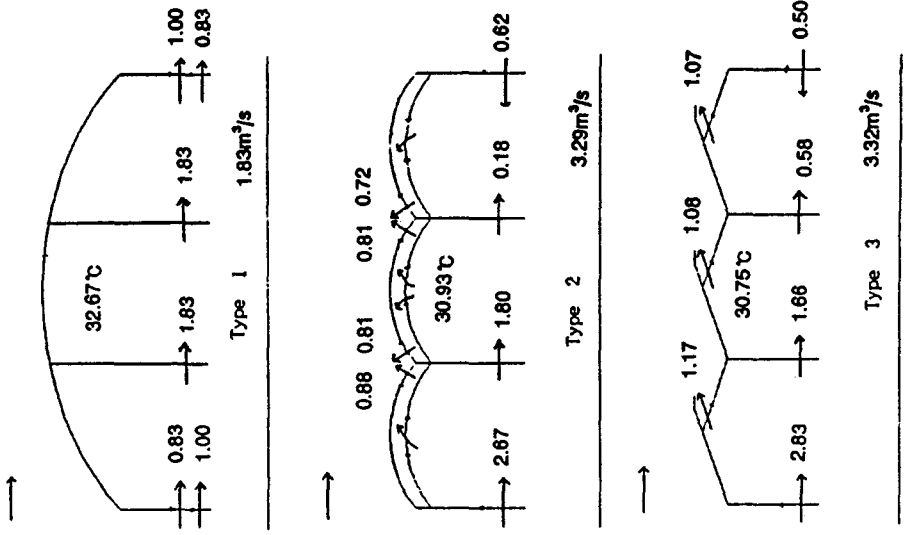


Fig.4. 각 시설형태별 온도변화 측정 결과



풍속  $V=1 \text{ m/s}$ , 외기온  $T_o=28^\circ\text{C}$ , 일사량  $S=2.5 \text{ MJ/m}^2$

Fig.3. 각 시설별 개구부 환기량 비교