

換氣率 및 室內溫度 解析에 의한 簡易施設의 效率性 評價

손정의 · 김문기 · 남상운* · 이동근 · 유인호** · 윤남규 · 이재영
서울대학교 農工學科, *안성産業大學校 農村開發學科, **(株)서울農資材

Evaluation of Rain Shelters by Ventilation Rate and Inside Air Temperature

Son, Jung-Eek · Kim, Moon-Ki · Nam, Sang-Woon* · Lee, Dong-Geun

Yoo, In-Ho** · Yoon, Nam-Kyu · Lee, Jae-Young

Dept. of Agr. Eng., Seoul Nat'l Univ., *Dept. of Rural Dev., Anseong Nat'l

Polytech. Univ., **Seoul Agricultural Materials Co. Ltd

1. 研究目的

비가림 시설은 경제적이고 간편하기 때문에 실용적으로 많이 사용되는 재배방법으로서, 하절기 재배를 위한 간이시설 중의 하나이다. 그러나 고온기의 시설재배이기 때문에 환기를 통하여 온도상승을 억제할 필요가 있다. 따라서 관행의 비가림시설에 뒤지지 않는 작업성을 유지하면서 효율적인 환기로 온도상승을 억제할 수 있는 시설 형태의 개발이 필요하다. 본연구에서는 간이시설의 효율적 형태의 설정을 위하여 특징적으로 분류한 3형태의 간이시설에 대하여 환기를 및 실내온도 해석을 통하여 효율성을 검토하였다.

2. 研究內容 및 方法

1) 공시시설의 제원 및 특징

공시 간이시설의 제원은 Fig.1과 같다. 간이시설의 형태는 관행형태의 비가림용 간이시설인 단동아치형(Type 1), 개량형태로서 3연동아치형(Type 2), 3연동톱날형(Type 3) 및 역방향 3연동톱날형(Type 3')으로 제시되었다. 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 실내외 압력차는 정압차, 부력, 풍력에 의해서 구성되고, 환기량은 환기 구동력 및 환기구 특성에 의하여 결정된다. 실내외 압력차 ΔP 와 개구부의 환기량 Q 와의 관계는 다음과 같다.

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

$$P_w = C \frac{\gamma_o}{2g} V^2$$

$$P_g = h \gamma_o \frac{t_i - t_o}{273 + t_i}$$

$$\sum Q_k = \sum f_k(P_i) = F(P_i) = 0$$

여기서, A 는 개구부 면적(m^2), α 는 개구부 풍량계수, ΔP 는 개구부 내외의 全壓差(kg/m^2), P_w , P_g , 및 P_i 는 각각 개구부의 풍압력, 부력 및 실내정압(地面기준)이다. Q_k 는 각각 임의의 개구부의 환기량으로 실내정압의 함수 f_k 로 표현된다.

(2) 모델에 의한 환기특성 분석 및 환기량 계산

풍속 및 내외기온차 설정시, 실내압 P_i 를 구하기 위해서는 Newton-Rapson법을 사용하여 각 개구부의 환기량을 구하였다. 또한 일사량의 변화에 따른 환기량의 변화를 구하기 위하여 상기의 환기모델 및 실내 열수지모델을 사용하여 간이시설내의 내기온과 환기량을 산정하였다. 기상조건(기준높이 풍속 0 ~ 4 m/s, 외기온도: 28℃, 실외수평면 일사량 2.0, 2.5, 3.0 MJ/m²/hr), 피복재조건(일사투과율 0.75, 0.7), 실내반사율 0.1, 열관류율 5.0 kcal/m²/hr/℃), 작물조건(순복사량의 증발잠열 변환비 0.5)의 조건을 설정하였다. 상세한 방법은 Fig.2와 같다.

3) 실측에 의한 시설내 환경 해석

(1) 환경요인의 측정 및 자료수집

간이시설내의 환경측정을 위하여 1993 8/10 20:00 - 8/11 16:00 기간중의 실내일사량, 실내기온, 실내습도, 피복재온도, 상면온도, 작물체온도, 풍속을 측정하였다. 외부 기상자료는 인근 수원기상대의 실외일사량, 풍속(10.6m)을 사용하였다.

(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 1993 8/10 20:00 - 8/11 16:00 기간에 대해서, 외부조건은 일사량 0 - 2.79 MJ/m²/hr, 온도 21 - 29.4℃, 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.

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

여기서, H_g 는 총열량의 증가분(제거분), Δt 는 내외기온차, C_v 는 용적비열(定壓比熱×密度 $\approx 0.3 \text{ kcal/m}^3\text{°C}$), R_n 은 室內純輻射量, α 는 受熱面積補正率(1.0), f 는 純輻射熱의 증발잠열에의 변환비(0.5), A_r 는 상면적, w 는 피복표면적/상면적(放熱比), k 는 피복면 관류열율(kcal/m²hr°C), S 는 실외수평면일사량, τ 는 일사투과율, r 은 실내반사율(0.1정도)이다. 일조시간중의 태양전열량은 무시한 식이다.

3. 結果 및 考察

1) 모델에 의한 실내온도 및 환기량 예측

외기온 28℃, 내기온 33℃, 풍속 1m/s일 경우, 환기모델에 의한 간이시설 형태별 풍속 및 내외기온차를 설정할 경우의 환기량은 Fig.3과 같다.

(2) 외부조건에 의한 시설별 환기량 예측 비교

외기온, 풍속, 일사량 및 일사량 유입에 관련된 간이시설의 변수를 이용하여 시설 형태별 환기량 및 실내온도 변화를 구하였다. 외기온 28.0℃, 일사량 2.5MJ/m²/hr, 풍속 1 m/s일 경우에 시설형태별 내기온변화, 환기량 및 개구부 환기량을 비교하였다(Fig.4, Fig.5).

2) 환경측정에 의한 분석

(1) 실내온도 및 환기량 비교

주간 투과일사량 및 환기량에 의한 실내온도상승은 Type 1이 상대적으로 Type 2,

Type 3 보다 높은 경향을 나타냈고, Type 2 및 Type 3 은 큰 差異는 없었다. 주간(07:00-16:00)의 경우, 3 시설 모두 일사량의 변화와 실내온도는 상당한 正의 관계를 보여주고 있고, 야간의 경우는 Type 1, Type 2, Type 3 모두 큰 변화가 없었다. 시설형태별 내외온도 차의 변화는 Fig.6과 같다.

(2) 내외기온차 및 환기량

일사 및 풍속이 존재하는 주간(07:00-16:00)에 대하여, 실내흡수일사량, 작물재배정도, 내외기온차, 방열비율 고려한 열수지식 및 환기모델을 사용하여 의한 추정결과는 Fig.7 및 Fig.8와 같다.

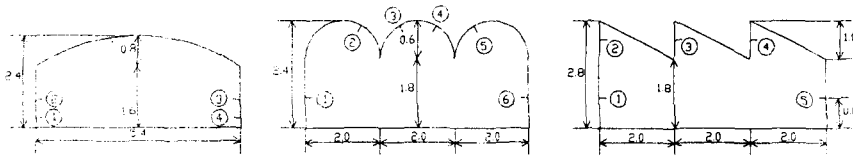


Fig.1. 공시시설의 제원

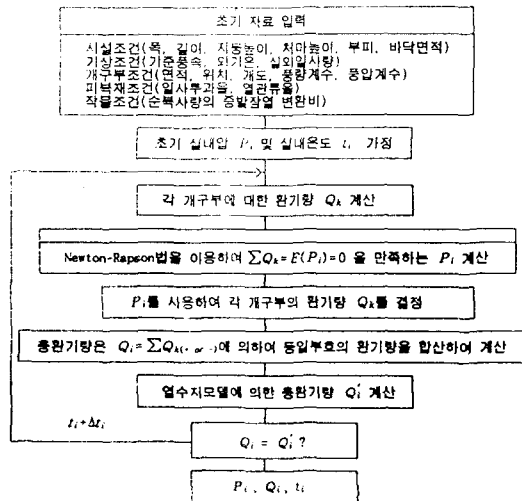


Fig.2. 환기량 및 실내온도 추정수순

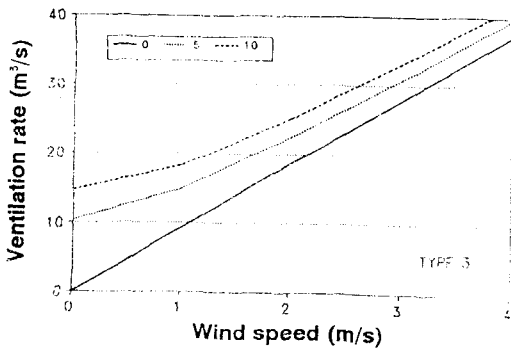


Fig.3. 내외기온차와 환기량과의 관계

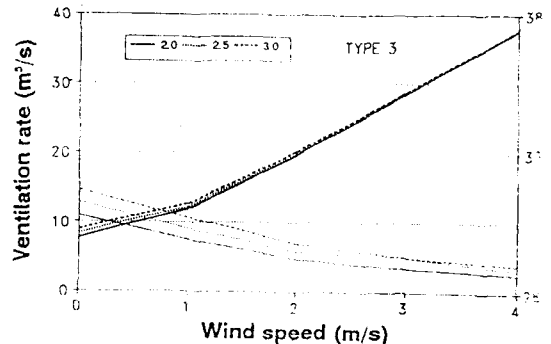


Fig.4. 일사량과 환기량과의 관계

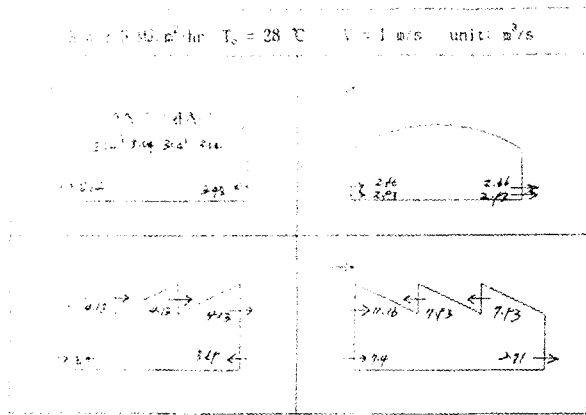


Fig. 5. 시설행태별 개구부의 환기량

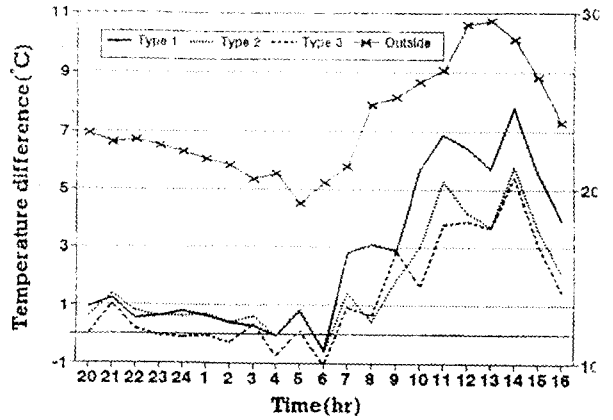


Fig. 6. 시설행태별 내외기온차 관계

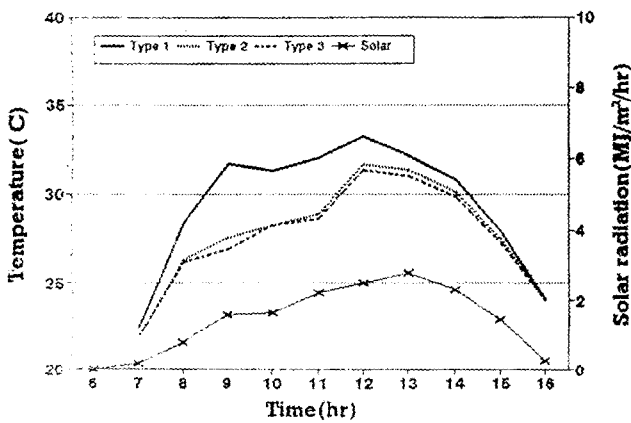


Fig. 7. 풍속변화에 대한 환기량 변화

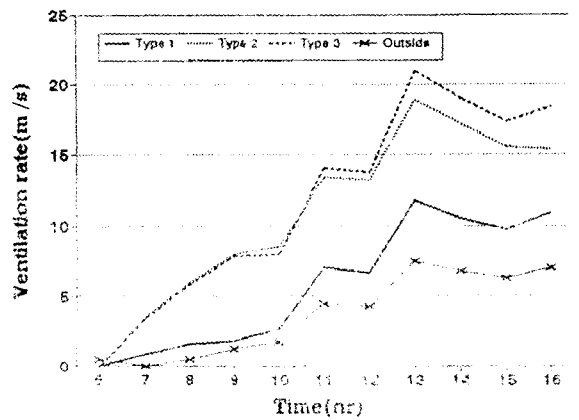


Fig. 8. 일사량변화에 대한 환기량 변화

		Type 1	Type 2	Type 3	Type 3'
상면적		162	180	180	180
방열비		1.79	1.93	2.37	2.37
체적		347.1	398.0	414.0	414.0
(개구부) 면적, 높이	1	24.0, 0.4	24.0, 0.4	24.0, 0.4	24.0, 0.4
	2	24.0, 0.4	21.0, 2.1	30.0, 2.3	30.0, 2.3
	3	-	21.0, 2.1	30.0, 2.3	30.0, 2.3
	4	-	21.0, 2.1	30.0, 2.3	30.0, 2.3
	5	-	21.0, 2.1	24.0, 0.4	24.0, 0.4
	6	-	24.0, 0.4	-	-
(개구부) 상감계수	1	0.0	0.8	0.8	0.8
	2	-0.4	-0.4	-0.5	0.8
	3	-	-0.4	-0.5	-0.5
	4	-	-0.4	-0.5	-0.5
	5	-	-0.4	-0.4	0.4
(개구부) 풍향계수	1	0.3	0.3	0.3	0.3
	2	0.3	0.7	0.4	0.4
	3	0.3	0.7	0.4	0.4
	4	0.3	0.7	0.4	0.4
	5	0.3	0.7	0.3	0.3

Table 1. 시설행태별 각종 변수