

## 여름철 유리溫室의 目標溫度 維持를 위한 強制換氣 回數

우영희 · 이정명\* · 남 윤일

원에 연구소 시설재배과, \*경희 대학교 산업대학 원예학과

### Forced Ventilation Number of Air Changes to Set Point of Inside Air Temperature in Summer Glasshouse

Woo, Young-Hoe · Lee, Jung-Myung\* · Nam, Yooun-Il  
National Horticultural Reserch Institute, \*Kyung Hee University

#### Abstract

Judicious control of high temperature is the most important task for a successful intensive-cultivation in greenhouses during the hot summer. Therefore, the climatological data at 31 locations in Korea were calculated using the modified model equation for ventilated in glasshouses during summer. Furthermore, the adequate number of air-changes or frequency of ventilation was estimated based on temperature settings, which is considered to be more active means of controlling summer glasshouse temperatures, was investigated. The major results can be summarized as follows: Forced ventilation of one air change per minutes was effective in maintaining the maximum air temperature below 35°C in the glasshouse having 40% shading. It was impossible, however, to maintain air temperature below 30°C in 40% shaded glasshouse with forced ventiltion only.

키 워 드 : 여름철, 유리온실, 강제 환기, 온도조절

Key words : summer, glasshouse, forced ventilation, temperature control

#### 緒 論

여름철 온실에서 고온현상에 대처하는 환경 관리 재배기술 부족으로 작물을 재배하지 못하고 대부분 휴작을 하므로써 온실의 고도 활용 및 주년안정 계획생산에 심각한 문제점으로 대두되고 있으며 더욱이 우리 나라 기상여건을 고려하여 온실의 여름철 고온에 대한 체계적인 연구는 미비한 상태이다. 국내외에서 70년대 두번의 에너지 波動이후 겨울철 온실 煖房에너지 節約 및 代替에너지 開發, 太陽熱

利用等に 대해서는 여러 研究成果<sup>12, 20)</sup>가 보고되고 있으나 우리 나라 기상여건을 고려하여 온실의 여름철 高溫에 대한 體系의인 研究는 매우 미비한 상태로 研究結果는 거의 찾아볼 수 없다. 더욱이 많은 자본과 기술이 투자된 현대화 온실에서는 여름철 高溫에 對處하는 재배기술 부족으로 7, 8월 2개월간 작물을 재배하지 못하여 원예산물 가격 불안정의 주요 원인의 하나로 대두되고 있다. 따라서 온실의 周年利用을 위한 여름철의 온실環境의 適正化 研究는 시설재배의 時急한 當面課題로 分析되

고 있다<sup>14,19</sup>. 여름철 온실의 高溫化 現象은 5월부터 9월 사이에 發生하므로 適當한 生育溫度와 換氣, 濕度 등을 유지하여야 하며 光合成作用에 關連하여 온실의 기온을 下강시켜야 한다<sup>16</sup>. 최근 농가보급형 플라스틱과이프 온실 증가와 함께 유리온실을 포함한 경질자재에 의한 온실 건립이 많아지면서 적극적인 온실 냉방에 대한 요구도가 높아지고 있으나 經濟性을 고려한 온실 溫度下降은 생각지도 못하는 실정이며 따라서 體系的인 研究도 전혀 이루어지고 있지 않다<sup>14,19</sup>.

따라서 본 실험은 그 일환으로 현재까지 연구 보고된 열수지 모델식을 기초로 여름철 온실의 微氣象을 豫測하는 方程式을 보완하고 이 수정 보완된 모델식을 이용, 여름철 온실의 溫度下降을 위한 基礎資料를 얻기 위하여 우리 나라 31개 지역의 氣候資料를 分析하여 高溫期 온실의 氣溫管理에 있어서 목표 온도 유지를 위한 地域別 適定 最大換氣回數 決定함과 아울러 理論的으로 比較檢討함으로서 온실의 氣溫管理를 위한 基本的인 資料를 提供하고자 실시하였다.

## 材料 및 方法

대상온실은 農家普及型 온실구조인 3-2G-3S, 양지붕형 3연동 유리온실로 하였다. 유리온실의 諸般特性은 다음과 같다<sup>19</sup>.

- 유리온실 (3-2G-3S, 양지붕형 3연동)
- $A_f$ (상면적)=1255.5m<sup>2</sup>,
- $A_w$ (표면적)=1940.7m<sup>2</sup>,
- $M$ (체적)=5315.0m<sup>3</sup>,
- $R$ (방열비,  $A_w/A_f$ )=1.67,
- $\tau$ (유리 일사 투과율)=0.88(3.0mm기준),
- $U$ (총열전달계수)=6.3W/m<sup>2</sup>=0.0903kcalm<sup>-2</sup>min<sup>-1</sup>°C<sup>-1</sup>

본 실험에서는 여름철 外部日射量을 비롯한 各種 外部 環境條件을 考慮하여 다음과 같은 ASHRAE (1989)의 모형식을 修正하여 利用하였다.

$$q = \frac{v}{C_p(t_i - t_o)} \{ (1 - EF)(\tau)(I) - (A_f) - (A_w U)(t_i - t_o) \} \dots\dots\dots (1).$$

q: 환기량 (m<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>), v: 외부공기의 比體積 (m<sup>3</sup>/kg), C<sub>p</sub>: 건조공기의 정압비열(1.0kJ/kg °k da), E×F: 온실의 증발산비(0.5-1)×온실에서 작물재배비(0-1)=0.5, τ: 유리 일사 투과율, I: 수평면일사량(W/m<sup>2</sup>), A<sub>f</sub>: 온실상면적(m<sup>2</sup>), A<sub>w</sub>: 온실표면적(m<sup>2</sup>), U: 온실 피복재의 열전달계수(W/m<sup>2</sup>), t<sub>i</sub>, t<sub>o</sub>: 온실 내외 온도(°C), t<sub>i</sub>=25, 30, 35°C, t<sub>o</sub>=외기 최고온도.

(1) 모델식에서 水平面日射量 I는<sup>5,13)</sup>

$$I = (C + \sin\beta)A \cdot e^{-B/\sin\beta}.$$

로 계산될 수 있다. 여기에서 β는 (4)식과 같은 太陽高度角 h를 나타낸 것이며 A, B, C는 지역의 월별 태양복사 강도와 상수를 나타낸 것이다. 이 상수는 지역이 다르고 지리적 특성 및 기상자료가 틀리므로 그대로 적용할 수 없다<sup>13</sup>. 따라서 水平面 日射量의 측정자료가 있는 지역은 Iwakiri<sup>9)</sup>의 shooting point 이론에 근거하여 實測日照時數에 의한 (2)식의 Rf'(全 水平面日射量의 最高 flux, ly/sec)를 適用하였으며 일사량을 측정하지 않는 지역은 (9)식인 I=I<sub>n</sub>+I<sub>d</sub>에 關連된 방정식[(3), (4), (5), (6), (7), (8)식]을 利用하여 水平面日射量을 推定한 후 다시 實測日照時數에 의한 (2)식에 適用하였다.

Iwakiri<sup>9)</sup>의 shooting point 理論에 根據하여 '晝間에 온실 純放射量의 最高 flux'를 다음 식으로 推定 하였다.

$$\sum_o R_s = Rf' \int_0^{\gamma} \sin wt dt,$$

$$Rf' = \frac{\pi}{2\gamma} \sum_o R_s ly/sec \dots\dots\dots (2).$$

$\sum_o R_s$ : 總 水平面 日射量 (ly/day)  
 γ: 日照時間, 可照時間 (=일조시간/일조율) (sec)

$w = \pi/\gamma$  時刻 rad/sec

Rf': 全 水平面 日射量의 最高 flux(ly/sec).

국내에서 水平面 日射量은 현재 1982년부터 서울기상대를 비롯한 21지역이 측정하고 있으며 본 실험대상 지역중 기상대 18지역 (서울, 서산, 대전, 전주, 광주, 진주, 부산, 대구, 제주, 원주, 수원, 청주, 포항, 춘천, 목포, 강릉, 인천, 안동)은 수평면 일사량 관측 자료<sup>3,4)</sup>를 이용하여 (2)식을 적용하였다. 그러나 본 실험의 대상지역중 수평면 일사량에 대한 자료가 없는 관측소 13지역 (속초, 울진, 군산, 울산, 충무, 여수, 완도, 부여, 정주, 남원, 장흥, 합천, 밀양)은 다음과 같은 理論式에 의하여 水平面 日射量을 推定하였다.

水平面 日射量의 推定은 다음과 같이 일반화 되어 있는 方程式을 이용하였다<sup>13,17,22)</sup>. 이론적으로 水平面 日射量을 推定하기 위해서는 지역별 월별 태양의 位置를 태양기울기 (적위)와 天頂角 또는 태양고도각으로 구한다.

태양기울기 (solar declination)

$$\delta = 23.45 \sin \left\{ 360 \frac{n+284}{365} \right\} \dots\dots\dots (3).$$

여기에서,  $\delta$ : 태양적위 ( $-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$ ),

n: 1월 1일로 부터의 일수.

태양고도각 (solar altitude angle)

$$h = 90 - \theta, \dots\dots\dots (4).$$

h: 태양고도각,  $\theta$ : 천정각 (zenith angle).

천정각은 다음 식으로 산출되어 진다.

$$\theta_z = \cos^{-1}(\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos W) \dots\dots\dots (5).$$

$\phi$ : 위도(latitude) ( $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ ),  $W=0$  (태양정오): 시간각.

일반적으로 最大 日射强度는 太陽時刻으로

정오에 나타나므로 이 때를 0으로 한다. 清明日의 水平面 直達日射量 ( $I_h$ )은

$$I_h = I_o P^{\cos h} \sinh \dots\dots\dots (6).$$

$I_o$ : 대기권 밖의 법선면 일사량 ( $W/m^2$ ),

P: 대기 투과율 (청명일 일 경우 0.7~0.8의 값을 가지나 본시험에서는 0.7로 하였다),

h: 태양고도각.

대기권 밖의 法線面 日射量 ( $I_o$ )은

$$I_o = I_{sc} \left( (1 + 0.033 \cos \left( \frac{360n}{365} \right)) \right) \dots\dots\dots (7).$$

$I_{sc}$ : 太陽常數는 1322~1395  $W/m^2$ 로 일반적으로 1355  $W/m^2$ 를 사용한다.

清明日의 散亂日射量 ( $I_d$ )은

$$I_d = \frac{1}{2} I_o \sinh \frac{1 - P^{\cos h}}{1 - 1.4nP} \dots\dots\dots (8).$$

따라서 청명일의 水平面 日射量式 다음과 같다.

$$I = I_h + I_d \dots\dots\dots (9).$$

일사량을 측정하지 않는 지역은 수평면 일사량 모델식  $I = I_h + I_d$ 와 이에 관련된 방정식을 이용하여 수평면 일사량을 추정할 후 제 2식에 의하여 Rf' 구한 다음 식(1)에 적용하였다.

그리고 여름철 유리온실의 고온방지를 위한 最大必要 換氣回數(換氣回數=換氣量÷溫室容積)는 온실내 온도  $t_i$ 을 작물의 생육온도를 고려하여 각각 25°C, 30°C, 35°C로 설정하여 40% 차광시와 무차광시 지역별, 월별 변화 및 최대 필요 환기회수를 究明하였다. 본 실험은 1961~1994년까지의 지역별 기상자료를 이용하였다<sup>3,4)</sup>. 여름철 온실의 목표 온도 유지를 위한 강제 환기회수 구명을 위하여 제시된 모든 모델식은 SAS<sup>21)</sup>를 이용한 프로그램을 作成하여 모든 數值 計算을 遂行하였다.

## 結果 및 考察

여름철 온실의 기온하강을 위하여 가장 經濟的으로 이용할 수 있는 방법은 遮光과 換氣이다. 본 실험은 여름철 經濟的이며 效率的으로 온실의 氣溫環境管理를 위하여 차광과 강제환기를 병행할 경우와 강제환기만 실시할 경우를 구분하여 지역별로 設定溫度에 따른 最大必要 換氣回數를 증가 보급형 온실구조인 3-2G-3S, 양지붕형 3연동 유리온실을 대상으로 하여 산출하여 提示하고자 실시하였다.

환기에 관해서는 河野<sup>10)</sup>, 小倉<sup>10)</sup>이 연구한 바 있는 複雜多樣한 熱收支 理論的 模型이 利用되고 있으나 본 실험은 外部의 日射量 및 氣象環境을 고려하여 작성된 ASHRAE<sup>2)</sup>의 모델식 (1식)을 근거로 하여 다른 理論的 模型 [(2식), (9식)]과 이에 關連된 方程式 [(3), (4), (5), (6), (7), (8)식]을 接木, 수정하여 이용하였다.

실험결과는 그림 1, 2와 표 1에 나타냈다. 그림 1, 2는 실험 대상온실 (농가보급형 온실 구조인 3-2G-3S, 양지붕형 3연동 유리온실)에 대한 지역별 목표온도는 시금치를 비롯한 저온성 작물의 생육한계온도 (25°C)와 오이를 포함한 고온성작물의 생육한계온도 (30°C, 35°C)를 고려하여 25, 30, 35°C로 설정하였으며 또한 遮光 (40%)과 無遮光을 구분하여 최대 환기회수의 월별 변화를 나타낸 것이다. 그림 1에서 무차광시 유리온실의 設定溫度에 따른 換氣回數 (number of air changes)의 월별 변화를 보면 지역간 차이가 크게 나타남을 알 수 있었다. 현재까지 경제적 적정 환기 회수에 대해 명확하게 연구된 바는 없으며 다만 약 0.67~0.83 회/min (40~50 회/hr)로 알려져 있다 (三原, 1972). 따라서 본 실험에서는 권장환기회수<sup>1,5)</sup> 0.75~1회/min를 고려하여 온실의 最大換氣回數를 1회/min으로 간주하여 보면 지역간에 다소 차이는 있으나 대부분 지역이 10월 중순~3월 중순까지는 강제환기에 의해 유리온실의 기온을 25°C로 유지가 가능하나 그 이외의 기간에는 불가능한 것으로 생각되며 30°C 維持는 원주, 대전, 전

주, 대구, 광주, 진주는 대체로 9월 중하순~4월 중순까지가 限界이며 서울, 서산, 부산, 제주는 대략 9월 상순~5월 상순까지 가능한 것으로 判斷된다. 만약 무차광 유리온실에서 여름철 6월, 7월, 8월에 온실내 기온을 25°C, 30°C로 유지하려면 強制換氣만으로는 불가능하며 환기 이외의 온실 氣溫下降方法이 併用되어야 함을 지적해 주고 있다. 여름철 무차광 유리온실은 35°C 유지도 상당히 어려우며 환기회수가 가장 낮은 지역인 서울, 부산도 8월의 환기회수는 1 회/min를 超過하였다.

그림 2는 40%차광 유리온실에서의 設定溫度 25, 30, 35°C 유지를 위한 환기회수의 월별 변화를 나타낸 것이다. 차광시 日射負荷의 減少로 最大必要換氣回數는 무차광보다 낮았으며 여름철 6월, 7월, 8월에도 강제환기로 환기회수 1 회/min면 35°C 유지가 가능하였으나 25°C, 30°C유지는 불가능하였다. 따라서 대부분 작물의 生育適溫이 20°C~30°C임을 考慮한다면 최소한 여름철에 차광을 하더라도 30°C 유지를 위해서는 불가피하게 또 다른 溫度下降手段이 필요하다는 결론이 나왔다. 強制換氣로 25°C 유지가 가능한 기간은 지역간의 차이는 있으나 대체적으로 10월 상순~4월 상순이며, 30°C는 9월 상순~5월 하순이고 부산, 제주지역은 환기회수가 남부지방이라도 타지역에 비하여 적었다.

이 실험결과 자연환기만으로는 여름철 고온화현상에 대처하기에는 역부족이므로 40% 차광시 유리온실은 강제환기를 할 경우 모두 勸獎換氣回數範圍<sup>1,5)</sup>인 1회/min정도면 여름철 6월, 7월, 8월에 35°C유지는 가능함이 밝혀졌다. 그러나 35°C는 시금치를 포함한 作物生育溫度를 고려하여 보면 다소 높은 온도<sup>6)</sup>라 생각되나 적극적인 氣溫下降法을 도입하지 않을 시에는 비교적 고온에 적응성이 큰 멜론과 같은 고온성 작물을 재배하면 가능할 것으로 생각되며<sup>23)</sup>, 또한 각종 生長調節物質을 처리<sup>7)</sup>하거나 작물의 고온에 대한 적응성을 높이기 위하여 오전중에 CO<sub>2</sub>시용<sup>9,14)</sup> 등은 상당한 효과가 있을 것으로 생각된다. 시설구조면<sup>6,11,14,15)</sup>에서는 4연동 이상은 지양하며 자연환기에 의존

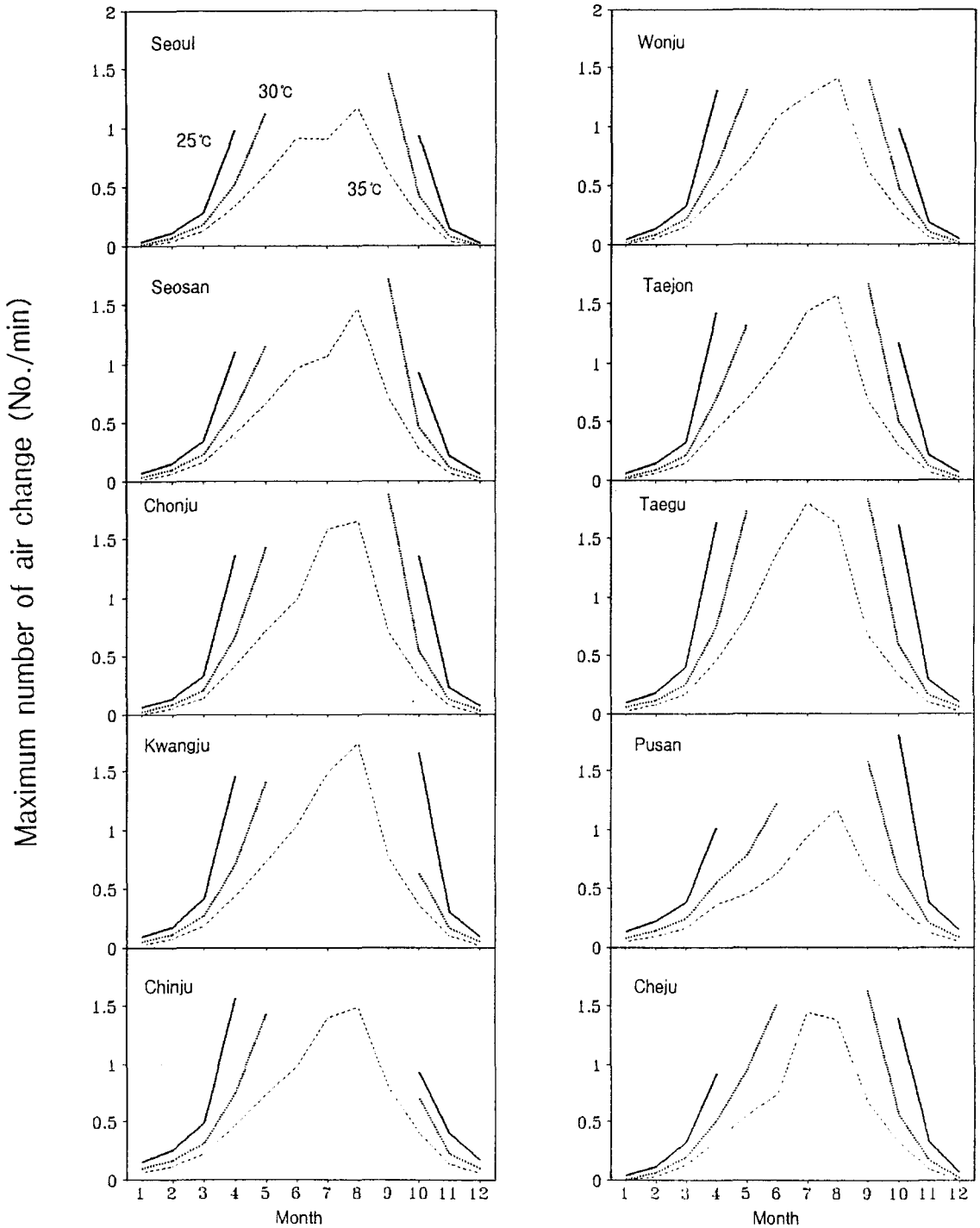


Fig. 1. Variation of maximum number of air changes at 10 locations as affected by different temperature settings in nonshaded glasshouse, estimated based on meteorological data from 1961 to 1994.

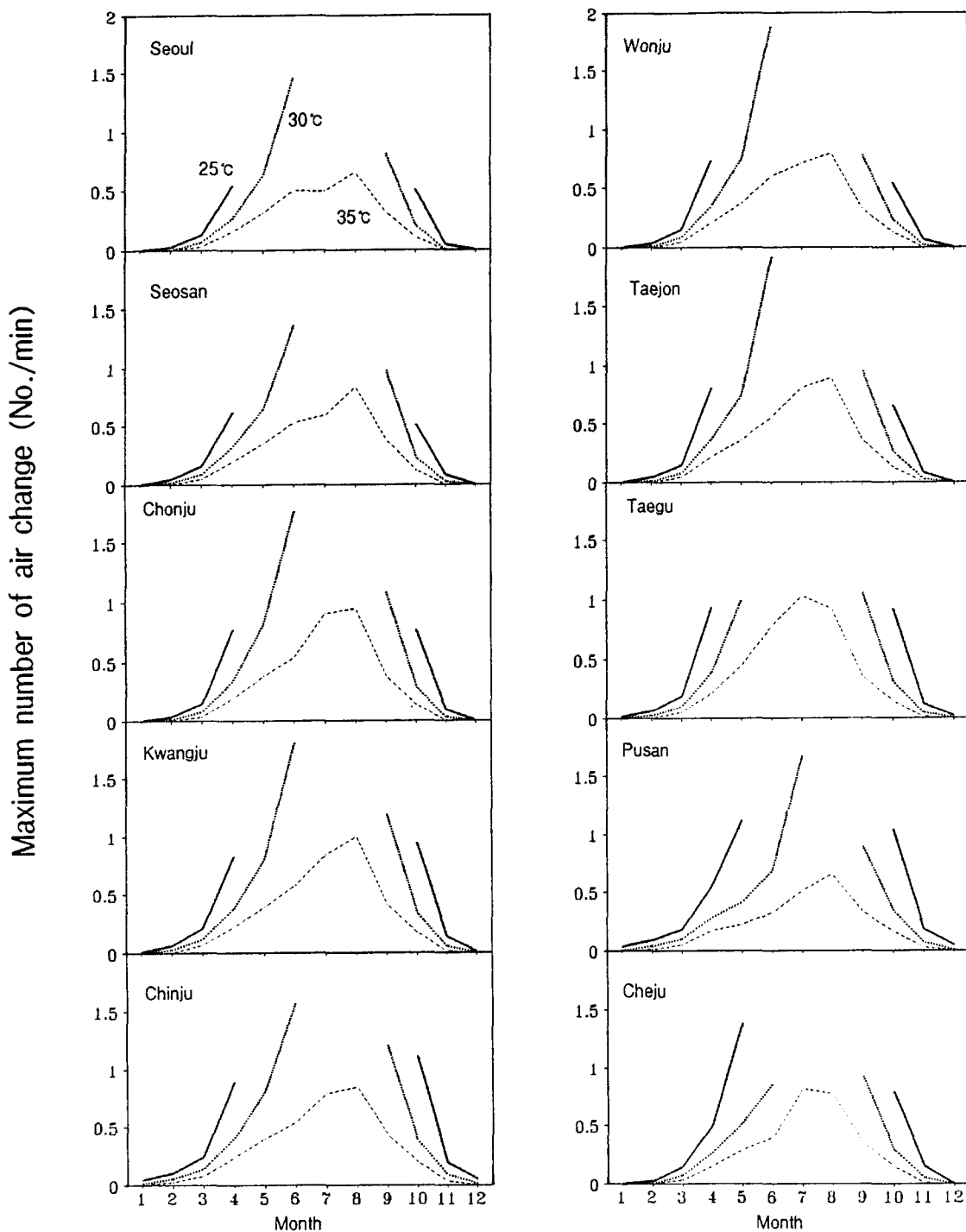


Fig. 2. Variation of maximum number of air changes at 10 locations as affected by different temperature settings in 40% shaded glasshouse, estimated based on meteorological data from 1961 to 1994.

할 경우 환기창면적은 온실의 상면적 30%<sup>1.5)</sup> 하여 이용할 경우 氣溫下降效果는 더 클 것으로 하며 자연환기와 강제환기를 적절히 조합 로 생각된다.

Table 1. Maximum number(number per minute) of air changes in 31 regions for set point of inside air temperature in summer glasshouse, estimated based on meteorological data from 1961 to 1994.

| Region    | 35°C           |       |        |            |       |        |
|-----------|----------------|-------|--------|------------|-------|--------|
|           | Shading of 40% |       |        | Nonshading |       |        |
|           | June           | July  | August | June       | July  | August |
| Seoul     | 0.500          | 0.493 | 0.653  | 0.916      | 0.903 | 1.170  |
| Seosan    | 0.532          | 0.595 | 0.833  | 0.967      | 1.072 | 1.470  |
| Taejon    | 0.559          | 0.808 | 0.888  | 1.013      | 1.429 | 1.562  |
| Chonju    | 0.542          | 0.899 | 0.942  | 0.983      | 1.580 | 1.652  |
| Kwangju   | 0.574          | 0.841 | 0.996  | 1.038      | 1.484 | 1.742  |
| Chinju    | 0.542          | 0.788 | 0.844  | 0.984      | 1.396 | 1.489  |
| Pusan     | 0.326          | 0.510 | 0.652  | 0.623      | 0.930 | 1.168  |
| Taegu     | 0.775          | 1.030 | 0.922  | 1.373      | 1.798 | 1.619  |
| Cheju     | 0.394          | 0.815 | 0.778  | 0.736      | 1.439 | 1.377  |
| Wonju     | 0.600          | 0.708 | 0.795  | 1.080      | 1.261 | 1.407  |
| Suwon     | 0.450          | 0.501 | 0.648  | 0.829      | 0.916 | 1.162  |
| Cheongju  | 0.620          | 0.856 | 0.885  | 1.115      | 1.509 | 1.557  |
| Pohang    | 0.411          | 0.665 | 0.610  | 0.765      | 1.190 | 1.098  |
| Chunchon  | 0.599          | 0.680 | 0.727  | 1.079      | 1.214 | 1.293  |
| Mokpo     | 0.467          | 0.717 | 1.050  | 0.859      | 1.276 | 1.832  |
| Kangnung  | 0.396          | 0.495 | 0.531  | 0.739      | 0.906 | 0.966  |
| Inchon    | 0.413          | 0.476 | 0.637  | 0.768      | 0.874 | 1.143  |
| Andong    | 0.583          | 0.812 | 0.772  | 1.052      | 1.435 | 1.368  |
| Sokcho    | 0.265          | 0.499 | 0.520  | 0.521      | 0.912 | 0.946  |
| Ulchin    | 0.223          | 0.394 | 0.447  | 0.450      | 0.736 | 0.825  |
| Kunshan   | 0.359          | 0.721 | 0.704  | 0.677      | 1.284 | 1.254  |
| Ulsan     | 0.413          | 0.764 | 0.952  | 0.769      | 1.354 | 1.667  |
| Chungmu   | 0.379          | 0.622 | 0.713  | 0.712      | 1.118 | 1.269  |
| Yosu      | 0.311          | 0.518 | 0.590  | 0.598      | 0.943 | 1.064  |
| Wando     | 0.341          | 0.539 | 0.571  | 0.647      | 0.979 | 1.033  |
| Puyo      | 0.332          | 0.611 | 0.666  | 0.634      | 1.099 | 1.192  |
| Chongju   | 0.402          | 0.735 | 0.843  | 0.750      | 1.308 | 1.488  |
| Namwon    | 0.467          | 0.824 | 0.963  | 0.858      | 1.456 | 1.686  |
| Changhung | 0.486          | 0.848 | 0.982  | 0.890      | 1.496 | 1.718  |
| Hapchon   | 0.424          | 0.689 | 0.790  | 0.788      | 1.230 | 1.398  |
| Miryang   | 0.484          | 0.784 | 0.921  | 0.888      | 1.388 | 1.617  |
| Means     | 0.457          | 0.685 | 0.769  | 0.819      | 1.223 | 1.362  |
| Std. Dev. | 0.119          | 0.154 | 0.160  | 0.230      | 0.257 | 0.267  |

Table 2. Maximum air temperature affected by number of air changes in summer glasshouse, estimated based on meteorological data from 1961 to 1994.

| Air change(no/min)             |             | 0.25 <sup>c</sup> | 0.5  | 1    | 2    | 3    |
|--------------------------------|-------------|-------------------|------|------|------|------|
| Inside air temperature<br>(°C) | 40% shading | 42.9              | 37.9 | 34.4 | 32.2 | 31.3 |
|                                | non shading | 51.8              | 43.6 | 37.7 | 33.9 | 32.5 |

<sup>c</sup> Equipment capacity of forced ventilation in standard type glasshouse (3-2G-3S).

이 결과 그림에 표시된 것처럼 最大必要 換氣回數는 지역 및 계절적 변화를 고려한 것으로 작물재배시 강제환기를 할 때 온실 기온 관리면에 있어서 시기별로 온실내 기온이 어떠한 양상으로 변화하는 가를 推測하여 이에 대한 적극적인 대처를 할 수 가 있다.

표 1은 여름철 강제환기시 목표온도를 35°C로 설정할 경우 遮光과 無遮光時 유리온실의 最大換氣回數를 상세히 표시한 것이다. 대구와 목포는 40% 차광시 유리온실에서 각각 7월과 8월에 勸獎最大 換氣回數 1회/min를 약간 초과한 1.03과 1.05 회/min이었으나 그 이외 지역에서는 1회/min 이하였다. 40%로 차광을 할 경우 유리온실은 앞에서 언급한 것과 같이 모든 지역에서는 35°C 유지가 가능하다. 따라서 여름철에 최소한 온실의 기온관리를 위하여 강제환기 실시는 이 결과표를 가지고 40% 차광시 유리온실에서 最大勸獎 換氣回數 1회/min를 고려하여 35°C로 유지하는데 필요한 환기선 용량과 필요대수를 결정할 수 있는 중요한 資料로써 實用面에서 活用價値도 매우 높을 것으로 판단된다. 한편 현재 농가 보급형 유리온실 (3-2G-3S, 양지붕형 3연동)의 강제환기 설비용량에 따른 상승가능 최고기온은 표 2에 있다. 표 2는 7월 일사량 측정 18지역에 대한 평균 값으로 기존 농가 보급형 유리온실에 설치되어있는 환기선의 강제 환기회수는 분당 0.25회 이하이므로 무차광시 온실기온은 51.8°C, 40% 차광시는 42.9°C가 되므로 현재 강제환기 설비용량으로 고온기 기온관리는 생각지도 못하는 실정이다. 더구나 국내에서는 현재까지 여름철 온도하강을 위하여 강제환기를 실시할 경우 참고 될 만한

자료가 전혀 없으므로 표 1을 迅速히 參考 適用되어야 할 것이다.

## 摘 要

여름철 溫室 溫度環境의 效率的인 制御는 온실의 周年栽培와 高度活用을 위한 가장 중요한 當面課題이다. 따라서 본 연구는 우리나라 31개 지역의 氣候資料를 分析하여 高溫期 온실의 氣溫管理에 있어서 목표 온도 유지를 위한 地域別 適定 最大換氣回數를 決定함으로서 온실의 氣溫管理을 위한 基本的인 資料를 提供하고자 실시하였다. 그 결과 여름철 유리온실의 設定溫度 維持를 위한 強制換氣는 40% 차광 유리 온실에서 最大換氣回數 1회/min로 35°C 維持가 可能하였으나 환기만에 의한 限界 最高室溫 30°C 維持는 불가능하였다.

## 引用文獻

1. Albright, L. D. 1990. Environment control for animals and plants. The American Society of Agricultural Engineers. pp. 1-48, 173-203, 319-345.
2. ASHRAE. 1989. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
3. 韓國氣象廳. 1991-1994. 기상연보, 기상월보.
4. 韓國氣象廳. 1991. 한국기후표(I, II), 일



- 별 및 순별평년값·월별평년값(1961-1990).
5. Hellickson, M. A. and J. N. Walker. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. ASAE Monograph No. 6, St. Joseph, MI 49085.
  6. 位田藤久太郎. 1977. 施設園藝の環境と栽培. 誠文堂新光社 pp. 2-70, 85-194.
  7. 岩堀修一. 1967. トマトの高温障害に對する2, 3の生長調節物質の影響. 日本園學雜 37(2):49-53.
  8. Iwakiri, S. 1969. Climate in glasshouse (1), air temperature condition. J. Agr. Met. 24(4): 9-16.
  9. Kimball, B. A. and S. T. Mitchell. 1979. Tomato yield from CO<sub>2</sub>-enrichment in unventilated and conventionally ventilated greenhouse. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(4): 515-520.
  10. 河野徳義. 1984. ビニールハウスにおける強制換氣時の熱收支. 農業氣象 40 (2): 125-132.
  11. Kozai, T. and K. Sase. 1978. A simulation of natural ventilation for multi-span greenhouse. Acta Hort. 87: 34-49.
  12. 權永杉, 李龍範, 朴尙根. 1984. 施設園藝栽培環境 安全基準設定研究. 農試報告 26: 2-15.
  13. 李弘柱. 1991. 韓國의 太陽強度 分析. 忠北大學校 大學院 博士學位論文.
  14. 李基明. 1994. 果菜類 施設栽培의 高温期 管理要領. 施設園藝研究 7(1): 23-31.
  15. 三原義秋. 1972. 施設園藝の氣候管理. 誠文堂新光社 136pp.
  16. 三原義秋. 1980. 温室設計の基礎と實際. 養賢堂 pp. 51-17, 145-169.
  17. 小倉祐幸. 1968. 空氣調和ガラス室の日射による冷房負荷. 生物環境調節 5(2): 21-28.
  18. 小倉祐幸, 久米英夫. 1966. 空氣調和ガラス室の換氣回數について. 生物環境調節 3: 103-111.
  19. 박중춘, 박상근, 민영봉, 이병일, 진영욱. 1994.. 施設園藝 現代化 하우스 모델設定 및 栽培效果에 關한 研究. 農村振興廳 特定課題 第4次年度 完結報告書 pp. 229-292.
  20. Rotz, C. A., R. A. Aldrich and J. W. White. 1979. Computer predicted energy savings through fuel conservation systems in greenhouses. Trans of the ASAE 22: 362-366, 369.
  21. SAS Institute. 1985. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, N.C.
  22. 杉 二郎. 1974. 農水産分野における環境工學. 愛媛大學 pp.11-196, 361-370.
  23. 鳥生誠二, 高橋和彦, 金文秀. 1978. 野菜の光合成作用に及ぼす高温影響. 愛媛縣農業試驗場報告 22:17-23.