

【 論 文 】

플라스틱 溫室의 日射量分析과 熱的環境의

시뮬레이션에 關한 研究

Analysis of solar radiation and simulation of thermal environment in plastic greenhouse

I. 플라스틱 溫室의 日射量分析

I. Analysis of solar radiation in plastic greenhouse

朴 在 福* 高 學 均**
(Park, Jae Bok) (Koh, Hak Kyun)

ABSTRACT

This study was carried out to analyze solar radiation in plastic greenhouse which is covered with polyethylene or polyvinyl chloride film. A computer model for solar radiation analysis in the plastic greenhouse was developed and solar gain factors for E-W and N-S oriented plastic greenhouse in the greenhouse farming area during winter were investigated.

Solar gain factors for E-W plastic greenhouse were 60 to 75 percent which were 10 to 15 percent higher than those for N-S plastic greenhouse from November to January. However, the values were apparently decreased in February and reversed in March, showing 3 to 5 percent higher in E-W plastic greenhouse. About 67 to 72 percent of the total solar radiation was attributed to the south-directed wall and roof for the E-W plastic greenhouse and about 30 percent through walls and 60 percent through roofs for the N-S plastic greenhouse.

1. 緒 論

우리나라의 施設園藝栽培는 1950年代 中반 부터 처음으로 農家에 보급되어 점차 栽培面積이 확대되어 왔다. 1970年 以後 폴리에틸렌 (polyethylene)이나 염화비닐 (poly vinyl chloride)과 같은 염가의 被覆材와 溫室構造物이 多量 生産되어 플라스틱 溫室을 利用한 施設園藝栽培 農家가 급속히 증가하게 되었다. 대부분의 地域에서 施設園藝栽培期間은 11月에서 3月사이의 겨울철이므로 플라스틱 溫室內부의

環境이 作物의 生育條件에 적합하도록 적당한 生育溫도와 溫度를 유지해야 하며 作物의 光合成作用과 溫室保溫에 필요한 太陽에너지를 확보해야 한다.

溫室內로 투과되는 日射量은 溫室設計에 考慮되어야 할 主要因子이며 可能的 최대의 日射量을 溫室內로 받아들여 溫室의 煖房 및 축열 효과를 높여 시설원예재배의 燃料費를 節減해야 한다. 溫室의 日射量에 關한 研究는 실제로 溫室內에서 日射量을 測定하여 이를 檢討分析하는 方法과 溫室內의 日射量 투과과정을 理論

* 正會員:서울大學校 大學院

** 正會員:서울大學校 農工學科

○ 본 研究는 1984年度 峨山社會福祉事業財團研究費로 수행되었음

的으로 解析하고 이를 컴퓨터 모형화하여 지역, 계절, 온실의 방향 및 형상, 온실피복재의 종류등에 따른 溫室의 日射量을 分析하는 방법으로 나누어진다. 또한 최근 들어 많은 研究가 進行되고 있는 溫室의 光熱環境條件에 관한 컴퓨터 시뮬레이션에 있어서 作物, 土壤 및 피복재의 태양에너지 吸收量을 正確히 추정하기 위한 溫室의 日射量分析이 시도되고 있다.

본 研究의 目的은 우리나라 겨울철 시설원예 재배기간인 11월에서 3월사이의 지역별 일사량을 조사하고 플라스틱 溫室의 日射量을 分析할 수 있는 컴퓨터 模型을 개발하여 이를 검증하고 나아가 지역별, 月別, 온실의 형태 및 설치방향에 따른 플라스틱 溫室의 日射量 效果를 分析하는데 있다.

2. 플라스틱 溫室의 日射量 分析에 관한 理論的 考察

2-1 傾斜面에서의 日射量과 月平均 日射量 分析

플라스틱 溫室은 한개의 평면을 가진 一般的인 태양집열기와는 달리 입체적인 形態로 되어 있으므로 투과되는 日射量의 分析과정의 복잡하다. 그러나 溫室表面이 여러개의 傾斜面으로 되어 있다고 가정하고 各 面을 통하여 투과되는 日射量을 종합하면 溫室內의 日射量分析은 용이하게 된다. 傾斜面에서의 日射量을 구하려는 水平面上에서의 日射量과 이들의 直達 및 散亂 日射量의 成分을 알아야 한다. Stouter와 Klein (1979)은 水平面日射量과 水平面散亂日射量의 比率, I_d/I 값을 標準淸明日射量에 대한 水平面日射量의 比率, I/I_c 와의 關係式으로 다음과 같이 提示하였다.

$$\frac{I_d}{I} \begin{cases} 1.00 - 0.1 \left(\frac{1}{I_c}\right) & (0 \leq I/I_c < 0.84) \\ 1.11 + 0.0396 \left(\frac{1}{I_c}\right) - 0.789 \left(\frac{1}{I_c}\right)^2 & (0.48 \leq \frac{1}{I_c} < 1.10) \\ 0.20 & (1.10 \leq I/I_c) \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

- I_d : 수평면 산란일사량 (MJ/m².hr)
- I_c : 수평면 청명일사량 (MJ/m².hr)
- I : 수평면 일사량 (MJ/m².hr)

Liu와 Jordan (1963)은 傾斜面에 대한 太陽光의 成分, 즉 直達, 散亂 및 地表面反射의 散亂日射量을 고려한 경사면에서의 총 日射量을 다음과 같은 式으로 提示하였다.

$$I_T = I_b R_b + I_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (I_b + I_d) \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

- I_T : 경사면에서의 총 日射量 (MJ/m².hr)
- I_b : 수평면 직달 일사량 (MJ/m².hr)
- I_d : 수평면 산란 일사량 (MJ/m².hr)

R_b : 직달성분의 比 (= $\frac{\text{경사면 직달일사량}}{\text{수평면 직달일사량}} = \frac{I_{Tb}}{I_b}$)

- β : 경사면의 기울기 (degree)
- ρ : 地表面 반사율 (눈이 없는 경우 : 0.2, 눈이 덮힌 경우 : 0.7)

1日 日射量에서 시간별 일사량을 推定하는 式으로 Collares - Pereira와 Rabl (1979)는 다음과 같은 式으로 表示하였다.

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - (2\pi \omega_s / 360) \cos \omega_s} \dots\dots\dots (3)$$

- a : $0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60)$
- b : $0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60)$
- ω : 시간각 (degree)
- ω_s : 일몰(일출) 시간각 (degree)
- H : 1日 수평면 일사량 (MJ/m².day)

또한 1日 산란일사량과 시간별 산란 일사량의 比를 다음과 같은 式으로 表示하였다.

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{\pi}{24} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - (2\pi \omega_s / 360) \cos \omega_s} \dots\dots\dots (4)$$

H_d : 1日 수평면 산란 일사량 (MJ/m².day)

2-2 플라스틱 온실의 日射量分析

플라스틱 온실의 日射量은 日射量의 成分, 온실의 形態 및 方向, 피복재의 材質 및 狀態에 따라 영향을 받는다.

Smith와 Kingham(1971)은 유리온실設計에 관한 研究에서 온실의 벽면과 지붕면으로 투과되는 日射量을 구할 때 日射量이 온실밖으로 나가지 않고 온실內的 地表面에 도달하는 比率를 구하고 이를 各面에서의 角度要因 (F: angle factor)라 하고 다음과 같이 정의하였다.

$$F = \frac{\text{온실내 지표면에 의해 차단되는 일사량의 투과면적}}{\text{무한 평탄에 의해 차단되는 일사량의 투과면적}}$$

F : 각도요인(소수)

여기서 온실內的 反射에 의한 效果는 무시하였다. 각도요인은 태양광의 成分, 온실-各面의 形態, 方向, 기울기 등에 따라 변한다. 直達 日射量의 경우 F는 시간에 따라 변하지만 산란 일사량 경우는 入射角 60°의 直達日射量의 平均값을 利用한다. 이것은 Liu와 Jordan(1960)은 水平面에서의 理論的인 散亂日射量의 入射角을 58°로 提示하였으며 Brandemuehl과 Beckmann(1980)은 60°로 정하였기 때문이다.

온실의 벽면, 측벽면, 지붕면의 直達日射量의 角度要因, F를 구하기 위하여 그림 1과 같은 모양의 온실의 태양방위각을 r_s , 경사면 방위각을 r 이라하면 태양방위각 θ 는 다음과 같이 表示된다.

$$\theta = r_s - r \dots\dots\dots (5)$$

θ : 태양경사면 방위각(degree)

r_s : 태양방위각(degree)

r : 경사면 방위각(degree)

온실의 벽면, 측벽면, 지붕면의 경사면 방위각 온실의 方向에 의해서 고정되지만 태양방위각은 時間에 따라 變한다.

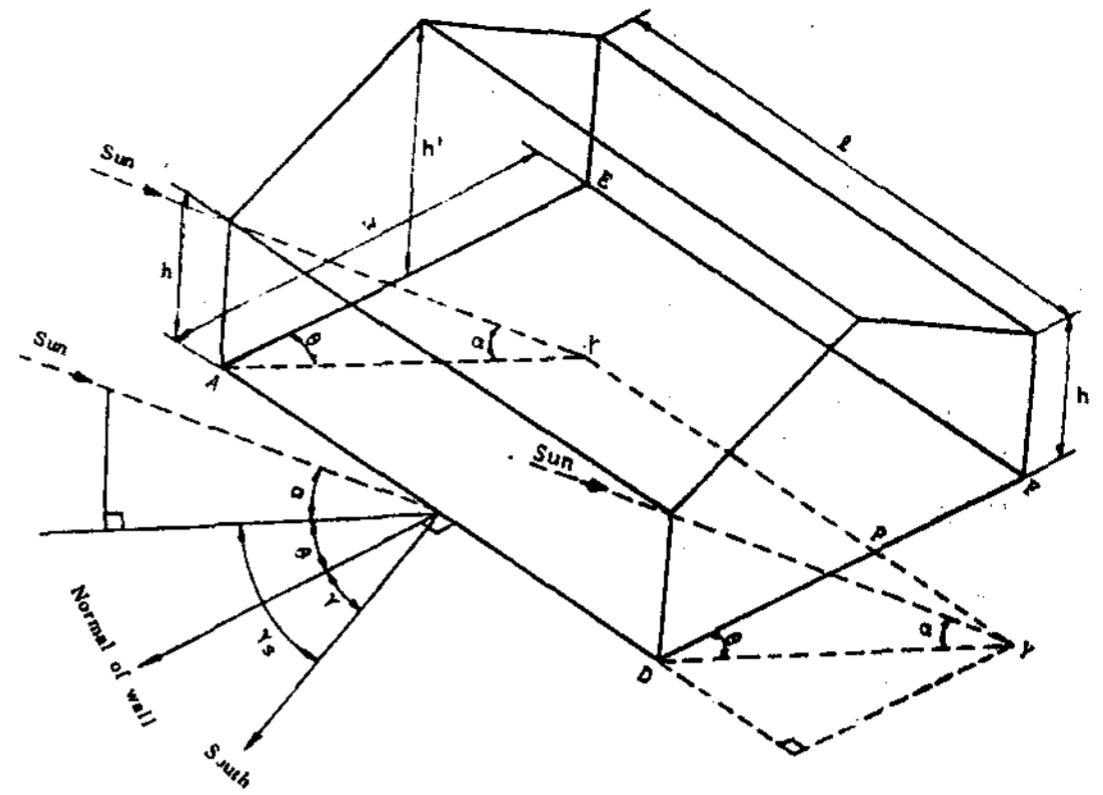


Fig. 1. Direct radiation through side wall.

1) 벽면의 角度要因

(1) $\theta \geq 90^\circ$ 인 경우

$$\therefore F = 0$$

(2) $|\theta| = 90^\circ$ 인 경우

그림 2는 벽면을 통하여 온실내로 투과되는 직달 일사량의 온실內 투영정도를 나타낸 것이다. 각각의 각도요인을 구하면

$$(a) \begin{aligned} |A \times \cos \theta| &= |h \cot \alpha \cos \theta| < w \\ |A \times \sin \theta| &= |h \cot \alpha \sin \theta| < l \\ \therefore F &= 1 - h/2l |\cot \alpha \sin \theta| \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

α : 태양고도각(degree)

$$(b) \begin{aligned} |A \times \cos \theta| &= |h \cot \alpha \cot \theta| \geq w \\ |A \times \sin \theta| &= |h \cot \alpha \sin \theta| < l \\ \therefore F &= \frac{w\ell - (w^2/2) |\tan \theta|}{\ell h |\cot \alpha \cdot \cot \theta|} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$(c) \begin{aligned} |A \times \sin \theta| &= |h \cot \alpha \sin \theta| \geq l \\ \therefore F &= |(\ell/2h) \cot \alpha \cdot \sin \theta| \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

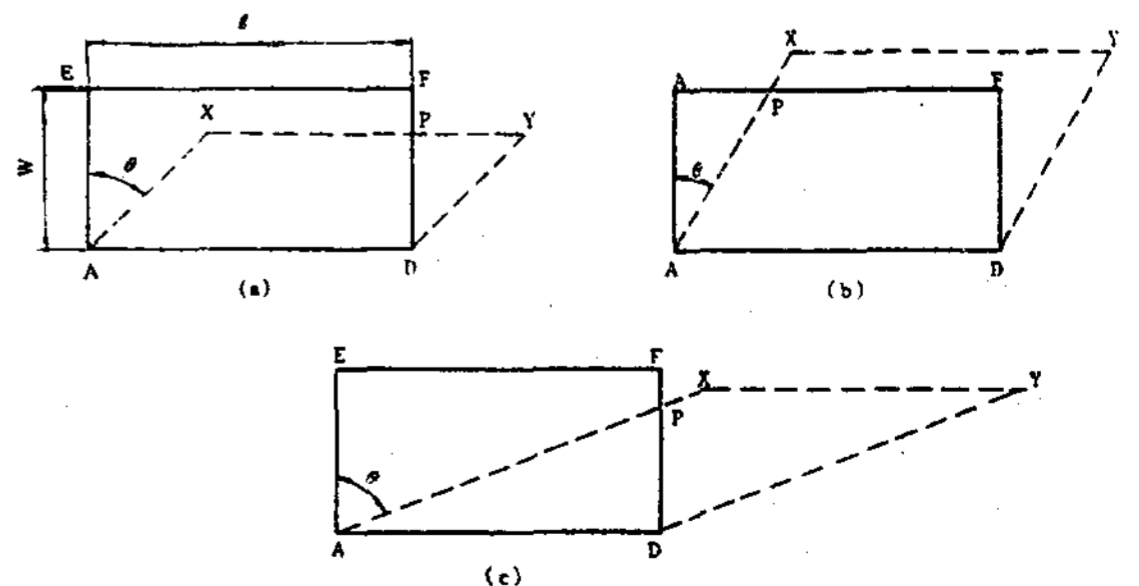


Fig. 2. Intersection of direct radiation through side wall and the floor of the greenhouse.

2) 측벽면의 角度要因

측벽면에서의 각도요인, F를 구하는 방법은 앞서의 벽면에서의 경우와 유사하다. 온실지붕의 形態에 따라 측벽면은 사각형은 아니지만 측벽면의 크기는 폭을 w, 높이 $h = \frac{h+h^1}{2}$ 인 사각형으로 그림 3과 같은 3가지 경우의 F값을 구하면

$$(a) \quad |A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cdot \cos \theta| < w$$

$$|A \times \sin \theta| = |h \cot \alpha \cdot \sin \theta| < \ell$$

$$\therefore F = 1 - (h/2w) |\cot \alpha \cdot \cos \theta| \dots (9)$$

$$(b) \quad |A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cdot \cos \theta| \geq w$$

$$\therefore F = \frac{w}{2h |\cot \alpha \cos \theta|} \dots (10)$$

$$(c) \quad |A \times \sin \theta| = |h \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$|A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cos \theta| < w$$

$$\therefore F = \frac{w\ell - \frac{1}{2}\ell^2 |\cot \theta|}{|wh \cot \alpha \cdot \sin \theta|} \dots (11)$$

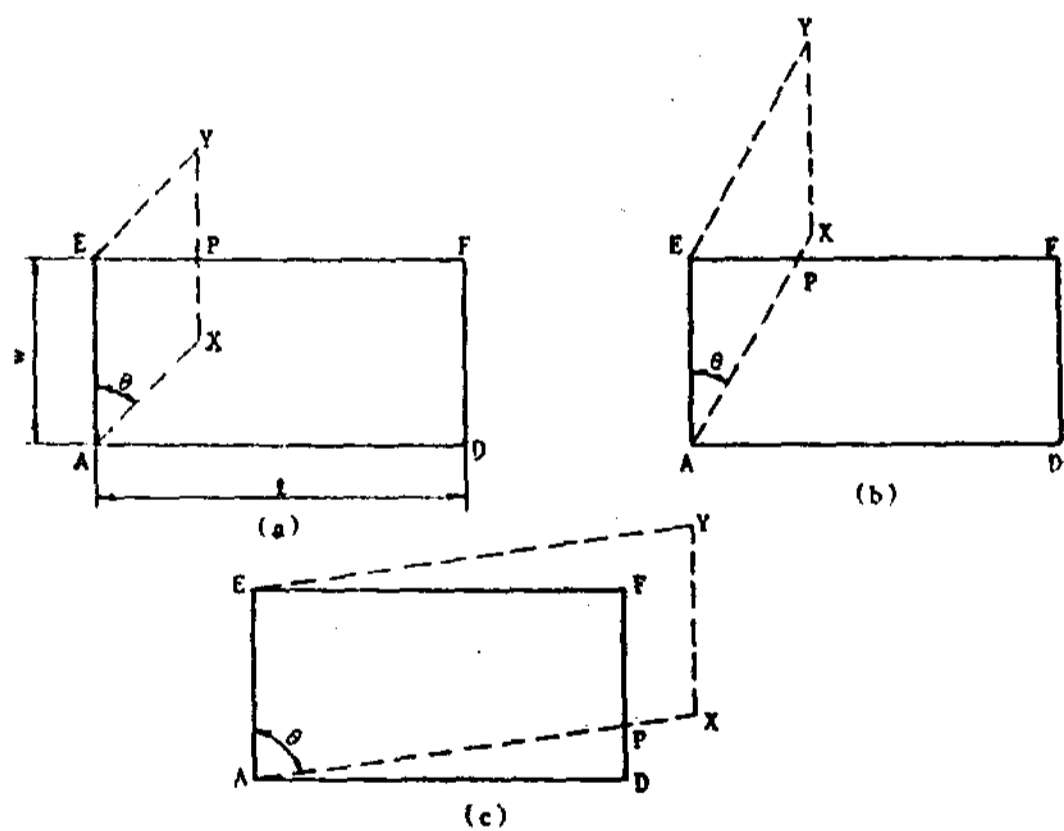


Fig. 3. Intersection of direct radiation through end walls and the floor of the greenhouse.

3) 지붕면의 角度要因

(1) 前斜面 지붕의 角度要因

그림 4는 태양을 향하여 일정한 각도로 기울어져 있는 前斜面 지붕의 직달일사량의 투과과정을 나타낸 것이다. 이때 직달일사량의 투영면적이 온실내에 있을 조건은 그림 5와 같다. 각각의 角度要因을 구하면

$$(a) \quad |MV \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cdot \cos \theta| \leq w/2$$

$$|MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \cdot \sin \theta| < \ell$$

$$\therefore F = 1 - [(h' + h)/2\ell] |\cot \alpha \sin \theta| \dots (12)$$

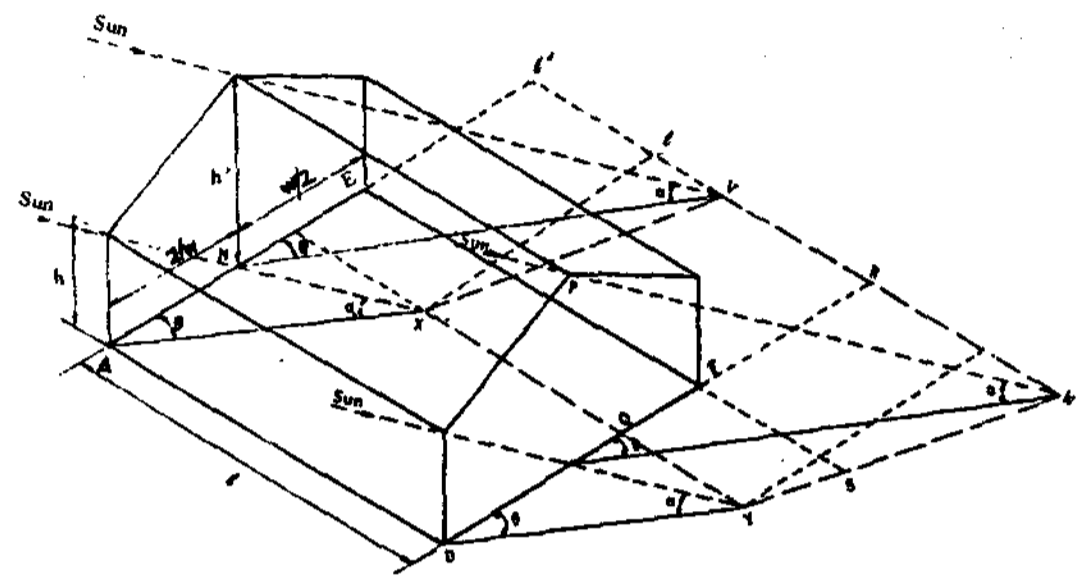


Fig. 4. Direct radiation through half-roof facing sun.

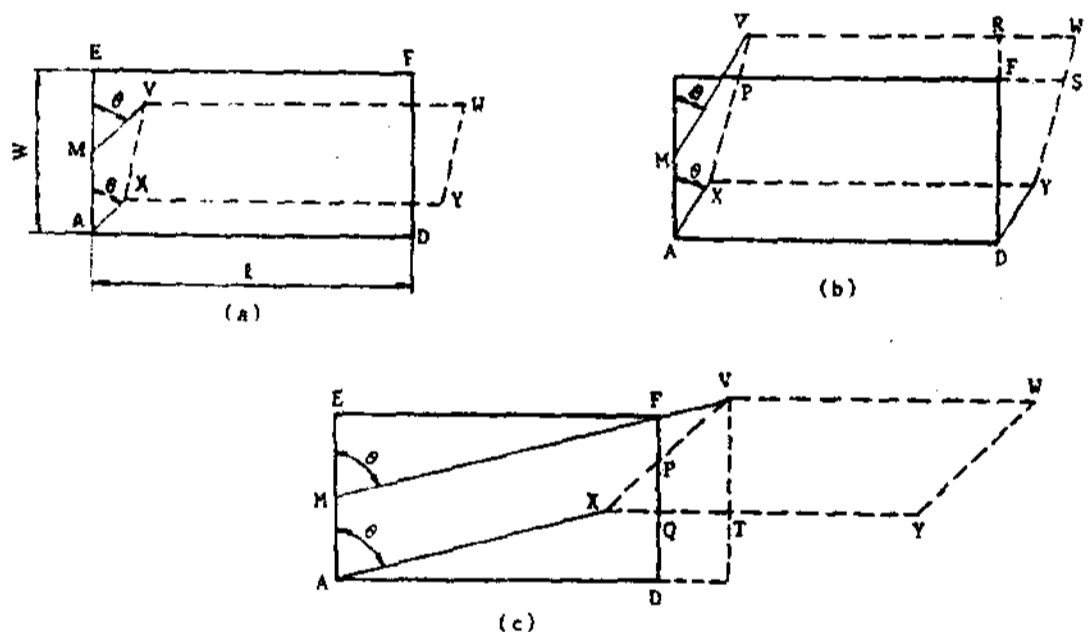


Fig. 5. Intersections of direct radiation through half-roof facing the sun and the floor of the greenhouse.

$$(b) \quad |MV \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cdot \cos \theta| \geq w/2$$

$$|MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \cdot \sin \theta| < \ell$$

$$|A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cdot \sin \theta| < w$$

$$\therefore F = \{ 1 - [(h' + h)/2\ell] |\cot \alpha \cdot \sin \theta| \}$$

$$\left\{ 1 - \frac{h |\cot \alpha \cdot \cos \theta| - w/2}{(h' - h) |\cot \alpha \cdot \cos \theta| + w/2} \right\} \dots (13)$$

$$(c) \quad |MV \sin \theta| = |h' \cot \alpha \cdot \sin \theta| \geq \ell$$

$$|A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cdot \cos \theta| < w$$

$$|A \times \sin \theta| = |h \cot \alpha \cdot \sin \theta| < \ell$$

$$\therefore F = (\ell - h |\cot \alpha \cdot \sin \theta|)^2 / \{ 2\ell(h' - h) |\cot \alpha \cdot \sin \theta| \} \dots (14)$$

$$(d) |A \times \cos \theta| = |h \cot \alpha \cdot \cos \theta| \geq w$$

$$|A \times \sin \theta| = |h \cot \alpha \cdot \sin \theta| \geq \ell$$

$$\therefore F = 0$$

(2) 後斜面 지붕의 角度要因

그림 6은 태양의 後斜面 지붕에서 直達日射量이 溫室內로 투영되는 과정을 보인 것이다. 이때 태양 지붕면의 방위각 θ 는 $|\theta| > 90^\circ$ 이며 다음과 같은 조건에서 角度要因 F를 구하면

$$(a) |M \times \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cos \theta| < w/2$$

$$|M \times \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| < \ell$$

$$\therefore F = \{ 1 - [(h+h')/2\ell] |\cot \alpha \sin \theta| \}$$

$$\left\{ 1 - \frac{h |\cot \alpha \cos \theta|}{w/2 - (h'-h) |\cot \alpha \cos \theta|} \right\} \dots (16)$$

$$(b) |M \times \cos \theta| = |h' \cot \alpha \cos \theta| \geq w/2$$

$$|M \times \sin \theta| = |h' \cot \alpha \sin \theta| \geq \ell$$

$$\therefore F = 0$$

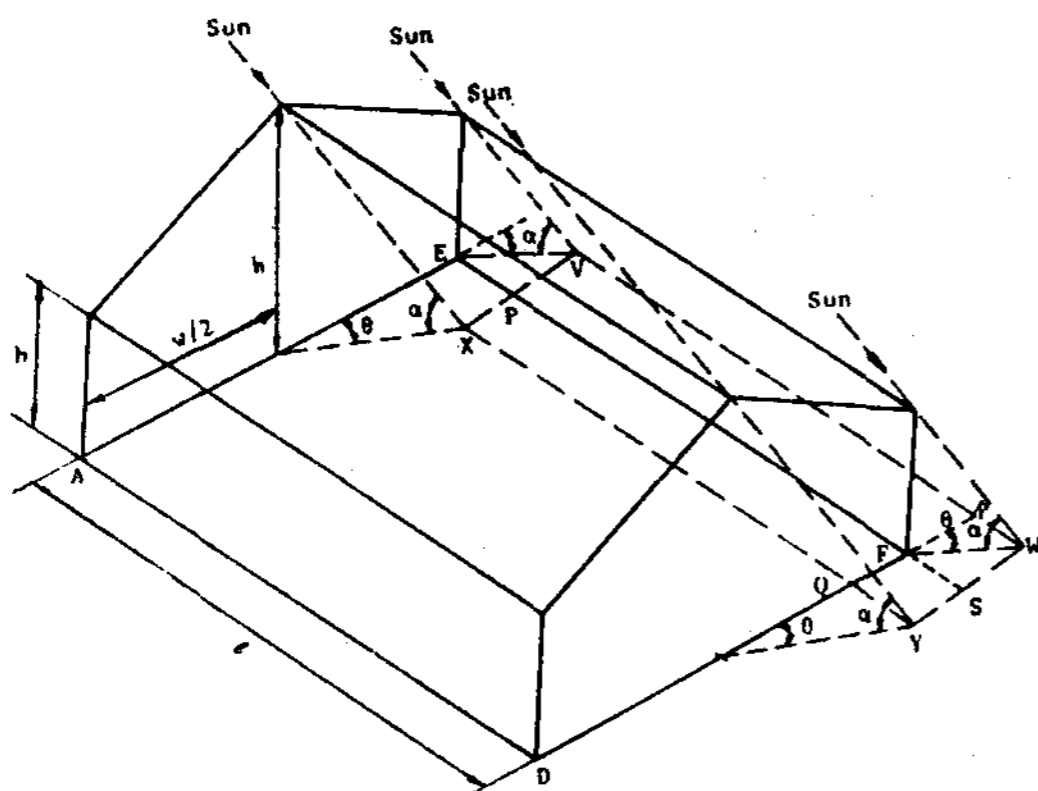


Fig. 6. Direct radiation through half-roof facing away from the sun.

플라스틱 온실의 피복재에는 폴리에틸렌과 염화비닐이 많이 사용되고 있으며 이 중에서 현재 국내 시설원예재배에서는 폴리에틸렌 필름을 가장 많이 이용하고 있으므로 본 연구에서는 플라스틱 溫室의 被覆材로 택하여 플라스틱 溫室의 日射量을 분석하고자 한다.

Yellot(1964)는 폴리에틸렌 필름의 日射量 투과율을 다음과 같은 태양입사각의 함수로 나

타내었다.

$$\tau_c = 0.91 - 0.11 \theta_i / \theta_c \quad \theta_i \leq \theta_c$$

$$\tau_c = 3.6 - 2.8 \theta_i / \theta_c \quad \theta_i > \theta_c \dots \dots \dots (17)$$

τ_c : 폴리에틸렌 필름의 일사량 투과율(소수)

θ_i : 태양입사각(degree)

θ_c : 한계각(70°)

폴리에틸렌 필름 피복재의 수분응축과 오염상태를 고려한 직달 및 산란 日射量의 투과율을 τ_{cb} , τ_{cd} 라 하면 플라스틱 溫室의 벽면, 측벽면, 지붕면을 통하여 溫室地表面에 도달하는 日射量은 다음 식으로 주어진다.

$$I_{T(n)} = I_{Tb(n)} \tau_{cb(n)} F(n) + (I_{Td(n)} + I_{Tg(n)}) \tau_{cd} + F_d \dots \dots \dots (18)$$

I_T : 온실지표면에 도달하는 日射量 (MJ/m²·hr)

I_{Tb} : 임의의 경사면에서의 직달 日射量 (MJ/m²·hr)

I_{Td} : 임의의 경사면에서의 산란 日射量 (MJ/m²·hr)

I_{Tg} : 임의의 경사면에서의 지표면 산란 日射量 (MJ/m²·hr)

F : 직달일사량의 角度要因(소수)

F_d : 산란일사량의 角度要因(소수)

τ_{cb} : 온실피복재의 직달일사량의 투과율 (소수)

τ_{cd} : 온실피복재의 산란일사량의 투과율 (소수)

n : 온실의 各 면을 표시하는 지수(n=1,2 ... 6)

그러므로 플라스틱 溫室의 地表面에 도달하는 총 日射量은 다음 식과 같다.

$$Q_{ST} = \sum_{n=1}^6 I_{T(n)} A(n) \dots \dots \dots (19)$$

Q_{ST} : 온실지표면에 도달하는 총 일사량 (MJ/hr)

n=1,2 ; 온실의 벽면

n=3,4 ; 온실의 측벽면

n=5,6 ; 온실의 지붕면

A : 온실 各 面의 면적(m^2)

또한 溫室內의 日射量은 다음 식으로 유된다.

$$I_{TR} = Q_{ST} / A_f \dots\dots\dots (20)$$

I_{TR} : 온실내의 일사량($MJ / m^2 \cdot hr$)

A_f : 온실의 지표면적(m^2)

3. 플라스틱 溫室의 形態 및 方向에 따른 月別, 地域別 溫室의 日射量分析

3-1. 플라스틱 溫室의 日射量分析을 위한 컴퓨터 模型化

플라스틱 온실內로 투과되는 日射量을 分析할 수 있는 컴퓨터 模型을 개발하기 위하여 다음과 같은 가정을 하였다.

- (1) 플라스틱 溫室의 外皮재는 폴리에틸렌 필름으로 한다.
- (2) 플라스틱 溫室의 內外部 온도차에 의한 수분응축으로 발생하는 直達日射量 투과율의 감소는 35%로 한다.
- (3) 散亂日射量의 투과율은 수분응축 현상을 고려하여 55%로 일정하다고 가정하며 이 때 角度要因, F_d 는 0.7로 정한다.
- (4) 플라스틱 溫室內의 太陽光의 2次反射는 무시한다.
- (5) 플라스틱 溫室의 構造物의 表面積은 온실피복재의 表面積에 비하여 相對적으로 매우 작기 때문에 構造物에 의한 日射量의 차단효과 는 무시한다.

컴퓨터 모형은 1日을 기준으로 時間別 水平面 일사량을 알고 있을 때와 月平均 日射量에서 時間別 水平面 일사량을 推定하는 경우로 구분하였다. 그림 7은 프로그램의 유통도를 나타낸 것이다.

3-2. 컴퓨터 模型의 檢證

(1) 實驗裝置 및 實驗方法

폴리에틸렌 필름으로 피복된 東西型의 아치형 플라스틱 온실($6 \times 2.7 \times 17 m$)의 內部中央에

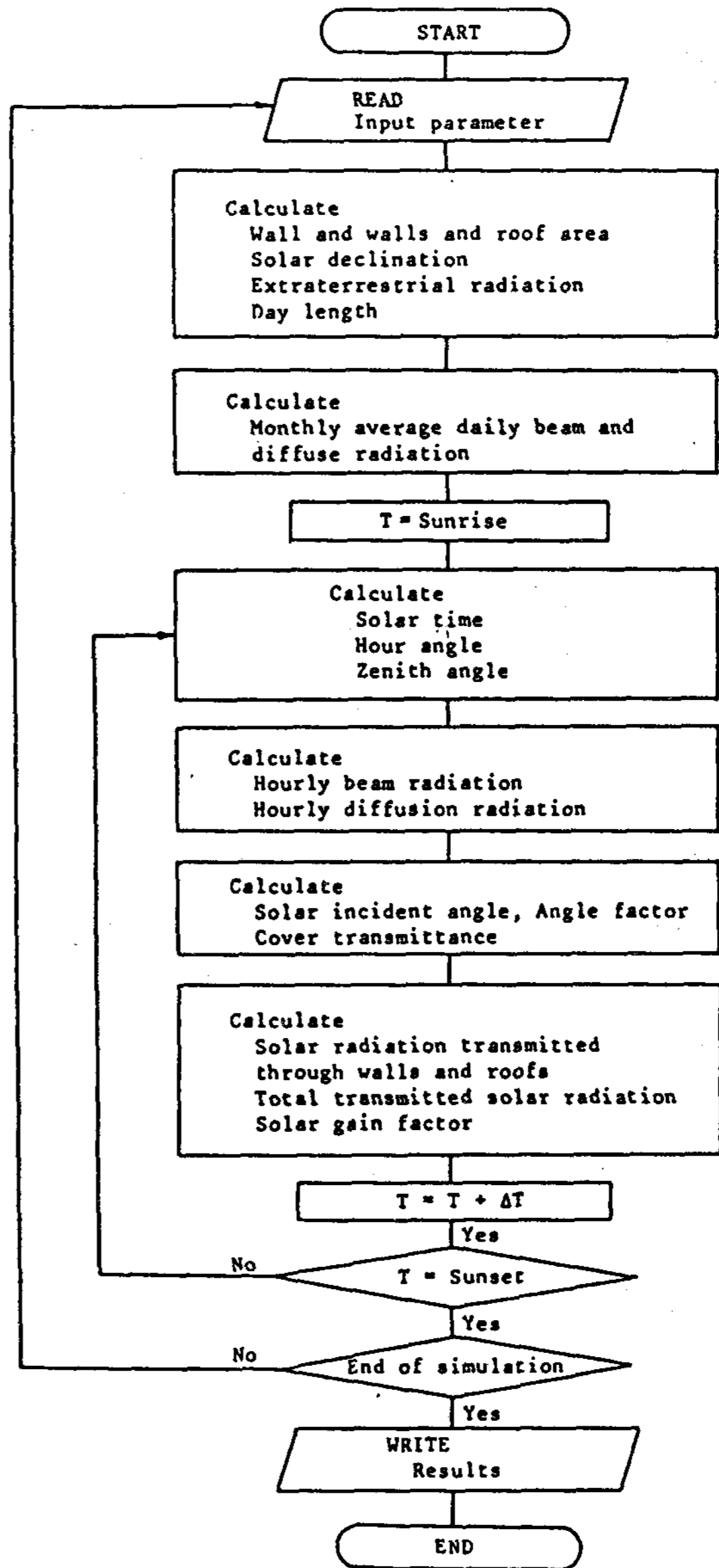


Fig. 7. Flow chart for solar radiation analysis in plastic greenhouse using monthly average daily solar radiation.

그림 8 과 같이 일사량계(radiometer : TS-SR)을 3개 배치하고 이들의 적산일사량을 외부에 있는 기록장치(agricultural meteorological recorder ; 1720-B)을 外部에 설치하였다. 溫室內 3地點의 日射量計를 사용하여 各 지점의 時間別 日射量을 측정하고 이들을 平均하여 溫室內部로 투과되는 平均日射量을 計算

박재복, 고학균

하였다. 時間別 外部 水平面 日射量은 실험장소에서 30 m 거리에 있다. 기상관측소에서 측정하였다. 실험기간은 1985年 2月 20日에서 3月 30日이었다.

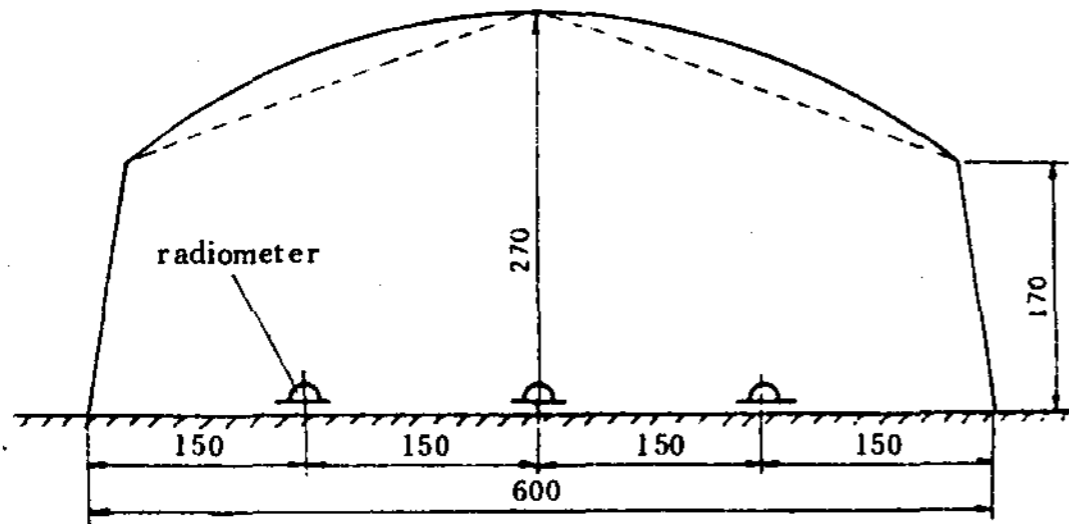


Fig. 8. Schematic diagram of plastic greenhouse and layout of solar radiation measuring points. (unit; cm)

(2) 實驗結果 및 컴퓨터 模型의 檢證

實驗期間中 外部·日射量이 높은 淸明한 날과 일사량이 적은 흐린날을 2월과 3월에서 각각 일일씩 택하여 外部 일사량에 대한 플라스틱 온실內로 투과되는 日射量을 컴퓨터 모형에 의한 이론치와 실험치를 비교하며 표 1 과 같다. 淸명 계수가 0.70 이상인 2월 24일과 3월 9일 경우 실험치와 이론치 잘 일치하였으며 흐린날인 2월 26일과 3월 6일의 경우도 淸명한 날보다 더 잘 일치 하였다. 실험에서 나타난 겨울철 플라스틱 온실의 일사량 투과율은 55~60% 을 나타냈었다. 이상의 檢證結果를 종합해 볼 때 개발된 컴퓨터 模型은 플라스틱 溫室의 日射量을 分析하는 데 유용하게 使用할 수 있음을 立證하고 있다.

Table 1. Comparison of measured and predicted daily solar radiation in plastic greenhouse.

Day	H_p MJ/m ² .day	H_s MJ/m ² .day	K_T	* H_{in} (MJ/m ² .day)		H_{in}/H	
				measured	predicted	measured	predicted
2/24	23.67	16.57	0.70	9.13	9.94	0.551	0.609
2/26	24.09	10.28	0.43	5.90	5.92	0.573	0.578
3/ 6	25.98	11.11	0.43	5.94	6.32	0.535	0.569
3/ 9	26.60	19.77	0.74	11.51	11.16	0.582	0.565

* H_{in} = daily solar radiation in plastic greenhouse

3-3. 플라스틱 溫室의 型態 및 設置方向에 따른 溫室의 日射量分析

(1) 플라스틱 溫室의 型態

플라스틱 溫室의 型態은 온실의 규모와 이용방법에 따라 여러 형태가 있으나 현재 國內의 시설원예재배농가에 많이 보급되어 있는 아치형을 기준으로 하여 그림 9와 같은 4가지 형태를 선정하였다. 온실의 크기는 폭 6 m, 길이 20 m로 溫室地表面積은 120 m²로 동일하며 온실피복재는 폴리에틸렌 필름이다. 온실의 設置方向은 東西型(E-W)과 南北型(N-S)로 구분하였다.

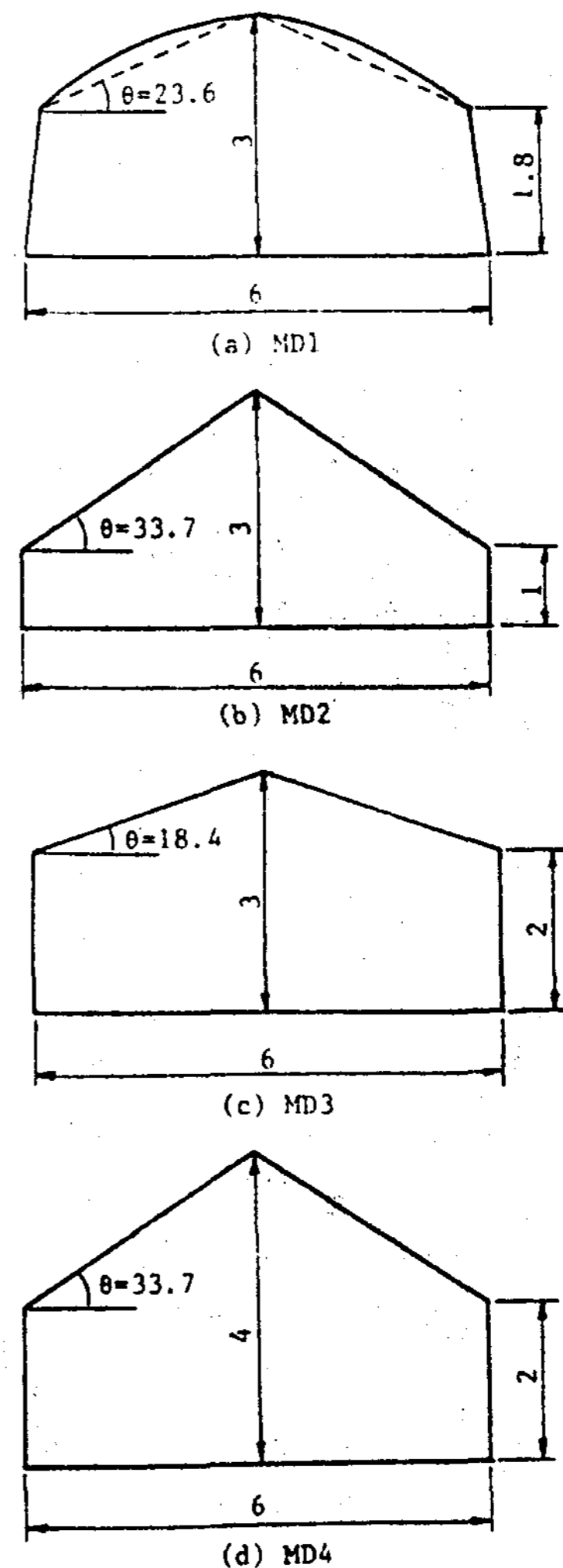


Fig. 9. Plastic greenhouse type. (unit: m)

(2) 月別 및 地域別 플라스틱 溫室의 日射量效果

量效果

시설원예재배는 대부분 11월에서 3월사이의

겨울철에 이용되므로 플라스틱 온실의 일사량 분석은 이 기간동안으로 한정하였으며 지역은 위도상의 차이가 있는 수원, 진주, 제주지역을 택하였다.

그림 10은 수원, 광주, 청주, 진주, 제주의 5개지역의 5개년간(1980~1985) 겨울철 월 평균 일사량을 나타낸 것이다. 진주가 가장 높았으며 제주가 가장 낮았다.

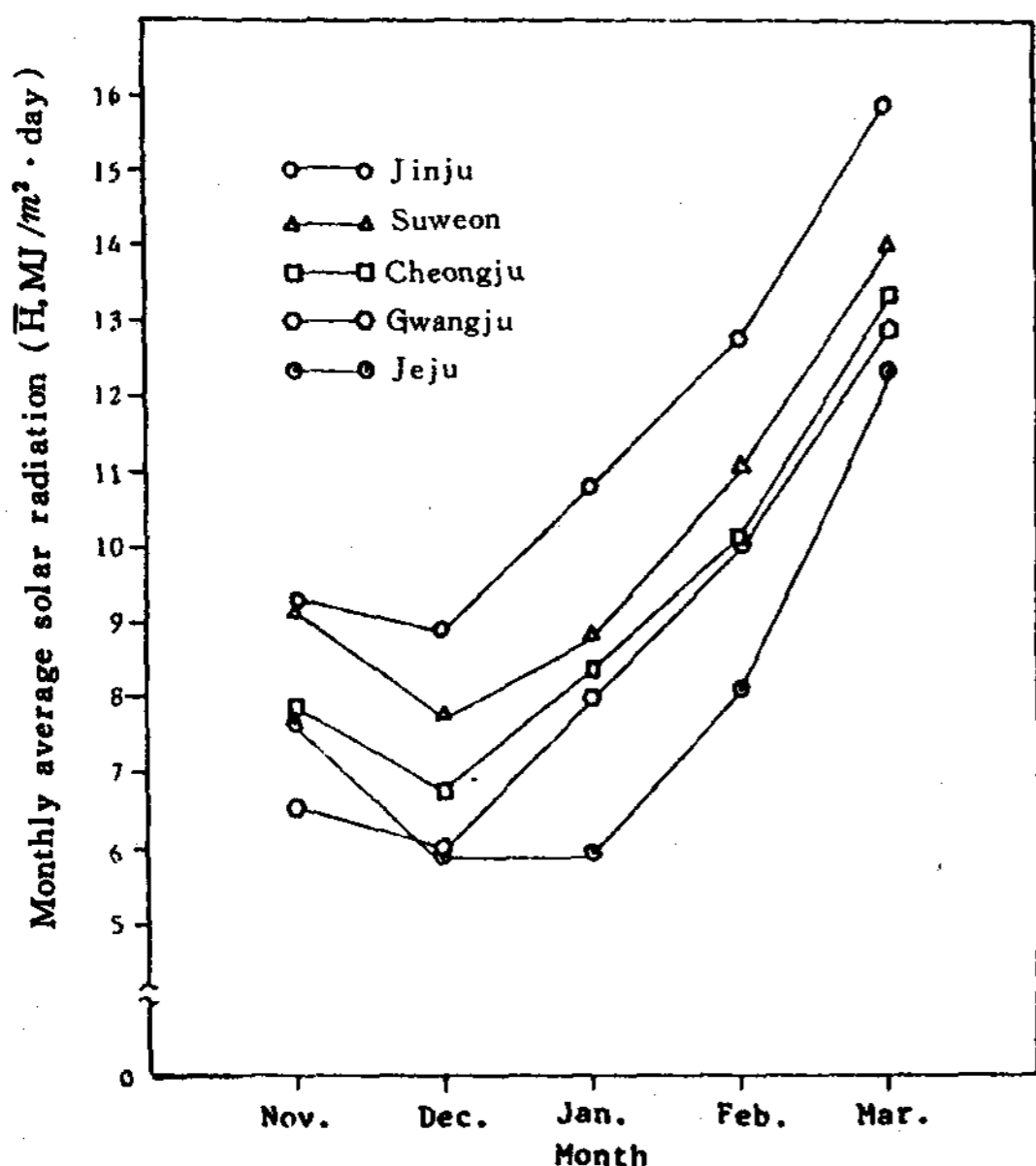


Fig. 10. Monthly average solar radiation during winter for five areas (1980-1985).

溫室內로 투과되는 일사량을 나타내는 지표로서 溫室地表面과 같은 面積의 外部 水平面 총 일사량과 온실내로 투과된 총 일사량의 비율을 일사량효과(solar gain factor)로 정의하면 다음식과 같다.

일사량 효과(solar gain factor : SGF)

$$= \frac{\text{온실내로 투과된 총 일사량}}{\text{온실지표면과 동일한 면적의 외부 수평면 총 일사량}}$$

地域에 따른 4가지 형태의 플라스틱 溫室에 대한 月別 日射量効果는 그림 11, 12, 13과 같다. 여기서 온실의 설치방향은 東西型과 南北型으로 구분하였다. 플라스틱온실의 일사량효과는

플라스틱 온실의 일사량분석과 열적환경의 시뮬레이션에 관한 연구

MD 4형 온실이 가장 크게 나타났다. 이것은 MD 4형의 온실이 다른 형태의 온실보다 온실의 中央높이가 높아진데 따른 지붕면적의 증가로 말미암아 直達日射量의 角度要因과 地表面과 天空의 산란일사량이 증대된데 그 원인이 있다고 생각된다.

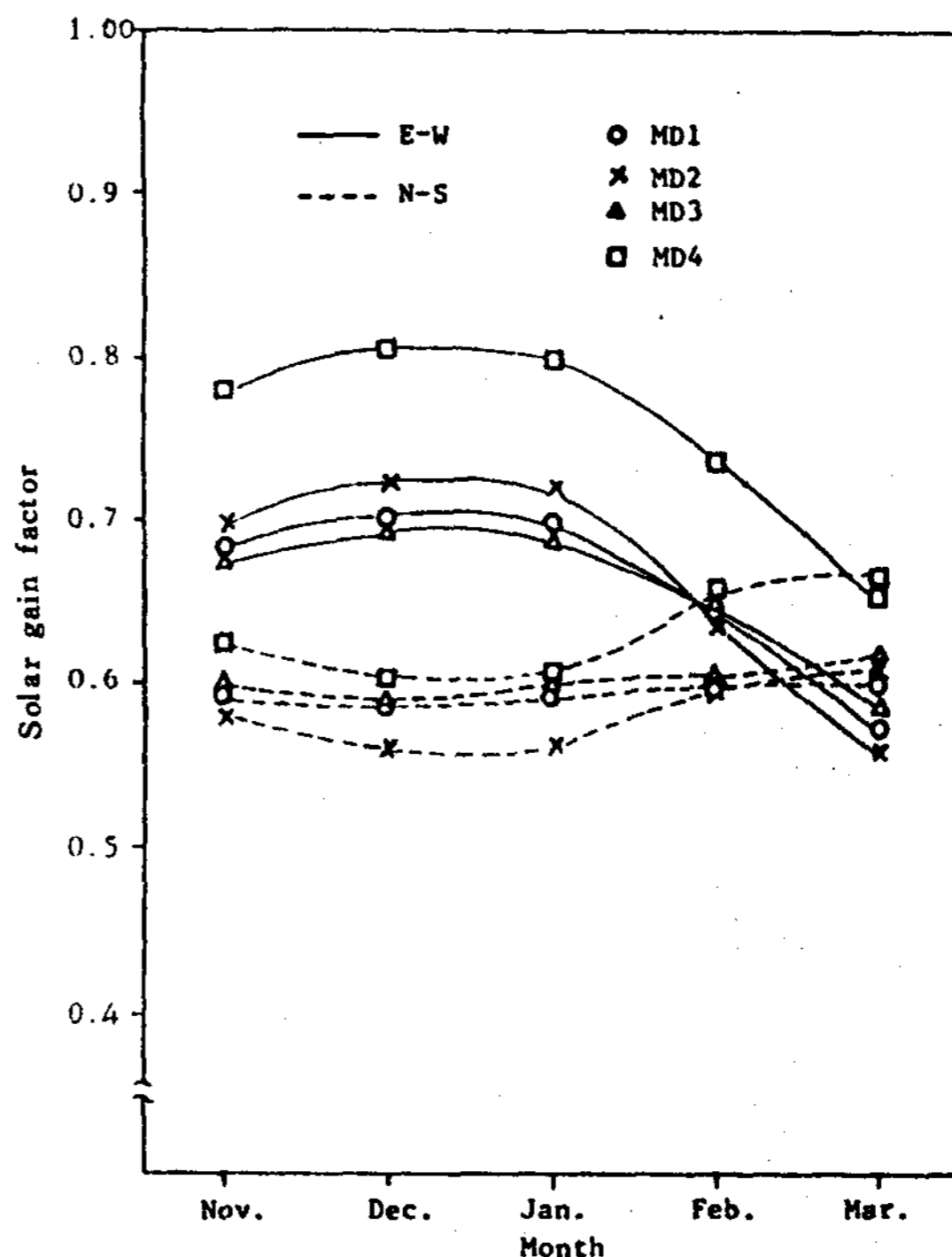


Fig. 11. Monthly daily solar gain factors for the type and orientation of plastic greenhouse in Suweon.

수원과 진주지역의 모든 플라스틱 溫室의 경우 11월과 1월사이에 東西型 溫室의 日射量効果는 65~72%로서 南北型보다 日射量 효과가 10~15% 증대하였으나 2月부터 이러한 增大要因이 점차 감소하여 4~6%가 되었으며 3월에는 오히려 南北型 溫室이 東西型 溫室보다 日射量 효과가 3~5% 증가하는 현상을 보였다. 이것은 태양의 고도가 점차 증가함에 따라 남북형 플라스틱 온실의 벽면 및 지붕면의 각도요인이 동서형보다 증가하기 때문이라 판단된다. 제주지역은 溫室의 方向에 따른 일사량효과가 다른 地域보다 적게 나타

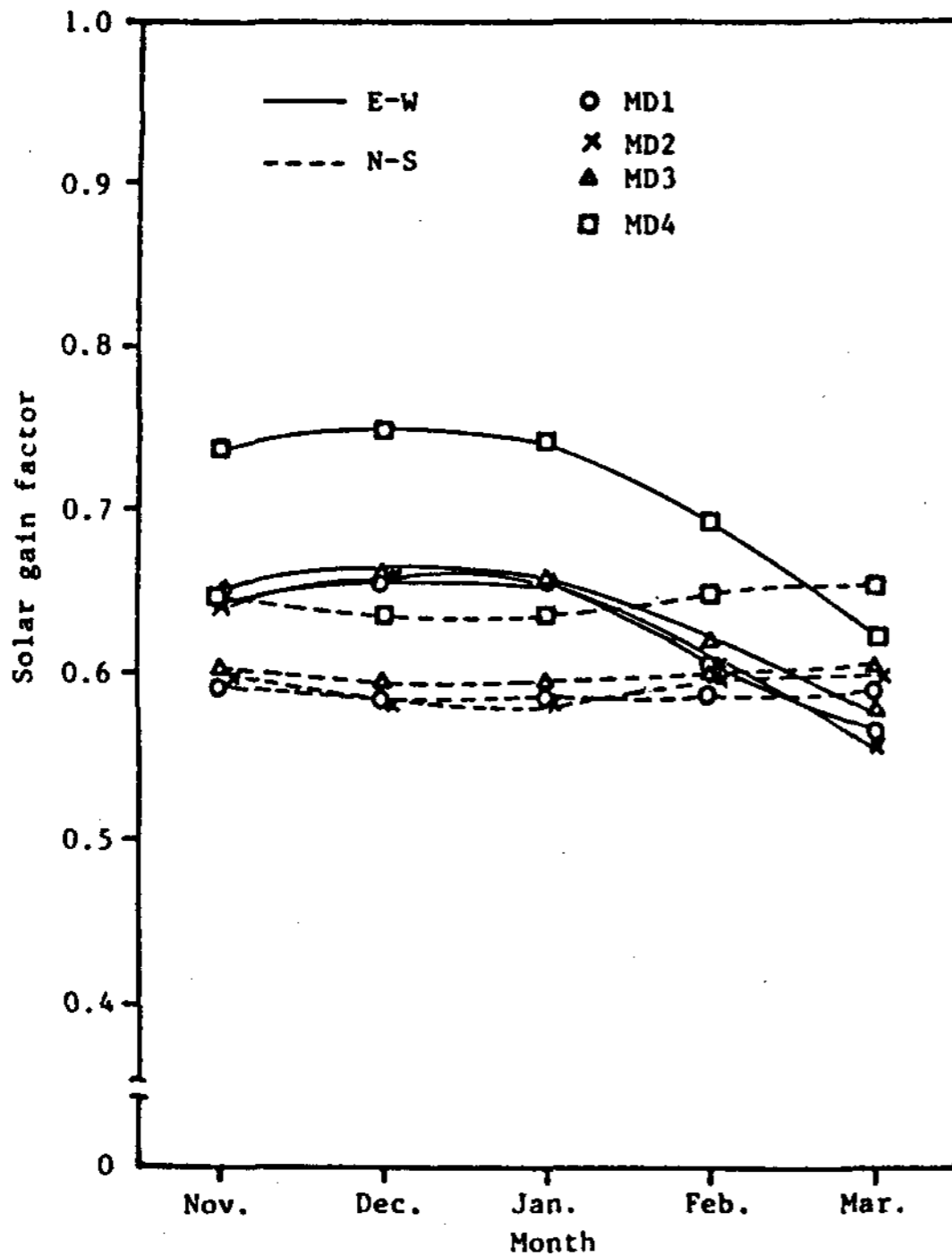


Fig. 12. Monthly daily solar gain factors for the type and orientation of plastic greenhouse in Jinju.

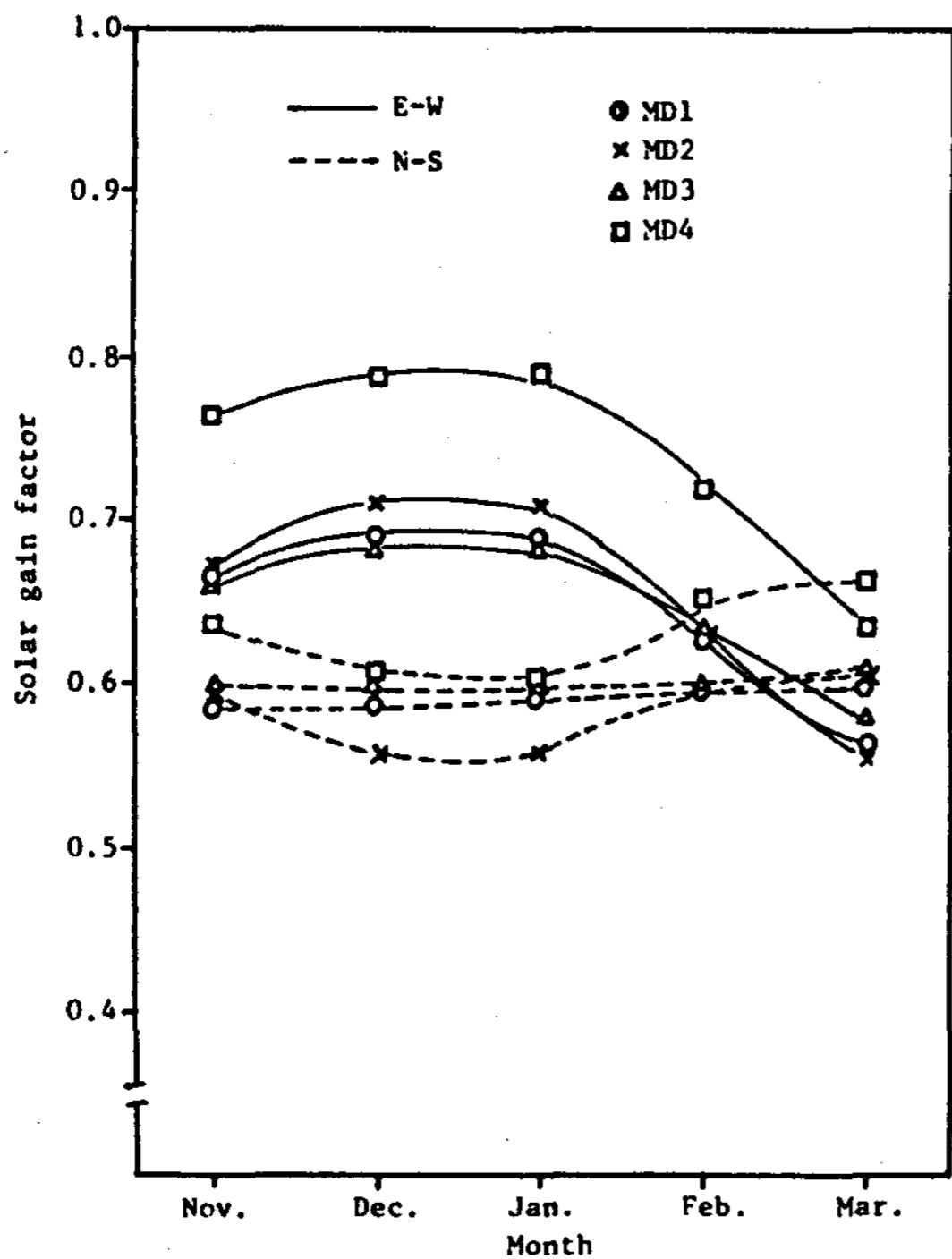


Fig. 13. Monthly daily solar gain factors for the type and orientation of plastic greenhouse in Jeju.

났다. 이것은 제주지역의 겨울철 청명계수가 0.31~0.41로 다른 지역보다 낮아 직달일사량에 의한 각도요인효과가 줄어들었기 때문이라 생각된다.

南北型 플라스틱 온실은 MD 4형의 온실을 제외하고는 11월과 3월사이에 日射量효과가 68~72%로 가장 높았다가 2월과 3월사이에 57~65%로 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

(3) 플라스틱 온실의 벽면, 측벽면 및 지붕면의 日射量 透過率

여기서는 플라스틱 온실표면을 그림 14와 같이 벽면(W_1, W_2), 측벽면(EW_1, EW_2), 지붕면(R_1, R_2)으로 나누고 各面을 통하여 온실내로 투과되는 月平均 日射量 투과율을 분석하고자 하였다. 온실의 形態는 MD 1형이며 지역은 수원이며 플라스틱 온실의 設置方向은 東西型과 南北型の 두 方向으로 정하였다.

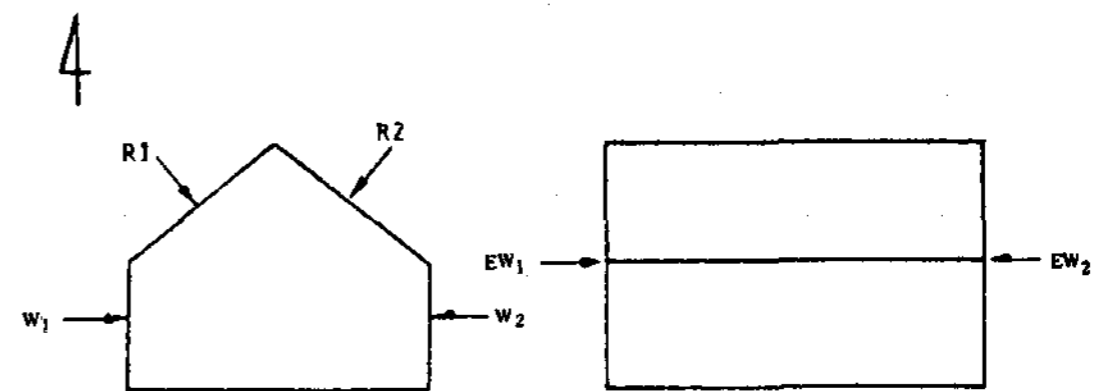


Fig. 14. Schematic diagram for walls, end walls and roofs in the plastic greenhouse.

표 2는 수원지역의 月平均 日射量을 基準으로 하여 플라스틱 온실의 벽면, 측벽면 및 지붕면을 통하여 온실내로 투과되는 日射量의 比率을 表示한 것이다. 東西型 플라스틱 온실의 경우 全 期間에서 南向의 벽면 W_1 과 지붕면 R_1 이 차지하는 日射量 透過率은 67~78%이었고 南北型的 경우 벽면 W_1, W_2 는 各各 15% 内外였으며 지붕면 R_1, R_2 가 各各 30% 정도로 나타났다. 따라서 플라스틱 온실내의 일사량 투과율을 높이고 保溫效果를 증진시키려면 온실의 方向은 東西型으로 하며 가능한 北向의 벽면 W_2 와 지붕면 R_2 는 保溫材料를 使用하여 단열시키는 방안이 要望된다.

Table 2. Percent contribution by wall and roof sections to monthly average solar radiation for plastic greenhouse (MDI) in Suweon. (Unit: %)

Month	E-W Orientation						N-S Orientation					
	W1	W2	EW1	EW2	R1	R2	W1	W2	EW1	EW2	R1	R2
January	34.6	4.8	3.6	3.7	43.9	9.5	15.9	15.0	10.6	2.2	27.6	28.8
February	28.3	5.5	4.0	3.9	47.0	11.3	14.5	14.4	8.8	2.2	30.1	20.0
March	22.0	6.7	4.4	4.4	45.4	17.0	14.1	14.1	6.7	2.4	31.1	31.5
November	32.7	5.1	3.7	3.7	44.6	10.1	15.1	15.8	10.6	2.3	28.7	28.6

4. 結 論

現在 國內 施設園藝栽培에 가장 많이 使用되고 있는 플라스틱 溫室의 日射量을 分析하고저 溫室內로 透過되는 日射量을 直達 및 散亂日射量으로 區分하고 溫室의 表面을 벽면, 측벽면, 지붕면으로 나눈 다음 各 面을 통하여 溫室內로 透過되는 日射量과 溫室의 日射量效果를 求할 수 있는 컴퓨터 模型을 開發하였으며 實驗을 통하여 이를 檢證하였다. 또한 11月사이의 겨울철 南韓 5個地域의 月平均 日射量을 分析하고 컴퓨터 模型을 利用하여 4가지 形態의 폴리에틸렌 필름 被覆의 플라스틱 溫室의 地域別, 月別, 溫室의 設置 方向, 溫室의 長方向 길이變化에 따른 溫室의 日射量效果와 플라스틱 溫室의 벽면, 측벽면, 地붕面을 透過하는 日射量을 分析하였다.

(1) 時間別 水平面 日射量과 月平均 日射量을 基準으로 플라스틱 溫室의 日射量을 分析할 수 있는 컴퓨터 模型을 開發하였다. 實驗을 통하여 模型을 檢證한 結果 淸明한 날이나, 흐린 날 모두 실험치와 이론치가 잘 一致하였으며 따라서 開發된 컴퓨터 模型은 플라스틱 溫室內의 日射量 分析에 유용하게 利用할 수 있음을 入證하였다.

(2) 東西型 플라스틱 溫室의 日射量效果는 11月과 1月사이 제주지역을 제외한 모든 地域에서 65~72% 이었으며 南北型 플라스틱 溫室보다 日射量效果가 10~15% 增加하였으나 2月부터 이러한 增大效果는 점차 減少하여 4~

플라스틱 온실의 일사량분석과 열적환경의 시뮬레이션에 관한 연구 6%가 되었고 3月부터는 南北型 플라스틱 溫室이 東西型 溫室보다 日射量效果가 오히려 3~5% 增加하는 경향을 보였다. 제주지역은 겨울철 淸明係數가 0.3~0.4로 낮아 溫室의 設置方向에 따른 日射量效果는 다른 地域보다 적게 나타났다.

(3) 南北向 플라스틱 溫室의 日射量 效果는 11月과 3月사이 56~62%로서 큰 變化를 보이지 않았지만 時期的으로는 東西型의 경우 12月과 1月사이 日射量效果가 68~72%로 가장 높았다가 2月과 3月사이에 57~65%로 급격히 減少하는 경향을 보였다.

(4) 月平均 日射量을 基準으로 플라스틱 溫室의 벽면, 측벽면, 地붕面을 통하여 溫室內로 透過되는 日射量의 比率을 分析한 結果 東西型 플라스틱 溫室의 경우 南向의 벽면과 地붕面을 통과하는 日射量은 全體 溫室內 日射量의 67~78% 이었으며 南北向 플라스틱 溫室의 경우 벽면이 全體 日射量의 約 30%, 地붕面이 約 60%로 나타났다. 그러므로 겨울철 플라스틱 溫室의 日射量效果와 保溫效果를 높이려면 溫室의 設置方向은 東西型으로 하고 北向의 벽면과 地붕面을 단열시키는 方案이 바람직한 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Collares-Pereira, M. and A. Rabl. 1979. The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. Solar Energy 22: 155-164.
2. Duffie, J.A. and W.A. Beckman. 1980. Solar engineering of thermal processes. John Wiley, New York.
3. Godbey, L.C., T.E. Bond, and H.R. Zorning. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used as covers for solar collectors and greenhouses. Trans. of the ASAE 22:1137-1141.

4. Liu, B.Y.H. and R.C. Jordan. 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy* 4(3).
5. Liu, B.Y.H. and R.C. Jordan. 1963. The long-term average performance of flat-plate solar energy collectors. *Solar Energy* 7: 53-74.
6. Manbeck, H.B. and R.A. Aldrich. 1967. Analytical determination of direct visible solar energy transmitted by rigid plastic greenhouses. *Trans. of the ASAE* 10: 564-567, 572.
7. Smith, C.V. and H.G. Kingham. 1971. A contribution to glasshouse design. *Agr. Met.* 8: 447-468.
8. Yellott, J. 1964. Transmission and absorption of solar radiation in glass. In: Spanides, A.G. (Editor) *Solar and aeolian energy. Proc. Int. Seminar and Aeolian Energy, Greece, Spet. 4-15 1961.* Plenum Press, New York. pp. 263-281.
9. 古在豊樹, 杉三郎. 1972. 温室内の日射量に関する研究(2). *農業氣象* 27 (3): 105-115.
10. 古在豊樹. 1974. 温室の構造と透過光量に関する理論的解析. *農業氣象* 30 (2): 71-79.
11. 岸田恭允, 園山康正. 1977. ほる型プラスチックハウスにおける日射量解析. *農業氣象* 32 (4): 177-184.
12. 三原義秋. 1980. 温室設計の基礎と實際. 養賢堂.
13. 韓國動力資源研究所. 1982. 太陽에너지資源調査 및 新製品性能比較分析研究. KE-82T-33.
14. 朴尙根, 李龍範. 1982. 施設園藝에서의太陽熱利用 増大에 관한 研究. *農試總設*. 525-534.
15. 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.