

二重비닐하우스의 保温效果

李錫健・白哲萬

慶北大學校 農科大學 農工學科

Effect of Heat Conservation for the Double Covered Vinyl House

Lee, Suk Gun・Baek, Cheol Man

Dept. of Agri. Eng., Coll. of Agric., Kyungpook Natl. Univ.

Summary

This study was performed to suggest the basic information for the development of covering method for increasing the effect of heat conservation in the unheated vinyl houses.

Double and single covered vinyl houses were constructed and the inside temperature variation of the double covered vinyl house was compared to the single covered vinyl house.

The results obtained for the vinyl houses were summarized as follows ;

1. With the outside temperature of $-1.0^{\circ}\text{C} \sim 7.5^{\circ}\text{C}$ and the solar radiation of maximum $1.02 \text{ MJ}/\text{m}^2$, the double covered vinyl house was shown 1.2°C higher than the single covered vinyl house in the daily mean of inside temperature.
2. The inside temperature of the double covered vinyl house was 2.3°C higher in the daytime and 1.2°C higher in the nighttime than that of the single covered vinyl house.
3. The inside temperature of the vinyl house were expressed by the formular (1) - (6) with the outside temperature and by the formular (7) - (10) with the solar radiation.
4. In the effect of heat conservation based on the outside temperature, the double covered vinyl house was 1.2 times in the daytime and 1.76 times in the nighttime in comparison with the single covered vinyl house.

結 論

條件 등을 人工的으로 調節하여 作物을 栽培하는 園藝라 볼 수 있다. 이러한 施設園藝는 加溫 施設園藝는 栽培施設內的 氣象條件이나 土壤 또는 無加溫의 glass house를 利用한 溫室園藝

와 1952年更부터 發達하기 시작한 폴리에틸렌 필름 및 플라스틱필름을 被覆資材로 使用한 비닐하우스園藝로 大別할 수 있으며, 最近에는 비닐하우스 栽培가 園藝作物의 生産에서 큰 比重을 차지하게 되었다. 農林水産統計年報⁵⁾에 依하면, 1983年에 우리나라의 施設園藝栽培面積은 總耕地面積中에서 約 0.7%를 차지하고 있으며, 土地의 生産性, 作業의 機械化, 營農技術의 發達, 施設園藝의 經濟性 등으로 미루어 볼 때 앞으로 계속 늘어날 것으로 豫想된다. 그러나, 우리나라에서는 아직 施設園藝의 冷·暖房 및 被覆材의 種類 및 被覆方法에 따른 保溫效果에 關한 研究가 體系의 遂行되지 못하고 있는 實情이다. 外國의 경우, 美國이나 日本 等에서는 비닐하우스의 被覆材의 種類 및 被覆方法에 따른 保溫性에 關한 研究가 오래 前부터 遂行되어 왔으며, 그 中 Hukugawa 等⁶⁾은 二重비닐하우스의 保溫性은 被覆材의 氣密性에 큰 影響을 받는다고 報告한 바 있고, Saiki⁷⁾는 3月~4月의 期間中 5時의 비닐하우스 內部溫度는 二重被覆이 單一被覆보다 平均 1.7℃程度 높다고 報告하였다.

一般的으로 비닐하우스의 熱損失은 地中傳熱損失, 틈 사이와 被覆材를 통한 熱損失 및 直接放射로 因한 熱損失 等으로 區分할 수 있는데, Takakura⁸⁾는 이 中에서 被覆材를 통한 熱損失量이 總熱損失量의 約 60~80%를 차지한다고 指摘하였으며, 비닐하우스의 主機能이 保溫이라는 事實을 考慮할 때, 年中 氣溫의 變化가 심하고 冬期의 外氣溫이 낮은 우리나라의 경우 冬期の 夜間에는 비닐하우스의 內部溫度가 매우 낮아지기 때문에 保溫의 重要性이 더욱 強調되고 있다.

따라서, 本 研究는 實驗用 小型 비닐하우스를 製作하여 二重 비닐하우스의 保溫效果를 單一비닐하우스와 比較·檢討함으로써, 無加溫 비닐하우스에 있어서 保溫性을 向上시킬 수 있는 被覆

方法의 開發에 必要한 基礎資料를 提供하기 爲하여 遂行되었다.

材料 및 方法

1. 實驗裝置

二重 비닐하우스의 保溫性을 分析하기 爲하여, 크기가 $2.4\text{ m} \times 4.0\text{ m}$ 이고, 保溫比가 0.625인 小型 비닐하우스 二棟을 製作하고, 一棟은 單一被覆, 一棟은 二重被覆하였다. 被覆材는 두께가 0.08 mm이고, 引強度가 170 kg/cm^2 程度인 農業用 低密度 폴리에틸렌필름을 使用하였으며, 하우스의 骨組는 外徑이 22 mm인 PVC파이프를 使用하였다. 또, 二重비닐하우스에서 被覆材間의 空氣層의 두께에 따른 熱傳達係數(Overall heat transfer coefficient)를 計算해 본 結果, 空氣層의 適正두께가 5~10 cm로 나타났기 때문에 本 實驗에서는 7 cm로 하였다.

2. 實驗方法

本 實驗에서는 各 비닐하우스의 內部溫度를 測定하였으며, 溫度의 測定은 自動으로 記錄되는 多點溫度記錄計를 使用하여, 各 비닐하우스 內部의 中央에서 地上으로 부터 65 cm높이에 對하여 1985年 2月 22日부터 2月 28日 까지 實施하였으며 日射量은 期間中 大邱測候所의 觀測資料를 使用하였다.

結果 및 考察

1. 비닐하우스 內部溫度의 日變化

測定期間中 비닐하우스 內部溫度, 外氣溫 및 日射量의 變化를 나타내면 Fig. 1과 같으며 外氣溫이 $-1.0^{\circ}\text{C} \sim 7.5^{\circ}\text{C}$, 日射量이 最高 1.02 MJ/m^2 일 때, 單一被覆 하우스의 內部溫度는 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 18.5^{\circ}\text{C}$, 二重被覆하우스의 內部溫度는 $1.5^{\circ}\text{C} \sim 20.5^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 한편 비닐하우스

内部温度는 外氣溫에 比하여, 單一被覆은 0℃ ~ 11.3℃(1日 平均 3.3℃), 二重被覆은 1℃ ~ 12.5℃(1日 平均 4.5℃)程度 높았으며, 二重被覆이 單一被覆보다 平均 1.2℃ 높았다.

또, 日射量은 비닐하우스 内部温度에 많은 影響을 미치고 있으며, 日射量이 最大인 時間帶에서 外氣溫 및 비닐하우스 内部温度의 最大値가 나타났다.

日出時부터 約 2時間동안은 單一비닐 하우스의 内部温度가 二重 비닐하우스의 内部温度보다 높게 나타났는데, 이것은 單一被覆의 경우 二重被覆보다 光透過率이 多少 크기 때문이며, 어느 程度 時間이 經過하면 二重被覆 비닐하우스의 內

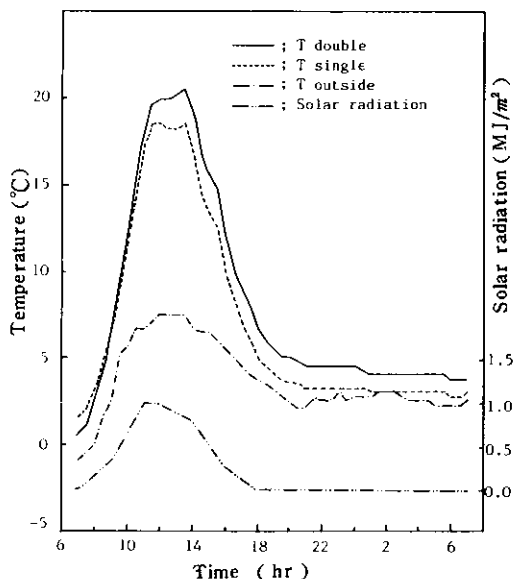


Fig. 1. Daily variation of inside temperature of the vinyl houses.

部温度가 單一被覆보다 높아지는데, 이것은 二重被覆이 單一被覆보다 光透過率이 적은 比率보다 長波放射로 因한 熱損失率이 적기 때문인 것으로 判斷된다.

2. 晝間에 있어서 비닐하우스 内部温度의 變化
비닐하우스의 内部温度는 日射量 및 外氣溫의

影響을 많이 받기 때문에 晝間과 夜間에 있어서 變化傾向이 다르다.

Fig. 2는 測定期間中の 平均値를 使用하여 晝間(日出時~日沒時)에 對한 外氣溫과 비닐하우스 内部温度의 變化를 나타낸 것이다.

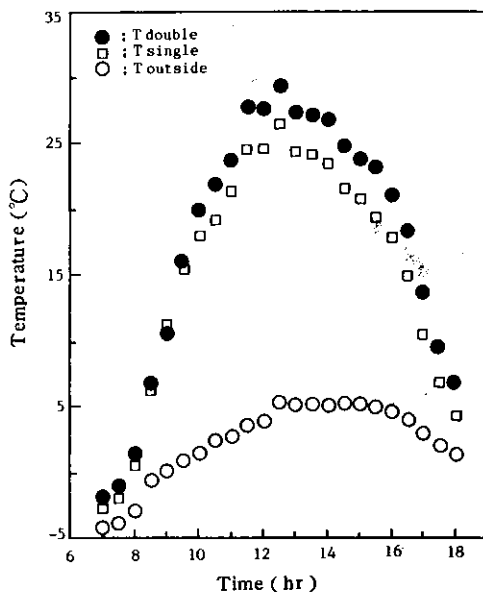


Fig. 2. Variation of inside temperature of the vinyl houses in th daytime.

期間中の 外氣溫이 - 4.3℃~5.2℃(平均 2.3℃) 일 때 비닐하우스의 内部温度는 單一被覆이 - 2.9℃~26.5℃(平均 15.2℃), 二重被覆이 - 2.0℃~29.3℃(平均 17.5℃)로 二重被覆이 單一被覆보다 平均 2.3℃ 높았다.

또, 晝間에 있어서 外氣溫과 비닐하우스 内部温度의 關係를 分析하기 爲하여 測定期間中の 外氣溫과 비닐하우스 内部温度를 나타내면 Fig. 3과 같이, 外氣溫이 높을수록 비닐하우스 内部温度가 높게 나타났고, 그 傾向은 비닐하우스 内部温度가 上昇時와 下降時에 差異가 있었다. 따라서, 實驗用 비닐하우스에 對하여 外氣溫이 4.3℃~5.2℃의 範圍內에서 變化했을 때 비닐하우스 内部温度와 外氣溫과의 關係式을 비닐하

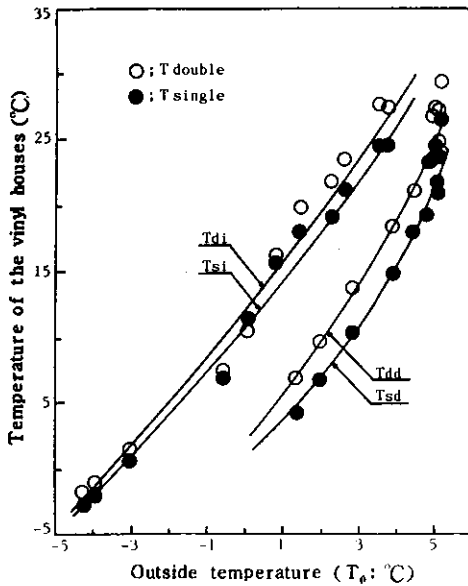


Fig. 3. Relation between outside temperature and inside temperature of the vinyl houses in the daytime.

우스 내부溫도의上昇時와下降時로區分하여求해본結果는 다음과 같다.

가. 單--被覆인 경우

a) 上昇時 ;

$$T_{si} = 11.06 + 3.58 T_o + 0.057 T_o^2 (r = 0.992) \quad \text{..... (式 1)}$$

b) 下降時 ;

$$T_{sd} = 1.59 + 1.51 T_o + 0.510 T_o^2 (r = 0.980) \quad \text{..... (式 2)}$$

나. 二重被覆인 경우

a) 上昇時 ;

$$T_{di} = 12.65 + 3.66 T_o + 0.015 T_o^2 (r = 0.988) \quad \text{..... (式 3)}$$

b) 下降時 ;

$$T_{dd} = 2.38 + 2.95 T_o + 0.320 T_o^2 (r = 0.983) \quad \text{..... (式 4)}$$

여기서, T_{si} ; 上昇時 單--비닐하우스의 내부溫度(°C)

T_{sd} ; 下降時 單--비닐하우스의 내부溫度

(°C)

T_{di} ; 上昇時 二重비닐하우스의 내부溫度

(°C)

T_{dd} ; 下降時 二重비닐하우스의 내부溫度

(°C)

T_o ; 外氣溫(°C)을 나타낸다.

(式 1)~(式 4)로부터 알 수 있는 바와 같이 二重비닐하우스의 내부溫도와 單--비닐하우스의 내부溫도의 差는 비닐하우스의 내부溫도가上昇할 때가下降할 때보다 더 크게 나타났다.

3. 夜間에 있어서 비닐하우스 내부溫도의變化

夜間(日沒時~日出時)에 있어서 비닐하우스의 내부溫도가下降하는 主要因은 비닐하우스의 내부溫도와 外氣溫과의 差에 依한 傳熱損失이라 볼 수 있다.

Fig. 4는 測定期間中の 平均値를 使用하여 夜間에 있어서 外氣溫과 비닐하우스 내부溫도의變化를 나타낸 것이다.

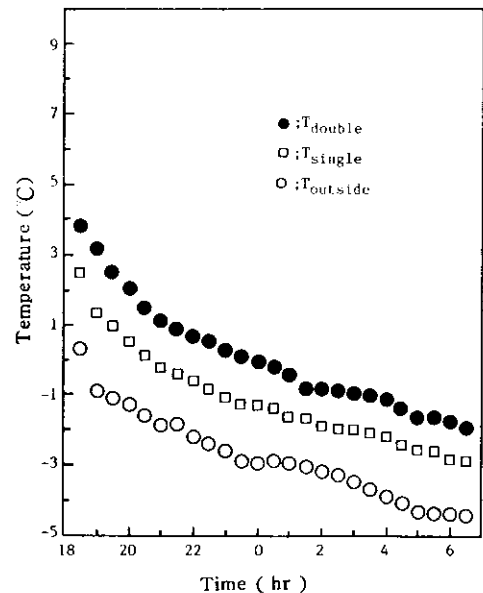


Fig. 4. Variation of inside temperature of the vinyl houses in the nighttime.

期間中の 外氣溫은 $-4.5^{\circ}\text{C} \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ (平均 -2.8°C), 비닐하우스의 內部溫度는 單一被覆이 $-2.9^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$ (平均 -1.1°C), 二重被覆이 $-2.0^{\circ}\text{C} \sim 3.8^{\circ}\text{C}$ (平均 0.1°C)로 晝間에 比較하여 變化幅이 적으며, 外氣溫보다 單一被覆은 平均 1.7°C , 二重被覆은 平均 2.9°C 높았고, 二重被覆이 單一被覆보다 1.2°C 높았다.

또, 夜間에 있어서 外氣溫의 變化에 따른 비닐하우스 內部溫度의 變化를 分析하기 爲하여, 測定期間中の 外氣溫과 비닐하우스 內部溫度의 關係를 나타내면 Fig. 5와 같다.

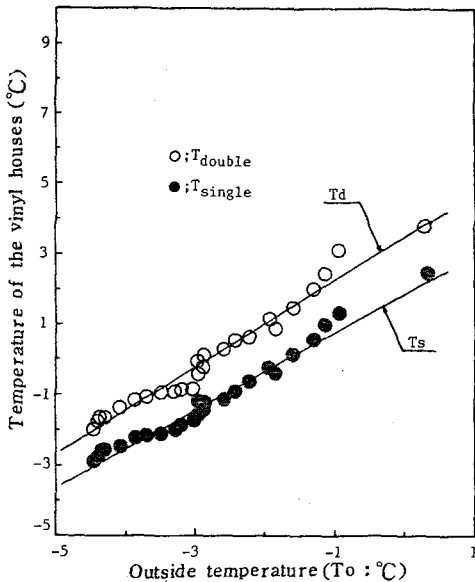


Fig. 5. Relation between outside temperature and inside temperature of the vinyl houses in the nighttime.

夜間에 있어서 비닐하우스 內部溫度는 外氣溫이 높을수록 높게 나타났으며, 晝間과는 달리 비닐하우스 內部溫度의 上昇時 및 下降時의 區分이 確實하지 않았다. 實驗用 비닐하우스에 對하여 外氣溫이 $-4.5^{\circ}\text{C} \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 의 範圍에서 變化할 때, 비닐하우스 內部溫度와 外氣溫과의 關係式을 求해 보면 다음과 같다.

가. 單一被覆인 경우;

$$T_s = 3.59 + 1.26 T_o \quad (r = 0.985) \dots\dots (式 5)$$

나. 二重被覆인 경우;

$$T_d = 1.96 + 1.12 T_o \quad (r = 0.980) \dots\dots (式 6)$$

여기서, T_s ; 單一비닐하우스의 內部溫度($^{\circ}\text{C}$)
 T_d ; 二重비닐하우스의 內部溫度($^{\circ}\text{C}$)
 T_o ; 外氣溫($^{\circ}\text{C}$)을 나타낸다.

4. 日射量과 비닐하우스 內部溫度의 關係

日射는 直達日射(Direct radiation)와 天空日射(Sky radiation)로 區分되는데, 晝間에 있어서 비닐하우스 內部溫度를 上昇시키는 外的 要因은 直達日射이며, 비닐하우스 內部溫度의 昇溫效果는 位置 및 方向, 被覆材의 種類 및 被覆方法 등에 따라 다르다.

日射量이 비닐하우스의 內部溫度에 미치는 影響을 調査하기 爲하여, 測定期間中の 平均値를 使用하여, 이들의 關係를 나타내면 Fig. 6과 같다.

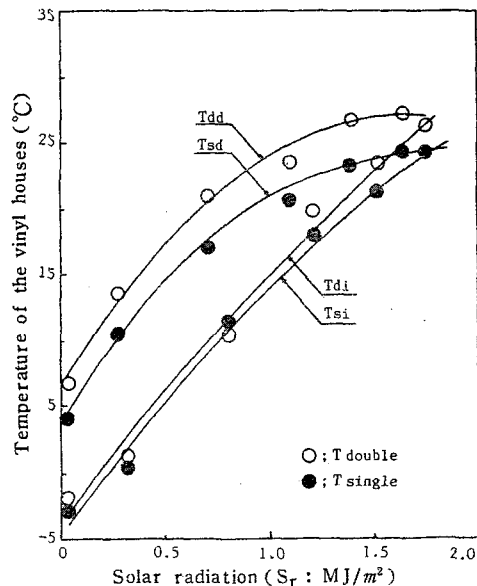


Fig. 6. Relation between solar radiation and inside temperature of the vinyl houses.

期間中の 日射量은 $0.03 \text{ MJ/m}^2 \sim 1.75 \text{ MJ/m}^2$ 였으며, 日射量이 많을수록 비닐하우스 內部溫度는 높았으며, 이들의 關係는 비닐하우스 內部溫

度の上昇時와 下降時에 다소 差異가 있었다. 따라서, 實驗用 비닐하우스에 對하여 비닐하우스 內部溫도와 日射量의 關係式을 求해 본 結果는 다음과 같다.

가. 單一被覆인 경우

a) 上昇時 ;

$$T_{st} = -4.36 + 20.67 S_r - 2.37 S_r^2$$

$$(r = 0.977) \dots\dots\dots (式 7)$$

b) 下降時 ;

$$T_{sd} = 3.98 + 23.64 S_r - 6.93 S_r^2$$

$$(r = 0.997) \dots\dots\dots (式 8)$$

나. 二重被覆인 경우

a) 上昇時 ;

$$T_{dt} = -3.43 + 18.89 S_r - 0.85 S_r^2$$

$$(r = 0.996) \dots\dots\dots (式 9)$$

b) 下降時 ;

$$T_{dd} = 6.58 + 25.06 S_r - 7.68 S_r^2$$

$$(r = 0.996) \dots\dots\dots (式 10)$$

여기서, T_{st} , T_{sd} , T_{dt} 및 T_{dd} 는 (式 1) ~ (式 4)에서 說明한 바와 같고 S_r 은 日射量 (MJ/m^2)을 나타낸다.

果를 檢討하기 爲하여, 測定期間中 各 비닐하우스의 內部溫도와 外氣溫과의 差를 積算한 結果를 晝夜間으로 區分하여 나타내면 Table 1 과 같다.

Table 1에 보인 바와 같이, 이들 溫度差의 積算値는 2月 23日의 경우, 晝間에 있어서 二重被覆이 $257^\circ C \cdot hr$, 單一被覆이 $219^\circ C \cdot hr$ 로 二重被覆이 單一被覆보다 $38^\circ C \cdot hr$ 높았다. 또, 2月 23日 夜間에 있어서 二重被覆은 $36^\circ C \cdot hr$, 單一被覆은 $25^\circ C \cdot hr$ 로 二重被覆이 單一被覆보다 $11^\circ C \cdot hr$ 높았다.

測定期間中 이들 溫度差의 積算値를 合하면, 晝間은 二重被覆이 $1,053^\circ C \cdot hr$ 이고 單一被覆이 $879^\circ C \cdot hr$ 로, 二重被覆이 單一被覆에 比하여 1.20 倍의 保溫效果가 있었고, 夜間에 있어서는 二重被覆이 $224^\circ C \cdot hr$ 이고 單一被覆이 $127^\circ C \cdot hr$ 로, 二重被覆이 單一被覆에 比하여 1.76 倍의 保溫效果가 있음을 알 수 있었다. 즉, 外氣溫을 基準으로 하여 保溫效果를 檢討한 結果, 單一비닐하우스에 比하여 二重비닐하우스의 保溫效果는 夜間이 晝間보다 크게 나타났다.

摘 要

5. 二重비닐하우스의 保溫效果

外氣溫을 基準으로 二重비닐하우스의 保溫效

本 研究는 實驗用의 小型 비닐하우스를 製作

Table 1. Difference between the inside temperature of vinyl houses and the outside temperature

($^\circ C \cdot hr$)

Day Item	22	23		24		25		26		27		28	Total	
	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D
A ₁	41	257	36	328	59	176	37	117	29	86	22	89	224	1053
A ₂	33	219	25	275	29	147	18	98	13	69	9	71	127	879
A ₁ - A ₂	8	38	11	53	30	29	19	19	16	17	13	18	97	174

N : Nighttime

D : Daytime

A₁ : Area between the curve of inside temperature in the double covered vinyl house and the curve of outside temperature

A₂ : Area between the curve of inside temperature in the single covered vinyl house and the curve of outside temperature

하여 二重 비닐하우스의 保溫效果를 單一비닐하우스와 比較함으로써, 無加溫 비닐하우스에 對한 保溫性을 向上시킬 수 있는 被覆方法의 開發에 關한 基礎資料를 提供하기 爲하여 遂行되었으며, 얻어진 結果는 다음과 같이 要約할 수 있다.

1. 外氣溫이 $-1.0^{\circ}\text{C} \sim 7.5^{\circ}\text{C}$, 日射量의 最大值가 $1.02 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 인 測定期間中에 있어서, 二重비닐하우스의 內部溫도는 單一비닐하우스보다 1日 平均 1.2°C 높았다.

2. 測定期間中の 平均値에 對하여, 二重비닐

하우스의 內部溫도는 單一비닐하우스보다 晝間에는 2.3°C , 夜間에는 1.2°C 높았다.

3. 實驗用 비닐하우스에 對하여, 비닐하우스 內部溫도는 外氣溫과 (式 1)~(式 6), 日射量과 (式 7)~(式 10)의 關係를 가지고 있었다.

4. 外氣溫을 基準으로 한 二重 비닐하우스에 保溫效果는 單一 비닐하우스에 比하여, 晝間에는 1.20 倍, 夜間에는 1.76 倍로 나타나, 夜間이 晝間보다 높았다.

引 用 文 獻

1. 金光植. 1983. 農業氣象學. 鄉文社. pp. 315 - 337.
2. Mihara, Y. and Hayashi, M. 1979. Studies on the insulation of greenhouses (1) - Overall heat transfer coefficient of greenhouses with single and double covering using several material curtains -. Jour. of Agri. Meteor. in Japan, Vol. 35 (1); 13-19.
3. Minagawa, H. and Tachibana, K. 1982. The heat insulation efficiency of greenhouses and their covering materials (2) - Relation between the area ratio of floor surface to covering surface and the overall heat transfer of greenhouses -. Jour. of Agri. Meteor. in Japan, Vol. 38 (3); 253-259.
4. Minagawa, H. and Tachibana, K. 1982. The overall heat transfer of greenhouses covered with PE and PVC single layer - The heat insulation efficiency of greenhouses and their covering surface and the overall heat transfer of greenhouses-. Jour. of Agri. Meteor. in Japan, Vol. 38 (1); 15-22.
5. Ministry of Agriculture and Fisheries. 1984. Statistical year-book of agriculture, forestry and fisheries in Korea. pp. 36-37.
6. 清水 茂. 1982. 施設園藝の基礎技術. 誠文堂新光社. pp. 172-178.
7. Takakura, T. and Okada, M. 1972. Experimental determination of greenhouse heating load coefficient. Jour. of Agri. Meteor. in Japan, Vol. 27 (3); 93-98.
8. Takakura, T. and Tachibana, K. 1968. Heat balance of greenhouses, Jour. of Agri. Meteor. in Japan, Vol. 24 (2); 115-118.