生物生産施設環境(J. Bio. Fac. Env.)3(1) : 36~41, 1994

# 夏期週間의 局所冷房과 토마토 배꼽썩음병 發生에 關한 硏究

趙日煥 · 禹永濬 · 仁科弘重* · 橘本 康*
園藝試驗場, 愛媛大學農學部*

# Studies on Zone Cooling of Greenhouse in the Daytime in Summer and Occurrence of Blossom-End Rot in Tomato Plants

Cho, Ill-Hwan · Woo, Young-Hoe · Nishina Hiroshge* · Hashimoto Yasusi*
Protected Culture Division, Horticulture Experiment Station, R. D. A., Suwon, 441-440
*College of Agriculture, Ehime University, Japan

## Summary

The major objective of this study is to develop a method of zone cooling during summer day using heat pump for year-round cultivation. The efficiency of cold water cooling and fog cooling was investigated. In order to prevent the occurrence of blossom-end rot in tomato, cooling was induced together with air flow of the fruit treatment as well as promoting air circulation in the plant treatment was induced.

The following results were obtained:

1) The temperature in the cold water cooling district was 10℃ lower than greenhouse temperature and the temperature in the fog cooling district was about 5℃ lower than the greenhouse.

2) Regardless of cooling method, the treatment of air flow on fruit did not affect the fruit but prevent blossom-end rot. There was 34.5% occurrence rate of blossom-end rot in non-air flow district of cold water cooling 54.5% in non-air flow district of fog cooling and 78% in fog circulation cooling district.

The cooling efficiency using cold water cooling method induced enough cooling at crirtical temperature for growth and development and the occurrence of blossom-end rot was lower than fog cooling. Fog cooling in culture district with air circulation did not induce and difference in temperature but caused an increase in humidity resulting in 24% increase in the occurrence of blossom-end rot. Thus the occurrence of blossom-end rot in tomato caused by environmental factors can be attributed more to humidity than to temperature.

Key words : zone cooling, tomato, blossom-end rot, summer
키 워 드 : 국소냉방, 토마토, 배꼽썩음병,하기

## 緖 論

自然光利用 植物工場(環境調節溫室)에서의 夏期 冷房은 周年安定計劃 栽培를 達成하기 위한 最大의 問題点중의 하나이다. 夏期夜間의 冷房에 대하여는 어느정도 成果가 認定되고 있다[5,6,7]. 그러나 晝間의 冷房에 대한 必要性은 認識되었지만 에너지面과 經濟性面에서 不可能하다고 생각되어져 硏究가 거의 이루어지고 있지 않다.

夏期의 晝間冷房은 冷凍機(또는 冷水)에 의한

것과 細霧의 蒸發冷却에 의한 2가지 방법으로 구분된다. 또한 冷房의 대상空間으로서는 溫室 全體인가 또는 植物體 附近만으로 하는가 하는 問題도 있다. 溫室全體의 冷房은 溫室의 密閉가 必要하지만 植物體 附近의 局所冷房에서는 溫室을 密閉할 필요성이 없으며 換氣도 可能하다는 長點이 있다.

筆者等[4]은 Heat pump를 利用한 冷水冷房과 細霧冷房을 利用한 局所冷房의 主要結果중의 하나로 細霧冷房에 있어서 토마토 果實에 送風을 處理한 試驗區에서 배꼽썩음병發生이 防止되었고, 無送風區에서는 배꼽썩음병이 55% 發生되었다. 배꼽썩음병은 토마토 果實의 칼슘缺乏에 의해 發生되고, 토마토 植物體내의 칼슘移動은 주로 蒸散流에 의하며[2,3] 蒸散이 작은 組職보다는 蒸散이 旺盛한 組職에 많은 양의 칼슘이 移動되어 있어 칼슘의 體內分布는 物理的으로 偏重되는 特性을 나타내고 있다. 특히 토마토 果實의 表面은 氣孔組職이 形成되지 않아서 큐티큘라 蒸散作用만이 이루어지고 있다[1,8].

本 實驗은 heat pump에 의한 局所冷房과 細霧에 의한 局所冷房을 비교 檢討하고 旣 發表된 報告[4]에서는 토마토果實에 送風한 처리구에서 배꼽썩음병 發生이 防止되었으나 實用的인 面에서는 약간의 問題点이 導出되어 實用化를 위한 方法으로 本 實驗에서는 植物體 地上部 全體空氣의 流動을 促進시켜 植物體 全體의 蒸散을 增大하여 배꼽썩음병을 防止하고자 本實驗을 遂行하였다.

## 材料 및 方法

試驗은 日本 愛媛大學 農學部의 農業環境工學 硏究室의 유리溫室에서 1992年 7月~10月까지 遂行했다.

(1) 冷水冷房시스템

冷水冷房시스템의 槪略圖는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 벤치(높이 70cm, 폭 100cm, 길이 192cm)위에 수경조를 설치하고, 공시작물로 토마토를 이용하였다. 栽培空間은 透明 비닐필름으로 둘러싸 密閉된 冷房空間을 造成했다.

冷房方法은 水對空氣 熱交換器에 의해 冷房除濕했고, 小型팬(오리엔탈모타, MU1283A-11B, 最大風量 3.0m$^3$ • min$^{-1}$)으로 冷房空間의 空氣流動을 促進시켰다. 冷水槽의 冷水는 供試溫室에 附屬되어 있는 heat pump에서 얻었다.

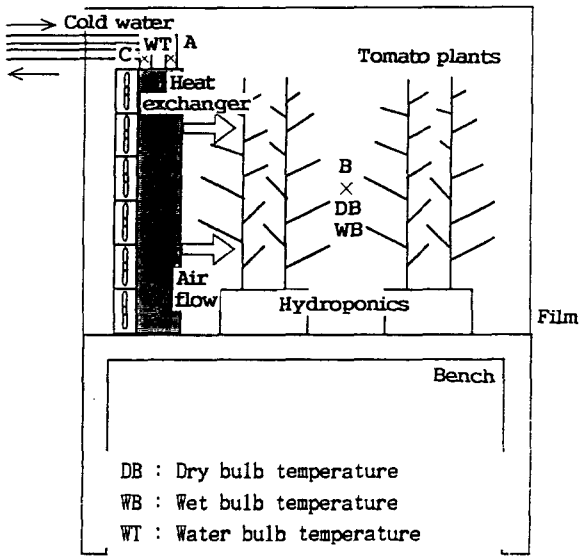


Fig. 1. Schematic diagram of cold water cooling system.
A : water before passing heat exchange
B : air of cooling space
C : water after passing hear exchange

(2) 細霧冷房시스템

細霧冷房 시스템의 槪略圖는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 細霧冷房은 動力噴霧機(有光工業(株), CSM-5, 壓力 20kgf • cm$^2$ 吐出量 3.5 ℓ • min$^{-1}$)와 細霧노즐에 의해서 蒸發冷却이 되도록 하였다. 動力噴霧機에 吸入되는 空氣는 蒸發冷却의 効果를 높이기 위해 溫室밖의 空氣를 利用하였다. 溫室밖에서 流入된 空氣가 세무노즐에 의해 細霧가 되어 벤치 밑으로부터 보내어져 토마토 栽培區間의 空氣중을 移動하면서 蒸發 冷却시켰다. Fig. 2에서와 같이 栽培區間內를 小型팬(오리엔탈 MN1238A-113B)으로 空氣流動을 增大시켰다.

(3) 栽培方法

試驗區는 冷水冷房區, 細霧冷房區, 細霧冷房循環區로 大別된다. 冷水冷房區와 細霧冷房區는 토마토 果實에 送風區와 無送風區로 만들었고, 細霧冷

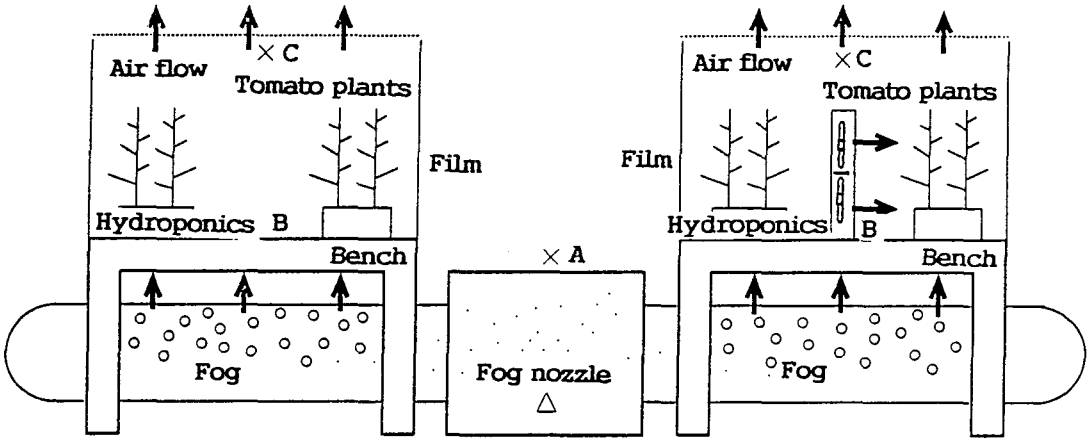


Fig. 2. Schematic diagram of fog cooling system.
A : air flow into cooling unit
B : air flow out of cooling unit
C : air flow out of air cooled space

房循環區는 地上部 全體의 空氣流動을 促進시켰다. 따라서 試驗區는 全部가 5處理였다.

冷水冷房區와 細霧冷房區는 區當 2個의 栽培床을 設置해 1個의 栽培床에 토마토(*Lycopersicum esculentum* MILL. cv. House Momotaro)을 2株씩 栽植했다. 養液은 오오쯔카 養液1號와 2號를 3:2로 混合한 것을 利用했고 5日間隔으로 養液 全量을 交換했다. 1992年 7月10日에 播種한 후 7月25日에 育苗상자(EC 0.5S·$cm^{-1}$, pH 6.2)했다. 養液 EC 濃度는 定植後 서서히 점차 높여 6.0S·$cm^{-1}$가 되도록 하였다.

開花後 着果 促進을 위해 200倍稀釋한 토마토톤을 處理했다. 着果는 2果房까지 시켰고, 果房當 着果數는 3個로 했고, 2果房위는 2葉을 남기고 摘心했다.

또한 地下部가 高溫에 의한 스트레스를 막기위해 栽培床의 養液溫度를 18℃~20℃로 制御했다. 果實에 送風시스템은 Fig. 3에 나타난 것 같이 小型팬과 直徑 약 15cm의 비닐필름 닥터로 溫室內의 空氣를 닥터쪽으로 불어넣어 토마토 果實表面의 蒸散을 促進하도록 했고 닥터내의 風速은 약 1m·$s^{-1}$였다.

(4) 計測方法

溫度, 濕度計測은 모두 0.32mm의 C.C熱電帶를 使用했다. 濕度는 小型팬을 利用해 通風狀態에서 計測했다. 溫室內의 日射量 計測은 日射計(英弘精機(株), MS-42)를 使用했다. 데이타 入力은 프로그램 Quick BASIC로 製作해서 컴퓨터(日本電氣(株), PC-9801), A/D變換器와 中繼 出力이 可能한 信號入力裝置((株)E.S.D. Green Kit 88)로 1分마다 데이타를 入力했다.

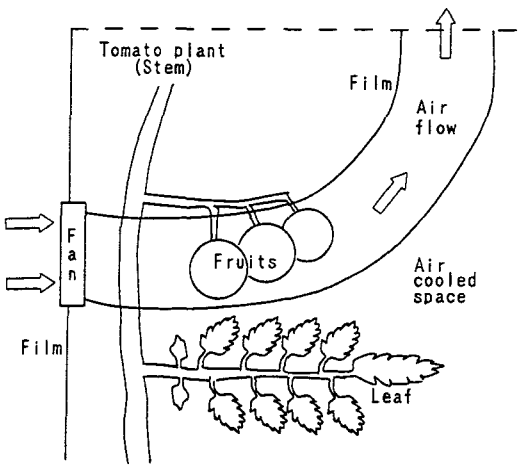


Fig. 3. Schematic diagram of system of air flow to fruits.

## 結果 및 考察

Fig. 4에서는 溫室內의 日射量은 外部日射의 約 30% 感光되어 流入되었고 溫室내 氣溫은 日射量이 增加함에 따라 溫室內外의 氣溫差는 더욱 커져 日中 日射量이 最大時點인 13時傾에는 外氣보다 約 4.5℃ 높았다.

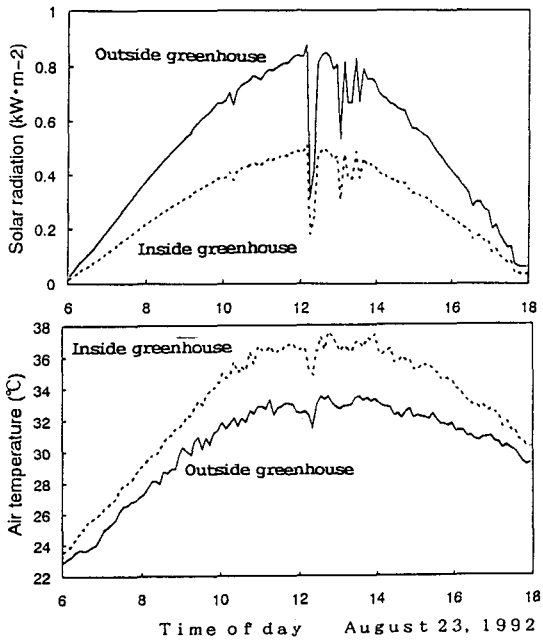


Fig. 4. Changes in solar radiation and air temperature inside and outside greenhouse.

冷水冷房시스템의 各点의 氣溫·相對濕度의 變化를 Fig. 5에 나타냈다. 冷水冷房에서는 熱交換器에 流入되는 約 19℃의 冷水가 冷房區間을 通過하면서 熱交換이 이루어진 후에는 約 23.5℃로 4.5℃ 上昇되었고, 冷房區間의 氣溫은 日射量이 가장 강했던 13時傾에 溫室內 氣溫보다 10℃ 以上 낮았으며 溫室內 氣溫의 變化에 鈍感한 反應을 보였으므로 本 實驗에 利用한 密閉 冷房시스템은 充分한 冷房能力을 가진 것으로 判斷되었다. 그러나 이와같이 密閉된 冷水冷房시스템은 冷房面에서는 充分한 性能이 認定되지만 植物生育面에서는 $CO_2$ 不足으로 인한 生育低下와 生理障害등이 豫想된다. 冷房區間內의 相對濕度는 日中 約 88%을 維持했다.

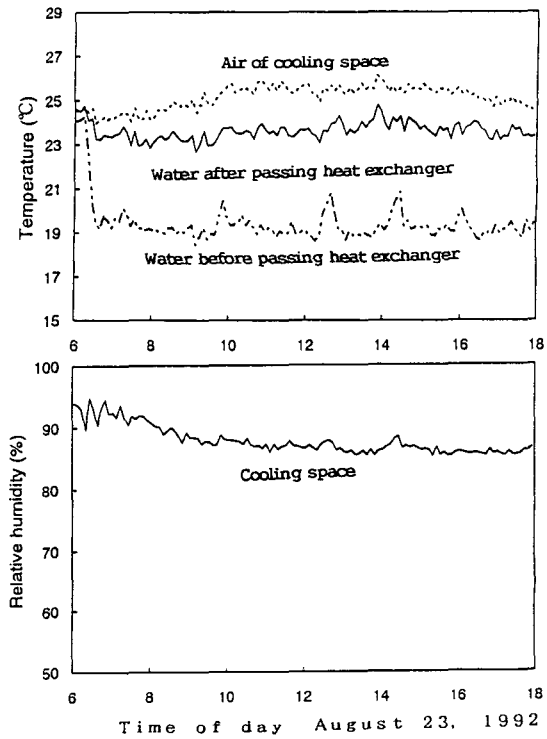


Fig. 5. Cooling performance of cold water cooling system.

細霧冷房시스템 各点의 氣溫·相對濕度 變化를 Fig. 6에 나타냈다. 細霧冷房에 있어서는 13時傾에는 세무노즐을 통해서 形成된 細霧가 蒸發에 의해 冷却되어 栽培배드 아래에서는 29℃로 溫室內 氣溫보다 約 5℃冷却되었고, 栽培區間을 蒸發冷却시키며 通過해서 冷房區間 上部에서는 約 35℃로 溫室內 溫度와 거의 같았다. 相對濕度는 栽培배드 아래에서 冷房區間을 通過하면서 約 92%가 約 70%까지 低下되었다.

細霧循環冷房에 있어서는 栽培區間의 氣溫이 細霧冷房과 큰 차이를 보이지 않았으나 相對濕度는 栽培區間 空氣流動에 의해 細霧循環冷房이 多少 높은 傾向을 보였다(Fig. 7).

冷水冷房과 細霧冷房을 比較해보면 冷水冷房은 日中 溫度와 相對濕度는 溫室內 環境變化에 크게 影響받지 않고 一定한 狀態를 維持했지만 細霧冷

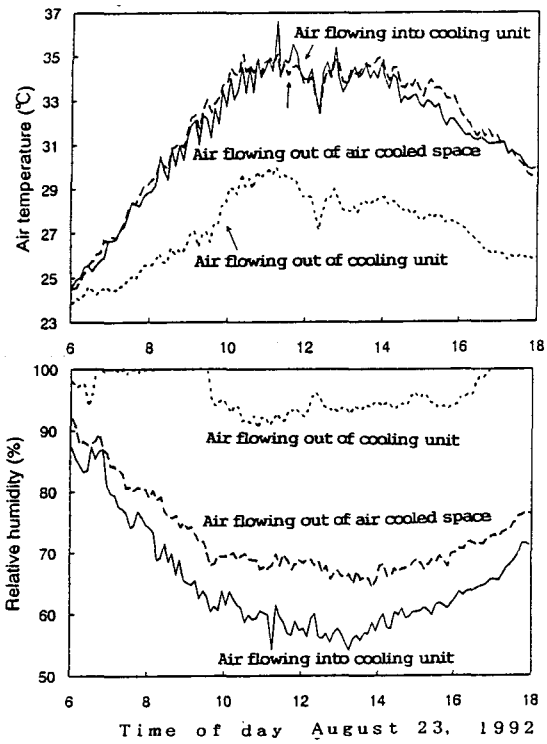


Fig. 6. Cooling performance of fog cooling system.

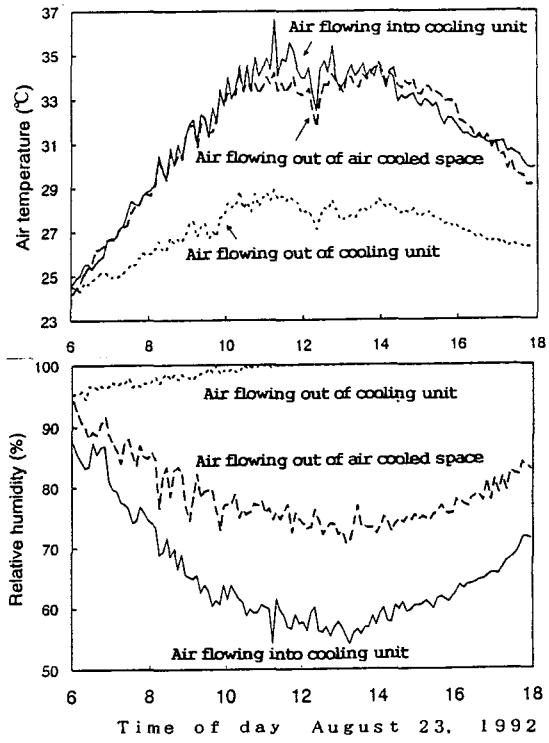


Fig. 7. Cooling performance of fog circulation cooling system.

房에서의 日中 溫度·相對濕度는 溫室內 環境變化와 함께 變化됐고, 특히 細霧冷房 循環區에서는 栽培區間의 相對濕度가 높아, 토마토植物體에 상당한 스트레스가 있었을 것으로 判斷된다.

Table 1에서는 各 處理別 배꼽썩음병 發生率을 나타내고 있다. 冷水冷房에서의 果實의 無送風 處理는 平均 34.5%의 배꼽썩음병이 發生된 반면 送風區는 전혀 發生되지 않았다. 細霧冷房의 無送風區는 배꼽썩음병 發生이 平均 54.5%, 果實에 送風區는 平均 0%이고, 地上部 空氣流動을 促進시킨 細霧循環 冷房區에서는 平均78%로 細霧冷房보다 20%以上 높았다.

토마토 果實에 送風에 의해 蒸散量을 增大시킴으로서 배꼽썩음병 發生이 防止되었다. 이와같이 果實에의 送風效果 메카니즘은 다음과 같이 생각된다.

1) 果實에 送風에 의해 果實表面의 水蒸氣傳達率이 커지게 되고 그 結果 果實表面으로 부터 큐티큘라蒸散이 旺盛해진다.

Table 1. Percentage of occurrence of blossom-end rot in each fruit cluster of tomato plants in different treatments.

| Fruit cluster | Cold water cooling | | Fog cooling | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Air flow to fruit | Control | Air flow to fruit | Air circulation | Control |
| 1st | 0% | 36% | 0% | 73% | 42% |
| 2nd | 0% | 33% | 0% | 83% | 67% |
| Total | 0% | 34.5% | 0% | 78% | 54.5% |

2) 果實의 肥大에 의해 果病의 離層이 發達하고 유관속내의 導管率이 減少(사관율 증대)해 果實로의 칼슘流入이 沮害되지만 果實로의 送風이 이것들의 變化를 抑制.

3) 果實肥大에 의해 果皮의 큐티큘라層이 硬化해서 큐티큘라蒸散이 減少되지만 果實 送風에 의해 이들 變化를 抑制.

4) 果實表面으로 부터의 活發한 큐티큘라蒸散에 의해 果實내 導管이 發達.

이와같은 1~4의 綜合的인 結果에 의해 果實에 물의 流入이 많이 되고 이것과 함께 果實에의 多量의 칼슘이 流入되어 배꼽썩음병이 防止되었다고 생각한다.

細霧循環冷房區가 細霧冷房보다 배꼽썩음병 發生率이 約 20%以上 높은 것은 栽培區間의 空氣流動을 促進시킴이 植物體 全體의 蒸散을 增大시켰을 것으로 생각되나, 氣孔蒸散을 하는 葉이 큐티큘라蒸散만을 하는 果實보다 더욱 蒸散이 增大되어 相對的으로 果實의 큐티큘라蒸散은 減少했기 때문이다. 다시말해 토마토果實로의 물과 칼슘流入이 抑制되어서 배꼽썩음병 發生率이 細霧冷房보다 높았다고 생각된다.

## 摘 要

本 試驗의 目的은 溫室의 周年計劃利用을 위해서 夏期週間 冷房의 方法으로 heat pump를 이용한 冷水冷房과 細霧冷房의 效率性을 檢討했고 夏期 토마토 배꼽썩음병 發生을 抑制하기 위하여 冷房과 함께 果實에 送風處理와 植物體 全體의 空氣流動을 促進시켜주는 處理를 했다. 試驗結果는 다음과 같다.

1) 冷水冷房區間 氣溫은 13시경 溫室내 氣溫보다 約 10℃以上 낮았고, 細霧冷房區間 하부의 氣溫은 13시경 溫室내 氣溫보다 約 5℃ 낮았다.

2) 果實에 送風處理는 冷房方法에 相關없이 배꼽썩음병이 防止됐고, 冷水冷房 無送風區의 배꼽썩음병 發生率은 34.5%, 細霧冷房 無送風區는 54.5%, 細霧循環冷房區는 78%였다.

冷房效率面에서는 冷水冷房 方法이 充分히 生育限界溫度 以下로 冷却되었고, 배꼽썩음병 發生率에서도 細霧冷房보다 낮았다. 細霧冷房은 栽培區間의 空氣를 流動시킴으로서 約 24%增加했다. 그러므로 토마토 배꼽썩음병 발생에 關한 環境要因은 溫度보다는 濕度가 密接한 關係가 있는 것으로 생각되어진다.

## 參考文獻

1. Alfred Groth, B. H. 1910. Structure of tomato Skins. Nwe Jersey Agr. Exp. STa. Bull. 228. 3-20.
2. Biddulph, O., S. Biddulph., R. Cory and H. Koontz. 1958. Circulation patterns for phosphorus, sulfur and calcium in the bean plants. Plant Physiol. 33:293-300.
3. Bollard, E. G. 1974. The physiology and nutrition of developing fruits. A. C. Hulme(ed.), Vol. 1. London and New York, Academic press 387-425.
4. 趙 日煥・仁課弘重・田中其司・橋 本康. 1992. 自然光利用工場夏期週間局所冷房. 植物工場學會. 4:30-39.
5. 古在豊樹・權 在永・林 眞紀夫・渡部一郎. 1985. 溫室の冷房負荷に 關する研究(1)夏期夜間の負荷特性. 農業氣象. 41(2):121-130.
6. 古在豊樹・權 在永・林 眞紀夫・渡部一郎. 新古忠之. 桶口春三. 1986. 溫室の冷房負荷に關する研究(2) 夏期夜間の負荷特性輕減について. 農業氣象. 41(4):351-357.
7. 林 眞紀夫. 1987. 新訂施設園藝ハンドバック] 冷房. (株)日本施設園藝協會 219-238.
8. Wilwon, L.A. and C. Sterling. 1976. Studies on the cuticle of tomatofruit. 1. Fine structure of the cultricle. 2. Pflanzenphysiol. 77:359-371.