生物生産施設環境(J. Bio. Fac. Env.) 4(1) : 9~16, 1995

冬季 Plastic House 育苗 고추(*Capsicum annuum* L.)에서 溫度와 光度가 生長에 미치는 影響

Ⅲ. 고추 育苗時 溫度變化에 따른 生理機能

鄭淳柱 · 蘇昌鎬* · 權容雄*

전남대학교 농과대학 원예학과 광주직할시 북구 용봉동 300 500-757

* 서울대학교 농업생명과학대학 농학과 경기도 수원시 권선구 서둔동 103 441-744

Effects of Temperature and Light Intensity on the Growth of Red Pepper(*Capsicum annuum* L.) Raised in Plastic House in Winter

Ⅲ. Variations in Physiological Function to the Varied Temperatures during Raising Seedlings of Red Pepper

Chung,S.J., C.H.So* and Y.W.Kwon*

Dept. of Hort., Col. of Agri., Chonnam Nat'l Univ. 500-757, Korea

* Dept. of Agron., Coll. of Agri. and Life Sci., Seoul Nat'l Univ. 441-744, Korea

Summary

The effect of day and night temperature on the seedlings growth as well as physiological responses of red pepper seedlings to temperature, such as uptake of water and nutrients, rates of photosynthesis and respiration of leaf and root were also investigated in growth cabinet. The results obtained were as follows;

1. As the temperature dropped down to 12℃, the uptake of water and nutrients, nitrate, phosphorus and potassium were decreased drastically. At 5℃ there was virtually no uptake of water and nutrients.

2. Photosynthetic activity in the leaves of red pepper seedlings was increased gradually from 5℃ to 25℃ and observed the highest photosynthetic activity at 25℃, but respiratory activity of leaf increased up to 30℃ and the same trend was observed in root respiratory activity.

3. Optimal combination of day and night temperature for shoot dry weight which is the decisive criterion of good seedlings of red pepper was found to be 25℃ at nighttime and 30℃ at daytime and then day/night temperature showed in the order of 25/25, 30/15, 15/25, 10/25℃. No increment of shoot dry weight at 5℃ in nighttime temperature observed regardless of daytime temperature.

Key word : red pepper, seedlings, temperature, respiration, photosynthesis.

주요어 : 고추, 유묘, 온도, 호흡, 광합성.

緖 言

모든 植物은 주변환경에 따라 生長과 發育反應이 달라지며, 環境要因의 極値를 기억하게 되고, 그 기억의 정도에 따라 다양한 形態的 生理的 反應을 나타내게 된다. 이러한 환경요인중 가장 중요한 요인이 低溫에 대한 반응이라고 할 수 있는데, 일반적으로 cold shock로 알려지고 있다.[14,15] Crookston 等[7]에 의하면 하룻밤동안 *Phaseolus vulgaris* L.를 5℃에 노출하면 심한 光合成減少가 심하게 일어난다고 보고하였는데, 地上部 뿐만아니라 地下部의 생리기능의 저하가 더욱 분명하였다고 했으며, 이는 低溫에 의한 蒸散低下, CO_2吸收에 대한 氣孔 및 葉肉抵抗 增加, 葉의 水分포텐셜이 低下하기 때문이라고 하였다. Drozdov[9]는 5~51℃범위의 온도대에서 오이 묘의 생장을 조사한 결과, 정상적인 生長溫度 範圍는 19~27℃였고, hardening온도는 下限이 5~18℃였으며, 上限은 28~48℃였으나 硬化 소요시간이 긴 식물은 7℃와 41℃로 硬化정도에 따라 온도에 대한 생장반응이 다르게 나타난다고 하였다. 低溫下에서 光合成 減少는 PAR이 없을 때보다 존재하에서 더 심하다고 한 報告도 있다.[19,20,21] Levitt[12]는 冷害의 機作으로는 原形質膜의 透過性 增大와 같은 直接的인 被害와 光合成 沮害 및 呼吸의 異常促進에 의한 飢餓現象, 酵素의 不活性化 및 代謝沮害, 蛋白質의 分解, 有毒物質의 蓄積 등 外觀上 發現이 되기까지 數日 이상의 기간을 필요로 하는 間接的 被害들을 열거하였다.

作物生長에 미치는 晝夜溫度 反應에 관한 많은 報告들은 현재 施設栽培에 있어서 생산성 향상과 에너지 節約을 위한 재배관리에 상당한 기여를 하고 있는데 作物을 恒溫보다 變溫處理할 때 生長이 양호하다는 報告가 많다.[3,4,8] Slack 等[16]은 오이에서 다양한 組合의 變溫處理를 한 결과 일교차의 영향은 없고 移植後 初期에 15.5~22.6℃범위내에서 24시간의 平均氣溫 1℃증가는 4週까지 0.82kg/m², 全體收量은 1.17kg/m²까지 증가했다고 報告했다. 夜溫 20℃에서는 光合成産物의 移行은 빠르나 呼吸에 의하여 系外로의 放出이 많으며, 14℃에서는 반대로 移行은 느리나 消耗가 적어 最終蓄積量이 많아 育苗期에 한해서 夜溫을 작물의 생육에 지장이 없는 한도내에서 낮게 유지하는 것이 유리하다고 하였다.

土壤溫度의 低下는 根의 水分 및 養分吸收를 沮害하는데 이것은 水分의 粘性增加와 細胞膜의 透過性이 沮害되기 때문이라고 했으며, 低溫에서 葉의 萎凋가 일어나는 機作을 水分吸收 中止, 細胞膜의 透過性 增大로 인한 水分 消失에 기인한 것이라고 하는데, 이와 유사한 결과가 오이, 토마토, 상추 및 고추 등의 園藝作物에서 報告되었다.[1,5,6]

本 實驗은 고추 幼苗의 生長, 光合成, 呼吸, 養水分吸收에 미치는 溫度 및 晝夜變溫의 影響을 究明하여 고추 施設栽培시 온도관리의 問題點을 밝히고 앞으로의 고추 시설육묘시 晝夜 溫度管理의 合理的 改善方向을 모색하기 위하여 遂行하였다.

材料 및 方法

1. 溫度別 水分吸收 및 養分吸收 變化

1994年 3月 12日 催芽된 種子(새마을 금장고추, 興農種苗)를 38cm × 47cm × 9cm의 播種床의 버미큘라이트에 播種하여 晝間 26℃, 夜間 20℃ 및 照度가 20klux로 조절되는 植物生長箱에서 4葉期까지 生育시킨후 균일한 個體를 선발하여 1次根을 지제부에서 1cm를 남기고 斷根한 후 水耕液(Hoagland 液 1/4濃度) 공급하에서 新根이 발생한 이후까지 정상생육을 시켰다. 5℃, 12℃, 25℃로 조절되는 生長箱에서 5ℓ의 용기에 Hoagland液(1/2濃度)을 공급하고 반복당 5個體씩 재식하여 完全任意 3反復으로 배치하여 시험을 遂行하였는데, 養分吸收量을 측정하기 위해 水耕液은 매 2日마다 交換하였으며, air compressor로 酸素를 供給하였고, 용기외로의 수분이탈을 막기 위해 알루미늄호일로 容器를 거의 密閉하였다. 水分吸收量은 水耕液의 減少量을 測定하였고, 養分吸收量은 처리후 1, 2, 4日에 水耕液中의 養分의 濃度를 測定하여 각각 算出하였다. NO_3^-, K^+는 ion electrode(Orion 901)로 測定하였고, 燐酸은 atomic absorption spectrophotometer를 이용하여 3反復 測定하였다.

2. 溫度別 光合成 能力 및 呼吸

溫度에 따른 고추의 光合成과 呼吸의 變化를 알아보기 위하여 4엽기의 고추유묘를 공시하여 酸素電極을 사용 葉身組織은 光合成能과 呼吸量을 測定하였고, 뿌리조직은 呼吸을 測定하였다. 測定溫度는 葉身과 뿌리 모두 5, 10, 15, 20 및 25℃로 하였고, 酸素電極은 recorder가 부착된 oxygen electrode meter(YSI Co., Ohio, USA)를 사용하였다. 反應溶液은 0.5mM $MgCl_2$, 0.1mM $CaSO_4$를 포함한 50mM K-phosphate 緩衝溶液(pH 7.2)을 사용하였고, 光合成能은 0.625mM $NaHCO_3$를 가하여 300㎛Em^{2}sec^{-1}의 光度(tungsten lamp)下에서 反應시켰으며, 呼吸은 暗條件下에서 測定하였다. 光合成能 및 呼吸測定은 각각 3反復으로 하였으며, 1反復當 組織切片은 10個體로 하였다.

3. 晝夜變溫에 따른 幼苗生長

고추의 幼苗生長에 영향하는 溫度週期(thermoperiodicity)의 效果를 알고자 상이한 溫度週期로 Table 1에서와 같은 組合으로 生長箱內에서 실시하였다. 供試된 苗는 시설내에서 육묘하여 6葉이 전개될 때, 草長이 8~9cm정도되는 균일한 苗를 선발하여 2週동안 재배하였는데 調査內容은 草長, 葉數, 葉面積 및 器官別 乾物重이었고, 調査는 1週간격으로 2회에 걸쳐 수행하였다. 측정된 자료로 變溫處理 組合에 따른 生長反應과 乾物分配率 등을 計算하여 溫度效果를 分析하였다.

Table 1. Combinations of day and night temperature for test of thermoperiodicity effect on the growth of red pepper.

Treatment		Night temp.(℃)	Day temp.(℃)	Day length(hrs)	Remarks
1	1	5	10	12	Light intensity:
	2	5	15	12	15,000Lux
	3	5	20	12	CO_2 : 330PPM
	4	5	25	12	RH : 70%
2	1	15	15	12	
	2	15	20	12	
	3	15	25	12	
	4	15	30	12	
3	1	25	15	12	
	2	25	20	12	
	3	25	25	12	
	4	25	30	12	

結果 및 考察

1. 溫度別 水分 및 養分吸收

生長箱內에서의 溫度別 水分 및 N, P, K의 養分吸收量의 變化를 나타낸 것은 表 2와 같다. 온도에 따라서 養水分吸收量은 현저한 차이를 보여주고 있다. 25℃처리에 비해 12℃처리는 약 50%의 水分吸收 減少가 있었고, 5℃에서는 水分吸收가 거의 이루어지지 않고 있다. 溫度低下에 따라 養分吸收量의 減少는 水分吸收보다도 더욱 뚜렷하여 12℃하에서는 25℃의 1/3수준을 나타내었다. NO3-는 25℃에 비하여 12℃에서 27.2%밖에 吸收가 되지 않았으며, 5℃에서는 5.8%로 低下되었

다. 燐酸의 경우 기온이 12℃로 저하되면 33.3%, 5℃에서 11.1%로 각각 감소되었으며, 加里도 각각 30.6%, 7.4%로 온도저하에 따라 吸收量이 크게 감소하였다. 특히 NO_3^-가 P, K보다 溫度의 低下에 따른 吸收量의 감소가 더 큼을 알 수 있었고, 고추 뿌리의 水分 및 養分吸收代謝는 5℃내외에서는 거의 정지하는 것으로 사료되나 임계온도에 관해서는 상세한 검토가 필요하다.

Thomas 等[23]은 고추에서는 窒素要求에 가장 민감한 부분은 완전전개된 幼葉이며 葉組織內 燐酸濃度는 窒素含量과 植物의 發育段階에 따라 달라진다고 하였다. Hori 等[11]은 토마토의 水耕栽培時 溫度에 따른 養分吸收가 15℃에서 30℃까지는 營養吸收와 地上部 生長이 溫度增加에 따라 增加하며, 高溫쪽에서 N, P, K의 吸收가 높고, 低溫에서는 NH_4의 相對吸收가 높으며 Ca^{++}나 Mg^{++}는 뚜렷한 傾向이 없다고 하여 本 實驗과 유사한 결과를 보였다.

Table 2. Effects of temperature on the uptake of water, N, P and K by red pepper seedlings per plant

Temp.(℃)	Water		No_3^-		Phosphorus		K^+	
	g	index	ppm	index	mM	index	ppm	index
25	19.66a	100.0	10.28a	100.0	0.09a	100.0	7.18a	100.0
12	9.93b	50.0	2.80b	27.2	0.03b	33.3	2.20b	30.6
5	1.31c	6.7	0.60b	5.8	0.01c	11.1	0.53c	7.4

* Mean separation within columns by DMRT, at 5% level.

2. 溫度別 光合成 및 呼吸

고추幼苗에 대한 溫度別 葉의 光合成 및 呼吸과 根呼吸을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 葉의 光合成은 온도가 증가할수록 증가하여 25℃에서 가장 크게 나타났으며, 呼吸은 葉과 根에서 모두 20℃ 이하에서는 호흡량이 적었으나, 온도가 높아질수록 增加되는 경향이었다. 光合成에서 呼吸을 뺀 값(純同化)이 가장 큰 溫度는 25℃로 나타났는데 대체로 20℃~25℃범위에서 순동화가 컸다. 그러나 10℃이상에서는 呼吸增加率보다는 光合成 增加率이 작게 나타나고 있음을 볼 수 있어 適溫범위 이하에서는 溫度가 光合成에 특히 중요함을 알 수 있다.

作物은 溫度에 따라 氣孔의 開閉가 調節되는데, Martin 等[13]은 低溫에서 細胞間 CO_2濃度가 增加하면 氣孔抵抗이 급격히 커진다고 하였으며, 高野[18]는 K^+吸收가 NO^-吸收에 의존해서 이루어지며 體內의 有機物 生成과 관련이 크다고 하였고, 특히 K^-은 直接的으로 光合成産物 傳流를 助長시켜 光合成을 促進하는 것으로 報告되고 있다.[2,10] 따라서 Table 2와 Fig. 1에서 나타난 바와 같이 25℃

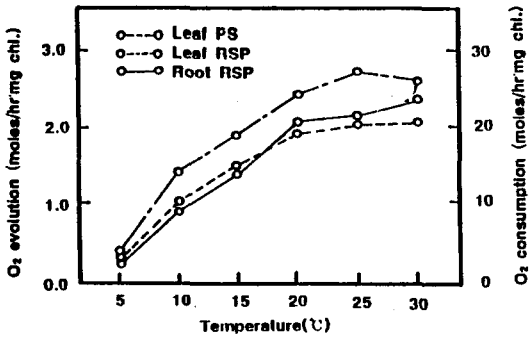

Fig. 1. Differences in photosynthetic capability (PS), leaf respiration(RSP) and root respiration(RSP) as affected by temperature of red pepper seedlings.

에서의 K^+ 및 NO_3^-의 吸收量의 增加가 光合成의 增加를 促進하며, 氣孔開閉時 孔邊細胞는 K^+吸收 및 蓄積에 의해 氣孔을 開放하므로서 空氣力學的 光合成을 수행하는데 促進作用[22]을 하는 것으로 판단되었다.

3. 晝夜變溫과 幼苗生長

晝間溫度 增加에 따른 夜間溫度別 幼苗生長反應은 Fig. 2와 같다. 草長을 보면 夜間溫度를 5℃로 할 경우 晝間溫度 增加에 대한 反應은 전혀 나타나지 않고 있으며, 夜間溫度를 15℃로 올릴 경우

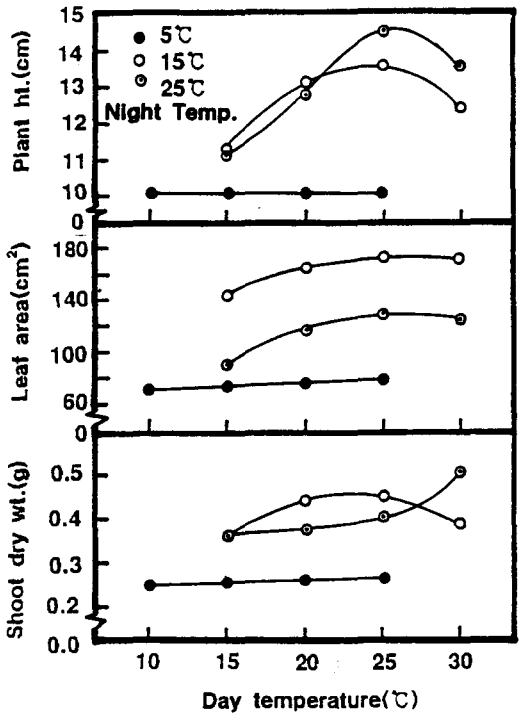

Fig. 2. Responses of day and night temperature on the plant height, leaf area and shoot dry weight of red pepper seedlings for two weeks after treatment.

最適 晝間溫度는 24℃로 나타났고, 夜間溫度를 25℃로 올릴 경우 最大草長은 晝間 26℃에서 나타나 高夜溫은 고추의 草長增加를 유도함이 분명하다. 따라서 고추幼苗時 高夜溫이 徒長의 原因으로 생각되었으며, 夜溫管理의 중요성을 시사하는 것으로 생각된다.

葉面積에 있어서는 夜溫이 5℃인 경우 增加反應이 극히 미미하며, 夜溫 15℃가 25℃보다도 높은 葉面積을 보여 葉面積 확보를 위해서 지나친 高夜溫은 불리함을 알 수 있었다. 乾物重에 있어서는 夜溫이 5℃일때는 거의 증가가 없었으며, 15℃와 25℃간에는 다소 다른 경향을 보여주었다. 夜溫 15℃에서는 晝間 25℃에서 최대를 보이고 30℃에서는 晝間溫度 增加에 따라 乾物重이 감소되었으나, 夜溫 25℃에서는 30℃에서 건물중 증가가 계속되었는데 이는 草長增大에 의한 結果로 해석되어진다. 이러한 시험의 결과는 崔 等[4]이 고추育苗期의 夜溫管理에 대하여 시설내 환경요인중 溫度條件 특히 幼苗期의 夜溫은 生育 및 結實에 크게 영향을 미치며, 夜溫 20℃가 草長, 葉面積增大에 有利하고, 高夜溫으로 고추의 育苗期間을 短縮할 수 있다고 報告한 結果와 一致하고 있다.

晝夜變溫에 따른 各 器官別 乾物分配率을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 夜間 5℃에 있어서는 晝間溫度에 관계없이 葉>根>莖 順으로 配分이 높았으나, 夜間溫度 15℃와 25℃에서는 晝間溫度에 따라 葉과 根에 配分되는 量에 차이가 있었다. 晝間 20℃까지는 葉에 配分되는 量이 감소되고 根으로의 配分이 증가되나 20℃이상에서는 다시 葉으로의 배분이 많아지고 반대로 根으로의 배분이 감소되는 현상이 나타났다. Hori 等[11]도 토마토에서 晝夜變溫에 따라 同化產物의 分配樣相이 달라지며 total export는 高氣溫, 高地溫에서 增加되며 地下部에 대한 分配는 低氣溫, 高地溫에서 높았다고 하였다. 본 실험의 결과를 보면, 야간온도 25℃에서도 야간 15℃에서와 유사한 경향이었으나 晝間溫度가 높아질수록 莖으로의 配分이 높아져 夜間溫度가 높으면 줄기의 伸長이 잘 되고, 그 결과 乾物量이 증가한 것으로 나타나 고추育苗는 高夜溫管理의 필요성이 인정되었다. 이러한 결과는 果菜類의 夜冷育苗와는 다른 견해로 취급되어지며, 특히 幼苗生長이 느린 고추에 있어서 특이적인 사실로 생각된다. 따라서 地上部 乾物重

增加를 위한 晝夜溫度는 가장 양호한 경우가 晝/夜 30/25℃이고, 그 다음이 25/15℃이며, 20/15℃와는 큰 차이가 없었다. 이상의 결과를 볼때 통상 晝間 20~25℃와 夜間 15~20℃가 適溫으로 생각되었고, 夜間 5℃는 晝間溫度에 관계없이 生長이 정지된 것은 冷害를 의미한 것으로 생각되며, 育苗時 地上部 管理는 25~30℃, 根圈部 管理는 晝間 20℃와 夜間 15~25℃가 적정범위 온도로 사료된다.

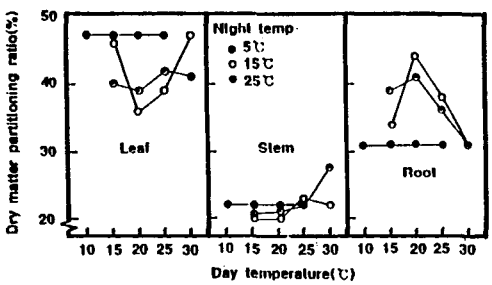

Fig. 3. Responses of night temperature in dry matter partitioning ratio by the day temperature of red pepper seedlings for two weeks after treatment.

綜合考察

溫度와 光度가 고추 幼苗生長에 미치는 영향을 보면 地上部 乾物重 增加에 가장 이상적인 晝夜溫度는 晝間 30℃, 夜間 25℃였으며, 晝間 25℃와 夜間 20℃는 晝間 20℃와 夜間 15℃間에 큰 차이가 없었다. 또한 乾物分配에 있어서도 葉으로의 配分은 20~30℃, 根으로의 配分은 晝間 20℃ 또는 夜間 15~25℃로 나타나 고추 幼苗의 器官別 乾物分配도 溫度에 따라 달라졌다. 그러나 夜間이 5℃로 낮을 경우 晝間溫度를 適溫으로 관리하여도 乾物增加가 되지 않으므로 酷寒期에 保溫性이 나쁜 시설내의 고추 生長이 크게 遲延된 것으로 推定되었다.

고추 生育限界溫度는 10℃에서 12℃까지라는 報告들이 있으나[15] 아직 확실한 實驗的 뒷받침이 없다. 그러나 葉의 光合成特性으로 보아 最大 光合成은 25℃로 나타났으며, 그 이상이나 이하의 溫度에서는 모두 減少를 보였다. 특히 10℃이하에서는 더욱 심한 감소를 보여 宋[17]의 光合成에 관한 硏究와 유사한 결과를 보여주었다. 呼吸에 있어서도 葉은 20℃까지 급격히 增加하고 30℃까지는 서서히 增加되었는데 이러한 現象은 根呼吸에서도 유사했다. 따라서 光合成에서 呼吸을 제외한 純同化는 25℃에서 最大를 보였으며, 20℃에서 25℃사이는 그 차이가 매우 적게 나타났으나 10℃ 이하에서는 呼吸量보다 光合成 減少가 크게 나타나 일정 限界溫度 이하에서는 光合成 減少가 고추의 生長을 지연시키는 중요한 因子로 추정되었다. 이러한 結果는 溫度와 光合成 關係에 관한 많은 實驗報告에서와 類似하였는데 보다 정확한 生理的 機作과 反應은 다양한 環境組合別 反應을 검토할 필요가 있음을 示唆해 주었다.

溫度와 養水分 吸收도 정상온도로 간주한 25℃에 비하여 12℃로 溫度가 저하하면 水分吸收는 1/2로 減少하고, N, P, K의 養分吸收도 1/3로 減少함을 인정할 수 있어서 養水分吸收에 대한 溫度反應이 큼을 알 수 있었다.

摘 要

고추 幼苗의 生長, 光合成, 呼吸 및 養水分吸收에 미치는 溫度 및 晝夜變溫의 影響을 究明하기 위하여 環境調節이 가능한 生長箱內에서 實驗을 遂行한바 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. 고추육묘시 適溫으로 생각되는 25℃에 비하여 溫度가 12℃로 低下함에 따라 水分 및 N, P, K 養分吸收에 현저한 減少를 보였으며, 5℃에는 養水分의 吸收가 거의 이루어지지 않았다.

2. 葉의 光合成은 5℃에서 25℃까지는 점차적으로 增加되다가 25℃에서 最大光合成을 보였으며, 葉과 根의 呼吸은 溫度가 증가할수록 계속 增加하였다.

3. 地上部 乾物重이 가장 높은 適定 晝夜溫度組合은 晝間 30℃와 夜間 25℃로 나타났고, 晝/夜溫度 25/25℃, 30/15℃, 25/15℃, 15/25℃, 10/25

℃間에는 큰 차이가 없었으며, 夜間溫度 5℃에서는 晝間溫度에 관계없이 地上部 乾物重 增加가 거의 없었다.

引用文獻

1. Armstrong, M. J. and E. A. Kirkby. 1979. The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. Plant and Soil 52(3) : 427-435.
2. Barber, S. A. 1979. Growth requirements for nutrients in relation to demand at the root surface. The Soil-Root Interface, Academic Press. pp.5-65.
3. Camus, G. C. and F. W. Went. 1952. The thermoperiodicity of three varieties of *Nicotiana tabacum* L. Amer. J. Bot. 39(8) : 521-528.
4. 崔周星, 安鍾吉, 潘采敦. 1982. 고추 育苗期의 低溫이 生育 및 開花結實에 미치는 影響. 農試研報. 24(園藝) : 93-101.
5. Chong, P. C. and T. Ito. 1982. Growth, fruit yield and nutrient absorption of tomato plants as influenced by solution temperature in nutrient film technique. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 51(1) : 44-50.
6. Cornillon, P. 1977. The effect of root temperature on the absorption of mineral elements by the tomato. Annales Agronomiques 28(4) : 409-423.
7. Crookston, R. K., J. O'Toole, R. Lee, J. L. Ozbun, and D. H. Wallace. 1974. Photosynthetic depression in beans after exposure to cold for one night. Crop Sci. 14 : 457-464.
8. Dale, J. E. 1964. Some effects of alternating temperature on the growth of French bean plants. Ann. Bot. 28(109) : 127-285.
9. Drozdov, S. N., A. F. Titov, N. I. Balagurova and S. P. Kritenko. 1981. Thermo-resistance of cucumber seedlings and gradation of the temperature scale. Fiziologiya Resteniv. 28(6) : 1239-1224.
10. Fitzsimons, P. J. and J. D. B. Weyer. 1986. Potassium ion uptake by swelling Commelina communis guard cell protoplast. Physiol Plant. 60 : 468-475.
11. Hori, Y. and Y. Shishido. 1978. The effects of feeding time and night temperature on the translocation and distribution of 14C-assimilates in tomato plants. Acta Hort. 87 : 225-233.
12. Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press.
13. Martin, B., D. R. Ort and J. S. Boyer. 1981. Impairment of photosynthesis by chilling temperatures in tomato. Plant Physiol. 68(2) : 329-334.
14. Morris, L., C. C. Craft, W. V. Audia and M. S. Wilcox. 1958. Biochemical studies of chilling injury in sweet potatoes. Plant Physiol. 33(5) : 307-311.
15. Morris, L. 1982. Chilling injury of horticultural crops : An overview. HortSci. 17(2) : 161-162.
16. Slack, G. and D. W. Hand. 1983. The effect of day and night temperatures on the growth, development and yield of glasshouse cucumbers. HortSci. 23(3) : 16-19.
17. 宋基元. 1975. 고추의 光合成 特性에 關한 硏究. 韓園誌. 16(2) : 192-199.
18. 高野泰吉. 1987. 土壤 및 養液栽培, 組織培養에 있어 園藝作物의 無機養分 要求에 關하여. 韓園要旨. 5(2) : 4-9.
19. Taylor, A. O. 1971. Plants under climatic stress. II. Low temperature, high effects on chloroplast ultrastructure. Plant Physiol. 47 : 719-725.
20. Taylor, A. O. and J. A. Rowley. 1971. Plants under climatic stress. I. Low temperature, high-light effects on photosynthesis. Plant Physiol. 47 : 713-718.
21. Taylor, A. O., N. M. Jepsen and J. T.

Christeller. 1972. Plants under climatic stress. III. Low temperature, high-light effects on photosynthetic products. Plant Physiol. 49 : 798-802.

22. Templeman, W. G. and S. J. Watson. 1938. Growing plants without soil by nutrient solution methods. J. Ministry Agri. 45 : 771-781.

23. Thomas, J. R. and M. D. Heilman. 1964. Nitrogen and phosphorus content of leaf tissue in relation to sweet pepper yields. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85 : 419-425.

학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회는 창립초기(91년12월창립)이기 때문에 많은 재정상의 어려움을 겪고 있습니다. 특히, 전체 경비에 대한 회비의 점유율이 높기 때문에 미납된 회비에 대한 많은 회원님들의 협조를 부탁드립니다.

- 아 래 -

1. 미납회비통지 : 미납분에 대해서는 개별 통지함
2. 회 비 내 역 : 정회원 20,000원, 준회원 10,000원
   구독회원 40,000원, 종신회원 200,000원
   찬조회원 1구좌 이상「1구좌 150,000원」
3. 입 금 처 : 우체국 104075-0013391(시설환경학회)
   농협 125-01-095483(시설환경학회)
   국민은행 203-01-0863-998(시설환경학회)