

冬季 plastic house內 고추(*Capsicum annuum* L.) 育苗時
溫度와 光度가 生長에 미치는 影響

IV. 生長箱內 溫度 및 光環境 變化에 따른 生長反應

鄭淳柱 · 李範宣 · 權容雄*

전남대학교 농과대학 원예학과 · *서울대학교 농업생명과학대학 농학과

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

IV. Growth Responses Influenced by Temperatures
and Light Intensities in Growth Chamber

Chung, S. J., B. S. Lee and Y. W. Kwon*

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

*Dept. of Agro., Col. of Agri. and Life Sci., Seoul Nat'l Univ., Suwon, 441-744,
Korea

Abstract

Observations on the seedling growth of red pepper responding to different temperature(10, 20, 30°C) and light intensity(5, 15, 25 klux) were made in the growth Chamber during 7 weeks. The results obtained were as follows;

1. Best results of the combinations of temperature and light intensity were obtained from the combined treatment of 30°C and 25klux. At all of the temperature levels in this experiment, the more the light intensity is high, the more the growth is favor, but at low temperature below 20°C and low light intensity below 15 klux, the growth of red pepper seedlings was decreased markedly.

2. Multiple regression polynomial equations of the characteristics of red pepper seedlings grown in the different combinations of temperature and light intensity fitted well in the plant height, number of leaves, leaf area, stem dry weight and shoot dry weight.

3. Multiple regression polynomial equation to the shoot dry weight was partial differentiated and diagrammatized the response surface using its theoretical value. Light intensity affected more to the shoot dry weight in the temperature below 20°C but above 20°C the role of the temperature showed greatly influence however, interaction effects of light intensity and temperature showed strongly.

키 워 드 : 고추, 유묘, 온도, 광도, 성장상

Key words : red pepper, seedling, temperature, light intensity, growth chamber

緒 言

시설내 환경요인은 다양하나 調節의 주된 요인은 作物의 生長과 發育, 收量 및 品質에 관련이 깊은 光, 溫度, CO₂濃度 및 水分이라고 할 수 있다. 특히 保溫을 중심으로한 우리나라 고추 시설재배의 근본적인 문제는 冬季 外溫이 지나치게 낮다는 점이다. 따라서 온도문제를 해결하기 위한 가능한 수단으로서 시설내에 多重被覆이 불가결하다. 한편 온도문제 때문에 晝夜間 換氣가 곤란하게 된다. 그 결과 다중피복에 의한 光遮斷으로 작물이 받는 受光量이 저하되고, 시설의 밀폐로 인해 작물 주변의 大氣濕度를 飽和에 가깝게 유지하므로서 실제 다중피복에 의한 무가온 고추 시설재배에서는 低溫, 弱光 및 過濕이라는 특수한 기상조건하에서 生長하게 된다. 이들 環境要因은 고추생장에 복합적으로 영향을 미치게 되며 복잡한 상호작용을 갖기 때문에 이들 要因의 變動에 따른 고추의 生長反應을 파악하는 일은 고추 시설재배에 있어서 보다 效率의인 環境管理를 위한 情報를 제공하게 될 것으로 생각된다.

崔 등¹⁾은 시설내 環境要因으로 溫度, 光線, CO₂濃度 등 여러가지가 있으나 그 중 溫度條件, 특히 幼苗期의 夜溫은 生育 및 結實에 크게 영향한다고 하였으며, Nilwik^{7,8)}는 溫室에서 재배한 고추에 대해 溫度와 光度를 달리하여 실험한 결과 自然日長에 附加的인 照明은 葉數, 葉面積 및 乾物重의 증가를 가져왔고, 모든 溫度條件에서 長日은 葉數가 적어지고, 低溫은 葉面積이 감소된다고 하였다. 특히 附加的인 照明은 낮은 온도에서 相對生長率을 증가시킨다고 하였다. 모든 식물은 주변환경에 따라 生長과 發育反應이 달라지며 環境要因의 極值를 기억하게 되고 그 기억의 정도에 따라 다양한 形態의 生理的 反應을 나타내게 된다.

露地에서와 같이 生長箱內에서의 光과 溫度는 植物의 生長과 發育을 위한 에너지원이다. 植物에 대한 光의 效果는 光合成, 光形態形成 및 省에너지 研究의 주제가 되어왔다. 또한 溫度는 植物生長과 發育을 전반적으로 조절하

는데 箇箇 細胞의 生長과 여러기관의 發育을 調節하며 物質代謝의 모든 酵素媒介 과정에 영향을 조절한다.⁴⁾

施設栽培에 있어서 안정적으로 高品質 및 多收穫을 얻기 위해서는 시설내에서 재배되는 菜蔬의 生理作用 및 施設內 環境을 人爲的으로 制御할 필요가 있다. 이같은 관점에서 시설내 環境을 작물에 대해 최적에 가깝게 하기 위해 光度, 溫度 및 CO₂濃度 등의 조건을 변화시켜 많은 試驗이 이루어졌다. 궁극적으로 이들 環境要因을 個別的인 아닌 合理的으로서 聯關시켜 複合的으로 制御하는 것이 보다 바람직 할 것으로 생각된다.¹¹⁾

따라서 本 實驗에서는 環境의 任意的 調節이 容易한 生長箱內에서 光度 및 溫度要因의 變動에 따른 고추幼苗의 生長反應을 檢討한 結果를 報告한다.

材料 및 方法

本 研究에 사용된 供試品種은 "새마을 금강 고추"를 이용하였다. 1月 21日 催芽된 種子를 높이 12cm, 직경 15cm의 비닐포트에 播種하여 2주후 植物生長箱(YGG, 250I/W2, No. M304, Nihon Regulator, Co. Ltd., Japan)에 옮겼다.

生長箱은 晝夜恒溫 10℃, 20℃ 및 30℃, 光度는 生長箱內에 寒冷絲(220mesh)를 사용하여 5, 15 및 25klux로 달리하는 組合處理를 하여 幼苗를 生長시켰다. 日長은 晝間 8시간, 相對濕度는 90%, CO₂ 濃度는 CO₂ bombe 및 自動調節機에 의해 330ppm으로 調整하였다.

試驗區는 完全任意配置 3反復으로 1반복당 5 pot로 하였다. 幼苗의 生長은 生長箱에 넣은 후 7일간격으로 草長, 葉數, 葉面積 및 器官別 乾物重을 調査했다. 조사된 자료는 生長要素別로 2次回歸分析을 하여 環境要因에 대한 反應을 數式化하고 다시 이를 溫度 또는 光度에 대해 각각 偏微分하여 얻은 값으로 反應表面을 模型化하므로써 溫度 및 光度의 單位增加에 대한 고추 幼苗生長의 向上度를 推定하였다.

結課 및 考察

生長箱內에서 처리후 7주까지 상이한 溫度 및 光度別로 나타난 生長特性은 표 1과 같다. 草長에 있어서는 溫度와 光度間에 有意差를 인정할 수 있었으며, 30℃×25klux처리구에서 41.7cm로 가장 높았고, 온도가 낮고 광도가 낮을수록 草長이 작게 나타났다. 이러한 경향은 葉數, 葉面積에 있어서도 유사하게 나타났다. 한편 乾物重에 있어서는 기관별로 다소 차이가 있으나 대체로 온도에 관계없이 높은 광도인 25klux처리구에서 가장 높게 나타났다. 이들 결과를 종합적으로 나타낸 지상부 건물중으로 보면 30℃×25klux처리구가 가장 높았고, 다음이 20℃×25klux처리구였으며 그 다음이 30℃×15klux처리구로 나타났고, 그 이외의 組合에서는 현저한 감소를 나타냈다. 따라서 고추 幼苗生長을 위해서는 RH 90% 하에서 高溫區인 30℃와 高光度區인 25klux에서 最大生長을 보여서 시설내에 이와같은 環境條件을 실현한다고 했을때는 고추유묘에서 문제가 되는 冷害問題와 長期育苗에서 오는 문

제를 해결할 수 있을 것으로 판단되었으나 실제 그 구체적인 실현방법에는 아직도 많은 實驗 및 實證의 뒷받침이 있어야 할 것으로 생각되었다.

增井과 福島⁶⁾는 토마토가 日中 照度の 減少區에서 草長이 더 길고 葉面積이 크게 된다고 報告하였고, 金目과 板木²⁾은 plastic house에서 白色 및 黑色 寒冷絲로 遮光(100, 65, 40%)을 하고 夜間溫度(13, 8℃)를 달리하여 시험한 결과 토마토의 草長 伸長은 遮光度가 큰 경우에 對照區보다 더 크게 되고 줄기가 가늘어 빈약한 徒長苗가 되며, 특히 高夜溫區에서 그 影響이 현저하게 나타난다고 하였으나, 고추를 대상으로한 本 實驗에서는 高溫일수록 光度가 높은 처리구에서 草長과 葉面積이 크게 나타나 상이한 결과를 보였다. 또한 崔 等¹⁾은 고추의 幼苗期 夜溫은 生長 및 收量에 크게 영향을 미친다고 하였으며, 夜溫 20℃가 草長, 葉面積 生長에 유리하다고 하였으나 本 實驗에서는 30℃의 恒溫區에서 最大値를 보여 晝夜變溫에 대한 추가적인 실험이 요구되었다.

Table 1. Variations in growth characteristics of red pepper seedling as influenced by temperature and light intensity under the growth chamber at 7 weeks after emergence.

Temp. (°C)	Light intensity (klux)	Plant ht. (cm)	No. of leaves (ea)	Leaf area (cm ²)	Dry wt.(mg/plant)		
					Leaf	Stem	Shoot
10	5	11.3g	8.3d	49.9g	87.7i	51.3h	139.0h
	15	14.2f	9.7d	58.3f	129.3g	71.6g	200.9f
	30	14.5f	9.0d	54.4fg	150.7f	71.7g	222.4ef
20	5	16.3e	13.0c	152.3d	156.0e	90.2e	246.2e
	15	18.8d	13.0c	142.0e	184.3d	115.3d	299.6d
	30	23.2c	16.0v	232.7c	462.0a	286.0b	748.0b
30	5	21.2c	13.3c	127.9f	95.3b	77.3f	172.6g
	15	34.7b	19.3a	265.0b	264.3c	270.7c	535.6c
	30	41.7a	21.3a	295.4a	373.7b	461.3a	834.0a

Mean separation within columns by DMRT, 5% level.

Data were obtained at 7 weeks after treatment.

한편 고추 幼苗生長에 대한 溫度 및 光度的 影響을 解析하기 위하여 各 組合別 處理에서 處理後 7주째의 生長量을 이용하여 multiple regression polynomial로 數式化한 것이 表 2

이다. 이들 결과를 보면 調查形質中 葉乾物重을 제외하고는 數式에 큰 무리가 없이 有意性이 인정됨을 알 수 있다.

Table 2. Multiple regression polynomial in early growth responses of red pepper as a function of temperature(T) and light intensity(L) at 90 percent relative humidity regime during seedling stages.

Characteristics	Algebraic expressions	Coefficients
Plant ht.(cm)	$y=20.23+9.60T+5.10L+3.50T^2-1.12L^2+4.33TL$	0.9914**
No. of leaves(ea)	$y=14.34+4.48T+1.95L+0.52T^2-0.52L^2+1.83TL$	0.9846*
Leaf area(cm ²)	$y=177.67+87.62T+42.07L-33.85T^2-3.00L^2+40.75TL$	0.9735*
Leaf dry wt.(mg)	$y=248.59+60.93T+107.9L-89.93T^2+28.27L^2+53.85TL$	0.9407
Stem dry wt.(mg)	$y=150.21+102.45T+100.03L+3.48T^2+20.43L^2+90.90TL$	0.9913**
Shoot dry wt.(mg)	$y=398.80+163.38T+207.93L-80.45T^2+48.70L^2+144.75TL$	0.9944**

Data were obtained at 7 weeks after treatment in growth chamber.

묘의 素質을 판단하는데 가장 적절한 形질인 地上部 乾物重을 보면 $y=398.80+163.38T+207.93L-80.45T^2+48.70L^2+144.75TL$ 로 決定 係數(0.9944**)가 높았다. 數式에 나타난 것으로 보아 草長은 溫도와 光度的 영향이 크며 葉數도 유사한 反應을 보였으나, 葉面積, 葉乾物重 및 莖乾物重은 오히려 溫度效果가 큰 것으로 나타났다. 따라서 生長點의 分化, 즉 細胞分裂에 관계된 形質의 生長에는 溫度가 光度보다 重要하고, 乾物重 增加에는 光度和 溫度間의 光合成 對 呼吸의 均衡이 문제인 것으로 생각되었다.

한편 幼苗生長에 가장 重要한 形質로 받아들여진 地上部 乾物重에 대하여 理論的인 反應值를 溫도와 光度로 각각 偏微分하여 單位溫度 증가에 대한 각각의 單位光度別 地上部 乾物重의 向上도와 單位光度 增加에 대한 각각의 單位溫度別 地上部 乾物重의 向上도를 反應表面(surface response)으로 圖式化한 것이 그림 1이다.

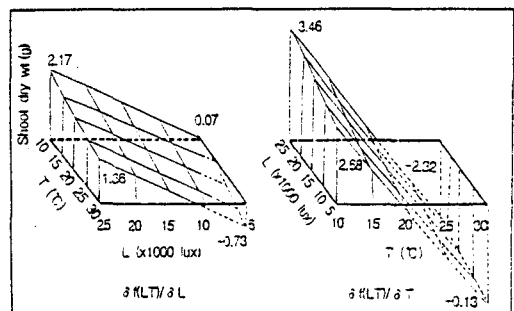


Fig. 1. Response surface of light intensity(L) and temperature(T) at 90% relative humidity on the shoot dry weight of red pepper seedlings in growth chamber.

地上部 乾物重에는 溫度보다 光度가 크게 影響을 하고 溫도와 光度的 相互作用도 큰 편이다. 相互作用은 相補의이나 乾物重 增加에 대해 20℃ 이하에서는 光度增加의 役割이

ΔT 보다 크고 20°C 이상에서는 ΔL 의 역할이 크게 나타났다. 단 10klux 이하의 弱光下에서 溫度增加는 呼吸만 증가하기 때문에 乾物이 감소된 것으로 나타나 弱光期에는 약간 低溫으로 관리하는 것이 적당하다는 報告¹⁰⁾와 일치하였다.

Ohki와 Ulrich⁹⁾에 의하면 sugarbeet는 아주 높은 溫度(30°C 이상) 또는 아주 낮은 溫度(17°C 이하)에서의 光의 增加는 作物生育에 효과적으로 이용하지 못한다고 하였으나, Nilwik^{7,8)}는 溫室에서 재배한 고추에 대해 溫도와 光度를 달리한 실험결과를 生長解析한 결과 自然日長에서의 附加的인 照明은 葉數, 葉面積 및 乾物重의 증가를 가져왔고, 低溫에서는 葉面積의 減少를 가져온다고 하였다. 특히 附加的인 照明은 가장 낮은 溫度에서 相對生長率을 增加시킨다고 하여 本實驗과 유사한 결과를 보고하였다.

따라서 冬季 plastic house내에서 多重被覆에 의한 施設育苗時에는 이들 溫도와 光度에 대한 相互關係를 잘 이용하는 것이 健苗를 育成하는데 중요한 기술이 될 것으로 생각되었다.

作物의 生育에 영향을 미치는 光의 影響은 光度(light intensity), 光質(light quality), 光의 持續時間(light duration) 등이다. 光度에 관계하는 要因으로는 緯度, 標高, 季節, 大氣의 清濁, 水蒸氣量, 오존층의 두께, 光의 入射角, 植物의 相互遮光 등이 關與한다⁴⁾.

植物은 生育에 알맞은 溫도와 CO_2 濃度條件下에서는 光合成速度는 대개의 경우 光度에 의해 規制된다. 光合成은 光이 약했을 경우에는 光度에 비례하여 光合成速度가 증가하여, 그 결과 生長量이 커지게 된다. 한편 光度가 강해지면 光合成速度의 增加는 완만해져서 어느 정도를 넘게 되면 光合成의 增加가 일어나지 않는 光飽和點에 도달하게 된다⁷⁾. 이같은 光飽和點은 熱帶原産인 사탕수수, 옥수수, 수수와 같은 C_4 식물이 溫帶原産인 벼, 보리, 담배 등 C_3 식물보다 높으며, 圃場의 生育狀態에서는 生育時期別 作物 個體群의 繁茂도와 受

光態勢에 따라서도 다르며¹²⁾, 水稻의 경우 50klux 의 光度下에서 溫도와의 關係를 보면 $18.5\sim 33.5^{\circ}\text{C}$ 사이에서는 光合成量에 거의 차이가 없으나 弱光下에서는 온도에 의한 영향이 크며 특히 高溫下에서 光合成量이 크게 나타나⁴⁾ 本研究의 實驗結果와 유사하였다.

또한 作物의 生命現象은 복잡한 生化學反應의 連鎖이므로 溫도의 영향을 크게 받는다. 細胞分裂과 伸長, 養分の 吸收, 同化와 呼吸 등의 代謝作用은 溫도의 函數로서 표현되나, 일정한 한계보다 낮은 온도 및 높은 온도는 代謝作用이 현저히 떨어져 결국은 죽게 된다. 작물에 따라 生育에 적합한 溫도의 範圍가 다르다는 것은 온도에 따라 作物의 地理的 分布가 지배되며, 동일지역에 있어서는 栽培時期와 栽培方法에 따라 결정된다⁵⁾.

이상과 같이 溫도와 光度, 이들 두 요인의 相互作用은 매우 큰 것이어서^{7,8,13,14)} 이들 關係를 生長箱內에서 검토해 본 결과 10°C 와 20°C 사이에서는 溫度보다는 光度의 영향이 크게 나타났고, 반면에 高溫으로 갈수록 즉, 20°C 와 30°C 사이에서는 光度의 效果보다 溫度가 地上部 乾物重의 증가에 크게 기여한 것으로 나타났다. 그러나 低溫쪽이나 고온쪽 어느 곳에서도 溫도와 光度는 相互作用이 크게 나타나서 이들 상호관계에 대한 研究와 適用은 실제 재배면에 활용을 기대할만한 충분한 내용임을 시사해주고 있었다. 즉 低溫期에 補光의 效果나 高溫時 遮光 등이 그 좋은 예가 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 光度의 영향에 있어서도 10klux 이하의 弱光에서의 온도증가는 光合成 增加보다 呼吸 增加만을 유도하기 때문에 실제로 乾物重을 감소시키는 결과를 가져오게 된다. 生長箱內에서의 실험결과 生長點이 分化하거나 새로운 엽이 전개되는 등 細胞分裂을 동반한 生長에는 光度보다 溫度가 더 크게 영향을 하지만 줄기, 잎 및 뿌리 등의 乾物重 增加에는 오히려 溫度보다 光度가 더욱 중요해서 乾物의 增加는 光合成과 呼吸의 均衡問題로 받아들여야 하며, 이들 環境要因에 대한 상세한 검토가 요망되었다.

摘 要

冬季 施設內 溫度 및 光度가 고추의 生長에 미치는 影響을 알기 위하여 生長箱內에서 人工적으로 溫度 3수준(10, 20 및 30°C)과 光度 3수준(5, 15 및 25klux)을 7주간 組合 처리한 결과 나타난 生長反應은 다음과 같다.

1. 生長箱內에서 고추 幼苗의 草長, 葉面積 및 乾物重의 生長은 30°C×25klux처리구에서 가장 양호했고, 각 溫度에서도 光度의 증가에 따른 生長의 增加反應이 뚜렷하였다.

2. 처리후 7주째의 生長量을 multiple regression polynomial로 數式化한 결과 草長, 葉數, 葉面積, 莖乾物 및 地上部 乾物重은 數式 固定이 적합하였다.

3. 地上部 乾物重에 대한 多重 回歸式을 光도와 溫度로 偏微分한 理論值를 이용하여 單位溫度 增加에 대한 單位光度의 向上도와 單位光度 增加에 대한 單位溫度 增加의 反應表面을 圖式化한 결과 低溫下에서의 光度增加는 地上部 乾物重 增加反應의 向上도를 크게 높였으나, 光度 10klux이하나 溫度가 20°C 이상에서는 溫度의 役割이 더 크게 나타났다. 單位光度 增加에 대한 溫度反應의 增加에서도 동일한 경향으로 나타나 溫度와 光度의 강한 相補性을 나타내었다.

引用文獻

1. 崔周星, 安鍾吉, 潘采敦, 1982. 고추 육묘기의 저온이 생육 및 개화결실에 미치는 영향. 농시연보. 24(원예) : 93-101.
2. 金目武男, 板木利隆. 1973. 施設栽培における氣,地溫條件かトマトの生育收量に及ぼす影響. 神奈川園試研報. 21:67-76.
3. 江源薰. 1981. 栽培學大要. 養賢堂. pp.89-100.
4. Langhans, R.W. 1978. A growth chamber manual - Environmental control control for plant. Cornell Univ. Press. pp.15-48.
5. 李鍾薰. 1984. 環境과 生物. 韓國環境農學會誌, 3(1):85-93.
6. 增井正夫, 福島與平. 1955. 溫室トマトの生育に及ぼす光度の影響. 靜岡大學報. 3:17-24.
7. Nilwik, H.J.M. 1981. Growth analysis of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)
1. The influence of irradiance and temperature under glasshouse conditions in water. Ann. Bot. 48:129-136.
8. Nilwik, H.J.M. 1981. Growth analysis of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)
2. Interacting effects of irradiance, temperature and plant age in controlled conditions. Ann. Bot. 48:137-145.
9. Ohki, T. and A. Ulrich. 1973. Sugarbeet growth and development under controlled climatic conditions with reference to night temperatures. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 17:270-279.
10. 송기원. 1975. 고추의 광합성 특성에 관한 연구. 한원지. 16(2) : 192-199.
11. 高橋和彦. 1977. 施設果菜の溫度管理. 位田藤久太郎編, 施設園藝の環境と栽培. 誠文堂 新光社. p. 85-108.
12. 田中孝幸. 1972. 水稻の光-同化曲線に関する研究 -- 特に受光態勢制御に関する研究, 農技研報告, A-19:1.
13. Went, F.W. 1944. Plant growth under controlled conditions.
II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. Amer. J. Bot. 31:135-150.
14. Went, F.W. 1945. Plant growth under controlled conditions. V. The relation between age, light, variety and thermoperiodicity of tomatoes. Amer. J. Bot. 32:469-479.
15. Yamada, N., Y. Murata, A. Osada and J. Iyama. 1955. Photosynthesis of rice plant(II). Proc. Crop Sci. Soc. Japan, 24(2) : 112.