

晝夜間 溫度差(DIF)處理에 의한 고추 '녹광' 플러그묘의 生長反應

임기병 · 정재동 · 오중열*

경북대학교 원예학과 · 상주산업대학교 원예학과*

Influences of DIF on Growth of *Capsicum annuum* 'Nokkwang'

Ki Byung LIM · Jae Dong CHUNG · Jung Youl OH*

Dept. of Horticulture, Kyungpook National University

*Dept. of Horticulture, Sangju National Polytechnic University

Abstract

Capsicum annuum 'Nokkwang' plug seedlings were treated with 9 different day and night temperatures to investigate on growth and differentiation in controlled environment conditions. The plant height was the most affected by day temperature and DIF and stem length was the similler results as plant height. However, Leaf unfolding rate and leaf length and width increased as average daily temperature increased. and especially fresh weight was worst at ADT was 15℃ and increased as ADT increased. In contrast with fresh weight, chlorophyll content calculated highest when ADT was 15℃, and decreased as NT increased respectively. The stem lengths were not significantly different among treatments with exception of DT/NT=15/15℃ which significantly decreased. The ultimate +DIF condition, DT/NT=30/15℃, caused high T/R ratio due to abundant top growth. It is concluded that DT is 22.5℃, and NT is ranged from 15℃ to 22.5℃ to be produced short, healthy plug seedlings in *Capsicum annuum* 'Nokkwang'.

Key words : *Capsicum annuum*, DIF, Plug seedling, stem elongation

緒 論

지금까지 농민들은 주로 자가육묘에 의존해 왔으나 농촌인구의 감소와 인건비 상승과 같은 외적인 농업환경의 변화로 인해 더 이상 자가 육묘는 어렵게 되고 있다. 따라서 많은 농민들이 종묘를 구입해서 농사를 짓고 있으며 이와함께 육묘전문 업체도 급속히 증가하고 있다. 그러나 육묘기술의 뒷받침 없이 생산된 묘는 수량을 감소시킬 뿐 아니라 그로 인한 많은 문제를 야기한다. 따라서 우리나라에서 중요한 비중을 차지하는 고추의 플러그 육묘시 강건하고 도장되지 않은 묘를 생산하기 위한 최적 육묘온도를 구명할 필요가 있다. 고추 플러그 육묘시 가장 문제가 되는 것은 고밀도 육묘가 가지고 있는 도장문제와 지상부와 지하부의 균형이다. 또한 규격묘를 적기에 생산하기 위해서는 고추의 성장량을 정량화하는 것이 필요하다. 초장을 결정하는 요인은 마디수와 절간장에 의해 결정되며, 도장된 묘의 세포를 관찰한 결과 줄기신장은 세포길이가 세포비대보다 지나치게 신장된다고 보고되어 있다²⁾. 줄기의 지나친 웃자람을 막기 위한 방법으로 화학적 방법이나 물리적 방법이 주로 사용되어 왔으나^{3, 17, 25)}, 성장억제제를 채소류에 사용한다는 것은 인체에 매우 유해할 뿐 아니라 법적으로 사용이 금지되어 있고⁴⁾, 물리적방법은 흔들어 주거나 쓰다듬어 주어야 하는데, 처리횟수를 시간대별로 자주해야 하기 때문에 인건비 문제와 이용상의 어려움, 그리고 어린 식물체에 상처를 줄 수 있다는 단점이 있다^{3, 17, 18, 19, 20, 23)}. 반면 온도를 통한 초장 조절방법은 비록 시기적 제약은 있을 수 있으나 초장 조절 방법으로서 가장 효율적인 무공해 방법이 될 수 있다^{9, 11, 13, 16)}. 따라서 이들 요소중, 절간신장에 가장 크게 영향을 미치는 온도조건을 구명함으로써 좀더 효과적인 초장조절이 가

능할 것이다. 그러나 지금까지 온도가 고추 육묘의 성장에 미치는 영향은 주로 야간온도에 집중되어 있었기 때문에 주간온도, 야간온도, 그리고 주간과 야간온도의 상호작용에 관한 연구는 드물다^{5, 6)}. 최근에 수행된 많은 연구에서 식물의 형태형성에 미치는 온도의 영향은 식물이 성장하는 온도 비례역 범위(12℃-28℃)에서 실제적인 주간온도와 야간온도의 독립적인 영향 보다는 주간온도와 야간온도의 차(DIF)가 높은 상관관계를 가지는 것으로 보고되어 있다^{9, 13, 26, 27)}.

DIF(Difference between day and night temperature)는 주간온도(DT)와 야간온도(NT)의 온도차가 줄기신장에 어떻게 영향을 미치는가에 대한 양적인 개념으로 정의된다²⁾. 줄기신장은 주간과 야간의 온도변화에 매우 민감한 반응을 나타내기 때문에 플러그묘의 도장방지를 위해서는 주,야간 온도조건들이 플러그묘의 절간신장에 미치는 영향을 조사해야 한다.

본 실험은 고추 '녹광' 품종의 플러그묘 육묘시 야기되는 도장 문제를 해결하고 절간신장의 기작을 구명함으로써 주야간 온도차(DIF)이론의 도입 가능성을 검토코자 실시하였다.

材料 및 方法

실험에 사용된 재료는 홍농종묘(주) 녹광 고추로서 1994년 9월 10일 128공 플러그 트레이에 파종하여 28℃에서 4일간 발아실에서 최아시킨 후 온실에서 관리하다가 파종 후 15일째 20-10-20 60ppm(질소기준)으로 시비한 뒤 20일째, 본엽 2매가 전개될 때 15, 22.5, 30℃로 고정된 성장상(Vision Scientific Co. Ltd. Korea)에서 표1과 같

이 처리하였다. 사용된 상토는 Sunshine #2(SunGro Inc. U.S.A)로서 상토의 EC는 0.6 mmho/cm (1 : 2 method, volume : volume basis)였고 pH는 6.8이었다. 생장상은 상대습도 70%, 고압나트륨등과 형광등을 혼합하여 13,500Lux에 고정하였고 광주기는 주간과 야간을 12시간으로 동일하게 하였다. 주 2회 100ppm(질소기준) 20-10-20 복합비료를 충분히 저면관비 하였으며, 항상 상토가 건조하지 않도록 관리하였다. 각 처리당 20개체씩 2반복으로 하고 파종후 40일째 반복당 균일한 10개체를 무작위로 추출하여 초장, 절간장, 엽수, 엽장/엽폭, 엽록소함량, 개화율을 조사하였다.

Table 1. Diagram of day and night temperature treatment represented as DIF and ADT in this experiment.

	DIF ADT	DT(°C)		
		15	22.5	30
NT (°C)	15	0	+7.5	+15
		15	18.8	22.5
	22.5	-7.5	0	+7.5
		18.8	22.5	26.3
	30	-15	-7.5	0
		22.5	26.3	30

結果 및 考察

초장 : 초장은 주간온도(DT)와 야간온도(NT)가 증가함에 따라 증가하였으나 주간온도에 더욱 의존적이었다(표 2). 야간온도의 증가에 의한 초장의 증가보다 주간온도가 증가함으로써 초장에 더욱 영향을 미치는 것으

로 나타났다. 이러한 사실은 DT/NT=15/22.5°C를 지수 100으로 보았을 때, DT/NT=22.5/22.5°C일 때는 157%, DT/NT=30/22.5°C처리는 190% 증가하였으나, 반대로 DT/NT=22.5/15°C를 지수 100으로 본다면, DT/NT=22.5/22.5°C는 107%, DT/NT=22.5/30°C는 114% 증가에 그쳤다.

DIF와 야간온도와의 관계는 야간온도가 증가할수록 초장은 증가하였으나 일평균 온도가 같고 DIF가 -에서 +로 증가할수록 초장은 급격히 증가하였다. 주간온도가 15°C이거나, 주야간 모두 15°C처리구에서는 초장신장이 매우 억제되었는데 반해 야간온도가 15°C인 처리구에서는 절간장의 급격한 감소현상은 나타나지 않았다. 이러한 결과로 보아 초장 및 절간장은 주간온도에 의해 주로 좌우되며 주간온도가 지나치게 낮은 15°C에서는 생육이 매우 불량함을 알 수 있었다. Grimstad 등¹⁵⁾은 오이의 유묘생장에 대한 온도처리에서 0DIF나 +DIF에서는 초장이 비슷하였으나 -DIF에서는 초장이 감소하였다고 보고하였으며, Agrawal 등¹⁾은 오이의 주야온도처리에서 두 품종(Poinsett and Ashley) 공히 +DIF처리가 -DIF보다 초장이 100%이상 증가하였으며, 절간수도 증가하였다고 보고하였다. 한편, Marius 등²²⁾은 토마토에서도 절간장의 길이가 +DIF가 -DIF보다 173%증가하였다고 보고하였다.

Table 2. Effect of DIF on plant height, leaf number, chlorophyll content, stem diameter during nursery period in *Capsicum annuum* L. 'Nokkwang'.

Night temp. (°C)	Day temperature(°C)							
	15	22.5	30	Mean	15	22.5	30	Mean
	Plant height(cm)				No. of leaves			
15	7.3g	14.2d	16.1b	12.4	4.2f	6.5e	7.6c	6.1
22.5	9.7f	15.2c	18.4a	14.3	6.2e	7.1d	8.9b	7.4
30	11.9e	16.2b	17.0b	15.4	7.3cd	9.4a	9.5a	8.7
Mean	9.6	15.2	17.2		5.9	7.7	8.7	
	Chlorophyll content ^z				Stem diameter ^y			
15	38.2a	35.3ab	33.4bc	35.6	1.9d	2.3ab	2.3ab	2.2
22.5	32.9bc	32.5bc	32.8bc	32.7	2.2bc	2.2bc	2.4a	2.3
30	27.9d	27.7d	31.0cd	28.9	2.2bc	2.2c	2.3ab	2.2
Mean	33.0	31.8	32.4		2.1	2.2	2.3	

^zChlorophyll content was measured by SPAD-502, Chlorophyll meter, Minolta, Japan.

^yMean separation with columns and rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

절간장 : 절간장은 전반적으로 주간온도가 증가하면서 크게 증가하나 야간온도에 의한 절간장의 영향을 보면 주간온도가 낮은 15°C에서는 야간온도가 증가함에 따라 다소 증가하나 주간온도가 22.5, 30°C에서 야간온도가 증가하면 오히려 절간장은 감소하거나 더 이상 증가하지 않았다. 이러한 현상은 주간온도가 절간신장에 매우 크게 영향을 미친다는 다른 연구자들의 보고와 일치한다^{21,12)}. 또한 DT/NT=15/15°C에서는 다른 처리구보다 절간장이 현저히 짧았는데 이는 15°C가 고추 '녹광' 품종에 있어 생육에 부적합한 온도인 것으로 판단된다. 초장의 결과와 같이 일평균온도가 같고 DIF가 -에서 0, +로 증가함에 따라 절간장이 증가되어 DIF효과가 인정되었다(그림 1). 본실험의 결과를 종합하면 고추 '녹광'의 줄기신장은 주간온도와 DIF에 의해 영향을 받으며 주간온도를 조절함으로써 절간신장을 억제할수 있다고 판단된다.

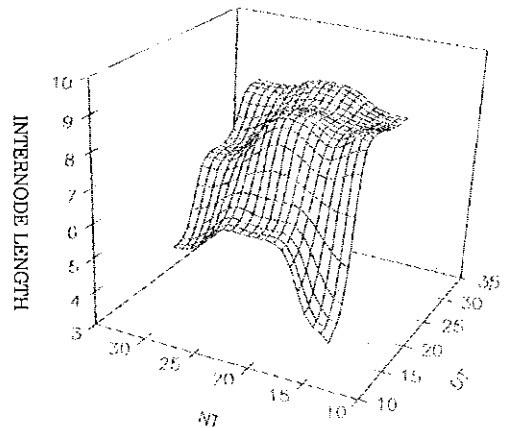


Fig 1. Effect of different day and night temperature on internode length of *C. annuum* 'Nokkwang' plug seedlings.

엽전개속도 : 주온과 야온이 엽전개 속도에 미치는 영향을 보면 주온, 야온 동일한 양상을 나타내었으며 일평균온도가 증가할수록 엽전개 속도도 촉진되었다(표 2). 주온과 야온이 증가할수록 일정기간동안의 엽형태형성은 촉진적이었으며 DT/NT=15/15℃ 처리구에서는 다른 처리구에 비해 현저한 엽형태형성의 억제작용을 나타내었다. 어떤 작물의 종은 식물이 ODIF에서 생장할 때 가장 엽전개속도가 빠른 것으로 나타났는데 *Cucumis*(오이)의 엽전개속도는 20℃ 항온에서 최대가 된다²⁴⁾. 임²¹⁾은 임파첸스, 토레니아, 백일홍, 살비아의 주야간 온도차 실험에서 엽전개속도는 일평균 온도에 의해 영향을 받는다고 보고하여 일평균 온도가 잎의 발육속도에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

엽장, 엽폭 : 엽장, 엽폭은 DT/NT=15/15

℃처리에서 다른 처리구에 비해 현저히 저하되었고 일평균온도가 증가할수록 증가하는 경향이였다(그림 2). 온도는 매우 강하게 잎의 전개에 영향을 미치는 요인으로서^{7,8,24)} 박등²⁹⁾은 고추 녹광 유묘의 온도처리 실험에서 주간온도가 높고 야간온도가 낮은 +DIF에서 가장 엽면적이 높았다고 하였으며, 옆면적과 DIF와의 정의 상관관계는 *Fuchsia*에서도 알려져 있다¹⁴⁾. 유사하게 조직배양한 감자의 옆면적에서도 DIF가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다²⁸⁾. 위에 언급한 작물 이외에 백합 엽장은 NT에 의해서만 영향을 받는 것으로 보고되었다³⁾.

그러나 이러한 보고와는 달리 본실험의 결과는 일평균 온도가 엽면적에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

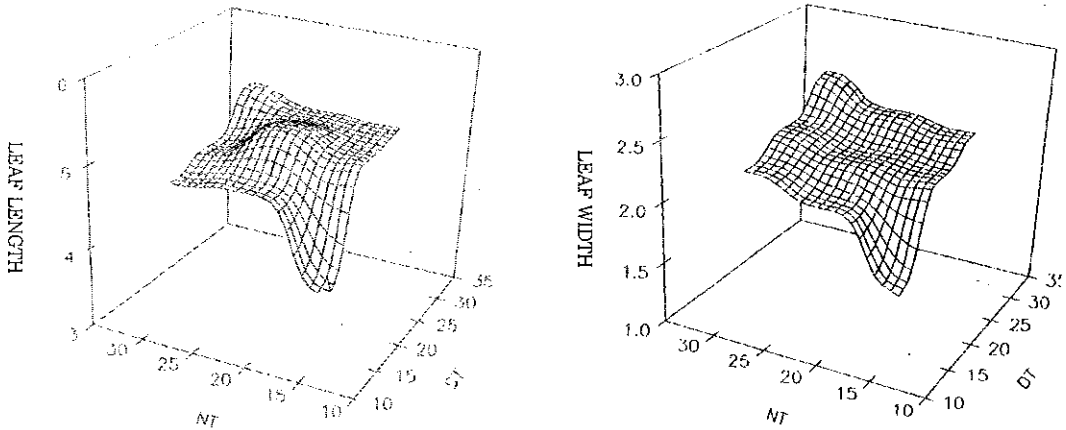


Fig 2. Effect of different day and night temperature on leaf width and length of *C. annuum* 'Nokkwang' plug seedlings.

생체중 : 생체중은 DT/NT=15/15℃ 처리구에서 현저히 저하되었고, 주간온도가 낮고 야간온도가 높은 처리구인 DT/NT=15/30℃에서도 다소 저하되는 경향이였다(그림 3).

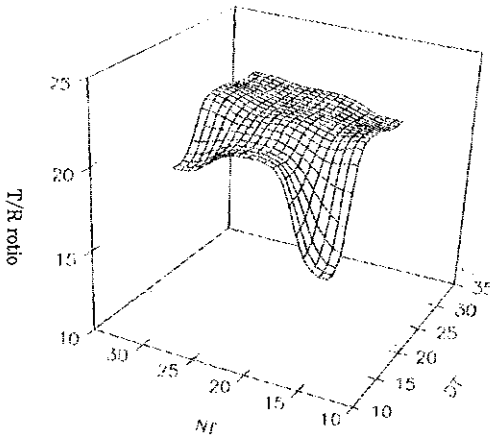


Fig 3. Effect of different day and night temperatures on fresh weight of plug seedlings in *C. annuum* 'Nokkwang'.

엽록소 함량 : 엽록소함량은 전체적으로 야간온도가 증가할수록 저하되었는데, 반대로 야간온도가 낮은 처리구는 주간온도에 관계없이 높게 나타났다. DT/NT=15/15℃ 처리구에서는 생장이 매우 억제적인 반면에 엽록소 함량은 가장 높았다(표 2). Agrawal 등¹⁾은 오이의 주야간 온도처리에서 -DIF처리구가 +DIF처리구에 비해 엽록소함량이 저하되었다고 하였고, 이와 유사한 결과는 다른 작물에서도 동일하게 나타났다^{2, 10, 16)}. Heins and Erwin¹⁶⁾ 여러 작물의 주야 온도처리에 대한 엽록소 함량을 측정하였는데, 엽록소함량은 DIF의 영향을 받으며 -DIF가 증가하면 식물은 황화현상이 가속화 되고, 특히 샬비어 (*Salvia splendens* F. Sellow ex Roem & Schult.)와 거베라(*Gerbera jamesoni* var. hybrida)가 매우 민감하다고 하였다. 이러한 황화현상은 -DIF조건의 어린잎에서 주로 발생되며, 오이의 경우 +DIF조건으로 다시

24-48시간 정도 경과시키면 정상적인 엽록소 생성이 이루어 진다고 하였다.

줄기직경 : 줄기직경은 DT/NT=15/15℃ 처리구에서만 현저히 가늘었고 다른 처리구에서는 큰 변화가 없었다. 이는 15℃에서 생육이 매우 부진했기 때문인 것으로 판단된다(표 2).

T/R 율 : T/R율은 주간온도가 30℃ 야간온도가 15℃인 처리구에서 가장 높게 나타난 반면, DT/NT=15/22.5℃ 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 전반적으로 야간온도 보다는 주간온도의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 따라서 주간온도가 지나치게 높고 야간온도는 지나치게 낮은 처리구에서 뿌리의 발육이 가장 저조하였다. 그림4에서 보는 바와 같이 뿌리발육은 주간온도가 22.5℃ 이상이면서 DIF가 +10 이상 커질 때 뿌리발달이 저하된다는 것을 의미한다(그림 4). 전체적으로는 -DIF에서 낮고 +DIF에서 높은 것으로 보아 T/R율은 DIF에 잘 반응하는 것으로 판단된다. +DIF에서 T/R율이 높은 것은 지상부가 지하부에 비해 더욱 신장한 결과로 판단된다.

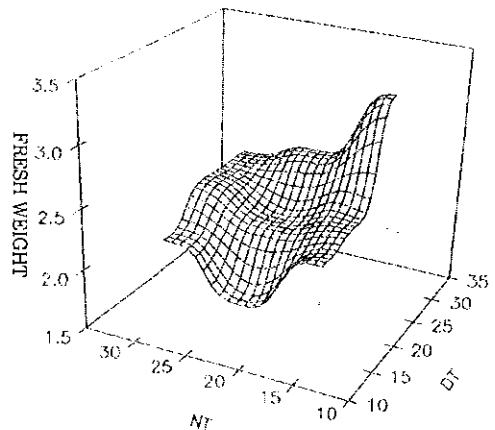


Fig 4. Effect of different day and night temperature on T/R ratio of plug seedlings in *C. annuum* 'Nokkwang'.

摘 要

고추 '녹광' 품종의 플러그 육묘시 주야간 온도차 처리에 따른 생육조사 결과 초장은 주간온도와 DIF에 의해 영향을 받으며 절간장도 초장과 비슷한 경향이었다. 엽전개속도는 주로 일 평균 온도에 의해 좌우되었다. 엽장, 엽폭은 일평균 온도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났으며 생체중은 주야간 온도가 15℃처리구에서 가장 낮았고 일평균 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향이 었다. 생체중과는 반대로 엽록소함량은 일평균 온도가 15℃처리구에서 가장 높게 나타났으며 전체적으로는 야간온도가 증가할수록 엽록소함량이 저하되었다. 줄기 직경은 DT/NT=15/15처리구에서 가장 낮았고 다른 처리구는 비슷한 경향이었다. T/R율은 DT/NT=30/15℃(+15DIF)처리구에서 가장 높게 나타나 지상부가 지하부에 비해 과번 무됨을 알수 있었다. 따라서 녹광 고추의 플러그 육묘시 충실한 묘를 생산하기 위해서는 주간온도가 22.5℃, 야간온도는 15-22.5℃ 범위의 0DIF또는 약한 +DIF조건에서 육묘하는 것이 강건한 묘생산에 유리할 것으로 판단된다.

引用 文 獻

1. Agrawal, M., D. T. Krizek, S. B. Agrawal, G. F. Kramer, E. H. Lee, R. M. Mirecki and R. A. Rowland. 1993. Influence of inverse day/night temperature on ozone sensitivity and selected morphological and physiological responses of Cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(5):649-

- 654.
2. Berghage, R. D., N. Lownds, J. E. Erwin, and R. D. Heins. 1991. Circadian temperature effects on nutrient content of poinsettia leaves. HortScience 26:713.
3. Biddington, N. L. 1986. The effects of mechanically-induced stress in plants-A review. Plant Growth Regulat. 4:103-123.
4. Bidinotto, R. J. 1990. The great apple scare. Reader 's Digest, October.
5. 崔周星. 1980. 고추 育苗期の 夜溫이 生育 및 開花結實에 미치는 影響. 慶北大學校 碩士學位論文集 12:1-24.
6. 崔周星, 嚴永哲, 康庚姬, 李愚升. 1994. 고추 苗 素質에 미치는 苗床의 夜溫 및 育苗 日數의 影響. 韓園誌. 35(1):1-11
7. Dale, J. E. 1964. Some effects of alternating temperature on the growth of French bean plants. Ann. Bot. N.S. 28:127-135.
8. Dale, J. E. 1965. Leaf growth in *Phaseolus vulgaris*. II. Temperature effects and the light factor. Ann. Bot. 29:293-308.
9. Erwin, J. E., 1991. Thermomorphogenesis in plants. Ph.D. dissertation. Michigan State Univ., East Lansing.
10. Erwin, J. E., R. D. Berghage, and R. D. Heins. 1991a. Circadian temperature effects on plant chlorophyll content. HortScience 26:105.
11. Erwin, J. E. and R. D. Heins. 1990. Temperature effects on lily development rate and morphology from the visible bud stage until anthesis. J. Amer. Soc. Hort. Sci.

- 115:644-646.
12. Erwin, J. E. and R. D. Heins. 1995. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. HortScience 30(5):940-949.
 13. Erwin, J. E., R. D. Heins, and M. G. Karlsson. 1989b. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum* Thunb. Amer. J. Bot. 76:47-52.
 14. Erwin, J. E., R. D. Heins, and R. Moe, 1991. Temperature and photoperiod effects on *Fuchsia hybrida* morphology. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116:955-960.
 15. Grimstad, S. O., and E. Frimanslund. 1993. Effect of different day and night temperature regimes on greenhouse cucumber young plant production, flower bud formation and early yield. Sci. Hort. 53:191-204.
 16. Heins, R. D. and J. E. Erwin. 1990. Understanding and applying DIF. Greenhouse Grower 8:73-78.
 17. Jaffe, M. J. 1973. Thigmomorphogenesis : The response of plant growth and development to mechanical stimulation. Planta 114:143-157.
 18. Latimer, J. G. 1991. Mechanical conditioning for control of growth and quality of vegetable transplants. HortScience 26:1456-1461.
 19. Latimer, J. G. 1993. Mechanical conditioning of greenhouse-grown transplants. HortTechnology 3:412-414.
 20. Latimer, J. G. and P. A. Thomas. 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. HortTechnology 1:109-110.
 21. 林箕柄, 1996, 晝夜間 溫度差(DIF)에 의한 草花類 Plug 苗의 生長과 開花反應, 慶北大學校 博 士學位 論文集, pp26-28.
 22. Marius G. A., L. H. Jacobsen and J. J. Brondum. 1990. Negative DIF: The effect of temperature drop prior to daybreak on internode length of young tomato seedlings. Tidsskr Planteavl 94:503-506
 23. Miller, W. 1991. Try mechanical stress as a "natural" growth regulator. GrowerTalks 55:81-85.
 24. Milthorpe, F. L. 1959. Studies on the expansion of the leaf surface. I. The influence of temperature. J. Expt. Bot. 10:233-249.
 25. Mitchell, C. A., C. J. Severson, J. A. Wott, and P. A. Hammer. 1975. Seismomorphogenic regulation of plant growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:161-165.
 26. Moe, R. and R. D. Heins. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. ActaHort. 272:81-89.
 27. Moe, R. and R. D. Heins, and J. E. Erwin. 1991. Effect of day and night temperature alterations, and plant growth regulators on stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Morettii. Scientia Hort. 48:141-151.
 28. Kozai, T., S. Kushihashi, C. Kubota, and K. Fujiwara. 1992. Effect of difference between photoperiod and

dark period temperatures, and photosynthetic photon flux density on the shoot length and growth of potato plantlets in vitro. *J. Jpn. Soc. Sci.* 61:93-98.

29. 박한영, 손기철, 구은경, 임기병, 김병환, 1996, 주야 온도차(DIF) 처리가 고추 플러그묘의 생육에 미치는 영향. *한국원예학회지* 37(5):617-621