

## 수박의 초기 생장에 미치는 DIF의 영향

권 성 환  
전북대학교 원예학과

### Influence of DIF on Factors Associated with Growth of Young Watermelon(*Citrullus vulgaris* S.) Plant in Controlled Environments

Kwon, Sung Whan  
Dept. of Hort., Chonbuk national University, Chonju, 561-756

#### Abstract

For reducing planting distance in greenhouse grown watermelon(*Citrullus vulgaris* S.), this experiment was carried out to study the effect of DIF on stem elongation and growth.

Day temperatures ranged from 25°C to 35°C; night temperatures ranged from 25°C to 35°C at 5°C interval. Stem elongation, leaf size, dry weight and flowering were influence by day and night temperatures. Stem elongation and length of internode decrease with increasing night temperature at same day temperature. The optimums for number of leaves catagories was with day at 35°C, and flower production was the lowest at 25°C. Total leaf area meter was maximized at 35/30(DT/NT), but for size per one leave was the largest 25/25(DT/NT). Responses of leaf size per leaves were similar to that of internode length, with maximum day and night at 25°C. Total plant dry weight was the highest 35/30(DT/NT) and minimum occuring at 25/30(DT/NT). The shoot/root ratios of dry weight increased with day temperature up to 30°C and were the highest with night at 25°C. Chlorophyll contents decreased with decreasing day and night temperature.

키 워 드 : 수박, DIF, 엽록소

Key words : watermelon, DIF, chlorophyll

#### 서 언

생장 조절 물질을 사용하여, 원예작물의 초장을 적절하게 조절함으로써 상품 가치를 높였다<sup>4, 5, 6, 7, 17)</sup>. 그러나 생장 조절제의 사용은 처

리시 환경에 따라 그 반응이 다를 뿐 만 아니라 심각한 환경 오염으로 인하여 규제되고 있는 실정이다. 선진 미국이나 독일에서는 생장 조절제의 사용 억제로 인한 시설내의 작물들을 비화학적 방법으로 초장을 조절하는

방법들이 연구되고 있다<sup>1, 5, 14, 16</sup>). 그 중 주야간의 온도를 조절함으로써 절간의 신장을 조절할 수 있는데, 1944년 Went에 의하여 주간의 온도를 높이고 야간의 온도를 낮출 때 식물의 생장이 촉진된다고 보고된 이래, 1986년 처음으로 Michigan대학에서 DIF의 개념이 도입되었다<sup>8</sup>). 그러나 줄기의 신장 억제 요인은 아직도 밝혀지지 못한 상태이며, 단지 GA를 포함한 팽압, 세포의 유연성, phytochrome 등과 같은 요인들에 의하여 조절되는 것으로 추정하고 있다. DIF는 주간온도-야간온도로 정의되는데, 이에 따른 반응은 식물에 따라서 각기 다르며, 실용적인 면에 있어서는 절간은 줄이지만 엽수와 꽃눈 등, 기타 다른 요인들은 충족되어야 한다. 또한 DIF의 이용은 시설 재배에서만 가능하기 때문에 시설비가 높은 온실내에 절간을 줄일 수 있다면 더 많은 식물체를 재배함으로써 수확량을 높일 수 있다. 면적이 적은 우리나라에서 시설 재배는 경제성이 있기 때문에 급증하고 있는 상태이며, 수박 또한 시설을 이용한 축성 및 반축성 재배법이 증가되고 있는 추세이다. 하우스 재배시 일반적인 재식거리는 2.1m×1.2m이며, 수박의 암꽃은 7째 마디, 14번째 마디, 그리고 21번째 마디에 착화되는데 주로 14마디의 암꽃에 착과시키고 있다<sup>2, 19</sup>). 따라서 생육초기에 14마디가 발생될 때까지는 DIF를 이용하여 절간을 줄이고, 그 후 과일 착과 시기부터는 과일 생장에 가장 좋은 조건을 유지해 준다면 절간을 줄임으로써 토지의 이용율도 높이고, 과일의 품질도 양호할 것으로 사료되기 때문에 본 실험을 실시하게 되었다.

## 재료 및 방법

· 재료 및 DIF 처리 : 수박(*Citrullus vulgaris* S.) 종자를 9인치의 화분에 미국에서 시판되고 있는 pot용 universal soil을 채우고, 각 pot당 3개씩 파종하여 30℃에서 10일간 발아시켰다. 발아후 균일한 묘를 pot당 하나씩 남기고 나머지는 제거하여 온도를 처리하였으

며, 광은 12시간 일장으로 하고,  $2\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 으로 각 처리별 동일한 조건으로 공급하였다. 이때 1/2 배액의 Hoagland용액을 이용하여 날마다 오전에 관수하였다. 온도가 자동 조절되는 성장상(environmental growth chamber)에서 30일간 주간온도(NT)를 25℃, 30℃ 그리고 35℃, 야간온도(NT)를 25℃, 30℃ 및 35℃로 DIF값을 -10, -5, 0, 5, 그리고 10이 되도록 적용하여 4반복으로 조사하였다. 그 후 다시 확인 실험을 하여 2개의 자료를 SAS를 이용하여 통계처리하였으며 모든 실험은 미국 미네소타 대학에서 95년 3월부터 4월까지, 두 번째 확인 실험은 5월부터 7월까지 실시하였다.

30일간 처리된 +5 DIF(30℃: Day/25℃: Night)의 평균온도와 누계온도는 다음과 같이 계산하였다<sup>4, 6, 20</sup>.

총누계온도 :  $(30^\circ\text{C} \times 12\text{hr} \times 30\text{days}) + (25^\circ\text{C} \times 12\text{hr} \times 30\text{days}) = 21,600^\circ\text{C}$

평균온도 :  $\text{총누계온도} / (30\text{days} \times 24\text{hr}) = 27.5^\circ\text{C}$

· 생장 측정 : 주지의 길이는 자엽에서부터 줄기 끝까지의 길이를 조사하였으며, 주지의 절간 길이는 주지의 길이를 절간수로 나누어서 주지의 평균 절간을 조사하였고, 전체 평균 절간은 분지된 줄기의 길이를 합하여 총 절간수로 나누어 조사하였다. 처리 30일 후 건물중, 엽면적, 엽록소 함량을 조사하고, 엽수는 5일 간격으로, 착화수는 매일 조사하였다. 이때 건물중은 70℃에서 48시간 말린 후 뿌리와 줄기 부분을 나누어 측정하였으며<sup>10</sup>), 엽록소 측정은 엽조직 1cm<sup>2</sup>를 채취하여 4℃의 80% acetone에 48시간 암상태에서 탈색시킨 후, 645nm와 663nm의 흡광도를 측정하여 계산하였다<sup>11</sup>).

## 결과 및 고찰

### 1. 줄기 신장에 관한 영향

줄기 신장은 일정한 온도에서 보다는 주야 온도의 상호작용에 의해서 결정되는데<sup>18</sup>) 본

실험에서는 수박을 이용하여, 25℃에서 35℃ 사이에서 주야간의 온도를 각각 다르게 조절하여 첫번째 줄기의 신장을 조사한 결과, 주간 온도보다 야간의 온도가 높을 때 줄기의 신장은 증가되었다(Fig. 1a). 이와 반대로 주간 온도가 낮고 야간의 온도가 높을 때는 현저하게 줄기의 신장이 억제되는 경향을 보였다. 이때 주간 30℃, 야간 25℃(+5 DIF)의 처리 온도에서 가장 줄기가 긴 반면, 주간 30℃와 야간 35℃(-5 DIF)에서는 가장 짧은 줄기의 신장을 보였다. 이러한 결과는 야간 온도보다 주간 온도가 더욱 줄기의 신장을 촉진시킨 것으로 나타났다<sup>3,13)</sup>. 또한 25/25(DT/NT)에서 30/30(DT/NT)로 온도를 높일 때 16.8%, 35/35(DT/NT)로 평균온도 10℃를 높일 때는 37.3% 주지의 신장이 억제되었으며, 마디수는 이와는 반대의 현상으로 증가되어 나타났다.

주지의 절간 길이는 주간과 야간의 온도가 25℃ 일 때 4.98cm으로 가장 길었으며, 평균 온도가 가장 높은 주야 35℃ 처리에서 가장 짧게 나타났다(Fig. 1d). 모든 측지를 포함한 평균절간의 길이도 이와 유사한 경향을 보였으며, 주지에 비하여 비교적 긴 절간을 가지고 있었다(Fig. 1c). 첫 번째의 줄기신장이 2 번째와 3 번째의 줄기신장에 비하여 생장이 더욱 억제된 것은 생장이 왕성한 시기에 DIF을 처리할 때 더욱더 왜화 효과가 있다는 보고와 같은 경향이였다<sup>6,7,8)</sup>. 총 줄기절간의 평균길이는 25/25(DT/NT)에서 5.16cm, 30/30(DT/NT)은 3.41cm, 35/35(DT/NT)는 2.73cm으로 평균 온도가 높을수록 감소되었다. 주간 온도를 25℃, 30℃, 또는 35℃로 고정할 때는 DIF 값이 -10에서 +10으로 높아 짐에 따라 절간의 신장도 증가되는 경향을 보였으며, -10 DIF는 +10에 비하여 21.3%로 가장 많은 억제현상을 보였다. -5 DIF인 25/30(DT/NT)은 +5 DIF인 30/25(DT/NT)에 비하여 0.3% 절간신장이 감소되었으며, 35/30(DT/NT)=+5 DIF)는 30/35(DT/NT)=-5 DIF)에 비하여 3.6% 감소되어 나타났다.

그러나 야온이 35℃로 고정할 때는 주간의

온도에 상관없이 절간이 짧게 나타났다. 주지의 절간 수는 처리후 30일째 25/25(DT/NT)을 제외하고 모두 14마디 이상이었으며, 30/30(DT/NT)에서 자란 식물체에서 약 19개로 가장 많은 절간을 가지고 있었다(Fig. 1b).

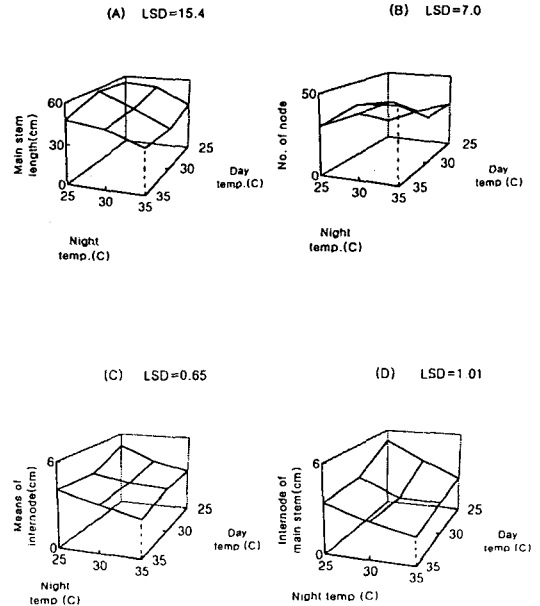


Fig. 1. Effect of different day/night temperature regimes on main stem length(A), number of node(B), means of internode (C), and internode if main stem length (D) of watermelon 30 days after temperature treatments.

## 2. 잎에 미치는 영향

처리에 따른 엽수의 변화는 Fig. 4에서 보는바와 같이 낮에 온도가 25℃로 고정되었을 때는 야간온도가 높아질수록 증가되었는데 주간 온도가 낮을 때는 야간 온도가 엽수의 증가에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 낮에 온도를 30℃로 높였을 때는 야간온도 25℃와 30℃는 증가를 보였으나 -5 DIF인 35℃

에서는 엽수가 감소되었으며, 35/30(DT/NT) 처리에서는 가장 많은 엽수가 나타났다. 엽면적은 25/25(DT/NT)에서 가장 낮고 35/30(DT/NT), 30/30(DT/NT), 30/25(DT/NT) 등이 거의 비슷하게 나타났는데, 에너지 효율면에서는 누계온도가 가장 적은 30D/25N이 효과적이었다(Fig. 2b). 엽면적은 다른 조사된 것에 비하여 증감의 차가 적었으나 엽당 평균 면적은 DIF와 관계 없이 총 누계온도가 낮을수록 증가되었다(Fig. 2c). 엽록소의 함량은 일정한 야간 온도에서는 주간 온도가 높을수록 증가되는 경향을 보였으며, DIF에 따른 엽록소 a와 b간 유의성은 없었다(Fig. 2d). 평균 온도가 같은 범위에서는 -DIF가 +DIF에 비하여 엽록소와 엽면적이 적게 나타났다. Leaf area ratio는 전체의 건물중중 엽이 차지하는 무게로써 동일한 주간 온도 25°C에서는 야간 온도가 높을수록 증가되었으며, 주간온도 35°C에서는 야간 온도가 낮을수록 증가되는 경향을 보였다(Fig. 2a).

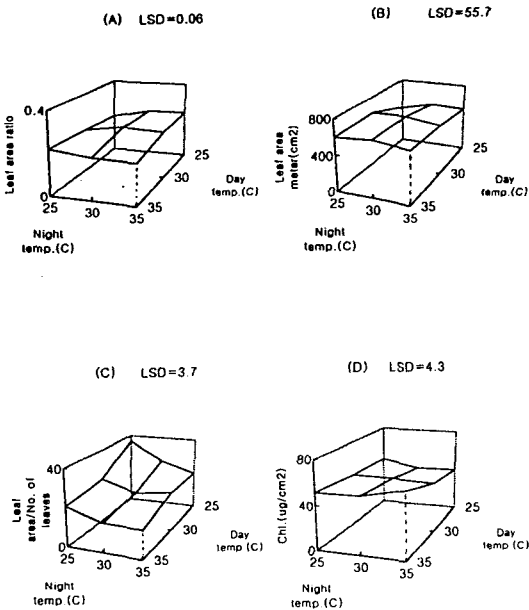


Fig. 2. Effect of different day/night temperature regimes on leaf area ratio(A), leaf area meter (B), leaf area/No. of leaves(C), and chlorophyll contents(D) of watermelon 30 days after temperature treatments.

### 3. 개화 및 건물중에 미치는 영향

주야의 온도가 개화에 미치는 영향은 Fig. 5에 나타나 있다. 동일 온도에서 +DIF에서는 개화수가 증가되었으나 -DIF에서는 개화률이 감소되는 경향을 보였다. 35/30(DT/NT) 처리구에서 가장 먼저 개화 되었으며, 또한 가장 많은 개화률을 보였고, 평균온도가 가장 높은 35((DT/NT)에서 개화된 꽃은 빨리 시들고 화경이 다른 처리구에 비하여 작았다. 반면, 낮의 온도가 낮은 25°C에서 가장 적고, 늦게 개화되었으며 특히, -10 DIF(25/35:DT/NT)에서 가장 적은 개화수를 보였다. 건물중은 식물체의 순생산량을 의미하는 것으로서<sup>21)</sup> DIF 처리시 건물중과 줄기/뿌리의 증감의 비율은 거의 같은 경향으로써 주간 온도 25°C에서는 야간온도가 높을수록, 주간 온도가 35°C 일때는 야간 온도가 낮을수록 증가되는 경향을 보였다(Fig. 3a and b). 또한 동일 평균 온

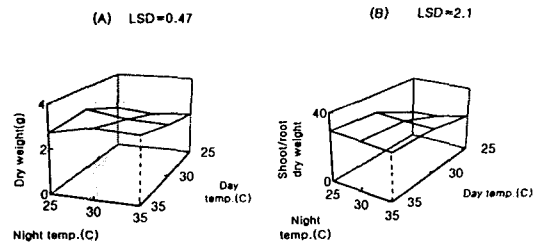


Fig. 3. Effect of different temperature regimes on dry weight(A) and shoot/root ratio (B) of watermelon 30 days after temperature treatments.

도에서는 DIF값이 낮을수록 줄기/뿌리의 비는 감소되어 나타났는데 야온은 뿌리의 성장을 더욱더 억제하기 때문으로 추정된다<sup>9, 20, 22)</sup>.

이상의 결과를 요약하면 수박은 유묘시에 도 -5 DIF와 -10 DIF에서 chlorosis가 일어나지 않고 생장이 양호하게 나타난 것으로 보아 절간을 줄이기 위하여 DIF를 적용시킬수 있으며, 시설내의 공간적인 확보에 있어서도 상당한 효과가 있을 것으로 기대된다. 그러나 예

너지 효율과 -DIF의 절간 감소효과는 전 생장기간동안 처리하는 것보다 유묘시에만 처리하는 것이 유리하다고 생각되며, 수박 과실의 효율적 생산에 미치는 영향에 대해서는 앞으로 연구할 과제로 남아있다.

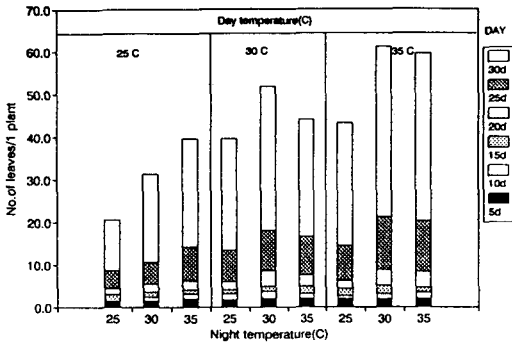


Fig. 4. Effects of different day/night temperature regimes on the number of leaves during 30 days.

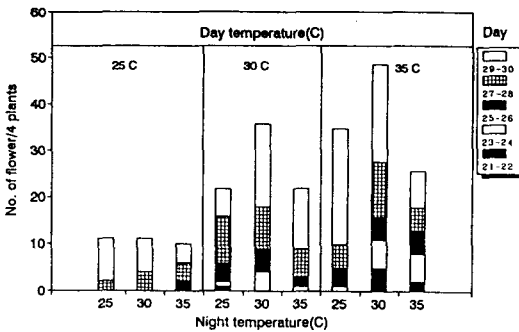


Fig. 5. Effects of different day/night temperature regimes on flowering during 30 days.

## 적 요

시설내 수박의 재식 거리를 줄이기 위하여 줄기의 신장과 생장에 대한 DIF의 효과를 조사하였다. 주야간의 온도를 각각 25℃에서 35℃까지 5℃간격으로 처리한 결과, 줄기의 신

장, 엽면적, 건물중 및 개화수는 주야의 온도에 따라서 다르게 나타났다. 줄기의 신장과 절간의 길이는 동일 주간 온도에서 야간 온도가 증가함에 따라 감소되는 경향을 보였다. 엽수는 주간 온도 35℃ 처리구에서 가장 많았으며, 개화수는 25℃에서 가장 적게 나타났다. 엽면적은 35/30(DT/NT)에서 최대를 보인 반면, 엽당 평균 면적은 25/25(DT/NT)에서 가장 큰 경향을 보였다. 엽당 엽면적과 절간의 길이는 25℃에서 최대를 보였으며, 이들은 온도의 변화에 따라 거의 같은 비율로 증가되거나 감소되었다. 건물중은 35/30(DT/NT)에서 최고를 보였으며, 25/30(DT/NT)에서 최소치를 보인 반면, 줄기와 뿌리 건물중의 비는 주간 온도 30℃ 이상에서 그리고 야간온도 25℃에서 최대를 보였다. 엽록소 함량은 주간과 야간 온도가 감소됨에 따라 감소되었다.

## 인 용 문 헌

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 response of cucumber. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(5): 649-654.
2. Buttrose, M.S. and M. Sedgley. 1978. Some effects of light intensity, daylength and temperature on growth of fruiting and nonfruiting watermelon (*Citrullus lanatus*). *Ann. Bot.* 42: 599-608.
3. Challa, E. and P. Brouwer. 1985. Growth of young cucumber plants under different diurnal temperature patterns. *Acta Hort.* 174: 211-217.
4. Cockshull, K.E., D.W. Hand, and F.A. Langton. 1981. The effects of day and night temperature on flower initiation and development in chrysanthemum.

- Acta Hort. 125: 101-110.
5. Erwin, J.E., P. Velguth, and R. Heins. 1994. Day/night temperature environment affects cell elongation but not division in *Lilium longiflorum* Thunb. J. of Exp. Bot. 45(276): 1019-1025.
  6. Erwin, J.E., R.D. Heins, and J.E. Faust. 1993. Termomorphogenic and photoperiodic responses of *Nephrolepis exaltata* 'Dallas Jewel'. HortSci. 28(3):182-184.
  7. Erwin, J.E., R.D. Heins, and R. Moe. 1991. Temperature and photoperiod effects on *Fusia x hybrida* morphology. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(6): 955-960.
  8. Erwin, J.E. and R.D. Heins. 1995. Termomorphogenic responses in stem and leaf development. HortSci. 30(5): 940-948.
  9. Haroon, M., R.C. Long, and J.A. Webrew. 1972. Effect of day/night temperature on factors associated with growth of *Nicotina tabacum* L. in controlled environments. Agro. J. 64: 509-514.
  10. Heuvelink, E. 1989. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. Sci. Hort. 38: 11-22.
  11. Hurd, R.G. and C.J. Graves. 1984. The influence of different temperature patterns having the same integral on the earliness and yield of tomatoes. Acta Hort. 148: 547-554.
  12. Koning, A.N.M. 1990. Effect of temperature on development rate and length increase of tomato, cucumber and sweet pepper. Acta Hort. 305: 51-55.
  13. Koning, A.N.M. 1990. Long term temperature integration of tomato growth and development under alternating temperature regimes. Sci. Hort. 45: 117-127.
  14. Kresten, J.H.E. and H. Andersen. 1992. Effects of high temperatures and DIF on potted foliage plants. Acta Hort. 305: 27-36.
  15. Langhans, R.W., M. Wolfe, and L.D. Albright. 1981. Use of average night temperatures for plant growth for potential energy savings. Acta Hort. 115: 31-37.
  16. Lee, C.C. T.E. Bilderback, and J.F. Thomas. 1991. Growth responses of *Heptacodium miconioides* to various photoperiods and day/night temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(4): 646-650.
  17. Malek, A.A., F.A. Blazich, S.L. Warren, and J.E. Shelton. 1992. Initial growth of seedlings of Mountain Laurel as influenced by day/night temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(5): 736-739.
  18. McAvoy, R.J. In situ plant canopy and potting medium temperatures under two greenhouse temperature regimes. HortSci. 27(8): 918-920.
  19. Srinivas, K., D.M. Hegde, and G.V. Havanagi. 1989. Plant water relations, canopy temperature, yield and water use efficiency of watermelon *Citrullus lanatus*(Thunb.) Matsum et Nakai under drip and furrow irrigation. J. of Hort. Sci. 64(1): 115-124.
  20. Van de Vooren, J. P.J.A.L. de Lint, H. Challa. 1978. Influence of varying night temperatures on a cucumber crop. Acta Hort. 87: 249-255.
  21. Vogeleezang, J., L. Cuijpers, and M.T.G. Zande. 1992. Growth regulation of bedding plants by reversed day/night temperature only? Acta Hort. 305: 37-43.