

조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향

권준국* · 강남준 · 이재한 · 강경희 · 최영하
원예연구소 시설원예시험장

Effect of Additional Early-Morning Heating Periods on the Growth and Yield of Cucumber and Heating Load

Joon Kook Kwon*, Nam Jun Kang, Jae Han Lee, Kyung Hee Kang, and Young Hah Choi
Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

Abstract. To investigate the effect of early-morning heating periods on growth and yield of cucumber and heating load in a greenhouse cultivation, three additional heating periods (0, 1 and 2 hours) were compared to rise temperature from 12°C to 16°C in the early-morning. Leaf temperature just before opening the thermal screen was 3.3°C and 4.1°C higher in the 1 and 2 hour heating compared to that in the control (0 hour heating), respectively. Photosynthetic rate, conductance to H₂O and transpiration rate of cucumber leaves were the highest in the 2 hour heating, and the lowest in the control. However, the difference between the 1 hour and 2 hour heating was not significant. Inorganic element content in cucumber leaves was not significant among the treatments of duration. Initial growth after planting of cucumber was greater in the 1 and 2 hour heating than that in the control. Yield increased by 11% and 15% in the 1 hour and 2 hour heating compared to that in the control, respectively. Fuel consumption for heating increased by 12% and 22% in the 1 hour and 2 hour heating compared to that in the control, respectively. Considering in the yield and fuel consumption for heating, 1 or 2 hours of early morning heating could be effective in temperature management for cucumber in a greenhouse cultivation.

Key words : alternating temperature, cucumber, early-morning heating, greenhouse

*Corresponding author

서 언

시설내의 온도관리는 변온관리를 하는 것이 작물의 생육을 촉진시키고 또한 난방비도 절감할 수 있다(Lee 와 Moon, 1993). 즉 작물은 해가 뜨면 광합성을 시작하지만 이 시간에 시설내의 온도는 광합성에 충분한 온도에 도달되지 못하기 때문에 해뜨기 1~2시간 전에 추가 가온을 하여 온도를 적정 수준으로 높여 줌으로써 광합성량을 최대한 증가시키고, 그리고 해가 진 후 4~6시간은 낮 동안에 광합성에 의하여 잎에서 만들어진 동화산물의 전류를 촉진시킬 수 있도록 야간온도를 적정하게 높여 주며, 전류가 끝난 후에는 호흡에 의한 양분 소모를 최소화하기 위해 작물의 생육에 지장이 없을 정도의 낮은 온도로 관리하는 것이다(Choi 등,

2001; Heuvelink, 2000; Tomohisa, 1995). 변온관리를 하면 야간에 온도를 일정하게 관리하는 항온관리에 비하여 작물에 따라 난방비를 10~17% 절감하고 수량도 5~18% 증수되는 것으로 알려져 있다(Koning, 1988; Kwon 등, 1984; Van Meurs, 1995).

일명 예비가온이라고도 불리는 조조가온은 일출 전 1~2시간을 비교적 높은 온도로 관리하는 방법이다. 작물은 일출 후 바로 광합성이 개시되지만 한참동안은 시설내가 저온이기 때문에 광합성능력이 떨어진다. 그래서 일출 전에 미리 가온을 해 줌으로써 일출과 함께 광합성을 왕성하게 하도록 하는 것이다. 백침계 오이의 변온은 16°C(전류촉진) -12°C(호흡억제) -16°C(광합성촉진을 위한 조조가온) 체계로 관리하는 것이 일반화되어 있다(Tomohisa, 1995). 현실적으로 시설오

이 재배농가들은 일출 전 조조가온을 1~2시간 정도 실시하고 있으며 일부는 실시하지 않는 농가도 있는 실정이다. 국내외적으로 변온관리에 대한 연구결과는 다수 보고되었으나 조조가온기간에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 시설오이 재배시 일출전 조조가온기간이 오이의 생육과 수량 및 난방비 절감에 어떤 영향을 미치는가를 검토하여 조조가온의 필요성 여부와 적정 조조가온기간 구명의 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

본 연구는 2002년부터 2003년 까지 2년간 시설원예시험장 실험포장에서 수행하였으며, 2002년에는 단동형하우스(W×L: 5×7 m) 3동에서, 2003년에는 3칸으로 구획된 양지봉식 유리온실(W×L: 9.8×42.6 m)에서 실시하였다.

2002년에는 ‘가락만춘’(홍농종묘) 품종을 1월 12일에, 2003년에는 ‘겨울살이청장오이’(홍농종묘)를 전년 12월 18일에 90×40 cm 거리로 각각 정식하여 토경 및 관비재배를 하였으며 수확은 2월초순부터 4월하순까지 하였다. 주지재배방법으로 정지 및 유인을 하였는데 온실내에 파이프로 지주를 세우고 플라스틱 끈과 집계를 사용하여 주지를 유인하였다.

난방은 각 동마다 온수보일러를 설치하고 난방배관을 양쪽 측면에 3열 배치하고, 온도센서와 콘트롤러를 부착하여 시간대별로 난방 목표온도를 설정하여 제어하였다. 온실 온도는 Table 1과 같이 16-12-16°C로 설정하여 관리하였다. 조조가온기간은 일출시간을 기준으로 하여 결정하였는데 조조가온 2시간의 경우 07:00~09:00을 기준시간으로 정해 놓고 월별 일출시간의 변동에 따라 조정하였다(Table 1). 난방연료 소모량은 각 난방기에 유량계이치를 장착하여 소모된 연료량을 파악하였다.

주요 조사내용은 온실내의 온도, 습도 등의 미기상 환경과, 오이의 광합성, 식물체 주요 성분, 생육 및 수량 등이다. 엽면적은 엽면적 측정계(LI-3100, Li-Cor, USA)로, 건물중은 건조기(한백과학)를 이용하여 80±2°C에서 48시간 건조한 후 측정하였다. 광합성능력, 기공전도도 및 증산량은 광합성측정기(LI-6400, LI-Cor, USA)을 이용하여 최선단으로부터 3번째 잎을 측정하였다. 측정은 오전 10시부터 10시 30분까지 3회 실시하여 처리당 10주의 평균값을 나타내었다. 잎의 T-N, K, P, Ca, Mg 등 무기성분 함량은 80±2°C에서 48시간 건조한 다음 마쇄하여 0.5 g을 100 mL 삼각플라스크에 취해서 10 mL의 분해액(H₂O 550 mL, H₂SO₄ 50 mL, HClO₄ 900 mL)을 첨가하여 습식으로 분해시킨 후 측정하였다. 전질소는 indopenol blue법, 인산은 vanadate법으로 분해하여 비색계(UV-visible spectrophotometer, Cary-100, Varian, Australia)를 이용하고, 칼슘, 마그네슘, 칼륨은 tenery solution으로 분해한 후, 원자흡광 분광광도계(SpectrAA, Varian, USA)를 이용하여 각각 정량하였다. 정식후 초기생육은 정식후 20일부터 50일까지 10일 간격으로 처리당 30주씩 작물체 전체를 뽑아 초장, 줄기길이, 엽수, 엽면적, 생체중, 건물중 등을 측정하였다. 과실의 수량은 처리당 30주(반복당 10주)에 대해 상품과와 비상품과로 구분하여 개수와 무게를 조사하였다. 시험결과는 SAS프로그램을 이용해 Duncan의 다중검정으로 통계 처리하여 평균값 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 설정 온도(조조가온기간)에 따른 온실 내 기온변화를 나타낸 것으로 측정온도는 설정치와 근사하게 비슷한 수준으로 유지되었다. 조조가온 2시간의 경우 07:00에 난방기가 가동되어 목표 설정온도에 도달하는 데는 평균 30분이 걸렸다. 즉 12°C에서 16°C

Table 1. Night and early morning temperature setpoints in the experiment.

| EMHP ^a (hr) | Night and early morning temperature setpoints |
|------------------------|---|
| 0 | 16 (sunset-22:30) - 12 (22:30-09:00) |
| 1 | 16 (sunset-22:30) - 12 (22:30-08:00) - 16 (08:00-09:00) |
| 2 | 16 (sunset-22:30) - 12 (22:30-07:00) - 16 (07:00-09:00) |

^aEarly morning heating period.

조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향

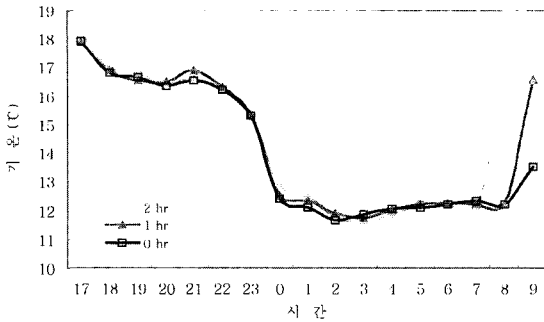


Fig. 1. Changes in air temperature in a cucumber grown greenhouse with different early morning heating periods.

Table 2. Leaf and soil temperature just before opening the thermal screen in the morning in cucumber grown greenhouses with different early morning heating periods.

| EMHP ¹ (hr) | Leaf temperature (°C) | Soil temperature (°C) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 12.5 ± 0.45 ² | 18.5 ± 0.63 |
| 1 | 15.8 ± 0.66 | 19.2 ± 0.56 |
| 2 | 16.6 ± 0.71 | 19.8 ± 0.71 |

¹Early morning heating period.

²Mean±SD, n=30.

를 상승시키는데 약 30분 소요됨을 알 수 있었다.

보온커튼을 열기직전(08:50-09:00)의 조조가온기간별 오이 식물체의 엽온을 측정해 본 결과, 조조가온을 하지 않을 경우 12.5°C였으나 조조가온 1시간은 15.8°C, 2시간은 16.6°C를 나타내었다(Table 2). 따라서 식물체의 엽온은 조조가온기간에 따라 상당한 차이를 나타내었다. 그러나 이 때의 지온은 온도차리 간에 차이가 적었는데 조조가온을 하지 않은 것에 비해 2시간 가온한 것의 지온은 약 1.3°C 높았다. 이것은 기온의 경우 상승과 하강의 변화가 빠른 데 반해 지온은 상대적으로 느리게 변하는 특성때문인 것으로 생각된다(Heuvelink, 1989).

Fig. 2는 정식 후 20일부터 50일까지 10일 간격으로 오이의 초장, 엽수, 엽면적 및 건물중을 나타낸 것이다. 조조가온을 하지 않는 것에 비해 2시간 가온한 것이 가장 초장이 길고 엽수, 엽면적, 건물중이 많았다. 그러나 생육 차이는 조조가온을 하지 않는 것과 조조가온 2시간 간에는 큰 반면, 조조가온 2시간과 1시간 간에는 근소하였다. 이러한 생육 차이는 엽온의 차이와

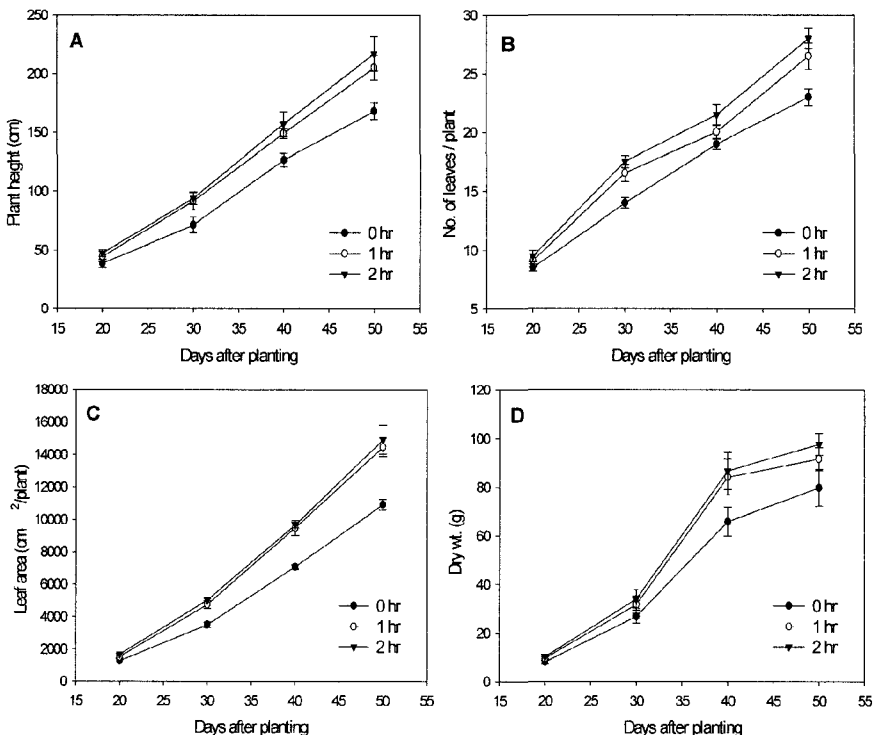


Fig. 2. Effect of early morning heating periods on the initial growth of cucumber (A: plant height, B: No. of leaves, C: Leaf area, D: Dry weight). Vertical bars represent standard deviation (n=10).

Table 3. Influence of different early-morning heating periods on the photosynthetic rate, stomatal conductance, and transpiration rate of cucumber leaves. Measurement was conducted at the 3rd leaf.

| EMHP ^z (hr) | Photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) | Stomatal conductance ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) | Transpiration rate ($\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) |
|---------------------------|--|---|--|
| 0 | 21.3 ± 1.1 ^y | 2.0 ± 0.2 | 10.0 ± 0.5 |
| 1 | 24.1 ± 0.7 | 2.1 ± 0.2 | 11.5 ± 0.2 |
| 2 | 24.9 ± 0.7 | 2.2 ± 0.2 | 11.8 ± 0.3 |

^zEarly morning heating period.

^yMean ± SD, n=10.

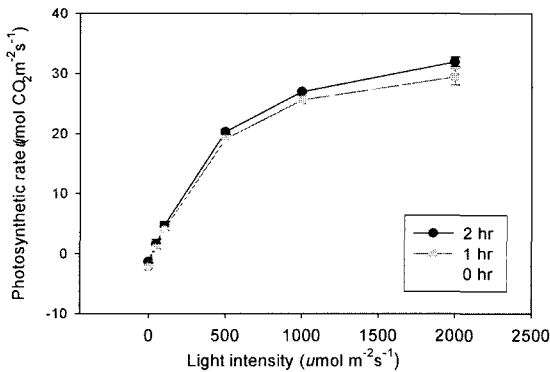


Fig. 3. Photosynthetic rate of cucumber leaves under different light intensities with different early-morning heating periods. Vertical bars represent standard deviation (n=10).

비슷한 경향을 나타내었다.

오이 잎의 광합성, 기공전도도 및 증산량은 조조가 온기간에 따라 약간의 차이를 보였는데 조조가는 2시간이 가장 왕성하였고 조조가온하지 않은 것이 가장 저조하였다(Table 3). Fig. 3의 광도별 광합성속도도 비슷한 경향을 보였다.

오이 잎의 T-N, P, K, Ca, Mg, Na 등의 무기이온 함량은 처리 간의 통계적 유의성은 없었으나 대체로 조조가온 2시간이 조조가온하지 않은 것에 다소 높은 경향을 나타내었다(Table 4).

Fig. 4는 수확이 완료되는 시점의 오이 생장량의 정

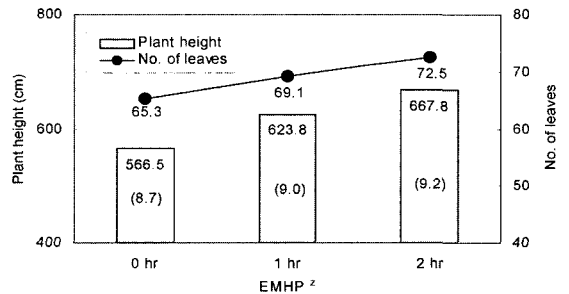


Fig. 4. Plant height and number of leaves at harvest of cucumbers grown with different early morning heating periods time. Numbers in parentheses are internode length.

^zEarly morning heating period.

도를 초장과 엽수로 나타내었다. 초장은 조조가온하지 않는 것이 566 cm인데 1시간 가온이 624 cm, 2시간 가온이 668 cm로 현저한 차이를 나타내었다. 엽수도 조조가온하지 않은 것에 비해 1시간 가온이 3.8매, 2시간 가온이 7.2매 각각 많았다. 한편 절간장은 조조가온하지 않는 것에 비해 1시간 및 2시간 가온이 0.3 cm와 0.5 cm 각각 길었다. 따라서 가온기간이 적어짐에 따라 시설내 유지되는 온도가 낮아져 작물의 절간 신장이 둔화됨을 알 수 있었다(Choi 등, 2001; Rylski, 1971).

오이의 과실 수량은 광합성이나 생육 속도와 비슷한 경향을 보였는데 과실 수나 무게 면에서 2시간 가온이

Table 4. Contents of inorganic elements of cucumber leaves at different early-morning heating periods. The 5th leaf from top was sampled.

| EMHP ^z (hr) | T-N (%) | P (%) | Ca (%) | Mg (%) | K (%) | Na (%) |
|------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 3.21 ± 0.11 ^y | 1.61 ± 0.18 | 3.17 ± 0.25 | 1.28 ± 0.05 | 3.29 ± 0.18 | 0.24 ± 0.04 |
| 1 | 3.33 ± 0.12 | 1.75 ± 0.15 | 3.25 ± 0.17 | 1.48 ± 0.09 | 3.47 ± 0.17 | 0.24 ± 0.03 |
| 2 | 3.40 ± 0.15 | 2.43 ± 0.36 | 3.44 ± 0.29 | 1.62 ± 0.12 | 4.03 ± 0.17 | 0.28 ± 0.02 |

^zEarly morning heating period.

^yMean ± SD, n=30.

조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향

Table 5. Number of fruits and fruit weight of cucumber as affected by early-morning heating periods. Fruit yield represented average production from 2002 to 2003.

| EMHP ^a (hr) | No. of fruits (ea/plant) | | | Fruit weight (g/plant) | | |
|---------------------------|--------------------------|--------------|---------------------|------------------------|--------------|---------|
| | Marketable | Unmarketable | Total | Marketable | Unmarketable | Total |
| 0 | 17.3 | 3.0 | 20.0 c ^b | 3,022 | 445 | 3,467 c |
| 1 | 19.2 | 3.1 | 22.3 b | 3,353 | 496 | 3,849 b |
| 2 | 19.9 | 3.3 | 23.2 a | 3,465 | 513 | 3,978 a |

^aEarly morning heating period.

^bMean separation within columns by Duncan's multiple test at 5% level.

가장 많았다. 즉 주당 과실 수는 조조가온하지 않은 것에 비해 1시간 가온이 11%, 2시간 가온이 16% 각각 많았고, 과실 무게도 11%와 15% 무거웠다. 비상품과 수량은 처리 간에 비슷한 수준이었다. 이에 대해서 Hurd와 Graves(1985)도 비슷한 결과를 보고한 바 있다. 따라서 조조가온을 1~2시간 실시하면 하지 않는 것에 비해 오이의 수량을 11~15% 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

오이재배에 소요된 난방연료 소모량은 조조가온하지 않은 것에 비해 1시간 및 2시간 가온이 12%와 22% 각각 많았다(Table 6). 따라서 조조가온에 의한 과실 수량의 증가분과 난방에 소요되는 연료비를 감안하여 조조가온의 필요성과 적정 조조가온기간을 판단할 수 있을 것으로 생각된다.

조조가온기간에 따른 오이 상품 수량성과 난방연료 소모량을 기준으로 경제성을 분석해 본 결과 조조가온을 하지 않는 것에 비해 소득은 1시간 가온이 16%,

2시간 가온이 19% 각각 증가함을 알 수 있었다. 물론 이러한 결과는 생산물가와 난방유가의 변동에 따라 다소 달라질 수 있다고 생각된다(Lee와 Moon, 1993).

결론적으로 오이 시설재배시 일출전에 1~2시간 동안 시설내 기온을 12°C에서 16°C로 올려 조조가온을 해 줌으로써 광합성효율 증대 및 생육 촉진으로 증수와 소득향상 효과가 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 다만 적정 조조가온기간은 가온방법, 난방기의 성능이나 용량에 따라 다르나 2시간 가온과 1시간 가온과의 효과 차이가 상대적으로 작다는 것을 고려할 때, 1시간 가온도 고려해 볼 만하다. 이는 난방유가와 생산물의 수가를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 가령 면세 난방유 가격이 낮거나 생산물 수가가 호조일 경우 2시간 조조가온이 경영상 유리하나, 난방유가가 높거나 생산물 수가가 낮을 경우는 1시간 가온이 유리해 질 수 있다.

적 요

본 연구는 조조가온기간이 시설오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향을 구명하고자, 일출전에 난방온도를 올려서 12°C에서 16°C로 올려서 가온하는 기간을 2시간, 1시간 및 0시간을 비교하였다. 보온커튼을 열기 직전(08:50~09:00)의 엽온은 조조가온을 하

Table 6. Fuel consumption for greenhouse heating as affected by early morning heating period.

| EMHP ^a (hr) | Fuel consumption (L/100/143 days) |
|------------------------|-----------------------------------|
| 0 | 2,270 |
| 1 | 2,543 |
| 2 | 2,769 |

^aEarly morning heating period.

Table 7. Economical analysis of greenhouse cucumber cultivation as affected by early morning heating periods. Fruit yield represented average production from 2002 to 2003.

| EMHP ^a (hr) | Marketable fruit yield (kg/10a) | Fruit price (won/kg) | Gross income (×1000 won/10a) | Management cost (×1000 thou. won/10a) | Net income (×1000 won/10a) |
|------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 0 | 8,311 | 1,108 | 9,209 | 4,670 | 4,539 |
| 1 | 9,221 | 1,108 | 10,217 | 4,932 | 5,285 |
| 2 | 9,529 | 1,108 | 10,558 | 5,142 | 5,416 |

^aEarly morning heating period.

지 않는 것에 비해 1시간 가온이 3.3°C, 2시간 가온이 4.1°C 각각 높았다. 오이 잎의 광합성, 기공전도도 및 증산량은 2시간 조조가온이 가장 좋았으나 1시간 가온과의 차이가 근소하였고 조조가온을 하지 않은 것은 현저히 감소하였다. 오이 잎의 무기성분함량은 유의적 차이는 없었으나 2시간, 1시간, 0시간 순으로 높은 경향이였다. 정식 이후의 초기생육은 1시간과 2시간 가온이 비슷하게 빨랐으나 조조가온을 하지 않은 것은 현저히 저조하였다. 과실 수량은 조조가온을 하지 않는 것에 비해 1시간 가온이 11%, 2시간 가온이 15% 각각 증가되었다. 연료소모량은 조조가온하지 않는 것에 비해 1시간 가온이 12%, 2시간 가온이 22% 각각 많았다. 생산물의 증수량과 연료소모량을 감안할 때 조조가온하지 않는 것에 비해 가온한 것이 경영상 유리하였다.

주제어 : 조조가온, 오이, 변온, 온실

인 용 문 헌

1. Choi, Y.H., J.K. Kwon, H.C. Rhee, D.K. Park, and J.H. Lee. 2001. Effects of night temperature on growth and yields of tomato and green pepper in the glasshouse and its impact on heating costs. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:385-388.
2. Heuvelink, E. 1989. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae* 38:11-22.
3. Heuvelink E. 2000. Present status of greenhouse crop production in Europe and its prospective in the 21st century. The international symposium on the strategy of protected horticultural industries toward 21st century, p. 51-74.
4. Hurd, R.G. and C.J. Graves. 1985. Some effects of air and root temperature on the yield and quality of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 60:359-361.
5. Koning, A.N.M. de, 1988. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 63:465-466.
6. Kwon, Y.S., Y.B. Lee, and S.K. Park. 1984. The basal establishment on agrometeorological environment for greenhouse for protected cultivation management in Korea. *Res. Rept. ORD(H)*:42-50.
7. Lee, B.I. and W. Moon. 1993. Protected horticulture. Press of Korea National Open University. p. 70-78.
8. Rylski, I. 1971. Effect of night temp. on shape and size of sweet pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98:149-152.
9. Tomohisa, T. 1995. Practical studies on environmental control of temperature and light in the protected culture. *Chiba Agri Exp. Sta. Res. Rpt.* 31:3-13.
10. Van Meurs, W.Th.M. 1995. Current implementation of hardare and soft ware. p.231-237. In: J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa, and N.J. van de Braak (eds.). *Greenhouse climate control*. Wageningen Pers, Wageningen.