

## 온수 지중가온이 참외의 근권환경 및 생육에 미치는 영향

신용섭 · 이우승\* · 도한우 · 배수곤 · 최성국  
경북농촌진흥원 성주과채류시험장, \*경북대학교 농과대학

### Effect of Root Zone Warming by Hot Water on Rhizosphere Environment and Growth of Greenhouse-grown Oriental Melon (*Cucumis melo* L.)

Shin, Y.S · Lee, W.S\* · Do, H.W · Bae, S.G · Choi, B.S  
Sungju Fruiting Vegetable Experiment Station Gyeongbug P.R.D.A. Korea  
\*College of Agriculture, Kyungpook National Univ. Taegu, Korea

#### Abstract

This experiment was conducted to investigate the effects of root zone warming on rhizosphere temperature of Oriental melon (*Cucumis melo* L. var. Makuwa) in winter season.

Root zone was warmed by hot water flowing through pipe set at 35cm depth from the ridge.

Treatments of minimum soil temperature at 20cm depth were 17, 21, 25°C, and non-warmed from Jan. 18 to Apr. 18. The results are summarized as follows.

1. The cumulative soil temperature for 1 month after planting oriental melon was 441, 558, 648, and 735°C at control, 17, 21, and 25°C plot, respectively.

2. As soil temperature was higher, air temperature in tunnel was higher. The lowest temperature in control plot at night was 9.5°C, 11.0°C in 17°C plot, 13.5°C in 21°C plot, and 16.5°C in 25°C plot, respectively.

3. The xylem exudate amount of control plot for 24 hours just after basal stem abscission was 8.1ml. It was 1.2 times higher in 17°C plot, 1.3 times higher in 21°C plot, and 4.8 times higher in 25°C plot than in control plot at 30 days after planting. The xylem exudate amount at 67 days after planting of control plot was 10.4ml, those of 17, 21, 25°C plots were 1.1, 3.2, and 3.3 times as compared to control plot.

4. Early growth in leaf length, stem diameter, leaf number and leaf area for 30 days after planting were better in higher temperature plots than in control plot. Particularly, the increase of leaf area was striking in higher temperature plots. Leaf area of control plot was 279.5cm<sup>2</sup> for 30 days after planting, 153.4% in 17°C plot, 745.6% in 21°C plot and 879.4% in 25°C plot were increased as

compared to in control plot.

주 제 어 : 참외, 지중가온, 근권온도, 근활력

Key words : oriental melon, root zone warming, rhizosphere temperature, Root activity

## 서 언

참외 시설재배의 정식시기는 12월 하순부터 1월 상순경으로 시설재배의 93% 이상이 무가온형태로 재배되고 있으며 정식시기도 매년 조금씩 빨라지는 경향이다<sup>17)</sup>. 따라서 무리한 조기정식으로 인한 정식묘의 활착지연, 생육부진, 품질 및 상품성 저하, 초기수량 감소 등 정식직후의 최적지온 유지를 위한 지하부의 근권환경은 매우 중요하다.

저온기에 생장을 촉진시키기 위해서는 양열재료를 사용하여 지온을 높여주는 방법도 이용되고 있으나 전 생육기간 동안 적정 지온의 유지 및 조절은 매우 어렵다. 또한 저온 신장성이 강한 품종의 개발이나 대목을 사용한 접목재배가 이루어지고 있지만 접목재배시에도 생육 한계온도 이하의 저지온은 초기 생육의 지연 등 많은 문제점이 있다.

지온은 양수분 흡수<sup>1,9)</sup>, 작물의 생육<sup>3,14)</sup>, 광합성<sup>6,18)</sup>, 개화속도<sup>2,15)</sup>, 수량<sup>7,12)</sup> 및 품질에 많은 영향을 미친다.

근래에 수박<sup>16)</sup>, 풋고추<sup>5)</sup>, 토마토<sup>10)</sup>, 오이<sup>11)</sup>에 대한 지중가온의 연구보고 및 수경재배에서의 근권온도의 조절에 대한 연구<sup>4,8)</sup>가 수행된 바 있으나 실용화를 전제로한 지중가온 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 최근 재배면적이 급격히 증가하고 있는 참외를 공시하여 지중가온에 따른 시설내 지온의 변화를 정밀히 조사하고 지중가온의 효과를 구명하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 경상북도 농촌진흥원 성주과채류

시험장 포장의 폭 9.0m, 측고 2.3m, 동고 3.5m, 길이 50m인 약 136평 규모의 아치형 비닐하우스내에 온수를 이용한 지중난방 장치를 설치하여 수행하였다.

공시시설은 직경 15mm의 폴리에틸렌 파이프를 180cm의 이랑에 20cm 간격으로 2열로 매설한 후, 온수보일러를 사용하여 45℃ 정도의 온수를 순환시켜 가온하는 방법을 이용하였다. 파이프 매설은 작물재배 종료후 경운작업에 지장이 없는<sup>11)</sup> 지하 35cm 부위에 매설하였다.

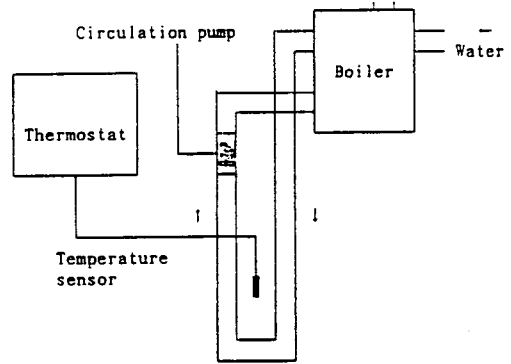


Fig. 1. Schematic diagram of soil warming and control system.

지온조절은 그림 1과 같이 지중 20cm 깊이 에 매설된 온도센서에 의해서 자동으로 조절 되도록 하였다. 시험구는 지하 20cm 깊이의 최저지온을 각각 17℃, 21℃, 25℃구 및 관행의 무지중가온구로 설정하였으며 가온기간은 1월 18일부터 4월 18일까지 일정하게 유지시켜 관리하였다.

공시품종은 성주지역에서 널리 재배되고 있는 단성화 계통의 참외 금싸라기은천을 신토좌 대목에 접목하여 완전임의배치법 3반복으로 수행하였다. 정식은 1996년 1월 18일 180cm 이랑에 45cm 간격으로 1주씩 정식하여 흑색 고밀도 필름을 멀칭하고, 야간에는 하우스내에 길이 2.4m 강선으로 소형터널을 설치하여 0.03mm 투명비닐과 12온스 보온부직포를 4월 20일까지 2중으로 피복하여 관리하고 지상부는 무가온 재배하였다.

지중가온에 따른 생육은 정식 10, 20 및 30일 후에 초장, 경경 및 엽수를 조사하였고 엽면적은 자동엽면적측정계(Delta-T)를 이용하여 측정하였다.

온도조사는 자동온도기록계(Rologg HTI)를 이용하여 조사하였으며, 뿌리의 활력은 정식 후 10일 간격으로 3회, 정식 67일후 1회로 모두 4회 측정하였는데 측정 하루 전날 2시간 동안 점적호수로 관수하여 접목부위로부터 3~5cm 사이를 절단하여 절단부위로부터 24시간 동안 배출된 목부일비액(Xylem exudate)의 양으로 측정하였다. 기타 조사는 농촌진흥청 조사기준에 의하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지온의 변화

참외 재배기간중 하우스내 지하 20cm의 처리별 최저지온의 경시적 변화는 그림 2와 같다. 무가온구의 평균지온은 1월 9.5℃, 2월 13.5℃, 3월 15.0℃ 그리고 4월 16.5℃로 일장이 길어지고 외기온이 높아질수록 상승하여 정식 초기부터 후기까지 약 7℃ 정도 증가하였다. 17℃구의 지온은 1월 17.5℃, 2월 16.5℃, 3월 17.6℃, 4월 18.0℃였으며 21℃구의 지온은 1월 21.3℃, 2월 20.6℃, 3월 21.7℃, 4월 22.4℃였고 25℃구의 지온은 1월 24.5℃, 2월 24.7℃, 3월 25.5℃, 4월 26.0℃정도로 가온구에서는 거의 변화없이 설정지온 범위내에서 유지되었다.

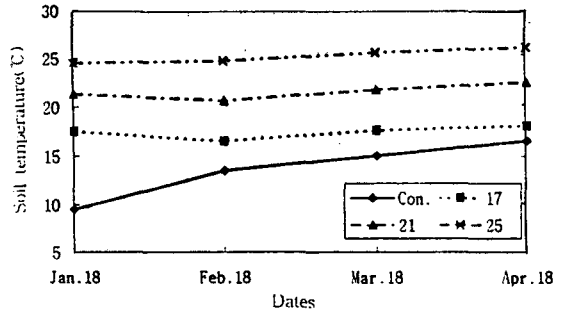


Fig. 2. Change of soil temperature at 20cm depth during the growing period of oriental melon by soil warming treatment in greenhouse.

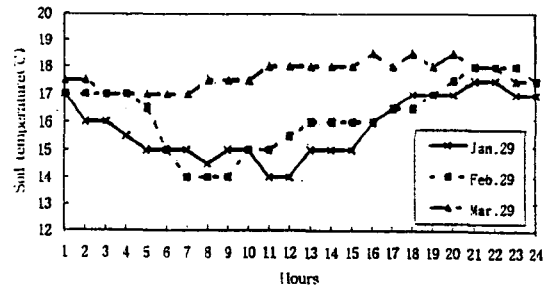


Fig. 3. Diurnal and monthly changes of soil temperature at 20cm depth in non-soil warming plot.

그림 3은 재배기간중 하우스내 무가온구의 지하 20cm 깊이 지온의 일변화를 1월 29일부터 1개월 간격으로 3회 조사한 것으로, 최고온도는 오후 8~9시 경에 나타났으며 1월 16.5℃, 2월 17.5℃, 3월 18.5℃였고, 최저온도는 오전 7~8시 경에 나타났는데 1월 14.5℃, 2월 14.0℃ 그리고 3월 17.0℃였다. 이와 같이 무가온구의 지온이 서서히 상승하는 것은 토양은 공기에 비하여 열용량이 크고 열의 전달이 느리기 때문인 것으로 판단되었다.

그림 4는 지하 20cm 부위의 정식후 30일까지의 평균지온 및 적산지온을 나타낸 것으로 지온이 높을수록 평균지온 및 적산지온이 비

례하여 증가하는 경향을 나타내었다. 무가온구의 평균지온은 14.7℃ 정도로 낮았으나 17℃구에서는 18.6℃, 21℃구에서는 21.6℃ 그리고 25℃구에서는 24.5℃ 정도로 무가온구에 비해 각각 3.9℃, 6.9℃ 및 9.8℃씩 높게 유지되었다. 적산지온은 무가온구가 441℃였으나 17℃구에서는 558℃, 21℃구에서는 648℃ 그리고 25℃구에서는 735℃로 무가온구에 비해 각각 117℃, 207℃ 및 294℃씩 높았다. 이와 같은 결과로 볼때 저온기 참외 시설재배시 정식 초기의 조기활착 및 지온의 확보를 위해서는 지중가온의 도입이 필요한 것으로 판단되었다.

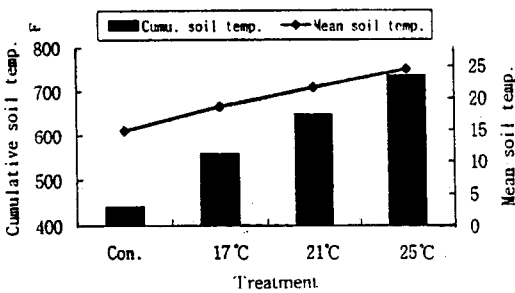


Fig. 4. Mean and cumulative soil temperature at 20cm depth for 30 days after planting by root zone warming treatment in greenhouse.

## 2. 터널내 보온효과

2월 6일부터 10일 간격으로 3회 지중가온에 따른 터널내 야간 최저 기온은 지온이 높을수록 높았는데(그림 5), 2월 6일 무가온구의 터널내 야간 최저 기온은 9.5℃인데 비하여 17℃구는 1.5℃, 21℃구는 4.0℃ 그리고 25℃구는 7.0℃ 정도 더 높았으며, 2월 16일에는 무가온구의 12.5℃에 비하여 17℃구는 0.5℃, 21℃구는 2.0℃ 그리고 25℃구는 4.5℃ 정도 높았고, 2월 26일에는 무가온구의 11.3℃에 비하여 17℃구에서는 1.5℃, 21℃구에서는 3.5℃ 그리고 25℃구에서는 5.5℃ 정도 높았다.

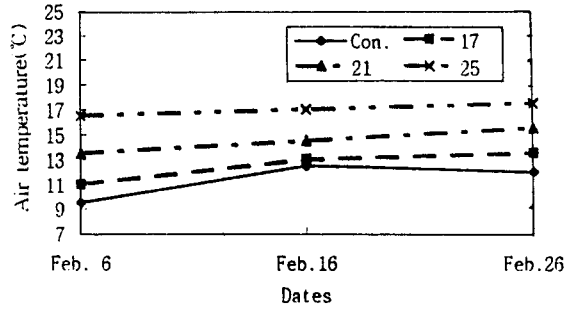


Fig. 5. Comparison of air temperature in tunnel as influenced differently by root zone warming.

평균기온은 무가온구의 11.3℃에 비해 각각 1.2℃, 3.2℃ 및 5.7℃씩 높게 유지되어 활착 및 생육이 빨랐다. 이것은 무가온구에서는 터널내 야간 기온이 낮은 반면 가온구에서는 지표면 위로 지중열이 전달되어 터널내의 기온이 상승된 것으로 판단되었다.

## 3. 참외의 생육

지중가온에 따른 참외의 초기생육을 정식후 10일부터 10일 간격으로 3회 조사한 결과 (표 1), 정식 10일 후 참외의 생육은 초장, 경경, 엽수 및 엽면적 공히 무가온구에 비하여 가온구에서 높았는데, 엽수는 무가온구의 3.7매에 비해 17℃구에서 1.0매, 21℃구에서 2.2매, 25℃구에서 3.2매 정도 많았다. 엽면적은 무가온구의 136.7cm<sup>2</sup>에 비해 17℃구에서는 큰 차이는 없었으나 21℃구 및 25℃구는 무가온구에 비하여 유의성 있게 증가하였다. 초장 및 경경은 처리간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

정식 20일 후는 경경을 제외한 초장, 엽수 및 엽면적은 지온이 높을수록 증가하였는데, 초장은 무가온구의 13.9cm에 비해 17℃구에서는 3.4cm, 21℃구에서는 9.1cm, 25℃구에서는 10.5cm 정도 증가하였고 엽수는 무가온구의 12.4매에 비해 17℃구에서는 0.6매, 21℃구

Table 1. Growth of oriental melon plant for 30 days after planting by temperature of root zone.

Days after planting	Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm <sup>2</sup> )
10	Control	11.3a'	0.5a	3.7b	136.7b
	17°C	12.8a	0.5a	4.7b	139.8b
	21°C	13.2a	0.6a	5.9ab	314.8a
	25°C	13.7a	0.6a	6.9a	394.7a
20	Control	13.9b	0.5a	12.4b	194.6c
	17°C	17.3b	0.6a	13.0ab	326.7b
	21°C	23.0a	0.6a	14.7a	339.2b
	25°C	24.4a	0.6a	16.9a	515.7a
30	Control	20.2c	0.6a	14.9b	279.5c
	17°C	38.8b	0.6a	19.6b	708.4b
	21°C	61.1a	0.7a	24.3a	2,363.4a
	25°C	63.7a	0.7a	26.3a	2,737.4a

'Means followed by the same letters are not significantly different within columns by 5% Duncan's multiple range test.

서는 2.3배, 25°C구에서는 4.5배 정도 증가하였다. 엽면적의 증가는 더욱 뚜렷하여 무가온구의 194.6cm<sup>2</sup>에 비해 17°C구에서는 67.8%, 21°C구에서는 74.3%, 25°C구에서는 165.0%가 각각 증가하였다.

정식 30일 후의 조사에서는 지중가온의 효과가 더욱 뚜렷한 차이를 보였는데, 초장은 무가온구의 20.2cm에 비해 17°C구에서는 18.6cm, 21°C구에서는 40.9cm, 25°C구에서는 43.5cm 정도 생장이 증가하였고 엽수는 무가온구의 14.9매에 비해 17°C구에서는 4.7매, 21°C구에서는 9.4매 그리고 25°C구에서는 11.4매 정도 많았다. 엽면적은 무가온구의 279.5cm<sup>2</sup>에 비해 17°C구에서는 153.4%, 21°C구에서는 745.6%, 25°C구에서는 879.4% 증가하여 참외 지중가온 재배시 초기생육 촉진효과가 뚜렷함을 알 수 있었다.

#### 4. 뿌리의 활력

지온에 따른 뿌리의 활력을 정식 10, 20, 30

및 67일 후에 참외의 지제부를 절단하여 절단면으로부터 배출된 일비액량으로 비교한 결과는 그림 6과 같다.

일비액량은 지온에 비례하여 증가되는 경향을 보였는데, 정식 10일 후 무가온구에서는 0.2ml 정도였으나 17°C구에서는 0.8ml, 21°C구에서는 1.2ml, 25°C구에서는 1.7ml 정도로 무가온구에 비해 각각 4배, 6배 및 8.5배 정도 많았다.

정식 20일 후 무가온구에서는 0.4ml 정도였으나 17°C구에서는 1.3ml, 21°C구에서는 4.9ml, 25°C구에서는 5.9ml 정도로 무가온구에 비해 17°C구는 3.2배, 21°C구는 12.2배, 25°C구에서는 14.7배 정도 많았다.

정식 30일 후에는 일비액량의 증가가 더욱 뚜렷하여 무가온구의 8.1ml에 비해 17°C구에서는 1.2배, 21°C구에서는 1.3배, 25°C구에서는 4.8배 정도 많았다.

정식 67일 후에는 무가온구의 10.4ml에 비해 17°C구에서는 1.1배, 21°C구에서는 3.2배, 25°C구에서는 3.3배 정도 많았으나 21°C구와

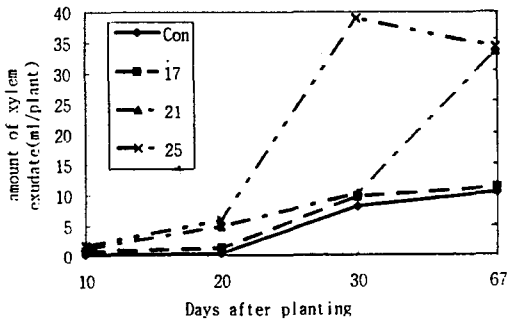


Fig. 6. Root pressure estimated by the amount of xylem exudate of oriental melon plants as influenced by root zone warming. Xylem exudate was collected for 24 hours just after basal stem abscission. Seedling was planted on Jan. 18, 1996.

25°C구간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 25°C의 경우 높은 지온으로 인한 뿌리의 활력이 저하했기 때문인 것으로 판단되었다. Wareing<sup>13)</sup>은 토마토 묘를 지온 7°C와 22°C에서 2~3일 처리한 후 목부일비액의 양을 측정 한 결과 저온구에 비하여 고온구에서 2배 정도 많았다고 하였고, Yoshida 등<sup>14)</sup>과 이<sup>15)</sup>도 오이재배시 뿌리로부터 흡수되는 수분은 낮은 지온하에서 현저하게 저하되며 지온이 증가함에 따라 흡수력이 향상된다고 하였다.

## 적 요

참외 금싸라기은천을 신토좌 대목에 호접하여 저온기 참외 시설재배시 지중가온의 효과를 구명하고자, 비닐 하우스내에 온수보일러를 설치하여 지하 35cm 부위에 15mm 엑셀과 이프를 180cm 이랑에 2열 매설한 후, 지하 20cm의 최저 지온을 17°C, 21°C 및 25°C로 설정하고 1월 18일부터 4월 18일까지 일정하게 유지 관리하여 무가온구와 비교 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 지중가온에 의한 정식 후 1개월간의 지중 20cm 부위의 적산온도는 무가온구가 441°C, 17°C구는 558°C, 21°C구는 648°C 그리고 25°C구는 735°C였다.

2. 지중가온에 따른 터널내 보온효과는 지온이 높을수록 높았는데 2월 6일 무가온구의 터널내 야간 최저 기온은 9.5°C인데 비하여 17°C구에서는 11.0°C, 21°C구에서는 13.5°C 그리고 25°C구에서는 16.5°C였다.

3. 정식 30일까지의 초기생육은 지온이 높을수록 초장, 경경, 엽수 및 엽면적이 증가하였으며 특히 고지온구에서 엽면적의 증가가 뚜렷하였다. 정식 30일 후 무가온구의 엽면적 279.5cm<sup>2</sup>에 비하여 17°C구에서는 153.4%, 21°C구에서는 745.6% 그리고 25°C구에서는 879.4% 정도 증가하였다.

4. 정식 30일 후 지제부를 절단하여 24시간 동안 채취한 목부일비액량은 무가온구의 8.1ml에 비해 17°C구에서는 1.2배, 21°C구에서는 1.3배 그리고 25°C구에서는 4.8배 많았으나 정식 67일 후에는 무가온구의 10.4ml에 비해 각각 1.1배, 3.2배 및 3.3배 많았다.

## 인용문헌

1. Bowen, G. D. 1991. Soil temperature, root growth, and plant function. In plant roots. Marcel Dekker. Inc. : 309-330.
2. Cathey, H. M. 1954. Effect of air and soil temperature on the flowering of Wedgewood iris. N. Y. State Flower Growers Bul. 106 : 3-4.
3. Cooper, A. J. 1973. Root temperature and plant growth. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crop (Research review) 4 : 1-73.
4. 최경주. 1994. 근권환경이 오이의 일비액 무기성분과 광합성에 미치는 영향. 전남대학교 박사 학위논문.
5. 최영하, 정재완, 강경희, 박동금. 1993. 하우스 풋고추 다수확재배를 위한 정지방법

- 과 지온개선에 관한 연구. 시험연구보고서(원시) : 639-644.
6. Guinn, G. and J. R. Mauney. 1980. Analysis of CO<sub>2</sub> exchange assumptions : feedback control. In predicting photosynthesis for ecosystem models. CRC Press. Boca Raton, Fla. : 1-16.
  7. Jones, D. A. G., I. Sandwell, and C. J. W. Talent. 1978. The effect of soil temperature when associated with low air temperatures on the cropping of early tomatoes. Acta. Horticulturae 76 : 167-171.
  8. 장병춘. 1993. 근권온도와 용존산소가 양액재배채소의 양분흡수 및 생장에 미치는 영향. 전북대학교 박사학위논문.
  9. Kramer, P. J. 1983. Water relations of plants Academic Press, New York. pp. 489.
  10. 김영봉. 1987. 과다시비 및 지온이 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문.
  11. 이재욱. 1994. 온수지중가온이 동계 시설오이의 근권환경, 생육 및 수량에 미치는 영향. 경북대학교 박사학위논문.
  12. Maher, M. J. 1978. The effect of root zone warming on tomatoes grown in nutrient solution and two air temperatures. Acta Horticulturae 82 : 113-120.
  13. Menhenett, R. and P. F. Wareing. 1975. Possible involvement of growth substances in the response of tomato plants(*Lycopersicon esculentum* Mill.) to different soil temperature. J. Hort. Sci. 50 : 381-397.
  14. Merritt, R. H. and H. C. Kohk. 1982. Effect of root temperature and photoperiod on growth and crop productivity efficiency of petunia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(6) : 997-1000.
  15. Mortensen, L. M. 1982. Growth responses of some greenhouse plants to environment. II. The effect of soil temperature on *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Scientia Horticulturae 16 : 47-55.
  16. 엄영철, 이재한, 박동금. 1993. 지온 및 기온이 수박의 생육 및 품질에 미치는 영향. 시험연구보고서(원시) : 645-648.
  17. 신용습, 연일권, 최성국, 도한우. 1995. 성주지역 박과채소 재배단지 현황조사. 경북농촌진흥원 시험연구 보고서. pp. 904-910.
  18. Walsh, K B. and D. B. Layzell. 1986. Carbon and nitrogen assimilation and partitioning in soybeans exposed to low root temperatures. Plant Physiol. 80 : 249-255.
  19. Yoshida, S. and H. Eguchi. 1989. Effect of root temperature on gas exchange and water uptake in intact roots of cucumber plants(*Cucumis sativus* L.) in hydroponics. Biotronics 18 : 15-21.