

The Growth of Cucumber and Variation of Soil Temperature Used by Warming Water Irrigation System

Kim, Tae-Wook* · Kim, Jin-Hyun

School of Mechanical Eng., Sangju National Univ., Sangju 742-711, Korea

Abstract

A soil temperature was known as extremely important factor in terms of measuring the values of the growth and yield of vegetable in the greenhouse. A low temperature water irrigation was had much trouble in its growth. This study was performed to analyze the effect of the heating water irrigation on the soil temperature and the growth of a cucumber within a greenhouse environment. Soil temperature was 5-7°C below to 10 cm in depth and 2-3°C to 20 cm when the irrigation water temperature was 13°C (non-warmed water irrigation). Soil temperature was similar to irrigation water temperature at 5 cm in depth and was 1.5-2°C below at 10 cm when the irrigation water temperatures were 20°C, 25°C. The early growth rates of heating water irrigation were 109-110% in plant height, 107-108% in leaf number, 103% in node number compared with those of unheated water irrigation for 30 days after planting it. The rates of total yield were 115% in 20°C water irrigation plots and 121% in 25°C water irrigation plots while those of unheated water irrigation plots were.

Key words: protected cultivation, greenhouse, heating water irrigation, soil temperature measurement, soil temperature

* Corresponding author

서 론

지금까지의 시설하우스 관련 연구는 지상부의 환경 개선과 하우스 자동화에 관련된 연구가 주를 이루어 왔다. 그러나 근권부 환경은 지상부 환경과 상호작용에 의해 재배작물의 성장성에 크게 영향을 주고 있다. 시설재배의 생육은 지상부의 온도에 많은 영향을 받지만, 토양의 온도가 낮을 경우 양분의 흡수가 불량하고, 세균의 발달이 억제되어, 정식후 묘의 활착이 지연되어 토양수분의 흡수가 불량해지므로 생육이 저하된다. 그러므로 근권의 지온을 효율적으로 관리하는 것은 겨울철 시설재배에서 대단히 중요한 요소로 대두되고 있다. 본 연구지는 태양열을 이용한 동절기 시설재배의 가온 관수 효과에 대한 기초 재배시험을 통하여 관수온도를 관행관수에 비하여 6~10°C 상승시켜 공급하는 것이 약 18%의 생육효과가 나타난 것을 발표한 바 있다 (Kim 등, 1999).

겨울철 시설오이의 관수온도는 일반적으로 12~14°C로서 토양깊이 약 15 cm의 평균온도 14~16°C 보다

낮기 때문에 관수로 인하여 작물의 근권온도가 일시적으로 2~4°C 강하하게 된다. 이러한 저온관수는 생육 장애를 유발하여 수량 및 품질저하의 원인이 된다. 따라서 근권 토양온도는 일반적으로 재배작물에 따라 약간씩 차이가 있으나 대체적으로 20~22°C가 적합한 것으로 알려져 있다(Kim 등, 1999). 관수온도를 높여 토양의 온도를 20°C까지 높이는 것은 관수하는 수량(水量)이 제한되어 관수를 통하여 지속적으로 지온을 유지하기는 어렵다. 또한 생육 중·후기의 근권이 확대되고, 지중 깊은 곳까지 근권이 성장하면 가온관수로 인한 지온의 상승효과는 더욱 적다. 그러나 작물의 생육초기 저온수의 공급은 작물에 냉스트레스를 유발하여 초기 생육장애를 일으키며, 이는 생육초기 뿐만 아니라 중·후기까지 영향을 미친다.

본 연구는 근계가 비교적 작은 생육초기에 가온관수의 효과가 매우 높을 것으로 판단하여 무가온관수와 20°C, 25°C의 가온관수의 효과를 비교 분석하고자 한다. 아울러 가온관수에 소요되는 에너지를 산출하여 자연에너지의 이용확대를 위한 기초적인 자료를 얻고자 한다.

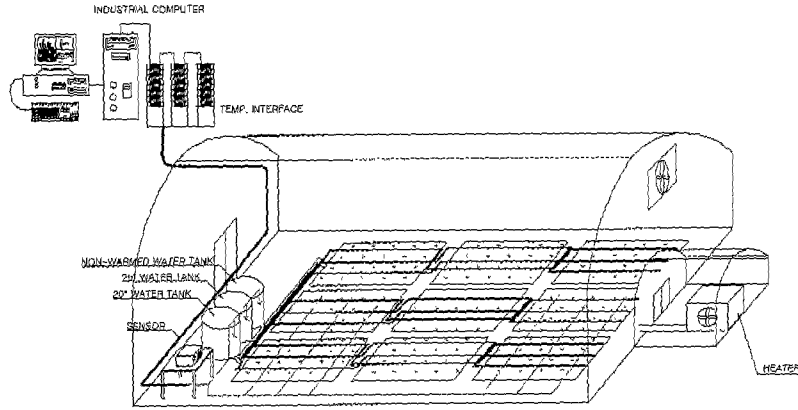


Fig. 1. The experimental field in greenhouse.

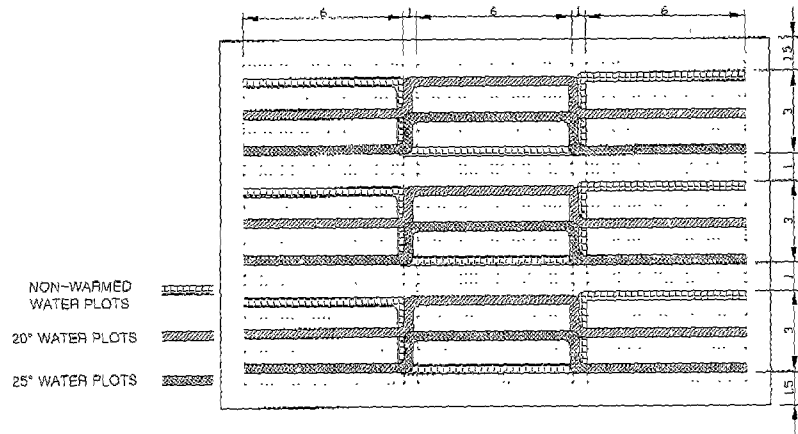


Fig. 2. The top view of warming water irrigation in greenhouse.

재료 및 방법

1. 시험구 배치

본 시험에 이용한 온실은 무기등 단동식 3중 플라스틱 하우스로 폭 15m×길이 30m×높이 5.3m인 남북동이며, 전체 시험구 넓이는 가로 26m, 세로 12m이다. Fig. 1은 가온관수 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 시험구는 Fig. 2와 같이 무가온구, 20°C 가온구, 25°C 가온구로 각 3구씩 모두 9구를 설치하였다. 각 구의 면적은 약 21m²(3m×7m, 6.4평)정도였으며, 흑색 비닐로 멀칭하여 난괴법으로 배치하였다. 가온 수조는 약 200L용 플라스틱 용기를 이용하였고, 20°C와 25°C의 가온을 목적으로 서모스탯(thermostat)이 부착된 용량 3kW의 전열히터를 사용하였다. 시험

구는 하우스내의 환경 영향이 최소화되도록 각 구를 분할하였다.

2. 공시토양

본 실험에 사용된 토양의 종류는 우리나라 채소재배 지역의 상당히 많은 부분을 차지하고 있는 사질토(sandy soil)로서 토양입자가 커서 배수가 용이하고 열전도율이 점토보다 높아 토양온도의 상승속도가 빠른 토양이다. 재배지 토양의 산도는 7.1로 다소 높은 편이었고, 유기물이 약 30.1g·kg⁻¹ 정도이었으며 전 질소의 함량은 약 0.29% 정도인 토양이었다.

3. 공시품종 및 가온관수 방법

본 연구에 공시한 품종은 은성 백다다기(홍농종묘)로

가온관수 시스템에 따른 지온변화와 오이의 생육

Table 1. Growth response of cucumber plant as influenced by different temperature irrigation water after transplanting.

DAT*		Plant height (cm)		No. of leaves		No. of node		Fresh weight (g · plant ⁻¹)				Dry weight (g · m ⁻²)				Leaf area (cm ²)	
								shoot		root		shoot		root			
		AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD
	Before Transplanting	10.5	-	3.5	-	3.0	-	6.1	-	0.8	-	0.93	-	0.07	-	43.5	-
15	13±1°C	28.0 (100)	1.3	6.2 (100)	0.3	5.8 (100)	0.3	13.1 (100)	2.1	1.7 (100)	0.6	6.34 (100)	0.29	0.43 (100)	0.03	117.6 (100)	3.9
	20±1°C	29.0 (104)	1.0	6.5 (105)	0.0	5.8 (100)	0.3	14.6 (111)	1.3	2.0 (117)	0.5	7.61 (120)	0.86	0.52 (120)	0.06	130.5 (110)	14.6
	25±1°C	30.0 (107)	1.7	6.5 (105)	0.0	6.2 (107)	0.3	15.7 (120)	1.3	2.1 (123)	0.2	8.12 (128)	0.67	0.50 (116)	0.03	145.4 (123)	13.7
30	13±1°C	52.0 (100)	2.5	10.0 (100)	0.0	10.0 (100)	0.0	53.4 (100)	2.3	2.0 (100)	0.1	20.86 (100)	0.26	0.50 (100)	0.06	506.2 (100)	29.5
	20±1°C	56.5 (109)	5.4	10.7 (107)	0.8	10.3 (103)	0.6	63.1 (118)	4.1	2.3 (115)	0.1	23.30 (111)	2.05	0.62 (124)	0.09	619.1 (122)	40.9
	25±1°C	57.0 (110)	4.4	10.8 (108)	0.6	10.3 (103)	0.6	66.6 (124)	2.0	2.5 (125)	0.1	23.93 (115)	1.82	0.66 (132)	0.09	623.6 (123)	8.9
45	13±1°C	105.7 (100)	3.8	14.3 (100)	0.6	14.3 (100)	0.6	187.4 (100)	8.7	3.9 (100)	0.3	73.19 (100)	2.82	1.33 (100)	0.16	1621.5 (100)	361.9
	20±1°C	109.7 (104)	5.0	15.3 (107)	1.2	14.7 (102)	0.6	211.1 (112)	15.9	4.2 (108)	0.3	84.61 (115)	1.79	1.63 (122)	0.13	1837.6 (113)	180.4
	25±1°C	111.7 (105)	6.1	15.3 (107)	0.6	14.7 (102)	0.6	210.9 (112)	13.7	4.9 (125)	0.7	87.36 (119)	1.54	1.81 (136)	0.16	1873.9 (115)	40.6
60	13±1°C	176.5 (100)	5.8	20.3 (100)	0.6	20.0 (100)	0.0	831.1 (100)	59.9	8.6 (100)	0.7	193.96 (100)	7.26	2.84 (100)	0.48	2181.5 (100)	429.5
	20±1°C	183.8 (104)	6.0	22.0 (108)	0.0	22.0 (110)	0.0	931.8 (112)	83.7	10.4 (121)	0.4	219.42 (116)	7.55	3.23 (113)	0.32	2636.4 (120)	227.5
	25±1°C	186.0 (105)	3.6	22.0 (108)	0.0	22.0 (110)	0.0	964.7 (116)	72.2	10.5 (122)	0.4	219.63 (113)	1.89	3.09 (108)	0.09	2664.2 (122)	254.8

* days after transplanting(transplanting date: Dec. 5, 1999)

AVE: average

SD: standard deviation

Table 2. Early yield of cucumber fruits according to the different temperature irrigation water.

Treatments	No. of fruits	Fruits weight (g)	Yield (kg/10a)
Non-warming 131	7.9*(100%)	149.4(100%)	3549.6(100%)
Warming water 201	8.3(105%)	163.2(109%)	4063.8(115%)
Warming water 251	8.6(109%)	167.3(112%)	4316.4(121%)

* No. of fruits per plant between 7th node and 15th node

이이며, 오이종자를 파종하여 재배농가의 경종법에 따라 육묘한 약 45일 묘를 1999년 12월 5일 본포에 정식하였다. 균일한 묘를 선정하여 40cm×70cm 간격으로 각 구 당 32주씩 총 864주를 정식하였다(3.3 plants · m⁻²). 정식 직전 육묘의 생장특성은 Table 1과

같이 본엽이 3.5매, 초장이 10.5cm이며 엽면적이 43.5cm²이고 생체중이 6.9g이었다. 하우스내의 온도는 주간 25~28°C정도, 야간 13~15°C정도가 유지되도록 6단 변온으로 조절하였다. 재배기간 중 생육조사는 비교적 생육이 일정한 것을 선정하여 각각 표본조

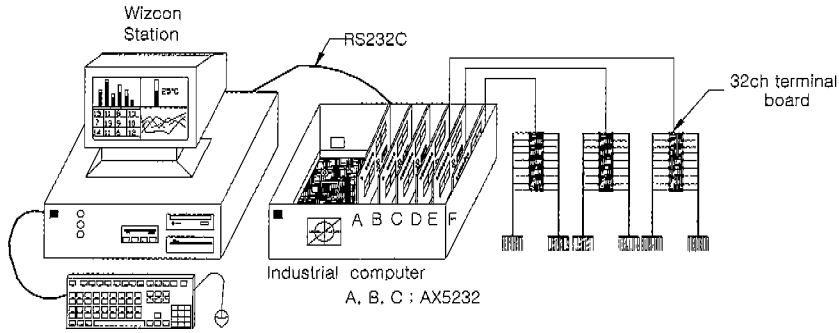


Fig. 3. The measurement computer system used in this study.

사 하였다.

4. 가온관수의 계측장치

가온관수 지온계측은 Fig. 3에 나타난 것과 같이 96점까지 계측할 수 있는, 컴퓨터 계측시스템을 이용하였다. 온도계측은 온도계측용 인터페이스(AX5232, AXIOM)카드 3장을 12-Slot용 산업용 컴퓨터(AX 6150A, AXIOM)에 설치하고 RS232C를 통하여 시스템 컴퓨터에 입력되도록 하였다. 계측을 위한 프로그램은 SCADA방식의 Wizcon 5(PCSOFT)를 사용하였고, 시스템 전체의 관리와 온도변화의 측정 및 기록하는 스테이션은 586컴퓨터를 사용하였다. 온도센서는 T-type 열전대를 사용하였고 측정된 자료는 AX5232에서 컨버터를 통하여 산업용 컴퓨터(MODICON)에서 일시 기억후 RS-232C 직렬통신케이블을 통하여 시스템 콘트롤 스테이션에 실시간으로 기록되도록 하였다.

5. 시험방법

가온관수는 물을 20°C, 25°C로 가온하여 관수하였으며, 가온수의 최고온도 25°C는 최고 한계지온인 25°C를 기준으로 설정하였다(Kim 등, 1998b). 공급량은 관행적으로 관수시기에 맞추어 공급하였으며, 가온관수 방법도 일반 관수방법과 동일하게 점적보턴 1개당 2L · h⁻¹로 공급하는 점적보턴을 사용하였으며, 관수관은 1구에 2열씩 배치하였고, 점적보턴 간격은 관수관을 따라 30 cm간격으로 설치하였다.

관수방법을 무가온관수, 20°C 가온관수, 25°C 가온관수로 하고, 지중 깊이별 근역의 지온분포를 계측하여 재배작물에 대한 관수온도의 적정성을 규명하고자 하였다. 무가온구 및 가온관수구에 대한 지온을 5 cm

깊이별로 지중 40 cm까지 8개의 센서를 매설하여 지온을 연속 계측하였다. 관수는 오이의 관행재배법에 따라 생육초기 약 4주간은 주당 0.4 L를 공급하고, 이후 생육중·후기에는 약 0.7 L를 공급하였다. 시비는 오이의 표준시비량(N:P:K=19.7 kg:16.4 kg:23.8 kg/10a, 성분량)을 기준하여 요소, 용성인비, 염화칼리를 사용하였으며, 인산은 전량 기비로, 질소와 칼리는 약 45%는 기비로 나머지는 추비로 판주하였다. 주지의 적심은 22~25마디에서 하였으며, 측지의 제거는 관행재배법에 따라 재배하였다.

Fig. 4는 가온관수의 변화를 실시간으로 계측하기 위하여 지중 5 cm 깊이별로 매설한 센서로 부터의 온도출력 값을 나타내고 있다. 센서로부터 산업용 컴퓨터에 감지된 데이터는 실시간으로 계측시스템에 기록되며, 이 그래픽 데이터는 실시간 데이터로 변환하여 확인할 수 있다.

생육 상황은 엽면적, 초장, 엽수, 마디수, 줄기경 등을 일반조사법에 준하여 실시하였으며 지하부는 주근과 세근을 분리하여 생체중량과 건물중량을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 가온관수의 지온변화

1.1. 무가온구의 지온변화

겨울철 시설내의 지온은 노지의 지온과는 큰 차이가 있다. 일반적으로 시설내 난방은 4단 또는 6단 변온을 하며 주간에는 최저온도를 16~18°C로 유지하고 야간에는 11~12°C를 유지하게 된다. 그러므로 시설내의 지온은 난방의 영향으로 깊이에 따라 차이가 있으나 대개 14~18°C로 높은 편이다. 그러나 재배농가에서는

가온관수 시스템에 따른 지온변화와 오이의 생육

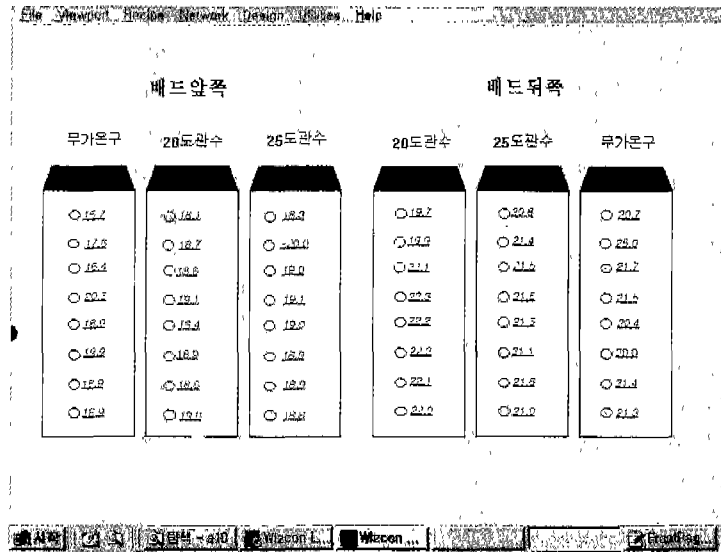


Fig. 4. The measurement monitor of the non-warming water (13°C) and the warming water (20°C, 25°C) irrigation.

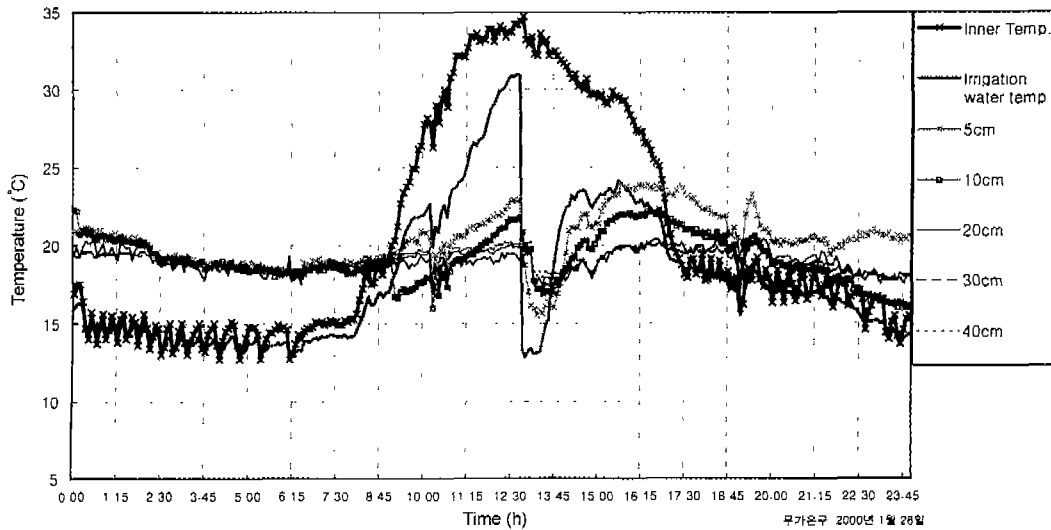


Fig. 5. Soil temperature of non-warmed water irrigation.

보통 하우스내에 저장된 관수조의 물을 공급하는데, 공급되는 수온은 토양의 온도보다 낮은 12~14°C로써 토양의 온도가 순간적으로 2~4°C 떨어지게 된다. 이로 인해 재배작물의 뿌리 신장과 활성이 낮아지게 되어 양분흡수를 억제하게 된다. 또한 무기양분 중 인산(P)은 13°C 이하, 칼리(K)나 질산태질소(NO₃-N)의 흡수는 온도강하에 따라 현저히 낮아지게 되고 토양미생물의 활동도 현저하게 저하된다.

Fig. 5는 2000년 1월 28일 무가온관수에 의한 깊이별 지온변화를 계측한 것을 나타내고 있다. 그림과 같이 지중 5cm와 10cm에서는 하우스 내 기온의 영향을 비교적 크게 받고 있다. 그러나 지중 20cm 이상 깊이에서는 17~20°C 정도로 비교적 높은 온도를 유지하였다. 하우스 내 기온은 오전 9시와 오후 5시를 중심으로 지온과 내기온의 임계점을 형성하고 있다.

12시 30분경 무가온관수를 실시하였을 때, 관수온도는 약 13°C까지 떨어지고 지중 5 cm에서는 지온이 23°C에서 16°C로 약 7°C가 내려갔다. 지중 10 cm에서는 이보다 영향은 적었으나 22°C에서 17°C로 약 5°C가 낮아졌다. 지중 20 cm부터는 영향이 2~3°C로 비교적 적은 편이었다. 지중 20 cm이하 40 cm까지는 온도차가 1°C내의 온도차가 나타났으며, 이는 저온의 물이 관수된 후 지중으로 침적되면서 토양에너지를 흡수한 것으로 생각된다.

무가온관수로 인한 지온의 변화는 관수를 실시하는 약 1시간 동안이었으며 관수공급이 끝나면 빠르게 지온이 상승하여 약 1시간 후에는 관수전의 지온으로 회복하였다.

무가온관수에 의한 온도의 영향은 깊이에 따라 차이가 있으나 지중 약 30~40 cm까지 미치고 있었다. 그러므로 지표면의 온도가 매우 중요한 작물생육초기에 무가온 관수를 할 경우에 큰 장애를 초래할 수 있으며, 지표면에서 15~20 cm 이하에서 근권이 형성되는 작물의 경우에도 어느 정도 장애가 예상된다. 더욱이 깊이 20 cm 정도에서 온도가 2~3°C 낮아지므로 초기 생육뿐 아니라 중기생육 시기에도 뿌리가 냉해를 받을 것으로 생각된다.

1.2. 20°C 가온관수구의 지온변화

Fig. 6은 2000년 1월 28일 20°C 가온관수에 의한 깊이별 지온변화를 나타내고 있다. 관수 이전의 지중

5~10 cm에서 지온은 무가온관수와 마찬가지로 하우스 내기온의 상승으로 21°C 부근으로 나타났다. 20°C의 가온관수를 한 12시 40분 시점에서 지중 5 cm의 온도가 약간의 온도강하가 있었으나 관수온도와 유사한 20°C 정도를 유지하여 지중 5 cm까지는 직접적인 영향을 받는 것으로 나타났다. 지중 10 cm 깊이에서는 20°C에서 18°C로 약 2°C정도 내려갔다.

또한 지중 20 cm 이하의 깊이에서는 20°C에서 17°C로 약 3°C 정도가 떨어져 무가온관수의 경우와 매우 유사하게 나타났다. 이것은 관수량에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나 20°C의 가온수가 중력에 의하여 지중으로 침적되면서 약 15 cm까지는 열에너지가 지중으로 방출되고 그 이하의 깊이에는 관수 열에너지가 지온과 평행을 이루어 거의 영향이 없는 것으로 판단되었다. 따라서 무가온관수의 지온과 비교할 때 깊이 15 cm까지 2~3°C 상승하는 효과가 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 20°C의 가온관수는 지중 15 cm까지 영향을 미치므로 제배작물의 생육 중·후기에서는 효과가 그다지 높지 않은 것으로 판단된다. 그러나 근계가 비교적 깊지 않은 초기생육에는 뿌리의 활착이 촉진되는 등 큰 효과가 예상되며 이것이 생육 중·후기에도 영향을 줄 것으로 생각된다.

1.3. 25°C 가온구의 지온변화

Fig. 7은 2000년 1월 28일 25°C 가온관수에 의한 깊이별 지온변화를 계속하였다. 25°C로 관수한 12시

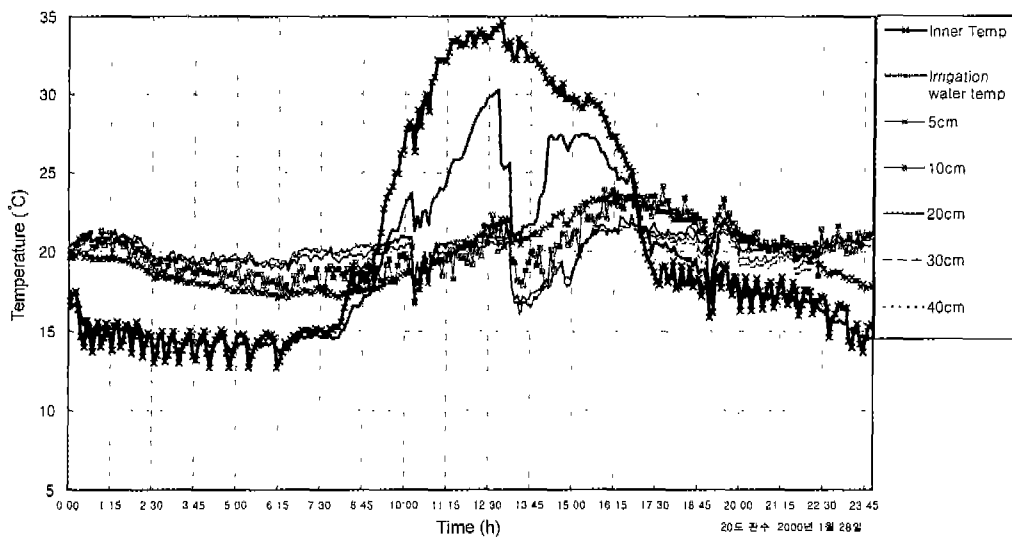


Fig. 6. Soil temperature of warmed water irrigation (20°C).

가온관수 시스템에 따른 지온변화와 오이의 생육

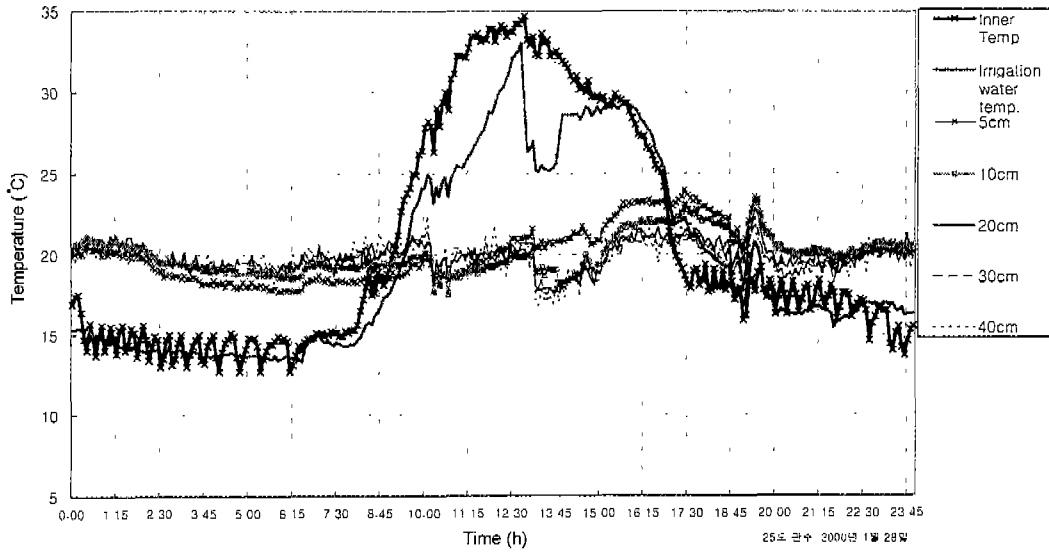


Fig. 7. Soil temperature of warmed water irrigation (25°C).

40분 시점에서 지중 5 cm의 온도가 21°C에서 20.5°C로 약 0.5°C정도 하강하여 지온변화에 영향이 거의 없었으며, 지중 10 cm 깊이에서는 20°C에서 18.5°C로 약 1.5°C정도 하강하였다. 지중 20 cm 이하의 깊이에서는 20°C에서 17.5°C로 약 2.5°C정도가 떨어졌다. 이러한 결과는 지표면에서는 20°C 가온관수에 비하여 0.5°C정도 상승하였으나 무가온구에 비하면 1.5°C 상승하였다.

또한 가온관수로 인한 지표면의 온도가 2~3°C정도 떨어져 관수로 인한 지온의 강하가 적어 뿌리의 냉해 피해가 극히 적을 것으로 추정된다. 25°C 가온관수의 지온 변화는 20°C에 비하여 관수온도 상승폭이 그다지 높지 않으나 지온의 온도 지속성을 고려하면 가장 바람직한 관수 온도라고 볼 수 있다. 마찬가지로 20 cm 이상깊이의 지온은 20°C와 거의 유사한 형태로 나타났다. 이것은 20°C와 25°C의 관수시 물이 가지는 열에너지가 지표면의 깊이 약 15 cm까지 지온을 일부 상승시킨 것으로 보이며 충분한 지온의 상승효과는 기대할 수 없음을 입증하고 있다. 열에너지를 가진 수분의 공급으로 지온의 상승을 해석하는 것은 토양내의 유기물과 토양수분, 토양구조 및 토성, 토양 밀도 등에 따라 크게 달라지므로 이론적 해석으로는 불가능한 것으로 알려지고 있다.

본 연구결과에 따라서 시설재배의 최적 지온을 유지

하기 위하여 가온관수를 할 경우에는 25°C의 공급도 만족스럽지 않음을 알 수 있다.

2. 시설오이의 생육

2.1. 오이의 초기생육 비교

1999년 12월 5일 본포에 정식하여 재배기간별 관수 온도에 따른 오이 식물체의 생육변화는 Table 1과 같다. 초장, 잎수 그리고 마디수에서 무가온구에 비하여 가온구(20°C, 25°C)가 5~10% 초기생육이 우수하였다. 그러나 20°C와 25°C의 가온관수구 간의 차이는 미세하였다. 그리고 정식 60일까지의 생육기간 중 균등한 변화를 보여 가온관수에 의한 지중온도 상승의 이론적인 고찰과는 다소 차이를 나타내었다. 이것은 토양의 온도변화와 유기물, 수분량 등의 비균일성으로 인한 오차로 추정된다. 줄기와 뿌리의 생체중과 건물중을 비교하면 큰 차이를 보이고 있다. 대체적으로 25°C의 가온관수구가 20°C의 관수구보다 우수하였으며 무가온구에 비하면 가온관수구가(20°C, 25°C) 약 10~30% 정도 우수하여 과실의 충실성과 수량의 증가를 예측할 수 있는 결과로 판단된다. 엽면적도 이와 비슷한 결과가 나타났다. 따라서 무가온구(13°C)에 비하면 가온관수구가 초기생장 여건이 훨씬 뛰어난 것을 알 수 있다.

2.2. 오이의 수량

시설재배에서 지중의 온도가 작물의 생육과 수량에

미치는 효과는 이미 입증된 바 있다. 그러나 가온 관수의 적정온도 설정과 방법, 가온관수 소요에너지 등에 대하여 아직까지 연구가 부족한 실정이다.

본 연구결과에서는 무가온구를 기준으로 할 때 20°C 가온구는 과수와 평균과중, 생산량에서 105%, 109%, 115%로 나타났으며, 25°C 가온구에서는 각각 109%, 112%, 121%이었다. 따라서 20°C 보다 25°C를 공급할 경우 관수관 온도손실을 제외할 경우 이보다 약 2~3°C 낮아지므로 25°C의 공급이 근근의 토양에 적합한 것으로 판단된다. 물론 25°C 이상의 온도를 공급할 경우에는 보완의 연구가 필요하다. 본 연구결과는 Kim 등(1999)등이 발표한 결과와 매우 일치함을 알 수 있었다.

Literature cited

1. Kim, J.H., C.S. Kim, B.S. Myung, J.S. Choi, G.H. Koo

and T.W. Kim. 1998a. A Development of Automation System and a Way to use Solar Energy System Efficiently in Greenhouse (1)- Study on temperature variation of soil heating in greenhouse-. Journal of Bio-Environment Control 7(1):15-23 (in Korean).

2. Kim, J.H., J.Y. Oh, G.H. Koo and T.W. Kim. 1998b. A Development of Automation system and a way to use Solar Energy System Efficiently in Greenhouse (2)- Study on Growth and Yield of a cucumber in soil heating-. Journal of Bio-Environment Control 7(1):25-33 (in Korean).

3. Kim, J.H., G.H. Koo and T.W. Kim. 1999. A study on the cucumber growth by soil warming and warmed water irrigation using solar energy system (3). Journal of Bio-Environment Control 8(1):1-8 (in Korean).

4. Lee, K.M. and K.S. Park. 1997. Greenhouse Environment Machine Automation Control. Ilil Sa, pp.35-36 (in Korean).

5. Lee, J.W. 1995. Effect of Root zone Warming by Hot Water in Winter Season on Rhizosphere Environment, Growth and Yield of Cucumber. Kyungpook National Univ., PhD Diss. pp.7-10 (in Korean).

가온관수 시스템에 따른 지온변화와 오이의 생육

김태욱* · 김진현
상주대학교 기계공학부

적 요

겨울철 시설오이의 관수온도는 일반적으로 12~14°C로서 토양의 깊이 약 15 cm의 평균온도 14~16°C보다 낮아 관수로 인하여 작물의 근권온도가 일시적으로 2~4°C 강하시키게 된다. 이러한 저온관수의 공급은 생육에 장애를 주어 생산수량과 품질에 영향을 주게된다. 따라서 근계 주변의 토양의 온도는 보통 제배작목에 따라 약간씩 차이가 있으나 대체적으로 20~22°C가 적합한 것으로 알려져 있다. 본 연구는 근계가 비교적 작은 생육초기에 가온관수의 효과가 매우 높을 것으로 판단하여 무가온관수와 20°C, 25°C의 가온관수의 효과를 비교 분석하였다. 무가온(13°C)관수를 할 경우 지온의 변화는 지중 10 cm까지 약 5~7°C가 낮아졌으며 지중 20 cm부터는 영향이 2~3°C로 비교적 적었다. 20°C의 가온관수의 경우 지온변화는 지중 5 cm가 관수온도와 유사한 20°C정도를 유지하였으며, 지중 10 cm에서는 약 2°C정도 내려갔다. 25°C 가온관수의 경우 지온변화는 지중 5 cm가 약 0.5°C정도 떨어져 지온변화에 영향이 거의 없었으며, 지중 10 cm 깊이에서는 약 1.5°C정도 하강하였다. 무가온구에 비하여 가온구(20°C, 25°C)가 초장, 잎수 그리고 마디수에 5~10% 초기생육이 우수하였으며, 20°C와 25°C의 가온관수구 간의 차이는 미세하였다. 줄기와 뿌리의 생체중과 건물중을 비교하면 25°C의 가온관수구가 20°C의 관수구보다 우수하였으며 무가온구에 비하면 가온관수구가(20°C, 25°C) 약 10~30% 정도 우수하였다. 과수와 평균과중, 생산량에서 무가온구를 기준으로 할 때 20°C 가온구는 105%, 109%, 115%로 나타났으며, 25°C 가온구에서는 각각 109%, 112%, 121%정도로 나타났다.

주제어 : 시설제배, 온실, 가온관수, 지온계측, 토양온도