

고온기 근권 냉방방식에 따른 냉방효율과 토마토 생육에 미치는 영향

Cooling Efficiency and Growth of Tomato as effected by Root-zone Cooling Methods in Summer Season

이재한*, 권오근, 최영하, 박동금, 권준국
부산원예시험장

Lee, J. H* · Kwon, O. K · Chio, Y. H. · Park, D. K. · Kwon, J. K.
Pusan Horticultural Experiment Station

서론

우리나라의 시설재배는 비가림형태에서 많은 자본과 기술이 투자된 현대화 고정시설로 발전해가고 있으며 면적도 증가하고 있다. 시설의 활용면에서는 주로 동절기에 집중 되어 있고, 하절기에는 최고기온이 30℃ 이상되는 날이 2~3개월 정도로 시설내 작물재배는 거의 불가능한 실정이다. 따라서 하절기에는 대부분 휴작함으로써 시설의 주년이용에 문제점으로 대두되고 있다.

하계 냉방을 할 경우 시설의 주년 이용은 가능하나, 과도한 시설비와 운영비 등으로 적극적인 냉방은 하지 못하고 있는 실정이다. 일부 농가에서는 비용이 적게 소요되는 차광 및 환기에 의존하고 있으나 이는 외기온보다 온도를 떨어뜨리는데는 한계가 있다. 채소작물의 생육적온이 25~28℃임을 감안 할 때 하계 시설재배시에는 내부 온도 하강이 요구된다. 국내 시설 냉방에 관한 연구는 강제환기, 차광, 기화열을 이용한 포그냉방·패드냉방 및 양액 냉방 등이 보고 되고 있다. 포그 앤드 팬, 패드 앤드 팬 등의 증발 냉각방법은 시설내부 공간의 온도 하강법으로 설치 및 운영에 많은 경비가 소요되는 것으로 보고되고 있다.

본 시험은 고온기 고정시설내에서 작물의 안정생산을 위한 효율적인 냉방방식을 개발 보급하고자, 근권부의 냉방방식에 따른 효율과 토마토의 생육에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

본 시험은 1999년 5월부터 1999년 10월까지 부산원예시험장 실험 포장과 실험실에서 수행하였다. 공시품종은 모모타로 토마토를 사용하였으며, 1999년 5월 20일 파종하여 7월16일 20cm 간격으로 정식하였다. 재배는 펄라이트 배지를 이용하여 2단에서 적심하였다. 배드의 크기는 폭 30cm, 길이 5m로, 배지의 깊이는 12cm로 하였다. 배양액의 공급은 일본 원시액을 생육초기에 1/2배액, 15일후 이후에는 1배액을, 공급횟수는 6회~10회/일 기준하여 생육 단계별로 조절하였다.

처리내용은 직경 20mm XL 파이프를 배드 밑부분에 2줄 매설하여 냉수를 순환시킨 XL 냉수순환구(XL-cold water circulation : XL-CW), 냉풍은 직경 50mm PVC 관을 이용하여 직경 1cm씩 5cm간격으로 3줄 내어 배드 바닥에 매설한 방법으로, 라디에이터에 냉수를 순환시켜 외부 공기를 강제 냉각한 라디에이터 냉풍구(radiator-cold wind : R-CW), 두께 10cm의 종이패드를 가로×세로 각각 1m 씩 4개의 옆면에 부착하여 냉수를 이용

증발 냉각시킨 패드 냉풍구(pad-cold wind : P-CW) 및 대조구(control)등 4처리로 하였다. 이때 이용한 냉수는 15~17℃ 정도로 근권부 온도가 21℃이상일 경우 냉방방식별로 작동이 되도록 하였다. 근권 냉방방법 및 배지깊이에 따른 온도, 습도 및 일사량 등을 조사하기 위하여 23x Datalogger(Campbel, Co)를 이용하였고, 정식후 45일 경에 처리구별 7주씩 2반복으로 생육 조사를 하였다. 근활력은 α -나프트라민법을 이용하여 spectrophotometer(Beckman) 510nm 파장에서 측정하여 나프탈렌 산화량으로 표시하였다.

결과 및 고찰

본 실험에 이용된 냉방방식별 온·습도의 특성은 Table 1과 같다. 조사일의 외부기상중 온도는 28℃, 상대습도는 65%였는데, 수온이 17.8℃일 때 공급되는 온도는 XL 냉수순환구가 18.0℃, 라디에이터 냉풍구가 22.2℃, 패드 냉풍구가 20.3℃였다. 상대습도는 라디에이터 냉풍구가 84%, 패드 냉풍구가 99%정도였다. 냉방처리구는 대조구에 비해 5.0~9.2℃낮았으며, XL 냉수순환구가 가장 낮았다.

Table 1. Character of temperature and RH investigated by different cooling methods of root-zone.

Treatment	Temp.(℃)		RH of output (%)	Outside	
	Input	Output		Temp.(℃)	RH(%)
XL-CW	17.8	18.0	-	28.0	65.0
R-CW	17.8	22.2	84		
P-CW	17.8	20.3	99		
Control	-	27.2	-		

Table 2. Changes of temperature according to depth of medium by different cooling methods of root-zone on August 24.

Treatment	Depth of Meidum(cm)	Time a day(℃)									
		10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
XL-CW	10	22.1	22.0	21.5	21.8	22.0	21.9	22.3	22.6	22.5	
	7	22.1	22.6	22.6	23.0	23.6	23.5	23.7	24.3	24.1	
	4	24.3	26.0	26.7	27.9	27.9	27.2	27.4	27.7	27.5	
	Mean	22.8	23.5	23.6	24.2	24.5	24.2	24.5	24.9	24.7	
R-CW	10	21.1	21.9	22.3	22.8	22.3	22.2	22.7	23.0	22.5	
	7	22.9	22.6	23.2	24.0	23.7	23.1	23.3	23.7	23.5	
	4	24.3	25.8	25.5	26.5	25.7	25.3	26.1	25.9	25.5	
	Mean	22.7	23.4	23.7	24.3	23.9	23.5	24.0	24.2	23.8	
P-CW	10	17.5	18.1	18.8	19.3	18.9	19.3	19.9	19.9	19.4	
	7	20.4	21.3	22.0	23.2	22.2	22.8	23.5	23.5	23.0	
	4	23.7	24.3	25.1	25.7	24.1	24.8	25.9	26.3	25.4	
	Mean	20.5	21.2	22.0	22.7	21.7	22.3	23.1	23.2	22.6	
Control	10	23.1	24.1	25.2	26.4	27.1	27.6	28.0	28.3	28.3	
	7	26.2	27.3	28.7	30.0	29.3	28.7	29.1	29.6	28.6	
	4	28.5	29.7	30.3	32.1	31.8	31.4	31.7	32.7	31.9	
	Mean	25.9	27.0	28.1	29.5	29.4	29.2	29.6	30.2	29.6	
^z Temp. of outside(℃)		26.8				30.1				26.3	
^y Radiation(W/m ²)		609				988				140	

Table 2는 근권부 배지 깊이별 8월 24일 주간(10:00~18:00)의 온도변화를 나타낸 결과이다. 이때 공급된 수온은 16.2~18.4℃, 외부일사량은 140~988W/m² 정도였다. 근권냉방 방식에 의한 시간대별 평균온도에 있어 XL 냉수순환구는 22.8~24.7℃, 라디에이터 냉풍구는 22.7~24.2℃, 패드 냉풍구는 20.5~23.2℃, 대조구는 25.9~29.6℃를 나타냈다. 배지 깊이별 온도는 10cm 깊이에서 냉방처리구 17.5℃~23.0℃로 대조구 23.1~28.3℃에 비해 5.3~5.6℃ 낮으며, 7cm 및 4cm 깊이에서도 비슷한 경향이었다. XL 냉수순환구의 경우 처리 온도는 낮았으나, 배지내 온도분포는 라디에이터 냉풍구 및 패드 냉풍구에 비해 다소 높았다. 이것은 냉기의 이동이 냉풍구에서 다소 원활 하였던 것으로 판단된다.

Table 3. Changes of temperature and wind velocity investigated by different cooling methods of root-zone on August 18.

Treatment	Wind velocity(m/s)		Temp.(℃)		Inside	
	1cm ²	30cm ²	1cm ²	30cm ²	Temp.(℃)	Wind velocity(m/s)
XL-CW	0.01	0.01	30.1	30.4		
R-CW	0.43	0.02	29.0	30.4	31.4	0.02
P-CW	0.44	0.02	28.7	30.5		
Control	0.01	0.01	30.3	30.5		

² 1cm, 30cm : height just above medium surface

Table 3은 배지 표면에서 높이별 풍속 및 온도를 오전 7:00~09:00까지 온실천창 및 측창을 닫고 측정한 결과이다. 배지표면에서 높이별 풍속 및 온도에 있어 1cm 높이의 경우 XL 냉수순환구와 대조구는 각각 0.01m/s, 30.1℃와 0.01m/s, 30.3℃로 차이가 없었으나, 라디에이터 냉풍구와 패드 냉풍구에서는 각각 0.43m/s, 29.0℃와 0.44m/s, 28.7℃로 나타난 반면 30cm 높이의 경우는 처리간 차이가 없었다.

Table 4. The mean of temperature at 7cm and 10cm in the medium by different cooling methods of root-zone.

Treatment	Temp. of medium(℃)								Temp. of outside(℃)	
	Aug.				Sep.				Aug.	Sep.
	Early	Middle	Last	Mean	Early	Middle	Last	Mean		
XL-CW	25.3	25.0	23.9	24.7	23.4	22.6	21.8	22.6		
R-CW	25.5	25.4	24.1	25.0	24.3	24.6	22.9	23.2	29.3	27.2
P-CW	25.1	23.8	23.4	24.1	22.7	22.3	20.2	21.8		
Control	29.3	29.2	27.1	28.6	26.7	26.6	23.8	25.7		

Table 4는 8월, 9월의 외기온과 배지내 7cm, 10cm 깊이의 평균온도 변화(11:00~12:00)를 나타낸 결과이다. 근권 배지내의 온도에 있어 근권냉방 처리구는 대조구에 비해 8월은 평균 3.9℃, 9월은 3.1℃ 낮았으며, 패드 냉풍구는 8월은 24.1℃, 9월은 21.8℃로 가장 낮았다.

Table 5는 근권 냉방방식별 토마토의 생육 및 착과수를 나타낸 결과이다. 엽장 및 엽폭은 대조구에 비해 근권냉방처리구가 컸으며, 생체중 및 건물중의 경우에서도 같은 경향이었다. 2화방의 착과수에서는 대조구에 비해 근권냉방 처리구에서 0.7~0.9개 정도 많았으나, 근권냉방 처리구 간에는 큰 차이가 없었다.

Table 5. Effects on the growth and number of fruit in tomato by different cooling methods of root-zone.

Treatment	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	FW(g/plant)		DW(g/plant)		No. of fruit(/plant),
			Shoot	root	Shoot	Root	
XL-CW	36.9	32.8	201	21.5	23.7	2.1	4.8
R-CW	35.2	32.6	226	22.0	23.8	2.2	4.7
P-CW	36.3	32.3	231	19.8	24.6	2.2	4.6
Control	34.2	28.0	159	15.0	18.5	1.7	3.9

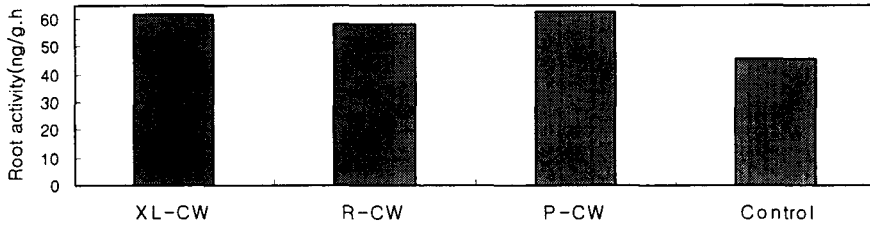


Fig 1. Effects of root activity in tomato investigated by different cooling methods of root-zone.

Fig 1은 근활력을 α -나프트라민법을 이용하여 나프탈렌 산화량으로 표시한 결과이다. 대조구의 45.0ug/g·h에 비해 라디에이터 냉풍구는 58.5ug/g·h, XL 냉수순환구는 61.9ug/g·h, 패드 냉풍구는 62.8ug/g·h로 높게 나타났으나, 근권냉방 처리구간에는 큰 차이가 없었다.

요약 및 결론

근권냉방 방식에 따른 냉방 효율과 토마토 생육 특성을 검토하고자 XI 냉수순환, 라디에이터 냉풍, 패드 냉풍 및 대조구를 처리한 결과는 다음과 같다.

근권부 냉방온도는 공급수온이 17.8℃일 때 XL 냉수순환구는 18.0℃, 라디에이터 냉풍구는 22.2℃, 패드 냉풍구는 20.3℃였다. 배지 깊이와 시간대별 평균온도는 XL 냉수순환구 22.8~24.7℃, 라디에이터 냉풍구 22.7~24.2℃, 패드 냉풍구 20.5~23.2℃, 대조구 25.9~29.6℃를 나타내었다. 배지내 10cm깊이의 온도에 있어 근권냉방 처리구는 17.5℃~23.0℃로 대조구 23.1~28.3℃에 비해 5.3~5.6℃ 낮았다. 근권냉방 방식에 있어서 XL 냉수순환구는 처리온도는 낮았으나, 배지내 온도분포는 라디에이터 냉풍구와 패드 냉풍구에 비해 다소 높았다. 이것은 냉기의 이동이 냉풍구에서 다소 원활하였던 것으로 판단된다. 근권냉방방식별 토마토의 생육 및 착과수에 있어 엽장, 엽폭은 대조구에 비해 컸으며, 생체중 및 건물중의 경우에서도 비슷한 경향이었다. 근활력에 있어 대조구는 45.0ug/g에 비해 근권냉방 처리구는 58.5~62.8ug/g으로 높았으나, 근권냉방 처리구간에는 큰 차이가 없었다.

인용문헌

- 이범선, 박순기, 정민경, 정순주. 1998. 춘계재배시 양액재배 배드내 통기수준차이가 오이의 생육 및 과실수량에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회 발표요지. 7(2). p.146-150.
- 이정식, 김양희, 류병열, 노희선. 1999. 화훼류의 여름철 시설재배를 위한 몇가지 온도 하강방법의 실험적 분석. 한원지. 40(4). p.495-499.