

Effect of Greenhouse Cooling Method on the Growth and Yield of the Tomato cv. Momotaro in Warm Season

Choi, Young-Hah* · Lee, Jae-Han · Park, Dong-Kum ·

Kwon, Joon-Kook · Um, Young-Cheol¹

Pusan Horticultural Experiment Station, ¹National Horticultural Research Institute

Abstract

This study was conducted to investigate effects of cooling methods on the growth and yield of tomato cv. momotaro in the glasshouse for four years from 1996 to 1999. Cooling methods were fan, fan and fogging, fan and shading(temp. control), fan and shading(radiation control), fan and shading (temp. control) with fogging. Fan, Fogging and Shading(temp. control) were operated automatically when air temperature was over 30°C. Amount of fogging was 500ml/min/100m² and Droplets in a fog were 50 microns or smaller. Shading(radiation control) was operated automatically when solar radiation was over 500W/m². The growth and yield were the least in fan and shading(temp. control) method due to lack of light intensity. Fogging method must be reconsidered for expensive equipment and maintenance expenses. As the matter stands, It is suggested to be the most considerable cooling method to increase ventilation rate with fan or use fan and shading(radiation control).

Key words : fan, fogging, shading time, solar radiation

* Corresponding author

서 론

온실은 동절기 난방을 주 목적으로 설비되어 연중 작물재배시 하절기에는 온실내부 온도가 필요이상으로 상승하여 실내온도가 35~40°C 정도로 올라가는데 이같은 온도는 많은 작물의 생육적온을 벗어난 온도로서 고온장해를 나타낸다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 몇가지 냉방방법이 알려져 있는데 에어컨 등과 같은 냉방장

치를 이용한 기계적 냉각방식과 수분증발을 이용한 증발식 냉각방식으로 대별되며 이중 기계적인 냉방방식은 설비나 유지관리 면에서 비용이 많이들어 비경제적이고, 증발냉각 방식중에서는 Fan and Pad 법이 가장 효과가 좋은것으로 알려져 있으나(Nelson, 1991; Hayashi 등, 1998) 이역시 설치 및 유지비가 많이들고, 패드의 탈부착이 어려워 고정시켜놓을 경우 동계 광투과에 방해가 되는 등의 문제가 많다.

따라서 본 연구에서는 기 설치된 팬 및 차광막과 포그시스템을 조합하여 처리별 온도강하 효과와 실제농가에 적용가능성을 검토하였다.

토마토(하우스모도파로)를 5월20일에 파종하여 7월14일에 재식거리 90×40cm로 하여 동당 각각 100주씩 정식하였다. 기타 재배법은 RDA(1997)재배법에 준하였다.

재료 및 방법

1996년부터 1999년 까지 4년동안, 유리온실 8동(동당 100m²)을 이용하여 냉방방법을 1996년부터 1998년까지는 팬, 팬+차광(온도제어), 팬+차광(온도제어)+포그의 3처리로, 1999년에는 팬, 팬+포그, 팬+차광(일사제어), 팬+차광(온도제어)+포그의 4처리로 하여 그효과를 검토하였다. 팬가동온도는 30℃, 환기율은 2.5m³/m²/min 정도로 하였고, 차광은 차광을 50% 정도 되는 알루미늄증착 차광망(INNO Screen)을 이용하여 온도제어차광은 실내기온 30℃ 이상, 일사제어차광은 토마토의 광포화점을 기준으로 하여 500W/m² 이상시 자동차광 되도록 하였다. 포그는 30℃ 이상이면 자동 작동되도록 하였고 살수입경은 50μm, 살포량은 500ml/min/100m² 로 하였다. 일사는 LI200 Pyranometer (Campbell Inc.)로 측정 하였고 작동기 제어 및 데이터 수집은 Micrologger 21X(Campbell Inc.)를 이용하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 1999년 8월9일부터 8월12일 까지(운량≤2.5로 맑음)의 일 최고온도평균, 일 평균온도 및 8일중의 순별 평균온도를 나타낸 것이다. 일 최고온도 평균은 팬 단용구에 비해 팬+차광(일사제어)구는 1.3℃ 낮았고, 포그를 병행할 경우 4.5~4.8℃ 온도가 하강되어 외기온보다도 0.5~0.8℃ 낮았다. Lee(1994), Seo 등(1994)과 Woo 등(1994, 1995)은 증발잠열 냉각으로 외기온보다 적게는 2~3℃ 많게는 5~6℃ 더 낮출 수 있다고 하였는데 이같은 차이는 측정시의 건습구 온도차 및 환기율 차이에 의한 것으로 생각된다. 팬+포그구와 팬+차광(온도제어)+포그구간에 온도 차이가 크지 않은 것은 차광망이 쳐짐으로서 천창환기가 불량해지고 광이 투과되지 않아 포그입자의 증발냉각 효율이 떨어지는데 그 원인이 있는 것으로 생각된다.

Table 1. Comparison of mean air temperature from August 9 to 12 in 1999.

Treatment	Temperature(℃)		
	Daily highest value ^z	Daily mean value ^y	10-Day mean value ^x
Fan+Shading(temp. control)+Fog	33.7	31.9	29.0
Fan+Shading(radiation control)	36.9	34.3	30.1
Fan+Fog	33.4	31.6	28.9
Fan	38.2	34.6	30.5
Out door	34.2	31.2	26.9

^zMean temperature at 13:00~14:00, ^yMean temperature at 08:00~19:00

^x10day mean temperature in August

일평균온도의 4일간 평균값은 일최고온도 평균 보다 2~3℃ 정도 낮았다. 처리간 온도강하 효과가 현저히 줄어든 것은 오전 일찍과 오후늦게는 차광이나 포그가 작동되지 않았기 때문이다. 팬 단용구에 비해 팬+포그구와 팬+차광(온도제어)+포그구는 2.7~3.0℃ 정도 낮았으나 팬+차광(일사제어)구는 온도강하 효과가 거의 없었는데 이는 차광되는 시간이 짧았기 때문이다 (Table 6).

순별 평균온도는 일 최고온도 평균이나 일 평균온도 평균에 비해 온도강하 효과가 더욱 줄어들었는데 이는 강우일이나 흐린날이 포함되었기 때문이다. 1990년부터 1999년 까지 10년간의 기상월보를 보면 8월의 일기일수 중에서 차광이나 포그가 효율적으로 분사될 수 있는 맑은날은 불과 5~6일 밖에 되지 않았다(KMA,1990~1999).

Table 2는 처리별 일최고 기온시의 엽온과 지온을 나타낸 것이다. 엽온은 처리간 차이가 기온만큼 크지 않았는데 팬 단용처리구에 비해 포그처리구가 2℃ 정도, 팬+차광(일사제어)구가 0.9℃ 정도 낮았고 이같은 엽온 차이는 생육(Table 4)이나 수량(Table 5)에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 지온은 처리간 차이가 거의 없었다.

Table 2. Comparison of leaf and soil temperature at highest air temperature in 1998.

Treatment	Temperature (°C)	
	Leaf ^z	Soil ^y
Fan+Shading(temp. control)+Fog	30.5	25.3
Fan+Shading(radiation control)	31.5	25.4
Fan+Fog	30.4	25.3
Fan	32.4	25.5

^zTemperature at surface of leaf

^yTemperature at 10cm depth in soil

Fig. 1은 1999년 8월 9일의 처리별 일사량 변화이다. 팬 단용구와 팬+포그구는 실외 일사량과 비슷한 일변화를 보이고 있으나 팬+차광(온도제어)+포그구는 10시 이후부터 거의 종일 차광되었고 팬+차광(일사제어)구는 일사량이 500W/m²보다 많은 12시~14시 사이에 차광망의 개폐가 반복되어 일사량 변화가 심하였다.

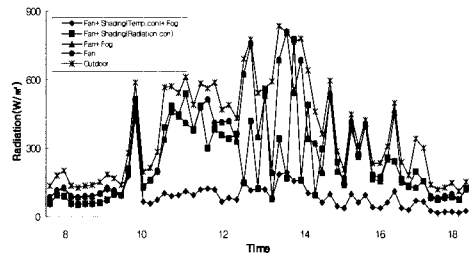


Fig. 1. Change of radiation with time (Aug. 9, 1999, cloud amount ≤2.5).

Table 3은 1999년 8월9일부터 8월12일(운량≤2.5로 맑음)까지의 일평균 및 순별 평균 일사량과 상대습도를 나타낸 것이다. 일평균 일사량은 팬 단용구와 팬+포그구가 각각 실외 일사량의 74%, 73%로 처리간 차이가 없어, 포그처리는 일사량에 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다. 일사제어 차광구는 일사량이 강할때 단속적으로 차광되어 실외 일사량의 60% 수준이었고, 온도제어 차광구는 차광시간이 길어 실외 일사량의 22% 정도까지 심하게 떨어져서 차광에 의한 온도저하 효과보다는 일사량 부족에 의한 동화량 감소가 우려되었다.

순별 평균 일사량은 일평균 일사량에 비해 현저히 감소되었으나 처리간 차이는 다소 줄어들었는데 이는 흐린날이 많았기 때문이다. 상대습도는 포그구가 타 처리구에 비해 높을 것으로 예상했으나 무처리구에 비해 10%정도 높게 유지되었을 뿐

고온기 유리온실의 냉방방법이 토마토 생육 및 수량에 미치는 영향

처리간 큰 차이가 없었고, 전처리구에서 60~70% 수준이었다. Sato(1997)도 세무 냉방시 시설내의 상대습도는 광량에 따라 살수입경을 조절하면 큰 변화가 없다고 하였다.

Table 4는 1998년과 1999년의 토마토의 생육을 나타낸 것이다. 연도간 처리방법과

조사시기가 다소 달랐지만 팬 단용구가 초장이 약간 적었고 생체중은 처리간 큰 차이가 없었다. 엽록소 함량은 온도제어 차광구가 유의하게 적어 수량감소의 한 요인이 된 것으로 생각 되었다. 2년간 병해 발생은 없었고, 1999년에는 심식충해가 다소 발생되었다.

Table 3. Comparison of radiation and relative humidity according to the cooling methods.

Treatment	Radiation(W · m ²)		Relative humidity(%)	
	Daily mean value	10-Day mean value	Daily mean value	10-Daymean value
Fan+Shading(temp. control)+Fog	89	81	65	70
Fan+Shading(radiation control)	246	187	61	72
Fan+Fog	293	188	69	72
Fan	296	191	56	65
Out door	401	272	57	67

Table 4. Effects of cooling methods on the growth of tomatato cv. momotaro in 1998 and 1999.

Treatment	Height (cm)		Fresh wt. (g)		Chlorophyll (SPAD unit)		Disease damage(%)		Insect damage(%)	
	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99	'98	'99
Fan+Shading (temp. control)+Fog	174	149	7,020	460	39b ²	37b	0	0	0	4.3
Fan+Shading (temp. control)	177	-	6,870	-	38b	-	0	-	0	-
Fan+Shading (radiation control)	-	139	-	600	-	42a	-	0	-	3.1
Fan+Fog	-	141	-	525	-	41a	-	0	-	4.3
Fan	166	134	6,760	515	42a	43a	0	0	0	5.5

Investigate date : 50 days(1998), 33days(1999) after transplanting

²Mean seperation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 5는 1996~1999까지 처리별 상품 수량을 나타낸 것이다. 1996년~1998년까지는 팬 단용구의 수량이 가장 많았고 온도제어 차광구는 수량이 현저히 떨어졌다.

온도제어 차광구의 수량감소는 지나친 차광에 의한 동화량 감소가 주원인으로 생각되었는데 맑은 날에는 거의 온종일 차광되었고, 흐린날에도 기온이 30℃ 이상 되는 날이 많아 차광되는 시간이 길었다 (Table 6). 따라서 토마토와 같이 광포화

점이 높은 작물은 차광에 의한 온도저하 효과보다는 광량감소에 의한 수량감소가 많아 온도제어 차광처리는 고온기 온도강하 방법으로 적합하지 않은 것으로 생각되었고, Kwon 등(1998)도 같은 결과를 보고 하였다.

1999년에도 온도제어 차광구가 수량이 가장 적었다. 팬+포그구가 팬 단용구보다 오히려 수량이 적은 것은 포그처리로 온도하강에 따른 긍정적인 효과보다는 잎이

Table 5. Comparison of marketable yield of tomato cv. momotaro in 1996, 1997, 1998 and 1999.

Treatment	Marketable yield(kg/10a)			
	1996	1997	1998	1999
Fan+Shading (temp.control)+Fog	6,949 a ^z	4,207 b	4,510 b	3,211 b
Fan+Shading (temp. control)	5,568 b	4,995 b	4,460 b	-
Fan+Shading (radiation control)	-	-	-	4,780 a
Fan+Fog	-	-	-	4,415 a
Fan	7,408 a	6,637 a	5,315 a	4,631 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

Table 6. The shading time according to the daily weather.

Treatment	Shading time(min)		
	Clear ^z	Cloud ^y	Daily mean
Fan+Shading (temperature control)+Fog	460	300	360
Fan+Shading (temperature control)	482	316	372
Fan+Shading (radiation control)	140	-	24

^zAmount of cloud ≤ 2.5

^yAmount of cloud ≥ 7.5

나 화기에 부착된 포그입자에 의해 증산 작용이 억제되거나, 토마토티의 효과가 떨어진 것 등의 부정적 영향이 더 큰 때문으로 생각된다. 일사제어 차광구는 팬 단용구에 비해 큰 차이는 아니지만 가장 수량이 많았는데 이는 차광시간이 짧아 광량 감소가 크지않으면서 광포화도 이상의 강한광을 차단해준 것이 작물 생육에 좋은 영향을 미친 결과로 생각 된다.

Table 6은 차광처리별 차광된 시간인데 온도제어 차광구는 맑은날은 7시간, 흐린 날은 5시간, 일평균 6시간 이상 과다하게 차광된 반면 일사제어 차광구는 맑은날은 2시간, 일평균 24분 정도만 차광되어 8월 중에도 유리온실내는 토마토의 광포화도로 알려진 7만lux를 넘는 광이 투과되는 시간이 많지 않음을 알 수 있다.

Literature cited

1. Hayashi, M. 1998. Protected horticulture hand book. The Japan Research Society for Protected Horticulture. p. 151-163.
2. Korea Meteorological Administration. 1990-1999. Monthly Weather Report.
3. Kwon, J.K., Y.C. Um, D.K. Park, J.H. Lee, and K.W. Kang. 1998. Effect of Automatic Shading during Summer Season on Growth and Yield of Fruit Vegetables in Plastic Film House. RDA Journal of Hort. Sci. 40(1) : 1-7.
4. Lee, G.M. 1994. Management for Fruit Vegetables of Greenhouse in

- Warm Season. Protected Horticulture. The Korean Research Society for Protected Horticulture. 7(1) : 23-31.
5. Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. Prentice hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. p. 140-156.
6. Rural Development Administration. 1997. Protected Growing for Tomato.
7. Sato, T. 1997. Fog cooling system of high temperature term. Agriculture and Horticulture. 8 : 13-16.
8. Seo, W.M., Y.B. Min. and J.C. Park. 1994. Greenhouse Cooling by evaporative cooling system. Journal of the Research Institute of Greenhouse Horticulture. Gyeongsang Univ. 1 : 173-178.
9. Woo, Y.H., Y.I. Nam, C.H. Song, H.J. Kim, and D.U. Kim. 1994. Studies on Management of Effective Temperature and Humidity in Greenhouse at summer Season. The Korean Society for Biology Production Facilities and Environment Control. 3(1) : 58-65.
10. Woo, Y.H., J.M. Lee, and Y.I. Nam. 1995. Forced Ventilation Number of Air Change to Set Point of Inside Air Temperature in Summer Glasshouse. J. Bio-Env.Con. 4(2) : 223-231.

고온기 유리온실의 냉방방법이 토마토 생육 및 수량에 미치는 영향

최영하* · 이재한 · 박동금 · 권준국 · 엄영철¹
부산원예시험장, ¹원예연구소

적 요

여름철 시설내 온도강하를 위해 차광, 포그, 미스트, Fan and Pad 등 다양한 방법들이 행해지고 있고 그 효과에 대해서도 잘 알려져 있다. 그러나 대부분의 효과가 처리방법간 일 최고기온시의 상대적인 비교를 나타낸 것이므로 실제로 일평균, 순평균하게 되면 그효과는 미미하게 된다. 더구나 우리나라는 8월중 맑은날이 10일 미만이고 상대습도가 높기 때문에 기화냉각효과는 더욱 떨어지게 된다. 따라서 여름철 토마토 재배시 온도강하 방법으로 포그처리하는 냉방효과에 비해 설치 및 유지관리비에 많은비용이 소요되는 문제가 있고, 온도제어 차광은 지나치게 차광되어 수량감소가 많아 부적합 하므로 팬+일사제어 자동차광으로 외기온 가까이 온도를 내리는 것을 목표로 하는 것이 경제적인 것으로 생각된다.

주제어 : 팬, 포그, 차광시간, 일사