

하계 국화 시설재배시 효과적인 온실냉방시스템 활용 Efficient Application of Greenhouse Cooling Systems in Chrysanthemum during Summer Culture

남은영 · 김태영 · 조일환 · 김기덕 · 남윤일

원예연구소 시설재배과

Nam, E.Y.* · Kim, T.Y. · Cho, I.H. · Kim, K.D · Nam, Y.I.

Division of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute,
R.D.A., Suwon, 440-441

서 론

최근 대일본 수출이 급격히 증가('99년 2.1, '00년 4.7, '01년 7.3백만\$)하고 있는 주요 수출작목 중의 하나인 국화는 하계 시설재배시 40℃ 이상의 고온으로 기형화, 화색 퇴화, 개화지연과 같은 고온기 생리장해가 발생하여 고품질 상품생산, 적기 수출에 차질을 빚고 있다. 국화 시설재배시 하계고온 극복을 위한 환경조절 연구로 수시차광이나 고온내성 향상을 위한 CO₂ 시용과 같은 연구가 부분적으로 이루어지고 있으나 여름철 고온기에 시설이용율을 높이고 안정적인 생산을 하기 위해서는 보다 적극적인 온실냉방시스템의 도입이 필요하다. 온실의 고온극복 방법으로는 차광, 환기, 증발냉각, 근권부나 작물체 주위 등의 국부냉방, 히트펌프, 지붕살수 등의 방법이 있으나 적극적인 환기와 차광의 병행 그리고 증발냉각시스템을 제외하고는 그다지 실용성이 높지 않은 것으로 알려져 있으며 환기 및 냉방 설계기술의 정립, 비용절감 및 체계화 기술개발이 과제로 남아 있다. 본 연구에서는 온도하강방법에 따른 시설내 열환경분석과 국화의 고온스트레스 경감효과를 구명하고자 한다.

재료 및 방법

고온극복을 위한 온도하강방법으로 관행(내부차광), 팬앤드패드시스템+내부차광, 외부차광+디스크분사식 포그시스템을 설치하였다. 내부차광은 30% 은색알루미늄 스크린을 이용하여 11:00~18:00까지 차광하였고 팬앤드패드시스템은 농업기계화연구소에서 개발한 양방향 냉기 배출형 팬앤드패드시스템(크기:750×750×1800, 중량, 45kg, 패드:셀룰로오스 수지, 폭:50, 높이:90, 두께:10cm, 풍량:135m³/min)을 설치하였고 양방향으로 나오는 냉기를 송풍하기 위한 비닐덕트를 설치한 후 30cm 간격으로 구멍을 뚫어 국화에 차가운 바람을 직접 송풍하도록 하였다. 특히 화아분화를 위한 압박처리 시간대의 온도상승을 막기 위하여 오후 5시 이후에도 압박내 온도가 26℃ 이상으로 올라가면 냉방기가 가동되도록 조절하였다. 외부 차광스크린은 천창으로부터 50cm를 띄우고 은색알루미늄 스크린을 설치하였고 내부차광과 동일하게 차광시간을 설정하였다. 외부차광스크린을 설치한 시설내부에는 디스크분사식 포그시스템(Air cool, PARU)을 설치하였고 온실내부의 온도가 26℃ 이상이 되었을 때 작동하도록 조절하였다. 각 냉방시스템의 소비전력을 비교하기 위하여 전력량계를 설치하여 단일처리 이후 수확기까지 전력소모

량을 계측하였다. 국화는 스프레이 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’를 2003년 6월 13일에 정식하여 정식 3주후 7월 5일에 단일처리(17:00 07:00)를 시작하였다. 정식후 화란식 양액재배처방액(EC 1.8mS/cm, pH 5.8 6.2)을 일일 관비하였다. 시설내 열환경을 분석하기 위하여 적외선 이용 열화상 측정기로 시설내 열화상 이미지를 촬영한 다음 Microspec program과 엑셀프로그램을 이용하여 시설내 온도분포를 분석하였다. 엽록소함량은 휴대용 엽록소 측정기(Spectrum Technologies, Inc. SPAD 502, Minolta Co., LTD. Japan)을 이용하여 측정하고 안토시아닌 함량은 1% HCl MeOH 용액에 색소를 추출한 뒤 자외 가시선 분광광도계를 이용하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1) 온도하강방법별 시설내 미기상 환경

각 온도 하강방법별 시설내 미기상 환경은 Fig. 1과 같다. 시설내 온도변화를 보면 관행(내부차광)의 경우 7월~8월(12:00 15:00) 시설내 평균온도는 33℃로 팬앤드패드시스템 29℃, 외부차광+분사식포그시스템 28℃에 비하여 최고 5℃이상 높게 유지되었다. 상대습도는 반대로 관행에서 가장 낮게 유지되는 경향을 보였고 분사식포그시스템에서 다소 높게 유지되었다.

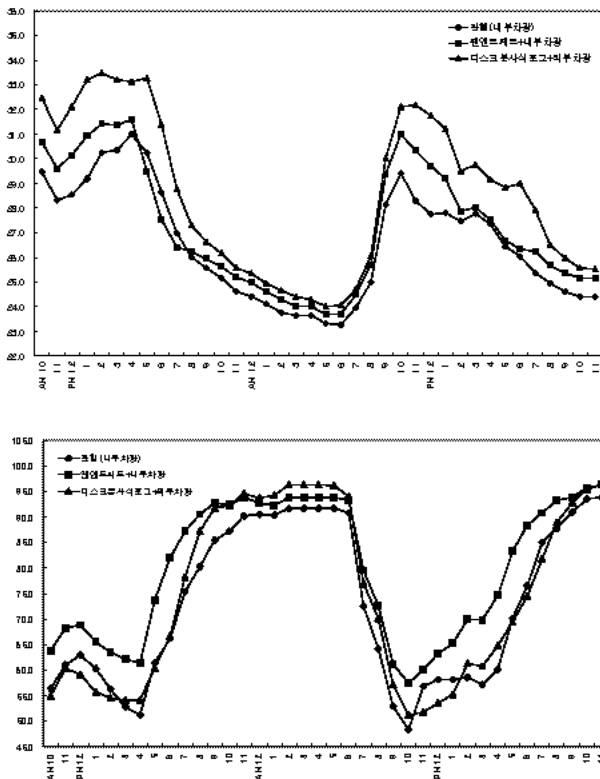


Fig. 1. 온도하강방법별 시설내 온도 및 상대습도 변화

2) 열화상측정기를 이용한 온도하강방법별 시설내 열환경 분석

Microspec program을 이용하여 시설내 열환경을 분석한 결과 관행(내부차광)의 경우 국화 군락내 온도는 30.6℃, 팬앤드패드시스템 28.7℃, 외부차광 27.8℃로 나타났다. 외부차광+디스크분사식 포그시스템을 설치한 온실은 국화군락뿐 아니라 전체적인 시설내 온도도 균일하게 유지되는 경향을 보였다.

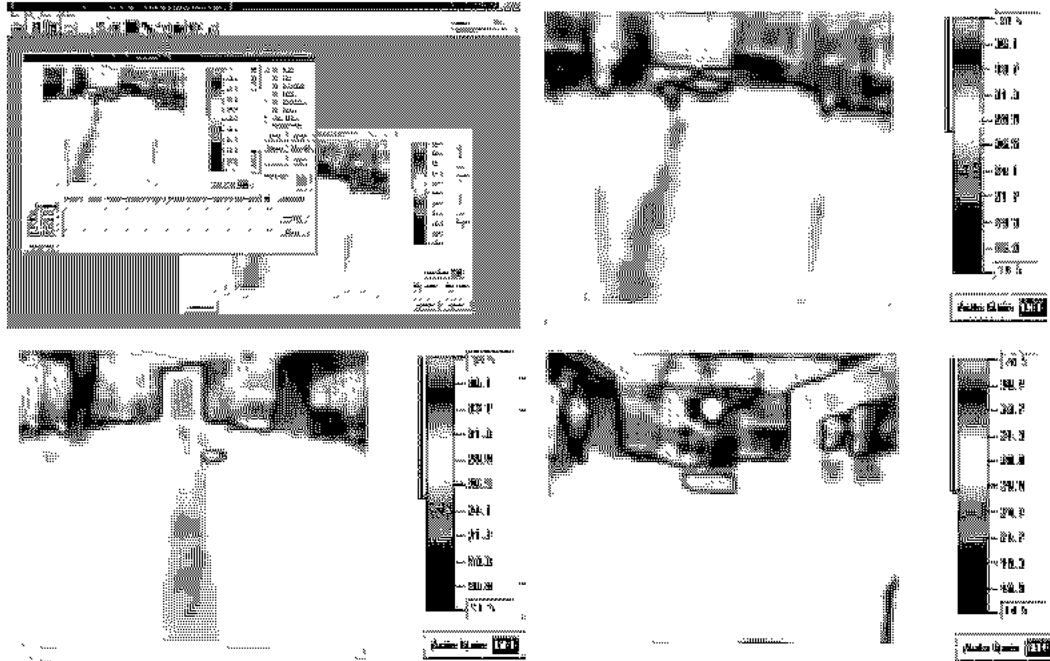


Fig. 2. 온도하강방법별 시설내 적외선이용 열화상 이미지

3) 온실냉방방법별 화아발달 속도

온실냉방방법별 화아발달 속도는 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’ 두 품종의 개화소요일수를 비교하기 위하여 조사하였다. 국화의 개화소요일수는 어느 수준까지는 온도가 낮을수록 짧아진다. 팬앤드패드시스템과 디스크분사식 포그시스템을 설치한 온실은 퓨마의 경우 8월 29일에 화폭이 30mm 이상으로 전개되었으나 관행의 경우 9월 2일까지 화폭이 30mm이상 발달되지 못함을 알 수 있었다. 아르거스는 퓨마보다 고온에 더 민감하게 반응하였고 개화소요일수에 있어서 9일 이상 차이를 보였다.

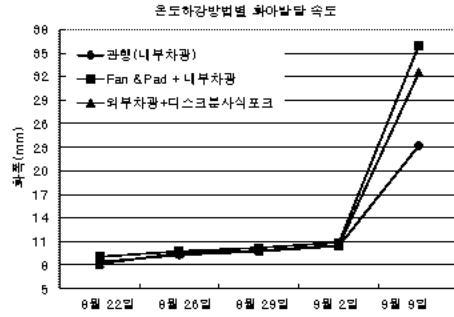
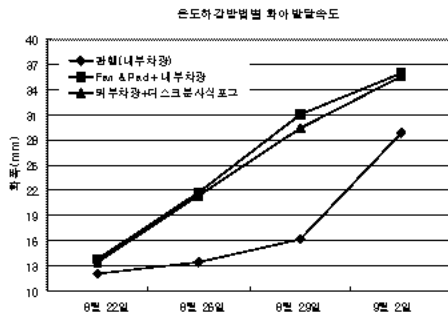


Fig. 3 온도하강방법별 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’ 화아발달 속도

4) 온도하강방법별 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’ 절화품질 비교

온도하강방법별 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’의 절화품질은 팬앤드패드시스템을 설치한 시설이 디스크분사식 포그시스템을 설치한 온실과 비교해서 크게 절화품질에서 차이가 나지 않지만 모든 조사항목에서 우수한 경향을 보였다. 관행의 경우 절화품질 뿐 아니라 개화소요일수에서 팬앤드패드시스템 설치온실과 각각 7일, 9일의 차이를 보였다. 그러나 팬앤드패드시스템의 경우 단일처리에서부터 수확기까지 사용된 냉방에너지가 디스크분사식포그시스템 온실과 비교하여 4배이상 많이 소요되어 경제성을 고려할 필요가 있다고 보여진다.

Table. 1. 온도하강방법별 국화 ‘퓨마’ ‘아르거스’ 절화품질 및 소비전력 비교

Cultivar	Cooling system	height (cm)	diameter(mm)		number of		leaf area (cm ²)	chlorophyll (SPAD)	Anthocyanin (530nm, OD value)
			stem	flower	flowers	pedicals			
Puma	Control(inside screen)	78.8	5.8	28.89	33	11	1409.2	31.1	-
	Fan & Pad+Inside screen	85.1	6.1	35.01	41	12	1417.7	41.5	-
	Fog+Outside screen	78.4	6.5	34.47	43	11	1523.8	42.4	-
Argus	Control(inside screen)	66.9	3.8	31.0	48.0	9	677.9	48.0	0.05
	Fan & Pad+Inside screen	70.3	4.5	41.7	48.4	11	862.5	48.4	0.06
	Fog+Outside screen	68.0	4.4	34.9	46.5	10	824.1	46.5	0.26

Cultivar	Cooling system	fresh weight(g)				dry weight(g)				day to anthesis	소비전력 (W/Hr)
		flower	leaf	stem	total	flower	leaf	stem	total		
	Control(inside screen)	19.5	30.9	23.1	73.5	2.2	2.2	4.9	9.3	62	-
Puma	Fan&Pad+Inside screen	26.6	35.5	26.2	73.5	2.9	2.6	5.8	9.3	55	390.3
	Fog+Outside screen	26.4	36.5	24.8	73.5	3.0	2.8	5.4	9.3	57	92.2
	Control(inside screen)	11.0	8.7	11.6	31.3	1.2	0.8	2.9	4.9	70	-
Argus	Fan&Pad+Inside screen	18.1	12.5	15.9	31.3	1.8	1.2	3.9	4.9	61	417.9
	Fog+Outside screen	15.0	10.1	12.6	31.3	1.6	1.0	3.0	4.9	63	101.0

요약 및 결론

여름철 고온기에 국화 시설재배시 고온생리장애 극복을 위하여 적극적인 온도하강 시스템의 도입이 필요하다. 고온극복을 위한 온도하강방법으로 관행(내부차광), 팬앤드패드시스템+내부차광, 외부차광+디스크분사식 포그시스템을 설치하였고 각 방법별로 시설내 미기상 환경과 국화 절화품질, 냉방효율 등을 조사하였다. 팬앤드패드시스템은 온도하강효과와 국화의 절화품질 향상이라는 측면에서 우수한 성적을 보였으나 냉방효율이 낮았고 외부차광+디스크분사식포그시스템은 온도하강효과와 절화품질에 있어서 모두 우수한 성적을 보였다. 외부차광은 설치비가 많이 드는 단점이 있으나 이미 시설내로 유입된 열을 차단하는 내부차광과 비교하여 시설내로 열이 유입되기 전에 직접적으로 열을 차단하는 효과가 있기 때문에 장기적인 측면에서 효율적인 차광방법이라고 생각된다. 경제적이면서 효율적인 냉방방법은 외부차광스크린 설치 후 냉방에너지가 작게 드는 분사식포그시스템을 이용하는 것이라고 보여진다.

인용문헌

1. 김문기 외. 2001. 온실냉방시스템의 효율적 이용한 관한 연구. 농림부 최종연구보고서.
2. 서원명 외. 2000. Fog system을 이용한 여름철 온실냉방. 한국농공학회지 41(1) : 60-71.
3. 남상운. 2000. Application of heat balance model to design of ventilating and cooling greenhouse. 생물생산환경조절학회지. 9(4):201-206.
4. 김영중 외. 1997. 포그노즐을 이용한 온실냉방시스템 분석. 생물생산시설환경. 6(1) :48-54.
5. 우영희 외. 1994. 하절기 효율적인 하우스 온도 습도 관리에 관한 연구. 생물생산시설환경. 3(1):58-65.