

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
신소득 원예작물 신품종 및 재배기술 개발		원예	'19~	농업기술원 원예연구과	백일선
딸기 단경기 안정 생산 기술 개발		채소	'20~'21	농업기술원 원예연구과	백일선
색인용어	딸기, 포그, 히트펌프칠러, 당도, 상품과율				

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the characteristic of fruit, flowering period, yield and percentage of marketable fruits by air cooling treatment method during the growth of strawberry plant in plastic greenhouse. The air cooling was controlled by applying system in three cases which were T1 : fog at day, T2 : heat pump chiller at night, T3 : T1+T2 and C : control(without treatment). The decrease of air temperature in plastic greenhouse was shown in all treatments except control. Also, all treatments(T1 ~ T3) have affected the decrease of rhizosphere media temperature, the effect of cooling was greatest in the T3.

In order to confirmation the possibility of year-round cultivation system in Gyeonggi-do, three varieties were used in this study. The three varieties are ever-bearing strawberry'Goha', day-neutral strawberry'Goseul'and june-bearing strawberry'Seolhyang'. In the T3 of ever-bearing strawberry'Goha', sugar content of the fruit was 9.2 ~ 9.3°Bx which increased by 0.8°Bx than that of control. Also, percentage of marketable fruits was increased by 12.4 ~ 14.2%p than that of control, but there was no significant difference in the flowering period. In the T3 of day-neutral strawberry'Goseul', sugar content of the fruit and percentage of marketable fruits were increased by 1.8°Bx and 10%p, respectively, and flowering period was showed 5 days earlier than that of control. Also, Flowering period of june-bearing strawberry'Seolhyang'was earlier 6 days in the T3 than control, but there was no difference in yield, sugar content of the fruit and percentage of marketable fruits between T1 ~ T3 and control.

Key words : Strawberry, Fog, Heat pump chiller, sugar content, Percentage of marketable fruit

1. 연구목표

우리나라 딸기 생산액은 2020년 1조 2,270억원으로 2005년 6,457억원에서 15년 사이에 2배가 늘었으며 채소 생산액의 10.9%를 차지하는 작물이다. 국내 품종 보급율은 2005년 9.2%에서 2015년 90%를 넘어 2021년 9월에 최고치인 96.3%를 기록하였다. 10년전 토양재배와 시설수경재배 비율은 각각 97.4%와 2.6%(184 ha)였지만, 현재 딸기 재배면적은 5,683 ha이며, 토양재배는 64.5%, 시설수경재배는 35.5%(2,018 ha)에 이르러 시설재배가 지속적으로 증가 추세에 있다. 시설재배는 노지재배보다 노동력이 적게 들고, 온도, 습도, 광, CO₂ 등 환경관리가 용이하여 고품질 과실 생산에 장점이 있다(Nam et al., 2014). 딸기는 저온성 작물이므로 그 중에서도 온도관리는 필수적이며, 냉난방, 보온, 차광, 환기를 통해 시설 내에 관리가 가능하다. 딸기는 꽃눈분화가 저온과 단일 조건에서 이루어지는 일계성과 고온장일 조건에서 분화가 이루어지는 사계성 딸기와 일장이 중간일 때 꽃눈 분화가 되어 가을에 생산되는 중일성 딸기로 구분이 된다. 우리나라 딸기의 주 생산시기는 12월에서 이듬해 5월까지로 주로 일계성 딸기가 생산되며, 여름에 생산되는 사계성 딸기는 주로 대관령과 무주 등 고랭지에서 일부 생산이 되고 있다. 최근에는 이상 기온, 아열대 이후로의 전환 등 기온 상승으로 고랭지에서도 적정생육 온도보다 높은 온도가 유지되는 시간이 길어지면서 착과불량에 의한 기형과 발생과 수량 감소가 나타나고 있어(Moon et al., 2014) 냉각 및 냉방 기술을 적용하여 온도를 낮추려는 시도(Ryou et al., 2008; Nam et al., 2014)와 에너지 절감을 위한 근권부 국부 냉난방 기술에 대한 기술 연구도 꾸준히 이루어지고 있다(Moon et al., 2014).

국내외에서 고온기 온실냉방에 관한 온도저감에 관한 연구는 고압의 미스트와 팬을 이용한 기화열 발생(Carpenter and Wills, 1959), 국소냉방(Kojima and Suhardiyanto, 1991), 수막(Seo et al., 1994), 미세노즐 활용(Lee and Kim, 2011), 지하수 이용 근권냉방 온도저하 및 품질증진(Lee et al., 2018)등이 보고되었다.

따라서 선행연구 결과를 반영하여 근권부 냉방 기술과 지상부의 냉각 시스템을 적용하여 고랭지에서만 생산되는 여름딸기를 경기도 지역에 집중되어있는 체험농장에서의 생산 가능성을 조사하고 더불어 가을(중일성) 딸기 및 겨울(일계성) 딸기를 포함한 연중 생산 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 냉방시스템 구성

국부냉방시험장치 구성은 공기-물 히트펌프칠러, 냉축열조, 온도제어장치, 냉수배관(스테인레스 주름관), 저압포그시스템으로 구성하였다. 근권부 냉수순환은 지하부 및 관부의 온도저감을 위한 25A SUS 스텐레스 주름관을 베드 위에 2라인씩 딸기 관부에 밀착하여 설치하였고, 근권부 냉각을 위하여 베드 15 cm깊이에 2라인 설치하여 냉수 순환을 통한 근권부 온도를 제어하고자 하였다. 저압 포그는 20 mm LD 파이프를 3.5 cm 간격으로 설치하여 포

그노즐 분무에 의한 사각지대가 없도록 설치하였다. 포그 시스템 유량은 시간당 8L, C노즐의 살수 직경은 8 m, 노즐 취부 크기는 4 mm, 사용 압력은 15 bar로 에어포그 형태로 분무되도록 설계하였다. 히트펌프칠러 시스템은 수냉식 스크류 냉동기에 의해 물탱크의 물을 냉각시킨 후 냉수배관과 공기 냉각에 사용 되도록 하였으며, 급수와 퇴수 온도는 센서에 의해 설정한 온도 15℃를 유지하도록 하였다.

나. 냉방처리

냉방처리는 근권부+관부와 지상부로 구분하였으며, 근권부+관부는 스텐레스 배관에 의한 냉수순환 장치를 활용하였다. 근권부+관부의 냉수순환장치 적용은 대조구와 시험구에 동일하게 적용하여 처리구와 대조구의 차이를 두지 않았으며, 스텐레스 주름관을 통해 15℃ 물이 순환하도록 설치하였다. 지상부의 냉방 처리는 3가지로 구분하여 정식 후 개화기 및 과실에 미치는 영향을 분석하였다. 처리는 T1 : 주간(포그), T2 : 야간(히트펌프칠러), T3 : 주간(포그)+야간(히트펌프칠러), C : 무처리로 각각 온실 내부를 4구역으로 구분하여 시설을 설치하였다(그림 1, 2). T1 처리는 주간에 온실내부 온도가 25℃이상이 되면 포그시스템이 작동하여 20분 내외로 포그가 생성되도록 하였으며, 과습에 의한 병 발생의 제어하기 위해 시간을 조절하였다. T2 처리는 야간에 온실 내부 온도가 20℃를 넘으면 히트펌프칠러가 작동하여 온도를 20℃ 이하로 낮추도록 설정하였고, T3 처리는 T1과 T2 처리를 모두 적용하여 처리하였으며, 대조는 무처리로 하였다.

냉방처리 기간은 일계성 품종‘설향’의 개화시기인 11월까지만 실시하였고, 그 이후에는 겨울철 기온 하강으로 가동을 중단하였다.



포그(지상부 주간)

히트펌프칠러(지상부 야간)

관부 및 근권부 냉수 순환

그림 1. 지상부 및 근권부 냉방장치 설치

T1 : 포그(주간) T2 : 히트펌프칠러(야간) T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간) C : 무처리
 a) 포그시스템, b) 관부 냉수순환 스텐레스관, c) 근권부 냉수순환 스텐레스관, d) 히트펌프칠러 냉방기

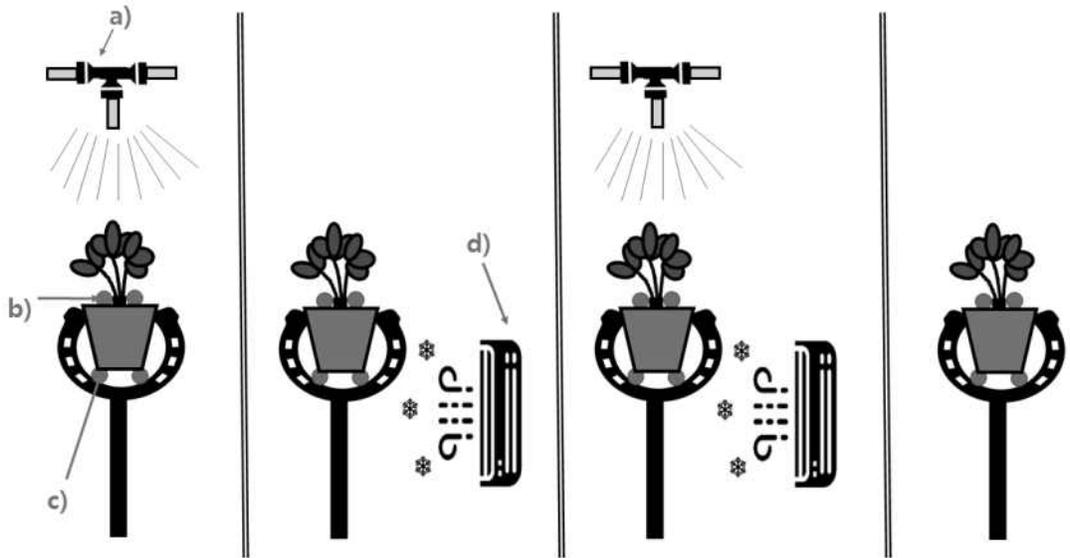


그림 2. 온실 구분 및 처리별 냉방 방법

다. 딸기 재배

본 시험을 위한 품종은 사계성 ‘고하’, 중일성 ‘고슬’, 일계성 ‘설향’을 각각 1, 2차에 걸쳐 정식하였다. ‘고하’는 3월 20일(1차), 3월 30일(2차), ‘고슬’은 7월 10일(1차), 7월 20일(2차), ‘설향’은 9월 6일(1차), 9월 15일(2차) 정식하여 고설베드에 수경재배하였다, 시험에 사용한 배지는 압축 코코피트 (Born sustainable, Chip 50% + peat 50%)로 구성된 5구 배지 (100×15×15 cm)를 정식 일주일 전에 담수하여 염분을 제거한 후 사용하였다.

묘 정식 후 양액 관리는 정식 후 초기에는 EC 0.7 dS/m 내외로 관리하고, 영양생장 후기에 EC 0.9 dS/m 내외로 조절한 후 꽃눈 분화가 되기 시작하면 EC 1.0 ds/m으로 높인 후 과실비대기에 EC 1.2 ~ 1.4 ds/m로 관리하였다. 양액 EC 조절에 따라 pH도 5.5 ~ 6.8로 관리하였으며, pH가 7.0 이상 높을 때는 60% HNO₃를 사용하여 산도를 조절하였다. 양액은 기온이 상승하는 여름철을 기준으로 오전 9시부터 오후 3시까지 1시간마다 2분씩 65 ~ 70 ml 들어가도록 설정하였으며, 겨울에는 여름철의 1/2 용량으로 사용하였다. 흐리거나 비가 온 날은 양액의 급액량을 조절하였고, 양액은 2주 간격으로 제조하여 사용하였다. 양액은 네덜란드 PBG조성을 기본으로 수질 분석을 통해 국립식량과학원의 고령지농업연구소의 도움을 받아 조성되었으며 정식 후 재배기간 동안 사용한 양액조성은 <표 1>과 같다. 또한 매주 2 ~ 3회 급액과 배액의 EC 및 pH를 조사하여 양액으로 인한 생육에 문제가 발생하지 않도록 하였다.

정식시기에 따른 품종별 과실 특성은 과실의 크기 및 당도, 수량, 상품과율을 조사하였으

며, 온도에 영향을 크게 받는 개화기를 조사하였다. 과실의 크기는 캘리퍼스 (Mitutoyo CD-15CPX)을 사용하여 과경과 과폭을 측정하였고, 과실을 착즙하여 딸기 전용 당도계 (ATAGO PAL-BXIACID4)를 활용하여 당도를 측정하였다. 상품과율은 사계성 품종‘고하’는 9 g 이상을 기준으로, 중일성 품종‘고슬’및 일계성 품종‘설향’은 12 g 이상을 기준으로 조사하였다(채소데이터 표준매뉴얼 딸기, 2021; 농업기술길라잡이 40, 딸기, 2018).

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 과실의 당도 및 수량을 DMRT(Duncan’s multiple range tset)를 통해 5% 수준에서 통계 분석하였다.

라. 온실 내·외부 및 배지 온도조사

정식 후 온실 내·외 대기 온도 및 배지 온도 데이터 수집을 위해 배지 및 온실 내부에 온·습도 센서 설치로 (주)나래트렌드 스마트팜을 활용하여 최고 및 최저온도를 데이터 로거로 수집하였으며 외부 온도는 농업기상정보서비스 홈페이지를 통해 정보를 수집하였다.

표 1. 양액조성표

양액	비료명	화학식	용량(g/1,000L) ¹
A	질산칼슘 II	5【Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O】NH ₄ NO ₃	4,720
	질산칼륨	KNO ₃	1,060
	질산암모늄	NH ₄ NO ₃	440
	킬레이트철	EDTA-Fe	230
	질산 60%	HNO ₃	150
B	질산칼륨	KNO ₃	3,120
	질산 60%	HNO ₃	150
	제1 인산칼륨	KH ₂ PO ₄	1,360
	황산마그네슘	MgSO ₄ ·7H ₂ O	1,940
C	황산칼륨	K ₂ SO ₄	270
	질산 60%	HNO ₃	

¹100배 농축액 제조 용량

3. 결과 및 고찰

가. 정식 후 온실 내·외 대기 온도

사계성 품종‘고하’를 정식한 3월부터 마지막 9월에 일계성 품종‘설향’을 정식하여 과실을 수확한 시기인 이듬해 1월까지 온실 내부 및 외부의 대기온도를 분석한 결과는 <표 2>와 같다.

온실 내부 대기 최고온도가 30°C 이상인 4월 ~ 9월에 무처리는 30.7°C ~ 35.1°C 까지 상승하였고, T1 처리와 무처리의 차이는 1.2 ~ 3.5°C, T2 처리와 무처리는 0.2 ~ 1.5°C, T3 처리와 무처리는 2.8 ~ 3.9°C로 모든 처리구에서 온도 저감 효과를 보였다.

최고 기온이 가장 높은 7, 8월의 무처리와 처리 간의 온도 차이를 보면 T1 처리 1.2 ~ 2.8°C, T2 처리 0.1 ~ 1.1°C, T3 처리 2.8 ~ 3.9°C의 온도 저감 효과를 보였다. 고온기의 온도 저감 효과는 T3 처리인 주간 포그와 야간 히트펌프칠러 사용이 냉방효과가 가장 큼을 확인하였으며 T1, T2 순으로 온도 저감 효과가 있었다(표 2).

표 2. 정식 후 온실 내·외부 온도 변화

시기	처리	온실 내부 온도(°C)			온실 외부 온도(°C)		
		평균	최고	최저	평균	최고	최저
3월	T1	12.3±1.1	27.8±2.4	10.5±1.0	10.1±2.1	17.5±4.5	4.4±2.7
	T2	13.5±1.1	28.1±2.3	9.8±0.9			
	T3	12.1±1.1	26.1±2.4	10.1±1.0			
	C	14.5±1.0	28.9±2.5	10.8±1.0			
4월	T1	15.8±2.5	28.3±2.9	11.4±1.0	14.0±3.1	21.0±3.9	8.1±3.8
	T2	15.9±2.5	30.5±2.6	11.3±1.0			
	T3	15.2±2.4	27.8±3.0	11.2±1.7			
	C	17.8±2.2	30.7±2.4	11.5±0.9			
5월	T1	18.4±2.1	29.6±3.3	13.2±1.4	17.0±2.9	23.1±4.4	11.9±3.1
	T2	17.3±1.8	31.2±2.2	12.8±1.2			
	T3	17.2±2.5	29.2±3.9	12.5±1.8			
	C	19.2±1.3	32.7±2.3	13.3±1.0			
6월	T1	24.2±1.7	30.1±2.5	19.8±1.7	23.3±1.7	29.4±2.7	18.6±1.9
	T2	24.4±1.8	32.0±2.4	19.1±1.8			
	T3	23.9±1.6	29.8±2.7	19.1±1.8			
	C	24.6±1.6	32.6±2.7	20.0±1.0			
7월	T1	28.8±2.3	33.9±2.7	24.7±2.0	28.4±2.5	33.5±3.2	24.1±2.0
	T2	28.8±2.2	35.0±2.8	24.3±2.0			
	T3	27.2±2.2	32.3±3.0	24.0±1.9			
	C	29.3±2.0	35.1±3.1	24.7±1.9			
8월	T1	27.4±1.8	32.2±3.3	24.0±1.3	26.2±2.3	30.6±3.4	22.7±1.9
	T2	27.9±1.8	33.9±2.9	23.2±1.6			
	T3	26.5±1.9	31.1±3.3	23.0±1.5			
	C	27.5±1.7	35.0±3.0	24.0±1.2			
9월	T1	23.9±1.4	28.9±2.5	20.2±1.6	22.7±1.4	28.2±2.7	18.4±1.6
	T2	24.7±1.4	31.4±2.4	19.3±1.6			
	T3	23.5±1.5	28.6±2.6	19.0±1.6			
	C	25.4±1.4	32.4±2.6	20.1±1.6			
10월	T1	19.0±2.3	25.7±2.0	15.3±3.0	15.7±5.2	22.6±4.2	10.3±6.8
	T2	19.1±2.4	26.0±1.9	15.1±3.0			
	T3	18.6±2.3	24.1±2.8	15.1±3.1			
	C	18.9±2.2	24.9±1.6	14.9±3.1			

시기	처리	온실 내부 온도(°C)			온실 외부 온도(°C)		
		평균	최고	최저	평균	최고	최저
11월	T1	16.9±1.4	25.0±2.1	13.0±1.1	7.4±3.7	13.6±4.8	2.2±3.5
	T2	17.0±1.2	24.6±2.0	13.2±0.9			
	T3	16.2±1.7	24.8±2.9	12.7±1.4			
	C	16.5±1.3	24.1±1.8	12.7±1.2			
12월 [♪]	T1	15.8±1.4	24.9±3.4	11.5±2.2	0.2±4.5	5.9±5.5	-4.9±4.4
	T2	15.9±0.9	23.9±2.9	11.7±2.0			
	T3	15.5±2.0	27.8±4.7	10.7±2.7			
	C	15.0±1.5	23.7±3.0	10.8±2.5			
1월 [♪]	T1	15.8±1.2	25.2±3.0	9.8±1.9	-2.9±2.7	3.0±2.8	-8.9±3.1
	T2	16.0±0.7	23.8±2.3	10.3±1.4			
	T3	15.2±1.5	27.5±4.0	9.0±2.0			
	C	14.8±1.0	23.6±2.4	9.4±1.6			

[♪] T1 : 포그(주간), T2 : 히트펌프칠러(야간), T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간), C : 무처리

[♪] 포그 시스템 미작동

나. 정식 후 배지 온도

사계성 품종‘고하’를 정식한 3월부터 일계성 품종‘설향’을 정식하여 수확한 이듬해 1월까지 배지온도를 조사한 결과는 <표 3>과 같다.

사계성 품종‘고하’의 개화 및 과실비대기인 4 ~ 6월에는 무처리의 근권부 배지의 최고 온도가 23.4 ~ 30.1°C인 반면 T3 처리에서 20.5 ~ 26.9°C로 약 3°C, 평균 온도 기준으로 보면 약 2°C 낮아졌다. T1 처리에서는 무처리 대비 최고온도의 차이가 2.2 ~ 2.7°C, 평균온도의 차이는 1.0 ~ 1.7°C 낮게 조사되었다. T2 처리의 경우에는 무처리 대비 최고온도 1.1 ~ 1.5°C의 차이를 보였고 평균온도의 차이는 0.5°C로 T2와 T3 대비 온도저감이 크지 않았다. 중일성 품종‘고슬’의 생육, 개화 및 과실비대기인 7 ~ 9월의 근권부 배지 최고온도는 무처리 31.3 ~ 31.4°C로 T3 처리 27.8 ~ 28.3°C보다 3.0 ~ 3.6°C 높게 나타났으며, 4 ~ 6월 온도보다 더 큰 차이를 보였다. 무처리 대비 T1 처리와 T2 처리는 0.8 ~ 1.2°C 저감되었다. 일계성 품종‘설향’의 생육기인 10, 11월의 근권부 배지 최고온도는 T3 처리가 무처리보다 1.9°C 낮았으며 평균온도는 무처리와 T3 처리 간에 차이가 거의 없었다(표 3).

따라서, 고온기에 지상부의 포그(주간) 및 히트펌프 칠러(야간)에 의한 온실 내 대기 온도 저감이 근권부의 배지에도 영향을 미친 것으로 판단되며, 전반적으로 T3 처리에서 가장 큰 온도 저감 효과를 보여주었다. 이는 온실 내 대기 중의 기온저감(표 2)과 같은 경향으로 조사되었다.

표 3. 정식 후 배지 온도 변화

시기	처리	배지 온도(°C)		
		평균	최고	최저
3월	T1	15.0±1.0	17.3±1.7	13.8±0.6
	T2	16.2±1.0	18.4±1.7	13.0±0.9
	T3	14.5±0.9	16.5±1.9	12.1±0.9
	C	16.8±0.5	20.2±1.8	15.4±0.7
4월	T1	18.9±1.2	21.2±1.5	17.9±1.2
	T2	20.0±1.1	22.2±1.5	17.1±1.5
	T3	18.4±1.1	20.5±1.8	16.1±1.3
	C	20.6±0.9	23.4±1.5	19.4±1.5
5월	T1	21.2±1.2	23.4±1.3	19.3±0.7
	T2	21.6±1.0	24.6±2.3	18.4±0.9
	T3	20.5±1.1	22.9±1.2	17.6±1.1
	C	22.2±1.0	26.1±2.9	20.3±0.8
6월	T1	25.0±0.9	27.4±1.3	23.2±0.7
	T2	25.7±1.0	28.6±2.4	22.4±0.9
	T3	24.4±0.9	26.9±1.2	21.6±1.1
	C	26.2±1.0	30.1±3.0	24.2±0.8
7월	T1	28.0±1.6	29.8±1.9	27.0±1.4
	T2	28.4±1.8	30.5±2.1	26.3±1.4
	T3	26.6±1.4	28.3±1.8	25.8±1.2
	C	29.6±1.5	31.3±2.2	28.0±1.7
8월	T1	27.3±1.2	29.5±1.6	26.1±1.3
	T2	28.1±1.0	30.4±1.7	25.3±1.3
	T3	26.2±1.3	28.0±1.4	24.8±1.5
	C	28.0±1.2	31.3±1.5	27.1±1.3
9월	T1	26.9±1.2	29.2±1.5	25.9±1.2
	T2	28.0±1.1	30.2±1.5	25.1±1.5
	T3	25.8±1.1	27.8±1.6	24.1±1.3
	C	28.1±0.8	31.4±1.5	27.4±1.5
10월	T1	18.7±2.0	22.5±1.5	16.3±2.5
	T2	19.2±2.1	22.4±1.5	17.0±2.4
	T3	19.2±2.1	22.0±1.6	16.6±2.6
	C	19.9±2.1	24.1±1.3	17.3±2.7
11월	T1	16.8±1.4	21.8±2.3	14.3±1.0
	T2	17.0±1.3	20.6±1.9	14.8±1.0
	T3	17.1±1.6	21.2±2.2	14.3±1.4
	C	17.7±1.3	21.5±1.9	15.3±1.3
12월 [♪]	T1	15.5±1.5	21.6±3.2	12.9±1.6
	T2	15.4±1.2	18.8±1.8	13.5±1.2
	T3	15.2±1.8	20.8±2.9	12.4±2.1
	C	16.0±1.7	20.8±2.8	13.6±2.0
1월 [♪]	T1	15.3±1.0	21.7±2.7	11.9±1.2
	T2	14.8±0.7	18.3±1.2	12.5±0.8
	T3	14.8±1.1	20.6±2.3	11.3±1.5
	C	15.4±0.8	20.0±2.0	12.6±1.0

[♪] T1 : 포그(주간), T2 : 히트펌프칠러(야간), T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간), C : 무처리

[♫] 포그 시스템 미작동

다. 사계성 품종 과실 특성

사계성 품종 ‘고하’를 2차에 걸쳐 정식하였으며, 냉방처리를 통한 처리별 개화기와 수확기의 과실 특성을 조사하였다.

개화기 및 수확기를 조사한 결과, 1, 2차 정식에서 무처리를 포함한 모든 처리에서 차이가 없었다(표 4). 이는 온실 대기 온도가 고온기로 넘어가기 전에 개화되어 T1 ~ T3의 냉방처리가 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

과실의 당도는 1, 2차 정식에서 모두 T3 처리에서 각각 9.3 ± 1.5 , $9.2 \pm 1.4^\circ\text{Bx}$ 로 대조보다 0.8°Bx 씩 증가하였으며, 이는 지상부 포그+히트펌프칠러에 의한 대기 및 배지 내부의 온도 저감에 의한 효과라 볼 수 있다(표 2, 표 3). T1 ~ T3 처리와 무처리의 당도 결과를 분석하면 처리에 따른 온실 대기 및 배지 온도 분석 결과와 일치한다. 즉 온도 저감 효과가 가장 컸던 T3 처리에서 당도가 가장 높았으며, T1, T2, 무처리 순으로 당도가 낮아지는 결과 얻어 과실의 당도는 토양의 온도와 밀접한 연관이 있다는 기존의 연구 결과(Kim et al., 2007, Jeoung et al., 2019)와 일치한다. 또한 근권 온도를 다양하게 설정하여 ‘후지’ 사과의 당도를 조사한 결과에서도 처리온도가 가장 낮은 20°C 에서 당도가 증가한다는 결과가 보고되어 있다(Park and Oh, 2000)

과실의 과폭 및 과장, 과중에 있어서는 1, 2차 정식에서 모두 T3 처리에서 다소 높은 결과를 보이거나 유의미한 결과는 아닌 것으로 판단되었다(표 4).

상품과율은 1, 2차 정식 모두 T3, T2, T1, 무처리 순으로 높았으며, T3 처리에서 무처리보다 12.4% (1차 정식), 14.2% (2차 정식) 높았다. T1과 T2 처리를 비교한 결과 주간보다 야간에 온도저감 처리에 의한 상품과율이 1, 2차 정식에서 모두 각각 2.1% , 1.7% 약간 더 높게 조사되었으며, 무처리와 비교에서 상품과율은 9.5% , 10.9% 증가되었다(표 4).

1차 정식에서 수량은 무처리와 T2, T3 처리간에 차이가 없었으며 T1 처리에서 수량이 201 g/주 로 다른 처리구보다 낮게 조사되었지만, 2차 정식에서는 T3 처리에서 수량인 386 g/주 로 가장 높게 조사되었으며 T1, T2 처리의 수량이 255 g/주 , 무처리가 220 g/주 로 가장 낮게 조사되었다(표 4). 이는 고온기에 파프리카의 양액 냉각 처리로 과실의 수량과 상품성이 증가한다는(Jang et al., 2010) 보고와 유사한 결과로 보여진다. 1, 2차의 수량 차이 분석을 위해서는 추가적인 반복 재배시험이 필요할 것으로 판단된다.

표 4 지상부 냉각처리에 따른 사계성 '고하' 과실 특성

정식 시기	처 리	개화기 (월.일)	수확기 (월.일)	과실 특성				수량 (g/주) [♯]	상품과율 (%) [♯]
				과폭 (mm)	과장 (mm)	과중 (g)	당도 (°Bx) [♯]		
3.20 (1차)	T1	4.23	5.27	26.3±2.1	39.1±4.1	13.1±2.7	9.2±1.3a	201b	85.6
	T2	4.23	5.27	26.8±2.2	38.1±4.6	13.1±3.0	8.9±1.3ab	238a	87.7
	T3	4.23	5.27	27.1±2.5	40.4±3.8	13.8±3.4	9.3±1.5a	235a	90.6
	C	4.23	5.27	26.3±2.2	38.9±3.0	12.7±2.7	8.5±0.8b	223a	78.2
3.30 (2차)	T1	4.30	6.15	27.1±2.3	39.7±5.3	13.7±2.4	9.1±1.3a	255b	85.8
	T2	4.30	6.15	27.7±4.4	39.9±4.0	13.9±3.0	8.7±1.3b	255b	87.5
	T3	4.30	6.15	27.5±2.3	41.0±4.5	14.4±2.2	9.2±1.4a	386a	90.8
	C	4.30	6.15	26.8±2.0	39.3±2.9	12.9±2.0	8.4±1.2b	220c	76.6

[♯] T1 : 포그(주간), T2 : 히트펌프칠러(야간), T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간), C : 무처리

[♯] DMRT at 5%

※ 상품과율 기준 : 고하 9g 이상

라. 중일성 품종 과실 특성

중일성 품종 '고슬'을 2차에 걸쳐 정식하였으며, 정식 후 묘소질이 좋지 않아 정식 50 ~ 60일경 1차 정식한 주는 모두 시들음병으로 고사하였고, 2차 정식한 T1, T2 처리구도 시들음병 및 흰가루병으로 고사하였으며, 남은 무처리와 T3 처리의 결과는 <표 5>와 같다.

표 5 지상부 냉각처리에 따른 중일성 '고슬' 과실 특성

정식 시기	처 리	개화기 (월.일)	수확기 (월.일)	과실 특성				수량 (g/주)	상품과율 (%) [♯]
				과폭(mm)	과장(mm)	과중(g)	당도(°Bx)		
7.20	T3	8.30	11.5	34.7±5.7	34.3±3.5	15.6±4.9	10.4±1.2	219	96.5
	C	9.4	11.25	30.5±1.9	32.4±0.9	12.2±0.7	8.6±1.5	223	86.4

[♯] T1 : 포그(주간), T2 : 히트펌프칠러(야간), T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간), C : 무처리

[♯] 상품과율 기준 : '고슬' 12g 이상

※ 1차 정식(7.10) 및 2차 정식(7.20) T1, T2 처리구는 시들음병, 흰가루병으로 모두 고사
2차 정식 개화기 : T1(9월 5일), T2(9월 6일)

과실의 당도는 사계성 딸기인 '고하'와 마찬가지로 T3 처리에서 10.4±1.2°Bx로 대조 8.6±1.5°Bx보다 1.8°Bx 높은 당도를 보였으며, 이 또한 7 ~ 9월 온실 내부 대기 온도 및 배지 온도가 무처리보다 T3 처리에서 낮아진 효과에 의한 결과로 이는 과실의 당도, 수량, 상품성에 토양 온도가 영향을 미친다(Kim et al. 2007, Jang et al. 2010)는 보고와

일치한다. 상품과율도 사계성‘고하’의 결과와 마찬가지로 T3 처리에서 96.5%, 무처리에서 86.4%로 주·야간 냉각처리로 10.1%p 증가한 결과를 보였다. 하지만 T1 및 T2 처리에 의한 결과를 얻지 못해 처리간의 차이를 확인할 수 없었다. 다만, 개화기는 이전 사계성 딸기인‘고하’의 결과와는 다르게 처리별 차이를 보였다. T3 처리에서 8월 30일로 가장 빠른 개화기를 보여 무처리와 비교하면 5일 빠른 결과를 보였다. T1, T2 처리 및 무처리의 개화기는 9월 4일 ~ 6일로 1 ~ 2일차로 처리 간에 차이가 거의 없는 것으로 조사되었다(표 5). 따라서 고온기에는 주·야간의 냉방처리로 인한 대기 온도 저감이 개화기를 앞당긴 것으로 판단된다.

마. 일계성 품종 과실 특성

일계성 품종‘설향’을 2차에 걸쳐 정식하였고, 1차 정식한 묘는 시들음병에 의해 모두 고사 하여 2차 정식에 대한 결과는 <표 6>과 같다.

주·야간 냉각 시스템 처리로 일계성 품종에서 조기 개화를 촉진하는 것으로 보였다. T3 처리에서 무처리보다 6일 빠르게 조사되었고, T1 ~ T2는 무처리와 1 ~ 2일 차이를 보였다. 하지만 정식 후 모든 처리구에서 개화가 2개월 이상 소요되었으며, 이는 일반적으로 60일 묘의 경우 개화에 약 1개월이 소요되는 점을 감안하면 60일 이하의 어린 묘로 정식묘의 소질에 문제가 있었을 것으로 추측되었다. 겨울철 기온 하강으로 주간 포그시스템은 개화기인 11월 하순까지만 작동하여 개화 이후의 생육과 과실특성 및 수량은 냉각시스템에 의한 효과라고 판단하기는 어려웠다.

표 6. 지상부 냉각처리에 따른 일계성‘설향’과실 특성

정식 시기	처리 ¹⁾	개화기 (월.일)	수확기 (월.일)	과실 특성				수량 (g/주) ²⁾	상품과율 (%)
				과폭(mm)	과장(mm)	과중(g)	당도(°Bx)		
9.15	T1	11.25	1.18	33.3±4.0	38.8±3.0	16.3±3.6	8.3±1.2	350 ^{NS}	89.7
	T2	11.28	1.17	33.7±2.3	41.2±3.6	17.7±3.1	8.9±1.2	368	73.4
	T3	11.20	1.10	34.2±5.3	39.7±4.9	17.6±6.7	8.8±1.7	364	87.2
	C	11.26	1.18	30.5±1.9	32.4±0.9	12.2±0.7	8.6±1.5	345	86.2

¹⁾ T1 : 포그(주간), T2 : 히트펌프칠러(야간), T3 : 포그(주간)+히트펌프칠러(야간), C : 무처리

²⁾ DMRT at 5%

※ 상품과율 기준 : 설향 12g 이상

이상의 결과를 종합하면, T3 처리인 주간 포그+야간 히트펌프칠러 사용으로 고온기 배지 및 대기온도 저감 효과로 당도 및 상품과율 증진에 영향을 주는 것으로 조사되었다. 따라서, 냉방시설 장치로 경기도에서 사계성 딸기 생산이 가능할 것으로 보이며, 연중 딸기 생산을 위해서는 정식시기를 다양하게 하여 엽면적, 엽수, 초장 등 지상부 생육과 근중, 근장 등 근권부 생육의 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 적 요

사계성, 중일성, 일계성 품종을 가지고 냉방 방법을 3처리로 달리하여 주간에 포그(T1), 야간에 히트펌프칠러(T2), 주간 포그 + 야간 히트펌프칠러(T3), 무처리(C)로 시험하였다. 지상부의 냉각처리 방법에 따라 딸기의 과실의 특성과 개화기, 수량, 상품과율의 차이를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 가. 사계성 품종‘고하’의 T3 처리에서 당도가 9.2 ~ 9.3°Bx로 무처리 8.4 ~ 8.5°Bx 보다 0.8°Bx 증가하였고, 상품과율도 90.6 ~ 90.8%로 무처리 76.6 ~ 78.2%보다 12.4 ~ 14.2%p 증가한 결과를 얻었으나 개화기의 차이는 보이지 않았다.
- 나. 중일성 품종‘고슬’에서도 T3 처리가 무처리보다 당도 및 상품과율이 각각 1.8°Bx, 10%p 증가하였으며, 개화기도 무처리보다 5일 빨랐다.
- 다. 일계성 품종‘설향’의 개화기도 T3 처리에서 무처리보다 6일 빨랐으며, 수량 및 상품과율의 처리간 차이는 없었다.

5. 인용문헌

- Jang, Y.A., Lee, J.G., Um, Y.C., Kim, S.Y., Oh, S.S. and Cha, S.H. 2010, Effects of nutrient solution cooling on fruit setting and yield of paprika in summer hydroponics, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 28, 58-59. (In Korean)
- Kim, S.K., Shin, J.H., Choi, G.R., Kim, Y.B., Oh, J.Y., Chang, Y.H. and Gil-Man Shon, G.M. 2007. Effects of Training Methods on Growth of Melon in High Temperature Season. Kor. Soc. Bio-Env. Con. 194-199. (In Korean)
- Lee, G.B., Lee, J.E., Choe, Y.U., Park, Y.H., Choi, Y.W., Kang N.j. and Kang J.S. 2018. Effects of groundwater cooling treatment on growth, yield and quality of strawberries under high temperature conditions. J. Env. Sci. 27(8):631-639. (In Korean)
- Lee, H.W. and Kim, Y.S., 2011. Application of low pressure fogging system for commercial tomato greenhouse cooling. J. Bio-Env. Con. 20(1):1-7. (In Korean)
- Moon, J.P., Kang, G.C., Kwon, J.K., Lee, S.J. and Lee, J.N., 2014. Spot Cooling System Development for Ever-bearing Strawberry by Using Low Density Polyethylene Pipe. J. Kor. Agri. Engineers. 56(6) : 149-158. (In Korean)
- Nam, S.W., Kim Y.S. and Seo, D.U. 2014. Change in the Plant Temperature of Tomato by Fogging and Airflow in Plastic Greenhouse. Prot. Horti. Plant Factory. 23(1): 11-18. (In Korean)
- Park, J.M. and Oh, S.D. 2000, Effect of root zone temperature on the mineral

contents of leaves and roots, and fruit qualities of 'Fuji' apple trees (*Malus domestica* Borkh.), Kor. J. Hort. Sci. Technol., 41, 387-391. (In Korean)

Ryou, Y.S., Kang, Y.G., Kim, Y.J. and Kang, K.C. 2008. Heating and cooling effect of portected horticulture by geothermal heat pump system with horizontal heat exchanger. proc. spring annual conf. Kor. soc. 630-633. (In Korean)

Seo, M.W., Lim, J.W., Rhee, H.C., Yu, C.J. and Park, K.W. 1994. Effects of shading-materials on the growth of summer-growing chinese chives(*Allium tuberosum* R.), Kyonggi Agr. Res. Rep., 7, 91-95.

고달관, 윤무경, 김대영, 김태일, 김현숙, 노일래, 장원석, 이종남, 정호정, 이인하, 최재현, 윤혜숙, 황용수, 최종명, 이희철, 남명현. 2018. 농업기술길라잡이40 딸기. 농촌진흥청 김대영. 2021. 채소연구데이터표준 매뉴얼 딸기(개정판). 국립원예특작과학원

Carpenter, W.J. and Willis, W.W. 1959, Comparison of evaporative fan-pad and hight pressure mist systems for greenhouse cooling. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 74, 711-718.

Jeoung, Y.K., Park. J.H., Ha, T.M., Lee, Y.S., Seo, M.H. and Kim, I.C. 2019. Effects of Production of Ever-bearing Strawberries Using Cool Air from Mushroom Cultivation House. J. Bio-Environment Control., 28(1):28-37

Kojima, K. and Suhardiyanto, H. 1991, Studies on the zone cooling system in greenhouse (1), Performance of the system in a model sized greenhouse, Environ. Control in Biol., 29, 1-10.

6. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'20	'21
딸기 단경기 안정 생산 기술 개발	책임자	원예연구과	농업연구사	백일선	'21년 하반기 세부과제총괄	-	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구사	박주현	'20~'21년 상반기 세부과제총괄	○	○
		"	농업연구관	홍승민	방향설정	○	○
		"	농업연구사	한은주	분석조사	○	○
		"	"	박영수	자료조사		○
		"	"	황규현	자료조사	○	○
		"	농업연구관	원선이	'20년 하반기~ '21년 결과검토	○	○
		"	"	조창휘	'20상반기 결과검토	○	-