



과제구분	기관고유	수행시기	전반기	
어젠다코드	4-1-3	기술분야 및 품목표준코드	C05 FT010601	
과제명		수행기간	과제책임자	
사과과원 저온피해 경감 연구		'18~'21	사과이용연구소	오주열
1) 사과 저온피해 시 착과위치, 착과정도에 따른 과실품질 및 수세변화 연구		'18~'19	사과이용연구소	김우일
2) 사과 과원 수세조절을 위한 단근처리 방법 구명		18~'20	사과이용연구소	김현수
3) 사과 저온피해 경감을 위한 미세살수 기술 연구		18~'21	사과이용연구소	오주열
책임용어	서리피해, 낙과, 단근, 미세살수, 이상기상			

사과 저온피해 경감을 위한 미세살수 기술 연구

Development of Overhead Micro-Sprinkler Irrigation Method to Minimize frost Damage
During Apple Blooming Season

Ju-Youl Oh¹, Hyun-Su Kim¹, Jin-Hyang Son¹, So-Hee Gu¹, Yoon-Suk Kim¹,
Jeong-Jin Hong¹ and Eun-Ho Jeong¹

¹The Institute of Apple Utilization Research, Gyeongsangnam-Do Agricultural Research and Extension Services, Geochang 50124, Korea

ABSTRACT : Frost damage to blossoms often occurs in many locations around the globe during the spring and causes a reduction in the number of pollinated fruit blossoms and results in losses of the crop for that season. To improve the stable cultivation and production management of crops, frost protection methods are used including orchard heaters, wind machines, under-tree, and over-tree sprinkling, etc. Overhead sprinkler irrigation is commonly used for spring frost protection in advanced Apple cultivation areas. In Korea, the use of overhead sprinkler irrigation systems has many limitations due to the lack of agricultural water and the lack of irrigation system development. The combination of the selected micro-sprinkler (flip nozzle: Purple+Brown+Brown combination) is reduced the water consumption by 50% compared to the other combinations of sprinkler nozzles and was efficiently sprayed on the canopy of the apple tree. The flip nozzle irrigation starts temperature of -1°C or higher, the flower damage rate could be reduced by more than 50% compared to non-sprinkling. In addition, it was able to fruit produce more than 10% of the total number of flowers. The intermittent micro-sprinkler using a flip nozzle at 1°C and having an irrigation stop time of 10 minutes compared with the continuous irrigation, Frost damage reduction rate was similar and water consumption was reduced by 44%.



In the intermittent micro-sprinkler, the stop time of 20 minutes caused a problem of freezing the irrigation pipe at a temperature of -4°C . An efficient micro-sprinkler method to reduce frost damage during flowering is considered to be an intermittent sprinkler using a flip nozzle, starting irrigation at -1°C , and stopping time for 10 minutes

Key words : Apple, Blossoms, Frost damage, Micro-sprinkler

1. 연구목표

사과 개화기 이상기상에 의한 저온으로 사과 꽃의 저온피해 및 착과된 과실의 조기낙과 피해가 매년 심각하게 발생하고 있는 실정이다. 경남지역에서는 2018년 514ha, 2020년 720ha, 2021년 1,200ha 정도가 개화기 이상기상에 의한 저온피해를 받은 것으로 보고 되고 있다. 개화기 저온피해 방지를 위한 방법으로 송풍법, 살수법, 연무법, 연소법 등이 기술적으로 개발되어 있으나 초기 투자비용, 환경, 작업성 등에서 제약이 있어 적극적으로 권장 활용하지를 못하고 있다(사과재배 2018). 저온피해를 최소화 하는 방법 중 살수법이 가장 효과적인 것으로 알려져 있으며 이는 물이 얼 때 발생하는 잠열을 이용하는 방법으로 살수 하는 동안 충분한 물이 공급 되어야 그 효과를 극대화 할 수 있다(Hamer 1986). 이러한 살수방법은 노즐의 종류, 물의 공급압력, 살수반경, 살수 시작시점과 종료시점에 따라 물 사용량이 최대 10배 이상 차이가 날 수 있다. 사과 과원 저온피해 최소화를 위한 살수 노즐의 선발과, 살수 시점의 자동화를 위한 온도 설정에 대한 연구와 미세살수 방법에서 물 사용량을 효과적으로 줄 일 수 있는 방법을 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

저온피해 경감을 위한 미세살수 방법 구명을 위하여 $0.7(\text{W}) \times 0.7(\text{D}) \times 1(\text{H})\text{m}$ 의 용기에 식재된 ‘후지’/‘M9’ 품종을 4월 개화기(중심화 개화)에 도달했을 때 사과이용 연구소 저온저장고($12\text{m} \times 4\text{m} \times 5\text{m}$, 냉동기 2대)에서 살수 시작 작동온도, 저온 지속시간의 시물레이션에 따라 처리별 2주씩 두고 수행하였다. 저온저장고에는 데이터로거(aM-21A, 와이즈센싱) 장치를 설치하여 환경데이터를 수집하였다. 처리별 정아와 액화를 분리하여 피해율을 조사하고 생육기의 착과수, 수체 생육량, 과일수량 및 품질에 대하여 조사하였다

효율적인 미세살수를 위한 노즐 선발 시험 2018년 4월 경남농업기술원 사과이용연구소 시험포장에서 바람이 없는 날을 선택하여 동일한 배관에 국내외 사용되고 있는 10개의 노즐을 활용하여 살수반경, 살수형태, 살수량을 측정하였다. 노즐별로 표기된 살수반경을 근거로 노즐에서 거리별로 감수지를 설치하여 살수반경을 검토하였다. 유량 및 압력 측정장치를 관수모터 후방에 설치하여 동일한 시간 동안 살수되는 물의 양을 비교하였다.

간헐적 미세살수 방법을 개발하기 위하여 경남농업기술원 사과이용연구소 $0.7(\text{W}) \times 0.7(\text{D}) \times 1(\text{H})\text{m}$ 의 용기에 식재된 ‘후지’/‘M9’ 품종을 2021년 4월 13일부터 4월 20일까지 중심화 개화~만개기일 때 플립노즐(Purple+Brown+ Brown), 관수 타이머, 관수량 측정시스템을 설치 하고 온도제어가 되는 저온 저장고($12\text{m} \times 4\text{m} \times 5\text{m}$, 냉동기 2대)에서 실시하였다. 미세살수는 1°C 에서 시작하고 온도는 -4°C 에서 4시간을 유지하도록 하였으며 간헐적 살수 방법은 살수유지/살수중지 시간을 10분/10분, 20분/10분, 30분/10분, 연속살수와 살수를 하지 않고 -4°C 에서 4시간을 노출시키는 무살수 5처리, 각 3주씩을 두고 실시하였다. 처리후



피해율, 착과, 원수 소모량, 생육변화, 수확과실에 대한 특성을 비교하였다

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 저온피해 경감을 위한 미세살수 방법 구명

살수시작 온도와 저온 경과시간에 따른 저온 피해율을 조사한 결과는 표 1과 같다. 살수의 시작은 무살수에 비해 저온 피해율을 20~80% 줄일 수 있었다. 특히 살수 시작온도를 -1℃ 이상에서 실시하면 정아 액화의 피해율이 50% 이하로 줄어들고 화수대비 착과율 10% 이상을 유지할 수 있었다. -4℃의 저온경과 시간에 따른 꽃의 저온 피해율은 차이가 없었다.

표1. 미세살수 시작온도별 저온 지속시간에 따른 꽃 저온피해 정도

살수시작 온도	저온 경과시간	꽃 저온피해율(% , 4/24, 파괴)			화충 피해율(%)	착과 수 (5/21, 개)	화수 대비 착과율(%)
		정아	액화	전체			
0℃	1시간	46.9	13.0	34.2	99.7	386	20.7
	2시간	12.0	3.4	8.9	95.5	408	24.9
	4시간	22.9	20.7	22.1	98.5	216	24.0
-1℃	1시간	36.2	55.6	43.2	98.1	78	11.1
	2시간	43.8	41.9	43.0	98.0	169	17.9
	4시간	49.1	13.3	36.5	99.1	251	12.6
-2℃	1시간	73.5	79.3	75.6	100	22	2.8
	2시간	63.3	34.6	53.3	99.8	57	8.7
	4시간	77.1	100	85.3	100	8	0.9
살수없음	1시간	100	100	100	100	0	0
	2시간	100	100	100	100	0	0
	4시간	100	100	100	100	0	0

※ 노즐 : 직선형 플리퍼 노즐, 저온경과 : -4℃로 되는 시기부터 지속시간

미세살수 시작온도에 따른 신초발생수는 저온 피해를 많이 받은 -2℃와 무살수 처리에서 발생수가 2~3개 적은 경향을 보였다. 신초 평균 길이는 평균 15cm 정도로 처리간에 유의한 차이는 없었지만 저온피해로 착과량을 확보하지 못한 무살수 처리에서 신초의 발생수가 조금 많고 신초의 평균길이도 긴 경향을 보였다(표 2). 신초 길이는 5~15cm로 살수시작 온도, 저온 경과시간에 따른 차이는 없었다.

표2. 미세살수 시작온도별 저온 지속시간에 따른 생육성기(7월 2일) 신초 성장 정도

살수시작 온도	저온 경과시간	신초 발생수 평균 길이 (개/측지) (cm)		신초 길이별 분포(%)			
		개/측지	(cm)	5cm 이하	5.1~15cm	15.1~25cm	25cm 초과
0℃	1시간	27.5	15.5	12.9	40.6	32.3	14.2
	2시간	22.3	13.2	12.7	52.4	28.5	8.8
	4시간	21.1	16.5	7.8	41.9	34.1	10.4
-1℃	1시간	13.3	8.9	15.9	44.3	30.3	22.1
	2시간	17.6	13.9	13.2	59.5	22.1	15.2
	4시간	38.6	12.5	25.3	63.3	8.2	28.5
-2℃	1시간	14.4	9.2	15.8	60.0	17.5	22.5
	2시간	23.8	12.0	24.4	60.2	13.1	26.7
	4시간	14.7	9.8	10.5	52.0	28.0	19.5
살수없음	1시간	19.6	14.1	6.8	40.5	36.4	16.3
	2시간	16.9	17.1	6.0	31.6	40.5	21.9
	4시간	25.0	21.6				

미세살수 시작온도에 따른 전체 평균과중은 270g 정도였으며 착과량이 많은 0℃ 처리에

서는 235g로 전체평균보다 낮았고, 착과량이 일부 확보된 -1℃에서는 295g로 전체 평균보다는 높았다. 상품수량을 확보하기 위해서는 살수시작 온도가 저온경과 시간보다 중요한 변수로 판단되었다(표 3) 살수시작 온도 0℃ 저온경과시간(-4℃) 2시간에서 피해율이 가장 적었고 또한 상품수량이 2,541 kg/10a으로 가장 높게 나타났다. 수확시 과일품질 특성은 살수 시작온도, 저온경과 시간에 따른 차이는 없었다(표 4).

표3. 미세살수 시작온도별 저온 지속시간에 따른 수확 시 수량 및 과중 분포

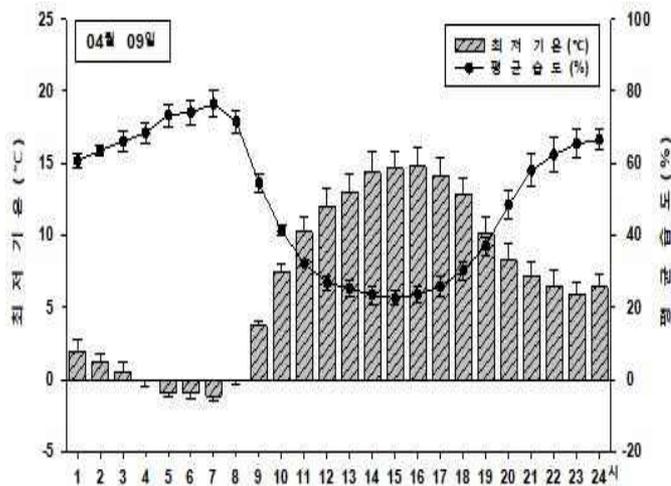
살수시작 온도	저온 경과시간	평균 과중 (g)	과중 수확 개수 (개/주)	상품수량 (kg/10a)	과중 분포(%)					
					200g 미만	200g 이상	250g 이상	300g 이상	350g 이상	400g 이상
0℃	1시간	225.4	75	2,113	34.7	32.0	26.7	3.3	0.0	0.0
	2시간	242.0	84	2,541	22.6	38.1	26.2	13.1	0.0	0.0
	4시간	239.0	49	1,464	26.5	34.7	22.4	12.2	4.1	0.0
-1℃	1시간	327.7	31	1,270	16.1	12.9	29.0	22.6	10.6	7.3
	2시간	312.9	47	1,838	9.7	9.7	8.5	10.6	16.4	16.4
	4시간	247.1	55	1,699	10.6	19.1	18.1	8.5	21.8	16.4
-2℃	1시간	302.8	6	227	16.7	16.7	16.7	16.7	33.3	16.7
	2시간	278.5	11	383	9.1	36.4	27.3	9.1	9.1	9.1
	4시간	267.8	5	167	20.0	20.0	40.0	20.0	0.0	0.0
살수 없음	1시간	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2시간	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4시간	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

표4. 미세살수 시작온도별 저온 지속시간에 따른 과실 특성(처리별 5개 평균)

살수시작 온도	저온 경과시간	평균과중 (g)	횡경 (cm)	중경 (cm)	수확시 착색도			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
					L	a	b			
0℃	1시간	282.6	8.8	7.5	41.4	31.3	15.4	46.9	17.9	0.40
	2시간	310.9	9.0	7.8	40.9	30.1	15.2	48.2	16.5	0.40
	4시간	320.2	9.0	8.2	40.4	31.8	16.8	46.0	17.5	0.41
-1℃	1시간	356.5	9.4	8.4	37.8	30.9	14.3	48.3	16.6	0.46
	2시간	362.6	9.8	8.1	39.9	32.1	16.3	49.5	17.4	0.47
	4시간	297.7	9.1	7.5	39.1	30.4	14.8	47.4	17.9	0.40
-2℃	1시간	326.9	9.2	7.9	46.0	25.4	16.2	45.8	14.9	0.33
	2시간	317.7	9.0	8.1	42.3	27.2	16.5	51.4	17.1	0.42
	4시간	267.8	8.6	7.5	40.0	32.5	15.5	44.6	18.0	0.57

저온피해 예방을 위해 미세살수 자동장치를 활용하는 방법으로서 습구온도 0~-1℃에서 살수를 시작하면 10~20% 이상 착과량을 유지 할 수 있지만 습구온도계는 일반농가에서 유지 관리가 어려워 활용하는데는 한계가 있다. 2020년 개화초기 저온피해가 발생한 거창 4개 지역 설치된 과원 기상데이터를 분석하였을 때 01시부터~08시까지 기상온도 -4~0℃, 상

대습도 70~80%일 때 발생하는 것을 확인 할 수 있었다(그림 1). 기상온도와 상대습도 상관 관계를 분석하고 이에 따른 습구온도를 물리어드이아그램 분석표에 대비하면 건구온도 1℃는 상대습도에 따라 습구온도 -2~0.3℃ 까지 차이를 보였다(그림 1).



기상온도 (°C)	습도 (%)	습구온도 (°C)
5	50	1
	60	2.1
	70	3.2
	80	3.8
	90	4.2
3	50	-0.8
	60	0.4
	70	1.2
	80	2
	90	2.3
1	50	-2
	60	-1
	70	-0.5
	80	-0.1
	90	0.3

그림 1. 거창지역 냉해발생 일기상과 기상온도와 습구온도 분석

(시험 2) 효과적 미세살수를 위한 자동 제어장치 개발

미세살수를 위한 자동 제어장치의 모식도는 그림 2. 와 같다. 주요 구성품은 펌프, 여과기, 유량계, 압력조절장치, 노즐, 제어콘트롤로 구성되어 있다. 제어장치는 기존 관수제어장치(SH-700, 신한에이텍)의 일부 기능을 추가 하였다. 추가 기능은 저온피해 예방을 위해 온도에 의한 살수시작 시점과 물의 효율적 사용을 위한 구역별 분리 및 폭염피해 예방 자동 기능을 활용할 수 있도록 프로그램을 내장 하였다.

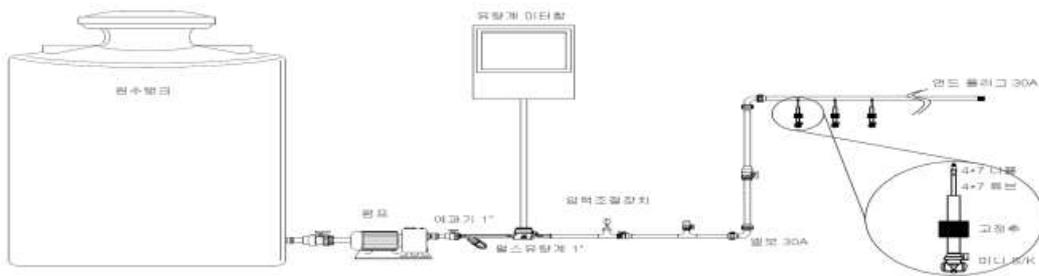


그림 2. 미세살수 장치 모식도

미세살수를 위해 테스트 한 노즐들은 적정압력 1.5~4bar, 살수량 35~43 L, 설치 높이 2~4m, 살수반경 1.5~4.5m로 구성하였다(표 5). 테스트 결과 대부분의 노즐들의 살수반경은 제품의 특성 설명에 부합하였지만 살수량은 특성설명보다 많은 양이 살포되었다

표 5. 시험용 노즐의 제품설명서 특성 비교



노즐 회사	규격	적정압력 (bar)	살수량 (L/hr/개)	설치 높이 (m)	살수반경 (m)
A	UD, Red	1.5~2.2	35	2	3 (원형)
A	SS, Red	1.5~2.2	35	2	2.5 (원형)
A	Mist, Red	1.5~2.2	35	2	1.5 (원형)
B	Supernet UD, Purple	1.5~4	40	2	3.5 (원형)
C	Gray	1.5~4	28	2	2.5 (원형)
C	Brown	1.5~4	35	2	2.5 (원형)
D	Purple+Purple-Black	2~3	35	4	3.5 (직선)
D	Purple+Brown-Brown	2~3	35	4	4.5 (직선)
D	Brown+Purple-Black	2~3	43	4	3.5 (직선)
D	Brown+Brown-Black	2~3	43	4	4.5 (직선)

노즐별 감수지 테스트에서는 A 사의 Mist, Red와 D사의 플리프 노즐들의 조합이 비산 거리 및 사과나무 수관표면의 고른 부착에서 뛰어난 특성을 보였다(그림 2). D사의 플리프 노즐 조합 Brown+Brown-Black은 살수 입자가 커서 살수량은 많았지만 수관표면의 물입자의 고른 분산이 이루어지지 않았고 A사의 Mist, Red는 살수반경은 짧았지만 수관표면의 물입자가 고른 분산을 보였다. D사의 Purple+Brown-Brown 조합은 살수압력 2.0~2.4bar, 설치방향 상향식 방법으로 살수반경이 5m(직선, 주간), 1m(폭, 열간)이며 살수량이 42(L/hr/개), 노즐소요량 25(개/10a), 10a 당 살수량이 1,050 L로 단위면적당 노즐 소요량 및 살수량이 가장 적어 효율적인 것으로 판단되었다(표 6).

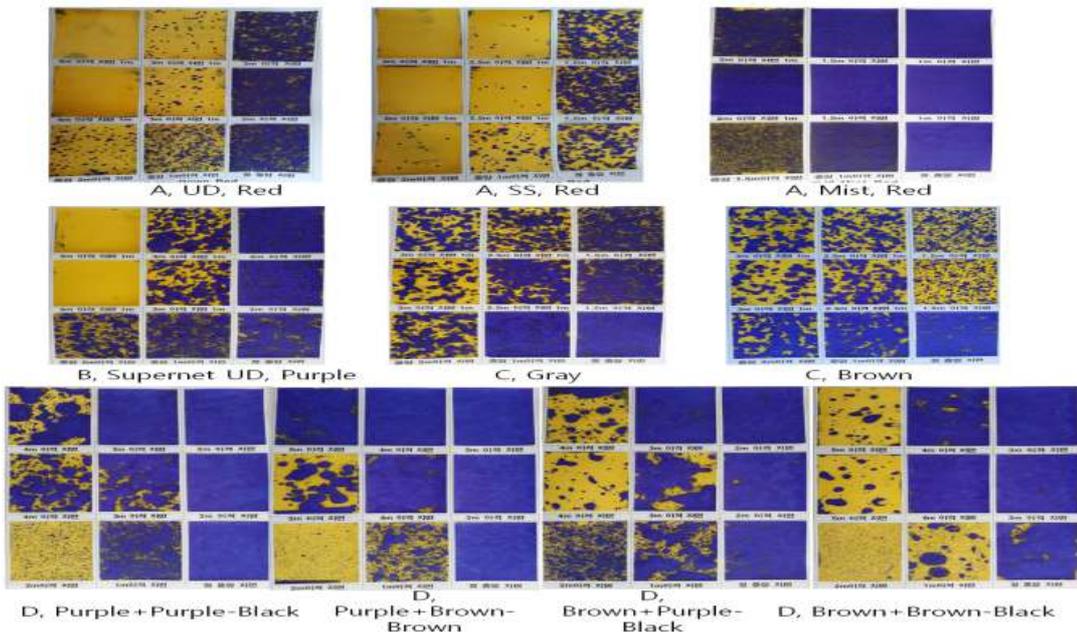


그림 3. 미세살수 노즐별 감수지 테스트에 의한 비산 정도 측정



표 6. 노즐별 살수반경 및 살수량

노즐 회사	규격	살수압력 (bar)	설치높이 (m)	설치 방향	살수반경 (m)	살수량 (L/hr/개)	노즐 소요량 (개/10a)	살수량 (L/hr/10a)
A	UD, Red	2.0~2.2	2.7	하향	2.5(원형)	54	50.0	2,700
A	SS, Red	2.0~2.2	2.7	하향	2(원형)	48	62.5	3,000
A	Mist, Red	2.0~2.2	2.7	하향	2(원형)	42	62.5	2,625
B	Supernet UD, Purple	2.0~2.4	2.7	하향	3(원형)	60	41.7	2,500
C	Gray	2.0~2.3	2.7	하향	3(원형)	60	41.7	2,500
C	Brown	2.0~2.4	2.7	하향	3(원형)	42	41.7	1,750
D	Purple+Purple-Black	2.0~2.3	3.2	상향	4(직선)	48	31.3	1,500
D	Purple+Brown-Brown	2.0~2.4	3.2	상향	5(직선)	42	25.0	1,050
D	Brown+Purple-Black	2.0~2.2	3.2	상향	3.5(직선)	54	35.7	1,929
D	Brown+Brown-Black	2.0~2.2	3.2	상향	4.5(직선)	60	27.8	1,667

(시험 3) 저온피해 경감을 위한 간헐적 미세살수 기술 개발

간헐적 미세살수 처리에 따른 화수의 생존율, 착과율 및 원수 사용량에 대한 결과는 표 7 과 같다. 간헐적 살수 방법에 있어 10분의 중지시간은 연속살 대비 배주의 생존율이 8~19% 정도 적었지만 착과율에 있어서는 연속살수 12.9% 대비 1~2%의 차이로 유사한 경향을 보였다. 원수사용량은 연속살수 266L 간헐적 살수의 10분 중지를 가져가는 처리에서는 155L, 181L, 205L로 연속살수대비 54~77%의 수준으로 원수 사용량이 줄어들었다. 간헐적 살수 방법 20분/20분 처리에서는 중지 시간 20분 동안 노즐의 끝부분이 동결하여 다음 작동시 살수가 되지 않은 현상이 발생하여 저온피해를 많이 받고 착과율도 현저히 떨어지는 경향을 보였다. 이는 농가에 적용시 외기온 상태에 따라 차이가 있겠지만 10분 이상의 살수 중지 시간은 배관의 동결 위험성이 있을 것으로 판단된다.

표 7. 저온 피해 정도 및 원수 사용량

온도/ 시간	살수방법 (작동/정지)	피해 조사			착과 조사			원수 사용량 (L)
		화수 (개)	정상배주 (개)	생존율 (%)	화충수 (개)	착과수 (개)	착과율 (%)	
-4℃/ 4시간	10분/10분	354	140	39.5	86	8.6	10.3	155
	20분/10분	295	114	38.6	130	18.5	13.6	181
	20분/20분	416	39	9.4	102	11.0	1.0	83
	30분/10분	363	98	27.0	66	2.7	3.2	205
	연속살수	402	190	47.3	110	14.3	12.9	266
	무살수	477	10	2.1	138	0	0	0

※ 노즐 : 직선형 플리퍼 노즐, 저온경과 : -4℃로 되는 시기부터 지속시간



간헐적 미세살수 방법에 따른 사과나무의 생육 변화량의 결과는 표 8과 같다. 생육초기 주간직경 대비 수확기의 주간직경의 증가율을 비교하였을 때 저온처리 피해로 착과가 이루어지지 못한 무살수 처리에서는 15.7% 증가하였으며 연속살수 11.6%, 간헐적 살수에서 착과율이 가장높은 20분/10분 처리에서는 8.4% 증가하였다. 1차 신초생장의 길이와 개수에서는 무살수 처리 대비 연속살수와 간헐적 살수는 신초 길이는 는 유사하였지만 신초길이에서는 10개 정도 적은 경향을 보였다. 또한 2차 생장 신초의 발생수와 길이도 무살수 대비 연속살수와 간헐적 살수는 신초길이에서는 유사하였지만 신초 발생에서는 적은 경향을 보였다. 저온 처리조건에 연속살수와 간헐적 살수 방법이 무살수 처리보다 생육량(주간직경, 신초발생수)이 적은 것은 살수에 의해 저온피해를 일부 경감하여 착과가 이루어지면서 동화산물의 분배가 과일로 이동하여 나무의 영양생장이 줄어든 것으로 판단된다.

표 8. 간헐적 살수 처리 시간에 따른 생육변화

온도/ 시간	살수방법 (작동/정지)	주간직경(mm)			1차 생장 신초		2차 생장 신초	
		3.20	11.26	증가율(%)	길이	갯수	길이	갯수
-4℃/ 4시간	10분/10분	45.9	48.5	5.5	11.3	7.1	13.6	1.1
	20분/10분	52.0	56.3	8.4	9.8	15.8	8.9	3.1
	20분/20분	54.8	60.9	11.0	11.3	12.1	19.2	2.0
	30분/10분	70.1	78.2	11.5	10.3	19.6	12.3	1.8
	연속살수	55.2	61.4	11.6	11.1	16.8	26.7	2.4
	무살수	56.7	65.6	15.7	9.5	28.9	16.4	3.3

개화기 저온처리 조건에서 간헐적 살수 처리 후 생육기를 거쳐 수확한 과일의 특성 조사 결과는 표 9와 같다. 무살수 처리는 착과된 과일이 없어 특성조사가 이루어지지 않았다. 간헐적 살수 10분/10분 처리와 연속살수 처리에서 타 간헐적 살수 처리보다 평균과중이 무겁고 경도가 높은 경향을 보였지만 이는 착과된 과일수가 적고 또한 조사분석한 과일의 개수가 적어 표본의 수가 적어 생긴 차이인 것으로 판단된다.

표 9. 간헐적 미세살수에 따른 수확 과실 특성(처리별 15개 평균)

온도/ 시간	살수방법 (작동/정지)	평균과중 (g)	횡경 (cm)	종경 (cm)	수확시 착색도			경도 (N)	당도 (°Brix)	산도 (%)
					L	a	b			
-4℃/ 4시간	10분/10분	317.2	8.5	7.4	41.6	24.6	16.6	76.7	14.4	0.4
	20분/10분	250.1	8.1	6.8	45.3	25.0	18.6	53.2	14.7	0.4
	20분/20분	233.2	8.0	6.7	45.3	22.1	21.0	55.7	14.8	0.4
	30분/10분	258.7	8.3	7.0	44.1	24.2	17.3	51.5	14.3	0.4
	연속살수	260.4	8.1	6.8	41.5	23.9	16.6	65.9	14.5	0.4
	무살수	-	-	-	-	-	-	-	-	-



4. 결과요약

(시험 1) 저온피해 경감을 위한 미세살수 방법 구명

- 가. 홍취기~풍선기 사이의 시기에 -4°C 이하에 1시간 정도만 경과 되어도 95% 이상의 화총피해가 관찰되었으며 시간이 경과 할수록 피해는 더 많았음.
- 나. 저온이 예상될 경우 0°C 에 살수를 시작하면 20% 이상, -1°C 에 살수를 시작하면 10% 이상의 착과량을 유지할 수 있었음.
- 다. -2°C 살수시작이나 살수 없음 처리에 비해 0°C 및 -1°C 살수시작 처리는 2,000kg/10a 정도로 수확되었음.
- 라. ‘저온피해 예상 시 일출까지의 시간 및 살수 가능한 물 양을 고려하여 0°C 또는 -1°C 에 살수를 시작함.

(시험 2) 효과적 미세살수를 위한 자동 제어장치 개발

- 가. 살수량을 최소화 하면서 수관부위에만 효과적으로 살수할 수 있는 노즐을 선별하기 위해 국내외에서 시판되고 있는 노즐 10종의 살수반경, 살수형태, 살수량 등을 비교 분석하였음.
- 나. 대부분의 노즐이 표기된 살수반경과 같거나 크게 관측이 되었으나, 1개 노즐에서 작게 관측되었으며, 시간당 살수량은 모든 노즐에서 표기된 살수량보다 많이 살수되었음.
- 다. 이탈리아 사과과원에서 많이 활용하고 있는 Flipper 노즐 조합 4개 중 노즐은 Purple+Brown, 압력조절기는 Brown의 조합을 선별하였음.
- 라. 이 조합은 직선형 노즐로 길이 10m, 폭 1m 살포되어 수관 부위만 효과적으로 살수할 수 있을 것으로 관측되었고, 단위면적당 노즐 소요량 및 살수량이 가장 적어 효율적임.
- 마. 자동 제어장치의 사전 조사 결과 (주)신한에이텍에서 관수 제어장치를 변형하여 활용하고 있는 SH-700 모델이 있었으나, 온도설정 후 연속살포만 가능한 모델이었음.
- 바. 저온피해 예방 살수 시 수원 부족에 의한 살수 중단 시 더 큰 피해가 초래되는 결과가 있었으므로 살수량 절감을 위한 간헐살수 프로그램을 추가하는 것을 제안하였음.

(시험 3) 저온피해 경감을 위한 간헐적 미세살수 기술 개발

- 가. 플리프 노즐을 활용하여 미세살수를 하면 -4°C /4시간의 조건에서 무살수 대비 25% 이상의 생존률을 보였음
- 나. 화충대비 착과량은 무살수는 착과가 이루어지지 않았지만 연속살수 및 간헐적 살수는 3~13%의 착과율을 보였음
- 다. 물의 사용량은 연속살수 266L, 간헐적 미세살수는 10분/10분(살수/중지) 방법은 155L의 물을 사용하여 연속살수 대비 42%의 물 사용량을 절감 하였음
- 라. 주간직경, 신초의 생장량은 무살수 처리에서는 착과가 이루어지지 못하여 살수 처리에 대비 생장량이 더 증가하는 경향을 보였음
- 마. 미세살수 처리 후 착과된 과일의 수확 후 품질특성에서 평균 과중 260g, 당도 14.5°Brix , 산도 0.4%로 간헐적 살수 처리방법과 연속살수의 처리간에는 유의한 차이가 없음



5. 인용문헌

농촌진흥청. 2018. 사과재배. 농업기술길잡이 5. 295-298.

Hamer. P. J. C. 1986. The heat balance of apple buds and blossoms. Part II. The water requirements for frost protection by overhead sprinkler irrigation. In Agricultural and Forest Meteorology. 37(2):159-174

Ali A. G., M. R. R and Ali R. S. 2009. Tree-Temperature Monitoring for Frost Protection of Orchards in Semi-Arid Regions Using Sprinkler Irrigation. Agricultural Sciences in Chin. 8(1): 98-107

Faith. O, Peter. J, Casey D. K, Carolyn J. D. 2017. Automated cycled sprinkler irrigation for spring frost protection of cranberries. Agricultural Water Management 189:19-26

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2018년도 (1년차)	영농기술정보 정책 제안	○ 사과 개화초기 저온피해에 따른 화층내 착과위치별 과실특성 ○ 사과 저온피해에 따른 화층내 착과위치별 과실품질의 농업 재해보험 보상규정 적용
2019년도 (2년차)	영농기술정보 영농기술정보 영농기술정보 학 술 발 표 학 술 발 표 학 술 발 표	○ 사과 과원 저온피해 최소화를 위한 살수노즐 선발 ○ 사과 과원 저온피해 최소화를 위한 살수시작 온도 설정 ○ ‘홍로/M9’ 과원에서 수세조절을 위한 단근 처리 시기 ○ ‘홍로’ 및 ‘후지’ 품종의 화층 내 착과위치별 과실품질 ○ ‘홍로/M9’ 낙과 과원에서 영양생장 억제를 위한 단근 효과 ○ 사과과원 개화초기 저온피해 최소화를 위한 살수노즐 선발
2020년도 (3년차)	영농기술정보 영농기술정보 영농기술정보 영농기술정보	○ ‘후지’/M9 과원에서 수세조절을 위한 단근 처리 시기 ○ ‘후지’/M9 수형에 따른 생산량 비교 ○ 수세 안정화를 위한 사과원에서의 년차별 지연 전정 효과 ○ 저온피해 경감을 위한 미세살수 시작 기상온도 기준 설정
2021년도 (4년차)	영농기술정보 학 술 발 표	○ 간헐적 미세살수시 살수중단 최소시간 및 절수효과 ○ 사과 개화기 저온피해 최소화를 위한 간헐적 미세살수 방법

7. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도			
						'18	'19	'20	'21
3) 사과 저온 피해 경 감을 위한 미세살수 기술 연구	책 임 자	사과이용연구소	농업연구사	오 주 열	연구총괄			○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	김 현 수	연구조사	○	○	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	손 진 향	연구조사			○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	구 소 희	연구조사				○
	공동연구자	약용자원연구소	농업연구사	김 윤 숙	연구조사	○	○	○	○
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구사	홍 정 진	자료분석	○	○	○	○
	공동연구자	원 예 연 구 과	농업연구관	김 우 일	자료분석	○	○	○	
	공동연구자	사과이용연구소	농업연구관	정 은 호	업무조정	○	○	○	○
	공동연구자	-	농업연구관	김 영 봉	업무조정	○	○		
	공동연구자	-	농업연구관	정 용 모	업무조정		○	○	
	공동연구자	한국연구재단	전문경력관	김 목 중	연구자문	○	○	○	