

전략체계	혁신 - 1 - 1		수행시기	전반기 (완결)	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FT-01-0601 FT-01-0602
과제종류	공동연구		과제번호	PJ015657	
과제명	사과, 배 생산성 향상을 위한 영상기반 정밀 생리·생태 진단기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	조조건		농업연구사	원예특작과학원	
연구기간	2021 ~ 2023		참여연구기관	강원특별자치도원 등	
	세부과제명		부서	세부책임자	연구기간
6) 영상 이미지를 활용한 수체인식 엽면시비 기술 개발			원예연구과	김주현	'21~'23
키워드	영양진단, 수세진단, 표현체, 원격탐사, 기계학습				

## ABSTRACT

This study was conducted at the fruit tree research and field of the Gangwon Special Self-Governing Province Agricultural Research and Extension Services, using a self-developed foliar fertilization device. The apple tree has a slender spindle shape and is 6 years old.

In this test, the fertilization conditions of the foliar fertilization device were first set to compare the effects of foliar application and pesticide treatment, and then the treatment effect was tested by comparing the SS device commonly used in orchard farms with the self-developed small foliar application device. was carried out.

Considering the nozzle spray angle, distance, and spray pressure of the foliar fertilizer, the separation plate was set to 1.2 mm, the nozzle head rotation was 0 to 180°, and the spray pressure was set to around 3 MPa. SS phase, foliar application, and control rate were compared using the set conditions. When treating with calcium carbonate (CaO), there was no significant difference at 2.25 mg/kg in the foliar application phase and 2.10 mg/kg in the SS phase. The control rate was 82.1 ± 8.2% in the lower part, 85.2 ± 10.6% in the middle part, and 79.5 ± 15.3% in the upper part in the foliar application period when the first (6/13) and second (6/19) pest control was carried out, and in the SS stage, the lower part. The control rate was 93.8 ± 4.2%, the middle part 92.7 ± 5.5%, and the upper part 93.7 ± 4.6%,

and the average difference between the upper, middle, and lower parts was 11.7%, 7.5%, and 14.2%, showing a high control rate in the SS stage.

Although the foliar fertilization effect of this compact foliar fertilizer is excellent, it was confirmed that additional research is needed to increase the pest control rate of the foliar fertilizer to control pests and diseases. These research results provide the basis for effective use of the foliar fertilizer in farms. It is expected to be used as data.

## 1 연구목표

농업에 종사하는 인구 감소 및 고령화로 인해 발생하는 노동력 부족 문제를 해결하기 위해 ICT 융복합 기술을 접목한 새로운 방식의 재배기술 도입이 필요하다. 현재 과수 분야의 정밀농업 관련 이용 기술개발 연구는 국외에서는 활발히 진행되고 있으나, 아직 국내에서는 연구 사례가 미비한 실정으로 향후 세계 농업시장에서 경쟁력 확보를 위해서 분광 기술 기반 이용 등 다양한 접근의 정밀농업 연구수행이 필요하다. 해외에서는 이미 이러한 기술을 이용해 배나무 과실이 익는 시기에 따라 과실의 겉표면이 변색되는 것을 식별하고 수확기를 결정(Xiangyu Zeng et al. 2020)하고, 인공위성 Landsat-8의 시계열 영상을 기계학습 방법인 LDA(linear discriminant analysis), RF(random forest) 그리고 SVC(support vector machine) 기법을 이용하여 호두와 포도, 아몬드 등의 과수를 분류(Peña et al, 2018)하고 있다. 또한, Sentinel-1 synthetic aperture radar (SAR) 영상과 Sentinel-2 multispectral imagery를 이용하여 감귤과 아몬드, 체리, 자두나무, 호두나무 등 다년생 과수를 분류(Brinkhoff et al, 2019)하는 등 농생명 분야의 현장에서 활발하게 적용해 가고 있다. 하지만, 국내 농생명 분야, 특히 과수 분야에서의 적용은 미미한 상황이다. 국내에서도 원격 탐사 및 센싱 기술을 이용한 수체 및 과원 단위의 3차원 정보를 취득하는 하드웨어 기술들이 제시되고 있으나, 실제 노지 과수 작물의 생산성 또는 품질 향상에서 활용될 수 있는 응용 기술의 개발은 전무하다. 우리나라는 사과의 주요 재배 국가 중 하나로, 사과 재배면적은 2023년에 3,911ha에 이르며, 대다수는 세장방추형으로 형성되어 있다. 세장방추형의 특징인 3m의 높은 수고는 고품질의 과실을 달기 위해 필수적인 조건이지만, 이러한 형태를 관리하기 위해서는 상당한 노동력이 요구된다. 연간 평균 노동력은 151시간으로, 나무 관리에 40시간, 착과에 30시간, 병해충 관리에 9시간이 투입되며, 나머지는 수확기에 소요되고, 기후변화로 인해 병해충 관리 등 노동력이 추가로 필요한 상황이 발생하고 있지만, 농업인구의 감소와 고령 농업인 증가로 농촌 노동력은 계속해서 감소하고 있다. 이에 대응하여, 농업현장에서 무인 농약 살포 장치, 무인 자율주행 트랙터, 기계 적화기 및 인공지능(AI) 기술을 도입하여 농업인력을 대체하려는 노력이 이루어지고 있지만, 소규모 과수원에 적합한 농기계의 부족과 대형화·고급화로 인한 농가 농업경영비의 증가 등의 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 강원특별자치도 농업기술원에서 소형 엽면시비기를 개발하였다. 소형 엽면시비기는 소규모 과수원에서도 효과적으로 사용할 수 있고, 노동력 절감과 경제적 효율성을

동시에 갖추었다. 본 연구에서는 이러한 소형 엽면시비기의 효율적인 활용을 위해 엽면시비 시 최적 주행 및 분사압력 처리조건을 설정하고, 대형 농기계 SS분무기와 소형 엽면시비기의 엽면 시비 및 농약방제 효과를 비교하였다.

## 2 재료 및 방법

### <제6세부과제 : 영상 이미지를 활용한 수체인식 엽면시비 기술 개발>

#### (시험 1) 과수원 다목적 엽면시비용 차제 모형 설정 및 장치 시스템 개발(2021)

본 연구는 노령, 여성 농업인도 쉽게 사용할 수 있는 엽면시비기 개발을 목표로 소규모과원에 적합한 엽면시비기를 개발을 목표로 하고 있다. 엽면시비기 개발을 위해 다양한 지형에도 안정적인 기동할 수 있도록 보조해주는 조향장치를 개발하여 특허출원하였으며, 각 바퀴에 개별 모터를 장착하여 4륜구동이 가능하도록 설계하여 속도제어와 안정적인 주행이 가능하도록 하였다. 메인 프레임과 전·후면 골격을 설계하여 엽면시비 및 어떠한 기후조건에도 사용 가능하도록 제작하였다. 또한 사과 세장방추형 수형 및 타작목에도 효율적으로 사용할 수 있도록 다양한 디자인을 출원하였다. 또한 엽면시비기는 작업시 농작물의 피해를 감소시키기 위해 충돌방지 및 유량 측정 기술, 수평센서 등을 개발하였다.

#### (시험 2) 과수원 엽면시비를 위한 세라믹 노즐 각도설정·분사압력·주행 속도 설정(2021-2022)

본 연구는 개발된 엽면시비기를 이용하여 엽면시비의 최적의 조건(속도, 분사압력)을 설정하기 위해 수행하였다. 분사 압력 조건을 설정하기 위해 엔진식 동력분무기(BCETA-13-120)를 사용하였으며, 사용된 노즐은 콘형 세라믹 노즐을 사용하였다. 콘형 세라믹 노즐은 노즐 끝을 회전시켜 각도를 조절 할 수 있는 신형 노즐로써 노즐 내부에서 와류를 일으켜 효율적인 엽면시비가 가능하도록 만들어진 노즐이다. 먼저 분사압력의 조건설정을 위해 2, 3, 4MPa의 압력을 사용하여 세라믹 노즐의 최대 분사 거리, 각도, 유량(L/min)을 측정하였다. 세라믹 노즐의 머리는 0~720°의 회전이 가능하여 노즐 머리를 0, 180, 360, 540, 720°회전 하여 측정하였으며 세라믹 노즐의 노즐 분판은 4개(1.0, 1.2, 1.5, 2.0mm)의 직격별로 측정하였다. 최대 도달 거리를 측정하기 위해 4MPa의 압력에서 분판별로 노즐 머리를 회전시키며 측정하였다. 또한 분사각도를 측정하기 위해 분사되는 사진을 이용하여 각도기를 이용하여 각도기로 측정하였다. 유량은 1분동안 분사된 양을 측정하였다.

### (시험 3) 엽면시비기 자율주행 기술 개발 및 시제품 제작(2021~2023)

본 연구는 자율주행 엽면시비기를 개발하기 위해 수행하였다. 2021년 엽면시비기는 1,150\*560\*500mm의 규격으로 주 재질은 스테인리스, 강철 소재이다. 원격주행이 가능하며 원격으로 양액의 분사가 가능하도록 제작되었다. 2021년~2023년까지 기술개발 및 보완을 하며 총 6대의 기기를 제작하였다. 2021년 제작된 엽면시비기는 1,750\*750\*800mm의 규격으로 최대 100m에서도 원격 조정이 가능하다. 초기 모델은 엽면시비기와 분무동력기가 이원화 되어 엽면시비를 위해서는 별도의 물통과 분무동력기가 필요하였다. 2022년에는 이원화된 물통과 동력기를 결합하여 일체형으로 만들며 크기도 커진 형태를 보였다. 2023년 엽면시비기는 농작업 시 안전하게 주행이 가능한 기술을 구현하기 위해 다방면으로 이용되는 GPS를 이용하였다. 안정적인 자율주행을 위해 강원특별자치도 농업기술원 과수연구포장에서 기동시험을 진행하였다. 안정성을 확인하기 위해 5개의 속도(1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0km/h)를 이용하여 주행시험을 실시하였으며, 직진구간, 회전구간을 분리하여 좌표 값과의 오차를 측정하였다.



그림 1. 엽면시비기(2021~2023)

### (시험 4) 과수 엽면시비기 현장 실증(2023)

과수농가에서 일반적으로 사용되는 SS분무기(speed sprayer)와 소형 엽면시비기의 엽면시비 효과를 검증하기 위해 동일한 탄산칼슘(CaO) 처리를 3회 반복하여 실험을 진행하였고, 엽면시비의 결과 분석은 농촌진흥청 식물체 무기성분 분석법을 따라 ICP(고주파유도결합플라즈마)를 이용하여 수행하였다. 수집된 데이터는 통계 분석 도구인 SPSS를 활용하여 Duncan 다중검정( $p=0.05$ )을 통해 분석하였다. 그리고, 진딧물 방제 효과를 확인하기 위해 6월 13일과 19일에 각각 방제를 수행하였다. 이후 세장방추형 사과나무를 상단(2~3m), 중단(1~2m), 하단(0~1m)으로 구분하여 진딧물의 개수를 조사하였고, 이를 통해 SS분무기와 소형 엽면시비기의 차이를 확인하여 소형 엽면시비기의 효율성을 평가하였다.

### 3 결과 및 고찰

#### <제6세부과제 : 영상 이미지를 활용한 수체인식 엽면시비 기술 개발>

##### (시험 1) 과수원 엽면시비를 위한 다목적 엽면시비용 차제 모형 설정(2021)

농업인구의 고령화가 가속화되며 효율적인 작업을 할 수 있는 농기계가 필요한 상황이다. 본 엽면시비기는 엽면시비와 간단한 농자재도 운반 가능한 다목적 엽면시비기로 개발되었다. 곡선을 이용한 엽면시비기 디자인은 사과(세장방추형), 배(Y자형) 수형에 유연하게 기동하며 작물의 손실을 최대한으로 감소시킬 수 있다는 장점이 있는 디자인이다(그림 2).

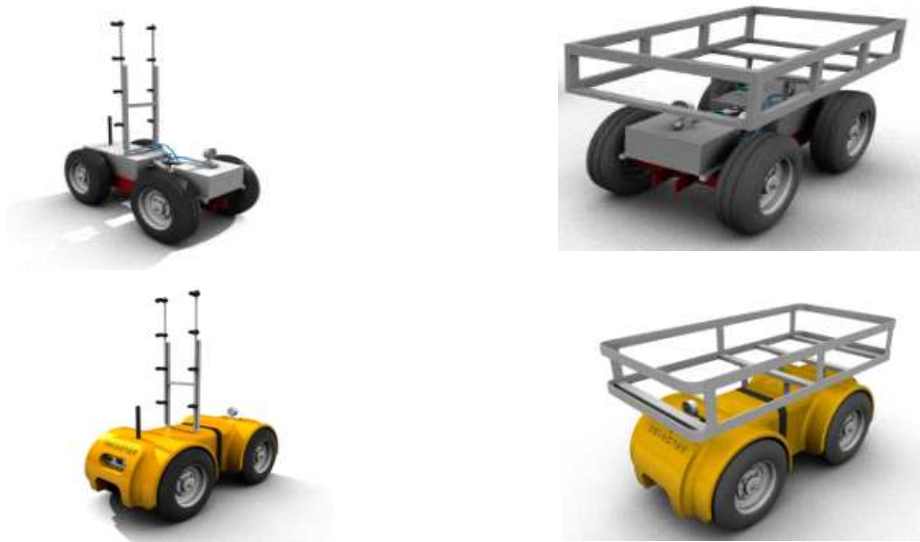
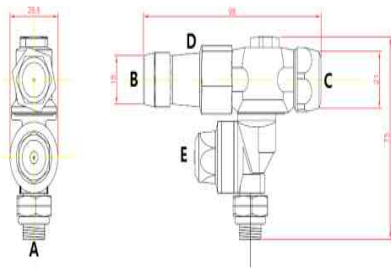


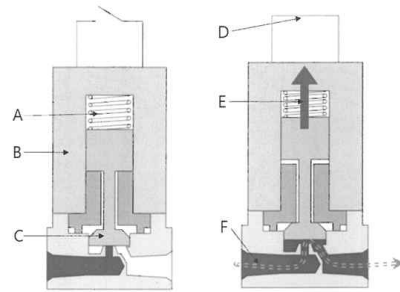
그림 2. 엽면시비기 디자인

본 엽면시비기는 1,150×560×500mm의 규격을 가지고 있는 소형 엽면시비기이다. 중량은 120kg 내외이며, 4륜구동을 이용하여 험준한 지형에도 유연하게 대처할 수 있으며, 경사가 많은 과수원에서도 효과적으로 이용할 수 있다. 본 기기는 전기에너지를 이용하여 SS기와 비교하여 연료 99%연료가 절감되는 효과가 있다. 또한 리모컨을 이용한 원격제어 형태이며, 전·후·좌·우 이동이 가능하고, 주행속도(0~3.2km/h)를 사용자가 자유롭게 제어 가능하다. 특히 리모컨을 이용하여 원격으로 분무기의 분무를 제어할 수 있는 것이 특징이다.(Table 1).





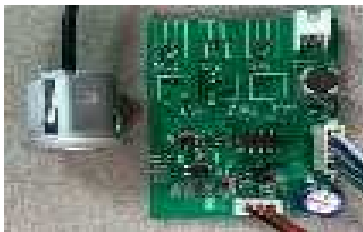
노즐 도면



솔레노이드 밸브

그림 4. 분무 장치

엽면시비기의 사용될 원격조정이 가능한 센서를 개발하였다. 장애물 감지 센서는 엽면시비기와 농작물 충돌 시 피해를 줄이기 위해 장애물에 엽면시비기가 접촉하였을 때 작동하여 속도 및 긴급제동이 가능하도록 정보를 제공할 수 있다. 감지거리는 30~230cm이며, 상하좌우 60°의 감지각도를 보여준다. 약량측정 센서는 엽면시비 작업에 있어 약통의 약량을 미리 측정하여 사용자에게 알림으로서 보다 효율적인 농작업이 가능하다. 수평센서는 경사지, 돌출물에 의한 기울기짐을 감지하여 속도를 감속하여 안정적인 주행이 가능하도록 지원한다. 감지각도는 X, Y, Z 3축, 360°이다(그림. 5).



장애물 감지 센서



약량측정 센서



수평센서

그림 5. 엽면시비기 센서 사진

유압실린더는 회전이 가능하도록 조정하고, 사용자 지시 방향을 유지하도록 도와주는 보조장치로 압력 9.9Kgf/cm, 작동 거리 9cm, 스테인리스 재질로 제작 되었다. 조향축은 앞바퀴가 사용자의 지시에 따라 원활하게 작동하도록 지원하고 있으며, 회전각은 30°이며, 강철로 제작되었다(그림 6.).



유압실린더



조향 조인트

그림 6. 조향장치 사진

강원특별자치도 농업기술원에서 개발된 엽면시비기는 소규모 면적에서 사용될 수 있는 기기로 엽면시비와 운반기능이 가능 하도록 제작되었다. 엽면시비기의 본체 전면부의 메인프레임은 조향 조인트, 케이스 연결 단자, 모터 설치부로 구성되어 있으며 두껍고 강한 철재 소재로 제작되었다. 바퀴의 모터 설치부는 내부 방수가 가능하도록 밀착시키는 것이 중요하였으며, 변형 방지를 위해 분체 도장을 실시 하였다. 본체 케이스는 양액 분사를 위한 이동 호스 연결대, 양액 차단 보호구, 안테나로 제작되었다. 후면부는 배터리실, 조향축, 제어선 배관으로 구성되었으며, 후면부의 메인 프레임은 차체에 가해지는 본체를 지지할 수 있는 강한 재질의 강철로 제작 되었고 하중을 분산하기 위해 여러개의 축으로 구성된다(그림 7.).

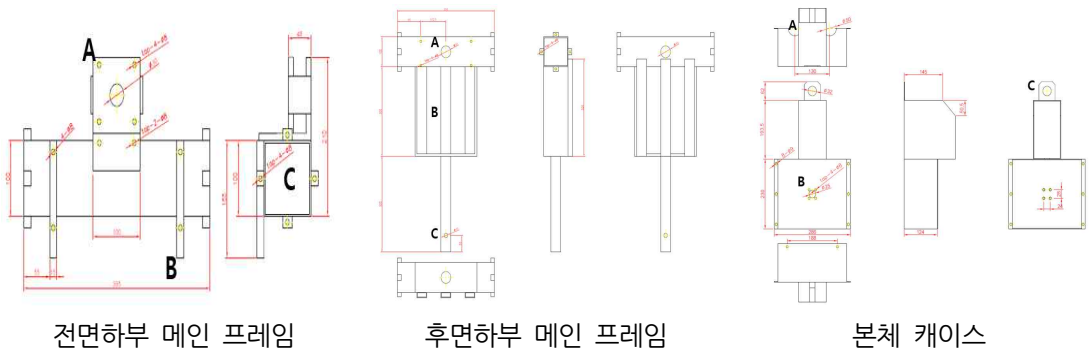


그림 7. 엽면시비기 도면

배터리 및 제어함은 부식과 변형을 방지하기 위해 스테인리스 재질로 제작되었으며, 내부에 이물질이 유입되지 않도록 설계 되었다. 또한 양액대를 설치하기 위해 배터리 케이스에 거치대를 설치하였으며, 2~3m의 약대를 단단하게 고정하기 위해 가로 축대를 설치하여 안정적으로 고정이 되도록 하였다. 제어함에는 스위치, 배터리 잔량계, 충전단자, 제어선 배관이 들어있으며, 양액에 대한 방수가 가능하도록 제작되었다. 조향부의 특성으로는 바퀴가 유연하게 회전할 수 있도록 설계되었으며, 회전한 방향으로 지속적인 회전이 가능하다. 또한 일정 이상의 외력이 가해지면 가해지는 힘의 방향으로 회전하여 충격을 완화 시킬 수 있다. 조향부는 기기의 하중을 견딜



(시험 2) 과수원 엽면시비를 위한 세라믹 노즐 각도설정·분사압력·주행 속도 설정(2021-2022)

소형 엽면시비기의 주행조건을 설정하기 위해 노즐 분사각도, 압력별 분무량, 분사거리 등을 조사하였고, 설정된 주행조건을 이용하여 SS분무기(speed sprayer)와 엽면시비, 농약방제 효과를 비교하였다.

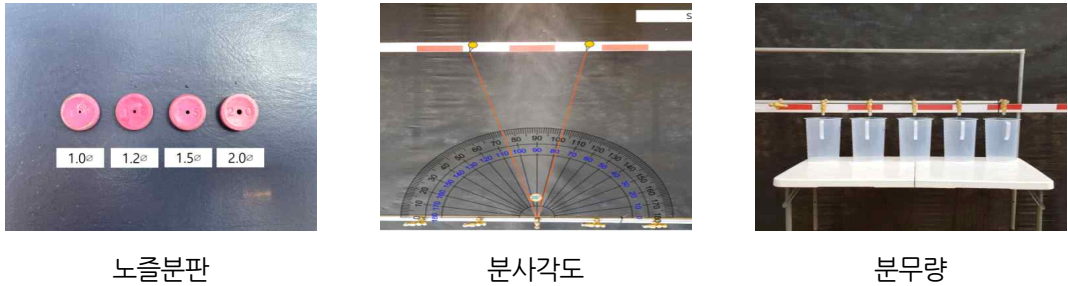


그림 10. 노즐분판, 분사각도, 분무량 조사



그림 11. 소형 엽면시비기의 노즐

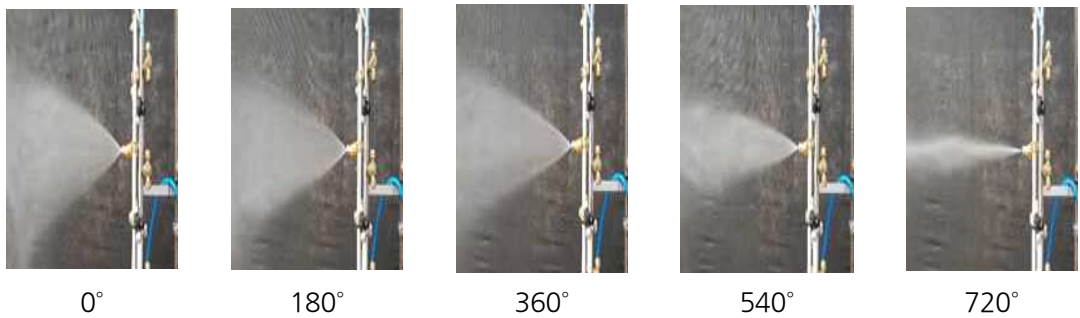


그림 12. 방제기 회전별 분사>

노즐의 분사각도 및 노즐분판 설정을 위해 강원특별자치도 농업기술원 과수연구포장의 유리온실 안에서 엔진식 동력분무기(BCETA-13-120)를 이용하여 측정하였다. 노즐머리 회전(0~720°) 및 분판(1.0, 1.2, 1.5, 2.0)직경에 3개의 압력(2. 3. 4MPa)으로 3반복 실시하여 분사각도, 분사유량, 양액도달거리를 측정하였다. 시험을 통해 압력이 증가할수록 분사각도는 좁아지는 경향

을 보였고, 낮아질수록 더 넓은 범위로 분사하였으며, 노즐머리회전 360° 이상에서는 압력변화에 따라 큰 차이는 보이지 않았다(Table 2).

표 2. 노즐머리회전 및 노즐분판직경, 분사압력에 따른 분사각도

(단위 : °)

노즐머리회전(°)	노즐분판직경(mm)											
	1.0			1.2			1.5			2.0		
	2MPa	3MPa	4MPa	2MPa	3MPa	4MPa	2MPa	3MPa	4MPa	2MPa	3MPa	4MPa
0	45	41	36	46	42	40	49	47	44	56	61	51
180	42	36	33	43	38	36	45	40	39	51	51	51
360	36	33	32	38	30	25	39	38	38	44	44	44
540	14	14	14	19	19	19	23	23	23	28	28	28
720	6	6	6	9	9	9	13	13	13	14	14	14

소형 엽면시비기의 노즐머리회전, 분판 크기, 그리고 압력을 다양하게 설정하여 1분 동안 사용되는 유량을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 분사압력이 2MPa인 경우, 1분 동안 분무된 유량은 노즐머리회전 0°에서 1,517ml이고, 노즐머리회전 720°에서 2,371ml로 나타났다. 또한, 3MPa의 압력에서는 노즐머리회전 0°에서 1,933ml, 720°에서 3,022ml의 분무량을 기록하였고, 4MPa의 압력에서는 노즐회전 0°에서 2,208ml, 720°에서 3,558ml의 분무량을 기록하였다.

표 3. 분사압력, 노즐머리회전 및 노즐분판직경에 따른 노즐 살포유량

(단위 : ml/min)

분사압력 (MPa)	노즐머리회전 (°)	노즐분판직경(mm)			
		1.0	1.2	1.5	2.0
2	0	1,517±17.3	1,706±11.0	1,990±30.0	2,254±26.7
	180	1,572±10.7	1,747±5.3	2,044±7.3	2,303±12.1
	360	1,691±0.4	1,856±15.4	2,120±6.1	2,335±8.2
	540	1,694±2.5	1,874±26.8	2,145±7.1	2,350±10.2
	720	1,703±4.9	1,912±19.5	2,150±17.1	2,371±10.2
3	0	1,933±2.0	2,179±13.8	2,511±18.2	2,755±21.8
	180	1,979±13.9	2,235±25.5	2,601±29.2	2,914±9.4
	360	2,077±30.0	2,343±14.5	2,669±5.5	2,948±12.4
	540	2,102±2.4	2,368±6.7	2,736±4.7	2,976±9.3
	720	2,092±5.2	2,434±38.6	2,827±52.6	3,022±26.1
4	0	2,208±5.4	2,319±48.4	2,779±14.0	3,254±36.4
	180	2,208±39.8	2,566±22.5	2,877±14.8	3,309±46.5
	360	2,417±6.8	2,753±18.4	3,031±38.9	3,415±23.9
	540	2,429±11.3	2,784±11.4	3,152±25.8	3,477±37.7
	720	2,502±73.8	2,909±0.4	3,343±8.7	3,558±23.3

소형 엽면시비기의 노즐분판직경, 분사거리 및 노즐머리회전에 따른 살포유량은 Table 3과 같다. 노즐분판직경이 1.0, 1.2mm인 경우, 노즐머리회전을 0~360° 하였을 때 2~3m의 거리에 가장 많은 양액이 분사되었으며, 1.5, 2.0mm의 분판에서는 1m의 거리에서 가장 많은 유량이 분포하였다. 분판의 지름이 증가할수록 양액의 액적의 크기가 커지기 때문에 분사 길이가 짧아지는 경향을 보였다.

양액의 넓은 분사각도, 분사거리 등을 고려하여 분무압력은 3MPa 내외, 노즐머리회전은 0~180°의 범위로 설정하고, 노즐분판직경은 1.2mm를 사용하는 것이 최적의 시비효과를 나타낼 것으로 판단되었다.

표 4. 노즐분판직경, 노즐머리회전에 따른 분사거리

(단위 : ml)

노즐분판 직경 (mm)	노즐머리 회전 (°)	분사거리(m)					
		1	2	3	4	5	6
1.0	0	19.2	19.5	20.1	9.2	8.8	3.3
	180	27.1	20.2	24	13.5	4.5	1.7
	360	17.5	22	21.7	18.7	10	3.9
	540	4.3	16.2	28.3	35.9	16.2	4.6
	720	1.5	5.2	11.7	30.7	48.4	8.2
1.2	0	21	19.5	21	9.7	8.1	2.6
	180	25.6	28.5	22.6	17.6	8.4	2.3
	360	27.2	27.2	28.1	25.7	12.5	4.9
	540	13.3	26.2	35.9	42	24.3	8.9
	720	2.1	7.1	14	27.6	57.5	24.1
1.5	0	56.4	29.2	24	11.4	13.6	6.7
	180	57.5	27.1	25.4	23	9.8	3.4
	360	43.7	34.1	28.1	26.5	15.7	4.7
	540	16.8	30.5	44.9	58.5	43.2	16.2
	720	2.9	11.4	18.4	35.1	76.3	67.7
2.0	0	76.1	47.5	31.2	26.6	18.4	8
	180	75	53	36.9	31.3	14.7	5.8
	360	72.3	52.9	37.4	32.1	18.1	6.6
	540	53.9	60.8	67.2	73.3	40.5	12
	720	10	20.2	29.8	51.4	107	91.6

※ 압력 : 3MPa

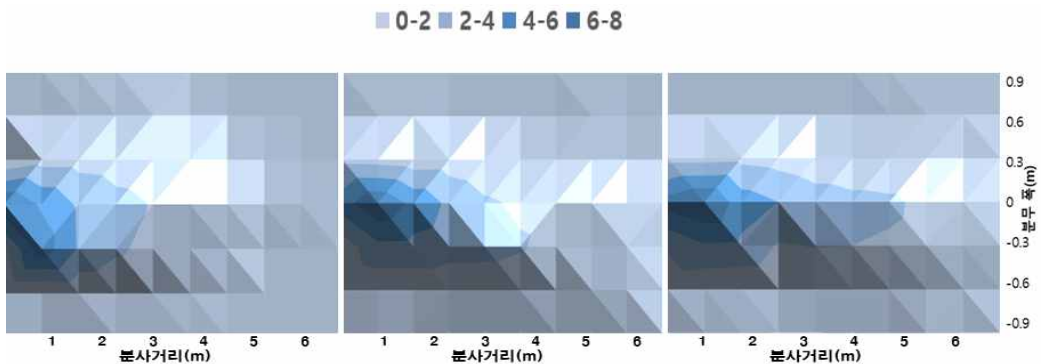


그림 13. 압력 별 분사길이

### (시험 3) 엽면시비기 자율주행 기술 개발 및 시제품 제작(2021~2023)

시험 2년차(2022년)에 자율주행을 위한 기기 개발을 진행하였다. 위치 보정신호는 SSR, OSR 방식중 OSR(NRTK)를 이용하였다. OSR방식은 측량업무 및 정지한 상태의 정확한 위치를 계산하는 방법으로 양방향 통신이 반드시 필요하며, 기준국과 기기의 거리가 멀수록 정확도가 낮아져 많은 수의 기준국이 필요하고 많은 데이터를 요하는 방법이다. 본 기기를 사용하기 위해 낮아지는 정확도를 높일 수 있는 NRTK(Network-based Real Time Kinematic) 보정신호를 사용하였다. NRTK는 관측 주기가 매우 짧아 정밀한 위치 결정이 가능하여 기준국과의 거리에 따른 낮은 정확도를 보완할 수 있었다(그림 14.).

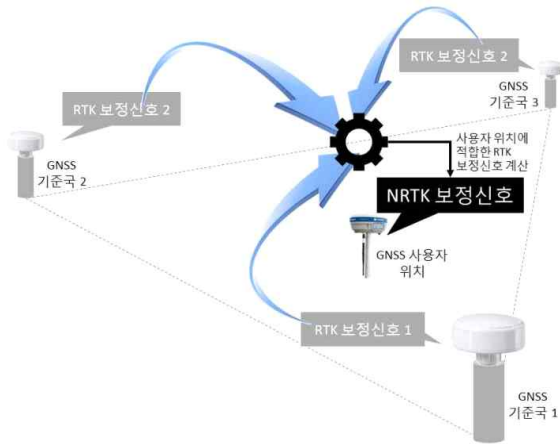
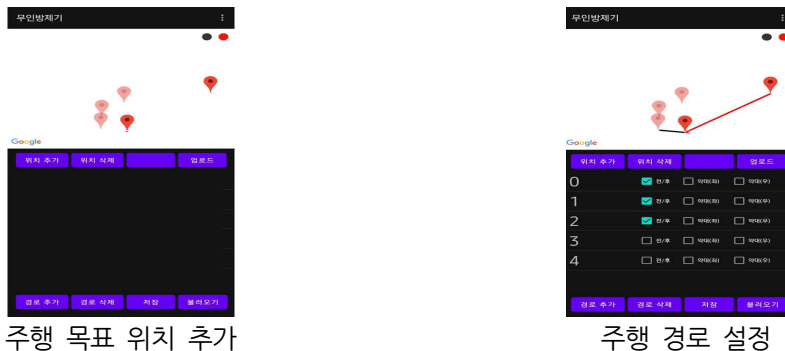


그림 14. NRTK 보정신호 계산 방법

핸드폰을 이용하여 주행하기 위해 정보 수신 앱을 제작하였다. 본 앱에서는 주행 목표 위치와 주행 경로, 주행 경로를 저장하여 지속적으로 사용할 수 있도록 제작되었다. 먼저 주행을 위해 엽면시비기에 부착된 통신기기와 앱을 연결 한 뒤 주행 예정 위치로 기기를 이동시켜 지점을 각각 찍어준다. 찍어뒀던 지점을 이동 순서대로 배치한 뒤 경로를 생성하여 자율주행이 가능하다 (그림 15).



주행 목표 위치 추가

주행 경로 설정

그림 15. 자율주행 핸드폰 앱 화면

2021~2023년 개발된 기술을 접목하여 3년(2021~2023년)동안 시제품 제작을 실시하였다. 2021년 제작된 시제품은 동력기의 압력을 이용하여 분사되는 타입으로 분무기를 제거하여 운반 거치대를 장착할 수 있으며, 운반기 거치대는 과일상자(525×370×325mm)를 가로로 2개, 2단 높이로 쌓을 수 있는 형태이며, 운반기 거치대는 가벼운 재료인 스테인리스 파이프로 제작되어 편리하게 사용할 수 있는 타입이다. 또한 운반기 이용 시 최대 80kg의 하중을 견딜 수 있다. 하지만 엽면시비를 위해서는 동력기가 필수로 필요하기 때문에 운행 시 자유로운 기동이 어렵고 엽면시비기와 동력기가 분리되어 있어 농작업 시 작업자의 피로가 쌓이는 문제가 발생하였다.

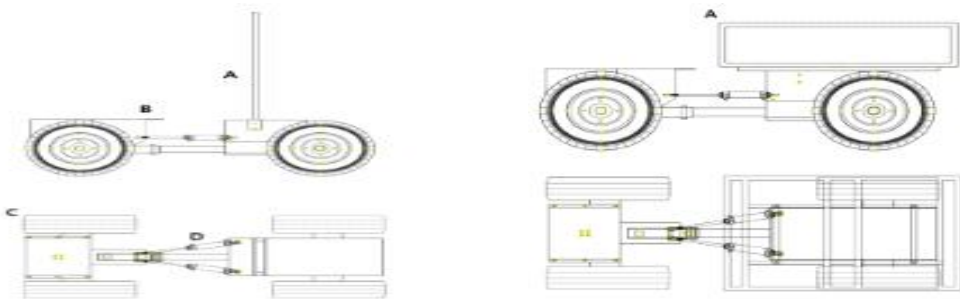


그림 16. 엽면시비기 분무노즐 장착 시제품 I

2022년 시제품을 수정·보완하여 2023년에는 물통, 엔진을 탑재한 원격조정, 자율주행 엽면시비기를 개발하였다(그림 14). 2023년 시제품의 기체 규격은 1,750×770×850mm이며, 기기 무게 150kg, 4륜 기동, 200W의 출력을 보여준다. 또한 최대 운행시간 8H, 운행 모터와 이원화된 6.5Mpa 분무엔진, 물통 200L을 사용하였다. 또한 물통과, 분무엔진을 제거하여 운반기로 이용이 가능하다. 운반기는 최대 100kg내외의 농자재 및 과일을 운반할 수 있다. 또한 기존 기기는 과일상자 4개 운반이 가능했으며, 2023년 개발된 기기는 최대 6개의 과일상자 운반이 가능하다.



그림 17. 엽면시비기 분무노즐 장착 시제품 II

2023년 자율주행이 가능한 엽면시비기 시제품을 제작하였다. 2023년 개발된 엽면시비기는 경사지에서 밀림 현상을 방지하기 위해 바퀴 모터의 출력 및 제어 시스템을 변경하여 안정적인 주행이 가능하도록 개발하였으며, 약대의 길이를 1.5m, 2m, 3m를 각각 제작하여 다양한 수형에서 최고의 엽면시비의 효과가 나타날 수 있도록 하였다. 또한 본 기기는 GPS를 이용하여 자율주행이 가능하기 때문에 리모컨을 이용하지 않고 엽면시비가 가능하다. 기기 사용 방법으로 사용자의 핸드폰 앱을 실행한뒤 GPS 수신 안테나와 연결한다. 목표 위치 지점을 이동하며 지점을 정확한 위치 값은 앱에 저장하여 경로를 설정한다. 설정된 경로를 이용하여 지속적인 자율주행 엽면시비가 가능하다. 기기의 자율주행 시 안전한 작업을 위해 목표 위치를 이탈할 경우 비상 제동을 하도록 설정 하였다.

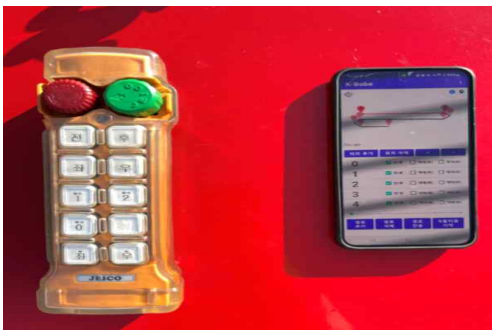


그림 18. 엽면시비기 시제품 제작

#### (시험 4) 과수 엽면시비기 현장 실증(2023)

엽면시비 및 농약방제 효과를 보기위해 Table 4와 동일한 조건으로 소형 엽면시비기와 SS분무기를 각각 3번 반복하여 분석한 결과 Table 5와 같이 나타났다.

탄산칼슘(CaO) 처리에 따른 처리 효과를 검정한 결과, 탄산칼슘 엽면시비 시료(잎)의 칼슘성분이 소형 엽면시비기 그룹에서는 2.25mg/kg, SS분무기 그룹에서는 2.10mg/kg의 탄산칼슘 성분이 검출되었으며, 이 두 처리 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

표 5. 기기별 엽면시비 설정 조건

구 분	분사압력 (MPa)	속도 (km/h)	분사노즐 (개)	소요시간 (분/10a)	분사유량 (L/주)	분사유량 (L/10a)
소형 엽면시비기	2.4	1.6	12	9분 5초	1.11	138.75
SS분무기	2.4	2.4	22	6분 3초	3.12	390.00

※ SS분무기 관행운행 조건

표 6. 탄산칼슘 엽면시비 시료(잎)의 칼슘성분 비교

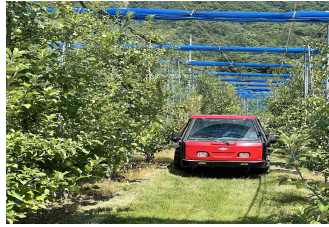
(단위 : mg/kg)

구 분	CaO(%)				DMRT(5%)
	1반복	2반복	3반복	평균	
소형 엽면시비기	2.17	2.08	2.49	2.25	aZ
SS분무기	2.37	1.90	2.03	2.10	a
무처리	1.09	1.53	1.80	1.48	b

※ <sup>2</sup>Mean separation within columns by LSD test at P ≤ 0.05, 처리시기 : 2023.08.29.



소형 엽면시비기



SS분무기



탄산칼슘 처리 후

그림 19. 엽면시비 효과검증 시험

본 소형 엽면시비기와 SS분무기의 농약방제 효과를 비교해 보기 위해 기기 운행은 Table 4(기기별 엽면시비 설정 조건)와 동일한 처리로 수행하였다. 1차(6/13), 2차(6/19) 2회 방제를 실시하였으며, 세장방추형 사과나무를 상단(2~3m), 중단(1~2m), 하단(0~1m)으로 계획을 정하여 나타난 방제효과는 Table 6과 같이 나타났다.

진딧물 방제율은 소형 엽면시비기의 경우 상단부 79.5±15.3%, 중단부 85.2±10.6%, 하단부 82.1±8.2%로 나타났으며, SS분무기는 상단부 93.7±4.6%, 중단부 92.7±5.5%, 하단부 93.8±4.2%로 나타났다. 상·중·하단 평균의 차이는 14.2%, 7.5%, 11.7%로 SS분무기에서 높은 방제율을 보였다. 이는 송풍을 이용하여 엽을 흔들며 방제하는 것이 더 효율적이라는 것을 보여준다. 추후 소형 엽면시비기의 병해충 방제율을 높일 수 있는 추가 연구가 필요 할 것으로 판단되었다.

표 7. 진딧물 방제 효과

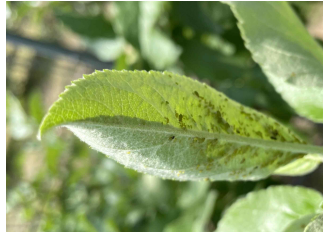
(단위 : %)

방제 시기	소형 엽면시비기			SS분무기		
	상단부	중단부	하단부	상단부	중단부	하단부
1차 (6/13)	79.2±12.7	85.9±13.0	82.2±9.2	92.1±7.1	90.3±7.5	93.2±7.2
2차 (6/19)	79.7±22.5	85.1±19.1	82.1±13.1	95.3±6.9	95.1±7.4	94.3±6.4
평균	79.5±15.3	85.2±10.6	82.1±8.2	93.7±4.6	92.7±5.5	93.8±4.2

※ 방제농약 : Sulfoxaflor(7%)



소형 엽면시비기

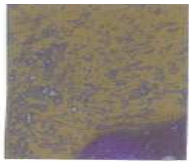


살포 전



살포 후

그림 21. 소형 엽면시비기 진딧물 방제

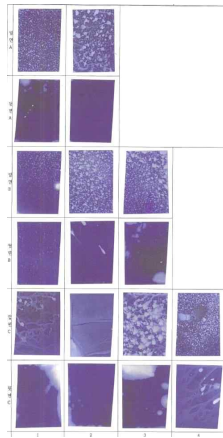


불량

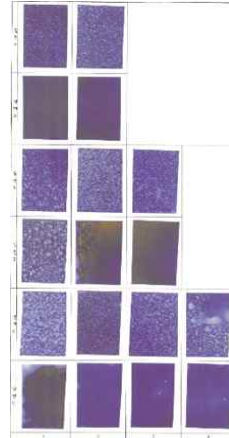


양호

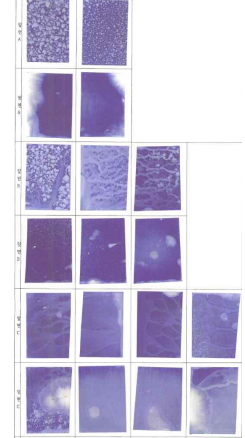
비교사진



엽면시비기  
(1km/h)



엽면시비기  
(2km/h)



소형 ss기

그림 22. 엽면시비기, ss기 감수지 비교

## <제6세부과제 : 영상 이미지를 활용한 수채인식 엽면시비 기술 개발>

### (시험 1) 과수원 엽면시비를 위한 다목적 엽면시비용 차제 모형 설정(2021)

- 가. 엽면시비기를 개발하기 위해 엽면시비기 디자인은 각각 곡선형·각진형, 엽면시비기·운반기 디자인을 4건을 출원하였음
- 나. 엽면시비기는 1,150×560×500mm의 규격이며, 중량은 120kg 내외이며, 리모컨을 이용한 원격제어가 가능하고 주행속도는 0~3.2km/h임
- 다. 엽면시비기의 안정적인 주행을 위해 기술특허 2건을 출원하였다. 유압 실린더를 이용한 조향 장치는 산간지형에서도 안정적으로 운행이 가능하도록 도와주는 장치임
- 라. 엽면시비기에 사용된 노즐은 세라믹 콘형 노즐로 앞쪽 해드는 최대 720°까지 회전이 가능하여 노즐 내부에서 와류를 이용하는 것이 특징임
- 마. 장애물 감지 센서, 약량측정 센서, 수평센서를 개발하였으며, 장애물 감지 센서는 엽면시비기와 농작물 충돌 시 피해를 줄이기 위해 장애물에 엽면시비기가 접촉하였을 때 작동하여 속도 및 긴급제동이 가능하도록 정보를 제공할 수 있음

### (시험 2) 과수원 엽면시비를 위한 분사압력·주행 속도 설정(2020-2021)

- 가. 노즐 분사각도, 압력별 분무량, 분사거리 등을 조사하였음
- 나. 노즐의 분사각도는 압력이 증가할수록 좁아지는 경향을 보였고, 낮아질수록 더 넓은 범위로 분사하였으며, 노즐머리회전 360° 이상에서는 압력변화에 따라 큰 차이는 보이지 않았음
- 다. 양액의 넓은 분사각도, 분사거리 등을 고려하여 분무압력은 3MPa 내·외, 노즐머리회전은 0~180°의 범위로 설정하고, 노즐분판직경은 1.2mm를 사용하는 것이 최적의 시비효과를 나타낼 것으로 판단되었음

### (시험 3) 엽면시비기 자율주행 기술 개발(2022~2023)

- 가. GPS 위치정보를 계산하기위해 OSR와 NRTK의 보정신호를 선택하여 개발하였음
- 나. NRTK는 관측 주기가 매우 짧아 정밀한 위치 결정이 가능하여 기준국과의 거리에 따른 낮은 정확도를 보완할 수 있었음
- 다. 엽면시비기의 자율주행을 위해 핸드폰 앱을 제작하였다. 앱에서는 주행 목표 위치와 주행 경로, 주행 경로를 저장하여 지속적으로 사용할 수 있고 찍어뒀던 지점을 이동 순서대로 배치한 뒤 경로를 생성하여 자율주행이 가능하도록 제작되었음
- 라. 2022년 제작된 시제품은 동력기의 압력을 이용하여 분사되는 타입으로 분무기를 제거하여 운반 거치대를 장착할 수 있으며, 운반기 거치대는 과일상자(525×370×325mm)를 가로로 2개, 2단 높이로 쌓을 수 있는 형태이며, 운반기 거치대는 가벼운 재료인 스테인리스 파이프를 제작되어 편리하게 사용할 수 있는 타입임

마. 2022년 시제품의 기체 규격은 1,750×770×850mm이며, 기기무게 150kg, 4륜 기동, 200W의 출력을 보여주며 최대 운행시간 8H, 운행 모터와 이원화된 6.5Mpa 분무엔진, 물통 200L을 사용하였음

#### (시험 4) 과수 엽면시비기 현장 실증(2023)

- 가. 탄산칼슘(CaO) 처리에 따른 처리 효과를 검정한 결과, 탄산칼슘 엽면시비 시료(잎)의 칼슘성분이 소형 엽면시비기 그룹에서는 2.25mg/kg, SS분무기 그룹에서는 2.10mg/kg의 탄산칼슘 성분이 검출되었으며, 이 두 처리 간에 유의미한 차이는 나타나지 않았음
- 나. 진딧물 방제율은 SS기와 비교하여 상·중·하단 평균의 차이가 14.2%, 7.5%, 11.7%로 낮은 방제율을 보였다. 추후 소형 엽면시비기의 병해충 방제율을 높일 수 있는 추가 연구가 필요 할 것으로 판단되었음

## 5

### 인용문헌

- Lee, K.Y. 2018. The Spraying Characteristic According to a Shape of Disc/whirl of Nozzle for a Speed Sprayer. Kor. J. KSCFE. 23(2):61-65
- Lee, J.C. 2017. Numerical Study of Blast Nozzle for a Speed sprayer. Kor. J. KSCFE. 61-62
- Kim, D.H. 2017. Experimental Study of Spraying Characteristics of Blast Nozzle for a Speed Sprayer. Kor. J. KSAE. 2567-2569
- Park, J.S. 2021. Analyzing Drift Patterns of Spray Booms with Different Nozzle Types and Working Pressures in Wind Tunnel. Kor. J. KSAE. 63(5):39-47
- Haboudane, D.; Miller, J.R.; Pattey, E.; Zarco-Tejada, P.J.; Strachan, I.B. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. Remote Sens Environ 2004, 90, 337-352.
- Sankaran, S.; Khot, L.R.; Espinoza, C.Z.; Jarolmasjed, S.; Sathuvalli, V.R.; Vandemark, G.J.; Miklas, P.N.; Carter, A.H.; Pumphrey, M.O.; Knowles, N.R.; Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping: A review. Eur J Agron 2015, 70, 112-123.
- Yuan, H.; Yang, G.; Li, C.; Wang, Y.; Liu, J.; Yu, H.; Feng, H.; Xu, B.; Zhao, X.; Yang, X.; Xu, B.; Zhao, X.; Yang, X. Retrieving soybean leaf area index from unmanned aerial vehicle hyperspectral remote sensing: Analysis of RF, ANN, and SVM regression models. Remote Sens 2017, 9, 309.
- Paul, G.C.; Saha, S.; Hembram, T.K. Application of phenology-based algorithm and linear regression model for estimating rice cultivated areas and yield using remote sensing data in Bansloi River Basin, Eastern India. Remote Sens Appl

Soc Environ 2020, 19, 10036.

Tennakoon, S.B.; Murty, V.V.N.; Eiumnoh, A. Estimation of cropped area and grain yield of rice using remote sensing data. *Int J Remote Sens* 1992, 13, 427-439.

Shin, Y.U., Kim, T.C. 2004. Flowering and Fruit set. In Oh, S.D., *Fruit Tree Physiology in Relation to Temperature*. Gilmogm Press, Seoul, Korea, pp. 161-164.

Simons, R.K. 1969. Tissue response of young developing apple fruits to freeze injury. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 94:376-382.

Simons, R.K., Doll, C.C. 1976. Morphological and anatomical response of apples to a late spring frost in relation to stage of fruit development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 101:315-320.

Simons, R.K., Lott, R.V. 1963. The morphological and anatomical development of apple injured by late spring frost. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 83:88-100.

Taku, M., Shinji, M., Keigo, U., Chihiro, M., Akinori, N. 2018. Frost Protection using an Outdoor Fan Heater in a Plum Orchard. *J. Japan Soc. Design Engr.* 53:927-944.

Warrington, I.J., Fulton T.A., Halligan, E.A., de Silva, H.N. 1999. Apple Fruit Growth and Maturity are Affected by Early Season Temperatures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 124:468-477.

White, G.G., Hass, J.E. 1975. *Assessment of research on natural hazard*. The MIT Press, Cambridge, MA, USA. 487 p.

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(1년)	특허출원	다목적 농업용 원격주행차량(출원 제10-2021-0121649호) 등
	홍보	강원도농업기술원, 과수 스마트 운반·방제기 개발 추진 등
2022(2년)	기술이전	다목적 농업용 원격주행차량 등
	홍보	농약 살포도 이전 '스마트 시대'...누구나 손쉽게 원격으로 등
2023(3년)	영농정보	소규모 과원용 다목적 엽면시비기 개발 등
	학술발표	과수 다목적 엽면시비기 개발을 위한 조향장치 및 원격주행차량 개발
	기술이전	조향이 가능한 농업용 원격주행차량 등
	홍보	강원농기원, 스마트 무인방제기 특허 이전 등

성과지표명		연도	1년차 (2021)		2년차 (2022)		3년차 (2023)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	
산업재산	출원									
	등록	2	6					2	6	
농업현장 적용기술	영농기술			1			1	1	1	
	영농정보					1	1	1	1	
학술발표	국제									
	국내		1			1	1	1	2	
기술이전				2	2		2	2	4	
시제품제작 등록건수						2	2	2	2	
현장평가회			1				1	1	1	
홍보		1	11	1	12	1	15	3	38	
계		3	19	4	14	6	23	13	55	

## 7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'21	'22	'23
과제책임자	원예연구과	농업연구관	박영식	과제 총괄	○		
	원예연구과	농업연구사	김주현	과제 총괄		○	○
공동연구자	원예연구과	농업연구관	박영식	시험수행 및 평가		○	
	원예연구과	농업연구사	김주현	과제 보조	○		
	원예연구과	농업연구사	이제창	시험수행 및 평가	○	○	○
	원예연구과	농업연구사	정햇님	시험수행 및 평가	○	○	○
	원예연구과	농업연구관	장은하	시험수행 및 평가		○	○
	원예연구과	공무직	박슬기	시험조사 지원		○	○
	원예연구과	공무직	김수진	시험조사 지원	○	○	