

어젠다코드	2 - 4 - 2		수행시기	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	C05	작목구분코드	FT-01-0602
과제종류	기타		세부사업(약어)	농기평	
과제명	솔레노이드 분사장치를 이용한 배 생력화 적화기술 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	박영식		농업연구사	강원도원 원예연구과	
연구기간	2018		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 솔레노이드 분사장치를 이용한 배 생력화 적화 기술 개발			원예연구과	박영식	'18
색인용어	배, 적화, 생력화, 솔레노이드, 분무건				

## ABSTRACT

This research was carried to perform the development of injection system using solenoid for laborsaving bud and flower thinning works in pear. The main subjects of this research consisted of PCB main circuit, PCB operational program and battery safety circuit. The development of PCB main circuit, PCB operational program and battery safety circuit will allow users to use injection system using solenoid easily and safely in their farms. Also This research was performed to evaluate the possibility for field application of newly developed injection system using solenoid for laborsaving bud and flower thinning works in pear. In the field application test of 'Wonhwang' and 'Niitaka', the flower thinning rate was investigated ranging from 37.5 and 77.2%, and 52.2 and 78.6%, respectively. The highest flower thinning rate was observed at balloon period in both pear cultivars, but leaf bud thinning rate lower than 12% was observed. Therefore, the application of newly developed injection system using solenoid seems not to have any negative factor for the production of high quality fruit in pear. Actually, the fruits produced by the application of the system showed higher fruit characteristics compared with fruits produced by a conventional fruit setting management method. When this system was applied in a pear orchard with a cultivation area of 1 hectare, the total work duration was 43.2h for fruit setting management, while the corresponding work duration was 184.0h, respectively, for the same area, when performing fruit setting management by hand. Hence, it has been calculated that the newly developed system could reduce 76.5% of the total work duration compared with the conventional

method, which also provided about 67.2% cost savings effect for the farms. It is expected that the application of newly developed labor saving system can improve farming income by enhancing productivity and reducing cost savings.

## 1. 연구목표

국내 배 재배면적은 2000년 이후 연평균(2000년~2017년) 5%씩 감소하였다. 이는 최근 가격 약세 지속으로 농가의 수익성이 하락하였고 작목전환, 도시 개발, 농가 고령화 등으로 폐원 면적이 증가하면서 면적이 지속적으로 감소하였기 때문이다. 2017년 배 재배면적은 전년보다 3% 감소한 1만861ha이었다. 또한 생산량은 2000년 이후 전체 재배면적에서 성목면적이 차지하는 비중이 늘면서 증가하는 추세를 보였으며, 2008년 47만 톤으로 역대 최대치를 기록하였다. 이후 태풍, 저온피해 등 기상이변에 따른 단수 변동으로 생산량은 증감을 반복하고 있으나 전반적으로 재배 면적 감소로 줄어든 추세이다.

배 1인당 연간 소비량은 2000년 6.7kg에서 2008년 9.2kg까지 증가하였으나, 이후 재배면적 및 생산량 감소로 4kg 내외 수준까지 감소하였다. 2017년 배 1인당 소비량은 4.6kg으로 전년보다 소폭 증가한 것으로 추정된다. 최근 소비자 기호는 껍질을 제거하는 과일에서 감소하고, 특히 맛과 품질이 좋은 과일 소비가 증가함에 따라서 배 소비 촉진을 위해서는 껍질째 먹는 배 품종 육성과 더불어 맛과 품질이 좋은 과일 생산기술 개발이 필요하다. (Choi et al., 2007; Jun et al., 2013).

배나무에서 성목 당 개화 수는 25,000개 내외인 것에 비해서 수세유지와 고품질 배 생산을 위한 최적 과실 수는 500개에 불과한 실정이다(Turkey & Einset, 1939; Myers, 1986). 따라서 농가에서는 산술적으로 봄철에 개화하는 꽃눈의 98% 이상을 생육 기간 동안 결과지로부터 제거할 필요성이 있다. 배는 잎이 형성되기까지 전년도 영양분을 이용하여 꽃눈을 개화하기 때문에 필요 없는 꽃눈의 경우 조기에 제거해야 우량한 과실을 생산해 낼 수 있고 다음 연도에 해거리에 따른 피해를 방지할 수 있다. 이에 배 농가에서는 적뢰·적화(개화기에 꽃 솎기) 또는 적과(착과 후 과실 솎기)를 통해서 착과조절을 필수적으로 수행하고 있다(Southwick and Fritts, 1994; Southwick et al., 1995). 과수 작물에서 일반적으로 이용되고 있는 착과 조절 기술로는 사람의 손을 이용하는 인력 적화, 도구를 이용한 기계 적화, 성장조절제 등을 이용하는 화학적 적화 방법이 있지만(Yoo et al., 2016; Theron et al., 2017), 배의 경우 기계와 화학약품을 이용한 기술이 보편화 되어 있지 않아 인력적화에 의존하고 있다. 이는 착과조절이 배 재배 과정 중에 소요되는 총 노동 투입 시간의 24% 이상을 차지할 만큼 주요 요인으로 작용하고 있다(Rural Development Administration, 2011). 최근 농촌의 노령화와 일손부족 현실을 고려하여 불 때 적뢰·적화 관리 작업에 필요한 노동력 해결과 더불어 비용을 절감 할 수 있는 대체기술의 개발이 절실한 실정이다. 배에서 화학적 착과조절 기술은 불균일한 약제처리 효과와 기형과의 발생이 이미 문제화 된 바 있기 때문에 배 재배의 경쟁력을 강화하기 위해서는 적뢰·적화작업의 생력화가 가장 절실하게 요구되고 있다.

최근 복숭아 적화를 위한 생력화 방법으로 복숭아 맥동형 직분사 분무건 시스템을 제시한 바 있다(Park et al., 2017). 직분사 형태는 꽃눈을 정확하게 맞출 수 있을 뿐만 아니라 작업자가 꽃눈 제거 위치와 작업거리를 자유롭게 조절 할 수 있기 때문에 작업효율이 우수한 장점이 있다. 또한

맥동형 분사 형태는 결과지의 탄성에 의해서 가지가 분사방향으로 휘어질 때 멈추었다가 가지가 다시 복원될 때 2차로 충격을 줌으로써 충격력을 2배로 높일 수 있는 분사형태이다. 따라서 맥동형 직분사 분무건은 꽃눈 제거를 위해서 최소의 힘으로 최대 충격력을 가하는 원리를 이용하였다. 따라서 작은 충격력으로도 꽃눈을 효율적으로 제거하고 작업자의 피로를 경감시킬 목적으로 솔레노이드 분사장치 시스템 개발에 관한 구성 및 내용과 새롭게 개발된 솔레노이드 분사 시스템으로 배 적뢰·적화작업의 가능성을 검토하고자 배 꽃눈 발육단계에 따라서 솔레노이드 분사장치를 이용한 결과 적뢰·적화 등에 대하여 수행한 결과를 보고하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 〈제1세부과제: 솔레노이드 분사장치를 이용한 배 생력화 적화기술〉

#### (시험 1) 솔레노이드 분사장치 개발

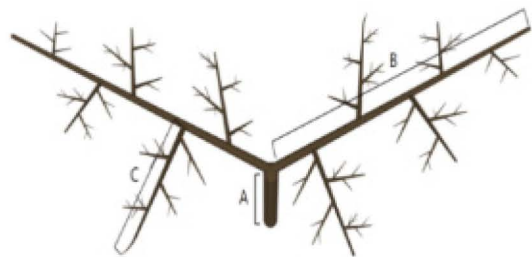
솔레노이드 분사장치 개발을 위하여 PCB(Print Circuit Board) 회로도는 솔레노이드 제어부분, 배터리 전원 관리, 솔레노이드 밸브 제어, 분사형태 변경 등으로 구성하여 개발하였다. 특히 솔레노이드 분사장치의 제어를 위해 주요 부품으로 MBR3 340 등 다양한 부품을 이용하였다. 또한 MCU 내부에 솔레노이드 제어 및 배터리 관리를 위한 운영프로그램을 개발하였다. 운영프로그램은 순서도 및 의사코드를 이용하여 배터리 관리, 솔레노이드 밸브의 개폐여부 등을 관리하는 운영체계를 구성하였다.

마지막으로 솔레노이드 배터리 회로개발은 배터리 보호 IC, 배터리 셀별 충전회로, 배터리 충전전류 제어 등에 관한 회로를 개발하였다. 이들 회로는 resistance 등의 부품으로 구성하였다.

#### (시험 2) 배 생력화 적화기술 개발

본 시험은 2018년 3월부터 11월까지 강원도농업기술원 과수시험포장의 15년생 ‘원황’, ‘신고’ 품종을 이용하였다. 본 시험에 사용된 배나무의 수형은 Y자 수형이었고, 정식거리는 6×4m이었다.

배나무는 주간길이(A) 90cm 내외이고, 측지길이(B)는 3.0~3.5m이었다. 특히 측지의 결과모지(C)는 1주당 15개 내외로 구성되었다(그림 1). 따라서 꽃눈의 분포는 측지와 결과모지 등 다양한 가지에 분포하였다.

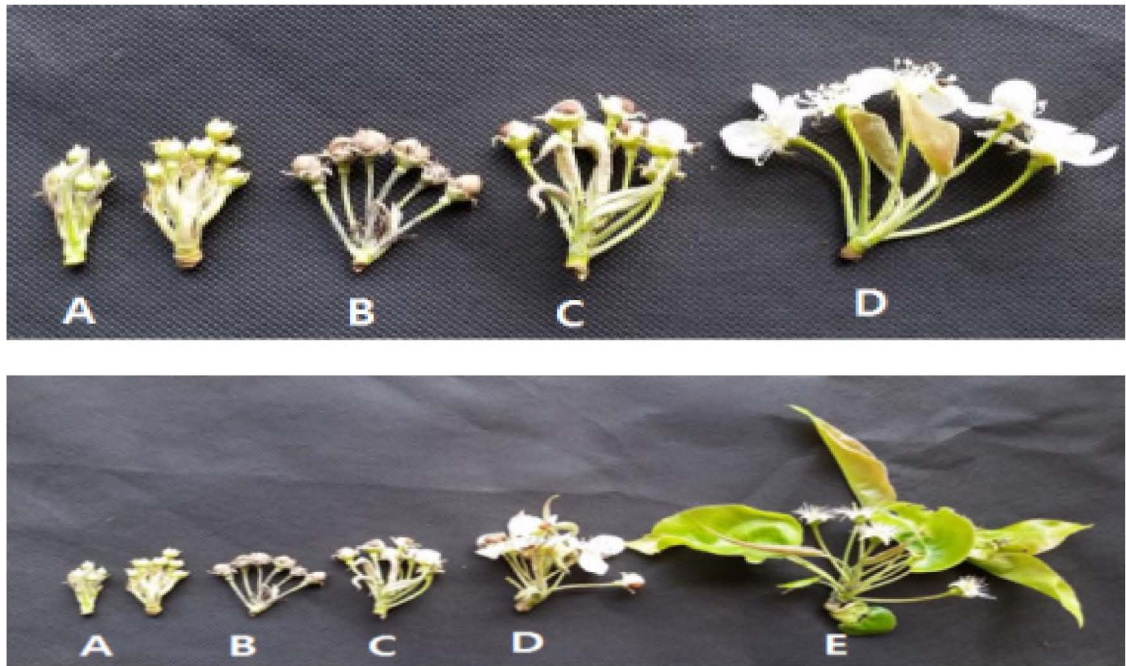


A:주간지, B:부주지, C:측지

그림 1. 배나무 Y자 수형 및 가지별 명칭

재배관리는 농촌진흥청 배나무 재배에 준하여 관리하였다. 솔레노이드 분사장치를 이용한 적퇴시키는 꽃눈 발육단계인 전엽기(A), 백뢰기(B), 풍선기(C), 개화기(D)에 각각 처리하였고 관행재배는 착과이후 적과작업을 위주로 수행하였다(그림 2).

꽃눈 1개가 전엽기로 발달할 경우 6~8개의 꽃을 가지고 있다. 즉 1개의 화총에는 6~8개의 꽃을 가지고 있다. 또한 이들 꽃에는 꽃과 함께 엽을 가지고 있고, 이 엽들 중앙에는 신초로 발달하는 경우가 있어서 이들 꽃눈이 착과될 경우 과일을 가지고 있는 가지를 과대지(E)라고 한다(그림 2).



A: 전엽기 B: 백뢰기 C: 풍선기 D: 개화기 E: 낙화기

그림 2. '원향', '신고' 배의 꽃눈 크기 변화

꽃눈 발육단계는 농촌진흥청 과수 생물계절 발육단계를 기준으로 설정하였다. 솔레노이드 분사장치를 이용한 적퇴·적화 작업은 꽃눈 발육단계인 4단계 발아기(A), 백뢰기(B), 풍선기(C), 개화기(D)로 구분하여 처리하였다. 또한, 솔레노이드 분사장치를 이용한 실증시험에서는 꽃눈 발육단계에 따른 적퇴작업 전·후에 각각의 화총 제거율, 적퇴율, 엽 피해율을 조사하였다.

$$\text{화총 제거율(\%)} = (\text{제거된 화총수} / \text{총 화총수}) \times 100$$

$$\text{적퇴율(\%)} = (\text{제거된 꽃수} / \text{총 꽃수}) \times 100$$

$$\text{엽 피해율(\%)} = (\text{상처난 엽수} / \text{총 엽수}) \times 100$$

솔레노이드 분사장치를 이용한 적뢰작업 이후 개화가 완료된 후 30일에 각각의 처리구에 착과율을 조사하였다.

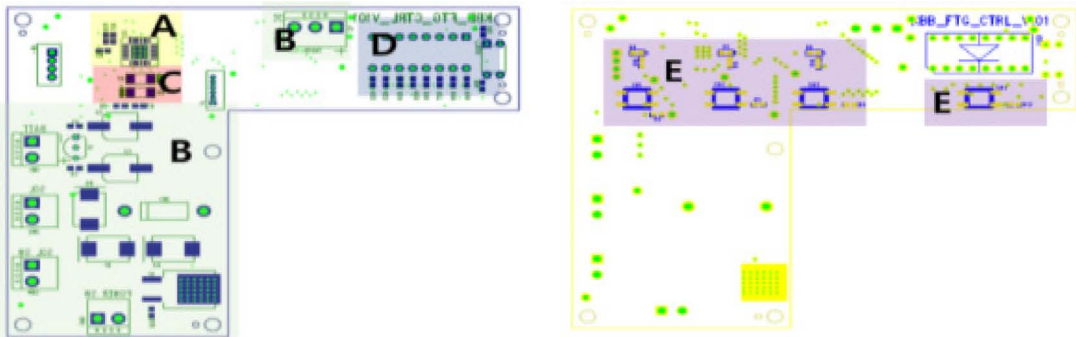
$$\text{착과율(\%)} = (\text{착과된 과일수} / \text{남겨진 꽃수}) \times 100$$

또한 꽃눈 발육단계인 전엽기, 백뢰기, 풍선기, 개화기에 솔레노이드 분사장치를 이용하여 적뢰작업이후 수확된 과실에 대하여 과중을 나무별로 전수 조사하여 각각의 과중에 따른 등급으로 구분하여 대과 생산에 관해서 조사하였다. 또한 각각의 처리구에 과중, 당도, 산도, 경도 등은 농촌진흥청 조사기준에 준하여 조사하였다. 각각의 적뢰작업 처리는 품종별 배나무 1주를 1처리로 구분하여 3주를 처리하여 3반복으로 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### <제1세부과제: 솔레노이드 분사장치를 이용한 배 생력화 적화기술 개발>

##### (시험 1) 솔레노이드 분사장치 개발



A: MCU

C: 배터리 잔량 측정

E: 메인보드 분사 형태 선택 및 표시

B: 충전 및 배터리, 전원 입력, 솔레노이드 밸브

D: 배터리 잔량 표시

그림 3. 메인보드 PCB 회로도 (좌:앞면; 우:뒷면)

PCB(Print circuit board)는 인쇄 회로 기판으로 기계적 지원에 사용되고 동 기판에서 피전도 ‘기판’으로 제작한 전도선이나, 신호 선을 사용하여 전기적으로 전자 부품을 연결하는 형태로 개발하였다.

메인회로 특징은 ‘ㄱ’ 형태로 제작하여 내부 구조를 최적화하였고, 회로구성에 따른 신호 간섭이 최소화 되도록 배선하였고, 메인회로와 솔레노이드 분사장치 내부 구조를 일괄시스템으로 연결하였다. 전용 장비 없이 MCU 프로그램 업데이트가 가능하도록 포트 구성을 하였고, 시리얼 포트를 통해 정보 확인 및 수정 가능하도록 구성하였다.

표 1. 솔레노이드 메인보드 주요 회로 기능

구분	핵심기능	세부 기능
A	MCU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 솔레노이드 기능의 핵심 부분</li> <li>- 운영 프로그램 내장</li> <li>- 전원 입력 안정화</li> <li>- 주변부 연결 및 관리</li> <li>- 운영 프로그램 업데이트 포트</li> <li>- 시리얼 포트</li> <li>- 내부 eeprom 탑재</li> </ul>
B	충전 및 배터리, 전원 입력, 솔레노이드 밸브 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부 부품 컨택트</li> <li>- 압력 스위치, 솔레노이드 밸브 등의 역기전력 차단</li> <li>- 충전 단자, 스위치 연결</li> <li>- 전류 흐름 제어</li> </ul>
C	배터리 잔량 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전압 분배</li> <li>- 전압 측정을 통한 배터리 잔량 측정</li> <li>- 역전류 차단</li> </ul>
D	배터리 잔량 표시	- 하나의 제품으로 구성된 Bar LED 형태의 LED 제어
E	분사 형태 선택 및 표시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분사 형태 선택 버튼 및 표시 LED</li> <li>- 선택 버튼에서 발생하는 노이즈 제거</li> </ul>

PCB의 주요 회로의 기능은 표 1과 같다. 이들 핵심기능은 솔레노이드 운영 프로그램 내장, 배터리 충전, 솔레노이드 밸브 제어, 배터리 잔량 측정, 분사형태 조절 및 선택버튼 등으로 구성되었다. 이들 구성 중 가장 핵심회로는 솔레노이드 분사형태의 조절 및 선택버튼이다. 분사형태는 3가지를 선택 가능하도록 구성하였다. 분사형태는 저속으로 초당 7회 끊어서 분사하는 형태, 고속은 초당 9회 끊어서 분사하는 형태, 마지막으로 지속적으로 분사되는 연속분사 형태로 구성하였다.

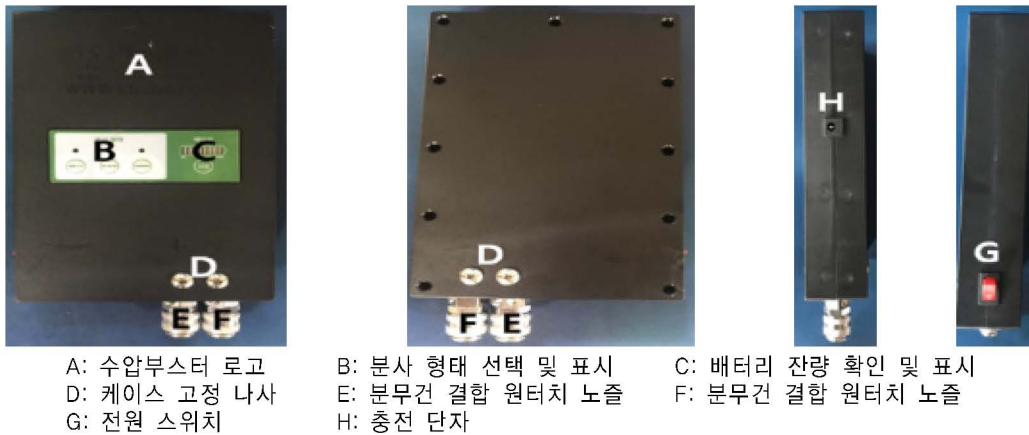


그림 4. 솔레노이드 분사장치 구성

솔레노이드 분사장치의 시제품 제작으로 ABS 소재 박스에 내장하여 휴대가 간편한 형태로 개발하였다. 무게는 1.7kg으로 작업자가 하루 종일 등에 메고 작업하여도 가능한 무게로 조정하였고, 크기는 136mm×212mm×47mm(가로×세로×높이)으로 구성하였다. 외부 충격 강도 및 저온에서도 매우 높은 충격 강도를 갖도록 제작하였고, 전기적, 내화학성, 내유성이 뛰어난 소재로 개발하였다(그림 4).

표 2. 솔레노이드 분사장치의 부품에 따른 핵심기능 및 세부 기능

구분	핵심 기능	세부 기능
A	수압부스터 로고	- 회사 로고 및 연락처, 홈페이지 표시 - 양각으로 제작하여 임의 조작 불가
B	분사 형태 선택 및 표시	- 스티커 형태로 제작 - 물이 들어가지 않도록 방수 처리 - 버튼이 쉽게 눌릴 수 있도록 양각 처리 - 눈에 잘 보이도록 영역 표시
C	배터리 잔량 확인 및 표시	- 배터리 잔량을 한눈에 알 수 있도록 디자인
D	케이스 고정 나사	- 솔레노이드 밸브를 케이스 양면에 고정 - 녹이 슬지 않는 스테인리스 나사 사용
E	분무건 결합 원터치 노즐	- 분무건으로 나가는 호스를 연결 - 한번에 결합 및 분해가 가능한 원터치 노즐 적용
F	분무기 결합 원터치 노즐	- 분무기로부터 들어오는 호스를 연결 - 한번에 결합 및 분해가 가능한 원터치 노즐 적용
G	전원 스위치	- 제품 사용자의 왼손쪽에서 조작 가능한 위치에 제작 - 한번에 켜고 끄기 쉽도록 제작
H	충전 단자	- 물이 들어오기 어려운 위치에 부착

솔레노이드 분사장치의 핵심 기능은 분사형태 선택 및 표시등, 배터리 잔량 확인 및 표시등, 동력분무기 유입·출구의 결합을 위한 원터치 노즐을 장착하였다. 또한 전원 스위치는 작업자의 왼쪽에서 조작이 가능 위치에 제작하였고, 충전단자는 물이 들어오기 어려운 오른쪽 위쪽에 구성하였다(표 2).

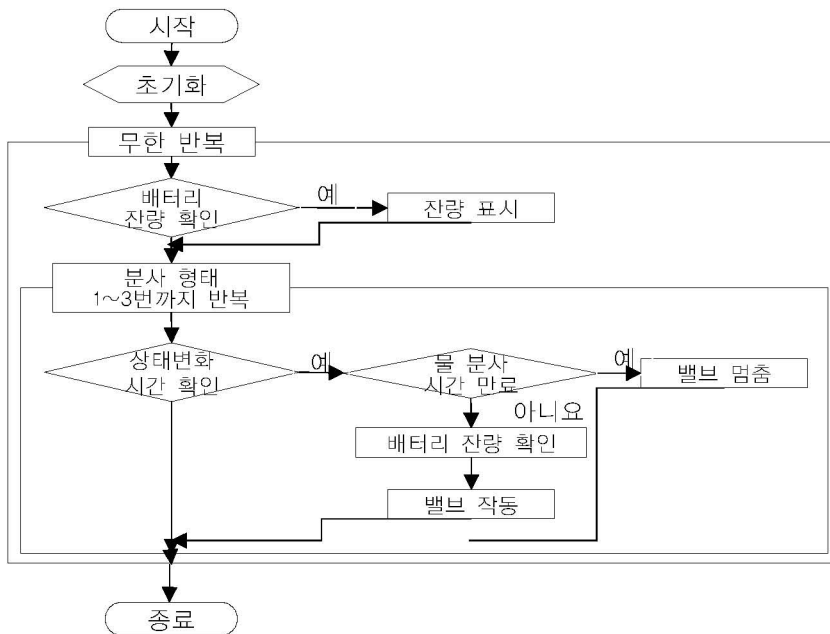
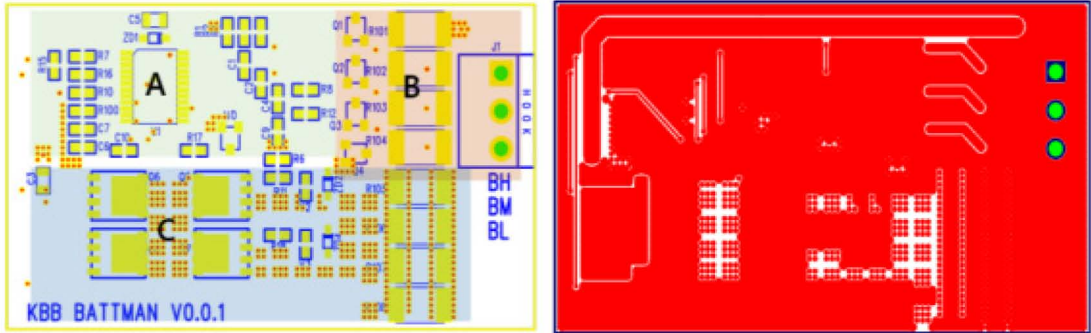


그림 5. 솔레노이드 운영프로그램 순서도

솔레노이드 운영프로그램 개발의 핵심은 솔레노이드 밸브의 초당 개폐여부를 조절하는 것이다. 따라서 전원이 켜지고 난 이후 배터리 잔량을 확인하고 잔량을 표시한다. 그리고 각각의 버튼 상태를 확인하고 해당 버튼에 해당된 작업(솔레노이드 개폐 시간)을 수행한다. 그리고 매회 배터리 잔량을 확인하고 작업 진행여부 및 멈춤을 결정하는 순서로 프로그램을 개발하였다(그림 5).



A: 배터리 보호 IC, B: 배터리 셀별 충전회로, C: 배터리 충전 전류 제어

그림 6. 배터리 회로 PCB

배터리 보호회로도 PCB의 초소형 형태로 제작하였다. 이들 각각의 배터리 셀 결합과 보호회로가 영향 받지 않도록 뒷면은 사용하지 않았고, 납땀을 통한 전선 연결 시 작업 및 배선의 편의성을 고려하여 설계하였고, 정밀도 높은 전자 부품을 사용하여 정확한 결과를 도출하였다(그림 6).

표 3. 배터리 주요 회로 기능

구분	핵심기능	주요 기능
A	배터리 보호 IC	- 보호 회로의 핵심 부품 - 과충전, 과방전, 과전류 차단, 셀 밸런스 등의 PCM 기능 수행
B	배터리 셀별 충전회로	- 각 셀별로 충전 회로 - 각 셀의 상태를 확인
C	배터리 충전 전류 제어	- 허용 전류 제어

배터리 주요 회로기능으로는 배터리 보호 IC, 배터리 셀별 충전회로, 배터리 충전 전류제어 등의 기능으로 구성되었고, 각각의 주요기능은 과충전, 과방전, 과전류 차단, 충전 셀의 밸런스 관리, 각 셀의 충전 상태 확인, 허용 전류 제어 등으로 기능을 갖추고 있다(표 3).

### (시험 2) 배 생력화 적화기술 개발

솔레노이드 분사장치를 이용하여 배의 꽃는 발육단계인 전엽기, 백뢰기, 풍선기, 개화기에 각각 적뢰·적화작업을 실시하고 이들 처리별 화충제거율, 꽃수제거율, 열 피해율, 수확시 과실특성을 통하여 노동시간 절감 및 경영비 절감에 대한 분석을 실시하였다.

표 4. '원황' 솔레노이드 분사장치를 이용한 측지 내 처리시기별 화충 및 꽃수 제거율

처리시기	화충 제거			꽃수 제거		
	총 화충 수 (개)	떨어진 화충 수 (개)	화충 제거율 (%)	총 꽃수 (개)	떨어진 꽃수 (개)	적뢰율 (%)
전엽기	327.2	114.0	34.9	2,125.5	1,126.7	53.0
백뢰기	342.9	111.3	32.5	2,227.6	1,470.3	66.0
풍선기	313.6	120.3	38.4	2,034.5	1,570.2	77.2
개화기	209.8	55.0	26.2	1,363.1	510.7	37.5

'원황' 배의 화충 제거율은 풍선기 38.4%, 전엽기 34.9%, 백뢰기 32.5%, 개화기 26.2% 순으로 나타났다. 또한 '원황' 배의 적뢰율은 풍선기 77.2%, 백뢰기 66.0%, 전엽기 53.0%, 개화기 37.5%로 나타났다.

표 5. '신고' 솔레노이드 분사장치를 이용한 측지 내 처리시기별 화충 및 꽃수 제거율

처리시기	화충 제거			꽃수 제거		
	총 화충 수 (개)	떨어진 화충 수 (개)	화충 제거율 (%)	총 꽃수 (개)	떨어진 꽃수 (개)	적뢰율 (%)
전엽기	221.5	73.8	33.3	1,441.1	752.5	52.2
백뢰기	202.6	62.6	30.9	1,317.6	897.1	68.1
풍선기	235.0	110.3	47.0	1,527.5	1200.0	78.6
개화기	303.7	65.9	21.7	1,974.1	1156.7	58.6

'신고' 배의 화충 제거율은 풍선기 47.0%, 전엽기 33.3%, 백뢰기 30.9%, 개화기 21.7%로 나타났다. 또한 꽃수 제거율은 풍선기 78.6%, 백뢰기 68.1%, 개화기 58.6%, 전엽기 52.2% 순으로 나타났다.

표 6. '원황' 솔레노이드 분사장치를 이용한 측지 내 처리시기별 엽 피해율

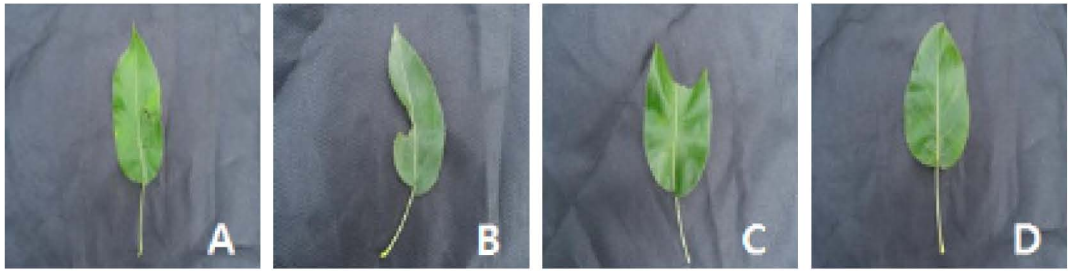
시기	총 엽수	상처엽수(개)	피해율(%)
전엽기	4,688.7	278.2	5.9
백뢰기	4,667.7	253.8	5.4
풍선기	4,499.7	324.9	7.2
개화기	3,828.0	262.4	6.8

'원황' 배의 솔레노이드 분사장치를 이용한 적뢰·적화 작업 25일 후 엽 피해율은 5.4~7.2%로 내외로 비교적 경미한 수준으로 나타났다.

표 7. '신고' 솔레노이드 분사장치를 이용한 측지 내 처리시기별 엽 피해율

처리시기	총 엽수	상처엽수(개)	피해율(%)
전엽기	3,107.6	309.6	9.9
백뢰기	3,768.3	284.5	7.5
풍선기	2,904.6	243.7	8.4
개화기	4,275.3	476.3	11.1

‘신고’ 배의 솔레노이드 분사장치를 이용한 적퇴·적화 작업 25일 후 엽 피해율은 7.5~11.1% 내외로 비교적 경미한 수준이었다. 따라서 배 솔레노이드 분사장치를 이용할 경우 엽 피해율이 가장 적은 백뢰기가 우수한 것으로 판단된다.



A: 1% 미만 피해율 B: 1~ 5% 피해율 C: 5% 이상 피해율 D: 정상

그림 7. 솔레노이드 분무건 처리 후 발생한 잎의 피해정도

꽃눈 발육단계 전엽기~개화기까지 4단계별 잎 피해형태는 잎의 상처정도에 따라서 A, B, C 3등급으로 구분하였다. 대부분 잎의 중앙 엽맥을 중심으로 상처받은 A, B형태의 피해 많았다. 따라서 솔레노이드 분사장치를 이용할 경우 적당한 압력과 거리를 유지하면서 사용하는 것이 바람직하다.

솔레노이드 분사장치를 이용한 꽃눈 발육단계 별 처리 전·후 전경으로 처리 전에는 1개의 화층에 6~8개 꽃수 중 솔레노이드 분사를 통하여 2~4개정도 제거하는 작업이 이루어졌다.

표 8. ‘원황’ 배의 솔레노이드 분사장치로 꽃눈 발육단계별 처리시기에 따른 과실 착과율

시기	화층 당 남은 꽃 수 (개)	화층당 평균 착과 수 (개)	착과율 (%)
전엽기	4.7	2.9	61.7
백뢰기	3.2	2.1	65.6
풍선기	2.4	1.8	75.0
개화기	3.2	1.8	56.3
관행재배	6.5	4.1	63.0

‘원황’ 배의 꽃눈 발육단계별 솔레노이드 분사장치로 적퇴 이후 과실 착과율은 전엽기 61.7%, 백뢰기 65.6%, 풍선기 75.0%, 개화기 56.3%, 관행재배 63.0%으로 착과에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 9. ‘신고’ 배의 솔레노이드 분사장치로 꽃눈 발육단계별 처리시기에 따른 과실 착과율

시기	화층 당 남은 꽃 수 (개)	화층당 평균 착과 수 (개)	착과율 (%)
전엽기	5.8	3.0	51.7
백뢰기	3.6	2.4	66.6
풍선기	2.7	2.2	81.5
개화기	3.4	2.4	70.6
관행재배	6.5	4.6	70.8

전엽기  
(처리 전)



전엽기  
(처리 후)



백뢰기  
(처리 전)



백뢰기  
(처리 후)



풍선기  
(처리 전)



풍선기  
(처리 후)



개화기  
(처리 전)



개화기  
(처리 후)



그림 8. '원황' 배 꽃눈 생육단계에 따른 슬레노이드 분사장치에 의한 적뢰 전·후

전엽기  
(처리 전)



전엽기  
(처리 후)



백뢰기  
(처리 전)



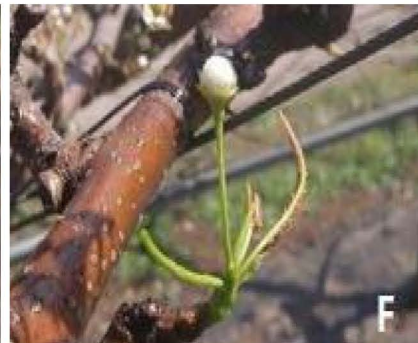
백뢰기  
(처리 후)



풍선기  
(처리 전)



풍선기  
(처리 후)



개화기  
(처리 전)



개화기  
(처리 후)

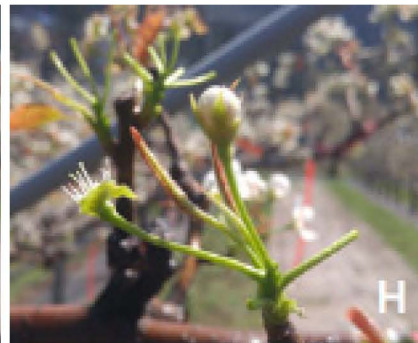


그림 9. '신고' 배 꽃눈 생육단계에 따른 슬레노이드 분사장치에 의한 적뢰 전·후

‘신고’ 배의 꽃눈 발육단계별 솔레노이드 분사장치로 적뢰 이후 과실 착과율은 전엽기 51.7%, 백뢰기 66.6%, 풍선기 81.5%, 개화기 70.6%, 관행재배 70.8%으로 착과에는 큰 차이가 없으므로 나타났다. 따라서 솔레노이드 분사장치를 이용할 경우 개화기보다는 백뢰기, 풍선기에 사용할 경우 착과에는 크게 문제가 없을 것으로 나타났다.

표 10. 솔레노이드 분사장치로 꽃눈 발육단계별 처리에 따른 ‘원황’의 과실특성

구분	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도 (kg/∅5mm)	450g 이상 과중 비율(%)	평균 착과량 (개)
전엽기	461.7	12.7	0.6	0.34	51.9	62.3
백뢰기	475.8	13.6	0.15	0.38	58.8	62.3
풍선기	433.8	13.4	0.15	0.34	34.6	51.0
개화기	419.9	13.3	0.20	0.35	35.6	33.7
관행재배	481.0	13.2	0.19	0.35	56.1	46.3

‘원황’ 배의 평균과중은 419.9~475.8g으로 적뢰 시기 내에서는 큰 차이가 없었으나 관행재배 보다는 평균과중이 다소 작은 것으로 나타났다. 그러나 450g 이상의 과중 생산비율은 백뢰기에서 58.8%로 관행재배 56.1%에 비해서 대과 생산비율 2.7% 높았다.

표 11. 솔레노이드 분사장치로 꽃눈 발육단계별 처리에 따른 ‘신고’의 과실특성

구분	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도 (kg/∅5mm)	500g 이상 과중비율(%)	평균착과량 (개)
전엽기	525.9	12.4	0.18	0.43	56.2	83.0
백뢰기	510.8	12.3	0.19	0.41	55.5	57.7
풍선기	543.8	12.9	0.18	0.42	68.5	60.3
개화기	525.5	13.9	0.18	0.43	56.2	78.3
관행재배	492.6	11.6	0.19	0.44	47.1	80.7

‘신고’ 배의 평균과중은 510.8~543.8g으로 관행재배에 비해서 적뢰시기가 빠른 풍선기가 543.8g으로 가장 우수하였고, 다음이 전엽기 525.9g, 개화기 525.5g, 백뢰기 510.8g 순이었다. 또한 500g 이상의 대과 생산비율은 관행재배에 비해서 풍선기 68.5%, 개화기와 전엽기가 56.2%, 백뢰기 55.5% 순으로 나타났고, 관행재배 대비 대과 생산율은 8.4~21.4% 증가하는 것으로 나타났다.

표 12. 솔레노이드 분사장치를 이용한 '추황배' 과실특성 (국립원예특작과학원 과수과, 2018년)

구분	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	경도 (kg/φ5mm)	대과생산 (450g 이상) 비율(%)	평균 착과량 (개)
솔레노이드 (백퇴기)	432.7	13.9	0.26	0.25	53.0	48.7
관행재배	413.2	13.7	0.25	0.25	40.6	50.3

국립원예특작과학원 과수과에서 '추황배' 백퇴기에 솔레노이드 분사장치를 이용한 적뢰작업에 따른 추황배 과중은 432.7g으로 관행대비 413.2g보다 4.7% 증가하는 것으로 나타났다. 또한 450g 이상 대과 생산율이 솔레노이드 분사장치 처리구에서 관행재배 대비 12.4%로 증가하는 것으로 나타났다.

표 13. 솔레노이드 분사장치를 이용한 1ha 적뢰작업 시 노동시간 분석

구분	작업인부 (명)	작업일 (일)	총인부수 (명)	작업시간/일 (시간)	총작업시간 (시간)	절감율 (%)
솔레노이드 분사장치	2	2.7	5.4	8	43.2	76.5
관행재배	5	4.6	23	8	184.0	-

솔레노이드 분사장치를 이용하여 1ha 배 과원의 적뢰작업 시 총 소요인부 사용은 5.4명, 총 작업시간은 43.2시간 대비 관행 재배 시 총 소요 인부는 23명, 총 작업시간은 184시간으로 나타났다. 따라서 솔레노이드 분사장치를 이용한 적뢰작업은 관행재배 대비 노동시간이 76.5% 절감되는 것으로 나타났다.

표 14. 솔레노이드 분사장치를 이용한 1ha 적뢰작업 시 경영비 분석

구분	작업인부 (명)	작업일 (일)	총인부수 (명)	인건비/1일 (원)	총인건비 (천원)	자재비 (천원)	경영비 (천원)	절감율 (%)
솔레노이드 분사장치	2	2.7	5.4	70,000	378	150	528	67.2
관행재배	5	4.6	23.0	70,000	1,610	0	1,610	-

솔레노이드 분사장치를 이용한 1ha 배 과수원의 적뢰작업 시 소요 인부 수는 5.4명, 총인건비 378천원, 자재비 150천원으로 적뢰 경영비는 528천원이 소요되었고, 관행재배 시 총 소요 인부 수는 23명, 총인건비 1,610천원으로 적화 경영비는 1,610원이 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 솔레노이드 분사장치를 이용한 적뢰작업 시 관행재배 대비 경영비 67.2%가 절감되는 것으로 나타났다.

## 4. 적 요

### 〈제1세부과제: 솔레노이드 분사장치를 이용한 배 생력화 적화기술〉

#### (시험 1) 솔레노이드 분사장치 개발

- 가. 솔레노이드 분사장치개발의 주요 내용은 PCB 메인회로, PCB 운영프로그램, 배터리 보호회로 3부분임
- 나. PCB 메인회로는 회로 구성 시 신호 간섭을 최소화하고, 내부 구조를 일괄시스템으로 연결할 수 있도록 개발하였으며 PCB 메인회로는 솔레노이드 작동 시 전압 소모를 최소화하고, 솔레노이드 작동과 배터리 잔량표시 등 사용자 편리성과 안정적 구조로 제작하였음
- 다. PCB 운영프로그램은 배터리 잔량 확인 후 표시, 분사형태는 저속, 고속, 연속분사 선택에 따라서 솔레노이드를 작동하도록 개발하였음
- 라. 배터리 보호회로는 충전 시 과충전 방지와 방전 시 완전방전을 방지하는 기능, 솔레노이드 작동 시 지속적인 안정적 전압을 유지하도록 개발하였음
- 마. 종합적으로 배 생력화 적퇴·적화작업을 위한 솔레노이드 분사장치는 초소형으로 가볍고, 안전하게 사용할 수 있도록 개발하였음

#### (시험 2) 배 생력화 적화기술 개발

- 가. 본 연구는 강원도농업기술원 과수시험연구포장에서 수행하였고, 시험수는 Y자 수형의 15년생 ‘원황’, ‘신고’ 품종을 대상으로 하였으며 적퇴시키는 꽃눈 발육단계인 전엽기, 백퇴기, 풍선기, 개화기 4단계로 나눠 진행하였음
- 나. 꽃눈 발육단계에 따른 꽃눈 제거율은 ‘원황’ 품종에서 37.5~77.2%이었고, 풍선기에서 77.2%로 효율이 우수하였고, ‘신고’ 품종에서는 52.2~78.6%이었고, 풍선기에서 78.6%로 효율이 우수하였음
- 다. 솔레노이드 분사장치 이용에 따른 엽 피해율은 ‘원황’, ‘신고’ 품종에서 모두 12% 이하로 과실 비대에 주는 영향은 미미하였음
- 라. ‘원황’ 품종에서 450g 이상 과실 생산율은 관행재배 대비 2.7% 높았고, ‘신고’ 품종에서는 500g 이상 과실 생산율은 관행재배 대비 21.4%로 나타났으며 특히 꽃눈 발육단계인 풍선기에서 적퇴한 것이 대과 생산량이 증가하는 것으로 나타났음
- 마. 1ha 배 과수원 적퇴작업 시 노동시간은 솔레노이드 분사장치를 이용 시 43.2시간으로 관행재배 184.0시간에 대비 76.5% 절감되었고, 경영비는 솔레노이드 분사장치를 이용할 시 528천원으로 관행재배 1,610천원에 대비 67.2% 절감되었음

## 5. 인용문헌

- Baugher TA, Elliott KC, Leach DW, Horton BD and Miller SS. 1991. Improved methods of mechanically thinning peaches at full bloom. *J Am Soc Hortic Sci*. 116(5): 766-769.
- Costa G and Vizzotto G. 2000. Fruit thinning of peach trees. *Plant Growth Regul*. 31(1): 113-119.
- Gonzalez-Rossia D, Juan M, Reig C and Agust M. 2006. The inhibition of flowering by means of gibberellic acid application reduces the cost of hand thinning in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl.). *Sci Hortic*. 110(4): 319-323.
- Hong MS, Kim KH and Yook HS. 2012. Quality changes in unripe peaches Jangachi according to cultivar during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 41(11): 1577-1583.
- Korean Statistics Information Service. 2015. Agricultural monitoring service. Agricultural Outlook Center, Seoul, Korea.
- Myers SC. 1986. Effect of thinning time on the subsequent development of fruit, shoots, and flower buds of peaches. *HortScience* 21: 680-687.
- Rural Development Administration. 2011. Income reference of agro-products in 2011, Seoul, Korea.
- Southwick SM and Fritts R. 1994. Commercial chemical thinning of stone fruit in California by gibberellins to reduce flowering. *Acta Hortic*. 394: 135-147.
- Southwick SM, Weis KG and Yeager JT. 1995. Controlling cropping in 'Loadel' cling peach using gibberellin: effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning, and yield. *J Am Soc Hort Sci*. 120: 1087-1095.
- Taylor BH and Taylor DG. 1998. Flower Bud Thinning and winter survival of 'Redhaven' and 'Cresthaven' peach in response to GA3 sprays. *J Am Soc Hortic Sci*. 123(4): 500-508.
- Tukey HB and Einset O. 1939. Effect of fruit thinning on size, color, and yield of peaches and on growth and blossoming of the tree. *Proc Amer Soc Hort Sci*. 36: 314-319.
- Park YS, Heo J.Y, Lee W.K, and Nam J.S. 2017. Performance Test of Direct Water Spraying Labor-saving System for Flower and Bud Thinning of Peach. *J. Agri. & Life Sci*. 51(4): 161-170.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2018(1년)	특허출원	과수 적화장치의 수압조절장치 및 이의 제어방법
	영농활용	솔레노이드 분사장치를 이용한 배 적퇴 작업 매뉴얼 설정
	기술이전	과수 적화장치의 수압조절장치 및 이의 제어방법
	학술발표	솔레노이드 직분사 분무건을 이용한 배 적화 효율성 검증
	홍보성과	'도 농기원 기술 상용화 시연회' 등 2건

성과지표명		연도	1년차(2018)		계	
			목표	실적	목표	실적
특허출원	국외	-	-	-	-	
	국내	1	1	1	1	
학술발표	국제	-	-	-	-	
	국내	1	1	1	1	
영농활용	기술	-	-	-	-	
	정보	-	1	-	1	
홍보성과		-	2	-	2	
기술이전		1	1	1	1	
현장컨설팅		3	4	3	4	
계		6	10	6	10	

## 7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
					'18
과제책임자	강원도농업기술원	농업연구사	박영식	과제 총괄	○
1세부책임자	원예연구과	농업연구사	박영식	세부주관 수행	○
공동연구자	원예연구과	농업연구관	엄남용	시험수행 및 평가	○
	"	농업연구사	정햇님	품질조사 지원	-
	"	"	이제창	평가분석 지원	○
	"	"	박천규	"	○
	"	공업서기	이기옥	현장조사 지원	○