

어젠다코드	2-4-2		수행시기	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	C05	작목구분코드	FT-02-0604
과제종류	기타		세부사업(약어)	농기평	
과제명	복숭아 생력화 물 적화기술 및 적화기 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	박영식		농업연구사	강원도원 원예연구과	
연구기간	2016 ~ 2018		참여연구기관	-	
	세부과제명		부서	세부책임자	연구기간
1) 복숭아 물 적화기술 개발			원예연구과	박영식	'16~'18
2) 복숭아 물 적화기 개발			케이보배(주)	진기환	'16~'18
색인용어	직분사, 적뢰, 적화, 맥동형, 복숭아				

## ABSTRACT

A direct water spray system and a pulsatory water spray system were developed in order to reduce labor during the process of thinning peach flower and buds. These systems consist of a power sprayer for pesticides, equipped with a newly-developed direct water spray gun with a special nozzle that has excellent performance for direct water spray and wear resistance. This newly-developed direct water spray gun is smaller and lighter than commercially-used direct water spray guns, and the trigger can be pulled easily. We measured the impingement forces and spraying concentration, according to the pressure of the power sprayer, distance of spray, and diameter of nozzle, to identify key characteristics of the newly-developed system. In addition, its agricultural performance was evaluated by investigating the effect of different pressures, distance of spray, and diameter of nozzle on flower and bud thinning and defoliation rate. In the field application test based on the selected conditions, the flower and leaf bud thinning rates were ideal for fruit production and showed higher fruit characteristics compared with fruits produced by a conventional fruit setting management method. In addition, the application of this system for flower thinning can considerably reduce the total work time compared with the conventional method. Hence, it is expected that the newly developed system can be used for labor savings during fruit setting management in peach cultivation. Also another study was conducted to select optimal water spray number for efficient utilization of pulsatory direct water spray gun system. In order to accomplish the purpose of this research, we evaluated the impingement forces, according to different power pressure, distance, and number of water spray using newly developed pulsatory direct water spray gun system. Based on

the result of basic test, power pressure and distance of spray that can expect excellent performance were selected as 2MPa and 1m, respectively. Afterwards flower and leaf bud thinning rate were investigated with different water spray number per second under four different flower developmental stages. As a result, we found that the optimal water spray condition for the use of pulsatory direct water spray gun system is nine per second at the flowering stage because it resulted in 80% of the flower thinning rate and below 8% of the leaf bud thinning rate. These results will be used for field application, which can be contributed to labor savings in peach cultivation.

## 1. 연구목표

복숭아는 2015년 기준 국내 재배면적과 생산량이 각각 15,576ha와 21,000톤으로 사과, 감귤, 포도, 배에 이어 다섯 번째로 많이 생산되는 주요 과수작물이다(Korean Statistics information Service, 2015). 재배면적 및 생산량은 2011년 이후 지속적으로 증가하고 있으며 1인당 소비량도 5.3kg 수준을 안정적으로 유지하고 있다(Hong et al., 2012).

복숭아 재배에서는 고품질 과실생산을 위한 기초 작업으로 적뢰(꽃눈제거)작업을 꽃피기 전 1~2회 정도 실시하고 있으며, 개화와 착과가 이루어진 이후에는 적화(개화기 꽃 제거)와 적과(과실제거)작업을 수행하고 있다. 그 중 적뢰작업은 복숭아 결과지 내 꽃눈을 제거하는 작업으로 해거리 방지와 고품질 과실생산을 위한 매우 중요한 작업이다(Southwick et al., 1995; Southwick and Fritts, 1994). 복숭아 성목 당 개화 수는 일반적으로 20,000개 정도인 것에 비해 고품질 복숭아 생산을 위한 적정 과실의 수는 600개에 불과하기 때문에 95% 이상의 꽃눈이 제거되어야 한다(Turkey and Einset, 1939; Myers, 1986).

과수 재배에서 적뢰·적화작업은 손으로 하는 인력작업(Gonzalez-Rossia et al., 2006), 도구를 이용한 기계작업(Baugher et al., 1991), 성장조정제나 농약을 이용한 화학적 방법(Taylor and Taylor, 1998) 등에 의해서 수행이 가능하다. 국내의 복숭아 재배에서는 화학적 방법을 이용한 개화기 적화작업이 일부 시도되었지만 기상에 따른 약제효과가 균일하지 않고 착과 이후 기형과가 발생하는 문제가 있어 거의 사용되지 않고 있다. 또한 관련 도구 개발의 부재로 기계작업도 전무하다. 따라서 국내 복숭아 재배농가의 경우 98% 이상이 인력으로 적뢰·적화작업을 하며, 노동력 확보의 어려움으로 인해 적뢰작업은 생략하고 적화작업과 적과작업을 하거나 적과작업만을 실시하고 있는 실정이다.

국내 복숭아 재배에서 적화작업은 10a당 29.6시간이 소요되어 수확작업 다음으로 많은 노동력을 요구한다(Rural Development Administration, 2011). 반면 이탈리아 등 주요 복숭아 재배국가의 적화작업 시간은 10a당 7시간 내외로 국내에 비해 25% 이하이다. 이는 기계 적화작업 및 개화기 약제적화작업을 병행함으로써 소요시간 및 생산비를 크게 낮추기 때문인 것으로 보고되어 있다(Taylor and Taylor, 1998). 따라서 국내 복숭아 재배의 경쟁력을 강화하기 위해서는 적뢰·적화작업의 생력화가 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 국내 복숭아 재배의 생력화를 위해 물 직분사 및 맥동형 직분사를 이용하여 복숭아의 적뢰·적화작업을 수행할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 다양한 요인들에 대한 성능 시험을 통해 개발된 시스템의 적용 가능성을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 〈제1세부과제: 복숭아 물 적화기술 개발〉

#### (시험 1) 물 직분사 시스템 개발

##### 가. 물 직분사 시스템의 성능 요인시험

본 연구를 위해서 개발된 물 직분사 적퇴·적화시스템은 3마력 펌프 방식의 농업용 전동 동력 분무기를 기반으로 하여 자체적으로 개발한 직분사 분무건을 직경 8.5mm, 길이 50m의 농약용 압력호스로 연결하여 사용하도록 제작하였다. 직분사 분무건은 물이 분사되는 노즐, 분사여부를 결정하는 방아쇠, 농약호스와 연결되어 동력분무기의 수압을 지지해 주는 본체로 구성하였다. 본체는 가볍고 내구성이 뛰어난 알루미늄 열처리 합금을 이용함으로써 최대 5MPa의 압력을 지지할 수 있도록 제작하였다(그림. 1). 본체와 노즐은 나사산을 통하여 조립되도록 설계하여 필요에 따라 다양한 특성을 가진 노즐을 적용할 수 있도록 하였다. 노즐은 직분사 분무건의 성능을 좌우하는 가장 중요한 요소로서 개발된 직분사 분무건의 분사각도는 0°로 조절하였으며, 우수한 직분사 성능과 내마모성을 위해서 특수노즐인 1/4-MEG-SSTC를 사용하였다.

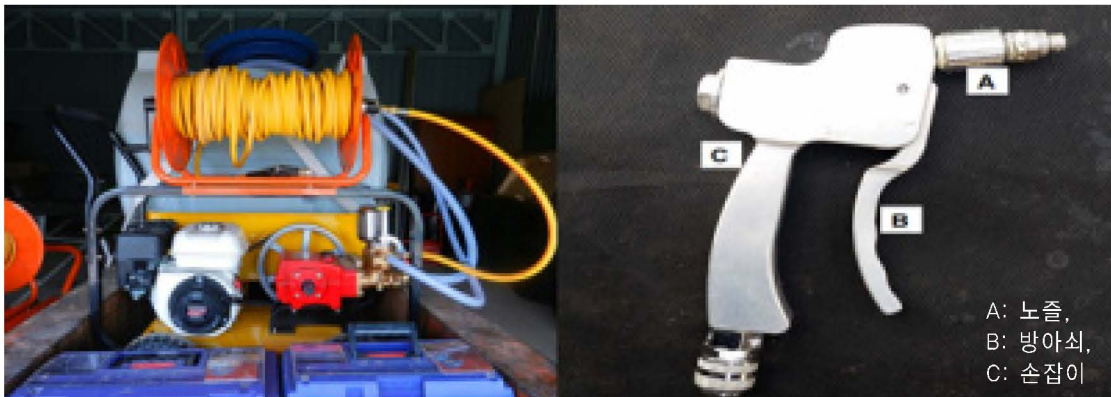


그림 1. 수압을 발생시키는 동력분무기(왼쪽)와 개발한 직분사 분무건(오른쪽).

개발된 직분사 시스템과 관련된 주요 요인들에 대한 영향성은 분사거리, 노즐직경, 동력분무기 압력에 대한 성능 평가의 비교를 통해서 수행하였다. 분사거리에 대한 성능 평가는 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m의 4개의 구간에서, 노즐직경에 대한 성능평가는 0.9mm, 1.2mm, 1.5mm, 1.7mm, 2.0mm, 2.2mm, 2.4mm, 2.7mm, 3.1mm와 같은 9 수준에서 수행하였다. 동력 분무기 압력에 대한 성능 평가는 1MPa, 2MPa 및 3MPa 세 개의 압력 조건에서 수행하였고, 이들 세 가지 요인들에 대한 교차실험도 동시에 수행하였다. 성능 인자는 분사충격량과 분사집중도로서 분사충격량은 디지털 저울을 지면과 직각으로 벽면에 설치한 후 분무건을 이용하여 10초간 분사하였을 때 측정된 최대 값으로 도출하였다. 분사 집중도는 압력필름을 4×4cm로 절단하여 지면과 직각이 되도록 벽면에 고정 후 물을 분사하였을 때 붉은색으로 변환된 부위의 동심원의 직경을 측정하였고, 또한 압력 필름이 붉은색으로 변환된 부위를 스캔하여 붉은색 등급인 마젠타 등급을 이용하여 등급이 높을 수록 직분사가 우수하고 분사충격량이 높은 것으로 판단하였다.



그림 2. 직분사 분무건을 이용한 적뢰·적화 요인시험 전경

#### 나. 물 직분사 시스템의 적뢰·적화 요인시험

직분사 시스템의 성능 요인시험을 통해서 파악된 결과를 기초로 각 요인들이 실제 적뢰·적화 작업에 미치는 영향성을 도출하기 위한 실험은 강원도농업기술원 과수시험연구포장에서 3월 상순경 수압을 통해서 확보된 5년생 ‘천중도백도’ 결과지 (30cm 내외의 가지)를 이용하여 수행하였다. 수압 후 복숭아 꽃눈 생육단계는 농촌진흥청 복숭아 생물계절조사 방법에 의거하여 도출하였으며, 각각의 생육단계에서 10개의 결과지를 1처리로 하여 3반복 평균값을 도출하였다. 꽃눈 생육단계는 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화기로서 생육단계별 10개의 결과지를 바이스를 이용하여 테이블에 45°의 각도로 고정 후 개발된 직분사 시스템을 이용하여 3초간 꽃눈 또는 꽃에 물을 분사하는 방식으로 수행하였다(그림 2). 아울러 분사방향의 영향을 도출하기 위해서 결과지 자람과 동일한 순방향, 반대방향인 역방향, 결과지의 측면방향으로 구분하여 분사하였다. 성능검증을 위한 인자로는 아래와 같이 적뢰·적화율과 적엽률을 사용하였다. 적뢰·적화작업에서는 꽃눈 또는 꽃만을 떨어주고 잎눈은 그대로 두어야 하므로 적뢰·적화율이 높고 적엽률이 낮은 경우 적뢰·적화작업 효율이 우수한 것으로 판단하였다.

$$FBTR = (AFN / BRN) \times 100 \quad (1)$$

여기서, FBTR : 적뢰(적화)율 (flower bud thinning rate)

AFN : 직분사 분사 후 떨어진 꽃눈(꽃) 수

BRN : 직분사 분사 전 총 꽃눈(꽃) 수

$$LBTR = (ALN / BLN) \times 100 \quad (2)$$

여기서, LBTR : 적엽률 (leaf bud thinning rate)

ALN : 직분사 분사 후 떨어진 잎눈 수

BLN : 직분사 분사 전 총 잎눈 수

동력분무기의 요인으로는 네 가지 수준의 분사거리 (0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m), 다섯 가지 수준의 노즐직경 (0.9mm, 1.5mm, 2.0mm, 2.4mm, 3.1mm), 세 가지 수준의 동력분무기 압력 (1MPa, 2MPa, 3MPa)를 고려하였다.

## (시험 2) 맥동형 직분사 분무건 시스템 개발

### 가. 맥동형 분무건 시스템 성능 요인시험

복숭아 적뢰·적화를 위해 개발된 맥동형 분무건 시스템은 3마력 펌프 방식의 농업용 전동 동력 분무기의 수압을 이용하는 형태이다. 동력분무기에 농약용 압력호스(φ 8.5mm) 길이 50m에 개발한 맥동형 분무건을 장착하여 사용할 수 있도록 제작하였다. 맥동형 분무건은 물이 분사하는 분무건과 동력분무기의 수압을 증폭해주는 수압부스터로 구성되어 있다.

분무건은 물이 분사되는 노즐, 분사여부를 결정하는 방아쇠, 맥동형 분사장치가 내장되는 몸통, 수압부스터와 분무건을 연결하는 호스로 구분된다. 분무건은 가볍고 내구성이 뛰어난 ABS PE 재질을 이용함으로써 최대 5MPa의 압력을 지지할 수 있도록 제작하였다(그림 3). 노즐은 직분사 성능을 좌우하는 가장 중요한 요소로 개발된 맥동형 분무건의 분사 각도는 15°로 조절하였으며, 우수한 직분사 성능과 내마모성을 위해서 특수 노즐인 1/4-MEG-SSTC를 사용하였다.

또한 수압부스터는 동력분기와 연결된 농약호스의 입구와 수압을 증폭시켜주는 몸체부분과 증폭된 수압이 나오는 출구로 구성되어 있다. 이 부위는 등에 매고 작업하여 사용자의 편리성과 안정성을 높이도록 구성하였다.

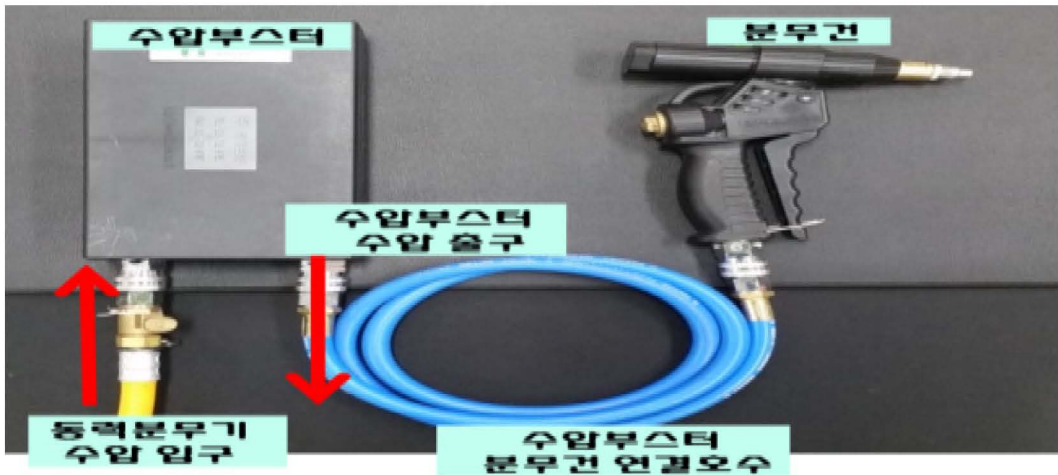


그림 3. 맥동형 직분사 분무건의 구성 (수압부스터, 분무건, 연결호수)

개발된 맥동형 분무건 시스템과 관련된 주요 요인들에 대한 영향성은 분사거리, 노즐직경, 동력 분무기 압력에 대한 성능 평가의 비교를 통해서 수행하였다. 분사거리에 대한 성능 평가는 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m의 4개의 구간에서, 노즐직경에 대한 성능평가는 0.9mm, 1.5mm, 2.0mm, 2.4mm, 3.1mm와 같은 5 수준에서 수행하였다. 동력분무기 압력에 대한 성능평가는 1MPa, 2MPa 및 3MPa 세 개의 압력 조건에서 수행하였고, 이들 세 가지 요인들에 대한 교차실험도 동시에 수행하였다.

성능요인은 분사충격량과 분사집중도로서 분사충격량은 디지털 저울을 지면과 직각으로 벽면에 설치한 후 직분사 분무건을 이용하여 10초간 분사하였을 때 측정된 최대값으로 도출하였다. 분사 집중도는 압력필름을 40×40mm로 절단하여 지면과 직각이 되도록 벽면에 고정 후 물을 분사하였을 때 붉은색으로 변환된 부위의 동심원의 직경을 측정하였고, 또한 압력필름의 붉은색으로 변환된 부위를 스캔하여 붉은색 등급인 마젠타 등급을 이용하여 등급이 높을수록 분사집중도가 우수하고 분사충격량이 높은 것으로 판단하였다.

#### 나. 맥동형 분무건 시스템의 적뢰·적화 요인 시험

맥동형 분무건 시스템의 성능 요인시험을 통해서 파악된 결과를 기초로 각 요인들이 실제 적뢰·적화작업에 미치는 영향성을 도출하기 위한 시험은 강원도농업기술원 과수시험연구포장에서 3월 상순경 수압을 통해서 확보된 5년생 '천중도백도' 결과지 (300mm 내외)를 이용하여 수행하였다. 수압 후 복숭아 꽃눈의 생육단계는 농촌진흥청 복숭아 생물계절조사방법에 의거하여 도출하였으며, 각각의 생육단계에서 10개의 결과지를 1처리로 하여 3반복 평균값을 도출하였다. 꽃눈 생육단계는 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화기로서 생육단계별 10개의 결과지를 바이스에 고정하여 테이블에 45°의 각도로 고정 후 개발된 맥동형 직분사 분무건 시스템을 이용하여 3초간 꽃눈 또는 꽃에 물을 분사하는 방식으로 수행하였다. 분사방향의 영향을 도출하기 위해서 결과지 자람과 동일한 순방향, 반대방향인 역방향, 결과지의 측면방향으로 구분하여 분사하였다. 성능검정을 위한 인자로는 아래와 같이 적뢰·적화율과 적엽률을 사용하였다. 적뢰·적화작업에서는 꽃눈 또는 꽃만을 떨구고 잎눈은 그대로 두어야 하므로 적뢰·적화율이 높고 적엽률이 낮은 경우 적뢰·적화작업효율이 우수한 것으로 판단하였다.

$$FBTR = (AFN / BRN) \times 100 \quad (3)$$

여기서, FBTR : 적뢰(적화)율 (flower bud thinning rate)

AFN : 직분사 분사 후 떨어진 꽃눈(꽃) 수

BRN : 직분사 분사 전 총 꽃눈(꽃) 수

$$LBTR = (ALN / BLN) \times 100 \quad (4)$$

여기서, LBTR : 적엽률 (leaf bud thinning rate)

ALN : 직분사 분사 후 떨어진 잎눈 수

BLN : 직분사 분사 전 총 잎눈 수

동력분무기의 요인으로는 네 가지 수준의 분사거리 (0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m), 다섯 가지 수준의 노즐직경 (0.9mm, 1.5mm, 2.0mm, 2.4mm, 3.1mm), 세 가지 수준의 동력분무기 압력 (1MPa, 2MPa, 3MPa)를 고려하였다.

#### 다. 맥동형 분무건 시스템의 현장 적용시험

맥동형 분무건 적뢰·적화 요인시험을 통해서 파악된 결과를 기초로 실제 맥동형 분무건을 이용하여 복숭아 꽃눈 발육단계에 따른 적뢰·적화 현장 적용시험을 춘천시 신촌리 복숭아 독농가에서 실시하였다.

품종은 '미황', '몽부사', '천중도백도' 3품종을 이용하였고, 정식거리 7×4m의 Y자 수형으로 구성된 7년생 복숭아나무를 이용하였다. 현장 적용 시기는 농촌진흥청 복숭아 생물계절조사방법에 의거하여 분홍기, 풍선기, 개화기에 적뢰·적화작업을 실시하였다.

분사조건은 맥동형 분무건 시스템의 적뢰·적화 요인시험에서 파악된 결과를 기초로 하여 실시하였다. 따라서 동력분무기 압력은 2MPa로 설정하였고, 농약호스(φ8.5mm×50m)에 자체 개발한 맥동형 분무건 시스템을 이용하였다. 분무건의 노즐은 2.4mm를 이용하였고, 분사거리는 1m 내외에서 적뢰·적화작업을 실시하였다. 분사방향은 결과지 자람의 역방향, 측면에서 분사하기 위해서 사다리를 이용하였다.

결과지별 맥동형 분무건으로 적뢰·적화 후 남겨진 총 눈 수를 조사한 후 개화 이후 30일 후 착과된 과일 수를 조사하여 착과율을 조사하였다.

$$\text{착과율(\%)} = (\text{총 착과 과일수} / \text{총 눈수}) \times 100$$

그 외 과실특성과 관련된 조사는 농촌진흥청 과수 과실특성 조사표에 의거하여 조사하였다.

#### 라. 맥동형 분무건 시스템의 작업효율성 및 경제성 분석

맥동형 분무건 시스템의 요인 현장 적용 시험결과를 기초로 하였고, 춘천시 동내면 1ha 이상 재배하는 5 농가에 적용한 사례를 기초로 하여 분석한 결과이다. 또한 경제성 분석은 2016년 농촌진흥청 표준소득조사표를 기준으로 조사하였다.

### (시험 3) 맥동형 직분사 분무건 시스템의 효율적인 사용을 위한 최적 분무 횟수 설정 가. 맥동형 직분사 시스템의 초당 분사횟수에 따른 성능 시험

본 연구를 위해서 개발된 맥동형 직분사 분무건 시스템은 직분사 분무건과 수압부스터를 연결하여 사용하도록 제작되었다. 직분사 분무건은 손으로 쉽게 들고 작업 할 수 있도록 소형 권총형으로 개발하였으며, 물이 분사되는 노즐과 분사를 가능하게 하는 방아쇠 그리고 수압부스터와 연결하여 수압을 조절하고 지지하는 본체부분으로 구성하였다. 수압부스터는 작업자가 등에 댈 수 있는 형태로 개발하였으며, 동력분무기의 수압 호스를 연결하는 유입구와 맥동형으로 변환된 후 분사되는 유출구와 초당 분사횟수 및 직분사 정도를 조절할 수 있는 전자장치가 내장되도록 설계하였다(그림 4).



그림 4. 맥동형 직분사 분무건의 구성 현황 (동력분무기, 수압부스터, 분무건)

개발된 맥동형 직분사 시스템과 관련된 성능은 동력분무기 압력, 분사거리와 맥동형 직분사 시 초당 분사 횟수에 따라서 조사된 분사충격량과 분사시 반작용의 힘을 측정하여 평가하였다. 본 실험에 이용된 동력분무기 압력과 분사거리는 1MPa, 2MPa, 3MPa와 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m이었으며 맥동형 직분사의 초당 분사 횟수는 3회, 5회, 7회, 9회의 조건으로 설정되었다. 성능평가를 위해서 이용된 분사충격량은 디지털 저울을 지면과 직각으로 벽면에 설치한 후 분무건을 이용하여 10초간 분사하였을 때 계측된 최대 하중으로 도출하였다. 아울러 작업자의 피로도를 간접적으로 평가할 수 있는 분사시 반작용의 힘은 1kg 용수철저울을 이용하여 측정하였다.

### 나. 맥동형 직분사 시스템의 초당 분사횟수에 따른 적화 효율 검증

맥동형 직분사 시스템이 꽃눈 생육단계에 따라서 적화 작업 효율에 미치는 영향은 맥동형 직분사 시스템의 성능 시험을 통해서 파악된 결과를 기반으로 하여 2018년 3월 강원도농업기술원 과수시험연구포장에서 수삽으로 확보된 '천중도백도'의 결과지를 이용하여 검증하였다. 복숭아 꽃눈의 생육단계는 농촌진흥청 복숭아 생물계절조사 방법에 준하여 발아기, 분홍기, 풍선기 그리고 개화기로 구분하였으며, 각 생육단계별로 10개의 결과지를 1처리로 하여 3회 반복으로 실험을 수행한 후 평균값을 도출하였다. 목표 생육 단계에 이른 결과지는 테이블에서 45°의 각도로 고정된 후 개발된 맥동형 직분사 시스템을 이용하여 3초간 역방향으로 꽃눈과 꽃에 물을 분사하였으며 이후 시험 1과 시험 2의 방법에 따라서 적외율과 적엽률을 기준으로 최종적으로 적화작업의 효율성을 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 〈제1세부과제: 복숭아 물 적화기술 개발〉

#### (시험 1) 물 직분사 시스템 개발

##### 가. 직분사 시스템의 성능 요인시험

분사거리, 노즐직경, 동력분무기와 같은 요인들이 분사 충격량과 직분사에 미치는 영향은 그림. 5~7에 나타난 것과 같다. 동력분무기 압력이 1 MPa인 경우의 분사충격량은 0.13~0.37kg으로 조사되었다. 분사충격량은 노즐직경이 증가할수록 커지다가 노즐직경 2.7mm에서 최대값에 도달하였는데 이는 아래와 같은 방식의 충격량과 연속방정식으로써 해석할 수 있다.

$$F = mV \quad (5)$$

여기서, F : 충격량

m : 질량유량

V : 유체의 속도

질량유량은 노즐 직경(단면적)과 밀접한 관계가 있기 때문에 다시 아래 식으로 표현이 가능하다.

$$m = pQ = pAV \quad (6)$$

여기서, p : 유체의 밀도

Q : 체적 유량

A : 노즐 단면적

물은 비압축성 유체이므로 연속방정식에 의해 아래와 같이 구성할 수 있다.

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = \dots\dots\dots = A_nV_n \quad (7)$$

충격량은 질량유량과 유체의 속도에 비례하고, 질량유량은 다시 노즐 단면적과 유체의 속도에 비례하기 때문에, 연속방정식에 의해 노즐 단면적이 증가하는 경우 유체의 속도는 감소하게 된다. 따라서 노즐 직경이 증가하는 경우 단면적이 증가하는 반면 유체의 속도는 감소하게 되며, 단면적 증가분과 속도 감소분의 상호작용에 의해 특정 노즐 직경에서 최대 충격량이 나타나게 된다. 이러한

방식으로 최대 충격량을 산출하여 볼 때 동력분무기 압력 1MPa에서는 2.4mm의 노즐 직경이 최대 충격량을 나타내게 되는 지점임을 알 수 있었다. 동일한 방식으로 분사거리에 따른 최대 충격량을 계산하게 되면, 분사거리의 경우 노즐 직경에 비해 상대적으로 분사충격량에 미치는 영향이 작은 것을 확인 할 수 있었다. 특히, 노즐직경 0.9mm, 1.2mm, 2.0mm 및 3.1mm에서는 분사거리에 따른 충격량의 차이가 없었으며, 그 외의 노즐직경에서는 전반적으로 분사거리가 짧으면 분사충격량이 증가하는 경향을 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

노즐직경 및 분사거리에 따른 압력필름의 염색된 원의 최대직경은 분사거리 0.5m 에서 10~14 mm, 분사거리 1.0m 에서 18~24mm, 분사거리 1.5m 에서 28~35mm, 분사거리 2.0m 에서 40mm로 나타났다. 또한 염색된 원의 원점을 중심으로 직경 0~1cm 에서 마젠타 80 등급 이상은 노즐직경 1.2mm 이상 및 분사거리 0.5~1.0m 에서 나타났고, 직경 1~2cm 에서 마젠타 50 등급 이상은 노즐직경 1.7mm 이상 및 분사거리 1.0~1.5m 에서 나타났다. 따라서 동력분무기 압력이 1MPa인 경우 직분사 정도는 분사거리 1.0m, 노즐직경 1.7mm 이상에서 양호한 것으로 나타났다.

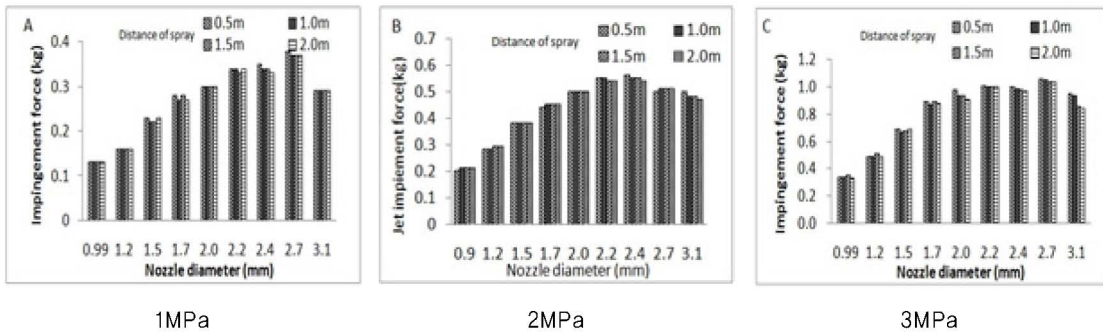


그림 5. 동력분무기의 압력과 노즐직경별 충격력 측정

동력분무기 압력이 2MPa인 경우의 분사충격량은 0.23~0.63kg으로 나타났다. 노즐직경이 증가할수록 분사충격량이 커지다가 노즐직경 2.4mm에서 최대 충격량이 나타났다. 분사거리의 경우 동력분무기 압력이 1MPa인 경우와 유사하게 분사충격량에 미치는 영향이 상대적으로 작았다. 노즐직경 및 분사거리에 따른 압력필름의 염색된 원의 최대직경은 분사거리 0.5m에서 10~16mm, 분사거리 1.0m에서 20~24mm, 분사거리 1.5m 에서 29~34mm, 분사거리 2.0m에서 30~37mm로 나타났다. 또한 염색된 원의 원점을 중심으로 직경 0~1cm에서 마젠타 80 등급 이상은 노즐직경에 관계없이 분사거리 0.5~1.0m에서 나타났고, 직경 1~2cm에서 마젠타 70 등급 이상은 노즐직경 1.5mm 이상 및 분사거리 1.0~1.5m에서 나타났다. 따라서 동력분무기 압력이 2MPa인 경우 직분사 정도는 분사거리 1.0m, 노즐직경 1.5mm 이상에서 양호한 것으로 나타났다.

동력분무기 압력이 3MPa인 경우의 분사충격량은 0.34~1.06kg으로 나타났다. 최대 분사충격량은 노즐직경 2.7mm에서 나타났다. 분사거리가 미치는 영향은 동력분무기 압력 1MPa과 2MPa인 경우와 유사하게 나타났다. 노즐직경 및 분사거리에 따른 압력필름의 염색된 원의 최대직경은 분사거리 0.5m에서 13~23mm, 분사거리 1.0m에서 17~25mm, 분사거리 1.5m에서 23~29mm, 분사거리 2.0m에서 23~36mm로 나타났다. 또한 염색된 원의 원점을 중심으로 직경 0~1cm에서 마젠타 80 등급 이상은 노즐직경에 관계없이 분사거리 0.5~1.0m에서 나타났고, 직경 1~2cm에서 마젠타 80 등급 이상은 노즐직경 1.5mm 이상 및 분사거리 1.0~1.5m에서 나타났다. 따라서 동력분무기 압력이 3MPa인 경우 직분사 정도는 분사거리 1.0m, 노즐직경 1.5mm 이상에서 양호한 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 동력분무기의 압력이 증가할수록 동일한 노즐직경 및 분사거리에서의 분사 충격량이 증가하고 마젠타 등급이 높아져 직분사 정도도 우수한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

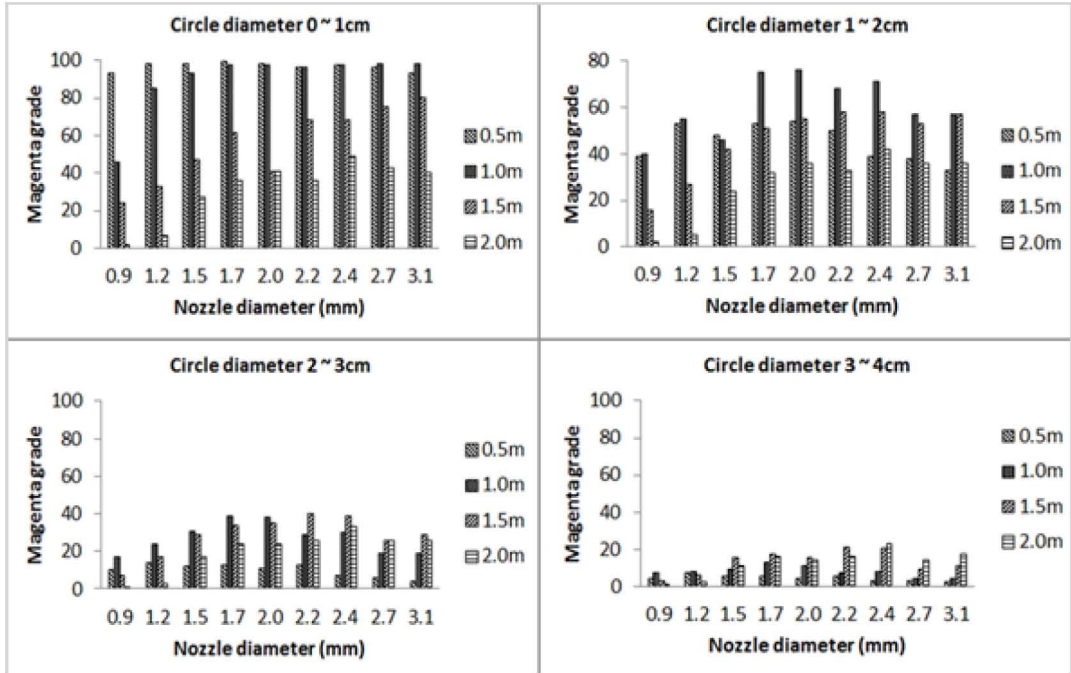


그림 6. 동력분무기의 압력(1 MPa)에 의한 압력필름의 염색된 마젠타 등급

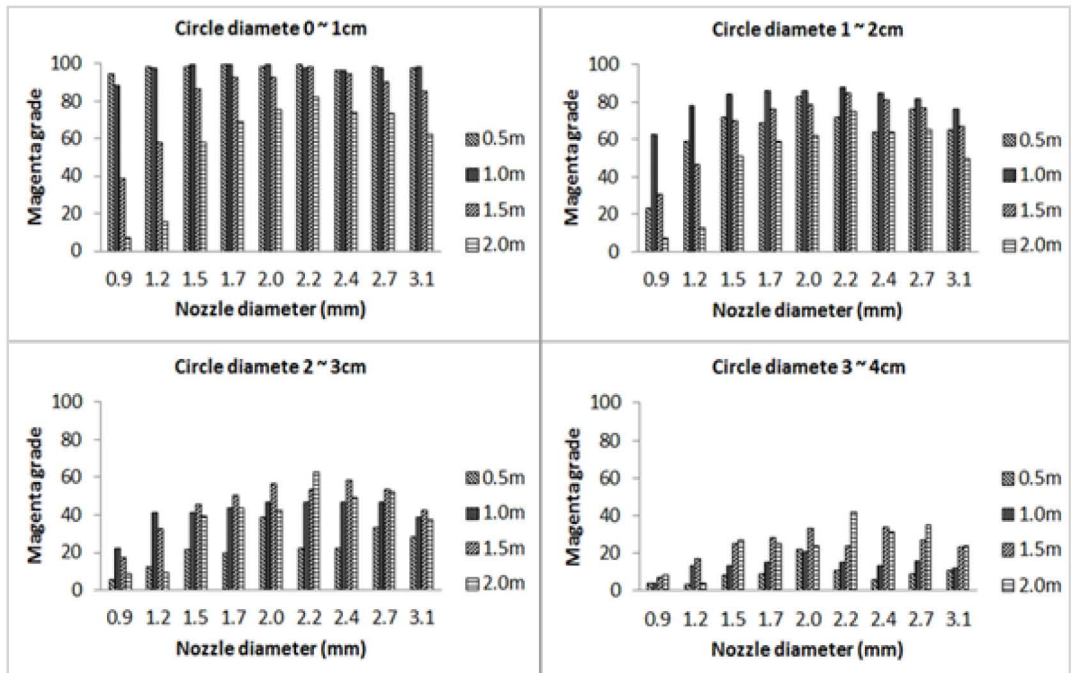


그림 7. 동력분무기의 압력(2 MPa)에 의한 압력필름의 염색된 마젠타 등급

## 나. 물 직분사 시스템의 적뢰·적화 요인시험

### (1) 동력분무기 압력의 영향

노즐직경 2.0mm, 분사거리 1.0m 및 역방향의 분무에서 동력분무기의 압력에 따른 적뢰·적화율과 적엽률은 표 1에서와 같이 동력분무기의 압력이 증가할수록 적뢰·적화율과 적엽률이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 발육단계별로는 발아기에서 분홍기로 옮겨갈 때 적뢰율이 가장 크게 증가하는 것으로 조사되었다. 적뢰·적화율 60% 이상은 동력분무기 압력이 1MPa인 경우 개화기에서, 2MPa과 3MPa인 경우에는 분홍기~개화기에서 나타났다. 반면 적엽률은 동력분무기 압력이 1MPa인 경우 모든 생육단계에서 0% 이었고, 2MPa인 경우 발아기에서는 0%이었으며, 분홍기~개화기에서는 최대 8.4%로 나타났다. 3MPa인 경우 발아기~개화기에서 12.1~93.4%로 나타났다. Costa & Vizzottol (2000)에 의하면 복숭아 적뢰·적화 시 적뢰·적화율은 60~80% 수준이고, 적엽률은 13% 이하인 경우 대과 생산율이 높은 것으로 보고된 바 있다. 따라서 직분사 분무건 사용 시 적정 동력분무기 압력은 2MPa이며, 꽃눈발육단계는 분홍기에서 개화기까지 작업이 가능한 것을 파악할 수 있었다.

표 1. 복숭아 꽃눈 발육단계와 동력분무기 압력에 따른 직분사 분무건의 분사 후 적뢰·적엽률

동력분무기 압력 (MPa) <sup>z</sup>	꽃눈이 떨어진 비율 (%)				잎눈이 떨어진 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화기	발아기	분홍기	풍선기	개화기
1	4.6±7.3	46.5±7.1	50.8±13.2	60.4±9.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
2	5.2±2.1	60.5±9.6	62.5±3.3	68.1±8.1	0.0±0.0	3.3±1.8	7.2±4.2	8.4±3.8
3	21.7±6.2	70.3±5.6	80.9±11.3	95.4±8.4	12.1±15.3	34.7±8.5	84.4±11.8	93.4±6.8

<sup>z</sup>nozzle diameter: 2.0 mm, spray distance: 1.0 m, spray direction: reverse.

### (2) 분무 방향의 영향

동력분무기 압력 2MPa, 노즐직경 2.0mm, 분사거리 1.0m에서 분무방향에 따른 적뢰·적화율과 적엽률은 표 2에 나타난 것과 같다. 적뢰·적화율 및 적엽률은 역방향 분무에서 가장 크게 나타났다. 적엽률도 역방향 분무에서 가장 높은 수준을 보이지만 최대 적엽률이 8.9%로 생산율에는 영향을 미치지 않는 수준이었다. 따라서 분무방향은 역방향으로 분사하는 것이 가장 효율적인 것으로 나타났다.

표 2. 복숭아 꽃눈 발육단계와 직분사 분무건의 분사방향에 따른 적뢰·적엽률

분무건의 분사방향 (가지자람) <sup>z</sup>	꽃눈이 떨어진 비율 (%)				잎눈이 떨어진 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화기	발아기	분홍기	풍선기	개화기
같은방향	0.0±0.0	10.3±3.4	29.3±5.1	39.3±7.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
측면방향	0.0±0.0	13.3±2.9	36.1±9.4	46.1±9.4	0.0±0.0	0.0±0.0	6.5±1.3	7.8±3.1
역방향	11.9±4.2	61.1±5.8	65.0±8.1	68.3±9.4	0.0±0.0	2.2±0.5	7.1±2.4	8.9±3.4

<sup>z</sup>pressure of power sprayer: 2 MPa, Nozzle diameter: 2.0 mm, spray distance: 1.0 m.

### (3) 노즐직경의 영향

동력분무기 압력 2MPa, 분사거리 1.0m 및 역방향 분무에서 노즐직경에 따른 적뢰·적화율과 적엽률은 각각 표 3에 나타난 것과 같다. 최대 적뢰·적화율은 노즐직경 2.4mm에서 나타났고, 최대 적엽률도 노즐직경 2.4mm에서 나타났으나 10% 미만이었다. 적뢰·적화율은 노즐직경 2.0 mm에서 분홍기 60.5%, 풍선기 62.5%, 개화기 68.1%로 조사되었고, 노즐직경 2.4mm에서 69.3%, 풍선기 70.8%, 개화기 83.8%로 조사되었다. 따라서 동력분무기 압력 2MPa, 분사거리 1.0m 및 분무방향이 역방향인 경우 2.4mm의 노즐직경을 적용하는 것이 가장 효율적인 것으로 나타났다.

표 3. 복숭아 꽃눈 발육단계와 직분사 분무건의 노즐직경에 따른 적뢰·적엽률

노즐 직경 (mm) <sup>z</sup>	꽃눈이 떨어진 비율 (%)				잎눈이 떨어진 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화기	발아기	분홍기	풍선기	개화기
0.9	0.0±0.0	8.6±2.8	40.0±2.6	52.0±3.1	0.0±0.0	0.0±0.0	3.1±0.2	5.2±0.1
1.5	4.0±1.3	17.3±3.1	47.6±2.2	59.2±4.5	0.0±0.0	3.1±0.9	5.2±0.7	7.4±0.2
2.0	5.2±2.1	60.5±3.8	62.5±3.3	68.1±3.5	0.0±0.0	3.3±0.3	7.2±0.7	8.4±0.4
2.4	8.6±3.7	69.3±5.0	70.8±3.2	83.8±4.6	0.0±0.0	4.2±0.2	8.1±0.4	9.5±0.2
3.1	3.8±1.7	53.2±3.6	55.8±1.6	60.2±5.3	0.0±0.0	4.0±0.3	6.3±0.5	5.8±0.1

<sup>z</sup>pressure of power sprayer: 2 MPa, spray distance: 1.0 m, spray direction: reverse.

### (4) 분사 거리 및 노즐 직경의 상호 영향

동력분무기 압력 2MPa 및 역방향 분사에서 꽃눈 생육단계별 적뢰·적화율과 적엽률을 나타낸 결과는 표 4~6에 나타난 것과 같다. 분홍기에서의 적뢰율은 분사거리 0.5m의 경우 노즐직경 1.5mm 이상에서 60% 이상으로 양호하였으나 이 경우 적엽률이 16% 이상으로 조기 엽 확보 및 생산율에 문제를 발생시킬 수 있는 수준으로 나타났다. 또한 분사거리 1.0m에서의 적뢰율은 노즐 직경 2.0mm, 2.4mm에서 각각 60.5%, 69.3%로 나타났으며, 적엽률은 노즐직경에 관계 없이 4.2% 이하로 나타났다.

표 4. 노즐직경과 분사거리에 따른 적뢰·적엽률 (꽃눈 발육단계: 분홍기)

분사 거리 (m) <sup>z</sup>	노즐직경 (mm)									
	꽃눈이 떨어진 비율 (%)					잎눈이 떨어진 비율 (%)				
	0.9	1.5	2	2.4	3.1	0.9	1.5	2	2.4	3.1
0.5	32.7±2.6	60.2±3.5	68.8±2.2	73.5±1.7	75.2±1.3	16.2±1.2	15.4±1.1	16.3±1.4	20.1±1.4	28.0±1.5
1	8.6±2.8	17.3±3.1	60.5±3.8	69.3±5.0	53.2±3.6	0.0±0.0	3.1±1.4	3.3±1.1	4.2±1.1	4.0±0.7
1.5	4.8±2.0	15.2±2.5	56.2±3.2	64.4±2.3	42.5±3.6	0.0±0.0	1.2±0.2	1.5±0.4	2.1±0.2	1.2±0.2
2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

<sup>z</sup>pressure of power sprayer: 2MPa, spray direction: reverse.

풍선기에서도 분홍기와 유사한 결과를 보였다. 분사거리 1.0m의 경우 노즐직경 2.0mm, 2.4mm에서의 적뢰율이 각각 62.5%, 70.8%로 나타났고, 분사거리 1.5m의 경우 노즐직경 2.4mm에서의 적뢰율이 68.6%로 나타났는데 이들 조건에서의 적엽률은 8.1% 이하로 양호한 수준이었다. 개화기의 경우 분사거리 1.0m에서는 노즐직경 2.0mm, 2.4mm에서의 적뢰율이 각각 68.1%, 83.8%로 나타났고, 분사거리 1.5m에서는 노즐직경 2.4mm에서의 적뢰율이 73.8%로 나타났는데 이들 조건에서의 적엽률은 9.5% 이하로 나타났다. 따라서 분홍기, 풍선기, 개화기에 모두 적용할 수 있는 최적의 작업 조건은 분무방향은 역방향이고, 동력분무기 압력 2.0MPa, 분사거리 1.0m 및 노즐직경 2.4mm인 조건이며 이는 성능 요인시험에서 분사집중도가 높은 영역과 일치함을 확인할 수 있었다.

표 5. 노즐직경과 분사거리에 따른 적뢰·적엽률 (꽃눈 발육단계: 풍선기)

분사 거리 (m) <sup>z</sup>	노즐 직경 (mm)									
	꽃눈이 떨어진 비율 (%)					잎눈이 떨어진 비율 (%)				
	0.9	1.5	2	2.4	3.1	0.9	1.5	2	2.4	3.1
0.5	54.3±2.1	61.8±2.7	72.8±2.2	82.3±1.3	92.2±3.8	28.3±2.2	30.2±2.0	30.4±1.0	33.4±1.6	40.4±1.3
1	40.0±2.6	47.6±2.2	62.5±3.3	70.8±3.2	55.8±1.6	3.1±0.4	5.2±0.7	7.2±0.7	8.1±2.2	6.3±0.9
1.5	0.0±0.0	8.2±3.1	59.2±2.4	68.6±3.9	46.2±3.7	0.0±0.0	2.2±1.8	4.2±1.8	5.1±2.0	3.2±0.8
2	0.0±0.0	0.0±0.0	10.1±2.1	19.1±3.7	11.2±2.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

<sup>z</sup>pressure of power sprayer: 2MPa, spray direction: reverse.

표 6. 노즐직경과 분사거리에 따른 적뢰·적엽률 (꽃눈 발육단계: 개화기)

분사 거리 (m) <sup>z</sup>	노즐직경 (mm)									
	꽃눈이 떨어진 비율 (%)					잎눈이 떨어진 비율 (%)				
	0.9	1.5	2	2.4	3.1	0.9	1.5	2	2.4	3.1
0.5	60.5±0.8	67.4±2.2	80.2±1.1	91.7±3.5	95.4±1.2	33.3±1.2	40.2±2.1	45.4±0.9	48.4±1.7	54.0±1.6
1	52.0±3.1	59.2±4.5	68.1±3.5	83.8±4.6	60.2±5.3	5.2±0.5	7.4±0.9	8.4±1.2	9.5±2.1	5.8±3.0
1.5	29.4±2.7	30.0±2.4	64.6±1.2	73.8±3.8	43.3±3.4	0.0±0.0	0.0±0.0	5.2±1.0	6.2±0.8	3.1±1.5
2	0.0±0.0	0.0±0.0	29.3±1.4	42.3±2.0	28.8±2.4	0.0±0.0	0.0±0.0	1.2±1.0	2.1±0.9	0.0±0.0

<sup>z</sup>pressure of power sprayer: 2MPa, spray direction: reverse.

개발된 직분사 시스템의 주요 영향 인자를 도출하기 위해 동력분무기 압력, 분사거리, 노즐직경에 따른 분사 충격량과 분사 집중도를 예측하고 복숭아 결과지내 꽃눈 적뢰·적화 시의 성능을 검증한 결과, 아래와 같은 결과를 도출할 수 있었다. 동력분무기 압력이 1~3MPa일 때 분사 충격량은 노즐직경 2.4~2.7mm에서 최대값을 가지는 것으로 나타났으며, 직분사 정도는 동력분무기 압력이 1MPa인 경우 분사거리 1.0m 및 노즐직경 1.7mm 이상, 동력분무기 압력이 2~3MPa인 경우 분사거리 1.0m 및 노즐직경 1.5mm 이상에서 양호한 것으로 나타났다. 동력분무기의 압력의 경우 증가할수록 동일한 노즐직경 및 분사거리에서의 분사 충격량이 증가하고, 직분사 정도도 우수한 경향을

보였으며, 적뢰·적화율 및 적엽률도 증가하는 것으로 나타났다. 분홍기, 풍선기, 개화기 모두에서 약 70% 이상의 적뢰·적화율과 10% 이하의 적엽률을 가지는 최적의 작업조건은 분무방향은 역방향이었으며, 동력분무기 압력 2MPa, 분사거리 1.0m 및 노즐직경 2.4mm인 조건으로 파악되어 성능요인시험에서 직분사정도가 높은 영역과 일치하는 것으로 나타났다. 복숭아 적뢰·적화율은 60~80% 수준, 적엽률은 13% 이하에서 대과 생산율이 높은 것으로 보고되고 있기 때문에 개발된 직분사 시스템은 실제 적용 가능한 수준의 성능을 가지는 것으로 판단할 수 있었다.

본 연구를 통해서 확보된 기초자료는 차후 농가 실증시험을 위한 자료로 활용될 것이며, 이는 국내에서 복숭아 적뢰·적화작업 과정을 위한 생력화를 이루는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## (시험 2) 맥동형 직분사 분무건 시스템 개발

### 가. 맥동형 직분사 분무건 시스템의 성능 요인시험

맥동형 분무건의 분사시 물의 형태적 특성으로, 분무 시 맨 앞부분이 스푼망망이와 같은 형태로 분사됨에 따라서 충격력이 증가되는 것으로 나타났고, 분사된 물기둥은 회전 형태로 분사되어 가지와 꽃눈에 충격력을 높이는 것으로 나타났다. 맥동형 분무건의 1회 분무 시 물기둥은 100cm 내외로 조사되었고, 맥동형은 초당 11회 분사되는 것으로 조사되었다.

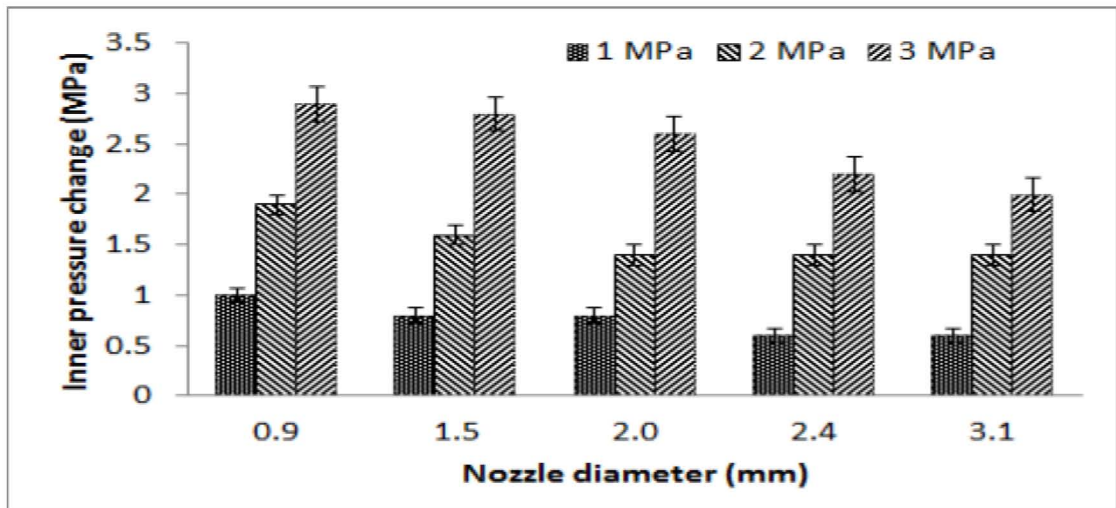


그림 8. 맥동형 직분사 분무건의 분사에 따른 압력과 노즐직경별 동력분무기의 내부 압력 변화

맥동형 분무건의 분사 시 동력분무기의 내부 압력 변화는 1MPa, 2MPa에서는 노즐직경이 증가할 때마다 내부 압력이 0.2MPa 내외로 감소하는 것으로 나타났고, 3MPa에서는 노즐직경이 증가할수록 내부 압력이 0.23~0.28MPa 수준으로 감소하였다. 특히, 노즐직경이 증가할수록 동력분무기의 내부 압력이 낮아지는 경향이였다. 이러한 현상은 일정한 압력(1MPa, 2MPa, 3MPa)에서 노즐직경이 증가할수록 동력분무기의 압력에 의해서 수압이 분사되는 물량이 증가하면서 압력이 감소하는 것으로 나타났다(그림 8).

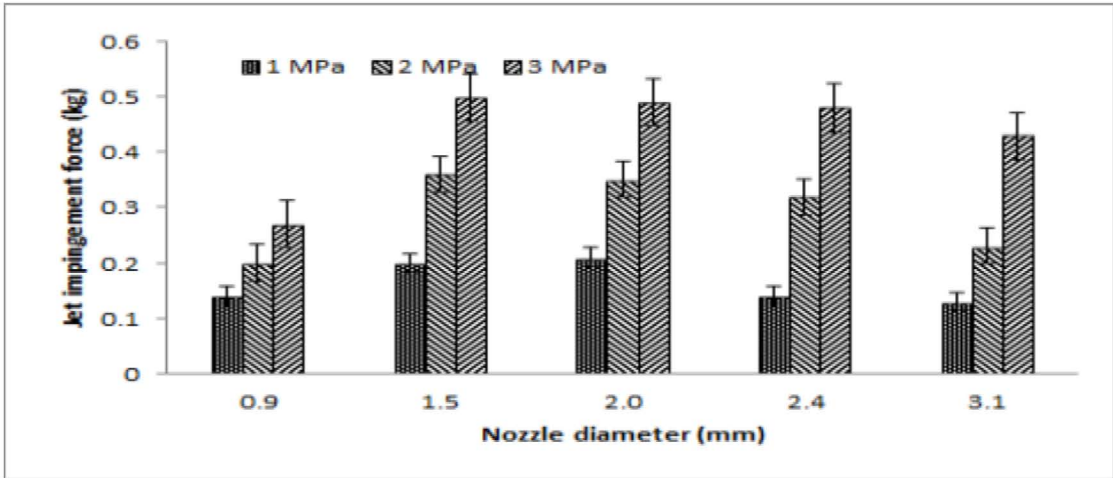


그림 9. 동력분무기 압력과 노즐직경별 맥동형 직분사 분무건의 분사시 최대 충격력 (분무거리 1m)

동력분무기 압력별 맥동형 직분사 분무건의 분사시 충격력은 1MPa에서는 0.14~0.2kg, 2MPa에서는 0.2~0.3kg, 3MPa에서는 0.2~0.5kg으로 나타났다. 동력분무기의 압력이 증가하면 충격력도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 노즐직경이 증가하면 충격력도 증가하였으나, 최대 임계점의 노즐 직경은 2MPa, 3MPa에서 동일하게 2.0~2.4mm로 나타났다. 따라서 노즐직경 3.1mm에서는 충격량이 다시 감소하는 형태로 나타났다.

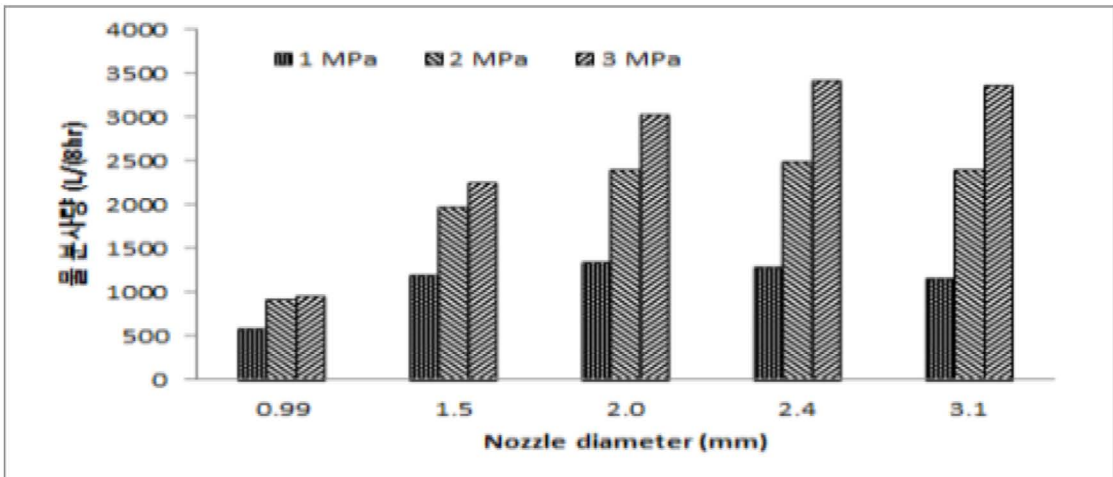


그림 10. 동력분무기 압력과 노즐직경에 따른 맥동형 직분사 분무건의 분사시 물 분사량

동력분무기의 압력별 8시간 물 분사량은 1MPa에서 550~1,480L, 2MPa에서 980~2,480L, 3MPa에서 880~3,480L로 나타났다. 또한 노즐직경이 증가할수록 물 분사량도 증가하다가 최대 임계점 노즐직경 2.0~2.4mm이후는 다소 감소하는 경향으로 나타났다. 즉 그림 9의 동력분무기 압력에 의한 충격력과 비슷한 경향으로 나타났다.

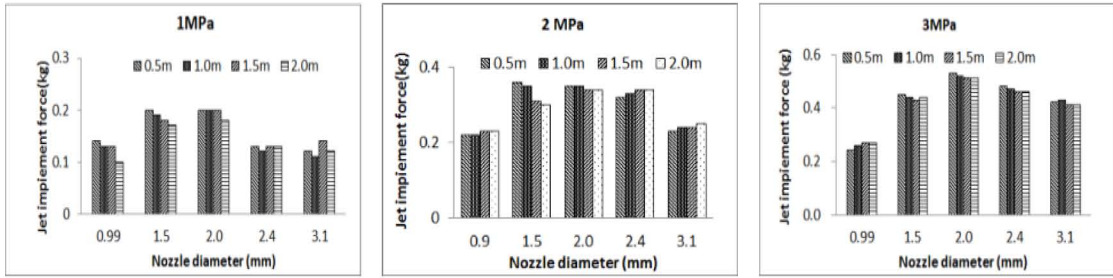


그림 11. 동력분무기 압력과 노즐직경에 따른 맥동형 직분사 분무건의 분사시 분사거리별 충격력

동력분무기 압력 1MPa, 2MPa, 3MPa에서 분사거리별 충격력은 최대입계점 노즐직경 2.0mm~2.4mm에서는 거리별 충격력은 각각 0.2kg, 0.38kg, 0.5kg으로 나타났고, 분사거리에 따른 충격력은 0.5m 거리에서 충격력이 높게 나타났고, 분사거리가 멀어질수록 충격력이 감소하는 경향으로 나타났다.

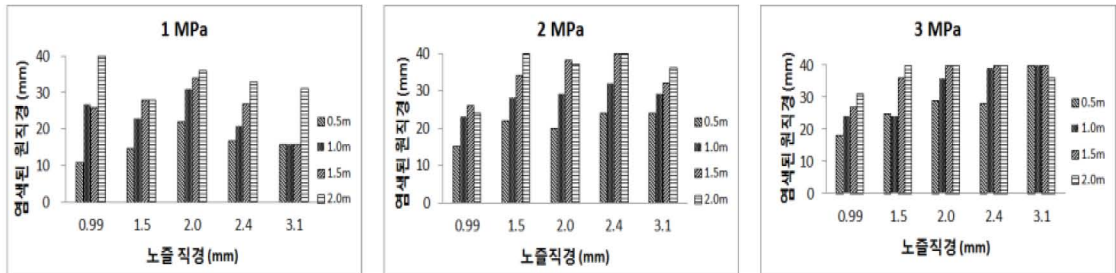


그림 12. 동력분무기 압력과 노즐직경에 따른 압력필름의 원 직경 측정(직분사 정도 측정)

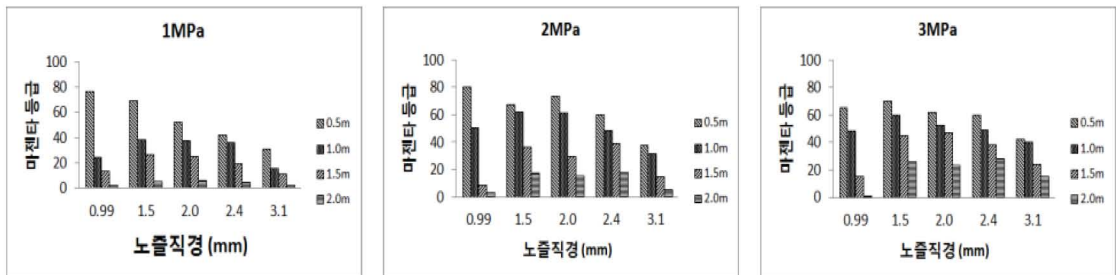


그림 13. 동력분무기 압력과 노즐직경에 따른 압력필름의 마젠타 등급

압력별 분사 후 압력필름 원 직경은 1MPa에서 노즐직경 2.0mm에 따른 분사거리 (0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m)에서 원 직경은 22mm, 31mm, 34mm, 36mm이었고, 원 직경의 마젠타 등급은 52, 37, 25, 6 순이었다. 2MPa에서 노즐직경 2.0mm에 따른 분사거리 (0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m)에서 원 직경은 20mm, 29mm, 38mm, 37mm이었고, 원 직경의 마젠타 등급은 60, 48, 39, 18 순이었고, 3MPa에서 노즐직경 2.0mm에 따른 분사거리 (0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m)에서 원 직경은 20mm, 29mm, 38mm, 37mm이었고, 원 직경의 마젠타 등급은 62, 52, 47, 23 순이었다.

노즐직경 2.0~2.4mm 내외에서 원 직경 28mm 내외였고, 마젠타 등급 60 이상으로 직분사 정도가 우수하고, 충격력도 높은 것으로 나타났다.

나. 맥동형 분무건 시스템 적뢰·적화 요인시험

맥동형 직분사 분무건 시스템의 성능시험 이후, 동력분무기의 압력, 노즐직경, 분사방향, 분사거리 등의 요인별 꽃눈 발육단계(4단계)별 분사 후 적뢰·적화 정도를 측정하였다.

표 7. '천중도백도'품종의 결과지를 이용한 동력분무기의 압력별 적뢰율 및 적엽률

동력분무기 압력 (MPa) <sup>z</sup>	꽃눈이 떨어진 비율 (%)				잎눈이 떨어진 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화시	발아기	분홍기	풍선기	개화시
1	3.5±2.0 <sup>z</sup>	48.1±6.7	51.3±4.7	53.6±6.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.4±0.6
2	5.5±7.1	50.2±9.0	63.5±3.3	67.5±6.8	0.0±0.0	2.6±4.2	3.8±2.7	6.8±7.2
3	11.1±7.5	71.0±4.6	73.9±3.3	81.7±4.3	0.0±0.0	23.9±6.5	35.1±7.6	37.9±2.2

<sup>z</sup> Means ± SE (n=10)

동력분무기 압력이 증가됨에 따라서 적뢰율은 증가되었고, 꽃눈이 발아기에서 개화 시로 진행됨에 따라서 적화율도 증가되었다. 압력별, 생육단계에 따른 적뢰율 50% 이상은 1MPa 풍선기, 2MPa, 3MPa에서는 분홍기였다. 2MPa에서는 분홍기 50.2%, 풍선기 63.5%, 개화시 67.5%로 나타났고, 3MPa에서는 분홍기 71.0%, 풍선기 73.9%, 개화기 81.7%로 나타났다.

동력분무기 압력별 적엽률은 1MPa 에서는 발아기~개화시까지 0.0~0.4%이었고, 2MPa에서는 분홍기 2.6%, 개화시 3.8%, 만개기 6.8%이었고, 3MPa에서는 분홍기 23.9%, 풍선기 35.1%, 개화시 37.9%로 나타났다. 따라서 적뢰율과 적엽률을 각각 고려할 경우 2MPa에서 적뢰율 50.2~67.5%, 적엽률 0.0~6.8%으로 적정 압력으로 조사되었다. 3MPa에서는 적뢰율 71.0~81.7%이었으나 적엽률 23.9~37.9%로 과도하게 진행될 뿐만 아니라 수피도 벗겨지는 등의 부작용이 나타났다.

표 8. 복숭아 꽃눈 발육단계와 분사방향에 따른 맥동형 직분사 분무건 분사 후 적뢰·적엽률(천중도백도)

결과지 자람 방향	꽃눈 발육단계별 적뢰율 (%)				잎눈 발육단계별 적엽률 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화시	발아기	분홍기	풍선기	개화시
순 방향	0.0±0.0	11.3±1.2	33.6±3.7	42.1±5.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
측면 방향	4.6±2.6	16.2±7.1	38.4±4.3	43.3±3.0	0.0±0.0	0.0±0.0	1.6±0.1	5.0±0.2
역 방향	5.5±7.1	50.2±9.0	63.5±3.3	67.5±6.8	0.0±0.0	1.1±0.5	7.1±0.2	8.9±0.3

\* 동력분무기 압력: 2MPa, 분무간격: 1m, 노즐직경: 2.0mm

맥동형 직분사 분무건의 분사방향은 결과지 자람의 순방향에서 적뢰율은 발아기~개화시까지 0.0~42.1%이었고, 측면방향은 분홍기 16.2%, 풍선기 38.4%, 개화시 43.3%이었고, 역방향에서 적뢰율은 분홍기에서 50.2%, 풍선기 63.5%, 개화시 67.5%이었고, 분무건의 방향은 결과지 자람의 역방향과 측면방향에서 분사하는 것이 적뢰율이 우수한 것으로 나타났다. 맥동형 직분사 분무건의 분사방향은 순방향에서 적엽률은 발아기~개화시까지 0.0%이었고, 측면방향은 0.0~5.0%, 역방향 0.0~8.9%이었다. 따라서 맥동형 직분사 분무건의 분사 방향은 결과지 자람의 역방향에서 풍선기에 적뢰율 63.5%, 적엽률 7.1%로 결과지 적뢰율이 우수하였다.

표 9. 복숭아 꽃눈 발육단계에 따른 노즐직경별 적뢰·적엽률(천중도백도)

노즐직경 (mm)	꽃눈 발육단계별 적뢰율 (%)				잎눈 발육단계별 적엽률 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화시	발아기	분홍기	풍선기	개화시
0.9	0.4±1.0	5.7±4.3	8.1±5.1	12.5±8.5	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
1.5	0.6±1.0	41.5±7.6	52.5±4.3	55.4±4.4	0.0±0.0	2.0±0.4	3.1±0.2	4.1±0.3
2.0	5.5±8.5	50.2±9.0	63.5±3.3	67.5±3.9	0.0±0.0	2.6±0.2	3.8±0.4	6.8±0.5
2.4	5.4±5.0	52.4±4.8	65.7±3.0	70.6±3.6	0.0±0.0	2.4±0.1	3.6±0.2	6.4±0.3
3.1	2.9±3.2	21.6±4.3	25.1±6.0	28.0±5.5	0.0±0.0	0.6±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0

\* 동력분무기 압력: 2MPa, 분무간격: 1m, 분무 방향: 가지 사람의 역방향

꽃눈 발육단계와 노즐직경이 증가함에 따라서 적뢰율과 적엽률이 증가되었다. 최대 충격력의 임계점 노즐직경 2.0mm 와 2.4mm에서 정점을 나타낸 것과 같이 적뢰율은 2.4mm에서 우수한 것으로 나타났다. 즉 노즐직경 2.0mm에서 적뢰율은 분홍기 50.2%, 풍선기 63.5%, 개화시 67.5% 순이었다. 노즐직경 2.4mm 에서 적뢰율은 분홍기 52.4%, 풍선기 65.7%, 개화시 70.6% 순이었다. 또한 발육단계 및 노즐 직경별 적엽률은 노즐직경 2.4mm에서 0~6.4%로 낮은 것으로 나타났다. 따라서 동력분무기 2MPa, 분무거리1m에서 적정노즐은 2.4mm에서 적뢰율이 우수하였다.

표 10. 분무거리 및 노즐직경에 따른 복숭아 꽃눈 분홍기 단계의 적뢰·적엽률(천중도백도)

분무 거리 (m)	노즐직경 (mm)									
	노즐직경별 적뢰율 (%)					노즐직경별 적엽률 (%)				
	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1
0.5	25.9±4.1	57.7±4.5	65.3±4.8	70.8±3.2	44.3±6.4	0.0±0.0	5.7±0.9	5.6±0.8	5.5±1.0	2.6±0.8
1.0	5.7±4.3	41.5±7.6	50.2±9.0	52.4±4.8	19.9±3.4	0.0±0.0	2.0±0.5	2.6±0.2	2.8±0.8	0.6±0.5
1.5	0.4±0.7	31.8±9.7	34.4±5.3	45.0±5.8	9.4±8.9	0.0±0.0	0.0±0.0	0.7±0.7	2.4±0.3	0.0±0.0
2.0	0.0±0.0	7.8±6.2	0.0±0.0	2.4±5.8	5.0±8.7	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0

\* 동력분무기 압력: 2 MPa, 분무 방향: 가지 사람의 역방향

복숭아 꽃눈 분홍기에서 분무거리가 멀어질수록 적뢰율이 감소하였다. 분홍기에서 적뢰율 50% 이상은 분무거리 0.5m에서 노즐직경 1.5mm~2.4mm이었고, 분무거리 1.0m 노즐직경 2.0mm~2.4mm이었다. 복숭아 꽃눈 분홍기에서 분무거리가 멀어질수록 적엽률도 감소하였다. 적엽률은 분무거리 0.5m에서 최대 5.7%이었고, 분무거리 2m 이상에서는 모든 노즐직경에서 적엽률 0.0%으로 조사되었다.

표 11. 분무거리 및 노즐직경에 따른 복숭아 꽃눈 풍선기 단계 적뢰·적엽률(천중도백도)

분무 거리 (m)	노즐직경 (mm)									
	노즐직경별 적뢰율 (%)					노즐직경별 적엽률 (%)				
	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1
0.5	46.3±5.4	61.2±4.0	71.2±2.6	70.7±4.7	38.8±5.5	2.6±4.1	11.7±3.4	24.9±5.3	21.8±5.4	14.9±8.9
1.0	8.1±5.1	52.5±3.4	63.5±3.3	65.7±3.0	25.1±6.0	0.0±0.0	3.1±3.9	3.8±2.7	3.6±4.8	0.0±0.0
1.5	0.0±0.0	25.7±4.9	35.7±7.8	31.8±4.2	18.0±6.9	0.0±0.0	2.3±3.1	1.9±3.1	2.5±2.7	0.0±0.0
2.0	0.0±0.0	1.7±1.7	5.1±5.7	4.8±4.5	2.9±3.9	0.0±0.0	0.0±0.0	0.7±1.4	0.9±1.7	0.0±0.0

\* 동력분무기 압력: 2 MPa, 방향: 가지자람의 역방향

복숭아 꽃눈 풍선기에서 분무거리가 멀어질수록 적뢰율이 감소하였고, 풍선기 적뢰율 60% 이상은 분무거리 0.5m에서 노즐직경 1.5m~2.4mm이었고, 분무거리 1.0m 이상에서 노즐직경 2.0mm~2.4mm이었다. 복숭아 꽃눈 풍선기에서 분무거리가 멀어질수록 적엽률이 감소하였고, 적엽률은 분무거리 0.5m에서 최대 24.9%이었다. 분무거리 1m 이상에서는 모든 노즐직경에서 적엽률 3.8% 이하로 조사되었다.

표 12. 분무거리 및 노즐직경에 따른 복숭아 꽃눈 개화시 단계의 적뢰·적엽률(천중도백도)

분무 거리 (m)	노즐직경 (mm)									
	꽃눈 노즐직경별 적뢰율 (%)					잎눈 노즐직경별 적엽률 (%)				
	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1	0.9	1.5	2.0	2.4	3.1
0.5	28.9±3.9	65.5±5.2	73.9±9.4	72.5±5.4	53.3±3.6	7.5±0.9	11.6±0.6	15.3±0.9	14.0±1.5	6.1±5.2
1.0	12.5±8.5	55.4±4.4	67.5±3.9	70.6±3.6	30.7±7.8	0.0±0.0	4.1±0.5	6.8±0.7	6.4±0.6	0.0±0.0
1.5	1.6±2.2	6.8±5.9	41.8±6.4	38.5±5.5	28.0±5.5	0.0±0.0	1.3±2.4	5.1±0.6	5.5±0.6	0.0±0.0
2.0	0.0±0.0	0.0±0.0	21.2±6.7	19.8±9.8	22.4±9.8	0.0±0.0	0.0±0.0	3.1±0.6	2.3±2.5	0.0±0.0

\* 동력분무기 압력: 2MPa, 방향: 가지자람의 역방향

복숭아 꽃눈 발육단계 개화시에서 분무거리가 멀어질수록 적뢰율이 감소하였다. 적뢰율 60% 이상은 분무거리 0.5m에서 노즐직경 1.5m~2.4mm이었고, 분무거리 1.0m 노즐직경 2.0mm~2.4mm이었다. 복숭아 꽃눈 개화기에서 분무거리가 멀어질수록 적엽률도 감소하였다. 적엽률은 분무거리 0.5m에서 15.3% 이하 이었고, 분무거리 1m 이상에서는 모든 노즐직경에서 적엽률 6.8% 이하로 조사되었다.

### 다. 맥동형 분무건 시스템의 현장 적용시험

맥동형 직분사 분무건 시스템의 요인시험(동력분무기 압력, 분사거리, 분사방향, 노즐직경) 결과 동력분무기 압력은 2MPa 이상에서 적뢰율이 우수하였고, 분사거리는 가까울수록 우수하였고, 분사방향은 결과지 자람의 역방향에서 적뢰율이 우수하였다.

따라서 현장 적용시험은 Y자 수형의 7년생 '미황' 등 5품종에 꽃눈 발육단계 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화시, 만개기 시기에 각각 맥동형 직분사 분무건 시스템을 이용하여 적화작업을 실시하였다.

맥동형 직분사 분무건 시스템의 요인시험 결과를 활용하여 동력분무기 2MPa에서 유지하여 적뢰 작업을 실시하였다. 또한 분사방향은 가지 자람의 역방향에서 분사하기 위해 사다리, 고소차를 이용하여 효율적으로 작업하였다.

표 13. 복숭아 품종별 꽃눈 발육단계별 개화 상황

품종	복숭아 꽃눈 발육단계 (월,일)				
	발아기 (01)	분홍기 (57)	풍선기 (59)	개화시 (61)	만개기 (66)
미황	3.30	4.10	4.18	4.21	4.23
몽부사	3.28	4.09	4.17	4.20	4.22
대옥아까즈기	3.28	4.09	4.17	4.20	4.22
애천중도	3.30	4.09	4.17	4.20	4.22
천중도백도	3.31	4.12	4.20	4.22	4.24

복숭아 품종별 발아기는 3월 28일~3월 31일경, 분홍기는 4월 9일~12일, 풍선기는 4월 17일~20일, 개화시는 4월 20일~22일경, 만개기는 4월 22일~24일경 이었다.

표 14. 복숭아 생육단계별 적뢰시기에 따른 착과율

구분	착과율 (%)			
	분홍기	풍선기	개화시	관행
미황	63.7±30.4	74.9±26.1	64.2±23.7	74.7±19.7
몽부사	66.3±16.5	58.8±23.1	40.4±18.0	57.5±21.1
대옥아까즈기	48.1±22.1	48.5±18.9	39.8±21.5	41.9±19.9
애천중도	71.8±20.2	74.5±17.8	68.5±13.8	70.3±15.6
천중도백도	64.5±20.0	55.4±21.0	48.5±15.7	51.5±22.1

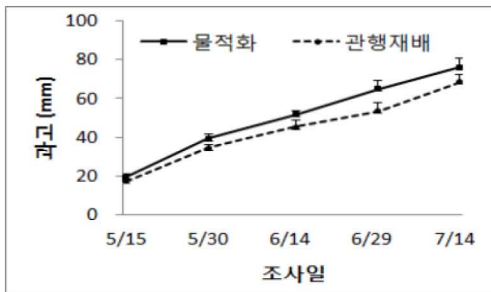
\* 동력분무기 압력: 2MPa, 노즐직경 2.4mm, 분사거리 1m, 분사방향: 역방향

품종별, 생육단계별 분무건 적뢰 후 착과율은 품종에 따라서 착과율 39.8~74.9%로 나타났다. 착과율은 관행 대비 분홍기~풍선기는 차이가 없었으나, 관행 대비 개화 시 착과율은 1.8~17.1% 감소하는 것으로 나타났다.

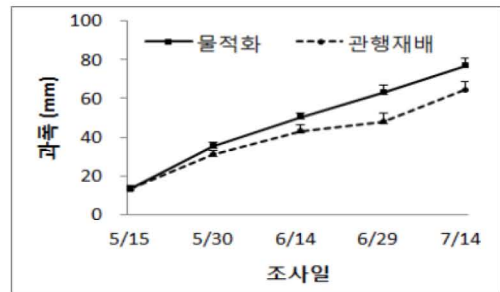
표 15. 적뢰시기에 따른 잎눈 손실율

구분	잎눈 손실율 (%)			
	분홍기	풍선기	개화기	관행
미황	9.7±14.5	5.3±9.2	6.0±15.3	-
몽부사	4.6±10.1	10.8±15.0	12.3±18.0	-
대옥아까즈기	4.4±13.3	8.3±14.5	12.9±21.3	-
애천중도	6.0±9.4	5.8±15.1	7.9±12.3	-
천중도백도	7.2±15.9	8.2±15.5	9.5±15.1	-

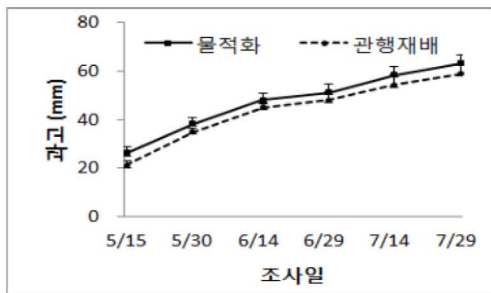
꽃눈 발육단계 및 품종에 따른 잎눈 손실율은 4.4~12.9% 이었다. 복숭아 꽃눈 생육단계가 진전될수록 잎눈 손실율이 증가하는 경향이였다. 품종별 잎눈 손실율은 미황 6.0~9.7%, 몽부사 4.6~12.3%, 대옥아까즈기 4.4~12.9%, 애천중도 5.8~7.9%, 천중도 7.2~9.5% 이었다.



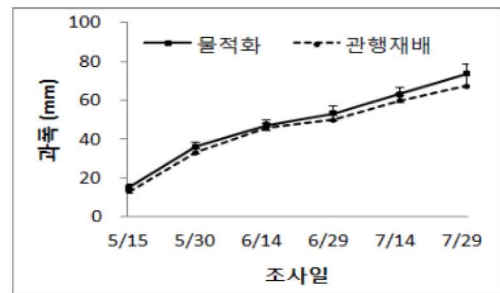
'미황' 과고 비대



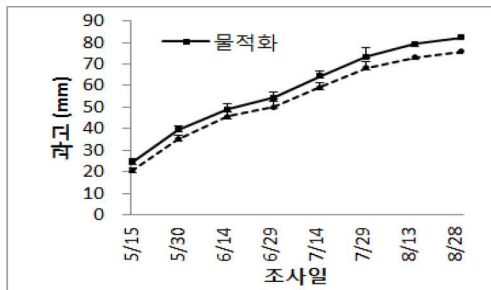
'미황' 과폭 비대



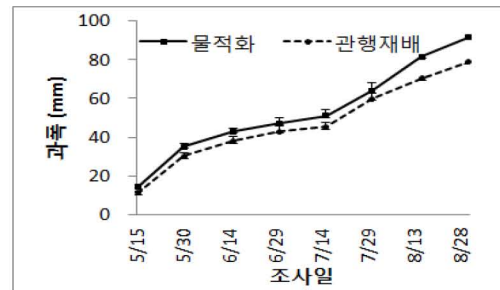
'몽부사' 과고 비대



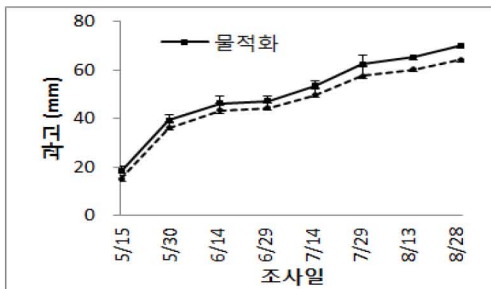
'몽부사' 과폭 비대



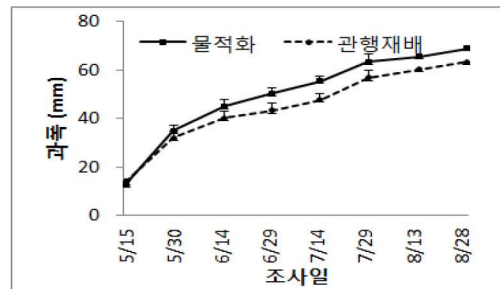
'애천중도' 과고 비대



'애천중도' 과폭 비대



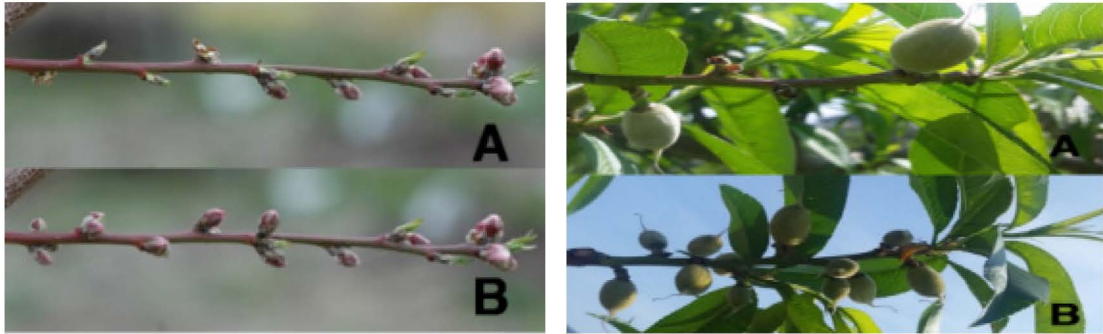
'천중도백도' 과고 비대



'천중도백도' 과폭 비대

그림 14. 복숭아 품종별 과고 · 과폭 성장량

‘미황’ 등 5품종의 맥동형 직분사 분무건을 이용한 적뢰처리가 관행재배 대비 과고, 과폭의 발육이 유과기부터 수확기까지 우수하였다(그림 14). 적뢰작업에 의한 착과가 관행재배보다 과실 발육이 우수한 것은 꽃눈을 조기에 80% 제거함에 따라 전년도 수체양분이 어린 과실에 집중되어 어린 과실의 발달이 좋은 것으로 생각된다(그림 15)



A: 맥동형 분무건 적뢰작업 B: 관행재배

그림 15. 복숭아 직분사분무건 적뢰 및 착과현황

표 16. ‘미황’ 품종의 적뢰방법 및 적뢰시기에 따른 과실특성

적뢰방법	꽃눈 생육단계	과중 (g)	경도 (kg/Ø5mm)	당도 (°Bx)	산도 (%)	착과수/주 (개)
맥동형 분무건	발아기	218.0	0.54a	9.8	0.5	177.3
	분홍기	215.8	0.51a	9.7	0.6	171.0
	풍선기	206.2	0.55a	9.6	0.6	175.3
	개화기	206.4	0.54a	9.9	0.6	178.3
관행재배	-	195.1	0.53a	9.4	0.7	175.0

맥동형 직분사 분무건을 이용한 복숭아 꽃눈 단계별 작업시 과중은 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화 시로 진행됨에 따라서 218.0g, 215.8g, 206.2g, 206.4g으로 적뢰작업이 빠르면 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 것으로 나타났다. 관행재배 대비 분무건 활용 시 과중은 11.1g~22.9g 커져 5.6%~11.7% 증가하였다

표 17. ‘몽부사’ 품종의 적뢰방법 및 적뢰시기에 따른 과실특성

적뢰방법	꽃눈 생육단계	과중 (g)	경도 (kg/Ø5mm)	당도 (°Bx)	산도 (%)	착과수/주 (개)
맥동형 분무건	발아기	280.8	0.56	11.8	0.52	216.3
	분홍기	287.5	0.51	11.7	0.57	201.7
	풍선기	264.5	0.53	11.9	0.51	200.7
	개화기	249.1	0.58	11.1		203.7
관행재배	-	232.5	0.51	11.7	0.56	209.0

맥동형 직분사 분무건 활용 적뢰시 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화 시별 과중은 280.8g, 287.5g, 265.5g, 249.1g으로 적뢰작업이 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 경향으로 나타났다. 맥동형 분무건을 이용하여 적뢰 시 과중은 관행대비 7.1%~23.0% 증가하는 것으로 나타났다.

표 18. '대옥아까즈기' 품종의 적뢰방법 및 적뢰시기에 따른 과실특성

적뢰방법	꽃눈 생육단계	과중 (g)	경도 (kg/Ø5mm)	당도 (°Bx)	산도 (%)	착과수/주 (개)
맥동형 분무건	발아기	284.3	0.51	12.3	0.52	216.3
	분홍기	268.9	0.51	11.7	0.57	201.7
	풍선기	245.5	0.53	11.9	0.57	200.7
	개화기	241.5	0.58	11.1	0.58	203.7
관행재배	-	214.9	0.51	11.7	0.56	209.0

'대옥아까즈기'의 맥동형 분무건 활용 적뢰시 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화시별 과중은 284.3g, 268.9g, 245.5g, 241.5g으로 적뢰작업이 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 경향이였다. 맥동형 분무건을 이용하여 적뢰시 과중은 관행대비 23.3g~69.4g 증가하는 것으로 나타났다.

표 19. '애천중도' 품종의 적뢰방법 및 적뢰시기에 따른 과실특성

적뢰방법	꽃눈 생육단계	과중 (g)	경도 (kg/Ø5mm)	당도 (°Bx)	산도 (%)	착과수/주 (개)
맥동형 분무건	발아기	428.4	0.57	10.1	0.43	212.7
	분홍기	420.0	0.55	9.2	0.44	216.0
	풍선기	406.8	0.53	11.7	0.43	215.0
	개화기	393.2	0.53	9.6	0.44	215.3
관행재배	-	374.4	0.58	0.99	0.49	216.4

맥동형 분무건 활용 적뢰시 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화 시별 과중은 428.4g, 420.0g, 406.8g, 393.2g으로 적뢰작업이 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 경향으로 관행대비 5.0%~14.4% 증가하는 것으로 나타났다.

표 20. '천중도백도' 품종의 적뢰방법 및 적뢰시기에 따른 과실특성

적뢰방법	꽃눈 생육단계	과중 (g)	경도 (kg/Ø5mm)	당도 (°Bx)	산도 (%)	착과수/주 (개)
맥동형 분무건	발아기	439.5	0.32	10.2	0.46	231.3
	분홍기	399.5	0.35	10.2	0.43	225.3
	풍선기	388.2	0.32	12.0	0.45	229.7
	개화기	366.2	0.34	10.3	0.43	223.3
관행재배	-	358.6	0.36	9.8	0.48	224.0

적뢰 시 발아기, 분홍기, 풍선기, 개화시별 과중은 439.5g, 399.5g, 388.2g, 366.2g으로 적뢰 작업이 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 경향이였다. 맥동형 분무건을 이용하여 적뢰 시 과중은 관행대비 2.1%~22.5% 증가하는 것으로 나타났다.

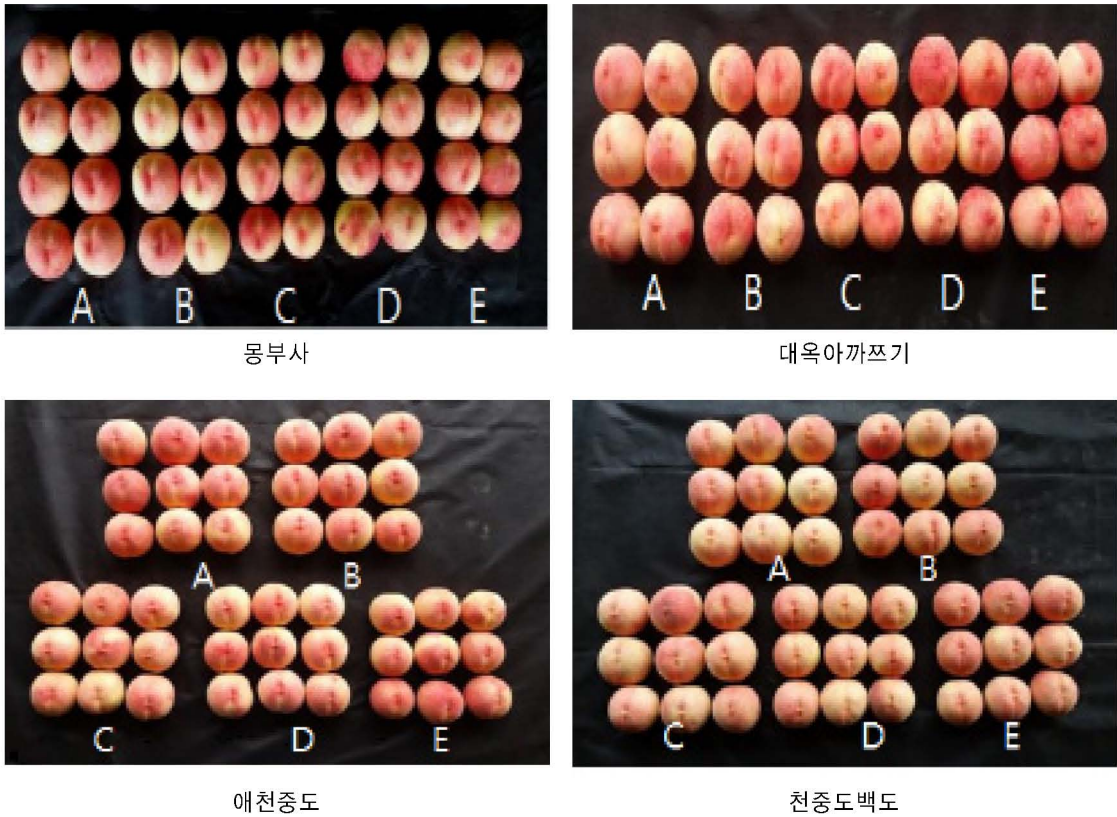


그림 16. 품종별 과실특성

라. 맥동형 분무건 시스템의 작업효율성 및 경제성 분석

표 21. 맥동형 분무건의 작업효율성 분석

구 분	작업거리 (m)	작업면적 (㎡)	1ha 작업 이동횟수	이동횟수 절감 (%)
맥동형 분무건	1.6	8.0	1243.3	85.9
관행적과	0.6	1.1	8841.9	-

\* 작업거리: 팔길이 0.6, 분무건 유효거리:1m

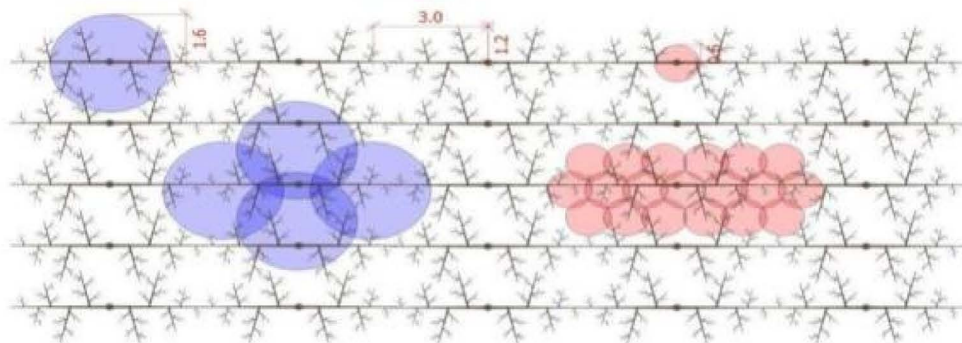


그림 17. 맥동형 직분사 분무건, 관행 적과 작업반경 분석 (정식거리: 5×2m, 수고 2.4m)

맥동형 분무건 작업거리는 1.6m로 작업면적은 8.0㎡로 1ha 적뢰작업 시 이동횟수는 1,243.3회였다. 또한 손 적과 시 작업거리는 0.6m로 작업면적은 1.1㎡로 1ha 작업 시 이동횟수는 8,841.9회로 이동횟수 절감율은 85.9%이었다.

표 22. 1ha 적뢰작업 시 경영비 분석

구분	작업인부 (명)	작업일 (일)	총인부수 (명)	인건비/1일 (원)	총인건비 (천원)	자재비 (천원)	경영비 (천원)	절감율 (%)
맥동형	2	3	6	70,000	420	150	570	78.1
직분사	2	4	8	70,000	560	150	710	72.7
관행재배	6.2	6	37.2	70,000	2,604	0	2,604	-

맥동형 분무건을 이용한 적뢰작업의 경영비 분석시 소요 인부수는 6명, 총인건비 420천원, 자재비(유류비 50천원, 물적화기 구입비 100천원) 150천원으로 적화 경영비는 570천원이 소요되었다. 관행적화시 1ha 복숭아 과원의 총 소요인부수는 36명, 총인건비 2,604천원으로 적화 경영비는 2,604천원이 소요되었다. 따라서 관행적화 대비 맥동형 분무건을 이용 시 경영비 절감율 78.1%이었다.

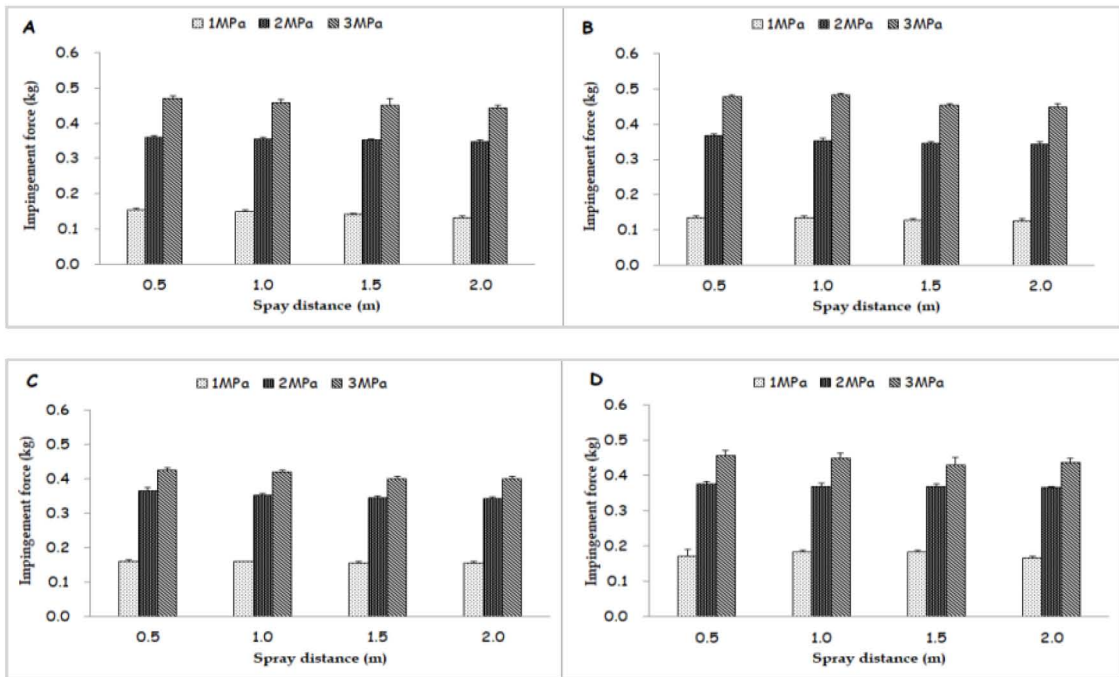
표 23. 1ha 적화시 노동시간 분석

구분	작업인부 (명)	작업시간/1일 (시간)	작업시간 (시간)	절감율 (%)
맥동형	6	8	48	83.9
직분사	8	8	64	78.5
관행재배	37.2	8	297.6	-

맥동형 분무건 이용 시 1ha 복숭아 과원의 총 소요 인부 수는 6명, 총 작업시간은 48시간이었다. 관행적화 시 1ha 복숭아 과원의 총 소요 인부 수는 37.2명, 총 작업시간은 297.6시간이었다. 따라서 관행적화 대비 맥동형 분무건을 이용 시 노동시간 절감율은 83.9%이었다.

(시험 3) 맥동형 직분사 분무건 시스템의 효율적인 사용을 위한 최적 분무 횟수 설정  
 가. 맥동형 직분사 시스템의 초당 분사횟수에 따른 성능 시험

분사거리, 동력분무기의 압력 그리고 분사횟수와 같은 요인들이 분사 충격량에 미치는 영향은 그림 18에 나타난 것과 같다. 분사 충격량에 미치는 분사거리와 분사횟수에 따른 영향은 미비하거나 처리구간에 따라서 다소 차이를 보인 반면 최대 분사 충격량의 범위는 분무건의 압력이 높아질수록 뚜렷하게 증가하는 것으로 나타났다. 대표적인 예로 3MPa에서 최소 분사거리인 0.5m와 최대 분사거리인 2.0m 구간에서 분사충격량은 각각 0.43~0.48kg과 0.40~0.45kg 사이로, 분사거리에 따른 차이가 크지 않았다. 마찬가지로, 동력분무기 압력별 맥동형 횟수에 따른 충격력은 1MPa와 2MPa에서는 초당 분사횟수가 9회 일 때 최대값을 보였지만, 3MPa에서는 초당 분사횟수가 5회일 때 최대값을 나타내어 처리조건에 따라서 차이를 보일 수 있음을 확인할 수 있었다.



A: 맥동형 직분사 분무건의 초당 3회, B: 맥동형 직분사 분무건의 초당 5회,  
 C: 맥동형 직분사 분무건의 초당 7회, D: 맥동형 직분사 분무건의 초당 9회.

그림 18. 초당 분사횟수에 따른 맥동형 직분사 분무건의 충격력

맥동형 직분사 분무건의 분사 후에 관찰된 압력별 최대 충격력의 범위는 1MPa에서 0.13~0.18kg, 2MPa에서 0.34~0.38kg, 3MPa에서 0.40~0.48kg으로 조사되어, 분무건의 압력에 따른 차이가 큰 것으로 나타났다(그림 18). 0.4kg 이상의 충격력은 수피에 상처를 야기하거나 불필요한 적엽을 야기하고, 0.2kg 이하의 낮은 충격력은 적뢰를 저하를 야기할 가능성이 있기 때문에, 분사 충격량을 기준으로 볼 때는 2MPa의 압력 범위에서 유용한 적화 효과를 볼 수 있을 것으로 판단되었다.

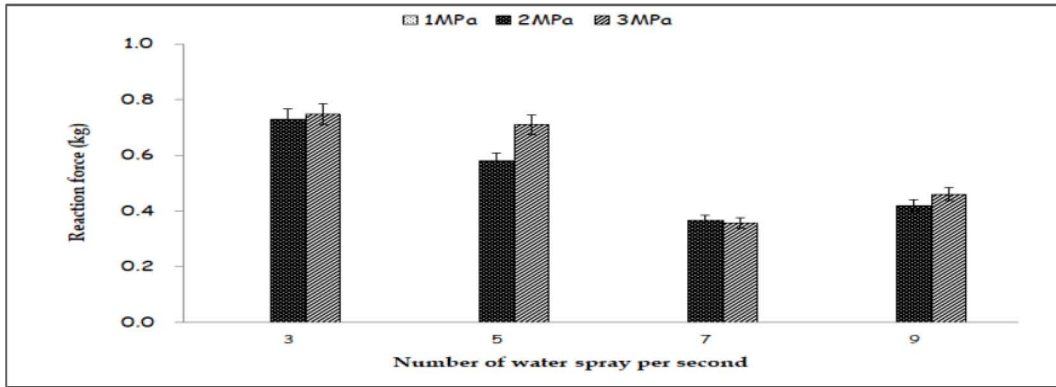


그림 19. 맥동형 직분사 분무건 분사시 반작용의 힘 측정

아울러 2MPa의 압력으로 초당 3회, 5회, 7회 그리고 9회 분무 시 반작용의 힘은 각각 0.73kg, 0.58kg, 0.37kg 과 0.42kg로서 초당 7회와 9회 분무시 반작용의 힘이 크게 줄어든 것으로 나타났다(그림 19). 이는 동일한 조건에서 직분사 시스템에서 나타나는 0.76kg 보다도 낮은 수치로서 (Data unpublished), 맥동형 직분사시 초당 분사횟수를 초당 7회 또는 9회로 조절하여 사용할 경우 작업자의 피로를 경감시킬 뿐만 아니라 유효한 적뢰·적화 효과도 얻어 낼 수 있는 것으로 기대할 수 있었다.

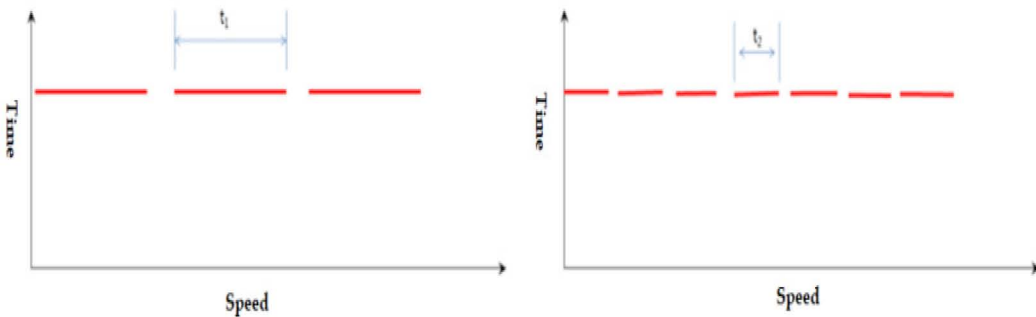


그림 20. 맥동형 직분사 분무건에서 물 분사 개념도

초당 분무건 분사 횟수에 따라서 분사충격량과 반작용의 힘이 달라질 수 있는 이유는 분사 시 한 개의 맥동형 분사를 균속도 개념에 적용함으로써 설명이 가능하다. 그림 20의 우측 그림에서와 같이 맥동 주기가 길어지게 되면  $t_1 > t_2$  가 되는데 이때  $t_1$ 과  $t_2$ 를 물의 질량으로 가정하고

운동에너지 공식( $E = \frac{1}{2}mv^2$ )에 대입할 시, 질량  $m$ 이 커지게 되면 이에

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \begin{cases} E = \text{운동에너지} \\ m = \text{질량} \\ v = \text{분사되는 물의 속도} \end{cases}$$

비례해서 운동에너지는 증가하고, 반작용으로 손에 주는 충격은 커지게 되는 것을 확인할 수 있다. 마찬가지로 분무건에 가해지는 물의 압력이 높아지게 되면 분사 속도  $v$ 가 증가하면서 운동에너지도 증가하게 되기 때문에, 분무건의 분사횟수가 다른 경우 분사 충격력과 반작용 힘에 있어서도 차이가 발생할 수 있는 것으로 판단되었다.

나. 맥동형 직분사 시스템의 초당 분사횟수에 따른 적화 효율 검증

표 24. 초당 분사횟수에 따른 맥동형 직분사 분무건의 분사 후 적뢰율

맥동형 직분사 초당 횟수 <sup>2</sup>	꽃눈이 떨어지는 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화기
3	0.0±0.0	21.7±1.7	35.3±1.8	53.4±1.9
5	0.0±0.0	33.1±1.1	42.5±3.8	57.7±3.6
7	1.0±0.3	60.9±2.4	65.7±4.4	78.4±3.1
9	1.4±0.4	62.2±3.2	73.3±3.2	81.1±2.3

<sup>2</sup>Power pressure and distance of spray used for this experiment are 2MPa and 1m, respectively.

맥동형 분무건 시스템의 이용 시 압력 2MPa, 분사거리 1m의 분무 조건에서 분무횟수를 달리 하였을 때 적뢰율은 성능평가에서 기대되었던 결과와 유사하게 꽃눈의 발육시기가 개화기에 가까워 지고 초당 분사횟수가 증가될수록 높아지는 것으로 조사되었다. 고품질 복숭아의 생산을 위한 적뢰 비율은 나무의 수체 생육도에 따라서 다르지만 일반적으로 최소 60%이상에서 최대 80%이하로 보고되고 있다(Costa & Vizzottol, 2000). 60%의 적뢰율은 생육과정 중 낙과현상이 높게 나타날 수 있는 나무나 품종에서 적용될 수 있는 수치이기 때문에 정상적인 수체생육을 가진 나무의 경우에는 80% 수준에서 적화가 이루어지는 것이 이상적이다. 이를 기준으로 볼 때 발아기에 도달한 꽃눈에서의 적뢰율은 분사횟수에 상관없이 10% 이하에 불과하여 적뢰 효과를 기대하기 어려운 것으로 판단되었다. 분홍기, 풍선기 그리고 개화기의 단계에서도 분사횟수가 초당 3회 또는 5회로 조절되었을 때는 적화율이 60%이하로 나타나 적화작업의 효율이 떨어지는 것으로 판단되었다. 하지만 분사횟수가 초당 7회 이상으로 조절될 경우에는 분홍기 부터 개화기까지 효율적인 적화작업이 가능하고, 특히 풍선기와 개화기에 적뢰 작업을 수행할 경우에는 65.7~81.1% 사이의 적뢰율로 높은 실용성을 기대할 수 있었다(표 25). 이외에도 적뢰과정에서는 적엽률이 13% 이상으로 높아질 경우 조기 엽 확보 부족에 따른 낮은 광합성으로 생산량이 악영향을 받을 수 있기 때문에 이에 대한 검증도 필요하다. 하지만, 해당 처리구간에서의 적엽률도 5.0~7.5% 범위로 나타나 맥동형 직분사 분무건을 사용 할 경우 현장에서 효율적으로 이용될 수 있는 가능성이 큰 것으로 판단되었다(표 25).

표 25. 맥동형 직분사 분무건의 초당 분사횟수에 따른 적엽률

맥동형 직분사 초당 횟수 <sup>2</sup>	잎눈이 떨어지는 비율 (%)			
	발아기	분홍기	풍선기	개화기
3	0.0±0.0	0.0±0.0	2.2±1.8	4.8±0.6
5	0.0±0.0	2.1±0.5	2.4±3.8	5.1±0.9
7	0.0±0.0	1.7±0.5	5.0±4.4	6.3±1.4
9	0.0±0.0	3.1±0.9	6.1±3.2	7.5±1.4

<sup>2</sup>Power pressure and distance of spray used for this experiment are 2MPa and 1m, respectively.

## 4. 적 요

### 〈제1세부과제: 복숭아 물 적화기술 개발〉

#### (시험 1) 물 직분사 시스템 개발

- 가. 물 직분사 시스템은 농약방제용 동력분무기에 자체 개발한 직분사 분무건을 장착한 형태로써 직분사 성능이 우수하고, 내마모성이 뛰어난 특수노즐을 사용하였음
- 나. 개발된 직분사 시스템의 주요 영향 인자를 도출하기 위해 동력분무기 압력, 분사거리, 노즐 직경에 따른 분사충격량과 분사집중도를 도출하였으며, 복숭아 결과지내 꽃눈 적뢰·적화 시의 성능을 검증하기 위한 요인시험을 수행하였음
- 다. 동력분무기의 압력에 따른 적뢰·적화율이 60% 이상이 되는 시기는 압력이 1MPa인 경우 개화기에서, 2MPa과 3MPa인 경우에는 분흥기~개화기였고 반면 적엽률은 2MPa에서 0~8.4%이었으며 3MPa에서 12.1~93.4%로 나타나 직분사 분무건 사용 시 적정 동력분무기 압력은 2MPa로 판단되었음
- 라. 동력분무기 압력이 1~3MPa일 때 분사 충격량은 노즐직경 2.4~2.7mm에서 최대값을 가지는 것으로 나타났으며, 직분사 정도는 동력분무기 압력이 1MPa인 경우 분사거리 1.0m 및 노즐 직경 1.7mm 이상, 동력분무기 압력이 2~3MPa인 경우 분사거리 1.0m 및 노즐직경 1.5mm 이상에서 양호한 것으로 나타남
- 마. 분흥기, 풍선기, 개화기 모두에서 약 70% 이상의 적뢰·적화율과 10% 이하의 적엽률을 가지는 최적의 작업조건은 분무방향은 역방향이었으며, 동력분무기 압력 2MPa, 분사거리 1.0m 및 노즐직경 2.4mm인 조건으로 파악됨

#### (시험 2) 맥동형 직분사 분무건 시스템 개발

- 가. 동력분무기 압력별 충격력은 1MPa에서는 0.14~0.2kg, 2MPa에서는 0.2~0.3kg, 3MPa에서는 0.2~0.5kg으로 동력분무기의 압력이 증가하면 충격력도 증가하는 것으로 나타남
- 나. 노즐직경은 2.4mm까지는 직경이 늘어나면 충격력도 증가하였으나 노즐직경 3.1mm에서는 충격량이 다시 감소하는 형태로 나타남
- 다. 맥동형 직분사 분무건 사용시기는 풍선기이고 노즐직경은 2.2mm, 분사거리는 1m 내외이고, 동력분무기의 압력은 2MPa에서 사용할 시 꽃눈 제거율은 60% 이상, 잎눈의 손상율은 7% 미만으로 우수하였음
- 라. 품종별, 생육단계별 분무건 적뢰 후 착과율은 품종에 따라서 착과율 39.8~74.9%로 나타났으며 관행 대비 분흥기~풍선기는 차이가 없었으나, 개화시 착과율은 1.8~17.1% 감소하는 것으로 나타남
- 마. 적뢰시기가 빠를수록 과실 비대율이 증가하는 경향을 보였으며 ‘천중도백도’ 등 5가지의 분무건 처리품종 모두에서 대과생산량이 증가하였음

- (시험 3) 맥동형 직분사 분무건 시스템의 효율적인 사용을 위한 최적 분무 횟수 설정
- 가. 분홍기부터 개화기까지 분무건의 분사횟수를 초당 3회 또는 5회로 설정하였을 시 적화율이 60% 이하로 나타나 적화작업의 효율이 떨어지는 것으로 판단됨
- 나. 분사횟수가 초당 7회 이상으로 조절될 경우 분홍기부터 개화기까지 효율적인 적화작업이 가능하며 풍선기와 개화기에 적뢰 작업을 수행할 경우 65.7~81.1%의 높은 적뢰율을 보였음
- 다. 개발된 맥동형 분무건 시스템의 최적 분사 조건을 도출하기 위해서 동력분무기 압력과 분사 거리, 분사횟수에 따른 분사충격을 측정하고 동력분무기 압력과 분무거리를 2MPa와 1m로 설정하고 분사횟수를 7회 이상으로 설정하였을 때 최적의 분사충격량을 보임

## 5. 인용문헌

- Baughner 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.

## 6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2016(1년)	영농활용	복숭아 생력화형 물 직분사 분무건 간이제작 기술 복숭아 적화를 위한 물 직분사 분무건 사용 기준 설정
	학술발표	복숭아 품종별 가지별 꽃눈 분포
	홍 보	복숭아 물 적화기술 세미나 개최 등 2건
	세미나 및 교육	2016년 복숭아 분무건 세미나 및 연사회 1건
	자료 발간	직분사 분무건 세미나 및 연사회 책자
2017(2년)	영농활용	복숭아 생력화형 맥동형 분무건 사용기준 설정
	기술이전	과수 적화용 동력형 직분사 분무장치 분무건용 수압부스터
	학술발표	Development of Direct Water Spray System for Flower and Bud Thinning of Peach 등 2건
	논문게재	Performance Test of Direct Water Spraying Labor-saving System for Flower and Bud Thinning of Peach,
	정책제안	복숭아 생력화형 맥동형 분무건 농가 확대 보급
	특허출원	과수 적화용 동력형 직분사 분무장치 (국외, 일본) 과수 적화용 무동력형 직분사 분무장치 등 3건
	특허등록	과수 적화용 동력형 직분사 분무장치
	홍 보	현장에선 분무건으로 적화한다 등 39건
	세미나 및 교육	2017년 복숭아 분무건 세미나 및 연사회 등 7건
	자료발간	복숭아 꽃눈 제거용 분무건 기술 등 2건
2018(3년)	영농활용	맥동형 직분사 분무건의 분사 횟수 설정
	기술이전	과수 적화용 무동력형 직분사 분무장치 등 7건
	학술발표	Development of Pulstory Water Spray Geun System for Flower Thinning of Peach 등 2건
	논문게재	맥동형 직분사 분무건의 초당 분사횟수 설정
	특허출원	과수 적화용 분사장치 등 7건
	특허등록	과수 적화용 무동력형 직분사 분무장치
	홍 보	양양, 복숭아 꽃 적화 연사회 등 54건
	세미나 및 교육	2018년 복숭아 분무건 세미나 및 연사회 등 8건
자료발간	쉽고 빠른 복숭아 꽃눈 제거용 분무건 사용기술 등 4건	

성과지표명		연도		1년차(2016)		2년차(2017)		3년차(2018)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
논문 게재	SCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	1	1	1	1	1	1	2	2
특허	출원	1	2	-	2	1	6	2	6	2	10
	등록	-	-	-	1	1	6	1	6	1	7
학술 발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	-	1	1	2	1	2	2	2	2	5
영농 활용	기술	-	1	-	1	-	1	-	1	-	3
	정보	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
기술이전		-	-	-	2	1	6	1	6	1	8
홍보		-	2	1	39	1	53	2	53	2	94
정책제안		-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
세미나 및 교육		-	1	-	7	1	8	1	8	1	16
자료 발간		-	1	-	2	-	4	-	4	-	7
계		1	9	3	59	7	87	11	87	11	155

## 7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'16	'17	'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	이기욱	현장조사 지원	-	○	○