

# 초음파가 적용된 상온연무기의 온실 내 분무특성

## Ultrasonicated Spray Characteristics of a Cold-Fog Machine in a Greenhouse

이경열*	나우정**	주은선***	김영복**	송민근****	정병섭*
정회원	정회원	정회원	정회원		정회원
K.Y.Lee	W.J.La	E.S.Ju	Y.B.Kim	M.G.Song	B.S.Jung

### 1. 서론

온실 내 병충해 방제에 사용하는 상용 연무기에 비해 보다 미세하고 균일한 분무입자를 생성하여 작물에의 부착을 용이하게 할 목적으로 초음파를 적용한 상용 연무기용 2-유체 노즐을 설계, 제작하고 이를 적용한 온실에서의 분무실험을 통하여 부착량과 부착입경을 측정하고 상용분무의 경우의 결과와 비교하여 초음파의 분무특성에 미치는 영향을 분석하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 초음파 적용 노즐의 설계, 제작

본 연구에서 설계, 제작된 초음파 적용 노즐은 혼의 선단을 분무액이 통과하는 관로에 직접 삽입하여 강력한 초음파에너지에 의해 액체가 개질되고, 노즐팁에 초음파 진동이 전달되는 2가지 효과를 동시에 나타나도록 설계된 것이다. 초음파 진동자의 직경이 30 mm이고, 출력 200 W의 28 kHz인 PZT BLT 진동자를 사용하였고, 증폭부를 결합하여 노즐에 부착하였다.

#### 나. 시작기

전술한 2-유체 초음파 노즐 2를 연무기에 장착한 시작기를 제작하였는 바 이는 초음파 발생장치, 약액공급장치, 압축공기공급장치, 송풍기와 노즐 등으로 구성하였다.

#### 다. 모의식물

분무 약액의 부착분포를 측정하기 위해 지상고 1 m 지점에 약액 부착용 슬라이드 글라

† 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었음.

\* 경상대학교 대학원 농업기계공학과

\*\* 경상대학교 농과대학 생물산업기계공학과 및 농업생명과학연구원

\*\*\* 경상대학교 기계항공공학부, 항공기부품기술연구센터, 공학원

\*\*\*\* 경상대학교 대학원 기계설계학과

스(75mm×25mm, t1)를 모의식물의 가지 위, 아래에 설치할 수 있도록 모의식물을 제작하였다.  
 라. 공시온실

공시 온실의 폭은 9 m, 길이 35 m의 유리온실로서 모의식물을 종방향 3개소, 횡방향 4개소로 총 12개소에 배치하였다(그림 1).

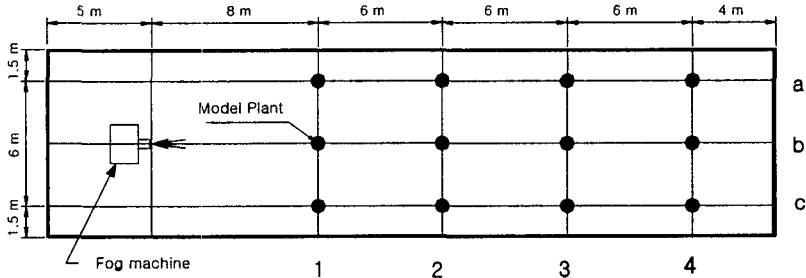


Fig. 1. Schematic representation of sampling points in the greenhouse.

#### 마. 실험방법

##### 1) 부착량 및 분포의 측정

송풍팬의 풍량은 5000 m<sup>3</sup>/min, 공기압은 245 kPa로 하였다. 노즐의 지상으로부터의 높이는 2 m, 분사각은 5°로 하여 온실의 종방향만을 향하여 분사하였다. 공시 약액은 매 실험마다 4 ℓ의 물에 황색식용색소 200 g을 희석한 수용액을 사용하였다.

약액의 분무는 야간에 실시하였고, 온실 밀폐 후 약액을 분무하고 분무 종료 5시간 후 모의식물에 부착했던 슬라이드 글라스를 회수하여 각 시편을 10 ml의 증류수에 세척한 후 그 세척 액의 최대 흡광도를 측정하였다. 부착밀도 측정실험 시 측정된 온실 안의 온도는 23 - 24℃, 상대습도는 46 - 62%이었다.

##### 2) 부착입경의 측정

슬라이드 글라스에 실리콘 오일(1000 cSt)을 도포한 후 각각 모의식물의 줄기 끝에 부착하였다.

분무 약액은 수도물 2 ℓ에 흑색잉크 20 cc를 희석한 수용액을 사용하였으며, 분무종료 5분 후 슬라이드 글라스를 회수하여 현미경에 장착 즉시 영상을 획득한 후, 영상처리 프로그램을 이용하여 입경을 측정, VMD로 나타내었다. 회수한 슬라이드 글라스의 가로(2 mm)×세로(2 mm)를 측정영역으로 하였으며, 각각에 대해 임의로 5곳을 선정하였고, 이 때 현미경을 통하여 획득한 영상의 1 pixel의 값은 1.74 μm이었다. 상용과 초음파에 대해 각각 5회 분무하였다. 부착입경 측정실험 시 측정된 온실 안의 온도는 23 - 26℃, 상대습도는 56 - 66%이었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 부착밀도

표 1에는 분무 5시간 후에 측정된 모의식물에 부착된 약액의 부착량의 분포를 나타내었는 바 슬라이드 윗면의 글라스 전체 부착량의 총합은 상용분무 0.1708 ml, 초음파분무 0.1679 ml로 초음파분무가 0.0029 ml만큼 낮게 나타났다. 그러나 과다 부착량이 발생하는 1b를 제외한 지점에서의 부착량의 총합에서 상용분무 0.137 ml, 초음파 분무 0.138 ml로 초음파 분무

의 경우가 상용분무에 비해 부착량이 높게 나타났다. 과도한 부착현상이 발생하는 연무기 직전의 1b지점에서 상용분무의 경우에 초음파 가진의 경우 보다 14% 더 과도하게 부착되었다.

Table 3. Droplet quantity adhered on the slide glasses in 5 hours after spraying

Location	Droplet quantity (ml)			
	Upper side		Lower side	
	Without ultrasound	Ultrasonic	Without ultrasound	Ultrasonic
1a	0.0105	0.0108	0.0012	0.0012
2a	0.0116	0.0111	0.0014	0.0014
3a	0.0129	0.0133	0.0010	0.0010
4a	0.0118	0.0105	0.0004	0.0004
1b	0.0336	0.0295	0.0027	0.0026
2b	0.0187	0.0158	0.0020	0.0017
3b	0.0144	0.0145	0.0009	0.0011
4b	0.0118	0.0109	0.0012	0.0011
1c	0.0103	0.0120	0.0013	0.0013
2c	0.0117	0.0146	0.0013	0.0013
3c	0.0134	0.0134	0.0009	0.0010
4c	0.0103	0.0113	0.0004	0.0006
Sum	0.1708	0.1679	0.0148	0.0148
Avg.	0.0142	0.0140	0.0012	0.0012
S.D.	0.0065	0.0052	0.0006	0.0006

물잎 뒷면의 온실 내 모서리 부분에 식재되어 있는 작물의 잎 아래면에서의 약액부착면에서 보다 유리할 것으로 판단된다.

#### 나. 부착입경

그림 2와 3에는 상용분무와 초음파 분무시의 슬라이드 글라스에 부착된 입경의 체적중위 직경(VMD)을 나타내었다.

입경이 큰 액적이 부착되는 위치인 1b 위치에서의 입경은 상용분무 시 203.8  $\mu\text{m}$ , 초음파

이는 그만큼 초음파 가진 분무시스템의 장점이라 할 수 있다. 표준편차는 상용분무 0.0065 ml, 초음파 분무 0.0044 ml로 온실 전체면에 대하여 초음파 분무의 경우 상용에 비해 보다 균일하게 분포하였다. 슬라이드 글라스 아랫면에서의 부착량은 2가지 분무법에서 부착총량(0.0148 ml)과 표준편차(0.0006 ml)가 동일하게 나타났다.

액적이 도달하기 어려운 부분 즉 모서리 부분(1a, 1c, 4a, 4c)에서의 슬라이드 글라스 아래면의 평균부착밀도의 합이 상용분무의 경우  $1.79 \times 10^{-4} \text{ml/cm}^2$ 에 비해 초음파분무의 경우  $1.85 \times 10^{-4} \text{ml/cm}^2$ 로  $0.06 \times 10^{-4} \text{ml/cm}^2$  만큼 초음파의 경우에서 높게 나타났다. 따라서 초음파분무가 상용분무에 비해 온실 내 약액분무에서 식

분무 시에 142.7  $\mu\text{m}$ 으로 61.1  $\mu\text{m}$ 의 차이를 보이고 있으며, 4b 위치를 제외한 전체 측정영역에서도 초음파분무시의 부착입경이 상용에 비해 작게 나타나고 있다. 전체 측정영역에서 초음파 분무시의 경우가 상용에 대하여 평균 15.5  $\mu\text{m}$ 의 입경 감소가 나타났다. 또 전 측정영역에서의 상용분무의 표준편차가 52.58인데 비해 초음파 분무의 경우 36.81로 초음파 분무시 전 영역에서의 부착입경이 보다 균일하였다.

온실 내 액적 도달이 비교적 어려운 위치 (1a, 1c, 4a, 4c)에서의 부착입경도 초음파의 가진의 경우에 상용에 비해 작게 나타났다.

분무 5분 후 측정된 슬라이드 글라스 내의 측정영역 5곳의 부착입경에서 체적도 구하였던 바 4b 위치를 제외한 전체 영역에서 상용에 비해 초음파분무의 부착량이 전체적으로 낮게 나타났다.

분무 5시간 후 측정된 윗면 부착량은 1b 위치에서 부착량을 제외한 총량에서 초음파 가진시에 높게 나타나고, 아래면 부착량은 동일하게 나타난 사실과 분무 후 5분 뒤에 측정된 부착량에서 1b 위치를 제외한 부착량은 초음파 가진시가 비가진시에 비해 낮게 나타났다. 이는 초음파에 의해 입경이 더욱 미세화되어 온실 내 액적의 완전 부착시간까지 상용에 비해 초음파가 부유액적의 수가 더 많았음을 의미한다.

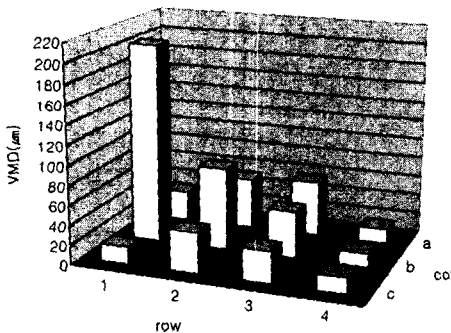


Fig. 2. VMD of spray deposits without ultrasound in the greenhouse.

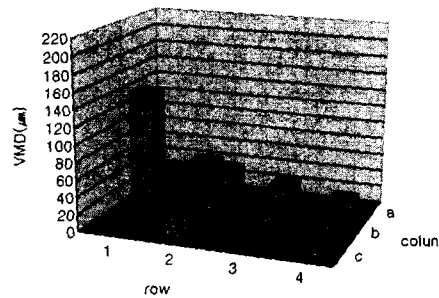


Fig. 2. VMD of ultrasonic spray deposits in the greenhouse.

#### 4. 요약 및 결론

병충해 방제용 상용 연무기에 비해 보다 미세하고 균일한 분무입자를 생성하여 작물への 부착을 용이하게 할 목적으로 초음파를 응용한 상용 연무기용 2-유체 노즐을 설계, 제작하고 이를 적용한 연무기로 온실에서의 분무실험을 통하여 부착량과 부착입경을 측정하고 초음파의 분무특성에 미치는 영향을 측정, 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 슬라이드 글라스 윗면의 부착량의 총합은 상용분무의 경우보다 초음파 가진 분무의

경우에 조금 낮게 나타났다. 그러나 과다부착량이 발생하는 1b지점을 제외한 위치에서의 부착량의 총합은 초음파 가진 분무의 경우가 상용분무에 비해 부착량이 높게 나타났다. 슬라이드 글라스 아래면 부착량은 2가지 분무법에서 부착총량과 균일정도가 동일하게 나타났다.

- 나. 1b지점을 제외한 전체 측정영역에서 초음파분무시의 부착입경이 상용의 경우에 비해 작게 나타나고 있으며, 전체 측정영역에서 초음파 분무시의 경우가 상용에 대하여 평균 15.5  $\mu\text{m}$ 의 입경 감소가 나타났고, 또한 전 영역에서의 부착입경이 균일하게 나타났다.
- 다. 온실 내의 작물에 분무액적이 완전 부착할 때까지 부유액적의 수는 초음파 가진의 경우가 더 많은 것으로 나타났다.

## 5. 참고 문헌

1. 이중용. 1996. 농업기계에 있어서 액체 미립화현상의 응용. 액체미립화학회 학술강연회 논문집 pp.73-80.
2. 주은선, 정진도, 송민근. 1998. 2-유체 분무에서 액체미립화에 대한 초음파의 영향에 관한 연구. 액체 미립화 학회지 3(4) : 50-57.
3. 村田利男, 守田伸六. 1983. 園藝施設用農藥少量散布機による散布藥液粒子の捕集法と粒徑分布. 農機誌 45(1) : 63-70.
4. 村田利男, 守田伸六. 1983. 園藝施設用農藥少量散布機による散布藥液の捕集法と粒徑分布と施設内環境. 農機誌 45(2) : 199 - 205.