

## 공기운반분무기용 세라믹 노즐의 미립화 성능

### The Atomization Performance of Ceramic Nozzles in Air Carrier Sprayer

박석호\*                      노수영\*  
정희원                        정희원  
S. H. Park                    S. Y. No

#### ABSTRACT

Droplet size is one of the important factors in the deposition and drift of agrichemical application. In this study, droplet size and its distribution of the three different sizes of ceramic hollow cone nozzles being used in the air carrier sprayer for apple production were investigated at the various nozzle pressures and the three air velocities. The Malvern particle size analyzer were used for the measurement of droplet size and its distribution. The important results emerged from this study can be summarized as follows.

1. Discharged rate was increase with the increase of the nozzle diameter and pressure, amount of the difference was remarkable between the nozzle diameter of 1.0, 1.2 and 1.5 mm, but no difference were found between the diameter of 1.0 and 1.2 mm in the same nozzle pressure.
2. Mass median diameter were varied as 40~160  $\mu\text{m}$  at the air velocity of 0 m/s, 70~140  $\mu\text{m}$  of 15 m/s and 100~160  $\mu\text{m}$  of 20 m/s.
3. It appeared that the air velocity range of 15~20 m/s was desirable for both drift and deposition control in the given experimental conditions.

**주요 용어(Key Words)** : 공기운반분무기(Air Carrier Sprayer), Malvern입자분석기(Malvern Particle Size Analyzer), 세라믹중공노즐(Ceramic Hollow Cone Nozzle), 질량중위직경(Mass Median Diameter), 입경분포(Droplet Size Distribution)

#### 1. 서론

분무기에서 분무되는 분무입자의 크기는 농약 분무의 부착과 비산에 영향을 주는 중요한 인자로 알려져 있다. 농약의 부착을 증진시키고 비산을 줄이는 것은 첫째 농약의 낭비를 막아 자연 생태계에 부정적 영향을 감소시킬 수 있고, 둘째 원하지 않는 목표물에 농약이 접촉되는 것을 방지하여 농산물의 안정성을 도모할 수 있고, 셋째

작업자의 안전을 도모하는 방법이다. 우리나라에서 발생하는 농약살포 중의 중독 사고는 대부분 비산된 농약입자가 호흡기나 피부를 통하여 인체에 흡수되어 발생하고 있다고 보고되어 있다(이, 1994).

농약방제를 위해서 사용되고 있는 여러가지 분무기 중에서 파수원 등에 사용되고 있으며 대량살포를 목적으로 하고 있는 통칭 스피드 스프레이어(speed sprayer : SS機)에서 농약의 부착

+ 이 논문은 1994년 충북대학교 학술연구재단 연구비에 의하여 연구되었음.

\* 농업기계화연구소 재배기계과

\*\* 충북대학교 농업기계공학과

성을 높이고 비산을 줄이기 위해서 분무입자의 크기와 분포를 파악하는 것이 중요하다. 이러한 분무기는 대형 동력 미스트살포기(mist sprayer), 공기보조(air assisted)분무기, 공기분사 또는 有氣(air blast)분무기, 농축(concentrate) 분무기, 과수원용(orchard)분무기, 공기운반(air carrier)분무기 등 여러가지 용어로 혼용되고 있는 실정이다(Hilsop,1991 ; Matthews,1992).

공기보조 분무기와 공기분사 분무기에서는 액체가 고속의 공기에 의해 노즐 내부나 오리피스 바로 후에서 공기와 혼합되어 분무를 형성한다. 다른 점으로 전자는 보통 음속 정도의 적은 공기량을 사용하는 반면 후자는 100m/s 정도의 저속의 많은 공기량을 사용한다는 것이다(Lefebvre,1989). 그러나 스피드 스프레이어라고 통칭되는 분무기에서는 노즐내부 또는 오리피스 밖에서 미립화용으로 공기를 사용하는 것이 아니고 분무기(atomizer)외부에서 공기를 일부 미립화 목적으로 사용하지만 주로 액체를 살포대상까지 운반 목적으로 공기속도를 15~20 m/s로 사용하는 형식이다(정창주 등 1992). 따라서 이 연구에서 대상으로 한 분무기를 공기운반 분무기라고 하는 것이 타당하다고 생각되므로 이하에서는 이 명칭을 사용하기로 한다.

공기운반 분무기에서 노즐은 여러가지 종류와 재질이 사용되고 있다(Jacobs 와Harrel 1983). 그 중에서 증공원추(hollow cone)노즐은 보통 선화 또는 와류(swirl) 형식으로 276~827 kPa 범위에서 주로 살충제, 고엽제, 성장 억제제, 살균제 등의 방제에 사용되고 있다. 노즐의 재료는 초기에는 황동이나 청동등의 내식성이 강한 소재를 사용하다가 오리피스의 마모와 방제작업의 능률성을 고려하여 스테인레스스틸 및 세라믹소재 등으로 교체되어 사용되고 있다(최등, 1993). 스테인레스스틸 및 세라믹 소재를 사용한 노즐의 내구성 시험결과 노즐의 마모 증량변화는 물을 분무했을 경우 100시간 평균마모량이 파인세라믹 0.073 mg, 스테인레스스틸 5.29 mg으로 노즐재료에 따라 큰 차이를 보인다고 보고하였다(최등, 1993). 농약 운반용 공기는 여러가지 종

류의 핵을 이용하고 있다(Matthews, 1992).

Reichard 등(1977)은 세가지 종류의 공기운반 분무기와 0.79 mm와 3.96 mm사이의 14개 오리피스 지름에서 분사되는 분무의 분무입자직경을 PMS 입자측정장치를 이용하여 측정하였다. 그 결과 주위공기가 무풍일 경우보다 송풍의 경우에 분무입자직경이 증가하였으며 노즐로부터 0.46 m에서 보다 3.68 m에서 분무입자직경이 더 컸음을 알 수 있었다.

Whitney와 Salyani(1991)은 기존의 공기운반 분무기와 로타리 분무기를 사용하여 횡류팬(cross-flow fan)에서 발생한 공기를 살포대상까지 농약을 운반하는 공기막(air curtain)분무기에서 오렌지와 자몽나무를 대상으로 부착성능을 시험하였다. 그 결과 오렌지나무의 경우 이 분무기의 평균부착이 기존의 공기운반 분무기의 부착보다 훨씬 적었다. 그러나 자몽나무의 경우는 그다지 차이가 없었다.

Fox등(1990)은 사과 과수원에서 형광성 염료를 사용하여 공기운반 분무기에서 식물에 부착되는 양을 측정하였다. 그 결과 부착량은 분무기로부터 5 m 이내에 전 분무량의 75 %가 채집판에 부착되었고, 공기중에 떠 있는 분무입자는 지상에서 20 m 지점의 분무거리 122 m에서 3.5 %가 채집되었다. 또한 122 m 이상에서는 부착량이 크게 감소하여 122~152 m 범위에서는 전 분무량의 0.03 % 만이 부착되었다고 보고하였다.

또 농약분무기용 1.4 mm 오리피스에서 분사되는 분무의 분무입자 크기를 Malvern 2605LC를 사용하여 실험한 결과 작은 입자에 중대한 영향을 미치는 분무입자의 증발과 많은 유량에서 중요한 현상인 분무입자의 결합이 분무중에 관찰되었다(Teixeira와 Teixeira,1994). 서 등(1994)은 감수지(water sensitive paper)를 이용하여 분무입자를 채집한 후 영상처리를 통하여 분무입자의 크기와 분무량을 측정하는 방법을 개발하였다.

또한 Koo와 Kuhlman(1993a, 1993b, 1993C)은 넓은 유량범위에서 일관성있는 분무성능을 갖는 가변유량 선화노즐을 개발할 목적으로 선화노즐

을 설계제작한 후 기본적인 분무성능실험을 수행하고 이를 기초로 하여 이론적인 모델을 개발하였다.

한편 생물학적 방제효과에 적합한 분무입자에 관한 연구를 살펴보면 우선 Smith 등(1975)은 100~300  $\mu\text{m}$  크기의 분무입자에 대하여 방제효과를 시험한 결과 방제에는 100~140  $\mu\text{m}$  분무입자크기가 적당하지만 비산방지를 위해서는 크기가 너무 작으므로 방제와 비산을 모두 만족하는 분무입자의 크기는 140~200  $\mu\text{m}$ 가 적당하다고 보고하고 있다. 또 Himel(1969)은 살충제의 경우 20  $\mu\text{m}$  크기의 분무입자크기가 최적 크기이며 50~100  $\mu\text{m}$ 의 경우가 살충효과에 한계크기라고 보고하고 있다. 더 나아가 이(1993)는 분무기용 노즐의 구조에 관한 연구에서 생물학적 방제효과에 적합한 분무입자에 관한 종합적인 연구결과 20  $\mu\text{m}$  이상의 균일한 입자로 보다 넓은 면적에 양호한 방제효과를 얻을 수 있으며, 또한 방제대상물에 따라서 비행중의 곤충은 10~50 $\mu\text{m}$ , 작물잎의 곤충은 30~50 $\mu\text{m}$ , 작물잎은 40~100 $\mu\text{m}$ , 토양과 비산을 피해야 될 제초제는 250~500 $\mu\text{m}$  입자크기 범위가 적절하다고 보고하였다. 또한 분무기는 150~440 $\mu\text{m}$ , 미스트기 30~100 $\mu\text{m}$ , 미량 소량살포기 40~140 $\mu\text{m}$ , 연무기 0.5~50 $\mu\text{m}$  범위로 알려져 있다.

분무입자에 영향을 미치는 인자로는 분무기의 크기와 형상, 액체와 주위가스의 물리적성질 및 노즐의 기하학적인 특성이 있다(Lefebvre, 1989). 또한 표면장력은 입자의 형성을 구형으로 유지하고 표면장력이 감소할 수록 입자가 미세화된다고 보고하였으며 6cp 정도의 점성은 입자형성에 별 영향을 주지 않았으며 20cp 정도에서는 점성이 클 수록 입자가 증대하였고 물과 공기의 혼합물의 혼합경계의 점성은 큰 영향이 없었다고 보고하였다. 이(1993)의 연구에서 통상적인 범위의 밀도는 별 영향이 없었으며 주어진 동일한 조건하에서 밀도가 작을 수록 입자는 미세화 된다고 보고하였다.

현재 국내에서 과수원용 공기운반분무기의 세라믹 노즐이 개발되어 있지만 이 분무기의 미립화 성능에 관한 자료가 부족한 실정이다. 따라서

이 연구에서는 프로펠러 웬을 장착한 과수원용 공기운반 분무기에 사용되고 있는 세라믹 중공원추(hollow cone)노즐에서 분사되는 분무입자의 입자직경 및 입자분포를 측정하는 것을 첫번째 목적으로 한다. 둘째로는 각 농작물에 적합한 분무입자의 크기와 측정결과를 비교분석하여 효과적인 농약살포를 위한 데이터를 제시하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시대상노즐

공시노즐은 과수원용 공기운반분무기에 사용되는 것으로서, 알루미늄을 주성분으로 하는 화인세라믹으로 제조되었으며 와류방식의 중공원추형 노즐로써 노즐오리피스 직경이 1.0 mm, 1.2 mm, 1.5 mm이고 노즐판 두께가 2.0 mm인 디스크형으로 사과나무의 방제에 이용되는 3가지 노즐을 선택하였다. 공시노즐은 전부 동일 실험장치를 이용하고 실험시에는 노즐만 교환하였다. 농약은 1,000배 이상 희석하여 사용하므로 물의 점도와 같다고 가정하고 물을 사용하여 실험하였고 점도의 영향은 고려하지 않았다(이, 1993). 공시노즐의 자세한 사양은 그림 1에 나타내었다.

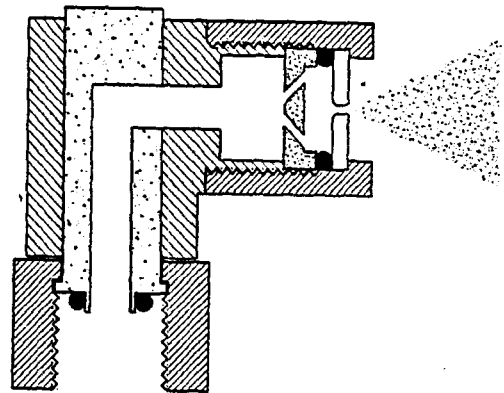
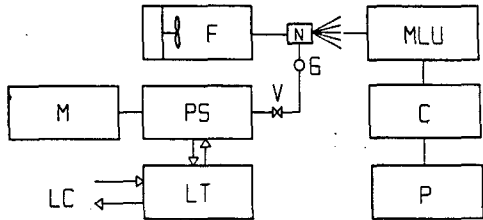


Fig. 1. Cross-section view of the tested nozzle.

나. 실험장치

본 실험에 사용한 실험장치는 그림 2와 같이 액체공급장치, 송풍기, Malvern 입자분석기 등으로 구성하였다.



MLU : Malvern laser unit, C : Computer, P : Printer, N : Nozzle, M : Motor, PS : Power sprayer, LT : Liquid tank, V : Liquid valve, LC : Liquid circulation, G : Pressure gage

Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus.

분무기는 과수원용 공기운반분무기에 사용되는 횡형 3련 플런저식으로 상용 압력이 2.75 MPa, 상용 분무량은 38ℓ/min, 상용 회전수는 750 rpm이고 모타는 2.2 kW, 60 Hz, 1700 rpm의 삼상유도전동기를 사용하였다. 액체공급관은 내경이 8.5 mm이고 내압이 9.80 MPa 이상인 열화비닐호스를 사용하였으며 압력계는 사용범위가 0~4.90 MPa인 부르동압력계를 사용하였다. 물의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 액체 탱크의 물을 순환하도록 장치하였다.

송풍기는 풍속 및 풍량에 따른 분무입자직경 및 분무입자분포를 측정하기 위하여 2대를 사용하였으며 그중 한대는 최대풍속이 15 m/s, 출구 직경 290 mm, 풍압은 49 mmAq, 풍량은 60 m<sup>3</sup>/min이었으며 또 다른 하나의 송풍기는 최대풍속 20 m/s, 출구직경 40 mm, 풍압 60 mmAq, 풍량은 80 m<sup>3</sup>/min 이었다.

풍속측정기는 프로펠러식 Testo 452로서 온도, 습도 및 풍속 등이 측정가능하다. 온도 측정 센서는 NiCr-NiAl으로 분해능은 0.1℃, 온도 측정범위는 -30~140℃이다. 풍속 측정의 경우에는 측정범위 0.4~40.0 m/s, 분해능은 0.1, 로타리회전을 전기적 신호로 변환하여 풍속을 측정

하는 원리로 되어 있다. 습도 측정범위는 0~100 % RH이며 분해능은 0.1이다.

Malvern 입자분석기(2600 Series)는 비이미지 광시스템으로 Fraunhofer회절의 원리를 이용하여 분무입자를 측정하는 기기이다. 분무 입자들이 레이저 빔을 가로질러 통과하게 되면 이 분무입자들에 의해 레이저 빔이 서로 간섭을 일으키게 되어 밝은 부분과 어두운 부분의 무늬가 생긴다. 이러한 무늬를 렌즈를 통해 31개의 밝은 부분과 어두운 부분의 링으로 구성된 감광기에 접촉시키게 되면 이 빛은 전기적 신호로 변환된다. 감광기의 링의 간격에 따라 분무입자직경이 좌우된다. 분무입자크기분포는 대수 정규분포(Log-normal distribution)와 Rosin-Rammler분포를 이용하여 검증하여 질량중위직경(mass median diameter : 이하 MMD라고 함), Sauter 평균직경(sauter mean diameter : 이하 SMD라고 함), 체적평균직경(volume mean diameter) 등이 출력된다. 9개의 세계 각국 실험실에서 10개의 장치에 대해 이 장치에 대한 정확도를 검증한 결과 2600시리즈는 실제값과 실험값이 잘 맞는 것으로 입증되었다(Hirleman과 Dodge, 1985).

다. 실험방법

이 연구에서는 과수원용 공기운반분무기의 노즐직경 1.0mm, 1.2mm 및 1.5mm의 세가지 노즐을 사용하여 무풍과 송풍속도에 따른 노즐크기별, 분무압력별, 분무거리별로 분무입자크기 및 분무입자크기분포 등을 측정하였다.

분무압력은 기존의 과수원용 공기운반분무기의 상용 압력이 1.47 MPa이기 때문에 이 연구에서는 분무압력을 0.98, 1.47 및 1.96 MPa로 하여 분무압력에 따른 분무입자크기 및 분무입자의 분포를 측정하였다. 또한 압력측정은 압력강하를 고려하여 압력계를 노즐 바로 전에 설치하여 압력을 측정하였다. 압력계이지의 측정범위는 0~4.90 MPa이다.

송풍기의 풍속측정은 프로펠러식 Testo 452를 이용하여 풍속, 온도, 정압 및 습도를 측정하였

다. 풍속은 송풍기 출구의 노즐지점에서 9개 지점의 풍속을 3회 반복 측정하였다. 기존의 과수원용 공기운반분무기의 풍속은 노즐지점에서 평균 20 m/s이므로 이 연구에서는 풍속을 15 m/s와 20 m/s로 변화시켜 송풍에 따른 분무입자직경 및 분무입자크기분포를 측정하였다.

과수원의 사과나무의 재식거리는 수평에 따라 큰 차이가 있으나 대체로 4 m×6 m이고 왜성사과의 경우는 재식거리가 2 m×6 m이다. 과수의 높이는 종류에 따라 다르지만 높이가 3.5 ~ 5 m, 폭은 0.5~4 m의 범위에 있다. 과수원용 공기운반분무기의 분무도달 거리는 수평으로 16 m, 수직으로 12 m이지만 이 연구에서는 실험실 여건을 고려하여 1~10 m 범위에 대해서만 측정하였다.

노즐분무량은 압력별로 노즐에서 나오는 물을 매스실린더와 스톱워치를 이용하여 5반복 측정하였다.

분무입자의 측정은 일정한 압력하에서 Malvern 입자 분석기의 레이저 광선과 노즐의 높이를 일치시켜 분무중심축에서 분무거리별(1~10 m)로 5반복 측정하였으나 반복간에 큰 차이를 보이지 않아서 3반복 측정하였다. Malvern 입자 분석기의 렌즈는 300 mm 렌즈를 사용하였으며 이때에 분무분무입자의 측정범위가 렌즈로부터 400 mm로 측정제한범위(Cut-off Distance; Vignetting)가 존재하기 때문에 이 점에 주의하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3에 노즐직경에 따라 분무압력이 분무량에 미치는 영향을 나타내었다. 노즐직경 및 분무압력이 증가할수록 분무량이 증가하였으며 증가 폭은 노즐직경 1.5 mm에서 가장 크게 나타났다. 동일한 압력에서 분무량은 노즐직경 1.0 mm와 1.2 mm 사이에서는 차이가 거의 없었지만 노즐직경 1.5mm 에서는 현저하게 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 송풍기를 작동하지 않은 무풍시에

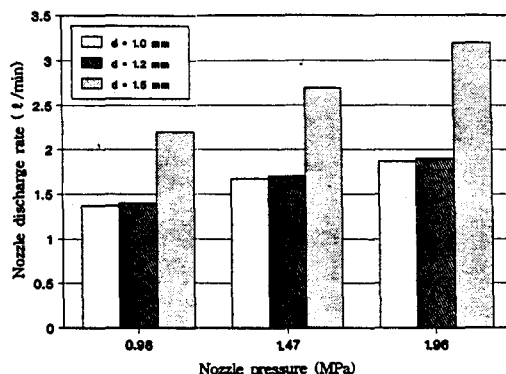


Fig. 3. Effect of nozzle pressure on nozzle discharge rate for different nozzle diameter.

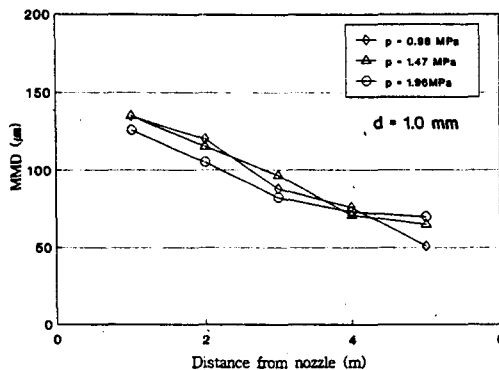


Fig. 4. Effect of distance from nozzle on droplet size for various nozzle pressure (v=0 m/s, d=1.0 mm).

노즐직경 1.0 mm의 경우 분무압력에 따라 분무거리가 분무입자직경(MMD)에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 분무입자의 크기는 분무거리가 증가함에 따라 140 μm에서 60 μm로 완만하게 감소하였다. 또한 분무압력에 따른 분무입자의 크기는 큰 차이를 보이지 않았다. 노즐직경 1.2 mm와 1.5 mm에서도 비슷한 경향으로 나타났다.

그림 5에 공기속도에 따라 분무거리가 분무입자직경(MMD)에 미치는 영향을 나타내었다. 무풍시에는 분무거리 3 m 이하에서는 분무입자크기가 급격히 감소하다가 분무거리 4 m 이상에서는 완만하게 감소함을 볼 수 있다. 공기속도 15 m/s는 140 μm에서 70μm로, 20 m/s에서는 160

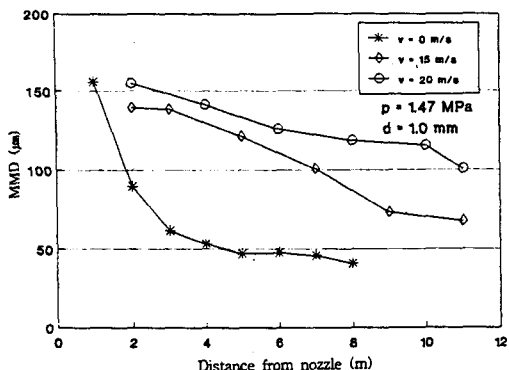


Fig. 5. Effect of air velocity and distance from nozzle on droplet size ( $p=1.47$  MPa,  $d=1.0$  mm).

μm에서 100 μm로 분무거리가 증가함에 따라 완만하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이 결과로부터 분사된 분무입자가 공기에 의해 멀리 운반되는 사실을 확인할 수 있었다.

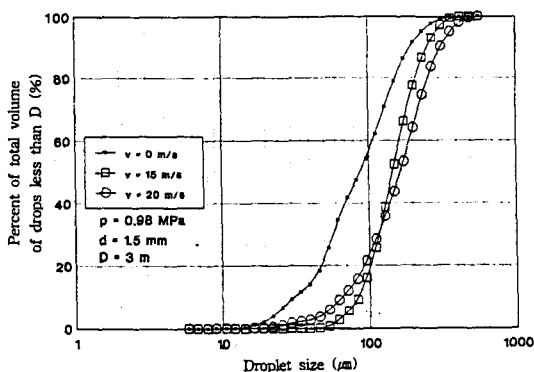


Fig. 6. Influence of air velocity on cumulative drop size distribution ( $p=0.98$  MPa,  $d=1.5$  mm,  $D=3$  m).

그림 6에 분무압력 0.98 MPa, 노즐직경 1.5 mm, 분무거리 3 m에서 공기속도가 분무입자크기분포에 미치는 영향을 나타내었다. 공기속도 15 m/s와 20 m/s에서 MMD가 무풍시 보다 약 70 μm 정도 크고 비교적 균일한 분무입자를 형성하는 것으로 나타났다.

그림 7에 노즐크기에 따라 분무거리가 SMD 및 MMD에 미치는 영향을 나타내었다. 노즐크기에 관계없이 MMD가 SMD 보다 큰 것으로 나

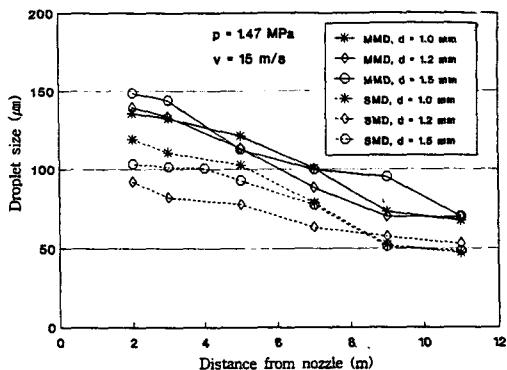


Fig. 7. Comparison between SMD and MMD for different nozzle diameter. ( $p=1.47$  MPa,  $v=15$  m/s).

타났다. 또한 분무거리가 증가함에 따라 MMD와 SMD 모두 같은 경향으로 감소하였다. 분무압력에 따라서도 이와 비슷한 경향으로 나타났다.

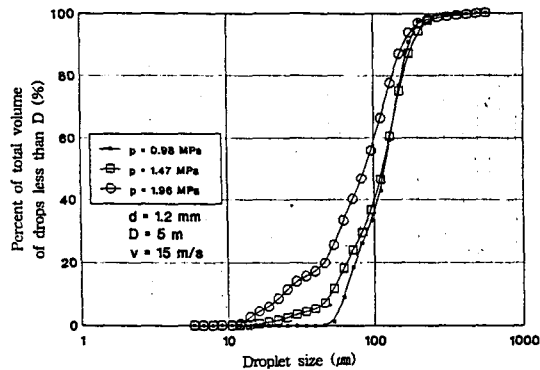


Fig. 8. Influence of nozzle pressure on cumulative drop size distribution ( $d=1.2$  mm,  $D=5$  m,  $v=15$  m/s).

그림 8에 노즐직경 1.2 mm, 분무거리 5 m, 공기속도 15 m/s에서 분무압력이 분무입자크기분포에 미치는 영향을 나타내었다. 분무압력 0.98 MPa 및 1.47 MPa에서 MMD가 분무압력 1.96 MPa에서보다 40 μm 정도 크고 압력이 낮아질수록 더 균일한 분무입자크기분포를 형성하는 것으로 나타났다. 분무거리가 증가할수록 이러한 경향이 뚜렷해지는 것으로 나타났다. 그림 9에서는 노즐직경 1.2 mm, 공기속도 20 m/s에서

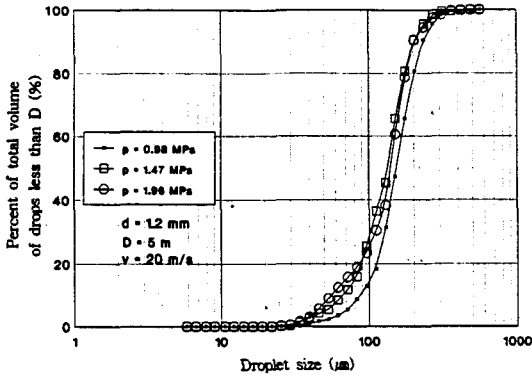


Fig. 9. Influence of nozzle pressure on cumulative drop size distribution ( $d=1.2$  mm,  $D=5$  m,  $v=20$  m/s).

분무거리 5 m에 대하여 분무압력이 분무입자크기분포에 미치는 영향을 나타내었다. 분무입자크기분포는 공기속도 15 m/s에 비하여 분무입자의 크기는 증가하였지만 분무압력에 따른 분무입자크기분포는 특정한 경향을 보이지 않았다. 이는 공기속도가 증가함에 따라 분무입자는 멀리 이동되어 분무입자의 크기는 증가하지만 분무압력에 따른 분무입자크기분포의 뚜렷한 차이는 없었다.

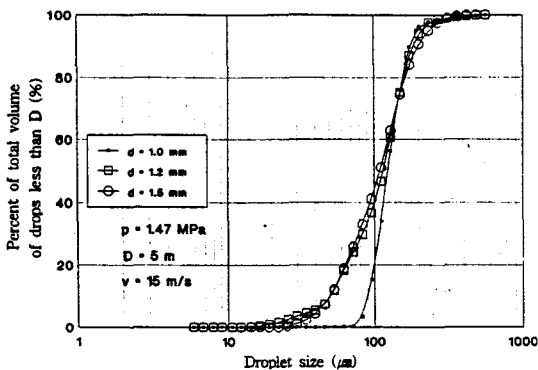


Fig. 10. Influence of nozzle diameter on cumulative drop size distribution ( $p=1.47$  MPa,  $D=5$  m,  $v=15$  m/s).

그림 10은 노즐크기가 분무입자크기분포에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이때의 분무압력은 1.47 MPa, 분무거리는 5 m, 공기속도는 15 m/s이다. 노즐직경 1.0 mm에서 분무입자크기분포

가 직경 1.5 mm와 1.2 mm에서 보다 더 균일하게 형성되는 것으로 나타났다. 분무거리가 증가할수록 이러한 경향이 더욱 뚜렷하게 나타났다. 그림 11에서는 분무거리 5 m에서 노즐크기가 분무입자크기분포에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

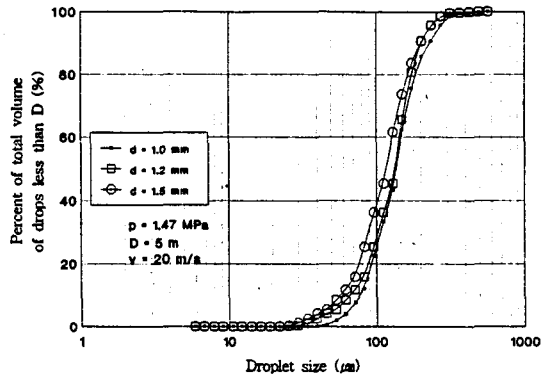


Fig. 11. Influence of nozzle diameter on cumulative drop size distribution ( $p=1.47$  MPa,  $D=5$  m,  $v=20$  m/s).

이때의 분무압력 1.47 MPa, 공기속도 20 m/s이다. 공기속도 15 m/s에 비하여 분무입자의 크기는 약간 증가하였으나 노즐크기에 따른 분무입자크기분포의 뚜렷한 차이는 없었다.

농약의 부착을 양호하게 하고 비산을 줄이기 위해서는 농작물에 적합한 입자크기의 분무입자를 균일한 크기로 살포해야 한다. 서론에서 검토한 바와 같이 보다 넓은 면적에 양호한 방제효과를 위해서는 20 μm 이상의 균일한 분무입자로 살포해야 하며, 비산을 고려했을 경우는 140~200 μm의 크기가 알맞다. 또한 농작물에 대한 적정분무입자에 관한 연구 등에 의하면 비행중의 곤충에 대해서는 10~50 μm, 작물잎의 곤충은 30~50 μm, 작물잎에 효과적인 부착을 위해서는 40~100 μm, 토양의 오염과 비산을 피해야 할 제초제는 250~500 μm 이다.

이 연구에서 수행한 공기운반분무기의 분무입자크기는 분무거리 1~10 m, 분무압력 0.98~1.96 MPa, 노즐크기 1.0~1.5 mm에서 무풍시에는 MMD 40~160 μm, 15 m/s에서는 MMD 70~140 μm, 20 m/s에서는 MMD 100~160 μm로 공

기속도가 증가할수록 분무입자크기가 증가하면서 그 변화폭이 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 기존의 연구결과와 이 연구에서의 연구결과를 비교할 때 비산을 고려하여 방제작업을 할 경우에는 공기운반분무기의 공기속도를 20 m/s, 작물잎에 효과적인 부착을 위해서는 공기속도를 15 m/s로 하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 공시한 노즐크기와 분무압력은 분무입자크기에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며 분무입자크기분포에 미치는 영향은 공기속도 15 m/s에서는 분무압력과 노즐크기가 작을수록 균일한 분무입자를 형성하였으며 공기속도 20 m/s에서는 노즐크기 및 분무압력에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

#### 4. 결론

오리피스 직경 1.0, 1.2 및 1.5 mm인 공기운반분무기의 세라믹 노즐에 대하여 주위 공기속도를 무풍시, 15m/s 및 20 m/s로 변환하여 분무거리 및 압력에 따른 분무입자크기와 분무입자분포 등을 Malvern 입자분석기를 사용하여 측정된 결과 다음과 같다.

1. 분무량은 오리피스직경 및 분무압력에 따라 증가하였으며 증가폭은 오리피스직경 1.0 mm 및 1.2 mm 보다 1.5mm에서 크게 나타났다. 또한 같은 압력에서의 분무량은 노즐직경 1.0 mm 및 1.2 mm에서 거의 차이가 없었으나 1.5 mm에서는 현저하게 증가하였다.

2. 송풍에 따른 분무입자크기를 측정한 결과 무풍시에는 MMD 40~160  $\mu$ m, 공기속도 15 m/s에서는 MMD 70~140  $\mu$ m, 공기속도 20 m/s에서는 MMD 100~160  $\mu$ m 범위의 분무입자를 형성하는 것으로 나타났다.

3. 공기속도에 따른 분무입자분포를 측정된 결과 공기속도 15 m/s 및 20 m/s 에서 분무입자의 크기가 무풍시 보다 70  $\mu$ m 정도 크고 비교적 균일한 분무입자를 형성하는 것으로 나타났다.

4. 비산과 부착을 고려한 공기속도는 실험조건하에서 15~20 m/s 의 범주가 적당한 것으로

나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 서상룡, 김태환, 성제훈, 정종훈, 유수남. 1994. 컴퓨터시각에 의한 분무입자 크기와 분무량 측정법 개발, 농업기계학회지 19(4) : 369~379
2. 이상우. 1993. 분무기용 노즐의 구조에 관한 연구, 한국농업기계학회지 18(2) : 100~109
3. 이중용. 1994. 정밀방제기술의 이론적 기초와 작업자의 안전확보 방안, 농약정보 15(5) : 52~57
4. 정창주등 공저. 1992. 농작업기계의 분석과 설계, 서울대학교 출판부 : 129
5. 최광재, 박석호, 강창호, 정인규. 1993. 방제기 노즐의 재료별 내구성, 농촌진흥청 농업논문집 35(2) : 702~707
6. Fox, R.D., R.D. Brazee, Reichard, D.L. and F. R. Hall. 1990. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. TRANSACTIONS of the ASAE. 33(4) : 1104~1108.
7. Himel, C.M. 1969. The Optimum size for insecticide spray droplets. J. Econ. Entomol. 62(4) : 919~925
8. Hilsop, E.C. 1991. Air assisted crop spraying : an introductory review. BCPC Monograph 46 : 3~14.
9. Hirleman, E.D. and L.G. Dodge. 1985. Performance of Malvern instruments laser diffraction drop size analyzers. Proc. of ICLASS-85 : IVA/3/1~3/14.
10. Jacobs, C. O. and W. R. Harrel. 1983. Agricultural power and machinery, McGraw-Hill : 356~363.
11. Koo, Y.M. and D.K. Kuhlman. 1993C. Theoretical spray performance of swirl-type nozzle. TRANSACTIONS of the ASAE. 36(3)



- : 671~678.
12. Koo, Y.M. and D.K. Kuhlman. 1993a. Spray performance models of a designed swirl nozzle. TRANSACTIONS of the ASAE. 36(3) : 679~684.
  13. Koo, Y.M. and D.K. Kuhlman. 1993b. A Variable flow Nozzle with consistent spray performance. TRANSACTIONS of the ASAE. 36(3) : 671~678.
  14. Lefebvre, A.H. 1989. Atomization and Sprays. Hemisphere.
  15. Matthews, G.A. 1992. Pesticide application method. 2nd ed. Longman Group.
  16. Reichard, D.L., H.J. Retzer, L.A. Liljedahl, F. R. Hall. 1977. Spray droplet size distributions delivered by air blast orchard sprayers. TRANSACTIONS of the ASAE. 20 : 232~242.
  17. Smith, D.B., E.C. Burt and E.P. Lloyd. 1975. Selection of optimum spray-droplet size for boll weevil and drift control. J. Econ. Entomol. 68(3) : 415~417.
  18. Teixeira, J.C.F. and S.F.C.F. Teixeira. 1994. Evaluation of nozzles for water atomization in agriculture. Proc. of ICLASS-94 : 843~850.
  19. Whitney, J. and M. Salyani. 1991. Deposition characteristics of two air carrier sprayers in citrus trees. TRANSACTIONS of the ASAE. 34(1) : 47~50.