

과수방제기 살포입자의 직경 분포특성

Size Distribution of Droplets Sprayed by an Orchard Sprayer

구영모	신범수	김상헌
정회원	정회원	정회원
Y. M. Koo	B. S. Shin	S. H. Kim

SUMMARY

Generated agri-chemical droplets by orchard sprayers are evaporated, regenerated and transported along wind streams. The droplets are deposited to targets after changing their sizes, affecting the retention of droplets. An orchard sprayer, designed for spraying grapevines was studied on the spatial distribution of droplet size. The experimental variables were spray direction (0, 22.5, 45, 67.5 and 90°), distance(2.5, 3.0 and 3.5 m) and fan speed (2,075 and 3,031 rpm).

Droplet sizes were converted and analyzed from spray stains, sampled using water sensitive papers. The number median diameter (NMD) increased with an increase of the distance due to disappeared fine droplets (<50 μm); however, the volume median diameter (VMD) decreased due to shrunken large droplets (>100 μm). Fast fan speed delivered large droplets to 3.5 m, but the spatial distributions of NMD and VMD were not uniform. Slower fan speed decreased the possibility of evaporation and drift; therefore, plenty of droplets were maintained up to 3.0 m.

The upward blasting distance was limited within 3 m, but the limit to the ground level was extended to 3.5 m. Concentrated wind and droplets to the ground level should be redistributed to upper canopy direction, leading more uniform deposits. High speed wind and system pressure should be avoided because of generating fine droplets, which would be disappeared and drifted away.

Keywords : Orchard sprayer, Droplet size distribution, Number median diameter, Volume median diameter.

1. 서 론

살포작업의 효율성과 약제의 효과는 약제입자의 균일한 분포와 방제목표로의 정확한 이송에 의하여 제고 될 수 있다(Koo et al., 2000). 감귤류의

기계화 수확을 돕기 위한 탈립제의 살포에서 약제의 높은 부착량 보다는 균일한 도포율이 기계수확의 효율을 높일 수 있었는데(Koo et al., 1999) 이는 살포목표 지점에 대한 약제의 정확한 전달이 약제도포의 균일도에 의해서 구현되었기 때문이었

This study was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry. This article was submitted for publication in July, 2001, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in September, 2001. The authors are Young Mo Koo, Associate Professor, Agricultural Machinery Engineering Dept., Kyungpook National University, Daegu, Korea, Beom Soo Shin, Associate Professor and Sang Hun Kim, Professor, Division of Agricultural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea. The corresponding author is Y. M. Koo, Associate Professor, Agricultural Machinery Department, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea. E-mail. <ymkoo@knu.ac.kr>.

다. Koo et al. (2001)은 소형 과수방제기 살포입자의 부착특성 중 도포율과 입자밀도의 분포 특성을 분석함으로써 과수방제기 개발에 있어서 중요한 살포입자의 부착특성을 구명하였다. 이 연구에서 풍속은 거리 및 지면으로부터 각도가 커질수록 급속히 감소하였고, Salyani and Hoffmann (1996)의 연구결과에서 밝힌 바와 같이 도포율은 풍속크기와 일치하지 않았음을 보였다. 또한 도포율의 분포는 팬의 속도가 고속일 경우가 저속에 비해 불균일 했으며 지면방향으로 집중하였다. 거리 증가에 따른 도포율 감소량이 입자밀도의 감소량에 비해 높은 것으로 보아 분무입자의 도달거리가 증가함에 따라 작은 입자의 도포율에 미치는 영향이 커짐을 알 수 있었다.

Salyani et al. (2000)는 타워형 과수방제기의 살포 영역을 포함하는 12위치(높이 3수준×거리 4수준)에서 도포량을 측정하고 공간적 분포를 분석하였다. 정지상태에서의 풍속과 도포율은 거리가 증가함에 따라 급격히 감소하며 풍속과 도포율은 상관관계가 없음을 보였고 풍량이 적은 경우에서 오히려 높은 도포량을 나타내기도 하였다.

Koo et al. (2001)의 논문에서는 도포율 분포를 측정하고 분석하였으나 입자의 크기별 분석을 통하여 각 거리별 입자의 동적 이송과 도달 특성을 분석할 필요가 있었다. 입자의 직경은 부착효율에 직접적으로 영향을 미치며 방제 대상에 따라 방제 효과에 지대한 영향을 미친다 (Koo et al. 1996). Koo et al. (1993)은 서로 다른 세 가지 체적중위 직경(VMD, $D_{v,5}$) 74, 37 및 $6\mu\text{m}$ 을 제조하고 살수관수와 동시에 방제하는 관개방제(chemigation) 방법을 이용하여 옥수수 및 목화에 대한 방제효과를 확인한 결과 큰 입자의 부착효율이 증가함으로써 밤나방의 방제율을 높일 수 있었다. 관개방제는 다량의 관수에 부유하는 油性입자의 부착을 기대하므로 공기중에 비산하는 입자의 부착과정과는 다르지만 입자의 크기가 부착에 영향을 주었음을 보였다. Salyani (1988)는 실내 실험을 통하여 부착효율에 영향을 미치는 입자의 속도, 부착표면의 상태 및 액체특성 등 여러 변수를 분석하였는데 240-340 μm 의 입자직경에서 부착효율이 가장 높았다.

입자직경을 측정하기 위하여 감수지에 입자를 부착시킨후 퍼짐비(spread factor)를 이용하여 부착직경(stain diameter)을 입자 구(球)의 직경(droplet diameter)으로 변환하여 사용하였으며 이는 영상처리 방법과 연계하여 입자의 크기를 분석하는데 효

율적으로 사용되어 왔다 (Barry et al., 1978; Salyani and Fox, 1999).

본 연구는 Koo et al.(2001) 연구의 제2편으로서 소형 과수방제기 살포입자 직경의 분포특성을 분석함으로써 과수방제기 개발에 있어서 중요한 살포입자의 이송특성을 이해하고 최적 방제작업 및 설계 조건을 구명하기 위한 기초자료를 얻는 데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 Koo et al.(2001)의 실험결과를 입자경 환산방법으로 해석하여 살포입자의 이송특성을 규명하였으므로 제1편의 실험방법을 다음에 요약하였다. 연구에 사용된 공기방사식 과수방제기(한서정공 SS-180CT)는 주로 포도나 왜성사과 등 키 작은 작물에 사용되는 소형(180 l용량)으로 실험에서 선택한 작업조건인 변수는 팬의 속도(2수준) 및 붐의 斷續(3수준)이었다. 팬의 속도는 일정 분사압력(13 kg/cm^2)을 유지하면서 2,075 rpm(저속)과 3,031 rpm(고속)으로 조정하였으며(풍속분포: Koo et al., 2001), 붐의 단속은 우측 및 상단의 독립된 붐을 조합하여 측면개방(side-boom only), 상단개방(upper-boom only), 상단 및 측면 모두개방(both booms) 등 3수준으로 하였다. 방제기 진행방향으로 우측반경에 대하여 $1/4$ 원호를 22.5° 씩 4등분한 분할점에 샘플링 구조물을 이용하여 감수지를 노즐의 분사방향에 수직하게 부착하였다. 감수지의 부착위치에 따른 변수로는 거리(2.5, 3.0 및 3.5 m)와 방향(5수준)을 선택하였고 실험은 3회 반복하였다. 방제실험은 실험압력에서 노즐 당 토출량이 0.75 l/min 로 유지되도록 실시하였고, 방제기의 주행속도는 분무 입자가 겹쳐져 쌓입자가 되지 않도록 0.81 m/s (2.92 km/hr: 전진2단)를 선택하였다.

부착입자의 직경측정을 위해 감수지에 형성된 着點을 CCD카메라(CS5130, Tokyo Electronic Industry Co.)와 영상처리 프로그램인 Optimas(ver. 6.0)를 이용하여 화상 분석하였다. 인식된 입자는 부착되어 퍼진 입자의 크기이므로 퍼짐비를 이용하여 부착직경(stain diameter)을 입자 구(球)의 직경(droplet diameter)으로 변환하고, 입자밀도(droplet density)는 단위 면적당 입자수(no./ cm^2)로 나타내었다.

입경의 분포특성을 분석하기 위하여 개체중위직경(NMD, $D_{N,5}$, number median diameter) 및 체적중

위직경(VMD, $D_{v,5}$, volume median diameter)을 사용하였다. 입자직경으로 환산된 입자의 집단분포를 log-probability 그래프를 통해 개체직경 분포와 체적직경 분포로 나타내었으며 각각에 대한 중위값(median)을 NMD(개체중위직경) 및 VMD(체적중위직경)로 구했다 (Hinds, 1982). 이들 입경의 공간적 분포를 가시적으로 표현하고 분석하기 위하여 보간법(cubic spline interpolation: SigmaPlot v4.0)을 이용하여 각 거리의 5방향에서의 입경분포를 연속선으로 표시하였다. NMD는 입자의 개수를 中位的으로 대표할 수 있는 입자크기를 나타내므로 입자와의 접촉횟수로 인한 방제효과가 나타나는 접촉(contact)의 효과지표가 되며, VMD는 입자의 체적을 中位的으로 대표할 수 있는 입자크기를 나타내므로 입자가 포함한 약제의 양으로 방제효과가 나타나는 흡수(take-up)의 효과지표가 된다 (Matthews, 1992).

3. 결과 및 고찰

가. 개체중위직경 (Number Median Diameter, NMD, $D_{N,5}$)

그림 1과 3은 각각 고속 및 저속 팬속도에 대한 불 단속에 의한 각 위치 (거리, 방위각)에서의 NMD 분포를 나타내었으며, 그림 2와 4에는 각각 대응되는 입자밀도의 분포를 나타내었다. NMD는 개수분포에 대한 중위값으로 입자와의 접촉확률에 대한 지표가 된다. 측면 불 개방의 경우 0° 와 45° 방향에 입자가 집중되었으며 (그림 2-a와 4-a) NMD에 대한 거리의 영향은 없었고 그 값은 $30\sim 60\ \mu\text{m}$ 범위에 있었다 (그림 1-a와 3-a). 입자는 2.5 m에서 3.0 m로 이송되면서 NMD가 증가하였는데 이는 비교적 작은 입자($20\sim 50\ \mu\text{m}$)의 증발 및 비산으로 인하여 입자 수가 감소되면서(그림 5-a) NMD는 증가하였다(그림 5-b). 그림 5-a의 소멸된 입자는 입경의 범위별 입자의 감소 수로 나타내었다. 0° 방향에는 상부에서 유입된 입자가 집적되어 3.5 m까지 이송되었으며 NMD는 $60\ \mu\text{m}$ 정도였다.

상단 불 개방의 경우 $60\sim 90^\circ$ 에 입자가 집중하였으며(그림 2-b와 4-b) NMD는 고속일 때 $20\sim 80\ \mu\text{m}$ (그림 1-b), 저속일 때는 $30\sim 60\ \mu\text{m}$ (그림 3-b) 범위에 있었다. 또한 0° 방향에도 입자가 집적되었는데 이는 상부로부터 2차적으로 유입된 입자이

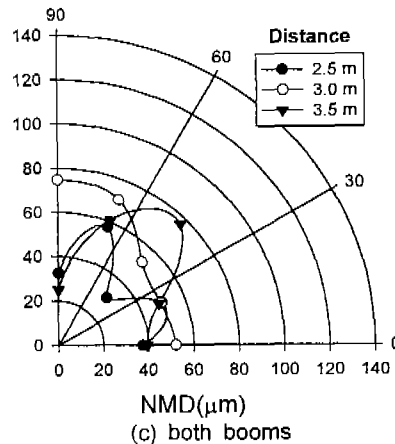
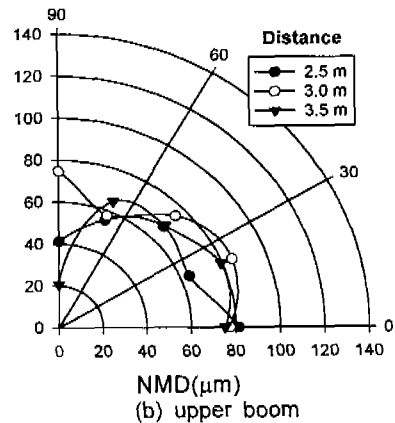
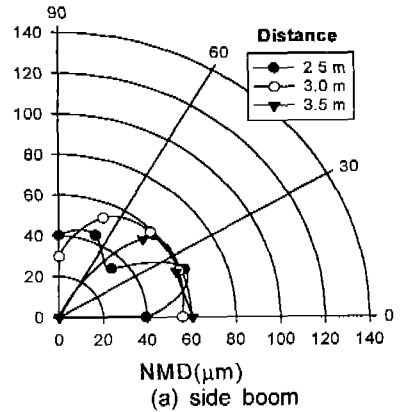


Fig. 1 Number median diameter(μm) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the high fan speed of 3,031 rpm.

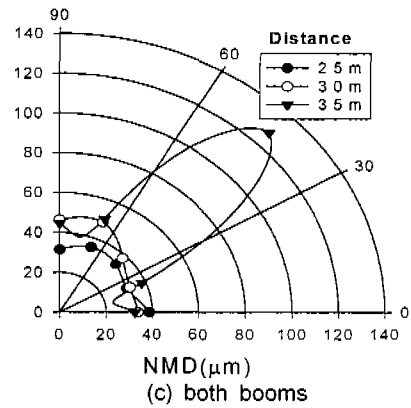
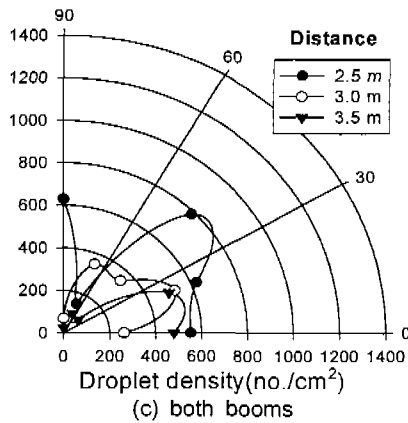
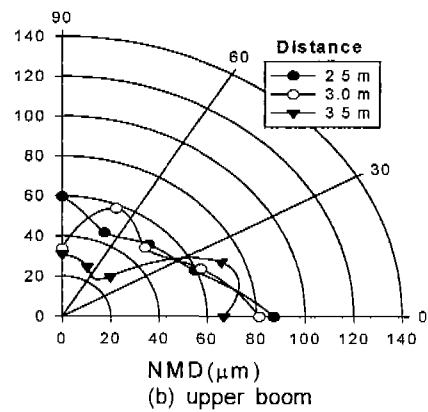
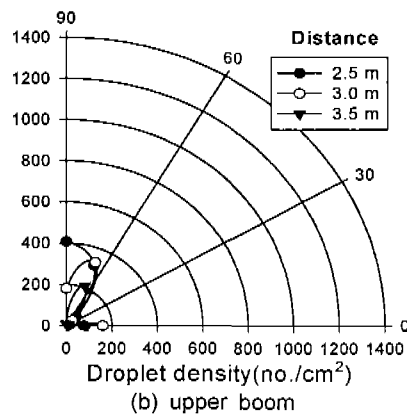
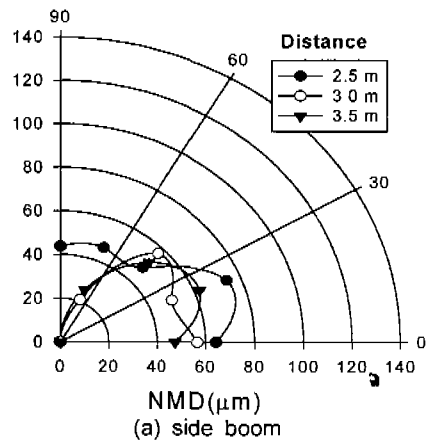
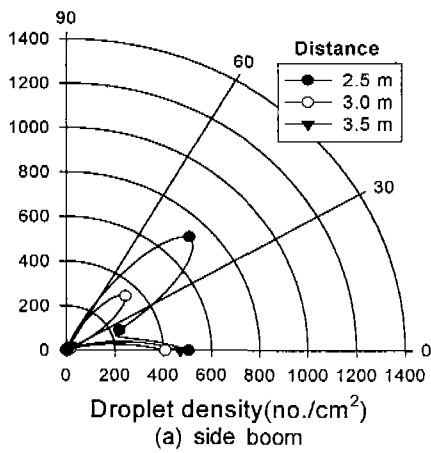
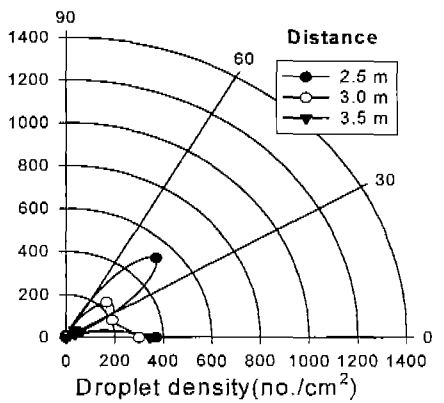
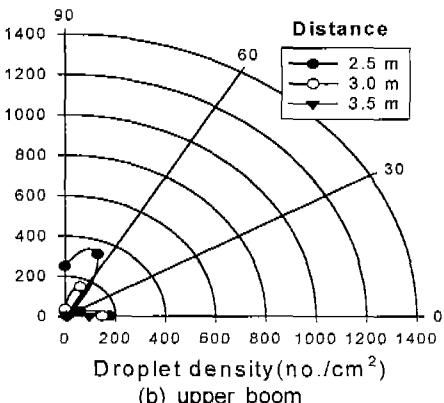


Fig. 2 Droplet density (no./cm²) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the low fan speed of 3,031 rpm.

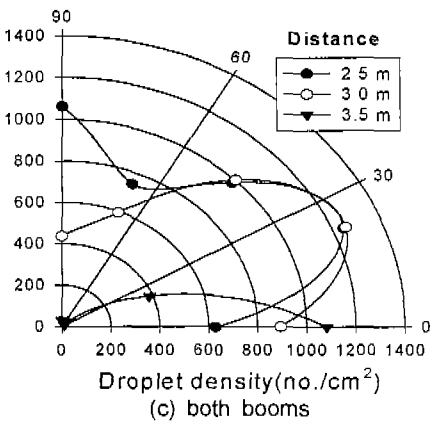
Fig. 3 Number median diameter(μm) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the high fan speed of 2,075 rpm.



(a) side boom

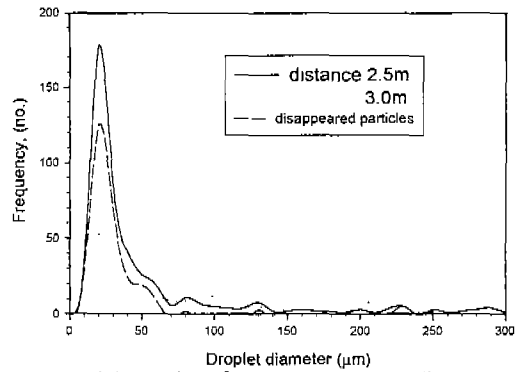


(b) upper boom

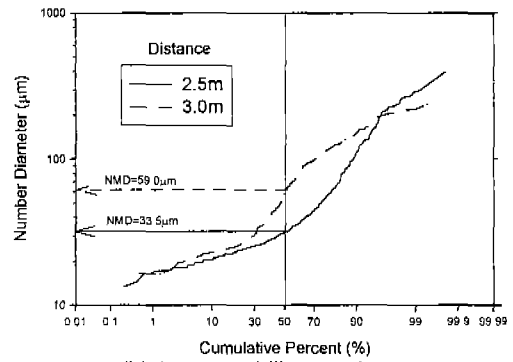


(c) both booms

Fig. 4 Droplet density (no./cm²) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the low fan speed of 2,075 rpm.



(a) number frequency presentation



(b) log-probability graph

Fig. 5 Increasing NMD with an increase of distance due to the disappearing of fine droplets. (a) Droplet frequencies and (b) cumulative number distributions at 2.5 and 3.0 m distances when opening side-boom only for the fan speed of 3,031 rpm and 45° direction.

며, NMD는 고속 및 저속 모두에서 70~90 µm였다. 팬속도가 고속의 경우는 입자가 2.5 m에서 3.0 m로 이동되면서 작은 입자의 소실로 NMD가 증가되었고(그림 6), 저속의 경우에는 2.5 m에서의 NMD가 3.0 m와 3.5 m에서의 NMD 보다 컸는데 이는 중력작용으로 3.0 m와 3.5 m에서 입자 수가 극소였기 때문이다. 측면 분 개방의 경우 90° 지점과 상단 분 개방의 경우 22.5° 지점에서의 NMD는 40~80 µm로 측정되었으나 분 단속 특성상 입자가 극소수였으므로 분석이 무의미하였다.

모든 분을 개방한 경우 NMD의 분포특성을 그림 1-c와 3-c에 보였다. 팬속도가 고속의 경우, 45°

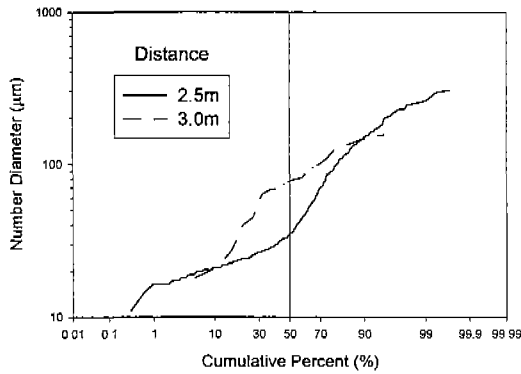


Fig. 6 Cumulative number droplet size distributions at 2.5 and 3.0 m distances when opening upper-boom only for the fan speed of 3,031 rpm and 90° direction.

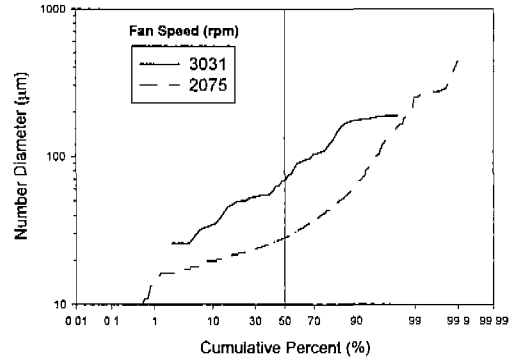


Fig. 8 Cumulative number droplet size distributions at the two different fan speeds when opening both booms for the 2.5 m and 45° direction.

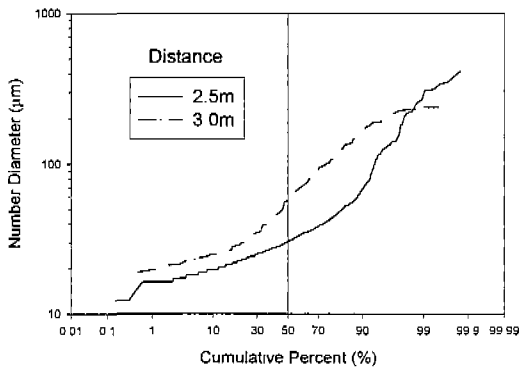


Fig. 7 Cumulative number droplet size distributions at 2.5 and 3.0 m distances when opening both booms for the fan speed of 3,031 rpm and 45° direction.

에서는 도포율에 대한 작은 입자의 영향이 거리증가에 따라 증대되었고(Koo et al., 2001), 2.5 m에서 3.0 m로 증가하면서 작은 입자수의 감소에 따른 NMD는 증가하였다(그림 7). 90° 방향에서는 입자가 2.5 m에서 3.0 m로 이송되면서 증발로 인한 입자수가 감소되며 중력에 의한 입자가 3.5 m까지 도달하지 못하여 NMD도 감소하였다. 0° 방향에서는 입자의 집적현상이 일어났고 거리에 따른 NMD의 변화는 없었으나 2.5 m에서 3.0 m로 이송할 때 줄던 입자수가 3.5 m에서는 오히려 증가하였다(그림 1-c와 2-c). 이는 새로운 입자가 상

측 영역(20~60°)으로부터 유입되었음을 말해 준다.

양 불 개방과 저속의 경우, 45° 방향 3.5m지점에서의 극대 NMD(127 μm)를 제외하고 거리에 상관없이 NMD는 30~50 μm의 범위에 있었다(그림 3-c). 상기한 극대 NMD는 방사거리의 한계인 3.5m에서 입자수가 극소였으므로 경향을 벗어나는 실험치(outlier)로 판단되었다. 0~22.5° 영역에서는 NMD에 대한 거리의 영향이 미미하였으나 입자수는 많았고(그림 4-c) 이는 30~60° 영역으로부터 입자가 유입되어 2차로 이송된 것으로 분석되었다. 90° 방향에서는 거리가 증가하면서 작은 입자의 소멸 때문에 NMD는 증가하였고 3.0 m가 방사 한계였다.

팬 속도의 영향은 저속에서 오히려 입자수가 많았고 NMD는 30~50 μm 범위에서 균일하였다. 고속에서 0~60° 에 입자수가 집중하였고, 이때 NMD는 30~80 μm영역으로 비교적 불균일하였으며, 22.5° 에서는 미립자의 손실로 인해 고속일 때에 NMD가 증가하였다(그림 8). 풍속이 빨라지면서 난류의 영향으로 이면살포의 가능성을 기대할 수 있으나 입자의 이송 및 부착에는 역기능이 증가하였다.

나. 체적중위직경 (Volume Median Diameter, VMD, $D_{v,5}$)

그림 9와 10에는 각각 팬의 고속 및 저속에서 불 단속에 대한 각 위치(거리, 방위각)의 VMD분

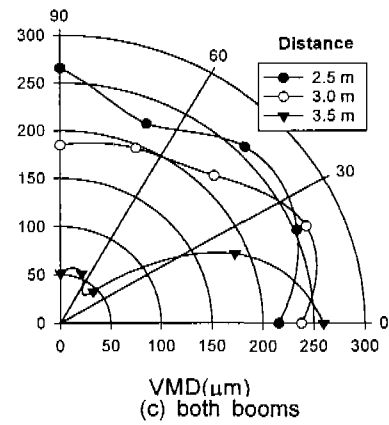
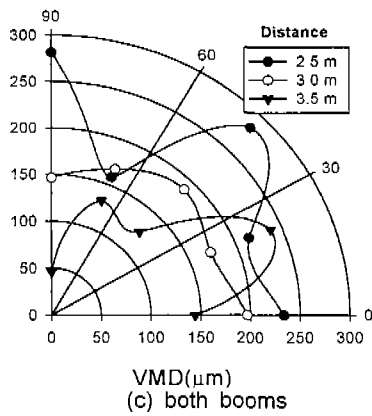
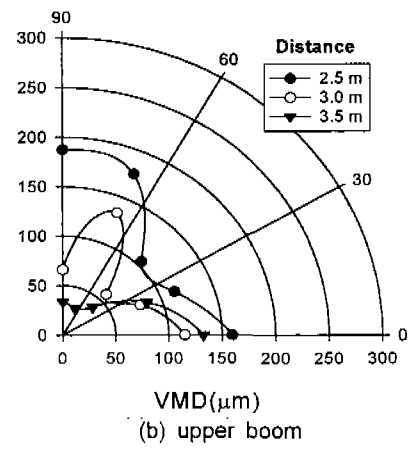
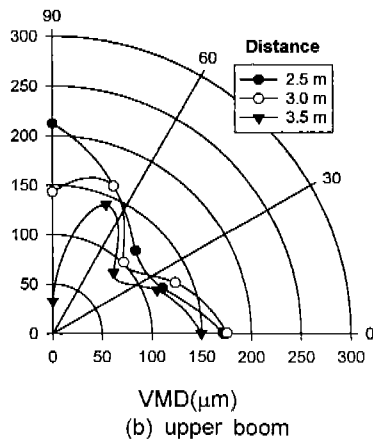
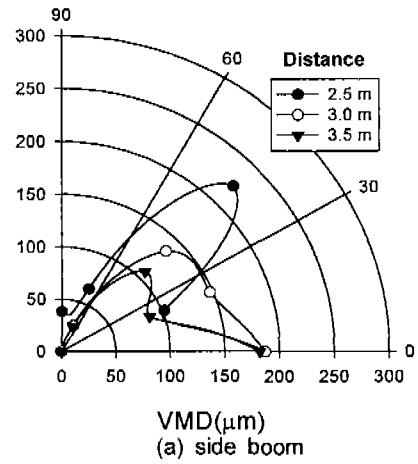
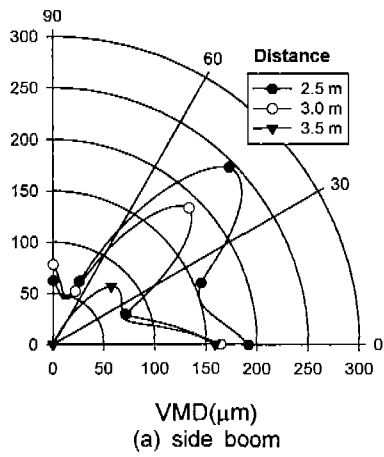


Fig. 9 Volume median diameter (μm) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the high fan speed of 3,031 rpm.

Fig. 10 Volume median diameter (μm) distributions at three different distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for opening (a) side boom, (b) upper boom and (c) both booms with the low fan speed of 2,075 rpm.

포를 보였다. VMD는 체적분포에 대한 중위값으로 큰 입자의 영향이 증대되며 입자가 포함한 약제의 양에 대한 흡수지표가 된다. 측면 불만 개방했을 경우 30~60° 방향에 입자가 집중하였고(그림 2-a와 4-a) 거리가 증가함에 따라 VMD는 작아졌는데(그림 9-a와 10-a), 이는 입자의 비산 및 증발로 인한 큰 입자가 감소했기 때문이다. 0° 방향에서도 입자가 집적되었는데 이는 방제기 하단의 간섭 및 30~60° 방향으로부터의 입자유입으로 인한 것으로 거리의 영향에 관계없이 VMD는 170~190 μm 범위로 나타났다.

상단 불을 개방했을 때, 60~90° 방향에서의 VMD도 거리가 증가함에 따라 작아졌으나(그림 9-b와 10-b), 0° 방향에는 입자가 집적되어 거리에 상관없이 VMD는 120~170 μm 범위에서 비슷하였다. 측면 불의 개방의 경우는 90° 영역과 상단 불의 개방의 경우는 20~60° 영역에서 불단속 특성상 입자수는 극소였으므로 VMD 분석의 의미는 없었다.

그림 9-c와 10-c에 모든 불을 개방한 경우에 대한 VMD의 분포특성을 보였다. 팬 속도가 고속이며 45° 방향에서 2.5 m에서 3.0 m로 거리가 증가함에 따라 입자밀도가 감소하면서 미립자의 소멸로 NMD가 커졌으나 상대적으로 큰 입자의 감소로 VMD는 작아졌다(그림 11). 90° 방향에서 2.5에서 3.0 m로 거리가 증가함에 따라 큰 입자의 증발과 작은 입자의 소멸로 NMD가 작아졌고, 중력의 영향으로 도달 입자의 감소로 VMD가 또한 작아

지면서 도달거리는 3.0 m 이내로 제한되었다. 0° 방향에서는 입자의 집적현상으로 30~50 μm의 NMD와 150~230 μm의 VMD의 범위에 있었다.

양 불의 개방과 팬속도가 저속인 경우, (3.5m, 0°) 위치를 제외하고 도달거리가 증가함에 따라 VMD는 감소하였으나 방향의 영향은 미미하여 각 거리에서의 분포는 비교적 균일하였다. 그러나 입자의 집적과 상부로부터의 유입현상으로 0~22.5° 범위에서는 3.5 m에 이르기까지 VMD가 비교적 컸다. 45° 방향에서는 거리가 2.5 m에서 3.0 m로

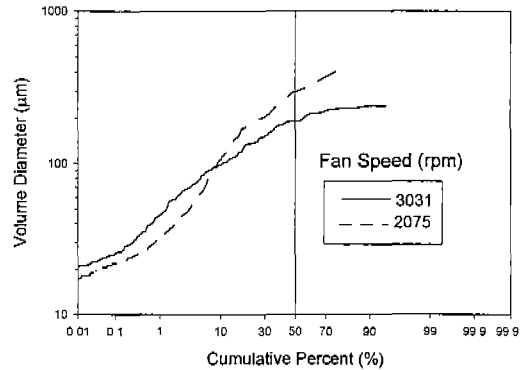


Fig. 12 An increase of VMD with a decrease of fan speed at the location of (3.0m, 45°) due to maintaining large droplets with opening both booms.

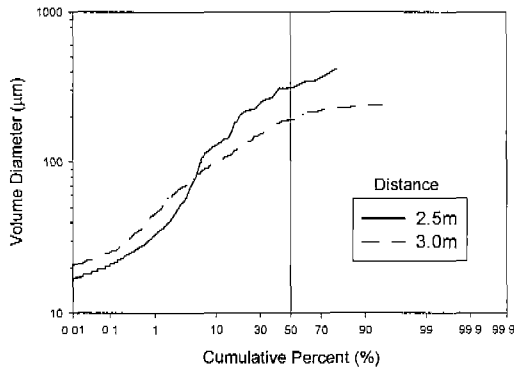


Fig. 11 A decrease of VMD with an increase of distance from 2.5 m to 3.0 m when opening both booms at the 45° direction with the fan speed of 3,031 rpm.

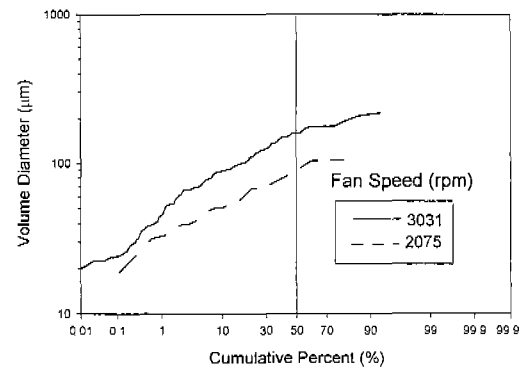


Fig. 13 An increase of VMD with an increase of fan speed at the location of (3.5m, 45°) due to transporting large droplets when opening both booms.

증가함에 따라 큰 입자수의 감소로 VMD는 작아졌으며, 3.5 m에서는 입자수가 매우 적었다.

양류 개방시 팬 속도의 영향은 서속에서 증발 및 비산의 저하로 3.0 m에서 큰 입자의 수가 유지되어 고속에서 보다 VMD가 컸던(그림 12) 반면, 고속에서는 원거리(3.5m)까지 큰 입자 이송이 가능하지(그림 13) 서속에서 보다 VMD가 컸다. 일반적으로 서속에서 입자수가 많고 분포가 균일하였으나 큰 입자수의 감소로 거리에 따른 VMD의 감소의 영향이 증가하였다. 고속의 경우는 입자가 0~60° 방향에 집중하였고 NMD와 VMD가 불균일하였으며 0~30° 방향에서는 입자의 유입 및 침적으로 3.5m 영역에서 VMD가 컸다.

4. 요약 및 결론

방제사업의 효율성과 살포약세의 부착효과는 입자의 이송 및 분포로부터 예상할 수 있다. 일반적으로 50 μm 이하의 미세 입자는 소변되어 NMD를 증가시키는 요인이 되었고, 비교적 큰 입자(>100 μm)도 비산 및 증발로 인하여 이송되면서 VMD는 감소되었다. 큰거리(2.5 m) 살포에는 중간입자(50~100 μm)를 생성하여 서속의 증류 풍속으로 이송함으로써 비산과 증발을 억제하고 목표에 부착되도록 해야 하며, 원거리(3.5 m 이상) 살포에는 큰 입자(100~200 μm)를 생성하여 고속의 풍속으로 이송함으로써 부착되도록 하여야 한다. 소형 과수방제기 살포입자의 이송특성용 정리하면 다음과 같다.

1) 1영역(60~90°): 고속의 경우 작은 입자의 비산과 큰 입자의 증발 영향으로 3.0 m이내까지 도달하였고, 저속의 경우 작은 입자가 3.0 m까지 도달하였다.

2) 2영역(30~60°): 이론적으로 입자가 가장 널리 도달할 수 있는 영역으로 3.0 m까지 충분히 도달하였으나 증력의 영향으로 3영역으로 유입되었다.

3) 3영역(0~30°): 풍량과 입자가 집적되어 3.5 m까지 입자가 존재하였다. 1차적으로 2.5~3.0 m까지 도달하고 2영역에서 유입된 입자가 2차적으로 3.5 m까지 이송하여 풍부한 입자 수를 나타내었다.

실험에서 사용된 과수방제기는 수형에 따라 불탄속을 달리하여 효율적 방제가 가능하나, 3영역에 대한 입자 집적현상을 분산하기 위해 1과 2영역의 분출량과 풍속을 증가시켜 상부 수형에 많은 약제분 도단계 함으로써 하부 樹域에 부착기회를 증가시키고 궁극적으로 수형 전반에 걸친 균일한 부착을 유도해야 한다. 퇴식제배 등 상방향 방사에 1영역이 이용되지만 입자이송에는 가장 어려운 방향이므로 상부 불에는 최소한의 노즐 수와 길이를 권장하고, 3영역은 비교적 효율적인 영역이므로 넓게되는 풍량을 분산시킬 수 있는 다노즐 수형 상부에까지 연장한 타워형 방제기 (tower sprayer) 등이 권장된다.

참고 문헌

1. Barry, J. W., R. B. Ekblad, G. P. Markin and G. C. Trostle. 1978. Methods for sampling and assessing deposits of insecticidal sprays related over forests. USDA Forest Service.
2. Hinds, W. C. 1982. Aerosol technology. John Wiley & Sons. N.Y., N.Y.
3. Koo, Y. M., L. D. Chandler and H. R. Sumner. 1993. Insecticide-oil droplet size effect on fall armyworm larvae control via chemigation. Transactions of the ASAE. 36(4):1033-1038.
4. Koo, Y. M., S. H. Kim and B. S. Shin. 2001. Coverage distribution of blasted droplets by an orchard sprayer. Journal of KSAM. 26(4): 355-362. (In Korean)
5. Koo, Y. M., M. Salyani and J. D. Whitney. 1999. Effects of abscission chemical spray deposition on mechanical harvest efficacy of Hamlin orange. Proc. Fla. State Hort. Soc. 112:28-33.
6. Koo, Y. M., M. Salyani and J. D. Whitney. 2000. Spray variable effects on abscission of orange fruit for mechanical harvesting. Transactions of the ASAE. 43(5):1067-1073.
7. Koo, Y. M., H. R. Sumner and L. D. Chandler. 1996. Simulation of chemigation efficacy. Journal of KSAM. 21(1):10-20.

8. Matthews, G. A. 1992. Pesticide application methods, 2nd Ed. Longman Scientific & Technical, Essex, UK.
9. Salyani, M. 1988. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. Transactions of the ASAE. 31(6):1680-1684.
10. Salyani, M. and R. D. Fox. 1999. Evaluation of spray quality by oil and water -sensitive papers. Transactions of the ASAE. 42(1):37-43.
11. Salyani, M. and W.C. Hoffmann. 1996. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. Applied Engineering in Agriculture. 12(5):539-545.
12. Salyani, M., Y. M. Koo and R. D. Swech. 2000. Spray application variable affect airvelocity and deposition characteristics of a tower sprayer. Proc. Fla. State Hort. Soc. 113:96-101.



학 위 취 득



성 명 : 김 현 태
생 년 월 일 : 1967년 2월 15일
취 득 학 위 명 : 공 학 박 사
학 위 수 여 대 학 : 성 완 관 네 학 교
학 위 취 득 년 월 일 : 2001년 2월 25일
학 위 논 문 : 영상정보를 이용한 잣소의 제위제츄, 제츄주정 및 개체인식