

과수방제기 살포입자의 도포율 분포특성

Coverage Distribution of Blasted Droplets by an Orchard Sprayer

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

SUMMARY

Uniform application of agri-chemicals will improve orchard pest management. An air-blast (orchard) sprayer designed for vineyards has been used; however, few research on the uniformity and coverage of the sprays has been reported. Distributions of spray coverage were measured with artificial targets and analyzed to enhance the efficiency of spray application.

A structure was built to place water sensitive papers, sampling spray droplets blasted from the orchard sprayer. The sampling cards were collected from five directions at three distances (2.5, 3.0 and 3.5 m) for two fan speeds (2,075 and 3,031 rpm), and analyzed using an image analysis system.

The distribution of the coverage percent area did not follow the wind velocity pattern. The coverage by the low fan speed was more uniform and higher than that by the higher fan speed. The coverage percent area decreased with an increase of distance. The distribution of droplet density was similar to that of coverage. However, the coverage contribution by smaller droplets became more significant as the distance increased. The upward blasting distance was limited within 3 m, but the limit to the ground level was expanded the distance more than 3.5 m because of the concentrated droplets.

Keywords : Coverage percent area, Droplet density, Orchard sprayer, Water sensitive paper, Image analysis.

1. 서 론

농작업에 중요한 비중을 차지하는 방제작업에 있어 근래 부각된 주요문제는 농약의 과다 살포에 의한 환경오염의 우려이다. 일반적으로 살포된 농약의 약 10% 미만이 병충해 방제 또는 제초에 이용되고 나머지 90% 이상의 약제는 분해(degradation)된 후 일부는 대기 또는 토양에 잔류하거나

하천에 방류되어 환경오염의 주요원인이 되고 있다(Matthews, 1992). 홍(1995)은 우리 나라의 단위 면적당 농약 사용량이 다른 나라에 비하여 과다하며 이것은 환경오염의 문제뿐만이 아니라 경제적으로도 큰 손실임을 지적하였다.

살포된 약제의 균일도와 부착효율의 향상은 많은 연구자들의 연구 목적이 되어 왔으며 Koo and Jung(1998)과 Cho et al.(1996)은 주행속도 보상형

This study was conducted by the research fund supported by Ministry of Agriculture and Forestry. This article was submitted for publication in April 2001; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in May, 2001. The authors are Young Mo Koo, Associate Professor, Agricultural Machinery Engineering Dept., Kyungpook National University, Daegu, Korea; Sang Hun Kim, Professor, and Beom Soo Shin, Associate 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>.

방제기를 개발하여 주행속도의 변화에 따라 총배출유량을 자동으로 조절하여 균일한 살포를 가능하게 하였다. 효과적인 방제를 위하여 살포입자가 방제대상의 특정부위에 부착되어야 하고 적당량의 효율적 방제를 통한 생산량 향상과 환경보호를 위한 정밀방제의 필요성이 점점 대두되고 있다.

과수방제기 (일반명: 스피드 스프레이어)는 공기운반 방제기로도 불리며 과수의 방제 목적으로 일반적으로 사용되어 왔다. 이 방제기는 축류팬을 이용하여 고속의 바람을 일으키고 약제입자를 유속에 실어 이송시킴으로써 원거리 방제에 이용되고 있다. Whitney and Salyani(1991)는 몇 종류의 과수방제기의 도포특성에 대하여 연구하기 위하여 수형의 위치와 침투깊이에 따른 도포율 분포를 측정하였고 도포량과 균일도는 거리가 증가함에 따라 감소함을 밝혔다. Pergher and Gubiani(1995)는 관행적 과수방제기를 이용하여 포도수형에의 부착특성을 연구하였는데 풍량이 많으면 오히려 도포율은 감소하고 손실이 증가함을 지적하였다. Salyani and Hoffmann(1996)은 과수방제기의 살포영역을 포함하는 인공적인 구조물상에서 도포량을 측정하여 공간적 분포를 분석하였다. 정지상태에서의 풍속과 도포율은 거리가 증가함에 따라 급격히 감소하며 풍속과 도포율은 상관관계가 없음을 보였고, 살포량이 적은 경우에서 오히려 높은 도포량을 나타내기도 하였다. Salyani et al. (2000)은 타워식 과수방제기에 대하여 풍속과 도포율 분포를 측정하였는데 살포량과 풍속이 감소함에 따라 도포율이 증가하는 결과를 얻었다. 따라서 약제입자의 부착에는 많은 변수가 영향을 미칠 뿐 아니라 직관적인 판단만으로는 예측하기 어려웠다.

방제기의 도포율 분포 특성을 규명하기 위한 다양한 도포량의 측정 방법이 소개되었다. Salyani and Whitney (1988)는 형광분석기를 이용하여 자연 및 인공 시료에 부착된 추적자(형광안료, 구리이온)의 양을 측정하여 부착량을 측정하였고, Rhee et al.(1999)은 분광광도계를 이용하여 부착된 식용색소의 회수량을 측정하였다. 그러나 이러한 방법들은 각 부착입경의 자료를 얻을 수 없는 단점이 있었다. MacNichol et al. (1997)은 Kromekote 감수지를 이용하여 항공방제의 도포특성(입자밀도 및 도포율)을 분석하여 간접적인 방제효과를 예측하였다. 감수지를 이용하여 입자의 크기 및 도포율을 분석할 때 확대경을 이용한 측정방법은 시간이 많이 소모되는 작업이었다 (Chung et al., 1997). Salyani and Fox (1999)는 Ciba-Geigy의 감수지에

입자를 부착시킨 후 카메라로 영상처리하고 분석하였다. 감수지는 다량 살포의 경우 입자가 겹치는 한계를 갖고 있으나 일반적으로 영상처리 방법과 연계하여 도포율과 입자의 크기를 분석하는데 효율적으로 사용될 수 있었다 (Salyani and Fox, 1999).

본 연구의 목적은 주로 포도원용으로 사용하고 있는 소형 과수방제기 살포입자의 부착특성 중 도포율과 입자밀도의 분포 특성을 분석함으로써 과수방제기 개발에 있어서 중요한 살포입자의 부착특성을 이해하고 최적방제 조건을 규명하기 위한 정밀방제의 기초자료를 얻는 데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

과수방제기의 살포 및 도포율 분포를 측정하기 위하여 샘플링 구조물을 제작하였다 (그림 1). 구조물은 실험에 사용된 방제기의 방사살포 범위를 포함하도록 6m×2m×4m(가로×폭×높이)의 크기로 제작하였다. 감수지(water sensitive card) 시료채취를 위하여 1/4원호의 PVC 파이프를 방제기 Boom의 동심원상 형태로 구부려 반지름이 2.5, 3.0, 3.5 m가 되도록 설치하였고, 방제작업이 실시될 때 원거리 감수지가 간섭되는 것을 방지하기 위해 방제기 진행 방향으로 1m씩 간격을 두었다. 입자가 부착될 감수지는 각 원호를 22.5°씩 4등분한 분할점에 노즐의 분사방향에 수직하게 위치시켰다. 이때 감수지의 위치는 원호(PVC파이프)의 중심으로부터 극좌표(중심거리, 방향)로 나타내었고 방제기 진행방향으로 우측반경만을 실험의 대상으로 선정하여 간소화 하였다.

나. 공시 방제기

공시 방제기는 공기방사식 과수방제기(한서정공 SS-180CT)로서 주로 포도나 왜성사과 등 키 작은 과수의 방제작업에 사용되는 소형(180 L 용량)으로 원호상 붐에 10개의 원추형 노즐(D1-25)을 배치하고 분사와 동시에 송풍하여 미립자를 멀리 보낼 수 있었다. 노즐의 배치와 분사방향은 작물의 수형에 따라 조정 될 수 있으나 관행적으로 균일한 도포가 일어나도록 조절하였다 (그림 1). 송풍팬은 지름 470 mm의 축류식이고 상용회전수 2800

rpm에서 공기유량은 300 m³/min이었다. 축방향으로 유입된 공기는 10개의 방사상 안내길을 통과하고 안내판을 따라 방사(radial) 방향으로 송풍되었는데, 구조에 따라 풍량의 분배가 특정적일 수 있었다. 실험에서는 작업 정격압력인 13 kgf/cm²로 맞추어서 노즐 당 토출량은 0.75 L/min로 유지되도록 하였다. 방제기의 주행속도는 입자가 감수지에 부착될 때 분무 입자가 겹쳐지는 것을 방지하기 위하여 0.81 m/s (2.92 km/hr: 전진2단)를 선택하였다.

다. 풍속 측정

송풍 팬의 회전속도는 상용부하 상태에서 고속(3031 rpm)과 저속(2075 rpm)이 되도록 각각 조절하였고, 11.25° 간격으로 2.5, 3.0, 3.5m 각 원호상 9곳에서 측정하였다. 측정을 위해 방제기를 구조물 중심에 위치시키고 풍속계(HHH-300A, Omega Inc.)를 원주상 측 풍향에 수직하게 위치하여 측정하였다. 풍속 측정의 정확도를 높이기 위해 바람이 없는 아침 또는 저녁시간을 택하였고, 풍속 측정범위의 중간치를 3회 반복 측정하여 평균을 구했다.

라. 실험변수 및 입자 측정

실험에서 선택한 작업조건의 변수는 팬의 속도(2수준) 및 붐의 斷續(3수준)이었다. 팬의 속도는 일정 분사압력(13 kgf/cm²)을 유지하면서 2075 rpm(저속)과 3031 rpm(고속)으로 조정하였으며, 붐의 단속은 우측면 및 상단의 독립된 붐을 조합하여 측면개방(side-boom only), 상단개방(upper-boom only), 상단 및 측면 모두 개방(both booms)의 3수준으로 하였으며, 측면과 상단개방의 경우를 선택으로 중첩하여 양붐 개방의 경우와 비교하였다. 감수지의 측정위치에 따른 변수로는 거리(3수준)와 방향(5수준)을 선택하였고 실험은 3회 반복하였다. 따라서 팬속도(2수준)×붐단속(3수준)×반복(3회)= 18회 실험에 대하여, 거리(3수준)×각도(5수준)=15개소에서 샘플링이 이루어져 총 270개의 샘플이 얻어졌다.

부착입자의 측정을 위해 감수지에 형성된 着點을 CCD카메라(CS5130, Tokyo Electronic Industry Co.)와 영상처리 프로그램인 Optimas(ver. 6.0)를 이용하여 화상분석 하였다. 실험에서 얻어진 50×35 mm의 감수지 샘플을 영상처리하기 위해 9.33×7.0 mm의 측정창을 선택하여 면적비 460배(200×150 mm)로 확대하였다. 입자의 경계를 인식하

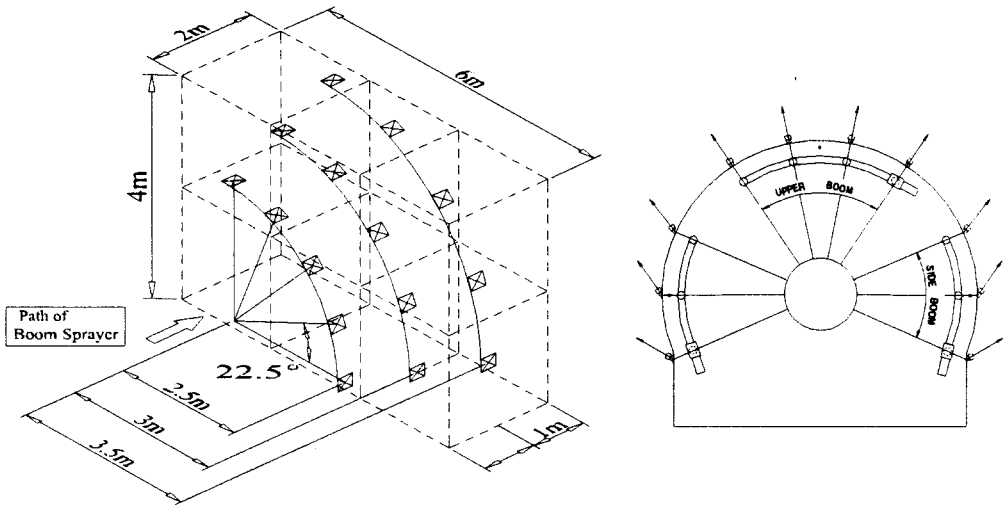


Fig. 1 Arrangement of booms/nozzles of sprayer and a sampling structure used in the experiment. The symbol (⊗) indicates the location of the water sensitive card and the arrow directs the nozzle angle.

기 위하여 문턱값(threshold)을 정하여 일관성 있게 측정부위를 인식하였다.

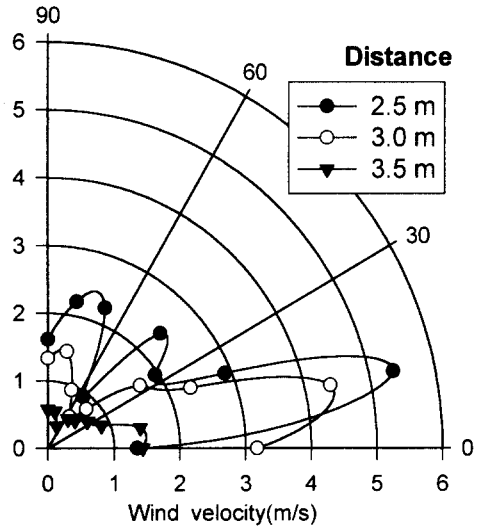
살포된 입자의 부착특성을 분석하기 위하여 도포율(coverage percent area)과 입자밀도(droplet density)를 정의하여 사용하였다. 도포율은 측정장 총면적에 대한 도포면적의 비율(%)로 나타냈으며, 입자밀도는 측정장 영역에 부착된 입자의 수를 단위면적당 입자개수(no./cm²)로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

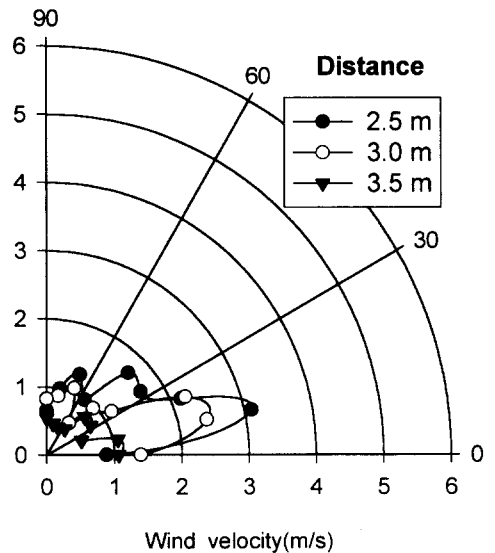
가. 풍속분포

그림 2는 방제기의 송풍팬이 반시계방향으로 회전했을 때 우측 반원에 대한 풍속분포를 나타낸 것이다. 팬의 고속 회전시 (2.5m, 11.25°) 위치에서 최고 풍속이 5.37 m/s였으며 각도가 커질수록 풍속이 약해져서 90° 지점에서는 2.0 m/s 이하로 떨어졌다. 그리고 저속 회전시 (2.5m, 11.25°) 위치에서 최고 풍속이 3.11 m/s였으나, 90° 지점은 1.0 m/s 이하였다. 최저점은 공히 60° 부근에서 나타났으며 이때의 풍속은 1.0 m/s 이하였다. 이러한 불균일한 풍속분포는 축류팬을 장착한 과수방제기에 있어서는 일반적인 현상이다 (Salyani and Hoffmann, 1996; Law and Cooper, 1988). 한편 탑형방제기(tower sprayer)는 보다 균일한 풍속분포를 보이며 방제기의 진행속도가 증가할수록 풍속이 더욱 균일해 지는 것으로 알려져 있다 (Salyani et al., 2000).

팬속도가 증가함에 따라 풍속은 증가하였으나, 속도분포는 서로 相似하였다. 전반적인 풍속분포는 불균일하였고 15, 45 및 70°의 세 방향 부근에서 극대점을 형성하였고, 각도가 커질수록 풍속의 극대치는 감소하였다. 0~30° 사이에서 최대풍속을 나타내었는데, 이것은 축류팬 출구의 하단이 막혀 있음으로 인한 풍량의 집중 때문에 생긴 풍속의 증가로 생각된다. 90°에서 풍속이 최저로 떨어졌으며 덕식재배 등 작물의 樹形에 따라 상부에 대한 균일한 분포가 요구가 되는 때는 균일한 풍량조절이 필요하다. 중심거리에 따른 풍속분포를 보면, 2.5 m에서 3.0 m로 멀어짐에 따라 20% 정도 감소하였고, 3.5 m에서는 2.5 m 거리에 비해 80% 정도 감소하였다. 따라서 3.5 m 이상에서는 대부분의 입자가 종말속도(terminal velocity)에 이를 것으로 생각된다.



(a) 3031 rpm(High)

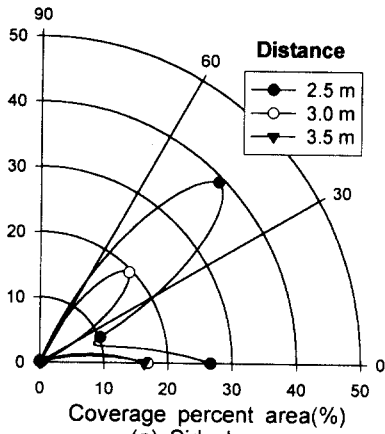


(b) 2075 rpm(Low)

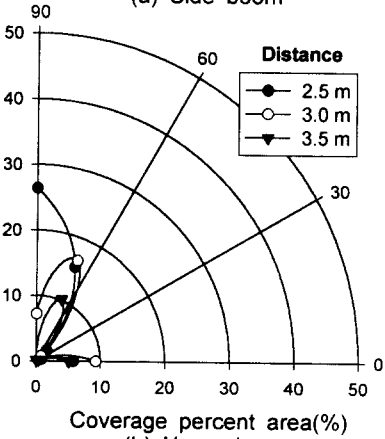
Fig. 2 Wind velocity distributions of the orchard sprayer with a CCW rotation at two different fan speeds of 3031 rpm (High) and 2075 rpm (Low).

나. 도포율(Coverage Percent Area)

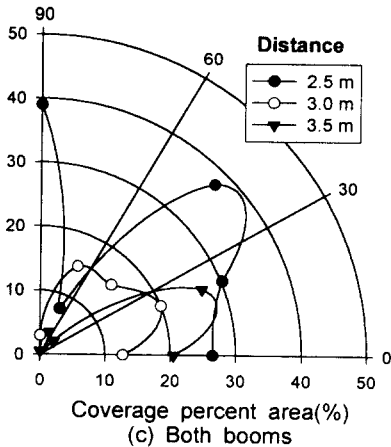
그림 3과 4에는 각각 고속 및 저속 팬속도에 대한 불 단속에 의한 각 위치(거리, 방위각)에서의



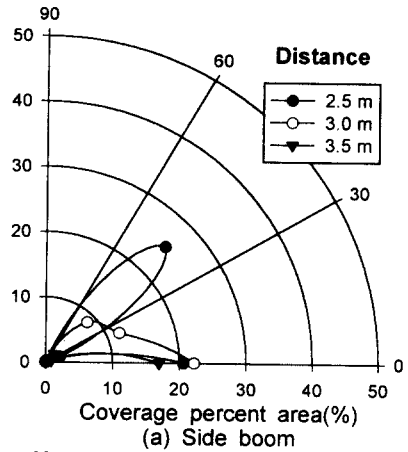
(a) Side boom



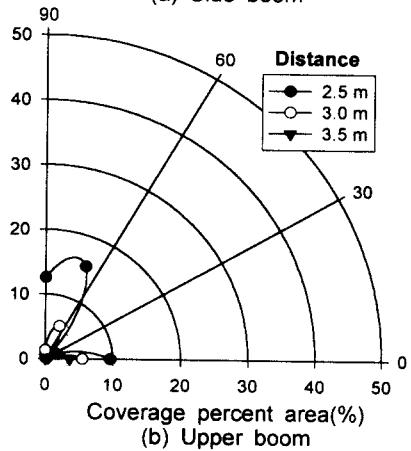
(b) Upper boom



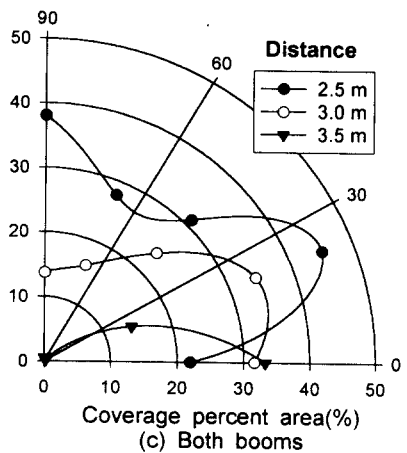
(c) Both booms



(a) Side boom



(b) Upper boom



(c) Both booms

Fig. 3 Coverage percent area 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 3031 rpm.

Fig. 4 Coverage percent area 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 2075 rpm.

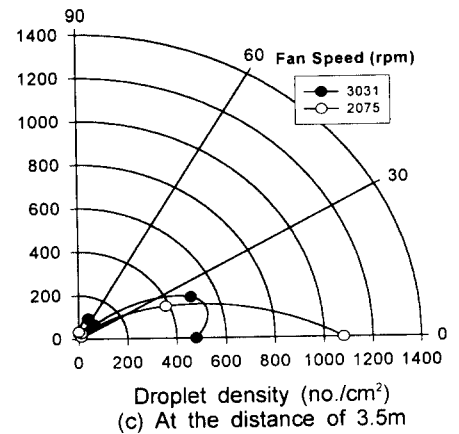
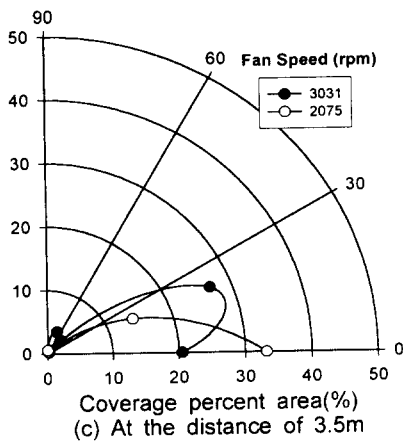
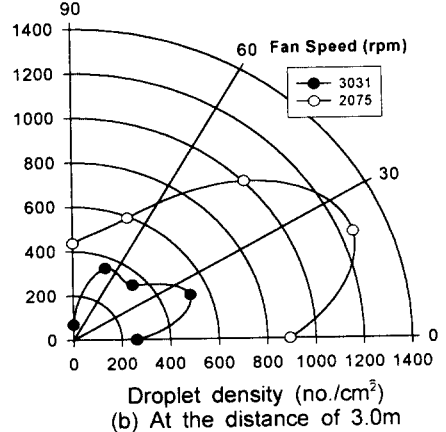
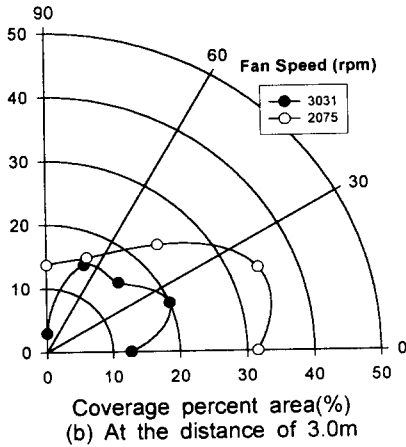
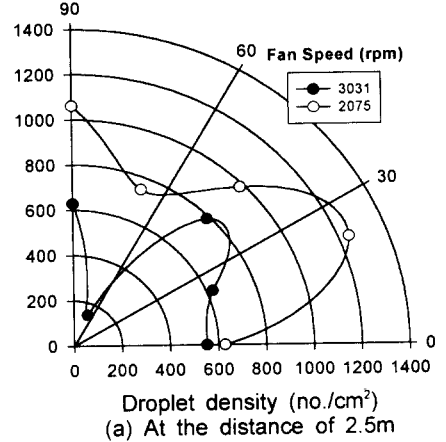
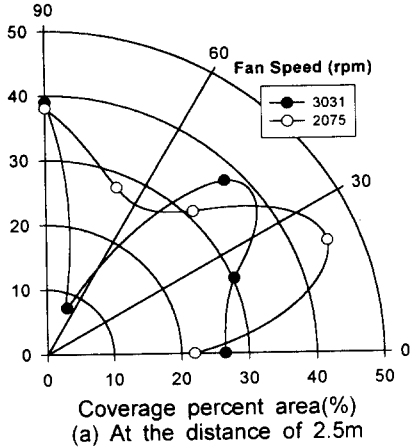


Fig. 5 Coverage percent area(%) distributions for the fan speeds of 3031 (high) and 2075(low) rpm at three different distances (a) 2.5, (b) 3.0 and (c) 3.5 m when opening both booms.

Fig. 6 Droplet density (no./cm²) distributions for the fan speeds of 3031 (high) and 2075(low) rpm at three different distances (a) 2.5, (b) 3.0 and (c) 3.5 m when opening both booms.

도포율을 나타내었다. 그림 3-a와 4-a는 각각 고속 및 저속에서 측면 붐만 열었을 때의 도포율을 나타낸 것으로 고속일 때 도포율이 증가하였고, 30~60° 사이에서 도포율이 집중되면서 (2.5m, 45°) 에서 최대치 25~39%를 보였다. 풍속이 최대가 되는 0~30° 사이에서 도포율은 오히려 떨어졌으나 0° 방향에서 도포율이 높은 이유는 송풍팬 하단의 간섭으로 인해 분무가 집중되었고, 일부 입자가 30~60° 영역으로부터 유입되었기 때문으로 생각된다. 또 방제거리에 따라 도포율이 감소하였는데, 3.0 m 지점에서는 반감되었고 3.5m에 이르러서는 입자의 수가 극히 적어 0° 방향을 제외하고는 도포율이 극소하였다.

그림 3-b와 4-b는 상단 붐만 열었을 때 풍속에 따른 도포율을 나타낸 것으로 고속에서 도포율이 높았고 60~90° 사이에 집중되었으며 2.5 m에서 최대치 16~26%를 나타내었다. 거리가 증가함에 따라 3.0 m에서의 도포율은 1/3 수준으로 감소되었는데 이는 중력의 영향으로 생각되며, 측면붐이 단절되어 있음에도 불구하고 0° 에서 도포율이 5~10%로 나타난 것은 상방향(60~90°)으로 살포된 입자가 중력에 의하여 낙하하면서 지면부근에서 집적되었기 때문이다. 특히 67.5° 방향에서 도포율이 극대점을 이루는 것은 풍속분포와 관계 있으며 포도의 덕식재배에서 효율적으로 사용될 수 있는 분포특성이다. 고속의 경우 3.5 m에서의 도포율이 극소치를 보였고 이는 방사거리 한계가 3.5 m임을 말하며, 저속의 경우는 그 한계가 3.0 m 근처로 판단된다.

그림 3-c와 4-c는 상단과 측면 붐 모두를 열었을 때 팬속도에 따른 도포율을 나타낸 것으로, 팬속도가 높은 경우는 입자 분포가 불균일하고 오히려 팬속도가 약한 경우가 더 높은 분포율과 균일한 분포를 보이고 있다. 이것은 팬속도가 약한 경우보다 강할 때 풍속분포가 亂流에 의하여 더욱 불균일하게 보인 경향을 따르는 것으로 볼 수 있으며 적당한 풍속이 균일한 방제를 가능하게 하는 것으로 판단된다.

도포율의 분포는 관행적인 노즐의 배치와 살포 방향에 상관관계를 보이지 않았다. 양붐이 모두 개방되었을 경우의 도포율 분포는 측면과 상단 붐 각 도포율의 중첩의 결과와 일치하지 않았다. 팬이 저속일 때 2.5 m와 3.0 m에서 고속의 경우보다 도포율이 높았으며, 3.5 m에서는 0~30° 에 도포율이 집중하였다 (그림 5). 도포율에 대한 거리의 영향은 이론적으로는 거리의 제곱에 반비례하는데 실험적으로는 3.0 m에서 도포율이 2.5 m에서

의 약 70%로 감소하였다. 그러나 중심거리 3.5 m 지점에서는 0~30° 영역에 입자가 집중되었으며, 이는 분무의 집적, 중력 및 공기의 저항으로 분석된다. 팬속도에 의한 분석에서 도포율은 중심거리에 따라 일정한 경향을 띄지 않았고, 고속의 경우 분포의 균일도가 저하되었는데 이것은 난류와 입자저항에 따른 것으로 생각된다. 도포율 분포와 풍속분포를 비교해 보면 서로 일치하지 않았다. 즉 풍속의 최대에서 도포율이 최대가 되지 않으며 Pergher and Gubiani(1995)의 경우와 동일한 경향을 보였다.

다. 입자밀도 (Droplet Density)

그림 6은 양 붐 모두를 열었을 때 팬속도에 따른 입자밀도를 거리별로 나타낸 것으로 입자밀도의 분포형태는 앞서 분석한 도포율과 相似하였고 팬속도가 저속의 경우가 고속의 경우보다 입자수가 많았다. 이것은 팬의 고속회전으로 인한 공기의 亂流 및 입자저항으로 판단된다.

팬속도가 고속이며 45° 부근에서 거리 증가에 따른 도포율 감소량이 입자밀도의 감소량에 비해 높았으며(그림 5와 6의 비교), 이는 이송거리가 증가할수록 입자의 증발과 分粒으로 인한 작은 입자가 많아졌고 또한 샘플의 중첩된 쌍입자들(doublet)이 감소하였음을 말해준다. 따라서 거리가 증가하면서 작은 입자가 도포율에 미치는 영향은 증가하였고 3.5m 지점이 한계방사 거리였다. 22.5° 방향에서도 도포율과 입자밀도의 변화를 거리에 비례하여 비교하면 거리가 증가하면서 작은 입자의 도포율에 미치는 영향은 증가하였음을 알 수 있었다.

0° 방향에서 입자밀도는 거리에 관계없이 600~1,100 no./cm²에 이르고 도포율은 30%에 이르렀는데 이는 팬의 간섭과 중력의 영향으로 분무집적으로 인한 현상으로 판단되며 상단으로부터 유입된 입자가 2차적으로 이송이 되었다. 측면과 상단 붐을 각각 열었을 때의 입자밀도분석 내용은 양붐의 경우와 동일하였으므로 생략하였고 도포율의 분석에서도 지적한 바와 같이 각 붐의 독립적 개방시 얻은 입자밀도 분포를 중첩한 결과는 양붐을 동시에 개방했을 때의 경우와 동일하지 않았다.

4. 요약 및 결론

방제작업의 효율성과 약제살포의 효과는 약제의 방제목표로의 정확한 이송과 균일한 분포에 의하

여 제고 될 수 있다. 본 실험은 과수 등 작물이 없는 상태에서 행하였으므로 상부樹枝에서의 차단으로 인한 영향을 고려하지 않았다. 수형의 높이가 3미터 내외의 작물에 적합한 소형 과수방제기 살포입자의 도포율과 입자밀도의 분포특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 풍속분포는 일반적으로 불균일 하였고 지면으로부터 각도가 커질수록 풍속이 감소하였다. 거리에 따른 풍속은 2.5 m로부터 3.0과 3.5 m로 멀어짐에 따라 각각 약 20 및 80% 감소하였다.

2) 양 봄을 모두 개방했을 경우의 도포율 분포는 풍속분포 및 노즐배치와 유의적 상관관계가 없었으며, 상단과 측면 각각의 도포율을 중첩한 경우와도 일치하지 않았다.

3) 팬이 저속일 때 2.5 m와 3.0 m에서 고속의 경우보다 도포율이 높았으며 균일한 분포를 보였다. 3.0 m에서의 도포율이 2.5 m에서의 약 70%로 감소하였으며 3.5 m에서는 지면방향에 집중하였다.

4) 입자밀도의 분포형태는 도포율과 비슷하였고, 팬속도가 저속의 경우가 고속의 경우보다 단위 면적당 입자 수가 많았다.

5) 거리 증가에 따른 도포율 감소량이 입자밀도의 감소량에 비해 높아서 작은 입자가 도포율에 미치는 영향이 증가하였다.

본 논문에서는 도포율 분포를 통하여 입자부착의 균일도를 측정하였으나, 입자의 크기 분석을 통하여 각 거리별 입자의 동적 이송과 도달 특성을 파악할 필요가 있다. 따라서 앞으로의 연구과제는 입자의 이송영역 내에서의 입경분포 및 입자의 증발, 비산, 이동과 집적 등을 분석함으로써 과수방제기의 설계사항을 도출 할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Cho, S. I., C. J. Chung, D. H. Lee and J. Y. Rhee. 1996. Development of a control system for uniform application rate on a self-propelled boom sprayer. *Journal of KSAM*. 21(4):406-413.
2. Chung, C. J., K. G. Kang, J. Y. Rhee, S. I. Cho, Y. S. Choi and J. S. Choe. 1997. An experimental study on coverage characteristic of a self-propelled boom sprayer for paddy field. *Journal of KSAM*. 22(2): 137-150.
3. Koo, Y. M. and J. E. Jung. 1998. Development of a compensating boom sprayer for the speed variation. *Journal of KSAM*. 23(3):211-218.
4. Law, S. E. and S. C. Cooper. 1988. Depositional characteristics of charged and uncharged droplets applied by an orchard air carrier sprayer. *Transactions of the ASAE*. 31(4):984-989.
5. MacNichol, A. Z., M. E. Teske and J. W. Barry. 1997. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. *Transactions of the ASAE*. 40(6):1529-1536.
6. Matthews, G. A. 1992. *Pesticide application methods*, 2nd Ed. Longman Scientific & Technical, Essex, UK.
7. Pergher, G. and R. Gubiani. 1995. The effect of spray application rate and airflow rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 61:205-216.
8. Rhee, J. Y., S. Y. Ahn and C. J. Chung. 1999. Quantitative measurement of spray deposit using spectrophotometer. *Journal of KSAM*. 24(6): 479-486.
9. 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.
10. Salyani, M. and W. C. Hoffmann. 1996. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. *Applied Engineering in Agriculture*. 12 (5):539-545.
11. Salyani, M., Y. M. Koo and R. D. Sweeb. 2000. Spray application variable affect airvelocity and deposition characteristics of a tower sprayer. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 113:96-101.
12. Salyani, M. and J. D. Whitney. 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *Transactions of the ASAE*. 31(2): 390-395.
13. Whiney, J. and M. Salyani. 1991. Deposition characteristics of two air-carrier sprayers in citrus trees. *Transactions of the ASAE*. 43(1): 47-50.
14. 홍혜란. 1995. 과다한 농약 사용이 토양의 자정능력을 잃게 한다. *새농민*. 통권404호 :86-89.