

# 구제역 방제를 위한 중소형 살포기의 성능실험 및 영상처리를 이용한 분석

김재열\* · 홍준택 · 감동환 · 민병로  
성균관대학교

## Performance Test and Analysis of The Small Medium-sized Sprayer for Control of Foot-and-mouth Disease Using Image Processing

Kim, J. O.\*, Hong, J. T., Kam, D. H. and Min, B. R.

Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, SungKyunKwan Univ., Suwon, 440-746 Korea

### Summary

The purpose of this study is development of the sprayer that can effectively control pathogens. Image processing was used to analyze the sprayer. Experimental paper in the form of 5×7 10 m intervals total of 35 sheets were installed. Experiment used binarized image data obtained by sprayed pigment, to analysis spray volume and distance.

The experimental results show that 60 m distance was available to the spray. And spray rate was high up to 30 m. It can be used in livestock farms are expected.

**(Key words :** Sprayer, Image processing, Experimental paper, Binarized image)

### 서 론

우리나라 축산농가의 사육규모는 매년 증가하고 있고(민 등, 2009; 서 등, 2009) 계절적인 영향 및 지리적인 여건에 의한 병원균의 전염으로 막대한 손실을 가져오고 있다. 살포기는 병원균에 효율적인 대처를 하기 위한 것으로 풍속을 이용하여 살포가 필요한 위치까지 방제작업을 하기위해 축산 농사에서 많이 사용되고 있다(민 등, 2008). 과수 전용 살포기에 대한 연구는 실험 결과를 바

탕으로 농약살포시스템을 제작하여 성능평가 및 분석을 하였다(홍 등, 2007). 살포량 조절 방법에 대한 연구는 농민이 사용하기 편하고 최적의 살포성능을 얻는 방법을 제시 하였고(김 등, 2007), 이를 위하여 실제 포장에서 여러 조건으로 살포균등도와 살포정확도(Malloum 등, 2004) 등 살포기의 성능을 실험 분석하였다(Hotchkiss 등, 2006).

본 연구는 방제작업에 있어서 우리나라 축산 농가에 적합한 살포기의 연구로서 살포기의 살포거리가 60 m까지 살포할 수 있는 살

이 논문은 2010년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 수행되었음.

\* 경북대학교 (The University of Kyung pook)

Corresponding author : Min, Byeong Ro, Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, SungKyunKwan University, Suwon, 440-746, Korea. e-mail: min7887@skku.edu

2010년 12월 29일 투고, 2011년 2월 28일 심사완료, 2011년 3월 2일 게재확정

포기를 개발하고 현재 육안에 의한 분포도를 검사하고 있으나 신뢰성을 확립하기 위하여 영상처리를 이용하여 성능을 분석 하는 것이다(민 등, 2004; 김 등, 2009).

## 재료 및 방법

### 1. 실험장치

살포기의 설계 제작은 한국표준협회 송풍기(KS B 6311)의 시험 및 검사방법에 준하여 설계하였고, 외형은 FRP (Fiberglass Reinforced Plastic: 섬유강화플라스틱)으로 제작하였다. Fig. 1은 설계된 중소형 살포기의 송풍구동시스템의 정투상도를 나타낸 것이다. 가로×세로 크기는 3600×1059 mm, 송풍기의 직경은 1000φ로 설계하였다. Fig. 2는 Fig. 1의 설계를 이용하여 제작된 살포기의 모습이다.

Fig. 3은 동익을 나타낸 것이다. 동익은 중소형 살포기가 구동하여 액체를 분무할 때 일정하게 송풍되도록 하는 장치를 말한다. 중소형 살포기의 팬이 액체를 분무하면 공기의 흐름이 맴돌이류의 형태로 발생하는 것을 없애기 위한 것이다. 동익 날개의 수는 9개, 크기는 지름×높이를 1000φ×180 mm로 하였다. Fig. 4는 동익 고정부를 나타낸 것이다. 팬은 회전을 하지만 동익은 고정되어 있어야

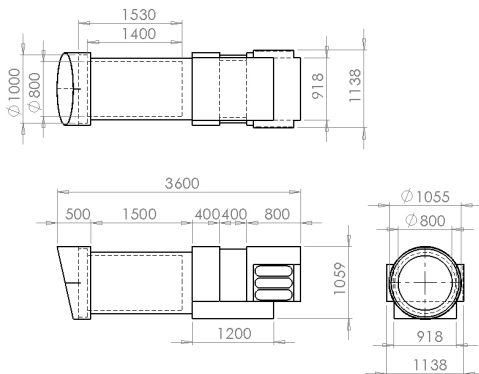


Fig. 1. Design drawing of a blower driving system.

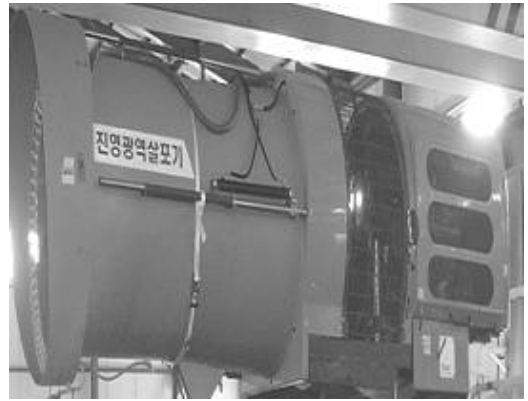


Fig. 2. Picture of a blower driving system.

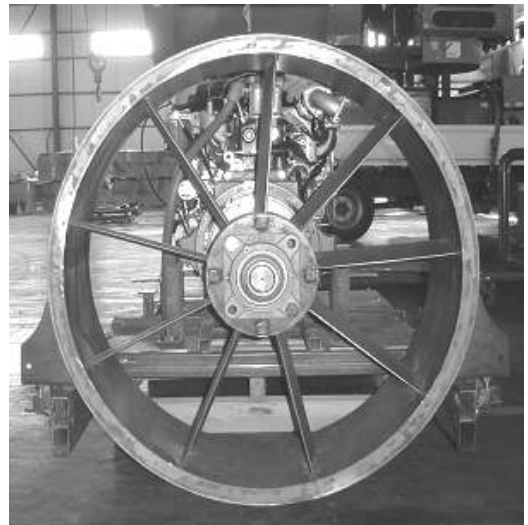


Fig. 3. Blade.

되기 때문에 고정부를 제작하였다. 동익을 고정하는 축은 충격에는 약하지만 인장력에 강한 탄소강을 이용하였다. 고정축은 선반을 이용하여 계단가공을 하여 동익을 송풍구동시스템에 연결한 것이다. 송풍장치의 팬이 구동될 때 동익의 동력 전달을 차단하기 위하여 볼 조인트 베어링을 이용하였다. 볼 조인트 베어링은 축 전달을 차단하기 위하여 사용하였다.

Fig. 5는 살포기의 분무 엔진을 나타낸 것이다. 엔진은 일본 구보다의 D782 모델을 선정하였다. 분무 엔진의 배기량은 778cc, 정격

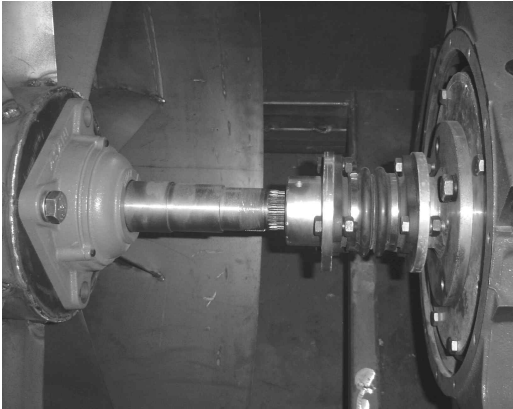


Fig. 4. Blade stator.



Fig. 6. Fan-engine.



Fig. 5. Spray-engine.

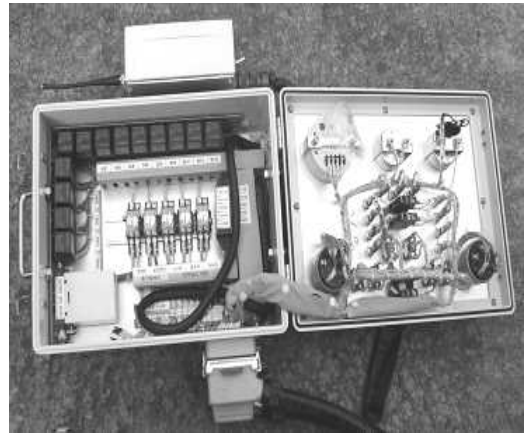


Fig. 7. Control box.

출력은 17.6HP, 최대 rpm은 2600rpm이다. Fig. 6은 살포기의 분무 엔진을 나타낸 것이다. 엔진은 현대에서 판매하는 D4AK-P 모델을 선정하였다. 송풍기 엔진의 최대 RPM은 2400rpm, 배기량은 3298cc였다.

Fig. 7은 살포기의 컨트롤 박스의 내부를 나타낸 것이다. Fig. 8은 살포기의 현장실험에 사용된 풍속계를 나타낸 것이다. 풍속계는 TSI사의 디지털 풍속계 8346모델을 사용하였다.

## 2. 실험방법

Fig. 9는 시스템 제어 알고리즘의 블록선도



Fig. 8. Digital anemometer.

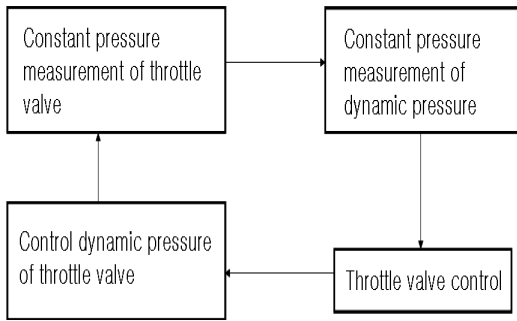


Fig. 9. Flowchart of control algorithm.

를 나타낸 것이다. 스로틀 밸브를 열고 정압을 측정한 후 작동 동압을 측정한다. 분사거리를 확인 하면서 스로틀 밸브를 조절하여 원하는 위치로 살포 할 수 있도록 하였다. Fig. 10은 살포기 실험설계를 나타낸 것이다. A4용지의 배치는 10m 간격으로 세로방향 5개, 가로방향 7개 총 35개를 설치한 후 살포기가 화살포 방향으로 0.3m/s 이동하면서 분사한 색소를 보고 살포 균일도를 분석하는 것이다. 살포기의 실험은 경북 김천에서 도로공사 중인 도로에서 2010년 7월 28일일 08:00부터 10:00까지 수행하였다. 정확한 살포기의 성능을 알기 위하여 바람이 적은 오전에 실험을 수행하였다. 현장 실험 온도는 22℃, 방제기 엔진 구동에 따른 살포기의 풍속은 11m/s였다.

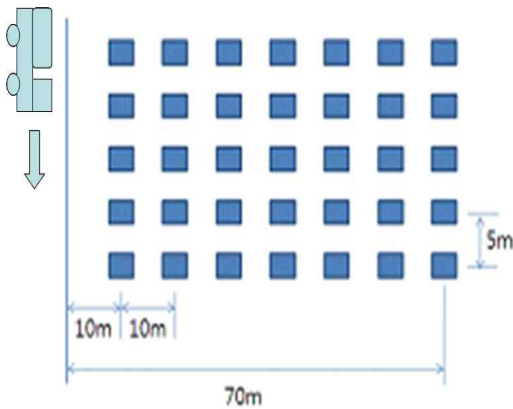


Fig. 10. Experiment design.

Fig. 11은 개발된 살포기가 색소를 살포하는 모습이다. Fig. 12는 살포기가 구동을 하여 색소가 실험용지에 살포되는 모습을 나타낸 것이다. A4용지는 살포기의 풍속에 의한 영향에 의해 용지가 이탈되는 것을 방지하기 위해 장판을 이용하여 지면에 못으로 고정하였고, 클립을 사용하여 용지를 부착하였다.

Fig. 13은 살포기의 살포 실험을 하여 A4 용지에 색소가 묻은 부분의 분포도를 영상처리를 통해 이치화하는 프로그램을 나타낸 것이다. 프로그램은 마이크로소프트사의 Visual C++(MFC)를 사용하였다. 살포된 용지는 육안으로도 분석 할 수 있지만 보다 정확한 균



Fig. 11. Field test.



Fig. 12. Spray on the paper.

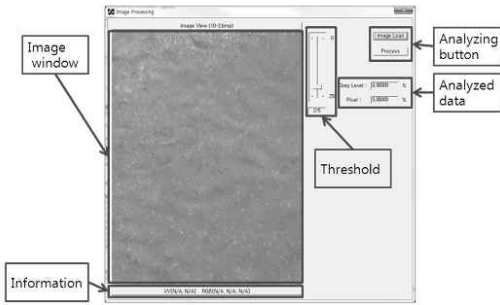


Fig. 13. Image processing program.

일도를 평가하기 위해 영상처리를 하였다. 이미지 분석 버튼의 위쪽 버튼을 이용하여 프로그램으로 부른 후 아래쪽의 진행 버튼을 누르면 데이터가 분석 되도록 하였다. 이미지 창은 입력된 영상 파일이 이미지 분석 버튼을 누르면 이치화 되도록 되어있다.

### 결과 및 고찰

살포기의 성능 실험 전 경기도 지역 19 군데 한우 농가를 방문하여 축사 내부 및 외부의 길이를 측정하였다. Fig. 14는 한우 축사 내의 길이를 나타낸 것이다. 측정결과 가장 긴 축사 내부의 길이는 30m로 나타났다(민등, 2009). Fig. 15는 축사 외부의 모습을 나타낸 것이다. 가장 긴 축사의 길이는 50m로 측정되었다. 따라서 60m 이상 방제할 수 있는 살포기를 개발하면 축산 농가에 적용이 가능할 것으로 판단된다.



Fig. 14. Internal length of cattle shed.

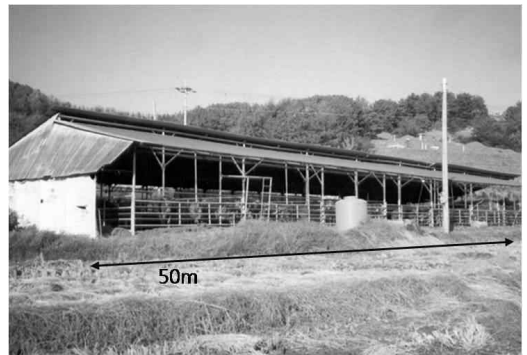


Fig. 15. External length of cattle shed.

#### 1. 이치화 영상처리

구제역 방제를 위한 살포기의 성능 측정은 살포된 용지를 회수하여 영상처리를 하였다. 현재 육안에 의한 분포도 측정에 의해 방제기의 성능을 판단하고 있으나 신뢰성 확보를 위해 영상처리 기법을 적용하여 분석하였다.

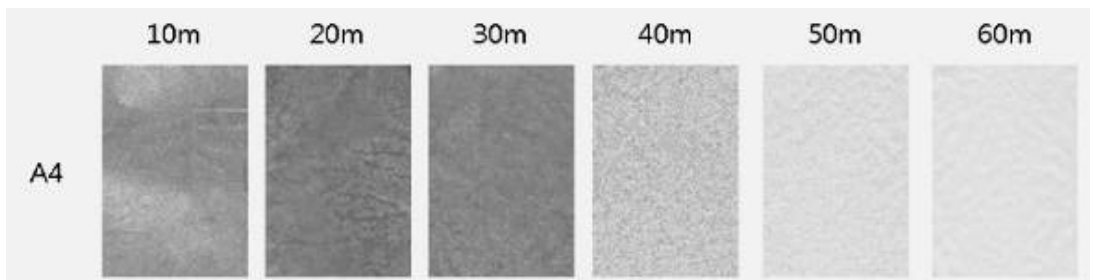


Fig. 16. Test sheets for spray performance.

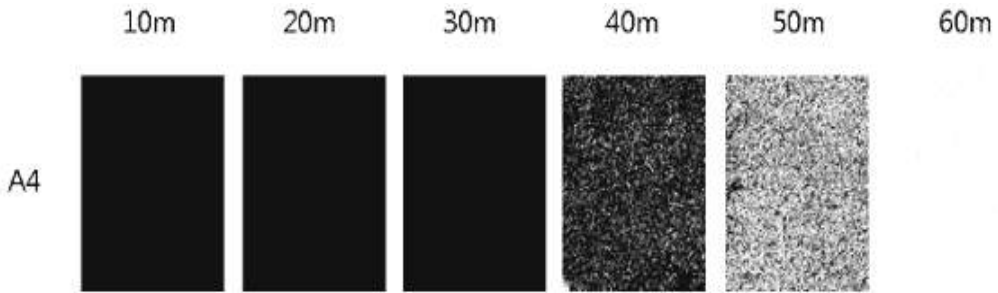


Fig. 17. Binarization results of test sheet.

Fig. 16은 살포기의 성능 실험 데이터를 나타낸 것이다. 실험을 통하여 60 m까지 살포가 된 것을 알 수 있었다. 살포기가 0.3 m/s로 이동하면서 살포 했을 때 전구간 10에서 60 m까지 살포되는 것을 알 수 있었다. 용지에서 10 m 구간의 경우 20 m, 30 m 구간의 용지보다 색소가 적게 나타났다. 적게 나타난 이유는 A4용지가 수분을 흡수하는 정도가 낮아서 색소가 흘러내린 것으로 판단된다.

Fig. 17은 Fig. 16의 실험데이터를 영상처리 프로그램을 이치화 시킨 것이다. 성능실험에 사용된 용지를 수거하여 영상처리를 이용하여 실험용지에 색소가 묻은 부분을 검정색은 0, 백색은 255로 이치화 하였다.

## 2. 이치화 평균

Table 1은 A4용지에 살포된 색소의 이치화 평균값을 나타낸 것이다. 이치화에서 검정색은 0, 백색은 255이다. 즉 숫자가 적을수록 색소가 많이 뿌려진 것이다. Table 1은 Fig. 17의 이치화 시킨 영상을 평균하였다. 실험을 통하여 살포기로부터 40m 떨어진 부분까지는 살포가 잘되는 것으로 나타났다. 살포기가 출발하면서 살포한 구간은 살포율이 다른 구간에 비하여 적게 나타났다. 출발과 동시에 살포할 경우 살포가 적게 나타나서 출발 할 때는 이동속도를 느리게 해야 할 것으로 판단된다.

Fig. 18은 살포기가 이동하면서 용지에 살포한 데이터를 이치화 시킨 후 평균한 것이

Table 1. Binarization average results of test sheet

Movement distance (m) \ Spraying distance (m)	0	5	10	15	20
10	167	135	146	137	166
20	138	145	134	135	134
30	146	143	129	140	145
40	211	189	184	141	141
50	214	235	229	214	200
60	233	236	232	241	224

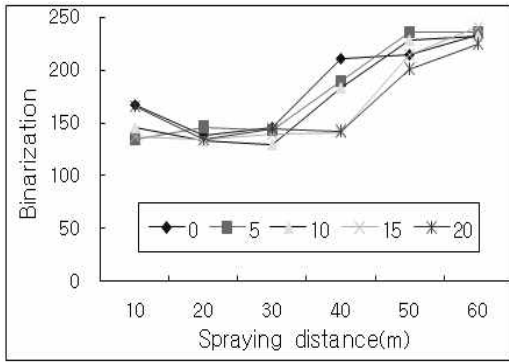


Fig. 18. Average value in the binarized image by spraying distance.

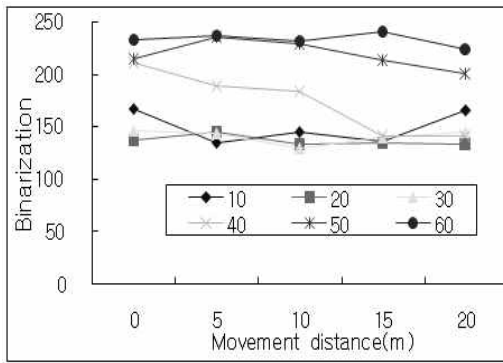


Fig. 19. Average value in the binarized image by movement distance.

다. 그림에서 살포기가 이동을 시작한 0~10 m까지 살포가 잘 된 것을 볼 수 있었고 살포기가 정지하면서 살포량이 낮게 나타났다.

Table 2. Binarization rates of the paper

(unit : %)

Movement distance(m) \ Spraying distance(m)	0	5	10	15	20
10	34.79	47.37	43.09	46.61	35.33
20	46.21	43.35	47.84	47.43	47.70
30	42.90	44.00	49.45	45.35	43.49
40	17.71	26.01	28.26	44.96	44.80
50	16.29	8.03	10.72	16.36	21.80
60	8.87	7.65	9.27	6.03	12.51

살포기가 0.3 m/s로 이동하면서 살포 한 경우 10 m 이동한 경우 살포기에서 30 m 떨어진 용지에 129로 가장 높게 나타났다.

Fig. 19는 살포거리별 A4 용지에 나타난 데이터를 이치화 평균한 것이다. 이동거리별 살포량은 전 구간에서 일정하게 나타났으나 30 m 구간의 경우 방제기가 정지하면서 살포할 경우 살포가 잘 되는 것으로 나타났다. 균일한 살포를 위해서는 살포기가 출발 및 정지 할 때 일찍 송풍기 엔진을 구동하고 정지해야 할 것으로 판단된다.

### 3. 이치화 비율

Table 2는 용지에 살포된 색소의 이치화

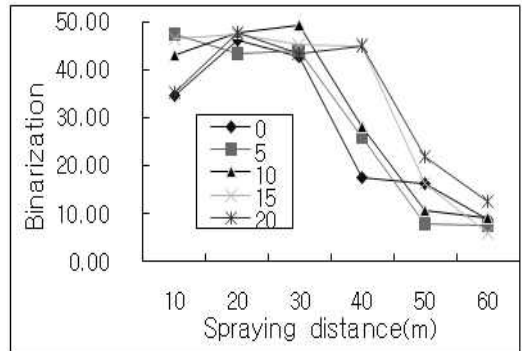


Fig. 20. Binarization rates of the paper by spraying distance.

비율을 나타낸 것이다. 이치화에서 검정색은 100, 백색은 0으로 나타냈다. 즉 숫자가 높을수록 색소가 많이 뿌려진 것이다.

Fig. 20은 이동거리별 A4 용지의 이치화를 백분율로 나타낸 것이다. 살포기가 살포를 하면서 진행했을 때 0~30m까지 살포율이 높게 나타났다. 50m 부근에서 살포율이 낮게 나타났다. 날씨가 흐려 공기의 밀도가 높아져서 나타난 것으로 판단된다. 살포기가 출발하면서 살포한 거리 40m는 17.71로 같은 구간에서 가장 낮게 나타났다. 출발한 지점보다 정지한 지점이 분포도가 높게 나온 점을 감안할 때 방제기가 살포를 할 때 바람의 영

향을 받은 것으로 판단된다. Fig. 21은 살포거리별 A4 용지의 이치화를 백분율로 나타낸 것이다. 40 m 구간을 제외하고 모든 구간에서 일정한 분포를 보였다.

4. 이치화에 대한 검정색 분포

Table 3은 A4 용지의 이치화에 대한 검정색 분포를 나타낸 것이다. 방제기가 살포한 경우 가장 살포가 높게 나타난 부분을 100%로 나타냈다.

Fig. 22는 이동거리별 A4 용지의 이치화에 대한 검정색 비율을 나타낸 것이다. 방제기

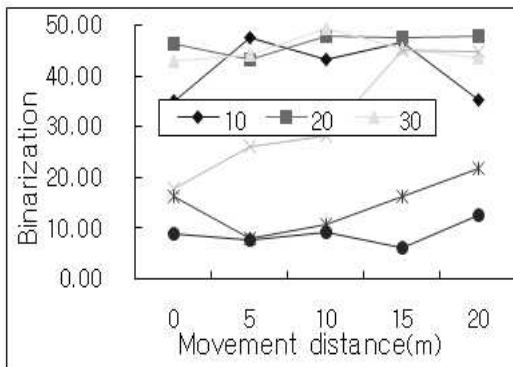


Fig. 21. Binarization rates of the paper by movement distance.

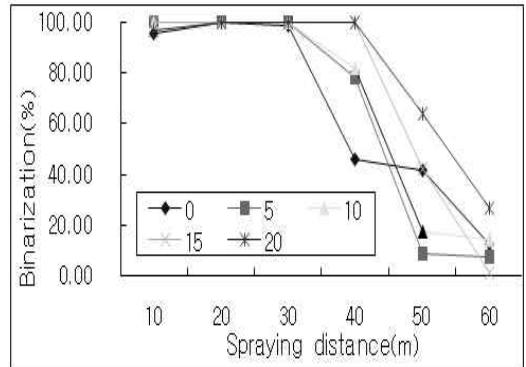


Fig. 22. Binarization rates of the paper by spraying distance.

Table 3. Distribution of black dots on the binarized paper

(unit : %)

Movement distance(m) \ Spraying distance(m)	0	5	10	15	20
10	95.69	100.00	99.91	100.00	96.90
20	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
30	98.87	100.00	99.94	100.00	100.00
40	45.55	78.31	81.88	99.92	99.97
50	41.18	8.22	17.37	42.26	63.93
60	12.16	7.31	13.78	0.83	26.73



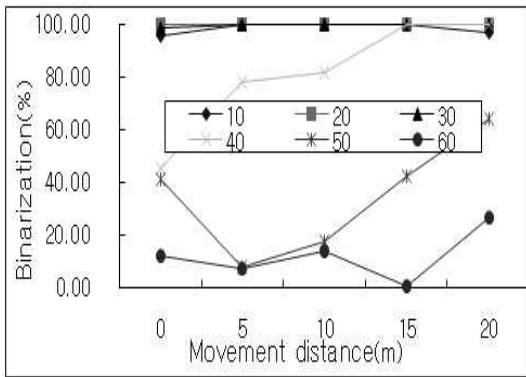


Fig. 23. Binarization rates of the paper by movement distance.

가 살포를 한 경우 30m까지는 살포가 높게 나타났다. 가장 낮게 나타난 곳은 방제기가 15m 이동하여 60m 떨어진 위치에 있는 A4 용지가 0.83%였다. Fig. 23은 살포거리별 A4 용지의 이치화에 대한 검정색 비율을 나타낸 것이다. 40m의 살포를 살펴보면 방제기가 출발 할 때 보다 정지하면서 살포한 구간이 높게 나타났다. 축산 농가에서 살포를 할 경우 살포를 하면서 2초 정도 정지한 후에 출발해야 할 것으로 판단된다.

살포기의 성능실험 및 분석을 한 결과 영상처리를 통하여 60m까지 방제작업이 가능한 것으로 나타났다. 축산 농가에 적용 할 경우 방제작업 및 충분한 소독 작업을 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 적 요

본 연구의 목적은 축산 농가에서 병원균의 전염성으로 막대한 손실을 가져오고 있어 이를 효율적으로 방제작업을 할 수 있는 살포기를 개발하고 성능실험은 영상처리를 이용하여 분석하는 것이다. 실험 설계는 용지를 10m 간격으로 세로 5개, 가로 7개 총 35개를 설치하여 살포량과 살포거리를 실험 하였다.

실험 방법은 A4용지를 바닥에 고정하고 색소를 살포하여 얻은 데이터를 영상처리를 통하여 이치화 하였다.

성능실험 후 용지를 수거하여 거리를 분석한 결과 60m까지 살포가 가능한 것을 알 수 있었다. 살포기의 이동거리별 A4 용지의 이치화에 대한 검정색 비율은 30m까지는 살포가 높게 나타났다. 실험을 통해 60m까지 살포가 가능하여 축산 농가의 방제작업에 사용이 가능할 것으로 판단된다.

### 인 용 문 헌

1. 김영주, 이중용. 2007. 친환경 정밀농업을 위한 입제 변량살포기 개발(IV). 바이오시스템공학지 32(6):383-388.
2. 김창수, 민병로, 서광욱, 이대원. 2009. 축산농가를 위한 대규모 목초지 방제용 고속 팬의 실험을 통한 색소 분포에 따른 분석. 축산시설환경학회지 15(2):99-106.
3. 민병로, 김동우, 서광욱, 홍준택, 김웅, 최준홍, 이대원. 2008. 영상처리를 이용한 광역 방제기 팬의 성능실험. 축산시설환경학회지 14(3):159-166.
4. 민병로, 김웅, 김동우, 이대원. 2004. 영상처리를 이용한 작물의 모종시기 결정. 생물환경조절학회지 13(3):178-184.
5. 민병로, 서광욱, 최희철, 이대원. 2009. 젓소농가의 사육규모별 축사시설 분석. 축산시설환경학회지 15(3):251-262.
6. 서광욱, 민병로, 최희철, 이대원. 2009. 양돈농가의 사육규모별 축사시설 분석. 축산시설환경학회지 15(3):231-240.
7. 홍준택, 민병로, 김동우, 서광욱, 김웅, 이승기, 김성엽, 이대원. 2007. 축산 농가용 광역방제기 팬의 성능실험 및 분석. 축산시설환경학회지 13(2):105-112.

8. Hotchkiss, P. J., Meyer C. J. and von Backström T. W. 2006. Numerical investigation into the effect of cross-flow on the performance of axial flow fans in forced draught air-cooled heat exchangers. *Applied Thermal Engineering* 26(3):200-208.
9. Maaloum, A., Kouidri S. and Rey, R. 2004. Aeroacoustic performance evaluation of axial flow fans based on the unsteady pressure field on the blade surface. *Applied Acoustics* 65(4):367-384.