

# 정전대전 농약살포용 노즐의 분무 및 부착특성

## Spray and Depositional Characteristics of Electrostatics Nozzle for Spraying Agricultural Chemicals

강태경\* 이동현\* 이채식\* 김충길\* 노수영\*\*

정회원 정회원 정회원 정회원 정회원

T.G.Kang D.H.Lee C.S.Lee C.K.Kim S.Y. No

### 1. 서론

농약과 방제기가 개발되면서 적은 노력과 비용으로 넓은 면적의 작물을 병과 해충으로부터 보호할 수 있게 되어 수확량이 대폭 늘어나고 농사도 안정적으로 지을 수 있게 되었다. 이렇게 방제작업이 손쉽게 되었으나 농약을 필요량보다 적게 뿌릴 경우 병해충을 충분히 방제할 수 없고, 많이 뿌릴 경우 비용과 환경오염을 증가시키는 또다른 문제점에 부딪치게 되었다. 현재 사용되고 있는 방제기로 농약을 살포할 경우 노출된 작물의 잎에서는 농약이 흘러 내리는 반면 수관내부에 감추어진 잎이나 병해충이 주로 발생하는 잎 뒷면은 농약 부착이 미흡하다. 즉, 살포된 농약의 20%이하만이 작물에 부착되고, 65%는 지면으로, 15% 이상은 다른 곳으로 날아가 80%이상의 농약이 낭비되고 환경오염원이 되는 것으로 보고되고 있다. 농약의 작물 부착률을 높이고 손실량을 줄이면서 충분한 방제효과를 얻기 위해서는 정전력을 이용할 필요가 있다. 농약과 방제기능이 우리나라와 다른 일부 국가의 노지와 국내의 온실에서 실용화되고 있어 국내의 노지에서 사용하는 방제기에도 적용할 수 있는 것으로 판단된다. 따라서, 정전대전농약살포방법을 과수용 스피드스프레이어 살포에 응용하여 농약 살포량을 대폭 감소시키고도 충분한 방제효과를 얻고, 토양이나 수질오염을 근원적으로 대폭 줄일 수 있는 고효율의 과수용 정전대전 농약살포 시스템을 개발하기 위하여 정전대전 방법별 정전효과를 구명하는데 연구의 목적이 있다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 정전대전 분무용 노즐

##### (1) 공시노즐

기존 SS기 노즐은 디스크형으로 내마모성은 강하지만 취성이 약하고 분무량 과다 및 입경이 커서 정전대전 농약살포에는 부적당하므로, 정전대전의 효율을 증대시키기 위하여 새로운 노즐 선발 필요하였다. 새로 개발한 노즐의 재질은 세라믹으로 그 주성분은 알루미늄이며, 황동이나 스테인레스 등 금속제 노즐에 비해 내마모성이 강하다. 노즐조합은 분구, 중자, 걸름망 및 몸체로 구성되었고, 노즐 분구의 규격은 구경이 각각 0.51, 0.59, 0.73, 0.83mm인 노즐을 공시노즐로 선정하였다.

\* 농업기계화연구소 생물생산기계과

\*\* 충북대학교 농업기계공학과

## (2) 노즐의 분무특성 시험

정전대전 농약살포용 노즐 특성을 구명하기 위하여 기존 SS기 노즐과 새로운 노즐구경에 대한 분무압력별 분무각, 분무량, 입경 및 유효도달거리를 측정하였다. 분무각도는 그림 1과 같이 사진 촬영하여 각도를 측정하였고, 분무입경은 MALVERN 2600 레이저 자동입자측정기로 분무입경이 형성된 노즐끝에서부터 30cm 거리의 분무 중심부에서 측정하였으며, D[v,0.5]를 평균분무입경으로 나타내었다. 유효도달거리는 자체 제작한 균등살포율 측정장치(패터네이터)를 이용하여 1m 높이에서 분무하여 측정하였다. 결과 표 1과 같이 노즐구경은 분무압력이 10kg/cm<sup>2</sup> 일때는 42~43°, 20kg/cm<sup>2</sup> 일때는 48~53° 로 노즐 구경별로 차이가 적었으며, 분무량과 도달거리는 구경 및 압력에 비례하여 0.33 l/min에서 1.02 l/min로 2.1m에서 3.6m로 증가하였고, 평균분무입경은 노즐구경 및 압력이 증가할수록 136.02 $\mu$ m에서 95.87 $\mu$ m로 작아지는 경향으로 나타났다.



그림 1. 분무각도 측정

표 1. 정전대전살포에 적합한 노즐의 살포특성

노즐직경 (mm)	압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	분사각 (°)	분무량 (l/min)	입경 ( $\mu$ m)	유효도달거리 (m)
0.51	10	43	0.33	111.16	2.1
	15	49	0.41	99.60	2.5
	20	53	0.48	95.87	3.0
0.59	10	44	0.39	128.15	2.5
	15	46	0.46	116.03	3.0
	20	49	0.56	108.34	3.4
0.67	10	42	0.42	132.52	2.3
	15	47	0.53	121.64	2.9
	20	48	0.60	115.13	3.5
0.83	10	43	0.75	136.02	2.7
	15	47	0.93	123.93	3.3
	20	49	1.02	116.13	3.6
1.2	10	45	1.38	137.75	4.4
	15	49	1.72	133.51	4.8
	20	52	1.97	131.54	5.3

### 나. 정전기 발생장치 제작

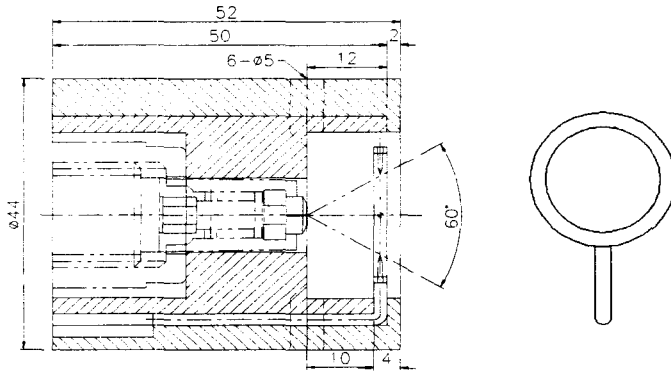
고효율 정전기 발생장치의 입력전원은 DC 12V를 이용하고 출력전압은 무부하시 8kV, 전부하시 4kV를 유지하고, 출력전압은 정전압의 sine 파인 펄스형으로 제작하였으며, 전원을 안정적으로 유지시키기 위하여 출력측의 short에 의한 내부의 회로 손상 방지나 전원의 오동작을 방지할 수 있는 파워트랜스 보호회로를 내장하였다. 또한 분무된 농약이 유입

되지 않도록 회로를 물딩하고 외부는 방수 처리하였으며, 농약살포 시기가 고온기이므로 고온으로 내부가 손상되지 않도록 냉각팬을 설치하여 제작하였다.

### 다. 정전대전장치 제작

#### (1) 유도대전장치

대전장치는 그림 3과 같이 몸체는 세라믹으로, 유도대전 전극은 1개의 황동 링으로 설계 제작하였다. 대전장치 몸체내부에 살포액이 집적에 의한 정전기 누설을 방지하기 위해 대전장치의 몸체내부에서 분무액이 쉽게 밖으로 흘러나오도록 배출구를 설치하였다. 1차로 개발한 대전장치는 방전을 방지하여 대전성능은 향상시킬 수 있었으나, 대전링이 외부로 노출되어 과수나못가지에 걸려 쉽게 변형되는 문제점이 발생하여, 정전대전장치의 대전링을 스테인리스로 제작하여 변형되지 않도록 하였으며, 절연도료인 바니쉬를 대전링에 피복 하였으나, 외부의 충격에 피복이 쉽게 손상되는 문제점이 나타나, 절연도료인 수지를 사용하여 절연성과 내구성을 향상시켜 완성하였다. 대전링의 직경은 노즐에서 분무되는 약액이 링에 부딪치지 않도록 하기 위하여 노즐의 분무각  $53^\circ$  보다 큰  $60^\circ$  로 정하였다.



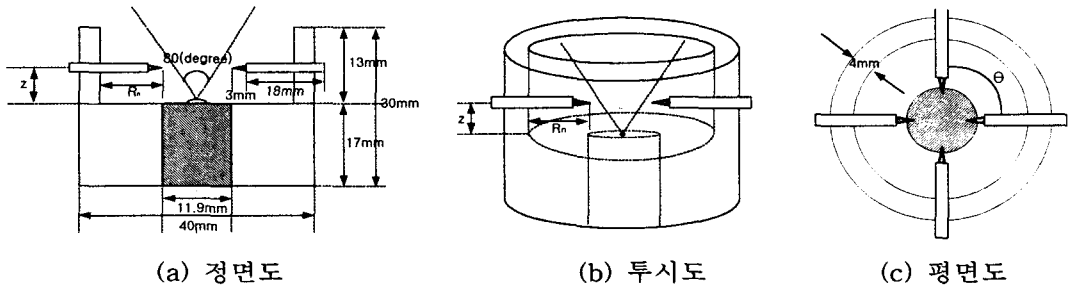
(a) 정전대전장치몸체

(b) 유도대전링

그림 2. 유도대전장치 구조

#### (2) 코로나 대전장치

코로나 방전형 대전장치는 아직 국내외에서 농약살포용 대전장치로 개발되지 못하고 있다. 이는 약액이 전기적으로 도체에 가까우며, 분무된 약액이 비산되어 대전장치에 부착하여 대전장치의 절연성을 크게 저하시키고, 전원을 단락시켜 대전성능을 크게 저하시키는 문제점 때문이다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 최소화한 형태인 침대 원통형 corona 방전형 대전장치를 그림 4와 같이 설계 제작하여 시험하였다.



(a) 정면도

(b) 투시도

(c) 평면도

그림 3. 코로나 대전장치 구조

### 라. 실내시험장치 제작

정전대전 인가전압별 과수 잎 뒷면 부착에 미치는 영향을 측정하기 위해 정전대전살포장치를 탑재하고, 측정장치에 대해 일정한 거리로 평행하게 주행하는 이동대차, 수평, 45°, 90° 각도로 설치된 판의 뒷면에 감수지를 부착할 수 있도록 제작된 측정대를 실내시험용으로 제작하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 나. 정전대전 방식 및 노즐구경별 분무특성

무송풍상태에서 정전대전유형과 노즐구경 및 인가전압별로 살포한 분무액이 감수지에 부착되는 피복면적비를 감수지 부착각도 45°, 분무압력 20kg/cm<sup>2</sup>, 살포거리 1.2m에서 측정한 결과를 그림 5, 6, 7, 8에서 보면 유도대전 및 코로나 대전살포의 경우 모두 인가전압이 증가할수록 피복면적비가 증가하는 것으로 나타났으며, 0.59mm 노즐 4.0 및 4.5kV에서 정전대전 효과가 가장 높게 나타났다. 그러나 인가전압 4.0kV 이상으로 분무를 계속할 경우 수분의 영향으로 대전장치에서 불꽃방전이 일어나 지속적인 방제작업이 불가능하였다. 정전대전 방식별 대전효과는 0.59mm 노즐 4.0kV에서 유도대전방식이 43.4%로 코로나 대전방식 31.5%보다 높게 나타났다. 유도대전의 경우 0.59mm노즐로 살포하면, 관행의 1.2mm노즐로 정전대전 없이 살포하는 경우에 비해 살포량이 1.97 l/min에서 0.56 l/min로 71.6% 줄어들면서도 피복면적비는 10.2%에서 43.4%로 4.3배 증가하는 것으로 볼 수 있다. 노즐직경별 비교에서는 노즐직경 즉, 분당분무량이 증가할수록 피복면적비는 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 분무유량이 많아 질 경우 분무입경이 크고 입자의 운동에너지가 크기 때문에 정전대전효과가 감소하는 것으로 판단되며, 0.51mm 노즐은 분무량이 너무 적어서 피복면적비가 낮은 것으로 판단되어 적정 정전대전노즐은 0.59mm 노즐로 인가전압을 4.0kV으로 결정하였다.

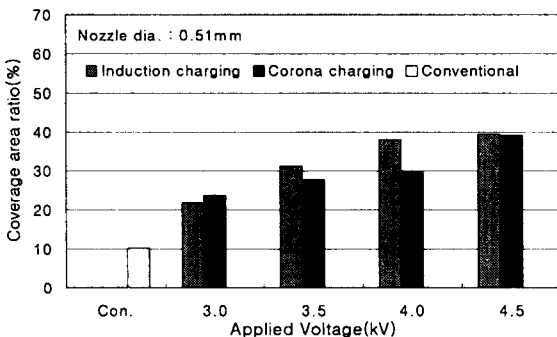


그림 4. 0.51mm 노즐의 부착특성

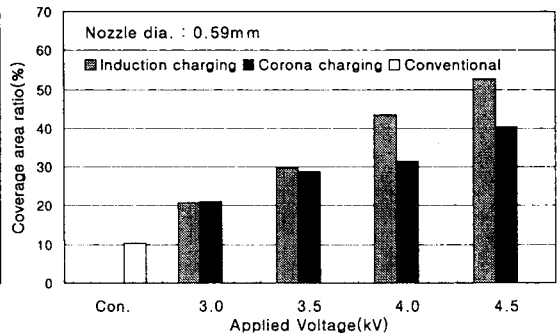


그림 5. 0.59mm 노즐의 부착특성

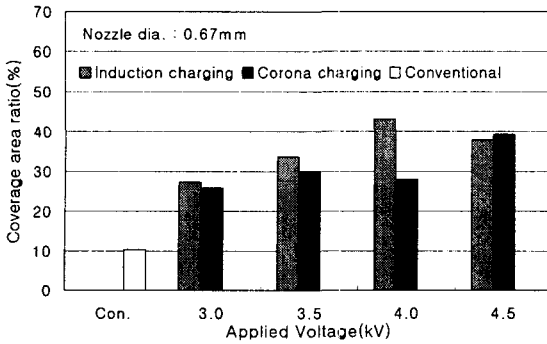


그림 6. 0.67mm 노즐의 부착특성

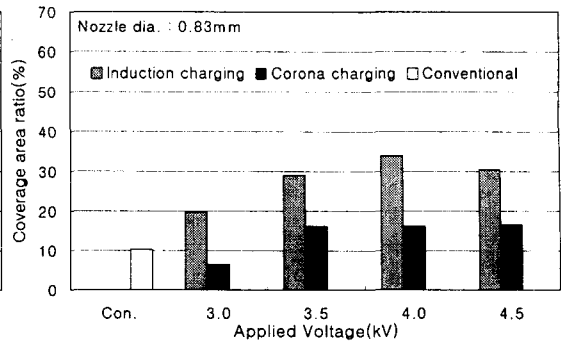


그림 7. 0.83mm 노즐의 부착특성

#### 다. 송풍풍속별 정전대전효과

송풍상태에서 풍속별 정전대전효과를 시험한 결과를 표 2에서 감수지의 분무액 피복면적비는 송풍풍속을 관행작업의 풍속인 36m/sec(2,500rpm)로 정전대전 살포의 경우는 26.70%로 정전대전 없이 살포하는 관행의 21.86%에 비해 1.2배 증가하고, 풍속을 27m/sec(2,000rpm)로 정전대전 살포한 경우는 28.50%로 관행살포 대비 1.3배 증가하는 것으로 나타났다. 이는 풍속이 27m/sec 이상일 경우 분무입자의 운동에너지가 커서 비산손실이 많아지고, 27m/sec 이하 일 때는 운동에너지가 적어 분무입자가 목표물에 도달되기 전에 지면에 낙하되는 양이 많은데 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 송풍속도는 27m/sec내외가 적합한 것으로 나타났다.

표 2. 송풍기 풍속별 과수 잎 뒷면 피복면적비

(단위 : %)

구 분	감수지 부착각도	송풍풍속(m/sec)		
		17	27	36
유도대전	0°	25.55	34.67	35.45
	45°	21.12	28.50	26.70
	90°	28.22	32.39	28.42
관행살포	0°	-	-	22.91
	45°	-	-	21.86
	90°	-	-	27.48

※ 노즐구경 : 정전대전 0.59mm, 관행 1.2mm, 분무압력 20kg/cm<sup>2</sup>, 살포거리 3m

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 과수 전용방제기인 스피드스프레이어의 농약살포량을 절감하기 위하여 정전대전 살포장치를 개발하기 위한 기초연구로 적정노즐을 선별하고 정전기발생장치와 정전대전장치를 개발하여 정전대전효과를 구명하기 위하여 수행되었다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 공시노즐의 분무특성시험 결과 분무각은 분무압력이 10kg/cm<sup>2</sup> 일때는 42~43°, 20kg/cm<sup>2</sup> 일때는 48~53° 로 노즐 구경별로 차이가 적었으며, 분무량과 도달거리는 구경 및 압력에 비례하여 0.33 l/min에서 1.02 l/min로 2.1m에서 3.6m로 증가하였고, 평균분무입경은 노즐구경 및 압력이 증가할수록 136.02 $\mu$ m에서 95.87 $\mu$ m로 작아지는 경향으로 나타났다.

나. 유도대전의 경우 피복면적비는 10.2%에서 43.4%로 4.3배 증가하고, 0.59mm노즐을 사

용하여 살포한 경우, 관행의 1.2mm노즐로 정전대전 없이 살포하는 경우에 비해 살포량을 1.97 l/min에서 0.56 l/min로 71.6% 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

다. 정전대전 방식별 대전효과는 0.59mm 노즐 4.0kV에서 유도대전방식이 43.4%로 코로나 대전방식 31.5%보다 높게 나타났다.

라. 시험결과 유도대전방식이 우수하였고 적정노즐은 0.59mm 노즐 4.0kV에서 정전대전 효과가 가장 높게 나타났다.

마. 정전대전살포 시 적정 송풍풍속은 27m/sec(2,000rpm)로 판단된다.

## 참고 문헌

1. 조성인, 이동훈 : 정전효과를 이용한 분무노즐의 분무성능평가, 한국농업기계학회지, Vol. 21, No. 4 (1996) 406-413
2. 강태경, 농약정전살포장치 개발, '96, '97 농업기계화시험연구보고서
3. T. G. Kang, D. H. Lee, K. Y. Ryu, H. J. Kim, C. S. Lee, J. D. Moon "Electrostatic Sprayer of Agricultural Chemicals" 8~12, October (2001) Dalian, China
4. Laryea. G.N and No, S.Y., Evaluation of Charged and Uncharged Spray Deposition Characteristics on Plant Canopy, ILASS-Europe 2001, Zurich, Switzerland.
5. Laryea, G.N., Kang, T.G and No, S.Y., Spray Characteristics of Electrostatic Pressure-Swirl Nozzle, ILASS-Asia 2001, Busan, Korea.
6. H. Almekinders, H. E. Ozkan, D. L. Reichard, T. G. Carpenter and R. D. Brazee ; Spray Deposit Patterns of an Electrostatic Atomizer, Transactions of the ASAE, Vol. 35, No. 5 (1992) 1361-1367
7. S. Edward Law and Steven C. Cooper, "Depositional Characteristics of Charge and Uncharged Droplets Applied by an Orchard Air Carrier Sprayer", Transactions of the ASAE, Vol. 31, No. 4 (1988) 984-989