

정전효과를 이용한 분무노즐의 분무성능 평가

Spraying Performance Evaluation of Spraying Nozzle Using Electrostatic Effect

조성인* 이 동 훈*
정희원 정희원
S. I. Cho, D. H. Lee

ABSTRACT

Electrostatic spraying is needed for today's sustainable farming. An electrostatic spraying nozzle was developed and its spraying performance was evaluated. High voltages of 15kV, 20kV, and 25kV were supplied for the electrostatic electrode. Artificial and real apple targets were used for the spraying experiments. Insulated material was used around the electrode to protect the loss of electrostatic effect. Three angles (0, 45, 90 degree) of spraying direction were used for the spraying test. The performance of electrostatic spraying was improved from 204.5% upto 429.2% on the apple targets.

주요 용어(Key Words) : 정전효과(Electrostatic Effect), 분무기
(Sprayer), 정전분무(Electrostatic Spraying)

1. 서론

우리 나라의 농약 사용량은 80년도에 160,000 T 이던 것이 지난 94년에는 260,000T으로 63%가 늘어났으며 특히 원예작물에 뿌리는 농약은 5,400T에서 12,600T으로 132%나 증가했고 제초제사용량도 3,400T에서 5,500T으로 63%가 증가했다(농림수산부, 21세기를 향한 농림수산 환경정책안,1996). 특히 세계보건기구(WHO)가 지정한 맹·고독성 농약 가운데 26종이 국내에서 사용되고 있을 뿐 아니라 이중 일부는 사용량이 매년 증가하고 있는 것으로 나타났다. 95년 맹·고독성 농약의 국내 사용량은 2,950여T에 이르고 있으며 이 가운데 포스팜액제는 지난 92년

233.9T에서 95년 348T으로, 아조포유제는 19.1T에서 191.1T으로 사용량이 매년 큰 폭의 증가세를 보이고 있다(농림수산부 농촌진흥청 국정감사 보고서, 1996). 이처럼 농약의 사용량이 급증하는데 비해 60년~95년 동안의 쌀 생산량은 1.4배 증가하는 데 그쳐, 현행 방제작업체계에 대한 효율성 및 안전성이 제고되고 있다.

한편 작은 입경의 분무입자로서 가급적 적정량을 균일하게 뿌릴 때 방제효율이 제고될 수 있는데도 불구하고, 현행 방제작업체계에서 이루어지는 액제 살포는 원거리 살포에 따라 분무입자의 입경분포가 다양하며, 대부분의 분무립의 입자가 매우 크므로 고른 살포를 기대하기 어렵다. 또한 액제 살포의 경우 분무입자들의

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계전공

유수침투 및 과수에 이르기 전에 지면에 떨어지므로 생기는 약액의 손실, 공기 중에서 약액의 비산으로 인한 작업자의 안전 위협 등의 문제를 안고 있다.

한편 환경보호를 위한 인식이 확산되고 있는 때에 농약의 과다 사용에 의한 유수 및 지하수의 오염이 심각한 환경문제로 지적되고 있다.

따라서 방제작업의 효율성 향상 및 환경오염의 문제를 극복할 수 있는 새로운 기법의 방제기술이 절실히 필요한 실정이다.

새로운 기법의 방제기술은 소량의 약액을 사용함과 동시에 공기 중에서의 손실을 방지하여야 하며 작물의 표면에 피복특성이 우수해야 하는 두 가지 성능을 구현하므로써 구체화될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 인식하고 새로운 기법의 방제작업에 대한 연구로서 정전(electrostatic)효과를 이용한 분무기의 살포성능 고찰을 통해 적용가능성을 검토하기로 하였다.

본 연구에서는 정전효과를 이용한 분무기의 살포성능 고찰을 통해서 현행 방제작업체계에 응용가능성 및 방향을 제시하였다. 구체적인 연구의 내용은 다음과 같다.

- 1) 정전효과를 발생시키기 위하여 필요한 고전압 발생장치 및 절연장치를 개발하였다.
- 2) 정전효과를 이용한 분무기와 일반 분무기의 비교실험을 통해 분무립의 입자밀도, 부착립의 입자경 분포, 분무립의 피복률 등의 차이를 조사하여 분무성능을 평가하였다.

2. 연구사

산업분야에서 정전효과를 이용한 응용사례는 painting 및 epoxy coating 작업등의 특수 도장재료의 정전 살포 등이 있으며, 우리 주위에서 흔히 사용되고 있는 프린터의 일종인 잉크젯(ink-jet) 방식의 프린터가 일반적인 사례이다.

한편 정전효과를 이용하여 농업분야에 응용한 사례는 국내에서는 미미한 실정이며 외국의 연구사례를 살펴보면 다음과 같다.

Anantheswaran과 Law(1981)는 잔디등의 엽상식물을 모의로 한 평면형 인공물을 대상으로 실험을 하였다. Carlton 등(1995)은 정전효과를 이용하여 Aerial 분무기를 개발한 후 면화를 대상으로 실험하여 입자분포도 및 살포방향과 반대편에 있는 작물의 표면에도 우수한 방제효과를 나타냄을 보였다.

Cooper와 Law(1887)는 bipolar charging이란 새로운 기법을 사용하여 정전효과를 이용한 분무기의 성능향상에 대한 연구를 하였다. 아울러 Law(1989)와 고전압에서 발생하는 방전현상을 극복하고자 high - voltage waveform generator를 개발하여 실험하였다.

Giles와 Law(1985)는 대상체의 기하학적인 형태와 입자분포와의 관계를 규명하기 위하여 cylindrical target의 직경과 간격, 살포형태를 실험변수로 선정하여 실험하였다.

Lane과 Law(1981)는 양배추, 브로콜리, 면화, 옥수수를 대상으로 하여 잎의 형태 별로 정전효과를 이용한 분무기의 성능에 대하여 연구하였다. 또한 면화에 대한 정전분무실험(1982)을 하였는데, 특히 면화와 같이 대상체의 표면이 얇은 섬유나 뾰족한 tip으로 이루어진 식물에 대한 정전분무를 다양한 각도로 연구하였다.

Law(1983)는 절연재료를 사용하여 정전효과를 발생시킬 수 있는 노즐을 개발하여 실험하므로써 일반 분무기의 성능보다 약 2배의 성능이 향상됨을 보였다.

3. 이론적 배경

가. 정전효과

정전효과는 우리의 주위에서 흔히 발견할 수 있는 것으로 정전기라고 불리는 현상으로 나타난다. 그 원리는 그림 1과 같이 전기적으로 중성을 띤 물체가 마찰이나 그 밖의 전기적인 작용에 의해서 전기적인 균형이 깨지면서 극성을 가지게 되어 전하의 성질을 가지게 된다.

위에서 보는 바와 같이 전기적으로 중성인

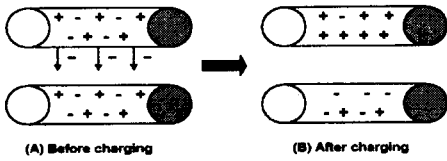


Fig. 1 Charging effect.

상태가 일시적인 불균형 상태를 유지하는 것이 정전효과이다. 정전효과를 띠게 되는 물체의 특징은 일반적인 전기장 및 자기장내에서 극성을 가지고 있는 물체가 받는 영향과 동일하다.

나. 정전효과를 이용한 분무기

정전효과를 이용한 분무기의 구성은 그림 2와 같다.

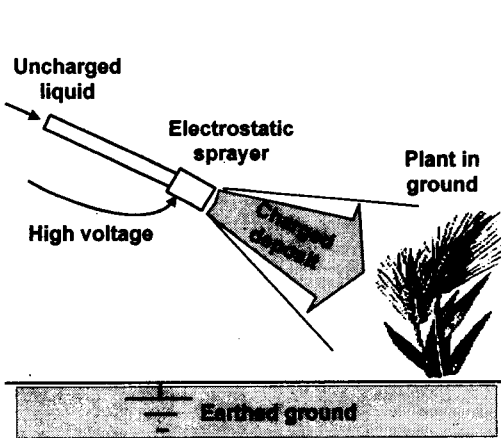


Fig. 2 Whole scheme of electrostatic sprayer.

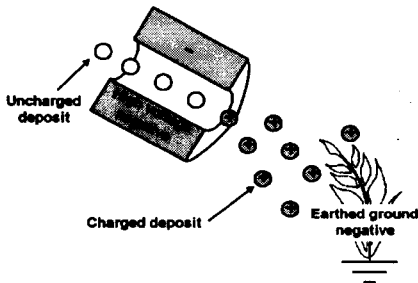


Fig. 3 Charged deposit on earthed ground plant.

고전압의 전극이 -일 때 입자는 +극으로 대전이 되고 +극으로 대전된 분무입자는 정전작용에 의하여 작물의 주위에서 작물의 표면을 -극으로 대전시키게 된다. 이렇게 대전된 입자와 작물의 표면사이에는 인력이 작용하게 되어 분무립이 부착을 하게 된다.

정전효과 때문에 발생하는 분무입자와 작물사이에 인력이 발생하여 분무입자가 공기 중에서 비산하거나 작물에 도달하기 전에 중력에 의하여 지면으로 침착하는 경우를 방지하므로써 분무입자의 손실을 줄일 수 있다. 작물의 표면에 가까이 위치한 대전된 입자의 작용은 그림 4와 같다.

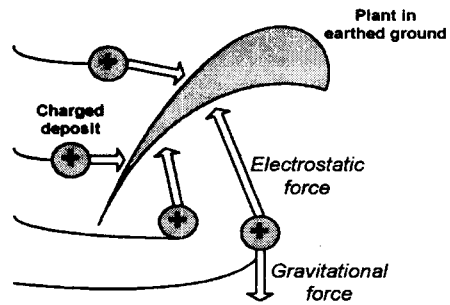


Fig. 4 Spray droplets reverse direction and coating the underside of the plant.

입자의 자중에 의한 중력의 크기보다 대전된 입자와 접지된 입자사이에서 작용하는 정전인력의 크기가 월등히 크기 때문에 작물의 뒷면에도 분무립이 피복을 하는 특성을 보이게 된다.

4. 실험 방법 및 재료

정전효과를 이용한 분무기의 성능 실험을 위하여 그림 5와 같이 실험 장치를 구성하였으며, 그 역할은 다음과 같다.

가. 분무장치

분무압 형성을 위해 선정된 펌프(광성분무기)

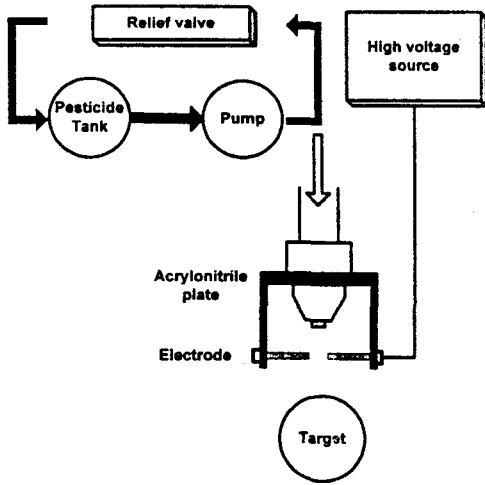


Fig. 5 Schematic diagram of an electrostatic spraying system.

는 회전수 800rpm의 속도로 회전하면서 25kg/cm² 압력을 생성하는 플런저 펌프를 사용하였다. 펌프의 운전을 위해 선정한 원동기는 포장이나 난 곳에서 사용 가능할 수 있도록 전동기를 사용하였으며 국내에서 가장 흔히 사용되는 기종으로 선택하였다. 본 실험에서 사용한 전동기의 사양은 표1과 같다.

Table 1 Specification of motor
(Dong Yang Elec. Co. Ltd)

Model name	1.1kW(1.5HP) - 4p
Input voltage	220V
Amphere	11A
Starting ampere	49A
Frequency	60Hz
Efficiency	58%
Rotational speed	1710 rpm

본 연구의 공시노즐로는 단위면적당 균일량 살포 및 기부살포에 유리하여 불스프레이에 적용하는 TeeJet11001VS (Spraying systems, USA)를 사용하였다.

나. 고전압발생 장치

정전효과 발생을 위해서는 고전압을 발생시킬 수 있는 전원장치가 필요하다. 본 연구에서 선정된 고압전원 발생장치는 최고 65,000V를 발생시킬 수 있는 전원장치로서 승압시 발생하는 접지와 의 접촉을 방지하기 위해 2번에 걸친 승압 방식을 사용하였다. 특히 2차 승압시에는 고압이 발생하기 때문에 절연유로 절연된 케이스 내부에 권선이 설치되어 고압발생시 우려되는 전극의 방전을 방지할 수 있도록 설계되어 있다. 고전압 발생장치의 사양은 표 2와 같다.

Table 2 Specification of high voltage source(Hyundai Elec. Co. Ltd)

Max. voltage	165kV peak
Amphere	0~50μA
Frequency	60 Hz
Type of wave	half-wave rectified
Electrode	negative

다. 정전분무노즐

노즐에서 분무입자가 발생할 때 정전효과를 발생시키기 위하여 고압전극을 설치할 수 있도록 노즐의 외형을 개조하였다. 특히, 고압전극과 노즐은 완전히 절연되어야 하기 때문에 고압전극과 노즐의 거리를 1cm로 설계하였으며 절연성이 우수한 아크릴(acrylonitrile)을 이용하여 부가 장치를 만들었다.

라. 실험목표들

본 실험에서는 실제 작물을 대신할 수 있는 유사한 형태의 대상체를 선정하여 작물의 표면에서 발견할 수 있는 입자의 분포를 관찰하고자 하였다. 나뭇잎을 닮은 원판형 평면을 사용하여 실험을 하였다.

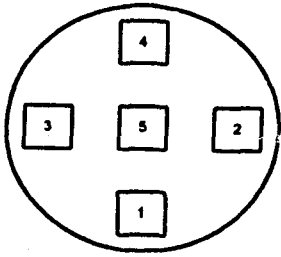


Fig. 6 Position of water sensitive paper at the artificial target.

원판형 평면의 직경은 12cm 이고 두께는 1mm 이며 그림 6과 같이 5군데의 위치와 평면의 윗면과 아랫면에 분무입자의 분포상태를 획득할 수 있도록 감수지를 부착하여 분무실험을 하였다. 감수지의 크기는 1.5cm×2.5cm의 크기로 하였다.

실제 작물을 대신한 인공대상체에 대한 실험과 함께 과수원에서 분무성능을 예측해 보기 위하여 원형과수의 일종인 사과에 대한 실험을 하였다. 사과의 표면에 대한 정전입자의 부착 특성 파악을 위하여 그림 7과 같이 감수지를 6군데에 부착하였다.

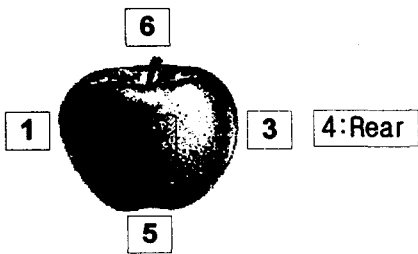


Fig. 7 Position of water sensitive paper at the apple surface.

마. 실험방법

실험장치는 그림 8과 같이 노즐과 대상체의 거리, 대상체의 높이, 대상체의 분무방향에 대한 각을 조절할 수 있도록 구성하였다.

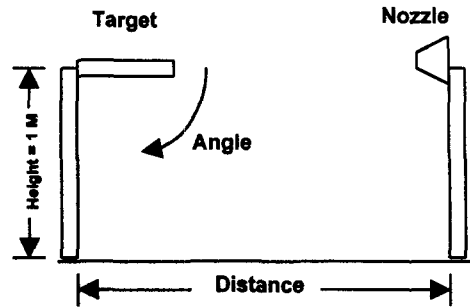


Fig. 8 Experimental apparatus for collecting of spraying particles.

실험은 다음과 같은 조건에서 정전효과를 발생시킨 경우와 발생시키지 않은 경우에 대해서 실험을 하였다.

노즐의 분무압력은 20kgf/cm²으로 설정하였으며 고전압 발생장치의 설정전압은 20,000 V로 하였다. 고전압 발생장치에서 측정된 전류의 크기는 35μA이었다. 별도로 전압과 분무성능과의 관계를 파악하기 위하여 15,000V~25,000V에서 3단계로 전압을 변화시키면서 시료를 채취한 요인실험을 하였다.

분무시간은 1단 주행시 속도 0.8km/hr, 대상체의 폭이 12cm 일 경우 대상체에 분무되는 시간은 0.12/(0.8*1000/3600)=0.54초 이므로 0.5초 동안 대상체에 대한 분무실험을 하였다.

노즐과 대상체와의 거리는 다양한 형태의 방제작업에 대한 분무성능을 평가할 수 있도록 다음과 같이 설정하였다. 30cm는 수도작에 대한 기부살포, 60cm는 전작류에 대한 전면 살포, 100cm는 과수류에 대한 대상살포를 가정하여 설정하였다.

대상체에 대한 살포각도를 변화하면서 분무실험을 하였다. 그림 9와 같은 엽상 식물들은 그 기하학적인 형태 때문에 방제기의 살포방향에 대하여 다양한 각도를 보인다. 그 중에서 3가지의 각도를 선정하여 엽상식물에 대한 정전분무효과를 관찰하였다.

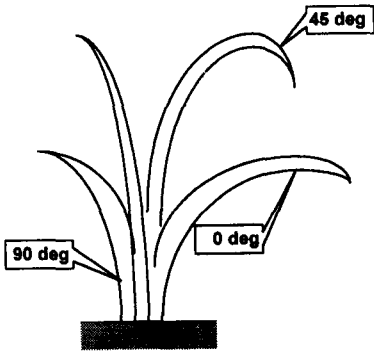


Fig. 9 Various degrees of leaf status for spraying direction.

바. 영상처리를 이용한 분석

넓이가 1.5cm×2.5cm 인 감수지에 부착된 입자의 특성을 분석하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다. 먼저 color scanner를 이용하여 감수지 중앙 부위에서 넓이 1.2cm×1.5cm의 영역을 3배로 확대한 영상을 획득한다. 획득한 영상의 해상도는 600dpi(dot per inch)이며 1 픽셀(pixel)을 표현하는 정보의 크기가 3byte인 트루컬러(True color) 이미지 형태로 저장하였다.

획득한 영상을 자료로 하여 이미지 분석프로그램의 일종인 'Image pro™' 프로그램을 이용하여 영상처리를 하였다. 트루컬러 이미지는 RGB 채널을 적절히 이용하여 검출물체와 배경을 구분하는데 본 연구에서는 G 채널을 추출한 영상을 이치화 하였다.

이치화한 영상에서 각각의 입자가 차지하는 픽셀의 수와 평균 직경을 구한 후 검출된 감수지의 분석치로서 부착립의 피복률(coverage rate)과 입자밀도(droplets density), 평균입경분포(average diameter distribution)를 사용하였다. 피복률은 다음과 같이 정의한다.

$$C = \frac{a}{a_{tot}} \times 100(\%)$$

여기서, C : 피복률(%)

a : 분무립의 부착면적(mm²)

a_{tot} : 시편의 전체 면적(mm²)

단위면적(1cm²)당 부착된 입자의 수로 표시되는 입자밀도와 부착립의 평균직경의 도수분포인 입자경 분포를 분석하여 성능평가의 지표로 삼았다.

5. 결과 및 고찰

가. 분무립의 피복모습

그림 10은 인공대상체에서 획득한 감수지의 피복모습으로 정전효과를 작용시키지 않은 상태에서 거리는 60cm, 각도는 0°, 그림 6의 4번 영역에서 획득하였다.

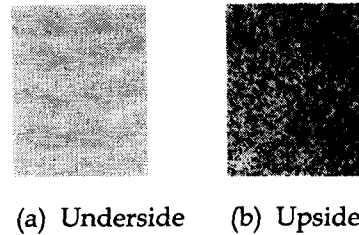


Fig. 10 Without the using the electrostatic spray.

그림 11은 동일 조건에 대하여 정전효과를 작용시킨 상태에서 획득하였다. 뒷면은 물론 앞면의 피복률이 월등히 향상된 것을 확인 할 수 있었다.

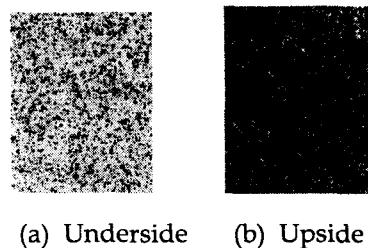


Fig. 11 Using the electrostatic spray.

나. 피복률 분석

인공 대상체에 대한 부착립의 피복정도를 나타내는 피복률의 크기를 표 3에 나타냈다.

표를 보면 정전효과를 적용시킨 경우의 피복률이 나아짐을 확인할 수 있었다. 대상체의 각이 0°이고 거리가 30cm일 때 약 22%의 증가치를 보이고 있었으며 뒷면의 경우, 최대 6287%(0°, 60cm) 향상됨을 발견하였다.

Table 3 Coverage rate on the artificial target(%)

Side & angle	Distance (cm)	Electrostatic On	Electrostatic Off	Increasing rate(%)
Upside 0°	30	43.34505	35.50749	22.07298
	60	27.99444	26.47307	5.746885
	100	15.42947	18.54819	-16.8141
Underside 0°	30	0.649517	0.036232	1692.661
	60	4.450725	0.069686	6286.828
	100	7.712077	0.458092	1583.522
Underside 45°	30	2.956285	0.369636	699.7831
	60	2.054534	1.331891	54.25693
	100	1.265978	0.240614	426.1451
Underside 90°	30	11.50299	11.25461	2.206889
	60	22.49028	18.71198	20.19186
	100	16.73338	9.329246	79.36477

대상체의 각도가 0°이고 거리가 100cm일 때는 공기 중에서 비산한 입자가 자유낙하에 의하여 누적이 되었기 때문에 대전된 입자의 효과가 적게 나타난 것으로 판단되었다.

사과를 대상으로 한 실험에서는 좀더 높은 피복률을 보였다(표 4). 이 이유는 사과에 함유되어 있는 수분에 의한 것으로 판단되며, 대체적으로 204.5% 이상의 피복률 향상을 확인할 수 있었다.

전압의 크기가 15V이고 거리가 100cm일 경우 피복률의 변화는 거의 없었으며 그 이유는 인공

Table 4 Coverage rate on the apple target(%)

Voltage (kV)	Distance (cm)	Electrostatic On	Electrostatic Off	Increasing rate(%)
15	30	30.46974	8.26121	268.829
	60	33.33934	7.96804	318.413
	100	7.42844	7.56017	-1.765
20	30	31.63725		282.961
	60	30.58277		283.818
	100	23.02110		204.505
	30	43.71769		429.192
25	60	39.03898		389.944
	100	32.16532		325.457

대상체의 경우와 마찬가지로 것으로 판단되었다.

한편 20kV와 20kV의 전압에서는 모든 거리에 대하여 전압의 크기가 증가할수록 피복률의 크기가 향상되는 것을 발견하였다.

다. 입자밀도 분석

표 5는 인공대상체의 부착립의 입자밀도를 구한 값이다.

Table 5 Droplets density on the artificial target (No./cm²)

Side & angle	Distance (cm)	Electrostatic On	Electrostatic Off	Increasing rate(%)
Upside 0°	30	210.8889	211.5556	-0.31
	60	155.4444	170.1111	8.6
	100	190.1111	110.5556	72.0
Underside 0°	30	140.8889	13.88889	914.4
	60	103	2.333333	4314.3
	100	17.66667	0.555556	3080.0
Underside 45°	30	16.22222	2.311111	601.9
	60	10.68889	5.666667	88.63
	100	5.155556	1.622222	217.8
Underside 90°	30	40.2	26.83333	49.8
	60	36.2	34.82222	4.0
	100	35.84444	20.28889	76.7

단위면적당 부착립의 개수를 보면 윗면의 경우 차이가 거의 없으나 뒷면의 경우에는 작게는 4%에서 크게는 4314.4%까지 증가하였다. 특히 대상체의 각도가 0°일 때는 매우 큰 차이를 보였으며 대상체의 각도가 90°일 때는 입자밀도의 증가율이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

사과를 대상으로 실험한 경우 표 6과 같이 거리가 100cm일 경우 전압이 클수록 입자밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 15kV에서 100cm인 경우는 인공대상체 피복률 감소의 원인과 동일하게 입자밀도가 감소한 것으로 분석되었다.

Table 6 Droplets density on the apple target (No./cm²)

Voltage (kV)	Distance (cm)	Electrostatic On	Electrostatic Off	Increasing rate(%)
50	30	48.05556	38.05556	26.3
	60	53.98148	28.42593	90
	100	20.18519	27.03704	-25.3
20	30	38.88889		2.2
	60	50		75.9
	100	60.83333		125.0
25	30	72.59259		90.8
	60	74.72222		162.9
	100	69.35185		156.5

한편 30cm와 60cm에서 20kV일때의 입자밀도가 15kV일 때 보다 각각 80%, 93% 로 감소하는 이유는 근거리 살포로 입자의 동력학적인 힘의 크기가 정전기력에 의한 인력보다 더 크게 작용했기 때문이라고 사료되었다. 그 근거로 거리가 100cm일 경우 15kV에 대해서 각각 201.3%, 243.6%로 증가하는 것을 보아 확인할 수 있었다.

라. 부착립의 입자경 분포 분석

그림 12, 13, 14는 대상체의 각도가 0°일 때 인공대상체의 표면에 부착한 입자들의 평균입경에 따른 뒀수분포 그래프이다.

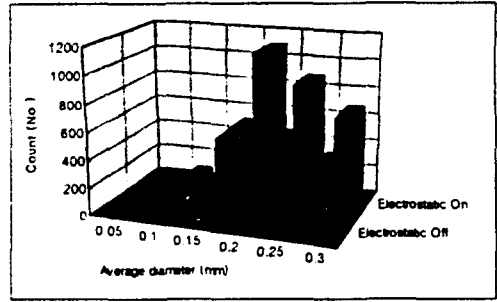


Fig. 12. Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 30cm.

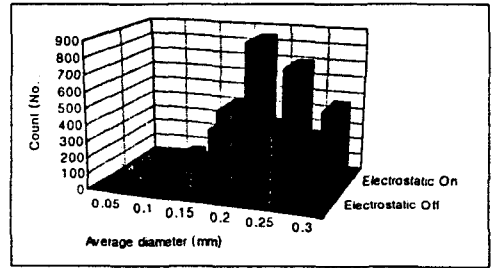


Fig. 13. Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 60cm.

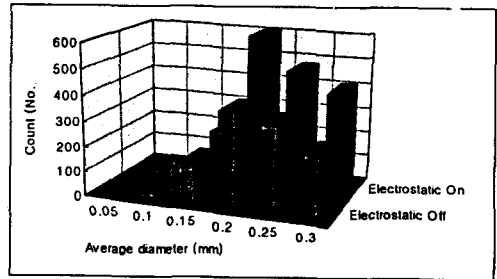


Fig. 14. Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 100cm.

이 그래프들의 공통점은 정전효과를 작용시켰을 때 부착립의 개수가 증가함은 물론 전체 부착립 분포에서 200μm이하의 부착립이 차지하는 비율이 상대적으로 높다는 점이었다. 정전효과를 작용시키지 않았을 때는 부착립의 평균입경의 분포가 비교적 고르게 나타났다. 그러나 정전효과를 작용시켰을 경우에는 직경이 200μm인

부착립의 수가 가장 많았으며 직경이 증가할수록 점점 감소되는 경향을 보였다. 이러한 경향은 정전효과에 의해서 미세한 입자들이 공기 중에서 부유하지 않고 대상체의 표면에 피복 되었기 때문이라고 판단되었다.

표 7에 나타난 바와 같이 인공대상체에 대한 실험결과를 분석하여 평균직경이 200 μ m이하인 부착립의 수와 증가율을 구하였다.

Table 7 Number of droplets under average diameter of 200 μ m on the artificial target(No.)

Side & angle	Distance (cm)	Electrostatic On	Electrostatic Off	Increasing rate(%)
Upside 0°	30	939	872	7.683486
	60	665	599	11.01836
	100	838	468	79.05983
Underside 0°	30	673	108	523.1481
	60	513	17	2917.647
	100	97	4	2325
Underside 45°	30	219	29	655.1724
	60	144	74	94.59459
	100	63	17	270.5882
Underside 90°	30	442	196	125.5102
	60	315	281	12.09964
	100	319	165	93.33333

거리가 증가함에 따라 대체적으로 부착립이 감소하는 경향을 보이고 있지만 거리가 100cm 인 경우에는 미세한 입자의 증가율이 고르게 향상되었다. 이 결과로 미루어 보아 거리가 멀 경우 미세한 입자의 비산하는 비율이 감소하는 것이라고 분석하였다. 분무된 직후에는 미세한 입자들이 동력학적인 운동으로 인하여 대상체에 부착하기 위해 필요한 시간이 매우 짧지만 거리가 증가함에 따라 공기와의 마찰로 속도가 감소하여 정전기력이 충분하였기 때문이라 사료되었다.

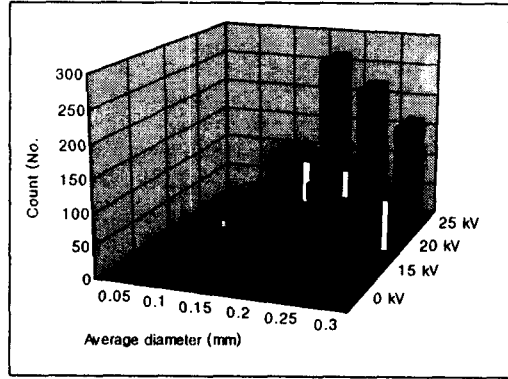


Fig. 15 Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 30cm.

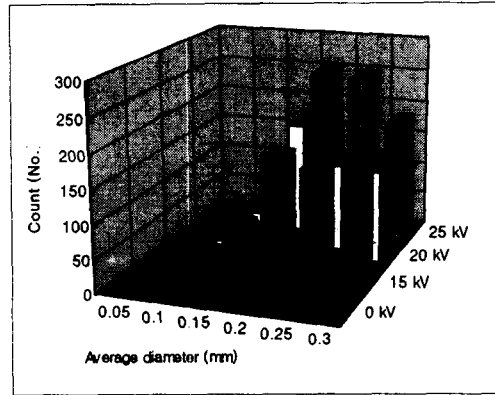


Fig. 16 Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 60cm.

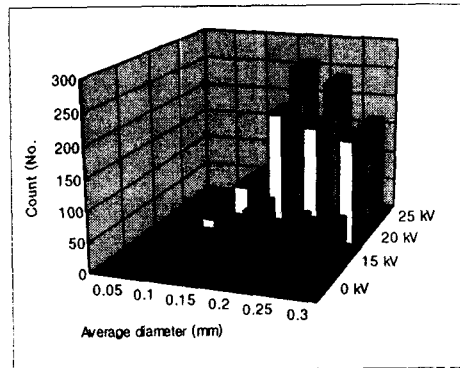


Fig. 17 Distribution of average droplet diameter for spraying distance of 100cm.

그림 15, 16, 17은 실제 작물인 사과를 대상으로 한 실험을 통해서 분석한 자료이며, 고전압 발생장치의 출력전압에 따른 부착립의 평균입경 분포를 나타내었다. 인공대상체에 대한 결과와 구별이 되는 점은 거리의 증가에도 불구하고 부착립의 수가 감소하지 않았다는 점이었다. 사과의 표면에 함유된 수분으로 인하여 대전현상이 향상되었기 때문이라 판단되었다.

위 그림들에서 거리에 상관없이 전압이 25kV 일 때 부착립의 수도 증가하였고 200 μ m이하의 부착립의 비율도 증가하였음을 확인하였다.

표 8에 나타난 바와 같이 사과를 대상으로 한 실험에 대하여 평균직경이 200 μ m이하인 부착립의 수와 증가율을 구하였다.

전압의 크기가 20kV, 25kV에서 거리의 증가에 따라 200 μ m이하의 부착립의 수가 증가하였으며 동일한 거리에 대하여도 대체적으로 전압에 비례하여 미세한 입자의 수가 증가했음을 확인하였다. 한편 20kV와 25kV일 경우 거리에 따른 증가율의 추세가 미루어 보아 15kV, 100cm에서 미세립의 크기가 감소한 것은 실험상의 오차로 판단되었다.

Table 8 Number of droplets under average diameter of 200 μ m on the apple target (No.)

Voltage angle	Distance (cm)	Electrostatic		Increasing rate(%)
		On	Off	
15	30	264	164	60.9
	60	248	140	77.1
	100	97	114	-14.9
20	30	215		31.1
	60	262		87.1
	100	300		163.2
	30	399		143.3
25	60	380		171.4
	100	350		207.0

6. 결론 및 요약

본 연구에서는 정전효과를 이용한 분무기의 성능을 평가하기 위하여 대상체와의 거리, 대상체의 각도, 고전압 발생장치의 출력전압의 크기를 변화시켜 실험을 하였다. 분무성능평가를 위하여 영상처리를 하였으며, 영상처리를 이용하여 부착립의 피복률, 입자밀도, 평균입경의 분포를 구하였다. 인공대상체에 대한 실험을 통하여 일반적인 분무특성을 분석하였으며, 실제 작물에 대한 성능평가를 위해 사과를 선정하여 실험을 하였다.

획득한 자료를 분석한 결과, 인공대상체의 경우 피복률의 수치가 전체적으로 작은 값을 보였지만, 윗면의 피복률이 약 5%~22%의 증가치를 보였으며 뒷면의 경우 최대 6286%로 월등히 향상됨을 확인하였다.

사과를 대상으로 한 경우는 전반적으로 인공물을 대상으로 한 실험결과보다 우수하였으며 사과에 함유된 수분에 의한 것으로 판단되었다.

사과를 대상으로 실험한 결과 대략 204.5%~429.2%의 피복률 향상을 보였다. 특히 고전압 발생장치의 출력전압이 크기가 25kV, 거리가 30cm일 때 피복률은 429.2%, 입자밀도는 90%의 증가율을 보였다. 그리고 200 μ m이하에 해당하는 미세한 부착립들의 비율이 훨씬 큰 형태를 보였으며, 출력전압의 크기를 증가시킬수록 미세한 부착립의 수가 증가하였다. 결과적으로 정전효과를 이용한 분무기는 부착립의 피복률, 입자밀도에 있어서 우수한 수치를 보였으며, 미세한 입자들의 부착특성을 향상시켜 우수한 분무성능을 나타내는 것으로 확인하였다.

참고 문헌

1. 농림수산부. 1996. 농림수산 주요 통계. 210~213
2. 농림수산부. 1996. 21세기를 향한 농림수산 환 경정책. 42~44
3. Anantheswaran, R. C. , S. E. Law. 1981.

Electrostatic precipitation of pesticide sprays onto planar targets. Transaction of the ASAE vol. 24(2) : 273~276 & 280.

4. Carlton, J. B., L. F. Bouse and I. W. Kirk. 1995. Electrostatic Charging of Aerial Spray Over Cotton. Transaction of the ASAE vol. 38(6) : 1641~1645
5. Cooper, S. C. and S. E. Law. 1987. Bipolar spray charging for leaf-tip corona reduction by space-charge control. IEEE Transaction IA-23(2) : 217~223
6. Cooper, S. C. and S. E. Law. 1989. Variable frequency and waveform high-voltage power supply for three-phase traveling electric field system. Transaction of the ASAE vol. 32(4) : 1477~1483

7. Giles, D. K. and S. E. Law. 1985. Space charge deposition of pesticide sprays onto cylindrical target arrays. Transaction of the ASAE vol. 28(3) : 658~664
8. Lane, M. D. and S. E. Law. Electrostatic deposition of spray onto foliar targets of varying morphology. Transaction of the ASAE vol. 24(6) : 1441~1445 & 1448
9. Lane, M. D. and S. E. Law. 1982. Transient Charge Transfer in Living Plants Undergoing Electrostatic Spraying. Transaction of the ASAE vol. 25(5) : 1148~1153 & 1159.
10. Law, S. E. 1983. Electrostatic pesticide spraying : Concept and Practice. IEEE Transaction vol. IA-19, No. 2 : 160~168