

분방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구(II)

—노즐의 분무유형 및 벼의 피복특성—

Design Factors of Boom Sprayer(II)

—Spray Droplet Size and Coverage Characteristics on Rice Plants—

정창주*	김학진*	이중용**	최영수*	최중섭*
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
C.J. Chung	H.J. Kim	J.Y. Rhee	Y.S. Choi	J.S. Choe

ABSTRACT

This study was conducted to find the design factors of spraying device of the boom sprayer for low volume application. Specific objectives of this study were 1) to select proper nozzles for broadcast spraying and row crop spraying by the nozzle spray characteristic experiment, and 2) to investigate the coverage characteristic of rice plant at the row crop spraying. The results of this study are summarized as follows.

- (1) From the tested results on the droplet diameter spectrum and spray pattern the standard flat-fan nozzle and drift guard nozzle were judged as appropriate for the broadcasting. Even flat-fan nozzle showed similar span values to standard flat-fan nozzles and drift guard nozzle ; however, the nozzles were found to be inappropriate for broadcasting because of their spray pattern. Hollow cone nozzle showed relatively small span values and uniform spray pattern.
- (2) For the upper and lower sides of the rice plants, coverage rates of even flat-fan nozzles and hollow cone nozzles were maximum at the second row, but decreased rapidly after the third row. For the middle side of the rice plants, coverage rates of them were maximum at the first row, but decreased rapidly. When one nozzle was tested, C.V. values were in the range of 90~160% and 60~160% on entire heights of rice plant for even flat-fan nozzles and hollow cone nozzles respectively. C.V. values at other parts were poor. Spray coverage rate at the middle part was improved by overlapping the nozzles whereas there was little difference on the upper and lower part of rice plants.
- (3) For spraying lower part of rice plant between rows, even flat-fan nozzles and hollow cone nozzle were judged as appropriate, but in order to ensure the uniform coverage, distance between nozzles, recommended to be less than 90cm.

주요용어(Key Words) : 기부살포(Row Crop Spraying), 분무입경(Droplet Diameter), 피복률(Coverage Rate)

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과
** 전북대학교 농과대학 농업기계공학과

1. 서론

본 연구는 농약의 사용을 극소화하면서도 방제 효과를 향상시키고 방제가 환경에 미치는 악영향을 최소화할 수 있는 분무방제의 개발을 궁극적 목적으로 하고 있다. 개발하고자 하는 분무방제는 승용이앙기에 정폭방제기를 탑재하는 것을 목표로 하고 있으나, 승용이앙기의 동력취출축의 전달동력이 1마력 이하로 추정되고, 본논에서 주행성 확보되어야 하며, 정밀방제를 위해 전면살포와 기부살포가 가능해야 한다. 이와 같은 제한 요인을 해결하고 필요 조건을 만족하기 위한 방안으로서 다음과 같은 사항을 설계 조건으로 정하였다.

- ① 고농도 살포와 경량 분무조 개발로 약액통 무게와 작업기 무게를 최소화한다.
- ② 소량살포로 소요동력을 최소화한다.

살포장치 개발을 위해서는 펌프의 선정, 노즐의 선정 및 배치가 결정되어야 한다. 노즐의 선정은 분무유형과 분무입경 분석을 통하여 결정할 수 있고, 노즐의 배치는 분무특성실험 결과와 피복특성실험을 통한 C.V.(coefficient of variation)값 등을 토대로 결정할 수 있다. 분무방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구(I)에서는 노즐선정을 위한 노즐의 분무유형에 대한 연구 결과를 보고하였으며, 본보에서는 입도분석, 피복실험을 통하여 살포거리에 따른 입자분포의 균일성 및 노즐간격에 따른 피복특성을 구명하고자 하였다.

노즐의 분무입경 및 피복특성에 관한 중요 연구결과는 다음과 같다.

정(1995) 등은 노즐의 분무유형을 실험적으로 비교·분석함으로써 분무살포장치에 적합한 노즐을 선정하고, 균일살포를 위한 노즐간격을 결정에 관한 연구 결과를 보고하였다.

Bode(1968) 등은 소량살포를 위한 cone, flat spray nozzle과 pneumatic atomizing nozzle의 입자크기와 분무유형에 대한 비교실험에서 각 노즐의 입자크기는 별 차이가 없고, 분무유형은 압력이 증가함에 따라 cone과 flat spray nozzle

은 좋아졌으나, pneumatic atomizing nozzle은 변화가 거의 없다고 하였으며, 그는 덧붙여 분무유형의 자료는 입자수집과정에 15~89% 정도의 입자손실이 있어 이러한 결과는 노즐팁과 살포면과의 관계임을 지적하였다.

Yates(1983) 등은 시속 166km인 항공기용 노즐의 입자크기를 측정하기 위하여 레이저시스템을 이용하였다. 그 결과 항공방제에 일반적으로 사용되는 노즐의 스펠값은 0.8~1로 나타났다고 하였으며 Carpenter(1983) 등은 row-crop airblast sprayer의 부착에 대한 연구를 통하여 분사 위치로부터 11m까지를 살포가능구역으로 보았을 때, 지면의 0.31m와 1.22m사이에서 부착상태는 서로 다르며 중첩범위는 1.22m에서는 10.1m, 0.31m에서는 2.8~10.1m가 좋다고 하였다.

Salyani(1988)는 감귤류 잎에 피복이 최대가 될 때의 입경크기를 구하기 위하여 풍동과 진동 입자발생기를 이용하여 실험하였다. 그 결과 입자크기가 240~340 μ m일 때 부착이 가장 잘 되었다고 하였다.

Franz(1993) 등은 입자의 피복특성을 비전을 이용하여 분석할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 그 결과 입자의 직경과 입자수를 정확하게 측정할 수 있다고 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 노즐의 분무입경 실험

노즐의 분무입경 측정은 입자분석기(Droplet and Particle Sizer Series 2600c, MALVERN)를 이용하였다. 그림 1은 실험장치의 구성을 대략적으로 나타낸 것이다.

이 입자분석기는 레이저빔이 분무입자에 부딪혀 일어나는 빛의 산란현상을 이용하여 분무입경을 측정하는 장치로, 측정된 값은 컴퓨터로 모니터링할 수 있는 장치이다.

그 밖에 분사를 위해 24V 직류모터, 소형 배인펌프, Bourdon gage를 장치하였다.

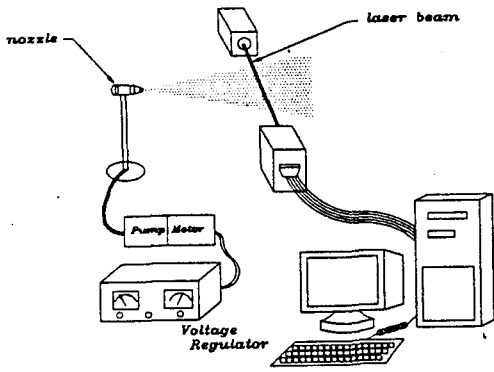


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup for spray droplet size measurement.

실험에 사용한 노즐은 Spraying Systems Co.의 선형노즐(TP8001VS), 균등선형노즐(TP8001EVS), 비산방지노즐(DG110015VS), 원추공형노즐(TXSS3)이었으며, 분사압력수준은 196.2 kPa에서 686.7kPa까지 98.1kPa씩 증가시켜 6수준으로 설정하였고, 노즐과 레이저빔까지의 분사거리는 20cm, 40cm, 60cm의 3수준으로 하여 분무입경을 측정하였다.

나. 기부살포시 벼의 피복특성 실험

기부살포시 노즐형태, 노즐압력 및 분사방향이 피복의 균일성 및 침투도달성에 미치는 영향을 구명하기 위하여, 수확기에 이른 벼 12포기를 옥내에 주간 15cm, 조간 30cm로 재식한 인공포장에서 분무입자의 피복특성을 실험하였다.

실험에 사용한 노즐은 균등선형노즐(TP-8001-EVS)과 원추공형노즐(TXSS3)이었다. 압력수준은 균등선형노즐의 경우 147.2, 245.3kPa로 하였고, 원추공형노즐은 294.3, 490.5kPa로 설정하였다. 또한 그림 2에 나타낸 바와 같이 노즐의 분사방향을 달리하였을 때 피복에 미치는 영향을 구명하기 위하여 노즐의 분사방향을 진행방향에 대해 직각을 이루는 것과 전면에 대하여 20° 기울어진 두 경우를 분석하였다.

분무는 인공토조의 주행장치에 부착하여 0.43m/s로 이동시켰으며 분무노즐의 위치는 지면으로

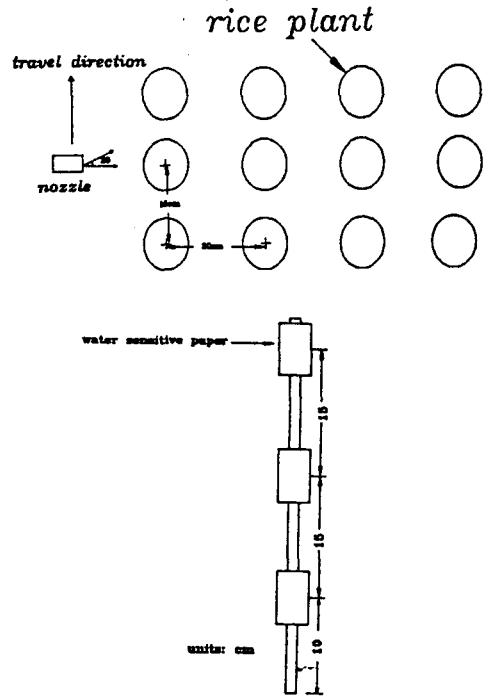


Fig. 2. Spray direction of nozzle and arrangements of water sensitive papers on rice plant.

부터 25cm 높이로 하였다. 분무입자가 벼포기 사이로 침투부착하는 양을 측정하기 위하여, 벼의 앞부분에 물에 반응하는 감수지(water sensitive paper, 26×76 mm, CIBA-GEIGY Co.)를 지면으로부터 10, 25, 40cm 높이에 배치하여 분무입자의 피복율을 측정하였다. 감수지의 변색

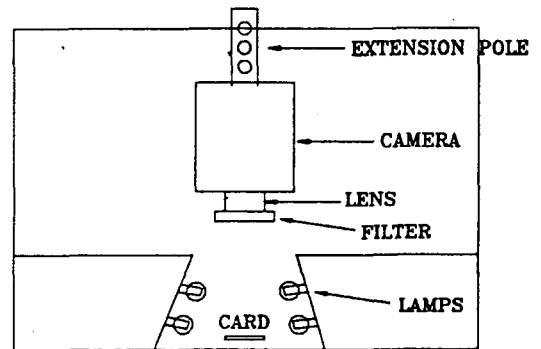


Fig. 3. Optical arrangement for coverage measurement.

을 방지하기 위하여, 분무 후에 감수지를 즉시 회수하여 투명한 비닐 테이프로 표면을 입혔다.

피복율을 측정하기 위하여 그림 3과 같은 영상처리장치를 이용하였다. 감수지의 배경과 변색된 측정대상체의 구별을 용이하게 하기 위하여 형광등을 카메라 좌우에 두개씩 배치하였으며 카메라와 감수지간의 거리는 조절할 수 있도록 구성하였다.

피복실험에서 얻어진 26×76mm의 감수지 시편은 영상처리를 위해 각 감수지마다 10×10 mm의 크기로 3부분을 샘플링하여 2배 확대 복사함으로써 영상처리가 용이하도록 하였다. 시료의 분석은 컬러영상처리의 R, G, B 3개의 색채 데이터 중 G값을 이용하였으며, 배경과 피복부위를 분리하기 위한 문턱값을 35~45로 하여 시료 영상 데이터 내에서의 문턱값 이하인 화소를 피복부위로 간주하였다. 측정원도우는 190×230(화소수)으로 설정하고 이 영역내에서 피복부위에 대한 화소수를 구하여 피복율을 계산하였다. 최종적인 시료의 피복률은 3부분의 피복율을 평균하여 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 노즐의 분무입경

노즐의 입경분포 특성을 분석하기 위하여 분

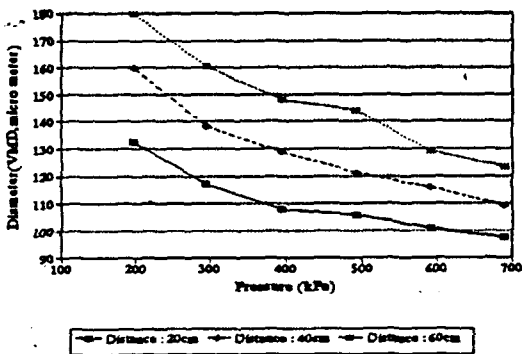


Fig. 4. Droplet size distribution for a standard flat-fan nozzle, TP8001VS.

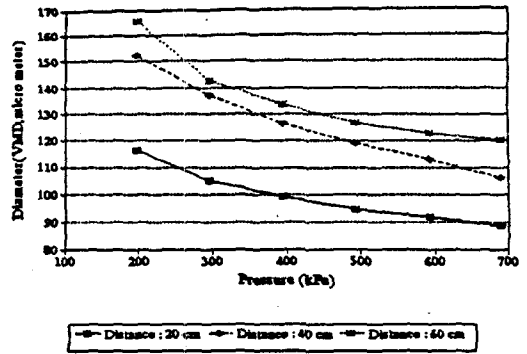


Fig. 5. Droplet size distribution for an even flat nozzle, TP8001EVS.

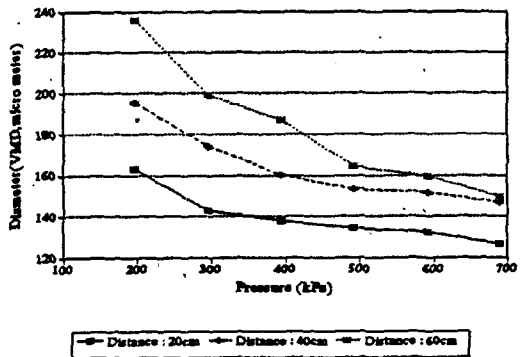


Fig. 6. Droplet size distribution for a drift guard nozzle, DG110015VS.

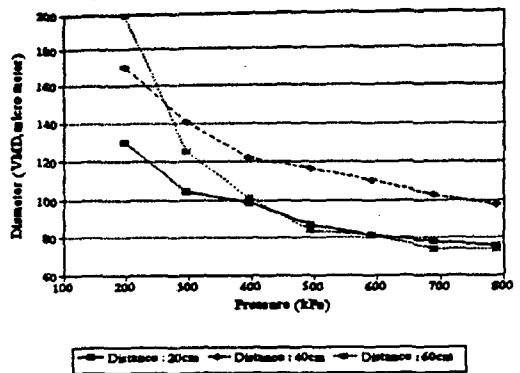


Fig. 7. Droplet size distribution for a hollow cone nozzle, TXSS3.

사거리와 분무압력별로 각 노즐의 Dv.1, Dv.5 (체적중위직경), Dv.9, 스펬값(Relative span, 후술)을 측정하였다.

1) 압력 및 분사거리에 따른 입자의 체적중
위직경(VMD)

분사거리 및 압력변화가 체적중위직경(VMD, $D_{v.5}$)에 주는 영향을 그림 4, 5, 6, 7에 나타내었다.

노즐에서 발생하는 입자의 VMD는 압력이 증가할수록 감소하고, 분사거리가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다.

압력, 분사거리의 변화에 따른 최대 체적중위직경은 선형, 균등선형, 비산조절, 원추공형 노즐 공히 분사거리 60cm, 압력 197kPa에서 180 μ m, 165.4 μ m, 236.3 μ m, 199.3 μ m로 각각 나타났으며, 최소 체적중위직경은 분사거리 20cm, 압력 689.5 kPa에서 97.3 μ m, 88.8 μ m, 126.8 μ m, 75.8 μ m로 나타났다.

2) 압력 및 분사거리에 따른 입자분포의 균
일성

본 연구에서는 입자분포의 균일성을 평가하기 위하여 ASTM에서 정의한 스펜값을 이용하였다.

$$Relative\ Span = \frac{D_{v.9} - D_{v.1}}{D_{v.5}} \dots\dots\dots(1)$$

단, $D_{v.1}$, $D_{v.5}$, $D_{v.9}$: 누적률이 10, 50, 90% 일 때의 입자의 지름

표 1, 2, 3, 4를 근거로 각 노즐의 압력 및 분사거리의 변화에 따른 스펜값의 변화를 그래프로 나타내면 그림 8, 9, 10, 11과 같다.

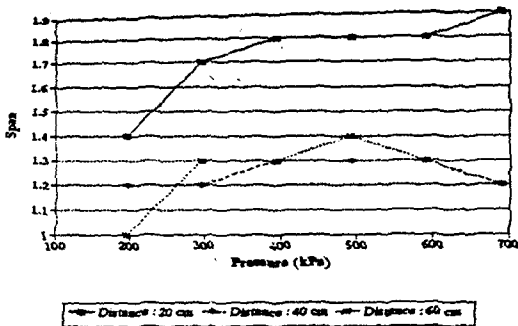


Fig. 8. Span distribution for a standard flat nozzle, TP8001VS.

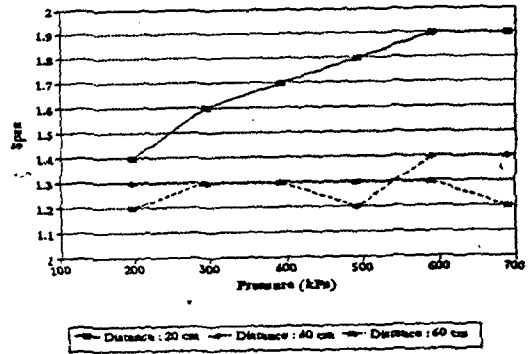


Fig. 9. Span distribution for an even flat-fan nozzle, TP8001EVS.

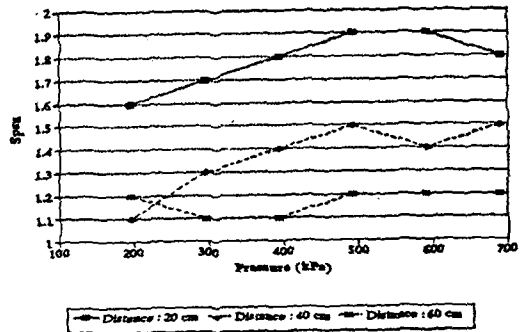


Fig. 10. Span distribution for a drift guard flat nozzle, DG110015VS.

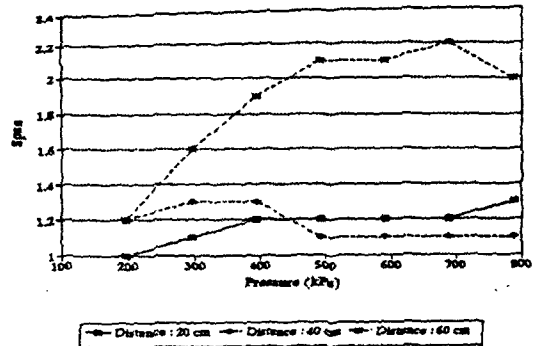


Fig. 11. Span distribution for a hollow cone nozzle, TXSS3.

그림에 나타난 바와 같이 스펜값은 노즐압력에 따라 별 영향을 받지 않았지만 분사거리에 따라서는 큰 차이를 나타내었다.

즉, 선형, 균등선형, 비산조절 노즐의 스펜값은 분사거리를 20cm로 한 경우에는 1.4~1.9로서,

분사거리 40, 60cm일 때의 1.0~1.5보다 상대적으로 높게 나타났다. 이는 분사거리 20cm 정도의 근접살포에서는 입자의 분포가 균일하지 않다는 것을 뜻한다. 반대로 원추공형노즐의 경우에는 분사거리가 20, 40cm일 때 스펠값이 1.0~1.2인 반면 분사거리가 60cm일 때에는 1.2~2.2로 나타났다. 이는 분사거리가 60cm일 경우에는 입자의 분포가 불균일함을 나타내지만 실제적으로는 입자가 제대로 도달되지 못하기 때문에 나타난 것으로 판단되었다.

이상 노즐의 분무특성실험 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 선형노즐, 균등선형노즐과 비산방지노즐의 분무입경은 각각 100~180 μ m, 90~165 μ m, 127~230 μ m(VMD)로 측정되었고, 입자의 스펠값은 분사거리가 40, 60cm일 때보다 20cm일 때 더 높게 나타나 분사거리를 20cm로 하는 근접살포에는 입자의 분포가 균일하지 않은 것으로 나타났다.
- 원추공형노즐은 분무입경이 80~160 μ m로 측정되었으며, 입자의 스펠값은 다른 노즐과 반대로 분사거리가 40, 60cm일 때보다 분사거리가 20cm일 때 상대적으로 작게 나타나, 근접살포시에 입자의 분포가 균일한 것으로 나타났다. 그러나 노즐압력이 294.3 kPa일 때와 수직살포시 분사거리가 60cm일 때는 매우 불균일한 살포형태로 나타나, 고압의 상태에서 살포하고 분사거리를 40cm이하로 하는 고압 근접살포용에 유리하다고 판단되었다.

나. 기부살포시 벼의 피복특성

- 1) 영상처리장치를 이용한 피복률 계산의 신뢰도 평가

영상처리장치를 이용하여 계산한 값이 정확한지를 알아보기 위해 간단한 검증을 실시하였다. 직접 피복실험 시편의 피복률을 측정하기 위하여 최소격자의 크기가 가로, 세로 1mm인 방안지와 트레이싱 페이퍼를 이용하였다. 검증 시료

는 육안식별이 용이한 것을 무작위로 33개 선택한 후 시료를 트레이싱 페이퍼를 이용하여 본을 뜬 후 그 본을 방안지 위에 올려놓고 입자의 수를 세었다. 측정 시, 방안지의 격자보다 큰 입자에 대해서는 그 면적에 대한 보정을 해주었다. 방안지의 격자 수가 총 400개(20×20)이므로 입자의 총 수를 N이라 하면 피복률은 $(N/400) \times 100$ (%)가 된다.

영상처리 장치를 이용하여 구한 피복률이 신뢰성이 있는지를 검증하기 위해 SAS의 T검정을 이용하였다. 그 결과 영상처리 장치를 이용한 피복률과 직접 계산한 피복률의 차이의 Prob>|T| 값이 0.05보다 큰 0.1519로 나타나, 영상처리 장치를 이용하여 측정한 피복률과 직접 계산한 피복률은 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서, 영상처리 장치를 이용한 피복률 계산의 신뢰성은 충분히 높다고 판단되었다.

2) 벼의 부위 및 분사거리에 따른 피복률의 변화

그림 12는 벼 앞면에 대하여 노즐형태와 압력 변화에 따른 벼 줄기의 상, 중, 하 각 부분의 피복률을 나타내고 있다.

(a) Even flat-fan nozzle, TP8001EVS

(b) Hollow cone nozzle, TXSS3

그림에 나타난 바와 같이 벼 줄기의 상부와 하부는 2열에서 피복이 가장 많이 되었고 3열부터 급속히 감소하였으며, 가운데 부분은 1열에서 피복이 가장 많이 되었고 2열부터 급속히 감소하는 경향을 보였으나, 노즐형태, 압력 및 분사 방향은 상, 중, 하 각 부분의 피복형태에 별 영향을 주지 않았다.

표 1과 표 2는 살포가능거리내에서 노즐 형태와 압력변화에 따라 벼 줄기 상, 중, 하부 전체 시편의 피복률에 대한 균등계수(C.V)를 나타내고 있다. 표에 나타난 바와 같이, 노즐 하나로 살포할 때의 균등계수는 균등선형노즐이 90~160%, 원추공형노즐이 60~160%로 나타나 양자 모두 매우 불균일한 살포가 이루어진다는 것을 알 수 있었다.

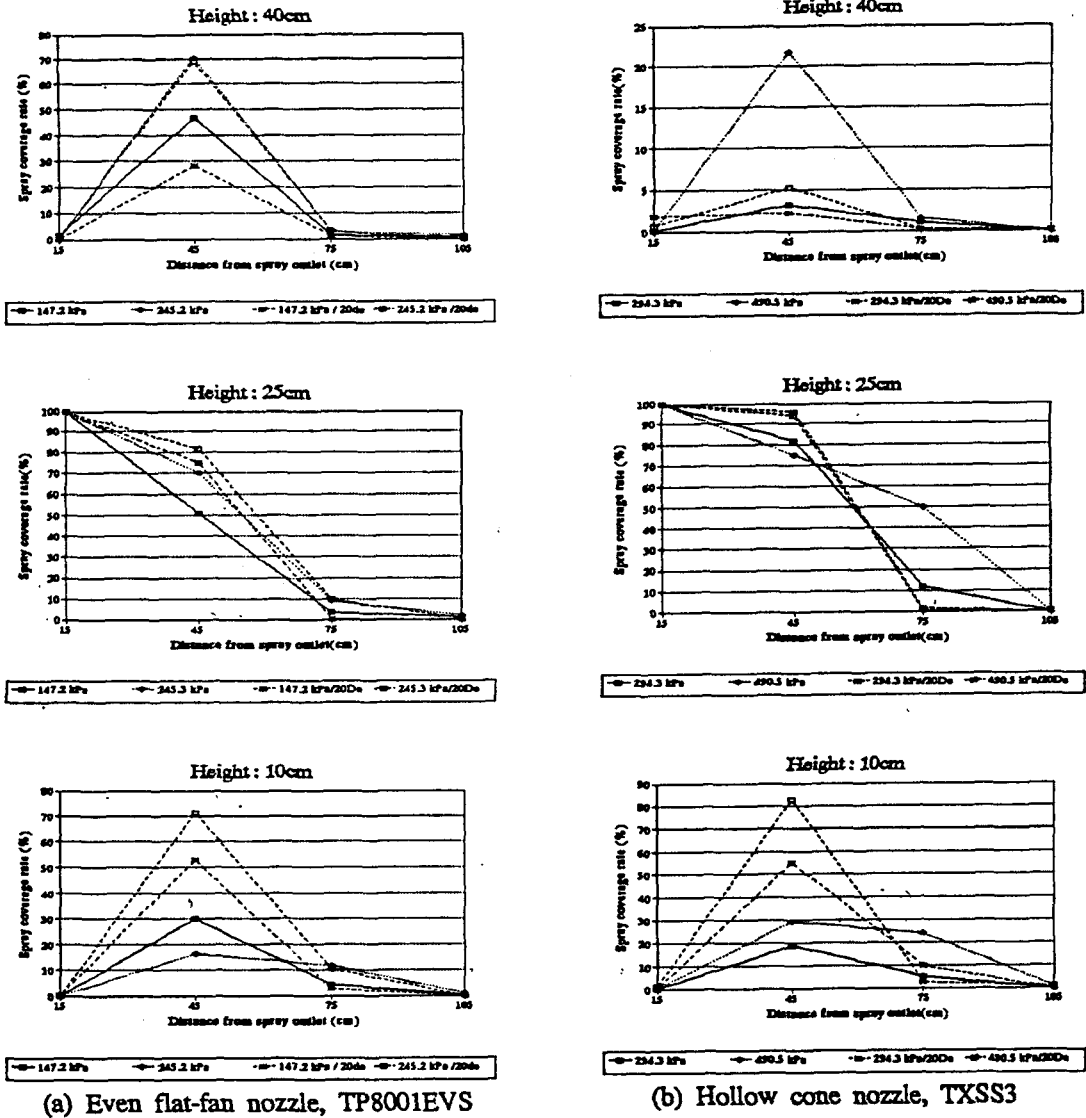


Fig. 12. Coverage rates of rice plant at various heights.

Table 1. Variation of C.V. values of an even flat-fan nozzle without overlap

Pressure kPa	Orientation angle deg.	C.V. %		
		Height, cm		
		40	25	10
147.2	0	154.4	104.5	143.5
245.3	0	158.8	91.1	95.4
147.2	20	158.2	101.2	161.0
245.3	20	161.6	91.0	145.0

Table 2. Variation of C.V. values of a hollow cone nozzle without overlap

Pressure kPa	Orientation angle deg.	C.V. %		
		Height, cm		
		40	25	10
294.3	0	91.2	58.9	96.8
490.5	0	126.8	27.3	96.7
294.3	20	58.3	68.7	109.7
490.5	20	134.6	98.8	160.1

3) 살포의 중첩을 통한 비의 피복률과 균등도의 조정

표 3과 4에는 균등도를 높이기 위하여 노즐간격을 90, 120cm로 하여 마주 보면서 중첩살포하였을 때의 평균피복률을 나타내었으며, 표 5와 6에는 그 때의 C.V 값을 나타내었다.

표 5와 6에 나타난 바와 같이 노즐압력이 증가할수록 C.V값은 감소하는 경향을 나타냈다. 또한, 비 줄기부의 중간 부분이 상부와 하부보다 상대적으로 피복률이 높게 나타났고, 상,하부의 피복에 있어서는 균등선형노즐이 원추공형노즐보다 우수한 것으로 나타났다.

또한, 중간 부분은 C.V값이 균등선형노즐의 경우 0.93~30.2%, 원추공형노즐의 경우 0.19~32.2%로 균등도가 높게 나타난 반면, 상부와 하부는 공히 39~133%로 나타나, 중간 부분에 비해 균등도가 매우 떨어진다는 것을 알 수 있었다.

즉, 노즐간격을 90 또는 120cm로 하여 대향 중첩살포를 하면 비줄기의 중간 부분은 노즐 하

나로 살포할 때보다 균등도가 향상되는 효과를 보았지만, 상·하부는 별 영향이 없었다. 따라서, 균등선형노즐과 원추공형노즐을 이용한 기부살포는, 광범위 살포방식보다는 국소살포방식에 더 적합할 것으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 방제효과의 극대화를 기할 수 있는 정밀방제와 환경 오염을 최소화할 수 있는 수도작용 분방제기의 개발을 위한 기초 연구로서 수행되었다. 구체적 목적으로는 비의 생육시기별 기부살포와 입자 크기의 조정 등이 가능한 분방제기의 개발을 위해, 입도분석 및 피복실험을 통하여 기부살포시 살포거리에 따른 입자분포의 균일성 및 노즐간격에 따른 피복특성을 구명하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 선형노즐과 비산방지노즐에서 발생하는 입자

Table 3. Mean spray coverage rates for nozzle spacing at various heights in an even flat-fan nozzle

Pressure, kPa	Orientation angle, degree	nozzle spacing, 90cm			nozzle spacing, 120cm		
		Mean spray coverage rate, %					
		Height, cm			Height, cm		
		40	25	10	40	25	10
147.2	0	16.7	51.4	11.5	12.7	38.8	8.7
245.3	0	24.5	59.8	9.4	13.8	45.3	7.3
147.2	20	10.0	58.5	13.7	7.5	43.9	14.0
245.3	20	24.2	63.7	27.3	18.2	47.8	20.5

Table 4. Mean spray coverage rates for nozzle spacing at various heights in a hollow cone nozzle

Pressure, kPa	Orientation angle, degree	nozzle spacing, 90cm			nozzle spacing, 120cm		
		Mean spray coverage rate, %					
		Height, cm			Height, cm		
		40	25	10	40	25	10
294.3	0	1.4	64.5	8.1	—	—	—
490.5	0	7.8	74.9	17.8	—	—	13.6
294.3	20	1.4	65.9	21.8	—	—	—
490.5	20	2.0	64.8	29.0	1.6	48.8	22.0

Table 5. Variation of C.V values of an even flat-fan nozzle with overlap

Pressure, kPa	Orientation angle, degree	nozzle spacing, 90cm			nozzle spacing, 120cm		
		C.V., %					
		Height, cm			Height, cm		
		40	25	10	40	25	10
147.2	0	127.1	0.93	114.9	90.3	30.2	97.9
245.3	0	132.7	12.5	52.3	95.4	12.5	92.7
147.2	20	128.6	19.7	130.5	96.8	14.2	98.9
245.3	20	130.9	19.8	57.7	98.6	4.87	145.0

Table 6. Variation of C.V values of a hollow cone nozzle with overlap

Pressure, kPa	Orientation angle, degree	nozzle spacing, 90cm			nozzle spacing, 120cm		
		C.V., %					
		Height, cm			Height, cm		
		40	25	10	40	25	10
294.3	0	87.2	18.8	93.2	-	-	-
490.5	0	126.6	0.19	44.9	-	-	94.7
294.3	20	39.0	32.2	108.3	-	-	-
490.5	20	107.4	31.6	131.6	74.4	3.17	95.0

의 스펠값은 분사거리가 40, 60cm 일 때보다 20cm일 때 상대적으로 높게 나타나 분사거리를 20cm로 하는 경우와 같은 근접살포에서는 입자의 분포가 불균일한 것으로 나타났다. 또한 살포형태는 이동변 삼각형 모양으로 나타나(정, 1995) 노즐하나를 단독으로 살포하는 방식보다는 노즐의 간격을 조절하여 중첩살포하는 방식인 전면살포에 적합한 것으로 판단되었다.

2. 균등선형노즐에 발생하는 입자의 스펠값은 선형노즐과 비산방지노즐에서와 같이 분사거리가 20cm일 때 상대적으로 높게 나타나 근접살포시에는 입자의 분포가 불균일한 것으로 나타났다. 또한 살포형태는 대체적으로 균등하게 나타나(정창주 외 4인, 1995) 노즐 하나를 단독으로 살포하는 방식인 대상살포나 기부살포에 적합한 것으로 나타났다.
3. 원추공형노즐에 발생하는 입자의 스펠값은 다른 노즐과 반대로 분사거리가 40, 60cm일 때보다 분사거리가 20cm일 때 작게 나타나,

근접살포할 경우에도 입자의 분포가 균일한 것으로 나타났다. 그러나 노즐압력이 294.3 kPa일 때와 수직살포시 분사거리가 60cm일 때는 매우 불균일한 살포형태로 나타나(정창주 외 4인, 1995) 고압의 상태에서 살포하고, 분사거리를 40cm이하로 하는 고압 근접살포 용에 유리하다고 판단되었다. 또한 살포형태는 대체로 균등하게 나타나 대상살포나 기부살포에 적합한 것으로 판단되었다.

4. 균등선형노즐 및 원추공형노즐의 분사높이를 벽의 밑등에서 25cm로 하고 노즐의 이동속도를 0.43m/s로 일정하게 유지하면서 기부살포한 결과, 벽의 상부(벽의 높이 40cm)와 하부(높이 10cm)는 2열에서 피복이 가장 많이 되고 3 열부터 급속히 감소하였으며, 가운데 부분(높이 25cm)은 1열에서 피복이 가장 많이 되고 2 열부터 급속히 감소하는 경향을 나타내었다.
5. 노즐 하나로 살포할 때의 균등계수는 균등선형노즐이 90~160%, 원추공형노즐이 60~

160%로 나타나 양자 모두 매우 불균일한 살포가 이루어졌다. 노즐간격을 90 또는 120cm로 하여 대향 중첩살포하였을 때에는 벼줄기의 중간 부분의 균등계수가 균등선형노즐이 0.93~30.2%, 원추공형노즐이 0.19~32.2%로 나타나 노즐 하나로 살포할 때보다 균등도가 향상되는 효과를 보았으나, 상·하부는 별 영향이 없었다. 따라서, 균등선형노즐과 원추공형노즐을 이용한 기부살포는 광범위 살포방식보다 국소살포방식에 더 적합한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 정창주, 김학진, 조성인, 최영수, 최종섭. 1995. 분방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구 (I) -노즐의 분무유형-. 한국농업기계학회지.
2. Bode, L.E., M.R. Gebhardt and C.L. Day. 19
3. Carpenter, T.G., D.L. Reichard and A.S. Khan. 1983. Spray Deposition from a Row-Crop Airblast Sprayer. Trans. of the ASAE 26 (2) : 338-342, 348
4. Franz, E. 1993. Machine Vision Using Image Gradients for Spray-Deposit Analysis: Software Development. Trans. of the ASAE 36 (6) : 1955-1964
5. Salyani, M. 1988. Droplet Size Effect on Spray Deposition Efficiency of Citrus Leaves. Trans. of the ASAE 31(6) : 1680-1684
6. Yates, W.E., R. E. Cowden and N. B. Akesson. 1983. Nozzle orientation, air speed and spray formulation affects on drop size spectrums. Trans. of the ASAE 26(6) : 1638-1643
68. Spray Deposit Patterns and Droplet Sizes Obtained from Nozzles Used for Low Volume Application. Trans. of the ASAE 11(6) : 754-756, 761