수도작용 붐방제기의 피복특성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Coverage Characteristics of Self-Propelled Boom Sprayer

정 창 주*, 이 강 걸*, 이 중 용**, 최 영 수*, 최 중 섭*

정회원 정회원 정회원 정회원

C. J. Chung, K. K. Lee, J. Y. Lee, Y. S. Choi, J. S. Choe

1.서론

현재 우리 나라 수도작 방제의 근간은 화학적 방제로서, 동력경운기에 탑재하거나 트랙터에 견인되는 동력분무기를 주축으로 기계화되어 있다. 동력분무기에 의한 액제 살포는 분무입자의 입경 분포가 다양하고, 분무입자 대부분의 입경이 매우 크므로 고른 살포를 기대하기 어렵다. 동력분무기를 주축으로 한 방제 작업 기계의 이러한 문제점을 개선하기 위하여 붐방제기를 도입하는 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있다. 따라서, 동력분무기의 분무특성을 포함한 붐방제기의 분무특성을 면밀히 비교・검토하여 그 문제점을 파악하는 것은 소량・정밀방제의 기술 개발을 촉진하는데 크게 기여할 것이다.

본 연구에서는 위와 같은 동력분무기에 의한 방제기술의 개선의 필요성에 착안하여 수도작용 붐방제기의 시작기를 개발하고, 붐방제기와 동력분무기에 의한 분무 특성을 실험적으로 구명하여 붐방제기의 실용화에 필요한 기초 자료를 제시하는데 있었다.

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

첫째, 전면살포와 기부살포가 가능한 붐을 설계, 제작하여 그 성능을 평가하고,

둘째, 제작된 붐방제기에 의한 전면살포 및 기부살포와 동력분무기에 의한 논두렁 살포의 특성을 구명하며,

셋째, 붐방제기의 살포속도와 노즐 간격 등의 요인이 피복 상태에 미치는 영향을 구명하여 설계 개선 및 이용상의 자료를 제시하는데 있다.

2.재료 및 방법

본 연구에서 사용된 붐방제기는 M사 제품인 승용 자주식 방제기에 부착하여 사용될 수 있도록 설계, 제작하였다. 붐의 전체적인 구조는 그림 1과 같다.

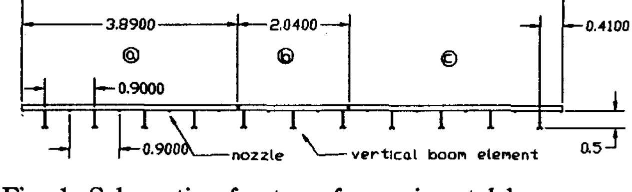

Fig. 1. Schematic of setup of experimental boom sprayer with nozzles extended underneath crop canopy.

붐은 노즐을 교환함으로써 전면살포와 기부살포가 모두 가능하도록 하였고, 각 살포방식의 전환이 편리하도록 하였다. 즉 기부살포시에는 수평 분무관에 60cm나 90cm 간격으로 기부살포용 수직분무관(Hose Drop)을 노즐고정체에 장착하고 수직분무관의 양쪽 수직방향

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 **전북대학교 농업생명과학대학 농기계과

으로 기부살포용 노즐팁과 스트레이너, 고무패킹, 노즐캡을 장착하여 측면으로 살포되도록 구성하였다. 그리고 노즐팁이 장착되지 않는 노즐고정체는 끝이 막힌 캡으로 약액이 세지 않도록 막았다. 붐의 지지 구조는 가벼운 재질의 알루미늄을 사용하였다. 기부살포노즐로서 원추공형노즐(Hollow cone nozzle)을, 전면살포노즐로서 선형노즐 (Flat fan nozzle)을 사용하였다. 펌프는 롤러펌프로서 300rpm으로 작동되고, 실험시 살포압력은 기부살포의 경우 500kPa, 전면살포의 경우 300kPa로 일정하게 유지하도록 하였다.

기부살포 피복실험은 노즐간격 60cm와 90cm의 2수준, 살포속도 1.1km/hr와 1.7km/hr의 2수준에 대해 행하였다.

본 연구에서는 감수지를 인공목표물로 사용하였다. 붐방제기 작업시 벼의 전후좌우, 상중하 위치별로 분포 특성을 고찰하기 위해 그림 2와 같이 감수지를 벼 1그루당 각 위치별로 4×3=12개를 배치하였다.

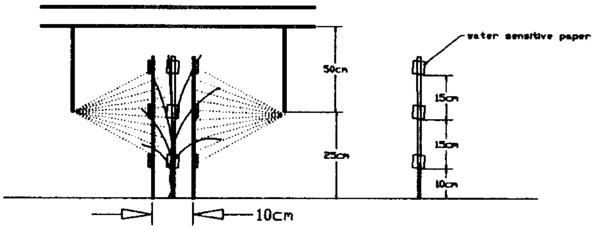

Fig. 2. Schematic of setup of water sensitive paper in the directed application experiment.

전면살포 피복실험은 기부살포실험에 사용한 붐에서 기부용 수직 요소를 분해하고 노즐을 붐에 일직선상으로 배열하여 실험하였다. 노즐은 선형노즐을 사용하였으며, 살포높이는 작물의 상부에서 20cm를 유지하였다. 살포속도는 기부살포시와 같이 1.1km/hr, 1.7km/hr 두 수준으로 하였고, 노즐간격 수준은 30cm, 45cm 두 수준으로 하였다. 그리고 자체적으로 제작한 살포장치와 기존 살포장치를 비교하였다. 살포장치의 사양과 작업조건을 요약하면 표 1과 같다.

Table 1 The level of experiment at each spraying equipment

	broadcast application (test BA)	broadcast application (test BB)
application pressure	300kPa	20000kPa
pump	roller pump	piston pump
nozzle interval	30cm, 45cm	30cm
sprayer ground speed	1.1km/hr, 1.7km/hr	1.1km/hr, 1.7km/hr
nozzle	flat fan nozzle (Spraying System Co.11001VS)	hollow cone nozzle (ceramic)

붐방제기의 피복특성과 비교하기 위해 동력분무기의 분무 실험을 실시하여 피복률(Coverage rate)과 입자밀도(droplets density)를 분석하였다. 피복률은 영상처리장치를 이용하여 측정하였다. 입자밀도는 단위면적($1cm^2$)당 부착된 입자의 수로 표시된다(droplets/cm^2). 입자밀도는 확대경을 이용하여 육안으로 입자의 숫자를 세었다. 피복률의 측정 때와 같이 하나의 감수지에 대하여 상중하 세부분에 장방형의 경계를 만든 후 그 속에 있는 입자를 세었다. 그리고 입자는 육안으로 구분 가능한 정도로 크기를 대(400㎛이상), 중(200~400㎛), 소(200㎛이하)로 나누어 세었다. 피복상태의 균일성은 피복률과 입자밀도의 변이계수(C.V.: Coefficient of Variation)를 구하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

입자분포에 있어서 고려되는 사항은 우선 목표물이 존재하는 곳에 균등하게 살포되는 것이다. 둘째는 목표물에 부착하기 쉬운 크기의 입자로 부착되어야 한다. 셋째, 살포효과를 발휘할 수 있는 충분한 양이 부착되어야 한다. 입자의 분포에 대한 척도가 되는 것에는 CIBA-GEIGY에서 제시한 적정 입자밀도에 대한 자료가 있다. 이 자료를 근거로하여 표 2와 같은 평가 기준을 세웠다.

Table 2. coverage criteria for test of boom sprayer

Type of Spray	droplets density (droplets/cm^2)	coverage rate(%) (VMD:100, spread factor:1.45)
insecticide	20-60	1.32-3.92
herbicide for pre-emergence	20-60	1.32-3.92
contact herbicide for post-emergence	30-80	1.98-5.28
fungicide	50-140	3.30-9.24

살포시기, 노즐간격, 살포속도에 따른 각 살포방식별 피복률을 분석하여 표 3에 나타내었다.

Table 3. Analyses of the coverage rates for different degree of plant canopies, tested sprayers, and application method

Treatment				coverage rate (C.V.[*5])		
$$[*1]	@@[*2]	&&[*3]	##[*4]	upper	middle	lower
1	BA	45	1.1	46.9(72)	22.8(73)	10.5(64)
2	BA	45	1.1	8.1(109)	2.8(113)	1.8(97)
2	BA	45	1.1	7.1(84)	6.4(81)	6.6(50.4)
5	BA	30	1.1	16.9(87)	5.5(99)	2.3(101)
5	BA	30	1.1	9.8(89)	6.5(100)	5.0(112)
5	BA	30	1.7	9.0(69)	5(83)	2.7(90)
5	BA	45	1.1	2.4(139)	1.6(177)	0.9(158)
5	BA	45	1.7	1.8(124)	0.5(157)	0.3(160)
2	BB	30	1.1	32.1(98)	18.1(143)	6.2(66)
5	BB	30	1.1	31.4(74)	15.2(118)	7.3(51)
5	BB	30	1.7	27.6(73)	9.9(71)	6.6(90.7)
5	DA	60	1.1	0	13.7(152)	18.5(89)
5	DA	60	1.1	0.3(221)	13.5(116)	29.7(109)
5	DA	60	1.1	1.4(267)	10(180)	3.8(137)
5	DA	60	1.7	0	0.2(360)	4.3(153)
5	DA	60	1.1	0.4(174)	30.8(115)	30(107)
5	DA	90	1.1	0.5(222)	18.3(140)	21.3(114)
3	PS			21.8(96)	11.8(121)	4.8(120)
4	PS			4.9(174)	2(160)	1.3(175)

*1 $$: Test date, 1:8/3/95, 2:8/18/95, 3:8/29/95, 4:9/1/95, 5:9/15/95
*2 @@ : spraying equipment,
PS : Power Sprayer
BA : Broadcasting application type A (low pressure, low volume pump)
BB : Broadcasting application type B (high pressure, high volume pump)
DA : directed application to lower part of plants
*3 && : nozzle interval (cm)
*4 ## : sprayer ground speed (km/hr)
*5 C.V. : coefficient of variation in 4×3=12 water sensitive paper

표 3에는 시험에 공여된 기계별, 살포방법별의 피복률에 관한 분석을 종합한 것이다. 표 3에서 BA는 저압, 저유량 분무기에 의한 전면살포시의 피복률로서, 그 특성을 살펴보면 노즐간격이나 방제기 주행 속도에 관계없이 감수지의 부착 높이가 낮아질수록 피복률이 작아진다는 것을 알 수 있다. 한편 피복률의 평균이 작을수록 변이계수는 크게 나타나 불균일한 살포가 이루어졌음을 나

타내고 있다. 살포시기가 늦을수록, 즉 작물이 무성할수록, 노즐간격이 클수록 변이계수는 크다. 반면 살포속도의 증가로 인한 변이계수의 변화는 거의 없어 전면살포의 경우 살포속도는 균등도에 별 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한, 전면살포시의 하부의 피복률은 노즐간격 45cm, 살포속도 1.7km/hr일 때를 제외하고는 적정범위에 포함되는 것으로 나타났다. 따라서 수도작의 경우 노즐간격 30cm, 주행속도 1.1km/hr의 분무조건이면 전면살포만으로도 충분히 벼의 기부까지 방제가 가능한 것으로 나타났다.

고압, 고유량에 해당하는 BB(Broadcast application type B)의 전면살포에서는 적정 피복률의 상한치를 훨씬 초과하여 피복된 것으로 나타났다. 저압, 저유량 분무기에 비해 유량이 증가됨에 따른 피복률의 높이별 감소 비율은 거의 비슷하나 절대적인 피복률은 현저히 크므로 고압·고유량 분무기는 효율적이 아닌 것으로 나타났다. 유량은 400~800l/ha 정도가 적절하며 고농도 살포가 가능한 약제를 쓸 경우 더욱 소량 살포를 할 수 있을 것이다.

기부살포의 피복률은 표 3에 나타난 바와 같이, 중간부와 하부에서 크고 상부에서는 무시할 정도로 작다. 변이계수는 전면살포보다 더욱 커서 전면살포에 비하여 같은 높이에서 다소 불균일한 살포가 이루어지나 약액을 하부에 집중시킨다는 기부살포 원래의 취지에 부합된다고 판단된다. 그리고 살포속도가 빠른 경우 피복률은 매우 작은 반면 변이계수는 큰 값을 가지는 것을 감안할 때 불균일한 살포가 이루어짐을 알 수 있다. 따라서 기부살포의 경우에는 살포속도를 최소한으로 하고, 노즐간격은 60cm로 하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

동력분무기 살포시의 피복률은 표 3과 같이 , 실험별 변이가 매우 큰 것으로 나타났다. 피복률은 살포위치로부터 중간정도에서 제일 크지만 작물의 기부쪽은 피복률이 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구에서 분무립의 피복 특성을 분석하는데 사용된 피복률 이외의 다른 하나의 지표는 입자밀도이다. 분석의 편의상, 시편에서 얻은 입자밀도는 그 크기에 따라 분류하여 각 등급에 해당하는 빈도수를 비율로 계산하여 히스토그램으로 나타내었다. 그림 3에는 기부살포실험 전체의 감수지 시편에 대한 입자밀도의 도수분포와 함께 그 평가 방법을 설명하기 위해 만들어진 것이다. 입자밀도가 0~20(droplet/cm^2)구간에 속하는 감수지 시편은 전체에서 38%를 차지해 약 3분의 1이 거의 피복되지 않았음을 나타내고 있다. 살충제의 적정영역인 입자밀도 20~60구간(표 2참조)에 속하는 시편은 35%, 적정영역보다 큰 입자밀도인 60(droplet/cm^2)이상은 전체의 26%를 차지하고 있다. 적정영역보다 입자밀도가 큰 구간에서 빈도수가 많으면 약해를 가져올 우려가 있고, 필요 이상의 약제를 살포하는 경우로 평가될 수 있다.

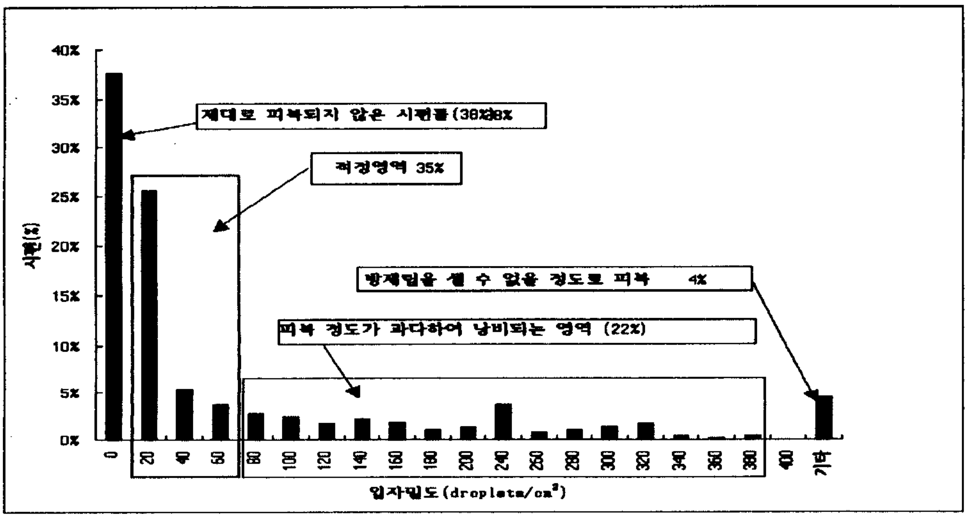

Fig. 3. The figure is an illustration of the droplet density distribution in directed application to lower part of plants.

4. 요약 및 결론

본 연구는 현재 한국에서 수도작용으로 주로 사용하고 있는 동력분무기를 저투입 정밀 방제기술인 붐방제기로 대체할 수 있는지를 고찰하기 위하여 수행되었다. 실험장치로서 벼의 상부에서 약액을 뿌리는 전면살포장치와 벼의 기부에 약액을 집중시키는 기부살포장치를 개발하였으며, 이들을 자주식 관리기에 장착하여 노즐간격과 주행속도를 달리하며 포장실험을 실시하였다. 동력분무기에 의한 논두렁 살포와 붐방제기 전면살포 및 기부살포의 피복특성을 비교하기 위해 입자의 피복 특성을 감수지로 측정하여 피복률과 입자밀도를 분석하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 붐방제기 전면살포의 경우, 작물의 기부쪽으로 갈수록 피복률과 입자밀도가 감소하여 높이에 따른 분무립의 피복이 불균일하나 전체적으로는 피복률이 적정 범위에 가깝고 다른 살포방법에 비해 균일살포가 가능한 것으로 판단되었다. 노즐간격과 살포속도는 피복률과 입자밀도에 큰 영향을 주며, 실험된 조건하에서는 노즐간격 30cm, 살포속도 1.7km/hr일 때 적정하다고 판단되었다.
2. 붐방제기 기부살포의 경우 벼의 상부에는 방제립이 거의 피복되지 않은 반면 기부에 집중적으로 약액이 피복되어 기부살포를 위한 원래의 목적에 비교적 부합하는 것으로 나타났지만 기부에서 살포의 균일도는 낮았다. 균일한 적정 입자밀도를 얻기 위해서는 붐의 일정 수평 유지와 노즐의 살포각과 위치 선택에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단되었다.
3. 동력분무기 살포의 경우, 노즐로부터 가까운 거리의 특정 부분에서는 벼가 약제에 흠뻑 적셔져 과다살포가 일어나는 반면에 도달거리내의 일부에서는 피복이 전혀 되지 않는 등 불균일한 피복특성을 나타내었다. 또한, 작업자에 따른 피복률의 차이가 크고, 전체 포장에서의 약액량의 조절의 어려움을 감안할 때 정밀방제를 지향하는 차원에서 붐 방제기술로 대체되어야 할 필요성을 확인할 수 있었다.
4. 본 연구의 실험 결과를 종합하면, 동력분무기에 의한 논두렁 살포는 과다살포와 피복의 불균일성 때문에 지양되어야 하며, 붐방제기 기부살포장치는 구조의 개선과 작업 조건의 적정화를 통해 기부살포의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되지만, 전면살포장치도 기부까지 침투 성능을 갖추었으므로 전면살포용 붐방제기의 실용화가 바람직하다고 판단되었다.

5. 참 고 문 헌

1. 정창주 외 4인. 1995. 붐방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구(Ⅰ) -노즐의 분무유형-. 한국농업기계학회지 20(3); 217~225
2. 정창주 외 4인. 1995. 붐방제기 살포장치의 설계요인 구명을 위한 실험적 연구(Ⅱ) -노즐의 분무유형 및 벼의 피복특성-. 한국농업기계학회지 20(4); 313~322
3. Hill, B. D., D. J. Inaba. 1989. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applide insecticides. J. Econ. Entomol. 82(3) : 974-980.
4. Gupta, C.P., G. Singh, M. Muhaemin, E.T. Dante. 1992. Field performance of a hand-held electrostatic spinning-disc sprayer. Trans. of the ASAE 35(6): 1753~1759.
5. 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
6. CIBA-GEIGY, Ltd. 1985. Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. Basle, Switzerland: Application Services, AG8.11, CH-4002.
7. Rhee, Joong-Yong. 1991. Transport and deposition of spray droplets above and within a soybean canopy. Ph. D. Dessertion Univ. Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, U.S.A.