

배부식 방제기의 분무 성능평가[†]

Spray Performance Evaluation of Knapsack Type Sprayer

김영주* 광현환* 강태경** 이중용*
정희원 정희원 정희원 정희원
Y. J. Kim H. H. Gwak T. G. Kang J. Y. Rhee

1. 서 론

방제는 재배작물에 발생하는 병충해를 최소화하여 농산물의 품질을 향상시키고 생산성을 증대시키는 중요한 관리 작업이며, 작물을 재배하는 동안에 여러 번 작업해야하며 노동 강도가 크고 농약중독 위험 때문에 농민이 기피하는 작업이다. 방제 방법에는 화학적 방제와 생물학적 방제, 농업적 방제, 기계적 방제 등 여러 방법이 있다. 화학적 방제는 잡초나 해충, 균의 밀도가 경제적 피해 수준 이하에서 유지되면서 더욱 확산되지 않도록 천연 또는 인공 화학물질을 이용하여 병해충이나 잡초를 억제하는 방제방법으로 현재는 물론 가까운 미래에도 주를 이룰 것으로 예상된다.

현재 대부분의 농가에서는 배부식 방제기를 널리 사용하고 있다. 배부식 방제기는 동력분무기나 분무방제기를 사용하기 곤란한 조건, 즉 재배면적이 작거나 작물사이에서 제초제를 살포하거나 경사가 심하여 기계사용이 곤란한 곳 등에서 널리 사용되는 특성이 있다. 특히 재배중 제초제 살포는 거의 100% 배부식 방제기에 의존하는 형편이다.

배부식 방제기는 농기구에 속하여 최근의 보급 현황을 찾아보기 힘들지만, 대부분의 농가에서 한, 두 대 정도는 보유하고 있으므로 2001년 현재 농가 수가 1백35만4천 가구(2001년 농.어업 총 조사 잠정 결과, 통계청)인 것을 감안한다면 백만 대가 훨씬 넘는 정도로 많이 보급 되어있을 것으로 판단된다. 방제기의 보급 현황을 살펴보면, 1970년에 이미 422,783대의 인력분무기와 45,008대의 동력 분무기가 보급되었으며 2000년에는 동력 분무기 410,725대, Speed Sprayer 51,332대, 동력 살분무기 166,889대로서 농업기계 중 가장 많이 보급되고 있다.(농업기계 연감, 2001-2002)

배부식 방제기에 사용되는 노즐은 swirl disc형을 사용하고 있으며, 무화시키는데 필요한 압력이 부족하거나 최소요구량을 간신히 초과하는 정도이므로 분무 작업시 상당한 양이 과대한 조(粗)립자나 가는 물줄기로 흘러버리는 경우가 자주 발생한다. 이로 인해서 현재 시중에 판매되고 있는 배부식 방제기는 노즐의 성능 향상 보다는 인력에서 배터리를 이용하거나 소형 가솔린 기관을 이용하여 펌프의 구동 방법을 개선하여 판매되고 있는 실정이다.

† 본 연구는 2001년도 농림기술관리센터의 연구비지원에 의하여 수행되었음

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계전공

** 농촌진흥청 농업기계화연구소

본 연구는 국내에서 생산되어 사용하고 있는 배부식 방제기와 노즐의 성능을 평가하고 개선점을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 국산 배부식 방제기 현황

그림 1은 현재 시중에서 널리 판매되고 있는 배부식 방제기의 사진이다. 배부식 방제기는 다른 방제기에 비해 낮은 압력에서 원활한 미립화가 일어나야 하므로 노즐의 성능이 매우 중요하다. 그러나 현재 배부식 방제기의 개발 경향을 보면 노즐에 관한 연구보다는 펌프를 구동하는 방법을 개선하는 추세이다. 즉 시중에 판매되고 있는 배부식 방제기 펌프가 수동 펌프에서 배터리를 이용하거나 소형 가솔린 기관을 이용한 펌프로 바뀌고 있다. 높은 압력을 낼 수 있는 펌프를 이용하면 노즐을 정밀하게 제작하지 않아도 어느 정도 무화를 얻을 수 있다. 그러나 고압 분무 시스템은 분무 입자의 균일성을 떨어뜨리고, 기기의 무게를 무겁게 하며, 특히 작동 에너지가 많이 요구되어 경제성이 떨어진다. 따라서 저압에서도 분무가 원활하게 되는 노즐을 개발한다면 배터리의 무게를 가볍게 하고 사용 시간을 늘리는 긍정적인 효과를 얻을 수 있다. 그림 2는 배부식 방제기에 결합하여 사용하는 노즐 들이다.

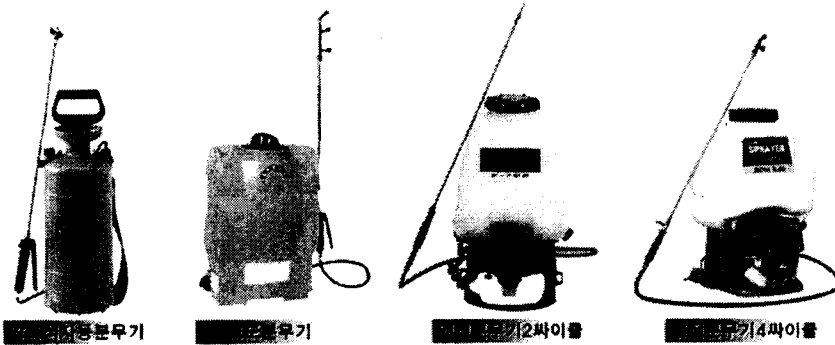


Fig. 1 View of various knapsack sprayers.

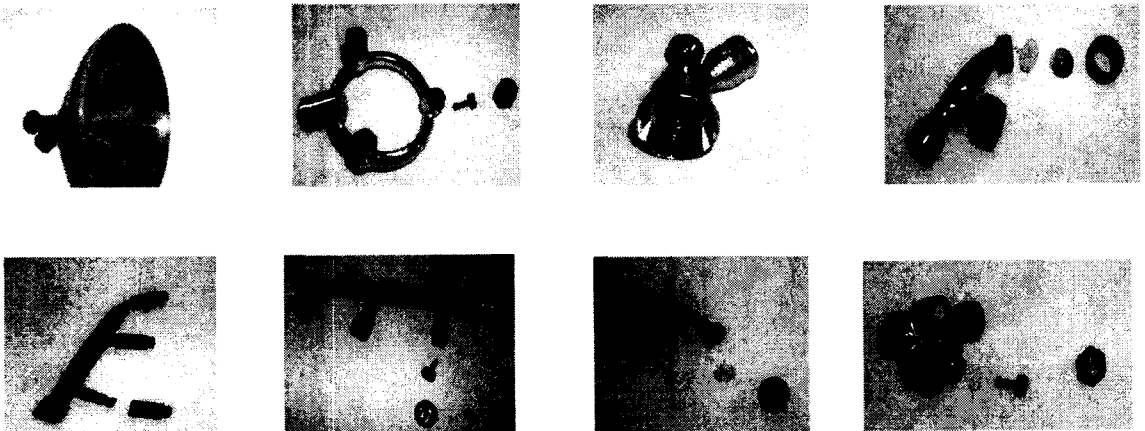


Fig. 2 View of various nozzles of knapsack sprayer.

나. 노즐 가공의 정밀성 및 정확성 조사

전체적인 노즐 가공의 정밀성 및 정확성은 매우 떨어짐을 알 수 있다. 특히 가공의 마무리 상태가 매우 좋지 못하며 유체 흐름에 방해가 될 정도의 거친 면이 많다. 그림 3은 노즐 중 그 가공 상태가 나쁜 노즐의 부위를 나타낸 것으로 100배의 배율로 찍은 현미경 사진이며, 노즐의 오리피스원주에 해당하는 부분이 매우 거침을 알 수 있다. 또한 황동으로 만들어서 표면에 많은 상처 자국을 볼 수 있었다.

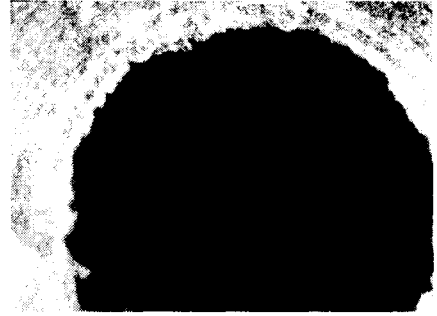


Fig. 3 View of nozzle orifice.

다. 분무각 측정

분무각은 보통 그림 3과 같이 액체 분무가 노즐에서 분출되는 지점에서의 액적이 이루는 최대각도($2\alpha_s$)를 의미한다. 그러나 미립화되기 이전에는 노즐 근처의 액막이 표면장력에 의해서 안쪽으로 수축되는 효과가 있으며, 미립화된 이후의 하류에서도 주위 기체의 반경방향 유입에 의해서 액적의 궤적이 안쪽으로 휘어들어오는 효과가 있기 때문에 실제 분무되는 범위는 줄어들게 된다. 따라서 적절한 측방향 위치에서 분무의 양측 외각 지점과 노즐 출구를 이은 두 직선 사이의 각도 α_c 를 분무각으로 정의하였다. α 는 Hollow cone노즐과 같은 종류의 노즐에서 중요한 분무입자가 많은 곳을 기준으로 한 각도 이다. (이상용, 1996)

분무각 측정은 고화소 디지털 카메라를 이용하여 분사장면을 촬영하여 분석하였으며 야간에 등을 끄고 아래쪽에서 위쪽으로 조명하여 분무각이 잘 보이도록 하였다. 압력은 1, 2, 3kgf/cm²의 3수준으로 하여 분무각을 실험하였다. 압력의 단위는 현재 방제기 산업에서 널리 사용되고 있는 kgf/cm²로 하였다. 1.0kgf/cm²은 0.098MPa 이다.

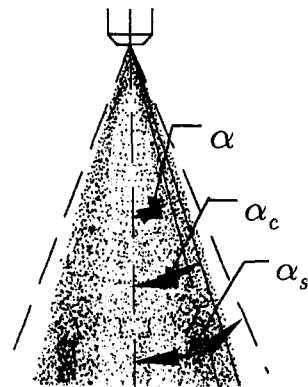


Fig. 4 Definition of spray angle, α_c

라. 분무량 측정

분무량 측정에는 초시계와 물받이 용기, 정밀 저울을 이용하여 압력을 0.5kgf/cm²에서부터 3kgf/cm²까지 0.5kgf/cm²씩 증가시키면서 30초 동안 3회 반복 살포된 양을 분당 분무량(g/min)으로 환산하여 실험하였다.

마. 분무입경 측정

노즐의 분무입경 측정은 그림 4와 같은 입자분석기(Droplet And Particle Sizer Series

2600c, MALVERN)를 이용하였다.

측정기는 레이저 광선(He-Ne laser beam)의 회절원리를 이용한 빛의 강도분사에 의해 분사입자의 체적중간지름(Volume Median Diameter, VMD)을 비접촉식으로 측정하는 장치로서 0.5~1880 μ m의 범위를 3단계로 구분하고 32개의 그룹으로 입경의 도수분포를 나타낸다. 측정기에서 사용하는 광선은 2mW의 He-Ne 레이저로서 633nm의 Wavelength를 가지며 측정부의 지름은 9mm이다. 체적중간지름(VMD)은 입자를 크기 순으로 나열할 때 체적을 양분하는 입자 크기의 지름을 말하는 것으로 방제기계에서 널리 사용하는 대표적인 평균 입도이다.

바. 살포유형 측정

노즐의 수평 살포시의 살포형을 측정하기 위하여 그림 5와 같은 살포형 측정 장치인 분무수집장치를 제작하였다. 분무입자를 수집하기 위한 물받이 셀은 가로와 세로 각각 3cm, 높이가 30cm인 직육면체 통으로서 아크릴로 제작되었다. 각 셀에 분무된 양은 매스실린더를 이용하여 각 셀에 표시한 눈금을 이용하여 구하였다.

이 물받이 셀은 전기 모터에 의해 앞, 뒤 방향으로, 일정 속도로 움직이면서 분무입자를 수집하는 것으로서 모터의 속도와 진행방향 제어가 가능하다.

물받이 셀의 움직이는 속도는 약 1cm/s로 하여 분무량이 측정 가능할 때 까지 수회 왕복하였고, 압력은 0.7 ~ 5kgf/cm²로 하였다.

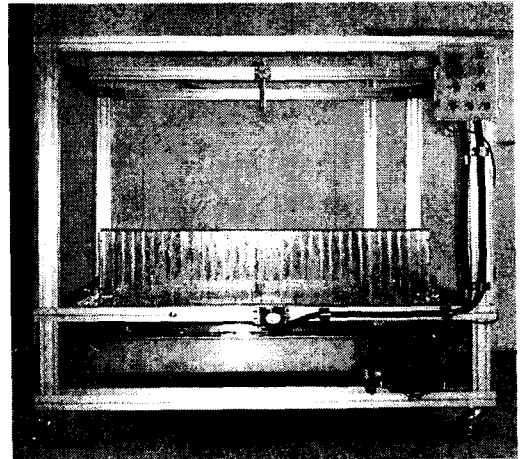


Fig. 5 View of the spray patternator.

3. 결과 및 고찰

가. 배부식 방제기 노즐의 분무각

그림 6은 국산 배부식 방제기의 노즐 12종류의 분무각을 실험하였으며, 분무각은 압력이 증가함에 따라 증가하나 그 증가 폭이 압력 1kgf/cm²에서 급격히 증가하는 노즐이 많았고, 대체로 오리피스 직경이 작은 것일수록 분무각이 작았다. 압력은 0.5~2.5kgf/cm²까지 0.5kgf/cm²씩 증가시키면서 실험하였는데 압력이 1kgf/cm²까지 증가폭이 크다가 그 증가폭이 점점 감소함을 볼 수 있다. 즉 1kgf/cm² 이하의 압력에서는 무화가 제대로 안 일어난다고 볼 수 있다. 특히 몇몇 노즐은 1kgf/cm² 이상에서도 무화가 제대로 되지 않았다. 대부분의 노즐의 분무각이 2.5 kgf/cm²에서 70°~90°이었다.

나. 배부식 방제기 노즐의 분무량

노즐들의 분무량을 살펴보면 그림 7과 같이 0.5kgf/cm²에서 3kgf/cm²까지 압력을 증가시키면서 측정 결과 압력을 증가시킬수록 분무량은 증가하나 그 증가폭은 크지 않음을 알 수 있다.

압력이 3kgf/cm²까지 분무량이 160~800g/min 이하가 대부분이었고 노즐1과 노즐 3은 3kgf/cm²에서 각각 약 2,350g/min, 1,730g/min 의 많은 분무량을 보였다. 이는 노즐 1은 고압겸용 노즐로서 오리피스 직경이 2mm나 되며 노즐 3은 분무가 제대로 되지 않고 물총처럼 물줄기가 굵게 나오는 노즐이었다. 대체로 분무량이 많은 노즐은 오리피스 직경이 큰 것임 알 수 있었다.

다. 배부식 방제기 노즐의 분무입경

노즐들의 분무입경 실험은 압력을 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0kgf/cm²으로 5단계로 하였으며 분무입경측정기와 노즐 간의 살포거리는 실제 배부식 방제기의 분무거리가 약 10cm~15cm 임을 감안하여 12.5cm로 하여 분무 입경 실험을 하였다. 측정 결과는 그림 8에서 알 수 있듯이 대부분의 노즐이 1.5kgf/cm² 까지 급격히 분무입경이 감소하다가 그 이후에는 감소 폭이 작은 것을 알 수 있다. 즉, 대부분의 노즐이 1.5kgf/cm² 에서부터 비교적 완전한 무화가 일어남을 볼 수 있었다. 노즐 3은 0.5kgf/cm²에서는 물줄기처럼 나와서 측정이 곤란하였다. 대부분의 노즐은 1.5kgf/cm²에서 150~230 μ m의 분무입경을 보였다.

라. 배부식 방제기 노즐의 분무유형

시판중인 노즐 12개의 분무유형을 살펴보기 위해 비교적 완전히 무화가 되어진 압력 2kgf/cm²에서 20~40회 스캔하였다. 그림 9는 노즐의 분무유형을 나타내는데, 각 노즐의 분무유형은 제각기 다르지만 중앙부의 분무량이 많은 대칭형태로서 서로 비슷하였다.

대부분의 노즐의 분무형태가 좌우 대칭이 잘 안되게 나타나는데 그 정도가 심한 노즐일수

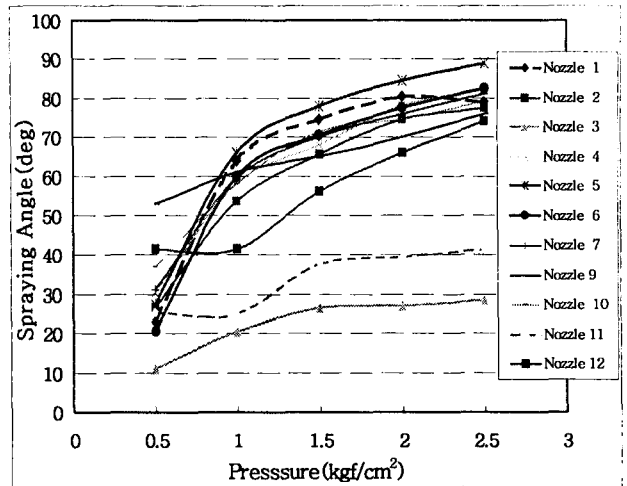


Fig. 6 Spraying angle of nozzles.

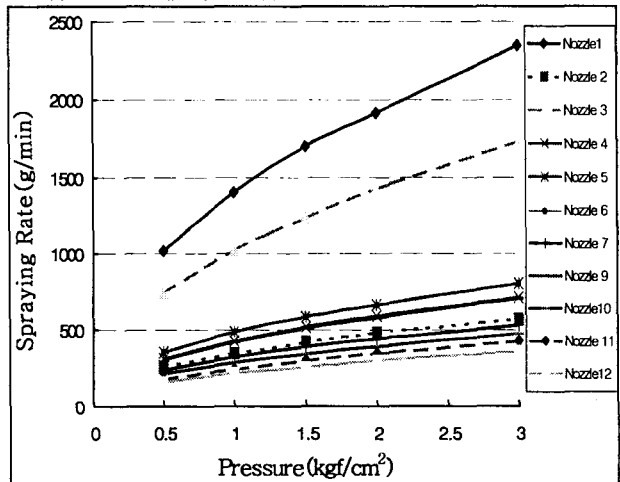


Fig. 7 Spraying rate of nozzles.

록 디스크의 가공 상태가 좋지 않아서 오리피스 외형이 이상하거나 혹은 디스크가 노즐 케이스보다 많이 작아서 케이스 내에서 디스크가 움직일 수 있는 노즐, 즉 오리피스 외 중심이 노즐 중자 중심과 일치 하지 않는 정도가 큰 노즐이었다.

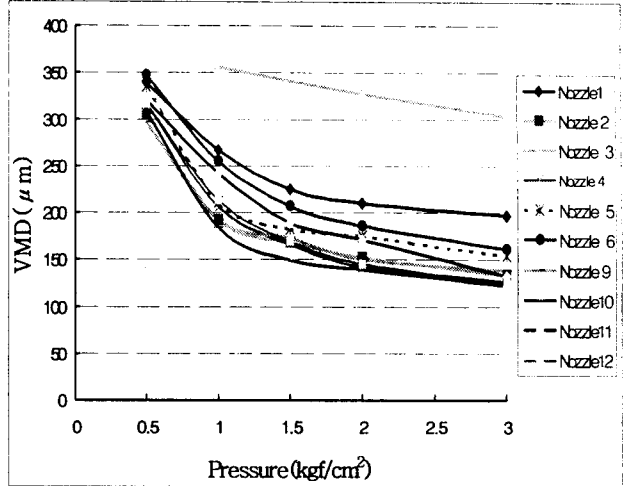


Fig. 8 Volume Median Diameter(VMD) of nozzles.

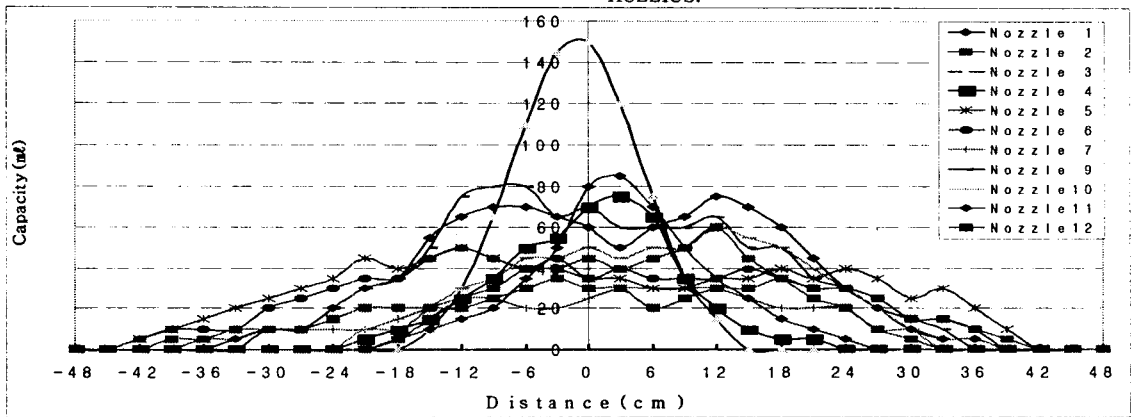


Fig. 9 Spraying type of nozzles.

4. 요약 및 결론

본 연구는 국내에서 시판되고 있는 배부식 방제기의 종류와 노즐의 분무각, 분무입경, 분무량, 분무유형 등의 분무특성을 분석하였다.

주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 국산 배부식 방제기는 노즐의 성능 향상보다는 인력에서 배터리를 이용하거나 소형 가솔린 기관을 이용하여 펌프의 구동 방법을 개선하여 판매되고 있다.
2. 몇몇 노즐은 1kgf/cm² 이상에서도 무화가 제대로 되지 않았으나, 대부분의 노즐은 2.5 kgf/cm²에서 70°~90°의 분무각을 보였다.
3. 대부분 노즐은 압력이 3kgf/cm²까지 분무량이 160~800g/min였으며, 압력을 증가시킬수록 분무량은 증가하나 그 증가폭은 크지 않음을 알 수 있었다.
4. 대부분의 노즐은 1.5kgf/cm²에서 150~230μm의 분무입경을 보였으며, 분무압이

1.5kgf/cm²에서부터 비교적 완전한 무화가 일어남을 볼 수 있었다.

5. 각 노즐의 분무유형은 제각각 달라지만 중앙부의 분무량이 많은 대칭형태임을 알 수 있었다.

6. 저압의 배부식 방제기에 적합하도록 최소무화압력이 현재보다 분무압이 낮은 노즐 개발에 관한 연구가 필요함이 판단된다.

5. 참고문헌

1. 정창주 외 4인. 1995. 분방제기의 살포장치의 설계요인 규명을 위한 실험적 연구(Ⅱ)
-노즐의 살포형 및 비의 피복특성-한국농업기계학회지 20(4) : 313~322
2. 이상우 외 2인. 1988. 와권노즐의 이론분석(1)- 노즐의 구조에 대하여.
한국농업기계학회 13(3) : p1~10
3. 18. L.F.Bouse. 1994. Effect of Nozzle type and operation on spray droplet size. ASAE
37(5) 1389 : 1400