

동력살분무기의 무화기구에 관한 연구⁺ Atomizing Mechanism for a Mist Blower

이상우*
정희원
S. W. Lee

ABSTRACT

Droplet sizes produced from a mist blower should be adequate to get highly biological effects with a reasonable level of work performance.

However the droplet sizes from the conventional nozzles of the mist blower were around VMD 95 to 469 μ m which were relatively large as compared with the recommended droplet sizes in liquid flow rate of 17.2 m³/s with air flow rate of 16660m³/s on the maximum travel distance of about 4.0 m. The velocity of air stream at the point where two fluids, air and liquid, impact each other, was tried to maximize as much as possible in order to enhance the atomization performance of a newly designed twin fluid nozzles with the same or better level of performance of the conventional mist blower.

The configuration of nozzle orifice should be designed to enlarge the contact area between air and liquid to enhance the atomization.

주요 용어(Key Words) : 입자크기(Droplet Size), 2유체 노즐(Twin Fluid Nozzle), 미립화(Atomization), 살분무기(Mist Blower)

1. 緒論

우리나라의 農作業의 病虫害 防除作業에 있어서 동력살분무기는 동력분무기와 함께 가장 많이 보급되어 있고 손쉽게 사용되고 있는 기종이다. 동력살분무기의 특징으로서는, (㉠) 기계가 작고 구조가 간단하여 취급이 편리하고, (㉡) 작업 소요인원이 1인으로서 기계 조장이 가능하고, (㉢) 사용되는 약제가 액제 및 분제 겸용이므로 기계 이용 효율성이 높고, (㉣) 동력분무기의 살포 입자보다 작은 점등이다.

액제 살포 입자의 크기는 방제작업에 큰 영향을 미치는 중요한 인자로서 몇 가지 특성을 갖고 있다. (1) 입자를 비행 운반시키는 데 영향을 준

다. 즉 2유체 노즐에서 입자의 비행 운송 매체로 공기를 이용하고 있음으로 입자를 공기에 실어 운송하는 과정에서 작은 입자는 노즐로부터 멀리 까지 운송되지만 큰 입자는 가까운 지점에서 낙하된다. (2) 입자크기는 살포피복면적에 직접적으로 영향을 준다. (3) 살포액의 응집력과 부착력의 특성에 따라 다소 차이는 있을 수 있지만 입자의 크기가 작을 수록 부착율을 증가시킬 수 있다.

농작물의 병충해 방제작업에서 적당한 액제 입자의 크기에 관하여 보고된 종합적인 연구 결과⁽¹⁾로는 방제 대상물인 작물과 곤충의 생물학적 특성 그리고 농약의 특성에 따라서 다소 차이는 있지만 20-100 μ m 범위의 입자를 추천 권장하

+ 본 연구는 충남대학교 학술진흥재단의 '93 研究費에 의하여 研究되었음

* 忠南大學校 農科大學 農業機械工學科

고 있었다.

또한 항공살포에서는 일정한 살포고도를 유지해야 되므로 옆바람의 풍속이 입자살포 분포도에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 살포대상지역 밖으로 비산량이 발생되어 이로 인한 부작용이 우려됨으로 상기한 권장 살포 입자크기보다 다소 큰 140-200 μm ^(6, 8)의 범위를 추천하기도 하였다.

우리나라에서 가장 많이 사용되고 있는 총포형 노즐⁽⁹⁾의 입자의 크기는 분공단면적 6.0mm² (d=2.76mm)와 분무압력 30kgf/cm²에서 살포량이 최대로 집중되는 살포지점의 입자크기는 VMD 345 μm 에 이르렀고, 동력살분무기의 입자크기에 관하여서는 자세한 연구 보고가 없었다.

따라서 본 연구에서는 생물학적 방제효과를 향상시키고자 현재 사용되고 있는 동력살분무기의 미립자보다 작고 위에서 기술한 액제 입자의 권장 크기에 접근 할 수 있는 微粒子를 생산할 수 있도록 동력살분무기의 霧化機構를 개선하고자 하였다.

2. 材料 및 方法

가. 材料 및 實驗 裝置

1) 노즐의 설계

기존의 노즐을 개선하고자 다음 3개의 조건을 설계조건으로 제시하였다.

① 2유체노즐에서 공기가 액제와 충돌하여 미립화를 일으킬 때의 풍속을 최대화한다.

농약은 용매제로 대부분 물을 사용하고 있고 농약과 물의 혼합비율이 약 500내지 2000분의1로 살포용액은 물의 특성에 준한다고 간주 할 수 있다. 空氣量과 水量의 비율을 拔山⁽²⁾의 實驗 研究에서 입자의 크기 20-50 μm 의 범위입자를 생산하기 위해서는 송풍속도 208m/s에서 약 3500배, 100m/s에서 약5000배를 권장하고 있지만 생력화와 작업성능을 고려하여 현재 사용하고 있는 동력살분무기의 공기량과 수량을 기준하여

풍속만을 최대화시킨다.

② 유체관로단면을 점차적으로 변화시킨다.

유체관로에서 단면의 변화로 일어나는 손실은 Weisbach⁽⁶⁾의 실험식에 의하면 단면변화의 정도에 따라 손실이 결정된다. 따라서 풍속을 급대하고자 단면의 돌연 축소는 가능한 피하는 것이 좋다.

③ 액제에 공기를 직접 충돌시킨다.

2유체노즐의 무화에서 공기의 역할은 첫째 액제와 충돌하여 미립화를 일으키고 둘째 미립화된 액제 입자를 목표물에 비행 운송시킴에 있다. 따라서 사용되고 있는 공기량의 대부분이 장애물 없이 직접 무화에 이용되고 이어서 입자 운송에 이용되도록 한다.

위에서 제시한 설계 조건을 반영하여 노즐을 설계하였다. 특히 약액과 공기가 서로 만나 충돌 미립화 될 때의 공기의 유속을 기존 노즐 보다 가능한 크게 유도하였고, 노즐에서 분출되는 분사체의 직경도 가능한 작게 되도록 노즐 분공을 튼니형으로 그림1과 같이 설계 시험 제작하였다. 또한 물의 배출량을 노즐 켄으로 조절할 수 있도록 설계하였다.

2) 실험장치

가) 流動노즐 미터 (flow nozzle meter)

동력살분무기의 미립자 생산에 필요한 송풍의 유량과 유속을 측정하고자 ASME⁽⁴⁾ 유체 측정규정에 따른 관경 50mm, 노즐 팁 직경 25mm의 유동노즐 미터를 경사관 마노메타 (형식 KM, 일본 岡野)에 연결하여 사용하였다.

나) 분사 및 살포측정장치

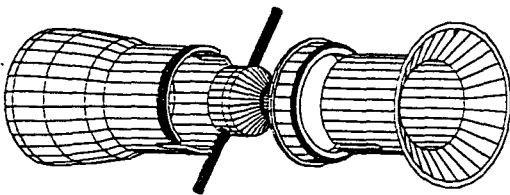
약액 배출은 기존 동력살분무기의 기구를 이용하였고 송풍은 압축식 송풍기를 가변속형 3상 유도 전동기 (2.2kW, IMC-30B)에 연결하여 조절하도록 하였다.

살포장치는 분무도달거리 별 살포량을 수집하고저 비커를 노즐 분구로부터 50cm간격으로 500

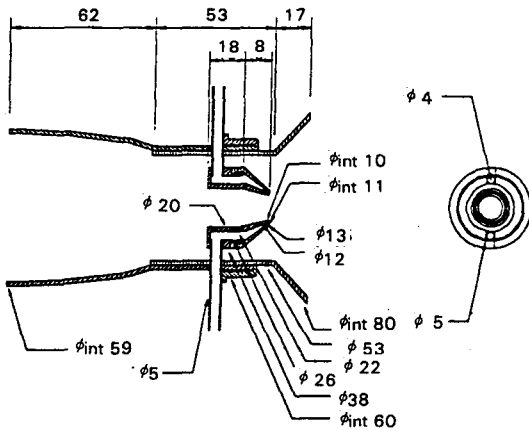
cm까지 분사방향의 중앙지점에 설치하였다. 또한 분사방향의 직각방향 즉 살포폭 좌우 편의 살포량을 수집하고자 중앙지점의 비커로부터 직각 방향 40cm 지점에 각각 비커를 설치하였다.

다) 입자 채집 장치

살포된 입자를 채집하고자 투명한 재료로 만들어진 페트리 접시에 1mm내외의 깊이로 깨끗한 오일(oil)을 담아 분사방향에 50cm 간격으로 배치하였다.



a) Overall View



b) Cross Sectional View

Fig.1. Design features of twin fluid nozzles.

채집된 입자는 오일 속으로 침투되어서 입자의 증발이나 합병을 피하도록 하였고 粒子分析機 (40-10 Image Analyser, Shire Industrial Estate)로 페트리 접시의 中心점을 기점으로 전후 좌우의 채집된 입자를 검출 측정 분석하도록 하였다.

나. 實驗 및 分析方法

1) 實驗方法

가) 기존 노즐의 미립화

2유체 노즐에서 미립화에 영향을 주는 주요 인자 가운데 가장 중요한 인자⁽¹⁾로는 약액량에 대한 공기량의 비율 그리고 이 두 유체간의 상대속도이었다.

약액유량은 현재 동력살분무기에서 사용되고 있는 액체배출시스템을 이용하였고, 송풍량은 예비실험을 통하여 미립화가 정상적으로 일어날 때의 송풍량과 풍속을 구명하였고 이를 기준하여 마노메타 눈금(경사도 30°) 15cm(14180m³/s), 20cm(16660m³/s), 25cm(18420m³/s)로 변화시키면서 미립자크기, 미립자분포, 분사량, 살포거리를 구하여 새로 설계한 노즐의 성능을 비교 검토할 수 있는 기준을 마련하였다.

나) 실험 노즐의 미립화

새로 설계한 2유체 노즐의 기능 및 성능을 기존 노즐과 비교 검토하기 위하여 전항 가)의 실험에서 사용한 약액량과 송풍량을 기준하여 표1과 같이 실험을 실시하였다.

본 실험에 앞서 예비 실험으로 노즐 분공의 형상이 미립화에 주는 영향을 조사 연구하기 위하여 노즐 분공 끝의 형상을 매끄러운 원(plain ring)과 톱니형(serrated ring)으로 제작하여 실험을 실시하였고 이어서 성능이 양호한 톱니형 분공의 노즐로 본 실험을 실시하였다.

Table 1. Experimental design

Nozzle	Liquid flow rate (nozzle cap turn)	Air flow rate (manometer head, cm)
Prototype	0/6	15
nozzle with serrated orifice	2/6	20
	3/6	25
	4/6	

약액으로는 모든 실험에서 20°C 정도의 상수

도 물을 사용하였고 작업높이는 노즐을 지상 1 m에 고정하여 실시하였다.

분사시간은 분사량에 따라 5분내지 10분간으로 조정하였고 수집된 살포량은 단위면적 및 시간당 무게로 환산하여 분석시에 이용하였다.

입자의 채집은 정상 운전 중 입자밀도의 정도에 따라서 채집시간을 조절하여 입자의 합병을 피하면서 單粒子를 채집하도록 주의를 기울이였다.

모든 실험에서 노즐의 제작 및 조립상 오차를 최소로 줄이도록 매 실험마다 재조립하여 실시하였고 또한 모든 실험은 3회 이상 반복하였으며 바람의 영향을 받지 않도록 실험실에서 실시하였다.

2) 分析方法

송풍량은 ASME 표준규정에서 설정한대로 유동노즐미터의 사용법에 따라 구하였고 이 값을 노즐의 송풍 단면적으로 나누어 필요한 위치의 풍속을 구하였다.

입자의 크기는 입자도달거리 별로 채집된 입자를 입자 분석기로 분석하여 VMD(Volume Median Diameter)로 나타냈으며 분사량과 함께 그래핑하여 분석하였다.

3. 結果 및 考察

가. 기존 노즐의 미립화

기존 사용되고 있는 동력살분무기의 약액유량은 액제 배출시스템을 이용할 때 17g/s 안팎이었고, 이 유량을 기준하여 송풍량의 변화를 마노메타 눈금(경사도 30°) 15cm(14180m³/s), 20cm(16660m³/s), 25cm(18420m³/s)로 할 때 액제 배출량은 16.1, 17.2, 18.3 g/s으로 크게 변하지 않았으며, 살포거리 별로 분사량 및 입자 분포는 그림2와 같았다.

마노메타 눈금 15cm의 송풍량에서는 최대 살포거리도 2.5m 정도밖에 안 되었으며 미립화도 부분적으로 불충분하여 부적합한 것으로 사료되

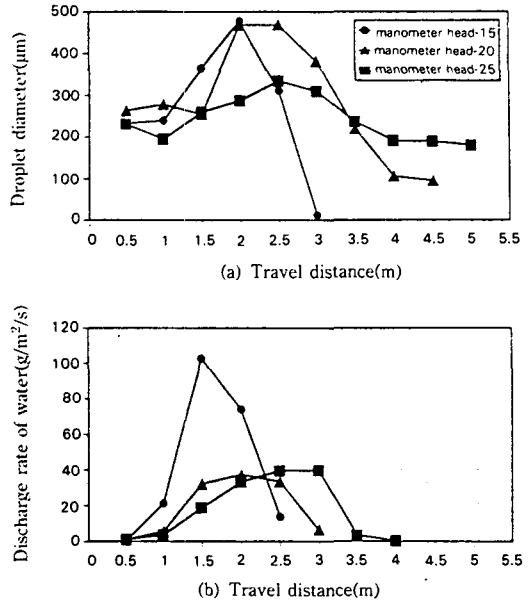


Fig.2. Spray particle sizes and deposit distribution patterns of the present twin fluid nozzles.

었고, 눈금 20cm에서는 최대 분무립 도달거리가 4.0m 내외로 비교적 양호하였고 미립화현상도 정상적으로 이루어졌다. 이 실험에서 약액유량(Ql)에 대한 송풍량(Qa)은 $Qa/Ql=968$ 그리고 풍속 $Va=18.0m/s$ 이었고 입자분포는 분사량이 집중되는 2.0-2.5m 지점에서 가장 큰 입자가 나타났고, 그 크기는 469μm 이었다.

또한 눈금 25cm에서는 최대 분무립도달거리가 4.5m 내외로 약간 더 길었고 미립화 현상도 더욱 양호하여 졌지만 송풍량 증가로 인한 소요 동력이 크게 증가되었다.

나. 試作노즐의 미립화

새로 설계한 노즐에서 노즐분공의 형상이 미립화에 미치는 영향은 분공의 형상이 매끄러운 원(plain ring) 일 때 약액유량이 큰 경우에는 미립화가 불충분하여 미립자가 부분적으로 묻히는 현상이 가끔 나타났었다. 따라서 매끄러운 분공의 형상을 톱니형(serrated ring)으로 만들어서 미립화기능을 비교한 것이 그림 3과 같았다.

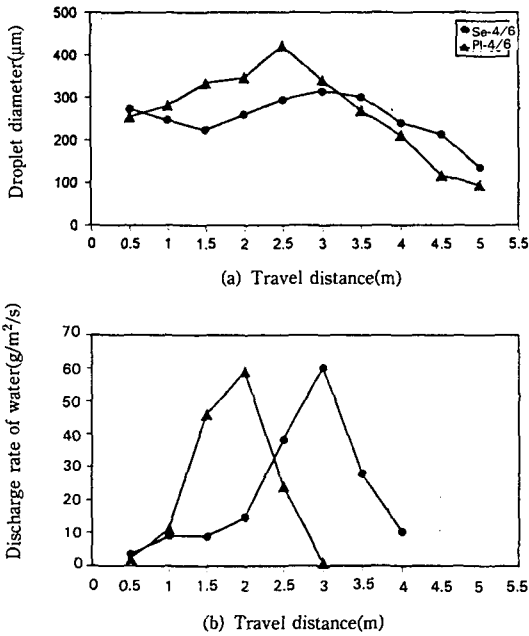


Fig. 3. Spray particle sizes and deposit distribution patterns from prototype nozzles with serrated tip and plain tip in twin fluid nozzles.

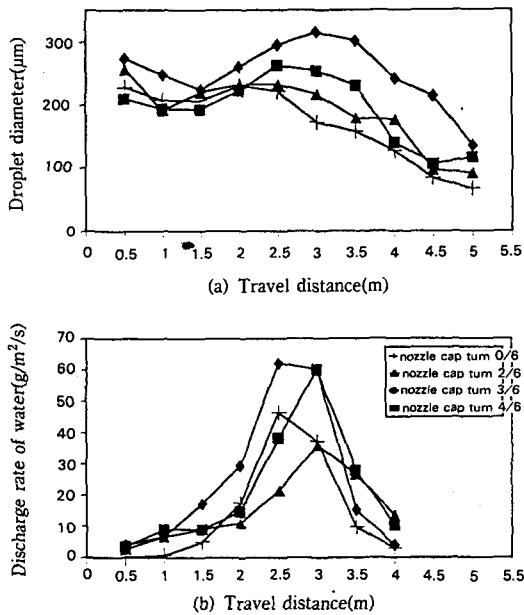


Fig. 4. Spray particle sizes and deposit distribution patterns of prototype twin fluid nozzles with serrated tip.

분공의 형상이 매끄러운 원에서 튼니형으로 바뀌었을 때 생산되는 분사유체의 형상은 가늘고 길어서 공기와 접촉 충돌되는 면적이 증대되었고 이로 인하여 미립화가 촉진되어 전반적으로 매우 안정적이었다. 더욱이 튼니형 분공의 경우에서 약액 배출량이 28.1g/s로 매끄러운 원의 배출량 22.2g/s 보다 컸지만, 미립자 크기나 분무립도달거리도 모두 개선되었다.

새로 설계된 튼니형 2유체노즐(그림1)의 합리적인 미립화현상을 구명하기 위하여 송풍량을 마노메타 눈금 20cm (16660m³/s) 로 고정하고 약액유량을 노즐갭 조정으로 회전을 0/6-4/6 (14.3-28.1g/s) 범위에서 4단계로 변화할 때 미립화기능은 그림4와 같았다.

최대분무립 도달거리는 4.0m 안팎으로 거의 동일한 형태를 나타냈으며 2.5~3.0m의 분무도달거리에서 분무립 살포집중 현상이 일어났다. 미립화현상은 약액유량의 증가에 따른 입자크기의 변화가 분무립 도달거리 2m 이내에서는 큰 차이가 없었고 2m 이상에서는 약액유량의 증가에 따라 분무립 크기의 증대현상이 뚜렷하였다.

또한 분무입자크기와 분무도달거리 사이의 관계는 분무립 살포가 집중되는 지점에서 분무입자가 가장 컸으며 분무입자크기의 범위는 VMD 66 μm 부터 315μm 이었다.

拔山⁽²⁾ 연구보고에서 공기량과 약액유량 비율이 1205 일 때 분무입자 직경 VMD 229 μm 와 비교할 때 본 연구의 공기량과 액체량비율 833 (16660 / 20)을 고려하면 합리적인 결과라고 사료되었다.

本 연구의 시작노즐의 성능을 기존상업용 노즐의 성능과 비교 분석하기 위하여 기존 상업용 노즐의 약액 배출량 17.2g/s보다 약간 큰 19. g/s인 실험 2/6와 비교한 것이 그림 5와 같았다.

시작노즐의 성능이 기존 상업용 노즐의 성능보다도 미립화가 전반적으로 양호하였고 분무립 도달거리도 1m 이상 증대되어 미립화와 분무립 도달거리에서 모두 개선된 결과로 나타났다.

양호하여진 주원인은 송풍속도가 유체관로에서 동일하게 출발하여 노즐입구에서는 기존 상

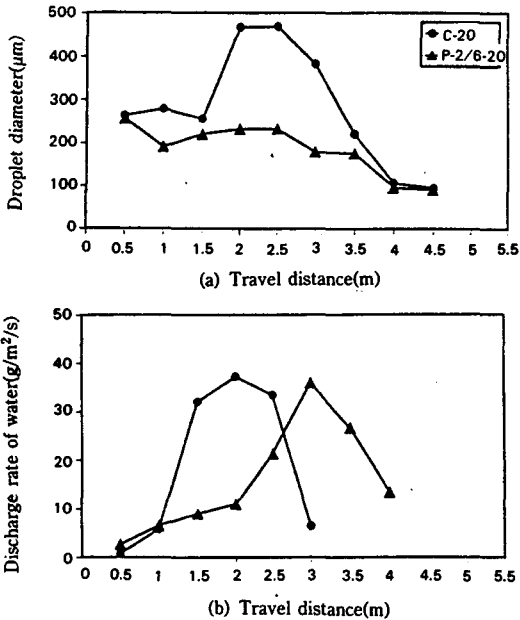


Fig. 5 Spray particle sizes and deposit distribution patterns from prototype twin fluid nozzles and present nozzles.

업노즐이 18.0m/s, 시작노즐이 15.5m/s이었지만 공기와 약액이 서로 부딪치며 미립화를 일으킬 때의 풍속이 기존상업노즐에서는 그대로 18.0m/s를 유지하였고 시작노즐에서는 송풍단면이 축소되어 15.5m/s에서 87.6m/s로 증대된 결과에 기인하여 미립화가 크게 개선된 것으로 사료된다.

4. 結論

가. 기존 상업용 동력살분무기의 미립화에서 약액 배출량은 17.2g/s 안팎이었고, 송풍량이 약액량의 968배인 16660m³/s 정도 이상에서 정상적인 미립화가 일어났으며, 분무입자크기의 범위는 VMD 95-469µm이었고, 최대분무도달거리는 4.0m 정도이었다.

나. 개선된 노즐에서, 약액유량과 송풍량의 비율을 기존노즐의 동일 수준으로 유지하는 경우에, 액체와 공기가 충돌되어 미립화를 일으킬 때의 송풍속도를 증가시킴으로서 미립화를 크게

촉진시킬 수 있었고 분무립 도달 거리도 증대시킬 수 있었다.

다. 개선된 노즐의 분공 형상에서, 노즐분공으로부터 분사되는 유체형상이 가능한 공기와 접촉 충돌하는 면적을 증대시키는 방향으로 분공 형상을 설계함으로써 미립화를 촉진시킬 수 있었다.

參考文獻

1. 金明奎. 1994. 무인 상온 연무방제기 개발에 관한 기초연구. 박사학위논문. 경상대학교 대학원
2. 拔山四郎. 1969. 空氣流에 의한 액체 미립화에 관한 研究. 拔山四郎 論文集. 日本 養賢堂.
3. 李相祐. 1993. 噴霧機用 Nozzle의 구조에 관한 연구. 한국농업기계학회지 18(2) : 100-109.
4. ASME Power Test Codes. Supplement on instruments and apparatus. Part 5 Measurement of quantity of materials. Chapter 4, Flow measurement by means of thin plate orifices, flow nozzles and venturi tubes : 13.
5. Duncan, W. J., A.S. Thom and A.D. Young. 1974. Mechanics of fluids. Edward Arnold Australia : 413.
6. Himel, C. M.. 1969. The optimum size for insecticide spray droplets. J. Econ. Entomol. 62(4) : 919-925.
7. Norman, B. A. and W. E. Yates. 1979. Pesticide application equipment and techniques. FAO agricultural services bulletin 38.
8. Smith, D. B., E. C. Burt and E. P. Liloyd. 1975. Selection of optimum spray-droplet sizes for boll weevil and drift control. J. Econ. entomol. 68(3) : 415-417.