

# 농업시설 분무냉방을 위한 분사노즐의 분무특성

## Spray Characteristics of Injection Nozzle for Spray Cooling of Agricultural Facilities

이양근**	김영복*	김성태*	나우정*	김창수**
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
Y.K.Lee	Y.B.Kim	S.T.Kim	W.J.La	C.S.Kim

### 1. 서론

현재 농가에 보급되어 있는 농업시설에는 경영규모의 확대와 생산비 절감을 도모하기 위한 환경제어 및 재배관리 자동화 설비가 설치되어 있다. 우리나라와 같은 온대지방에 온실이 처음 도입되었을 때에는 여름철에는 하우스내의 고온장애로 인하여 생산을 중단하였으나, 최근에는 값비싼 시설을 연중 이용하려는 노력이 기울여 지고 있다.

온실의 냉방관리 측면에서 분무냉각을 위한 분무노즐은 미립화를 목적으로 설계, 제작되어 있다. 이때 사용되는 분무노즐의 1개당 분무능력은 약 2~3 l/h이며 무풍시 분무거리는 1.5m 이내인데 적절한 온실냉각을 위해서는 냉각부 분무노즐의 성능검정과 그 적용범위의 결정이 매우 중요하다. 또한 보다 미립화된 대용량의 분무시스템의 도입을 위해서는 고압에서 큰 분무용량을 갖는 분사노즐계가 필요한데 이를 위해서 고압압축이 가능한 왕복동 펌프형식의 인젝션노즐계의 응용을 검토할 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 무화과 관통성능이 양호한 디젤기관의 분사노즐을 물분사에 응용하여 그 특성을 분석하고, 관행의 물분사노즐의 성능과 비교함으로써 온실 냉각시스템으로의 사용 가능성을 구명하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 분무 발생장치

본 연구에서 분사펌프와 인젝션 노즐을 이용한 분무발생 실험장치는 그림 1과 같이 구성하였다. 전동기로 분사펌프를 구동시키면 수조로부터 물이 흡입되며, 인젝션 노즐로부터 일정압력으로 분사되고 남은 물은 여수관을 통하여 다시 수조로 돌아오도록 하였다. 세라믹 노즐을 이용한 분무발생 실험장치는 그림 2와 같이 구성하였다. 동력분무기에 의하여 수조로부터 양수된 물이 분무기 호스를 통하여 세라믹 노즐로 공급, 분무되도록 하였다.

---

\* 경상대학교 농업기계공학과  
 \*\* 상주산업대학교 기계공학과

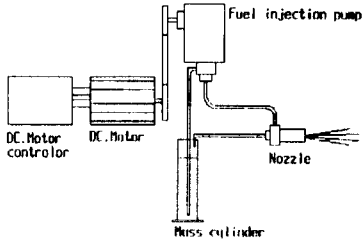


Fig. 1 Arrangement of spray system with injection-nozzle.

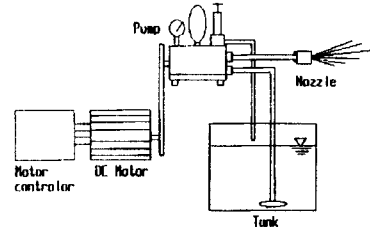


Fig. 2 Arrangement of the spray system with cermic-nozzle.

나. 공시노즐

1) 세라믹노즐

가습, 냉각, 산포작업용으로 사용되고 있는. 세라믹 노즐의 카타로그에 의한 사용 압력 범위는 4~30 ata, 평균 분무 입경은 45 $\mu$ m, 분무각은 약 80° 이다. 구조는 그림 3과 같다.

2) 인젝션 노즐

인젝션노즐은 8마력 농용 디젤기관에 사용되는 핀들형으로 분무각은 15° 이며 구조는 그림 4와 같다.

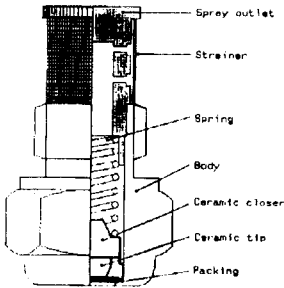


Fig. 3 Configuration of ceramic-nozzle.

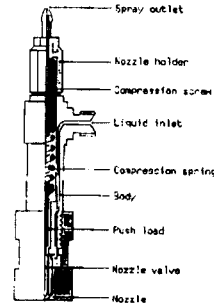


Fig. 4 Configuration of injection-nozzle.

다. 분무상태 측정장치

1) 분무입자 수집장치

분무 입자의 채집방법에는 기계적인 셔터를 이용하여 짧은 시간동안 액적들을 유막에 채집하는 액침법(immersion sampling method)을 사용하였으며 노출시간은 0.26초로 설정하였다. 중력가속도에 의한 분무입자 수집장치는 그림 5와 같다.

2) 분무 수집대

인젝션 노즐에 의해 분무된 분무입자의 도달 거리별 분무액의 수집을 위하여 그림 6에서 보는 바와 같이 분무 수집대를 제작하였다. 수집대의 크기는 400cm×180cm, 수집면의 기울기 9.5°, 골간격(pitch)이 6.5cm인 sun light를 설치하였다. 분무량을 측정하기 위해 수집 컵을 골간격 3칸(19.5cm)마다 설치하였으며, 분무량은 100ml 메스실린더로 계량하였다.

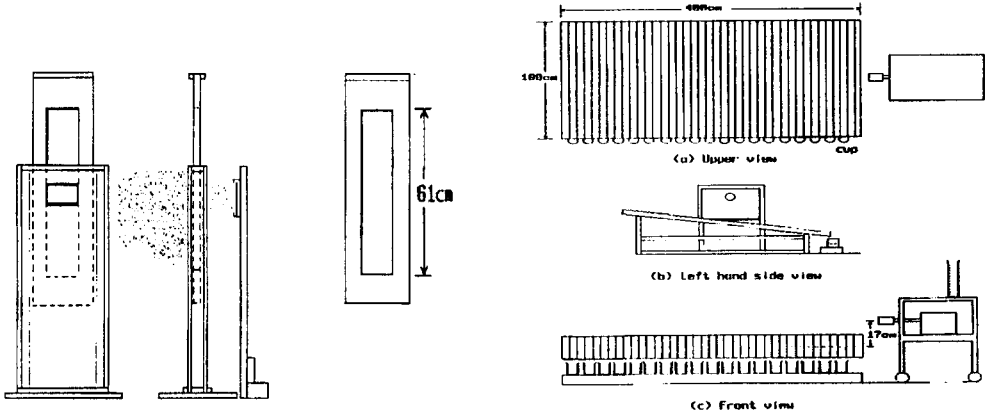


Fig. 5 Collecting equipment of spray droplet. Fig. 6 Schematic of spray collecting table.

라. 분무입자의 수집 및 분석

노즐의 분무압력과 펌프의 속도에 따라 변화하는 분무입자의 상태를 알아보기 위하여 세라믹 노즐의 경우 펌프속도를 300rpm으로 고정한 뒤 압력을 20, 30ata의 2수준, 인젝션 노즐의 경우 압력을 35, 70, 105ata의 3수준, 펌프의 속도를 500, 1000, 1500rpm의 3수준으로 하여 3×3 조합으로 분석하였다. 실험조건을 요약하면 표 1과 같다.

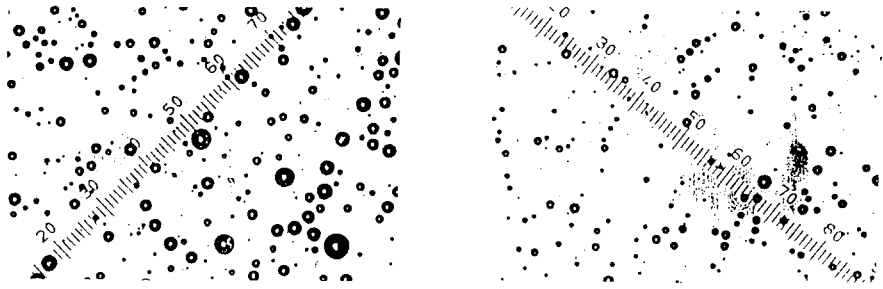
Table 1. Tested levels of nozzle pressure and pump speed

	Injection nozzle	Ceramic nozzle
Application pressure (ata)	35, 70, 105	20, 30
Pump speed (rpm)	500, 1000, 1500	300
Pressure setting	Pressure control screw of injection nozzle	Pressure regulator of power sprayer
Control of pump speed	Voltage control of DC motor	Voltage control of DC motor

1) 분무입자의 수집 및 사진촬영

인젝션 노즐과 세라믹 노즐로부터 분무된 입자를 샘플수집유리에 수집하기 위하여 입자 수집타케트를 노즐에서 1m 지점에 설치하여 타겟 셔터의 자유낙하에 의한 노출시간이 0.26초 동안으로서 분무입자군 속에 샘플수집유리를 노출시켰으며 샘플수집유리에 수집된 분무입자는 금속현미경(Olimpus Metallurgical Microscope Model BMU-363U)으로 사진촬영하였다.

그림 7은 인젝션노즐과 세라믹노즐로 부터 분무된 입자를 액침법에 의하여 수집하여 금속현미경 사진기로 사진촬영한 것이다. 사진속의 눈금은 현미경의 접사렌즈에 삽입하는 마이크로스케일로 눈금 하나의 크기는 28 $\mu$ m이다.



(a) Injection-nozzle (105ata-1500rpm) (b) Ceramic-nozzle (30ata)

Fig. 7 Droplets of sprayed water with injection-nozzle and ceramic-nozzle.

### 마. 인젝션 노즐의 분사입자 도달거리 및 분포

인젝션 노즐에 의해 분사된 분무입자 도달거리를 조사하기 위하여 노즐을 분무수집대의 세로 중앙 17cm에서 수평 분무되도록 설치하고, 2,500cc의 메스실린더에 2000cc의 물을 채워 분사하였다. 설정압력 35, 70, 105ata와 분사속의 속도 500, 1000, 1500rpm으로 수평 분무를 실시하여 분사완료 후 19.5cm의 일정간격으로 설치하여 둔 분무수집용기에 수집된 물을 100cc의 메스실린더로 수집액량을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 인젝션 노즐과 세라믹 노즐의 분무입경 분포 비교

인젝션 노즐과 세라믹 노즐의 분무성능을 비교하기 위하여 각 노즐의 작동원리 및 특징 등의 차이점을 고려한 무화정도를 비교하기 위하여 노즐로부터 분무된 분출류의 중심으로부터 1m위치에서 분무수집 타케트로 분무입자를 채집하여 환영된 사진에 의하여 분무입의 입경별 입수를 조사하였으며 결과는 다음과 같다. 인젝션 노즐의 경우 평균 분무입경이 가장 작은 경우는 105ata, 1500rpm로 38.6 $\mu$ m이며, 세라믹 노즐의 경우는 30ata에서 29.7 $\mu$ m를 나타냈다. 분무냉각이 가능한 30 $\mu$ m이하의 비율은 인젝션노즐의 경우 65%, 세라믹노즐의 경우는 79%였다. 두 노즐의 입경별 입수와 평균입경을 표 2에 나타내었다.

Table 2. Comparison of droplet size density between injection and ceramic nozzle.

Nozzle Droplet size ( $\mu$ m)	Injection nozzle (105ata,1500rpm)		Spray nozzle (30ata)	
	Number	Percentage	Number	Percentage
14	36	21.3	51	31.9
28	74	43.8	75	46.9
56	40	23.7	33	20.6
84	15	8.9	1	0.6
112	4	2.4	0	
Total	169	100	160	100
Average ( $\mu$ m)	38.6		29.7	

그림 8은 표 2에 의한 인젝션 노즐과 세라믹 노즐의 분무입경별 입수의 분포를 비교한 것으로서 두 노즐 모두 28 $\mu$ m부근에서 많은 입자가 분포되어 있음을 볼 수 있다. 전체 입자의 분포에서 미세입자의 분포는 세라믹 노즐이 약간 우수한 것을 알 수 있다.

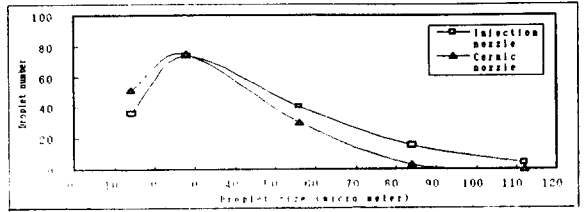


Fig. 8 Comparison of droplet size distribution between injection nozzle and ceramic nozzle.

나. 인젝션 노즐과 세라믹 노즐의 분무액량 비교

인젝션 노즐과 세라믹 노즐의 분무액량을 측정하기 위해 인젝션 노즐의 경우 매스실린더에 2000cc의 물을 채워 각 압력별, 속도별로 소모되는 시간을 측정하여 시간당 소모되는 물량으로 환산하였으며, 세라믹 노즐은 수조속의 물이 감소하는 양을 계량하여 표 3에 나타내었다. 표에 의하면 인젝션 노즐과 세라믹 노즐 모두 압력과 플런지 속도가 증가할수록 분무액량도 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러나 앞에서 언급한 분무상태가 가장 양호한 인젝션 노즐의 1500rpm-105ata와 세라믹 노즐의 30ata의 분무액량의 차는 인젝션 노즐이 세라믹 노즐에 비해 약 4.6배 많았다.

Table 3. Water consumption rate for with injection nozzle and ceramic nozzle.

				( l/hr)		
Injection nozzle				Ceramic nozzle		
Pressure (ata)	Speed (rpm)	500	1000	Pressure (ata)	Speed water quantity	
		35	6.89			13.95
	70	6.61	13.84	18.18		
	105	6.65	13.53	17.73	30	3.90
	Average	6.72	13.77	18.12	Average	3.64

### 3. 인젝션 노즐 분무입자의 도달거리

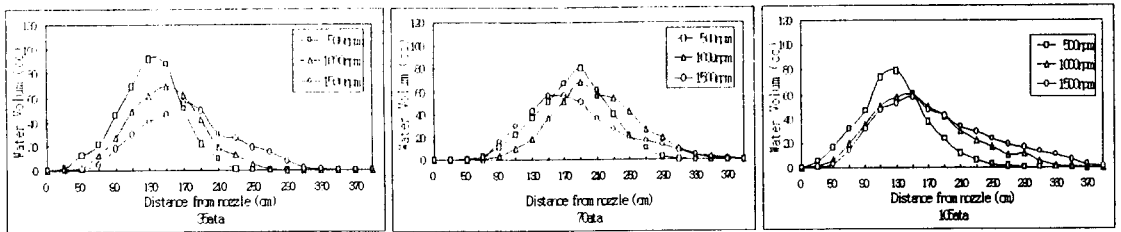


Fig. 9 Arrival distance of sprayed water depending on pump speed for injection nozzle at 35, 70 and 105ata.

그림 9는 인젝션 노즐로 각각의 압력과 속도로 분사하였을 경우 분무입자의 도달거리 및 비산정도를 조사하기 위하여 골분무 수집대를 설치하고 수평으로 분사하여 거리에 따른 물의 양을 측정하였다. 결과를 요약하면 35ata에서는 속도의 증가에 따라 도달거리의 증가하는 경향을 보이고 있으며, 70ata에서는 속도의 증가에도 불구하고 비슷한 도달거리를 보이고 있었으며, 105ata에서는 1000rpm에서 분무입자 도달거리가 1500rpm과 거의 같은 경향을 보이고 있으며 105ata 1500rpm에서 가장 안정되고 멀리 분무되었다.

#### 4. 요약 및 결론

농업시설의 분무냉방을 위해 분무노즐의 미립화, 도달거리, 분무비율과 같은 성능검정과 그 적용범위의 결정은 매우 중요하다. 특히, 분무의 미립화를 위해서는 고압분무가 필요한데, 이를 위해 본 연구에서는 연료의 부화와 관동성능이 양호한 디젤기관의 분사노즐을 물분사에 응용하여 그 특성을 분석하고, 이를 관행의 물분사노즐의 성능과 비교함으로써 온실 냉각시스템으로의 사용 가능성을 구명하고자 하였다. 그 실험방법으로서 인젝션 노즐의 분사압력을 35ata, 70ata, 105ata의 3수준, 펌프구동 플린지 왕복속도를 500rpm, 1000rpm, 1500rpm의 3수준으로 조합하여 각각의 입자크기, 분무량을 세라믹 노즐의 20ata, 30ata의 경우와 비교하고 도달거리를 분석하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 세라믹 노즐의 평균입경은 20ata가  $34.2\mu\text{m}$ , 30ata는  $29.7\mu\text{m}$ 로 압력이 높을수록 미립화 경향을 나타내었으며, 인젝션노즐의 105ata-1500rpm경우 평균입경이  $38.6\mu\text{m}$ 로 압력이 높을수록, 속도가 빠를수록 미립화 경향을 나타내었다.
2. 분무유량에 있어서는 인젝션노즐의 경우 분무상태가 우수한 105ata-1500rpm 에서 17.73 ℓ/hr로 분무되었고, 세라믹노즐의 30ata에서 3.9 ℓ/hr로 분무되었다.
3. 인젝션노즐의 도달거리는 105ata 1500rpm에서 가장 멀리 분무되었다.
4. 이상의 실험결과로 디젤엔진의 인젝션 노즐을 농업시설 분무냉각용 노즐로 이용할 경우 송풍팬을 부착하거나, 또는 농업 시설 내에서 적절한 노즐의 위치를 선정함으로써 습해를 주지않는 적절한 분무냉각을 할 수 있으 것으로 기대된다.

#### 5. 참고 문헌

1. Paul V. Nelson, 1992. Greenhouse operation and Management. Reston publishing company: 154-157.
2. 권영삼. 1993. 원예시설 환경관리 기술의 현황과 전망. 국내 시설원예산업 발전을 위한 심포지움. 74-76
3. 김명규. 1994. 무인상온연무방제기 개발에 관한 기초연구. 경상대학교 박사학위 논문: 52-60
4. 이상용. 1996. 액체의 미립화. 민음사: 287-323.