

온실 냉방용 분무노즐의 분무 특성¹⁾

윤 용 철* · 서 원 명 · 이 종 열
경상대학교 농과대학 농공학과

Spray Characteristics of Spray Nozzles Used for Greenhouse Cooling

Yoon, Yong-Cheol* · Suh, Won-Myung · Lee, Jong-Yeol
Dept. of Agric. Engng., Gyeongsang Nat' l Univ., Chinju, Korea

Abstract

This research was carried out to find out spray characteristics of 3 types of spray nozzle to be used for greenhouse cooling. Following results were obtained from this experimental study. Water amounts sprayed with each nozzle were increased with the spraying pressure. However the increment of sprayed amount with the increase of spraying pressure were not consistent regardless of nozzle types. For the whole tested spraying pressures of nozzle-type I, II, III, the minimum droplet sizes were about 1.7~2.5 μ m, 1.7~2.2 μ m and 1.7~2.2 μ m, respectively, and the maximum droplet sizes were about 44~60 μ m, 52~71 μ m and 45~61 μ m, respectively, and the average droplet sizes were about 23~38 μ m, 19~24 μ m and 17~25 μ m, respectively. The most appropriate spraying pressures of nozzle-type I, II, III were analyzed to be 70kgf/cm², 30kgf/cm² and 30kgf/cm², respectively, and their sprayed amounts were about 124mL/min, 103mL/min and 84mL/min, respectively, and average droplet sizes were 22.6 μ m, 21.8 μ m and 20.6 μ m, respectively. Also, with the order of nozzle-type I, II, III, droplet size distributions less than 30 μ m were 95.4%, 85.7% and 79.0%, respectively, and the distributions larger than 40 μ m were 0.2%, 1.28% and 1.67%, respectively. However most all of the droplet size were less than 50 μ m.

주제어 : 실험온실, 분무시스템, 분무압, 분무량, 분무입경

Key words : experimental greenhouse, spary system, spraying pressure, sprayed amount, spary droplet size

¹⁾ 본 연구는 '97년도 교육부 학술 연구조성비(농업과학연구)에 의하여 수행되었음.

* Corresponding author

서론

종래의 소규모 재래식 온실농가의 경우, 온실내 기온을 작물생육에 적절하게 유지하기 위하여 겨울철에는 난방 또는 보온 등 여러 가지 방법을 강구하였으나, 고온기인 여름철에는 휴경하거나, 자연환기 또는 강제환기 등에 의존하는 것이 일반적이었다. 그러나 최근에는 온실의 현대화, 대형화, 고정화 및 자동화와 함께 주년생산을 위한 연중 재배체계가 도입되면서, 여름철 작물의 생육환경 조성을 개선하기 위하여 기존의 방법보다 더욱 적극적인 냉방시스템을 활용하게 되었다.

지금까지 알려진 여름철 주간의 온실 냉방 방식에는 여러 가지 있으나, 그 중에서 물의 기화열을 이용한 패드·팬방식, 증발냉각법인 미스트·팬방식과 포그·팬방식이 주를 이루고 있다. 실제로 우리나라의 일부 현대식 대형 온실의 경우에도 이와 같은 증발식 냉방시스템이 도입되어 있는 것을 흔히 발견할 수 있다. 그러나 패드·팬방식이나 미스트·팬방식은 온실내의 온도경사가 크게 발생하여 실내의 온도가 균일하게 분포하지 못하게 되는 경우가 많으며, 특히 습구온도차가 작은 기상하에서는 냉방의 효과도 충분하지 못하다. 또한 이들 방식은 포그·팬방식에 비해 시설투자비가 지나치게 비싸거나 분무입자가 큰 결점이 있기 때문에 최근에는 포그·팬방식에 대한 관심이 점차 고조되고 있는 실정이다(서 등, 1994, 1995; 김, 1994).

포그·팬 방식에 의한 온실냉방은 분무노즐을 이용하여 직경 50 μ m이하(농진공, 1995)의 미립자를 온실내로 분무하는 가습 냉각방식이다. 이 방식은 분무입경을 가능한 가늘게 하여 물방울이 기화하기 쉽도록 하는 것이 중요하다. 물의 증발속도, 즉 공기의 냉각율은 물방울의 크기에 반비례한다. 따라서 이 시스템에 있어서 가장 중요한 구성요소가 분무노즐이다. 이 분무노즐은 주로 미립화를 목

적으로 설계되거나 제작된다. 현재 온실냉방용으로 국내에서 시판되고 있는 노즐은 조사 결과 대략 10가지 정도이다. 그러나 이 노즐들은 사용압력, 분무량 및 분무입경 등이 서로 다른 것은 물론 분무특성을 전혀 알 수 없는 것이 대부분이다. 특히 전문화된 바와 같이 노즐의 분무특성은 포그 시스템을 설계함에 있어서 대단히 중요하지만, 여기에 대하여 보고된 자료는 극히 드물다(유 등, 1997; 이 등, 1997; 김 등, 1997).

따라서 본 연구는 현재 국내에서 시판되는 몇 가지 노즐의 분무특성을 실험적으로 검토한 후, 온실냉방 설계에 포그시스템을 도입할 때 기초적인 자료로 이용하는 데 그 목적이 있다. 우선 본 실험에서는 경상대학교 실험은실을 중심으로 3종류의 노즐, 즉 국내에서 제작된 1종과 외국에서 수입된 2종에 대하여 실험을 실시하였다.

실험장치 및 방법

1. 분무노즐

현재 국내에 보급되고 있는 온실냉방용 포그노즐을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서 알 수 있듯이 현재 국내에서 시판되고 있는 노즐의 분무특성은 서로 상이하기 때문에 온실냉방 시스템을 설계할 때 많은 어려움이 예상된다. 따라서 본 실험에서는 우선 Table 1의 I형, II형 및 III형 노즐에 대해서 실험을 실시하였다. I형과 II형은 미국 및 덴마크에서 수입한 노즐이고, III형은 II형을 개조하여 만든 국내제품이다.

2. 실험장치

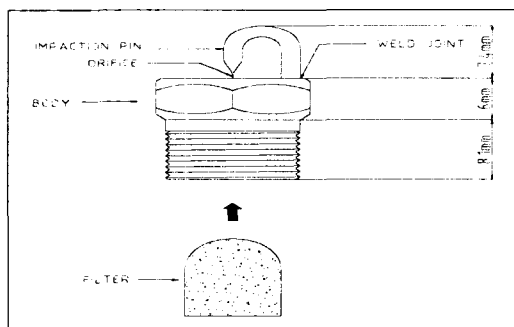
1) 노즐

본 실험에 이용된 노즐의 상세도는 Fig. 1과 같으며, 이들 시스템의 제원은 Table 2와 같다.

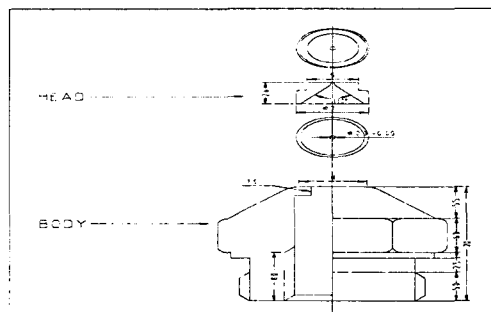
Table 1. Types of spary nozzles.

Types	Spraying pressure (kgf/cm ²)	Sprayed amount (mL/min)	Droplet size (μ m)
I	70	120	10
II	20~30	60~85	50~150
III	20~30	76~103	50~150
IV	4.0	120	100
V	35~40	150~200	-
VI	50~100	-	10
VII	1.5	127	-
VIII	15~20	70	-
IX	30~35	100~200	50~80
X	3.0	75	100
XI	3.2	120	50
XII	2.8	100	25

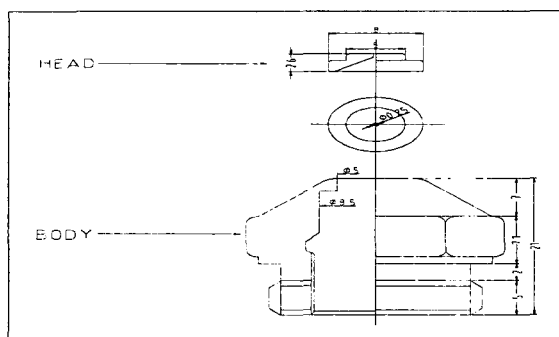
* source : 1997 catalogue of farm materials company



(a) Nozzle I



(b) Nozzle II



(c) Nozzle III

Fig. 1. Details of spary nozzles.

Table 2. Specifications of spary system.

Types	Components	Specifications
I	High pressure pump	2.5Hp, 0~150kgf/cm ²
	Low pressure pump	0.5Hp, Automatic pump
	Filter	Less than 30μm, 3/4"
	Control box	Magnetic switch, Timers
	Hose	P.V.C 10/6mm
	Water tank	1 ton
II,III	Pump	0.7~1.3Hp, 10~50 kgf/cm ² , rpm 600~800
	Filter	3 levels
	Control box	Magnetic switch, Timers
	Hose	105 kgf/cm ²
	Water tank	1 t

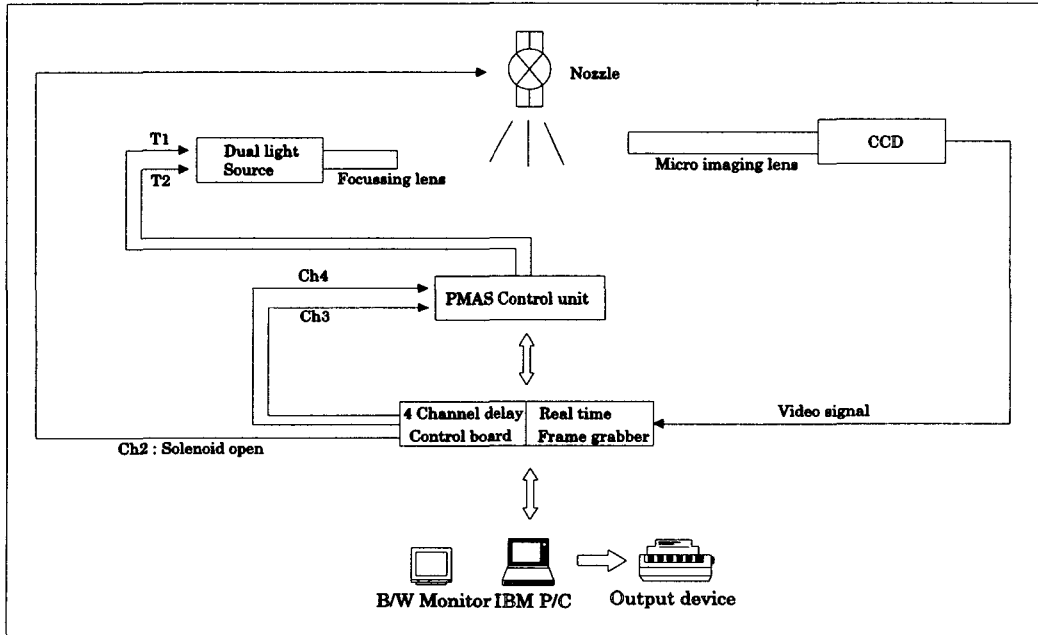


Fig. 2. Schematic of PMAS(MX-II) system.

2) 입자분석기

노즐을 통한 분무입자의 분포 및 평균입자의 크기에 대한 분석은 입자분석 전용기기인 PMAS(MX-II)(partical motion analysis system)를 이용하였다.

이 입자분석기는 입자의 추적성 측정, 분포도 측정 및 거시적 촬영 기능을 가지고 있다. 입자분포도 분석에 의한 분무해석은 아주 작

은 크기의 입자에서부터 큰 입자의 크기를 화상으로 저장한 뒤 입자분포도 소프트웨어를 이용하여 실제의 크기를 분석한다. 그리고 입자의 추적에 의한 입자거동 해석은 광원의 발광시간이 짧은 점을 고려하여 2중광원으로 순간적인 입자의 이동을 화상으로 저장한 후, 저장된 화상을 1:1 대화형식으로 사용자 처리 프로그램을 이용하여 입자 하나 하나의 거동

Table 3. Specifications of PMAS system.

Items	Specifications
Light source	Short duration light source : less than 50ns Rapidly repeat rate : 1 μ s Analysis of droplet by dual light source
Real-time frame grabber	Real time image processing : 30 frame/s Save method of image : RS170/CCIR
Image pick-up device	Output method : RS-170(NTSC)
Time delay control board	Time resolution : 1 μ s Pulse duration : 100 μ s Delayed time limits : 1~65,500 μ s
PMAS control unit	Best focus setting by focus mode Time control of light source by TTL input signal

을 해석한다.

Fig. 2는 입자분석기의 구성도를 나타낸 것이며, 그 제원은 Table 3과 같다.

3. 실험방법

포그의 냉방기여율, 노즐의 개수, 적정분무량 등을 결정하는데 필요한 노즐의 분당분무량, 분무입자의 크기 및 분포율을 분석하기 위하여 일련의 분무특성 실험을 실시하였다.

1) 분당분무량 측정

가. I형 노즐

노즐 1개당 분당 분무량은 수조와 펌프중간에 최소 0.01L까지 읽을 수 있는 유량계를 설치하여 고압펌프의 압력을 30~90kgf/cm²까지 10kgf/cm²씩 증가시키면서 각각의 압력에 대해 1분동안의 분무량을 측정하였다. 실험은 각 압력별로 3회 반복하였다.

그리고 고압펌프에 표시되는 압력과 실제로 노즐에 전달되는 압력을 비교하기 위하여 분무호스 끝단, 즉 약 30m(이하 압력게이지 A라 함) 와 60m(이하 압력게이지 B라 함)되는 지점에 압력게이지를 부착하여 노즐의 분무압을 각각의 실험압력별로 측정하였다.

나. II형 및 III형 노즐

노즐 II형과 III형에 대한 분당분무량은 실제 실험을 실시하지 않고, 노즐 제작회사에서 제공한 자료를 인용하였다.

2) 분무입자 크기의 측정

일반적으로 노즐은 분무할 때 분무특성상 증공이 형성된다. 따라서 노즐의 분무입자 크기 및 평균입경을 분석할 때는 이와 같은 증공현상이 완전히 끝나는 부분에서 실시하여야 한다. 실험대상 노즐들은 그 종류와 관계없이 노즐 Head의 끝으로부터 7cm떨어진 부근에서 증공현상이 완전히 없어졌기 때문에 이 지점에서 측정을 하였다. 실제로 증공현상은 분무압력에 따라 다소 차이가 있지만, 본 실험에서는 분무압력에 관계없이 일정한 위치에서 실험을 실시하였다.

그리고 다른 노즐에서 발생하는 입자의 간섭을 피하기 위하여 실험대상 노즐 이외의 것들은 비닐호스를 사용하여 분무입자가 측정부위로 부유되지 않도록 하였다.

가. I형 노즐

증공현상이 끝나는 지점에서 고압펌프의 분무압력을 30~90kgf/cm²까지 10kgf/cm²씩

증가시키면서 각각의 압력에 대해 10회 반복으로 실험을 하였다.

나. II형 및 III형 노즐

중공현상이 끝나는 지점에서 펌프의 분무압력을 20~50kgf/cm²까지 10kgf/cm²씩 증가시키면서 각각의 압력에 대해 10회 반복으로 실험을 실시하였다. I형 노즐용의 펌프는 산업용 고압펌프이기 때문에 분무압력을 120kgf/cm²까지 고압으로 사용할 수 있으나, II형 노즐과 III형 노즐용 펌프는 농업용으로 사용하는 농용동력펌프이기 때문에 50kgf/cm²이상의 압력에서 사용하는 것은 일반적으로 불가능하다.

3) 분무입자의 분포 및 평균입경 분석

물 1cc가 직경 10 μ m의 미립으로 분쇄되면 이론적으로 19.1 \times 10⁸ 개의 연무립(煙霧粒)이 된다. 그러나 실제 노즐에서 분사된 입자들은 그 입경이 균일하지 않고 1~100 μ m정도까지 다양한 입도분포를 나타내게 된다.

이와 같이 서로 크기가 다른 미세 입자들의 평균입경을 수치적으로 표시하는 방법에는 여러 가지가 있다. 즉 직경과 입자의 수에 의한 평균(산술평균), 표면적과 입자의 수에 의한 평균, 체적과 입자의 수에 의한 평균, 표면적과 직경에 의한 평균 등이 있다. 이들 평균입경 산출방식 중에서 어떤 것이 가장 이상적인지는 일률적으로 말할 수는 없다. 단지 그 산출 목적에 따라 장단점이 있으며, 실제로 물리적, 화학적 현상 등을 고려하여 적절한 방법을 택하는 것이 일반적이다.

연무입경의 분산정도는 평균입경을 기준으로 상대편차나 표준편차로 나타낼 수 있다. 그러나 전술한 방법들은 상대적인 편차를 수치적으로 나타낸 것이 불가능하므로 크고 작은 수많은 입자의 분포정도를 시각적으로 알 수 없는 결점을 가지고 있어 액체의 미립화 상태를 표시하기에는 부적절하다. 따라서 수

치적인 방법에 비해 이론적인 측면에서는 다소 그 기능이 떨어지지만 분산정도를 도식화하여 직감적으로 파악할 수 있도록 하는 것이 실용적인 측면에서 오히려 적합하다는 전제하에서 체적과 표면적에 의한 평균법(SMD평균 ; sauter mean diameter)을 입도분석에서 종종 이용한다. 따라서 본 연구에서도 SMD평균법으로 입도를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 고압펌프 및 압력게이지의 압력

Fig. 3은 I형 노즐의 경우, 고압펌프의 분무압력과 분무호스 끝단 2개 지점에서 측정된 압력게이지의 압력을 대비하여 나타낸 것이다.

Fig. 3에서 알 수 있듯이 고압펌프의 압력이 낮을수록 압력게이지 A의 압력이 고압펌프의 압력보다 다소 크게 나타났다. 그리고 압력게이지 B의 압력은 80kgf/cm²에서 고압펌프의 압력보다 다소 크게 나타나지만, 그 이외는 전반적으로 고압펌프의 압력과 동일하게 나타났다. 그러나 A와 B의 압력은 고압펌프의 압력이 증가할수록 그 차이가 작아지는 것을 알 수 있다. 특히 50kgf/cm²이하의

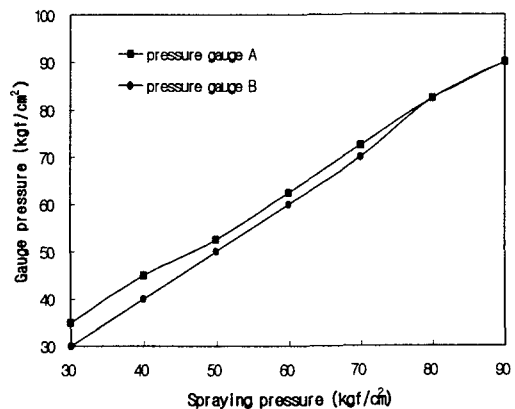


Fig. 3. Relations between gauge pressure and spraying pressure.

압력에서 압력계이지 A의 압력이 B의 압력보다 크게 나타났다. 이와 같은 현상은 I형 노즐이 고압용이기 때문에 저압인 경우, 노즐 입구의 저항때문인 것으로 판단된다. 그러나 이상의 결과로부터 I형 노즐의 경우에는 분무호스의 길이가 길어져도 압력의 감소는 거의 없다는 것을 알 수 있었다.

2. 압력변화에 따른 분무량

Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6은 I형, II형 및 III형 노즐의 경우, 분무압력의 변화에 따른 단위 노즐당의 분무량을 나타낸 것이다.

일반적으로 노즐의 분무량은 노즐의 직경과 분무압력에 비례하여 증가한다(유 등, 1997). 그러나 Fig. 4, 5, 6의 각 노즐형에서 공히 알 수 있듯이 분무압의 증가에 따라 분무량이 증가하지만 분무압의 증가분에 대한

분무량의 증가율은 노즐형에 따라 상이하다는 것을 알 수 있다. 즉, I형 노즐 경우는 분무압력 60kgf/cm²에서 분무량의 증가분이 가장 크고, 70kgf/cm²전후에서는 분무압력이 증가하여도 분무량의 증가분은 상대적으로 감소하여 분무압 70kgf/cm²이상에서는 분무압력의 변화가 분무량에 미치는 영향이 둔화됨을 알 수 있다. 그러나 II형 및 III형 노즐의 경우는 사용된 펌프의 용량 제한으로 최고 분무압력인 50kgf/cm²에서 분무량의 증가분이 가장 크게 나타남을 알 수 있을 뿐 분무압의 최적범위를 확인할 수 없었다. 다만 동일한 분무압력 하에서는 II형 및 III형 노즐이 I형 노즐 보다 분무량이 많은 것을 알 수 있었다.

이상과 같은 결과는 펌프와 포그노즐의 상호관계에 따라서 노즐의 분무특성이 다르게 나타난다는 사실을 시사하고 있다.

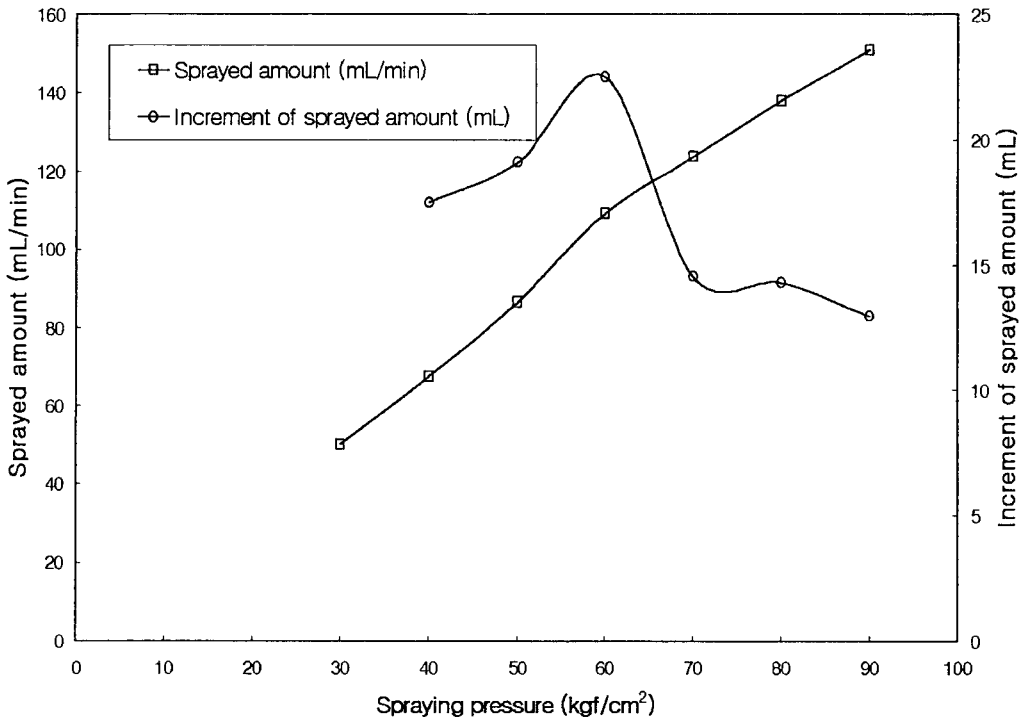


Fig. 4. Variations of sprayed amount and increment of sprayed amount according to the spraying pressure (nozzle I).

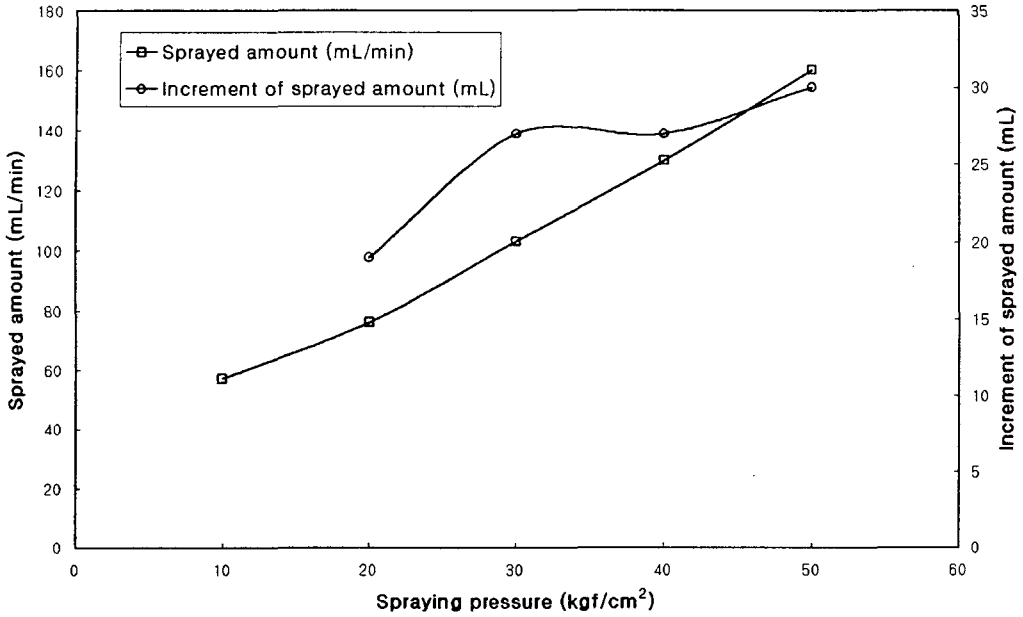


Fig. 5. Variations of sprayed amount and increment of sprayed amount according to the spraying pressure (nozzle II).

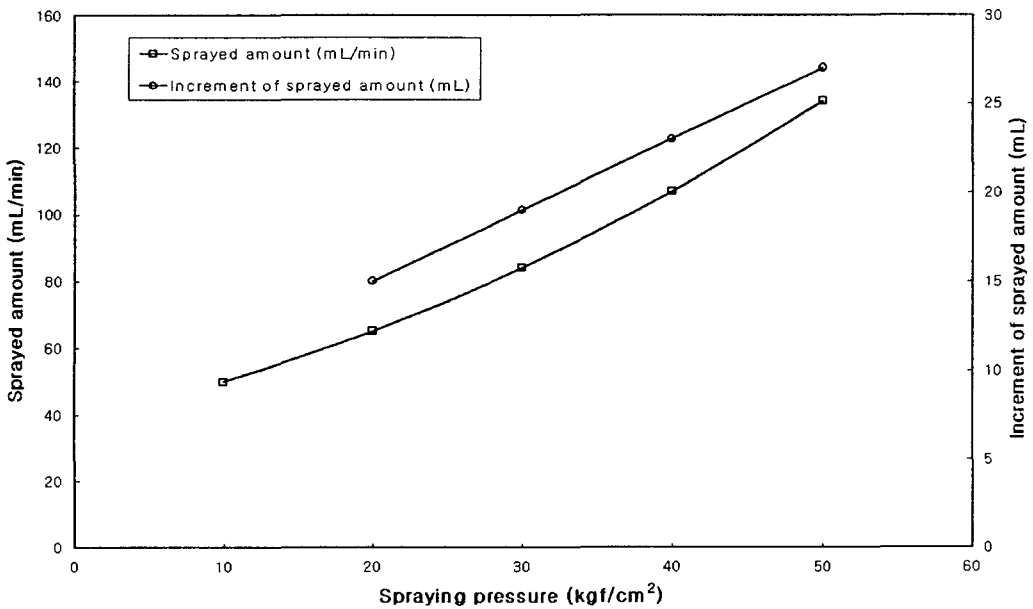


Fig. 6. Variations of sprayed amount and increment of sprayed amount according to the spraying pressure (nozzle III).

3. 분무입자의 분포 및 평균입경

실험방법에서 기술한 것과 같이 서로 크기가 다른 미세 입자들의 평균입경을 수치적으로 표시하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 SMD평균법으로 입도를 분석하였다.

Table 7, Table 8 및 Table 9는 각 노즐형에 대해 포그 입자의 최소, 최대 및 평균입경을 분무압력별로 나타낸 것이다.

I형 노즐의 경우, 분무압력 50, 70 및

80kgf/cm²에서 최소 입경이 1.73μm로 가장 작게 나타났으며, 최대입경은 분무압력과는 무관하게 나타남을 알 수 있다. 즉 분무압력 60kgf/cm²까지는 분무압력이 증가할수록 최대입경이 다소 작아지지만, 70kgf/cm²이상에서는 최대입경이 오히려 커지는 경향을 나타낸다. 그리고 평균입경은 분무압력이 증가할수록 작아지지만 분무압력 70kgf/cm²이상에서는 그 경향이 일정하지 않다.

II형과 III형 노즐의 경우, 최소 및 최대 입

Table 7. Droplet sizes with the variation of spraying pressures (nozzle I). (unit : μm)

Spraying pressures (kgf/cm ²) \ Droplet sizes	30	40	50	60	70	80	90
Minimum	2.51	2.22	1.73	2.51	1.73	1.73	2.18
Maximum	60.33	60.42	56.71	43.97	45.68	59.94	47.58
Average	38.19	28.44	27.27	25.22	22.63	23.72	23.52

Table 8. Droplet sizes with the variation of spraying pressures (nozzle II). (unit : μm)

Spraying pressures (kgf/cm ²) \ Droplet sizes	20	30	40	50
Minimum	2.22	1.74	1.74	1.74
Maximum	70.60	51.88	54.56	55.33
Average	23.01	21.80	24.13	19.11

Table 9. Droplet sizes with the variation of spraying pressures (nozzle III). (unit : μm)

Spraying pressures (kgf/cm ²) \ Droplet sizes	20	30	40	50
Minimum	1.74	2.22	2.22	1.74
Maximum	60.55	45.37	53.78	51.66
Average	24.69	20.59	18.66	17.02

경은 I형 노즐에서와 유사한 경향을 보이나, 평균입경은 II형 노즐의 경우, 분무압력이 상대적으로 큰 40kgf/cm²에서보다 30kgf/cm²에서 약간 작아지는 것을 제외하면 분무압력이 증가할수록 작아지는 경향이 있다. 즉, 분무압력 50kgf/cm²에서 평균입경이 가장 작게 나타났다.

전반적으로 I형, II형, III형 노즐을 살펴볼 때 최소입경은 각각 약 1.7~2.5 μ m, 1.7~2.2 μ m 및 1.7~2.2 μ m, 최대입경은 각각 약 44~60 μ m, 52~71 μ m 및 45~61 μ m, 평균입경은 각각 약 38~23 μ m, 19~24 μ m 및 17~25 μ m 범위에 있는 것을 알 수 있다. 그리고 II형과 III형 노즐의 경우는 Table 1에 제시한 입경의 분포범위 50~150 μ m과 실험결과와는 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

이상과 같이 노즐의 종류는 물론 각 노즐의 분무압력에 따라 최소, 최대 및 평균입경이 다른 것은 분무압력, 노즐의 종류, 분무호스 등의 상호작용에 따른 적합한 분무압력이

존재함을 시사한다.

Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9는 각 노즐별로 분무입경의 분포가 가장 양호하다고 판단되는 분무압력 하에서의 분무입들의 입경분포비율을 나타낸 것이다. 즉 I형 노즐의 경우, Table 7에서 지적했던 바와 같이 최대입경을 제외하고는 최소입경, 평균입경 등이 다른 분무압력에 비해 상대적으로 작게 나타난 분무압력 70kgf/cm²의 경우를 도시한 것으로서, 그 결과는 이미 보고된 기존의 결과와도 잘 일치함을 확인할 수 있다(김 등, 1997). 한편, II형과 III형 노즐의 경우는, 분무압력 40kgf/cm²과 50kgf/cm²에서의 최소입경 혹은 평균입경이 다른 분무압력에 비해서 비교적 작게 나타나지만, 최대입경이 포그입경의 한계인 50 μ m 보다 크고, Table 1에서 지적했던 바와 같이 이 노즐들의 허용 사용압력이 20~30kgf/cm²의 범위에 있기 때문에 분무압력 30kgf/cm²의 것을 채택하였다.

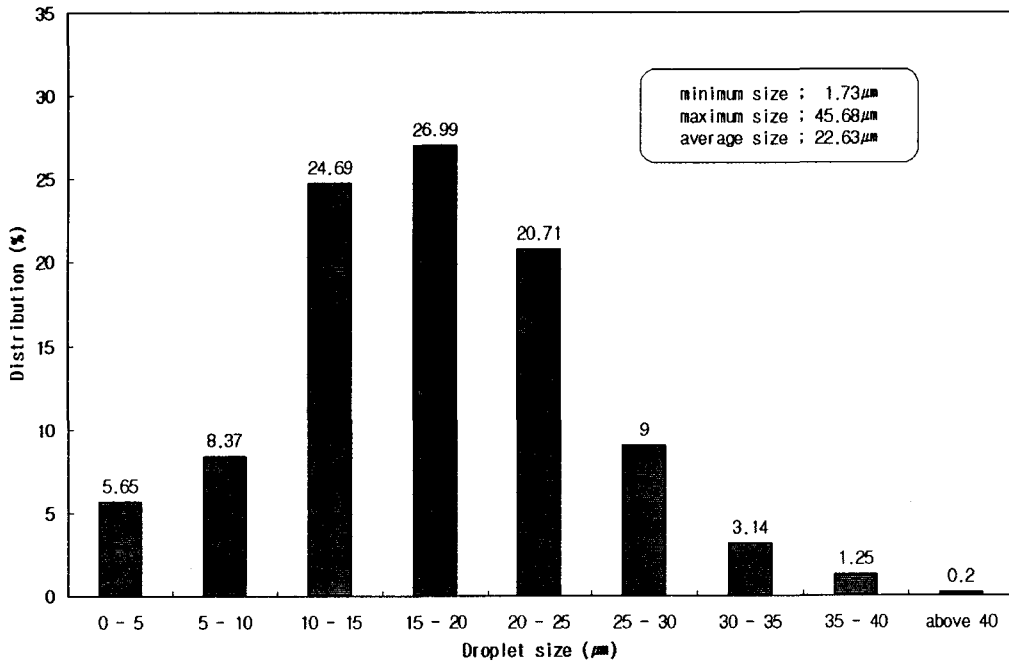


Fig. 7. Droplet size distributions of nozzle I at 70kgf/cm².

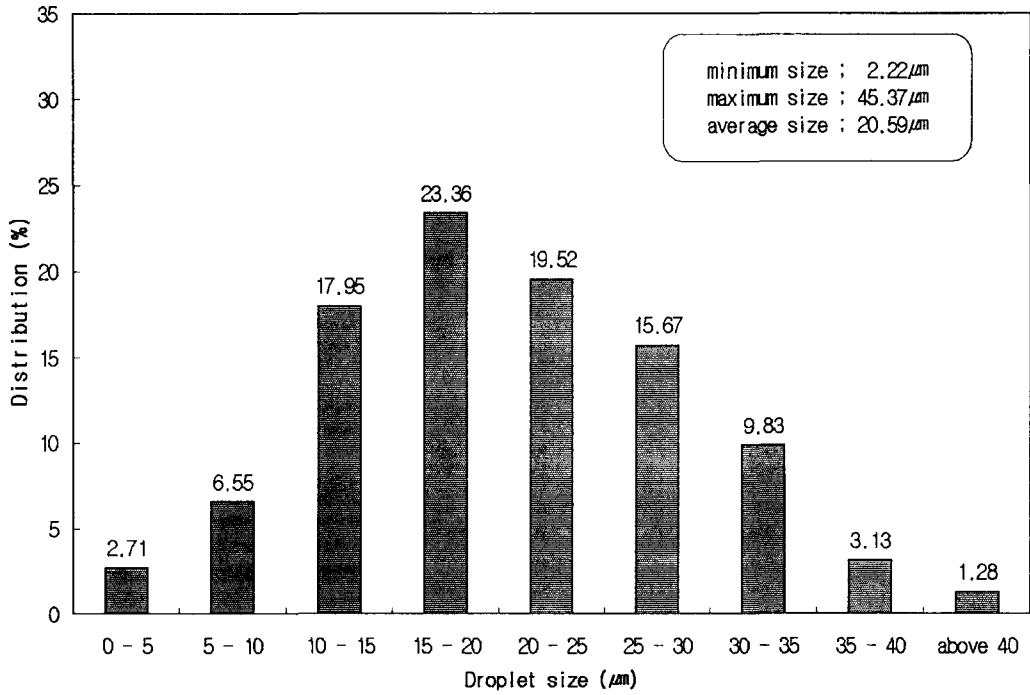


Fig. 8. Droplet size distributions of nozzle II at 30kgf/cm².

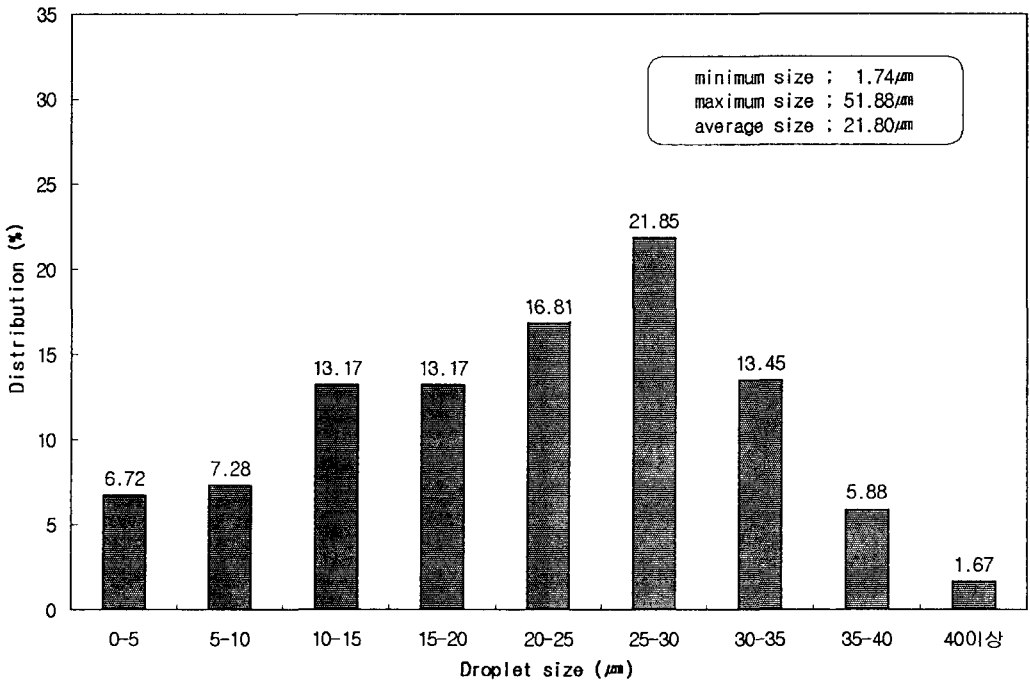


Fig. 9. Droplet size distributions of nozzle III at 30kgf/cm².

이들 결과로부터 포그입자의 분포비율이 가장 큰 것은 I형, II형, III형 노즐 순으로 각각 15~20 μ m, 15~20 μ m 및 25~30 μ m범위에서 발생되며, 그들의 분포비율은 각각 약 27%, 23% 및 22%이다. 전체 분포비율 중에서 30 μ m이하가 차지하는 비율은 노즐형태별로 각각 95.4%, 85.7% 및 79.0% 정도이며, 분무입자의 크기가 상대적으로 미세한 10 μ m이하의 각각 약 14%, 9% 및 14%정도이고, 비교적 입자가 큰 40 μ m이상이 차지하는 비율은 각각 0.2%, 1.28% 및 1.67%정도이다.

그리고 각 노즐형태별로 선택된 최적 분무압에서 분무량은 각각 약 124ml/min, 103ml/min 및 84ml/min정도(Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6)이고, 평균입경은 각각 약 22.6 μ m, 21.8 μ m 및 20.6 μ m정도이다.

이상의 결과로부터 알 수 있듯이 세가지 노즐의 포그입자 분포비율이나 분포형태는 약간 다르지만, 분무입자의 크기는 대부분 포그의 한계입경인 50 μ m이하이다. 또 분무입자의 기화도를 결정짓는 입자의 미세도는 30 μ m이하의 분포비율이 가장 크고, 40 μ m이상의 분포비율이 가장 작은 I형 노즐이고, 그 다음이 II형 및 III형의 순으로 나타났다.

이상의 결과는 실험조건, 방법, 분석장치 및 증공이 형성되는 위치 등의 영향을 받을 수 있겠지만, 실험에 이용된 세가지 노즐은 온실냉방용으로 현장에 설치된 것을 임의로 선정한 것이므로 실제 냉방시와 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

따라서 온실 냉방용으로 포그시스템을 도입하고자 할 때는 사용하고자 하는 분무펌프, 노즐의 종류 및 호스 등에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

적 요

본 연구에서는 온실냉방용 포그시스템 설계시 필요한 기초자료 확보를 위하여 경상대

학교내 실험온실에 설치한 3종류의 노즐을 중심으로 분무특성에 대해 실험을 수행하였다. 그 결과 단위 노즐당 분무량은 분무압력이 증가할수록 증가하나, 각 노즐에서 공히 분무압력의 증가에 따른 분무량의 증가율이 일정하지 않았다. 노즐의 유형 I, II, III형태로 전체 실험분무압력에서 최소입경은 각각 약 1.7~2.5 μ m, 1.7~2.2 μ m 및 1.7~2.2 μ m이었고, 최대입경은 각각 약 44~60 μ m, 52~71 μ m 및 45~61 μ m이었으며, 평균입경은 각각 약 23~38 μ m, 19~24 μ m 및 17~25 μ m범위에 있었다. 그리고 노즐 I, II, III 별로 분무입경이 가장 양호하다고 판단된 분무압력은 각각 70kg/cm², 30kg/cm² 및 30kg/cm²이었으며, 그 때의 분무량은 각각 124mL/min, 103mL/min 및 84mL/min정도였고, 평균입경은 각각 약 22.6 μ m, 21.8 μ m 및 20.6 μ m정도였다. 또한 전체 입경분포에서 30 μ m이하가 차지하는 비율은 노즐(I, II 및 III)별로 각각 95.4%, 85.7%, 79.0%정도였으며, 비교적 입자가 큰 40 μ m이상이 차지하는 비율은 각각 0.2%, 1.28% 및 1.67%정도였다. 그러나 이들 노즐들의 분무입자 크기는 대부분 포그의 한계입경인 50 μ m이하에 속하였다.

인 용 문 헌

1. 김명규. 1994. 무인상온연무기 개발에 관한 연구. 경상대학교 박사학위논문 p. 56~58.
2. 김영중, 유영선, 윤진하, 오권영, 김승희. 1997. 포그노즐을 이용한 온실냉방시스템 분석. 한국농업기계학회 1997년 동계 학술대회 논문집 2(1) : 233~242.
3. 농어촌진흥공사. 1995. 온실의 운영과 관리. 농어촌진흥공사 p. 137~168.
4. 서원명, 민영봉, 박중춘. 1994. 온실의 냉방 관리를 위한 기화냉각 시스템 도입. 시설원예연구 1. 경상대학교 농과대학부속 시설원예연구소 p. 173~178.

5. 서원명, 윤용철, 박중춘, 손영걸. 1995. 우리나라 온실의 냉방시스템 도입 검증. 시설원예연구 2. 경상대학교 농과대학부속 시설원예 연구소 p. 123~145.
6. 유병기, 장진택, 한길수, 강태경, 윤성식. 1997. 시설하우스용 一輪電動防除機 개발. 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회 논문집 p. 65~73.
7. 이양근, 김영복, 김성태, 나우정, 김창수. 1997. 농업시설 분무냉방을 위한 분사노즐의 분무특성. 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회논문집 p. 74~79.