

두상관수장치의 부채꼴분사노즐 설치위치가 살수균일성에 미치는 영향¹⁾

민영봉* · 김명규¹ · 정태상¹

경상대학교 농업기계공학과, ¹진주산업대학교 기계공학과

Effect of a Suspended Overhead Sprayer with Sector Formed Injection Nozzles on Spraying Uniformity

Min, Young-Bong* · Kim, Myung-Gyu¹ · Chung, Tae-Sang¹

* Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea

¹ Dept. of Machinery Engineering, Chinju National University, Chinju, 660-701, Korea

Abstract

The one of basic functional conditions of suspended overhead sprayer, which is openly made use of irrigating on bedding plants in greenhouse, is to be kept the growing uniformity of bedding plants by making uniformly the spraying irrigation depending on the distribution of sprayed water. This study was performed to find out the optimum position of sector formed injection nozzle which is placed from the top of plant to the tip of the nozzle to keep spraying uniformity. The test of spraying distribution using a overhead sprayer, which was installed in a row of sector formed injection nozzles, was performed. The measuring factor to represent spraying distribution was the water weight filled in each cup when the overhead sprayer was moving across the upside of the cups which were placed directly under the nozzles on keeping the distance from nozzle tip. The test results were as following ; The standard error of weights of each cup filled with spraying water was lower values at position far from more than 60cm under nozzle tip. The driving speed variation of sprayer was not effected on spraying uniformity but the spraying water weight was inversely proportioned to the speed. To make best spraying uniformity, it was represented that the tip of the nozzle is positioned to keep the distance which the top of plants is placed at the second cross point of each injection sector of

nozzles.

주제어 : 두상관수장치, 분사노즐, 관수장치,

Key words : Overhead sprayer, Injection nozzle, Irrigation equipment

¹⁾ 이 논문은 (1997)년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

본 연구는 경상대학교 시설원예연구소의 시설과 장비 지원에 의하여 수행되었음.

* Corresponding author

서 론

시설원예 분야에서 공정육묘, 화훼 등 고부가가치 농산물 생산의 효율성 제고를 위한 천장살수 및 관비장치의 수요가 증가하고 있다. 두상관수장치는 대부분 육묘공장에 설치되어 작물 상부에서의 관수를 목적으로 사용된다.

두상관수장치는 작물이 필요로 하는 물을 1일 필요한 시간대에 공급할 수 있어야 하고, 살수심이 작물 전부위에 걸쳐 균일해야 하며, 살수장비가 온실 내 다른 설비와의 설치작동에 방해가 없어야 하는 조건을 갖추어야 한다.(박중춘 외, 1997) 이 조건 중 균일관수를 위해서는 설치 노즐이 균일살수를 할 수 있는 구조여야 하지만 일반적으로 이 조건을 만족하기가 어렵다. 두상관수용 노즐은 압력노즐로서 물의 분사형태가 원뿔형이거나 부채꼴인 것을 대부분 이용하고 있다. 원뿔형보다는 부채꼴이 균일분포도가 높고 작물의 재배 베드 끝단에서 관수시 베드 바깥으로 살수되는 물의 손실량이 적기 때문에 최근에는 이 부채꼴 분사노즐이 널리 이용되고 있다.

분사노즐이 작물의 초장이 짧은 생육초기에 균일관수가 가능하도록 설치된 후 작물의 성장에 따라 이 균일관수가 불가능하게 된다. 이것은 노즐간격과 분사각에 관계되는 작물로부터의 분사대의 높이가 균일관수를 위해 일정하게 유지되어야 하기 때문이다. 이를 위하여는 노즐 설치대를 상하로 이동할 수 있도록 하여야 하며

이 이동량은 작물의 생육기간동안의 초장의 변화량과 같아야 한다. 노즐로부터 하방 어느 위치에서 관수균일도가 가장 좋은지를 알아야 노즐의 설치 간격, 베드로부터의 설치높이를 결정할 수 있고, 이것이 두상관수장치의 설계제작에 고려되어야 하는데 지금까지 국내에 시설한 대부분의 두상관수장치는 이것을 고려하지 못하고 있다.

토경이나 배지경에 의한 야채재배시의 관수장치와 방법에 대한 연구문헌은 매우 많지만, 육묘온실에 사용하는 두상관수장치는 실용화되어 있는 반면에 관련연구문헌은 거의 없는 실정이다.

農耕と園藝編輯部(1993)는 일본에서 실용화하여 시판되고 있는 5종의 두상관수장치의 소개에서, 관수량은 장치의 전진속도에 의해 조정되며 전진속도 $1.5 \sim 12 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 시 모종상자 1트레이당 $100 \sim 400 \text{ml}$ 정도이며, 야채묘 육묘기간중 전진속도는 $4 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 가 사용빈도가 높은 것으로 제시하였다. 이는 관수심이 $0.06 \sim 0.26 \text{cm}$ ($0.6 \sim 2.6 \text{l} \cdot \text{m}^{-2}$)로 트레이의 크기와 작물의 나이에 따라 관수량을 조절하고 있음을 나타낸다. 살수의 균일성은 노즐의 종류에 따라 묘상으로부터 노즐의 설치높이를 변경함으로써 확보하는 것으로 東京近郊野菜技術研究會(1992)는 묘의 위 30cm 높이에서, Nelson(1991)은 일반야채의 경우 0.6m, 부드러운 꽃등은 1.8m에 노즐을 설치하는 것으로 보고하였다. 이와 같은 외국제품들의 규격을 도입하여 국내에 설치된 두상관수장치들은 대부분 관수 용량이

부족하고 불균일관수가 이루어지는 것으로 조사되었다. 본 연구에 이용된 두상관수장치(민영봉 등,1997)는 우리 나라에 있어서 셀용량이 큰 트레이육묘 시 균일하고 충분한 관수를 가능하게 하기 위하여 부채꼴분사노즐을 채용한 것으로 농가현장에 설치하여 사용 중에 있는 것이다. 이 장치는 작물과 노즐 사이의 거리를 조절할 수 있는 증형 노즐대를 설치하였는데 관수균일성 유지를 위한 노즐위치 조절기술의 보급이 필요하였다.

본 연구는 부채꼴 분사노즐을 갖는 두상관수장치의 노즐설치위치와 주행속도에 따른 살수량 분포를 측정분석하고 가장 균일하게 관수할 수 있는 방법을 구명하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 시험장치

시험장치는 선행연구에 의하여 개발된 것으로 경남 사천시 용현면에 소재한 용현농협 육묘장에 시설되어 있는 것을 이용하였다. 실험장치인 두상관수장치는 로프예인식으로 살수대 높이조절, 주행속도조절이 가능한 것으로 설치된 광경은 사진 1과 같다.

시험에 사용된 두상관수장치는 관수량이 $0.5 \sim 24 \ell \cdot m^{-2}$ 이고 분사압력이 $2.5 \text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$ 인 때 노즐 1개의 분당 살수량이 3ℓ와 6ℓ인 노즐교환 방식이며 주행속도는 $0.5 \sim 5.7 \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ 로 가변 가능하며 로프예인에 의해 수행되는 것이다.

2. 시험 방법

Fig. 1과 같이 분사량이 $3 \ell \cdot \text{min}^{-1}$ 이고 분사각도가 70° 인 부채꼴 분사노즐을 노즐대에 50cm 간격으로 설치하고 시험관수면을 결정하였다. 관수면은 노즐 끝에서 40cm 떨어진 1차 교차점을 관수면3, 81.3cm 떨어진 2차 교차점을 관수면1이라 하고, 1·2차 교차점의 약 중간지점인 58cm 지점을 관수면2로 하였다. 관수시험시 주행속도는 야채육묘 시 사용빈도가 가장 많은 중간속도 $4 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (農耕と園藝編輯部, 1993)부근인 $4.14 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 를 기준속도로 하였고, 주행속도별 관수특성 차이를 알아보기 위하여 $2.83 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 및 $7.40 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 주행속도를 조절하여 시험하였다. 관수량 수집을 위한 종이컵의 배열은 각 관수면의 위치에 입구직경 4cm의 종이컵 32개를 맞대어 1열로 하고 열간간격을 1m로 하여 3열을 배열하였다.



Photo. 1. Suspended overhead sprayer

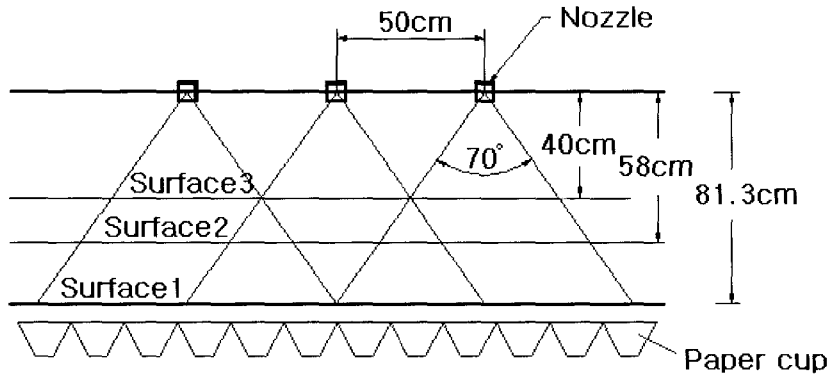


Fig. 1. Measuring position of spraying water.

관수면 별로 3단계의 주행속도에 대하여 3회의 반복살수시험을 실시하였고, 각 위치별 살수량은 설치한 종이컵에 모인 물의 무게를 0.01g 단위로 측정하였다. 따라서 관수심(cm)은 1컵당 수집된 물의 무게에 입구직경4cm의 컵의 단면적(12.56cm^2)을 나눔으로서 구할 수 있다. 실험대상인 두상살수장치는 로프예인식으로 종방향의 주행속도변화가 거의 없도록 견인동력이 충분하게 설계된 것이고(민영봉, 1998), 종방향의 살수균일도는 노즐의 설치위치와 관계가 없는 것으로 예상되어 종방향에 대한 살수균일도의 분석은 실시하지 않았다. 따라서 살수균일도는 관수장치의 중앙부에 횡방향으로 배열한 16개의 각 종이컵에 담긴 물의 무게에 대한 최대편차, 최대와 최소무게의 편차, 표준편차 및 편차를 평균무게로 나눈 편차율로써 표현하였다. 편차율은 주행속도 등 시험조건에 따라 평균살수량이 상이하더라도 객관적인 살수균일도를 비교하기 위하여 이용하였다. 또한 노즐 한 개의 살수특성과 여러 개 등간격 설치시의 살수특성도 동일방법으로 시험하였다.

결과 및 고찰

1. 단일노즐 설치시 살수량 분포

Fig. 2, 3, 4는 두상관수장치의 주행속도가 일정할 때 노즐을 한 개만 설치했을 경우의 관수횡단면에서 각 종이컵에 수집된 물의 무게분포를 나타낸 것이다.

대체적으로 이 실험에서는 관수면, 주행속도에 관계없이 물의 양이 가장 많이 수집된 지점은 노즐의 중심과 일치하는 지점 8, 9에서 였고 중심에서 벗어날수록 물의 양이 줄어드는 것으로 나타났다. 주행속도가 빨라질수록 물의 양이 줄어든 것을 알 수 있는데 속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 속도에서 $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 1.46배 빨라졌을 때 관수면 1, 2, 3에서의 관수량은 평균 41%로 줄어드는 것으로 나타났다.

주행속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 관수면 1, 2, 3에서의 최대살수량은 각각 24.78, 21.34, 38.23g, 주행속도가 $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 11.25, 12.64, 19.04g, 주행속도가 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 6.30, 8.35, 10.77g으로 나타났다. 동일주행속도에서 관수면 1, 2, 3에서 컵에 수집된 물을 평균한 수집량은 주행속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 및 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 13.59, 7.98, 4.71g 이었고, 중앙지점의 평균최대 수집량은 각각 28.12, 14.31, 8.47g이었다.

각 주행속도에 대하여 평균최대수집량을 평균수집량으로 나눈 최대수집량비율은 각각 207, 179, 180%로 계산되었다. 또한 관수면 1, 2, 3에 대한 최대수집량비율은 각각 132, 175, 236%로 나타났다. 이와 같은 결과는 주행속도변화시 28%의 수집량 변화가 발생하고, 관수면 별로는 104%의 수집량 변화가 발생하는 것을 나타내며, 살수노즐의 설치 위치가 균일관수에 큰 영향을 미치며 주행속도는 영향이 작은 것을 의미한다.

이상에서 부채꼴 분사노즐의 경우도 일

반적 분사노즐과 마찬가지로 분사량의 횡단분포는 균일하지 않으며 노즐의 중심지점이 바깥보다 분사량이 많은 것을 알 수 있었다. 그러나 관수면3에 비해 1과 2의 경우는 중앙부분의 고른 분포가 어느 정도 나타나 등간격의 연속노즐 설치 시 살량의 고른 분포를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 이 부채꼴 노즐의 경우 관수면이 노즐 끝으로부터 멀어질수록 살수량분포가 균일하게 되는 것을 알 수 있었다.

따라서 단일노즐에 의한 관수인 경우 노즐과 작물간의 거리는 60cm 이상으로 띄

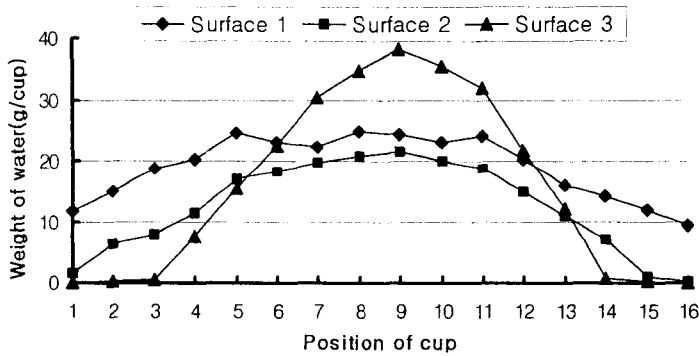


Fig. 2. Sprayed water distributions by individual nozzle when the driving speed of the sprayer was $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

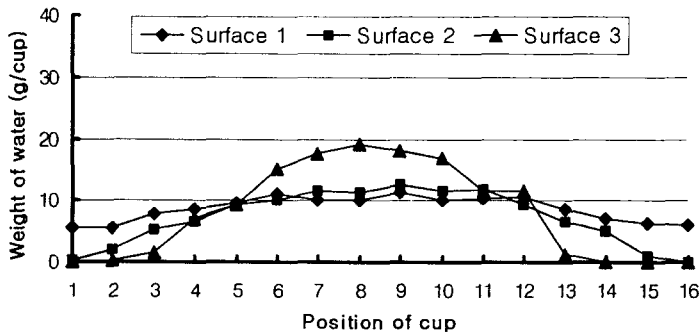


Fig. 3. Sprayed water distributions by individual nozzle when the driving speed of the sprayer was $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

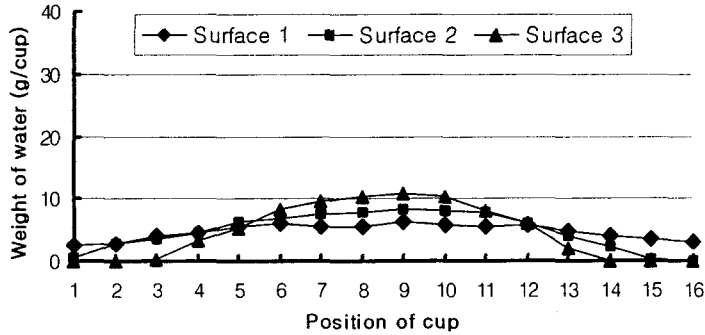


Fig. 4. Sprayed water distributions by individual nozzle when the driving speed of the sprayer was $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

우는 것이 바람직한 것으로 생각되며, 노즐의 설치간격과 관수면의 결정은 불균일 관수를 개선하는데 매우 중요한 요인인 것으로 판단된다.

2. 연속노즐 설치시 살수량 분포

Fig. 5, 6, 7은 두상관수장치의 노즐을 50cm 등간격으로 여러 개 설치하였을 경우의 횡단면 살수량의 분포를 나타낸 것이다. 노즐을 여러 개 분사했을 경우의 관수균일도를 알아보기 위한 이 실험은 노즐 한 개로 분사했을 때와는 달리 관수량분포 그래프가 중심인 8, 9를 중심으로 원호와 타원형의 곡선을 그리기보다는 직선적인 형태에 가깝게 나타났다. 컵에 수집된 물의 양은 관수면과 주행속도에 관계없이 8, 9지점인 중심에서 많은 것으로 나타났는데 이것은 8, 9지점이 분사각의 교차역에 위치하고있기 때문에 수집된 물의 양의 변화가 많은 것으로 사료된다.

각 컵에 수집된 물 수집량의 최대와 최소의 무게편차는 관수면1에서 2.69~7.29g, 관수면2에서 3.47~9.05g 그리고 관수면3에서 3.38~9.05g로 관수면1이 제일 작게 나타났다. 무게편차에 컵당 평균물무게를 나눈 편차율은 관수면1, 2, 3에 대하여 각

각 26, 42, 37%로 계산되어 관수면 간에는 16%의 차이를 보였다. 주행속도가 2.83, 4.14 및 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 편차율은 각각 25.9, 25.5, 26.8%로 주행속도간에는 1%의 차이를 보였다.

이상에서 살수량분포의 균일성은 관수면에 따라서 크게 달라지며 주행속도에 거의 영향받지 않는 것으로 추정되며, 연속노즐에 의한 관수방법이 단일노즐에 의한 관수방법보다 관수량편차를 80%정도 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 연속노즐을 설치하여 균일관수를 하더라도 작물재배 베드의 끝단에서 관수량 부족이 일어나지 않도록 하기 위해서는 노즐분사각의 2번째 교차점과 베드의 끝단이 일치하도록 하든지 특수한 끝단 설치용 노즐을 장치해야 할 것으로 생각된다.

3. 관수방법별 관수균일도

관수량분포는 살수량분포와 동일하므로 관수균일도는 살수량 수집용 컵 각각에 수집된 살수량분포 데이터를 통계처리하여 표1과 같이 나타내었다.

단일 노즐의 경우, 주행속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 관수면 1, 2, 3에서 관수량의 표준편차가 5.23, 7.52, 14.88g로 나타났고,

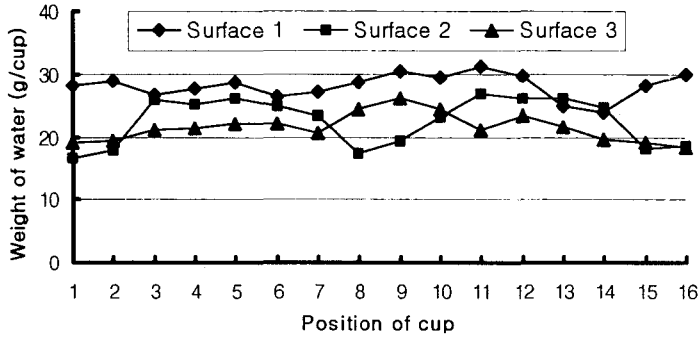


Fig. 5. Sprayed water distributions by continuous nozzle when the driving speed of the sprayer was $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

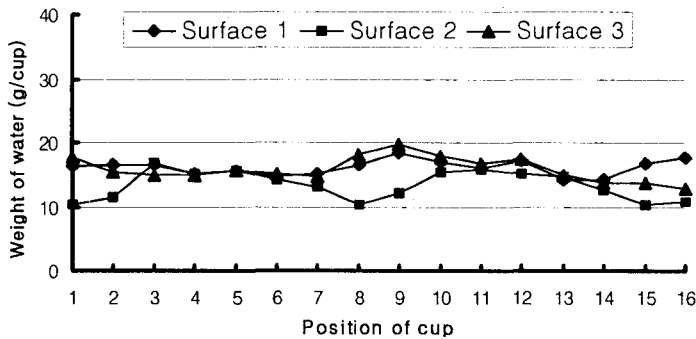


Fig. 6. Sprayed water distributions by continuous nozzle when the driving speed of the sprayer was $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

속도가 $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 2.04, 4.46, 7.64g로 나타났으며, 속도가 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 1.28, 2.97, 4.40g로 나타났다. 관수면별로 표준편차에 평균관수량을 나눈 표준편차율은 관수면 1, 2, 3에서 각각 26, 62, 94%로 나타났다. 따라서 단일노즐의 경우 관수균일도는 노즐 분사각의 두 번째 교차점인 관수면 1에서 가장 좋은 것으로 나타났다.

연속노즐의 경우, 주행속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 관수면 1, 2, 3에서의 표준편차가 각각 1.95, 3.81, 2.19g로 나타났고, 주행속

도가 $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 1.16, 2.23, 1.86g로 나타났으며, 주행속도가 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 0.69, 1.34, 1.04g로 나타났다. 관수면 1, 2, 3에서의 표준편차율은 각각 7, 16, 11%로 나타나 단일 노즐에 의한 관수량 분포와 마찬가지로 연속노즐의 경우도 분사각의 2번째 교차점인 관수면 1에서 가장 균일한 분포를 나타내었다.

그러나 표준편차율 측면에서 연속노즐의 경우가 단일노즐의 경우보다 균일관수 정도가 19~83%로 향상된 것으로 나타났다.

주행속도에 따른 표준편차율을 계산한

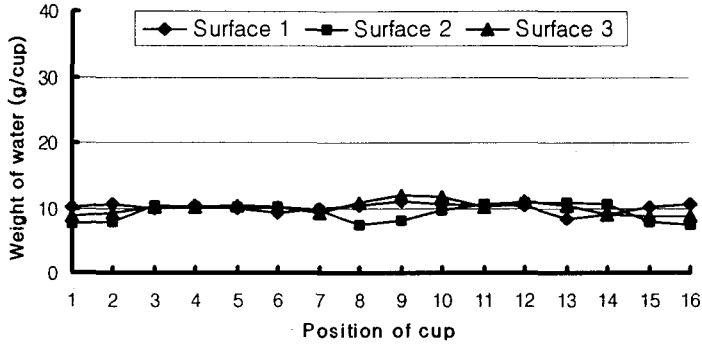


Fig. 7. Sprayed water distributions by continuous nozzle when the driving speed of the sprayer was $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Table 1. Standard deviations(Sd) of sprayed water weight calculated by the data from Fig. 2 to Fig. 7.

		Individual nozzle			Continuous nozzle		
Speed, $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$		2.83	4.14	7.40	2.83	4.14	7.40
Surface 1	Sd, g	5.23	2.04	1.28	1.95	1.16	0.69
	Mean, g	18.96	8.65	4.67	28.14	16.14	10.02
Surface 2	Sd, g	7.52	4.46	2.97	3.81	2.23	1.34
	Mean, g	12.33	7.17	4.78	22.51	13.37	9.28
Surface 3	Sd, g	14.38	6.93	4.17	3.67	2.15	1.00
	Mean, g	15.77	8.12	4.69	21.48	15.86	10.01

결과 단일노즐의 경우 주행속도가 $2.83\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, $4.14\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 및 $7.40\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 일 때 각각 61, 60, 61%로 나타났고, 연속노즐의 경우 각각 11, 12, 11%로 나타나 주행속도변화에 따른 관수균일도의 변화는 거의 없는 것으로 판단되었다.

이상에서 부채꼴 분사노즐은 설치위치에 따라서 관수균일도가 향상될 수 있으며, 관수균일도를 좋게 하려면 작물의 머리부분으로부터 노즐끝까지의 거리가 단일 노즐의 경우 60cm 이상 멀어질수록 좋으며, 연속노즐일 경우는 분사각의 제2번 교차

점으로 하는 것이 가장 좋은 것으로 나타났다. 고속분사 충격에 의한 작물의 타격 피해를 없애려면 어느 정도의 분사거리를 유지시켜야하는데 부채꼴 노즐의 경우 분사각이 정해져 있으므로 노즐설치개수 및 설치위치는 본 연구의 결과로부터 결정가능 할 것으로 판단된다. 두상관수장치의 노즐설치위치는 작물이 계속 자라기 때문에 재배기간에 따라 변동시켜야 하므로 옥묘의 경우 30cm 정도 노즐대를 상하로 조절할 수 있는 장치가 필요한 것으로 사료된다.

적 요

육묘장의 두상관수장치는 균일하게 관수 되어야 모종도 균일하게 성장한다. 본 연구에서는 부채꼴 분사노즐을 이용한 두상관수장치의 노즐 설치위치가 따른 관수상태를 조사하여 균일관수방법을 구명하였다. 살수량은 주행속도에 반비례하였고, 관수균일도는 노즐과 관수면과의 거리에 큰 영향을 받으며 주행속도의 영향은 없었다. 단일노즐에 의한 두상관수인 경우 노즐 끝에서 관수면이 60cm 이상 멀어질수록 관수균일도가 향상되며, 연속노즐에 의한 두상관수인 경우 관수면이 노즐분사각도의 2차 교차점에 위치할 때 관수균일도가 가장 좋은 것으로 나타났다. 두상관수장치의 균일관수를 위해서는 작물의 머리높이가 분사노즐의 2차교차점에 일치하도록 노즐의 위치를 정해야 하며 작물의 자람에 따른 노즐대 높이를 조절해 주는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

인용문헌

1. 민영봉, 박중춘, 강호종. 1997. 시설재배 생력화 시스템 표준화 연구 -환경 및 관비 장치를 중심으로-. 경상대학교 농업연구소보 제31호. p. 1-17.
2. 민영봉, 정대상, 문성동. 1998. 두상살수 장치의 견인력 산정에 관한 연구. 경상대학교 부설 농업자원이용연구소보 제 32호. p. 73-80.
3. 박중춘 외 시설원예연구소 편집위원회. 1997. 공정육묘온실의 자동화시스템 개발과 활용기술 연구. 경상대학교 시설원예연구 제4호. p. 153-150.
4. Nelson. Paul V. 1991. Greenhouse operation and management. Prentice hall, New Jersey, U.S.A. p. 249.
5. 農耕と園藝編輯部. 1993. 花の成形苗生産と利用-自走式頭上かん水装置-. 農耕と園藝10月號別冊. p. 19-21.
6. 東京近郊そ菜技術研究會. 1992. 野菜の成形苗利用と生産システム. 農耕と園藝7月號別冊. 誠文堂新光社, 東京. p. 115.