

과채류 육묘용 정밀 두상관수 시스템 개발

강동현¹ · 홍순중¹ · 김동억^{1*} · 박민정^{2*}

¹한국농수산대학교 교양학부 교수, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부 농업연구사

Development of Precision Overhead Watering and Boom Irrigation System for Fruit Vegetable Seedlings

Dong Hyeon Kang¹, Soon Joong Hong¹, Dong Eok Kim^{1*}, and Min Jung Park^{2*}

¹Professor, Department of liberal arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

²Researcher, Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 54875, Korea

Abstract. This study was conducted to develop a precision automatic irrigation system in a nursery by considering the problems and improvements of manual and the conventional automatic irrigation system. The amount of irrigated water between the conventional automatic irrigation system and manual irrigation was 28.7 ± 4.4 g and 14.2 ± 4.3 g, respectively, and the coefficient of variation was less than 30%. However, the coefficient of variation of the conventional automatic irrigation system of 15%, was higher than that of manual irrigation of 30%. The irrigation test using the developed uniform irrigation system attached with the nozzle of a spray angle 80° and most highest uniformity was at height 600 mm. And coefficient of variation of the irrigation uniformity at the center part was within 20%, but irrigation amount of the edge part was lower 50% and over compared to the center part. As a result of a tomato grafting seedling cultivation test using the developed uniform irrigation system, the average plant height of seedling at the edge part was 28 mm but plant height at the center part was higher as 72 mm. Therefore, it was necessary to apply additional irrigation device at the edge part. The irrigation uniformity of the edge concentrated irrigation system was investigated that the irrigation amount of the edge part was irrigated by more than 50% compared with the center part, and coefficient of variation of the irrigation amount at the center part was less than 30%. As a result of a cucumber grafting seedling cultivation test using the edge concentrated irrigation system, the plant height of seedlings in the edge and central part of cultivation bed were 24% and 26%, respectively, so irrigation uniformity was higher than the uniform irrigation system. In order to improve the uniformity of seedlings, it is necessary to adjust the height of boom according to the growth of the seedling by installing a distance sensor in the overhead watering and boom irrigation system.

Additional key words: edge concentrated irrigation system, uniform irrigation system, uniformity

서 론

시설원에 산업 발전에 따라 육묘는 재배와 분업화되어 전문화되고 있는 추세이고, 발아부터 출하까지 생장조절, 접목, 활착, 병충해 관리 등 많은 기술이 집대성된 농업으로 발전하고 있다(Lee 등, 2010). 이러한 육묘산업은 2018년 기준 약 334ha로 급격하게 증가하여 전체 농업에서 차지하는 비율은 지속적으로 증가하고 있다(Yoon 등, 2021).

공정묘의 묘소질과 정식 후 생산성은 육묘일수, 플러그 셀

의 크기, 관수 및 재배관리 방법 등의 다양한 요인의 영향을 받는다(Jeong 등, 2020). 특히 육묘과정에서 관수에 실패할 경우 생육 부진, 착과 불량, 낙과 등 생육장해가 발생할 수 있고, 육묘 시 수분 스트레스로 인해 모종이 다시 살아나지 못하는 경우도 있다. 국내 공정육묘 농가에서의 관수작업은 배지의 수분함량에 따른 관수를 하지 않고, 시간에 따라 수동으로 두상관수를 해주는 것이 관행이지만, 배지의 구성, 모종의 크기, 품종 등 다양한 변수로 인해 배지가 쉽게 건조되거나 과습해져서 모종의 생육에 치명적인 영향을 미칠 수 있다(Kim 등, 2018). 따라서 적절한 관수방식의 결정과 관수의 균일성 향상은 양질의 모종을 생산하기 위해 반드시 필요하다.

일반적으로 육묘장에서의 관수방식은 모종의 상부에서 물을 공급하는 두상관수 방식과 근권부에 물을 공급하는 저면관

*Corresponding author: Dong Eok Kim, kde1206@korea.kr
Min Jung Park, mjpark0107@korea.kr
Received August 10, 2022; Revised January 5, 2023;
Accepted January 16, 2023

수 방식이 있다. 저면관수 방식은 식물체에 물리적인 자극을 가하지 않고 양분과 수분을 근권부에 공급하기 때문에 두상관수에 비해 50% 이상 비료를 절약할 수 있으나(Noh 등, 2011), 국내 육묘장에서는 이를 채용하지 않고 대부분 두상관수를 채택하고 있어, 균일 관수를 위한 자동관수 시스템에 관한 연구가 필요하다.

육묘용 관수장치에 관한 연구는 두상관수장치를 견인하기 위해 필요한 견인력 산정을 위한 연구(Min 등, 1998)와 두상관수장치에 부착할 분사노즐의 설치 위치에 따른 살수 균일성 구멍을 통해 모종 생육 균일성을 향상하는 연구(Min 등, 1999)가 수행된 바 있으며, 는 저면관수 방식을 채용하여 육묘용 박스 내에 수분센서 및 수위센서를 설치하고 육묘 재배상자에 관수하는 장치를 개발(Murata, 1997)한 바 있다. 육묘용 관수장치는 2000년대 초반에 많은 육묘장에 설치되었으나, 관수용으로 사용률이 낮고, 관수가 아닌 온실 내 온도 조절용으로 이용되고 있는 실정이다.

Park 등(2018)에 따르면 국내 134개 육묘 농가 중 자동관수장치를 보유하고 있는 농가는 29.1%이며, 이중 실제 사용하고 있는 비율은 그중 27.6%로 보고하였다. Kang 등(2017)에 따르면 자동관수장치를 보유하고 있는 육묘장을 대상으로 이를 사용하지 않은 이유를 조사한 결과, ① 관수장치에서 분사되는 물의 양의 불균일로 인해 생장의 균일도가 낮음, ② 모종은 품종, 재배일수, 재배상자 셀공수 등이 다양하지만 관수장치는 동일한 양의 물을 관수하기 때문, ③ 복도 및 작물이 없는 재배 베드 상에도 관수하기 때문에 물 소모가 많음 등이었다. 이에 기존 설치되어 있는 자동관수장치의 문제점을 구명하고 보완하여 정밀 관수가 가능한 관수장치를 개발할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 육묘장에서 수행되고 있는 인력 또는 관행 자동관수장치의 관수 균일도 조사를 통해 문제점과 그 개선점을 파악하고 자동관수 시스템의 관수 균일도 향상을 위해 관수용 노즐의 적정 배치 설계에 의한 스마트 관수 장치를 개발하고 그 성능을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 관수방법에 따른 관수량 조사

자동관수장치를 사용하지 않는 첫 번째 이유인 관수 불균일도는 인력관수와 기존 자동관수장치의 관수 균일도를 조사를 통해 분석하였다. 조사한 대부분의 육묘장에 설치된 관수장치는 부채꼴 분사 노즐을 활용한 관수장치였고, 일부 농가에서는 자체적으로 제작하여 활용하고 있었다. 인력관수량은 모종을 관리하는 작업자를 활용하여 조사하였고, 자동관수장치의 관수량은 PVC 파이프에 직하방과 직하방에서 45° 전방

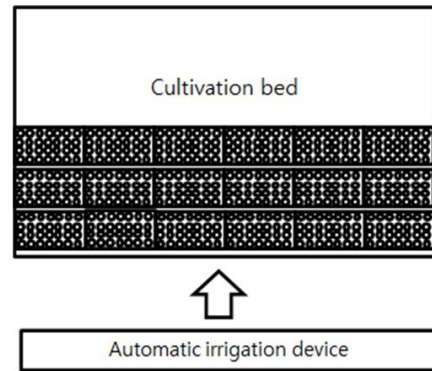


Fig. 1. The measuring method of the water amount by the automatic irrigation device.

을 향해 0.5mm 내외의 구멍을 뚫어서 관수하는 장치를 활용하는 농가에서 조사하였다. 인력관수는 고정되어 배치된 직경 80mm 컵에 작업자가 관수한 후 물의 무게를 측정하였고, 자동관수장치의 균일도 조사는 Fig. 1과 같이 이동하는 관수장치 하부에 컵을 배치하여 물의 무게를 측정하였다. 관수량 조사는 전북 및 전남 소재 육묘장에서 실시하였다. 관수량의 균일도는 각 지점의 관수량이 평균 관수량의 30% 이내일 경우 균일한 것으로 판단하였다.

2. 자동 관수시험장치

2.1 균일 관수형 관수장치 균일도 조사

노즐의 적정 간격 설계 및 관수 균일도 향상을 위한 시험장치의 노즐은 분사각과 분사량이 비교적 일정한 부채꼴 형태를 채택하였다. 관수 균일도 시험은 분사각도 80° 부채꼴형 분사노즐(H1/4VV-SS80, Spraying System Co., Incheon, Korea)을 500mm 간격으로 6개를 관수 붐대에 탑재하고 붐대 하방에 관수량 측정용 직경 80mm 플라스틱 컵을 설치하여 관수량 균일도를 조사하였다. 부채꼴형 노즐은 이웃 노즐과의 분사 겹침을 통해 정밀한 관수량 조절이 가능하다. 그러나 관수장치의 높이가 고정될 경우 모종이 성장함에 따라 관수장치와 모종 사이의 거리가 달라져 관수 균일도의 차이가 발생한다. 따라서 균일 관수를 위한 모종과 관수장치 간의 적정 거리를 구명해야 하며, 이를 위해 분사각, 분사각 겹침 등을 고려하여 이론적인 간격을 구하고, 이보다 간격이 클 경우의 균일도 변화를 측정하였다.

2.2 균일 관수형 관수장치 이용 재배시험

균일 관수형 관수장치를 이용하고 관수장치의 높이를 조절하지 않았을 때 관수량에 따른 모종의 성장차를 모종의 초장 측정을 통해 분석하였다. 시험은 토마토 접목묘를 공정육묘

장(전북 정읍 소재)에서 구매하여 재배시험을 실시하였다. 시험 모종은 50공 재배상자에 접목 후 10일이 경과된 접목묘[접수: ‘티티찰’(*Licopersicon esculentum* Mill., Nongwoobio Co., Suwon, Korea), 대목: ‘버팀목’(*L. esculentum* Mill., Nongwoobio Co.)]를 이용하였고, 2019년 10월 8일부터 10월 18일까지 1회 관수 시 동일한 양을 관수하고, 관수 시점은 육안으로 가장자리부의 모종의 상토의 표면이 건조되었다고 판단될 때 수동으로 관수하였다. 토마토 접목묘의 생장 특성으로는 관수량에 따라 가장 큰 차이를 나타내는 초장을 3일 간격으로 측정하였다. 이를 위해 Fig. 2와 같이 재배 베드 양 끝단에 위치한 모종과 중앙부의 재배상자에서 재배되는 모종에 대해 각 열마다 3개의 모종에 대해 3반복으로 개체별 초장을 측정하였다.

2.3 가장자리 집중 관수 시스템

베드에서 육묘되는 모종의 생육 균일도를 향상시키기 위하여 가장자리부의 관수량이 중앙부에 비해 많은 양이 관수될

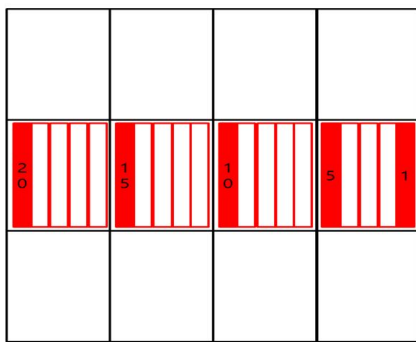


Fig. 2. The arrangement layout of cultivation test using the irrigation device.

수 있도록 개발된 가장자리 집중 관수장치는 Fig. 3과 같다. 관수 호스 견인으로 인한 전체 미끄러짐을 방지하기 위해 레일 및 구동기 축에 스퍼기어 구조로 이동레일을 제작하였다. 관수 노즐 받대는 높이 조절용 전동기를 이용하여 모종의 생장에 따라 관수 높이를 200mm씩 조절할 수 있도록 하였고, 가장자리부 집중 관수를 위하여 보조 노즐을 설치하고 배관 각도를 조절할 수 있도록 하여 불필요하게 버려지는 물을 최소화 하면서, 가장자리부 집중 관수가 가능하도록 제작하였다. 또한, 시험용 노즐을 교체하거나 분사량을 조절하기 위하여 회전식 3구 노즐 바디를 적용하여 필요에 따라 노즐의 교체가 용이하도록 제작하였다. 가장자리 집중 관수장치의 관수 균일도를 조사하기 위하여 관수장치 하부에 관수량 측정용 컵을 배치하여 관수 균일도를 조사하였다.

2.4 가장자리 집중관수 시스템을 이용한 재배시험

가장자리 집중관수시스템을 이용하고 관수장치의 높이를 조절하지 않았을 때 모종의 초장 측정을 통해 관수량에 따른 모종의 웃자람을 분석하였다. 시험은 오이 접목묘를 공정육묘장(전북 정읍 소재)에서 구매하여 재배시험을 실시하였다. 시험 모종은 50공 재배상자에 접목 후 8일이 경과된 접목묘 [접수: ‘장록흑진주’(*Cucumis sativus* L., Nongwoobio Co., Suwon, Korea), 대목: ‘흑중호박’(*Cucurbita moschata* Duchesne, Nongwoobio Co.)]를 이용하였다. 시험은 2020년 3월 24일부터 4월 3일까지 1회 관수 시 동일한 양을 관수하고, 관수 시점은 육안으로 가장자리부의 모종의 상토의 표면이 건조되었다고 판단될 때 수동으로 관수하였다. 오이 접목묘의 생장 특성으로는 관수량에 따라 가장 큰 차이를 나타내는 초장을 3일 간격으로 측정하였다. 이를 위해 Fig. 2와 같이 5개 지점에 대해 각 열마다 3개의 모종씩 3반복 시험을 실시하였다.

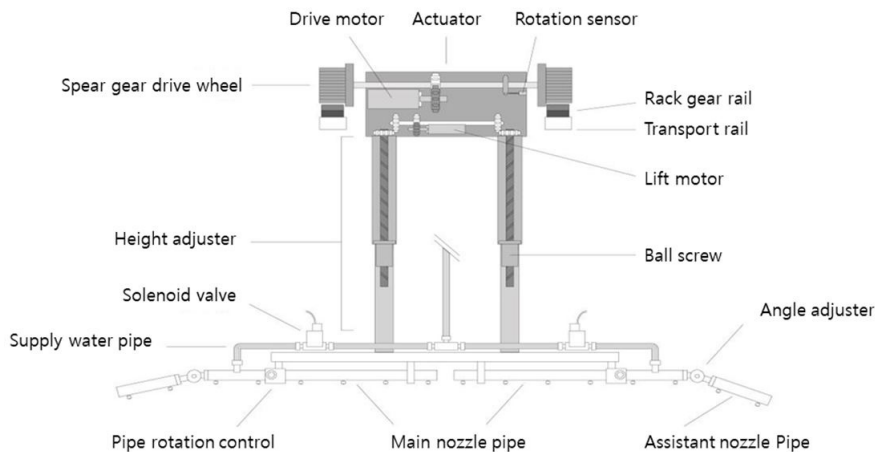


Fig. 3. Schematic diagram of the edge concentrated irrigation system.

2.5 통계분석

관수장치의 성능 분석을 위한 작물 성장 분석은 측정을 시작한 시점으로부터 각 조사시점까지 모종의 초장 변화를 측정하여 분석하였다. 분석은 조사한 지점 중 중앙부(Fig. 2의 5, 10, 15)와 양끝단(Fig. 2의 1, 20)의 모종에 대해 SPSS(IBM SPSS Statistics 26, IBM Corp, USA)를 이용하여 t-검정 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 관수방법에 따른 관수량

육묘장에서 이용 중인 관수장치와 인력을 이용하여 관수하였을 때의 관수 균일도를 조사한 결과(Fig. 4), 자동관수와 인력관수의 평균 관수량은 각각 28.7±4.4g과 14.2±4.3g으로 두 조건 모두 변동계수가 30% 이내로 균일관수로 판단할 수 있

다. 그러나 변동계수가 30%인 인력관수에 비해 자동관수는 15%로 균일도가 높았다. 이것은 인력에 의한 관수는 중앙부는 많은 양의 물이 공급되지만 가장자리 부분은 중앙부에 비해 적은 양이 공급된 것에 기인한 것이다. 자동관수장치 진행 방향의 관수량 차이는 관수장치를 구동하는 모터의 견인력이 물 공급용 호스를 견인할 때 필요 동력보다 작아 호스의 폴림이 원활치 않은 경우 일시적으로 멈춤으로써 발생하는 것으로 사료되며, 관수 붐대 방향으로 발생하는 관수량 차이는 공급되는 물의 압력차 및 관수용 노즐의 구멍 막힘 등으로 인해 발생한 것으로 사료된다. 자동관수장치의 균일도 향상을 위해서는 충분한 압력으로 관수하기 위한 펌프 설계가 필요하고, 관수 붐대 및 호스를 충분히 견인할 수 있는 모터의 설계와 붐대 이동 시 미끄러짐 최소화를 위해 기어방식의 이동부 설계가 필요할 것으로 판단된다.

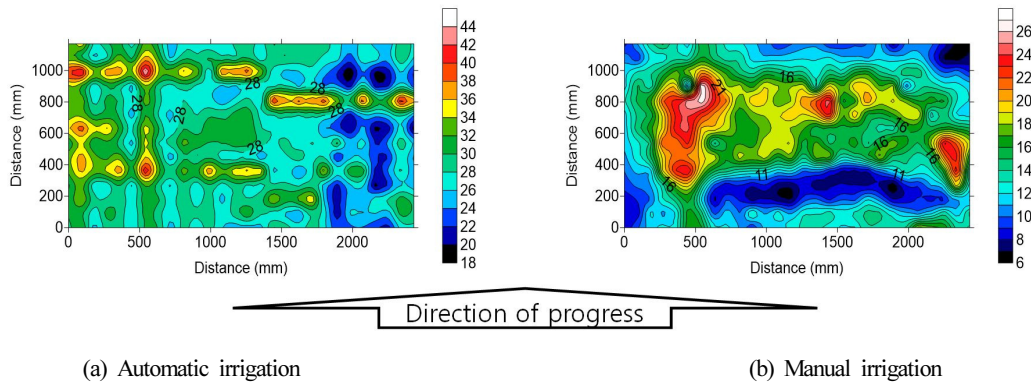


Fig. 4. Irrigation distribution uniformity according to the irrigation method.

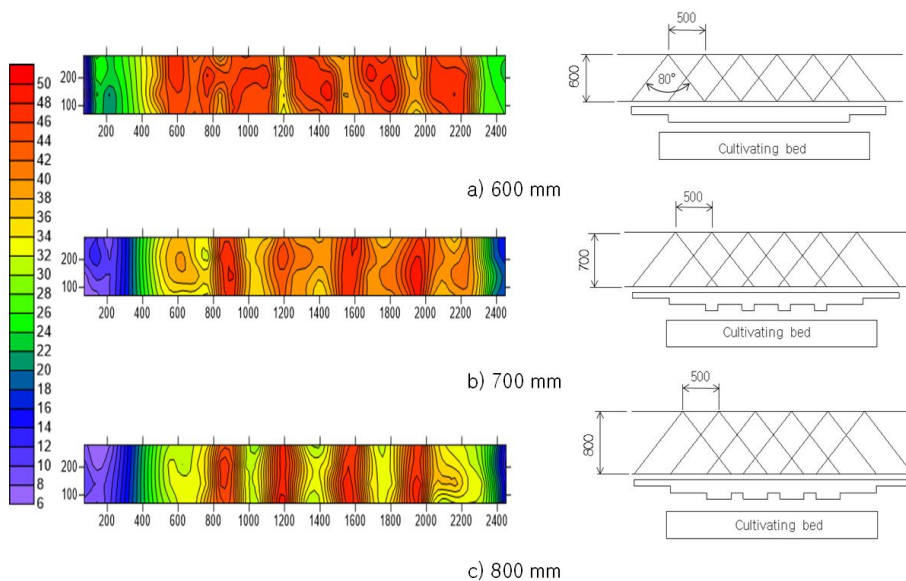


Fig. 5. Irrigation distribution uniformity according to nozzle height.

2. 균일 관수형 관수장치 사용에 따른 관수 균일도

부채꼴의 분사 형태와 80°의 분사각을 가진 노즐을 이용하고 관수 높이를 조절하였을 때 관수되는 양상을 이론적으로 분석하고 실제로 측정된 결과(Fig. 5), 베드 위에서 모종의 초장에 따라 노즐에서 분사되어 떨어지는 물과 접촉되는 위치가 달라져 위치별로 관수량은 차이가 발생하였다. 개발된 장치에 탑재된 분사각이 80°인 노즐은 분사각, 베드까지의 높이, 분사각의 겹침 등을 고려하여 계산한 결과 600mm 높이에서 가장 균일한 것으로 분석되었으나, 실제 관수 시험 결과 분사액의 압력저하 및 중력 등으로 인하여 관수균일도는 일부 저하되어 평균 대비 ±20% 이내의 균일도였고, 분사 높이차가 커질수록 분사액 간의 겹침이 많아져 겹치는 구간에서만 관수량이 많아져 균일도가 30% 이상 차이가 발생하였다. 또한 Fig. 5에서와 같이 모든 시험구에서 가장자리 부분은 중심부 대비 50% 이상 관수량이 적었다. 따라서 상토 부분이 중앙부보다 빨리 마르는 가장자리 부분의 관수량을 기준으로 전체 관수량을 설정하거나 가장자리 부분에 집중관수가 가능하도록 시스템을 개선해야 할 것으로 판단된다. 또한 모종이 성장함에 따라 관수장치와 모종간의 거리가 가까워지므로 관수장치의 높이 조절 기능(Min 등, 1999) 탑재가 필요할 것으로 사료된다.

3. 균일 관수형 관수장치의 이용에 따른 토마토 접목묘 초장 변화

균일 관수형 관수장치를 이용하여 관수할 때 토마토 접목묘의 초장 측정 결과(Table 1), 시험기간 10일간 중앙부는 평균 72mm 증가한 데 비해 가장자리부는 평균 28mm 증가하여 중앙부와 가장자리 간의 줄기 신장에 큰 차이가 있었다. 특히 중심부와 양끝단의 초장 차이에 대한 t-검정 결과 유의차가 있었으며, 재배기간이 길어질수록 유의차는 더 커졌다. 중앙부와 가장자리부의 초장 차이 발생은 가장자리부 주위에서 발생하

는 공기유동으로 인해 공기유동이 적은 중앙부에 비해 상토가 빨리 건조되어 생장이 중앙부보다 늦거나(Kang 등, 2020), 노즐의 등간격 배치로 인한 가장자리부와 중앙부의 관수 불균일(Min 등, 1999)로 인한 것으로 알려져 있다. 따라서 모종의 적정 성장을 위해서는 가장자리부를 기준으로 한 관수량 제어보다 가장자리부의 관수량을 증가시키고, 중앙부의 관수량을 줄이는 것이 적당할 것으로 판단된다.

4. 가장자리 집중 관수시스템 이용에 따른 관수 균일도

가장자리 집중 관수를 위하여 보조관수부를 탑재한 가장자리 집중 관수시스템 이용 시 균일도에 대한 이론 분석과 실제 측정시험을 위해 관수량 측정용 컵과 노즐 간의 간격을 700mm로 설정하여 측정된 결과(Fig. 6), 가장자리부는 중앙부에 비해 50% 이상 관수량이 많았으며, 중앙부에서는 분사

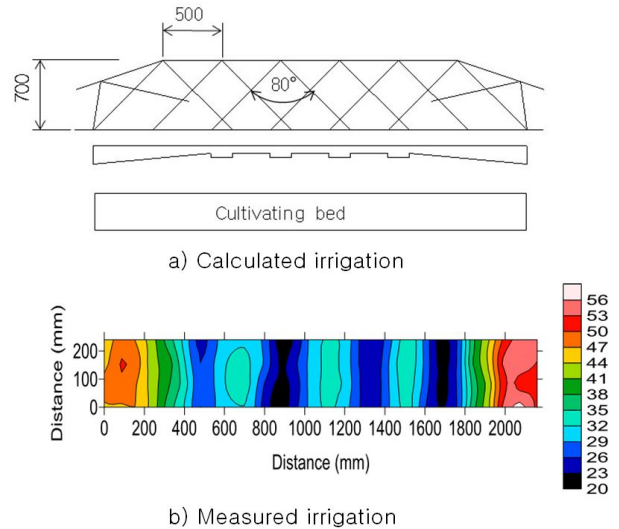


Fig. 6. Irrigation distribution uniformity of the edge concentrated irrigation system.

Table 1. Plant height of young tomato plants according to growing period and location in the beds watered by the uniform irrigation device.

Period (mm.dd)	Location ²	Plant height (mm)	t-value
10.08. - 10.11.	Center part	23.25 ± 13.05 ^y	2.308*
	Edge part	10.00 ± 5.72	
10.08. - 10.15.	Center part	55.75 ± 18.93	3.637**
	Edge part	22.33 ± 13.88	
10.08. - 10.18.	Center part	72.63 ± 18.00	4.629***
	Edge part	28.00 ± 17.63	

²Center part: 5, 10, and 15; Edge part: 1 and 20 points in Fig. 2.

^yMean ± standard deviation (SD) (n = 3).

*, **, *** Significant at p < 0.05, 0.01, or 0.001.

Table 2. Plant height of young cucumber plants according to growing period and location in the beds watered by the edge concentrated irrigation system.

Period (mm.dd)	Location ²	Plant height (mm)	t-value
03.24. – 03.27.	Center part	15.89 ± 5.58 ³	0.576 ^{NS}
	Edge part	14.17 ± 5.81	
03.24. – 03.31.	Center part	31.11 ± 16.88	0.574 ^{NS}
	Edge part	26.17 ± 15.46	
03.24. – 04.03.	Center part	45.56 ± 19.68	0.72 ^{NS}
	Edge part	37.83 ± 21.35	

²Center part: 5, 10, and 15; Edge part: 1 and 20 points in Fig. 2.

³Mean ± standard deviation (SD) (n = 3).

^{NS}Nonsignificant at $p < 0.05$.

각이 겹침으로 인하여 관수량의 차이는 발생하였으나, 그 차이는 30% 이내였다. 관수장치 진행 방향에 모종 높이 센서를 설치하여 노즐의 높이를 정밀하게 제어한다면 중앙부의 관수 균일도를 높이고, 가장자리에는 추가 관수를 실시함으로써 모종 생육 균일도를 높일 수 있을 것으로 판단되며, 이를 위한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. 가장자리 집중관수 시스템 이용 시 오이 접목묘의 초장 변화

가장자리 집중관수 시스템을 이용하여 관수할 때 오이 접목묘의 초장을 조사한 결과(Table 2), 중앙부와 양측 가장자리의 평균 생장률은 각각 26%, 24%이며, 두 지점 간 유의차가 없는 것으로 나타나 모종의 균일도가 높았다고 볼 수 있다. 작물의 생장과 수분은 밀접한 관계를 가지고 있으며, 수분이 부족할 경우 생장이 저조해지고 다습할 경우 병에 취약해진다(Kim 등, 2017). 따라서 재배상에서 재배되는 모종의 생장 균일도를 향상시키기 위해서는 중앙부 대비 가장자리의 관수량을 50% 이상 추가하여 전체 셀 내의 수분 상태를 적정하게 유지할 필요가 있다.

적 요

본 연구에서는 육묘장에서 인력 또는 관행 자동관수장치의 활용도 조사를 통해 관수장치의 문제점과 그 개선점을 파악하여 균일관수가 가능한 스마트 관수장치를 개발하고 그 성능을 분석하였다. 자동관수와 인력관수의 평균 관수량은 각각 28.7 ± 4.4g과 14.2 ± 4.3g으로 두 조건 모두 변동계수가 30% 이내로 균일관수로 판단할 수 있다. 그렇지만 변동계수가 30%인 인력관수에 비해 자동관수는 15%로 균일도가 높았다. 개발된 균일관수장치에 탑재된 분사각이 80°인 노즐은 이론상

600mm 높이에서 가장 균일한 것으로 분석되었고, 균일관수장치를 이용한 관수시험 결과 중앙부의 관수 균일도는 평균 대비 20% 이내이지만 가장자리부는 중앙부에 비해 50% 이상 관수량이 적었다. 균일관수장치를 활용한 토마토 접목묘 재배시험 결과, 시험기간 10일간 중앙부는 초장이 평균 72 mm 성장한 데 비해 가장자리부는 평균 28mm 성장하여 가장자리부에 대한 추가 관수가 필요한 것으로 나타났다. 가장자리부 추가 관수장치를 부착하여 관수할 경우 중앙부에 비해 가장자리부의 관수량은 50% 이상이었으며, 중앙부에서는 분사각의 겹침으로 인하여 관수량의 차이는 발생하였으나, 그 차이는 30% 이내였다. 가장자리 집중관수 시스템 활용 시 각 지점별 생장 차이는 있으나, 10일간 생육을 비교하면 양측 가장자리의 평균 생장률은 24%, 중앙부의 평균 생장률은 26%인 점을 고려하면 균일관수장치에 비해 생장 균일도가 높았다. 모종의 초장 균일도 향상을 위해서는 관수장치의 진행방향에 거리센서를 설치하여 작물의 생장에 따라 관수장치의 높이를 조절이 필요할 것으로 판단된다.

추가 주제어: 가장자리 집중 관수 시스템, 균일관수 시스템, 균일도

사 사

본 연구는 2018년도 농촌진흥청 연구개발사업(과제번호: PJ012783)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

Jeong H.W., H.M. Kim, H.R. Lee, H.M. Kim, and S.J. Hwang 2020, Growth of *Astragalus membranaceus* during nursery period as affected by different plug tray cell size, number of

- seeds per cell, irrigation interval, and EC level of nutrient solution. *Hortic Sci Technol* 38:210-217. (in Korean) doi:10.7235/HORT.20200020
- Kang D.H., D.K. Choi, G.C. Kang, and M.J. Park 2020, Development of smart automatic sprayer for moisture stress. *Proc KSAM & ARCs* 25(Suppl I):87. (in Korean)
- Kang D.H., S.Y. Lee, M.J. Park, J.G. Kim, and S.W. Yoon 2017, Basic study of sprayer system for nursery. *Protected Hort Plant Fac* 26(Suppl II):113. (in Korean)
- Kim H.M., Y.J. Kim, and S.J. Hwang 2018, Physicochemical properties of newly developed artificial medium and proper irrigation interval for production of tomato plug seedlings. *Protected Hort Plant Fac* 27:71-79. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2018.27.1.71
- Kim S.K., H.J. Lee, H.S. Lee, B.H. Mun, and S.G. Lee 2017, Effect of soil water content on growth, photosynthetic rate, and stomatal conductance of kimchi cabbage at the early growth stage after transplanting. *Protected Hort Plant Fac* 26:151-157. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2017.26.3.151
- Lee J.M., C. Kubota, S.J. Tsao, Z. Bie, P. Hoyos Echevarria, L. Morra, and M. Oda 2010, Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Sci Hortic* 127: 93-105. doi:10.1016/j.scienta.2010.08.003
- Min Y.B., M.G. Kim, and T.S. Chung 1999, Effect of a suspended overhead sprayer with sector formed injection nozzles on spraying uniformity. *J Bio-Env Con* 8:223-231. (in Korean)
- Min Y.B., T.S. Chung, and S.D. Moon 1998, Study on drafting power of suspended overhead sprayer. *J Agric Life Sci* 32:73-80. (in Korean)
- Murata K. 1997, Automated control system of soil moisture and water level in raising of vegetable seedlings. *J Jpn Soc Agric Mach* 59:145-146. (in Japanese)
- Noh E.H., H.J. Jun, and J.E. Son 2011, Growth characteristics and nutrient uptake of kalanchoe plants (*Kalanchoe blossfeldiana* 'Marlene') at different light intensities and nutrient strengths in ebb and flow subirrigation systems. *Hortic Sci Technol* 29:187-194. (in Korean)
- Park K.H., J.Y. Yoon, K.I. Lee, and D.H. Kang 2018, Seed industry statistics system establishment project. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.
- Yoon J.Y., D.H. Kang, and K.H. Park 2021, Analysis of distribution status of seedlings and the determinants of sales amount of the commercial seedlings company. *Korean J Food Mark Econ* 38:1-17. (in Korean) doi:10.47085/KJFME.38.2.1