

고온기 송풍 덕트 적용 수직·수경재배 참외의 엽령별 광합성과 착과 절위별 과실 특성

홍영신¹·박소현²·윤성욱³·권진경³·이시영⁴·이상규⁴·문종필³·장재경³·배효준²·황정수^{3*}

¹국립농업과학원 농업공학부 박사후연구원, ²국립농업과학원 농업공학부 연구원, ³국립농업과학원 농업공학부 농업연구사,
⁴국립농업과학원 농업공학부 농업연구관

Photosynthesis by Leaf Age and Fruit Characteristics by Fruiting Nodes in Vertical and Hydroponic Cultivation of Oriental Melon Applied with Air Duct for High-temperature Season

Youngsin Hong¹, Sohyun Park², Sungwook Yun³, Jinkyung Kwon³, Siyoung Lee⁴,
Sanggyu Lee⁴, Jongpil Moon³, Jaekyung Jang³, Hyojun Bae², and Jeongsu Hwang^{3*}

¹Postdoctoral Researcher, Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

²Assistant Researcher, Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

³Research Officer, Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

⁴Senior Research Officer, Division of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

Abstract. This study was conducted to apply with an air duct for the cooling and a utilizing cultivating method that uses the fruiting node and the defoliation to the high-temperature vertical and hydroponic cultivation of the oriental melon. The lower fruiting node (LF) was to remove all third vines generated from 5 nodes of a secondary vine. The higher fruiting node (HF) was fruiting on the third vine generated from a first node of the third vine. The direction of the stem string; upward (UW), downward (DW). Four treatment conditions were applied with the LF-UW, LF-DW, HF-UW (control), and HF-DW. The leaf age of melon leaves was measured for photosynthesis at 3 days intervals, and the fruit characteristic was conducted on 79 fruits in each treatment. The photosynthesis rate steadily increased after leaf development, reaching $20.8 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ on the 10 days, gradually increasing to $21.3 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ on the 19 days, and reaching $23.4 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ on the 32 days. After that, it lowered to $16.8 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ on the 38 days and dropped significantly to $7.6 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ on the 47 days. As a result of the fruit characteristics by fruiting nodes, the treatments of the fruit length was 12.6-13.4 cm, respectively, which was significant, and the fruit width was 7.9- 8.6 cm, respectively, was not significant. The soluble content ranged from 12.9 to 15.7°Brix, and the significance of all treatments, and higher than of LF-DW and HF-UW. The photosynthesis rate of melon leaves was good until 32 days after leaf development, but after that, the rate decreased. As for fruit quality, it was conformed that melons can be cultivated at the LF because the fruit enlargement and soluble content dose not decrease even when set at the LF. Results indicated that those can be used for LF and defoliation in the development of vertical and hydroponic cultivation method in high-temperature season.

Additional key words: air duct, fruit characteristic, fruiting node, leaf age, oriental melon

서 론

최근 시설재배는 스마트농업과 ICT기술을 적용하여 작물과 환경 등을 관리하고 있으며, 기존 작물재배방식도 작물에 따라 수경, 베드, 유인 재배 등으로 변화되고 있다. 고온기 시

*Corresponding author: hjs0904@korea.kr
Received January 13, 2023; Revised February 27, 2023;
Accepted March 5, 2023

설재배는 온실 내부 온도가 생육한계를 넘어서기 쉬워 온도를 내리기 위한 환기 효율이 중요하다. 온실 환기는 내부 온도와 습도(Breuer와Knies, 1995), CO₂ 조절, 결로 방지(Fernandez와Bailey, 1992; Fernandez와Bailey, 1994), 공기 순환(Wang 등, 2000), 지붕 환기(Yeo 등, 2016) 등으로 온실 내부 환경을 적절하게 유지하는 작물 생육 관리의 요인이다. 환기창의 환기 효율, 외부 풍향·풍속에 따른 온실 내외부의 변화와 온도 변화 등 환기 특성을 분석한 연구가 진행되고 있다(Bot, 1983; Sase 등, 1984; Fernandez와 Bailey, 1992; Wang 등, 2000). Yeo 등(2021)은 고온기 온실환경 제어를 위해 포그, 유동팬, 히트펌프, 근권부 냉방 등을 설치하여 파프리카에 대한 작물 재배시험을 하여, 고온기 온실 내부 온도가 3~4°C 낮아졌고, 평균 수분 부족은 3.7g·m⁻³ 감소하였다. Rhee 등(2015)은 여름철 재배 시 포그와 유동팬을 이용하면 온실 내부 온도가 2~3°C 낮아지고, 최고 35°C 이하로 온도를 관리할 수 있으며, 습도는 80%로 조절할 수 있다고 하였다. 또한, 고온기에 포그 냉방과 공기 순환팬을 동시에 사용하였을 때 온실 내부 온도를 6~7°C까지 내릴 수 있다고 하였다(Park 등, 2020). Choi 등(2015)은 근권부 공기 순환 덕트로 냉방을 하여 고온기에 파프리카를 재배한 결과 근권과 지상부 온도관리에 효과적이라고 하였다.

참외(*Cucumis melo*)는 전통적인 포복 재배 작물로서 많은 노동력이 필요하고, 생산량을 증가시키기 어려워 지주재배와 줄기 유인 재배 등이 시도되거나(Bae 등, 1998), 수경재배의 한 형태인 버미큘라이트를 포대에 담아서 재배하는 포대재배도 시도되었다(Shim 등, 2003). 지주재배는 참외의 당도를 높이고 비상품과(기형과, 발효과)를 감소시켜서 생산성이 향상되고, 줄기 유인 재배는 과실수가 증가는 되었으나 포복재배 대비 투입 노동력이 높아지고(Bae 등, 1998), 장시간 쪼그리고 앉아서 정지와 유인을 해야 하므로 작업자의 근골격계 질환이 많이 발생하고 있다. 토경재배는 연작으로 인한 염류집적 및 토양전염병 등에 취약하여 수경재배 방식에서의 전환이 필요하여(Jun과 Jo, 2002; Jun 등, 2012), 참외를 시설에서 수경재배 했을 때 토경재배보다 생산량과 과실 품질이 향상되었다(Jun과 Jo, 2002). Lee 등(2021)은 참외 재배 시 상향과 하향 줄기 유인했을 때 포복재배 대비 작업자의 노동 강도가 크게 줄었다. 또한, 멜론이나 수박 등은 착과를 1~2개로 제한하여 재배하고 수확하기 때문에 착과 절위가 과실 품질에 영향을 미쳐서 착과 위치가 중요하다. 착과 절위가 높으면 과실 무게는 증가하지만 당도가 낮아지는 경향이 나타났고(Lee와 Lee, 1996; Hwang 등, 1998; Park 등, 1995; Park 등, 2015), Hwang 등(1998)과 Lee와 Lee(1996)은 수박에서 저절위 착과는 과실 생산량이 감소하고 재배기간이 단축되어 병해충 피

해가 감소하는 반면, 상위절위 착과는 착과시기가 늦어지면서 병해충 피해가 증가할 수 있다고 하였다. 게다가 참외의 고온기 재배는 생육과 착과율의 급격한 저하로 재배가 어렵고(Jun과 Jo, 2002), 생육 속도가 빨라지면서 잎의 노화도 빠르게 나타난다. Buchanan-Wollaston 등(1997)과 Worku 등(2007)은 잎 전개가 완료되면 광합성속도가 가장 높아지고, 이후에는 잎의 노화와 함께 광합성속도는 점점 낮아진다고 하였다. 이처럼 고온기 작물재배는 어려움이 많아서 농가에서는 고온기 동안 휴작을 하거나 시설 보수 등을 하는 경우가 일반적이거나, 고온기 작물 재배는 작물의 생산 시기를 앞당길 수 있어서 농가 수입 증가와 시설의 활용도를 높일 수 있다.

본 연구는 송풍 덕트를 활용하여 고온기 온실 내부 온도를 적절히 관리하고, 착과 시기를 달리한 참외를 수직·수경재배해서, 온실 내부 환경과 생육 특성을 분석하여 새로운 재배법 개발에 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 재배조건

본 실험은 전북 완주군 이서면에 있는 반밀폐 벤로형 첨단다지텔 비닐온실에서 수행하였다. 첨단온실은 벤로형 지붕으로 연속형 천창 구조였으며 동고 8.3m, 측고 7.0m, 폭 24m, 길이 40m로 면적은 960m²였다. 고온기 냉방부하에 따라 자연환기, 강제환기(SFT-S2504, Sysco, Korea), 포그시스템(Geen Control System, Korea), 히트펌프(ACHH040LET2, LG, Korea) 등 순차적으로 냉방이 가동되었다. 이와 더불어 송풍 덕트를 재배 베드 아래에 설치하여 고온기 온실 내부 공기를 순환시켰다. 송풍 덕트의 재질은 폴리에틸렌 필름이며, 두께

Table 1. Specification of the air duct.

	Items	Value
Air duct	Diameter (cm)	30
	Length (m)	30
	Thickness (mm)	0.15
	Area (cm ²)	706.5
	Velocity (m·s ⁻¹)	10.84
	Air flow (m ³ ·h ⁻¹)	4,685
Duct hole	Diameter (cm)	2
	Row	1
	Number of holes	360
	Hole distance (cm)	16.7
	Area/hole (cm ²)	16.7
	Total area (cm ²)	1,130

0.15mm, 길이 30m, 지름 30cm, 천공열 1줄, 천공 지름 2cm, 천공수 360개였다(Table 1). 송풍 덕트 5m 지점의 평균풍속은 $10.84\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 풍량은 $4,685\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 였다(Table 1). 행잉거리

Table 2. Chemical properties of the Yamazaki nutrient solution for the oriental melon.

	Fertilizer	Concentration ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
Macro	KNO_3	202
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	826
	Fe-EDTA(12.5%)	16
	KNO_3	404
	$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	369
	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	152
Micro	H_3BO_3	1.2
	$\text{MnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.625
	$\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.09
	$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.04
	$\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.013



UW (Control)

DW

Higher fruiting node



UW

DW

Lower fruiting node

Fig. 1. Stem string and fruiting node conditions for the study. UW: upward, DW: downward.

식 재배 베드는 상향식 유인(upward, UW) 또는 하향식 유인(downward, DW)을 위해 바닥에서 각각 80cm와 1.8m 높이에 설치하였다.

참외(*Cucumis melo*) ‘갈꾸리꿀’ (cv. Ggalgguriggul, Saengnong Ltd., Korea)을 육묘하여 4–5엽이 전개된 2022년 7월 1일에 정식하였다. 행잉거리식 재배 베드 위에 코이어 칩과 디스트 비율이 70:30으로 구성된 코이어 배지($100\times 20\times 10\text{cm}$, Daeyoung GS, Malaysia)를 올렸다. 코이어 배지는 정식 전 5일 동안 물을 가득 채운 후 포습하여 코이어 배지 1개당 3주씩 재식거리 30cm로 정식하였다. 수직재배 시 참외의 줄기유인은 UW과 DW으로 하였다(Fig. 1). 착과 절위는 아들덩굴 5마디 이하에서 발생하는 손자덩굴을 모두 제거하는 처리를 상위 절위(대조구)로, 아들덩굴 1마디에서 발생하는 손자덩굴에 착과 처리하는 저절위로 하였다(Fig. 1).

양액은 야마자키 멜론 배양액을 사용하였다(Table 2). 양액 EC는 $0.8 - 2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH는 6.0으로 관리하여 $0.8 - 2.5\text{L/}$

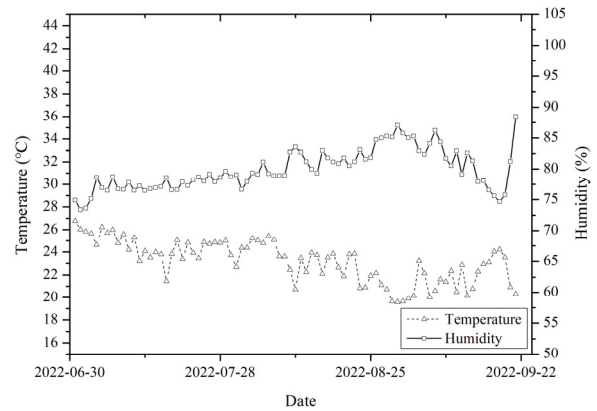


Fig. 2. Average temperature and humidity in the oriental melon greenhouse.

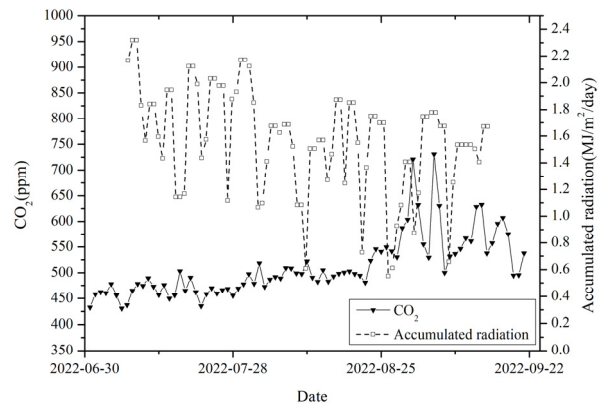


Fig. 3. Average CO_2 concentration and accumulated radiation in the oriental melon greenhouse.

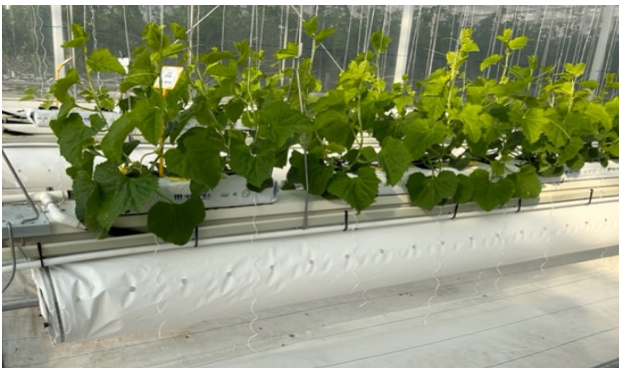
일/주로 생육단계에 맞게 공급하였다. 온실 내부 일평균온도는 15–27°C, 상대습도는 73–98%(Fig. 2), CO₂ 농도는 431–731ppm, 일적산광량은 0.55–2.32MJ·m⁻²(Fig. 3)이었다.

2. 송풍덕트

재배베드 아래에 송풍 덕트를 설치하고 길이 30m 덕트의 1m, 15m, 29m 부근에 온·습도센서(TR-71wb, T&D Corporation, Japan) 3개씩 UW과 DW 처리구에 각각 설치하여, 10분 간격으로 2022년 7월 21일부터 9월 14일까지 측정하였다(Fig. 4).

3. 광합성 조사

참외 잎의 엽령은 엽장과 엽폭이 1cm인 것을 1일로 하여 3일 간격으로 47일까지 광합성 측정기(LI-6400, Portable Photosynthesis System, LI-COR Inc., Nebraska, USA)를 활용하여 오전 10시에서 12시 사이에 측정하였다. 참외 잎은 햇빛을 바라보고 있는 잎을 대상으로 무작위로 선택한 6개의 샘플을 3–5일 간격으로 3회씩 측정하여 그 중앙값을 이용하였다. 광합성 측정은 온도 25°C, CO₂ 농도 400ppm, 광도(PPFD) 1,000μmol·m⁻²·s⁻¹의 조건으로 하였다.



UW



DW

Fig. 4. Air duct under the cultivation-bed. UW: upward, DW: downward.

4. 과실 특성 조사

과실 특성 조사는 각 처리구별 수확 과수 79개로 총 316개에 대해서 과장, 과폭, 과중, 당도, 소과율(270g 이하)을 조사하였다.

5. 통계분석

본 연구에서 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하였다. 광합성 측정값과 과실 특성 HF-UW와 HF-DW, LF-UW와 LF-DW 처리구의 평균간 유의성 검정은 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 실시한 뒤, Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test, DMRT)을 적용하여 5% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 송풍 덕트 온실 내부 환경 특성

송풍 덕트와 온실 내부의 온도와 습도를 비교하기 위해 상향(UW)과 하향(DW) 재배 베드 아래에 설치된 송풍 덕트 시작 지점에서 각각 1m, 15m, 29m에 있는 센서와 온실 내부 온·습도센서가 위치한 DW-15m와 비교한 결과 전체적으로 온실 내부 온도는 17.7–33.9°C를 유지하였고, 송풍 덕트는 12.6–33.3°C를 유지하였다(Fig. 5). 온실 내부 습도는 60.9–95.2%를 송풍 덕트 습도는 34.0–94.0%였다(Fig. 6). 송풍 덕트와 온실 내부의 온도 차이는 UW에서 11.8–14.2°C와 DW에서 12.1–15.8°C로 나타났다(데이터 미제시). UW과 DW 재배 베드의 습도 차이가 1–3%로 비슷하게 나타났다(데이터 미제시). 온실 내부 습도는 포그가 작동되면서 일정하게 유지되고 있어서, 송풍 덕트의 습도는 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. Fig. 7은 온실 내부와 송풍 덕트 온도를 일평균으로 나타냈다. 온실 내부 평균온도가 26°C로 유지되

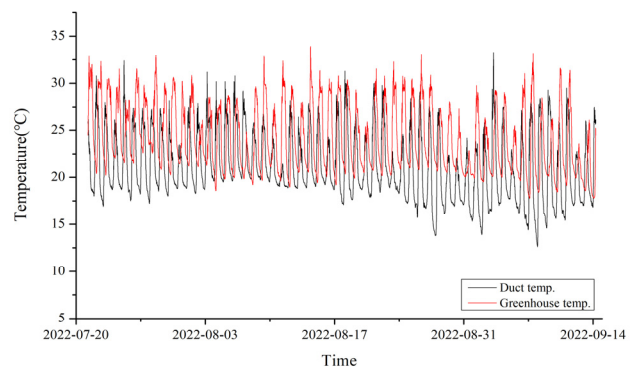


Fig. 5. Variation of the temperature between the duct (DW-15m) and the greenhouse.

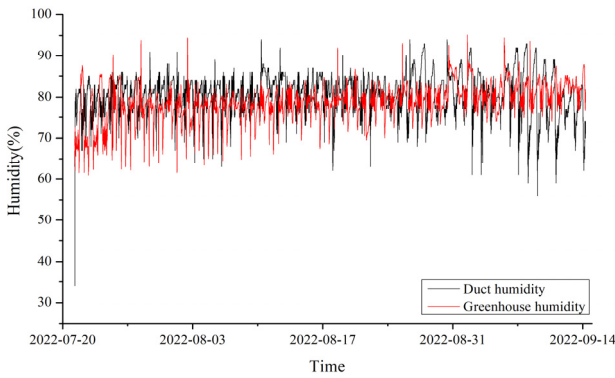


Fig. 6. Variation of the relative humidity between the duct (DW-15m) and the greenhouse.

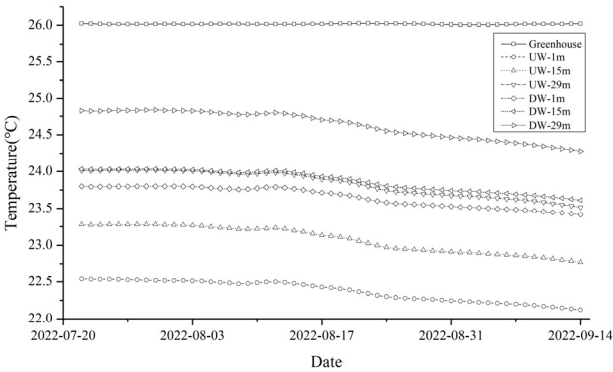


Fig. 7. Average temperature of the oriental melon greenhouse compared with air duct sensors. UW: upward; DW: downward.

고 송풍 덕트 온도는 위치에 따라 차이가 있으나 25°C 이하로 유지되는 것으로 나타난 점은 고온기 송풍 덕트 냉방이 효과가 있는 것으로 판단된다. 또한, UW 재배 베드 송풍 덕트 온도가 약 22–24°C로 DW 재배 베드 송풍 덕트 온도 약 23–25°C보다 낮고, DW-15m와 UW-29m의 온도가 비슷하게 나타난 것은 재배 베드 높이 1m 차이로 인하여 두 지역의 공기 유동 환경이 비슷하게 발생하는 것으로 판단된다. Yu 등 (2014)이 높이에 따른 풍속분포를 분석한 결과 높이가 높아지면 풍속이 증가하고 공기 유동 정체지역이 줄어든다고 하였다. 게다가, Jeong 등(2020)이 전자유체역학(computational fluid dynamics)으로 온실 내부 환경을 예측할 때 작물과 재배 베드 높이에 따라 공기 유동이 다르게 나타났다는 것과 작물이나 재배 베드가 저항으로 작용한 결과인 것으로 생각된다. 이는 재배 베드 높이에 따라 풍속을 높이는 방법이나 천공수를 늘려서 공기 저항을 해결할 수 있고, 온실 내부 온도를 균일하게 만들어서 작물 생육의 균일성도 확보할 수 있을 것 (Kim 등, 2004; Yu 등, 2014; Jeong 등, 2020)으로 판단된다.

2. 광합성 특성

광합성속도는 잎 전개 후부터 꾸준히 증가하여 10일에 $20.8\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었고, 19일에 $21.3\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조금씩 높아지더니, 32일에 $23.4\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 가장 높았다(Table 3, Fig. 8). 이후 38일에는 $16.8\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 낮아지고, 47일에는 $7.6\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 크게 낮아졌

Table 3. Photosynthesis by the leaf age of the oriental melon.

Day	Net photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)					Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
	1	2	3	Average	Standard deviation		
1	7.3	7.4	8.8	7.8	0.66	0.22	4.45
4	17.5	17.7	18.7	17.9	0.52	0.38	2.67
7	19.1	20.5	19.9	19.8	0.60	0.73	7.03
10	21.4	20.2	20.9	20.8	0.49	0.73	6.42
13	22.6	20.0	20.2	20.9	1.20	0.74	6.28
19	23.0	20.5	20.6	21.3	1.17	0.63	3.77
21	22.0	22.0	21.4	21.8	0.30	0.74	4.95
24	21.7	22.9	22.5	22.3	0.51	0.68	5.93
28	22.1	23.4	23.0	22.8	0.57	0.52	3.34
32	23.7	23.7	22.8	23.4	0.40	0.24	1.91
34	21.1	20.7	21.5	21.1	0.31	0.60	3.19
38	17.9	17.0	15.4	16.8	1.02	0.37	2.55
44	12.8	9.8	9.8	10.8	1.40	0.05	0.41
47	6.3	9.6	6.8	7.6	1.45	0.10	1.08

Table 4. Characteristics of the oriental melon fruit as affected by the fruiting node.

Treatments ^z	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit weight (g)	Soluble solid content (°Brix)	Unmarketable fruit (%)
HF-UW (control)	13.2 a ^y	8.5 a	503.8 a	14.3 b	1.3
HF-DW	12.6 b	8.1 a	443.7 b	13.4 c	3.9
LF-UW	12.8 b	7.9 a	448.8 b	12.9 c	3.9
LF-DW	13.4 a	8.6 a	535.8 a	15.7 a	1.3

^zHF; higher fruiting node, LF: lower fruiting node, UW: upward string, DW: downward string.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p = 0.05$.

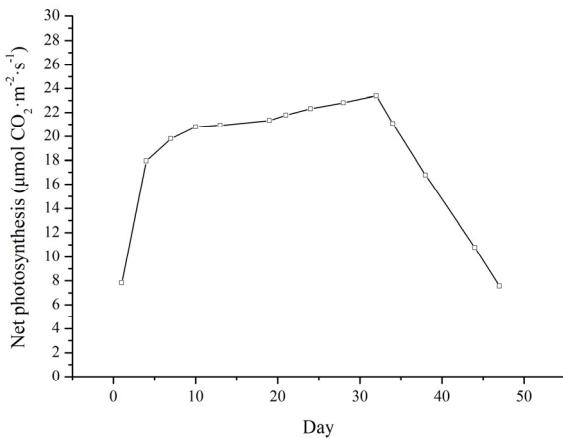


Fig. 8. Photosynthesis rate of the oriental melon.

다(Table 3, Fig. 8). 참외 고온기 수직·수경재배 시 참외 잎의 광합성능력은 잎 전개 후 32일까지는 증가하였으나, 그 이후에는 속도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이 결과는 고온기 송풍 덕트를 이용하여 재배 베드 아래에서 냉방을 함으로써 온실내부 온도가 평균 26°C로 일정하게 유지되고(Fig. 7), 포그 시스템을 통하여 습도도 일정하게 유지되어(Fig. 7) 환경이 균일하게 되었다. 또한, 고온기 강한 외부 일사로 인하여 참외 잎은 32일에 잎 전개가 완료되면서 광합성속도가 최고점에 이르게 되고, 그 이후로 광합성속도가 급격히 낮아지면서 퇴화한다는 Buchanan-Wollaston 등(1997)과 Worku 등(2007)의 주장을 뒷받침한다. 게다가, Rhee 등(2015)은 온실 내부 온도 상승으로 작물의 양분 흡수 불균형으로 인한 호흡량 증가로 광합성속도가 감소하여 생육이 억제된다고 하였다. 따라서, 고온기 참외의 적엽은 잎 전개가 완료되고 1-2주 이후에 하는 것이 참외 생육 관리에 도움이 될 것으로 판단된다.

3. 과실 특성

착과 절위별 과실 특성을 저절위 상향(LF-UW), 저절위 하향(LF-DW), 대조구인 상위절위 상향(HF-UW), 상위절위 하

향(HF-DW) 처리별로 살펴보면 과장은 12.6-13.4cm로 처리간 유의성이 있었으며, 과폭은 7.9-8.6cm로 유의성이 없었다(Table 4). 과중은 LF-UW과 HF-DW보다 LF-DW과 HF-UW이 각각 535.8g과 503.8g으로 가장 무거웠다. 당도는 12.9-15.7°Brix로 LF-UW, HF-DW, HF-UW, LF-DW 순으로 높았다(Table 4). 따라서, Lee와 Lee(1996), Hwang 등(1998), Park 등(1995)과 Park 등(2015)이 착과 절위가 높으면 과실무게는 증가하지만 당도가 낮아진다고 한 결과와 다르게 LF-UW을 제외한 나머지 처리구의 과중과 당도가 높게 나타났다. 그러나, 저절위 재배 시 대조구인 HF-UW보다 과장, 과폭, 과실무게가 비슷하거나 높게 나타났다. 또한, 소과율은 LF-DW와 HF-UW 처리구는 1.3%, LF-UW와 HF-DW 처리구는 3.9%로 나타났다(Table 4). 과실 품질은 LF 착과 시에도 과실 비대와 당도가 떨어지지 않기 때문에 LF에 착과하여 참외를 재배할 수 있음을 확인하였다. 또한, Wee 등(2018)은 과중이 생산량을 결정하는 요인이라고 하였고, Kim 등(2007)과 Lim 등(2020)은 당도가 과실 품질에 중요한 역할을 한다고 하였다. LF-DW의 과장, 과폭, 과중, 당도가 가장 높게 나타났고, HF-UW(대조구)가 LF-UW과 HF-DW 처리구 보다 과장, 과폭, 과중, 당도가 높게 나타났기 때문에 HF-UW와 LF-DW 처리구가 상품과 생산에 유리한 것으로 판단된다(Table 4). 게다가, Hwang 등(1998)과 Lee와 Lee(1996)가 LF 착과 시 생산량이 감소한다는 결과는 본 연구에서는 나타나지 않았다. 따라서, 참외의 고온기 수직·수경재배법 개발에 LF 착과와 DW 재배를 활용하면 과실 생산 시기를 앞당기는 효과로 농가 수익을 높일 수 있으며, 고온기에도 작물을 계속해서 재배할 수 있어서 시설 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 송풍 덕트를 이용하여 고온기 냉방과 수직·수경재배 시 잎의 엽령별 광합성능력과 착과 절위별 과실 특성을 분석하여 새로운 재배법 개발에 활용하고자 하였다. 참외 잎

의 엽령은 3일 간격으로 광합성능력을 측정하였고, 착과 절위는 아들덩굴 5마디 이하에서 발생하는 손자덩굴을 모두 제거하는 처리(대조구), 아들덩굴 1마디에서 발생하는 손자덩굴에 착과 처리(저절위)를 하였다. 수직재배 시 줄기 유인을 아래에서 위로 유인하는 처리(상향), 위에서 아래로 유인하는 처리(하향)로 하였다. 광합성속도는 잎 전개 후부터 꾸준히 증가하여 10일에 $20.8\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 이었고, 19일에 $21.3\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조금씩 높아지더니, 32일에 $23.4\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 높았다. 그 이후 38일에는 $16.8\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 낮아지고, 47일에는 $7.6\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 크게 낮아졌다. 착과 절위별 과실 특성은 저절위(상향), 저절위(하향), 대조구(상향), 대조구(하향)의 과장은 12.6–13.4cm로 유의성이 있었으며, 과폭은 7.9–8.6cm로 유의성이 없었다. 과중은 저절위(상향)과 대조구(하향)에 비교하여 저절위(하향) 535.8g과 대조구(상향) 503.8g으로 유의성이 높았다. 당도는 12.9–15.7°Brix로 저절위(상향)과 대조구(하향)의 유의성이 저절위(상향)과 대조구(하향) 보다 높았다. 참외 고온기 수직·수경재배 시 참외 잎의 광합성능력은 잎 전개 후 32일까지는 좋지만, 그 이후에는 속도가 떨어지는 것으로 나타났다. 과실품질은 저절위 착과 시에도 과실비대와 당도가 떨어지지 않기 때문에 저절위에 착과하여 참외를 재배할 수 있음을 확인하였다. 본연구결과는 참외의 고온기 수직·수경재배법 개발에 저절위 착과와 적엽에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

추가 주제어: 과실 특성, 송풍 덕트, 엽령, 착과 절위, 참외

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ0167610220 23)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

Literature Cited

- Bae S.G., S.K. Choi, Y.S. Shin, I.K. Yeon, and B.S. Choi 1998, Round-frame-staking cultivation increased growth and yield of oriental melon. *J Bio-Env Con* 7(Suppl II):77-81. (in Korean)
- Bot G.P.A. 1983, Greenhouse climate: From physical processes to a dynamic model. PhD Dissertation, Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
- Breuer J.J.G., and P. Knies 1995, Ventilation and cooling. In JC Bakker, GPA Bot, H Challa, NJ van der Braak, eds, Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp 179-185.
- Buchanan-Wollaston V. 1997, The molecular biology of leaf senescence. *J Exp Bot* 48:181-199. doi:10.1093/jxb/48.2.181
- Choi K.Y., E.J. Jang, H.C. Rhee, K.H. Yeo, E.Y. Choi, I.S. Kim, and Y.B. Lee 2015, Effect of root zone cooling using the air duct on temperatures and growth of paprika during hot temperature period. *Protected Hort Plant Fac* 24:243-251. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2015.24.3.243
- Fernandez J.E., and B.J. Bailey 1992, Measurement and prediction of greenhouse ventilation rates. *Agric For Meteorol* 58:229-245. doi:10.1016/0168-1923(92)90063-A
- Fernandez J.E., and B.J. Bailey 1994, The influence of fans on environmental conditions in greenhouses. *J Agric Eng Res* 58:201-210. doi:10.1006/jaer.1994.1049
- Hwang Y.H., K.H. Cho, G.W. Song, W.K. Shin, and B.R. Jeong 1998, Effect of pinching and fruit setting, and planting density on fruit quality and yield of muskmelon cultured by deep flow technique. *J Bio Fac Env* 7:219-225. (in Korean)
- Jeong I.S., C.G. Lee, L.H. Cho, S.Y. Park, M.J. Kim, S.J. Kim, and D.H. Kim 2020, Development and validation of inner environment prediction model for glass greenhouse using CFD. *Protected Hort Plant Fac* 29:285-292. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2020.29.3.285
- Jun H.J., and I.H. Jo 2002, Changes of nutrient contents of circulating solution in three different new hydroponics for oriental melons (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.). *J Bio-Env Con* 11:168-174. (in Korean)
- Jun H.J., Y.S. Shin, and J.K. Suh 2012, Soil EC and yield and quality of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.) as affected by fertigation. *J Bio-Env Con* 21:186-191. (in Korean)
- Kim T.Y., K.D. Kim, I.H. Cho, E.Y. Nam, Y.I. Nam, Y.H. Woo, and B.H. Mun 2004, Improving the distribution of temperature by a double air duct in the air-heated plastic greenhouse. *J Bio-Env Con* 13:162-166. (in Korean)
- Kim Y.H., B.H. Hwang, and J.K. Kim 2007, Changes in soluble and transported sugars content and activity of their hydrolytic enzymes in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit during development and senescence. *Korean J Hortic Sci Technol* 25:89-96. (in Korean)
- Lee D.S., J.K. Kwon, S.W. Yun, S.Y. Lee, M.T. Seo, H.J. Lee, S.G. Lee, and T.G. Kang 2021, Comparison of yield and workload depending on stem training methods in oriental melon hydroponics. *J Bio-Envin Control* 30:377-382. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2021.30.4.377
- Lee S.G., and W.S. Lee 1996, Effects of fruit-set position and number of fruits set per plant on netting, fruit quality and fruit weight in netted melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*). *Agric Res Bull Kyungpook Natl Univ* 14:61-65. (in Korean)
- Lim M.Y., S.H. Choi, H.J. Jeong, and G.L. Choi 2020, Characteristics of domestic net type melon in hydroponic spring cultivars using coir substrates. *Hortic Sci Technol* 38:78-86. doi:10.7235/HORT.20200008
- Park D.K., Y.C. Um, J.H. Lee, and H.T. Kim 1995, Effect of

- fruiting position on harvest time, yield and quality of oriental melon in protected cultivation. *J Korean Soc Hortic Sci* 13:60-61. (in Korean)
- Park E.J., G.B. Lee, Y.G. Park, J.M. Suh, and J.S. Kang 2015, Influence of fruit set internode on seed germination and seeding vigor in watermelon. *J Environ Sci Int* 24:1673-1679. (in Korean) doi:10.5322/JESI.2015.24.12.1673
- Park S.H., J.P. Moon, J.K Kim, and S.H. Kim 2020, Development of fog cooling system and cooling effect in greenhouse. *Protected Hort Plant Fac* 29:265-276. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2020.29.3.265
- Rhee H.C., G.L. Choi, K.H. Yeo, M.W. Cho, and I.W. Cho 2015, Effect of fog-cooling on the growth and yield of hydroponic paprika in grown summer season. *Protected Hort Plant Fac* 24:258-263. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2015.24.3.258
- Sase S., T. Takakura, and M. Nara 1984, Wind tunnel testing on airflow and temperature distribution of a naturally ventilated greenhouse. *Acta Hortic* 148:329-336. doi:10.17660/Acta Hortic.1984.148.42
- Shim S.Y., S.W. Lee, L.W. Lim, and J.H. Ju 2003, Development of fertigation culture method of oriental melon. *Gyeonggi-do Agric Res Exten Serv Center, Hortic Res Rept*, pp 345-349. (in Korean)
- Wang S., T. Boulard, and R. Haxaire 2000, Measurement and analysis of air speed distribution in a naturally ventilated greenhouse. *Acta Hortic* 534:277-284. doi:10.17660/Acta Hortic.2000.534.32
- Wee W.C., K.S. Lai, C.L. Kong, and W.S. Yap 2018, Impact of within-row plant spacing and fixed fruit setting on yield and quality of rockmelon fruit cultivated by drip irrigation in a greenhouse. *Hortic Sci Technol* 36:172-182. doi:10.12972/kjhst.20180018
- Worku M., M. Banziger, G.S. Erley, D. Friesen, A.O. Diallo, and W.J. Horst 2007, Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. *Crop Sci* 47:519-528. doi:10.2135/cropsci2005.05.0070
- Yeo K.H., I.H. Yu, G.L. Choi, S.C. Lee, J.H. Lee, K.S. Park, J.S. Lee, and K. Bekhzod 2016, Effects of modified installation methods of roof ventilation devices in the single-span plastic greenhouses on yield and fruit quality of oriental melon. *Protected Hort Plant Fac* 25:334-342. (in Korean)
- Yeo K.H., S.H. Park, I.H. Yu, H.J. Lee, S.H. Wi, M.C. Cho, W.M. Lee, and Y.C. Huh 2021, Cultivation demonstration of paprika (*Capsicum annuum* L.) cultivars using the large single-span plastic greenhouse to overcome high temperature in south Korea. *J Bio-Env Con* 30:429-440. (in Korean) doi:10.12791/KSBC.2021.30.4.429
- Yu I.H., N.K. Yun, M.W. Cho, H.R. Ryu, and D.G. Moon 2014, Development of CFD model for analyzing the air flow and temperature distribution in greenhouse with air-circulation fans. *CNU J Agric Sci* 41:461-472. (in Korean) doi:10.7744/cnujas.2014.41.4.461