

## 지붕 환기팬이 설치된 단동 플라스틱 온실에서 개선된 측창형태가 하우스 내 온도 및 참외 수량에 미치는 영향

유인호\* · 조명환 · 류희룡 · 신영안

국립원예특작과학원 시설원예연구소

### Effects of an Improved Side Vent on Yield of Oriental Melon and Temperature in Single-span Plastic Greenhouse with Roof Ventilation Fans

In Ho Yu\*, Myeong Whan Cho, Hee Ryong Ryu, and Young An Shin

Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman, 52054, Korea

**Abstract.** In this study, the method to attach plastic film on the side vent from inside of greenhouse for the entire length was developed as the way to make crops less stressful while uniformly getting outside air into the greenhouse when ventilating using roof ventilation fans at single-span plastic greenhouse for oriental melon in a low-temperature period. The plastic film was installed from ground to 10cm below from the height where side vent is fully opened. In order to verify that the improved side vent can improve greenhouse environment and fruit yield, it was compared with the control plot of conventional side vent. Both greenhouses were not ventilated until February 25th, 2017. Air temperature in both greenhouses exceeded 40°C in mid February. Therefore, it is judged that the greenhouse should be ventilated from mid February. Air temperature in the control plot exceeded 30°C from late April. Therefore, it is judged that the plastic film attached to the inside of side vent should be removed in late April, or in early May at the latest. Soil temperature in the treatment plot in the mid April exceeded 20°C, which is suitable for growth, while that in the control plot was still below 20°C. Soil temperature in the control plot finally exceeded 20°C in late April. The consumption of electricity was 47.2 kWh in the treatment plot, and 48.3 kWh in the control plot, which was no significant difference. The marketable yield of oriental melon in the treatment plot was 5,094kg, which was 23.9% more than that in the control plot, 4,113kg. The marketable fruit ratio was 73.5% in the treatment plot, and that in the control plot was 73.9%, which was no significant difference.

**Additional key words :** air inlet, marketable yield, negative pressure, ventilation

## 서 론

우리나라의 참외 재배면적은 2015년 현재 5,438ha이며, 생산량은 161,100톤이다. 노지재배 면적은 133ha, 시설재배 면적은 5,305ha로 참외 재배면적의 98%가 시설재배 형태를 띠고 있다. 지역별 시설재배 면적을 살펴보면 경북 4,639ha, 대구 316ha로 참외 시설재배 면적의 93%가 대구·경북지역에 집중되어 있다(MAFRA, 2016). 일반적인 참외 하우스는 길이 100m, 동고 2.5m, 폭 6m 내외의 터널형 1중 구조를 갖고 있다(Lee 등, 2015). 단동 비닐하우스는 동절기나 이른 봄 재배 시 보온을 우

선시하여 온도관리를 하는데, 일사량이 많은 계절에는 실내기온 상승으로 작물이 고온장애를 받을 수 있기 때문에 적절한 고온대책이 필요하다(Yeo 등, 2016).

온실 환기방법에는 풍압력 및 실내외 기온차를 이용하는 자연환기와 환기팬 등의 기계적인 장치를 이용하는 강제 환기법이 있는데, 온실의 구조나 경제성을 고려하여 대부분 자연환기에 의존하고 있다(Nam과 Kim, 2011; Nam 등, 2012). 가장 경제적인 환기방법인 자연 환기 성능을 극대화하기 위해서는 측창과 함께 지붕 환기시설의 설치가 필요하나 단동 비닐하우스의 경우 천창의 설치가 어려운 구조로 되어 있고 조립, 해체, 이동시 지붕 환기장치의 설치가 용이하지 않아 측창만을 설치하여 운영하는 농가가 많다(Nam and Kim, 2011). 최근 단동하우스의 지붕 환기장치를 설치하는 농가가 증가하는 추세로 충남지역의 토마토 재배 온실에서 천창을 설

\*Corresponding author: [ihyu2003@korea.kr](mailto:ihyu2003@korea.kr)

Received September 08, 2017; Revised October 10, 2017;

Accepted October 11, 2017

치한 농가가 전체 단동 온실의 32%에 이르고 1996년 성주지역의 참외재배농가의 경우 84%가 하우스 측창 환기와 하우스 중앙 상부에 환기통을 설치하여 일찍부터 지붕 환기를 사용한 것으로 조사되었다(Nam 등, 2012).

Yeo 등(2016)이 지붕 환기장치 설치방법 개선에 의한 상품수량을 비교한 연구에 의하면, 개선 지붕 환기팬과 개선 지붕 환기통 설치 하우스에서의 10a당 상품수량이 8,391kg, 7,238kg으로 나타나 환기팬 처리구에서 수량이 더 많았다. 고온기에 하우스 내 기온을 낮추기 위해서 단동 비닐하우스 지붕에 환기팬을 설치하는 농가가 늘어나고 있는데, 외기온이 높은 시기뿐만 아니라 낮은 시기에 낮 동안에는 하우스 내 기온이 높기 때문에 환기가 필요하다. 이 때 측창을 열어 환기를 할 경우 찬 바깥 공기가 작물에 직접 닿아 작물이 스트레스를 받을 수 있다. 측창은 열지 않고 지붕 환기팬을 이용하여 환기를 하는 것이 작물생육에는 유리하지만, 이 경우 하우스 외부로부터 들어오는 공기는 없고 하우스 내부의 공기만 뽑아내기 때문에 하우스 내부에 부압이 발생하게 된다. 따라서 저온기에 지붕 환기팬을 효율적으로 활용하기 위해서는 작물에 스트레스를 적게 주면서 바깥 공기를 하우스 내부로 균일하게 유입할 수 있는 방법이

필요하다.

본 연구에서는 이를 위한 경제적인 방법으로 하우스 전체길이에 대해 측창 안쪽부분에 비닐을 부착하는 방법을 개발하였다. 지면으로부터 측창이 최대한 열렸을 때 높이의 10cm 아래까지 비닐을 설치하였다. 즉, 하우스 측면 높은 위치에 폭 10cm의 공기 유입구를 만들어줌으로써 하우스 내로 유입된 찬 바깥 공기가 작물에 직접 닿지 않고 지붕 환기팬을 통해 하우스 밖으로 빠져나가도록 하였다. 개선된 측창형태와 관행의 측창형태를 가진 하우스에서 참외를 재배하고 측창 개선 여부에 따른 하우스 내 환경과 참외 수량을 비교 분석하였다.

### 재료 및 방법

본 실험은 2016년 12월 26일부터 2017년 6월 30일까지 경북 고령군 운수면에 위치한 참외재배 단동 플라스틱 온실에서 수행되었다. 하우스는 동서방향(E-W)으로 폭 5.6m, 측고 1.1m, 동고 2.2m, 길이 108m, 하우스 간 거리는 1.5m이었다. 하우스는 1중 구조로 되어 있으며 PO필름으로 피복되었다.

본 연구에서는 작물에 스트레스를 적게 주면서 바깥

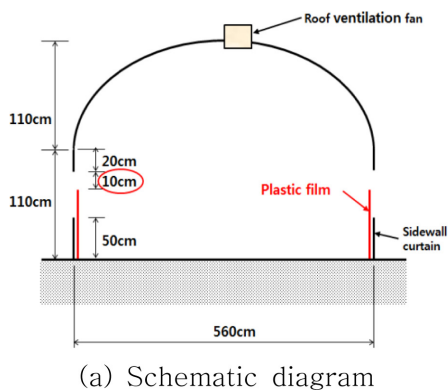


Fig. 1. Improved side vent.



Fig. 2. Experimental plots.

공기를 하우스 내부로 균일하게 유입하기 위하여 측창부분을 개선하여 하우스 전체길이에 대해 측창 인쪽부분에 비닐을 부착하는 방법을 개발하였다. Yu 등(2017)은 측창이 최대한 열렸을 때의 높이 아래로 10cm, 20cm, 30cm 폭의 공기 유입구를 가진 각각의 단동 하우스에 대해 기온분포를 시뮬레이션한 결과, 폭 10cm 처리에서 하우스 내로 유입된 바깥 공기가 작물에 직접 닿지 않고 지붕 환기팬을 통해 하우스 밖으로 빠져나가는 것으로 보고하였다. 따라서 지면으로부터 측창이 최대한 열렸을 때 높이의 10cm 아래까지 비닐을 설치하였다. 즉, 하우스 측면 높은 위치에 폭 10cm의 공기 유입구를 만들었다(Fig. 1). 개선된 측창형태가 하우스 내 환경과 참외 수량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 개선 측창형태와 관행 측창형태의 2가지 시험구를 두고 실험을 수행하였다(Fig. 2).

환기방식은 측창환기와 지붕 환기팬을 동시에 사용하는 형태이며, Yeo 등(2016)의 연구에서와 같이 지붕 환기팬(ARV-400, Deadong Inc., Korea)을 15m 간격으로 하우스 1동당 7대를 설치하였다. 지붕 환기팬의 최대풍량은 38m<sup>3</sup>/min이며 소비전력은 115W이다. 측창 및 지붕 환기팬 제어를 위해 자동 개폐기(SJHM012-T01, STM, Korea)를 설치하여 개폐온도를 32°C로 설정하여 자동제어(ON/OFF제어) 되도록 하였다. 1회당 작동시간을 10초, 작동과 작동사이의 기다림 시간을 저온기(2~4월)에는 300초, 고온기(5~6월)에는 60초로 설정하였다.

공시품종은 ‘해맑은’을 ‘천하장사’ 대목에 접목하여 사용하였으며, 45cm 간격으로 2016년 12월 26일에 정식하였다. 250cm 이랑에 고랑 40cm 넓이로 두 이랑을 만든 후 분수호스를 한 이랑에 2줄로 설치하고 녹색비닐(0.025mm)로 멀칭하였다. 야간의 보온을 위하여 하우스 내에 소형터널을 설치하고 두께 0.03mm의 터널용 플라스틱 필름과 15온스의 다겹보온덮개를 3월 31일까지 덮어서 무가운 재배하였다. 저온기에는 낙과방지 및 착과

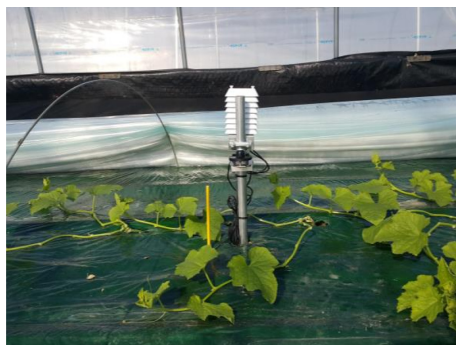
촉진을 위해 토마토톤(4-CPA)을 100배로 희석하고, 지베렐린(GA3, Gibberellic acid 3.1%, 동부팜한농) 50ppm(1.6g/L)을 혼용하여 개화당일 자방에 1회 분무 처리하였고, 3월 중순부터는 벌을 방사하여 과실의 착과에 이용하였다. 참외는 세력이 비슷한 2개의 아들덩굴을 유인하여 대칭적으로 배치하고 16~17마디에서 적심한 후 아들덩굴 5마디 이상에서 나온 손자덩굴에 착과시켰다.

측창형태별 참외 수량 및 상품과율을 분석하기 위해 매주 1회 과실 중량과 과실 수를 조사하였다. 상품과는 한 개당 과중이 140~550g으로서 생리장해가 없고 병충해 피해가 없는 과실로 분류하고 전체 조사과실 수에 대한 상품과실 수의 비율로 상품과율(%)을 계산하였다.

측창형태별 하우스 내부 기상환경을 분석하기 위해 2017년 1월 26일부터 2017년 6월 30일까지 하우스 내·외부 기온 및 상대습도, 지온, 일사량(광합성광량자속밀도, PPF)을 측정하였다. 작물 부근의 기상환경을 측정하기 위하여 보온터널 내부인 지상 30cm 높이에 기온 및 상대습도 계측 센서를 설치하였다. 지온을 측정하기 위해 지하 10cm 깊이에 지온센서를, 일사량 계측을 위해 지상 20cm 높이에 센서를 설치하였다(Fig. 3). 일사량은 쿼텀센서(#3668I, Spectrum Technologies Inc., USA)를, 지온은 온도센서(#3667-20, Spectrum Technologies Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 기온 및 상대습도는 데이터로거(#3688 WD1, Spectrum Technologies Inc., USA)에 내장된 센서를 이용하였으며, 30분 간격으로 데이터를 저장하였다. 측창형태별 전기사용량의 차이를 알아보기 위하여 각 하우스마다 전기 계량기를 설치하여 매달 1일에 계량기 값을 읽어 한 달 동안의 전기사용량을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

측창형태에 따른 하우스 내 기상환경을 분석하기 위해



(a) Inside



(b) Outside

Fig. 3. Sensor installation.

기온 및 상대습도, 지온, 일사량 등을 측정하였다. 측정 데이터를 순별(10일 간격)로 시간대별 평균값을 구하여 두 시험구의 기상환경을 비교분석하였다. Fig. 4는 2월 중순 낮 동안의 평균 일사량변화를 나타내고 있다. 외부 일사량은 하루 중 13시경 평균  $1,381\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 대조구에서의 일사량이 약간 높았으나 실험을 시작하기 전에 두 하우스의 피복재를 PO필름으로 교체했기 때문에 두 시험구 간 차이는 크지 않았다. 일출 후에도 오전 9시까지의 하우스 내 일사량이 0을 나타냈는데, 이는 보온을 위하여 다겹보온덮개를 오전 9시까지 덮어두었기 때문이다. 또한 하루 중 두 시험구 모두 특정 시간대(12:30~13:30)에 일사량이 급격히 낮아지는 현상이 나타났는데, 이는 지붕 환기팬에 의해 빛이 차단되었기 때문이다.

2016년 12월 26일 참외를 정식한 후 활착과 초기 생육을 촉진하기 위하여 2017년 2월 25일까지는 두 시험

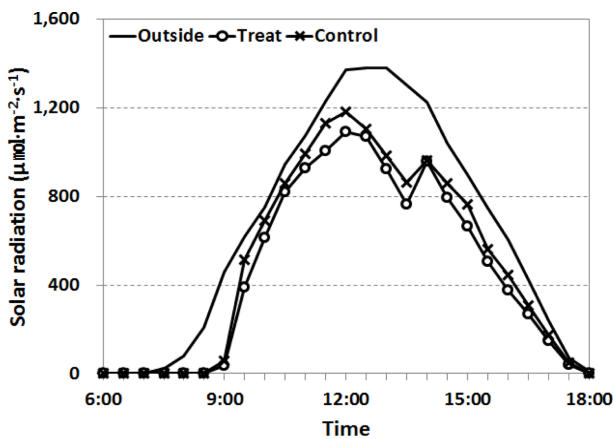
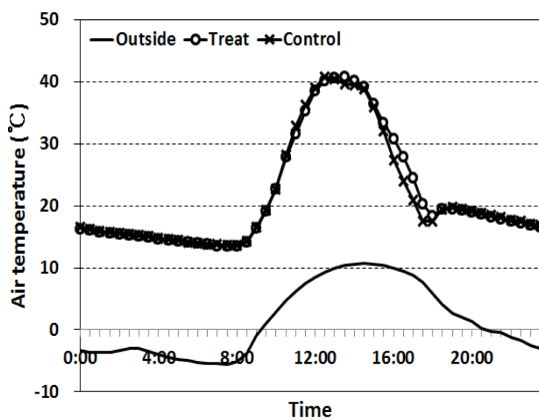
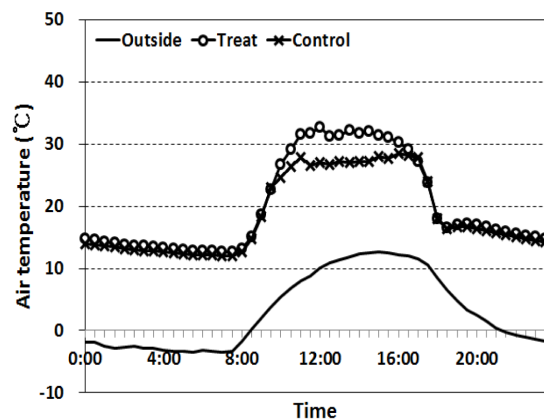


Fig. 4. Diurnal changes of average solar radiation in experimental plots in mid February.



(a) Before (in mid February)



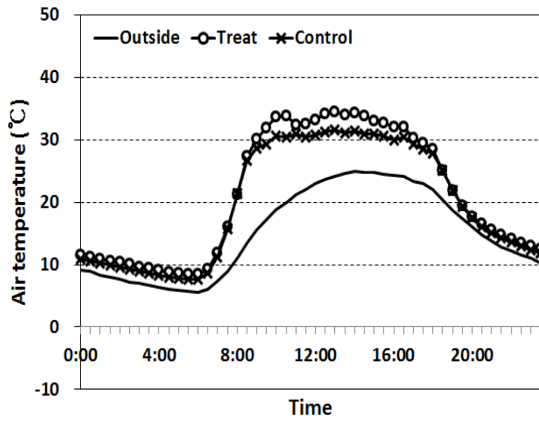
(b) After (in early March)

Fig. 5. Diurnal changes of average air temperature in experimental plots before and after starting ventilation.

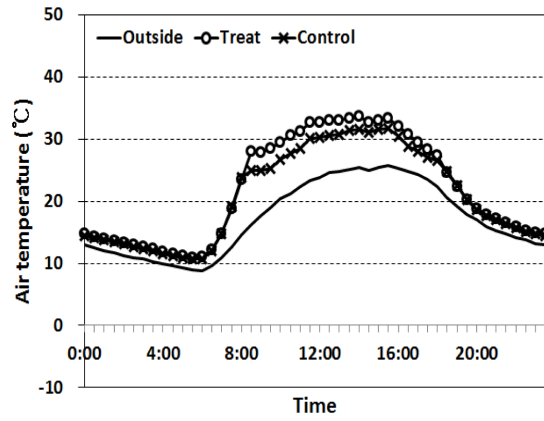
구 모두 환기를 하지 않았다. Fig. 5는 환기를 시작하기 전과 후인 2월 중순과 3월 상순의 평균 기온 변화를 나타내고 있다. 환기를 시작하기 전인 2월 중순에는 기온이 두 시험구 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 환기를 시작한 후인 3월 상순에는 두 시험구 간 기온차가 최대  $5.6^{\circ}\text{C}$ 까지 크게 나타났다. 처리구의 경우는 지면으로부터 측창 상한선의 10cm 아래까지 측창 안쪽부분에 비닐을 부착하여 공기 유입구를 높였기 때문에 하우스 내로 유입된 찬 바깥 공기가 작물 부근까지 내려오지 않고 지붕 환기팬을 통해 하우스 밖으로 빠져나가서 기온 하강이 적은 반면에 대조구의 경우는 하우스 치마높이의 낮은 높이에서 바깥 공기가 들어오기 때문에 환기로 인한 기온 하강이 크게 나타났다. 참외는 고온성 작물로서 낮 기온  $30^{\circ}\text{C}$  전후에서 생육이 왕성하다(RDA, 2001). 2월 중순 하우스 내 기온은 11시30분에  $36^{\circ}\text{C}$ 를 넘어서기 시작해서 특히 12시부터 14시 사이에는  $40^{\circ}\text{C}$  이상을 나타내 작물의 생육에 지장을 줄 수 있을 정도로 지나치게 높게 유지되었다. 따라서 외기온이 최고  $10^{\circ}\text{C}$  밖에 안 될 정도로 매우 낮더라도 2월 중순부터는 하우스 환기를 시작해야 할 것으로 판단된다. 3월 상순의 하우스 내 기온 변화를 살펴보면, 처리구에서의 기온이 대조구에 비해 10시30분부터 16시30분 사이에  $1.0\sim 5.6^{\circ}\text{C}$  높게 유지되었다. 처리구에서는 낮 동안에 참외 생육에 적당한  $30^{\circ}\text{C}$  내외의 기온으로 유지되었다. 그러나 대조구에서는 찬 바깥 공기가 낮은 높이에서 하우스 내부로 유입되기 때문에 참외 생육 적온보다  $2\sim 4^{\circ}\text{C}$  낮은  $26\sim 28^{\circ}\text{C}$  정도로 유지되었다.

Fig. 6은 4월 하순과 5월 상순의 평균 기온 변화를 나타내고 있다. 대조구에서의 낮 동안 하우스 내 기온이 4월 중순까지는 참외 생육 적온인  $30^{\circ}\text{C}$ 에 이르지 못했지만 4월 하순부터는  $30^{\circ}\text{C}$ 를 넘어서는 것으로 나타났다.

지붕 환기팬이 설치된 단동 플라스틱 온실에서 개선된 측창형태가 하우스 내 온도 및 참외 수량에 미치는 영향

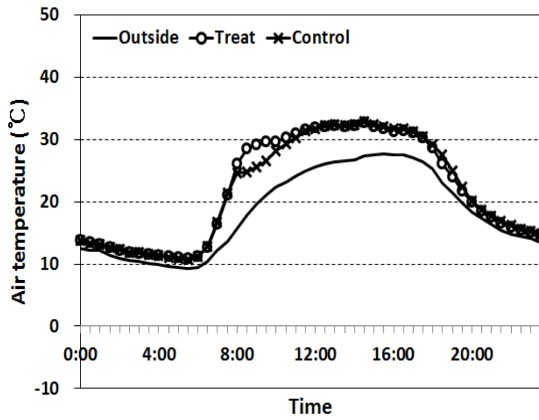


(a) in late April

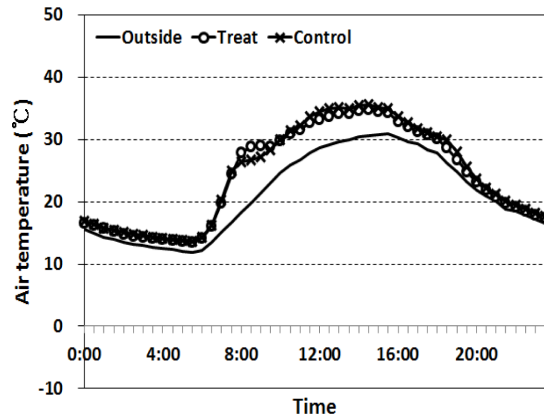


(b) in early May

Fig. 6. Diurnal changes of average air temperature in experimental plots.



(a) in mid May



(b) in late May

Fig. 7. Diurnal changes of average air temperature in experimental plots.

4월 하순에 10시부터 16시 사이의 하우스 내 기온이 대조구에서는 30.4~31.6°C를, 처리구에서는 32.0~34.4°C를 나타냈다. 그러므로 저온기에 찬 바깥 공기가 작물에 직접 닿는 것을 막기 위하여 측창 안쪽부분에 부착한 비닐을 4월 하순, 늦어도 5월 상순에는 제거해야 할 것으로 판단된다.

Fig. 7은 5월 중순과 하순의 평균 기온 변화를 나타내고 있다. 본 실험에서는 5월 16일에 비닐을 제거하였는데, 5월 중순에 비닐을 제거함으로써 공기가 유입되는 높이가 같아졌기 때문에 두 시험구 간에 기온차가 거의 없는 것으로 나타났다. 5월 하순에는 두 시험구 모두에서 낮 기온이 36°C까지 상승하는 것으로 나타나 이후부터는 지붕 환기팬과 측창환기만으로 하우스 내 기온을 참외 생육 적온으로 유지하는 것은 불가능한 것으로 판단된다.

Fig. 8은 3월 상순의 평균 상대습도변화를 나타내고 있다. 일반적으로 참외의 생육에 적당한 상대습도는 60~80% 정도로 알려져 있는데(Kang 등, 2006), 대조구에서는 낮 동안 상대습도가 지나치게 낮은 것을 알 수 있다. Saito 등(1983)도 봄철에 작물생육을 저해하는 주요한 요인 중의 하나로 낮 동안 상대습도의 저하를 들고 있다. Fig. 5(b)에 나와있는 바와 같이 하우스 내부 기온이 10시부터 급격하게 상승하면서 상대습도는 급격하게 낮아지기 시작했다. 대조구에서의 상대습도가 처리구에 비해 낮게 유지되었으며, 최대 14%까지 차이가 나타났다. 이는 대조구에서는 공기 유입구 높이가 낮아서 습도가 낮은 바깥 공기가 작물 부근으로 바로 유입되었기 때문으로 판단된다.

참외의 뿌리가 신장할 수 있는 온도 범위는 최저 8°C에서 최고 40°C까지 알려져 있고 뿌리의 생육 적온은

20~25°C 범위이다(RDA, 2001). Fig. 9는 환기를 시작하기 전과 후인 2월 중순과 3월 상순의 평균 지온 변화를

나타내고 있다. 지온은 10시경 가장 낮고 16시경이 가장 높게 나타났다. 2월 중순에는 오후에만 대조구가 약간 높았으나 차이가 거의 없었다. 그러나 환기를 시작한 후인 3월 상순에는 처리구에서의 지온이 대조구에 비해 0.8°C 정도 높았으며, 밤에도 그 차이는 지속되는 것으로 나타났다. 측창 안쪽부분에 비닐을 부착하여 공기 유입구를 높인 처리구에서의 기온이 대조구에 비해 낮 동안(10시30분~16시30분)에 1.0~5.6°C 정도로 높게 유지되었기 때문에 지온 역시 처리구에서 더 높게 나타난 것으로 판단된다. 두 시험구 모두 지온이 환기를 시작하기 전인 2월 중순에는 20°C 내외로 유지가 되었으나 환기를 시작한 3월 상순에는 두 시험구 모두 지온이 20°C 미만으로 유지되었다. 따라서 환기가 이루어지더라도 지온을 20°C 이상으로 확보할 수 있는 대책이 필요할 것으로 판단된다.

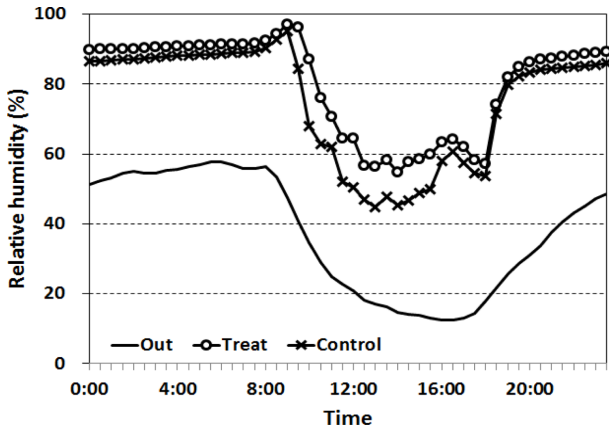
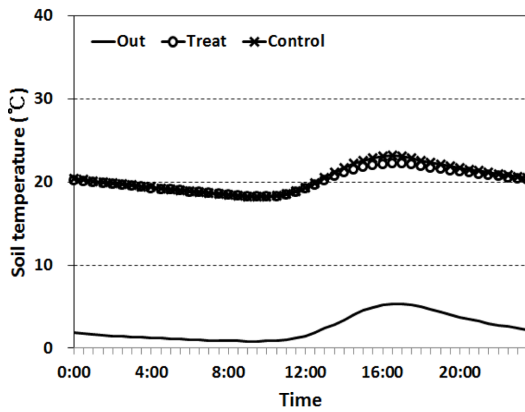
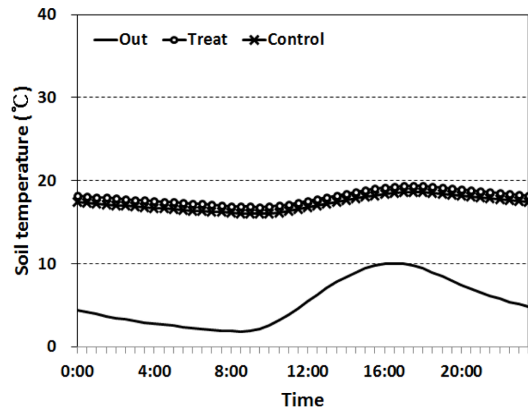


Fig. 8. Diurnal changes of average relative humidity in experimental plots in early March.

Fig. 10은 4월 중순과 하순의 평균 지온 변화를 나타내고 있다. 3월 상순 이후 시간이 흐를수록 두 시험구

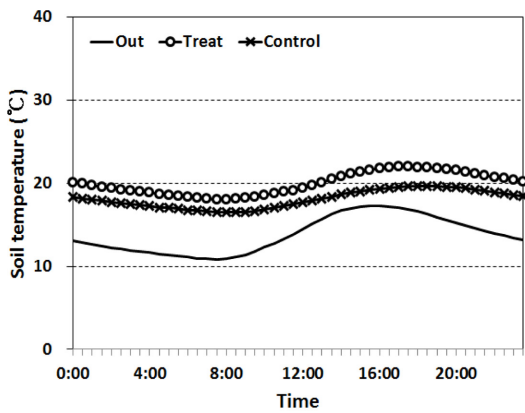


(a) Before (in mid February)

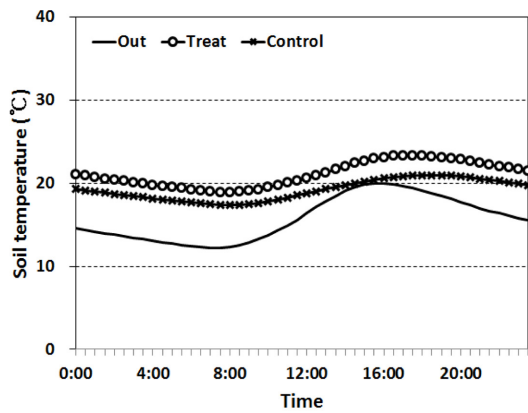


(b) After (in early March)

Fig. 9. Diurnal changes of average soil temperature in experimental plots before and after starting ventilation.



(a) in mid April



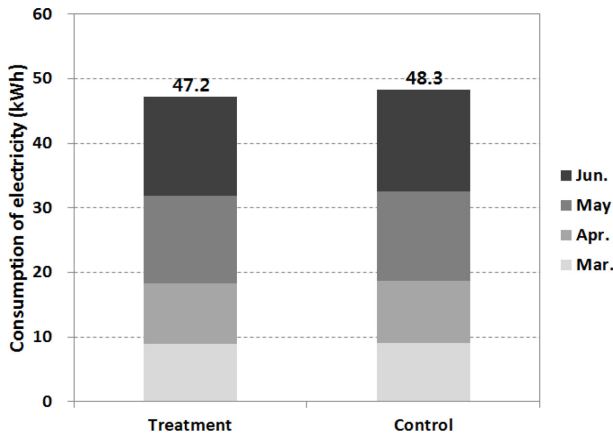
(b) in late April

Fig. 10. Diurnal changes of average soil temperature in experimental plots.

지붕 환기팬이 설치된 단동 플라스틱 온실에서 개선된 측창형태가 하우스 내 온도 및 참외 수량에 미치는 영향

**Table 1.** The yield of oriental melon ‘Haemalgeun’ in experimental plots.

Side vent type	Marketable yield (kg/10a), (Marketable fruit ratio (%))			
	April	May	June	Total
Treatment	1,622 (82.6)	1,426 (71.7)	2,045 (69.3)	5,094 (73.5)
Control	1,357 (85.6)	1,169 (72.4)	1,586 (68.1)	4,113 (73.9)



**Fig. 11.** Consumption of electricity in experimental plots.

간 지온차는 점점 더 커졌으며, 4월 하순에는 처리구에서의 지온이 최대 2.6°C까지 높게 나타났다. 4월 중순에 처리구에서의 지온은 생육 적온 범위인 20°C를 넘어선데 비해 대조구에서는 여전히 20°C보다 낮게 나타났다. 4월 하순이 되어서야 대조구에서의 지온도 20°C를 넘어서는 것으로 나타났다.

Fig. 11은 측창형태별 3월부터 6월까지의 전기사용량을 나타내고 있다. 측창 개선 여부에 따른 전기사용량을 살펴보면 처리구 47.2kWh, 대조구 48.3kWh로 두 시험구 간에 큰 차이가 없었다. 전기사용량은 시간이 흐를수록 많아졌는데, 이는 기온이 높아지면서 지붕 환기팬의 가동시간이 늘어났기 때문으로 판단된다.

측창 개선 여부에 따른 참외 상품수량과 상품과율을 조사한 결과(Table 1), 상품수량은 처리구 5,094kg, 대조구 4,113kg으로 대조구에 비해 처리구에서 23.9% 많았으나 상품과율은 처리구 73.5%, 대조구 73.9%로 차이가 없는 것으로 조사되었다.

## 적 요

본 연구에서는 저온기에 참외재배 단동 플라스틱 온실에서 지붕 환기팬을 이용하여 환기할 때 작물에 스트레스를 적게 주면서 바깥 공기를 하우스 내부로 균일하게 유입할 수 있는 방법으로 하우스 전체길이에 대해 측창

안쪽부분에 비닐을 부착하는 방법을 개발하였다. 지면으로부터 측창이 최대한 열렸을 때 높이의 10cm 아래까지 비닐을 설치하였다. 측창 개선에 의한 온실 환경 개선 및 참외 수량증대 효과를 검증하기 위하여 개선 측창형태와 관행의 측창형태를 비교하였다. 2017년 2월 25일까지는 두 시험구 모두 환기를 하지 않았는데, 2월 중순 하우스 내 기온이 40°C를 넘어섰다. 따라서 2월 중순부터는 하우스 환기를 시작해야 할 것으로 판단된다. 대조구에서의 기온이 4월 하순부터 30°C를 넘어섰다. 그러므로 측창 안쪽에 부착한 비닐을 4월 하순, 늦어도 5월 상순에는 제거해야 할 것으로 판단된다. 4월 중순에 처리구에서의 지온은 생육 적온 범위인 20°C를 넘어선데 비해 대조구에서는 여전히 20°C보다 낮게 나타났다. 4월 하순이 되어서야 대조구의 지온도 20°C를 넘어서는 것으로 나타났다. 전기사용량은 처리구 47.2kWh, 대조구 48.3kWh로 처리 구 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 처리구에서의 참외 상품수량은 5,094kg으로 대조구 4,113kg에 비해 23.9% 많았다. 상품과율은 처리구 73.5%, 대조구 73.9%로 차이가 없었다.

**추가 주제어 :** 공기 유입구, 부압, 상품수량, 환기

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0119 7202)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

- Kang, K.Y., H.C. Rhee, and Y.H. Choi. 2006. Physiology and culture of tomato. Donga Press, Busan, Korea.
- Lee, J.E., Y.S. Shin, H.W. Do, H.R. Sohn, J.D. Cheung, and M.K. Kim. 2015. Changing environment of plastic film house by light interruption materials in Korean melon during summertime. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33(Suppl. II):102 (in Korean).
- Ministry for Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2016. The status of the greenhouse and production records for vegetable crops in 2015. ed. MAFRA, Sejong, Korea (in Korean).

- Nam, S.W. and Y.S. Kim. 2011. Analysis on the ventilation performance of single-span tomato greenhouse with roof windows. *J. Bio-Env. Con.* 20(2):78-82 (in Korean).
- Nam, S.W., Y.S. Kim, G.H. Ko, and I.M. Sung. 2012. Analysis on the installation criteria and ventilation effect for round roof windows in single-span plastic greenhouses. *CNU J. Agr. Sci.* 39(2):271-277 (Korean).
- Rural Development Administration(RDA). 2001. Standard farming manual-oriental melon. ed. RDA, Jeonju, Korea (in Korean).
- Saito, T. 1983. Basic physiology and practical technique of tomato. 4th ed. Rural Culture Association, Tokyo, Japan.
- Yeo, K.H., I.H. Yu, G.L. Choi, S.C. Lee, J.H. Lee, K.S. Park, J.S. Lee, and Khoshimkhujjev 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 Horticulture and Plant Factory.* 25(4):334-342 (in Korean).
- Yu, I.H., M.W. Cho, H.R. Ryu, and Y.A. Shin. 2017. Development of technology for improving the utilization efficiency of roof ventilation fan in single-span plastic greenhouse during low temperature season. *RDA Annual report.* ed. RDA, Jeonju, Korea (in Korean).