

천정 개방형 환기창의 자연환기효과 Natural Ventilation Effect of The Rooftop Vent Greenhouse

이시영* · 김학주 · 전 희 · 염성현*

농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장

Lee, S.Y.* · Kim, H.J. · Chun, H. · Yum, S.H.*

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

**National Institute of Agricultural Engineering, RDA, Suwon 441-587, Korea*

서 론

대규모 원예시설은 활용도를 최대한 높이기 위해 주년재배가 필수적이라고 할 수 있겠지만 우리나라 온실은 대부분 겨울철과 같은 저온기에 재배하는 것을 주목적으로 하고 있어 보온이나 난방을 하여 적극적으로 활용하고 있는 반면, 고온기에는 냉방에 소요되는 에너지가 난방에 비해 3배 이상으로 많이 소요되므로 온실의 활용도가 떨어지게 된다. 여름철에는 환기창을 완전개방하고 차광망을 이용하여 온실 내부 기온을 낮추려고 노력하는 것이 일반적이지만 외부 기온이 낮아도 일사량이 많아 온실 내부 기온이 30~40℃ 이상의 고온으로 올라가는 봄, 가을과 같은 계절에는 환기창을 적절하게 개폐제어하는 정밀한 온도관리가 필요하다. 이 등(2000)은 자연환기창은 측창의 경우 3Way 방식이나 권취식, 프로젝트 방식 등의 다양한 방식으로 개폐하고 있으나 천창의 경우는 길이방향으로 길게 연속형인 환기창을 랙앤피니언으로 프로젝트 방식으로 밀어올려 열거나 끌어내려 닫는 형태가 주로 이용된다고 하였다. 또한 일본, 벨기에 등 외국에서는 환기팬, 유동팬 등에 소비되는 에너지를 최대한 줄이기 위해 자연환기를 이용할 수 있는 온실 모델로 천정 부위를 개방하여 지붕면 전체를 양쪽으로 들어올려 개방하는 retractable roof 온실과 천정 부위를 힌지로 하고 지붕면 안쪽으로 밀어 완전히 개방하는 cabriolet 온실 등 환기면적을 극대화시킨 형태의 온실이 개발되기도 하였다.

환기창의 형태에 따른 환기효과에 관해서 김 등(1996)은 환기창의 개폐각이 큰 양지붕형 온실의 환기횟수가 11.7회/hr로 아치형 온실 환기창의 7.4회/hr보다 높게 나타났다고 하였고, 이 등(2001)은 천창과 측창의 면적이 같을 때의 환기성능이 최대이며 측창이 없고 천창만 설치한 경우는 환기성능이 1/3로 줄어든다고 하였다.

본 연구에서는 대면적의 다연동 온실에서 환기팬이나 내부 유동팬 등의 강제환기에 소요되는 에너지를 최소화하기 위해 자연환기 효과를 최대화할 수 있는 탑오픈 형태의 천정 개방형 환기창 온실 모델을 개발하고 내부기온 하강효과 및 환기횟수 등 자연환기효과를 분석하였다.

재료 및 방법

천정개방형 온실 모델의 규격은 기존 유리온실 모델 중 가장 많이 보급되어 있는 벤로 온실의 형태를 적용하여 4.8m 더블 스패스로 폭 9.6m, 측고 4.3m, 둥고 5.45m, 길이 48m로 하였으며, 주골조 자재는 성형파이프 $\phi 29.8 \times 2.6 \times 1.8t$ 와 각관 $\square 125 \times 75 \times 2.3t$ 를 이용하였다. 또한 자연환기 효과를 극대화하기 위해 지붕면을 벽면과 환기창의 두 부분으로 구분하여 교대로 배치함으로써 온실 지붕면을 두 종류의 프레임임으로 시공하였다. 지붕 벽면을 구성하는 고정형 프레임의 크기는 2,100mm \times 2,523mm의 규격으로 설정하고 환기창을 구성하는 개폐형 프레임은 1,900 \times 2,523mm으로 하여 지붕 벽면에 대한 환기창 면적률을 48% 정도로 하였다.

시험온실의 환기효과를 조사하기 위하여 환기창을 완전 밀폐하여 내부 기온을 40 $^{\circ}C$ 이상으로 상승시킨 후 천창을 개방하여 중앙부의 기온하강을 측정하였다. 또한 기온의 수직분포 변화를 측정하기 위해 중앙부인 4.8m 위치와 좌우측인 2.4m, 7.2m 위치에서 높이 1.0m, 1.9m, 2.8m 지점에 온도측정센서(Thermo couple T-type)를 각각 1점씩 설치하고 다점 데이터 로거(SOLAC-V NP092)를 이용하여 측정하였다.

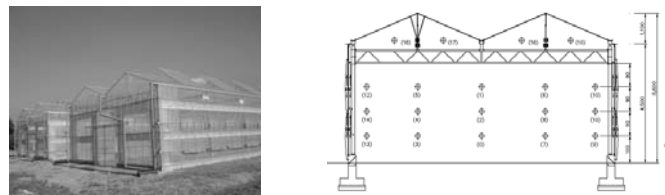


Fig 1. Picture of rooftop vent greenhouse and position of temperature sensors

결과 및 고찰

온실 상부에 형성되는 고온 공기층은 지붕면의 최상부인 천정부를 개방하여 환기창의 전면을 통해 빠르게 유출시키고 환기창의 측면으로 외부의 차가운 공기를 유입시키기 위해 환기창의 전면부와 측면부의 유효환기면적을 최대한 확보하는 것이 자연환기 효과를 최대한 활용하는 방법이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 좁은 스패스의 벤로형 다연동 온실에서 기존의 곡부물받이 쪽이 열리는 하부 개방식 환기창을 천정부가 열리는 상부 개방식으로 개선하고 지붕 경사면 전체가 개방되도록 하여 측면의 유효환기 면적을 최대한 확보하였다. 천정개방형 환기창 전면부의 유효환기면적은 그림 1의 좌측과 같이 빗금 친 부분으로 표시되며 그래프와 같이 천창이 개방되면서 열린 각도가 커질수록 환기창 전면부의 유효 환기면적이 점차 증가하고 실제로 열리는 환기면적과 환기에 유용하게 사용되는 유효환기 면적은 거의 유사한 것으로 나타났다.

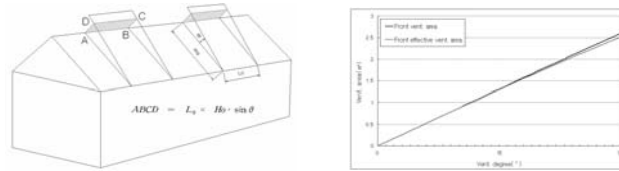


Fig. 2. Front effective vent. area and changes according to opening degree

천정개방형 환기창 측면부의 유효환기면적은 그림 3과 같이 부채꼴 형태로 표시되며 천창이 개방되면서 열린 각도가 커질수록 환기창 측면부의 유효환기면적은 증가하지만 개방각도가 10°이상 되어야 측면환기 효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

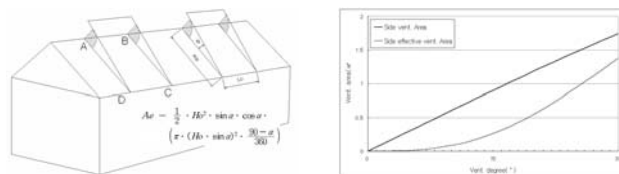


Fig. 3. Side effective vent. area and changes according to opening degree

온실을 완전 밀폐하고 내부 기온을 상승시킨 다음 천정부를 개방하여 온실 중앙의 온도 하강을 측정된 결과 그림 4와 같이 천정 개방 3분 후부터 온도가 내려가기 시작했으며, 1.0m 높이 위치에서 온도변화 기울기가 커 작물 식재 위치까지 자연환기 효과가 있는 것으로 나타났다.

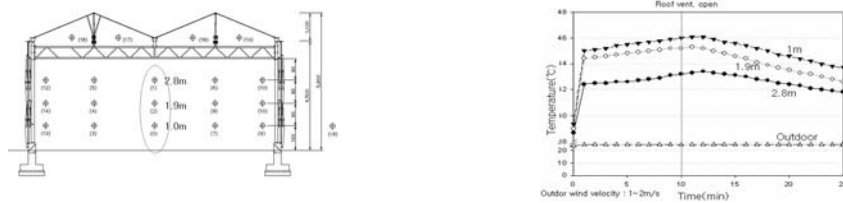


Fig. 4. Temperature descent of the center according to time after roof vent.

온실 중앙부에서 좌우측, 더블 스펠 지붕의 가운데 부분의 내부 기온 하강은 그림 5에서 보는 바와 같이 작물 식재부인 온실 하부 1.0m 높이에서 중앙부의 좌우측에서 온도 차가 발생해 천정부에서 수직으로 자연환기가 일어나 온실의 하부의 저온층에서 활발한 공기유동이 일어나는 것으로 판단되었다. 1.9m 높이에서는 천창 개방 이전에는 중앙부의 기온이 좌우측에 비해 다소 높았으나 환기가 시작된 후 중앙부의 기온이 빠르게 하강하여 좌우측 기온과 유사하게 되었고, 2.8m 높이에서도 좌우측의 편차가

크지 않은 것으로 나타나 천정부를 우선적으로 개방하는 환기창 방식과 넓은 환기면적에 의한 효과인 것으로 판단되었다.

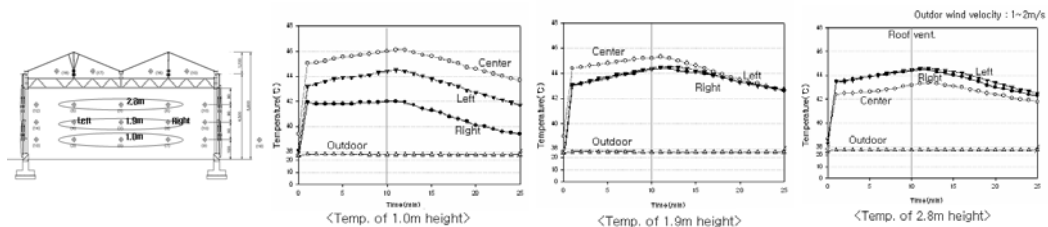


Fig. 5. Temperature descent of 1.0, 1.9, 2.8m height according to time after roof vent.

요약 및 결론

온실의 천정부를 개방함으로써 고온 공기층을 외부로 신속하게 배출하고 환기창 면적비율을 48%로 크게 함으로써 환기창 전면 및 측면의 유효환기면적을 최대한 확보하여 환기효과를 향상시킬 수 있는 천정부 개방형 환기창의 유효환기 면적을 분석하고 자연환기효과를 측정하였다. 천정부 개방형 환기창 전면부의 유효환기면적은 천창이 개방되면서 열린 각도가 커질수록 점차 증가하고 실제 환기면적과 거의 유사하고, 환기창 측면부의 유효환기면적은 천창 개방각도가 10°이상 되어야 환기 효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 자연환기에 의한 온실 내부 기온하강 효과는 천정부 개방 3분 후부터 나타나기 시작했으며, 1.0m 높이에서 온도변화 기울기가 커 작물 식재 위치까지 자연환기 효과가 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김진현, 김철수, 구건호, 이기명. 1995. 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 연구(Ⅲ) - 양지붕형 하우스의 창 개방방법에 따른 온·습도의 변화. 한국농업기계학회지 20(2) : pp.162-172.
2. 이시영, 김진영, 김현환, 전희. 2000. 굴절패널방식 환기창의 자연환기 효과. 한국생물환경조절학회 9(2) : pp.71-74.
3. C. Kittas, T. Boulard, G. Papadakis. 1997. Natural Ventilation of a Greenhouse with Ridge and Side Openings : Sensitivity to Temperature and Wind Effects. American Society of Agricultural Engineers 40(2) : pp. 415-425.
4. G. Papadakis, M. Mermier, J. F. Meneses, T. Boulard. 1996. Measurement and Analysis of Air Exchange Rates in a Greenhouse with Continuous Roof and Side Openings. Journal of Agricultural Engineering Research 63 : pp.219-228.