

측창 및 온실 폭이 자연환기 성능에 미치는 영향

Effect of Side Openings and Greenhouse Width on the Natural Ventilation Performance

이현우¹

Hyun Woo Lee
경북대학교
농업토목공학과

우영희²

Young Hoe Woo
한국농수산대학교
원예환경시스템전공

이종원^{2*}

Jong Won Lee
한국농수산대학교
원예환경시스템전공

¹ Department of Agricultural Civil Engineering, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

² Major of Horticulture Environment System, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

ABSTRACT

In summer, the natural ventilation performance for varying greenhouse width is very important in the glasshouses for year round cultivation. The effect of the side openings and greenhouse width on natural ventilation performance was analyzed by simulation. The necessary ventilation rate with different solar radiation transmittance increased significantly when the outside temperature grows higher. The necessary ventilation rate of 40% transmittance was about half of that of 90% transmittance. In consequence, shading effect on temperature control in greenhouse is significant in summer. When the total area of the openings for ventilation is constant, the maximum ventilation rate happens when the area of roof openings is equal to the area of side openings. This maximum ventilation rate is about 3 times of that of the greenhouse with roof openings and without side openings. Therefore, the side openings are advantageous to improve the natural ventilation in greenhouses. As the greenhouse width increases, the influence of side openings on the ventilation rate is becoming smaller. If the natural ventilation rate of the greenhouse with roof and side openings is to become double of that of the roof openings only, the width should be narrower than 38.4m for the Venlo type and 64m for Wide span type.

Key Words : greenhouse, natural ventilation, roof openings, side openings, transmittance

Received Jan. 3, 2022
Revised Dec. 18, 2022
Accept Feb. 3, 2023

*Correspondence
Jong Won Lee
leewon1@korea.kr

서론

온실에서 환기는 온실 내·외부의 공기를 교환하여 온실 내부의 기온, 습도, 탄산가스 농도 및 기류속도 등의 환경조건을 적절하게 유지하는 수단이다. 특히 주년 재배용 철골 유리 온실인 경우, 자연환기는 고온기인 여름철 재배를 위한 온실 내부 온도의 과다상승 억제 수단으로써 널리 이용되고 있다. 자연환기는 부력에 의한 중력환기와 바람에 의한 풍력환기로 구분되며, 풍속이 2m/sec 이하 경우에는 중력환기가 우세

하고 2m/sec 이상 경우에는 풍력환기가 우세하다. 우리나라의 지역별 1일 평균풍속을 분석한 결과, 제주도를 제외한 모든 지역에서는 평균풍속이 2m/sec 이하인 일수가 2m/sec 이상인 일수보다 훨씬 많을 뿐만 아니라 자연환기 설비의 안전성을 고려할 때 온실의 자연환기 설계 시에는 중력환기만을 고려하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

자연환기 성능은 온실 설치지역의 기상 조건, 온실 형태, 피복재, 환기창, 온실 폭 등에 따라 상이하다. 특히 주년재배를 목적으로 현재 국내에 300여ha 정도 설치되어 있는 철골



유리온실의 경우에 측창의 설치 여부와 온실의 폭이 자연환기 성능에 미치는 영향을 자세하게 규명할 필요가 있다. 그러나, 온실의 형태가 다양할 뿐만 아니라 동일한 온실 형태일지라도 측창의 설치 여부와 온실 폭의 변화에 따라 자연환기 성능을 측정하고 분석하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 유리온실에서 피복재의 투과율 변화에 따른 필요환기량을 산정하고, 측창의 설치 여부와 온실 폭이 자연환기 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

연구방법

온실 모델 및 시뮬레이션 프로그램의 구성

Fig. 1과 같은 온실 모델에 대하여 열평형 방정식과 환기 이론을 이용하여 중력환기에 의한 환기율을 계산하고 내부 온도를 예측할 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 작성하였으며, 그 흐름도는 Fig. 2와 같다.

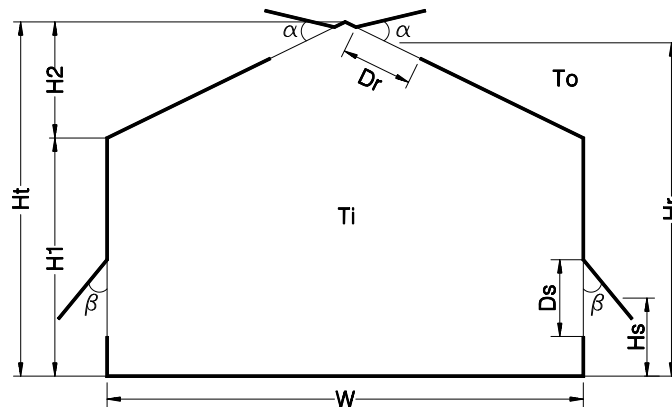


Fig. 1. Greenhouse model for simulation

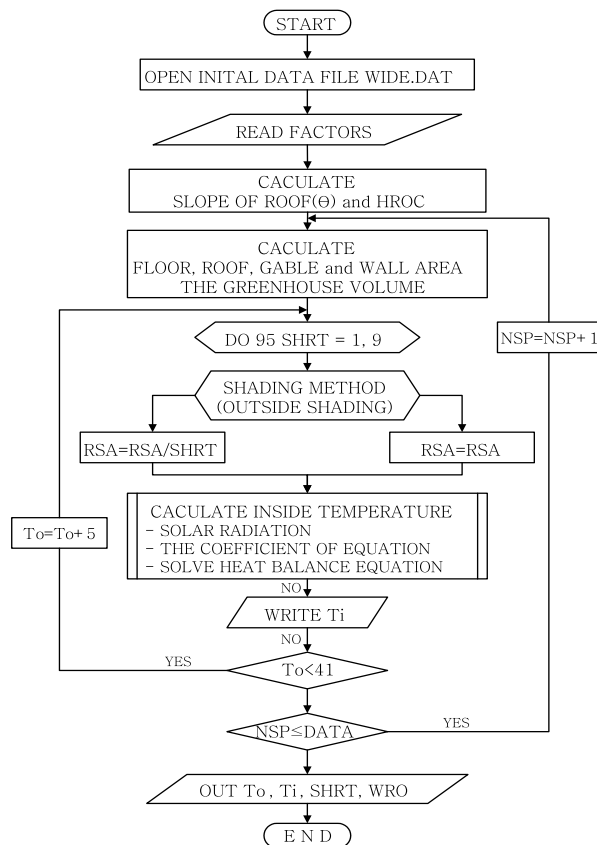


Fig. 2. Flow chart of simulation program

프로그램의 검증

고온기에 온실의 환기율은 온실 내부의 온도변화에 직접 영향을 미치므로 작성한 시뮬레이션 프로그램은 환기가 이루어질 때, 온실 내부온도의 측정치와 계산치를 비교하여 간접적으로 검증하였다. Fig. 3은 2연동 온실에서 내부 온도의 측정치(T_{measured})와 계산치(T_{calculated})를 비교한 결과이다. 측정 시간대에서 측정치의 평균은 35.8℃이고 계산치의 평균은 36.9℃로서 계산치가 측정치보다 1.1℃ 높게

나타났으나 온실의 환기 성능 및 내부 온도를 예측하는 프로그램으로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

분석대상 온실 및 입력자료

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 분석한 온실은 농가에 보급된 벤로형과 와이드스팬형 철골 유리온실 중 대표적인 형태를 선정하였으며, 세부 입력자료는 Table 1과 같고 외기온(T_o)과 온실 내부온도(T_i)는 분석항목에 따라 적정값을 사용하였다.

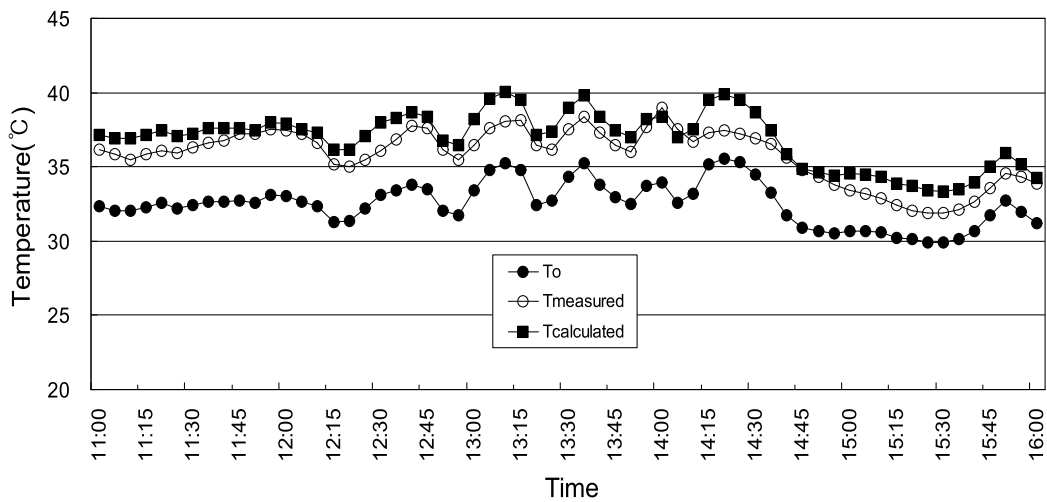


Fig. 3. Verification of the simulation program

Table 1. Detail input data for the simulation

Parameters	Variables	Unit	Input Values		
			Venlo Type	Wide span Type	
Length of greenhouse	LGH	m	30.0~100.0	30.0~100.0	
Width of greenhouse	WGH	m	3.2	12.8	
No. of span	NSP		1~30	1~10	
Ridge height	RHG	m	4.45	6.5	
Eave height	EHG	m	3.8	3.5	
Length of roof opening	LRO	m	30.0~ 100.0	30.0~100.0	
Width of roof opening	WRO	m	0.825	1.0, 1.5	
Length of side opening	LSO	m	30.0~100.0	30.0~100.0	
Width of side opening	WSO	m	0.0, 1.65	0.0, 1.5	
Height of side opening center	HSOC	m	1.525, 2.325	1.55	
Opening angle	roof opening	ANRO	deg.	22	50
	side opening	ANSO	deg.	30	50
Outside temperature	To	℃	-	-	
Inside temperature	Ti	℃	-	-	

결과 및 고찰

일사 투과율의 변화에 따른 필요환기량

일사량이 온도상승을 유발하는 가장 큰 요인이기 때문에 일사 투과율은 온실 내부의 적정온도 유지를 위한 필요환기량에 지대한 영향을 미친다. Fig. 4는 고온기에 온실 내부의 온도를 35℃로 설정했을 때, 외기온과 투과율의 변화에 따른 필요환기량을 분석한 결과이다.

전반적으로 외기온(T_o)이 높고 투과율이 높을수록 필요환기량은 증가하였다. 투과율 90%(무차광) 유리온실에서 온실 내부의 온도를 35℃로 유지하기 위한 필요환기량은 외기온이 32℃일 때가 외기온이 20℃일 때의 5.5배 정도로 나타나, 외기온이 필요환기량에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

한편, 투과율 50%(40% 차광)인 온실의 필요환기량은 투과율 90%인 온실에 비하여 절반 정도로 나타나, 차광이 고온기에 온실 내부온도의 과다상승을 방지하는 효과가 크다는 사실을 확인할 수 있었다.

측창과 천창의 면적비가 환기성능에 미치는 영향

Fig. 5는 환기창의 총면적($A_s + A_r$)이 일정할 때, 측창 면적(A_s)과 천창 면적(A_r)의 비가 환기량에 미치는 영향을 나타낸 결과이다. 측창과 천창의 면적이 같을 때($A_s/A_r = 1$) 환기량은 최대이고, 이는 측창이 없고 천창만 설치한 경우($A_s/A_r = 0$)에 비하여 약 3배 정도로 크게 나타났다. 이러한 사실은 온실의 자연환기 성능을 향상 시키기 위해서는 반드시 측창을 설치해야 함을 확인할 수 있었다.

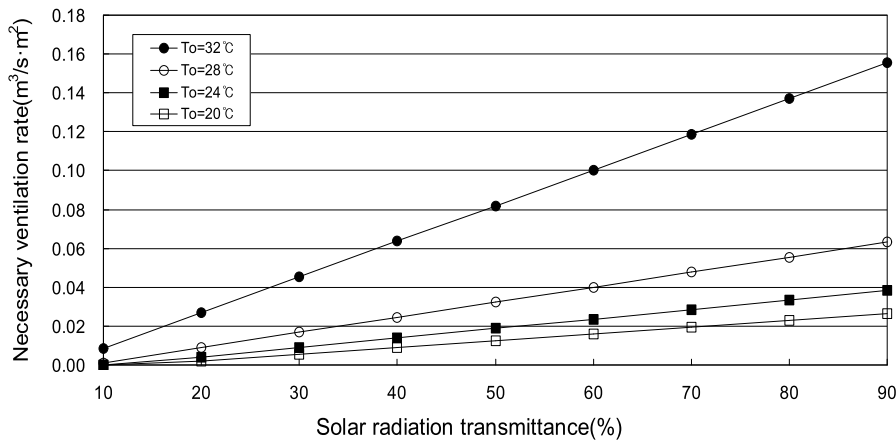


Fig. 4. Necessary ventilation rate with different solar radiation transmittance and outside temperature($T_i=35^\circ\text{C}$)

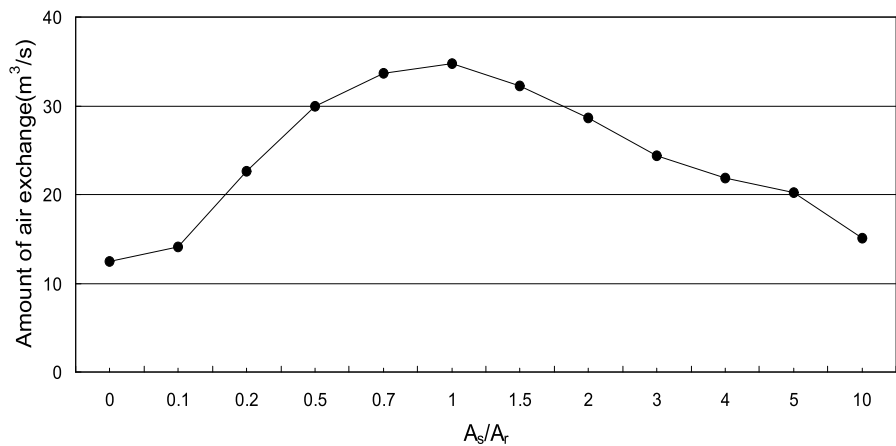


Fig. 5. Variation of the amount of air exchange with different A_s/A_r

측창 및 온실 폭이 자연환기 성능에 미치는 영향

벤로형 온실의 측창 유무와 폭 변화에 따른 자연환기 성능

Fig. 6은 벤로형 온실에서 측창 유무와 폭 변화에 따른 환기율의 변화를 나타낸 것으로, 천창만 있고 측창이 없는 경우(Dr=0.825m, Hr=4.295m, Ds=0m)와 천창과 측창이 있는 경우(Dr=0.825m, Hr=4.295m, Ds=1.65m, Hs=2.325m)를 비교한 결과이다.

천창만 있고 측창이 없는 경우에는 스펠 수에 관계없이 환기율이 일정하게 나타났고, 천창과 측창이 있는 경우에는 스펠 수가 증가할수록 환기율이 점차 감소하여 결국 측창이 없는 경우와 거의 동일하게 됨을 알 수 있었다. 벤로형 온실에서 천창과 측창을 설치한 경우의 환기율이 천창만 설치한 경우의 환기율의 2배 이상 되도록 하기 위해서는 12연동(폭 38.4m) 이하가 되어야 하며 온실 폭이 그 이상 될 경우에는 측창을 통한 환기 효과를 크게 기대하기 어려움을 알 수 있었다.

와이드스팬형 온실의 측창 유무와 폭 변화에 따른 자연 환기 성능

Fig. 7은 와이드스팬형 온실에서 측창 유무와 폭 변화에 따른 환기율의 변화를 나타낸 것으로, 천창만 있고 측창이 없는 경우(Dr=1.5m, Ds=0m)와 천창과 측창이 있는 경우(Dr=1.5m, Ds=1.5m)를 비교한 결과이다.

와이드스팬형 온실도 벤로형 온실과 마찬가지로 천창만 있고 측창이 없는 경우에는 스펠수에 관계없이 환기율이 일정하게 나타났고, 천창과 측창이 있는 경우에는 스펠 수가 증가할수록 환기율이 점차 감소하여 결국 측창이 없는 경우와 거의 동일하게 됨을 알 수 있었다. 와이드스팬형 온실에서 천창과 측창을 설치한 경우의 환기율이 천창만 설치한 경우의 환기율의 2배 이상 되도록 하기 위해서는 5연동(폭 64m) 이하가 되어야 하며 온실 폭이 그 이상 될 경우에는 측창을 통한 환기 효과를 크게 기대하기 어려움을 알 수 있었다.

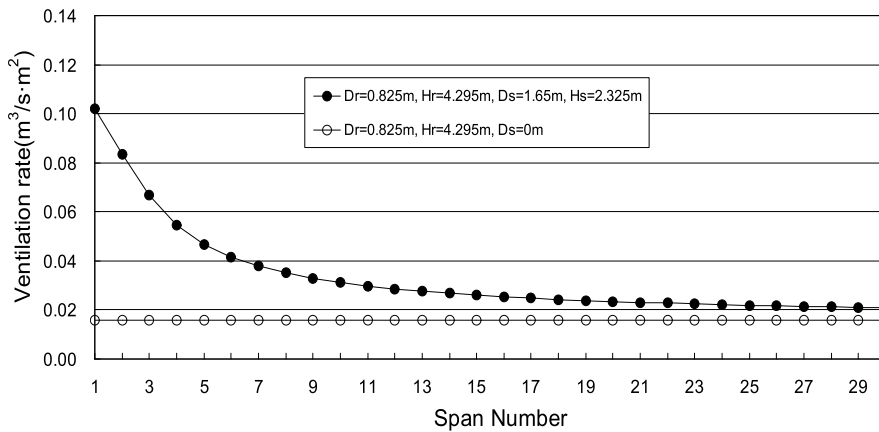


Fig. 6. Variation of the ventilation rate according to the span number in Venlo type greenhouse(span length : 3.2m)

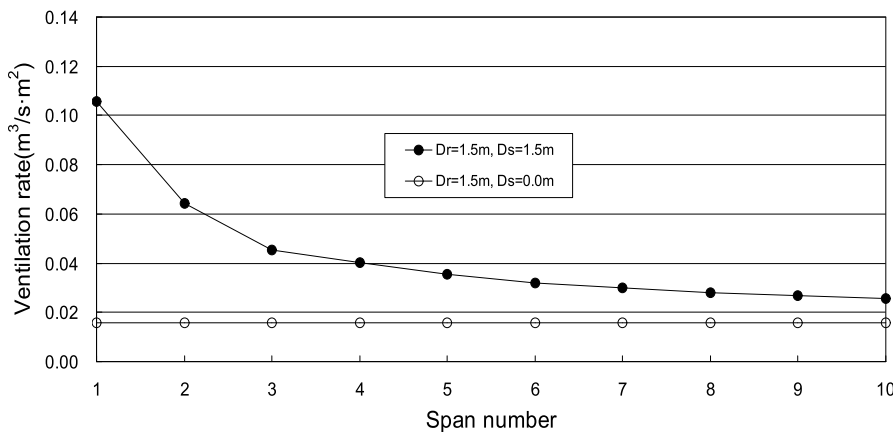


Fig. 7. Variation of the ventilation rate according to the span number in Wide span type greenhouse(span length : 12.8m)

적 요

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 철골 유리온실에서 피복재의 투과율 변화에 따른 필요환기량을 산정하고, 측창의 설치 여부와 온실 폭이 자연환기 성능에 미치는 영향을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

여름철에 온실 내부의 온도를 적정수준으로 유지하기 위한 필요환기량은 외기온이 높고 투과율이 높을수록 증가하였다. 투과율 90%(무차광) 유리온실에서 온실 내부의 온도를 35℃로 유지하기 위한 필요환기량은 외기온이 32℃일 때가 외기온이 20℃일 때의 5.5배 정도로 나타나, 외기온이 필요환기량에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한, 투과율 50%(40% 차광)인 온실의 필요환기량은 투과율 90%인 온실에 비하여 절반 정도로 나타나, 차광이 고온기에 온실 내부 온도의 과다상승을 방지하는 효과가 크다는 사실을 확인할 수 있었다. 그리고 측창과 천창의 총면적이 일정할 때, 환기 성능이 최대인 경우는 측창과 천창의 면적이 동일할 때이고, 이는 측창이 없고 천창만 설치한 경우에 비하여 약 3배 정도로 크기 때문에, 여름철에 온실의 자연환기 성능을 향상시키기 위해서는 반드시 측창을 설치하여야 하는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 벤로형과 와이드스팬 온실에서 천창만 있고 측창이 없는 경우에는 스펀 수에 상관없이 환기율이 일정하게 나타났고, 천창과 측창이 있는 경우에는 스펀 수가 증가할수록 환기율이 점차 감소하여 결국 측창이 없는 경우와 거의 동일하게 나타났다. 또한, 천창과 측창을 설치한 경우의 환기율이 천창만 설치한 경우의 환기율의 2배 이상 되도록 하기 위해서는 벤로형인 경우 12연동(폭 38.4m) 이하, 와이드스팬형인 경우 5연동(폭 64m) 이하가 되어야 한다. 따라서 온실 폭이 그 이상 될 경우에는 측창을 통한 환기효과를 크게 기대하기 어려움을 알 수 있다.

- Performance. Proceeding of K.S.A.E:152-157.
5. Seginer I, Livne A. 1978. Effect of Ceiling Height on the Power Requirement of Forced Ventilation in Greenhouse. Acta Horticulturae No. 87:p. 51-67.

참고문헌

1. Banerjee S, Sarkar A. 1958a. Studies on heterothallism-IV, Ganoderma lucidum (Leyss.) Karst. Sci Cult 24:193-195.
2. Hellickson MA, Walker JN. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. ASAE:81-102.
3. Kozai T, Sase S. 1978. A Simulation of Natural Ventilation for A Multi-span Greenhouse. Acta Horticulturae No. 87:39-49.
4. Lee SG, Zhenhai Li and Lee HW. 1997. Effects of Greenhouse Width on the Natural Ventilation