

# 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 유리온실내의 일사 투과율에 미치는 골조율 및 동길이의 영향

## Effects of frame ratio and length on the transmissivity of solar radiation in glasshouse by a computer simulation

김용현 · 이석건\*

전북대학교 농과대학 농업기계공학과

\* 경북대학교 농과대학 농업토목공학과

Kim, Yong-Hyeon · Lee, Suk-Gun\*

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture,  
Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

\*Dept. of Agricultural Engineering, College of Agricultur,  
Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea

### 1. 서론

온실내에서 직달 및 산란일사의 투과율은 온실이 설치된 지역의 위도, 온실의 동방위 및 형상, 피복재의 광학적 특성, 년중일수, 기상 조건, 지붕면의 경사각 뿐만 아니라 온실의 길이, 구조물의 크기 등에 따라 달라질 수 있다.

현재 국내의 기상 조건에 적합한 표준형 유리온실의 설계 기준이 부분적으로 제시되고 있으나, 온실내의 광환경과 관련된 설계 기준은 제시되지 않고 있는 실정이다. 이 가운데 김과 이(1997)는 단동 온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율을 해석할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 개발하여 단동 유리온실의 동방위가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 분석한 바 있다. 또한 김과 이(1998a, 1998b)는 개발된 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 연동 유리온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율 분석, 지붕경사각이 온실내의 직달일사 및 산란일사의 투과율에 미치는 영향을 보고한 바 있다.

이제까지 유리 온실의 골조로서 철골이 널리 사용되어 왔으나, 최근들어 구조물의 경량화, 내식성의 강화, 가공성의 향상 등을 목적으로 알루미늄 구조재로 대체되고 있다. 온실에 사용되는 구조물을 선정하거나, 설계 기준을 제시할 때에는 구조물 자체의 안전성과 광 투과의 차단을 최소화하기 방안을 동시에 고려하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 유리온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 골조율과 동길이의 영향을 분석하

기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

가. 온실내의 일사 투과율 해석을 위한 컴퓨터 시뮬레이션 모형

온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 골조율과 동길이의 영향을 분석하는 데 사용된 컴퓨터 시뮬레이션의 기본 모형은 김과 이(1997, 1998a, 1998b)가 개발한 것이다.

규칙적으로 배열되어 있는 온실의 구조물로 인한 투과율의 편향을 배제하려면 특정한 방향으로 입사되는 개개의 직달광이 상면에 임의로 도달하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 난수를 발생시킨 가운데 임의의 상면에 도달되는 직달일사의 투과율을 태양고도와 태양방위각에 따라 계산하였다. 태양고도와 태양방위각의 구분은 0~90° 범위에서 각각 5° 로서, 전부  $19 \times 19 = 361$ 의 등분이 이루어졌다. 온실의 골조율과 동길이가 직달 및 산란일사 투과율에 미치는 영향을 해석하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 모형에 적용된 가정은 다음과 같다.

- ① 유리온실의 길이는 유한하다.
- ② 구조재는 불투명 고체이다.
- ③ 피복재로서 사용된 유리는 직달광과 산란광에 대하여 모두 비확산성이다.
- ④ 온실내로 입사되는 태양광은 완전한 평행광이다.
- ⑤ 유리로부터의 내부 반사는 무시한다.

나. 온실 구조물의 크기 및 골조율

온실의 골조율은 온실의 표면적에 대한 구조재가 차지하는 면적의 비율로 정의된다. 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 본 연구에서는 온실의 측면 및 지붕면에 사용된 구조재의 기본 폭을 0.04m로 가정하여 골조율을 계산하였으며, 이 값을 컴퓨터 시뮬레이션 모형의 입력자료로 사용하였다. 한편 온실의 골조율이 산란일사 및 직달일사 투과율에 미치는 영향을 구명하고자 온실의 측면 및 지붕면에 사용되는 구조재의 치수에서 폭만을 변화시켜 각각 0.03m, 0.05m로 가정하였다. 이 때 구조재의 나머지 치수는 표 1에 제시된 값과 동일한 것으로 가정하였다. 구조재의 폭이 0.04m 일 때의 골조율은 14.9%로서, 이와 같은 비율은 일반적인 온실의 골조율에 해당된다. 한편 구조재의 폭이 각각 0.03m, 0.05m인 경우에 해당되는 골조율은 각각 11.3%, 18.3%를 나타낸다.

다음으로 온실의 기본 동길이를 98m로 설정하고, 동길이를 절반씩 줄여가면서 온실의 동길이가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 검토하였다. 즉 온실 한동의

폭, 측고, 동고 등은 표 1에 제시한 바와 값으로 고정하였으며, 동길이가 각각 12.3m, 24.5m, 49m, 98m일 때 온실내의 직달일사 투과율을 분석하였다.

Table 1. Dimensions and technical details of the glasshouse used in this simulation model.

Number of spans	1, 10
Length of the span	98 m
Width of the span	4 m
Height of side	2.2 m
Height of ridge	3.16 m
Roof slope	24.6 °
Size of glass panes	0.68 x 0.45 m
Thickness of glass panes	3 mm
Depth of structural members	3 cm
Width of structural members on roofs and sides	4 cm
Width of horizontal structural members on gable ends	4 cm
Width of vertical structural members on gable ends	5 cm
Main structural members on roofs and sides	
distance apart	2.45 m
width	8 cm
depth	10 cm

### 3. 결과 및 고찰

가. 온실의 골조율이 산란일사 및 직달일사 투과율에 미치는 영향

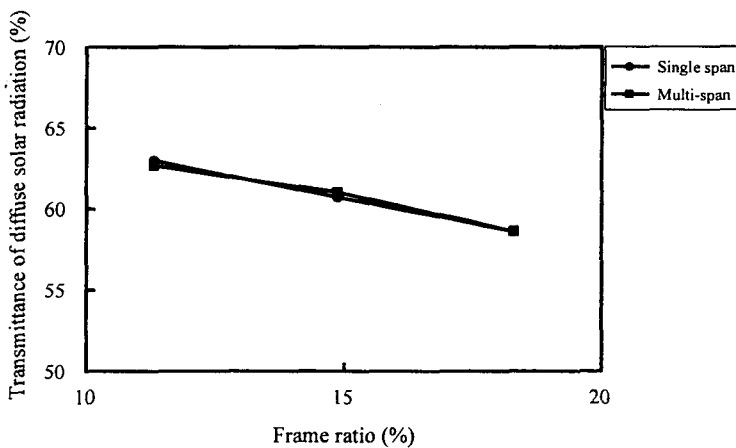


Fig. 1. Effect of frame ratio on the transmissivities of diffuse solar radiation in single and multi-span glasshouse.

그림 1은 단 동과 10연동 유리온실에서 골조율이 산란일사 투과율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 골조율이 증가할수록 산란일사 투과율은 조금씩 감소하는 것으로 나타났다. 골조율이

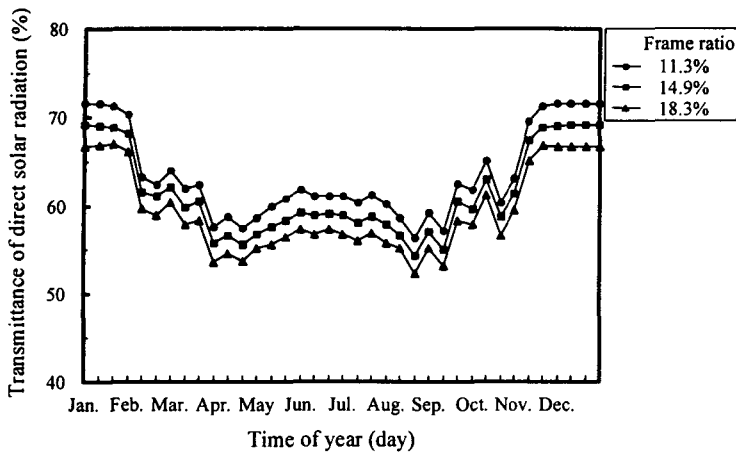


Fig. 2. Effect of frame ratio on the transmissivities of direct solar radiation in E-W single span glasshouse at Chonju.

14.9%일 때 단동과 연동온실에서 산란일사 투과율은 각각 60.7%, 61.0% 이었다. 구조재의 폭이 0.03m 로서 골조율이 11.3%인 경우에 단동과 연동온실의 산란일사 투과율은 각각 63.0%, 62.7%로서 온실내로 투과된 산란일사의 증가가 단동 온실에서 2.3%, 연동 온실에서 1.7%로 나타났다. 그러므로 산란일사 투과율의 증가가 연동에 비해서 단동 온실에서 조금 더 높게 나타남을 알 수 있다. 또한 구조재의 폭이 0.05m로서 골조율이 18.3%로 늘어난 경우에 단동과 연동온실의 산란일사 투과율은 58.6%로서 동일하게 나타났다. 따라서 동일한 골조율에서 산란일사 투과율에 미치는 동수의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

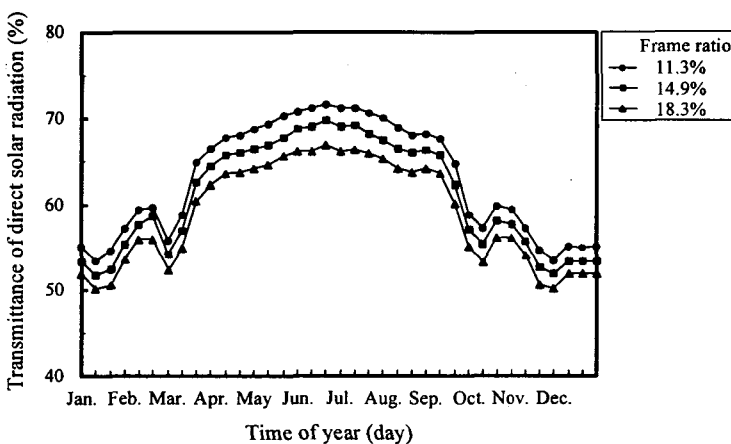


Fig. 3. Effect of frame ratio on the transmissivities of direct solar radiation in S-N single span glasshouse at Chonju.

14.9%일 때 단동과 연동온실에서 산란일사 투과율은 각각 60.7%, 61.0% 이었다. 구조재의 폭이 0.03m 로서 골조율이 11.3%인 경우에 단동과 연동온실의 산란일사 투과율은 각각 63.0%,

그림 2와 그림 3은 전주지역에 위치한 단동 유리온실에서 온실의 동방위가 각각 동서동과 남북동일 때 골조율의 변화가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 동

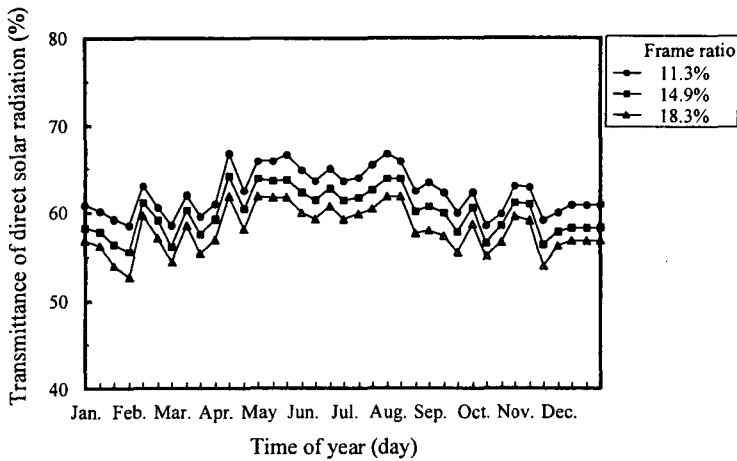


Fig. 4. Effect of frame ratio on the transmissivities of direct solar radiation in E-W multi-span glasshouse at Chonju.

서동의 단동 온실에서 골조율이 각각 11.3%, 14.9%, 18.3%인 경우에 계절에 따른 직달일사 투과율의 변화 특성은 골조율이 14.9%인 경우와 거의 일치하는 것으로 나타났다. 골조율이 11.3%인 경우에 직달일사 투과율은 14.9%인 경우에 비해서 전체적으로 1.6~2.6% 정도 높으며, 이러한 결과는 11월 하순부터 익년 2월 초순의 동계에서 높게 나타났다. 골조율이 18.3%일 때에는 14.9%인 경우에 비해서 직달일사 투과율이 1.5~2.5% 정도 낮게 나타났다. 한편 남북동의 단동 온실에서 골조율의 증가 또는 감소가 직달일사 투과율에 미치는 효과는 동서동 온실에서의 경우와 유사하게 나타났다. 단 골조율에 따라 직달일사 투과율의 차이가 크게 나타나는 시기는 동서동의 경우 동계이었으나, 남북동에서는 4월~9월로 나타났다.

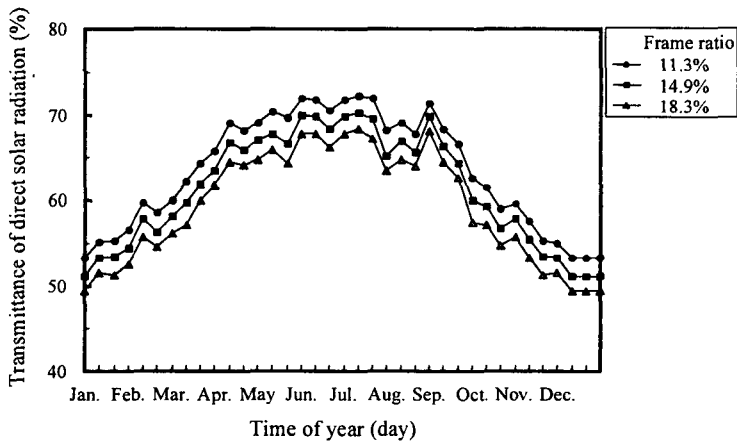


Fig. 5. Effect of frame ratio on the transmissivities of direct solar radiation in S-N multi-span glasshouse at Chonju.

서동의 단동 온실에서 골조율이 각각 11.3%, 14.9%, 18.3%인 경우에 계절에 따른 직달일사 투과율의 변화 특성은 골조율이 14.9%인 경우와 거의 일치하는 것으로 나타났다.

골조율이 11.3%인 경우에 직달

그림 4와 그림 5는 전주지역에 위치한 10연동 유리온실에서 온실의 동방위가 각각 동서동과 남북동일 때 골조율의 변화가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

골조율이 11.3 %인 경우에 직달일사 투과율은 14.9%인 경우에 비해서 전체적으로 1.4~2.9% 정도 높으며, 이러한 결과는 단동의 경우보다 조금 크게 나타났다. 골조율이 18.3%일 때에는 14.9%인 경우에 비해서 직달일사 투과율이 1.4~2.9% 정도 낮게 나타났다. 그러므로 단동 또는 연동온실의 기본 골조율을 14.9%로 설정하였을 때 11.3%의 골조율에서 직달일사 투과율은 약 1.5~3.0% 증가하였으며, 골조율이 18.3%일 때에는 약 1.5~3.0% 낮게 나타남을 알 수 있다. 한편 남북동의 연동 온실에서 골조율의 증가 또는 감소가 직달일사 투과율에 미치는 효과는 동서동 온실에서의 경우와 유사하게 나타났다.

나. 온실의 동길이가 직달일사 투과율에 미치는 영향

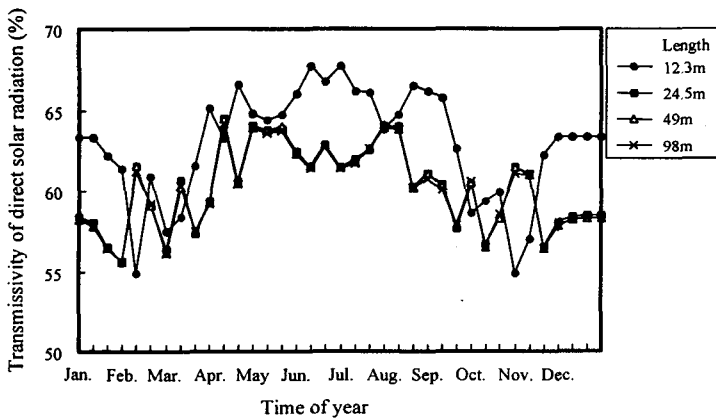


Fig. 6. Seasonal variation of transmittance of daily direct solar radiation for the E-W multispan glasshouse at Chonju.

온실의 동길이가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 살펴보고자 온실의 동길이를 12.3m, 24.5m, 49m, 98m 로 설정하였으며, 온실의 폭은 일정한 것으로 가정하였다. 그

림 6과 그림 7은 전주지역의 10연동 유리온실을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션에 의해서 분석된 결과를 나타낸 것이다. 그림 6은 동서동 온실에서의 직달일사 투과율에 해당하는 것으로서, 온실의 동길이가 12.3m인 경우를 제외한 24.5m, 49m, 98m에서 직달일사 투과율에 미치는 동길이의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 결국 동서동 연동온실의 동길이가 24.5m 이상인 경우에는 동길이가 12.3m 일 때에 비해서 구조재에 의한 투과광의 차단이 크기 때문에 직달일사 투과율이 저하됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 11월 하순부터 익년 2월 초순 사이의 동계와 하지 전후로 한 하계에서 분명하게 나타났다.

그림 7은 남북동 온실에서의 직달일사 투과율에 해당된다. 동서동의 경우와 반대로 남북동에서는 동길이가 24.5m 이상일 때 동계와 하계의 직달일사 투과율이 높게 나타났다. 한편 온실의 동길이가 12.3m인 경우를 제외한 24.5m, 49m 및

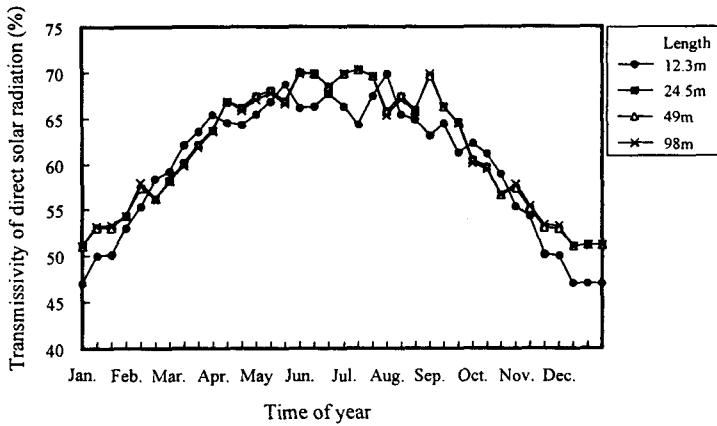


Fig. 7. Seasonal variation of transmittance of daily direct solar radiation for the S-N multispan glasshouse at Chonju.

98m에서 직달 일사 투과율에 미치는 동길이의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 결국 동서동연동온실의 동길이가 12.3m 일 때 구조재에 의한 광투과도의 차단이

24.5m 이상인 경우에 비해서 작음을 알 수 있다.

그림 8은 동지에 동서동과 남북동 온실에서의 직달일사 투과율에 미치는 동길이의 영향을 비교하여 나타낸 것이다. 동길이가 24.5m 이상일 때 동서동에서의

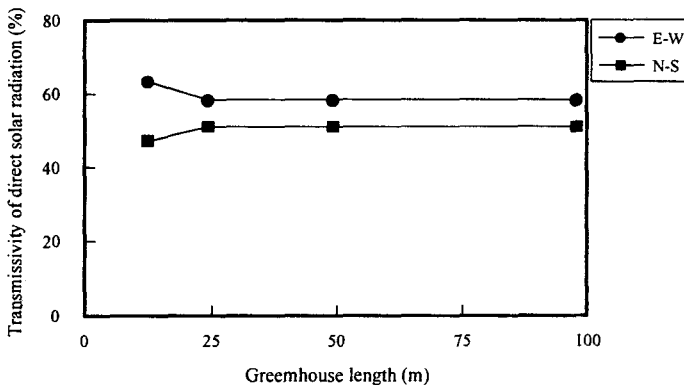


Fig. 8. Effect of greenhouse length on the transmittance of daily direct solar radiation for the multispan glasshouse at Chonju on 22 December.

직달일사 투과율이 남북동의 경우에 비해서 약 7% 정도 높게 나타났는데, 이 값은 일정하였다. 따라서 동길이가 24.5m 이상일 때 직달일사 투과율에 미치는 동길이의 영향은 거의

없는 것으로 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

김과 이(1997, 1998a, 1998b)가 개발한 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 이용하여 온실의 골조율과 동길이가 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 영향을 분석하였다. 이상의 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 골조율이 증가할수록 산란일사 투과율은 조금씩 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 동일한 골조율에서 산란일사 투과율에 미치는 동수의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) 단동 또는 연동온실의 기본 골조율을 14.9%로 설정하였을 때 11.3%의 골조율에서 직달일사 투과율은 약 1.5~3.0% 증가하였으며, 골조율이 18.3%일 때에는 1.5~3.0% 낮게 나타났다.
- 4) 연동 온실에서 골조율의 증가 또는 감소가 직달일사 투과율에 미치는 효과는 동서동과 남북동 온실에서 유사하게 나타났다.
- 5) 동길이가 24.5m 이상인 경우 동서동 또는 남북동에서 동길이가 직달일사 투과율에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 김용현, 이석건. 1998. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 온실내의 직달일사 및 산란일사의 투과율에 미치는 지붕경사각의 영향. 한국생물생산시설환경학회 춘계학술 논문발표요지 7(1):27-32.
- 2) 김용현, 이석건. 1998. 연동 유리온실내의 직달 및 산란일사 투과율 해석. 한국 농업기계학회 1998년 동계학술대회 논문집 3(1):150-155.
- 3) 김용현, 이석건. 1997. 유리온실내의 직달일사 및 산란일사 해석을 위한 시뮬레이션 모형 - 동방위가 단동 온실내의 직달일사 투과율에 미치는 영향 -. 한국생물생산시설환경학회지 6(3):176-182.
- 4) Kozai, T., J. Goudriaan, and M. Kimura. 1978. Light transmission and photosynthesis in greenhouse. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.