컴퓨터 시뮬레이션에 의한 연동 유리온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 지붕경사각의 영향

Effect of roof slope on the transmissivity of direct and diffuse solar radiation in multispan 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

국내에 보급되어 있는 유리온실은 네덜란드에서 수입된 벤로형(Venlo type or Dutchlite)과 벤로형에 비해서 동고가 높으며 온실 한 동의 폭이 상대적으로 큰 광폭형(widespan type)이 대부분을 차지하고 있다. 벤로형 온실의 측고는 3.5~4.0m로서 다소 차이가 있으나, 한 동의 폭과 지붕경사면의 길이가 일정하기 때문에 온실의 지붕경사각은 대부분 22°를 나타낸다. 광폭형 온실에서 동고, 측고 또는 폭은 설계자에 따라 다르므로 이들에 의해서 결정되는 지붕경사각이 일정한 값을 갖지 못한다. 국내에 설치되어 있는 광폭형 온실의 지붕경사각은 25~27°로서 벤로형에 비해서 다소 높은 값을 갖는다. 한편, 일부 화훼재배 농가에서는 환기량의 증대를 위해서 온실의 지붕경사각을 30°까지 증가시키기도 한다. 온실의 지붕경사각은 환기량에 커다란 영향을 미치는 설계 인자일 뿐만 아니라 직달일사 및 산란일사의 투과율과 같은 광환경에도 영향을 미치는 요소에 해당된다.

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 동방위

가 직달일사 투과율에 미치는 영향을 분석한 바 있다. 또한 김과 이(1998)는 개발된 컴퓨터 시뮬레이션에 의해서 연동 유리온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율을 분석하였다. 본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해서 지붕경사각이 온실내의 직달일사 및 산란일사의 투과율에 미치는 영향을 구명하고자 시도되었다.

2. 실험장치 및 방법

가. 온실내의 일사 투과에 관한 컴퓨터 시뮬레이션

지붕경사각이 온실내의 직달일사 및 산란일사의 투과율에 미치는 영향을 구명하고자 김과 이(1997)가 개발한 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 사용하였으며, 지붕경사각은 15°, 20°, 24.6°, 30°, 35°로 설정하였다. 이 가운데 24.6°의 경사각은 김과 이(1997, 1998)가 분석한 단동과 연동온실의 지붕경사각에 해당된다. 단동과 연동온실의 제원에서 지붕의 폭은 변하지 않는 것으로 가정할 때 지붕경사각에 대응하는 동폭과 동고는 Table 1과 같다. 이밖에 온실의 측고, 구조재의 폭과 깊이는 경사각 24.6°에서의 그것과 동일하게 가정하였다.

Table 1. Widths and heights of span according to the different roof slope.

Roof slope (degree)	Width of span (m)	Height of span (m)	Width of roof (m)
15	4.25	2.77	2.2
20	4.13	2.95	2.2
24.6	4.0	3.12	2.2
30	3.81	3.3	2.2
35	3.6	3.46	2.2

나. 컴퓨터 시뮬레이션 모형의 검증

국내의 주요 지역, 즉 상이한 위도에서 지붕경사각이 온실내의 일사 투과에 미치는 영향을 살펴보고자 서울(37°34' N, 126°58' E), 전주(35°49' N, 127°09' E) 및 제주(33°31' N, 126°32' E)의 3개 지역을 분석 지역으로 선정하였다. 본 연구에서 설정된 15°, 20°, 24.6°, 30°, 35°의 지붕경사각을 갖는 10연동의 유리 온실내에서 직달일사 및 산란일사의 투과율을 실측하는 것은 간단치 않다. 그러므로 본 연구에서는 적용된 컴퓨터 시뮬레이션 모형의 검증을 위해 국내 주요 지역의 위도와 유사한 日本 東京(35°41′ N)을 대상으로 Kozai 등(1978)이 분석한 결과와 본 연구의 결과를 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 지붕경사각이 산란일사 투과율에 미치는 영향

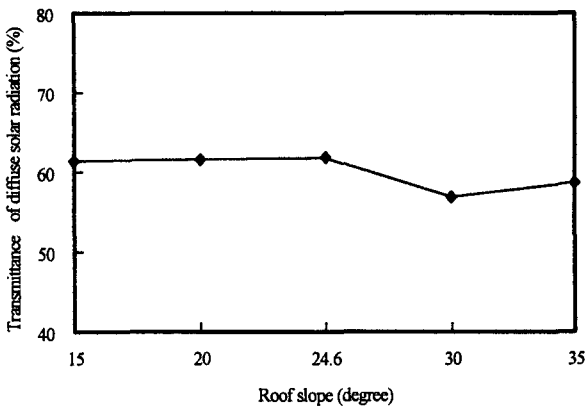

Fig. 1. Transmittance of diffuse solar radiation as affected by the roof slope.

지붕경사각에 따른 산란일사의 투과율 변화가 Fig. 1에 실려 있다. 15°, 20°, 24.6°의 경사각에서는 산란일사 투과율이 61.3~61.7% 로서 거의 동일하게 나타났으나, 30° 와 35°에서는 56.8~58.6%로 나타났다. 이러한 결과로부터 지붕경사각이 30° 이상일 때 산란일사 투과율이 다소 감소함을 알 수 있다.

나. 지붕경사각이 직달 일사 투과율에 미치는 영향

국내의 서울, 전주 및 제주 지역에서 10연동 온실의 지붕경사각이 직달일사 투과율의 계절 변화에 미치는 영향을 검토하였다. Fig.2는 1월 1일1일부터 6월 30일 사이에 전주지역에서 지붕경사각에 따른 동서동 온실의 직달일사 투과율을 나타낸 것이다. 계절에 따른 직달일사 투과율의 변화가 대칭 형태를 이루는 것을 감안할 때, 동계(12월 초순~익년 1월 하순), 춘계(2월 중순~4월 초순) 및 추계(9월 하순~11월 초순)에 직달일사의 투과율은 지붕경사각의 영향을 크게 받으나, 직달일사 투과율이 동계에서는 30°, 35°의

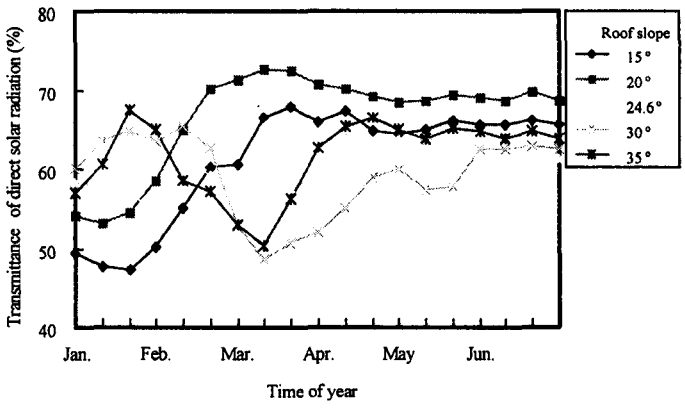

Fig. 2. Seasonal variation of transmittance of daily direct solar radiation for the E-W glasshouse with different roof slopes at Chonju (35° 49'N).

지붕경사각에서 높게 나타났으며, 춘계와 추계에서는 20°의 지붕경사각에서 높게 나타났다. 한편, 하계(5월~8월)에서 직달일사의 투과율은 지붕경사각의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 상기 결과는 Kozai 등(1978)이 日本 東京(35°41′ N)을 대상으로 분석한 내용과 유사하다.

Fig. 3은 10연동의 동서동 온실에서 지붕경사각이 20°일 때 국내의 서울, 전주 및 제주지역에서의 직달일사 투과율을 나타낸 것이다. 일정한 지붕경사각을 갖는 국내의 온실에서 위도에 따른 직달일사 투과율의 차이는 10월~익년 2월 사이에 다소 나타났으며, 직달일사 투과율은 위도가 낮은 지역에서 높게 나타났다. 한편, 3월~9월 사이에 일정한 지붕경사각을 나타내는 국내의 동서동 온실에서 위도에 따른 직달일사 투과율의 차이는 거의 전무한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 서울, 전주, 제주 지역에서 태양고도의 변화에 기인된 것으로 해석된다. 즉, 태양고도가 높은 시기에는 위도에 따른 직달일사 투과율의 차이는 전무하나, 태양고도가 낮은 시기에서는 직달일사 투과율에 미치는 위도의 차이가 크게 나타남을 의미하는 것이다.

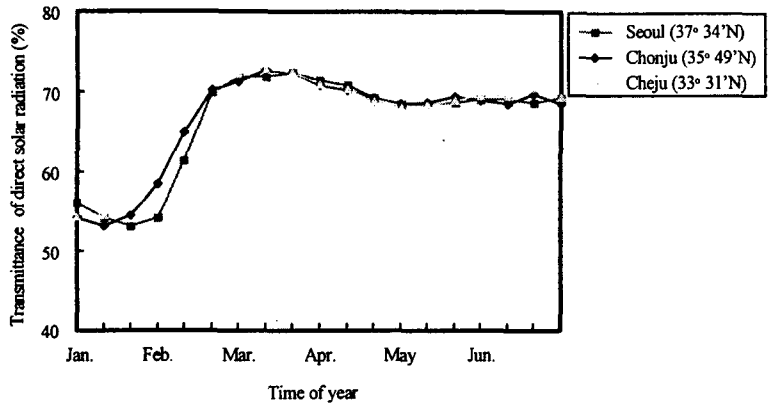

Fig. 3. Seasonal variation of transmittance of daily direct solar radiation for the E-W multispan glasshouse with different latitude.

Fig. 4는 국내 주요 지역에서 태양고도의 계절 변화를 나타낸 것이다. 동지 정오에 제주지역의 태양고도는 33.1°로서 전주와 서울지역에서의 태양고도 30.8°, 29° 에 비해서 각각 2.3°, 4.1° 높게 나타났다.

Fig. 5는 1월 1일부터 6월 30일 사이에 전주지역에서 지붕경사각에 따른 남북동 온실의 직달일사 투과율을 나타낸 것이다. 남북동 온실에서 지붕경사각이 20°일 때 직달일사 투과율이 가장 높게 나타났으나, 직달일사 투과율의 계절 변화에 미치는 지붕경사각의 영향은 동서동 온실에 비해서 상대적으로 높지 않은 것으

로 나타났다.

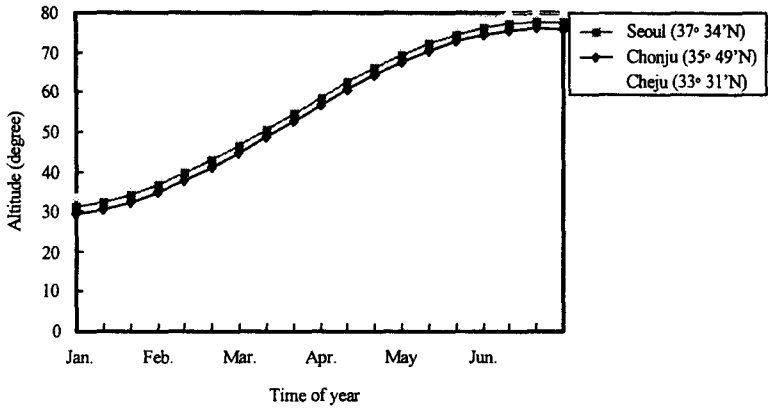

Fig. 4. Seasonal variation of altitudes with different latitude.

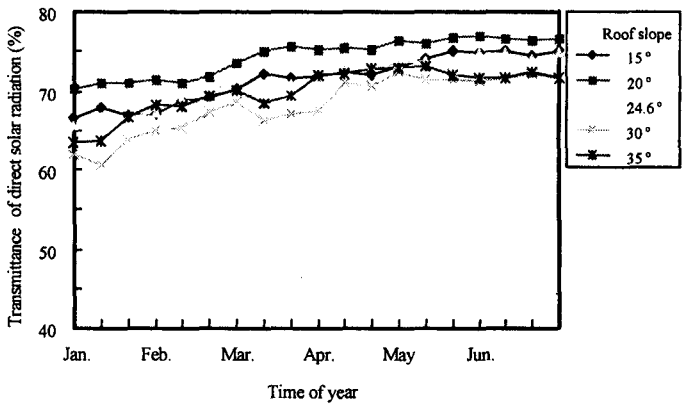

Fig. 5. Seasonal variation of transmittance of daily direct solar radiation for the E-W glasshouse with different roof slopes at Chonju (35° 49'N).

4. 요약 및 결론

온실내의 일사 투과율을 해석하고자 개발된 컴퓨터 시뮬레이션 모형을 사용하여 지붕경사각이 온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 영향을 분석하였다. 국내의 서울, 전주 및 제주 지역의 10연동 유리온실을 대상으로 지붕경사각이 온실내의 직달일사 및 산란일사 투과율에 미치는 영향에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 15°~24.6°의 지붕경사각에서 산란일사 투과율은 61.3~61.7% 로서 거의 일정하나, 30°와 35°에서는 56.8~58.6% 로 다소 작게 나타났다.

나. 동계(12월 초순~익년 1월 하순), 춘계(2월 중순~4월 초순) 및 추계(9월 하순~11월 초순)에 직달일사의 투과율은 지붕경사각의 영향을 크게 받으나, 하계(5월~8월)에서 직달일사의 투과율은 지붕경사각의 영향을 크게 받지 않는다.

다. 직달일사 투과율이 동계에서는 30° 와 35°의 지붕경사각에서 높게 나타났으며, 춘계와 추계에서는 20°의 지붕경사각에서 높게 나타났다.

라. 일정한 지붕경사각을 갖는 국내의 온실에서 위도에 따른 직달일사 투과율의 차이가 10월~익년 2월 사이에 다소 나타났으며, 이 시기에 직달일사 투과율은 위도가 낮은 지역에서 높게 나타났다.

마. 3월~9월 사이에 일정한 지붕경사각을 나타내는 국내의 동서동 온실에서 위도에 따른 직달일사 투과율의 차이는 거의 전무한 것으로 나타났다.

바. 남북동 온실에서 직달일사 투과율의 계절 변화에 미치는 지붕경사각의 영향은 동서동 온실에 비해서 상대적으로 작게 나타났다

참고문헌

1) 고학균, 김문기, 김용현. 1989. 플라스틱 하우스의 직달 및 산란 일사량 해석. 한국태양에너지학회지 9(3):13-24.

2) 김용현, 이석건. 1997. 연동 유리온실내의 직달 및 산란일사 투과율 해석. 한국농업기계학회 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 -. 한국생물생산시설환경학회 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.

5) Mastalerz, J.W. 1977. The greenhouse environment. John Wiley & Sons, Inc.

6) 古在豊樹. 1974. 溫室の構造と透過光量に關する理論的解析. 農業氣象 30(2): 71-79.