

환기 중인 온실의 공기유동에 관한 실험적 연구

Experiment on Airflow in Ventilated Greenhouse

윤 남 규* · 김 문 기 (서울대)

Yun, Nam Kyu · Kim, Moon Ki

Abstract

The experiment was conducted to predict air movements and to analyze the ventilation characteristics in ventilated greenhouse. Relatively high wind velocity was checked near windward inlet, but near leeward outlet and indoor very low wind velocity near to zero was checked. Despite of much influent air, indoor temperature was watched as high values uniformly due to inadequate air flow in greenhouse and low ventilation efficiency of the greenhouse.

I. 서 론

온실내에서의 공기유동은 작물생육의 기본적 요소인 온도, 습도 그리고 이산화탄소 농도의 분포에 중요한 영향을 미친다. 이러한 온실내 공기유동은 주로 환기시스템에 의한 외부와의 공기교환에 의해 발생된다. 또한, 환기는 온도 및 습도의 조절뿐만아니라 가스의 교환을 통한 실내공기의 쾌적성 확보와 실내기류의 형성으로 인한 작물의 생육촉진에도 중요한 역할을 담당한다. 그러므로, 작물생육환경의 최적화를 통한 품질향상 및 수확량 증대를 목적으로 하는 온실재배에 있어서 환기 및 온실내 공기의 유동특성에 대한 해석 및 거동의 예측은 가장 기본적인 설계요소라 할 수 있다. 그러나, 환기 및 공기유동에 관한 연구는 기체의 운동을 대상으로 하므로, 고려해야 하는 요소가 많아 그 해석과정이 복잡하다.

온실에서의 공기순환에 대한 최초의 실험적 연구는 1950년대 중반 Businger(1954)과 Morris, Neale(1954) 등에 의해 수행되었다. 그 후, Lawrence and Whittle(1960), Okada and Takakura(1973), Bot(1983), Nederhoff et al.(1985), De Jong(1989), Fernandez and Bailey(1992) 등의 많은 연구자들에 의해 온실의 환기효율에 미치는 지붕, 측벽 또는 지붕과 측벽의 개구부의 영향 등이 시험되어 왔다. 최근까지 수행된 주요한 실험결과들은 실제규모의 온실에 대한 tracer gas의 측정에 의한 것으로 가장 표준적인 온실모델들을 대상으로 하였다. Sherman(1990)은 이러한 tracer gas 기법을 검증하는 연구를 수행하였으며, Sase 등(1984)은 풍동에서의 모형실험을 통해 열부력 또는 바람에 의한 압력차이로 인한 온실의 자연환기 및 공기의 유동특성을 실험하였다. 이러한 실험적인 연구결과들은 그 자체로서의 연구성과이외에도 온실의 환기에 대한 이론적인 해석연구와 CFD 시뮬레이션을 이용한 연구결과들을 검증하기 위한 기준자료로써도 활용되어 왔다.

본 연구는 자연환기시 온실내부의 공기유동을 관측하여, 외부풍속 및 풍향에 따른 공기유동 특성과 환기특성을 실험적으로 해석하는데 그 목적을 두고 수행되었다.

II. 재료 및 방법

실험 온실은 수원시 서문동에 위치한 서울대학교 부속농장내의 펜로형 유리온실로써, 방향은 남북동이며 면적은 27.1평(89.6 m²)이다. 실험온실의 형태 및 자세한 제원은 Fig. 1에 나타낸 것과 같다. 유일한 환기창인 천창의 면적은 18 m²(바닥면적의 약 20%)이다. 실험을 위한 계측 장비로는 자료수집을 위한 다점기록계(30ch, Yokogawa HR2300) 1대와 풍속계측을 위한 미풍속센서(Dwyer series 640) 14개가 사용되었으며, 온도는 열전대(T-type)를 이용하여 계측하였다.

센서는 Fig. 1에 표시된 것과 같이 설치하였으며, 측정간격은 5분으로 하였다. 또, 실외의 풍속, 풍향 및 기온은 온실에서 약 2 km 정도 떨어진 거리에 위치한 수원기상대의 시간별 관측 자료를 이용하였다.

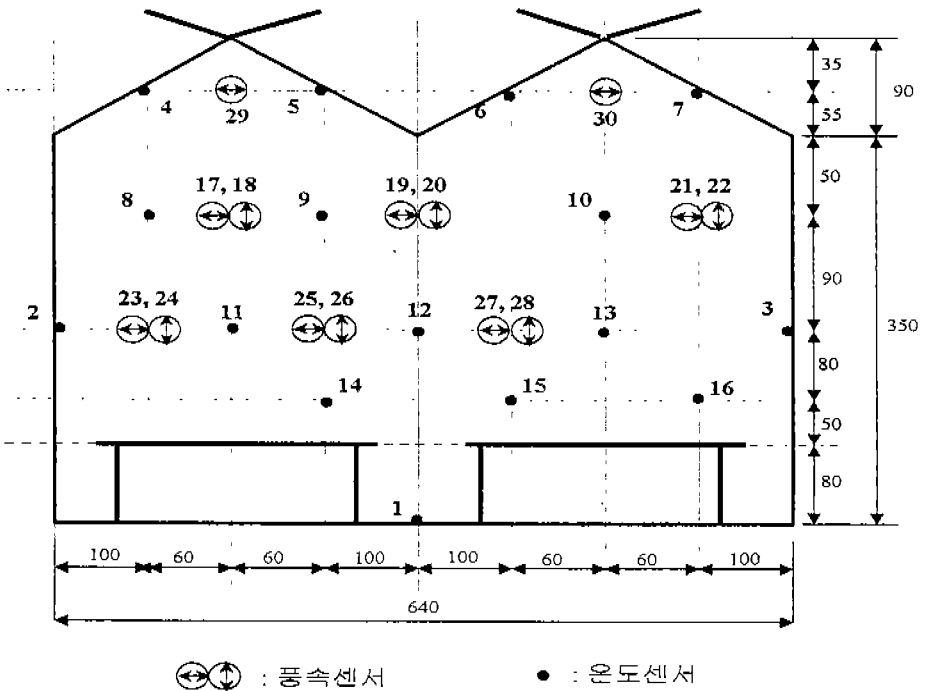


Fig. 1 Dimension of the glasshouse and layout of sensors(unit : cm).

III. 결과 및 고찰

실외풍속과 온실내부의 평균풍속을 비교한 결과(1999년 9월 7일 10:00 - 18:00)는 Fig. 2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 외부의 풍속은 0-3.5 m/s의 범위내에서 다소간의 변화가 있었던 것에 비하여 실내풍속은 거의 변화가 없이 거의 0 m/s에 가까운 값을 유지하였다. 또한, 온실내 평균 풍속과 각 측정들 간의 풍속을 비교한 결과(1999년 9월 9일 14:51)는 Fig. 3과 같다. 외부풍속과 풍향 등에 따라 측정들간의 풍속값의 차이가 다소 변하기는 하였으나, 바람이 불어오는 쪽에 위치한 입기구(top-r)에서의 유입풍속만이 다른 측정에서의 값에 비해 현저하게 큰 것으로 나타났다. 바람이 불어오는 쪽의 첫 번째 환기창에서의 유입풍속에 비하면, 나머지 바람이 불어가는 방향쪽의 출기구(top-l)와 실내공간에서의 유속은 크기가 매우 작았을 뿐만 아니라 값의 변화도 극히 미미하였다.

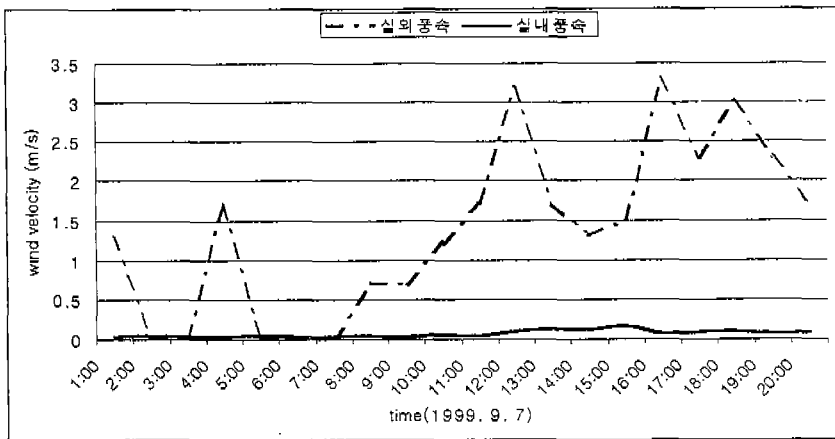


Fig. 2 Variation of wind velocity outdoor and indoor.

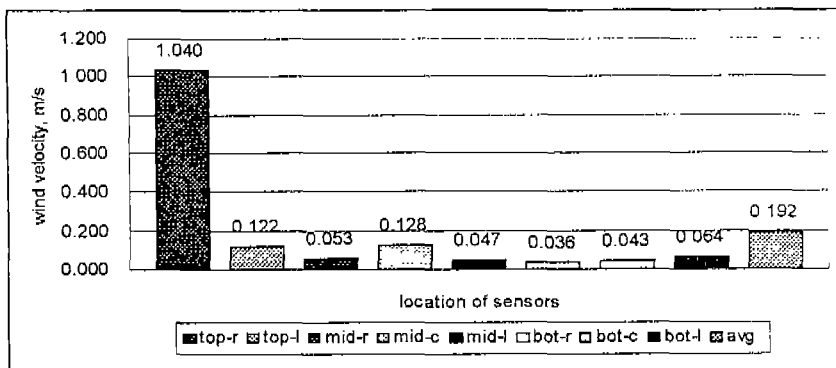


Fig. 3 Comparison of wind velocity at each node with mean one.

Fig. 4는 온실내부의 유속 분포를 나타낸 것(1999년 9월 9일 14:51)이다. 앞의 측정간 풍속값의 차이결과에서 나타난 바와 같이 온실 내부의 유속분포는 바람이 불어오는 쪽의 천창부분을 중심으로 조밀한 등고선 형태를 보이고, 온실내부 및 바닥으로 갈수록 등고선 간격이 멀어지는 형태로 나타났다.

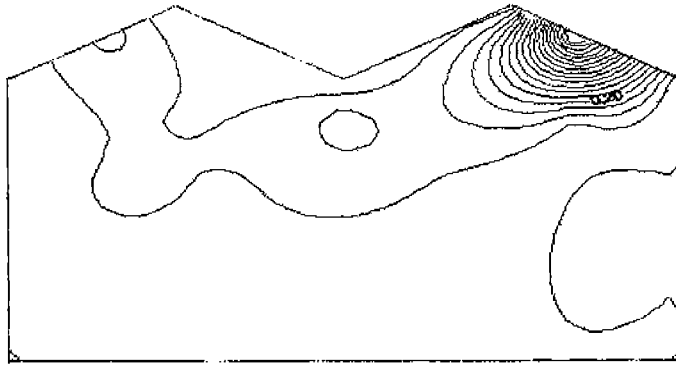


Fig. 4 Distribution of air velocity in glasshouse.

Fig. 5는 온실내외부 및 벽면, 바닥면의 온도를 측정된 결과(1999년 9월 9일 14:51)이며, Fig. 6은 온실내부의 기온을 등고선으로 나타낸 것(1999년 9월 9일 14:51)이다. 온도측정결과 온실내부에서 주간에 가장 높은 온도를 나타낸 곳은 온실바닥(콘크리트블럭)이었으며, 다음으로는 지붕, 벽, 실내공기, 실외공기의 순으로 나타났다. 그러나 실제로는 온실바닥 위에 매트가 설치되어 있었으므로 실내공기의 온도변화에 가장 큰 영향을 주는 요인은 태양으로부터의 복사와 지붕 및 벽면으로부터의 전도 및 대류에 의한 열전달이 될 것으로 판단된다. 실내공기의 온도는 측정들간의 편차가 거의 없이 균일하게 관측되었으며, 외기온도에 비해 7-8℃ 정도 높은 것으로 나타났다.

이 온실에서 실내외 기온차를 5℃로 유지하기 위해 필요한 환기율은 166.5 m³/min인데, 측정 결과로부터 계산하면 외부풍속이 2 m/s일 때의 유입되는 공기량은 600 m³/min로서, 이것은 위의 필요환기율의 약 3.6배나 된다. 입기구의 공기유입률이 높음에도 불구하고, 실내외의 기온차가 오히려 크다는 사실은 온실의 공기가 제대로 순환하지 않음을 반증하는 것이며, 이 온실의 환기효율이 낮음을 의미하는 것으로 판단된다.

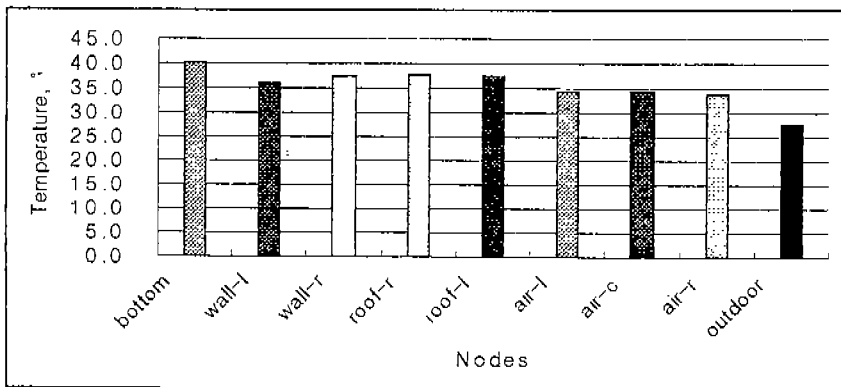


Fig. 5 Comparison of temperature among nodes.

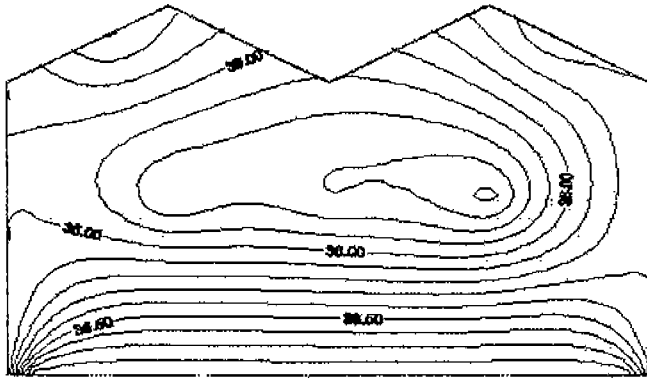


Fig. 6 Distribution of air temperature in glasshouse.

참고문헌

1. 김문기 외, 1997, 원예시설의 환경설계기준 작성연구(II), 농어촌진흥공사
2. 이병일 외, 1995, 신제 시설원예학, 향문사.
3. A. Mistriotis et al., 1997, Computational analysis of ventilation in greenhouses at zero- and low-wind-speeds, *Agri. and Forest Meteorology*, 88, pp. 121-135.
4. E. M. Nederhoff et al., 1985, A practical tracer gas method to determine ventilation in greenhouses, *J. agric. Engng Res.* 31, pp. 309-319.
5. J. S. Zhang, K. A. Janni, L. D. Jacobson, 1989, Modeling natural ventilation induced by combined thermal buoyancy and wind, *TRANSACTIONS of the ASAE*, Vol. 32(6), pp. 2165-2174.
6. Kozai, T., Sase, S. and Nara, M., 1980, A modelling approach to greenhouse ventilation control. *Acta Hortic.*, 106, pp. 125.
7. Okushima, L., Sase, S. and Nara, M., 1989, A support system for natural ventilation design of greenhouses based on computational aerodynamics. *Acta Hortic.*, 248, pp. 129.
8. T. Boulard, J. F. Meneses, M. Mermier, G. Papadakis, 1996, The mechanisms involved in the natural ventilation of greenhouses, *Agricultural and Forest Meteorology*, 79, pp. 61-77.
9. T. Boulard, P. Feuilloley, C. Kittas, 1997, Natural ventilation performance of six greenhouse and tunnel types, *J. agric. Engng Res.*, 67, pp. 249-266.