FAN & PAD시스템 온실의 풍속변화 및 차광효과

The Shading Effect and Wind Velocity Variation of Greenhouse with Fan & Pad System

이석건, 이종원*, 이현우
경북대학교 농업토목공학과

S. G. Lee · J. W. Lee* · H. W. Lee
Department of Agricultural Engineering, Kyungpook National University

서 론

여름철 온실내의 고온극복을 위한 가장 경제적인 방법은 차광과 환기이다. 하지만 이들 방법으로는 온실내 기온을 30℃이하로 유지하는 것은 불가능한 것으로 보고되고 있다. 따라서, 고품질의 농산물을 지속적으로 생산하여 계획재배 및 출하가 가능토록하기 위해서는 적극적인 온실 냉방방법의 도입이 필수적이다. 성능이 우수한 것으로 알려져 있는 FAN & PAD 증발냉각시스템은 대부분의 자재를 수입하여 국내에서 조립하는 형태로 이루어져 과다한 초기설치비로 인하여 일부 온실에만 보급되었으나 자재의 국내생산과 기술축척으로 인하여 초기설치비의 부담이 감소하여 앞으로 많은 온실에 FAN & PAD 증발냉각시스템이 도입될 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구는 온실용 FAN & PAD 시스템의 설계, 시공 및 운용에 필요한 기초자료를 제공하고자 FAN & PAD 온실의 내부풍속변화와 차광에 따른 냉방성능을 실험적으로 분석하였다.

실험장치 및 방법

1. 자갈축열 태양열 온실의 축열시스템

가. 실험온실

본 연구에 사용된 실험온실은 폭(3.2m)×측고(4m)×동고(4.6m)×길이(172m) 규모의 18연동 벤로형 유리온실로서 경북 왜관에 위치하고 있으며 온실내부에는 차광율이 50%인 알루미늄 스크린과 FAN & PAD 냉각시스템을 구비하고 있다. PAD는 온실바닥에서 140m 높이에 설치되어 있으며, 이로부터 온실폭방향으로 57.6m 떨어진 반대편 측벽에 FAN(1마력)이 온실바닥에서 160cm 높이에 42개가 설치되어 있다. 그리고, 실험온실에서 주로 재배하고 있는 작물은 장미이며 양액재배를 하고 있다.

나. 내부환경 계측시스템

FAN & PAD 냉각시스템의 냉방효과를 분석하고자 온·습도 겸용센서를 온실외부에 2점, 실험온실A, B 내부에 각각 13점, 16점을 설치하였다. 온실내부에 설치된 센서는 FAN & PAD시스템 온실에 대한 수평방향의 온·습도 변화를 효과적으로 분석할 수 있도록 PAD에 1점, PAD와 FAN이 설치된 수평방향(온실의 폭방향)으로 4측점 또는 5측점에 높이별로 3점의 온·습도센서를 설치하였다. 그리고, 온실 내부풍속의 변화를 계측하기 위해서 온실내부에 12개의 풍속센서를 설치하였다. 센서의 설치위치는 그림 1에서 보는 바와 같다.

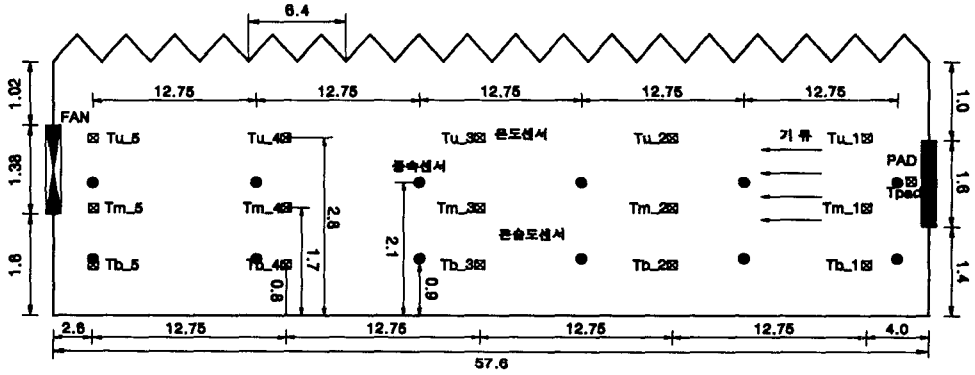


그림 2. Pad & Fan 시스템 및 온·습도 센서의 설치도

2. 실험방법

FAN & PAD 냉각시스템을 구비하고 있는 온실에 있어 작물의 재배방향 및 높이에 따른 내부풍속 변화를 계측하기 위하여 지면높이별(90, 210cm)로 PAD에서 FAN 방향으로 6점의 풍속을 측정하였다. 그리고, 차광이 FAN & PAD 냉각시스템의 냉방효과에 미치는 영향을 파악하고자 차광시간대가 각각 다른 두 개의 온실에 대하여 내부온도를 계측하였다.

결과 및 고찰

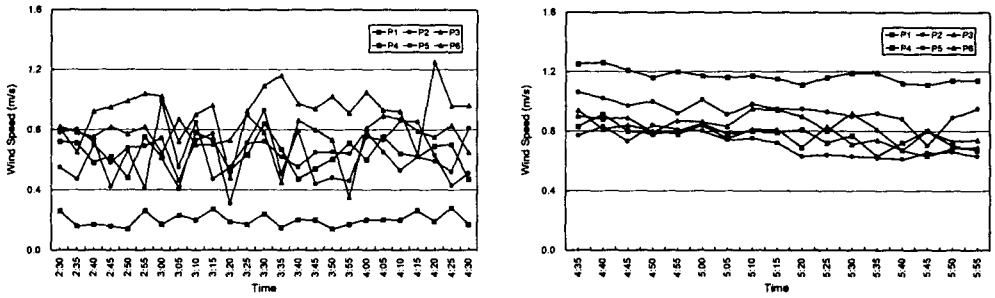
1. FAN & PAD 시스템 온실내부의 풍속변화

그림 1은 Fan & Pad 시스템 온실에 있어 내부차광을 실시하고 FAN을 전부 작동하였을 때 지면높이별 온실폭방향(기류방향)에 따른 풍속변화를 나타낸 것이다.

그림 1(a)는 지면높이 80cm의 온실내부 풍속변화로서 PAD에서 1.2m 이격된 측점은 0.14m/s~0.28m/s(평균 0.20m/s)범위에서 풍속이 변화하였으나 PAD에서 13.95m 이격된 측점부터는 0.35m/s~1.25m/s 범위에서 불규칙한 변화를 보였다. 이러한 불규칙한 풍속변화는 측점의 지면높이에 기인한 것으로 작물이 공기흐름을 방해하는 스크린 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 1(b)는 지면높이 210cm의 온실내부 풍속변화로서 PAD에서 1.2m 이격된 측점은

0.92m/s~1.26m/s(평균 1.16m/s)범위에서 풍속이 변화하였으나 PAD에서 13.95m 이격된 측점부터는 0.63m/s~1.06m/s 범위에서 다소 규칙적인 변화를 보였다. PAD에서 1.2m 이격된 측점의 풍속이 다소 높게 나타난 것은 PAD가 설치되어 있는 측창의 위치때문인 것으로 판단되며, 지면에서 높이가 210cm되는 측점의 풍속이 다소 규칙적인 변화를 보이는 것은 측점높이로 인하여 재배작물의 영향을 적게 받아 공기흐름이 원활하게 이루어지기 때문인 것으로 판단된다.



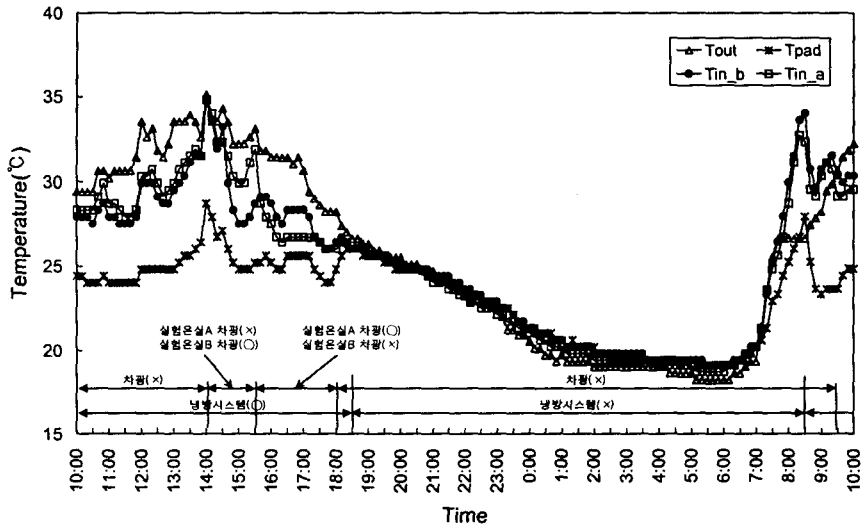
(P1~P6 : PAD에서 이격거리별(1.2m, 13.95m, 26.7m, 39.45m, 52.2m) 측점)

(a) 지면에서 90cm 높이 (b) 지면에서 210cm 높이

Fig. 2. 온실내부 풍속변화

2. 내부차광이 FAN & PAD 시스템의 냉방효과에 미치는 영향

그림 3은 10:00~익일 10:00(8. 16~17)까지 내부차광을 실시한 시간대가 각각 다른 FAN & PAD시스템 온실의 내부온도 변화를 도시한 것이다.



(Tout : 외기온, Tpad : PAD측 내부온도, Tin_a,b : 실험온실A, B 내부온도)

Fig. 3. FAN & PAD 시스템 온실의 내부온도변화(8. 16~17)

그림 3에서 보는 바와 같이, 주간(10:00~18:00)에 외기온이 28.2℃~35.1℃(평균 31.5℃)범위에서 변화할 때 실험온실A의 내부온도는 26.0℃~34.8℃(평균 29.1℃)범위였으며 실험온실B의 내부온도 또한 26.0℃~34.8℃(평균 28.8℃)범위였다. 따라서, 온실 내부온도는 외기온보다 평균 2.4℃~2.7℃정도 낮게 나타났으며 FAN & PAD 온실에 있어 무차광시 냉방효과가 최고 3.2℃ 감소하는 것으로 나타났다. 그리고, 야간(18:00~익일 06:00)에는 외기온이 18.2℃~28.2℃(평균 21.7℃)범위에 변화할 때 실험온실 A의 내부온도는 18.7℃~26.4℃(평균 21.8℃)범위였으며 실험온실B의 내부온도는 19.1℃~26.7℃(평균 22.1℃)범위였다. 야간에는 PAD가 설치된 측창과 천창에 의한 환기로 인하여 온실 내부온도와 외기온이 별차이가 없는 것으로 나타났다.

적 요

온실용 FAN & PAD 시스템의 설계, 시공 및 운용에 필요한 기초자료를 제공하고자 FAN & PAD 온실의 내부풍속변화와 차광에 따른 냉방성능을 실험적으로 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. FAN & PAD 시스템 온실의 내부풍속은 지면높이 80cm에서는 0.35m/s~1.25m/s 범위에서 불규칙한 변화를 보였으며, 지면높이 210cm에서는 0.63m/s~1.06m/s 범위에서 다소 규칙적인 변화를 보였다. 그리고, PAD측 풍속은 지면높이 80cm에서는 평균 0.2m/s, 지면높이 210cm에서는 평균 1.16m/s로 규칙적인 변화를 보였다.

2. 주간(10:00~18:00)에 외기온이 28.2℃~35.1℃(평균 31.5℃)범위에서 변화할 때 FAN & PAD 온실의 내부온도는 외기온보다 평균 2.4℃~2.7℃정도 낮게 나타났으며 무차광시 냉방효과가 최고 3.2℃ 감소하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 민영봉, 증발냉각에 의한 냉방효과와 적합설비. 2000. 시설원예의 고온기 냉방관리 기계기술세미나발표문. pp. 33~47
2. 이석건, 이현우, 김성식, 이종원, Fan and Pad Cooling System의 냉방효과, 1995, 생물생산시설환경학회 학술논문발표 요지 4(2), pp. 78~81
3. 이석건, 이종원, 이현우, 김길동. 1999. PAD 위치 및 FAN 용량에 따른 온실의 냉방효과. 한국농공학회 학술발표회 발표논문집. pp. 399~404
4. 이종원, 이석건, 이현우, 김란숙, 최상환. 1998. PAD & FAN 시스템에 대한 온실폭방향의 온·습도 변화. 한국농공학회 학술발표회 발표논문집. pp. 262~268
5. 三原義秋, 溫室設計の基礎と實際, 1980, 養賢堂, pp. 160~169