

딸기재배 온실용 온습도 계측시스템의 성능개선

정영균^{1†} · 이종구^{1†} · 안은기² · 서재석² · 윤용철^{1*}

¹경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원), ²(주)유비엔

Performance Improvement of a Temperature and Humidity Measuring System for Strawberry Cultivation Greenhouse

Young Kyun Jeong^{1†}, Jong Goo Lee^{1†}, Enu Ki Ahn², Jae Seok Seo², and Yong Cheol Yoon^{1*}

¹Department of Agricultural Engineering Gyeongsang National Univ (Institute of Agriculture and Life Science, GNU), Jinju 52828, Korea

²UBN Corporation, Daegu 42403, Korea

Abstract. This study investigates the improvement in the performance of a temperature and humidity measuring system developed by Company A using the Aspirated Radiation Shield (ARS). The shield has been used in the industry and its accuracy was verified recently. The study also experimentally examines the impact of the wind speed of the ARS device on temperature and humidity. The results are summarized as follows. Before the improvement of the system, the temperature of Company A's system was up to 10.2°C higher than that measured by the ARS device, and the measured relative humidity was approximately 20.0% lower. After improving the system, the temperature and relative humidity of nodes 1 and 2 were found to be almost identical. The temperature deviations including the maximum, mean, and minimum temperatures between those measured in node 2 and by ARS were approximately 0.2 to 0.7°C, respectively; further, the values measured by ARS tended to be slightly lower or higher. In terms of relative humidity, the ARS measurements yielded values approximately 10.0% higher immediately after sunset; otherwise, the values were approximately 1.9% lower. Moreover, when node 1 was set to minimum-middle, middle-maximum, and maximum, the deviations including the maximum, mean, and minimum temperatures of nodes 1 and 2 were 0.1 to 0.4°C, 0.0 to 0.2°C, and 0.0 to 0.5°C, respectively. The deviations including the maximum, average, and minimum temperatures of the three points of node 1 and the ARS ranged from 0.2 to 0.5°C, 0.1 to 2.2°C, and 0.1 to 1.1°C, respectively, indicating that the temperature deviation according to the wind speed was negligible. In addition, considering the results of the previous study with those from this study, the optimal wind speed to improve the temperature deviation is considered to be in the range of 1.0~2.0 m·s⁻¹

Additional key words : aspirated radiation shield, relative humidity, solar radiation, temperature, titration wind speed

서 론

우리나라의 경우, 2018년 말 현재 채소 및 화훼류의 온실면적은 각각 51,226ha 및 2,048ha으로써 전체 면적은 53,314ha으로써 2017년 말의 54,632ha에 비해 다소 감소하였지만, 2013년 말 이후 꾸준히 50,000ha 이상을 유지하고 있다. 국내의 경우, 온실을 포함한 시설 내에서 재배되는 채소류는 근채류, 엽채류, 과채류, 조미채소, 양채류 및 기타 채소이다. 이들 중에

서 국내 통계자료에 수록되는 수박, 오이, 토마토 및 딸기를 포함한 10종의 과채류 시설면적과 생산량은 각각 39,187ha 및 1,899,702t으로써 전체 시설면적 및 생산량의 약 70.7% 및 79.8%로써 과채류가 채소류의 대부분을 차지하고 있다(MAFRA, 2019a, 2019b). 그리고 2018년 말 현재 국내농업 및 과채류의 총생산액은 각각 500,513억 원 및 51,612억 원으로 시설채소의 생산액이 10.3% 정도를 차지한다. 또한 과채류의 경우, 노지 및 시설의 생산액은 각각 4,959억 원 및 46,657억 원으로 시설의 소득이 약 840.9% 정도로 높다. 채소류(엽채류, 과채류, 근채류) 전체를 비교해도 시설이 노지에 비해 109.5% 정도 높다. 이와 같이 시설재배는 농가의 주요 소득원이다(MAFRA, 2019c).

†These authors contributed equally to this work

*Corresponding author: ychoon@gnu.ac.kr

Received February 27, 2020; Revised March 13, 2020;

Accepted March 17, 2020

그러나 최근 우리나라를 비롯하여 다수 국가들의 농업 현실은 녹록하지 않은 것이 사실이다. 즉, 기후변화, 자연재해, 농경지 감소, 다국적 FTA, 농촌생산인구의 감소와 노령화 등 다양한 문제에 직면하고 있다. 국내의 경우, 실제 농가 인구는 2008년 3,187천명에서 2018년 2,315천명으로 약 27.4%로 감소하였고, 전체 인구 중 농가 인구가 차지하는 비중도 이 기간에 6.5%에서 4.5%로 감소한 것으로 나타났다. 또한 농가 중 65세 이상의 비중은 동일기간에 48.1%에서 60.3%로 증가하였다. 여기에 2018년 말 현재 경지면적 1.0ha 이하의 농가도 69.9% 정도로 여전히 영세한 것으로 나타났다(MAFRA, 2019c). 이러한 농업 현실을 극복할 수 있는 방안은 생산비 및 노동력 절감, 수확량 증대, 품질 향상 및 안전성 확보 등이라고 할 수 있다. 최근 ICT/IoT 등을 접목한 융복합 기술의 농업적 이용은 농업경쟁력 확보를 위한 수단으로 매우 중요하게 부각되고 있으며, 현재 정부는 스마트 팜의 보급 확산 정책을 통해 ICT 융복합 기술이 적용된 스마트 팜을 농업현장에 보급하기 위해 노력하고 있다(Lee 등, 2018).

국내의 경우, 스마트 팜에 대한 기술 수준은 미국이나 노르웨이, 네덜란드 등 선진국에 비해 아직 미미한 수준이지만, 정부나 지자체, 농민단체 및 기업체 등 다양한 분야에서 연구 및 개발 분야에 매진하고 있어 이 분야에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다. 또한 2019년 말 현재 농식품 수출액이 사상 최초로 70억 달러를 돌파하면서 정부나 지자체 등에서 시장 다각화나 수출촉진방안 마련에 대한 대책 등을 고심하고 있다. 이 중 신선딸기의 수출액은 2018년보다 14.7% 증가한 약 54,500,000달러를 기록하였다(http://www.nongmin.com).

딸기의 경우, 2017년 말 기준 전국 수출량 및 수출액이 각각 4,787,105kg 및 42,982,539달러를 기록한 국내 농가의 고소득 작물 중의 하나이다. 경남지역의 경우만 보면, 2017년 말 기준 수출량 및 수출액이 각각 4,605,730kg 및 40,943,458달러이고, 전국 수출량 및 수출액의 96.2% 및 95.3% 정도로 딸기 대부분의 수출은 경남에서 이루어지고 있는 실정이다(Jeong 등, 2018).

이상과 같이 딸기는 국내 농가의 주요 고소득 작물 중의 하나이고 주로 서부 경남지역의 온실에서 재배되고 있다. 딸기 재배 온실은 대부분 단동형태로 온실 내부 환경의 계측이나 제어를 위한 주요 인자는 온습도 정도이다. 온도는 주로 ON/OFF 제어에 의한 측창의 개폐 정도이다. 고설재배 농가에서는 별개로 양액제어시스템을 도입하고 있고, 난방은 대부분 수막에 의존하고 있는 실정이다. 여기에 강우 센서에 의한 측창의 개폐 정도가 주류를 이루고 있다(Jeong 등, 2018, 2019a).

국내에도 스마트 팜 온실에 적용하기 위하여 계측 및 제어

시스템이 개발되어 보급되고 있지만, 현재 보급되고 있는 국내의 계측 및 제어 시스템은 고가이고, 딸기 온실과 같이 단동 형태에 적용하기엔 무리가 있다(Lee 등, 2018; Jeong 등, 2018, 2019a). 따라서 단동 딸기재배 온실에 적합한 가격이 비교적 저렴하고 관리가 용이한 시스템을 선정하기 위하여 국내 모기업(이하 A 회사라 한다.)에서 개발한 계측 및 제어 시스템을 딸기재배 온실에 설치하였다. 이 시스템의 온습도의 정확도를 검증하기 위하여 이미 그 성능이 검증된 강제 흡출식 복사선 차폐장치(Jeong 등, 2019b)로 계측한 온습도와 비교한 결과, 이 시스템이 강제 흡출식 복사선 차폐장치로 계측한 온습도와 차이가 큰 것으로 보고하였다(Jeong 등, 2019a).

본 연구에서는 이러한 연구결과를 바탕으로 이 시스템의 성능을 개선하기 위한 시험을 수행하였고, 또한 강제 흡출식 복사선 차폐장치의 풍속이 온습도에 미치는 영향에 대해서도 시험적으로 검토하였다.

재료 및 방법

시스템 성능개선을 위하여 사용한 시험대상 온실의 규격이나 내부 조건 등은 기존의 연구발표에서 사용하였던 것과 동일하다(Jeong 등, 2019a, 2019b). 즉, 경상대학교 기상대 내에 설치된 딸기재배 단동 온실로써 길이, 폭, 측고 및 동고가 각각 19.8m, 7.1m, 1.8m 및 3.4m이고, 바닥면적은 약 140.6m² 정도로써 2중 피복온실이다. 피복재는 PO 필름이며, 1중 및 2중 필름의 두께는 각각 0.1mm 및 0.75mm 를 사용하였다. 온실 형태는 아치형이고, 규격은 농촌진흥청 내재해형 10-단동2-으로써 남북동으로 설치되어 있다. 측창의 열림 폭은 1.23m 이고, 온실바닥은 폴리프로필렌(PP) 재질로 완전히 멀칭 되어 있다. 딸기재배는 고설베드에 양액제어기(SH-2001, SHINAN A-TEC Co., Ltd., Korea)로 양액을 공급하고, 고설베드의 간격은 0.92m으로써 5라인으로 설치되어 있지만, 금년의 경우 4라인만 딸기를 630포기 정도 정식하였다. 이 중 1라인을 딸기 자동정식 기기개발 시험 목적으로 딸기를 정식하지 않았다. 딸기 정식은 지난해(2018년 10월 5일)보다 조금 빠른 2019년 9월 27일에 하였으며, 현재까지 재배하고 있다.

A 회사에서 개발한 시스템의 온습도 정확도를 검증하기 위하여 사용한 장치는 AC 240V, 0.07A의 소형 팬(FD9255, FANGAD ELECTRIC Co., Ltd., China)이 부착된 강제 흡출식 복사선 차폐장치(Aspirated Radiation Shield; 이하 ARS 장치라 한다.)이다. 이 장치는 표준온도계와 아스만 통풍습도계로 이미 검증된 것이다(Jeong 등, 2019b), 이 장치의 온습도는 직경 0.81mm 인 열전대(Thermocouple, T-type, Japan)를 이용하여 2분 간격으로 데이터 로거(GL-800, GRA-

PHTEC Co., Japan)에 저장하였다. 온실 내부와 온실 인근 건물 옥상에 일사량계(MS-802, KEO-INSTRUMENTS, Japan)를 설치하여 데이터 로거(MA5690-1, AHRBRON, Germany)와 PC를 이용하여 2분 간격으로 데이터를 수집하였다. Fig. 1은 강제 흡출식 복사선 차폐장치의 단면도와 전경을 나타낸 것이다(Jeong 등, 2019a, 2019b).

A 회사에서 개발한 시스템과의 ARS 장치와의 가장 큰 차이는 팬의 유무이다. 즉, A 회사에서 개발한 시스템에는 강제통풍을 위한 팬이 부착되어 있지 않는 자연통풍방식이고, 태양 복사를 차단하기 위하여 센서 주변에 플레이트를 부착하고 있다(Fig. 2(a) 참조). 따라서 본 연구에서는 A 회사 시스템의 플레이트를 제거하고, ARS 장치와 유사하게 강제통풍을 위하여 규격이 50.0×50.0×115mm인 PLA 재질의 직사각형 파이프에 DC 24V, 0.12A의 소형 팬(DC BRUSHLESS, SHIM CHEON Llc., China)을 부착하여 시스템을 개조하였고, 직사각형 표면에는 Fig. 1의 (b)와 같이 알루미늄 호일로 피복하였다. 또한 이 팬은 풍속을 인위적으로 조절할 수 있는 가변 변

압기가 부착되어 있다. 이 시스템의 온습도는 멤스 센서(MEMS; Micro Electro-Mechanical Systems type sensor, Swiss)를 이용하여 2분 간격으로 온실 내부에 설치된 데이터 컨트롤러(FARM RINK, UBN Inc., Korea)에 저장되면 네트워크에 의해 A 회사로 전송되도록 되어 있다. Fig. 2는 A 회사 제품으로써 시스템을 개선하기 전후의 전경을 나타낸 것이다.

A 회사 제품의 경우, 풍속의 크기에 따른 온도 차이를 보기 위하여 동일하게 제작한 2세트(제품 1, 2)를 설치하였다. 두 세트 중 제품 2의 풍속을 중간 정도에 설정하여 두고(이하 기준풍속이라 한다.) 가변 변압기로 제품 1의 풍속을 변화시키면서 제품 2의 온도 및 ARS 장치와 비교하였다. 두 제품의 소형 팬은 동일한 것이지만, 두 제품 모두 가변 변압기를 중간 정도에 설정하였을 때, 제품 1의 유출구 기준으로 평균풍속($4.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)이 제품 2의 평균풍속($3.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)보다 크기 때문에 제품 2를 기준풍속으로 하였다. 제품 1의 가변 변압기는 최소-중간 사이, 중간-최대 사이 및 최대(3개 측정)로 설정하여 유입구 및 유출구의 평균풍속을 조절하였다. 이하 제품 1 및 2를

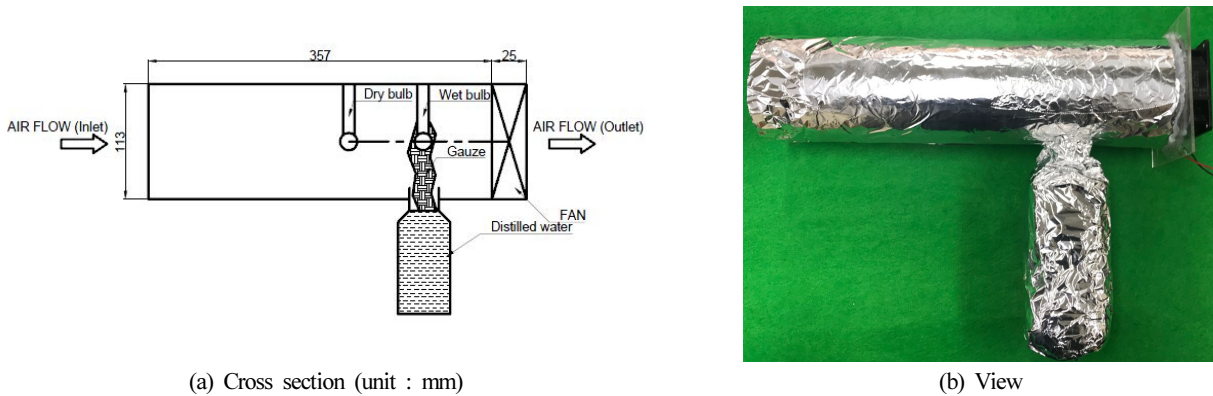


Fig. 1. Cross section and view of aspirated radiation shield (Jeong et al., 2019a, 2019b).

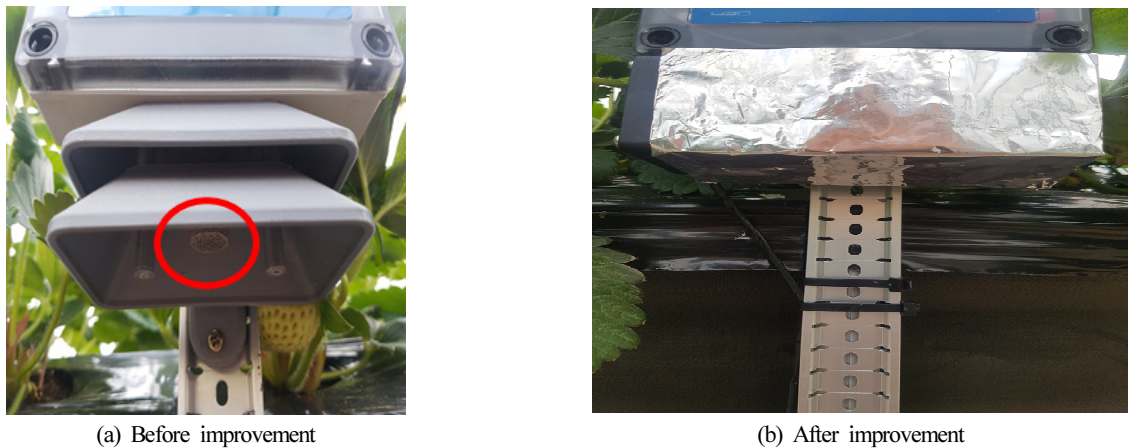


Fig. 2. Views of A company product according to the improvement of system.



Fig. 3. View of greenhouse inside.

노드(Node) 1, 2라 한다. 소형 팬의 풍속은 열선풍속계(6501, KANOMAX JAPAN, Inc., Japan)로 파이프 단면의 유출구에서 4개 측정점으로 구분하여 풍속을 측정하여 산술평균하였다. 유출구의 경우, 팬의 중심 부분이 파이프 일부분을 차단하고 있기 때문에 유입구 보다 평균풍속이 크게 나타났다.

ARS 장치는 온실의 길이 및 폭 방향의 중앙에 설치하였으며, 설치 높이는 베드의 높이(0.92m)보다 약간 높은 위치(1.5m 높이)에 설치하였다. Fig. 2는 시험온실 내부의 전경을 나타낸 것이다. A 회사 제품은 ARS 장치보다 약간 낮은 위치, 즉 딸기재배 베드의 골조 높이와 동일한 0.92m이고, 온실 길이 방향으로는 ARS 장치를 중심으로 좌우에 한 세트씩 설치되어 있다. 두 세트의 이격 거리는 약 1.4m 정도이다. Fig. 3은 온실 내부의 전경을 나타낸 것이다.

결과 및 고찰

Fig. 4는 시스템을 개선하기 전, A 회사 시스템과 ARS 장치로 측정된 온습도 변화의 일례로서 수평면 일사량도 동시에 표시하였다. 이때 수평면 일사량의 최대 및 평균은 각각 948.4W·m⁻² 및 517.2W·m⁻²이었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 일사가 약한 아침저녁 무렵의 경우, A 회사 시스템과 ARS 장치의 온도 차이는 미미하거나 거의 없지만, 일사가 강할수록 차이가 뚜렷하게 나타났다. 이날 A 회사 시스템과 ARS 장치 온도차이는 최대 10.2°C 정도로서 A 회사에서 개발한 시스템이 높게 나타났다. 이러한 현상은 복사선 차폐 정도가 서로 다르고 또한 강제통풍 유무에 의한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Thomas와 Smooth(2013), Konno와 Takahashi(2012), Yang 등(2012), Kurzeja(2010) 등의 연구결과와 일치하는 것이다. 상대습도는 A 회사 시스템이 ARS 장치보다 평균적으로 20.0%

정도 낮게 나타났다. 상대습도의 경우, 아스만 통풍건습계(적정 풍속 3.0~5.0m·s⁻¹)나 ARS 장치와 같이 건습구온도에 의하여 습도를 구하는 방식에서는 강제통풍 방식을 채용하지만, 이외에는 강제통풍방식에 의한 연구결과는 전무한 실정이다.

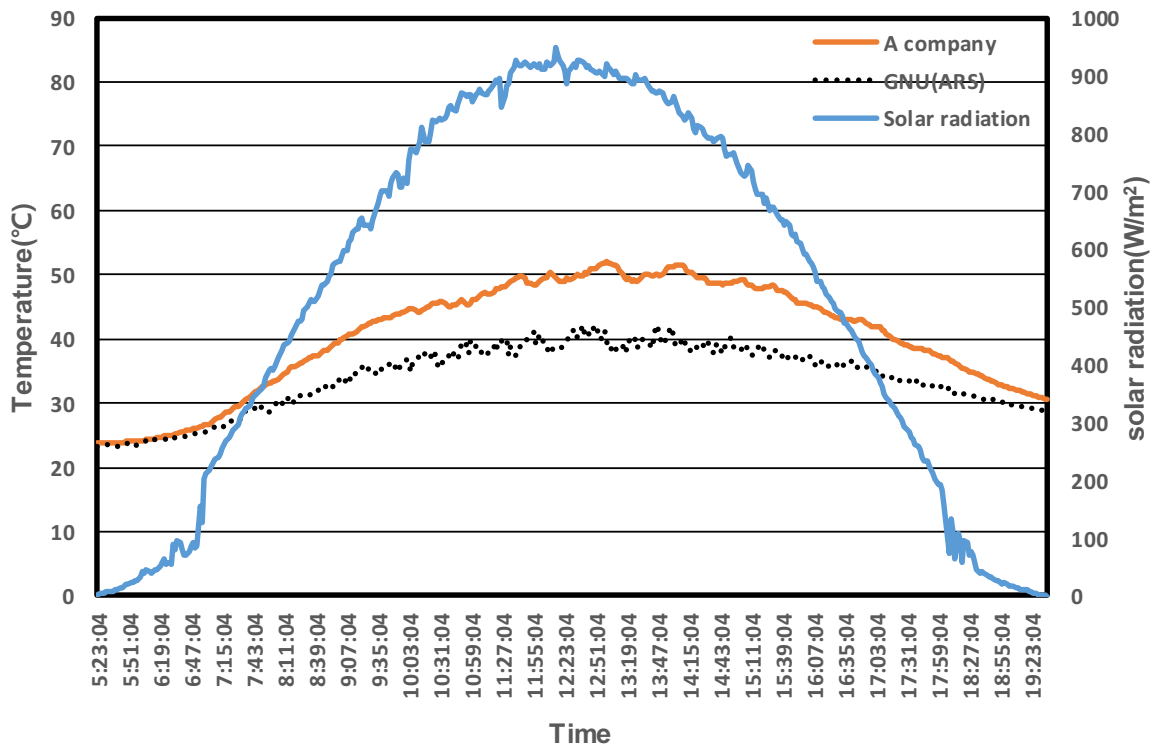
Fig. 5는 최대 및 평균 수평면 일사량이 각각 602.0W·m⁻² 및 347.4W·m⁻² 정도인 대체로 맑은 날 가변 변압기를 중간 정도에 설정한 경우, 노드 1, 2의 온습도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 알 수 있듯이 상대습도의 경우, 일출 직후에 노드 2가 1보다 약간 높게 나타나는 경우가 있었지만, 그 이외에는 1과 2의 온습도는 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 온습도가 시간의 경과와 함께 변화하는 것은 환기 설정 온도를 25.0°C로 설정하였기 때문이다. 또한 노드 1, 2의 유입구 평균풍속은 각각 1.9m·s⁻¹ 및 1.6m·s⁻¹, 유출구는 각각 4.2m·s⁻¹ 및 3.1m·s⁻¹ 정도로써 약간 차이가 있지만, 풍속의 크기에 따른 온도 차는 거의 없는 것으로 나타났다.

Fig. 5에서 노드 1, 2간 온습도에 큰 차이가 없었기 때문에 Fig. 6은 기준풍속 노드 2와 ARS 장치로 측정된 온습도를 나타낸 것이다. 최대 및 평균 수평면 일사량이 각각 672.9W·m⁻² 및 382.1W·m⁻² 정도이다. 참고로 ARS 장치의 유입구, 유출구 및 센서 주변의 평균풍속은 각각 1.6m·s⁻¹, 3.3m·s⁻¹ 및 1.9m·s⁻¹ 정도로써 유입 및 유출구의 평균풍속은 노드 2와 유사하다.

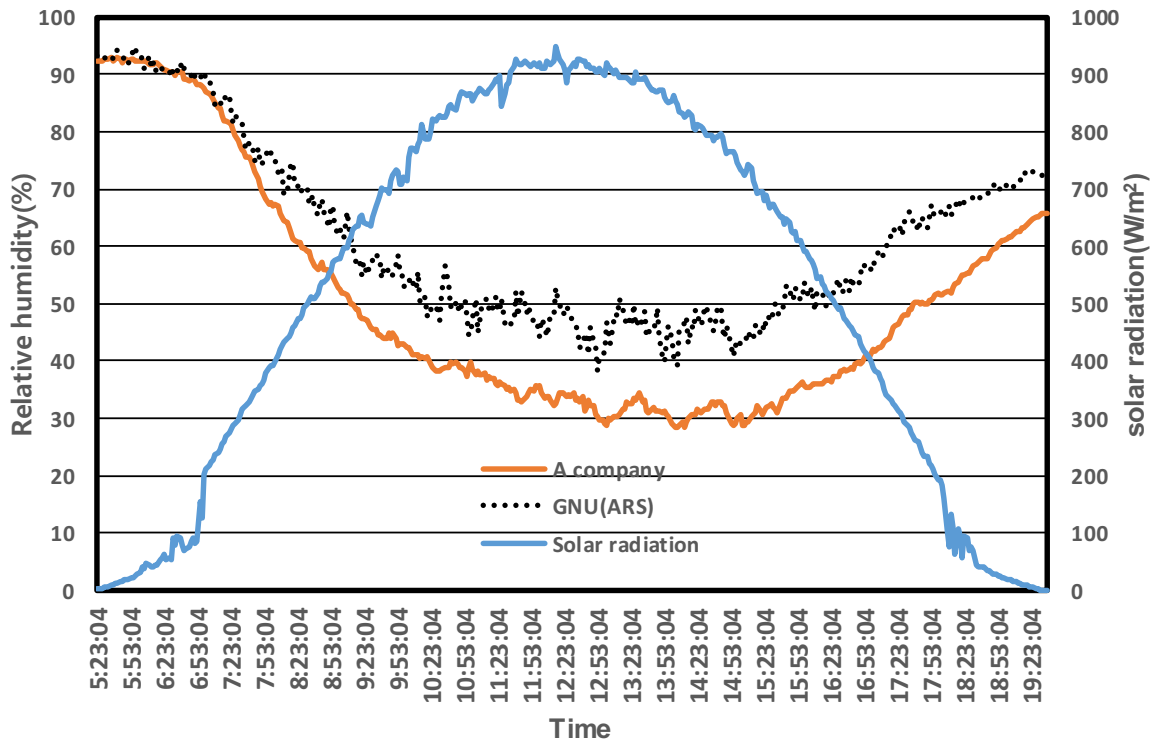
온도의 경우, 일출 직후에 순간적으로 ARS 장치로 측정된 온도가 노드 2보다 약간 높거나 낮게 나타나는 경향이 있었다. 이외에는 ARS 장치와 노드 2간의 최고, 평균 및 최저온도를 포함한 온도편차는 각각 0.2~0.7°C 정도로써 ARS 장치가 약간 낮거나 높게 나타나는 경향이 있었다. 일출 직후 이러한 현상은 ARS 장치의 온도 센서는 공기 중에 직접 노출되어 있고, 노드 1, 2의 경우, Fig. 2(a)의 ○로 표시된 부분과 같이 온도 센서의 외부가 실드되어 있기 때문이다. 즉, 공기에 노출되는 정도와 감도의 차이 때문인 것으로 판단된다. 상대습도의 경우, 일출 직후 ARS 장치의 상대습도가 약 10.0% 정도 높게 나타나는 경향이 있었지만, 그 이외에는 평균적으로 1.9% 정도 ARS 장치가 약간 낮게 나타나는 경향이 있었다.

Fig. 4와 Fig. 6의 결과에서 알 수 있듯이 A 회사 제품은 소형 팬의 부착만으로 성능이 많이 개선된 것으로 판단되며, 이러한 결과는 Thomas와 Smooth(2013), Konno와 Takahashi(2012), Yang 등(2012), Kurzeja(2010) 등의 연구결과와 일치하는 것이다.

Fig. 7은 노드 1의 가변 변압기를 3개 측정점으로 설정하였을 경우, 노드 1, 2의 온도변화를 나타낸 것이다. 노드 1의 가변 변압기를 최소-중간 사이, 중간-최대 사이 및 최대로 설정한 경우, 유입구의 평균풍속은 각각 0.9m·s⁻¹, 3.1m·s⁻¹ 및 4.2m·s⁻¹ 정도이었고, 유출구의 평균풍속은 각각 1.6m·s⁻¹, 5.2m·s⁻¹ 및

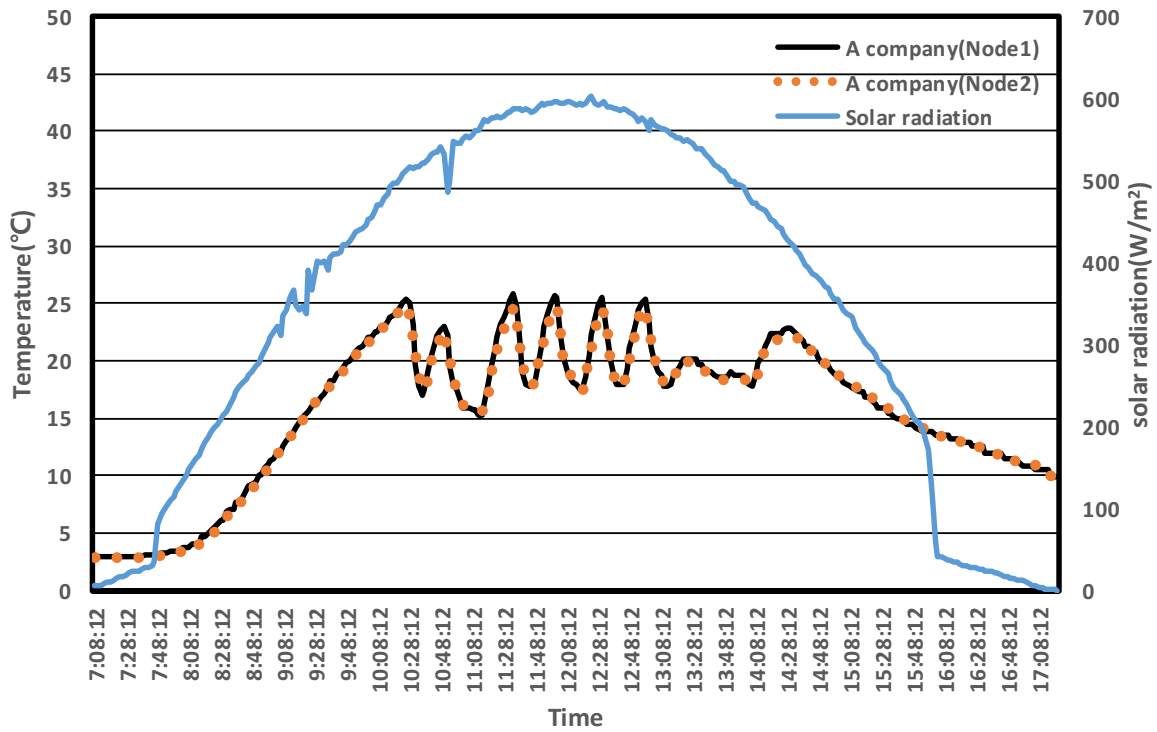


(a) Temperature

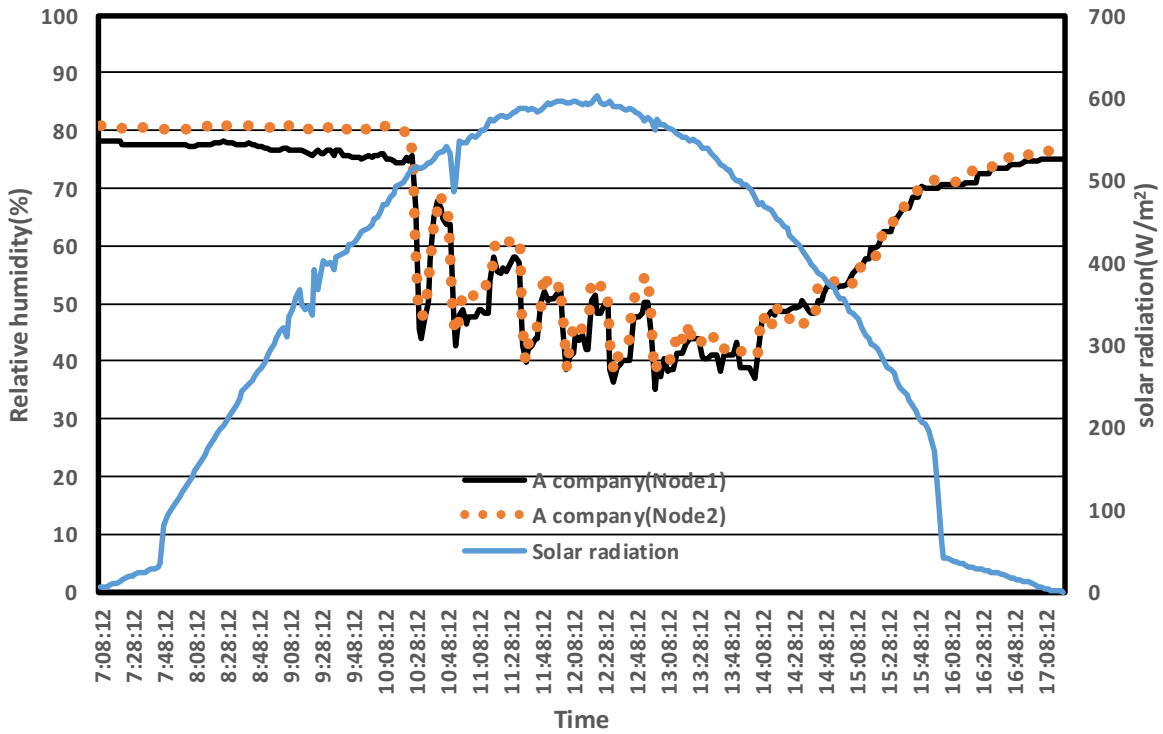


(b) Relative humidity(Jeong et al., 2019a)

Fig. 4. Variation of temperature, relative humidity and solar radiation measured by ARS and A's system (Jul. 15, 2018).

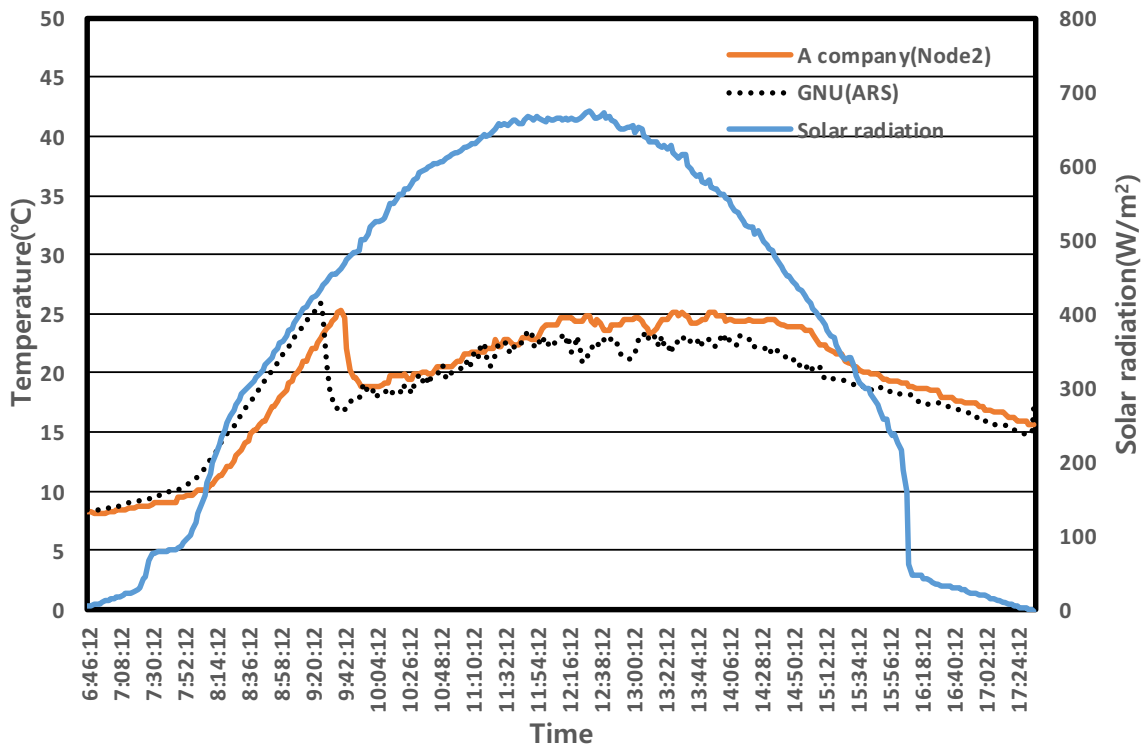


(a) Temperature

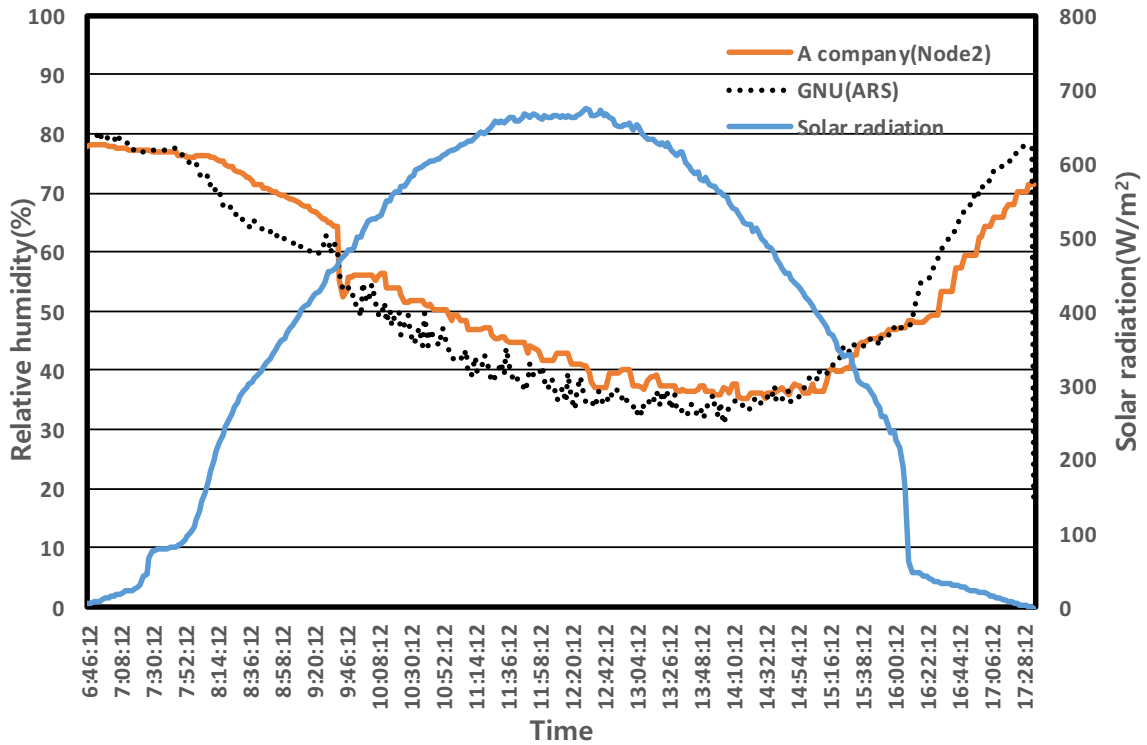


(b) Relative humidity

Fig. 5. Variation of temperature and relative humidity measured by node 1 and 2 (Nov. 20, 2019).



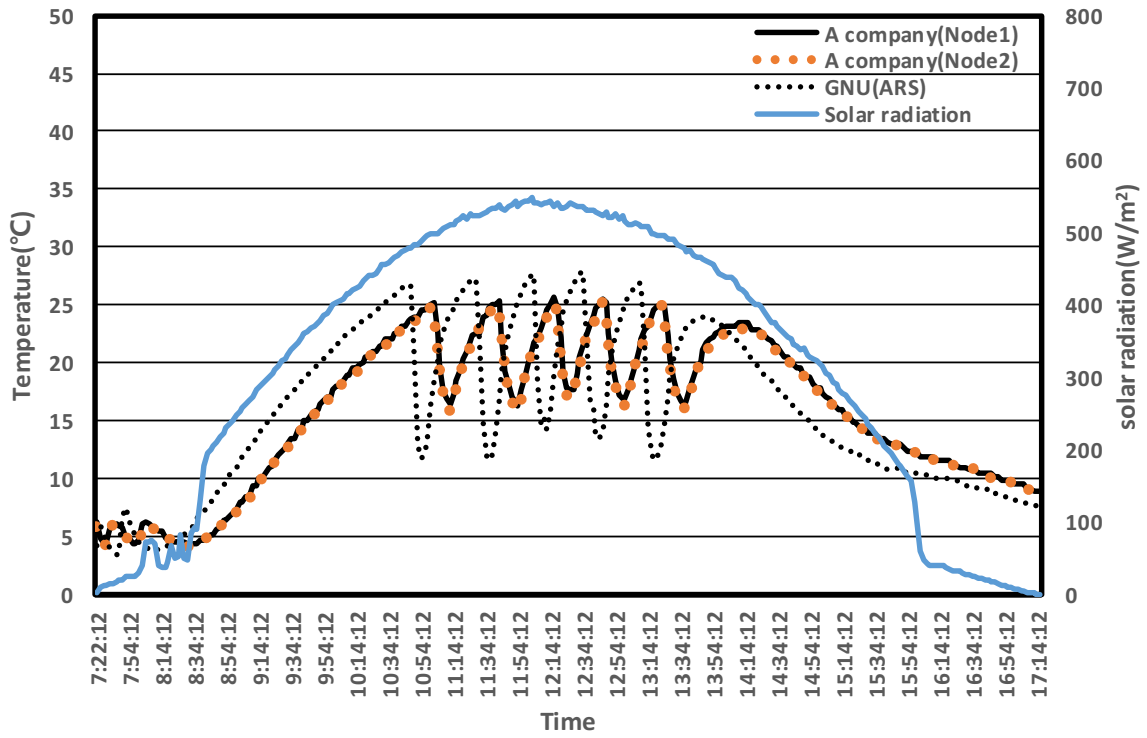
(a) Temperature



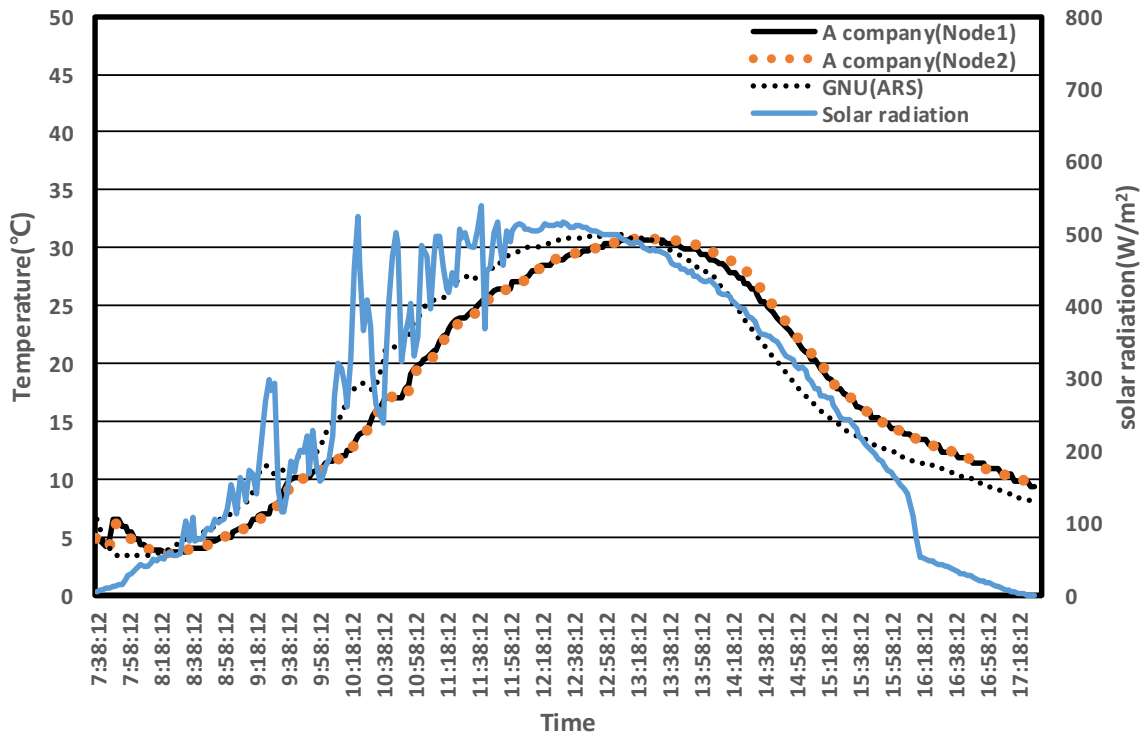
(b) Relative humidity

Fig. 6. Variation of temperature and relative humidity measured by ARS and node 2 system (Oct. 30, 2019).

딸기재배 온실용 온습도 측정시스템의 성능개선

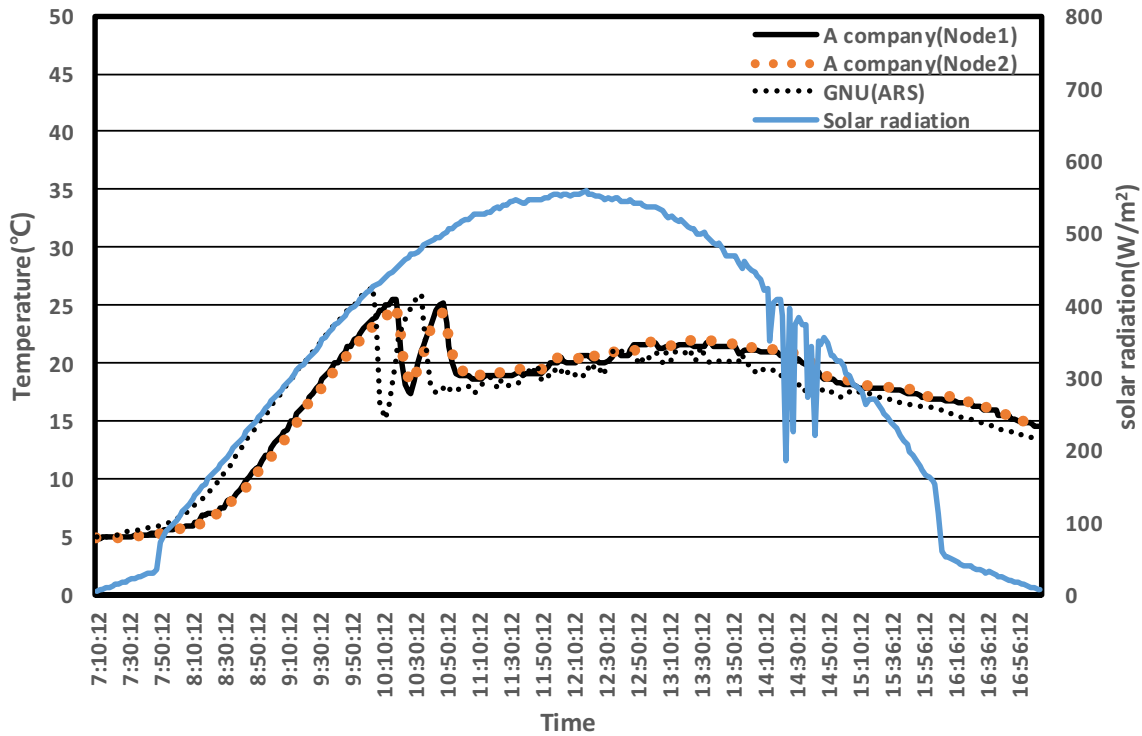


(a) Min.-Mid. (Dec. 07, 2019)



(b) Mid.-Max. (Jan. 04, 2020)

Fig. 7. Variation of temperature measured by node 1 and 2 system.



(c) Max. (Nov. 22, 2019)

Fig. 7. Variation of temperature measured by node 1 and 2 system (continued).

6.6m·s⁻¹ 정도였다.

Fig. 7(a) 및 (c)는 환기 설정 온도를 25.0°C로 설정하였던 날 이고, Fig. 7(b)는 인위적으로 측창을 OFF로 설정하였던 날의 일례이다. Fig. 7(a) 및 (c)와 같이 환기가 되면, ARS 장치로 측정 한 온도의 진폭이 크게 된다. Fig. 7를 보면, 노드 1을 최소-중 간 사이, 중간-최대 사이 및 최대로 설정한 경우, 노드 1, 2의 최 고, 평균 및 최저온도를 포함한 편차는 각각 0.1~0.4°C, 0.0~ 0.2°C 및 0.0~0.5°C 정도였다. 그리고 노드 1의 3개 측정점과 ARS 장치의 최고, 평균 및 최저온도를 포함한 편차는 각각 0. 2~0.5°C, 0.1~2.2°C 및 0.1~1.1°C 정도의 범위로서 풍속 의 크기에 따른 온도편차는 아주 미미한 것으로 나타났다. 또 한 환기의 유무에 따른 온도 편차도 거의 없는 것으로 나타났 다. 노드 1, 2간의 온도오차보다 노드 1과 ARS 장치의 온도오 차가 조금 큰 것으로 나타났다. 이것은 앞서서도 기술하였듯이 온도 센서가 공기에 노출되는 정도와 감도의 차이 때문이다.

Yang 등(2012)은 소형 팬(풍속 0.5~0.7m·s⁻¹)을 부착한 일명 Fan-Aspirated Radiation Shield 장치로 측정 한 온도와 비교하였다. 그 결과 측정 장소, 높이 및 형태별, 태양복사량의 대소에 따라 다소 온도의 차이는 있었지만, Fan-Aspirated Radiation Shield 장치로 측정 한 온도가 가장 낮게 나타난 것

으로 보고하였다(Jeong 등, 2019b). Konno와 Takahashi (2012) 는 날씨 조건, 계절, 풍속, 풍향, 주간 및 야간 등을 고려하여 자 연 및 강제통풍 조건에서 풍속에 따른 온도를 검토한 결과, 풍 속을 3.0~4.0m·s⁻¹ 이상으로 크게 하면 온도오차를 좀 더 줄 일 수 있다고 보고하였다. Kurzeja(2010)는 자연통풍 조건에 서 일반적으로 풍속이 1.0m·s⁻¹ 이상이면 온도오차를 제거할 수 있다고 하였다. Roh와 Suh(1998)은 백엽상 내부에서 소형 팬의 적정 풍속은 2.0m·s⁻¹ 정도라고 하였다. 이상과 같이 강제 통풍 방식이든 자연통풍이든 정확한 공기 온도를 측정하기 위 한 적정 풍속은 연구자들에 따라 차이가 있다.

본 연구에서 사용한 풍속을 정리하면, ARS 장치의 경우 센 서 주변의 풍속은 1.9m·s⁻¹ 정도이다. 노드 2의 경우, 유입구 및 유출구의 평균풍속을 평균하면 2.4m·s⁻¹ 정도이다. 노드 1 의 경우, 최소-중간, 중간, 중간-최대 및 최대 설정에서 유입구 및 유출구의 평균풍속을 평균하면 1.3m·s⁻¹, 3.1m·s⁻¹, 4.2m·s⁻¹ 및 5.4m·s⁻¹ 정도이다.

본 시험에서 노드 1의 풍속을 변화시켜 노드 2와 ARS 장치 의 온도와 비교한 결과, 풍속에 따른 온도오차가 거의 없었다. 또한 ARS 장치의 센서 주변 풍속이 1.9m·s⁻¹ 정도였고, 노드 1의 최소 풍속이 1.3m·s⁻¹ 정도였다. 그리고 앞서서도 기술하

였듯이 백엽상 내부에서 소형 팬의 적정 풍속은 $2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도라고 하였다. 이러한 점을 종합하면, 온도오차를 개선하기 위한 적정 풍속은 $1.0\sim 2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도의 범위일 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 기존에 사용하여 왔고, 최근에 온습도의 정확도를 검증하였던 강제 흡출식 복사선 차폐장치(Aspirated Radiation Shield; ARS)를 이용하여 모 기업(A 회사)에서 개발한 시스템의 성능을 개선하고, ARS 장치의 풍속이 온습도에 미치는 영향에 대해서도 시험적으로 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다. A 회사 제품의 시스템을 개선하기 전, A 회사 시스템의 온도는 ARS 장치로 측정된 온도보다 최대 10.2°C 정도 높았고, 상대습도는 20.0% 정도 낮게 나타났다. 시스템을 개선한 후, 노드 1, 2의 온도 및 상대습도는 거의 일치하는 것으로 나타났다. 개선 후의 노드 2와 ARS 장치로 측정된 온도간의 최고, 평균 및 최저온도를 포함한 온도편차는 각각 $0.2\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 정도로써 ARS 장치가 약간 낮거나 높게 나타나는 경향이 있었다. 상대습도의 경우, 일몰 직후 ARS 장치의 상대습도가 약 10.0% 정도 높게 나타나는 경향이 있었지만, 그 이외에는 평균적으로 1.9% 정도 ARS 장치가 약간 낮게 나타나는 경향이 있었다. 그리고 노드 1을 최소-중간 사이, 중간-최대 사이 및 최대로 설정한 경우, 노드 1, 2의 최고, 평균 및 최저온도를 포함한 편차는 각각 $0.1\sim 0.4^{\circ}\text{C}$, $0.0\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 및 $0.0\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 정도였다. 그리고 노드 1의 3개 측정과 ARS 장치의 최고, 평균 및 최저온도를 포함한 편차는 각각 $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$, $0.1\sim 2.2^{\circ}\text{C}$ 및 $0.1\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 정도의 범위으로써 풍속의 크기에 따른 온도편차는 아주 미미한 것으로 나타났다. 또한 선행연구 및 본 연구의 결과를 종합하여 보면, 온도오차를 개선하기 위한 적정 풍속은 $1.0\sim 2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도의 범위일 것으로 판단되었다.

추가 주제어: 강제 흡출식 복사선 차폐장치, 상대습도, 온도, 태양복사, 적정 풍속

사 사

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농림축산식품연구센터지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(717001-07-4-SB320).

Literature Cited

- <http://www.nongmin.com>
- Jeong, Y.K., J.G. Lee, S.W. Yun, H.T. Kim, E.K. Ahn, J.S. Seo, and Y.C. Yoon. 2019a. Analyzing the performance of a temperature and humidity measuring system of a smart greenhouse for strawberry cultivation. *Protected Hort. Plant Sci.* 28:117-125 (in Korean).
- Jeong, Y.K., J.G. Lee, S.W. Yun, H.T. Kim, E.K. Ahn, J.S. Seo, and Y.C. Yoon. 2019b. Effects of an aspirated radiation shield on temperature measurement in a greenhouse. *Protected Hort. Plant Sci.* 28:78-85 (in Korean).
- Jeong, Y.K., J.G. Lee, S.W. Yun, H.T. Kim, and Y.C. Yoon. 2018. Field survey of greenhouse for strawberry culture – case study based on Western Gyeongnam Area-. *Protected Hort. Plant Sci.* 27:253-259 (in Korean).
- Konno, S. and H. Takahashi. 2012. Comparison of temperatures measured by using a natural ventilation radiation shield and an aspirated ventilation radiation shield of AMeDAS station. *Geographical reports of Tokyo Metropolitan University.* 47:39-49.
- Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry(iPET). 2018 Summer. *Innovation Chang. iPET.* 71:2-3 (in Korean).
- Kurzeja, R. 2010. Accurate temperature measurements in a naturally-aspirated radiation shield. *Boundary-Layer Meteorol* 134:181-193.
- Lee, J.G., Y.K. Jong, S.W. Yun, M.K. Choi, H.T. Kim, and Y.C. Yoon. 2018. Field survey on smart greenhouse. *Protected Hort. Plant Sci.* 27:166-172 (in Korean).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2019a. Greenhouse status for the vegetable grown in facilities and the vegetable productions in 2018. Press release. 2020. <http://www.marfa.go.kr> (in Korean).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2019b. Cultivation status of floricultural crop in 2018. Press release. 2020. <http://www.marfa.go.kr> (in Korean).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2019c. Major statistics of agriculture, food and rural affairs. Press release. 2020. <http://www.marfa.go.kr> (in Korean).
- Roh, G.K. and W.M. Suh. 1998. Computerized environmental control in greenhouse. ed. *The Korean Society for Hightech Agricultural Facilities.* Korea. p.140 (in Korean).
- Thomas, C.K. and A.R. Smooth. 2013. An effective, economic aspirated radiation shield for air temperature observation and its spatial gradients. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.* 30:526-537.
- Yang, S.H., C.G. Lee, J.Y. Kim, W.K. Lee, A.A. Araghi, and J.Y. Rhee. 2012. Effects of fan-aspirated radiation shield for temperature measurement in greenhouse environment. *J. of Biosystems Eng.* 37:245-251 (in Korean).