

## 온실 환경 분석을 위한 원격계측시스템 개발 Development of Remote Monitoring System for Analyzing Greenhouse Environment

유인호<sup>1\*</sup> · 남윤일<sup>1</sup> · 이시영<sup>1</sup> · 노미영<sup>1</sup> · 조명환<sup>1</sup> · 이정현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>원예연구소 시설원예시험장

<sup>2</sup>전남대학교 식물생명공학부(원예학전공)

In-Ho Yu<sup>1\*</sup> · Yoon-Il Nam<sup>1</sup> · Si-Young Lee<sup>1</sup> · Mi-Young Roh<sup>1</sup>,

Myeong-Whan Cho<sup>1</sup> · Jeong Hyun Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

<sup>2</sup>Department of Applied Plant Science Chonnam University, Gwangju 500-757, Korea

### 서 론

최근 들어 급속한 인터넷 기술의 발달로 인하여 오프라인에서만 가능했던 일들이 온라인상에서도 가능해지고 있다. 인터넷은 일반 생활뿐만 아니라 산업현장에서도 많은 영향을 미치고 있다(허 등, 2002). 현대 농업의 경쟁력을 제고할 수 있는 주요 방안 중 하나로 정보화를 꼽고 있으며, 농업분야에서도 유·무선 기술 및 인터넷을 응용한 축사 환경관리, 저온저장고 환경관리, 미곡도정공장의 원격 감시 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 농업 정보는 특성상 필요한 시기에 신속하고 적절한 내용의 전달이 요구되며, 정보화의 실질적 효율 증대를 위해서는 전문가의 지식이 정보 수집 및 활용이 용이한 형태로 정보 활용자에게 전달되어야 한다(고 등, 2003). 최근 오이와 토마토 시설재배 면적이 증가하고 있으며, 2004년 기준으로 오이 4,747ha, 토마토 5,624ha에 이르고 있다. 그러나 온실내 환경 관리 및 재배기술 격차로 인해 수량과 품질에 있어 농가간 큰 차이를 나타내고 있는 실정이다. 농가간 생산성 차이가 발생하는 요인을 찾기 위해서는 정보화 기술을 도입하여 온실내 기온, 습도, 일사 등 기상 환경의 실시간 계측 및 데이터 수집을 통해 농가의 재배기술 및 수확량을 모니터링할 필요가 있다. 본 연구에서는 온실 환경을 원격으로 계측하는 시스템을 이용하여 온실 환경 데이터베이스를 구축하였으며, 온실내 환경요소가 작물에 미치는 영향 및 농가간 생산성 차이에 대한 원인을 분석함과 동시에 시설재배 원격계측 웹서비스를 통해 농가의 온실 환경 관리 현황 및 재배기술을 농가에 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

온실 환경 원격계측시스템은 데이터베이스, 웹서버, 메인컨트롤러, 각종센서(온실 내·외부 기온, 온실내 상대습도, 지온, 온실 내·외부 일사량 등)로 구성되어 있으며, 그 구성도는 그림 1과 같다. 전국 오이, 토마토 재배농가 40개소에 대해 실시간으로 데이터를 수집할 수 있는 CDMA(코드다중분할접속) 방식의 원격계측시스템을 설치하였다. 센서에 의해 계측된 온실 환경 데이터는 메인컨트롤러로 저장되 되고 저장된 데이터는 CDMA 모뎀을 통해 10분 간격으로 서버로 전송되어 DB로 구축된다. Java applet을 이용하여 구축된 홈페이지를 통해 40개 농가의 온실 환경을 실시간으로 모니터링하고 수집된 데이터를 분석한 각종 통계 데이터를 농민에게 제공한다. 농민이 온실에 있지 않아도 온실 환경을 파악할 수 있도록 주기적으로 온실 환경을 통보해 주고 고온이나 온풍기 고장 등으로 인해 저온이 되었을 때 경보를 해주는 기능을 메인컨트롤러가 갖고 있다(그림 3).

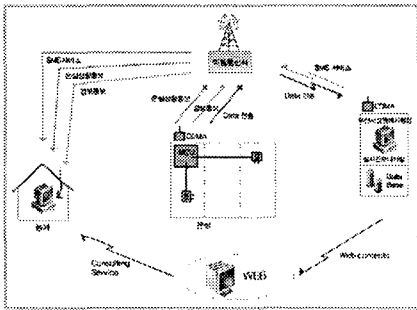


그림 1. 온실 환경 원격계측시스템 구성도

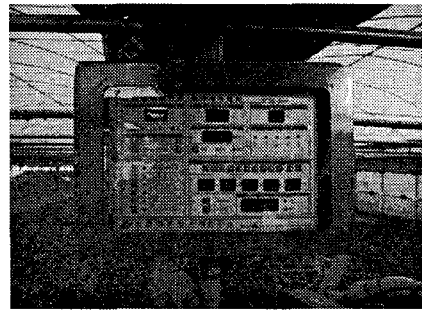


그림 2. 메인컨트롤러



(a) 온실상황통보



(b) 온실재해통보

그림 3. 온실 환경 통보 사례

## 결과 및 고찰

2003~2005년까지 구축된 시설재배 원격계측 홈페이지(hort.nhri.go.kr)는 온실 영농 정보 관리 프로그램 개발로 개별 농가의 온실 환경, 수확량 등을 데이터베이스로 구축할 수

있도록 구성되어 있다. 홈페이지 초기화면에는 온실 환경 모니터링, 관리일지(작업일지, 판매일지 등), 시스템 운영 현황(농가시스템 상황, 수확량 입력, 재배개요 등), 환경관리 모형 등의 메뉴를 만들어 데이터를 입·출력하고 각종 정보를 텍스트 및 그래프 형식으로 제공할 수 있도록 하였다(그림 4, 5).

작물 생산성에는 농가간 많은 차이를 보였는데 생산성 상위 10% 농가와 하위 10% 농가의 생산량 및 시설환경 데이터를 분석한 결과를 그림 6, 7에 나타냈다. 상위 10% 농가의 토마토 수확량은 10a당 3,560kg/월 으로 하위 10% 농가보다 28% 정도 높은 것으로 조사되었다. 상위 10% 농가의 오이 수확량은 10a당 5,916kg/월 으로 하위 10% 농가보다 무려 200%나 높았다. 상·하위 농가간 생산성이 차이가 발생하는 요인을 수집된 시설 환경 데이터를 이용하여 분석한 결과, 온실내 기온, 지온 및 습도환경은 농가간 큰 차이가 없었으나, 내부일사량에서 큰 차이를 보였다. 따라서 농가간 생산성 차이에 가장 크게 영향을 미치는 환경요인은 일사량인 것으로 판단되었다.

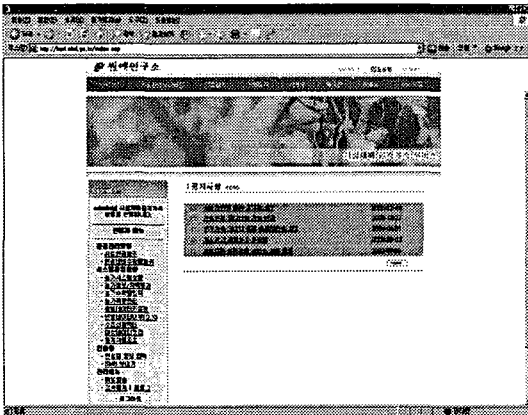


그림 4. 홈페이지 초기화면

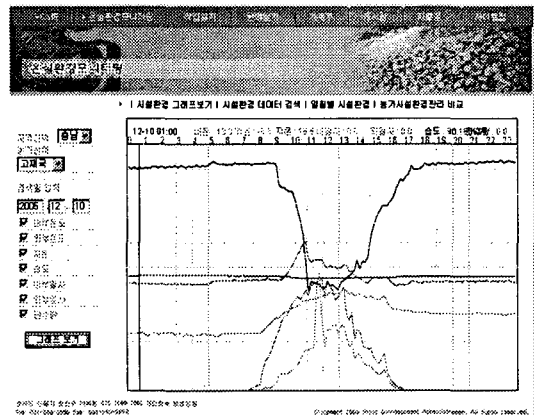


그림 5. 온실 환경 모니터링 화면

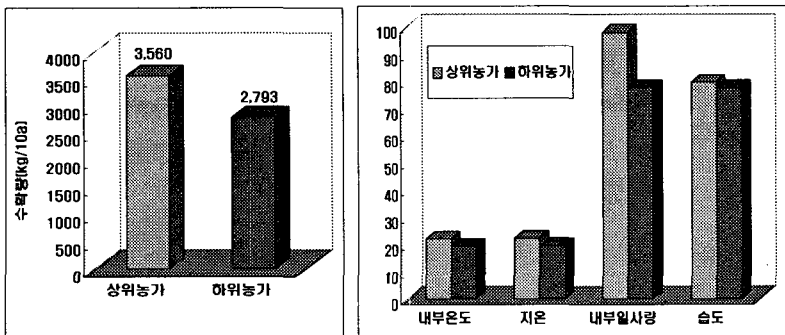


그림 6. 온실 환경 데이터 분석에 따른 토마토 재배농가별 생산성 차이

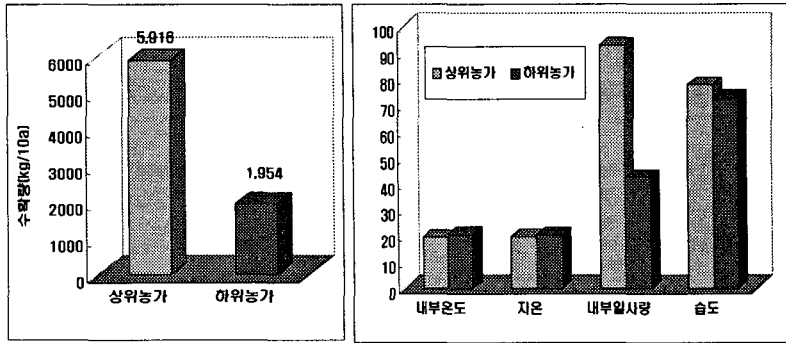


그림 7. 온실 환경 데이터 분석에 따른 오이 재배농가별 생산성 차이

정식 후 시간 경과에 따른 토마토 및 오이의 수확량을 예측하기 위해 Goudriaan 등 (1994)이 제시한 지수선형함수식에 적용하였다.

$$W = c_m / r_m \cdot \ln(1 + e^{r_m(t - t_b)})$$

여기서, W : 단위면적당 수확량(kgm<sup>-2</sup>), r<sub>m</sub> : 최대 상대수확률(d<sup>-1</sup>),

c<sub>m</sub> : 최대 절대수확률(kgm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>), t<sub>b</sub> : 선형 수확기까지의 손실시간(d)

t : 정식 후 일수(d, 0..... n)

위 식에 나오는 변수 값은 농가로부터 수집된 데이터를 이용하여 SPSS 통계패키지 non-linear fitting procedure를 거쳐 추정하였다. 그림 8에서 보는 바와 같이 지수선형 함수를 이용하여 농가의 생산량을 예측한 결과와 실제 수확량이 비교적 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

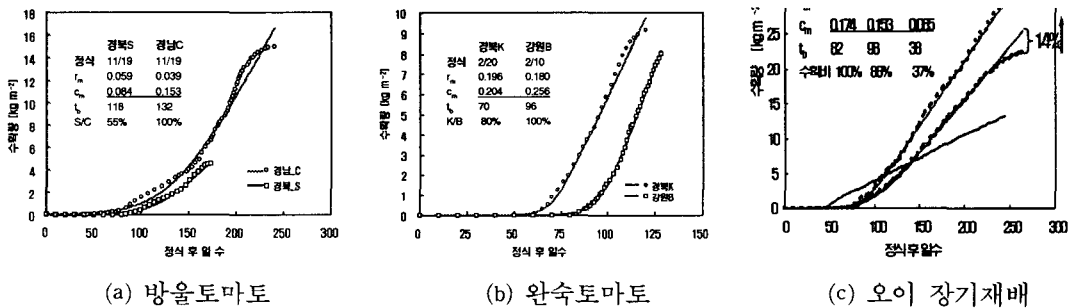


그림 8. 지수선형함수를 이용한 작목별 재배농가간 생산성 비교

작물 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인은 내부일사량인 것으로 분석되었는데 내부 일사량은 피복재의 오염도, 경과년수 등의 영향을 크게 받는다. 피복재의 광투과율은 외부일사량과 내부일사량의 비로 계산되며, 예측된 내·외부 일사량으로부터 광투과율을 계산하여

홈페이지를 통해 농가에 제공하고 있다.

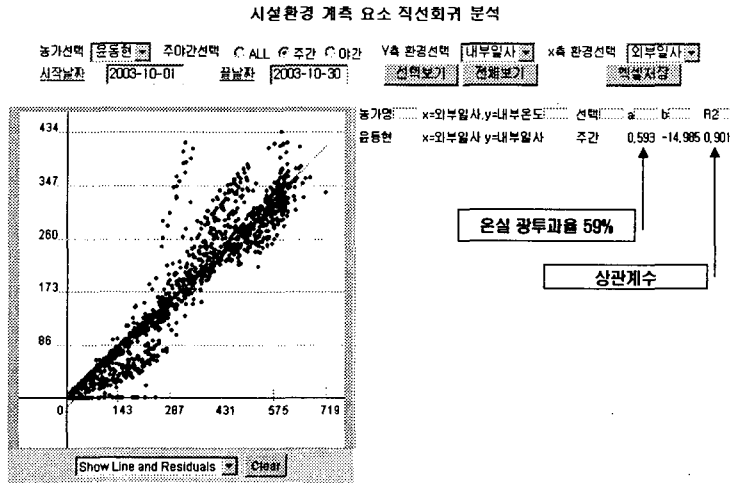


그림 9. 직선회귀식을 이용한 광투과율 분석

## 요약 및 결론

본 연구에서는 온실 환경을 원격으로 계측하는 시스템을 이용하여 온실 환경 데이터베이스를 구축하였으며, 온실내 환경요소가 작물에 미치는 영향 및 농가간 생산성 차이에 대한 원인을 분석함과 동시에 시설재배 원격계측 웹서비스를 통해 농가의 온실 환경 관리 현황 및 재배 기술을 농가에 제공하고자 하였다. 상·하위 농가간 생산성이 차이가 발생하는 요인을 수집된 시설 환경 데이터를 이용하여 분석한 결과, 온실내 기온, 지온 및 습도환경은 농가간 큰 차이가 없었으나, 내부일사량에서 큰 차이를 보였다. 따라서 농가간 생산성 차이에 가장 크게 영향을 미치는 환경요인은 일사량인 것으로 판단되었다. 지수선형함수식을 이용하여 정식 후 시간 경과에 따른 토마토 및 오이의 수확량을 예측하였으며, 피복재 관리 현황을 파악할 수 있도록 계측된 내·외부 일사량으로부터 광투과율을 계산하였다. 이 자료들은 그림 또는 텍스트 형태로 가공하여 홈페이지를 통해 농가에서 편리하게 사용할 수 있도록 하였다.

## 인 용 문 헌

1. J. Goudriaan and H. H. van Laar. 1994. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Publisher. p. 7-28.
2. 고병진 외. 2003. FoxPro를 이용한 오이와 토마토의 생육장애 진단 전문가 시스템 개발. 생물환경조절학회지 12(1):30-37.

3. 김정만. 2004. 원격 수질자동 측정시스템 개발. 농어촌과 환경 85:82-90.
4. 김규원 외. 2003. 원격 자동제어를 이용한 국화의 첨단 생장조절시스템 개발과 실용화에 관한 연구. 농림부. p. 28-68.
5. 김완순 외. 1999. 온실내 재해방지를 위한 유·무선 경보 안전지원 시스템 개발. 원예시험 연구보고서. p.191-19.
6. 심주현 외. 2004. 시설재배를 위한 웹 기반의 원격 관리 시스템의 개발 및 성능평가. 바이오시스템공학 29(2):159-166.
7. 엄천일 외. 2001. 미곡도정공장의 원격 감시 및 제어 시스템 개발(I). 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 6(1):213-218.
8. 임정호 외. 2001. 네트워크를 이용한 온실 감시 시스템의 개발. 한국농업기계학회 동계 학술대회 논문집 6(1):137-142.
9. 정훈 외. 1998. 농산물 저온저장고 환경관리 자동화시스템 개발. 한국농업기계학회 동계 학술대회 논문집 3(1):180-186.
10. 허원석 외. 2003. 웹 기반의 온실 원격 제어 시스템의 개발. 한국농업기계학회지 27(4):349-354.