

수경재배 자동화를 위한 계측시스템의 개발¹⁾

김성은 · 김영식 · 김승우
상명대학교 산업대학 원예과학과
순천향대학교 전기전자공학부

Development of the Measuring System for Automation of Hydroponics

Kim, Sung Eun · Kim, Young Shik
Kim, Seung Woo

Dept. of Horticultural Science, Sangmyung Univ., Chonan 330-180, Korea
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Soonchunhyang Univ., Asan, 336-745, Korea.

Abstract

The measuring system was developed for automation of hydroponic culture. It runs in Windows 3.1 and 95. Main window contains greenhouse screen and menu bars such as system setting, sensor calibration, greenhouse status, actuator control, file management, view, and help. Users can use pop-up menu, tool bar and status bar as well as menu bar for manipulation. Especially it was designed to retain flexibility for researchers, who changed detecting sensors frequently. Users can change storage intervals of files, of which 3 types were prepared to use in other software like as statistical programs, graphic programs and/or spread sheets. This system was adopted to deep flow culture system and evaluated to be appropriate for any kind of hydroponic systems.

키 워 드 : 계측시스템, 계측 프로그램, 자동제어, 수경재배

Key words : measuring system, monitoring program, automatic control, hydroponics

서 론

시설 내에서는 각종 작물을 고밀도로 배치하고 생육에 영향을 미치는 각종 환경요인을

자동적으로 제어하는 것이 가능하며, 이러한 작물생산의 장점을 극대화하기 위한 작물 생산 시스템의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{2, 8, 9, 10)}. 더 나아가 미래의 농업 형태

¹⁾ 본 연구는 농촌진흥청 농업 특정연구 개발과제에 의해 수행되었음.

로 주목받고 있는 완전제어형 작물생산 시설, 즉 식물공장의 생물환경에 대한 자동제어 시스템과 이에 소요되는 계측 및 제어장치 분야에 관한 연구가 체계적으로 이루어지고 있다.^{3, 7, 11, 12)}

작물생산 시스템을 통한 동적자동제어를 위해서는, 각종 환경요인들을 계측하고, 이를 환경제어의 피드백 신호로 활용할 수 있어야 한다.^{13, 14)} 이를 위하여 계측대상이 되는 재배 및 환경요인들을 선정하고, 온실 계측 시스템 및 모니터 프로그램을 개발하여야 한다.

현재 국내에서 사용되고 있는 시설내 환경 및 재배에 대한 자동화 시스템 및 운영프로그램은 주로 수입품에 의존하고 있어 가격이 비싸며, 단순 한글화 작업만으로 우리 나라 농가에서 사용상에 문제가 많고, 일부 국산이 개발되어 있으나 공학적인 면이 강하고 작물의 생육적인 면의 이해가 부족한 문제점을 가지고 있다.^{1, 4, 5, 6)} 또한, 기존 제품의 경우, 계측 기기의 종류나 수를 변경하는 것이 쉽지 않으며 센서의 보정 등이 불편한 점과 재배농가를 주요 대상으로 하기 때문에 연구를 목적으로 하기에 어려움도 있다.

본 계측시스템은 수입품이 가지고 있는 센서의 종류나 수, 보정의 어려움 등의 기존 문제점을 해결하고, 작물 생육적인 부분을 고려하여 계측 기기의 종류와 수를 적용시키고, 시스템에 유연성을 가능한 한 부여하여 재배가 뿐만 아니라 연구자도 쉽게 사용할 수 있도록 설계하였다.

재료 및 방법

본 시스템은 하드웨어, 소프트웨어, 계측 기기로 구성하였고, 계측프로그램은 편리한 GUI 환경을 제공하고 기타 프로그램과의 연계를 위하여 윈도우 환경에서 개발하였다. 사용된 DOS의 버전은 6.2, 윈도우의 버전은 3.1이었으며, 계측프로그램은 윈도우 3.1과 윈도우95에서 테스트하였다. 마이크로소프트사의 Visual C++를 사용하여 개발하였으며, 프로그램

개발을 위하여 MFC(Microsoft Foundation Class) 라이브러리를 제공하였다.

수경재배 시스템은 수경재배장치, 계측장치로 구성하였다. 수경재배장치는 Deep Flow Culture(DFC)를 사용하였으며, 계측장치는 광, 이산화탄소, 기온 등의 환경자료와 pH, EC, 액온 등의 배양액자료를 계측할 수 있도록 하였다. 센서는 총 32개까지 설정할 수 있으며, 입력신호가 전압이나 전류라면 어떠한 종류의 계측센서도 장착, 읽을 수 있도록 유연성을 중시하였다. 또한, 센서의 수명이 길지 않으며 열화되기 쉬운 점을 고려하여 센서의 보정이 용이하도록 배려하였다. 즉, 센서의 보정은 센서가 계측하고 있는 수치를 보고, 사용자가 쉽게 보정할 수 있도록 프로그램 상에 센서보정을 위한 '센서조정'이라는 메뉴를 설정하였다.

초기화면에서 온실을 그대로 재현하고, 계측자료를 그래프로 표시하여 사용자가 쉽게 각 부분을 모니터링할 수 있도록 하였다. 계측자료는 일정 시간별로 자동 저장하여 사용할 수 있도록 하였으며, 사용자가 통계나 그래프등 필요로 하는 작업을 용이하게 하기 위하여 여러 가지 파일형태로 저장되게 하였다.

결과 및 고찰

그림 1은 본 실험에서 구성한 계측시스템의 구조이다. 하드웨어는 컴퓨터를 비롯하여 계측 기기를 연결하는 A/D 변환기(32 채널 단일 종단 입력), screw terminal panel, solid state module panel 등으로 구성된다. 소프트웨어는 계측프로그램으로 구성된다. 개발된 계측프로그램의 흐름도는 그림 2와 같다.

초기화면에는 시스템 설정, 센서조정, 온실 상태, 주변기기제어, 파일관리, 보기, 도움말 등의 메뉴 표시줄 및 온실내부가 나타나며, 시스템의 운영은 툴바, 상태 바를 사용할 수도 있다. 온실내부의 각 부분에 대하여 pop up menu를 사용할 수도 있게 하였다(그림 3).

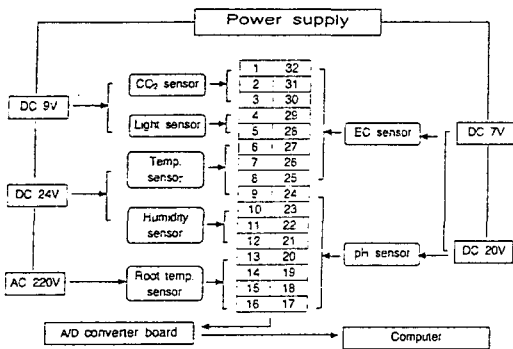


Fig. 1. Diagram of the measuring system.

계측프로그램의 도움말은 컴퓨터나 제어에 대한 개념이 없는 사용자도 쉽게 사용할 수 있도록 평이하게 작성하였으며, pop up menu를 사용할 수도 있게 하였다(그림 4).

그림 5는 본 계측프로그램의 '센서보정' 메뉴에서 배양액의 pH를 계측한 값을 나타낸 것이다. 그림의 상단에 계측되고 있는 현재시간과 계측간격이 표시되고, 각 센서에 번호를 부여하여 계측한다. 계측간격을 조정하고 이 메뉴를 사용하여 센서의 보정을 쉽게 할 수 있다. 또한, 기존 제품들이 센서의 수를 1~2개로 한정되어 있는 문제점을 보완하여 각 센서들의 수를 8개까지 확장할 수 있도록 하여 연구자의 필요도 충족될 수 있으리라 사료된다. 그림 6은 '온실상태' 메뉴에서 EC 계측의 예로써, 계측되는 값들을 판단하기 쉽도록 그래프의 형태로 나타내어 사용자가 현재의 온실내부 상황을 빠르게 판단하도록 도와준다.

프로그램에서 계측되는 값이 100줄이 되면 .dat, .txt 파일을 형성하도록 하여 워드프로세서나 통계프로그램 등에 적용이 용이하도록 하였다. 본 계측프로그램을 토마토 담액재배에 적용한 계측자료를 이용하여 MS EXCEL에서 그래프를 작성하였다(그림 7).

본 계측시스템은 순환식·비순환식 및 여러 가지 수경재배 방식에 모두 적용 가능한 것으로 사료되며, 향후에 인공지능 등의 다른 프

로그램과의 multi-tasking이 용이하도록 할 것이다. 특히, 이 시스템은 계측 채널의 유연성으로 인해 계측센서의 종류나 수가 수시로 변하는 실험용으로 탁월한 것으로 사료된다.

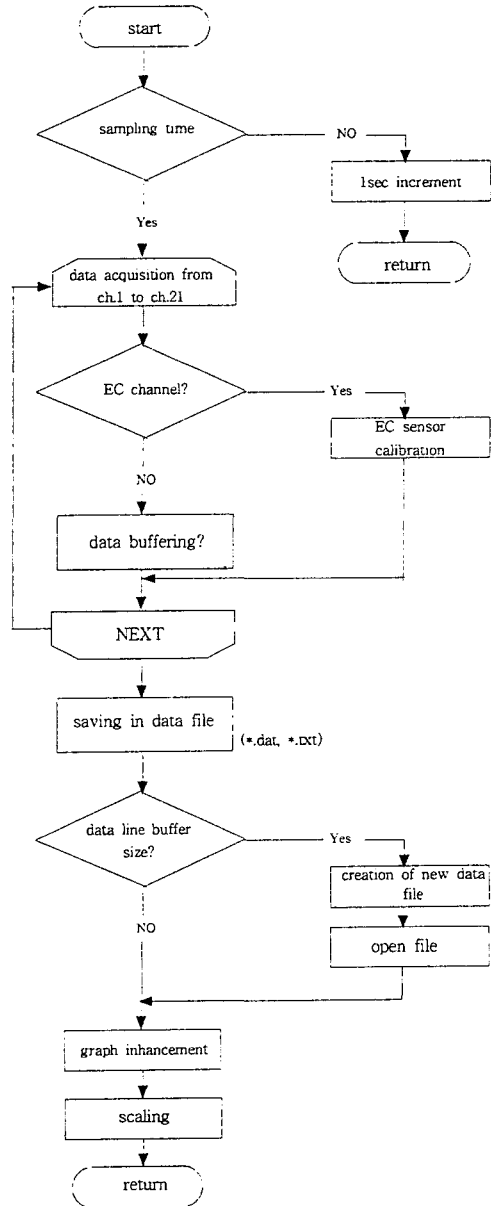


Fig. 2. Flow chart of the monitoring program.

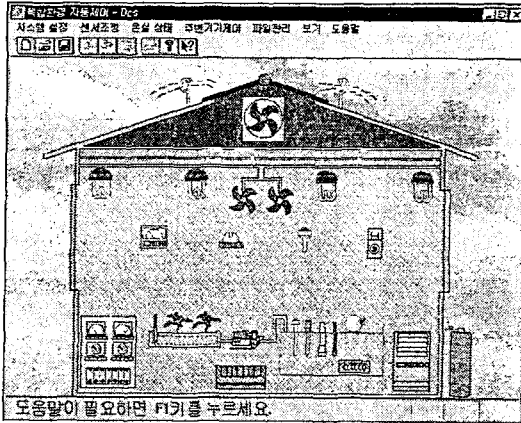


Fig. 3. The initial window in the measuring program.

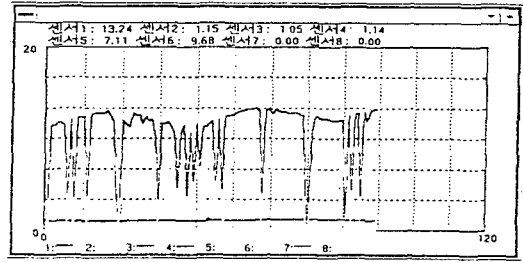


Fig. 6. Measured EC data in greenhouse condition menu bar.

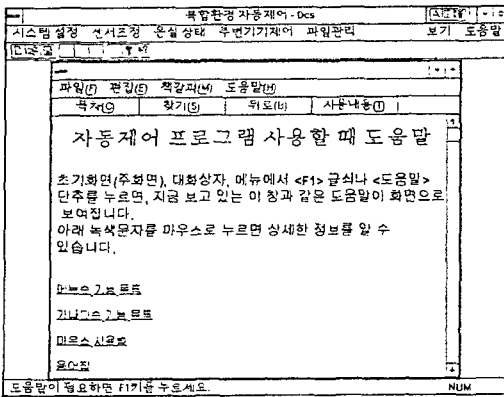


Fig. 4. Help menu in the measuring program.

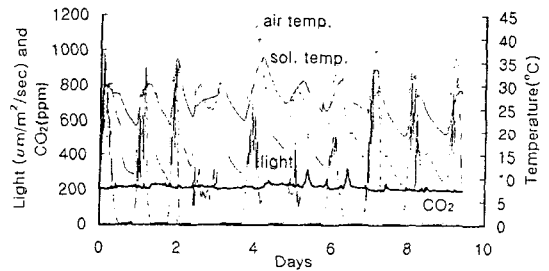


Fig. 7. Temperature, CO₂ and light in measuring program.

적 요

시설의 자동화시스템 중, 계측시스템을 개발하고, 토마토 수경재배에 적용실험하였다. 본 시스템은 하드웨어, 소프트웨어, 계측 기기로 구성되었다. 계측프로그램은 편리한 GUI 환경을 제공하고 다른 프로그램과의 연계를 위하여 윈도우 환경에서 개발하였다. 초기화면에는 시스템설정, 센서보정, 온실상태, 제어, 파일관리 및 도움말 등의 메뉴바를 설정하였으며, 팝업메뉴, 툴바 및 상태바들을 사용하여 조작이 용이하게 하였다. 특히, 센서의 장착에 유연성을 부여하였으며, 계측자료는 일정 시간별로 여러 가지 형태의 파일로 자동 저장하여, 사용자가 통계나 그래프등 필요로 하는

채널	채널1	채널2	채널3	채널4	채널5	채널6	채널7	채널8
0	5.69	6.21	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	5.67	6.17	6.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.64	6.25	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	5.65	6.15	6.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	5.59	6.21	6.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	5.56	6.22	7.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fig. 5. The pH sensor calibration window in sensor calibration menu.

작업을 용이하게 할 수 있게 하였다. 적용실험 결과, 본 계측시스템은 순환식·비순환식 및 여러 가지 수경재배 방식에 모두 적용 가능한 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

1. ästrom, K. and B. Wittenmark. 1988. Adaptive Control. Addison Wesley.
2. 홍순호. 1990. 작물 생산 자동화를 위한 복합환경계측 시스템 개발. 서울대학교 석사학위논문.
3. 홍순호. 1995. Automatic control of growth environment for plant factory. 서울대학교 박사학위논문.
4. 김경수, 이기명, 장익주. 1992. 시설원예에 있어서 물 관리 자동화 시스템 개발. 생물생산시설환경학회지 1(1):61-71.
5. Li-Xin, Wang. 1993. Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and Stability Analysis. Prentice-Hall International, Inc.
6. Pedrycz, W. 1984. An Identification Algorithm in Fuzzy Relational Systems. Fuzzy Sets and Systems. vol. 13.
7. 류관희, 이기명. 1992. 기술집약형 원예시설을 위한 생육환경의 자동제어. 과학기술단체총연합회 발표문. 고려대학교.
8. 류관희. 1991. 완전제어형 작물생육 시스템의 개발. 제 52회 학·연·산 연구교류회 발표문. 한국과학재단.
9. Shim, K. D. 1992. Development of a fully-controlled plant growth system. M. S. thesis. Seoul National University.
10. 손정익, 이동근, 김문기. 1993. 식물생산시스템의 다목적 재배예측 모델의 개발. 생물생산시설환경학회지 2(2):126-135.
11. 손정익, 김문기. 1992. 양액재배를 위한 배양액관리 기술시스템의 개발-1. 배양액의 배합 및 전기전도도의 예측. 생물생산시설환경학회지 1(2):52-60.
12. 손정익, 김문기, 남상운. 1992. 양액재배를 위한 배양액관리 기술시스템의 개발-2. 신경회로망에 의한 전기전도도의 예측. 생물생산시설환경학회지 1(2):162-168.
13. Takagi, T. and M. Sugeno. 1985. Fuzzy Identification of Systems and its applications to modeling and control. IEEE Trans. Systems Man Cybernet. vol. 15 (1).
14. Tanaka, K. and M. Sugeno. 1992. Stability Analysis and design of fuzzy control systems. Fuzzy Sets and Systems. vol. 45.