한국산학기술학회논문지
Vol. 7, No. 2, pp. 188-194, 2006

배지수분 직접제어에 의한 급액관리 임베디드 시스템 설계 및 구현

이한권[1*], 변영기[1], 이승혁[1], 백현옥[1], 조태경[1], 김영식[2], 박병수[3]

Design and Implementation of irrigation management embedded system controlling substrate moisture directly

Han-Kwon Lee[1*], Young-Ki Byun[1], Seung-Hyuk Lee[1], Hyun-Ok Pack[1], Tae-Kyung Cho[1], Young-Shik Kim[2] and Byoung-Soo Park[3]

요 약 1920년대 후반 상업적인 수경재배 실용화 가능성이 제시된 이래 수경재배는 고효율 농업생산 방식에서 최근에는 친환경 농업생산 시스템으로 자리를 잡고 있다. 이러한 수경재배에서 식물 생장의 양적 질적 측면에서 정확한 급액관리가 중요하다. 그러나 기존 시간제어나 일사량제어로는 정확한 급액관리가 불가능하여 새로운 급액관리 시스템의 개발이 시급한 실정이다. 본 논문에서는 먼저 이러한 급액관리의 특징 및 필요성에 대해 간략히 살펴본 후 자동제어방식의 친환경 급액관리 시스템을 구현하고자 한다. 급액관리 시스템은 전자 제어방식의 자동화 시스템으로 발전시킴으로써 기존의 수동식 배액 제어법의 문제점을 해결할 수 있다. 뿐만 아니라 작물별 생태 특성을 고려하여 여러 종류의 작물들에 적용할 수 있으며, 배지 내 수분 함량을 실시간으로 측정하여 급액관리를 함으로써 기존의 한계를 극복할 수 있다.

Abstract Since the late 1920's possibility of commercial hydroponics was testified practically. Hydroponics is used as environmentally friendly agriculture production system recently with high effectiveness. Now that existing irrigation control systems such as time control or solar radiation control cannot satisfy stable water content in root substrates, the needs for new irrigation system keep increasing. In this paper, we proposed environmentally friendly automatic irrigation management system by employing automation system based on electronic control system, which could solve problems based on manual irrigation management system. In addition, it suggested to be applied to any crops and will be able to overcome existing limit in irrigation by measuring the water content of root substrate in realtime.

Key Words : 급액관리, 임베디드시스템, 마이크로컨트롤러, 배액제어법

1. 서론

농업에서의 수경재배 면적은 전체 시설재배 면적의 2%에도 미치지 못하지만, 원예작물 수출에서 차지하는 비중은 2002년 통계로 착색단고추 92.2%, 토마토 24.2% 등으로 한국의 수출농업을 이끌고 있는 분야이다. 이러한 수경재배에서 배액의 환경부담성에 대한 문제는 그 사실 유무를 떠나 경감시켜야 함에 따라 순환식으로 이행되고 있는데, 비료 소비, 급액 비용, 순환 비용 등의 경제적 부분 이외에도 식물 생장의 양적 질적 측면에서 정확한 급액관리가 매우 중요하다. 그러나 현재, 시간제어나 일사량제어로는 이러한 정확한 급액관리가 불가능하여 새로운 친환경 저가 정밀 급액관리의 개발이 시급한 실정이다.

현재 제시되는 급액제어법은 시간제어, 일사량제어, 수분장력, 수분함량, 배지중량 방식 등이 있다[1~4]. 시간제어방식은 현재 주로 사용하는 급액 방법으로, 과부족이 심하고 배액이 많이 발생하여 친환경적이지 못하고 작물생장을 최적화하지 못한다. 일사량제어법에 의한 급액관리법은 배지수분을 간접적으로 유추하여 제어하므로 급액관리에 투자되는 금액은 고가인데 반해 관리는 정밀

본 연구는 농림부 현장 적용 기술 개발 사업의 지원에 의해 이루어진 것임
[1]상명대학교 정보통신공학과
[2]상명대학교 식물산업공학과
[3]상명대학교 컴퓨터시스템공학과
*교신저자: 이한권(leehk0131@smu.ac.kr)

하지 못하다. 광도계는 센서 관리가 중요하지만 현장에서 높게 설치되기 때문에 관리 소홀로 인하여 오작동을 하는 사례가 많고, 급액관리 프로그램이 복잡한 것도 결점이다. 일일 급액가능시간대, 1회 급액량, 급액주기 등의 설정 또한 어려운 단점이 있다. 수분장력을 이용한 급액관리는 다공성 고형배지에서의 응답이 안정적이지 못해 사용이 어렵고, 수분함량센서에 의한 관리는 온도 의존성이며, 사용가능한 배지종류가 제한적이다. 배지 중량법에서는 사용되는 측정용 베드가 제한되어 측정치가 전체 식물을 대표하기 어렵고, 저울의 피로도에 의해 장기간 사용시 보정이 필요하나, 현장에서의 보정은 현실적으로 어려움이 많다. 또한, 중량센서는 고가이고, 현재 사용되고 있지 않다. [표 1]에서는 여러 가지 급액제어법에 대한 특징들을 정리하고 있다.

표 1. 급액제어법의 종류 및 특징

제어분류	간접제어		직접제어		
급액제어법	시간제어	일사량 제어	수분장력	수분함량	배지중량
시장점유율	대다수	일부	없음	극소량	없음
배지내 수분 안정성	극히 불안정	불안정	안정	안정	안정
설정인자	급액개시 시각 1회 급액량	적산일사량 1회 급액량	수분장력	수분함량	중량
가 격	저가	고가	중가	고가	고가
제어난이도	저	고	고	고	고
요구지식	저급	중급	고급	고급	고급
위 험 성	없음	광량센서 관리	설치 난이	설치 난이	중량센서 관리
기 타	생산성 저급 배액 다량 발생	광량 및 습도 의존 급액지연 존재	배지 의존 다공질 배지에 사용불가	배지 의존 다공질 배지에 사용불가	작물 의존 농작업시 오동작 염려

이러한 부정확한 급액관리는 생산성 및 품질 저하의 원인이 되며, 경제적인 측면으로는 생산비 대비 소득이 낮은 결과를 초래하기 때문에 현재의 한계를 극복할 수 있는 배액 제어법 개발이 시급한 실정이다. 배액 제어법의 경우, 배액의 발생 속도가 단속적이 아니라 연속적이며 가변적이기 때문에 이를 이용하려는 연구는 성공하기 힘들었다. 그러나 제어 원리를 바꾸면 저가이며 안정적인 급액 관리에 사용할 수 있는 것으로 본 연구기관의 실험결과를 통해 나타났다[7]. 배액 제어법의 경우 배액의 측정 목적은 배지 내 수분 함량 제어에 있으므로 배지 내 수분 함량과 real time으로 배액을 연동시킴으로써 과거의 한계를 극복할 수 있을 것으로 판단된다. 이 방식의 원리는 배지 내 수분함량을 직접 측정하는 것이 아니라 배지 외 부분과의 수분포텐셜 차이에 의해 발생하는 수분의 이동속도와 흡착성을 이용하는 것이다. 단, 배액법의 경우 여러 방식이 존재할 수 있는데, 비용이나 운전용이성 등을 고려하여 생산자별, 작물별, 배지별, 생육단계별 적합한 방식을 개발해 내는 것이 필요하다. 급액 관리의 저렴한 비용, 환경친화성, 고생산성, 고품질화에 의해 현재 한국의 신선 농산물 수출의 주 재배법인 수경재배가 지속적으로 발전할 수 있을 뿐만 아니라, 최근 면적이 증가하고 있는 관비재배 발전에 기여하고 농산물 수출경쟁력이 높아질 것으로 전망한다.

따라서 본 논문에서는 마이크로 컨트롤러를 이용하여 자동제어방식의 친환경 급액관리 시스템을 설계하고자 한다. 전자 제어방식의 자동화 시스템으로 발전시킴으로써 기존의 수동식 또는, 기계식, 전기식으로 컨트롤 하던 배액 제어법들의 문제점을 해결할 수 있다. 뿐만 아니라 작물별 생태 특성을 고려하여 설계함으로써 단일 시스템으로 여러 종류의 작물들에 적용할 수 있으며, 배지 내 수분 함량을 실시간으로 측정하여 배액을 공급함으로써 급액관리의 부정확성을 향상시켰다. 본 연구를 통해 가장 빈도가 높은 농작업인 급액관리의 저수준을 극복함으로써 농촌 노동력 부족에 기여할 수 있으며, 작업환경을 자동화함으로써 농업환경에 활력을 줄 것으로 기대된다.

2. 급액관리 임베디드 시스템 설계

부정확한 급액관리는 작물의 생산성 및 품질의 저하를 초래하였고, 생산비 대비 농가의 소득을 줄어들게 하였다. 기존 급액관리는 경영비(공급 및 순환 비용)가 매우 증가하여 작물의 생산을 기피하고 일본, 중국 등 주변 경쟁국의 미도입으로 동북아시아의 선점권(이니셔티브) 확보가 절실히 필요하다. 국내의 경우 1990년대부터 수경재배 면적이 급속히 증가하다가 최근 둔화되는 경향이 있기 때문에 21세기 농업인에게 각광 받는 재배 방식 개발이 중요하다. 급액관리는 작물과 기후 의존성이 매우 큰 분야이므로 이들이 상이한 곳으로부터의 기술을 그대로 도입할 경우 생산이 실패할 가능성이 매우 높다. 따라서 품종, 환경 등에 적합한 급액관리 시스템을 개발하고, 이를 성공시키기 위한 배양액관리 등을 자체 개발해야만 한다. [그림 1]은 설계하고자 하는 급액관리 임베디드 시

스템 구조를 나타낸다. 급액관리 컨트롤러를 통해서 자동 및 수동 방식으로 급액을 제어할 수 있으며 정보를 유무선 방식으로 컴퓨터로 전송하여 컴퓨터상에서 모니터링 및 제어를 할 수 있다.

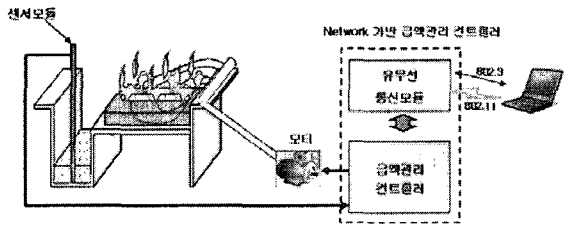


그림 1. 급액관리 임베디드 시스템

2.1 급액관리 임베디드 시스템의 하드웨어 설계

본 논문에서 설계한 급액관리 컨트롤러는 [그림 2]와 같이 수위센서 부, 모터구동 부, 중앙제어 부, 전원공급 부, 사용자 인터페이스 부로 구성된다.

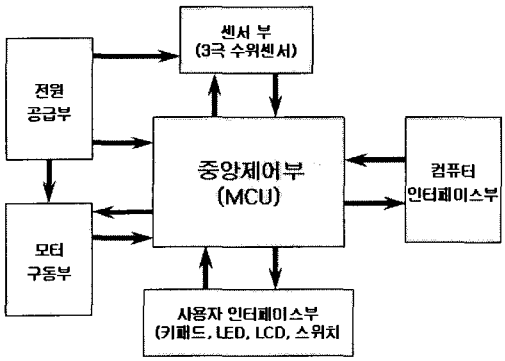


그림 2. 급액관리 컨트롤러 구성도

중앙제어부는 Microcontroller(Atmega128)를 이용하여 수위센서(3전극)의 전극대를 통한 배액량 변화에 의해서 출력되어지는 전압(아날로그)값을 ADC(A/D Converter) 변환하여 배액량 변화에 의한 급액 개시 및 중단을 자동으로 제어한다. 배액량 변화, 모터동작 유무 그리고 인터럽트 동작 등을 시간대별로 내부 EEPROM에 기록하도록 설계하여 사용자가 상태 및 동작 변화를 확인할 수 있도록 설계하였다[8, 11].

센서부에서 수위센서는 3전극을 사용하였다. 수위의 변화에 따라 센서 전극봉 끝단에 접속되면 전류신호를 mA단위로 출력하고, 전압값으로 변환하여 ADC 변환을 통하여 마이크로 컨트롤러에서 수위를 판단하게 된다.

모터 구동부는 수위센서의 전극대를 통한 배액량 변화에 의해서 자동으로 급액 개시 및 중단 기능을 제어한다. 마이크로컨트롤러의 외부출력 Port로 제어신호를 SSR(Solid State Relay)에 전송 후 On/Off 과정을 자동으로 진행하면서 모터 급액 개시 및 중단 기능을 수행한다.

전원공급부는 수위센서, 모터, 임베디드 시스템, 외부 모듈 등에 전원 공급을 위해서 설계되었고 사용자 인터페이스부는 수위를 확인하기 위한 LED와, 컨트롤을 위한 키패드, LCD로 구성되어 있다. 컴퓨터 인터페이스부는 PC와의 통신을 위한 모듈로서 RS-232C, USB Port, LAN Port들로 구성되어 있다.

2.2 급액관리 임베디드 시스템의 주요기능

[그림 3]은 본 논문에 의해 제작된 급액관리 컨트롤러이다. 제작된 급액관리 컨트롤러는 다음과 같은 기능을 가진다.

① 작물별 특성에 맞는 급배액 시스템 설계
② 수동방식 및 자동방식 선택에 의한 동작
③ 여러 종류의 Control Type 지원
④ Configuration 저장 및 저장된 Configuration 값에 의한 동작

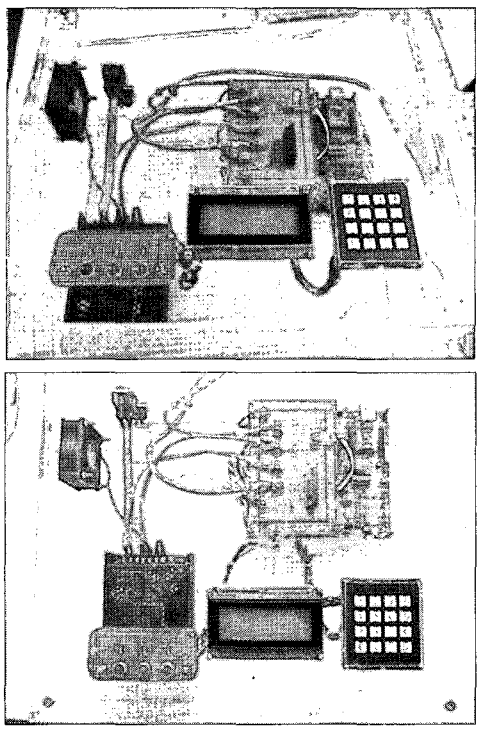


그림 3. 제작한 급액관리 컨트롤러

제작한 급액관리 컨트롤러는 작물의 생태적 특성을 고려하여 급배액량을 조절할 수 있으며, 일조량을 고려하여 시간대별로 공급되는 양액의 양을 조절할 수 있다. 그리고 사용자의 환경에 따라서 단순 버튼 입력 방법의 수동방식과 자동방식을 선택적으로 사용할 수 있다. 수동방식은 ON/OFF 버튼 입력을 통한 급액 조절 방식으로서 사용자가 임의적으로 급액 가동 및 중단을 하고자 할 때 사용하는 방식이다. 자동 동작 방식에서는 세 가지 종류의 컨트롤 타입을 제공함으로써 작물과 환경에 적합한 컨트롤 타입으로 급액을 조절할 수 있다. 컨트롤 타입은 「ON」, 「OFF」, 「ON/OFF」 Type으로 분류된다.

「ON」 Type은 수위가 일정수준 이하로 낮아질 경우 급액을 시작하고 일정 시간 이후에 급액을 중지하는 방식이고, 「OFF」 Type은 수위가 일정수준 이상으로 높아졌을 경우 급액을 중지하고 일정시간 후에 다시 급액을 가동하는 방식이다. 「ON/OFF」 Type은 수위의 상·하한선을 모두 두고 수위가 하한선 이하로 낮을 경우 급액을 가동하고 다시 상한선까지 높아지면 급액을 중단하는 방식이다. 컨트롤 타입을 결정하는데 있어서 모터가 동작하는 시간, 즉 급액이 진행되는 시간(Supply Time)과 배액 저장 탱크에서 배지까지의 배액 이동 시간(Lag Time) 등을 사용자가 지정할 수 있게 함으로써 배지의 크기나 전체 시스템의 규모 등을 고려하여 최적의 급배액 시스템 환경을 제공할 수 있다. 또한 시스템 정지 후 재가동 시 자주 사용하는 설정(Configuration)값을 저장함으로써 매번 재설정을 할 필요없이 저장되어 있는 설정값을 선택하여 사용함으로써 설정 시간 및 절차를 줄여 사용자의 편의성을 제공한다.

2.3 급액관리 임베디드 시스템의 동작 과정

사용자가 임베디드 시스템을 작물과 환경에 맞도록 설정하고 동작하는 일련의 과정을 [그림 4]에서 보여준다.

각 동작 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

① 현재 날짜 및 시간 설정
② 자동 제어방식 또는 수동 제어방식 설정
③ 적용할 작물 선택
- 작물별 생태 특성을 고려한 작동으로 작물에 따라 급배액량에 차이를 둠

④ 설정한 값을 저장할 것인지 또는 기존의 저장된 설정값을 적용할 것인지 혹은 현재 설정한 값으로 저장 여부와 상관없이 동작하게 할 것인지를 선택
⑤ 저장된 설정값 적용을 선택했을 경우, 여러개의 저장된 설정값들 중에 하나를 선택
⑥ 선택한 설정값들이 올바른지 확인
⑦ 설정값들이 올바를 경우 동작 시작
⑧ 컨트롤 타입 결정을 위한 선택
- 'ON/OFF' type에서는 Supply time을 설정할 필요가 없으므로 Lag Time을 설정하는 곳으로 바로 이동

⑨ Supply Time을 초 단위로 입력
⑩ Lag Time을 분 단위로 입력
⑪ 설정된 값들이 맞는지 확인
⑫ 컨트롤 설정값에 의한 동작

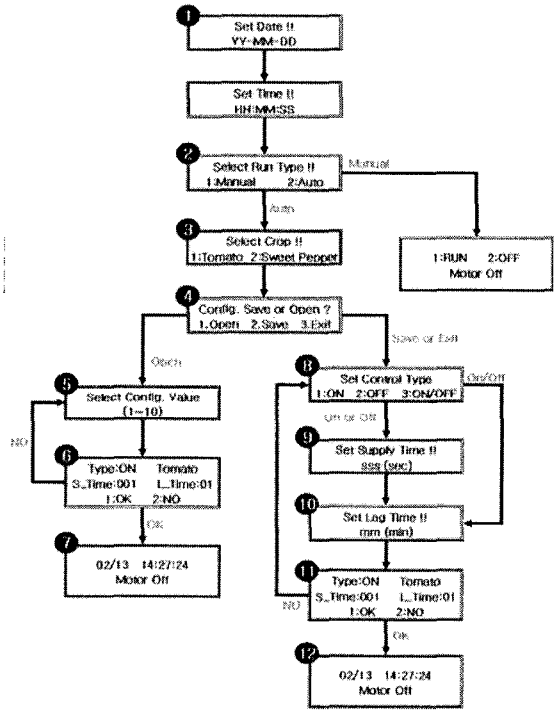


그림 4. 시스템 동작 흐름도

2.4 시스템 현장 적용 및 실험 결과

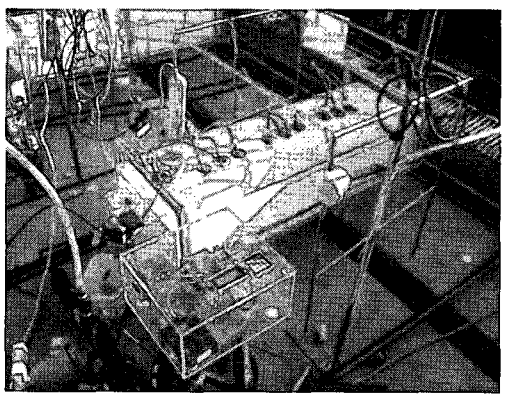


그림 5. 급액관리 시스템의 현장 적용

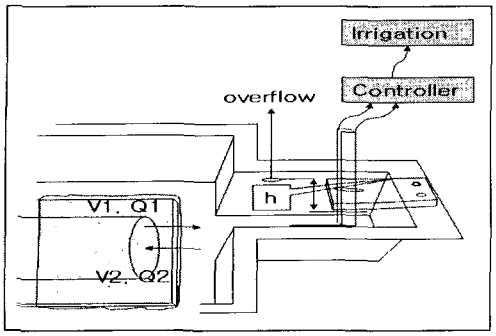


그림 6. 배액 전극 시스템

[그림 5]는 급액관리 임베디드 시스템을 급배액 시스템 환경에 적용하여 실험한 것이며, [그림 6]은 배액 전극 관리 시스템을 나타낸다. 배액제어장치는 기본적으로 측정용 배지가 놓이는 부분과 배액량을 측정하는 부분으로 구성되며 친수성 매트로 연결되어 있다. 배지틀은 1.2m 길이의 배지를 2개 놓을 수 있도록 길이 2.8m로 하고, 폭은 0.46m로 한다. 배지 길이에 따라 2m, 2.4m의 것도 고려한다. 재질은 플라스틱이며, 색은 온도변화가 적은 색으로 한다. 한쪽에는 집액구를 둔다. 집액구와 배지틀의 바닥 높이는 같게 하고, 집액구 바닥에 밸브를 설치하여 청소 및 배액 성분 측정 등에 사용한다. 집액구에는 전극을 설치해서 급액제어를 하는데, 전극의 높이는 조정할 수 있게 윗부분을 나선식으로 하여 전극 지지대에 고정시킨다. 전극을 사용함에 따라 이물질이 부착되어 가므로 주기적으로 제거해 주고, 집액구에도 조류 등의 slime이 생기게 되는데, 이것이 배액과 전극 사이의 길을 만들어 제어에 영향을 미치므로 제거하면서 실험을 하였다.

기상환경에 대한 평가를 위해 일일적산일사량(DISR)이 적은 흐린날(387Wh)과 맑은 날(1098Wh)에 배지의 수분변화를 측정하였으며, 처리 제어법은 배액전극법(PROBE), 일사제어(ISR) 및 시간제어(TIMER)의 3 처리였다. 공시작물은 토마토였다.

배액전극법을 타이머 제어법, 적산일사량 제어법 등과 비교한 실험에서, 적산일사량 제어법은 일일적산일사량이 적을 경우에는 급액량이 필요량보다 적게 공급되고, 반대로 일일적산일사량이 많을 경우에는 필요 이상으로 공급되어 배지 내 수분함량의 과부족이 발생하는 경향을 보였다. 일일적산일사량에 관계없이 안정된 배지 내 수분함량을 가지고 있는 제어법은 배액전극법이었다.

따라서 배액량 감소에 의한 급액 개시점 제어법은 기존의 타이머 제어법, 적산일사량 제어법 등보다 뛰어난 것으로 판단되었다.

3. 급액관리 시스템의 특징

본 논문에 의해서 제작한 급액관리 임베디드 시스템은 기존의 기계식이나 전기식 컨트롤러보다 세밀하고 다양한 조건으로 컨트롤이 가능하다. 사용자의 요구나 환경변화에 따라서 자동 및 수동 제어방식을 선택적으로 사용할 수 있으며, 자동 제어방식 중에서도 컨트롤 타입을 3가지(ON Type, OFF Type, ON/OFF Type)로 분류하여 여러 변수를 고려하여 최적의 급배액 조건을 설정할 수 있다. 또한 단일 시스템으로 여러 작물에서 사용이 가능하고 각 작물들의 특성을 고려한 급배액을 가능하게 하였다. 일반적으로 온실재배 환경에 적합한 여러 작물들의 생태적 특성을 시스템에 적용하였으며 시스템의 간단한 조작만으로서 사용자는 작물들에게 적합한 급배액 환경을 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 일조량에 따른 시간대별 급배액량을 자동으로 조절함으로써 물의 낭비를 막을 수 있는 친환경적인 시스템을 가능하게 하였다. 제작된 급액관리 시스템은 기존의 상용 기술들에 비해 저가형으로

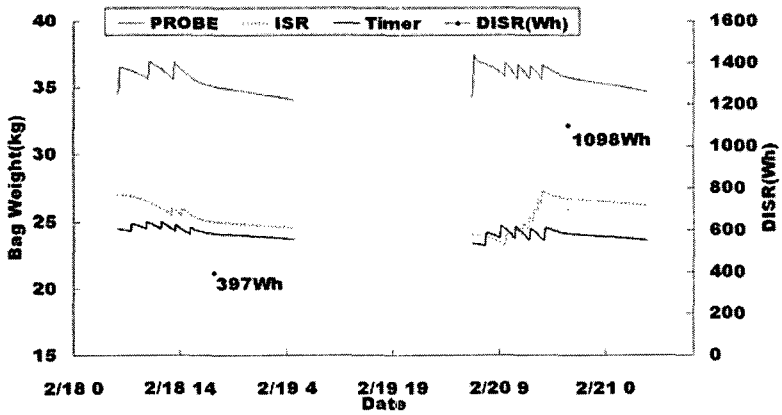


그림 7. 서로 다른 일일적산일사량에서의 관수법에 따른 배지 내 수분함량의 변화

설계되었다. 현재 상용되는 제품들은 대부분 온실 전체에 대한 적용을 목적으로 한다. 컨트롤러와 모터 구동부와 센서부 등을 통합하여 제품화하기 때문에 전체적인 시스템 설비에 많은 투자를 요구하고 있다. 개발한 급액관리 임베디드 시스템을 급배액 시스템 환경에 적용하여 본 결과 실제 배지 환경에서 시스템 설치 시 기존의 설치되어 있는 모터나 센서와의 인터페이스만을 연결해줌으로써 쉽게 기존 시스템을 대치할 수 있음을 확인할 수 있었으며 그에 따른 대체 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 시스템 시험 가동을 통해서 기존의 시스템에 비해서 급배액 관리의 정확성이 높아지는 것을 확인할 수 있었으며, 그에 따른 배액이나 수분의 낭비를 줄일 수 있어 농가에서 작물 재배에 소요되는 제반 비용을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 논문에서는 고형 배지경에서의 배지수분 직접제어에 의한 친환경 급액관리 임베디드 시스템을 설계 및 구현하였다. 기존의 기계식 또는 전기식으로 제어하던 급배액 시스템들은 정확한 수분파악 및 배액량을 조절하는데 기능적으로 한계가 있었다. 이번에 구현한 시스템은 전자제어 방식으로 기존의 한계를 극복하였다. 현 시스템에서는 사용자의 환경을 고려하여 자동 및 수동을 선택적으로 사용할 수 있으며, 제어방법을 ON Type, OFF Type, ON/OFF Type의 세 가지를 제공함으로써 작물의 종류와 주변 환경에 적합하게 선택하여 적용할 수 있다. 또한 작물의 생태적 특성을 고려하여 급배액량을 조절할 수 있도록 시스템을 설계하였으며, 일조량에 따라 시간대별 조절할 수 있도록 하였다. 한편 기 설치된 장비에 쉽게 연동할 수 있도록 설계하여 저가로 온실에서의 급액 관리 시스템을 구축할 수 있는 장점을 지니고 있다.

향후 계속적인 연구를 통하여 수위 측정만을 의존했던 것에서 pH, EC 값들을 측정하여 시스템을 제어할 수 있도록 발전시킬 것이다. 그리고 임베디드 시스템을 PC와 연동하여 PC상에서 시스템을 제어하고 관리할 수 있도록 할 예정이며, 궁극적으로 인터넷과 모바일기기(PDA, 휴대폰 등)를 통하여 상태를 파악하고 제어 및 관리할 수 있도록 시스템을 발전시킬 것이다.

참고문헌

[1] Baas, R. and N.A. Straver, "In situ monitoring water content and electrical conductivity in soilless media using a frequency-domain sensor", Acta Hort, Vol.562, pp.295-303, 2001.

[2] Cohen, M., R. Save, C. Biel, and O. Marfa, "Simultaneous measurements of water stress with LVDT sensors and electrotensiometers: application in pepper plants grown in two types of perlites", Acta Hort, Vol.421, pp.193-200, 1995.

[3] Verdonck, O., R. Pennincks, and M. De Boodt, "The physical properties of different horticultural substrates", Acta Hort, Vol.150, pp.155-159, 1983.

[4] Bohme, M., "Effects of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouses", Acta Hort, Vol.396, pp.45-54, 1995

[5] Alberto Sangiovanni-Vincentelli and Grant Martin, "Platform-Based Design and Software Design Methodology for Embedded Systems," IEEE Design & Test of Computers, pp.23-33, Nov-Dec, 2001.

[6] Korbel, S. and Janes, V., "Interesting applications of Atmel AVR microcontrollers", Digital System Design, 2004, Euromicro Symposium on, pp.499-506, Aug- Sept. 2004.

[7] 김영식, "전기신호를 이용한 수경재배의 급배액관리법의 가능성", 산업과학연구, 2004.

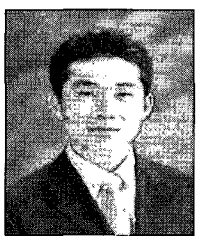
[8] ATmega128 "http://www.atmel.com/products/avr/".

[9] BARNETT COX, O'CULL, "임베디드 C 프로그래밍과 ATMEL AVR", 한티미디어, 2005.

[10] 윤덕용, "AVR ATmega128 마스터", OHM, 2005.

[11] 황해권, 배성준, "I love ATmega128", 복두출판사, 2005.

이 한 권(Han-Kwon Lee) [준회원]



- 2005년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>
RFID, 정보보안, 센서 네트워크, Ad-hoc 네트워크

변 영 기(Young-Ki Byun) [준회원]

- 2005년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>
Wireless PAN/LAN/MAN, 차세대 이동통신 기술, Ad-hoc 네트워크

조 태 경(Tae-Kyung Cho) [종신회원]

- 1984년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야>
초고속통신망, e-Learning

이 승 혁(Seung-Hyuk Lee) [준회원]

- 2004년 8월 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>
RFID, SoC, Wireless Routing Protocol

김 영 식(Young-Shik Kim) [정회원]

- 1981년 2월 : 고려대학교 원예학과 (농학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 원예학과 (농학석사)
- 1988년 2월 : 일본 동경대학교 원예학과 (농학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 상명대학교 식물산업공학과 교수

<관심분야>
시설원예, 수경재배, 식물제어시스템

백 현 옥(Hyun-Ok Pack) [준회원]

- 2005년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정

<관심분야>
RFID, UWB, Ad-hoc network, 임베디드 시스템

박 병 수(Byoung-Soo Park) [종신회원]

- 1986년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1989년 8월 : 한양대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 5월 : 텍사스 A&M (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터시스템공학과 교수

<관심분야>
임베디드 시스템, 병렬 알고리즘