

비닐하우스 작물용 자동방제 시스템 개발

김 귀 식* · 임 종 환* · 강 승 균**

Development of an Automatic Spraying System for Crops in a Vinyl Plastic House

Gui-Shik Kim, Jong-Hwan Lim and Seung-Kyun Kang

ABSTRACT

An automatic spraying system has been developed that can be applied to the prevention and extermination of damage by blight and harmful insects for crops in a vinyl plastic house. The system consists of three parts: a nozzle carriage, controller, and pumping system. The nozzle carriage moves along a mono-rail equipped above the ground, which conveys lots of nozzles to spray agricultural chemicals over crops. The controller governs the speed and direction of the nozzle carriage as well as the action of the pumping system. In connection with the spraying system, we also suggest the guidelines for designing the pumping system.

Key words : Automatic spraying system, Nozzle carriage, Controller, Pumping system

1. 서 론

UR타결에 따른 국제적인 농산물 시장질서의 개편과 더불어 국내농업의 미래에 대한 회의적인 시각이 확산됨에 따라 농촌노동력의 부족이 가속화될것으로 전망되고 있으며 이에따른 임금 상승과 고령화의 심화에 의한 농업의 기계화 및 자동화의 필요성은 더욱 더 증대되고 있다⁽¹⁾. 제주도의 경우 농가의 주농업으로 제주도내 농지면적의 대부분을 점유하고 있는 감귤농업은 병

충해 발생빈도가 높아서 연간 4회이상을 방제하고 있는데, 이는 감귤의 상품성 향상을 위해서도 중요한 작업이다.

이 방제작업은 대규모의 경지면적을 대상으로 농약 살포를 하여야 하는 고된 작업으로서 인체에 유해하다는 큰 문제점을 내포하고 있다. 또한 최근 농가 인력이 고령화됨에 따라 방제장치의 자동화 사업이 시급한 실정이다.

현재 농가에서 사용하고 있는 방제기는 인력 분무기와 동력분무기가 있으며 최근에는 한국농민발명협의회에서 자유분무기⁽³⁾, 신안정밀에서 신안무인 분무기⁽⁴⁾를 개발한 바 있다. 자유분무기는 분무높이의 가감이 자유롭고 이동하기에 편리하도록 소형으로 되어 방제자가 밀고 다닐

* 제주대학교 기계공학과
Dept. of Mechanical Eng., Cheju Nat'l Univ.
** 제주대학교 대학원
Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

수 있도록 되어 있으며, 신안무인 방제기 역시 소형이동식으로 되어있다.

감귤농가에 설치되어있는 다목적 방제시스템은 스프링쿨러 형식이 그 주종을 이루고 있다. 그러나 이 형식은 배관이 지면에 설치되는 관계로 타 작업에 방해가 된다는 점과 작물 상부에서 약제가 살포되므로 측면이나 하부의 방제가 원활하지 않는등 개선의 여지가 많다. 따라서 본 과제에서는 비닐하우스내 과수 방제를 목적으로 기설치된 비닐하우스의 구조물을 최대한 이용하여 방제작업을 자동적으로 할 수 있으며 수확기에는 운반기를 설치하여 수확물을 자동이송할 수 있는 다목적시스템을 개발 한다.

II. 방제시스템 설계

비닐하우스내에서의 방제기는 지면레일형과 지상레일형으로 고려할 수 있으나 지면레일형은 설치가 간편하지만 방제레일용 면적이 필요한 반면에 지상레일형은 약제 살포가 고르게 되고

공간 사용효율이 좋은 장점을 갖고 있으므로 지상레일형으로 설계하였다. 시스템은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 노즐이송부, 약액공급부, 제어부 및 작동부로 구성하였으며 그 상세 설명은 다음과 같다.

2. 1 노즐 이송부

노즐 이송부는 모노레일과 이송장치로서 구성된다. 모노레일은 레일의 하중을 경감하기 위하여 알루미늄 재질의 사각봉으로 단면계수가 크도록 하였으며 고무판을 부착하여 이송장치의 바퀴와 모노레일사이의 미끄럼 발생이 최소화 되도록 하였다. 이송장치는 자체의 하중과 작업성, 부식등을 감안하여 PE 수지로 제작하였으며, 그 상세설계도를 Fig. 2에 나타낸다. 설계도에 나타난 바와같이 이송장치 상부에 모타를 설치하여 모타축의 회전력이 바퀴에 전달되어 구동하도록 고안하였으며 모타축과 바퀴축간은 풀리를 설치하여 벨트로서 연결하였다. 또 이송장치의 원활한 구동을 위하여 하부에 롤러를 설치

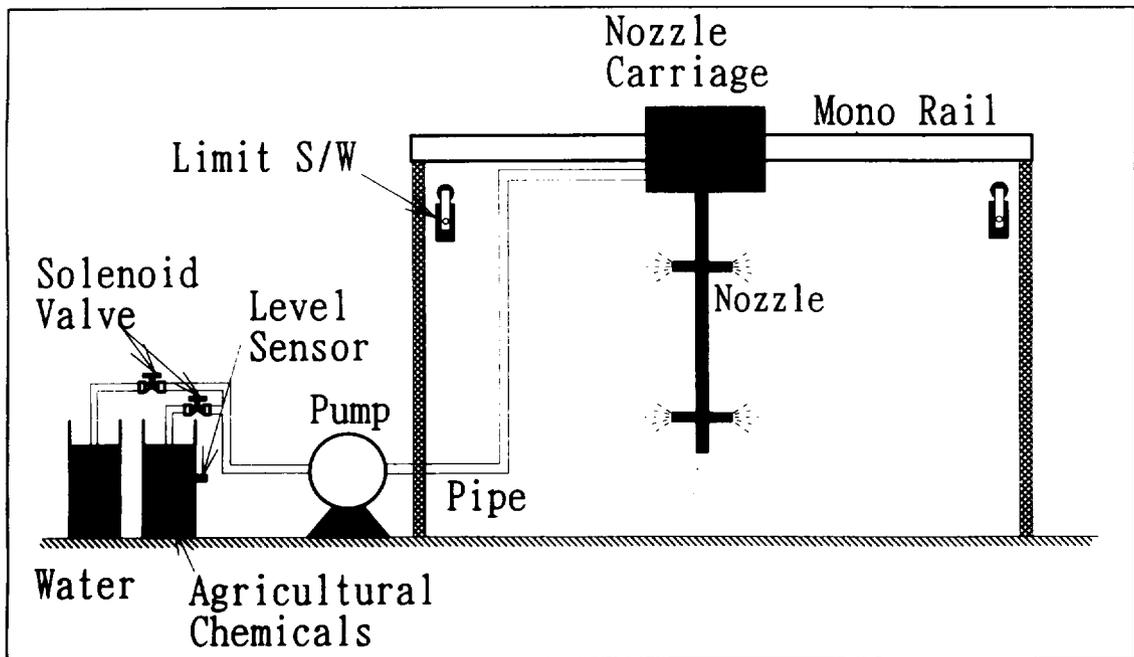


Fig. 1 System configuration

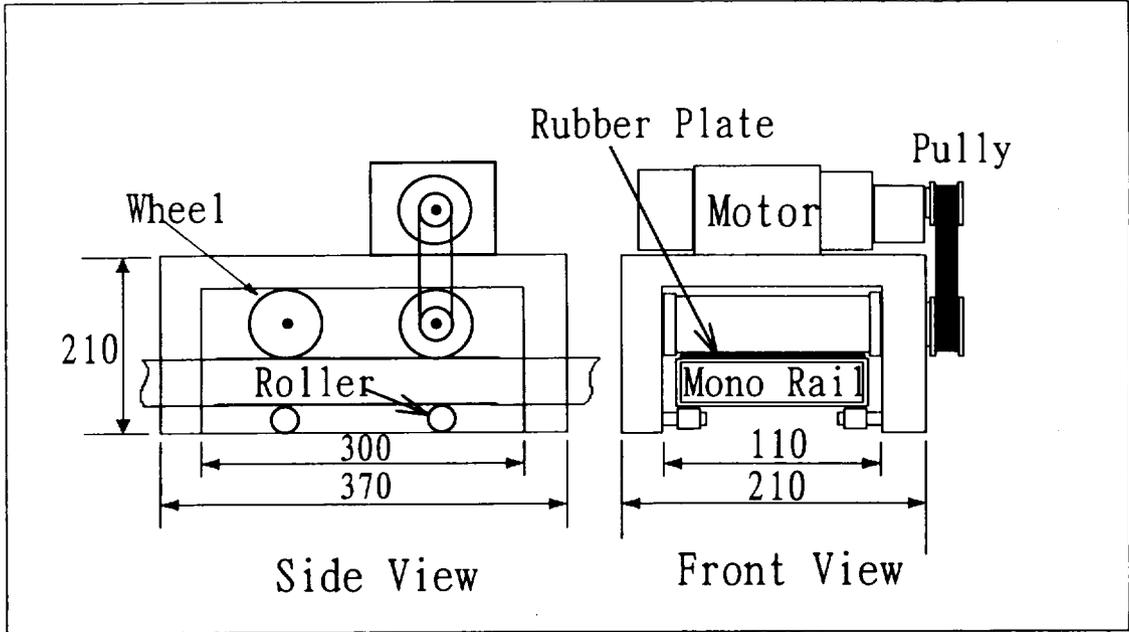


Fig. 2 Structure of a nozzle carriage

하여 모노레일과 구름 접촉이 되도록 하였다.

여기서,

2. 2 약액공급부

약액공급부는 노즐, 배관계, 펌프로써 구성되며 방제시스템 시설시의 각각에 대한 선정 방법은 다음과 같다.

2.2.1 노즐선정

노즐의 선정은 제작회사의 상품 카탈로그를 참조하여 방제 면적과 작물을 고려하여 노즐을 선정할 수 있으며, 상품 카탈로그에는 반드시 수압, 유량, 도달 거리가 명시되어 있으므로 이를 참조하여 적합한 노즐을 선정할 수 있다.

2.2.2 배관계

효율적인 방제가 이루어지기 위해서는 약액을 공급하는 관의 직경이 필요한 유량을 공급할 수 있도록 설계되어야 한다. 유량 = 단면적 × 유속이므로 관의 직경(d)은,

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (1)$$

Q(유량) : 1개의 노즐의 유량 ×
설치 노즐 수 [m³/hour]

V(유속) : 경제 유속 1.0~1.4 m/sec

(3) 펌프마력

펌프마력은 요구되는 유량 및 손실수두를 고려한 필요수압에 따라 다음식으로부터 구할 수 있다.

펌프마력

$$Le = \frac{L}{\eta} = \frac{1}{\eta} \frac{\gamma QH}{75 \times 60} \quad [PS] \quad (2)$$

Le : 펌프마력(축동력) η : 펌프 효율(75%)
γ : 비중량 Q : 유량 [m³/hour] H : 필요수압 [m]

유량과 필요수압

유 량 = 1개 노즐의 유량 × 설치 노즐수

필요수압 = 1개 노즐의 수압 × 설치 노즐수
+ 손실수두

손실수두

$$\text{손실수두 } h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

여기서 K_L 은 손실계수, V 는 유속, 그리고 g 는 중력가속도이다.

2. 3 제어부

제어부는 무인 방제작업 전체과정을 제어, 통제하는 핵심 부분으로서, 센서부, 제어기, 구동부, 제어 판넬 및 작동기로 구성되어 있다.

2.3.1 센서부

Fig. 1에 나타내어진 바와 같이 모노레일의 양 단에 각각 1개씩의 limit 스위치가 설치되어 노즐 이송장치의 위치를 제어부에 알려주는 역할을 한다. 또한 약제 탱크에는 약액의 위치를 검출하여 제어부에 알려주는 수위조절 센서가 설치되어 방제 시작 전에 충분한 양의 약액이

확보될 수 있도록 설계하였다.

2.3.2 제어기(Controller)

제어기는 순서 제어 회로⁽⁵⁾, 클럭 발생기, 계수기 및 inter lock 회로로 구성되어 있다. 시스템의 상황에 따른 모든 제어 명령은 순서 제어 회로에서 발생하며 회로도들 Fig. 3에 나타내었다.

계수기는 노즐 이송장치가 limit 스위치 2에 도달하는 즉시 역방향 회전이 가해지면 노즐 이송장치 및 노즐 부착대에 충격이 가해지므로 이를 방지하기 위해 일정한 시간 지연을 주는 역할을 한다. 지연 시간의 길이는 dip 스위치의 조정으로 사용자가 필요에 따라 지정할 수 있게 설계하였으며 시간 단위는 클럭 발생기에서 발생하는 펄스(1 pulse/sec)를 이용한다.

Inter Lock 회로는 시스템의 오동작으로부터 회로를 보호하는 역할을 한다. 즉, 잡음에 의해 모터의 정.역회전 명령이 동시에 발생할 경우에 전원이 단락되는 현상이 발생하여 모터 구동 회로가 파손된다. 따라서 정.역회전 명령이 동시에 내려질 수 없도록 통제하는 역할을 이 회로가

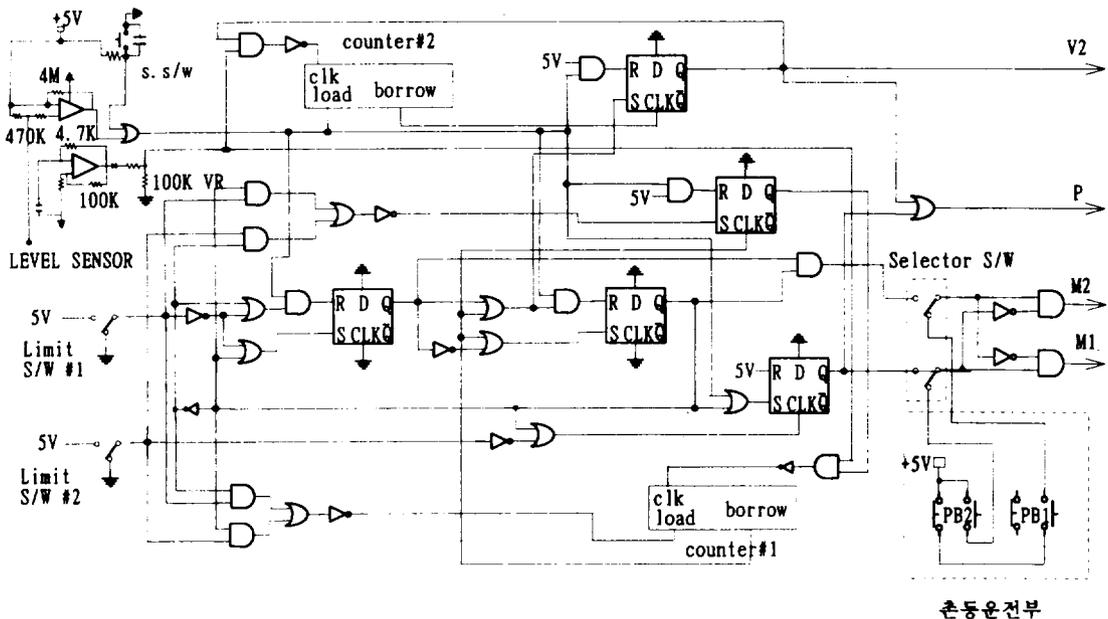


Fig. 3 Controller circuit

담당한다.

2.3.3 구동부(Driver)

제어부에서 출력되는 신호는 미약하기 때문에 대 전류 구동용 ON-OFF switching driver와 모타 구동용 driver로써 작동기를 구동시킨다.

Switching driver는 제어부의 신호로부터 펌프와 벨브의 동작을 단속하는 driver로서 Fig. 4의 switching driver부분과 같이 교류 switching 용 트라이액(Triac)을 이용하여 게이트 전압으로 트리거를 함으로써 전원을 단속한다. 펌프는 큰 용량의 부하가 걸리므로 대 전류 구동용 트라이액(220V 16A이상 : SSG 25 계열)을, 전자 벨브는 비교적 경 부하용인 BCR 12 계열의 트라이액을 사용하였다.

모타 구동기는 노즐 이송 구동용 모타를 작동시키는 구동기로서 soft start 회로, rpm 조절기, 그리고 회전 방향 제어의 세 가지로 구성되

어 있다. 일반적으로 모타는 기동시에 과전류가 흘러 전기적 잡음을 발생시킬뿐만 아니라 모타가 파손될 가능성이 있으며 순간적인 대전력 공급으로 인해 작동체가 충격을 받아 기계적인 손상 및 진동이 유발된다. 이와 같은 현상을 방지하기 위해 전력 공급을 시간에 따라 점차적으로 증가시켜 최종치에 달하게 하는 것이 soft start 회로의 기능이다. Fig. 4의 soft start부분과 같이 이 회로는 전해 콘덴서(그림에서 C₁)에 전하가 완전히 충전될 때까지의 시간 지연을 이용한 것이다. C₁의 용량을 크게 할수록 soft start시간이 길어지게 된다.

rpm 조절기는 nozzle carriage의 이송속력을 조절한다. 교류 모타의 rpm 조절은 inverter를 이용한 PWM 제어 방식, 극수 변환 방식, 1차 저항 가변 방식, 위상 제어 방식 등 여러 가지 방식이 있으나, 본 시스템에서는 정밀한 rpm제

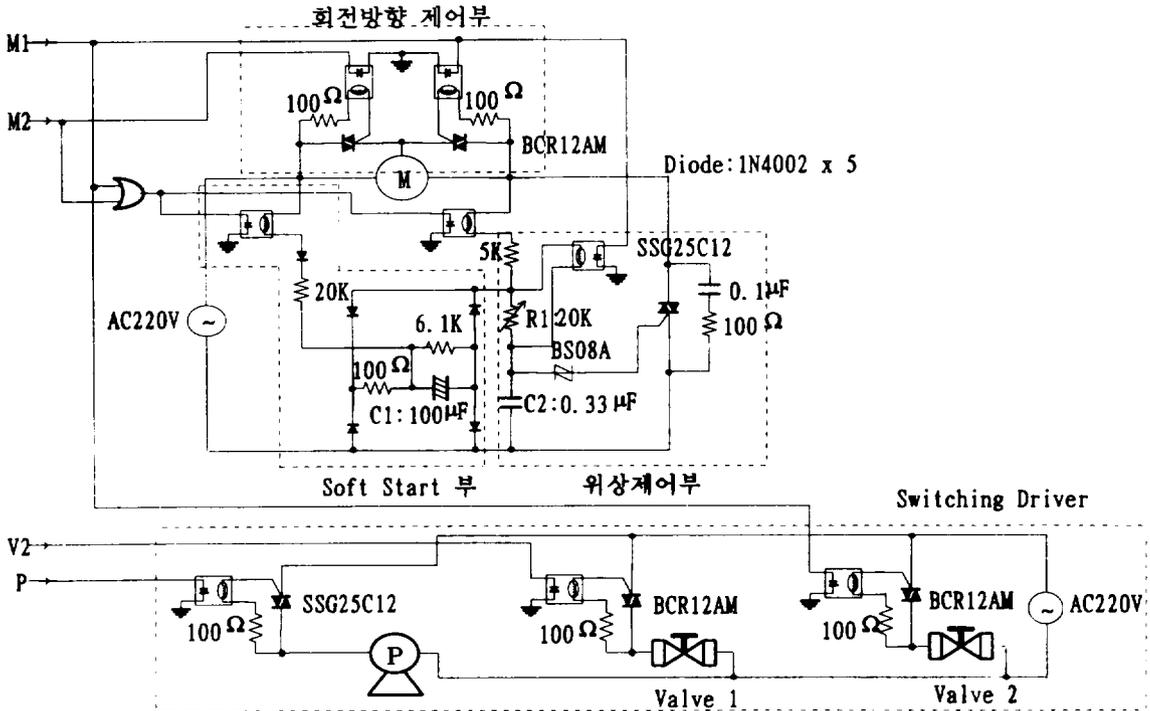


Fig. 4 Driver circuit

어가 필요치 않으므로 가장 경제적이며 간단한 방법인 위상 제어 방식을 채택하였다.

회전방향 제어부는 노즐 이송 구동 모터의 회전방향을 제어하는 회로로서 Fig. 4에 나타난 바와 같이 두개의 트라이액을 모터의 주권선과 가동권선 사이에 대칭으로 배치하고 원하는 회전방향의 트라이액을 ON시킴으로써 제어가 이루어진다.

2. 4 작동부

작동부는 제어부의 명령을 받아 실제로 시스템의 동작을 변화 시켜주는 기능을 담당하며, 노즐 이송부 구동용 모터, 펌프 및 두개의 전자 밸브로 구성되어 있다.

노즐이송용 모터는 콘덴서 기동형을 사용했다. 그러나 콘덴서 기동형 모터는 정격속도의 75%에서 기동코일의 전원을 단속하는 원심 스위치가 있어 이 부근에서의 회전수가 일정한 주기로 변하는 특성이 있기 때문에 원심스위치가 없는 단상 콘덴서 운전형 모터를 쓰는것이 바람직 하다⁶⁾. 광범위한 속도제어가 요구될시는 케환 제어방식이나 3상모터를 이용한 PWM 제어 방식등을 이용해야 하지만 경제성이 나빠지므로, 요구되는 회전수를 사전에 몇 단계로 설정한 다음, 거기에 적합한 극수변환 모터를 쓰는 것이 보다 효율적일것으로 사료된다.

펌프 구동은 ON-OFF제어이기 때문에 어떤 형태의 모터라도 무방하다. 또한 전자 밸브는 약제공급용과 세척을 위한 물 공급용의 두개가 필요하며, 이것 역시 ON-OFF제어이므로 구동 형태나 작동전원에 구애를 받지 않지만, 가능하면 220V전원에 직접 작동하는 것을 사용함이 바람직하다.

III. 모형제작 및 동작

3. 1 모형제작

이상과 같이 설계된 방제시스템을 실제 동작으로 검증하기위해 실험실내에 축소된 모형의 비닐하우스를 설치하고(2m×4m×1.7m) 그 내

부에 방제시스템을 제작, 설치 하였다. Fig. 5는 제작된 모형 비닐하우스를 보여주고 있으며 Fig. 6은 노즐 이송장치를 나타낸다. 노즐 이송장치본체는 가볍고 가공이 쉬우며, 견고한 PE제품을 사용했으며, 모노레일은 알루미늄합금을 사용하였다.

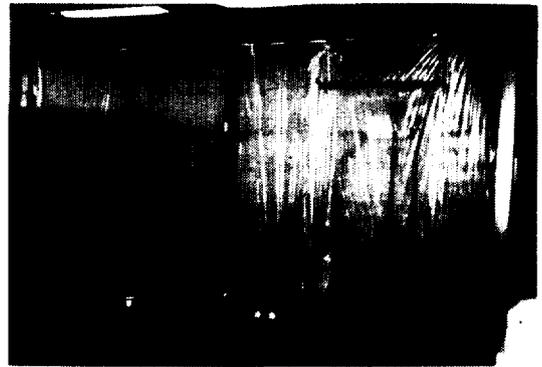


Fig. 5 An overall view of the model vinyl plastic house



Fig. 6 The nozzle carriage

3. 2 동작

먼저 스타트버튼이 눌러지면 수위조절 센서가 충분한 양의 약액이 확보되어 있는지를 검사한다. 수위조절 센서가 ON상태이면 모터가 정회전을 시작하고 밸브 1이 열리면서 펌프가 작동하여 방제를 시작한다. 이 동작은 limit 스위치 2가 작동할때까지 계속되며, 이후 모든 동작이

정지되고 계수기 1이 설정된 시간만큼의 계수를 시작한다. 계수가 끝나면 역회전이 시작되고 노즐 이송장치는 최대 속도로 귀환한다. 노즐 이송장치가 귀환되어 limit 스위치 1이 작동되면 역회전이 정지되고 다시 계수기 1이 계수를 시작하여 노즐 이송장치가 완전히 멈출때까지 기다린다. 계수가 끝나면 펌프가 구동되고 전자 밸브 2가 열려 노즐 세척이 시작됨과 동시에 계수기 2가 계수를 시작한다. 세척과정이 계수기 2가 계수를 멈추는 시간(사용자가 정해주는 시간만큼)까지 지속된 후 모든 작동이 완료된다.

제작된 시스템을 이용하여 반복동작실험을 한 바에 의하면 각 단계별 동작이 대체로 만족스럽게 이루어 졌다. 다만 잡음에 의한 영향이 일부 관측되었는데, 이것은 대전류용 작동기가 ON-OFF 될때 발생하는 전기적 잡음에 의한 것으로서 noise filter등에 의한 잡음대책이 보완되어야 할 것으로 사료된다. 또한 약제 분무초기에 분무상태가 불량한 것으로 관측되었다. 그 원인은 펌프가 구동되는 초기에는 충분한 압력이 발생하지 못하는데 기인한 것으로서 노즐 이송장치보다 펌프를 시간적으로 약간 앞서 구동시킴으로서 이러한 현상을 방지 할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 과제에서는 비닐하우스내의 과수방제를 위하여 기설치된 하우스 구조를 이용하여 방제작

업을 자동적으로 수행하며 수확기에는 과수를 이송할 수 있는 무인방제 시스템을 개발하였다. 이를 위해 노즐이송방식, 펌프용량 설계, 약제 배관 설계 방법이 제시되었고 제어회로 및 시스템 모형을 설계 제작하여 실제 실험으로 그 동작을 검증하였으며, 그 결과 자동 방제 시스템의 실용화 및 상용화가 충분한 타당성이 있음이 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 통산산업부에서 주관하는 산.학.연 컨소시엄 사업의 일환으로 이루어진 것이며 (주)금정 및 관계자 제위들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 성시현, 1994, UR이후 국내 농기계산업의 기술개발 방향, 기계공업, pp. 58-61.
2. 西村洋, 1994, 果樹栽培省力化のための機械開發, 農耕園芸, pp. 189-192.
3. 농업과원예, 1993, 발굴신기술, pp. 71.
4. 시설원예, 1993, 동남아 중국유럽등으로 수출 공략하는 신안정밀, pp. 96-99.
5. 장태무, 1994, 논리회로 설계, 정익사, pp. 167-189.
6. 안중환, 1994, 메카트로닉스와 기계기술, 청문각, pp. 100-105.