

하우스용 무인자동방제기의 개발

Development of Autonomous Sprayer for Green house

김 찬 수 * 윤 여 두 * 김 기 대 **
정회원 정회원 정회원
C.S.Kim Y.D.Yun K.D.Kim

1. 서론

우리나라의 농업기계화가 쌀농사 위주인 수도작에 집중적으로 수행되어온 결과로 수도작은 약 95%이상이 기계화가 이루어졌으며 전작 및 시설원예의 경우에도 많은 부문에 기계화가 이루어지고 있다.

오늘날 재배되고 있는 모든 작물에서 병충해의 발생은 피할 수 없으며 이들의 방제 작업이 모든 농작업중 가장 위험하고 기피하는 작업이 되고 있다. 특히 시설원예와 같은 밀폐된 공간에서의 방제작업은 작업가가 직접 농약에 노출되어야 하고 심한 경우에는 농약입자를 호흡해야 하는 경우도 있다. 이렇게 위험한 방제작업에서 작업자의 농약에의 직접적인 노출을 배제하여 안전하고 효과적인 방제작업을 수행 할 수 있는 방제기의 개발이 절실하다.

현재의 시설원예의 방제작업은 크게 두 가지 유형이 있다. 휴대형 소형방제기 및 연무기를 이용한 방법과 하우스를 구축할 때 하우스 전용으로 장치를 하거나 고정식으로 설치하여 해당하우스에서만 방제작업이 가능할 수 있도록 한 시설 및 장치형 방제장치이다. 전자는 작업자가 밀폐된 하우스에서 살포된 농약에 직접 접촉하면서 방제작업을 수행하여야 하므로 인체에 매우 해롭고 위험한 작업의 형태이고 후자는 살포농약에의 직접 접촉은 배제하였지만 장치시설로서 시설 및 설치비가 고가이고 이동성이 배제되어 여러 하우스에서 사용할 수 없는 단점이 있다.

따라서 방제작업시 작업자의 농약피해를 최소화 하기 위하여 살포된 농약에의 직접 노출을 완전히 배제하고, 시설 및 장치형 방제장치의 단점인 고정식 시설화로인한 시설 및 설치비의 상승을 최소화하기 위하여, 고정식을 탈피하여 단위 방제기로서 여러 하우스를 방제 작업할 수 있도록 무인자동방제기를 개발하였으며 그 구체적인 개발기준은 다음과 같다

1. 무인방제작업을 위하여 고정경로 방식의 자율주행시스템을 개발하고 이의 실용성을 검증한다.

* 중앙공업주식회사 기술연구소

** 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

2. 자율주행방식은 주행 및 이동경로의 형상, 노면의 영향을 최대한 배제하여 이로 인한 경로 이탈 및 전복의 위험성을 최소화할 수 있는 방식으로 한다.
3. 식부면적의 감소를 최소화할 수 있도록 메카니즘이 허용하는 한 기체크기는 최소화 한다.
4. 설치비용을 최소화할 수 있는 시스템을 채용하고 전자 및 제어장치의 신뢰도와 내구성을 극대화 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 자율주행방식

그림 1은 개발된 무인자동방제기에 사용한 자율주행 시스템의 개략도이다.

본체가 고랑을 따라 주행하고 고랑과 고랑사이의 이동을 무인으로 가능하게 하기 위하여 유도 케이블을 이용한 고정경로 방식을 채택하였다.

특히 기존의 무인방제기의 최대 문제점인 주행중의 경로 이탈 및 이로인한 전복을 배제하기 위하여 각 고랑중심과 고랑사이에 유도케이블을 설치하여 본체가 이 유도케이블을 따라 이동 할 수 있도록 하였다.

이는 본체하부에 4개의 유도 센서(전진용 2개, 후진용 2개)를 부착하여 이동시 유도케이블의 중심을 따라 유도전압의 차가 제로 상태를 유지하여 항상 기체의 중심이 유도케이블에 위치하도록 본체의 전륜조향과 구동륜의 속도를 제어할 수 있도록 하였다.

후륜인 구동륜 좌·우에 각각 별도의 구동모터를 사용하여 제어정밀도를 향상시키고 선회반경을 최소화 하였다.

또한 본체가 방제전용장비이므로 각 고랑의 순차인식과 각고랑 끝단 즉 방제구간의 끝단을 인식할 수 있도록 본체에 자력선을 이용하는 자기센서를 부착하여 고랑끝단에 설치한 센서인식판을 인식하므로 전진에서 후진으로 전환할수 있도록 하였다.

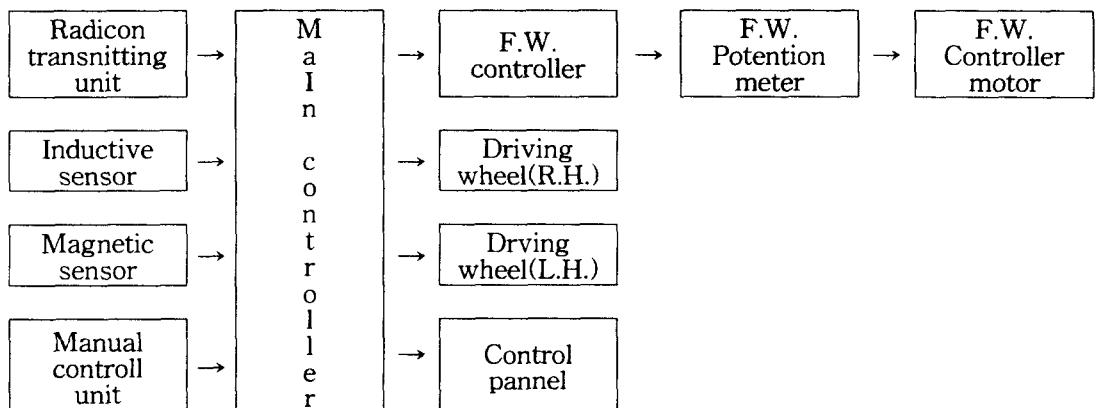


Fig. 1. Schematic diagram of the automatic guidance system.

2.2. 주행장치

구동부는 소요동력원을 고려하여 75W

DC모터 2개를 좌·우 구동륜에 각각 1개씩

사용하였다.

동력전달은 전달효율이 95%이상인 체인을 사용하여 구동륜에 동력을 전달하도록 하였다. 동력원이 밧데리이므로 모터의 소비전력을 구동 회로설계시 가장 주의하여야 할 사항이다.

본 방제기에서는 PWM(pulse width modulation)방식의 채용으로 소비전력을 절감하여 밧데리의 사용시간을 가능한 한 길게 하고자 하였다.

주행속도는 고속 0.5m/sec, 저속 0.3m/se

c 의 두단계로 설정하여 방제작업의 효율성과 방제밀도를 제고하도록하였다.

Div.	Items		Spec.
Motor	Rated voltage		DC 24V
	Direction of. Rev.		Dual Direction
	Rated time		Continue oper
	Rated characteristic	Torque	2600g.cm±1%
		R.P.M.	2500rpm±10%
		Current	4.0 A±0.5A
Reducer	Type		Planetary gear type
	Reduction Ratio		89.04 : 1
	R.P.M.		28.08rpm
	Torque		2.32 kg.m

Table 1. The specification of applied motor and reducer

2.3. 제어장치

전용제어장치는 일본의 U-SHIN사의 기존 제어장치를 본 개발품에 적용할 수 있도록 개발 요청하여 재 개발한 8bit micro-processor가 부착된 US-1000 main controller를 사용하였으며 그림 2에 그 제어장치를 나타내었다.

제어모드는 수동제어 모드와 자동제어모드 2가지이며 수동제어 모드는 짧은 구간이동과 방제작업전 본기의 이동을 위하여 수동(토글) 스위치로 작동하게 하였다.

자동모드는 전원스위치, 유도발신기, 출발스위치를 캠과 동시에 본기는 작동하여 첫 번째 고랑의 1번 센서인식판을 자기센서가 감지하고 유도센서와 유도 케이블의 작용에 의하여 조향과 전진 주행하여 첫 번째 고랑 작업종료지점에 위치한 센서인식판을 다시 자기센서가 인식하고, 전진 주행을 후진주행으로 전환하여, 유도센서와 유도 케이블의 작용에 의하여 조향과 후진주행을 한후 다시 1번 센서인식판을 인식하여, 유도발신기의 첫 번째 고랑 작업완료 신호음과 동시에 다른 고랑 작업을 순차적으로 진행하는 순서프로그래밍방식 중 고정프로그래밍방식을 채택하였다.

방제기능의 제어는 자기센서의 센서인식판 감지신호를 받은 주 제어장치에서 릴레이로 신호를 보내고 분사릴레이의 작용에 의하여 분사모터를 작동시켜 벨브를 개폐하여 해당 고랑의 첫 번째 센서인식판을 감지한 후 해당구간을 방제작업을 하고 다시 첫 번째 센서인식판을 감지하면 약액분사가 중단되도록하여 약액의 낭비를 최소화 하는 제어시스템을 채택하였다.

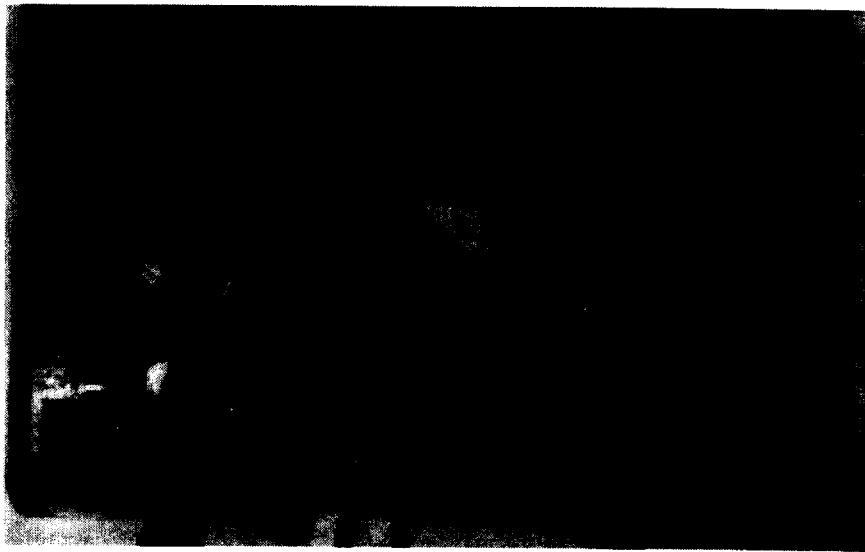


Fig. 2. The picture of the main controller

2.4. 분무시스템

본체 중앙부에 플래트형 노즐 8개 부착한 입형 봄 노즐을 장착하고 봄 하단부에서 본체 사이의 분사공백을 없애기 위하여 본체 전면부 범퍼 부분에 별도의 플래트형 노즐이 2개 부착된 와형 봄노즐을 설치하여 본체가 주행중에 발생할 수 있는 약액의 미 도포부분을 최소화 하였다.

본 방제기에 채용된 노즐은 수평에서 위쪽으로 70° (도) 아래쪽으로 10° (도)의 범위에서 분무할 수 있는 형식으로 분구를 회전하여 위 또는 아래 방향으로 향하게하면 분무를 정지할 수 있도록하여 방제밀도가 노즐을 통해서도 조정되도록 하였다. 본 방제기의 분무량은 분무기 압력 $30\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 약 $10\text{l}/\text{min}$ 정도이며 이는 분무기 압력을 조절하므로서 가능할 수 있도록하였다.

분무기는 별도로 설치하여 본 방제기의 호스릴에 감겨있는 100m길이의 호스와 연결함으로서 약액이 전달되도록하는 호스릴형태의 분무시스템을 채택하였다.

본 방제기를 탱크형이 아닌 호스릴형으로 적용한 것은 밧데리 동력원이므로 약액탱크의 크기에 상당한 제약이 있으며, 탱크를 탑재할 경우 탱크 및 약액의 무게로 인한 동력손실로 밧데리의 소모가 많아져 충전후 사용시간이 짧아지게되고, 탱크 크기의 제약에 따른 탱크용량의 한정으로 방제작업중 빈번한 약액 보충으로인한 작업손실과 이에 따른 작업자의 약액에의 직접 접촉을 최대한 억제하기 위해서이다. 또한 탱크형의 경우 별도의 분무장치가 필요함에따라 분무장치를 동작시키기 위한 동력이 추가로 필요하므로 제한된 동력원인 밧데리 소모량이 크므로 사용할 때간의 제약이 커질 수가 있으며 분무압력 변화의

유연성에 상당히 제약을 받을수가 있다.

분무모드는 왕복살포, 편도(후진시만)살포, 열림살포, 닫힘 등으로 하였고 고속(0.5m/sec) 저속(0.3m/sec)의 2단계의 속도모드에서 작동할 수 있도록하였다.

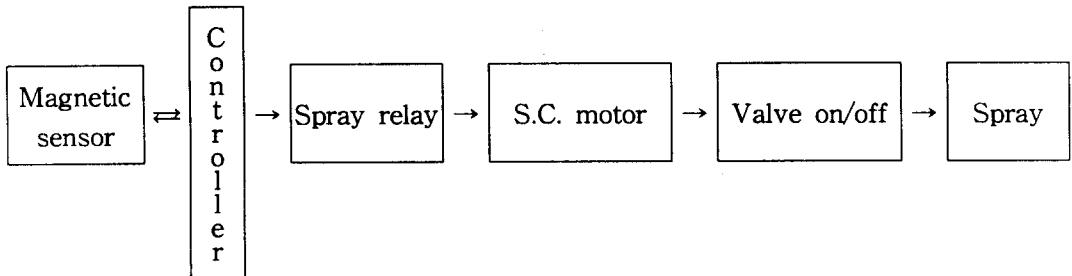


Fig. 3. The schematic diagram of the spray control system

2.5. 안전장치 시스템

분무작업을 위한 주행중 입형 봄노즐에 장해물이 걸릴 경우 봄노즐 하단부에 부착된 마이크로 스위치의 작동에 의하여 분무를 중단하고 주행을 정지하게 하여 기체손상을 방지 할 수 있도록 하였다.

밧데리의 완전방전을 방지하고 수명을 연장시키기 위하여 밧데리잔량을 연속적으로 체크 밧데리 전압이 22V일 때 1차 경보음을 발령하고, 18V이하되면 2차 경보를 발령함과 동시에 모든 작동이 사전 정지되어 밧데리의 충전시간을 작업자가 인식, 밧데리 과방전으로 인한 밧데리 손상을 방지할 수 있는 시스템을 채택하였다.

작업자의 농약에의 노출을 최대한 억제하기 위하여 본기가 센서인식판을 인식한 후에 라야 분무작업이 시작되도록 하였고, 편도 살포시에는 각 고랑끝단에 있는 센서인식판을 감지한 후 후진시 분무를 하게하여 작업자의 작업현장 이탈 시간을 충분히 제공하였다.

2.6. 본체시스템

그림 4는 본체의 외관시스템을 나타낸 것이다.

본체는 롤링으로 인한 전복을 최대한 방지하고 주행시 소요되는 고랑의 크기(폭)을 최소화하기 위하여 윤거는 320mm, 폭은 400mm로 하여 고랑폭은 350~400mm가 소요 될 수 있도록하였으며 지상고를 80mm로하여 무게중심을 가능한 한 낮추었다. 길이는 회전반경을 고려하여 최소 1m이내로 하고자 하였으나 호스릴의 내장과 호스를 100m감기 위하여 호스릴의 크기가 커짐으로서 1m를 초과할 수밖에 없었다.

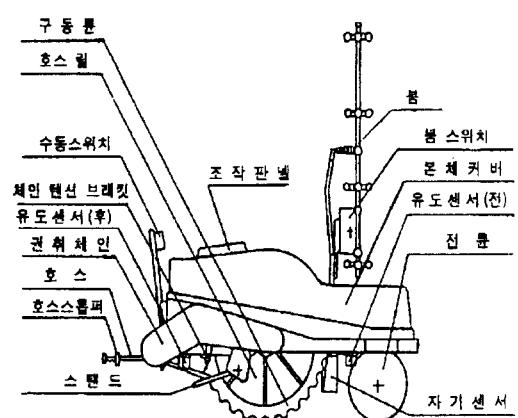


Fig. 4. The schematic diagram of external appearance for autonomous sprayer.

후륜인 구동륜은 직경 530mm로 본체의 중량을 지탱하고 좌·우 구동륜 사이에 호스릴을 부착할 수 있도록하여 본체의 높이와 길이가 커지는 것을 최소화 하도록 하였다.

2..7. 성능 및 내구성 시험

개발 완료한 방제기의 성능시험은 기능 및 동작시험과 내구성 시험등으로 구분하여 실시하였다. 1995년 10월 ~ 1996년 7월 까지 약 10개월 동안 제어장치 동작시험, 각종 센서의 감도시험, 오작동 분석시험, 방제장치시험, 각종 선택모드 시험 등을 실제하우스에서 계속 운전해 가면서 집중적으로 실증 시험을 실시하였다. 전자 및 전기장치의 내구성을 시험을 실시 하여 수명주기를 검증하였고 하드웨어의 내구성 시험을 실시하여 부품의 마모 정도를 분석, 소모부품을 분류하였고 조립품질을 최종적으로 검증하였다.



Fig. 5. The test of the autonomous sprayer

3. 결과 및 고찰

그림 6에는 개발완료된 완성품을 나타 낸 것으로 프레임은 일반 철구조물로 하였고 전륜은 직경 230mm의 경질고무바퀴를 사용하였으며 후륜인 구동륜은 원형 파이프 프레임에 리그형상의 경질고무를 몰딩하여 슬립현상을 최소화 시키고자 하였으며 직경은 530mm로하여 물이 고인 고랑의 경로상에서 빠짐현상으로인한 작업장애 요인을 최대한 배제하고자 하였다.

개발한 시작기를 통하여 약 10개월 동안 제어장치 동작시험, 각종 센서의 감도시험, 오작동 분석시험, 방제장치시험, 각종 선택모드시험 등을 위주로하여 하우스내 실증시험을 실시한 결과 전체적인 방제기의 메카니즘, 제어장치, 각종 센서류 등의 작동상의 근본적인 문제점 및 방제작업을 수행하는데 있어서 필수적인 제어체계나 작동상의 중대한 문제점은 발견할 수 없었으나 자기센서, 유도센서, 콘틀롤러 등의 초기 품질이 안정화가 되지 못하여 약간의 문제점이 발생하였고, 동력전달장치인 구동체인의 열라인먼트상의 문제점으로

주행시 잡음이 나는 문제점이 있었으나 품질 안정화 및 설계변경으로 모두 개선 보완하였다. 본 무인방제기의 주행 및 이동성능은 유도센서에 의한 유도케이블의 추종성능으로서 기체 길이방향 중심을 기준으로하여 약 30mm 이상을 벗어 나지 않는 매우 안정적인 주행 및 이동 성능을 보였고 이로인한 작업중 전복의 사고는 없었다. 특히 좌·우측 구동륜의 속도조절과 전륜의 조향 조절로 회전반경은 유도케이블을 중심으로 530mm까지 유지할수 있었다.

주행중 노면의 경사도 약 7°(도)까지는 롤링으로 인한 전복의 위험이 없었으며 등판각도는 약 13°의 연속경사지에서 무리없는 주행이 가능하였고 자동모드로 주행중 간헐적인 노면의 요철로인한 피칭, 롤링, 요잉 등에는 별다른 영향을 받지 않는 것을 확인하였다.

주행중 자기센서의 작동은 양호하여 센서인식판을 감지하지 못하는 예의의 발생률은 극히 적었으며 감지가능한 센서인식판의 최소폭은 약 40mm였다.

밧데리 잔유량 경보 및 봄노즐에 부착된 안전장치의 작동은 문제가 없었으며 다만 주행속도는 고속을 기준으로 하였을 때 밧데리 만충전시 0.5m/sec 정확히 유지하였으나 밧데리 충전신호를 발령하는 시점까지 5시간 연속운전을 하였을 때 약 0.4m/sec까지 속도가 감소되었다. 따라서 본체의 중량을 최소화하고 밧데리의 용량과 성능을 향상, 밧데리의 사용 시간을 현재의 5시간에서 약 8~10시간 정도로 증가시켜 밧데리 1회 충전시의 사용시간을 연장시킬 필요가 있었다.

향후에는 현재의 측면살포용 입형 봄뿐아니라 전면살포용으로 높이조절이 가능한 수평 봄, 포도와 같은 작물을 방제하기위한 활형봄, 관수를 위한 관수형봄, 노지에 적용할 수 있는 노지형 봄 등을 다양하게 개발 본 방제기를 여러 작물에 작용할 수 있도록 하여 활용도를 극대화 시킬 필요가 있었다.

본 방제기는 하우스의 두둑을 연속적으로 30개까지 방제작업을 수행할 수 있는 시스템이나 호스길이가 100m로 한정되어있고 국내의 하우스크기 특히 길이가 정형화되 있지 않아 효과적인 활용이 되지 못하는 경우가 있었다. 특히 호스길이 100m로 인한 작업범위의 한계가 노출이 되었으나 호스길이를 증가시키기 위해서는 이에 수반되는 제반문제 즉



Fig. 6. The picture of an autonomous sprayer

기체크기, 무게, 구동모터, 뱃데리, 기체크기 증가로 인한 고랑 크기의 증가와 이로인한 재식면적의 감소 등을 면밀히 검토하여 합리적인 방법을 모색하는 것이 필요하다.

4. 요약 및 결론

본 제품은 비록 제어장치는 국내에서 개발하지 못하고 수입품을 사용하였지만 약 3년여 동안 개발기간을 통하여 수많은 시행착오를 거듭한 끝에 제어장치의 품질을 안정화 시키고 상품화 시켰으며, 하드웨어의 메카니즘을 완전하게 정립시켜 국내 농업기계사상 최초로 농업기계 분야에 자율주행형 즉 무인주행 및 이동형 방제장치를 개발완료하여 상품화 시키므로 농업기계의 무인화에 새로운 장을 열었다고 판단된다.

향후에도 본 개발품에 대한 성능, 메카니즘, 제어시스템 등 수많은 연구 및 개발과제가 남아 있지만 현재까지 개발한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 좌·우 구동차륜을 독립적으로 구동하고 유도케이블과 유도센서, 센서인식판과 자기센서들의 신호와 이들의 제어에 의하여 정확하게 고랑을 따라 주행하고 고랑과 고랑사이를 이동할 수 있는 고정경로 방식의 자율주행시스템을 실용화 할 수 있었다.
2. 유도케이블과 유도센서의 유도전류에 의한 자율주행방식이 고랑의 형상과 경사를 이용한 자세제어에 의한 주행방식보다는 더 안정적이고 신뢰성이 높았으며 효율적이었다.
3. 호스릴 타입은 가능한 한 호스의 길이가 길어야 하지만 호스의 길이가 기체의 크기등 제반조건에 절대적인 영향을 미치므로 호스의 길이를 증가 시키기 위해서는 기체의 크기증가로 인한 고랑의 폭 증가와 이로인한 작물재식 면적의 감소를 고려하여야 한다.
4. 본 방제기를 효율적으로 안정되게 사용하기 위해서는 이동경로인 고랑의 경사도와 노면을 가능한 평탄하게 하여야 되고 고랑상에 금속제 물질을 제거하여야 한다는 것이 확인되었다.

5. 참고문헌

1. 로봇엔지니어링 연구회. 1991. 로봇엔지니어링. 기전연구사.
2. 류 관희 외 3인. 1996. 지능 로봇공학. 문운당.
3. 류 관희 외 4인. 1996. 농업기계분야의 신기술 개발과 전망. 한국농업기계학회지. 21(2) :263-275
4. 중앙공업(주). 1996. 무인자동방제기 취급설명서. 중앙공업(주).
5. 장 익주. 1996. 농업용 로봇 개발을 위한 센서 응용기술. '96 심포지엄 발표문(농업용 로봇 연구개발 동향과 전망). : 121-164
6. 황 원결. 1996. 농용 트랙터 자율주행기술 개발 현황과 전망. '96 심포지엄 발표문(농업용 로봇 연구개발 동향과 전망).: 77-95
7. Misao,Y.1996.An Image Processing Based Automatic steering Vehicle for Japanese Pear Orchard.The 7th International Joint Seminar.