

시설원예용 파이프 유도식 무인방제기 개발

Development of an auto-spray car for a greenhouse

강 춘태* 이 경진* 김 태한** 장 익주**
 정희원 정희원 정희원 정희원
 C.T.Kang K.J.Lee T.H.Kim I.J.Jang

I. 서론

우리 나라의 시설 원예 면적은 '81년에 9,315ha에서 '97년에는 47,264ha로 약 5.1배 증가하였으며 앞으로 시설 원예 면적은 더욱더 증가할 것으로 생각된다. 그러나 하우스내의 작업 단계 중 방제 작업은 밀폐된 공간에서 인력에 의해 이루어지므로 인체에 해롭다. 그리고 하우스내의 각종 작업에 사용되는 농기계의 구동 동력원은 전부 내연 기관이므로 이 기관에서 배출되는 유해 가스는 인체뿐만 아니라 작물의 생육에도 영향을 미치고 있다. 또한 토마토의 하우스 축성재배에 소요되는 총 노동시간은 1200시간/10a로서 그중 운반에 소요되는 시간이 약 1000시간/10a(1000m²)로서 총 노동시간의 83%에 상당한다는 보고가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 방제 및 운반 작업의 무인화에 의해 유해한 농약과 농용 기관의 배기가스로부터 사람과 작물을 보호하고 노동생산성을 향상시켜 시설작물의 경쟁력을 향상시키는데 있다.

양을 결정하였다. 또한 소요 동력 산출과 안전율을 고려하여 전동기의 용량을 결정하고 시작기의 본체 및 방제 장치를 개발·제작하였다. 개발한 시작기의 주용 제원과 외관도를 각각 표1, 그림1에 나타내었다.

<표1> 시작기의 제원

항 목	단 위	제 원
기 체	전 장	mm 1150
	전 폭	mm 430
	전 고	mm 470(약액탱크제외)
	중 량	kg 150
	적재중량	kg 100~150
주행장치	형식	4륜식, 2륜조향
	주행속도 조향방식	% 저속0.25, 고속0.5 유도파이프식 (기계식조향)
전기장치	축전지	12V · 90Ah(2개)
	전동기 제어장치	주행용 24V, 0.4kW(1개) 분무용 24V, 0.75kW(1개) 전후진 무단변속 무인주행제어
방제장치	분무형식	수평, 수직 복합형
	분 무 량	l/min 5~6
	분무압력	kg/cm ² 최대18
	약액탱크용량	l 80

II. 재료 및 방법

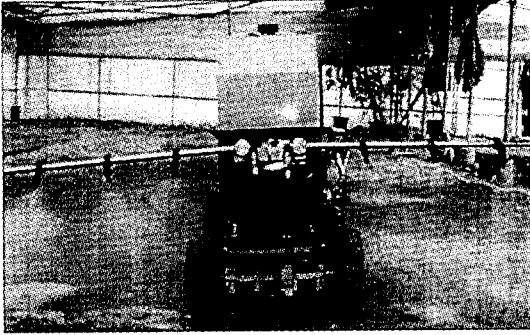
가. 시작기 설계·제작

우리 나라의 시설재배 여건에 적합한 시설 재배 전용 무인방제 및 운반시스템 개발을 위해 시설농가를 대상으로 온실내의 작물별 물성 및 재배방법과 하우스의 구조 등 설계인자를 조사분석하였고, 이를 토대로 무인방제 및 운반시스템의 차륜거리, 축간 거리, 기체 전장, 전폭, 전고 등의 사

본체는 80 l 용량의 약액탱크를 탑재하고 주행 장치, 살포 장치로 구성하였으며 기체내부에는 무인 주행 시스템, 무인 살포 시스템, 안전장치를 갖추고 있다. 또한 본 시스템은 약액탱크 착탈식으로 제작하여 무인 방제뿐만 아니라, 운반 작업에도 이용할 수 있

* 경북대학교 대학원 농업기계공학과
 ** 경북대학교 농업기계공학과

도록 다목적 작업기로 설계하였다. 안전장치로서는 전압 강하와 기체 접촉시 그리고 약액수위 저하시 경보음이 울리도록 하였다.

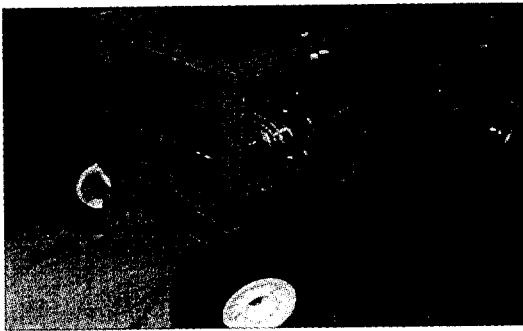


<그림1> 유도 파이프식 무인 방제기

1. 파이프 유도식 무인 방제기 본체

1) 차체

차체는 그림2에서와 같이 SUS40을 중공으로 가공하여 경량화 하였으며 프레임 하부에 지지 브라켓을 설치하여 차체 내부의 후부에는 구동용 밧데리를 탑재하고 전부에는 약액 분사 펌프 및 약액 분사 펌프 구동 모터, 중간에는 콘트롤박스를 탑재한다. 또한 프레임의 4측면과 상부를 판재로 커버를 하여 약액 및 먼지 등으로부터 밧데리, 구동 모터, 약액 분사모터, 동력전달부를 보호하도록 하였다.



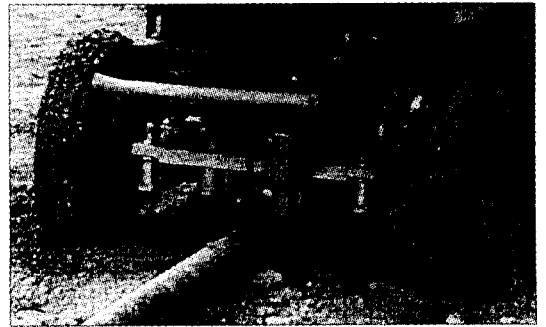
<그림2> 시작기의 차체

2) 주행장치

무인 방제 및 운반 시스템의 주행 장치는 현재 온실내의 고랑이 함수율이 높은 진흙탕이므로 침하와 슬립을 방지하면서 주행할 수 있어야 하므로 뒷바퀴는 기체의 추진을 담당하는 구동륜으로서 바퀴의 지름은 356mm,

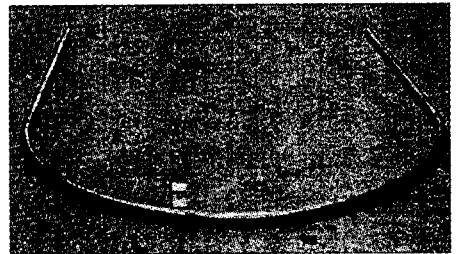
폭은 85mm의 광폭 고무 타이어를 사용하였고 하중 지지를 위하여 바퀴의 내측에 SUS 40으로 림을 가공하여 부착하였다. 또한 전륜은 지름이 $\phi 254\text{mm}$, 폭이 85mm의 고무 타이어를 사용하였고 하중 지지를 위하여 후륜에서와 같이 바퀴의 내측에 SUS40으로 림을 가공하여 보강하였다.

본 연구에서는 1개의 유도 파이프를 고랑에 설치하는 고정 경로 방식을 채택하고 그림3와 같은 주행 유도 파이프의 안내륜을 제작하여 작업차의 전·후진시 주행 경로를 안내하게 하여 직진 및 주행 성능이 우수하고 가격이 저렴하게 되는 기술을 개발하여 적용하였다. 안내륜은 그림에서와 같이 MC 나일론재를 원기둥 형식으로 가공하여 주행 유도 파이프의 측면 일부에 접촉되어 선회하도록 하였다. 이와 같은 주행 유도 안내륜을 차체 전부에 설치하였다. 또한 2개의 주행 유도 안내륜 간격을 조절할 수 있도록 제작하여 유도 파이프의 외경 변화에 대응할 수 있도록 하였다.



<그림3> 주행유도 안내륜

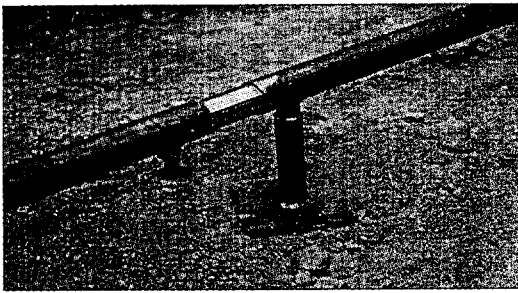
또한 주행유도파이프는 온실의 선회위치에서 선회성능이 우수하도록 그림4와 같이 벤딩가공하였다.



<그림4> 주행 유도 파이프(선회용)

또한 그림5는 파이프의 연결 장치와 고정 장치를 찍은 사진이다. 그림에서와 같이 주행 유도 파이프의 직선부 이음은 연결 부위에 직경이 작은 파이프를 삽입하여 연결시키고 이음매의 한쪽 단에는 볼트로서 고정시키고 다른 쪽 하부에는 플레이트가 부착된 작은 관내에 주행 유도 파이프에 용접한 작은관을 삽입하여 볼트를 이용하여 고정시킴과 동시에 주행 유도 파이프의 높이를 조절할 수 있게 하였다. 플레이트는 지면에 삽입되어 파이프에 하중이 수직으로 작용될 때 침하를 줄이고 파이프를 지지하여 주행 파이프 전체의 높이를 일정하게 유지시키는 역할을 한다.

또한 유도 파이프는 설치가 간편하고 온실내에서 작물의 재배 관리 및 수확이 완료된 후, 경운, 정지시에는 철거하는데 편리하도록 개발·설계하였다.



<그림5> 파이프의 연결 장치와 고정 장치

3) 조향 장치

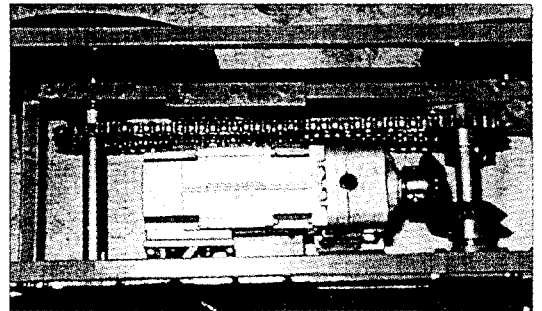
그림1에 제작한 시작기의 조향장치를 찍은 사진을 나타내었다. 조향장치는 전륜의 선회 반경이 작고, 정확한 선회를 할 수 있도록 메카니즘을 개발하여야 하므로 그림에서와 같이 차체에서 수직으로 상부에 베어링을 넣은 브리킷을 달고 하부에 수평으로 구멍을 내어 베어링을 넣고 앞차축과 키로서 고정하였다. 또한 브리킷 하부에 플랜지를 부착하여 좌우 바퀴를 링크 기구로 연결하여 선회시 좌·우 바퀴가 동일 각도로 선회되도록 하였다.

4) 동력 전달 장치

전기 작업차의 구동 방식으로 본 연구에서는 트랜스미션과 차동장치가 없고, 기술적으로 안정되어 있는 형식으로서 전동기를 차체 위에 탑재하는 형식을 채택하였다. 이 형식은

차동장치가 없으므로 여기에서 발생하는 5~10%의 에너지 손실을 줄일 수 있고, 차동장치의 사용으로 인한 중량 증가와 공간을 감소시킬 수 있으므로 구조 전체가 단순하고 설계도 용이한 특징이 있다.

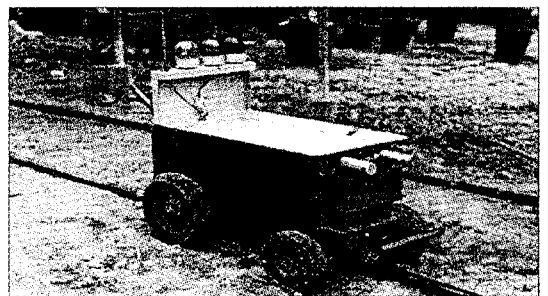
차체의 폭을 최소화하기 위하여 동력 전달은 1개의 모터를 차축에 직각방향으로 설치하여 그림6에서와 같이 모터축과 모터축에 직교하는 축을 설치하여 양측에 베벨기어를 가공하여 결합하고 모터와 직교하는 축의 일단과 후륜축에 각각 스프로킷을 설치하여 체인에 의해 후륜축을 구동하도록 하였다.



<그림6> 동력 전달 계통도

5) 약액탱크 및 콘테이너 탑재 장치

그림 7에 개발한 시작기의 약액탱크 및 콘테이너를 탑재할 수 있는 탑재 장치를 찍은 사진을 나타내었다. 수확물 및 비료 운반을 위해 방제 작업을 하지 않을 때에는 약액 탱크를 해체하고 콘테이너를 탑재하도록 제작하여 시작기의 다목적 이용에 의한 연간 이용 시간을 확대할 수 있게 하였다. 또한 이 콘테이너 탑재 시스템의 크기는 수요에 따라 크게 제작할 수 있다. 또한 후부에는 안테나와 경고등 3개를 부착하였다.



<그림7> 시작기의 콘테이너 탑재 장치

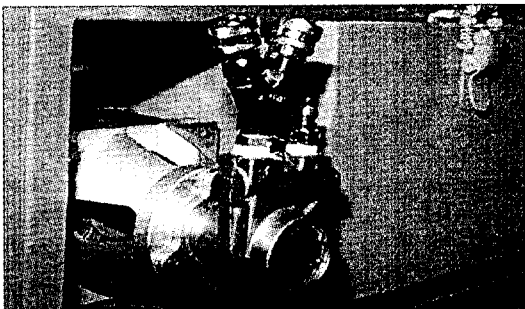
2. 약액탱크 및 약액분사장치

1) 착탈식 약액탱크

약액탱크는 착탈식으로 설계하여 운반시에는 약액탱크를 분리시키고 운반 콘테이너를 탑재하도록 제작하였다. 약액탱크는 전장 780mm, 전폭 330mm, 전고 350mm로 하여 용량이 80ℓ로 하였으며 탱크의 상부에는 주수구를 하부에는 드레인코크를 설치하였고 농약에 의한 부식 방지를 위하여 스테인레스강으로 제작하였다.

2) 약액 분사장치

약액분사 장치로서 약액분사펌프 구동용 모터와 약액분사펌프를 그림8에 나타내었다. 약액분사펌프는 재질이 동(銅)이고 여과기가 부착된 배인펌프로써 흡입관은 약액탱크와 연결하고 송출관은 분사관에 연결하여 농약을 살포한다. 약액 분무량은 57~475ℓ/hr, 분사 압력은 최대 18kg/cm²의 범위내에서 조정할 수 있다. 또한 분무 펌프의 여과기는 100메시 와이어 스크린(mesh wire screen)으로서 단면적이 20cm²이고 중량이 1.25kg이다. 분사 펌프 구동용 모터는 24V, 0.4kW 출력의 DC 모터이다.



<그림8> 약액분사펌프

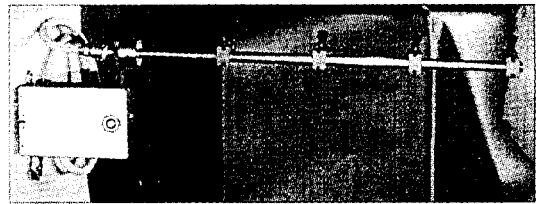
3) 수평·수직 살포용 분무관 메카니즘

시작한 분무관을 그림9에 나타내었다. 분무관은 스테인레스강을 사용하여 약액에 의한 부식을 방지할 수 있게 하였으며 시설내 작물별 재배 방법 및 물성 조사 분석 결과에 의해서 길이 1,000mm로 하였다.

또한 분무관은 그림에서와 같이 모터축의 회전에 의해 수평, 수직 운동을 할 수 있도록 메카니즘을 개발하여 외국의 수직 살포용과

달리 수평·수직 살포용으로서 초장이 작은 작물은 노즐이 작물 위에서 농약을 살포하고, 초장이 큰 작물은 고랑에서 측면 살포가 되는 등 초장이 다양한 작물에 효과적으로 살포할 수 있는 구조로 개발·제작하였으며 여기에서 사용한 모터는 전원 공급시 모터축이 90° 회전하고 전원을 차단하면 다시 원래의 위치로 돌아오게 하여 온실 내에서 수평 살포 작업을 할 경우 선회시 분무관을 수직으로 들어 올리도록 하였다. 분무관은 약액살포시에는 장착하고 운반시에는 탈착하여 운반작업시 장애가 되지 않도록 하기 위하여 커프링식으로 제작하여 착탈이 용이한 원뿔치식 착탈메카니즘으로 제작하였다.

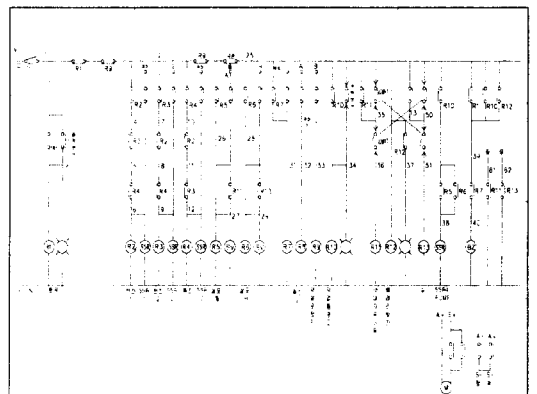
노즐은 스톱 밸브가 내장된 확산폭이 넓은 노즐로서 분사각 조절이 가능하며 분무 압력이 15~25kg/cm²일 경우 분무량은 8~10ℓ/min이다. 노즐 간격은 노즐의 확산폭을 고려하여 분무관 1개에 4개의 노즐을 230mm간격으로 설치하였다.



<그림9> 분무관

3. 무인주행 및 살포 제어장치

그림10은 무인방제기의 구동제어회로를 나타낸 것이다.



<그림10> 무인방제기의 구동제어회로도

그림에서와 같이 모터 구동은 대전류용 릴레이(30A) 5개를 사용하여 ON/OFF 제어에 의해 정·역회전을 하게 되고 이에 의해 전·후진을 하게 된다. 대전류 릴레이를 구동하는 제어용 릴레이는 그림에서와 같이 4점점 소용량 릴레이(3A)를 13개 사용하였다. 제어는 전과 리모콘에 의한 신호를 수신하여 정회전1단(전진1단), 정회전2단(전진2단), 역회전1단(후진1단), 역회전2단(후진2단), 약액살포 등을 수행하고 수위센서, 밧데리 방전, 기체 접촉시 자동정지 등의 특수 기능도 수행하도록 하였다. 또한 긴급한 상황시 비상버튼을 누르면 릴레이로 들어가는 전류를 차단하여 모든 릴레이 작동을 정지시켜 안전장치로서의 역할을 하도록 하였다. 주행속도 제어는 밧데리(24V-90A)로부터 공급되는 90A의 전류를 전진 1단에서는 12A, 전진 2단에서는 24A로 모터에 공급하여 저속·고속의 속도 제어가 가능하도록 하였다.한다.

4. 안전장치

그림11은 무인방제기가 작업중 장애물에 접촉되었을 경우에 경고음과 함께 경고등에 붉은 불이 들어오면서 동시에 무인방제기가 자동으로 주행 및 분무를 정지하도록 한 안전장치로서 기체의 전부에 부착하였다.



<그림11> 안전장치

그림에서와 같이 스프링에 지지된 붉은 봉속에 종이 두께의 얇은 센서가 내장되어 있어 이 봉이 장애물에 접촉되면 경고를 한다.

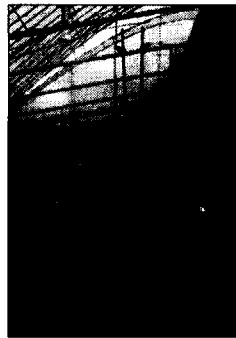
그외 장치로서는 안전장치로서는 밧데리의 출력 전압을 체크하여 규정 전압 이하가 되면 경보가 울리도록 하였고, 장애물 접촉 센서에 의해 경보음이 울림과 동시에 주행, 분무를 정지하도록 하였다. 또한 약액수위 감지 센서에 의해 탱크내의 약액의 수위가 규정수위 이하로 내려가면 경보음이 울리도록

하였다.

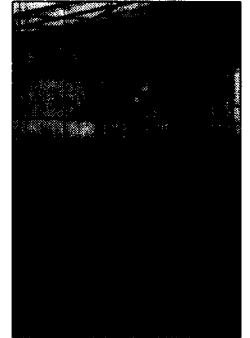
III. 결과 및 고찰

가. 분무관 작동 및 살포폭 시험

시작한 무인방제기는 분무관이 수평 및 수직상태에서 살포 작업을 할 수 있도록 설계 제작하였으므로 분무관이 수평에서 수직상태까지 회전운동이 되는 것이 중요하다. 그림12의 좌측은 분무관이 그림1에서와 같이 수평상태에서 회전운동을 한 후인 수직상태로 된 모양을 찍은 사진을 나타낸 것이다. 분무관이 수평상태에서 수직상태로 되는데 소요되는 시간은 평균18초이고, 수직상태에서 수평상태로 회전운동을 하는데 소요되는 시간은 평균 16초였다.



(수직분사)



(임의각(θ°)분사)

<그림12> 무인 방제기의 분무관 회전 성능시험

또한 분무관은 수평 상태에서 그림 12의 우측과 같이 수직상태 까지 사이의 임의의 각도로 조절할 수 있다. 수평 살포시의 살포폭을 측정 한 결과 평균 3400mm로 나타났다.

나. 직진 주행성능 시험

시작한 무인방제기를 이용하여 온실에서의 주행속도를 측정 한 결과를 표2에 나타내었다. 표2에서와 같이 전진1단시의 주행속도는 0.25%, 전진2단시의 주행속도는 0.49%, 후진1단시의 주행속도는 0.26%, 후진2단시의 주행속도는 0.51%로 나타났다. 시험은 각각 5회 반복하여 평균치를 구한 것이다. 또한 직진 주행시험시 작업기가 궤도를 이탈하는 경우는 나타나지 않았다.

<표2> 무인방제기의 직진 주행속도

구 분	전진1단	전진2단	후진1단	후진2단
속도(m/s)	0.25	0.49	0.26	0.51

다. 선회 성능 시험

시작한 무인 방제기를 이용하여 온실에서 선회속도를 측정한 결과를 표3에 나타내었다. 시험은 각각 5회 반복하여 평균치를 구한 것이다.

<표3> 무인방제기의 선회주행속도

구 분	전진1단	전진2단	후진1단	후진2단
속도(m/s)	0.22	0.47	0.23	0.49

표에서와 같이 전진1단시의 선회속도는 0.22m/s, 전진2단시의 선회속도는 0.47m/s, 후진1단시의 선회속도는 0.23m/s, 후진2단시의 선회속도는 0.49m/s로 나타나 직진주행시 보다 속도가 다소 느림을 알 수 있다. 이는 주행 유도 안내륜과 유도 파이프의 선회부에서의 접촉에 의한 마찰저항이 증가되었기 때문인 것으로 생각된다. 시험은 각각 5회 반복하여 평균치를 구한 것이다. 또한 선회주행 시험시 지면에서 유도 파이프를 설치한 높이가 너무 낮을 경우에는 작업기가 케도를 이탈하는 경우가 있었다.

라. 작업능력

시작한 무인 방제기의 작업 능력을 조사한 결과를 표4에 나타내었다. 분무량 측정은 기체를 정지 상태에서 약액분사펌프를 구동시키는 동안에 각 노즐에서 분무되는 약액을 메스실린더를 이용하여 측정하였으며 5회 반복 시험한 결과의 평균치를 나타내었다.

<표4> 무인 방제기의 작업능력

구 분	분무압력	분당살포량	시간당살포면적
무인방제기	18 (kg/cm ²)	5.6 (l/m)	29.6 (a/h)

또한 시간당 작업면적은 기체의 주행속도를 전진1단(0.25m/s)으로 작업한 경우 29.9a/hr로서 나타났으며 이는 3회 반복한 시험결과

를 평균한 것이다.

IV. 요약 및 결론

현재 하우스내의 방제 작업은 밀폐된 공간에서 기존의 휴대용 동력 소형 방제기 및 연무기를 사용하고 있으므로 살포된 농약이 작업자에 접촉되는 등 인체에 해롭다. 또한 오이, 토마토 등 수확물의 운반은 바켓스, 상자 등을 이용하여 인력에 의해 운반하고 있으므로 작업자의 작업 능력이 저하되고 동시에 노동 강도가 크다. 그리고 하우스내의 방제 작업에 사용되는 방제기의 구동 동력원은 전부 내연 기관으로서 배기가스가 인체와 작물 생육에 나쁜 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 이와 같은 문제점을 해결하여 노동생산성을 향상시키고, 노동력 절감에 의한 생산비 절감화도를 도모하여 시설 작물의 경쟁력을 향상시키는 기술 개발로서 우리나라의 시설 재배 여건에 적합한 시설 재배 전용 무인 방제 및 운반 시스템 개발을 위해 수행한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조향장치는 전륜의 선회 반경이 작고, 정확한 선회를 할 수 있도록 좌우 바퀴를 링크 기구로 연결하여 선회시 좌우 바퀴가 동일 각도로 선회되도록 하였다.
2. 주행장치의 전·후륜 모두 침하와 슬립을 방지할 수 있도록 광폭 고무 타이어를 사용하였고 하중 지지를 위하여 바퀴의 내측에 SUS40으로 림을 가공하여 부착하였다.
3. 주행 유도 방법은 1개의 유도 파이프를 고랑에 설치하는 고정 경로 방식을 채택하고 주행 유도 안내륜을 제작하여 작업기의 전후부에 부착함으로써 직진 및 주행 성능이 우수하고 가격이 저렴하게 되는 기술을 개발하여 적용하였다.
4. 동력 전달 장치는 트랜스미션과 차동장치가 없고 기술적으로 안정되어 있는 형식을 채택하여 1개의 모터에 의해 구동하는 방식의 메카니즘을 개발하여 구조가 간단

하고 가격이 저렴하며 제어가 용이하도록 하였다.

5. 차체는 SUS40을 증공으로 가공하여 경량화 하였으며 프레임 하부에 지지 브라켓을 설치하여 모터를 탑재하고 차체내부에는 구동용 배터리, 약액 분사펌프 및 약액 분사펌프 구동모터, 콘트롤 박스를 탑재하여 콤팩트한 구조로 하였다.
6. 분무관은 모터를 이용하여 수평·수직 샤프가 가능하도록 메카니즘을 개발하여 초장이 다양한 작물에 효과적으로 이용할 수 있는 구조로 개발·제작하였다.
7. 분무관은 약액살포시에는 장착하고 운반시에는 탈착하여 운반 작업시 장애가 되지 않도록 착탈이 용이한 원터치식 착탈메카니즘으로 제작하였다.
8. 개발한 무인 방제기의 방제작업능률은 시간당 29a로서 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 중앙공업(주), 무인방제기취급설명서
- 2) 농촌진흥청 원예연구소. 1998. 「시설원예 생산비용 절감기술」. pp.150~152.
- 3) Badford Bates. 1992. Electric Vehicles -A Decade of Transition, Society of Automotive Engineers, Inc. pp 13-289.
- 4) David Olds. 1993. Automotive Transmissions and Drivelines, Society of Automotive Engineers, Inc. pp 37-148.
- 5) James William Fitch. 1994. "Motor Truck Engineering Handbook", Society of Automotive Engineers, Inc.
- 6) Stackpoole L. Morrison M. Gregory A., 1995. Electronics for Motor Mechanics, Longman Ltd. pp133-333.
- 7) Richard H. Engelmaun, William H. Middendorf, 1995. "Motor Handbook", Marcel Dekker, Inc.
- 8) 카야바 工業株式會社編, 1998. 自動車の操舵系と 操安性, 山害堂
- 9) 篠原義近, 1991. 電氣自動車の時代.

讀賣新聞社, pp224-235.

- 10) 有光(アリミシ)工業株式會社, アリミシオートスプレーカ 取扱説明書
- 11) (株)丸山製作所, 丸山シャトルスプレーカ 取扱説明書