

시설원예의 기계화·자동화 모델 개발⁺

Development of Mechanized & Automated Model System for Greenhouse Cultivation

김홍윤*	이홍주*	홍중호*	이성범*	심일용**	남상운***
정희원	정희원	정희원	정희원	비회원	비회원
H. Y. Ki m	H. J. Lee	J. H. Hong	S. B. Lee	I. Y. Shim	S. W. Nam

1. 서론

WTO 체제의 출범에 따른 국제화, 개방화에 대응하기 위해서는 국제경쟁력이 있는 시설원예 작물에 대하여 기계화 및 시설자동화 등 첨단과학기술을 이용한 자본기술집약형 농업으로 발전시켜 생산비의 절감과 고부가가치 농산물의 대량생산을 꾀하여야 한다. 또한, 시설원예 농산물의 고급화와 상품성 제고를 위해서는 기계 및 시설의 선진화 즉 파종에서 수확, 선별 및 포장작업까지 일관작업이 가능하도록 기계화 및 자동화가 시스템화되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 시설원예 재배농가의 작업별 기계화·자동화 실태를 조사 분석하고 그 결과를 기초로 하여 파종에서 수확 및 선별 포장작업까지 일관작업이 가능한 기계화·자동화 모델을 제시하고 이에 필요한 기계장비 및 시설장치의 개발방향을 제시하고자 하였다. 또한, 오이 유인작업에 필요한 기초자료를 실측 검토하여 오이 유인장치의 자동화 방안을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시설원예의 기계화·자동화 실태조사

본 연구에서는 중부지역 10개 시·군, 86 농가를 대상으로 시설현황(면적, 형태, 자동화시설 등), 재배작물 및 작형, 보유 또는 활용 농기계, 각 작업별 작업방법 및 소요시간, 기계화 가능 작업 및 개선방향 등을 조사하였으며, 조사방법으로는 농촌지도소의 협조를 받아 해당군의 표본농가를 직접 방문하여 설문 항목별로 청취조사 하였다.

나. 시설원예의 기계화·자동화 모델 개발

시설원예의 기계화·자동화에 관한 설문조사를 기초로 하여 재배과정에 따른 작업공정과 기계화·자동화 방안 등을 검토하고, 파종에서 수확까지의 작업 전과정을 기계화·자동화 할 수 있는 모델을 제시하였다.

다. 오이 유인장치의 개발 방안

시설오이의 작업단계 중에서 기계화·자동화 요구 1순위인 유인작업을 대상으로 작물하중, 유인장치의 소요면적 및 토크 등을 측정하여 기계화·자동화 방안을 검토하였다.

⁺ 이 연구는 한국농업기계학회 산학협동연구사업비로 수행되었음.

* 안성산업대학교 농업기계학과 ** 안성산업대학교 원예학과

*** 안성산업대학교 농촌개발학과

3. 결과 및 고찰

가. 시설원예의 기계화·자동화 실태조사

시설원예의 기계화·자동화 모델 개발에 필요한 기초자료를 얻고자 중부지방의 시설채소 재배 농가를 대상으로 각종 작업 현황과 기계화·자동화 실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

(1) 시설면적 및 주요 재배작물 현황

조사농가의 시설면적은 1,000~2,000평이 42.5%로 가장 많았고, 1,000평 미만은 30.0%, 3,000평 이상이 20.0%로 나타나 전국 평균 시설채소 농가의 경영규모보다 크게 나타났다.

(2) 시설의 형태, 자재 및 관리방법 현황

시설형태별 설치현황은 아치형 95.0%, 터널형 5.0%로 나타나 대부분이 철재 파이프를 이용한 아치형이었으며, 또한, 단·연동 형태별 비율은 단동형 52.5%, 연동형 47.5%로 거의 같았다. 시설자재중 피복재료는 PE필름이 72.5%로 전국 평균 78.1%와 비슷하였고 EVA필름이 22.5%, 기타 5.0%로 나타나 PE필름이 가장 많았다.

겨울철 난방방법은 온풍난방기를 사용하는 농가가 52.5%로 난방시설이 없는 농가가 아직도 많았으며, 지하수를 이용한 냉난방 보조수단의 하나인 수막시설을 갖춘 농가가 35.0%나 되는 것으로 조사되었다. 한편 환풍시설은 측면권취식이 80.0%, 강제환기장치가 20.0%로 측면권취식이 많았다. 일반적으로 영농규모가 큰 농가에서는 온풍난방기, 수막시설 및 강제환기장치 등 생력화된 효율적인 관리장비들을 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

관수방법으로는 다공호스 50.0%, 점적관수 42.5%, 기타 7.5%의 순으로 나타나 대부분의 농가에서 관수작업은 비교적 효율적으로 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

(3) 조사대상 농가의 농기계 보유율

조사대상 농가의 농기계 보유율은 경운기와 병충해 방제기는 100% 이상, 즉 1농가가 2대 이상 보유하고 있는 경우도 있는 것으로 조사되었으며, 트랙터 60.0%, 관리기 50.0%, 일륜차 32.5%, 선별기 15.0%, 포장·결속기 7.5% 순으로 나타났다. 그러나, 시설내에서 효과적으로 방제 작업을 할 수 있는 연무기와 무인방제시스템 등의 보유율은 낮은 것으로 조사되었다.

(4) 작업단계별 기계 및 장치 이용 현황

작업단계별 기계 및 장치 이용 현황을 살펴 보면 경운·정지 작업은 경운기 또는 관리기를 사용하는 소형농기계 중심에서 트랙터와 관리기를 병용하는 중대형농기계 중심으로 전환되고 있는 것으로 분석되었다. 이식작업은 인력에 의존하고 있었으며 유인작업도 비닐끈과 클립을 이용한 인력작업으로 이루어지고 있었다. 병충해 방제작업은 동력분무기를 사용하는 농가가 많았으며, 연무기 등 하우스에 적합한 방제기를 사용하는 농가도 일부 있었다. 관수작업은 대부분이 다공호스나 점적관수시설을 갖추고 있었으며, 시비작업도 이 관수시설을 이용하는 것으로 나타났다. 온도관리작업은 많은 농가가 온풍난방기와 보온커튼을 사용하는 것으로 나타났으며 온풍난방기를 설치한 농가에서도 온풍난방기를 자동으로 사용하지 않고 수동으로 조작하고 있는 것으로 조사되었다. 환기작업은 환기팬의 사용 및 측면의 비닐을 걷어 올리는 방법, 천창 및 측창 개폐 장치를 설치하여 수동 또는 자동으로 환기 시키는 방법 등이 이용되고 있었으나 자동개폐장치의 활용은 저조한 것으로 조사되었다. 수확작업은 전적으로 인력에 의존하고 있는 것으로 나타났으

며 운반, 선별 및 포장·결속 작업 등은 일부 농가에서 일륜차, 중량선별기, 포장·결속기 등을 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

(5) 국내의 생력, 자동화 장치 개발 현황

국내의 생력, 자동화 장치 개발 현황은 다목적 작업장치로 활용 가능한 궤도레일 시스템, 무인방제작업이 가능한 상운 연무기, 로봇트 무인방제기, 컴퓨터 무인방제시스템, 육묘공장에서 활용되는 자동파종시스템, 컴퓨터에 의해 자동조절되는 복합환경제어시스템, 과채류의 선별기 등이 있다.

(6) 가장 힘든 작업 및 기계화·자동화가 요구되는 작업

설문조사결과 시설원예에서 가장 힘든 작업은 수확작업, 유인작업, 병충해 방제작업, 퇴비살포작업 등의 순으로 나타났으며 기계화·자동화가 요구되는 작업은 유인작업, 선별 및 포장작업, 병충해 방제작업, 수확 및 운반작업, 퇴비살포작업의 순으로 나타났다.

나. 시설원예의 기계화·자동화 모델 개발

(1) 시설원예의 기계화·자동화 모델

시설원예에는 재배작물에 따라 작업의 종류가 다르고 작업체계와 소요되는 작업기 및 자재가 다양하나, 기계화·자동화 기초모델을 제시하면 다음과 같다.

육묘관리작업은 간이 형태의 농가육묘방식에서 반자동화 단계를 거쳐 공동육묘나 육묘공장에서 묘를 구입하는 방식으로 전환하여 육묘작업에 필요한 노동력의 절감 내지는 육묘관리작업이 없는 시설농업으로의 전환이 바람직하다. 포장준비작업은 경운기나 관리기 등 소형 농기계 중심에서 트랙터와 관리기를 병용하는 중대형 농기계 중심으로 작업체계화 하는 것이 바람직하다.

시설채소의 이식은 노지재배용 채소이식기의 사용이 가능하도록 작부체계의 개선과 적응성 및 실용화 시험이 이루어져야 할 것이다. 재배관리작업은 환기, 물관리, 시비, 온도관리 등 인력의존형으로 개별자동화와 복합자동화 단계를 병행하여 발전시켜 나아가야 하며 경영규모가 작은 시설에는 인력 또는 개별 자동화를 추진하고 경영규모가 큰 시설에는 복합환경제어시스템을 도입하여 시설규모 중대에 따른 노동력의 수요증가를 감소시키는 방법이 필요하다.

시설내 수확작업의 보조수단은 인력4륜차, 배터리카, 콘베이어 시스템, 수로 운반 시스템 등이 있으며, 시설의 형태나 규모를 감안하여 인력4륜차는 딸기 및 엽채류 재배농가에 보급하고, 과채류나 화훼 농가에는 배터리카, 콘베이어 시스템을 보급하며, 특히 대단위 토마토 재배 시설에는 수로 운반 시설의 도입이 필요하다. 선별기계장치는 생산물의 품질을 다양화, 차별화하는 측면과 수출농업으로 육성하기 위한 측면에서 중량, 색채, 형상 등 수요자의 기호에 부응할 수 있도록 다양한 선별기계 및 장치의 개발과 보급이 촉진되어야 할 것이다.

(2) 기계화·자동화 모델에 필요한 기계 및 장치

시설원예의 기계화·자동화 모델에 필요한 기계 및 장치는 자동파종시스템, 각 작업에 적합한 트랙터 및 관리기의 부속작업기, 자동채소이식기, 자동관수시설, 무인 또는 원격조정 방제시스템, 다목적 작업용 이동작업대 및 궤도레일시스템, 복합환경제어시스템, 자동선별기, 자동결속기 등이 제시되었다.

다. 오이 유인장치 개발 방안

본 연구에서는 시설오이의 작업단계 중에서 유인작업을 대상으로 기초실험자료를 통하여 기계화·자동화 방안을 검토해 보고자 하였다.

현재 오이재배시에 유인하는 방법으로는 실태조사 과정에서 극히 일부농가에서 사용하고 있는 1열 동시 줄내리기 방식을 발견할 수 있었는데, 1열 동시 유인장치에 의한 오이의 유인방법이 파이프를 감속회전시킬 수 있는 기계장치 개발과 오이의 생리적인 문제에 관한 연구가 뒷받침된다면 자동화 가능성이 있을 것으로 판단하여 기초적인 검토를 실시하였다.

(1) 1열 동시 유인장치에 걸리는 하중

1열 동시 유인장치에 걸리는 하중을 파악하기 위하여 스프링저울을 이용하여 수확직전에 오이의 주당 작물하중을 실측하였으며 그 결과는 2.0~2.24 kg으로 나타났다. 오이의 재식거리는 30~35cm 간격으로 길이 1m당 3주를 정식하는 것으로 하고, 1열 동시 유인장치의 길이를 50m로 하면 하나의 유인장치에는 150주의 오이를 유인하는 것이 되며, 1%의 위험율로 하중을 구하면 336kg이다.

(2) 유인 파이프의 소요단면 산정

1열 동시 유인장치의 파이프를 3m 간격으로 지지해 주는 것으로 하고 336kg의 하중을 등분포하중으로 가정하여 연속보로 해석하면 허용휨응력 1600kg/cm²의 G.I 파이프를 사용할 경우 소요 단면계수는 0.375 cm³가 필요하다. 따라서 파이프의 자중과 안전을 고려하여 $\phi 22$ mm 파이프(단면계수=0.433cm³)를 사용하면 가능할 것으로 판단된다.

(3) 유인장치의 토크

22mm 파이프를 사용하고 336kg의 하중이 파이프를 회전시키려는 힘으로 작용하므로 유인장치에 걸리는 토크는 약 370kg·cm이다. 이것은 권취식 창개폐장치에 걸리는 토크 100~420kg·cm와 비슷한 값이다.

(4) 유인장치의 자동화 방안

오이 넝쿨을 급속히 내리는 것은 생육에 좋지 않으므로 일정한 간격으로 한번씩 내려주는 것보다는 오이의 성장속도에 맞추어 서서히 내려줄 수 있는 방법을 사용하는 것이 좋을 것으로 생각한다. 자동화 방법으로는 톱니장치 등의 기계장치에 의하여 파이프 회전을 방지하고, 오이의 성장속도에 맞추어 감속회전시키면서 오이의 넝쿨을 서서히 내려주는 방법이 가능할 것으로 판단되며, 회전속도의 조절은 생장모델에 의한 방법, 육안 관측에 의한 스위치 조작, 생체계측에 의한 방법 등을 구상해 볼 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 시설원에 재배농가의 작업별 기계화·자동화에 대한 작업실태를 조사 분석하고 그 결과를 근거로 하여 파종에서부터 수확 및 선별 포장작업까지 일관작업의 기계화·자동화 모델을 제시하였고 이에 필요한 기계 및 장치를 밝혔으며 오이 유인작업에 필요한 기초자료를 실측검토하여 오이 유인장치의 자동화 방안을 제시하였다.

가. 온풍난방기를 사용하는 농가는 52.5%이고 측면 권취식으로 환기하는 농가 80.0%, 자동환기장치를 갖춘 농가 20.0%로 나타났다. 관수방법으로는 다공호스 50.0%, 점적관수 42.5%, 기타

7.5%의 순으로 나타났다.

나. 조사대상 농가의 농기계 보유율은 경운기와 병충해방제기 100% 이상, 트랙터 60.0%, 관리기 50.0%, 일륜차 32.5%, 선별기 15.0%, 포장·결속기 7.5%로 나타났으며, 선별기, 포장·결속기와 연무기, 무인방제시스템 등의 보유율은 저조하였다.

다. 경운·정지작업은 트랙터와 관리기를 병용하는 중대형농기계 중심으로 이루어지고 있었으며, 병충해 방제작업, 관수, 온도관리 및 환기 작업 등은 기계화, 장치화 되어 있으나 이식작업, 유인작업, 적심·적아, 수확작업 등은 인력에 의존하고 있는 것으로 나타났다.

라. 국내의 생력, 자동화 장치 개발 현황은 궤도레일 시스템, 상온 연무기, 로봇트 무인방제기, 컴퓨터 무인 방제시스템, 자동파종시스템, 복합환경제어시스템, 과채류의 선별기 등이 있다.

마. 시설원예재배에서 가장 힘든 작업이면서 기계화·자동화가 절실히 요구되는 작업은 유인작업, 병충해방제, 선별 및 포장, 수확 및 운반, 퇴비살포 등으로 나타났다.

바. 시설원예의 공통 작업단계별 기계화·자동화 목표를 설정하고 이를 근거로 기계화·자동화 기초모델을 제시하였으며 이에 필요한 기계 및 장치를 밝혔다.

사. 오이 유인장치의 개발에 필요한 기초자료를 실측 검토한 결과 오이 1 주당 2.24kg(1% 위험율)로 50m 1열당 150주를 재식하였을 때 1열당 유인 하중은 336kg이며 $\phi 22\text{mm}$ 유인 파이프가 가능하고 약 370kg-cm의 토크가 걸린다.

5. 참고문헌

1. 강정일. 1991. 국제화에 대비한 농업기계화의 방향 (전작 및 시설원예를 중심으로). “전작·시설원예의 기계화 현황 및 추진방향” 한일공동 심포지움 발표문. 한국농업기계학회.
2. 류관희. 1993. 생력화와 경쟁력 제고를 위한 시설원예의 자동화 방향. “국내 시설원예산업 발전을 위한 심포지움” 발표문. 서울대학교 농업개발연구소.
3. 박상근. 1988. 우리나라 시설원예의 현황과 문제점(채소). 시설원예연구 1(1) : 3~11.
4. 박상근. 1991. 시설원예의 전망과 시설의 기계화. “전작·시설원예의 기계화 현황 및 추진방향” 한일공동 심포지움 발표문. 한국농업기계학회.
5. 박판규. 1994. 우리나라 시설원예의 기계화 발전 방향. 원예작물의 재배 및 생산의 생력화를 위한 장치개발에 관한 심포지움 발표문. 한국시설원예연구회.
6. 송현갑 외 5인. 1993. 시설원예 자동화 - 기초와 응용 -, 문운당.
7. 이기명. 1994. 시설원예 자동화 방향. 한국첨단농업시설 협의회 특별강연 자료집.
8. 전희 외 6인. 1994. 시설오이 품종간 유인방법 차이가 물질생산에 미치는 영향. 한국생물생산 시설환경학회지 3(1) : 20~27.
9. Ting, K.C. 1992. Mechanization, Automation, & Computerization for Greenhouse Production Vol.2(1). HortTechnology. U.S.A.