

농업기계 분야의 신기술 개발과 전망

류관희*, 노상하*, 고학균*, 이기명**, 이승규***

1. 서론

WTO 체제의 출범에 따라 농산물의 수입제한이 사실상 철폐됨에 따라 가장 발달된 과학기술에 의해 최소의 비용으로 고품질의 농산물을 생산할 수 있는 생산자만이 생존할 수 있는 환경이 되었다. 소위 3D 작업의 기피현상이 만연되면서 농업기계는 단지 기계화만을 위한 기계가 아니라, 작업자의 안전, 안락 및 편의성을 향상시킬 수 있는 기계의 요구도가 증대되고 있다. 그동안 기계적 수단으로 농업의 생산성을 향상시킬 수 없을 때 비료, 농약, 제초제 등의 화학재료는 생산성을 향상시키는 데 크게 기여하였다. 그러나, 환경에 대한 관심이 고조되면서 화학 비료와 제초제의 사용은 제한되고 있으며, 화학 비료의 지표수로의 유출과 지하수로의 침투는 더욱 주의 깊게 감시되고 규제되고 있어 화학 비료와 농약 사용량을 최소화할 수 있는 기계의 개발이 중시되고 있다. 그동안 우리나라의 농업기계화는 인력과 축력에 의한 농작업을 단지 동력 기계로 대체하는 수준에 머물러 왔을뿐만 아니라, 영농규모의 영세성에 의해 그나마도 보행형의 소형 기계에 의한 기계화를 증대하는 수준이었다고 말할 수 있다. 그러나, 21세기 초 선진국 진입을 국가 목표로 삼고 있는 점에 비추어, 우리나라 농업이 지속되기 위해서는 토지이용형 농업은 규모화와 함께 승용의 중대형 기계에 의한 기계화로, 그리고 시설농업은 기술집약적인 자동화로 발전되어야 한다. 또한, 농업의 기계화는 작업능률에 의한 생산비 절감뿐만 아니라, 환경오

염을 최소화하고 작업자의 안전과 편의성을 향상시킬 수 있는 방향으로 발전되지 않으면 안된다. 즉, 앞으로의 농업의 기계화는 양적 개선보다는 질적 개선에 중점을 두지 않으면 안된다.

이러한 관점에서 농업의 기계화를 질적으로 개선시킬 수 있는 농업기계 분야의 신기술과 개발 전망을 고찰하고자 한다.

2. 농업기계 분야의 신기술 개발의 필요성

가. 기계의 지능화 및 무인 자동화

환경오염에 대한 관심과 제어기술의 발달 및 자동화는 농업을 정보화 시대로 유도하고 있다. 즉, 새로운 기술은 생산 농업의 성격을 변화시키고 있다. 예를 들면, 전체 포장에 제초제를 살포하는 대신에 최신의 센서와 자동제어 기술을 응용하면 개개의 잡초에만 약제를 선택적으로 살포할 수 있어 농산물과 환경에 주는 영향을 최소화할 수 있다. 비료의 경우에도 전체 포장에 균등하게 살포하는 것보다 작물의 밀도, 토양 유기물의 양과 다른 영양소의 양을 센서로 감지하고 인공지능에 의해 살포량을 자동제어함으로써 비료에 의한 수질오염을 최소화할 수 있다. 또한 농촌 노동력의 감소, 그리고 어렵고, 힘들고, 더러운 작업을 기피하는, 즉 3D기피현상으로 인하여 운전조작이 용이하고 편안한 기계, 그리고 무선조종 또는 무인화 운전이 가능한 기계의 개발이 중요한 과제로 대두되고 있다.

* 서울대학교 농공학과, ** 경북대학교 농업기계공학과, *** 경상대학교 농업기계공학과

나. 처방 농업 또는 정밀농업

處方農業(Prescription farming) 또는 精密農業(Precision farming)은 포장내의 특정위치의 토양 또는 작물의 상태 데이터를 정보로 사용함으로써 특정 위치에 살포할 비료 또는 살충제의 양을 정확하게 조절할 수 있다. 처방농업의 장점을 살리기 위해서는 토양의 유형 및 비옥도, 수량목표 등과 같은 데이터가 포장의 위치와 함께 저장되어야 한다. 포장기계는 포장 내에서 자신의 위치를 인식하지 않으면 안되고, 필요할 때 살포량을 변화시킬 수 있는 자동제어 시스템을 갖추지 않으면 안된다. 地理情報시스템(GIS, geographical information system)은 이러한 공간 정보를 저장하는데 이상적인 방법이며, 地球位置測定시스템(GPS, global positioning system)은 포장 내의 현재 위치를 인식하는데 이상적인 방법이다.

다. 통합기술과 의사결정

앞에서 언급한 지능기계는 어디에 얼마만한 농약 또는 비료를 살포할 것인가에는 도움을 줄 수 있으나 작물 생장기간 동안 언제 약제 또는 비료를 살포할 것인가라는 의사결정이 여전히 문제가 된다. 자신과 다른 농민의 조언을 바탕으로 주관적인 결정을 내리기보다는 작물생육과 날씨에 대한 정보와 전문가들의 판단에 근거하여 합리적인 결정을 내리는 것이 바람직할 것이다. 예를 들면, 시설원에 또는 식물공장에서는 작물의 생육환경 및 생육 상태를 계측하여 어떻게 환경 조건을 설정하여 제어하고, 양액을 조제하여 공급하며, 또 병충해를 진단하여 약제를 살포할 것인가 하는 의사결정을 내리는 것이 중요한 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 작물생장모델과 전문가시스템을 통합하는 기술이 필요하다.

2. 농업기계 분야의 신기술

가. 농산물의 비파괴 품질 계측기술

(1) 정의

농산물의 품질은 상품가치의 척도로서 외관적 품위(외관적 품질이라고도 함)와 내부 품질로 구분된다. 외관적 품위를 나타내는 인자에는 크기, 무게, 모양, 색깔, 표면상태 등이 있으며, 내부품질을 나타내는 인자에는 화학적 성분, 속도, 경도, 당도, 내부구조 등 여러가지가 있다. 농산물의 비파괴 품질 계측기술은 대상물체의 특성이나 형태를 변화시키지 않고 측정하는 기술이다. 또한 비파괴적 계측 방법은 대상물의 표면에 접촉하지 않고 계측하는 비파괴 비접촉 계측법과 표면의 접촉을 통하여 측정하는 비파괴 접촉 계측법으로 구분하기도 한다.

(2) 필요성

농산물의 등급을 결정하기 위해 농산물의 품위 및 내부 품질인자를 신속히 측정할 수 있는 측정기의 개발은 농산물의 제값받기를 통한 농가소득의 증대와 농산물의 품질향상에 필요하다. 또한 농용 로봇에 의한 농산물의 선택 수확이나 등급선별을 자동화하기 위해서는 농산물의 품위 및 품질인자를 實時間, 비파괴적으로 계측하는 기술이 필수적이다.

농산물의 품위 및 내부 품질 인자는 농산물의 종류에 따라 차이가 있으며 등급규격은 나라마다 차이가 있다. 예를 들어, 사과의 등급 결정에 채택하고 있는 품위 및 품질인자는 다음과 같다.

한국 : 무게, 크기의 균일도, 색깔, 결점 등

일본 : 우리나라와 유사하지만 품위기준이 수치화되고 세분화되어 있음

미국 : 무게, 모양, 색깔, 결점, 성숙도, 경도, 내부부패, 내부갈변 등

(3) 요소기술

농산물의 품질인자에 대한 비파괴적 계측기술의 요소기술은 센서 기술, 아날로그 및 디지털 신호처리 기술, 컴퓨터에 의한 데이터 수집 및 분

농업기계 분야의 신기술 개발과 전망

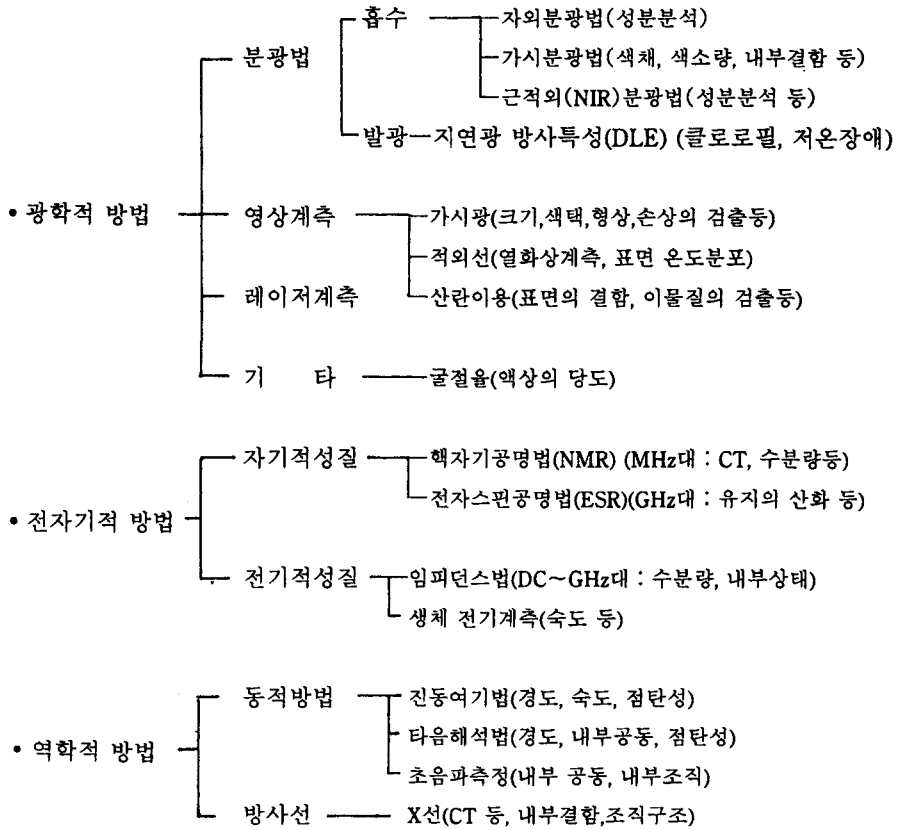


그림 1. 농산물의 비파괴 계측 방법.

석 기술 등이 있다. 이 중 센서 기술이 가장 핵심적인 기술이며, 이를 측정원리에 따라 분류하면 다음과 같이 광학적 방법, 전자기적 방법 및 역학적 방법이 있다.

나. 비파괴 생체 계측 기술

(1) 정의

농업 분야에서의 비파괴 생체계측이란 식물의 생육상태(생장반응 및 성장량), 가축의 건강 및 육질의 상태 등을 비파괴적으로 그리고 온라인으로 측정하는 기술을 말한다.

(2) 필요성

농촌인구의 감소와 3D작업의 기피 현상에 따른 농촌노동력의 부족 현상, 그리고 WTO체제의

출범에 따른 전면적인 농산물 수입개방에 대처하기 위해서는 고품질의 농산물을 저비용으로 생산하는 일이 무엇보다 시급하다. 이를 위한 한 가지 방안은 농산물 및 축산물의 생산에서 작업을 기계화 또는 자동화하여 생산성을 증대하고 노동력을 절감하는 것이다. 동식물의 생체정보 계측은 영양 진단, 생물생산 시설의 환경제어, 농업용 로봇의 개발 등 기계의 무인화와 무인 생산관리 등 농업자동화에 필수적인 기술이다.

(3) 요소 기술

생체계측 기술의 요소기술로서는 센서 기술, 아날로그 및 디지털 신호처리 기술, 통신 기술, 컴퓨터에 의한 데이터 수집 및 분석 기술 등이 있다. 이 중 센서 기술이 가장 핵심적인 기술이

다.

주요 생체정보의 종류와 그 측정원리는 표 1과 같다.

표 1. 생체정보와 측정원리

생체 정보	측 정 원 리
잎의 온도	미소 열전쌍, 원격외선 센서
잎의 온도분포	열선 카메라
잎의 활성도	빛의 반사 스펙트럼
줄기 직경	차동변압기(LVDT)
生體 轉流	전극 및 증폭기
氣孔 開度	활상소자(CCD) 카메라에 의한 화상처리
수목의 연륜	X선 단층화상 계측
가축 육질(지방질)	초음파 단층화상 계측
수분, 당도 등	核磁氣 共鳴 단층화상 계측

다. 농업기계의 자율주행 기술

(1) 정의

농용 기계의 자율주행이란 원격조종에 의한 단순한 무인운전의 단계를 뛰어 넘는, 즉 운전자가 전연 필요 없이 스스로 판단하여 주행하는 것을 말한다.

(2) 필요성

포장이나 시설에서 사용되는 대부분의 농업기계 또는 장치는 이동하면서 작업하는 것이 일반적이다. 만일 기계가 스스로 주행할 수 있다면 작업자는 이식, 수확 등 작업에 전념할 수 있어 작업능률을 높일 수 있다. 또 온실에서 살수기를 사용하여 관수 또는 방제를 하는 경우 살수기를 자동 주행시키면 무인운전이 가능하게 된다. 또 밀폐된 온실 내에서 약제를 살포하는 경우 방제기를 자율주행시키면 약제살포의 위험성으로부터 탈피할 수 있다.

(3) 요소기술

농업기계의 자율주행을 실현하기 위해 요구되는 기술은 다음과 같다.

- 자율주행에 적합한 주행장치 및 조향법

- 차량의 자기위치나 차량방위의 검출 기술
- 자율주행에 적합한 작업범위나 숙련된 운전자의 운전기술을 입력한 소프트웨어 개발 기술
- 장애물 회피기구, 고장경보기구 등 위험방지 기술

이상의 여러 가지 요소 기술 가운데 가장 핵심적인 기술은 자기위치 검출이며, 농업기계의 자율주행을 위한 자기위치 검출 방식은 표 2와 같이 여러 가지가 있다.

표 2. 자율주행을 위한 자기 위치 검출 방식의 분류

경로의 형식	경로 또는 센서 형식	정보 또는 수단	
固定 經路	軌道	광, 자기, 초음파	
	連續 標識	광, 자기, 전파, 초음파	
自由 經路	內界 情報	가속도(관성방법)	gyro, 자기, 전파, 초음파
		속도+방위	속도계(거리계), 방위계
		GPS	인공위성의 전파 수신
	外界 情報	화상	화상 인식 장치
		음	초음파
		촉각	접촉 센서
	外部 標識	각도	광, 전파, 자기, 초음파
거리		광, 전파, 초음파	

(4) 자율주행방법의 분류

농업기계의 자율주행방법은 작업의 성격이나 기술발전 단계에 따라 다음 3가지로 구분된다.

㉠ 직진의 자율화 : 새머리의 선회를 제외한 직진 주행 부분에서만 자율주행을 할 수 있다면 운전자는 아직 자동화되지 않은 작업부분의 조작, 예를 들면 이앙기의 모 보급 등과 같은 작업에 전념할 수 있어 작업보조자가 불필요하게 된다. 자탈형 콤바인의 자동조향 기능은 이 경우에 해당하며 운전자의 부담 경감 효과가 있다.

㉡ 동반 주행차량의 자율화 : 목초 수확 등 복수의 기계가 병진하는 작업에 있어서 동반주행차의 운전을 무인화하면 운전자 1명을 줄일 수 있다. 이렇게 함으로써 정지와 파종 등 별도의 작업을 동시에 수행할 수 있다.

㉔ 완전 자율주행 : 한 구획의 포장작업을 운전자 없이 스스로 수행할 수 있도록 완전 무인화하는 것으로, 이 경우에는 한 사람이 다수의 기계를 동시에 조작하는 것도 가능하다.

라. 농작업의 로봇화 기술

(1) 정의

농작업의 로봇화 기술이란 지각 기능과 핸드를 가진 농용 로봇을 개발하는 기술을 말한다. 여기서 농용 로봇이란 엔드 이펙터(end-effector)와 프로그램을 바꿈으로써 여러 가지 농작업을 할 수 있고, 또한 작물의 종류나 환경의 변화에 적응할 수 있도록 촉각, 시각 등의 센서와 컴퓨터 연산 방식에 의한 인공지능을 갖춘 새로운 방식의 무인화 기계를 말한다.

(2) 필요성

과채류의 수확과 같이 아직도 많은 종류의 농작업은 수작업으로 이루어지고 있을 뿐만 아니라, 야외 포장 또는 밀폐된 온실 등과 같이 작업 환경이 나쁜 조건에서 장시간 노동을 요구하므로 기피 대상이 되고 있어 기계화 또는 자동화가 요구되고 있다. 그러나, 이들 농작업은 예민한 판단 능력과 정교한 동작을 요구하고 있어 인간과 유사한 기능을 가진 로봇을 필요로 한다.

(3) 요소 기술

농용 로봇은 주행장치(포장용인 경우), 머니플레이터, 엔드 이펙터, 제어장치 등으로 구성되며, 이 중 농용 로봇의 핵심기술은 센서 기술과 엔드 이펙터의 설계 및 제어 기술이다.

(4) 농용 로봇의 분류

농용 로봇은 응용 대상에 따라 다시 다음과 같이 분류된다.

㉑ 자율주행 로봇 : 고정경로 또는 자유경로를 따라 주행하면서 농작업을 수행하는 로봇을 말한다. 이 로봇이 기존의 자주식 기계와 다른 점은 인식기능과 판단 능력을 가지고 있고 머니

플레이터에 의해 농작업을 한다는 점이라 말할 수 있다. 이 로봇은 자율적으로 이동하면서 토양, 작물, 과실 등을 인식하여 경운 파종, 제초, 수확 등의 작업을 수행하며, 개별적, 선택적인 작업이 가능하여 작업정도를 크게 향상시킬 수 있다. 고정경로를 주행하는 로봇은 자유경로 주행의 어려움을 극복할 수 있어 시도되고 있는 것으로서, 포장용으로는 갠트리 시스템(gantry system)과 광폭 프레임 차량(wide-frame vehicle) 등 두 가지 방식이 있다.

㉒ 정치식 로봇 : 정치된 상태에서 농작업을 수행하는 로봇으로써 시설원예나 식물공장에서의 파종, 이식, 솟기, 수확 등의 작업, 축산에서의 가축의 급이, 착유, 분뇨처리, 양털 깎기 등의 농작업, 농산가공 공장에서의 선별, 조제가공, 포장, 착유, 양모깎기 등의 농작업을 수행하는 로봇을 말한다. 정치식이어서 공업용 로봇과 크게 다를 바 없으나, 작업대상이 작물, 농산물, 또는 가축 등이어서 높은 정확도의 인식 기능이 필요하고 손상되기 쉬운 대상을 취급하는 점이 다르다.

조직배양에 의한 종묘 생산에서 대량 생산과 생력화를 위해 사용되는 로봇으로서 캘러스(callus)의 분할 및 취급, 배양, 이식 등의 정교한 작업을 수행하는 로봇도 정치식 로봇의 일종이다. 생물공학 분야에서의 작업의 특징은 미세하고 손상되기 쉬운 조직이나 幼植物을 無菌的으로 유연하게 취급하지 않으면 안된다. 캘러스, 원피체(PLB : protocorm like body) 혹은 苗條基原(shoot primordium) 등의 대량 증식을 위한 배양조직의 繼代培養(subculture) 단계에 있어서 접종 작업을 자동적으로 행하는 데는 식물조직 접종 로봇이 효율적이다.

마. 농업정보처리 기술

(1) 정의

농업정보처리 기술이란 작물과 환경, 그리고 기계에 관한 여러 가지 정보를 농업기계 및 설비에 이용할 있는 형태의 정보로 처리하는 것으

로서, 기계의 지능화와 농업생산의 자동화에 필수적인 인공지능(artificial intelligence)의 요체이다.

(2) 필요성

농업기계의 지능화와 농용 로봇을 개발하기 위해서는 많은 양의 정보를 필요로 한다. 특히 온실의 생육환경관리와 같이 온실 내외의 기후 환경에 대한 정보는 물론 작물의 재배 및 생육에 대한 정보 등 수 많은 정보를 이용하여 어떤 결정을 내리기가 아주 곤란하게 된다. 개체의 변이가 많고 환경의 변화에 영향을 많이 받는 농업기계의 경우에는 불확실한 정보를 유용한 정보로 처리하지 않으면 아무런 쓸모가 없게 된다.

(3) 요소 기술

농업정보처리의 핵심적인 첨단 요소 기술은 신경망(neural network), 퍼지(fuzzy), 유전적 알고리즘(genetic algorithm) 등의 기술이 있다.

(가) 신경망 기술

신경망 또는 신경회로망(neural network)이란 생명체의 신경조직인 신경세포(neuron)에서 착안하여 모델화한 정보처리 시스템으로 단순한 소자들의 병렬, 분산 연결구조를 가지고 있으며, 외부로부터 받아들이는 입력에 의해 동적반응을 일으킴으로써 필요한 출력을 생성시키는 것이다. 신경망 기술은 지능 기계의 제어기, 농산물 선별 시스템의 형태 인식 및 판정, 전문가 시스템 등에 널리 이용되고 있다.

(나) 퍼지 기술

퍼지(fuzzy)는 사전적 의미로서 “애매모호한”이란 뜻을 가지고 있다. 퍼지 제어에서는 “크다”, “빠르다” 처럼 주관적인 판단이 결합된 모호한 정보를 다룬다.

퍼지 기술의 응용분야로서 가장 먼저 성공을 거둔 분야는 퍼지 제어로서, 이를 퍼지논리제어(fuzzy logic control)라고도 하는데, 이는 조작자

의 지식과 경험에 기초한 애매성을 포함하는 제어 지식을 언어적 제어 규칙인 if A - then B 형식의 제어 규칙으로 표현하여 퍼지 추론을 이용하여 컴퓨터가 실행하도록 한 것이다.

퍼지 제어기는

첫째, 퍼지화(fuzzification) 단계

둘째, 지식 베이스(knowledge base) 구성단계

셋째, 퍼지추론(fuzzy inference) 단계

넷째, 비퍼지화(defuzzification)로 구성되어 있다.

즉, 관측된 값을 퍼지 집합으로 만들어 주는 퍼지화를 하고, 지식 베이스를 이용하여 추론한 후 퍼지 집합으로 얻은 결과를 하나의 값으로 계산하는 비퍼지화 과정을 거친다.

농업기계가 대상으로 하는 토양이나 작물에 관한 정보는 대부분 명확하지 못한 경우가 많기 때문에 퍼지 제어를 이용하는 것이 유리한 경우가 많다.

퍼지 기술은 전문가시스템에도 이용되고 있다. 인간 전문가는 상황이 불확실하고 애매한 경우에도 감각적으로 적절히 판단하는 능력이 있는 것과는 달리, 일반적인 전문가시스템은 애매한 상황을 처리하는 능력이 취약하다. 이러한 문제점은 전문가시스템의 사실과 규칙내에 애매함을 퍼지 집합으로 처리하여 추론하면 인간 전문가의 결론에 접근하도록 만들 수 있다.

(다) 유전적 알고리즘

조합 최적화 문제의 해결방법에 관한 신기술로서 생물의 진화과정을 모방한 것이다. 공장의 생산 계획이나 인쇄기관(PCB) 위의 부품의 최적 배치와 같이 너무 많은 조합이 생길 우려가 있는 문제에 있어서 최적해를 구하는 경우에 위력을 발휘한다.

농업기계 분야에서는 자유경로의 자율주행의 최적 제어, 과실 저장의 상대습도 설정 등에 이용되고 있다.

3. 농업기계 분야의 신기술 개발 동향

가. 농산물의 비파괴 품질 계측

전자산업의 발달과 함께 농산물의 비파괴 품질평가 기술은 급속도로 발전하고 있다. 예를 들면, 과일선별의 경우 몇년 전까지만 해도 전자식 선별기에 의한 중량선별 및 육안에 의한 색깔 선별이 보편적인 방법이었으나, 최근에는 영상처리에 의한 색깔 및 형상선별이 실용화되기 시작하였다. 나아가서 복숭아와 사과 등의 경우 근적외선(NIR)을 이용한 당도의 실시간 온라인 선별 장치도 일본에서 개발되어 보급되기 시작하였으며, 선별 정밀도를 향상시키기 위한 연구가 계속되고 있다.

미국의 UC, Daivis 농공학과에서는 레이저를 이용한 과실류의 명, 병반점 등 표면상처를 판정하는 장치개발, 의료용으로 사용하는 CT를 이용하여 농산물 및 식품류의 내부구조 판정장치를 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다.

곡류의 경우 변색립을 선별하는 색채선별기가 미국, 일본 등 선진국에서는 보편화 되어 있으며, 최근에는 근적외선을 이용하는 쌀의 식미를 측정하는 장치의 개발에 관한 연구가 진행되고 있다.

화훼류의 경우 영상처리를 이용한 자동 등급 판정장치가 개발되고 있다.

축산물의 경우 NIR, NMR, 초음파 등을 이용한 육질판정, 영상처리 및 NIR을 이용한 계란의 무정란 선별, 닭고기 세균 감염 판정, 우유의 전기전도도를 이용한 온라인 유방염 진단 등에 관한 연구가 수행되고 있다.

나. 비파괴 생체계측 기술

시설원에 재배 기술이 더욱 발전되어 光을 비롯한 모든 작물의 생육환경을 인공적으로 제어하고 공장적인 생산 방식에 의하여 작물을 재배하는 植物工場이 미국, 일본 등 선진국에서 이미 실용화되고 있다. 현재 선진국에서 이용되고 있

는 인공조명을 사용하는 식물공장에서는 환경제어용 하드웨어는 이미 개발되어 있어 거의 모든 환경을 인공적으로 설정할 수 있다. 이들 시설에서는 상당히 높은 정확도의 환경제어가 가능하므로 새로운 재배 소프트웨어를 개발하여 작물 생육을 제어하면 고품질의 농산물을 생산하고 투자 효율을 개선할 수 있다. 그러나, 현재로서는 고도로 발달한 생육환경 제어장치의 하드웨어를 효율적으로 사용하기 위한 고기능의 소프트웨어가 없기 때문에 현대식 유리온실이나 식물공장에서는 생산자의 경험과 지식을 바탕으로 작물의 종류와 생육단계별로 생육조건을 입력하여 설정하는 방식을 이용하여 생육환경 제어장치를 운용하고 있다.

작물의 최적 생육환경은 생육단계나 작물의 환경요인에 따라 달라 그 조합이 수없이 많기 때문에 종래의 방법으로는 작물의 생육환경을 구명하는 것이 매우 곤란한 일이다. 즉, 환경정보에 비하여 살아있는 작물의 생장반응 및 생장량에 대한 정보(이를 生體情報라 함)의 계측이 곤란하기 때문에 작물의 생육조사는 수작업에 의존하고 있는데, 이와 같은 파괴적인 측정조사 방법은 생육단계마다 여러 개의 작물을 필요로 하며 측정오차를 줄이기 위해서는 더 많은 측정 개체가 요구된다. 따라서, 재배 및 조사 장소, 노력의 제약을 받을 뿐만 아니라 실제 측정조사 간격이 수일에서 수주일씩 되므로 환경요인의 수많은 조합을 처리한다는 것은 현실적으로 불가능하였다. 그리고, 디지털 계측기술의 발달에 따라 필요한 환경정보를 수초 단위로 수집할 수 있게 됨으로써 환경정보와 생체정보의 수집 속도에는 큰 격차가 생기게 되었다. 그런데, 최근에 이르러 네덜란드, 이스라엘, 일본 등 선진국에서는 급속히 발전되고 있는 고기능 센서와 컴퓨터 기술을 활용하여 생체정보를 비파괴적으로 신속히 측정하여 작물의 생육상태나 생장량을 신속, 정확하게 판단하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있고, 일부는 이미 생육환경 제어장치에 결합되어 실용화되고 있다. 그러나, 동식물의 생체계측은 환경변화에 따른 미소한 생장반응 및 생

장량을 측정하여야 하므로 높은 정확도의 센서가 필요한데, 대부분의 경우 성장반응의 미세한 변화를 검출할 수 있는 센서가 거의 없으며, 있는 경우에도 파괴적인 방법이나 실시간 계측이 불가능한 경우가 많다. 그리고 실시간 계측이 가능한 계측기의 경우에는 가격이 너무 비싸서 이를 자동제어장치에 이용하는 것이 경제적으로 타당성이 없는 경우가 많다. 따라서 기존의 원리가 아닌 새로운 원리 및 기술에 의해 동식물의 성장반응 또는 성장량을 측정하는 센서를 개발하여야 한다.

다. 농업기계의 자율주행 기술

㉠ 고정경로 방식 : 미리 작업기가 설정된 코스 위를 이동할 수 있도록 레도나 경로 표지 등을 부설하여 두는 경우를 말한다. 이 방식은 위치 결정 精度, 기술의 완성도 면에서는 우수하지만 차량의 이동 범위나 경로가 한정되어 있고, 레도 등 시설의 설치에 경비가 소요되는 문제점이 있어 첨단 원예시설에서 국한적으로 이용되고 있다.

노지에서는 포장내에 매설한 케이블에 전류를 흘려 만들어지는 磁界에 의하여 과수원용 스피드 스프레이어를 유도하는 유도케이블 방식이 이용되고 있다.

㉡ 内界情報 방식 : 기준점으로부터 거리와 방위가 주어지면 자기위치를 알 수 있는 원리를 이용한 방식이다. 内界만의 정보로부터 자기위치와 방향을 알 수 있다면 포장에 특별한 시설을 설치할 필요가 없다. 가장 간단한 방법은 차륜의 회전수로부터 이동거리를 좌우 차륜의 회전차로부터 방위의 변화를 산출하는 방법이 있다. 그러나, 차륜의 슬립이 있으면 오차가 발생하며 특히 방위에 영향을 많이 준다. 따라서 차륜의 슬립을 피할 수 없는 농업기계 분야에서는 다른 방법으로 거리와 방위를 계측하지 않는 한 실용화는 거의 불가능하다.

방위 센서에는 자이로(gyro) 센서를 많이 사용하는 데 누적오차가 비교적 큰 것이 문제이며,

장시간 연속작업을 행하는 농업기계에는 특히 문제가 있다. 누적오차가 없는 방위 센서로는 자이로 컴퍼스나 地磁氣 방위센서가 있는데 전자는 아주 정밀한 기계이기 때문에 고가이다.

그외 内界정보에 의한 방법으로서 항공기에 사용하고 있는 관성항법이 있다. 이것은 3차원으로 배치한 가속도계의 출력을 두 번 적분하여 3축 방향의 이동거리를 구하여 위치를 검출하는 것인데, 센서의 출력에 표류(drift)가 생겨 오차가 누적되는 문제가 있으며 농업용으로는 精度면과 가격면에서 모두 문제가 있다.

최신의 내계정보를 이용한 자기위치 검출 방식에는 지구위치측정시스템이라 불리는 GPS(global positioning system)가 있다. GPS는 미국 국방성에서 배치한 24개의 위성(21개는 작동, 3개는 예비)과의 통신망을 이용하여 지구상의 어디에서든 하루 24시간동안 위치를 찾아낼 수 있다. 전형적인 GPS는 경도와 위도 정보만 뿐만 아니라 고도와 속도까지도 제공해 준다. 항공기와 선박에서는 이미 수년간 GPS를 운항에 이용하여 왔다. GPS는 자동운항장치와 결합되어 기지로 돌아오는 항로를 찾아낼 수 있고 미리 프로그래밍된 수백 개의 비행장 중 하나로 운항할 수 있게 해준다. GPS 수신기와 도로망이 입력된 CD-ROM을 갖춘 자동차도 현재 시판되고 있다. 최근까지 GPS의 사용은 15 m 내외의 오차로 인하여 사용이 제한되어 선박과 항공기에서는 충분히 유용하지만 작은 포장에서 작업하는 농업기계에는 유용하지 못하였다. 그러나, 여러 개의 기준 위치를 가진 差分 GPS(differential GPS)의 개발로 샘플링 시간이 길다면 1m의 정확도가 가능하다. 실시간 계측이 필요하지 않다면 현재의 차분 GPS는 1cm내외의 정확도를 가지고 있다. 대부분의 GPS가 경로를 따라 수백 개의 점들을 저장함으로써 복수의 통로를 만들 수 있기 때문에 앞으로 머지않아 GPS에 의한 자동 유도 시스템이 트랙터와 방제기를 운전하게 될 것으로 예측하고 있다.

㉢ 外界情報 방식 : 정보로서 作物列, 作業跡 등을 이용하는 것이며, 고정경로 방식과 비슷하

지만 고정적인 케이블 등의 설비를 하지 않는 점이 다르다.

실용화된 것으로는 예취전의 벼 그루 줄을 접촉 센서로 검출하는 콤바인의 자동 조향장치가 있으며, 연구사례로는 초음파 센서에 의한 畦間 무인주행 관리기가 있다.

前作業跡을 추종하는 한 예로서는 플라우경의 고랑을 광전소자로 검출하여 추종하는 트랙터의 개발이 있다.

영상처리(시각)를 이용한 개발사례로서는 이미 예취한 부분과 아직 예취하지 않은 부분의 경계를 TV 카메라로 촬영하여 영상처리에 의하여 추종하는 잔디깎기 로봇이 있다.

이상의 방법은 직진은 별 문제가 없으나 回行에 어려움이 있어 완전 자율주행을 하기 위해서는 다른 방법으로 자기위치를 검출하는 방법을 채택하는 것이 바람직하다.

또한 외계정보로서 영상처리를 사용하는 방법은 장래 유망한 방법이라고 생각되지만 아직까지 식별능력, 식별시간 등이 인간의 능력에 미치지 못하며, 연구 사례도 刈取跡의 판별 등 한정적인 것에 머물러 있고, 인간의 시각을 대체하는 단계에는 접근하지 못하고 있다.

㉔ 외부표지 방식: 차량의 위치를 검출하기 위해 포장 외곽에 설치한 標識에 光(레이저광 등), 전파, 음파(초음파 등)를 발사하여 반사되는 것을 계측하여 삼각측량의 원리를 이용하여 차량과 표지와의 거리나 각도를 계산하는 방식을 이용한 것이다. 신호원의 위치로서 분류하면 포장의 고정 위치로부터 신호를 보내는 경우, 차량으로부터 보내는 경우, 고정국과 차량과의 사이에 신호의 교신을 행하는 경우가 있다.

이 방식에서 光은 안개, 음파는 바람, 전파는 반사 등의 영향을 받아 신호의 교신에 지장을 주는 경우가 있지만, 작업의 종류나 포장의 조건에 상관 없이 범용적으로 위치검출이 가능한 방식으로서 농업분야에서도 많은 연구개발이 추진되고 있다.

음파를 매체로 하는 사례에는 엔진 소음을 음원으로서 이용하는 것이 있는데 다른 차량의 노

이즈나 음파의 도달성 면에 문제가 있다. 그 외 레이저빔을 사용한 광폭 프레임 차량(wide-frame vehicle)의 유도, 마이크로파에 의한 리모콘을 이용한 자주시각 경운 로봇 등이 있다.

라. 농작업의 로봇화 기술

농용 로봇의 응용 대상 및 작업은 표 3과 같이 매우 광범위하며, 현재 이들을 대상으로 많은 연구개발이 이루어지고 있다

표 3. 농용 로봇의 응용 분야

로봇 형식	/대상농업분야	대상 작업명
자율주행식	포장 작업	시비, 파종, 이식, 솟기, 제초, 방제, 수확
	시설원예, 식물공장	방제, 살수, 운반, 운반
	과수	전정, 과실 수확
	축산	분뇨처리, 급이
	농산물가공공장	운반
정치식	시설원예	점목, 보식, 채소 수확, 과일 수확
	축산	양털깎기, 착유
	조직배양	켈리스 분리, 취급, 배양모 이식

고정경로를 이용한 자율주행 로봇의 연구개발 사례는 갠트리 시스템(gantry system)과 광폭 프레임 차량(wide-frame vehicle)이 있다.

갠트리 시스템은 폭이 넓은 작업대차를 포장에 설치한 레일 위로 주행시키면서 컴퓨터에 의하여 작업대차의 위치를 제어하고, 대차에 부착된 작업기 또는 머니플레이터로써 농작업을 수행하는 것이다. 원래 갠트리 시스템은 기계가 주행하는 포장에 레일을 설치하여 농작업을 하는 거대한 자동화 기계이며, 농용 로봇에는 특히 유효하다고 판단되어 많은 연구개발이 이루어지고 있다.

광폭 프레임 차량은 갠트리 시스템과 작업방식은 동일하나 레일 등의 시설이 필요 없이 항상 같은 경로만을 따라 주행하도록 두둑 또는 고랑으로 유도하거나 지하에 매설한 전기 케이블 등으로 유도하는 특수 포장작업차를 말한다.

자유경로를 이용한 농용 로봇의 대표적인 연

구개발 사례는 1983년에 발표된 일본 京都大學의 川村 登 교수 팀이 연구개발한 토마토 수확 로봇이다. 이 로봇은 시각기능을 가진 지능 로봇으로 포장을 주행하며 익은 토마토의 위치를 인식하고 머니플레이터로 수확하는 것으로 주행은 배터리카를 이용하였다.

이밖에 지금까지의 대표적인 농용 로봇의 연구개발 사례는 미국 Auburn Univ.의 모종 이식 로봇, 프랑스 CEMAGREF의 사과 수확 로봇 및 포도 수확 로봇, Florida 대학교의 오렌지 수확 로봇, 미국 Rutgers 대학교의 모종 이식 로봇, 미국 퍼듀 대학교의 멜론 수확 로봇, 호주 Univ. of Western Australia 대학교의 양털 깎기 로봇, 일본 오카야마 대학의 오이 수확 로봇 및 포도 수확 로봇, 일본 시마네 대학의 방울토마토 수확 로봇 등이 있다.

현재 실용화되고 있는 대표적인 농용 로봇의 사례로는 미국의 Agrisystems社에서 개발한 조식배양용 로봇, 네덜란드에서 개발한 잣소의 착유 로봇 등이 있다.

국내에서도 최근에 이르러 농학계 대학에서 과실수확 로봇, 육묘이식 로봇, 채소 접목 로봇 등이 연구개발 중에 있다. 농용 로봇의 개발을 기초 연구 단계, 실용화 보급 단계로 나눌 때, 현재 선진국은 실용화 보급 단계이며, 우리나라는 아직 초보적인 기초 연구 단계에 있다고 볼 수 있다.

마. 농업정보처리 기술

농업정보처리 기술의 농업적 이용 분야는 표 4와 같이 매우 다양하다. 불명확한 많은 정보를 가지고 지능 농업기계 또는 농용 로봇이 목표한 대로 기능을 발휘하기 위한 신경망이나 퍼지를 이용한 제어기의 개발에 농업정보처리 기술이 응용되고 있다. 또한 첨단 온실내의 작물 생육환경을 최적 상태로 유지시키기 위해 인간 전문가를 대신할 전문가시스템(expert system)의 개발 연구이 이루어지고 있다.

표 4. 농업정보처리 기술의 농업적 이용

구 분	대 상	비 고
농업기계	지능 기계, 농용 로봇	측정 데이터를 유용한 정보로 처리
전문가 시스템	작물재배관리, 가축사양관리 농업기계 고장 진단 및 수리, 농업기계 교육	측정 데이터 및 전문가의 지식을 데이터 베이스화함

4. 농업분야의 신기술 개발과제와 전망

가. 신기술 개발과제

표 5. 농업기계 분야의 주요 신기술 개발 과제

개발대상	주요 기술	중점 기술 과제	기술 난이도		
			상	중	하
•농용 자율 주행 차량	•주행장치 및 조향 기술 •자기위치 및 검출 기술 •위험방지 (장애물회피) (GPS) 기술 •소프트웨어 기술	•자기위치 및 검출 기술 [고정경로 이용기술 -레이 -유도케이블]내계정보 이용기술 -자이로 콤팩스 -지구위치측정시스템 <외계정보 이용기술 -작물열 -작업흔적 -외부표지 이용기술 -레이저 -전파 -초음파			
•지능포장 기계	•센서 기술 •자기 위치 및 방위검출 기술 •소프트웨어 기술	•센서 기술 -작물 검출 -수량 계측 -도양 성분 계측 •소프트웨어 기술 -지리정보시스템 -전문가시스템 -작물생장모델			

표 5 (계속)

개발 대상	주요 기술	중점 기술 과제	기술 난이도		
			상	중	하
• 생물 생산 로봇 (농작업 및 조작배양)	• 작물특성 이용 기술 • 센서 기술 • 엔드이펙터 개발 기술 • 미니플레이터 개발 기술	• 센서 기술 • 시각 센서 -2차원 영상 -3차원 영상 • 촉각 센서 -접촉 검출 -잡는힘 검출 • 엔드이펙터 개발기술 -소재 이용기술 -기구 및 구동 기술 -제어기술			○ ○ ○ ○ ○ ○
• 작물 최적 생육 개발	• 작물 생체 정보 • 작물 생육모델 개발기술 • 소프트웨어 기술	• 작물 생체정보 계측 기술 [작물 체의 생체정보 계측기술 -엽온 -탄산가스 소비율 • 작물체내 생체정보 -수분 스트레스 -광합성 속도			○ ○ ○ ○
• 가축 개체 사양 관리 자동화 시스템	• 동물 생체 정보 계측 기술 • 동물 개체 인식기술 • 소프트웨어 개발기술	• 동물 생체정보 계측 기술 -체온 계측 -맥박 계측 -발정진단 임신진단 -유방염 진단 • 동물 개체인식 기술 무선 송수신 음성 인식			○ ○ ○ ○ ○ ○
• 비파괴 품질 관정 자동화 시스템	• 농산물 외부 품질 관정 기술 • 농축산물 내부품질 관정 기술	• 외부품질 관정 기술 -색깔 -형상 -표면 손상 • 내부 품질 관정 기술 -당도 -숙도 -산도 -지방함량 -맛			○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

처방 또는 정밀 농업에 필요한 포장 농업기계, 시설농업생산용 기계 및 설비, 농산가공 기계 및 설비의 지능화, 자동화, 무인화에 필요한 신기술 개발 과제와 기술의 난이도는 표 5와 같다.

나. 신기술 개발의 전망

불과 1980년대초까지만 하더라도 지금과 같이 우리나라의 벼 농사가 트랙터 경운, 기계 이앙, 콤바인 수확 등 완전 기계화되리라 예상하지 못하였다. 그러면, 앞으로 농업의 기계화는 어떻게 진전될 것인가? 현재와 같은 경제성장이 지속되어 21세기 초에 선진국으로 진입한다고 가정할 때, 앞으로의 농업의 기계화는 비약적으로 발전하리라 예상하는 것은 어렵지 않다. 계속되는 이농으로 인한 농촌노동력의 부족과 지속적인 임금상승, 소득증대에 따른 고품질 농산물, 특히 채소류 및 과실류의 수요 증대, 안락한 삶을 추구하려는 인간의 욕구 등으로 미루어 볼 때 모든 농작업은 필연적으로 기계화되고 자동화되어야 할 것이다. 특히 앞으로의 농업의 기계화는 단순한 단위 기계에 의한 기계화 수준을 탈피하여 파종에서 수확, 가공, 포장 작업에 이르는 전체 생산과정의 일관 기계화 시스템으로 발전될 것이다. 또한 농업의 기계화는 단지 생력화 수준을 벗어나 농작업의 안전성과 편의성, 농산물의 부가가치와 상품성의 향상, 생산과 출하시기의 조절이 가능한 고도의 기계화 수준인 농업의 자동화로 발전될 것이다.

따라서, 농업기계의 고도화와 자동화에 필수적인 농업기계의 자율주행 기술, 농작업의 로봇화 기술, 비파괴 생체계측 기술, 비파괴 농산물의 품질 계측 기술, 농업정보처리 기술 등의 신기술은 우리나라의 전자공업과 자동차공업 등 주변 산업의 비약적인 발전과 첨단기술의 실용화에 따라 농업기계 분야에서도 가까운 장래에 실용화될 수 있으리라 판단된다.

더욱이 1995년부터 농림수산부가 농어촌특별세에 의한 특정연구사업비로 10년간 3,000억원

에 이르는 막대한 예산을 첨단기술 개발연구에 투자하고 있는 사실은 신기술 개발 및 이의 실용화를 앞당길 수 있는 계기가 되고 있다.

그러나, 농업기계의 고도화와 자동화를 촉진하기 위한 신기술 개발은 우선순위에 따라 수행되어야 하며, 우선순위의 결정에 고려할 사항은 다음과 같다.

- ㉠ 대상 기계 또는 장치의 수요
- ㉡ 실용화 시급성(생력효과, 범용성 또는 활용도)
- ㉢ 기술개발의 난이도 및 연구개발 비용

위의 우선순위 결정에 고려할 자료를 수집하기 위해서는 농업기계 및 장치의 개발 동향과 신기술 분야의 연구 동향에 관한 정보 수집은 물론, 농업기계공학과 관련이 있는 전기전자공학, 컴퓨터공학, 기계공학 분야의 신기술 개발에 관한 정보를 수집하여야 할 것이다.

아울러, 신기술 개발의 비용과 노력을 절감하고, 이의 실용화를 촉진하기 위해서는 토양학, 작물학, 원예학, 재배학, 축산학, 식품학 등 농업 관련 학문 분야는 물론, 다른 관련 공학분야와 학제간의 공동연구를 활성화할 필요가 있다.

6. 결론

농산물의 수입 개방 압력, 농촌노동력의 급격한 감소, 환경오염 문제, 농업노동의 기피현상 등에 대처하여 우리나라 농업을 지속적으로 발전시켜 나가기 위해서는 농업기계의 고도화와 자동화가 필수적이다.

자율주행 기술, 농작업의 로봇화 기술, 비파괴 생체계측 기술, 비파괴 농산물의 품질 계측 기술, 농업정보처리 기술 등은 농업기계의 고도화와 자동화에 필수적인 농업기계 분야의 신기술이다. 우리나라는 자동차공업을 비롯한 기계공업과 반도체 및 컴퓨터를 비롯한 전자공업이 세계적인 수준에 있고, 1995년부터 농어촌특별세에 의한 첨단기술 특정연구비가 집중적으로 투자되고 있어 농업기계 분야의 신기술의 개발이 촉진되어 가까운 장래에 실용화될 수 있으리라 판단

된다.

그러나, 신기술 개발은 대상 기계 또는 설비의 수요, 실용화의 시급성, 기술개발의 난이도 및 연구개발비 등을 고려한 우선순위에 따라 추진되어야 하며, 신기술 개발의 비용 및 노력을 절감하고 실용화를 앞당기기 위해서는 관련 학문 분야와의 학제간의 공동연구가 활성화되어야 한다.

참고문헌

1. 고헌균. 1994. "국제화 시대 농업기계 분야의 도전과 과제" 심포지엄 주제 발표문. 한국농업기계학회.
2. 노상하. 1994. "수확후 농산가공 기계 및 시설". 국제화 시대 농업기계 분야의 도전과 과제에 관한 심포지엄 발표문. 한국농업기계학회
3. 노상하. 1994. "농업기계화 및 시설장비 현대화 촉진을 위한 제언". 국제화 시대 농업구조 개선전략에 관한 심포지엄 발표문. 서울대학교 농업개발연구소
4. 류관희. 1995. "시설농업의 자동화 현황과 방향" 농업생명자원의 신기술 응용 심포지엄 발표 논문집, 성균관대학교 생명자원연구소
5. 류관희. 1994. "첨단 과학기술과 미래의 한국 농업-자동화, 정보화 기술". 한국 농업의 미래상과 대학교육의 혁신방안에 관한 심포지엄 발표문. 전국농학계대학장협의회
6. 류관희. 1993. "생력화와 경쟁력 제고를 위한 시설원예의 자동화 방향" 국내 시설원예 산업 발전을 위한 심포지엄 발표 논문집, 서울대학교 농업개발연구소
7. 류관희. 1990. "농업생산 시스템의 자동화와 첨단기술" 농업생산 시스템의 자동화와 발전방향에 관한 심포지엄 발표 논문집, 한국농업기계학회
8. 류관희. 1986. "농업기계 자동화의 발전과 전망". '86 농업과학 심포지엄 "첨단과학기술

- 술과 농업혁신” 발표 논문집, 한국농업기계학회
9. 이기명. 1994. “농업동력 및 시설 자동화”. 국제화 시대 농업기계 분야의 도전과 과제에 관한 심포지엄 발표문. 한국농업기계학회.
10. 이승규. 1994. “농작업기계”. 국제화 시대 농업기계 분야의 도전과 과제에 관한 심포지엄 발표문. 한국농업기계학회
11. 이승규, 고훈균, 노상하, 류관희, 이기명. 1995. “농업기계화의 장기전망과 기계화기술 개발전략에 관한 연구”, 농림수산부