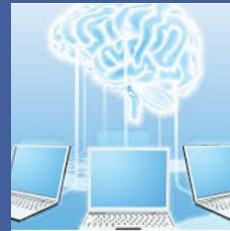
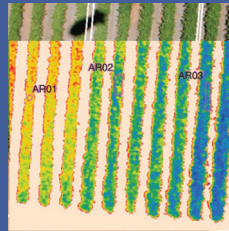


융합연구리뷰

Convergence Research Review

2018 March | vol. 4 | no. 3

ISSN. 2465-8456



Part. 1 4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향

Part. 2 4차 산업혁명 시대의 미래 스마트팜 기술

Contents

- 01 편집자 주
- 04 4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향
- 40 4차 산업혁명 시대의 미래 스마트팜 기술



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2018 March vol.4 no.3

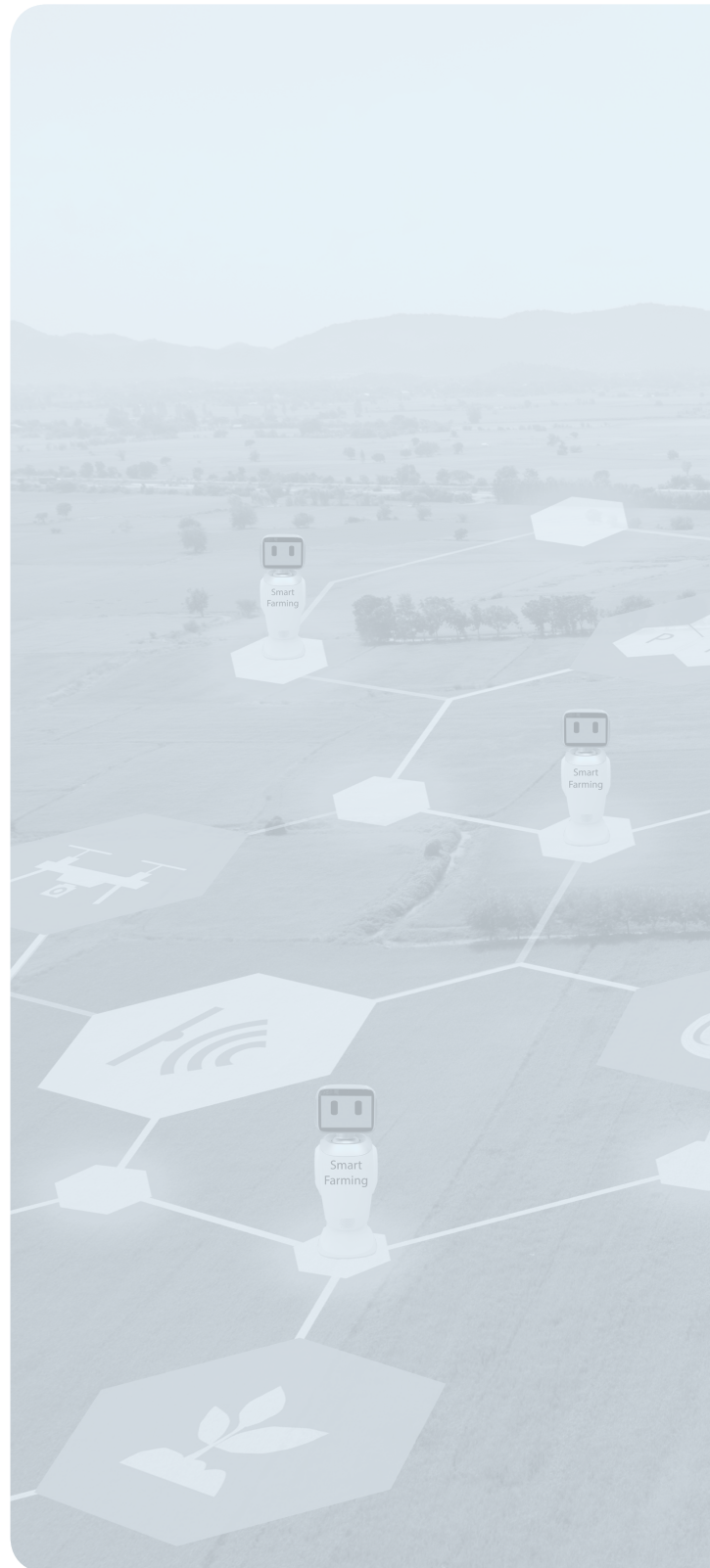
발행일 2018년 03월 5일

발행인 이광렬

편집인 최수영 · 이현숙

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터
02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
Tel. 02-958-4984 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 승일미디어그룹 주식회사 Tel. 1800-3673



| 4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향

농업은 식량안보와 직결되는 없어서는 안될 중요한 산업이다. 하지만 인구 감소 및 고령화, 농가 소득의 정체 등으로 농업이 쇠퇴하고 있으며, 이에 우리나라 산업에서 농업의 비중도 지속적으로 감소하고 있다. 더욱이 인간의 활동으로 인한 기후변화는 이러한 농업 내·외부환경의 변화를 더욱 가속시키고 있다. 이제 우리는 농업의 생산력을 향상시키고 변화하는 내·외부 환경에 적절히 대응하기 위해서 노력해야 한다. 이러한 노력의 일환으로 과학기술 특히 4차 산업혁명과 관련된 기술을 농업에 접목시켜 전통적인 농업 방식에서 탈피하고 농업의 생산성 및 효율성을 높이려는 움직임이 활발하게 이루어지고 있다. 그 대표사례가 농업기술에 4차 산업혁명 기술을 접목한 스마트팜(Smart Farm)이다.

이에, 본 호 1부에서는 농업에 적용가능한 4차 산업혁명 핵심기술을 살펴보고 기술과 농업의 연계방안, 관련 정책 동향을 다루고자 한다. 또한, 스마트팜 활성화를 위한 우선전략 및 핵심기술, 인프라 구축 등의 우선순위도 살펴보고자 한다. 그동안 우리나라도 농업시설 현대화사업부터 농업과 ICT 기술 융합을 위한 정책 추진하며, 농업산업 활성화를 위해 노력해 왔다. 또한, 우리나라는 IT 기술로 대표되는 4차 산업혁명 기술과 관련한 인프라는 세계 최고 수준을 자랑하고 있다. 하지만 농업 관련 데이터베이스 구축은 아직 미흡한 실정이다. 이에, 스마트팜으로 대표되는 농업과 4차 산업혁명 기술의 적용모델을 활성화하기 위해서는 농업의 생산에서 소비에 이르는 전과정의 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 인공지능, 딥러닝 기술을 활용해 분석하여, 농업 로봇, 드론, 스마트폰 앱 등과 연계해야 한다. 또한 산업으로 발전시키기 위해서는 규제, 제도, R&D 등의 기반조성이 무엇보다 중요하다. 이번 호 주제가 농업산업의 침체를 극복하고 스마트팜 활성화를 위한 전략 방향을 제시할 수 있기를 기대해본다.

| 4차 산업혁명 시대의 미래 스마트팜 기술

더운 여름, 뜨거운 햇볕 아래에서 일하는 힘든 농사일은 이제는 옛말이 되어가고 있다. 이미 대량 생산, 농업의 기계화를 적극 추진하고 있는 미국, 캐나다, 유럽 등에서는 농사일을 직접하는 사람을 구경하기 힘든 실정이다. 최근 4차 산업혁명의 물결과 농업이 만나 이러한 현상을 가속화시키고 있다. 농업과 4차 산업혁명 기술의 접목에서 핵심은 사물 인터넷(IoT), 딥러닝(deep-learning), 인공지능 기술 등을 기반으로 각종 계측 센서를 통해 빅데이터를 확보하고 이를 가공 및 활용하는 것이다. 이에 많은 농업 관련 대기업들은 데이터 기반 정보획득을 위해 데이터 관련 회사들과 합병을 추진하고 있으며, 국가 차원에서의 지원도 강화되고 있다. 우리나라에서도 2015년 한국과학기술연구원(KIST)에서 시작된 스마트팜 상용화 기술개발 산업을 위한 국가적인 지원이 시작되었고, 국내 기술 개발을 넘어 세계적인 기술로의 도약을 시작한 상태이다.

이에 본 호 2부에서는 데이터 기반 농업 더 나아가 미래농업에서의 스마트팜 기술 전망에 대해 살펴보고자 한다. 스마트팜의 핵심은 데이터의 수집, 가공 및 활용에 있다. 스마트팜을 위한 데이터 수집, 가공, 활용에 필요한 기술들과 국내외 현황들을 살펴봄으로써 우리나라 스마트팜 기술이 스마트팜 시장을 선도할 수 있기를 기대해본다.

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 March vol.4 no.3

<http://cipc.kist.re.kr>

01

4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향

한국농촌경제연구원
김연중 박사 (yjkim@krei.re.kr)

01 | 서론

우리 농업은 과거 2000년대 초반까지 지속적으로 성장해왔으나 최근 농가소득의 정체, 곡물자급률 하락, 농촌인구의 감소와 고령화, 더 나아가 기후변화 등으로 인해 작물 생산이 계획대로 이루어지지 못해 농업의 성장 속도가 감소하여 농가가 어려움을 겪고 있다. 또한 농산물의 작황 및 생산량이 일정하지 않고, 가격의 등락도 반복되어 소비자인 국민의 안정적 먹거리 확보에 많은 어려움이 뒤따르고 있다. 농업생산액도 2001년 32조 원에서 2012년 44조 원으로 급성장하였으나, 2012년부터 2016년까지 44조 원으로 정체 수준이다. 호당 평균 농업소득은 2001년 1,130만 원에서 2015년에도 1,130만 원으로 15년간 정체 수준에 머물러 있으며, 농가인구는 2000년 400만 명에서 2015년 260만 명으로 대폭 감소하였다[1]. 이를 극복하기 위해 정부는 농업을 1차 산업, 2차 산업, 3차 산업과 연계시킨 6차 산업ⁱ⁾화 정책을 추진하고 있다.

6차산업화 정책지원으로 창업자 수가 2014년 752명에서 2016년에는 1,530으로 증가하였고, 6차산업 지원센터를 중심으로 농산물종합가공센터 등 농식품 유관기관이 협업하여 시제품 생산·판매 등을 통해 매출액이 증가하는 등 그 성과가 크다고 보여지나 농업부문이 한 단계 더 성장하는 데는 한계가 있다. 농업이 한 단계 더 성장하기 위해서는 생산, 유통, 소비 그리고 전후방 부문에 과학기술(IT, BT, CT, NT 등), 특히 4차 산업혁명 기술(IoT, 빅데이터, 무인드론, 로봇, 인공지능 등)을 적극 보급·확대해야 할 필요가 있다. 또한, 기술들을 생산단계에 접목하는데 그치지 않고 유통, 소비 그리고 전후방 산업까지 확대·점목시켜야 시너지 효과가 창출될 것으로 기대된다.

4차 산업혁명 기술이 농업에 적용될 때 생산부문에서는 노동력과 사료비 절감, 단위면적당 생산량 증가 및 품질향상 그 밖에 가축질병 예방 등의 효과가 예상된다. 유통부문에서는 물류비 절감, 수급안정 등이 실현될 것으로 보이고, 소비부문에서는 원산지 표시 등으로 안전한 농산물을 모든 국민이 소비할 수 있게 될 것이다. 또한 정밀농업으로 적재적소에 비료·농약을 살포하게 되면 환경적인 측면에서도 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.

i) (편집자) 농산물 생산만 하던 농가가 고부가가치 상품을 가공, 향토자원을 이용한 체험프로그램 등 서비스업으로 확대시켜 높은 부가가치를 창출시키는 산업

이를 위해서는 4차 산업혁명의 핵심기술인 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 딥러닝, 인공지능(AI) 등이 로봇, 드론, 자율주행 농기계 등의 실현수단과 연계되어 최종수요자(end user)인 농가가 이용할 수 있도록 개발·보급되어야 할 필요가 있다.

그러나 4차 산업혁명이 우리나라 농업에 무한한 기회가 될 수 있는 반면 잠재적인 위협요인으로도 작용할 수 있다. 효율성과 생산성을 비약적으로 향상시킬 수 있는 강점이 있으나 ‘일자리 쇼크’에 대한 우려도 상존하고 있다. 2015년 세계경제포럼에서 제시된 ‘미래고용보고서’발표에 의하면, 향후 5년간 선진국 및 신흥시장 15개국에서 일자리 710만 개가 사라지고 210만 개 일자리가 신규 창출될 것으로 전망하였다[2]. 4차 산업혁명이 어떤 분야에 적용되더라도 긍정적인 요인 뿐 아니라 부정적인 면도 발생할 것으로 예상된다. 따라서 긍정적인 면은 최대한 끌어 올리고, 부정적인 면은 최대한 감소시키는 방안이 사전에 검토되어야 할 필요가 있다.

02' 4차 산업혁명 범위와 핵심기술[3]

2.1 4차 산업혁명의 범위

제4차 산업혁명에서 다루는 범위는 물리적 기술, 디지털 기술 그리고 합성생물학 기술까지 포함한다. 혹은 물리적 기술과 디지털 기술까지 만을 다루고 있으나, 농업이 4차 산업혁명 기술 도입으로 한 단계 도약하기 위해서는 합성생물학 기술까지 포함되어야 한다. 특히 농업부문에서 생물학 기술을 적용하여 종자개발 및 GMO 등에 이용하면 농업의 부가가치를 높이는데 중요한 역할을 할 것이다.

물리적 기술을 농업부문에 적용한 사례는 데이터 분석 능력을 장착한 드론, 로봇, 자율주행농기계 등이 있다. 예를 들면, 수집한 데이터를 분석하여 농업용 드론이 물과 비료 등을 보다 정밀하고 효율적으로 살포하

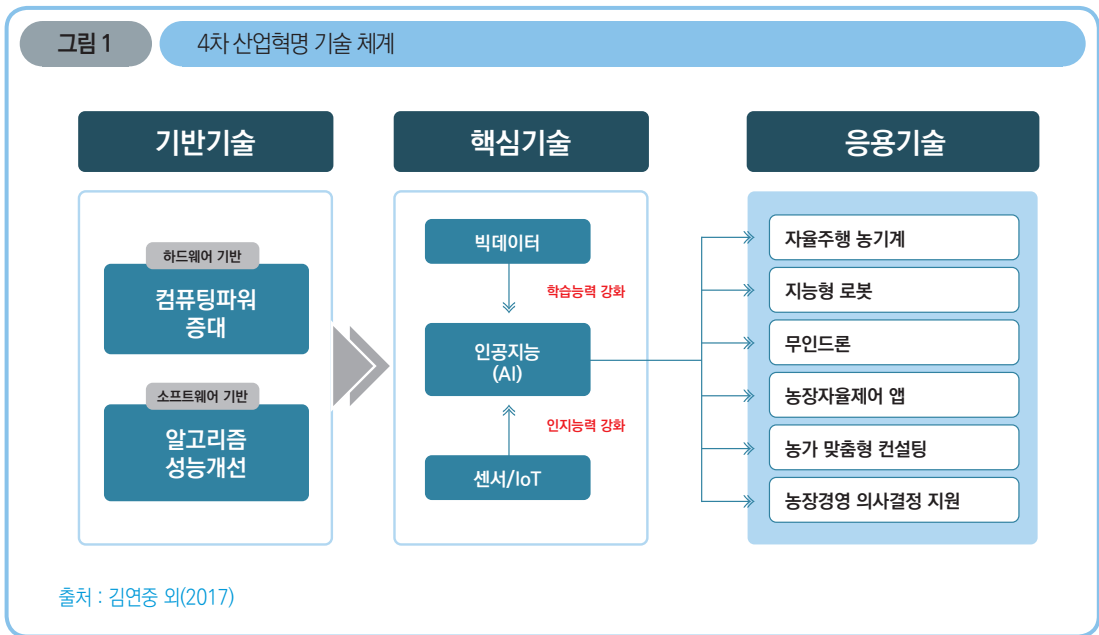
고, 농업용 로봇을 이용한 작물의 수확작업, 젖소의 착유 등에 이용하는 것이다. 뿐만 아니라 자율주행농기계를 이용하여 파종 및 수확작업 등을 수행하는 것도 그 예이다. 이러한 일련의 것들이 보다 더 정밀하게 이루어지려면 센서의 발달이 선행되어야 한다. 센서의 발달로 로봇은 주변환경을 잘 이해하고 그에 맞춰 많은 분야에 이용되어질 것이다. 과거에는 수집된 자료를 인간이 분석하고 분석된 결과를 기계에 전달하여 농작업을 수행하였지만, 차세대 로봇은 ‘인간과 기계가 협업’할 수 있도록 개발되어질 것이다. 그러나 인간과 기계의 관계에서 발생하는 윤리적, 심리적 문제가 대두될 것으로 예상되어 이와 관련된 법, 제도 등이 사전에 검토되어야 한다.

디지털 기술은 물건과 물건, 물건과 인간, 인간과 인간을 연결하는 기술이다. 디지털 기술로는 ‘사물인터넷(IoT)’, ‘만물인터넷(IoE)’ 등이 있다. 이는 상호연결된 기술과 다양한 플랫폼을 기반으로 한 사물과 인간의 관계로 설명된다. 사물인터넷(IoT)이 광범위하게 활용되고 있는 곳은 원격 모니터링 기술이다. 어떤 기업은 자동차 또는 컨테이너에 센서와 송신기 혹은 전자태그(RFID)를 부착시켜 공급망에 따라 자동차의 이동경로 및 위치를 추적하고 있다. 소비자 역시 물품이나 서류의 배송상황을 실시간으로 확인할 수 있다. 이는 농업부문에서도 활용 가능하며 현재 농산물의 저장상태, 저장량, 운송차량 위치 등을 실시간으로 확인할 수 있다. 이로 인해 농산물의 신선도, 수급, 가격예측 등이 가능해지면 이러한 기술은 향후 급속도로 확대될 것으로 보인다.

합성생물학 기술로는 DNA 데이터를 이용하여 유기체를 제작할 수 있다. 합성생물학은 의학분야에서 많이 활용하고 있다. 농업부문에서는 현재 바이오 연료 생산, 종자개발, GMO 종자 등에 이용하고 있고, 더욱 확대될 것으로 전망된다. 이러한 기술은 극단적인 기후나 가뭄에도 자랄 수 있는 식용작물을 재배할 수 있으며, 인간에게 이식할 장기를 돼지의 몸에서 기르는 연구도 이미 시작되었다. 소의 유전자를 활용해 혈우병 환자에게 부족한 혈액응고 요소가 첨가된 우유도 생산될 날이 머지않았다. 그러나 생물학의 한계는 기술적인 문제보다는 법, 규제 그리고 윤리 문제에 있을 수 있다.

2.2 4차 산업혁명의 핵심기술

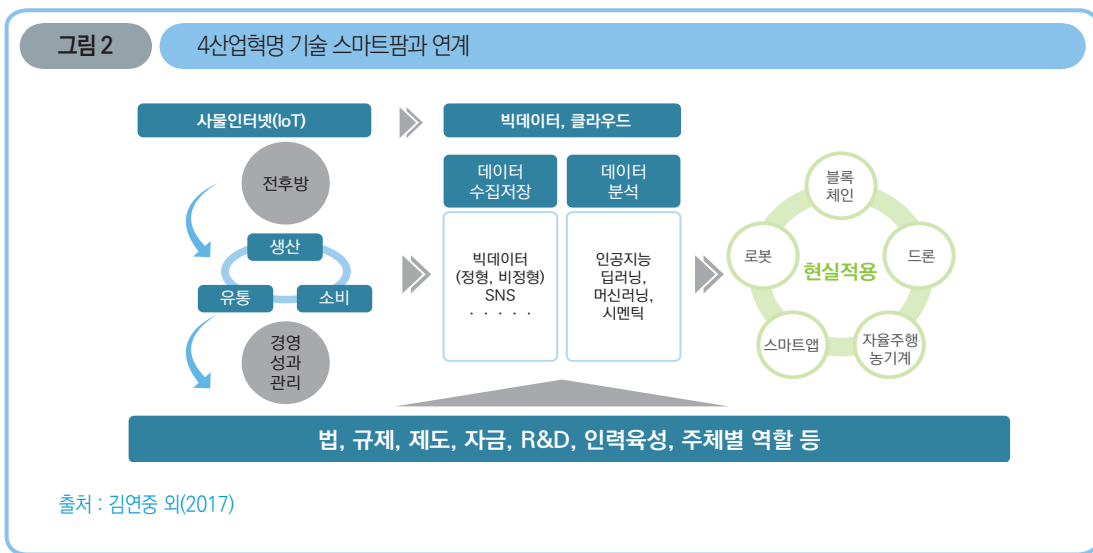
4차 산업혁명 기술은 기반기술, 핵심기술, 응용기술로 나눌 수 있다. 기반기술은 인프라 구축기술이며, 컴퓨터의 용량을 크게 하는 하드웨어 기술과 알고리즘 성능을 개선할 수 있는 소프트웨어 기술이다. 핵심기술은 IoT, 빅데이터 분석, 인공지능, 딥러닝 등으로 구성된다. 응용기술은 수요자가 직접 활용하는 기술로 자율주행농기계, 지능형로봇, 무인드론, 농장을 자동으로 제어할 수 있는 앱, 농가의 경영형태 및 시설형태 등을 고려한 맞춤형 컨설팅기술, 농가가 영농활동을 하면서 의사결정을 할 수 있도록 하는 정보제공 시스템 기술 등이다.



03' 농업의 현안문제와 4차 산업혁명 적용모델

스마트팜은 4차 산업혁명 기술인 IoT, 빅데이터, 인공지능(AI) 기술이 적용된 자율주행농기계, 지능형 로봇, 농장자율제어 앱 등을 농가(농업법인) 및 농업관련 종사자가 이용하는 것이다. 스마트팜의 실현으로 농업의 현안 문제인 노동력 부족, 생산성 저하, 농가소득 정체 등을 해결할 수 있으며, 이를 해결할 수 있는 하나의 수단이 4차 산업혁명 기술이다. 그러나 우리나라 농업은 3차 산업혁명 단계에 머물러 있다. 3차 산업혁명에서 데이터는 현장조사 또는 통계자료 등 정형화된 데이터를 수집, 수집된 데이터를 모델화하여 그 정보를 앱을 통해 농가에게 제공하고 농가는 정보를 받아 수동 컨트롤하는 수준이다. 진정한 스마트팜이 실현되기 위해서는 4차 산업혁명 기술이 생산·유통·소비부문뿐만 아니라 후방산업과도 연계되어야 한다. 더 나아가 경영성과 관리도 자동으로 이루어져야 한다. 그러기 위해서는 IoT로 수집된 정형데이터와 SNS 등으로부터 수집된 비정형데이터를 딥러닝, 인공지능, 시멘틱 웹 기술로 분석하고, 분석된 결과를 클라우드 시스템에 올리고, 올려진 정보를 자율주행농기계, 자동로봇, 무인드론 등이 이용할 수 있어야 진정한 4차 산업혁명 기술을 스마트팜에 연계시킨 것이라 볼 수 있다. 스마트팜 선도국인 네덜란드의 경우, 온실시공, 센서 기술 등 이른바 하드웨어 부문은 후발 국가들과의 기술 차이가 없다고 판단하고, 빅데이터 분석 등 소프트웨어 개발에 전념하고 있다. 이런 면에서 네덜란드가 스마트팜 분야에서 다른 국가와 비교 우위를 선점할 수 있었다고 판단된다.

우리나라는 늦은 감은 있지만 지금부터라도 데이터 축적에 역량을 모아야 할 것이다. 그러나 정부는 4차 산업혁명의 기초라 할 수 있는 데이터베이스가 충분히 구축되어 있지 않음에도 불구하고 바로 선진국과 동일한 수준으로 단기간에 발전할 것이라고 기대하지는 않는지 우려가 된다. 우리나라 농업에 4차 산업혁명 기술이 확대 적용되기 위해서는 생산·유통·소비가 결합되고, 이를 뒷받침할 수 있는 전후방 산업에도 많은 노력이 필요하며, 생산·유통·소비 단계의 데이터를 수집하고, 인공지능, 딥러닝, 시멘틱 웹 기술로 분석하여 현실 적용 기술인 로봇, 드론, 자율주행농기계, 스마트 앱 등에 연계되어야 한다. 또한 이를 발전시키기 위해서는 보조 기능이라 할 수 있는 법, 규제, 제도, 자금지원, R&D, 인력육성, 주체별 역할 등의 기반조성이 무엇보다 중요하다.



04 | 농업부문의 4차 산업혁명 기술 적용현황 및 향후 연계방안

4.1 시설원예분야

시설원예 생산분야의 현안은 ① 생산성 증대, ② 생산비 절감, ③ 품질향상이다.

시설원예 분야의 생산성 증대를 위해서는 복합환경제어 관리, 공간재배기술, 생육진단 예측기술, 원격 전문가 지원 등이 필요하다. 복합환경 제어 항목은 온도·습도 제어, 탄산가스 시비 등이다. 필요한 데이터를 IoT로 수집하고, 수집된 빅데이터를 인공지능을 통해 분석하여 환경제어와 생육조절이 자동으로 제어될 수 있도록 하는 기술개발이 이루어지면 생산성 증대에 크게 기여할 것으로 예상된다.

생산비 절감 부분에서는 인건비 절감과 광열비 절감이 가장 큰 변수이다. 인건비 절감을 위한 핵심기술은 원격 제어관리, 파종·수확 자동화, 온·습도 자동제어, 개폐 자동제어, 양액 자동제어, 원격 제어 관리, 수확작업의 자동화 등이 있다. 현재 우리나라 기술 적용 수준은 IoT로 데이터 수집과 빅데이터 분석, 상용 앱을 통한 원격 창문개폐와 양액 제어 수준으로 일부 품목에서는 파종과 수확에 로봇을 이용하여 노동력을 절감하고 있기도 하다. 광열비 절감도 생산비 절감 차원에서 매우 중요하다. 에너지 통합관리 시스템을 이용하여 생육시기별 온·습도 제어, 국소 냉난방 제어, 기상데이터와 연계하여 시설 내 온·습도를 최적으로 관리할 경우 광열비 절감을 실현할 수 있다. 이 분야의 우리나라 현재 기술 수준은 IoT로 데이터를 수집하고 분석하는 단계에 머물러 있다고 판단되며 온·습도 및 냉난방 시설 가동은 수동으로 하는 정도이다.

마지막으로 품질향상을 위해서는 정밀 생육환경 조절, 생육 진단과 처방, 병해충 예찰, 신선도를 위한 수확 후 관리 등이 중요하다. 현재 적용되고 있는 기술은 IoT를 이용하여 생육상황, 병해충 자료를 수집·분석하여 정보를 경영주에게 제공하면 경영주가 상용 앱 또는 수동으로 조절하는 단계이다. 향후 수집된 데이터를 인공지능 등을 통해 분석한 후 자동으로 조절할 수 있는 기술이 개발 보급되면 품질향상에 더욱 기여할 것으로 예측된다.

우리나라의 시설원예 분야에 적용된 기술수준은 아직 초보단계이다. 공학전문가, 농학전문가들이 공동으로 수집된 정형데이터, 비정형데이터를 분석하고, 딥러닝 등을 통해 농가가 개입하지 않는 자동 제어 앱과 로봇 등의 개발과 보급이 필요하다.

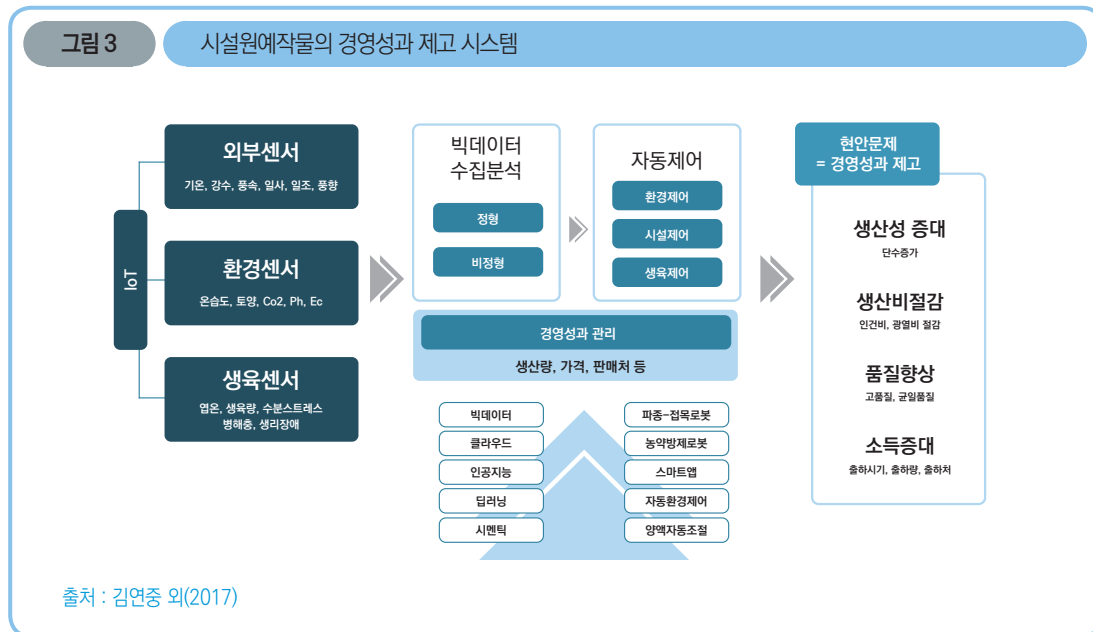
표 1

시설원예작물의 현안문제를 해결하기 위한 적용기술 및 기술수준

현안	적용 기술	현재 4차 산업혁명 핵심기술 적용 실태				
		IoT	빅데이터	데이터분석 클라우드	인공지능 (AI)	로봇 등
생산성 증대 (단수 증가)	복합환경 제어 관리 -온도, 습도, 제습 제어 -관수, 시비제어 -탄산가스 시비	○	○	○		
	공간재배 기술	○	○			
	생육진단 예측기술	○	○			
	원격 전문가 지원	○	○	○		
인건비 절감	원격 제어관리	○				
	파종-수확 자동화					○
	온-습도 자동제어	○				
	개폐 자동제어	○				
	양액 자동제어	○				
	원격 제어 관리	○	○			
광열비 절감	농작업 데이터 관리	○	○			
	에너지 통합관리 시스템 -생육시기별 온습도제어 -국소 냉방, 난방 제어	○	○			
	기상데이터 결합	○	○	○		
	정밀 생육환경 조절	○	○			
품질 향상	생육 진단과 처방	○	○			
	병해충 예찰(화상)	○				
	수확후관리(고품질, 안전성)	○				
	소비자 니즈 반영	○				
	전문 컨설팅	○	○	○		

출처 : 김연중 외(2017)

위의 결과를 바탕으로 4차 산업혁명 기술을 이용하여 시설원예 분야의 경영성과를 제고하기 위한 전체 시스템을 구상해 보았다. 먼저 IoT기술을 이용하여 데이터를 수집하고(외부관리 데이터, 환경관리 데이터, 생육관리 데이터 등), 수집된 정형데이터와 비정형데이터를 결합한 빅데이터를 딥러닝, 인공지능 등을 통해 분석한다. 분석된 결과를 실행 수단인 로봇(파종-접목, 농약방제), 드론, 자율주행농기계 등이 정보를 받아 자동으로 제어할 수 있어야 한다. 이것이 실현될 경우 비로소 스마트팜이 한 차원 성장하여 농가 경영성과 제고가 실현되고 현안문제인 생산성 증대, 생산비 절감, 품질향상, 소득 증대도 꾀할 수 있을 것이다.



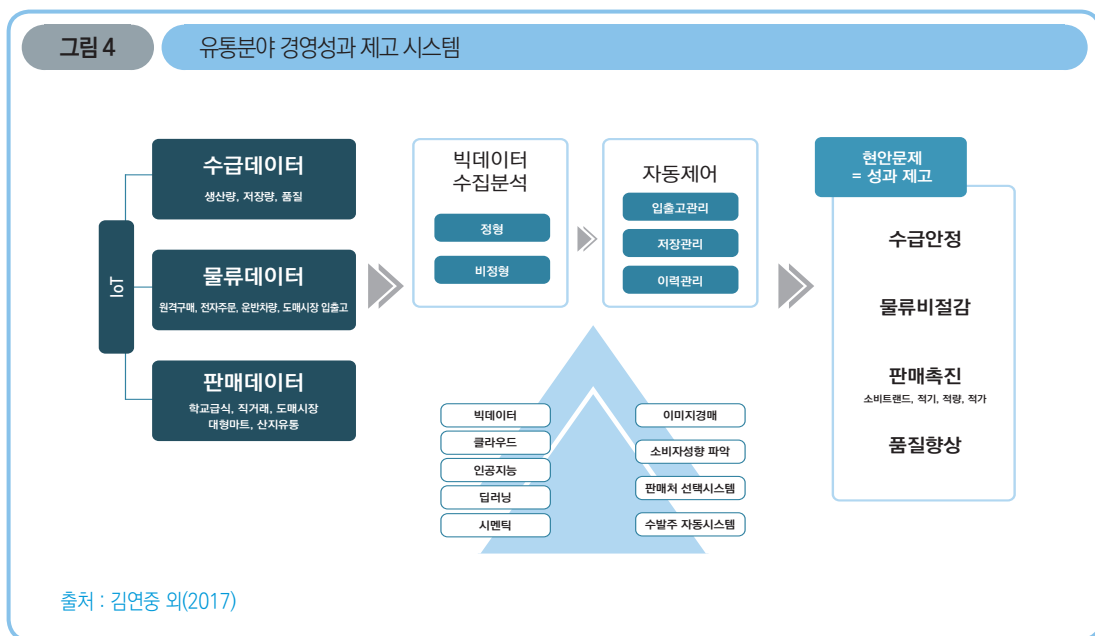
4.2 유통-가공분야

농업분야의 유통·가공분야 현안은 ① 수급안정, ② 유통효율화, ③ 품질향상으로 요약될 수 있다.

먼저 유통·가공 분야의 핵심인 수급안정을 위해서는 수급예측, 계약재배, 생산·유통(ERP), 저장 및 가공 기술, 가축 이력추적 등이 필요하다. 현재 우리나라에서 적용되고 있는 수급안정 분야의 4차 산업혁명 기술은 IoT기술을 이용해 데이터를 수집하여 빅데이터를 분석한 후, 그 결과를 클라우드에 업로드하는 정도이다. 향후 클라우드에서 분석된 정보를 받아 자동으로 수급예측이 이루어져야 한다.

유통효율화 부분은 물류시스템 현대화와 판매 촉진이 핵심이다. 물류시스템 현대화는 온라인 경매 플랫폼 설치, 원격구매, 전자주문시스템 개발, 운반 차량관리 등이 실현될 때 가능해질 것으로 예상된다. 이 분야의 우리나라 4차 산업혁명 기술 역시 IoT 데이터 수집, 빅데이터 분석 정도이다. 향후 분석된 결과가 유통업체에게 전달되어 의사결정을 할 수 있도록 되어야 한다. 또 하나의 유통효율화 현안인 판매촉진은 구매패턴분석, 스마트 상점 등의 설치 운영에 의한 비용절감과 소비자 만족도 제고이다. 현재 유통분야는 그나마 많은 부분이 자동화되어 있다고 판단되나 향후 온디멘딩, 블록체인 등과 같은 기술의 질적 향상이 필요할 것으로 사료된다.

마지막으로 농산물의 품질향상 현안을 해결하기 위해서는 저온저장시설 현대화와 등급판정 등이 중요한 이슈이다. 이에 대한 우리나라의 관련 적용 기술은 기초적인 데이터 수집·분석과 저장량 및 저장상태 파악 정도이다. 반면 등급판정은 자동판정기가 보급되어 이용되는 곳도 있지만 이를 확대 보급할 필요가 있다. 유통분야 경영성과 제고를 위해서는 수급데이터, 물류데이터, 판매데이터의 통합 IoT 솔루션이 필요하며 데이터를 이용한 이미지 경매, 소비자 성향에 맞는 판촉, 판매처 선택 시스템, 수·발주 자동 시스템 등이 개발·보급되어야 한다.

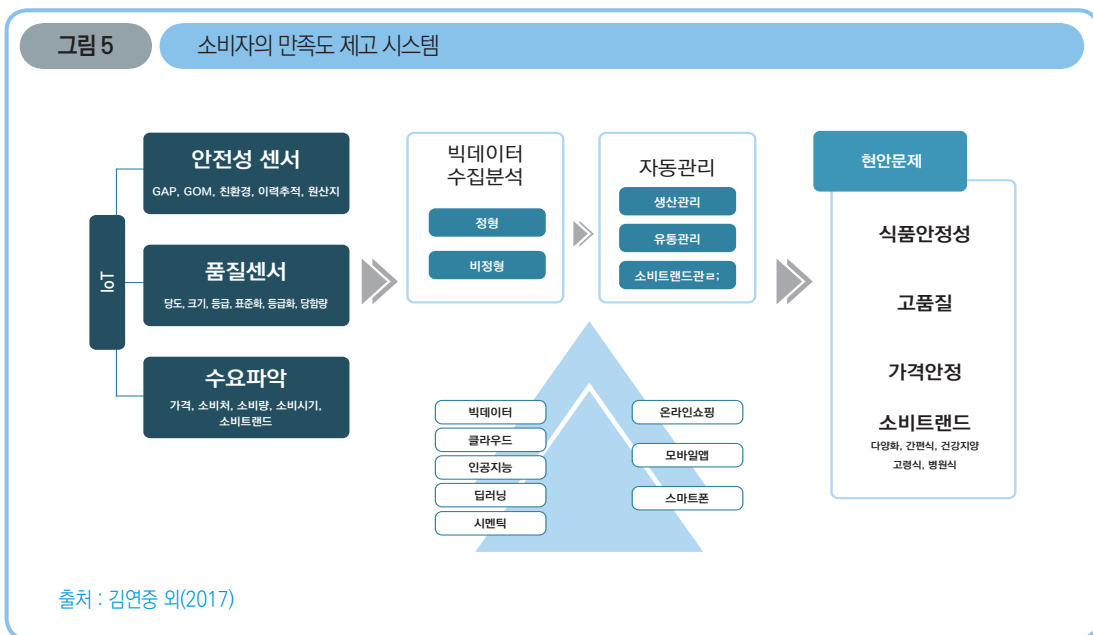


4.3 소비분야

4차 산업혁명 시대에는 생산, 유통, 소비의 구분이 모호해져 소비분야의 현안 문제를 해결하기 위해 생산 단계와 유통단계에서 사전에 포착할 필요가 있다. 소비자가 원하는 것은 고품질, 안전성, 가격안정이며 또한 소비자의 소비트렌드 변화에 맞춰 생산, 유통·가공이 사전에 이루어져야 한다.

고품질 농산물 확보를 위해서는 생산단계에서 선별, 환경제어, 품질모니터링, 예찰 및 방제, 시비 및 선별, 가축질병예방이 필요하고 유통분야에서는 등급판정, 수확 후 저장기술, 소비자 니즈가 반영된 상품을 개발 보급하기 위한 기술이 개발되어야 한다. 농산물 안전성을 위해서는 생산단계의 이력제, 원산지 표시, 잔류농약검사, GAP 인증, HACCP, 천적/화분매개곤충 이용, 친환경농자재사용, 동물복지 등을 위한 기술이 필요하다. 유통단계에서는 성분 표시, 유통기한 및 보관방법 등의 기술 개발이 필요하다. 가격안정을 위해 생산 단계에서는 수급정보를 사전에 파악하고, 기상 등의 변화에 따른 생산예측 정보가 필요하다. 유통단계에서 가격안정을 위해서는 수출입 정보, 유통 업체별 시장정보, 국내외 농산물 이동추적 등의 정보가 수집 분석되어야 한다.

또한 소비 트렌드가 반영된 제품도 공급되어야 한다. 특히 병원식, 고령식, 유아식 등 특정 소비층을 위한 제품이 개발되어야 하며, 가상(증강) 현실 구매 가능한 기술도 보급될 필요가 있다. 이를 해결하기 위한 데이터 수집 단계에서 안정성 관련 정보를 수집하고, 품질을 높일 수 있는 센서, 수요파악을 위한 정보 등의 데이터가 필요하다. 이런 데이터는 IoT 기술을 이용하여 수집되어야 한다. 수집된 데이터를 보다 더 정확하고 빠르게 분석하기 위해 딥러닝, 인공지능(AI) 기술이 적용되어야 하며, 분석된 데이터를 클라우드에 보관하고, 이 데이터를 이용하여 온라인 쇼핑, 모바일 앱, 스마트 폰으로 구입할 수 있도록 하여 소비자의 만족도를 높일 수 있는 기술이 개발 보급되어야 한다.



05¹ 스마트팜 관련 정책 동향

최근 정부는 범 국가차원에서 ‘4차 산업혁명 위원회’를 설립하고 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획을 발표하였다(’17.11.30). 위원회는 그동안의 4차 산업혁명에 대한 총론 위주의 접근을 넘어, 국민이 체감하는 성과와 새로운 변화를 본격 창출하기 위한 구체적인 청사진을 정부 각 부처와 협의를 통해 제시하였다. 4차 산업혁명에 대한 비전으로 제시한 것은 모두가 참여하고 모두가 누리는 사람 중심의 4차 산업혁명 구현이다. 이를 달성하기 위해 다양한 신산업 창출과 주력산업 육성, 고질적인 사회문제 해결을 통한 국민의 삶의 질 제고, 양질의 새로운 일자리 창출, 누구나 이용할 수 있는 세계최고 수준의 지능화 기술·데이터·네트워크를 확보하기 위한 [지능화 혁신 프로젝트를 추진 중에 있다. 지능화 혁신 프로젝트는 산

업혁신과 사회문제 해결 부문으로 구성되어 있으며, 업혁신 분야는 의료, 제조, 이동체, 에너지, 금융물류, 농수산업 부문의 혁신을 사회문제 해결은 도시, 교통, 복지, 환경, 안전, 국방문제의 해결을 그 목적으로 한다. 이 중, 농업부문의 4차 산업혁명 대응 계획은 생산부문에서 원격제어 중심의 1세대 스마트팜을 정밀재배·자동제어 기반 2세대 스마트팜으로 확산시키고, 생육정보 분석·수확량 예측 등 온실관리 소프트웨어(S/W) 개발 및 보급, 스마트팜 테스트베드를 설치 운영하여 농가의 실증 기술교육을 지원할 계획이다.

농가인구 감소·고령화에 대응하여 전반적인 농작업의 자동화와 특히 노동력을 많이 필요로 하는 밭농업의 기계화율을 높이고, 글로벌 스마트 농업로봇시장을 개척하고자 한다. 그 일환으로 스마트 농기계를 개발하여 파종·수확작업의 노동력 부담을 경감하게 하고, 농가의 구입부담을 경감시키기 위해 용자 조건을 우대하고 있다. 현재 검정기준에 따라 검정을 획득한 농기계만을 정부에서 지원하고 있어 농기계 검정기준 절차의 신속화를 추진할 계획이다.

유통부문에서는 농산물의 수급안정화 및 소비자 신뢰제고를 위해, 품질·안전 등 유통 전반의 데이터를 실시간 공유·활용하는 스마트 유통체계를 구축하고자 한다. 기상환경을 비롯한 빅데이터 기반으로 5대 채소(고추, 마늘, 배추, 무, 양파)의 수급예측 시스템을 도입하고, 수요자 맞춤형 정보를 제공하고자 하며, 화상경매 등 스마트 유통망 기술개발, 축산물 영상등급판정기 등 자동화 설비 활용 법적 근거를 마련하고자 한다.

재해대응 차원에서 이상기후 및 재해 발생을 사전에 예측하고 선제적으로 대응하는 스마트 재해대응 체계 구축으로 농가의 피해를 최소화하고자 한다. 사전적 재해대응을 위해 병충해 등 지역별·품목별 재해예측 지도와 농장 단위의 조기경보시스템 및 적조 등 수산재해 예측 알람시스템을 구축하고자 한다. 가축질병 예방을 위해 철새 정밀예찰 및 소독약 살포기술 개발, 빅데이터 기반 구제역·조류독감(AI) 확산 예측 및 대응모형을 개발할 계획이다.

표 2		농수산업 인공지능 기반 무인화·과학화로 정밀 농업실현		
생산		유통		재해대응
<ul style="list-style-type: none"> - 생육정보분석·생산량 예측 - 스마트팜 보급확대 <ul style="list-style-type: none"> · 원예:(‘17), 4,500ha → (‘22), 7,000ha · 축산:(‘17), 1,350호 → (‘22), 5,000호 - 파종·수확 로봇: 농가인구감소 - 발농업기계화율:(‘16), 58% → (‘22), 75 		<ul style="list-style-type: none"> - 빅데이터기반 수급예측 - 화상경매 스마트 유통망 - 축산물 영상등급 - 양식수산물 수급예측 유통비용절감 <ul style="list-style-type: none"> · (‘16), 55% → (‘22), 46% 		<ul style="list-style-type: none"> - 재해 예측 지도 - 농장단위 조기경보 - 가축질병예방드론, 철새 정밀예찰 - 구제역·시확산예측모델 - 해양 재해 예측 <ul style="list-style-type: none"> · (‘16), 12시간 → (‘22), 8시간
<p>원예농가</p>	<p>축산농가</p>	<p>발농업기계화율</p>	<p>양식수산물 수급예측 유통비용 절감</p>	<p>해양 재해 예측 시간</p>

출처 : 4차 산업혁명 위원회(2017)

5.1 농림축산식품부 4차 산업혁명 관련 정책

농림축산식품부는 4차 산업혁명에 대한 이해와 공감대 형성을 위하여 관련 자료를 지속적으로 배포하고 농업계 실태진단을 위한 인식조사(한국농촌경제연구원, KREI) 및 기술 수준·선도 사례집을 발간하였다[1]. 농업인과 식품기업 등의 관심 제고를 위한 노력도 지속적으로 하고 있다. 외부 전문가 의견 수렴 및 농업계 관심 제고를 위해 KREI 주관 ‘농업·농촌·식품 부분 4차 산업혁명 포럼’을 구성하여 운영하고 있다.

농림축산식품부의 4차 산업혁명 관련 기본 방향은 국제경쟁력을 갖춘 미래성장산업으로서의 농업·농촌 구현을 목표로 하고, 혁신 역량 강화를 위한 인프라 조성을 추진하고 있다. 핵심분야는 스마트팜 업그레이드, BT 산업과 농기자재 산업 활성화, 관측 및 위험관리 고도화, 유통과 식품산업 가치창출, 농촌형 스마트빌리지 조성 등이다. 인프라 관련해서는 융합연구 확대와 빅데이터 생태계 조성, 벤처와 농산업을 융합한 창업 지원 등이 핵심 사항이며, 민간활동에 대한 걸림돌을 제거하는 데에도 노력을 기울이고 있다.

5.2 농식품분야 유관기관 대응현황

농촌진흥청은 스마트팜 ICT 기기 표준화, IoT 기반 작물·가축의 생육정보 자동측정 및 로봇·드론 활용 스마트 관리 기술을 개발하고 있다. 토마토를 중심으로 스마트팜 측정데이터 표준화와 빅데이터 분석·활용 모델 개발도 추진 중이다. 2017년에는 4차 산업혁명 대응단을 구성·운영하고 있으며 국내외 정책 및 기술 동향, 실용화 사례 분석, R&D 사업화 수요를 지속적으로 발굴할 예정이다. 또한 4차 산업혁명 대응 한국형 스마트팜 R&D 전략 TF도 운영 중이며, 스마트팜에 대한 1세대, 2세대, 3세대의 목표를 설정하고 연구를 진행 중에 있다[5].

농협중앙회는 범농협 4차 산업혁명 대응전략회의를 통해 상호금융 빅데이터 시범사업을 추진하고 5대 채소류에 대한 수급예측시스템을 개발하고 있다. 향후 농협중앙회는 4차 산업혁명 대응 추진위원회를 발족하고 금융관련 빅데이터 플랫폼을 구축하여 신사업에 적용할 예정이며 스마트팜 관련 자재 및 컨설팅사업도 추진할 계획이다.

한국농어촌공사는 통합물관리시스템을 통해 전국 물관리 및 재난·재해 정보를 ICT 기술로 통합하는 시스템을 구축하고 있으며 ICT 기반 첨단농업시설을 신축한 후 농업 경영체에게 재임대하는 투자플랫폼 구축 방안을 검토 중에 있다. 향후 통합물관리시스템 구축의 지속적 추진을 위해 정책과 기술관련 연구를 선행하고 투자플랫폼 역시 시범사업 도입방안 관련 경제성 분석을 실시할 것으로 예상된다.

한국농수산식품유통공사는 수급과 유통, 수출 및 식품에 포커스를 맞추고 있다. 수급문제는 주요 5대 채소류의 수급종합시스템을 가동하고 화훼 유통정보의 기초시스템도 구축하고 있다. 온라인과 연계한 한국농식품 마케팅·판매 채널을 운영하고 각 기관에 산재한 식품원료농산물 데이터베이스의 통합 제공 플랫폼을 구축할 계획이다. 향후 수급관련 빅데이터 통합과 수요자 맞춤형 시스템을 구축하고 식품원료에 대한 농산물 빅데이터 활용 시스템 고도화에 역점을 둘 예정이다.

농림수산식품교육문화정보원에서는 ICT기술을 융복합한 스마트팜 보급에 역량을 집중하여 농업경영체, 농림사업, 농경지 공간 빅데이터 구축과 활용기반을 마련하고 있다. 인공지능을 활용하여 귀농·귀촌 상담

을 진행하고 SNS를 활용한 플랫폼 연동을 추진하고 있다. 향후에는 농식품 데이터 지도 및 표준화 전략을 수립하고 스마트팜 선도 농가를 대상으로 생육과 환경의 빅데이터 수집과 확대, 농가활용 서비스 방안도 개발할 계획이다.

5.3 스마트팜 정책 추진 경과 및 목표[6]

5.3.1. 스마트팜 정책 추진경과

1) 시설현대화 사업 추진

1968년부터 융자, 보조 등 다양한 방식을 통해 비닐하우스 설치를 지속적으로 지원해 왔으나, 신축 중심으로 실시되어 2000년대 이후 10년 이상 된 온실이 97%를 차지하는 등 생산시설의 노후화가 진행되었으나, 2007년 한·미 FTA가 타결되면서 ‘한·미 자유무역협정 체결에 따른 농업부문 국내보완대책’의 일환으로 10년간(08~17) 5천억 원 규모의 정책자금을 투입해 노후화된 비닐온실 등의 현대화를 추진하였다. 온실 증축, 내재해성 강화, 측창개폐기 등 자동화기기 도입 등 원예 시설의 구조 개선과 운영 효율화를 집중적으로 지원하였다. 2009년부터는 ‘농업에너지이용효율화사업’을 도입하여 다겹보온커튼, 지열냉난방설비와 같은 신재생에너지시설로 지원대상을 확대하였다.

2) 농업과 ICT 융합을 위한 연구개발과 정책 추진

IT 산업을 체계적으로 육성하기 위한 ‘IT 839전략¹⁾’의 일환으로 여러 산업분야에 걸친 유비쿼터스(u-IT) 기술 검증사업을 추진하였다. 농업분야에서도 지식경제부(정보통신부) 주관으로 ‘u-Farm 선도사업’을 실시해 25개 시험모델을 운영(04~09년)하였다. 센서를 활용한 최적 생장환경 구현과 전자태그(RFID)를 활용한 이력추적시스템 등 농식품분야와 IT기술의 융합 가능성을 입증하였으나, 소규모 실증실험 단계에 그쳤다.

1) 2004년 3월 국민 소득 2만 달러 조기 달성을 위한 정책의 일환으로 정보통신부가 수립한 IT산업 개발 전략. 8은 8대 신규 서비스(휴대인터넷, 홈네트워크 등), 3은 3대 인프라(광대역통합망, 유비쿼터스센서네트워크 등), 9는 9대 신성장 동력(차세대 이동통신, 임베디드 소프트웨어 등)을 의미함.

2010년 농림수산물식품부로 '농수축산분야 u-IT사업'이 이관되면서 농업 경쟁력 향상을 목표로 한 생산 밀화 모델 개발이 본격화되었고, 생산성 향상 등의 성과가 가시화되었다. 매년 ICT 융복합 모델 발굴사업을 진행하여 시설원예, 축산, 유통 등 총 20건의 모델 개발 및 현장 실증을 추진(10~13년)하였다. 시설원예 분야는 관련 모델 발굴사업이 가장 많이 시도되었고, 기술개발도 진전되면서 토마토, 파프리카 등 일부 품목은 확산 가능한 기술수준에 도달하였다. 축산분야는 시장 규모가 큰 양돈을 중심으로 사료 자동급이 시스템 등 핵심 시설과 운영모델 등이 현장적용 단계에 진입하였다. 한편, 시설원예 분야에 대한 정책적 지원에 힘입어 파프리카 등을 재배하는 선도농가를 중심으로 네덜란드 등 선진국의 유리온실과 관리 소프트웨어(S/W)를 도입하여 적용하는 사례도 등장했으나, 국내 기술은 R&D 수준에 머무르며 시설현대화와 연계되지 못하였다.

3) 농업의 스마트팜 본격 추진

그동안의 R&D 지원으로 농업 현장에 적용 가능한 스마트팜 모델이 정립됨에 따라 2013년부터 시설 증·개축 등 하드웨어(H/W) 위주 접근 방식에서 탈피하여 ICT를 접목한 농업의 스마트화를 중점 추진하였다. 2013년 '농식품 ICT 융복합 확산대책'을 마련하여 생산, 유통, 소비 등 부문별 ICT 융복합 현황을 진단하고, 스마트팜 보급, R&D, 산업 생태계 조성 등 정책 기본 방향을 설정하였다.

2014년부터 시설원예, 축산분야를 중심으로 스마트팜의 본격적인 현장 확산을 추진하였으나 첫째 보급 실적은 목표치 시설원예 330ha, 축산농가 80호에 못 미치는 시설원예 60ha, 축산농가 30호에 머물면서, 본격적인 확산을 위한 체계적이고 실효적인 추진기반이 요구되었다. 이후 2015년 1월 창조농식품정책관실 출범과 함께 농식품부 내에서 산발적으로 운영되던 스마트팜 추진체계를 일원화하고, 원예, 축산 등 관련부서와 함께 시설현대화사업과 연계하여 신속한 현장 보급을 추진하였다. 이와 함께, 정책자금 지원, R&D, 교육·훈련, 관련기업 육성 등 스마트팜과 관련된 전반적인 산업 생태계를 조성하기 위한 'ICT기반 첨단 농업·행복한 농촌 조성방안'을 마련하여 추진하였다.

5.3.2. 스마트팜 정책 목표 및 방향

1) 스마트팜 정책 목표

정부의 정책 목표는 스마트팜을 집중 보급하여 농가 생산성 향상 및 농업 경쟁력을 강화하고, 스마트팜 관

련 산업의 선순환 생태계를 조성하는 것을 골자로 하고 있다. 이에 2017년까지 시설원예 4,000ha(시설현대화 면적의 40%), 축산농가 700호(전업농의 10%) 및 과수농가 600호(과원규모화농가의 25%)에 스마트팜을 보급할 계획이다. 시설원예 부문에는 ICT 융복합 시설 설치가 가능한 현대화된 시설('14년 기준 11,700ha)의 40% 수준까지 스마트팜 시설을 보급할 계획이다.

축산부문에는 양돈·양계 중심에서 젓소, 한우 등 축종별 모델 개발을 순차적으로 진행하여 축산 전업농의 10% 수준인 700호까지 단계적으로 확대할 계획이다. 노지분야에는 과원규모 1.5ha 이상, 농산물 판매액 1억 원 이상 농가(2,582호)의 25% 수준인 600호 까지 확대할 계획이다.

또한 스마트팜 보급 확대와 운영성과 제고를 위한 교육 등 현장지원 체계를 강화하여 스마트팜 도입농가의 생산성을 30% 향상하는데 중점을 둘 계획이다. 스마트팜에 대한 정부 투자 및 시장 확대를 기반으로 관련 산업이 동시에 발전하는 선순환 생태계 조성을 목표로 하고 있다. 정부 주도의 스마트팜 확산 및 우수사례를 창출하여 스마트팜 수요를 확대하고 관련 산업의 기술 발전을 도모하여 스마트팜의 전체적인 단가 인하를 이끌어 스마트팜 보급 확대, 시설설치 지원, R&D 등 정부의 초기 투자가 시장 확대로 이어져 관련 업체의 경쟁력을 높이고 수출산업으로까지 도약할 수 있도록 지원할 계획이다.

표 3 2017년 스마트팜 보급목표

	분류	목표	내용
시설원예	첨단수출형	600ha	파프리카, 토마토, 화훼 등 첨단온실에 기반한 주요 수출품목 시설면적 전체(100%)
	연동복합형	2,400ha	오이, 딸기 규모화·현대화가 진전된 연동형온실(7,853ha)의 30% 수준
	단동간편형	1,000ha	참외, 수박 주산지 단동형온실(10,719ha)의 10% 수준
축산	양돈	310호	주요 축종별 전업농의 10% 수준
	낙농	230호	
	양계	160호	
노지	과수	600호	규모화된 과원 농가의 25% 수준

출처 : 농림축산부 농림시행지침서

2) 스마트팜 정책 방향

정부의 스마트팜 정책의 기본방향은 정책자금 지원, R&D, 교육훈련, 기업육성 등의 종합적 접근과 스마트팜 확산의 장애 요인을 해소하여 스마트팜 보급을 가속화하고 관련 산업 성장기반을 강화하는 것이다.

첫째, 시설현대화 사업과 스마트팜 보급을 동시에 추진하여 ICT 융복합 시설 도입이 가능한 기반 자체를 확대하고, 농가의 투자 부담을 완화시킬 수 있도록 한다.

둘째, 스마트팜 도입에 따른 생산성 향상, 노동력 절감 등의 성과를 객관적으로 분석·홍보하여 농업인이 자발적으로 스마트팜을 도입하도록 유도하고자 한다.

셋째, 관련 기자재 및 생육관리 등 스마트팜의 핵심 부품 및 기술을 국산화·표준화하여 우리 농업 환경 및 여건에 맞는 한국형 스마트팜 모델을 만들고 단가를 인하할 수 있도록 기술 개발을 강화하고자 한다.

넷째, 농업인과 관련 인력이 ICT 활용 능력 및 작목별 전문성을 갖춰 현장에서 스마트팜의 효과를 100% 발휘할 수 있게 지원하고 농업인에게 꼭 필요하나 기업이 충족시키지 못하는 사후관리(A/S)와 같은 핵심 기능을 정부에서 지원하여 농가의 애로사항도 해소하고, 관련 기업의 동반 성장을 위한 발판을 마련하고자 한다.

5.4 정부의 스마트팜 확산사업[6]

5.4.1. 시설원예부문

스마트팜 활성화 목표에 따라 정부는 'ICT 융복합 확산-스마트팜 시설보급' 지원사업을 추진하고 있다. 지원사업의 목표는 ICT 기술을 적용한 온실 등 농업시설에 자동·원격제어를 통한 온·습도 관리, 최적 생육환경 조성에 필요한 복합환경제어시스템 구축 등 스마트팜 관련 시설을 지원하는 것이며, 환경관리, 생장관리, 정보분석 등으로 구성되어 있다.

구체적으로 환경관리 부문은 온도·습도·CO₂·광량·풍속 등에 대한 정보수집 및 원격 모니터링, 생장관리 부문은 측장·난방 등 환경제어와 양액 등 생육에 필요한 복합환경 관리, 마지막으로 정보분석 부문은 축적된 생육정보 데이터베이스(DB)를 활용한 분석 및 컨설팅 지원 등이 이 사업에 해당된다. 근거법령은「자유무역협정 체결에 따른 농어업인 등의 지원에 관한 특별법」제5조(농어업등의 경쟁력 향상을 위한 지원)이며, 연도별 재정투입은 2014~2016년까지 각각 200억 원, 2017년 이후는 840억 원의 예산을 투입할 계획이다.

표 4 연도별 재정투입 계획(시설원예)

단위: 백만 원

	2014	2015	2016	2017 이후
합계	20,000	20,000	20,000	84,000
국고	4,000	6,000	4,000	16,800
용자	6,000	6,000	6,000	5,040
지방비	6,000	6,000	6,000	5,040
자부담	4,000	4,000	4,000	16,800

사업대상자는 채소·화훼류 등(육묘, 버섯, 인삼, 인삼·약용채소) 자동화 재배 시설을 운영하는 농업인·농업법인·생산자 단체이며 ‘시설원예현대화사업’등을 통한 ICT 시설기반 구축사업을 동시에 추진하고 있다.

지원 대상은 시설원예 분야 ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템인 센서장비(외부 온도·풍속·강우·조도 등과 시설 내부 온습도, CO₂, 토양수분, 배지수분, 양액 EC/pH 모니터링을 위한 센서장비), 영상장비(영상모니터링 장비 등), 제어장비(환풍기, 천창, 측창, 차광커튼, 보온커튼, 광량, 강우 및 양액재배시설 등 제어장비), 정보시스템(온실 내 센싱, 제어정보의 모니터링, 제어 및 분석 시스템) 등이다. 지원형태는 국고(보조 20%, 용자 30%), 지방비 30%, 자부담 20%로 구성되며 용자금 일부는 지방비 대체가 가능하다.

지원 상한액은 2억 원(총 사업비 기준 1백만 원 미만 사업 지원 제외)으로 사업집행 시 실단가를 적용한다. 사업주관기관장 책임 하에 철저한 검토·확인(사업비 산출근거, 견적서, 원가계산서, 타 지자체 사례 등)을 거쳐 집행하게 되어 있다.

5.4.2. 축산부문

축산부문 ICT 융복합 확산사업의 목적은 축산농가의 생산비 절감 및 최적 사양관리 등으로 경쟁력을 강화하기 위한 ‘ICT 융복합 장비지원’이다. 사업의 범위는 환경관리, 생장관리, 정보분석으로 구분할 수 있다. 구체적으로 환경관리 부문은 축사 내부(온도, 습도, 정전, 화재), 외부(온도, 습도, 풍향, 풍속, CCTV) 등의 정보수집 및 원격 모니터링, 사양관리 부문은 사료빈 관리기, 출하선별기, 자동 급이기, 음수관리기 등의 제어

를 통한 사양관리, 마지막으로 경영관리 부문은 생산관리, 경영관리, 출하관리 등을 통한 경영계획 수립 및 분석 등이 이 사업에 해당된다.

근거법령은 시설원에 부문과 마찬가지로 「자유무역협정 체결에 따른 농어업인 등의 지원에 관한 특별법」 제5조(농어업등의 경쟁력 향상을 위한 지원)이며, 2016년 재정투입은 135억 원이며 2017년 이후에는 153억 원의 예산이 투입될 계획이다. 사업대상자는 ICT 융복합 시설 적용이 가능한 양돈경영체로 시설현대화 조건을 갖춘 돈사이며 1,000두를 기본단위로 규모별로 적용(최소 700두 이상)하는 것으로 규정하고 있다. 지원형태는 국고보조 30%, 융자 50%, 자부담 20%로 구성되며 융자금 및 자부담을 지방비로 대체 할 수 있다. 지원한도액은 1,000두를 기준으로 1억 원 수준으로 시설 및 사육두수 증가에 따라 사업비 증액은 규격 및 서비스 기준을 준수하고 사전 컨설팅 결과를 반영한 실소요액을 반영한다. 또한 사업비의 상한액 기준은 5억 원이다.

표 5

연도별 재정투입 계획(축산)

단위: 백만 원

	2014	2015	2016	2017 이후
합계	7,200	9,000	13,500	15,300
국고	2,160	2,700	4,050	4,590
융자	3,600	4,500	6,750	7,650
자부담	1,440	1,800	2,700	3,060

06' 스마트팜 기술 수준 및 기술개발 방향[7]

6.1 국내 스마트팜 기술수준

스마트팜 관련 기술수준을 1세대, 2세대, 3세대로 구분할 수 있다.

1세대는 센서를 통한 환경변화 모니터링과 편리성 증진, 기능제어 등 제어시스템으로 구성된다. 한국은 1.5세대로서 일본의 2세대를 추격 중이다.

2세대 기술은 스마트팜 최적화 단계이다. 일본이 현재 2세대로 미국을 추격하고 있는 단계이다. 2세대는 생육환경의 최적화 알고리즘 적용, 생산성 향상, 농작물의 질병예방 및 생육진단 서비스를 제공하는 단계이다.

3세대는 네덜란드로 가장 기술수준이 우위에 있다. 미국이 네덜란드를 추격하고 있으며, 시설 내 온·습도 등을 자율적으로 조절할 수 있도록 기술을 개발하여 수출하는 단계이다.



4차 산업혁명 기술 개발 방향 설정을 위해 세계 주요국과 우리나라의 기술수준을 비교해 볼 필요가 있다. 이에, 농림식품과학기술의 효율적 관리와 농식품 R&D 통합 조정의 틀인 ‘농림식품과학기술분류체계 (2017.12.29 고시)’를 바탕으로 4차 산업혁명과 농식품 분야에 관련된 기술을 농림식품 기계·시스템(농업 시설·환경기계·시스템/농업자동화·로봇화)과 농림식품 융복합(식물공장/유비쿼터스 정보화 기술) 기술로 나누어 살펴본 각각의 기술 수준은 다음과 같다.

먼저 우리나라 농림식품 기계·시스템 분야의 기술수준은 최고 기술 보유국인 미국을 100.0으로 보았을 때 75.0으로 주요국 9개 국가 중 8위이다. 중국은 66.2로 우리보다 낮은 수준이다. 농업기계·시스템은 최고 기술국(미국) 대비 76.6, 식품기계·시스템은 최고기술국(독일) 대비 68.0, 임업기계·시스템 최고기술국(미국) 대비 78.0, 축산업기계·시스템 최고기술국(네덜란드) 대비 76.5 수준으로 전체적으로 추격그룹에 속한다.

표 6 농림식품기계·시스템 분야 기술수준(기술선진국=100.0)

분야	한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국
농업기계 시스템	76.6(8)	100.0(1)	97.3(2)	86.7(6)	87.0(5)	95.2(3)	94.9(4)	84.3(7)	64.6(9)
식품기계 시스템	68.0(8)	98.7(2)	98.5(3)	87.2(4)	86.0(5)	84.4(6)	100.0(1)	75.2(7)	63.6(9)
임업기계 시스템	78.0(5)	100.0(1)	99.4(2)	78.7(4)	76.2(7)	75.6(8)	92.1(3)	76.5(6)	75.0(9)
축산업기계 시스템	76.5(8)	99.5(2)	96.6(4)	92.3(6)	92.9(5)	100.0(1)	97.4(3)	85.1(7)	64.8(9)
전체	75.0(8)	100.0(1)	98.2(2)	86.8(5)	86.4(6)	90.8(4)	96.5(3)	81.4(7)	66.2(9)

주: 기술선진국= 100.0, () 순위

다음으로 농림식품 융복합 기술수준은 미국을 100.0로 할 때 우리는 73.0으로 농림식품기계·시스템 분야와 마찬가지로 추격그룹에 속하며 주요 9개 국가 중 8위 수준이다. 농생명 신소재·시스템 분야의 기술수준이 상대적으로 높은 수준을 나타내고 있으나, 농생명신소재·시스템의 최고기술 보유국(미국) 대비 74.6, 농생명 에너지 자원 기술은 최고기술보유국(독일) 대비 68.2, 농생명 정보·전자 기술은 최고기술보유국(미국) 대비 71.5로 전제적으로 추격그룹에 속한다.

표 7 농림식품 융복합 분야 기술수준

분야	한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국	
주요 분야	농생명 신소재·시스템	74.6(8)	100.0(1)	93.3(2)	85.6(4)	84.3(5)	83.4(6)	89.1(3)	79.1(7)	70.8(9)
	농생명 에너지 자원	68.2(8)	97.4(2)	92.9(4)	85.4(5)	84.7(6)	94.1(3)	100.0(1)	83.3(7)	66.3(9)
	농생명 정보·전자	71.5(8)	100.0(1)	88.3(2)	81.4(6)	81.7(5)	86.9(4)	87.5(3)	77.8(7)	64.5(9)
	전체	73.0(8)	100.0(1)	92.5(2)	85.0(5)	84.2(6)	86.7(4)	91.2(3)	80.0(7)	68.8(9)

주: 기술선진국= 100.0, () 순위

6.2 4차 산업혁명 적용 가능 기술 및 개발 중인 기술①

현재 4차 산업혁명 기술 중 우리나라 농업부문에 적용 가능한 기술은 다음과 같다. IoT기술은 스마트팜 원격 재배, 동물 체내에 센서를 삽입하여 건강관리, 농산물 자동선별정보 및 입출고관리, 수발주·배송 등 농식품 유통 이력관리, 기능성 식품개발 등에 이용되고 있다. 로봇 부문에서는 무인자동화 기술을 활용하고 있는 식물공장, 자동 육묘 및 파종 로봇 등이 있다. 드론 분야에서는 무인기 활용 방제와 드론 활용 산지 작황 정보 관측 등에 이용되고 있다. 클라우드 기술은 소비자의 농산물 구매 성향 분석, 질병 방역대 및 차량이동 등의 빅데이터 분석을 활용한 축산 질병 예측 등에 적용 가능하다. 나노 및 바이오 부문은 우수 종자관리, 유전자 분석 기술을 활용한 축산 질병 탐색 기술이 개발되었고 유전자 분석기법 및 패턴분석 기술을 활용한 원산지 식별 기술도 적용 가능하다.

표 8

4차 산업혁명 기술의 농업부문 적용 가능 기술

주요기술	분야	농업부문 적용 가능 기술
사물인터넷 (인공지능)	생산	·IoT 기반 스마트팜을 통한 원격·자동 농작물 재배
		·딥러닝 등 인공지능 기술 탑재를 통한 최적 재배
		·동물 체내 사입형 센서를 활용한 동물 건강·질병 관리
	유통	·자동선별정보, 입·출고관리, 수발주, 배송 등 농식품 유통 이력관리
식품	·기능성 식품개발, 안전관리 및 IoT 기반 기술 활용한 메뉴판 활용	
로봇 (무인자동화)	생산	·무인자동화 기술을 활용한 식물공장
		·자동 육묘 및 파종 로봇 기술
		·무인주행기술을 활용한 노지작물 방제 및 측사 청소 로봇
		·탐색 기술을 활용한 무인 수확기 등 작업기
		·이미지 탐색 기술을 활용한 생육정보 자동 취득
	·농작업 보조 로봇을 활용한 노동절감 및 작업패턴 분석	
드론 (무인기)	생산	·드론(무인기)을 활용한 방제
	관측	·원격탐사, 드론 및 빅데이터 기술을 활용한 산지 작황정보 관측
	질병	·드론을 활용한 작물(산림) 질병 등 예측·탐지
빅데이터 (클라우드)	생산	·스마트팜 환경·생육정보 활용 최적 재배환경 건설팅
	소비, 유통	·빅데이터 기반 소비자 농산물 구매 성향 분석 및 직거래 유통 지원
	질병	·질병 방역대 및 차량이동 등의 빅데이터 분석을 활용한 축산질병 발생예측 및 분석, 방역관리
	관측	·빅데이터 정보를 활용한 영농정보 종합 지원, 스마트팜 맵, 공간정보 기반의 빅데이터 활용
나노·바이오	생산	·분광 스펙트럼을 활용한 이병 종자 및 유전자 변형 농산물 관리
	질병	·DNA 등 유전자 분석 기술을 활용한 축산 질병 탐색 ·나노 및 핵융합 기술 활용 축사·산지유통시설의 유해 환경요소 관리
	소비	·유전자 분석기법 및 패턴분석 기술을 활용한 원산지 식별
기타	소비	·3D 프린팅을 통한 소규모 판매, 농산물 포장재 개발
	에너지	·가축분뇨, 발전소 폐열, 신재생에너지 등을 활용한 에너지 저장(ESS) 및 통합(EMS) 관리기술

현재 농업분야에서 개발 중에 있는 4차 산업혁명 기술은 빅데이터, 인공지능(AI), 로봇, IoT, ICT 융복합 등이 있다. 빅데이터 분야에서 개발 중인 기술은 기상정보 및 관련 빅데이터를 활용한 농업용저수지 정보 분석 기술, 가축의 형질 결정 유전인자에 대한 빅데이터 분석을 통한 생산성 향상, 신경회로망 응용 토마토 주요 병충해 실시간 진단 분석 기술 등이 있다. 인공지능(AI) 분야에서 개발 중인 기술은 인공지능 기반 IoT 클라우드형 개방형 스마트팜 통합제어장치 개발 및 산업화, 가축생체 정보기반 동물복지 돈사관리모형 개발, 신경회로망 응용 토마토 주요 병충해 실시간 진단 분석 기술 등이 있다. 로봇 분야에서 개발 중인 기술은 병충해 모니터링용 무인기 및 항공방제용 무인기 등이 있으며, ICT 융복합 분야에서는 가축의 생산성 향상을 위한 ICT융합 기술이 적용된 스마트 통합제어 및 모니터링 시스템 등이 있다.

표 9 농업부문 4차 산업혁명 기술 개발 중인 과제	
분야	농업부문에 적용 가능한 기술 개발 중인 과제
빅데이터	· 기상정보 및 관련 빅데이터를 활용한 농업용 저수지 정보 분석 기술개발
	· 작물생육 자동센싱 및 생육데이터 분석시스템 개발
	· 축산 ICT 장치 기준설정 및 빅데이터 활용, 젓소 건강모니터링 기술 연구
인공지능 (AI)	· 가축의 형질 결정 유전인자에 대한 빅데이터 분석을 통한 생산성 향상 기술 개발
	· 빅데이터 기반 종축 선발체계 및 ICT융합 종자개량 정보활용 기술 개발
	· 인공지능 기반 IoT 클라우드형 개방형 스마트팜 통합제어장치 개발 및 산업화
로봇	· 가축생체 정보기반 동물복지 돈사관리모형 개발
	· 신경회로망 응용 토마토 주요 병충해 실시간 진단 분석 기술 개발
	· ICT 연동축사 자동 사료 급여 및 다기능 작업용 로봇 시스템 개발
사물인터넷 (IoT)	· 농업생산 무인자동화 인력 양성 및 연구
	· 병충해 모니터링 용 무인기 및 항공방제 용 무인기 개발을 통한 방제시스템 구축
	· 주요 발작물의 생육모니터링을 위한 무인기 기반 원격탐사 기술개발
사물인터넷 (IoT)	· IoT 상태모니터링 기술 기반 스마트 양봉 시스템 구현 및 국가방역체계 적용
	· IoT 기반 저수지 붕괴 예·경보 시스템 개발
	· IoT 기반 양돈 작업환경 통합 제어환경 구축 및 안전증진 연구

분야	농업부문에 적용 가능한 기술 개발 중인 과제
ICT 융복합	·ICT/BT 기반 양파·마늘 작물의 가뭄·저온·병해 현장 진단 및 작황 예측 기술 개발
	·영상기술 활용 가축호흡기 질병과 철새이동모니터링 및 피드백시스템 개발
	·u-IT기반 광역통합 RPC 모델 개발
	·ICT 융복합기술 활용 배 및 파프리카 안전 및 품질관리 기술 개발
	·시설원에 스마트팜 관련 신제품 실증시험지원 및 테스트베드 구축
	·ICT 기반 시설재배양액의 재활용 및 환경제어 복합형 양액시스템 개발
	·스마트폰 기반 주요 시설원에 작물병해충 진단·처방 시스템 구축 및 실증 연구
	·ICT도입으로 농산물 유통 효율 개선이 가능한 온라인 직경매 시스템 사업화
	·축산 스마트팜 용 ICT 기자재 국산화 기술개발
	·ICT기반 지능형 스마트폰 앱과 나노촉매기술을 활용 돈사 악취저감 시스템 기술개발
	·열화상 카메라 기술을 활용한 ICT융합 대가축 건강모니터링 기술 개발
	·시설농업용 ICT 융·복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발
	·시설원에 생산량 증대 및 경영비 절감을 위한 클라우드 기반 자율제어 시스템 개발
	·ICT기반 농업 가뭄 모니터링 신기술 개발
	·시설농업 ICT융합 운영활성화 모델 개발
	·ICT융합 스마트 원예시설 산업화 모델 개발
	·ICT 시설원에 데이터 기반 복합환경제어기 기능 개선 방안 연구
	·ICT 활용 축종별 스마트 축사 관리모델 개발
	·ICT융합 시설재배 포도 병해충 예측 및 생육 정밀관리기술 연구
	·ICT기반 공정육묘 스마트 관수 시스템 연구

출처 : 농림축산부 내부자료

IoT분야는 IoT 기반 저수지 붕괴 예·경보 시스템 개발, IoT 기반 양돈 작업환경 통합 제어환경 구축 및 안전 증진 연구를 수행하고 있다. ICT 융복합 분야에서 개발 중인 기술은 ICT/BT 기반 양파·마늘의 가뭄·저온·병해 현장 진단 및 작황 예측 기술, 영상기술을 활용하여 가축의 호흡기 질병과 철새 이동 모니터링 및 피드백시스템 개발 중에 있다. 또한, 스마트팜 관련 신제품 실증시험지원 및 테스트베드 구축, 스마트폰 기반 주요 시설원에 작물 병해충 진단·처방 시스템 구축 및 실증, 시설농업용 ICT 융·복합기술기반 CO2시비 및 에너지통합시스템 개발, 시설원에 작물의 생산량 증대 및 경영비 절감을 위한 클라우드기반 자율제어 시스템이 개발 중에 있다. 유통부문에서는 ICT도입으로 농산물 유통 효율 개선이 가능한 온라인 직경매 시스템 사업화, ICT기반 지능형 스마트폰 앱과 나노 촉매기술을 개발하고 있다. 축산분야에서는 돈사 악취 저감 시스템 기술개발, 열화상 카메라 기술을 활용한 ICT 융합 대가축 건강모니터링 기술 개발, ICT 활용 축종별 스마트 축사 관리모델 개발 등이 이루어지고 있다.

6.3 스마트팜 발전을 위한 전략 우선순위 결정[10]

스마트팜 발전을 위한 우선순위를 결정하기 위해 농림축산식품부 주도의 '스마트팜 워킹그룹' 및 농업관련 유관기관 및 스마트팜 전문가 등과 심층 논의를 통해 주제별로 전략기준을 설정하고 이를 수행하기 위한 세부항목과 발전전략을 수립하여 우선순위를 정하는 계층분석(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 실시하였다.

스마트팜 발전을 위한 전략 우선순위는 '4차 산업혁명 관련 인프라 구축'이 가장 시급한 것으로 나타났고, 다음으로 '비즈니스 모델 개발'이 필요한 것으로 분석되었다. 이는 IoT, 빅데이터, 센싱기술, 클라우드 컴퓨팅 등 관련 기술보다는 그 기술들이 실현될 수 있는 생태계 조성이 우선적으로 실현되어야 함을 의미한다. 또한 관련 기술들이 개발에만 그치지 않고 사업화까지 연결될 수 있는 체계가 구축되어야 할 것이다. 전반적으로 스마트팜 발전을 위한 우선 전략을 관련 인프라 구축에 두고 있으나 전문가 그룹별로는 다소 견해 차이가 있었다.

경제·정책 분야의 전문가는 4차 산업 핵심기술 적용에 우선순위를 두었고, 기술분야 전문가는 비즈니스 모델개발에 중점을 두고 있었다. 이러한 차이는 경제·정책 전문가가 4차 산업 핵심기술의 적용 자체에 무게를 두는 반면, 기술전문가는 스마트팜의 경제성에 방점을 두고 있기 때문이라고 판단된다.

표 10 스마트팜 확대 방안 마련을 전략 우선순위

전략적 기준	전체 전문가	경제정책 전문가그룹	기술분야 전문가 그룹
4차산업 핵심기술 적용	0.242	0.299	0.200
비즈니스 모델개발	0.319	0.252	0.378
4차산업 인프라 구축	0.439	0.450	0.422

주: CI =0.0048 , CR= 0.0084.(전체 전문가 결과)

첫 번째 중요 전략은 '4차 산업혁명 인프라 구축'이다. 세부적으로 중요도를 살펴보면, 제일 먼저 '인력육성'방안 마련이 가장 필요한 것으로 나타났다. 다음으로는 'R&D 강화'와 '데이터인프라 구축'순이다. 경제·정책 전문가 그룹은 인력육성에 못지않게 '법, 제도 정비'를 중요한 전략 요인으로 판단하고 있다.

표 11 스마트팜 확대 방안 마련을 위한 인프라 구축 우선순위

4차산업 인프라 구축	전체 전문가	경제정책 전문가그룹	기술분야 전문가 그룹
법, 규제, 제도 정비	0.126	0.207	0.082
자금지원	0.065	0.063	0.064
R&D	0.192	0.185	0.192
인력육성	0.218	0.217	0.212
데이터 인프라 구축	0.165	0.125	0.197
스마트팜 런칭프로그램	0.109	0.097	0.116
주체별 역할	0.125	0.106	0.137

주: CI =0.0018 , CR= 0.0014.(전체 전문가 결과)

두 번째로 중요 전략은 '비즈니스모델 개발'이다. 이 부문에서 '자율주행농기계'와 '지능형로봇' 적용이 세부 전략에서 우선순위가 가장 높게 나타났다. 우리나라에서 가장 큰 농업현안은 농업 노동력 부족임을 명시한 것이다. 전문가 그룹 경제·정책 전문가는 '자율주행 농기계'와 '지능형 로봇' 적용을, 기술분야 전문가는 '자율주행 농기계'와 '관련 앱 개발'을 중요한 세부전략 요소로 지적하였다.

표 12 스마트팜 확대 방안 마련을 위한 **비즈니스모델 개발** 우선순위

비즈니스 모델개발	전체 전문가	경제정책 전문가그룹	기술분야 전문가 그룹
지능형 로봇	0.191	0.220	0.170
드론	0.158	0.183	0.139
자율주행 농기계	0.197	0.189	0.202
3D 프린팅	0.077	0.074	0.079
블록체인	0.076	0.064	0.087
앱(App) 개발	0.185	0.165	0.201
나노/신소재	0.115	0.104	0.122

주: CI =0.0107 , CR= 0.0081.(전체 전문가 결과)

세 번째 주요전략은 핵심기술 적용 부문이다. 이 부문에서 가장 먼저 수립해야 할 전략은 '데이터 분석'과 '빅데이터'인 것으로 나타났다. 이 두 기술은 4차 산업혁명 기술 중에서 가장 핵심 기술이라 말할 수 있다.

표 13 스마트팜 확대 방안 마련을 위한 **핵심기술 개발** 우선순위

4차산업 핵심기술 적용	전체 전문가	경제정책 전문가그룹	기술분야 전문가 그룹
사물인터넷	0.094	0.120	0.076
센싱	0.167	0.147	0.179
빅데이터	0.191	0.221	0.166
데이터 분석	0.232	0.269	0.201
클라우드컴퓨팅	0.107	0.093	0.116
딥러닝	0.096	0.072	0.117
인공지능	0.113	0.078	0.146

주: CI =0.0112 , CR= 0.0085(전체 전문가 결과)

6.4 스마트팜 기술의 중요도[10]

4차 산업혁명 대응 스마트팜의 분야별 세부 전략에 대한 리커트 척도를 통해 분야별 중요도를 분석하였다. 4차 산업혁명 핵심기술 적용 분야에서는 IoT, 센싱기술, 빅데이터, 데이터 분석 등이 중요도가 높았으며 상대적으로 클라우드컴퓨팅, 딥러닝, 인공지능 등은 다소 낮은 것으로 나타났다.

표 14 4차 산업혁명 대응 스마트팜의 분야별 중요도 평가

전략기준	세부 항목	전체 전문가	경제정책 전문가그룹	기술분야 전문가 그룹
4차 산업 핵심 기술 적용	a) 사물인터넷	4.05	4.16	3.96
	b) 센싱기술	4.40	4.21	4.54
	c) 빅데이터	4.42	4.47	4.38
	d) 데이터분석	4.37	4.53	4.25
	e) 클라우드컴퓨팅	3.72	3.68	3.75
	f) 딥러닝	3.79	3.79	3.79
	g) 인공지능	3.98	3.90	4.04
비즈니스 모델개발	a) 지능형로봇	4.23	4.37	4.13
	b) 드론	4.05	4.26	3.88
	c) 자율주행 농기계	4.19	4.21	4.17
	d) 3D 프린팅	3.33	3.32	3.33
	e) 블록체인	3.09	3.05	3.13
	f) 앱(App) 개발	3.91	3.95	3.88
	g) 나노/신소재	3.42	3.53	3.33
4차 산업 인프라 구축	a) 법, 규제, 제도	4.14	4.42	3.92
	b) 자금지원	3.67	3.74	3.63
	c) R&D	4.28	4.26	4.29
	d) 인력육성	4.38	4.39	4.38
	e) 데이터인프라	4.22	4.29	4.17
	f) 스마트팜 런칭프로그램	3.59	3.65	3.54
	g) 주체별 역할	3.78	3.82	3.75

주: 중요도 평가는 '가장 중요'5점, '중요'4점, '보통'3점, '적게 중요'2점, '중요하지 않음'1점

비즈니스 모델개발 분야에서는 지능형 로봇과 드론, 자율주행 농기계가 중요한 분야로 분석되었고 블록체인의 경우에는 가장 낮은 중요도를 보였다. 4차 산업혁명 인프라 구축 분야에서는 인력육성, 데이터인프라, R&D가 가장 중요한 요소로 분석되었으며 자금지원, 런칭프로그램 등은 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 나타났다.

07' 결론

4차 산업혁명 기술을 이용하여 농업분야를 한 단계 도약시키기 위해서는 농업을 미래성장산업에 포함시켜야 한다. 이를 위한 혁신전략은 스마트팜 도입 농가의 기술 활용 기반구축 전략, 4차 산업혁명 기술 보급 확대 전략, 스마트농업의 인프라 구축과 지속적으로 스마트농업을 육성하기 위한 거버넌스 체계 구축이다.

먼저, 스마트농업 도입 농가의 기술 활용 기반을 구축하기 위한 스마트농업의 기술 보급확대를 위해서는 초기 투자자본 지원 강화, 농가 수준에 맞는 맞춤형 지원 등이 필요하며, 무엇보다도 농가가 스마트농업을 도입하고자 할 때 필요한 서류, 인허가, 대출 조건 등 많은 행정절차와 시간을 일괄 처리할 수 있는 원스톱시스템 구축이 중요하다. 또한 처음 스마트농업을 접하는 농가의 투자대비 성과 불확실성을 감소시키기 위해 선진농장 견학과 테스트베드 실습으로 기술 습득과 동시에 성과 확신을 사전에 갖게 할 필요가 있다.

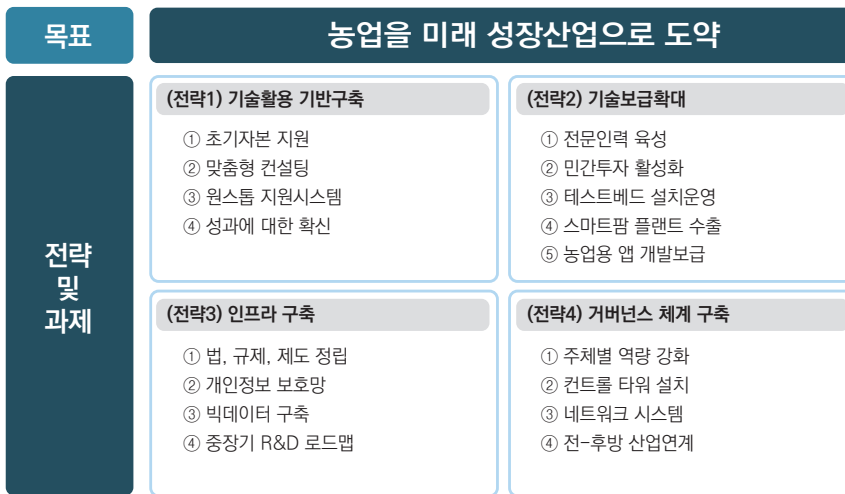
둘째, 스마트팜의 보급 확대를 위해서는 스마트팜을 실질적으로 실천 가능하게 하는 인력 육성, 민간투자 활성화, 테스트베드 설치 운영 등이 필요하며, 스마트팜의 수요자인 농가가 직접 사용할 수 있는 농업용 앱 개발 보급이 시급하다.

셋째, 기술개발 및 보급확대 인프라 구축 부문이다. 현재 스마트농업의 확산에 걸림돌이 될 수 있는 법, 제도의 정비가 요구되며 농가 정보를 보호할 수 있는 개인정보보호 방안이 절실하다. 또한 스마트농업에서 가장 중요시 되고 있는 데이터 구축 확립과 지속적인 스마트농업 발전을 위한 R&D 중장기 로드맵도 사전에 준비되어야 한다.

마지막으로 4차 산업혁명 기술 관련 및 각 농업 주체들의 역할 정립 및 컨트롤타워 설치, 전·후방산업 연계를 위한 거버넌스 체계 구축도 절실히 필요하다.

그림 7

스마트팜 확대전략 및 추진과제



출처: 김연중 외(2017)

Kim, Yean-Jung

저자
김연중

학력

전북대학교 농업경제 박사
전북대학교 농업경제 석사
전북대학교 농업경제 학사

경력

現) 한국농촌경제연구원 선임연구위원

참고문헌

1. 김연중 외 「4차 산업혁명 대응 스마트농업 발전방안」 한국농촌경제연구원 2017
2. 강원일보. 4차 산업혁명과 일자리 지각변동(2017. 5. 22)
3. 하원규·최남희. 2015 「제4차 산업혁명」 콘텐츠하다
4. 4차 산업혁명 위원회 「4차 산업혁명 대응계획」 요약정리 2017.11
5. 김상철 농진청 내부자료
6. 농림축산식품부 농림시행지침서 각 년도
7. 농림식품기술기획평가원 「2016 농림식품 기술수준평가」 2016.
8. 정재진 “4차 산업혁명과 농업생산 혁신 전략” 「4차 산업혁명과 농업·농촌 변화 전망」 세미나자료집 농림식품기술기획평가원 2017.
9. 농림축산식품부 내부자료
10. 김연중 외 스마트팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구. 한국농촌경제연구

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 March vol.4 no.3

<http://cipc.kist.re.kr>

02

4차 산업혁명 시대의 미래 스마트팜 기술

한국과학기술연구원 SFS 융합연구단
노주원 단장 (cwnho@kist.re.kr), 김호연 박사 (hykim@kist.re.kr)

01' 서론

인류에게 있어 농업의 발전은 문명의 발전으로 이어졌다. 채집 경제로 시작된 구석기 시대 이후 생산 경제로 발전하는 이른바 신석기 혁명으로 가장 큰 전환이 이루어진 것이 바로 농업 생산이었다. 인류 문명이 진화하면서 기근이라는 고질적인 문제가 발생하였지만, 20세기 후반 노만 볼로그(Norman Borlaug)가 주도한 '제 1의 녹색혁명'으로 작물 품종개량, 화학비료, 살충제 및 제초제 개발 등으로 농업 분야가 획기적으로 발전했다. 이를 통해 많은 동아시아 개발도상국인들의 식량난을 해결한 것뿐만 아니라, 향후 경제성장의 초석을 다지는 계기가 되었다. 제 1의 녹색혁명으로 많은 사람들이 굶주림에서 해방되었지만, 지속적인 인구증가로 인해 과학자들 사이에 자연스레 '제 2의 녹색혁명'의 필요성이 대두되었다. 그 결과 유전공학의 GMO(Genetically Modified Organism) 식물이 등장했다. 이는 단순한 교배를 통한 생산량 증대가 아닌, 작물이 가지고 있는 유전자를 인위적으로 조작하여 생산량을 극대화 할 뿐만 아니라 기능성 물질의 변화를 통해 식량의 양적·질적 증대를 모두 추구하게 된 것이다. 대표적인 예로 GMO의 Golden Rice, taxol 같은 항암제 및 carotene 같은 항산화 영양제의 대량생산, BT 유전자를 이용한 목화 생산량의 극대화 등이 있다. 하지만 유전자의 인위적인 변형에 대한 환경단체의 반발과 미국과 유럽의 GMO에 대한 입장차이 등으로 '제 2의 녹색혁명' 또한 최종 대안이 되지 못하고 있는 실정이다.

UN의 세계인구 전망 보고서[1]에 따르면 현재의 72억 명의 세계 인구가 2050년에 100억 명을 육박하고, 그 늘어나는 인구의 절반은 개발도상국이라는 보고가 있다. 99%의 GMO 콩과 옥수수를 생산하는 미국과 GMO 작물을 거부하고 자연친화적인 먹거리를 찾고 있는 유럽, 해마다 예상치 못한 기후변화와 그로 인해 요동치는 물가변동, 이러한 실정에서 우리는 늘어나는 인구를 위한 70%의 식량생산을 어떻게 해결할 수 있을까? 지금의 먹거리 시스템으로는 현재 세계 인구를 지속가능한 방식으로 이끌지 못한다. 약 8억 명의 사람들이 영양부족 상태에 있으며, 12억 명이 과체중 또는 비만이다. 또한, 식량 생산, 운송, 가공 및 음식물 폐기물은 환경 자원에 부담을 안겨주고 있다. 2009년 세계경제포럼(World Economic Forum, 다보스포럼) 파트너가 정의한 '농업을 위한 새로운 비전'은 세계의 수요를 충족시키기 위해 지속가능한 농업이 식량 안보, 지속가능한 발전 및 경제적 기회를 동시에 제공해야 한다고 주장한다. 그럼 미래의 농업은 어떠한 방향으로 발전할 수 있는 걸까?

제 4차 산업혁명을 “지난 세기 중반 이래로 발생한 디지털 혁명인 제 3차 산업혁명을 제 4차 산업혁명이 라고 부르고 이는 물리적, 디지털 및 생물학적 영역 간의 경계를 모호하게 만드는 기술의 융합을 특징으로 한다”라고 세계경제포럼의 창립자 겸 집행위원장인 클라우스 슈왑(Klaus Schwab)은 말했다. 이 새로운 혁명에서 시스템은 상호 연결되고, 적응력과 복원력이 뛰어나 기하급수적인 속도로 지능적이 된다. 현재는 그 변화의 속도와 규모에 대한 인적·기술적 도전이 남아 있지만, 4차 산업혁명은 생산 시스템의 생산성과 효율성을 근본적으로 변화시킬 수 있는 획기적인 힘이 있음은 틀림없다. 특히, 물리적, 디지털 및 생물학적 영역의 기술 융합을 4차 산업혁명에서 일어나는 변화의 중심에 놓는다면, 농식품 부문의 변화는 상상을 초월할 것이다. 왜냐하면 그것은 식품, 음료, 섬유 및 목재가 전세계에서 생산, 가공, 유통 및 소비되는 방식을 바꿀 것이고 우리가 입는 옷, 그들이 제조한 섬유, 우리 집을 짓는데 사용된 재료에 혁명을 일으킬 것이기 때문이다.

이러한 4차 산업혁명에 맞춰 농업 관련 대기업들은 이미 핵심 기술로 대표되는 ICBM(IoT, Cloud, Big-Data and Mobile)이 가장 빠르게 도약할 수 있는 분야로 보고 이에 대비하고 있다. 최근 미국 실리콘밸리를 비롯해 세계 IT 기업들이 일제히 농업분야에 투자하고 있으며, 포춘지(Fortune) 등 주요 외신의 최근 2년간 실리콘밸리 스타트업 투자 동향을 보면 농축산업과 식품 관련 투자가 급증하고 있다. 지난해 농업 및 식품분야에 투자된 벤처캐피탈 자금이 전년대비 54% 늘어난 4억 8,600만 달러(약 5,640억 원)를 기록했다. 특히, 투자대상이 된 기업들은 파머 비즈니스 네트워크(Farmers Business Network), 팜 링크(Farm Link), 어댑트 N(Adapt-N) 등 대부분 클라우드 기반의 농업·농장관리 소프트웨어 개발 및 각종 농업관련 정보를 제공하는 회사들이다. 미국 존디어(John Deere)의 '시드스타 모바일(SeedStar Mobile)'과 듀폰트 파이오니어(DuPont Pioneer)의 'Pioneer Field360 Select' 소프트웨어, 몬산토(Monsanto)의 자회사인 클라이메이트 코퍼레이션(Climate Cooperation) 등이 만들어내는 서비스 제품들은 4차 산업혁명의 핵심기술인 IoT(Internet of Things, 사물인터넷), 클라우드 기술과 방대한 농업 빅데이터를 활용하여 전 세계 농업인들이 보다 안정적으로 농장을 경영하고 수익을 증대시킬 수 있는 혁신적인 농업 시스템을 제공한다. 미국 외에도 네덜란드, 캐나다, 일본 등은 '정밀 작물 재배관리를 위한 센서·네트워크 기반의 소프트웨어 기술과 지능형 농장관리 기술' 등을 통하여 앞 다투어 스마트 농업 시장에 뛰어들고 있다.

우리나라의 경우는 어떠할까? 현재 우리나라 농업도 여러가지 현안을 안고 있다. 가장 심각한 문제는 농업인구 고령화 및 스마트 농업시스템 부재로 인해 농업생산성이 꾸준히 감소한다는 것이다. 특히, 농업선진

국과 비교하였을 때 우리나라 농업인당 경지면적이 0.6 ha로 대부분 소규모 자작농에 머물러 있어 농업의 대규모화 및 현대화가 시급한 실정이다. 최근 이러한 농업현안을 해결하기 위한 혁신 시스템으로 지능형 생육관리가 가능한 스마트팜(Smart farm)이 대안으로 떠오르며, 농림축산식품부 및 농촌진흥청 등 정부 주도 하에 스마트팜 핵심기술 개발 및 보급확산에 힘을 쏟고 있다. 이러한, 정부의 스마트팜 보급확산 정책이 탄력 받기 위해서는 한국형 스마트팜 핵심원천기술 개발이 선행이 되어야 하고, 농업 선진기술들이 국내 농산업계에 기술이전 되어 개별 농가들이 저렴한 가격의 우수한 표준화된 국산 스마트팜 시스템을 이용할 수 있도록 해야 한다. 이 결과, 농산업체의 글로벌 경쟁력 강화뿐만 아니라 농가의 수익창출로 이어져 자연스럽게 우리나라 국가 농업 경쟁력을 높이는 길이 될 것이라 생각한다.

02' 스마트팜 기술 및 산업 동향

2.1 스마트팜이란?

스마트팜이란 말 그대로 똑똑한 농업이다. 기존의 경험 위주의 농업이나 관행적인 농업이 아닌, 정보통신 기술(ICT) 기반의 융복합 시스템을 농업에 접목한 21세기 미래의 농업으로써 정밀 장비, IoT센서(sensor) 및 액추에이터(actuator), 지리 위치 확인 시스템, 빅데이터, 무인 항공기, 로봇 공학 등 보다 정확하고 자원 효율적인 접근법을 기반으로 더 생산적이고 지속가능한 농업 환경을 제공 할 실질적인 잠재력을 가지고 있다. 기존의 제 1, 2의 녹색혁명이 식물 육종(plant breeding)과 유전학(genetics)에 초점을 맞춘 혁명이었다면, '제 3의 녹색혁명'이라고 불리는 스마트팜 기술은 사람, 식물 그리고 환경에 초점을 맞춘 미래 농업 기술이라 할 수 있다.



2.2 스마트팜 기술개발 현황 및 산업동향

2.1.1 해외사례

1) 미국

미국의 농업은 거대한 땅에서 나오는 엄청난 양의 생산능력을 기반으로 농산물 생산량 및 교역량 측면에서 세계 1위의 농업국임은 부인 할 수 없다. 최근 미국은 인공위성에서 받은 위치정보를 이용해 무인 트랙터로 농장을 원격 관리한다. ICT, 생명과학 기술 및 나노 기술 등의 융합을 통해 미국에서는 새로운 농업의 물결이 일고 있다. 이러한 농업 시장을 활성화 시키는 대표적인 기업이 바로 몬산토에 1조 원에 인수된 클라이밋 코퍼레이션(Climat Cooperation)이다. 이 기업은 정밀도 100m²의 구역단위로 30년간의 미주 전 지

역 1,500억 곳의 토양 데이터와 60년간의 수확량 데이터를 토대로 미국 면적 1억 6,000만 에이커(64.7만 km²)의 세분화된 맞춤형 서비스를 하고 있다. 이 서비스를 이용하기 위해서는 에이커 당 15달러의 이용료를 지불해야 하지만 에이커 당 100달러의 수익창출로 이 서비스를 이용하는 이용 면적은, 인수 전 1,000만 에이커(미국 전체 농지의 1/16)에서 2015년 6,000만 에이커(미국 전체 농지의 1/3)로 늘어났다.

앞서 언급했듯이 미국의 실리콘밸리 스타트업들도 클라우드 기반의 농업·농장관리 소프트웨어 개발 및 각종 농업관련 정보를 제공하는 회사에 투자하고 있으며, 미국 존디어(John Deere)의 '시드스타 모바일(SeedStar Mobile)'과 듀폰트 파이오니어(DuPont Pioneer)의 'Pioneer Field360 Select' 소프트웨어 등이 미국 스마트 농업서비스의 대표적인 사례이다.

2) 유럽

국토의 4분의 1이 간척지인 네덜란드는 예전부터 지속가능한 농업을 지향해 왔다. 토양 세척으로 인한 토양 유실과 환경오염 등의 이유로 1970년대부터 토양 세척을 전면 금지하면서, 화분을 이용한 온실 농업에 집중했다. 또한, 에너지와 노동력 투입의 절감을 표방하며 농업의 95%는 과학 기술이고 나머지 5%만이 노동력이라고 할 만큼 첨단화된 농업 국가로서 현재 농산물 수출액은 세계 2위를 기록하고 있다.

네덜란드를 대표하는 온실 솔루션 기업인 프리바(Priva)는 네덜란드 농산물 수출액 세계 2위를 달성하는데 일등 공신이라고 할 수 있다. 1959년에 가족회사로 시작한 프리바는 원래 온실 내부의 가온 설비 회사였다. 이후, 1977년 원예농업과 온실 운영을 관리할 수 있는 컴퓨터를 기반으로 온실내의 모든 환경을 복합제어하는 ICT융복합 전문 기업으로 탈바꿈했다. 특히, 최근 프리바는 지속가능한 농업을 위해 농장빌딩이라는 건물 옥상 온실을 설치해 농작물을 재배하고, 건물 내부에는 물고기 양식을 하면서 물고기가 만들어 낸 질소 노폐물을 식물이 이용하고 식물이 발생시키는 산소를 수조에 공급하는 시스템으로 에너지 절약형 도심 중심 농장을 기획하고 있다. 또한, 와게닝겐 대학(Landbouw Universiteit Wageningen)을 중심으로 한 산학협력(연구자, 기업 및 생산자)을 통해 농업과 식품과학의 지식의 인프라를 구축하여 농업기술의 연구개발(R&D)에 지속적인 진화 발전을 모색하고 있다. 또한 LED 전문 기업 필립스(Philips)는 식물공장 및 스마트팜의 추가 보광에 활발히 활용되고 있다. 특히, 그로우와이즈 시티(GrowWise City)라고 하는 실내 야채공장에 태양광이나 토양 없이 연중 생산이 가능한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 2014년에 출시한 그린파

위 LED는 조명의 세기, 스펙트럼, 균일도 등을 연구해 특정 작물에 대한 맞춤형 광원을 제작함으로써 그 효율성을 극대화 했다. 네덜란드 원예 관련 기업들 중 또 하나의 우수 기업인 플랜트랩(PlantLab)은 치밀한 수학적 모델을 응용한 LED 수직 농법을 통해 다양한 야채, 과일, 꽃 재배에 성공하였으며, 식물마다 가지고 있는 빛, 색깔, 뿌리온도, 작물온도, 이산화탄소 농도, 습도 등에 있어 최적의 조건을 다각도로 치밀하게 분석한 다단식 재배법을 통한 식물 재배가 가능하다는 재배기법의 타당성을 입증 받았다.

3) 아시아

일본은 고령화 사회 대비와 농업의 국제 경쟁력 강화를 도모하기 위한 정부차원의 적극적인 농업 ICT융합 기술 R&D 지원으로, 현재 4,500억 엔인 농산물 수출액이 2020년 1조 엔으로 확대 될 전망이다. 농림수산성에 따르면, 농업 분야에 진출한 일본 기업수는 2010년 6월 기준 175개 사에서 2014년 12월 기준 1,712개로 대폭 증가했으며, 대표적인 기업으로는 NTT Facilities, NEC, 후지쯔(fujitsu) 규슈 시스템 및 후지 전기 등이 있다. 이들 회사는 해외시장 식물공장 활용, 일본 내 ICT 기술 판매, 농업 컨설팅 및 집하와 출하 업무 지시 시스템에 중점을 두고 있다.

중국 정부는 농업 현대화를 위한 선진기술 도입 차원에서 네덜란드, 이스라엘 등 농업 선진국 정부와의 파트너십을 체결하였고, 정부 주도의 ICT 융복합 R&D 진흥 정책에 힘입어 민간 참여가 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 6억 명에 육박하는 중국 농촌 인구의 소득 향상으로 인터넷 관련 시장의 새로운 소비 주체로 급부상하였으며, 전자상거래를 통한 소비시장의 규모가 2015년 1,800조 원에 이르렀다고 중국 최대 B2B(기업간 거래) 전문 매체가 발표했다. 특히, 중국 최대 전자상거래 기업인 알리바바도 2014년 10월 1조 8,000억 규모의 농촌 서비스센터 설립을 발표하면서 전자상거래 비즈니스 창업을 위한 투자와 교육 사업을 진행할 계획을 밝힌바 있다.

2.1.2 국내 사례

1) 농촌진흥청

농촌진흥청은 한국형 스마트팜 R&D 투자에 집중하고 있다. ICT 기반 스마트팜을 도입한 농가가 도입하지 않은 농가에 비해 평균 생산성 25%, 소득 31% 증가한 추세에 힘입어 2014년부터 농가의 스마트팜 활용 능력 향상을 위한 토마토 대학 등을 설치하며, 4,679건의 전문교육 강화, SNS 컨설팅을 실시했다. 그 결과,

스마트팜을 도입한 시설원에 농가는 2014년 60 ha에서 2015년 364 ha로 급증해 지원을 확대할 예정이다. 또한, 농진청은 ICT-생명공학을 통해 스마트팜 기술의 고도화를 추진하고 있으며, ICT를 기반으로 한 농업의 과학화와 첨단 산업화 기반 구축을 목적으로 500억 원대 스마트팜 펀드도 신설했다. 또한, 스마트팜 기기 국산화, 표준화 등을 앞당기기 위해 농진청, 농식품부, 출연(연) 등 관련 기관 R&D 협업체계가 본격 가동화 되었다. 주요 육성 분야는 빅데이터와 사물 인터넷에 기반한 ‘첨단농업’과 새로운 품종 개발 등 ‘과학’에 기반을 둔 미래농업이다.

2) 한국과학기술연구원

데이터 기반 농업을 견인하고 우리나라 농산업 기술경쟁력 강화 및 시설농가의 생산성을 극대화하기 위한 목적으로 2015년에 스마트팜 솔루션(Smart Farm Solution, SFS) 융합연구단이 출범되었다. SFS 융합연구단은 한국과학기술연구원(KIST)를 주관기관으로 한국전자통신연구원, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국식품연구원 등이 함께 참여하여 공통의 미션을 갖고 현재 연구에 매진하고 있다. SFS 융합연구단은 2018년까지 작물 및 유형별 스마트팜 패키지 솔루션을 개발하여 농산업체에 이전하고, 농식품부 및 농진청 등과의 협업을 통해 이를 농가에 보급 및 확산시킬 계획이다. 또한, 연구현장에서 개발된 스마트팜 기술을 바탕으로 신규 비즈니스모델 도출과 연구원 창업 등을 적극적으로 추진하고 있으며, 스마트팜 전문 인력 양성을 위하여 정부사업과 연계하여 스마트팜 교육 및 실증 프로그램을 운영하고 있다.

2014년부터 고부가가치 작물의 원료를 산업에 이용하기 위해 이고들빼기, 케일, 돌미나리 등 기능성 작물에 관한 시범 연구에 돌입하였으며, 이미 풀무원과 알리코제약, 풍림무약, 아모레퍼시픽 등과 맞춤형 재배생산과 원료 표준화 지원을 위한 공동 연구를 진행 중에 있다. KIST에 따르면, 토마토 종자 1g의 가격은 최고 18만 원, 파프리카 종자는 최고 15만 원으로 금 1g의 가격의 3배에 이르는 등 고부가가치 작물로의 성장 가능성이 점차 확대되고 있다고 한다. 특히, 생물자원을 이용한 국가는 자원을 제공한 국가에 금전적, 비금전적 이익을 상호 합의된 조건에 따라 공유해야 한다는 내용을 담은 ‘나고야 의정서’가 발효되면서, 국내 기업들의 생물자원 활용 수요는 점차 증대되고 있는 실정이다. KIST가 보유하고 있는 ‘스마트유팜(Smart U-FARM)’은 우리 땅에 맞는 고부가가치 작물 품종을 선별하고 분석하는 스마트 식물공장 시범 플랜트로써, 온도와 습도, 광량 등 환경 변화에 따른 작물 생육 정보를 정량화하는 로봇과 열화상, 3D 카메라 같은 첨단 장비들을 보유하고 있다. 또한, 기존의 식물공장과는 달리 ICT, 빅데이터 등을 활용한 식물 재배 분야가 보

다 강화되어, 식물의 영양 상태나 병충해 감염상태, 그리고 생육단계별 최적 성장을 위한 온도 조절과 같은 정밀한 데이터를 확보할 수 있는 첨단 인프라가 구축되어 있다는 강점을 가지고 있다.

03' 스마트팜 핵심 기술

3.1 생육 및 환경 데이터 획득 기술

3.1.1 피노믹스(Phenomics)를 이용한 영상처리 기술

피노믹스(Phenomics)란 표현형(Phenotype) + omics(-ome, 집합체라는 접미사)의 합성어로서, 세포, 조직, 기관, 생명체 등에서 나타나는 물리적, 형태학적, 생리학적, 생화학적 특성 전체를 포괄해 계통적으로 해석하는 생물학의 한 분야이며, 스마트 팜에 도입되어 ICT, 바이오 기술, 광학 기술을 융합한 식물 표현형 개발 기술이다[2]. 식물의 성장 관련 영상 이미지를 획득하고 생물 정보 기술을 융합해 자동화 시설에서 식물 표현형을 측정, 평가하는 기술로 범위가 점차 확대되고 있다. 특히, 피노믹스는 실험실 내에서 주로 이루어지고 있는 분자생물학적 육종 연구와 이를 노지에서 검증할 수 있는 포장 단위의 육종 연구의 연결 고리 역할을 할 수 있다. 즉, 실험실 내에서 목표한 특정 유전자의 기능이 다양한 환경 조건에 노출되어 있는 노지 환경의 식물 개체 또는 집단에 적합하게 표현되는지 여부를 확인하는 과정이 필요한데, 이 피노믹스 기술은 이러한 과정에서 대량표현형검증시스템을 기반한 효율적인 접근 방식을 제시함으로써, 새로운 변이 선발 효율을 극대화 시켜줄 뿐만 아니라 육종소재 발굴에도 큰 도움을 줄 수 있다[2].

피노믹스에 주로 사용되고 있는 기술은 3-D 이미지 촬영 기술과 다양한 광원을 통한 이미지 촬영 기술이다. 3-D 이미지 촬영 기술은 belt conveyor system에 의해 자동으로 생육, 무게 측정 및 양수분 공급을 통해 식물재배뿐만 아니라 분석까지의 전 과정을 일관 순환 시스템화하는 영상획득 기술이다. 다양한 광원을

통한 이미지 촬영 기술은 가시광선, 적외선, 근적외선, 형광 화상 등을 이용해 다양한 목적으로 식물체 영상을 획득하는 방법으로 각각의 목적에 맞게 광원을 사용함으로써, 식물의 형태 및 성장량, 식물체 온도변화를 통한 스트레스 예측, 토양 내 수분량 분석, 광합성 능력 측정 등의 실험에 활용된다[2].

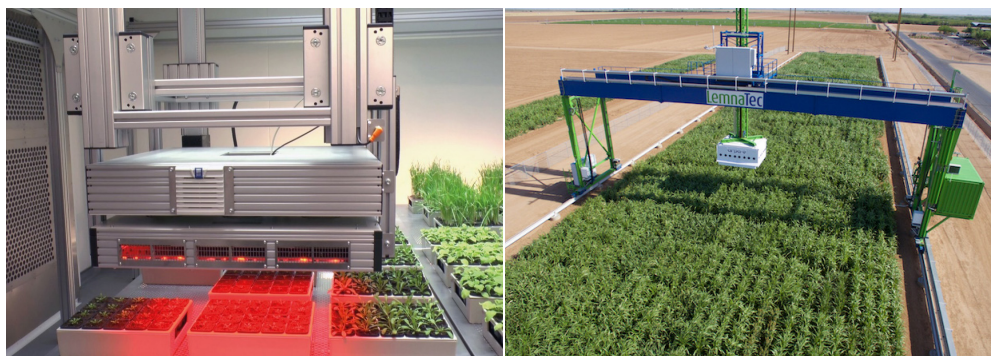
피노믹스 관련 주요 기업은, 우선 CropDesign을 꼽을 수 있다. 이 기업은 벨기에의 대표적인 생명공학연구소 플랑드르 생명공학연구소(Flanders Institute for Biotechnology, VIB)와 겐트 대학(Ghent University)에 의해 1998년에 설립된 벤처기업으로, 자동화된 최첨단 데이터 수집 기술과 고급 통계 및 전산 분석을 통한 다양한 식물 종의 표현형플랫폼을 구축하여 TraitMill이라는 독자적인 유전자 기능검정 시스템을 구축했다. 2006년에는 그간의 성과와 가능성을 인정받아 세계적인 농업기업 BASF에 합병되었다. 몬산토는 미국 Icoria사의 농생명 연구분야를 인수해, 대사체 분석과 유전자 발현 기술을 접목시킨 최첨단 피노믹스 플랫폼을 구축해 농업생산성 및 재해 저항성 등의 연구에 활용하고 있다. 네덜란드 ‘터락(Ter Laak)’은 미니 팔레놉시스 품종을 소형화분으로 만들어 영상 이미지로 데이터화하고 이를 활용해 소비자의 취향에 맞는 색, 모양 등을 정확하게 선별하고 포장하여 소비자에게 판매하고 있다. 독일기업 Lemna Tec은 1998년부터 피노믹스를 이용한 신규물질의 독성확인, 의약품 유용물질 선별 및 식물보호제로의 신물질 개발에 박차를 가하고 있다. 동식물, 미생물의 표현형을 연구하기 위해 1996년에 설립한 퀸스대학교(Queen’s University) 출자회사인 Qubit(Queen’s university biological instrumentation & technology) systems는 식물분야에서 고속대량탐색(High-Throughput Screening) 시스템으로 식물의 구조, 형태, 생체량, 세포내 질소 및 수분상태, 유전적 변이 등에 대한 연구를 진행하고 있다.

최근 전 세계적으로 종자산업 인프라 구축을 위해 경쟁이 뜨거워지면서 피노믹스의 중요성이 확대됨에 따라, 2012년 45조 원 규모였던 세계 종자시장 규모가 2020년 62조 원으로 성장할 것으로 예상된다. 이에 따라 기업뿐만 아니라 정부차원에서의 지원도 지속적으로 진행되고 있다. 미국은 다국적 기업을 중심으로 육종 및 생명공학에 피노믹스를 적극 활용하고 있으며, 호주는 정부 차원에서 호주연방과학원(CSIRO) 등을 통해 피노믹스 기반시설을 구축해 운영하고 있다.

국내에서도 정부의 [포스트게놈 다부처유전체사업] 추진에 따라 작물 유전체 빅데이터가 대량 생산되면서, 국내 피노믹스 플랫폼 수요가 급증하고 있으며, 다부처유전체사업 관련 R&D 예산만 1조 4,000억 원 규모

에 달한다. 농촌진흥청 국립농업과학원의 경우 국내·외 유관기관과 협력하여 2017년까지 피노믹스 플랫폼을 구축, 운영할 계획을 발표하였고, 대학에서도 피노믹스 기초연구를 활발히 진행 중이다. 특히, 2015년에 시작한 KIST 강릉분원의 SFS 융합연구단은 스마트팜 피노타이핑 기술을 이용해 유용한 천연물 탐색을 위한 천연물 소재 개발뿐만 아니라 식물의 생육상태와 대사체를 접목해 신규 바이오 마커 개발과 육종의 소재로 활용하고 있다. 또한, 피노믹스 기술을 육묘산업에 활용해 영상이미지와 자동화 표현형 시스템의 도입으로 균일한 묘종생산에 활용할 계획이며, 다양한 기후변화 조건에서 식물 표현형 정보를 획득하는 빅데이터를 생산하여 소비자 맞춤형 육묘와 유통정보를 결합해 새로운 농업 산업의 구현도 가능할 것으로 예측하고 있다.

그림 2 피노타이핑 장비 (왼쪽: 실내, 오른쪽: 노지)



3.1.2 센서를 통한 복합환경 제어(양액, 광, 온도, 습도, CO₂, pH 등) 기술

센싱 기술의 발달로 인간의 오감에 절대적으로 의존해서 행해오던 기존의 농업 방식과는 달리 다양한 센서 기술의 발전으로, 더 이상 작물을 경험에 의존해서 재배할 필요가 없어졌다. 안정적인 생육을 통한 수확량 확보라는 관점에서 센싱 기술은 미래 농업을 이끄는 핵심 기술 중에 하나라고 할 수 있다. 전체 시스템은 시설과 작물에 대한 실내의 센서 정보를 수집하는 센서 노드, 시설과 장비를 제어하는 제어기 노드, 영상을 통해 온실을 관측하고 감시하는 스마트 영상장치, 온실단위 독립제어기와 관제신호를 인터넷에 연결하는 스마트 링크, 다수의 온실단위 제어를 모니터링하고 설정하는 농가단위 정보 관리 시스템, 그리고 기타 장치 등으로 구성된다.

그림 3

온실 복합 환경제어시스템



센서 노드는 온도, 습도 CO₂, 강우, 일사, 풍향, 풍속 등 실내의 센서류와 센서로부터 나온 아날로그 정보를 A/D 컨버터, RS485, RS232, Ethernet, 전력선통신(PLC), Zigbee 등 유무선 통신 수단을 통해 데이터를 수집하는 장치, 인터넷 연결을 위한 통신 장치로 구성되어 있다. 제어기 노드는 환기, 난방, 차광, 보온, 관수, 관비 등을 위한 온실단위 독립 제어기(Smart Link)의 장치 제어명령에 따라 천측창, 커튼, 환기팬, CO₂ 발생기, 관수 및 관비 장치를 구동할 수 있도록 릴레이 보드나, 계전기 판넬에 장치 제어 신호를 출력한다.

온실 단위 독립제어기는 PLC나 임베디드 제어기 등으로 구성되며, 센서 노드의 정보에 따라 설정된 값, 또는 알고리즘에 따라 환기, 난방, 에너지 절감, 차광, 보온, 관수조절 등의 제어명령을 출력한다. 이 제어장치는 필요에 따라 센서 노드 및 제어기 노드와 통합하여 구성할 수 있으며, 이때 RS485, RS232, Ethernet, PLC, Zigbee 등 유무선통신을 통해 계측장치와 직접 통신하도록 구성 할 수도 있다. 또한 온실단위 독립제

여기는 원격네트워크 단절 시에도 현장에서 작동할 수 있도록 자체 자동화 운전기능을 갖추어야 한다. 농가 단위 정보관리 시스템은 온실단위 독립제어기로부터 수집된 정보를 분석, 저장, 디스플레이하고, 원격지의 데이터 수집서버(DB 기능 지원) 또는 클라우드 서비스 시스템과 연계해 실시간 생장환경 모니터링, 시설물 제어 환경 및 생육 정보 데이터베이스 분석 등을 위한 소프트웨어를 탑재해야 한다. 생육환경 정보관리 시스템은 장기간의 수집 데이터를 바탕으로 데이터베이스를 구축하여 관리 할 수 있어야 한다.

3.1.3 비파괴 분석(Non-Destructive Testing, NDT) 기술

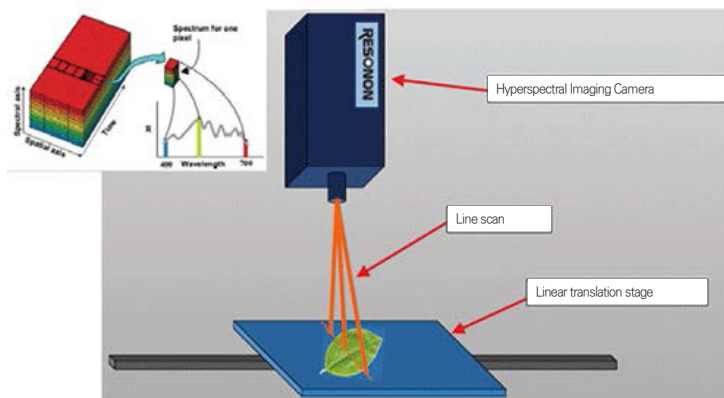
비파괴 분석의 역사는 생각보다 오래되었다. 인류의 시작과 함께 우리는 눈을 통해 열매의 모양, 색깔 등으로 식용 가능 여부를 판단하고, 배우자를 선택하고, 코를 이용해 과실의 성숙 여부를 판단하고, 귀를 이용해 철기 등의 제품의 완성도를 판단해 왔었다. 로마시대에 대리석의 균열을 발견하기 위해 밀가루와 오일을 사용했고, 1868년에 영국의 S.H. Saxby가 나침반의 자성을 이용해 총의 배럴에 균열을 발견한 기록도 있다. 산업용으로 응용된 최초의 사례는 X선 기법이었다. 1895년 독일의 물리학자 빌헬름 콘라트 뢰트겐(Wilhelm Conrad Rontgen)이 음극선을 이용한 실험을 통해 최초로 노벨상을 수상한 발명품 X-ray는 지금까지도 가장 널리 사용되고 있는 대표적인 비파괴 분석(NDT) 기술이다. 그 밖에도 Oil and Whiting method라고 불리는 액체 침투성 테스트는 19세기 후반 철도 레일의 초기 결함 검사로 사용되었으며, 1847년에 제임스 프레스콧 줄(James Prescott Joule)에 의해 처음 발견된 초음파 검사(Ultrasonic Test)도 의학 및 산업에 많이 사용되고 있는 비파괴 기술 중에 하나이다[3].

과거에 해오던 파괴적인 분석 기술은 이제 식상해져 버렸다. 기술의 발전으로 기계들이 더욱 고도화·소량화 되어가고 있는 환경에서 파괴적 분석방법은 단순한 검증의 단계에 지나지 않는다. 초음파, 근적외선, 적외선, 초분광기를 통한 비파괴적인 접근이 물질분석의 방향을 실험실에서 실시간 현장 측정으로 바꾸고 있다. 특히, 초분광 카메라를 이용한 비파괴 방식은 스마트팜의 필수 요소라 할 수 있다. 초분광이란 가시광선 영역(400~700nm)과 근적외선 영역(700~1000nm)의 파장대를 수백 개의 구역으로 나누어 물체가 빛에 반응하여 방출하는 특정 복사파장을 감지할 수 있는 기술을 말한다. 그동안 화학, 생물학, 천문학 등에서 사용되어 오던 하나의 물체에서 하나의 분광 곡선을 측정할 수 있는 방식의 분광계(spectrometer)와는 달리, 초분광 영상(hyperspectral imager)은 영상을 구성하는 모든 화소의 분광특성곡선(spectral reflectance curve)을 얻을 수 있다. 이러한 특성을 바탕으로 농업에서의 활용도가 높은 편이다. 식물은 다양한 스트레스

상황(병·충의 발생, 영양 및 수분 결핍 등)에서 자가회피를 할 수 없으므로 신속하게 내부적인 변화를 일으킨다. 이러한 내부적인 변화는 생리 반응으로 나타나고, 이러한 생리 반응으로 광합성 등 기본 생리 현상에 변화를 초래한다. 초분광 이미징 방식은 식물이 반사하는 파장을 스트레스 전후의 분광특성곡선 스펙트럼을 비교, 분석, 데이터화 시켜, 비파괴적으로 식물이 어떠한 스트레스 상황에 놓여있는 지를 조기 진단 및 처방할 수 있는 기술로 스마트팜 및 여러 농업 분야에서 작황상태를 조기 파악해 수확될 농산물의 고품질 생산 관리, 종자의 활력 검증 평가, 과실의 품질측정 등에 사용되고 있다.

그림 4

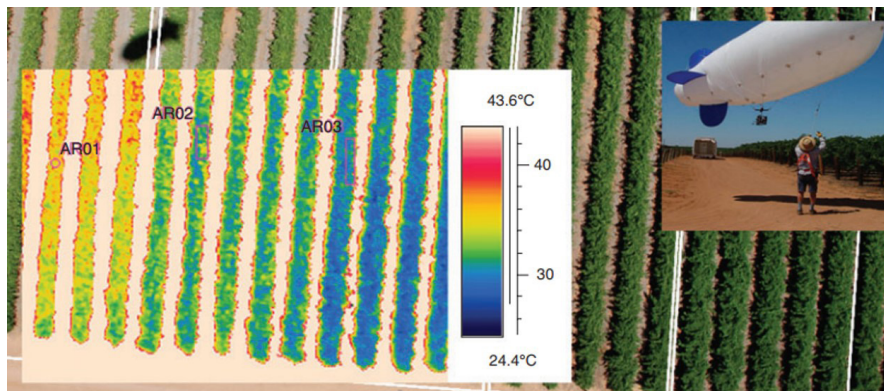
초분광 이미지 처리 시스템



또 다른 대표적인 기술은 적외선 열화상 분석을 이용한 스마트팜 활용 기술이다. 온도가 절대영도(0K 또는 -273°C) 이상이 되는 모든 물체는 원자와 분자의 진동 또는 회전에 의해 표면에서 적외선을 방출하고, 방출된 양은 그 물체의 온도와 밀접한 관계를 가지는 특성을 활용하여 적외선 열화상 카메라는 피사체의 적외선 파장 형태의 에너지를 검출하여 표면 복사열의 강도를 측정하고, 강도의 양에 따라 다른 색상으로 표현해 주는 원리이다[4]. 스마트팜에서의 활용분야는 다양하다. 우선 식물의 생육측정에 활용될 수 있다. 식물 앞에서의 온도 조절은 잎의 뒷면에 있는 기공의 개폐정도에 따라 결정되고, 그 개폐정도는 식물의 뿌리에서 어느 정도의 물을 빨아 올려 증발산에 이용하느냐에 달려있다. 즉, 식물 앞에서의 온도를 측정함으로써, 식물의 뿌리 및 줄기생육 상태, 대기 환경에 따른 양분 흡수를 예측할 수 있으며, 식물의 건조 스트레스를 미리 예측할 수 있다[5].

그림 5

노지 적외선 열화상 이미징 시스템



3.2 인공지능(AI) 기반 데이터 가공 기술

농업 시장에서 인공지능 기술은 농업 산업 생태계를 개발하는데 있어 핵심적인 기술이며, 기계학습, 컴퓨터 비전, 예측 분석 세 가지로 분류된다. 인공지능 기술을 로봇, 무인 항공기, 작물 관리 시스템 형태로 통합함으로써 농민들은 농작물의 수확량과 산출량을 증대시키고 농장 운영의 이익을 극대화 할 수 있게 되었다.

그림 6

인공지능 기술



3.2.1 기계학습(Machine learning)

기계학습이란 인공지능의 한 분야로, 컴퓨터가 외부에서 주어진 방대한 자료를 바탕으로 스스로 학습하는 기술을 말한다. 이 기술은 농장 생산성 향상과 비즈니스 경쟁력 확보를 위해 전 세계의 농업 단체 및 농민들에 적극 도입되고 있다. 앞으로 다양한 농업 활동에서 기계학습의 도입의 기하급수적인 확대가 예상되며, 농업 데이터 생성을 위한 기계학습의 기술적 진보 및 확산으로 인공지능이 농업 시장의 성장에 주요 요인으로 작용하게 될 것이다. 특히, 데이터 간의 관계를 만드는 여러 알고리즘을 기반으로 한 심층학습(Deep learning)은 인공 신경망을 사용하여 텍스트, 이미지 및 사운드와 같은 다양한 종류의 데이터를 학습하고, 구조화되지 않은 데이터에서 패턴을 식별하는 데 아주 유용하다. 농업의 다양한 응용 분야에서 심층학습 알고리즘 활용의 증가는 인공지능에 대한 수요를 증가시키는 핵심 원동력이 되고 있다.

3.2.2 컴퓨터 비전 기술

컴퓨터 비전 기술은 인공지능의 한 분야로서, 영상에서 얻어지는 정보나 특징을 프로그램화하는 것을 의미한다. 이를 기반으로 하는 인공지능 구동 장비를 농업에 활용함으로써 작물 수확량을 약 30% 증가시킬 수 있으며, 주간·계절별 작물 수확량을 90% 이상의 정확도로 예측할 수 있다. 컴퓨터 비전 기술을 기반으로 한 인공지능 장비는 작물 생육을 모니터링하고 식물의 영양 결핍을 탐지하는 데 널리 적용되고 있다. 특히, 이스라엘 회사인 프로스페라(Prospera)는 컴퓨터 비전 기술을 사용하여 해충과 질병을 자동으로 탐지하는 제품 시리즈를 개발하였고, 농민들은 이 정보로 영양 결핍으로 인한 식물 생산량 감소나 스트레스 여부를 판단할 수 있다고 한다. 컴퓨터 비전 기술의 적용 범위는 20에서 1,000 ha에 이르는 중간 규모의 온실 농장으로, 카메라 및 기후 센서로 현장 데이터를 지속적으로 관찰, 수집 및 분석하기 위해 온실 또는 과수원에 주로 설치되며 태양열 패널로 작동된다. 이 기술을 통해 농민들은 개별 나뭇잎의 정보에서 수일 내에 농장에 영향을 줄 수 있는 날씨 패턴에 이르기까지 자신의 온실과 밭을 지속적으로 모니터링 할 수 있다.

3.2.3 예측 분석 기술

예측 분석 기술은 알고리즘을 기반으로 현재 이용 가능한 데이터를 분석하여 작물 수확량과 식물의 생육 상태를 예측할 수 있는 기술이다. 예측 분석을 통해 농민들은 농장 관리, 작물 투입 및 농업적 의사결정을 보다 쉽게 할 수 있다. 예측 분석 기술은 위성 및 무인 항공기의 이미지 데이터를 통해 사실상 현장의 모든 부분을 정찰하고 특정 이상 여부를 감지, 분류하고 위치를 찾을 수 있다. 예측 분석 기술은 주로 농업 농장에서

작물의 효율적 생산을 향상시키기 위해 활용되며, 주요 예측 분야로는 작물 수확량 생산, 작물 영양 부족 및 작물 생육 예측이다.

3.3 인공지능 기반 데이터 활용 기술

인공지능은 농업 분야에서 농작물 생산 효율성을 최적화하기 위해 다양한 응용 분야에서 활용된다. 인공지능 기술의 적용으로 농민들은 날씨, 온도, 토양 수분, 식물 건강 및 작물 가격에 대한 실시간 데이터를 시장에서 분석할 수 있게 되면서 농업 전체의 소비자 공급망에 중요한 역할을 할 수 있다. 농업 시장의 주요 인공지능 활용 분야는 정밀 농업, 스마트 온실 및 토양 관리, 농업 로봇으로 나누어 볼 수 있다.

3.3.1 정밀농업

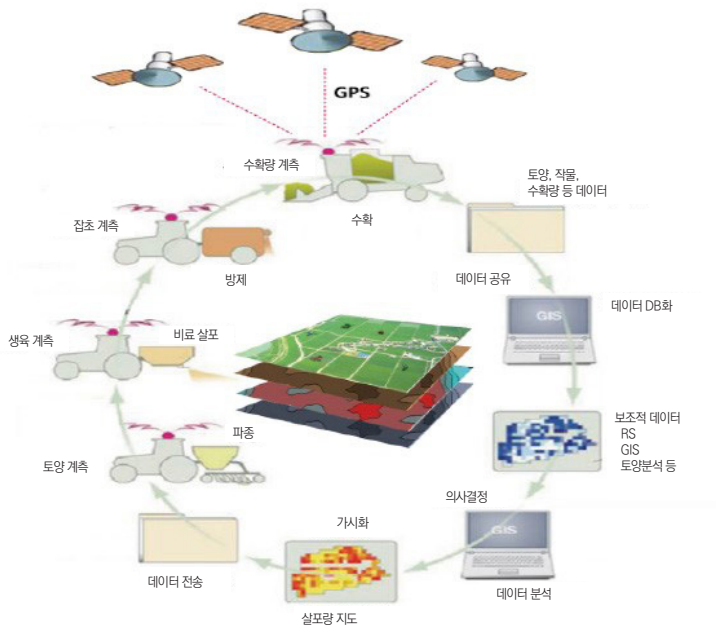
정밀농업의 목적은 기계학습, 컴퓨터 비전, 예측 분석과 같은 혁신적인 인공지능 기술을 적용하여 농업 생산성을 향상시키는 것이다. 이는 작물 생산성을 향상시키기 위해 현장에서 수집한 데이터의 기술적 분석을 포함하며, 작물 재배지의 다양한 환경 변화를 정확하게 수집, 가공 및 진단하여 최소한의 자원으로 최대한의 작물 생산량을 획득하는 것에 초점을 둔다. 인공지능 기술이 적용된 정밀기기는 농장 관련 데이터를 수집하는 데 도움을 줌으로써 농민들이 보다 나은 결정을 내리고 토지 및 작물의 생산성을 높일 수 있도록 의사 결정을 지원해 준다.

1) 수확량 모니터링(Yield monitoring)

수확량 모니터링은 데이터 수집을 통해 현장 내 생산량 변화를 정확하게 파악하는 기술이다. 수확량 모니터링은 토양 유형 및 양분 이용 가능성과 같은 매개 변수를 기반으로 한 현장 변동성을 이해하는 데 중요한 역할을 하며, 이 기법으로 농부는 생산량을 최대화 할 수 있다. 또한, 수확량 모니터링은 농부들에게 기상 조건, 토양 특성 및 비료에 대한 정보를 제공하고, 이 정보를 기반으로 전체적인 곡물 생산을 조절하기도 한다. 또한, 수확량 모니터링은 질량 유량 센서, 수분 센서, 지면 속도 센서, GPS 수신기 및 주변에 있는 작업 컴퓨터와 같은 다양한 구성 요소를 조합하여 각각의 통합 및 상호 작용을 제어할 수 있다. 수확량 모니터링을 통해 수집되는 데이터는 효과적인 작물 생산에 필수 요인인 토양의 수분 레벨, 토양의 다량 원소(질소, 인, 칼륨) 유무, 토양의 pH 레벨 등이 포함된다.

그림 7

정밀농업



2) 노지의 지도화(Field mapping)

인공지능은 노지 경계 기록을 포함하는 다양한 노지의 지도화에도 응용 되고 있으며, 대표적으로 표면적을 계산해 샘플 위치를 결정하고, 배수로와 격자선 위치 및 데이터 수집 등의 작업을 등록하는 역할을 수행할 수 있다. 현재 노지의 지도화는 핸드헬드(handheld) 장치 및 GPS·GNSS 및 소프트웨어 시스템이 장착된 다른 시스템의 도움을 받아 이루어지며, 이러한 정보는 재배자의 작물 생산에 이용된다.

3) 작물 탐색(Crop scouting)

작물 탐색은 잡초, 곤충, 병원균 감염 및 작물 조직 영양분을 비롯한 작물의 상태를 검사하는 것을 말한다. 전통적으로 작물 정찰은 사람이 직접 눈으로 식물을 관찰하고 문제를 발견하는 시간 소모적인 작업이었지만, 이제 작물 정찰에 GPS와 같은 정교한 장치로 보다 쉽게 작물을 정찰 할 수 있게 되었다. 현재는 GPS 수신기를 장착한 차량이 노지를 이동하며, 해충에 대한 노지별 정보 및 작물 피해 등의 정보를 제공한다. 제공

된 정보를 바탕으로 농부와 재배자는 데이터 경향을 분석해 계절별 현장 특이 사항을 관찰, 모니터링하고 차 후에 참조 할 수 있도록 저장한다. 작물 탐색은 파종에서 수확에 이르는 전 과정에 대한 의사 결정을 내리는데 중요한 도구로 쓰인다.

4) 기후 추적 및 예측(Weather Tracking and forecasting)

기후 추적은 온도, 비, 풍속 및 풍향, 일사량 등의 일반적인 기상 조건에 대한 최신 정보를 수집하기 때문에 인공지능의 중요한 매개 변수 중 하나이다. 소형 기상 측정기 및 기상 관측소를 포함한 다양한 장비가 실시간 기상 정보를 얻기 위해 사용되고 있으며, 실시간 정보의 활용은 농민들에게 농작물의 적시 파종, 잡초 탐지 및 농작물에 대한 사전 수확 분석과 같은 다양한 결정을 내리는데 도움이 된다. 날씨 추적 분석 모듈에는 소형 기상 측정기, 소프트웨어 및 센서가 포함되며 소형 기상 측정기는 전자 풍속 표시기, 초음파 풍속 표시기 및 바람의 방향, 구름 유형 및 기압을 보여 주는 기상 추적 카드 등 날씨 추적의 소프트웨어에는 다양한 응용 및 부가 소프트웨어 모듈을 위한 데스크탑 날씨 소프트웨어가 포함된다. 센서에는 토양 수분 센서, 일사량 센서, 온도 센서, 습도 센서, 자외선 센서 및 잎의 습윤 센서가 포함된다.

5) 관수 관리(Irrigation management)

농업 분야에서 최적의 수확 및 수질 보존을 위해서는 적절한 관수 방법의 사용이 매우 중요하다. 토양 수분 센서 및 빗방울 감지 센서 등 다양한 센서 및 컨트롤러를 통해 자동 관수 시스템으로 현장의 물 공급 요구 사항을 감지하는 데 사용된다. 로봇과 농부 간의 무선 통신을 위해 GSM(Global System for Mobile) 통신이 사용되고 있으며, 이 시스템을 통해 센서로 감지된 토양 수분 상태가 농부의 모바일 앱과 랩톱으로 전송되며, GSM 통신을 통해 모바일, 태블릿 및 컴퓨터 시스템과 같은 장치로부터 농부의 명령을 수신할 수도 있다.

3.3.2 스마트 온실 및 토양 관리

온실은 식물 생산을 위한 통제된 환경(햇빛, 온도 및 습도가 충분한 공간)을 제공하기에 최대한의 빛과 환기가 필요하다. 이에, 스마트 온실 응용 프로그램에는 냉·난방 환기(Heating, Ventilation, and Air Conditioning, HVAC) 관리, 물 재활용 및 비료 관리가 필수 요소이다. 온실은 외부 환경이 식물이 자라기에 더 따뜻하거나, 건조하거나, 차가울 때 최적의 실내 성장 환경을 제공하기 위해 만들어졌으며, 센서 장치는 필요한 조건을 결정하기 위해 실제 목표 상태와 비교하는 데 사용된다. 온실의 온도 조건은 재배 할 식물에 따라

시원한 온실 또는 따뜻한 온실 등 각기 다른 온도를 설정해야 한다. 이에 무선 시스템과 센서는 최적의 생산을 얻기 위해 온실의 요구 사항 전달을 규제하고 특정 수준을 유지하도록 조절된다.

스마트 온실에서의 물 관리 및 재활용은 운영비를 최소화하고, 수확량을 높이며 생산 비용을 절감하고 생육 주기를 조절하며 해충 및 질병 관리 비용을 최소화하는 수처리리를 의미한다. 여기에는 UVC 살균 수처리 시스템, 여과 모터, 온도 및 습도 센서와 같은 다양한 기술이 스마트 온실의 수질 관리에 사용된다. 온실 작물은 성장을 위해 충분한 양의 영양분이 필요하며, 특정 원소(수소, 산소, 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 황, 철, 망간, 구리, 아연, 붕소, 몰리브덴 및 염소)들은 식물 생육에 필수 요소이다. 식물 성장률은 성장주기 동안 필요한 양액의 양에 따라 결정된다. 스마트 온실에서 사용되고 있는 소프트웨어는 이러한 양액의 양을 적절하게 조절하면서 과도한 양액 공급을 피하고, 생육 상태를 최적으로 유지하는 것에 인공지능 알고리즘을 사용하고 있다.

토양 관리는 효율적인 농업 생산에 필수적인 요소이며, 토양의 수분 정도, 토양의 다량·미량 원소 유무, 토양 pH 정도 등 토양 환경 변수 요인을 다양한 유형의 센서를 통해 모니터링 하는 시스템이 사용된다. 토양 모니터링을 통해 토양 유형, 비료·양액 적용, 비료·양액 사용, 관수 정도 및 작물 개선 등의 정보를 얻을 수 있다. 토양 관리에는 크게 수분 모니터링, 영양 모니터링 및 그리드(grid) 토양 샘플링으로 분류할 수 있다. 먼저 수분모니터링은 토양 수분을 측정하는 것으로, 관개 용수 관리에 도움이 되는 농업용 로봇이 수행하는 핵심 작업 중 하나이다.

토양에서의 수분 모니터링은 전기 전도도(EC) 센서, 시간 도메인 반사계(TDR) 및 소형수분측정기 장치와 같은 다양한 센서의 도움을 받아 수행되며, 재배자는 적절한 수질 관리를 통해 수확량을 늘리고 작물 품질을 향상시킬 수 있다. 양분 모니터링은 주로 작물의 3대 영양소인 질소(N), 인(P), 칼륨(K)을 포함하는 토양 영양소 관리에 중점을 둔다. 이는 재배자의 요구 사항 및 필드의 영양 상태에 따라 적절하게 제어가 가능하다. 마지막으로 필드의 정확한 분석을 얻기 위해서 필요한 기술이 바로 그리드 토양 샘플링 접근법이 필요하다. 그리드 샘플링의 목적은 재배자가 각 그리드의 영양 요구 사항을 식별 할 수 있도록 필드의 상세한 지도를 만드는 것이다. 그리드 토양 샘플링의 가장 보편적인 방법은 GPS·GNSS 시스템에 GIS 소프트웨어를 사용하여 필드 내 변동성을 보여주는 디지털 그리드 맵을 생성하는 것으로, 수집된 정보를 바탕으로 적절한 지역에 적정 양의 양분을 공급해 지속가능한 토양 상태를 유지시켜 준다.

3.3.3 농업 로봇

인공지능은 기계가 언어 처리 및 심층 학습 기능을 사용하여 인지적 결정을 내릴 수 있게 함으로써, 농업 로봇 공학의 중추가 되고 있다. 농업 로봇은 토지 자원의 지속가능성과 수익성을 위해 현장에서 일어나는 변화를 제어하는 검사, 측정 및 관리 기술을 포함하며, 자동 수확 시스템 및 무인 지상 차량 또는 무인 트랙터 등과 같은 농업 로봇으로 대규모 현장을 효율적으로 관리 할 수 있게 도와준다. 최근 미국의 스마트 농기계 제공 기업인 블루리버테크놀로지(Blue River Technology)는 최초의 스마트 기계 레티스봇(LettuceBot) 및 차세대 씨 앤 스프레이(See & Spray) 로봇을 출시했다. See & Spray 로봇은 심층학습을 통해 기계가 작물과 잡초 식별 할 수 있으며, 현재 상추 수확하기 및 목화밭 잡초 제거 분야에서 폭넓게 활용되고 있다.

농업 로봇에 빠질 수 없는 것이 바로 무인 항공기이다. 무인 항공기(Unmanned aerial vehicles, UAV)는 일반적으로 드론(drone)으로 알려져 있으며, 농업 분야의 인공지능 기술 혁명에 중요한 역할을 하고 있다. 무인 항공기에는 여러 센서 및 마이크로 컨트롤러, 근적외선 분광기, 멀티 스펙트럼 카메라 및 GPS 수신기가 장착되어 식물을 효율적으로 보호하고, 토양 유형에 대한 중요한 데이터를 제공하며, 작물의 건강상태를 모니터링함으로써 사실상의 모든 데이터를 수집하며 지원하고 있다. 농업 분야에서 마이크로 무인 항공기를 사용하는 것은 엄청난 잠재력과 다양한 응용 분야로의 확장성을 가지고 있다.

현재 무인 항공기는 현장의 고해상도 그림을 클라우드 및 소프트웨어로 직접 전송해 재배자에게 제공하는 방식으로 식물 개체 수, 토양 및 노지 분석, 작물 살포 및 작물 모니터링과 관련된 데이터를 수집하는 데 사용되고 있으며, 농업 장비와 직접 통신 할 수 있는 기술이 개발 중에 있다. 무인 항공기 분석 소프트웨어는 '표준화된 차별화 식생 지수(NDVI)'를 기반으로 현재 초목 수준을 측정하는데 사용되고 있으며, 수목의 분포도가 많은 곳은 녹색, 생육이 건강한 지역은 빨간색 등 색상으로 식물의 밀도와 생육상태를 나타내준다. Precision Hawks, Prospera 및 Descartes Lab과 같은 무인 분석 회사는 무인 항공기가 수집 한 농장의 데이터를 분석하고, 이를 바탕으로 농부는 현장에서 수행하고자 하는 작업에 따라 전송 받은 데이터에서 필요한 정보를 선택해 맞춤형 지도를 만들 수 있다. 이 후 농장 기계에 지도를 업로드하여 현장에 적용 할 종자, 비료 및 살충제와 같은 투입물의 양을 조절할 수 있다.

그림 8

농업 로봇



04' 농업 분야의 인공지능 기술 활용 국제 동향

4.1 미주

인공지능 기술 개발에 핵심인 클라우드 컴퓨터 플랫폼을 보다 효율적이고 합리적인 가격으로 복잡한 정보를 처리할 수 있도록 개선되면서 소프트웨어 개발 도구 및 풍부한 데이터 세트의 성장을 가속화시켰다. 미국은 현재 농업 시장에서 북미 인공지능의 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 작물 탐색 및 수확량 모니터링과 같이 다양한 분야에 인공지능의 활용이 미국 농업 시장을 주도하고 있으며 Microsoft, IBM, John Deere 및 The Climate Corporation과 같은 우수한 대기업 및 중견 기업의 존재는 미국의 농업 시장에서 인공지능의 성장을 가속화시키고 있다.

캐나다는 2016년에 전체 북미 농업 시장의 인공지능 활용 비율이 21%를 차지하며, 두 번째로 큰 시장 점유율을 기록했다. 캐나다 농업 기술 분야에서 컴퓨터 학습 및 컴퓨터 비전과 같은 인공지능 기술 활용 확대 될 뿐만 아니라 여러 연구 기관 및 대학교에서 예측 분석 및 기계학습에 대한 지속적인 연구를 통해 시장을 주도해 가고 있다. 최근에 Google은 2016년 10월 캐나다 인공지능 생태계 개발을 위해 만들어진 비영리 단체인 NEXT Canada의 NEXT AI 프로그램에 참여하며 업계 전문가 및 대학생들 사이에서 인공지능 기술, 특히 기계학습의 보급 및 인식 전환에 집중하고 있다.

멕시코 농업 시장의 인공지능 활용도는 미국과 캐나다의 시장보다 규모는 작지만 2017년부터 2025년 사이에 25.3%의 성장률을 보일 것으로 기대되며, 수익성 높은 인공지능 시장으로 성장할 것으로 예상된다. 이와 같은 예측은 멕시코에서 작물 모니터링, 작물 수확량 예측 및 수확 관리와 같은 농업 분야에 대한 인공지능의 활용이 점차 확대되면서 인공지능 농업시장 성장의 주요한 동력이 될 것으로 예상되기 때문이다. 또한, 2016년 11월 미국 캘리포니아 주 샌프란시스코에 본사를 둔 와이즈라인(Wizeline) 회사는 멕시코의 농부들에게 여러 인공지능 기술에 대한 무료 카운슬링을 제공하기 위해 개발 된 Wizeline Art Intelligence Academy를 과달라하라(Guadalajara)에 설립하는 등 활발한 움직임을 보이고 있다.

남미는 북미에 비해 농업 로봇의 보급이 낮은 편이지만, 비용 절감, 사용하기 쉬운 기술 및 인공지능 구동 로봇의 이점에 대한 인식이 확대 되면서 서서히 활용 인구가 증가하는 추세이다.

4.2 유럽

유럽은 2015년 세계 인공지능 시장의 약 25%를 차지하고 있으나, 현재 인공지능 조기 채택 단계로 향후 팔목할 만한 성제세를 보일 것으로 예상된다. 주요 시장은 영국, 독일, 프랑스이다.

영국은 2016년 유럽의 농업 시장에서 인공지능 활용 비율이 약 16.9% 수준이나 정밀 농업, 무인 항공기 분석, 가축 모니터링 및 수확 관리와 같은 농업 분야에서 인공지능 기반 솔루션에 대한 수요가 증가하면서 인공지능 활용 비율이 가속화되고 있다. 관련 주요기업은 핀지니어스(FinGenius Corp), 애드브레인(Adbrain), 다크트레이스(Darktrace) 및 ec2ce 등이 있다.

독일은 2016년 인공지능 활용 비율이 유럽의 농업 시장의 27%를 점유했으며, 작물 수확량 예측, 가축 감시 및 작물 정찰 분야에서 주로 활용되고 있다. 특히, 2015년 10월 Google이 독일 자르브뤼켄(Saarbrücken)에 본사를 둔 독일 인공지능 연구 센터를 인수하는 등 Google 및 Microsoft와 같은 주요 글로벌 기업들의 막대한 자금과 지원으로 독일 인공지능 기술 시장의 성장을 가속화시키고 있다.

프랑스는 2016년에 유럽의 농업 시장에서 인공지능 활용 비율이 18%를 차지하고 있다. 프랑스는 인공지능 창업 자금 지원확대로 농업 응용 분야에서 인공지능 기술에 대한 수요가 증가하고 있는 실정이다. 특히, 2016년 3월, 인공지능 기반의 가상 지원 시스템을 개발 중인 줄리 데스크(Julie Desk)가 인공지능 제품 포트폴리오를 개선하기 위해 SIDE Capital로부터 총 670만 달러의 자금을 지원받기도 했다.

이탈리아의 농업 분야에서 인공지능 시장은 주변 국가들에 비해 상대적으로 느린 편이다. 이탈리아는 유럽 연합에서 가장 많은 옥수수 생산국 중 하나로, EuroStat 작물 통계에 따르면, 70만 ha에 7백만 톤 이상의 옥수수를 생산한다고 한다. 하지만 2014년과 2015년 장기 가뭄 및 기상 악화로 인해 생산량이 현저히 떨어졌고, 이에 농장들은 이전의 손실을 보상하기 위해 관개 관리, 비료 비용 절감, 수확량 개선 및 최적의 자원 관리와 수익성 및 작물 수확량의 증가를 위한 효과적인 의사 결정을 위해 무인 항공기, 로봇 및 위성 항법 위성 시스템(GNSS)을 이용하는 등 인공지능 기술을 적극 도입하고 있다. 특히, 이탈리아 기업인 Omica는 리베리움(Libellium)과 공동으로 IoT 기반의 무선 센서 네트워크를 구축하여 농부들에게 농업 정보 솔루션을 제공하고, 작물 성장 기간 동안의 물과 양분을 조절해 작물 수확량을 개선하는 역할을 담당하고 있다.

2014년 세계은행 발표에 따르면 스페인 농지의 비율은 전체 토지 면적의 약 40%이며, 최적의 농업환경인 지중해성 기후를 가진 나라지만 농업에서 인공지능 기술의 채택률이 비교적 낮은 유럽 국가이다. 하지만, 스페인의 농부들은 이미 항복 측정 시스템, 농업 로봇, 무인 항공기 분석 및 가축 모니터링과 같은 농업 분야에 인공지능 기술을 사용하고 있다. 2017년 7월 스페인 농업부는 인공지능 기술을 적용한 올리브 파리의 해충 진화를 예상하는 예측 모델을 갖는 시범 사업을 시작했다.

4.3 아시아 태평양

아시아 태평양 국가의 농업 시장에서 농작물 수확량을 높이기 위한 정밀 농업의 증가, 무인 항공기 분석 서비스 및 농장에서의 농업용 로봇 활용이 활발해 지면서 농업분야의 인공지능 활용이 확대되고 있다. 기계학습, 심층 학습 및 컴퓨터 비전은 이 지역의 농업 산업을 변화시키는 혁신적인 기술이다.

2016년 APAC(Asia Pacific Activities Conference, 아시아태평양 활동 회의) 농업 시장에서 우리나라의 인공지능의 활용은 약 5% 수준이나, 농업 및 축산업 분야의 인공지능 인프라 구축을 위해 정부의 집중적인 투자가 확대되고 있어 인공지능 시장의 성장 잠재력이 매우 크다고 할 수 있다. 특히, 2016년 3월 우리 정부는 인공지능 산업을 강화하기 위해 2020년까지 1조 원의 지출계획을 발표했다.

2015년 세계 은행의 발표에 따르면, 호주는 48%의 농지 면적을 가지고 있으며, 2016년 APAC 농업 시장에서 가장 많은 25.4%의 인공지능 점유율을 보였다. 인공지능의 높은 점유율의 주요 요인은 무인 항공기 분석, 기계학습 및 컴퓨터 비전 등의 기술을 기반으로 인공지능의 정밀 농업, 가축 관리, 무인 항공기 분석 서비스 응용 및 농장에서의 농업 로봇 채택의 증가 등을 들 수 있다. 호주에서는 포도주, 사탕 수수, 밀, 채소 및 과일과 같은 농작물 관리에 인공지능 기술을 활용하여 농장의 수확량을 증대시키고 있으며, 호주 정부 기관인 호주 서부 농업 농업부(DAFWA), 사우스 오스트레일리아 곡물 산업 신탁(SAGIT), 곡물 연구 개발 공사(GRDC), 슈거 리서치 및 개발 공사, National Landcare Program, 및 지역 천연 자원 관리(NRM) 이사회가 농업 기술 개발을 위해 적극 노력하고 있다.

2016년 APAC 농업시장에서 중국의 인공지능 활용 비율을 약 22%를 차지하며 2위를 올랐다. 중국은 정밀 농업 및 축산 관리 인공지능 분야의 핵심 시장이다. 작물 정찰, 자동 이식 및 수확량 모니터링은 중국의 농업 산업과 관련하여 인공지능 시장의 성장을 촉진 할 것으로 기대된다. 2016년 4월 중국의 국가 발전 개혁위원회, 과학 기술부, 산업 정보부는 향후 3년 동안 중국 인공지능 시장의 활성화할 것이라는 계획을 발표했다.

일본은 2016년 APAC 농업 시장의 인공지능 활용이 24%를 차지하면서 3위를 차지했다. 이 시장의 성장을 주도하는 응용 분야에는 자동 살충제 감지 및 분사, 작물의 영양 결핍 탐지, 가축 관리가 포함되어 있으며 특히, 안마(Yanmar), 쿠보타(Kubota) 및 이세키(Iseki)와 같은 많은 회사들이 농업 부문에 인공지능 기술에 활발히 투자하고 있다.

인도는 농업 분야의 인공지능 기술의 주요 시장으로 급부상하고 있다. 인도는 2016년 APAC 농업 시장에서 인공지능 비중이 약 7.8%를 차지했으며, 정부의 인공지능 친화적 정책은 인도의 IT 인프라 개발과 함께 농업 시장에서 인공지능의 성장의 주요 원동력이다. 특히, 2016년 12월 Microsoft India는 기후 변화에 따른 농작물의 적시·적기 파종을 위해 농민에게 농업 솔루션을 제공할 목적으로 반건조 열대 지방 연구소(ICRISAT)와 파트너십을 체결했다.

05 | 결론

전세계 지식인들을 단숨에 사로잡은 ‘사피엔스’의 저자 유발하라리(Yuval Noah Harari)는 책 서두에 이렇게 이야기한다. “과학은 자연선택으로 빚어진 유기적 생명의 시대를 지적설계에 의해 빚어진 비유기적 생명의 시대로 대체하는 중이다.” 4차 산업혁명 그리고 그 중심에 있는 ICT 기술과 이러한 기술이 농업과 융합되어 농업현장에 불어 온 제 3의 녹색혁명은 거스를 수 없는 시대의 물결인 것 같다. 정보통신기술(ICT)을 기반으로 한 스마트팜 기술이 센싱기술, 사물 인터넷(IoT) 그리고 인공지능(AI) 기술과 접목하여, 디지털 농업·첨단 미래 농업으로 지금 비유기적 생명의 도움을 톡톡히 받고 있다. 많은 국내외 기업들 특히 농업이 추가 아니었던 기업들이 보이는 농업에 대한 관심의 증가는 이러한 흐름이 빨리 사그라들지 않을 것이라는 증거이다.

하루하루 발전하는 농업과 기술이 융합된 스마트팜 시스템(피노타이핑을 통한 생육 모니터링 시스템, 센싱 기술을 통한 복합환경제어, 비파괴 물질 분석을 통한 작물의 품질 향상 및 유지 관리, 온실내부의 최적 자연환경 구축을 통한 에너지 최적화, 빅데이터를 통한 인공지능 의사결정 지원 등)의 고도화 및 소형화로 식물이 가지고 있는 잠재력을 최대로 활용해 최고의 수확량과 품질을 안정적으로 생산하고 더 나아가 시티팜, 버티컬팜, 해저농업 및 우주농업으로의 기술적 발전을 위한 긴 여정에 하나의 촉매제가 될 수 있길 기대해 본다.

Chu Won, Nho

저자
노주원

학력

University of Illinois 농식품과학 박사
University of Wisconsin 생명과학 석사
한림대학교 유전공학 학사

경력

現) 한국과학기술연구원 스마트팜 솔루션(SFS) 융합연구단 단장
現) 한-몽 과학기술협력센터 센터장
現) 충남 과학기술위원회 위원

Ho-Youn, Kim

저자
김호연

학력

University of California Davis,
Horticulture and Agronomy 박사
경북대학교 농학과 석사
경북대학교 농학과 학사

경력

現) 한국과학기술연구원 스마트팜 솔루션(SFS)
융합연구단 선임연구원
前) University of Florida 박사후 연구원
前) University of Arizona 박사후 연구원

참고문헌

1. 유엔 인구전망 보고서 2017 <https://esa.un.org/unpd/wpp/>
2. Lee, S. K., Kwon, T. R., Suh, E. J., & Bae, S. C. (2011). Current Statues of Phenomics and its Application for Crop Improvement: Imaging Systems for High-throughput Screening. *Korean Journal of Breeding Science*, 43(4)
3. Hellier, C. (2001) *Handbook of nondestructive evaluation*
4. 이해동 (2007) 적외선 열화상 카메라를 이용한 열 측정 이론. *소음·진동*, 17(3), 31-34
5. Jones, H. G., Serraj, R., Loveys, B. R., Xiong, L., Wheaton, A., & Price, A. H. (2009). Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Functional Plant Biology*, 36(11), 978-989
6. 황성일, 주성용, 주종문. (2016). 식물성장 영상정보를 이용한 스마트 팜 팩토리 피노믹스 시스템에 관한 연구. *한국통신학회 학술대회논문집*, 119-120
7. *Smart Agriculture Market Analysis*, Grand View Research, Inc.
8. *AI in Agriculture market-Global Forecast to 2025*, MarketsAndMarkets





융합연구리뷰

Convergence Research Review

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
TEL. 02. 958. 4984



융합연구정책센터
Convergence Research Policy Center