

REVIEW ARTICLE

농업공학 기술 최신동향 분석

조수현¹, 이대현^{1*}, 정선옥^{1,2}

¹충남대학교 바이오시스템기계공학과, ²충남대학교 스마트농업기계시스템학과

Technological trends in agricultural engineering

Soo-Hyun Cho¹, Dae-Hyun Lee^{1,*}, Sun-Ok Chung^{1,2}

¹Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Department of Smart Agricultural Systems, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

*Corresponding author: leedh7@cnu.co.kr

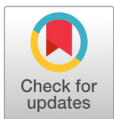
Abstract

Agriculture is suffering from labour shortages and a projected shortfall in the amount of food available for the world's population in 2050. These issues have pushed agricultural engineering to advance, and smart agriculture is one of the potential future agriculture that can provide high productivity with minimum labour. Countries around the world are actively developing smart agricultural technologies, and some countries have demonstrated applications with practical performance in various fields such as horticulture, livestock and field machinery. In South Korea, the government is also pursuing the development of agricultural engineering technology related to smart farming in order to be competitive in the global market. A lot of research is being conducted on agricultural engineering related to smart farming, and efficient R&D is possible by using various cases from overseas. Therefore, this study was conducted to provide the strategy of agricultural engineering technology development in the Republic of Korea and the trend analysis of the latest agricultural engineering technologies in major agricultural countries around the world.

Keywords: Agricultural engineering, Machine learning, Smart farming, Technological trend

Introduction

농업인구는 연평균 약 3%의 지속적인 감소를 보이고 있으며, 특히 전체 농업인구 중 고령층의 비율의 증가가 가속화되고 있어 안정적인 생산량 확보에 대한 문제가 대두되고 있다(ILO, 2021). 농업 기술의 발전에 따라 농가별 생산성은 향상되고 있으나, 농업노동력 부족 문제는 경지면적 감소 및 농가 1호당 경지면적을 증가시키고 있어 부족한 인력 대체를 위한 실질적인 대안이 필요한 실정



OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20230007>

Received: December 12, 2023

Revised: December 29, 2023

Accepted: December 30, 2023

Copyright: © 2023 Journal of Agricultural Machinery Engineering



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이다(Lee, 2018). 최근 기술적 대안으로 스마트 농업기계 등 첨단 기계 기술을 통해 농업 노동력을 대체하고자 하고 있으며, 이는 안전과 편의성 및 생산성 향상이라는 변화로 이어지고 있다(KREI, 2021).

농업 첨단 기술 개발을 위해 트랙터, 콤바인 등 기존 농업기계의 기능향상 뿐만 아니라 농업용 로봇 등 다양한 기술 개발이 추진되고 있으며, 세계 스마트 농업 시장의 연평균 9.8% 성장 및 '25년 220억 달러(약 24.6조원) 규모의 증가가 전망됨에 따라 해외에서는 관련 기술 개발에 대한 투자를 확대하고 있다(Lee, 2023). 미국의 경우 2019년 64억 달러(약 8.4조원) 수준의 스마트농업 분야 투자를 진행하고 있으며, 연평균 15.1% 성장율을 보이고 있고 IoT, 센싱, 로보틱스 등 폭넓은 분야에 대해 활발히 투자하고 있다. 네덜란드에서도 정부의 적극적 투자와 지원을 통해 농업 중심 국가로 자리매김하고 있으며, 프리바(Priva) 등 세계적인 환경제어 시스템 기업을 중심으로 스마트 시설원예, 첨단 온실 관련 높은 기술력을 보여주고 있다. 독일의 경우, Bosch, Deepfield Robotics 등을 중심으로 스마트 노지 농작업 시스템을 개발-공급하고 있으며 일부 기술은 상용화되어 판매되고 있다. 아시아에서는 일본에서 자율주행 농업기계 기술력을 선보이고 있으며, Kubota의 의사결정플랫폼 KSAS (Kubota Smart Agri System) 등 수도작 중심의 농업기계 솔루션 상용화 기술을 개발하고 있다.

국내에서도 세계 시장 내 농업기술 경쟁력 향상을 뒷받침하기 위한 연구개발이 다방면 추진 및 스마트 농업기술의 활성화를 진행하고 있으며, 스마트 농업 관련 시장 또한 지속적인 성장이 예상되고 있다(Choi, 2022). 하지만 국내 농기계-농자재 산업 등 농업 전반의 생태계가 취약하여 스마트 농업을 위한 디지털 전환 등 환경변화에 대응할 수 있는 여건이 부족한 실정이며, 해외 기술의 경우 국내 환경과의 차이로 농업 현장에 도입하기 어려운 실정이다(Yang, 2021).

따라서, 본 연구에서는 최근 스마트팜 등 농업의 첨단화 이슈 대응을 위해 국내 농업공학 기술 개발의 방향성을 제시하고자 수행되었으며, 농업공학 주요 분야의 기술에 대한 연구 및 제품개발 사례조사와 동향을 분석한 후 국내 기술과의 비교분석을 수행하였다.

분야별 기술 동향

경운·정지

경운·정지는 토양을 갈고 파쇄하여 고르게 하는 농작업으로 주로 농용트랙터, 관리기, 동력경운기 등의 농업기계의 동력원과 부착 작업기를 이용하여 수행된다. 경운·정지 관련 기술은 트랙터 등 농업기계 기술 중심으로 연구개발이 추진되고 있으며, 전기구동, 자율주행 기술 등 첨단시스템 뿐만 아니라 기술 고도화 관련 개발도 많이 진행되고 있다. 미국의 대표적인 트랙터 전문업체 존디어(John Deere)에서는 2021년 Fig. 1(a)와 같이 6R165 모델의 트랙터를 개발하였으며, ITEC (Intelligent Total Equipment Control)을 통해 트랙터의 자동 조향과 주행 속도 조절이 복합적으로 가능한 장점이 있다(6R165, John Deere, USA). 또한 주행 중 작업기에서 수집된 데이터를 기반으로 작업경로 안내선을 자동으로 생성해주는 Auto-Path 시스템이 장착되어 있다. Fig. 1(b)는 네덜란드의 농업로봇 업체인 Precision Maker 에서 개발한 자체 추진방식의 자율주행 트랙터로, 24시간 동안 파종 및 다양한 농업 활동이 가능하며, 라이다(lidar) 및 머신러닝(machine learning)을 활용하여 특정 활동의 경우 경로 및 작업활동을 독립적으로 계획하고 실행할 수 있다(Greenbot, Precision Maker, Netherlands). 농업기계 첨단 기술은 사용자 서비스 시스템과 같이 개발되고 있으며 일본의 농기계 전문기업인 쿠보타(Kubota)에서는 KSAS (Kubota Smart Agri System)와 같은 스마트 서비스가 포함된 60마력급의 자율주행 트랙터를 출시하였다(FarmPilot, Kubota, Japan). 자율주행의 경우, GPS 및 IMU 센서를 이용하여 위치 데이터, 차체 데이터를 실시간으로 처리하여 차체 최적 위치 및 방향 등을 산출하는 방식을 이용하였으며, 이앙기 등 다른 제품군에도 확장하여 출시하였다. 인도에서는 Fig. 1(d)와 같이 전기구동 트랙터를 출시하였으며, 15kW의 출력으로 최대 5시간이 가능하다(FT25G, Famtrac, India). 국내의 경우, 대부분의 제품에서 직진 조향을 기준으로 단계별로 자율주행 기술이 적용되고 있으며, 전기구동은 소형마력을 중심으로 제품화가 진

행되고 있다(Hwang, 2022; Kim et al., 2023). 관련 요소기술에 대한 확보가 진행되고 있으며, 국내 실정에 적합한 마력대 및 기능 범위를 선정하여 제품화를 추진하는 것이 필요할 것으로 판단된다.



(a) John Deere, 6R165



(b) Precision Makers, Green Bot



(c) Kubota, FarmPilot



(d) Farmtrac, FT25G(electric)

Fig. 1. Advanced technique equipped farming machineries for tillage work.

파종·정식

파종은 작물의 종자를 밭이나 묘상에 뿌리는 농작업이고, 정식(이식)은 식물의 나무를 다른 장소에 옮겨 심는 농작업으로 파종기, 정식기 등의 농업기계를 이용하여 수행된다. 이탈리아의 Ferrari Costruzioni Meccaniche에서는 Fig. 2(a)와 같이 Futura Twin 이식기를 개발하였다(Futura Twin, Ferrari Growtech, Italy). 작물의 다양성에 따라 각기 다른 높이의 지반에 대한 높은 용인성을 가지며, 최대 18cm 높이의 식물까지 작업이 가능하다. 단순 이식만 가능한 것이 아닌, 자체 기술 중 하나인 Electronic Eyes를 통해 누락된 식물을 식별하여 사용자에게 알려주는 기능을 탑재하였으며, 소유자가 선택한 트레이에 맞게 이식기를 조정할 수 있어 기체에 맞는 특정 트레이를 따로 사용할 필요가 없다. 또한 시간당 최대 8000개의 식물을 이식할 수 있는 시간 효율성 또한 가지고 있다. 일본의 농기계 회사인 Niplo에서 Fig. 2(b)와 같이 경운부 뒤편에 스크린이 부착된 트랙터 부착 작업기인 어퍼 로터인 BUR10 시리즈를 개발하였다(BUR10, Niplo, Japan). 작업폭은 200~260 cm, 작업속도 1~3 km/h, 경심 12~15 cm의 성능을 가지고 있으며, 상단 회전과 경운부 뒤편에 설치된 스크린으로 인해 거친 흙은 먼저 떨어지고 고운 흙은 늦게 떨어져 토양이 작물의 생육에 최적화된 환경을 조성해준다. 또한 뒤편에 파종기를 설치할 수 있어 경운과 파종 작업을 동시에 진행할 수 있다는 장점이 있다. Fig. 2(c)는 Kobashi의 가이아 모델로 트랙터 부착형 드럼 회전 방식의 두렁 조성기로, 적용 논두렁 높이는 20~37 cm이고 0.4~1.0 km/h의 작업속도를 가지며 26~97 PS의 출력력을 가진 트랙터에 사용이 가능하다(Gaia, Kobashi, Japan). 타카오카공업소의 AZ35 모델은 Fig. 2(d)와 같이 드럼 회전방식의 보행형 두렁 조성기로, 적용 가능한 논두렁의 높이는 25 cm이고, 작업 속도는 0.24 km/h이다(AZ35, Takaoka, Japan). 기체 자체의 길이가 짧고 가벼워 사용자가 편하게 작업이 가능하다는 장점이 있다. 파종·정식기의 경우, 정해진 규격의 경로에서 노동력의 투입 대비 생산량을 최대한 증가시키는 방향으로 기술 개발이 이루어지고 있다. 또한 작업의 종류에 따라 기계가 독립적

으로 존재하는 것이 아닌, 경운작업이 가능한 기계에 부착하는 형태로 효율성을 증대하는 방향으로 개발이 진행되는 것을 확인할 수 있다.

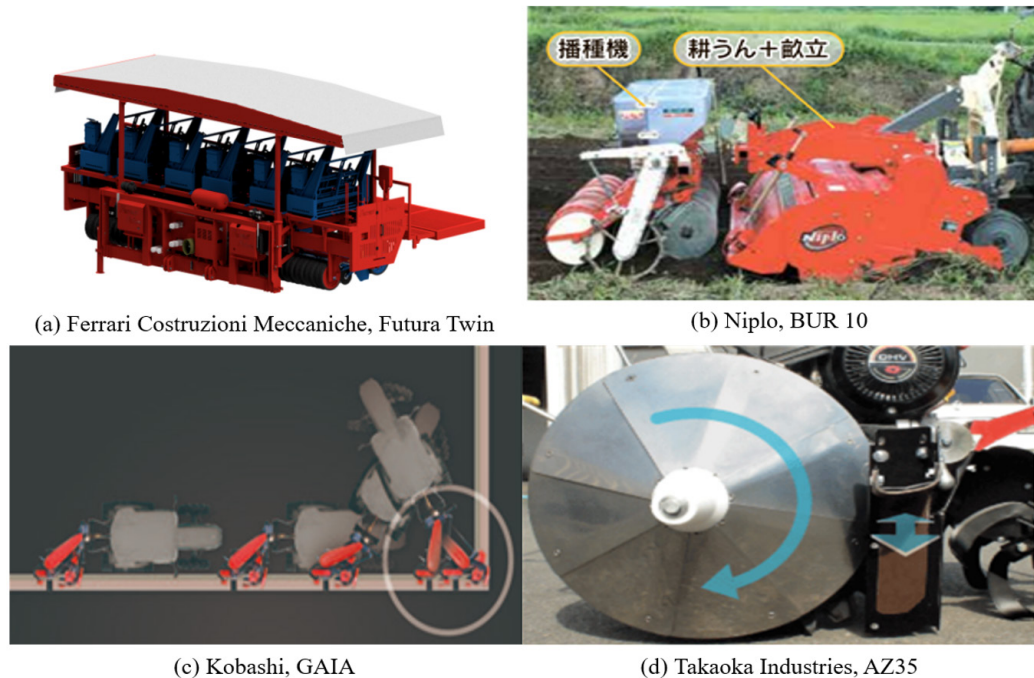


Fig. 2. Advanced farm equipment for transplanting and seedling.

농작물 관리

농작물 관리를 위한 농작업에는 중경, 제초, 시비, 방제 등이 농작물 재배 과정에서 지속적으로 수행되며, 다양한 작업의 수용을 위한 주행플랫폼 중심으로 기술 개발이 진행되고 있다. 미국의 Carbon Robotics는 자동제초가 가능한 주행플랫폼을 개발하였으며 Fig. 3(a)와 같다(LaserWeeder, Carbon Robotics, USA). 주요 기능으로 12대의 고해상도 카메라를 통해 작물 및 잡초를 인식하며 작업속도는 최대 8 km/h까지 가능하다. 제초부는 8개의 독립적인 제초모듈로 구성되어 있으며, 주요성능으로 약 3 mm의 오차와 50 ms의 제어속도를 가지고 있다. 제초방법은 CO₂ 레이저를 활용하여 잡초와 작물을 인식한 후, 잡초에 레이저를 발사하여 제초하는 방식으로 진행되며, 전면 및 후면의 시차 드라이브 카메라, GPS와 라이다 센서를 활용하여 자율주행이 가능하다. 다목적 농작업을 위해 미국 Augean Robotics는 Fig. 3(b)와 같이 자율주행이 가능한 Burro 농업 캐리어를 개발하였다(Burro, Augean Robotics, USA). 카메라 Vision 인식기술 및 고정밀 GPS를 사용하여 실외 및 실내 경로를 스스로 학습하고 주행할 수 있으며, 머신러닝 및 추적 모델을 사용하여 조종없이 지정된 작업자를 인식하고 보폭에 맞추어 추종이 가능하다. 또한 12개의 카메라와 온보드 CPU, GPU를 갖추어 다양한 작물에 대한 정찰행동이 가능하고, 다양한 작업이 가능하도록 기체 자체가 모듈식으로 조립되어 확장이 자유롭게 가능하다. 독일의 Deepfield connect에서는 Fig. 3(c)와 같이 최적화된 농업용수 터널관리 및 구역별 일기 예보를 통해 수확량 예측이 가능하도록 Field monitoring 센서를 개발하였다(Field monitoring, Deepfield connect, Germany). 급격한 기후 변화를 감지할 경우 사용자에게 경고성 알람을 주며, 휴대전화로 접속이 가능하여 다른 구성원들과의 정보 공유 또한 가능하다. 일본의 NARO (National Agriculture and Food Research Organization)는 평탄한 농경지나 급경사 법면의 제초작업을 위해 Fig. 3(d)와 같이 원격 제초기를 개발하였다(Remote weed control, NARO, Japan). 약 4 ~ 50 min/L의 작업효율을 가지고 있어 인력에 의한 제초에 비해 약 2배의 능률로 작업이 가능하다.



(a) Carbon Robotic, LaserWeeder



(b) Augean Robotics, Burro



(c) Deepfield connect, Field monitoring



(d) NARO, Remote weed control

Fig. 3. Advanced automated agricultural machinery for crop management

수확 후 처리

농업에서 수확과 수확 후 처리 과정은 농작물의 품질을 보존하고 식품의 안전성을 확보하는 역할을 하고, 주로 콤바인, 베일러 및 전용수확기(과일, 땅속작물 등) 등을 사용하며, 수확 후 처리 과정에서는 탈곡기나 세척기 등을 통해 수행된다. 미국의 Citrus Harvesting 시스템은 Fig. 4(a)와 같이 Energid에서 개발한 로봇팔로, 6개의 카메라를 이용하여 과수를 인식한 후, 로봇팔을 이용하여 수확하는 방식을 개발하였다(Citrus Harvesting, Universal Robot, USA). 기존의 수확로봇팔과 달리, 엔드이펙터에 액추에이터와 센서를 장착하지 않는 방식으로 제품의 제조 및 부품 교체 등 유지보수가 편리하고 저렴하며 과수의 피킹율은 약 50%, 과수 인식율은 약 80%이고, 수확 속도는 과수 하나당 2~3초가 소요된다는 특징을 가지고 있다. 미국의 PostHarvest는 농산물의 숙성 정도를 정확하게 파악하기 위해 Fig. 4(b)와 같이 PostHarvest Sensor를 개발하였다(PostHarvest Sensor, PostHarvest, USA). 수확한 농산물이 이동할 경우, 그 과정에서 신선도의 하락이나 손상이 발생하여 소비자에게 최종 도착할 수 있다. 이를 방지하기 위해 자사 공급망을 이용할 경우 농산물이 이동할 때 신선도 등 품질을 추적할 수 있으며, 장착된 환경 센서를 통해 모든 데이터를 실시간으로 사용자에게 전달해준다. 대기 데이터 또한 정기적으로 수집하여 과수의 숙성 일정에 대한 정확한 예측을 제공한다. 유럽의 ZURN은 타작이 가능한 모든 작물에 대해 부드럽고 적은 손실의 타작을 위해 고정식 탈곡기인 130-ST를 개발하였으며 Fig. 4(c)와 같다(130-ST, ZURN, Germany). 컨베이어 벨트가 자체 내장되어 있어 탈곡 시스템에 균일한 작물의 공급이 가능하며, 큰 분리면과 고효율 세척 시스템을 갖추고 있다. 구동 옵션의 경우, 전기 모터나 내연기관 엔진 등을 사용할 수 있으며 사용자의 작업 편의성 향상을 위해 공압 곡물 이송 및 포장 시스템이 포함되어 있다. 캐나다의 Enwave에서는 Fig. 4(d)와 같이 건조 과정에서 제품의 색상이나 풍미, 영양소를 유지하는 급속 저온 건조 방법인 REV를 개발하였다(REV, Enwave, Canada). 급속 저온 건조 방식은 기존의 공기 건조나 동결 건조에 비해 상당한 시간 절약으로 빠른 건조가 가능하다는 장점이 존재하며, 균일한 건조 방법을 활용하여 최종 수분 비율의 범위와 다양한 수분 비율에서 저장 안정성 제품을 만드는 방식을 사용자에게 제공해준다. 시스템 구조의 경우, 연구 및 설계나 배치, 생산에서 지속적인 상업 생산까지 확장할 수 있는 모듈식 구조로 개발되어 농산물뿐만 아니라 다른 상품에도 적용이 가능하여 높은 범용성을 가지고 있다.

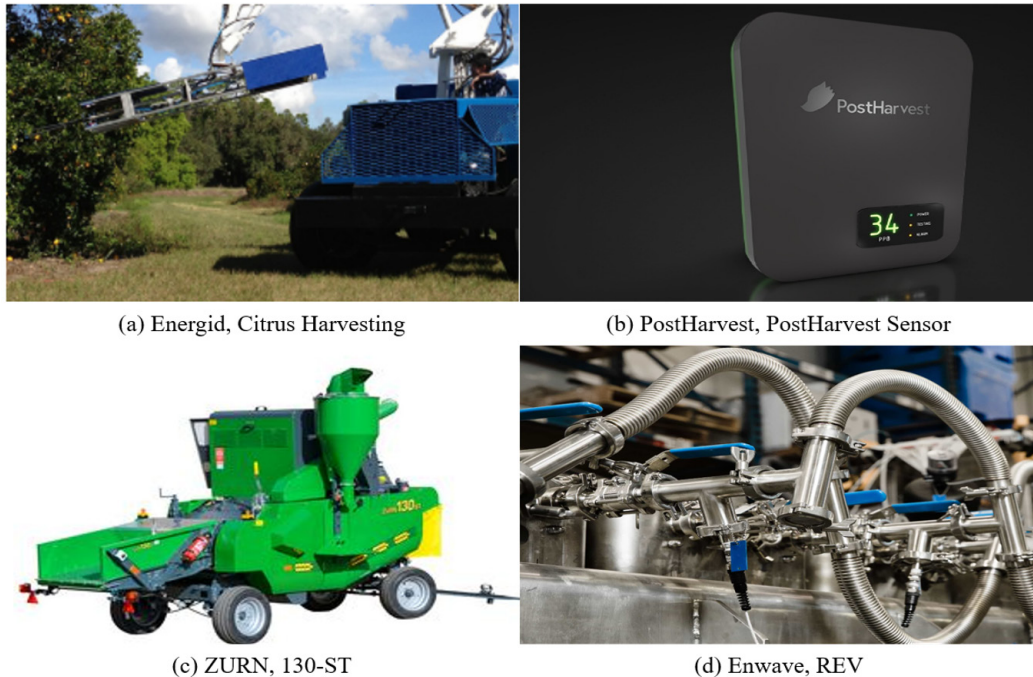
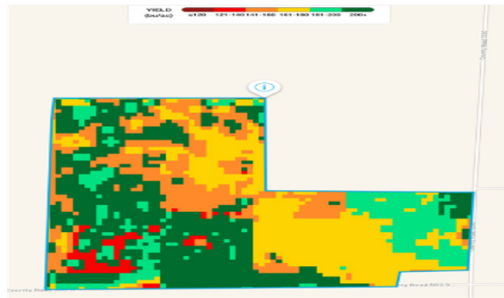


Fig. 4. Advanced agricultural machinery and sensors for harvest and post-harvest processing

정보화

정보화 서비스는 농작물의 생산, 수확, 유통 등의 과정을 개선하고 최적화하는 역할을 하며, 농업의 생산성과 효율성을 향상시키도록 도움을 준다. 미국의 IBM에서는, 평균적인 크기의 농장에서 하루 약 500000개의 데이터를 생성하여 데이터 베이스를 구축하고 Fig. 5(a)와 같이 정밀한 예측 결과를 시각화 자료로 제공해주는 시스템인 Watson Decision Platform을 개발하였다(Watson Decision Platform, IBM, USA). 과거, 현재 및 예측 데이터와 날씨 예측 모델을 포함한 날씨 데이터를 작물 모델과 결합하여 수확량 예측의 정확도를 개선한다. 또한 관개 관리, 해충 및 질병의 위험 분석 등 흉작으로 가는 환경이나 날씨, 식물의 생물학적 조건을 추적한다. 존디어에서는 Fig. 5(b)와 같이 농작업의 모든 정보를 중앙으로 전송하여 정보처리기에 수월하도록 도움을 주는 HarvestLab 3000을 개발하였다(HarvestLab 3000, John Deere, USA). 수확된 작물의 실시간 수확량과 사일리지의 다양한 성분을 분석하며 사일리지 첨가제의 양을 최적화하여 투입비용을 최소화하는데 도움을 주며, 건조 물질의 함량을 기반으로 작업의 종류 및 작업량을 자동으로 조정해준다. 측정된 데이터는 JOC (JohnDeere Operations Center)에 저장되며, 구글맵(Google Map)과 연동되어 측정된 항목에 대한 현장 지도를 제공받을 수 있고, 사용자는 작업 종료 후 약 30분부터 인터넷에 접속하여 분석된 데이터에 접근이 가능하고, 이를 통해 농작업에 대한 전반적인 운영 및 각 분야별 적절한 처방이 가능하다. 이탈리아의 X Farm은 Fig. 5(c)와 같이 농업용 센서인 X sensor를 개발하였다(X sensor, X Farm, Italy). 전원없이 최장 2주동안 작동이 가능한 배터리를 내장하고 있으며, 센서의 측정 범위는 1 ~ 10 km에서 무선으로 연결이 가능하고, 태양광 패널을 설치할 경우 흐린 날에도 에너지를 수집할 수 있다. 센서에 접근할 수 있는 장치는 최대 100개의 장치를 동시에 연결할 수 있으며, 각 나라별 통신 규격에 맞는 SIM 카드를 장착할 경우 다양한 통신 방식을 사용할 수 있다. 센서에서 수집되는 데이터는 자사의 농업 및 기상 파라미터를 이용하여 처리되고, 사용자에게 휴대전화로 알려줄 수 있다. 일본은 Kubota에서 Fig. 5(d)와 같이 KSAS 시스템(KSAS, Kubota, Japan)을 개발하여 농업 현장에서 사용되고 있으며, 2020년 2월 말 기준으로 총 2000건 이상의 사용실적을 달성하였다. KSAS 기술이 적용된 콤바인의 경우, 내장된 센서를 이용하여 수확된 쌀의 단백질 함유율과 수분 함량을 측정하며, 수집된 데이터는 클라우드 분석을 통해 건조시간을

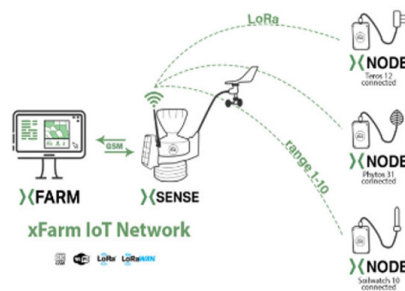
조정하는데 활용한다. 또한 수확된 쌀의 농지에 대한 구획별 단백질 함유율 분석을 통해 다음 농번기에 필요한 비료의 양을 사전에 결정해주시도 한다. KSAS 시스템을 사용할 경우, 한 명의 작업자가 동시에 최대 5대의 농업로봇 및 트랙터를 제어할 수 있으며, 작업자가 탑승한 상태로 조향을 지원하는 유인 자동조향 트랙터를 개발하였다. 시스템의 최종 목표는 각종 센서를 활용하여 수집된 데이터와 인공지능 및 빅데이터 분석 방식을 이용하여 비료 및 퇴비 살포를 위한 필드 맵 작성, 이를 바탕으로 농업기계를 자동으로 운행하여 살포작업까지 구현하는 것으로 하고 있다.



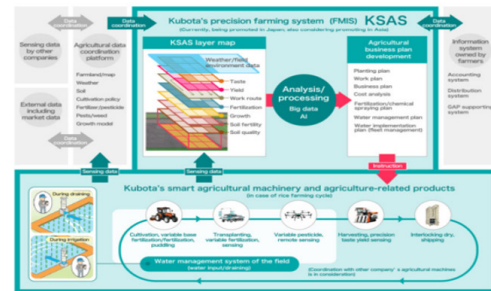
(a) IBM, Watson Decision Platform



(b) John Deere, HarvestLab 3000



(c) X Farm, X sense



(d) KUBOTA, KSAS

Fig. 5. Advanced agricultural sensors and systems for Agri-informatics services

안전관리

농업은 식량 공급을 보장하는 중요한 산업이지만, 다양한 위험 요소가 내포되어 있다. 이러한 위험 요소는 농작물의 생산성, 농업 종사자의 안전, 환경에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 미국의 KPA에서는 Agriculture Safety Management Software를 개발하여 사고 보고 및 관리와 교육이 제공 가능하도록 하였다(Agriculture Safety Management Software, KPA, USA). Fig. 6(a)와 같이 사용자에게 어플리케이션 형식으로 제공되어 접근성 및 활용성이 좋으며, 시간 및 위치에 관계없이 사고를 실시간으로 보고하고 관리할 수 있다. 미국의 MCRI (Marshfield Clinic Research Institute)에서는 위험 및 자원에 대한 현장 정보를 긴급 구조원에게 제공하기 위해 농작업 디지털 지도를 사용하는 방법인 Farm Mapper를 개발하였다(Weichelt et al, 2018). 농장에 비상사태가 발생할 경우, 농장에 따른 각각 다른 배치들에 익숙하지 않는 구조원들을 보호하기 위한 목적으로 개발되었다. 화학 물질, 용제, 연료 및 기타 위험 요소의 위치 등을 Fig. 6(b)와 같이 사용자가 직접 입력하는 방식이며, 지역 소방서와 지역 농장 커뮤니티를 형성하여 신속한 대응이 가능하도록 하였다. 뉴질랜드의 Fleetpin에서는 Fig. 6(c)와 같이 농업기계의 롤오버 상황이 발생하기 전에 사전에 감지하여 경고해주는 시스템인 SafeTraX를 개발하였다(SafeTraX, Fleetpin, New Zealand). 사고가 발생했을 경우, 사용자가 선택한 수신자에게 정보를 전송해주며, 사용자의 실수로 경보를 전송되는 것을 차단하기 위해 허위 경보를 제어 및 감소시키는 시스템을 개발하였다. 전복 경고가 발생하거나 과격한 운전 및 기계의 전복이 감지될 경우, 실시간으로 현장의 상황을 기록하도록 구축되었으며, 열악한 외부 환경에서도 사용이 가능하도록 제작되었다. 유럽의 Air-Rops은 Fig. 6(d)와 같이 자동전개 전복 방지 기능이 탑재된 제품인 AD-ROPS를 개발하였다(AD-

ROPS, Air-Rops, Spain). 모듈 형식의 제품으로 규격을 정하지 않아 다양한 농업 기계에 장착이 가능하며, 차량의 관성 상태에 대해 자체 개발한 ACU (Air-Rops Electronic Control Unit) 센서를 통해 지속적으로 모니터링하여 전복이 발생할 경우 자동적으로 작동하여 사용자의 안전 공간을 확보해준다.



Fig. 6. Advanced agricultural services and devices for work safety management systems

고찰 및 결론

현재 경운·정지 및 파종·정식 분야에서 첨단기술을 개발하고 있는 미국, 유럽, 일본은 자율주행, 전기구동방식 등에서 국내에 비하여 5년 이상 앞선 기술력을 보여주고 있으며, level-3의 자율주행 수준을 이미 보유하고 있을 뿐만 아니라, 지속적인 모듈화 기술의 개발을 통해 시판가능한 제품을 선보이고 있다. 중경·제초, 시비·방제, 예찰 작업 등을 포함하는 농작물 관리 기술의 경우, 제초로봇을 중심으로 높은 연구 결과물이 나오고 있으며, 방제기의 경우 원격시스템 기반의 일괄 방제 제품이 주를 이루고 있다. 수확 및 수확 후 처리 시스템은 농산물 숙성정보 측정 시스템이 상용화되고 있으며, 공급망 이동 시 농산물의 신선도 측정 등이 가능한 수준이다. 정보화 서비스 기술은 주로 기후에 대한 정보와 작물의 생육지수 등을 맵핑하여 보조적인 의사결정 정보를 제공해주고 있다. 안전관리 및 재해예방 시스템의 경우, 사용자가 기입한 데이터를 기반으로 사고 및 재해에 대한 대응이 이루어지는 것으로 파악되고 있다.

해외의 경우, 작물 모니터링과 제초 등 노지의 디지털화를 위해 다양한 작업기의 장착이 가능한 자율주행 플랫폼들이 많이 개발되어 왔지만, 국내의 경우 농기계 중 가장 첨단화된 트랙터를 중심으로 자율주행 기술이 개발되고 있을 뿐, 과수원 등 노지 농업 전반의 기술력 향상을 위한 플랫폼이 부재한 상황이다. 4차산업 기술력 또한 드론 등에 다수 활용되고 있으나, 소프트웨어 측면에서 해외 제품과의 경쟁력이 떨어질 뿐만 아니라, 현장에서의 실질적인 활용성이 떨어진다. 노지 디지털화를 위한 국내 특화 무인-자율 플랫폼의 확보가 필요하며, 불확실성을 최소화하고 안정성을 확보한 지능화 기술 개발을 통해 저투입-고효율 농업의 실현이 필요하다. 이를 위해서는 기반 시스템의 전반적 수준 향상, 일괄적이며 표준화된 데이터베이스의 구축을 통한 빅데이터 기반 예측 농업 기술 개발, 데이터 학습을 통한 농작업 환경에 따른 기계의 자율적 판단 및 의사 결정 지원, 농업 데이터 측정을 위한 센싱 및 통신 기술 개발 등이 중요하다. 국내 농업의 기술적 환경이 일

관적이며 기반 시스템의 기술이 확보된다면 농작업에 대한 지속적인 안정성을 통해 생산량 극대화 및 농업 경쟁력을 가질 수 있을 것이며, 다양한 ICT·무인화·지능화 등의 기술력 향상으로 전후방 산업 또한 동반 활성화가 가능할 것이다. 또한 스마트 농업체계 및 디지털화 기술 개발을 통해 국내 생산성 증대와 노동력 절감 및 글로벌 스마트팜 기술 선도국의 지위를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술연구사업의 스마트온실 환경 지능형 정밀제어 기술연구(세부과제번호: PJ016760)지원으로 수행되었습니다.

References

- Air-Rops. 2015. AD-ROPS. Assessed in <https://air-rops.es/ad-rops/> on 30 November 2023
- Bain MM, Dunn IC, Wilson PW, Joseph N, De Ketelaere B, De Baerdemaeker J, et al. 2006. Probability of an egg cracking during packing can be predicted using a simple non-destructive acoustic test. *British Poultry Science* 47: 462–469.
- Barnett DM, Kumpula BL, Petryk RL, Robinson NA, Renema RA, Robinson FE. 2004. Hatchability and early chick growth potential of broiler breeder eggs with hairline cracks. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 65–70.
- Botta B, Gattam SSR, Datta AK. 2022. Eggshell crack detection using deep convolutional neural networks. *Journal of Food Engineering* 315: 110798.
- Burro. 2020. Burro. Assessed in <https://burro.ai/robots/> on 29 November 2023
- Carbon Robotics. 2021. LaserWeeder. Assessed in <https://carbonrobotics.com/autonomous-weeder> on 29 November 2023
- Choi CY. 2022. A Study on Smart Farm 3.0 Strategy for Reinforcement of Domestic Agricultural Competitiveness. *The e-Business Studies*, 23(4): 43-59. [in Korean]
- Deepfield connect. 2023. Field monitoring. Assessed in <https://www.deepfieldconnect.com/products/field-monitoring> on 29 November 2023
- Enwave. 2019. REV. Assessed in <https://www.enwave.net/about/rev/> on 30 November 2023
- Farmtrac. 2020. FT25G. Assessed in <https://www.farmtracglobal.com/products/tractors/ev-range/compact-electric-2> on 29 November 2023
- Ferrari Growtech. 2020. Futura Twin. Assessed in <https://ferrarigrowtech.com/it/trapiantatrici-per-alveolo/8-trapiantatrice-automatica-futura.html> on 29 November 2023
- Fleetpin. 2023. SafeTraX. Assessed in <https://fleetpin.co.nz/products/agribusiness/> on 30 November 2023
- Guanjun B, Mimi J, Yi X, Shibo C, Qinghua Y. 2019. Cracked egg recognition based on machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture* 158: 159–166.
- Hara-Kudo Y, Sakakibara Y, Konuma H, Sawada T, Kumagai S. 2001. Laying season and egg shell cracks on the growth of *Salmonella Enteritidis* in the egg albumen during storage. *Journal of Food Protection* 64: 1134–1137.
- Hwang IS, Shin CS. 2022. Research Trends of Electric Tractor. *Proceedings of the KSAM 2022 Spring Conference*. 27(1):193-193. [in Korean]

- IBM. 2018. Watson Decision Platform for Agriculture. Assessed in <https://www.ibm.com/downloads/cas/PRJL6ZW4> on 30 November 2023
- ILO (International Labour Organization). 2021. 'Employment in agriculture'. ILOSTA database
- John Deere. 2021. iTEC Pro. Assessed in <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/guidance/itec-pro/> on 29 November 2023.
- John Deere. 2022. HarvestLab3000. Assessed in <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/data-management/harvest-lab-constituent-sensing/> on 30 November 2023
- KAMN (Korea Agro Machinery News). 2017. Japan's agricultural relief pitcher Agricultural robot research trends. Assessed in <https://www.kamnews.co.kr/news/articleView.html?idx no=1686> on 29 November 2023. [in Korean]
- Kim HS, Gong SY, Rhee JG, Lim JG, Kim WS. 2023. Technological Trends of Intelligent Agricultural Machinery. *Journal of Drive and Control*. 20(4):80-91. [in Korean]
- Kobashi. 2023. GAIA. Assessed in https://www.kobashiindustries.com/m_category/gaia/ on 29 November 2023
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2022. 'Population of farmers by age and period of agricultural workers (15 years of age or older)'. *Agriculture and Fisheries Research*. [in Korean]
- KPA. 2021. Agriculture safety management system. Assessed in <https://kpa.io/blog/what-is-ehs-software-everything-you-need-to-know/> on 30 November 2023
- KREI (Korea Rural Economic Institute). 2021. *Agricultural Outlook 2021 Korea*. pp.3-29. [in Korean]
- Kubota. 2014. KSAS. Assessed in <https://www.kubota.com/innovation/smartagri/index.html> on 27 November 2023
- Lee EW. 2023. Leading the way with top 10 technologies, including global smart agriculture and robots. 1 Jan. 2023. [in Korean]
- Lee JE, Jeong ST, Kim YH. 2018. Agricultural labour inputs for major crops and how to use them efficiently. In *Proceedings of the Korean Society of Crop Science Conference*. The Korean Society of Crop Science. pp 165. [in Korean]
- Lee JH. 2020. Japan's Smart Agriculture Policy. *GS&J* 273: 1-17. [in Korean]
- Niplo. 2023. BUR10. Assessed in https://www.niplo.co.jp/products/products_dt.php?id=138 on 29 November 2023
- PostHarvest. 2021. PostHarvest Sensor. Assessed in <https://www.postharvest.com/product/> on 30 November 2023
- Precision Makers. 2018. GreenBot. Assessed in <https://precisionmakers.com/en/greenbot> on 29 November 2023.
- Takaoka. 2018. AZ35FB. Assessed in <https://takaoka-kogyo.co.jp/products/koaze/> on 29 November 2023
- Universal Robot. 2014. Citrus Harvesting. Assessed in <https://www.agriculture-xprt.com/products/robotic-citrus-harvesting-system-579783> on 29 November 2023
- Weichert B, Yoder A, Bendixsen C, Pilz M, Minor G, Keifer M. 2018. Augmented reality farm MAPPER development: lessons learned from an app designed to improve rural emergency response. *Journal of agromedicine*, 23(3): 284-296.
- X Farm. 2023. X sensor. Assessed in <https://xfarm.ag/en/?lang=en> on 30 November 2023

Yang KH, Lee MH. 2021. Trends in the Development of Artificial Intelligence-based Digital Agricultural Technology. Journal of Knowledge Information Technology and Systems (JKITS), 16(6): 1315-1322. [in Korean]

ZURN, 2018. 130-ST. Assessed in <https://www.zurnuk.co.uk/product/130-st/> on 30 November 2023