

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

정밀농업

환경오염을 최소화하면서 농산물 생산량은 극대화
할 수 있는 농업관리체계

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

한국기업데이터(주)

작성자

임은경 전문위원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-3215-2379)으로 연락하여 주시기 바랍니다.

정밀농업

지속가능한 농업의 미래가 될 정밀농업

그린 뉴딜 - 친환경·저탄소 기반으로 전환

- 한국판 뉴딜의 10대 대표과제에 「그린에너지」 과제가 포함되어 있음.
신재생에너지 산업 생태계 육성을 위해 대규모 연구개발(R&D), 실증사업 및 설비 보급 확대로 2022년까지 총사업비 4조 5천억 원 투자, 일자리 1만 6천 개 창출, 2025년까지 총사업비 11조 3천억 원 투자, 일자리 3만 8천 개 창출을 목표로 추진 중
- 신재생에너지 확산 및 다각화로 저탄소·친환경 국가로 도약

환경·지속가능(D) - 스마트팜(D14) - 정밀농업(D14003)

- 정밀농업은 작물과 경작지의 정보를 수집 및 분석하여 작물과 토양의 특성에 맞는 물과 비료 등 투입자원을 최소화하여 환경오염을 줄이고, 농작물의 생산량을 최대화하는 농업관리체계임.
- 정밀농업은 지속가능한 농법으로 주목받고 있으며, 4차 산업혁명으로 인하여 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile) 및 관련 기술들이 급격하게 발전하면서 가속화되고 있고, 관찰, 처방, 농작업, 결과 분석의 4단계로 구분함.

■ 지속성장이 기대되는 농업의 미래

최근에는 ICT(Information and Communication Technologies, 정보통신기술) 등 첨단 기술과 접목하는 미래 농업으로서의 정밀농업 체계 구축이 가시화되고 있다.

정밀농업은 토지를 균일하게 관리하지 않고 맞춤 관리하여 화학비료와 물 절약, 동시에 생산량과 품질 개선을 가능하게 한다. 따라서 정밀농업은 투입 자원을 최소화하면서 농산물 생산량은 극대화할 수 있는 농업 방법으로, 지속가능한 미래 농업의 한 분야로 제시될 수 있다.

■ 기존 농업방식의 문제를 해결하고 효율성을 높이기 위한 농업관리체계

한국의 농업은 토지, 농업, 자본에 의존해 농사를 지었던 때부터 오늘날 첨단 디지털 기술이 접목된 농업에 이르기까지 상당한 발전을 거듭해왔다. 4차 산업혁명의 핵심기술이 적용되어 정밀농업의 고도화가 진행되었으며, 각종 스마트 시설과 장비에 데이터와 센서가 결합되어 농업의 첨단산업화로 농업의 패러다임이 변화하고 있다.

정밀농업을 통해 농기계의 자동화, 농작물 및 기후의 예측 가능성 확대 그리고 친환경적 농사를 지을 수 있으므로, 농촌인력 고령화, 농산물 수급 불균형, 환경오염 문제에 있어 정밀농업의 체계적인 도입이 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

I. 배경기술분석

투입자원을 최소화하면서 생산량은 최대화하는 농업관리체계

정밀농업은 지속가능한 농법으로 주목받고 있으며, 작물과 경작지의 정보를 수집 및 분석하여 작물과 토양의 특성에 맞는 물과 비료 등 투입자원을 최소화하여 환경오염을 줄이고, 고품질 농작물의 생산량을 최대화하는 농업관리체계로, 경제성과 친환경 두 가지 모두 충족 가능하다.

■ 정밀농업의 정의 및 필요성

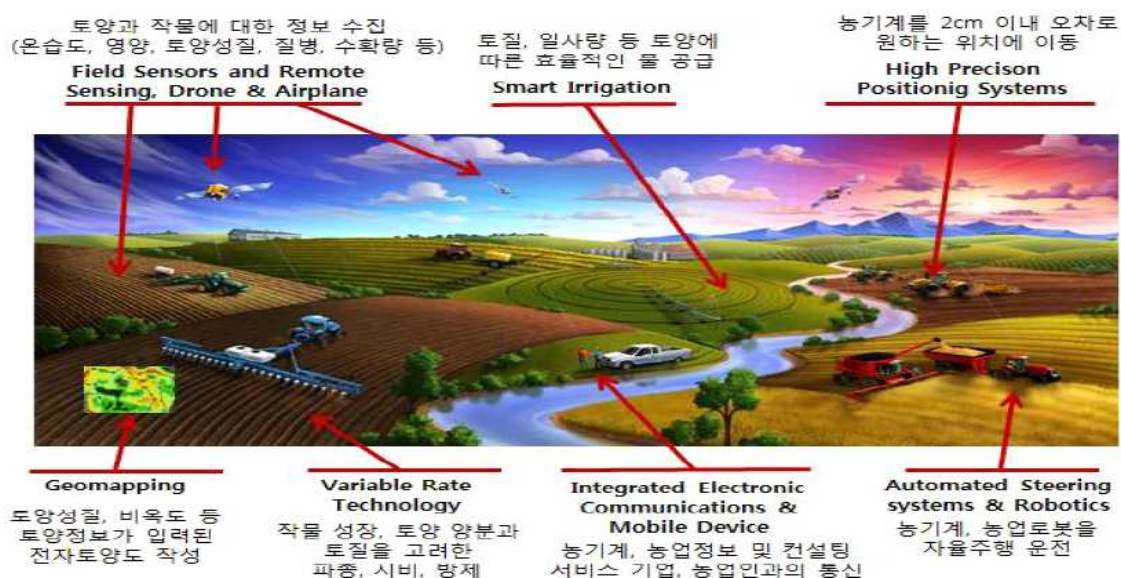
정밀농업(Precision Agriculture)은 비료, 물, 노동력 등의 투입자원을 최소화하면서 생산량은 최대화시키는 생산방식이다. 개념적 의미는 영농 면적단위별(필지 등)로 모니터링과 측정을 통해 진단·분석함으로써 최적의 처방과 처리를 추구하는 농업기술 접근 방법론이다.

토양 특성과 작물 생육특성의 농경지 위치 별 차이로 수확량과 품질에 차이가 있으므로 농경지 및 농작물의 상태, 환경, 조건 등을 모니터링하고, 이에 대한 분석을 통해 최소 투입자원(비료, 살충제 등)으로 환경오염을 줄이고 고품질 농작물의 생산량을 최대화하는 것을 목적으로 한다.

즉, 정밀농업은 보다 큰 면적에 균일한 농작업을 행하는 기계화 농업과 달리 작은 면적의 위치 특성에 맞는 변량 농자재 처방을 기반으로 하는 정보화 농업을 의미한다. 이를 실현하기 위한 기술로는 센서, IoT 등을 이용한 데이터 수집, 빅데이터와 인공지능(AI) 등의 고급 데이터 분석, 자율주행 농기계와 드론, 정밀 기상정보와 항공영상 정보 등의 기술 등이 있다.

국내에서 통용되는 스마트팜(실내 시설농업에 해당하는 것으로, 작물의 생육환경이 모니터링 되고 적기에 최적의 영농 의사결정이 수행되는 농장)과 유사하나 확장된 개념으로, 정밀농업은 기후정보를 수집 및 분석, 활용하여 에너지 소비를 줄인다는 점에서 유리온실, 비닐하우스 등 날씨 영향을 배제하는 스마트팜보다 확장된 개념으로 볼 수 있다.

[그림 1] 정밀농업 주요 기술 구성도



출처 : CEMA, Roland Berger 재구성

■ 정밀농업의 등장배경

정밀농업 개념은 1929년 처음 등장했지만 당시 열악한 기술 수준으로 실제구현에는 한계가 있었으며, 1980년대 중반 최적 지역, 최적 시기, 최적 처방('Doing the right treatment, at the right times, in the right place')을 고려한 농업생산시스템 연구에서 출발했다.

정밀농업의 출현은 미국이 주도했던 녹색혁명이 21세기에 이르자 그 한계점을 보였다는데 기인한다. 화학비료의 획기적 발전으로 식량생산은 크게 증가하였으나, 1990년대 이르러 오염된 토양과 지하수로 생산량의 증가폭이 감소하기 시작하면서, 지속가능한 농업에 대한 필요성이 제기되었다. 지속가능한 농업은 ICT 기술 발전으로 현실화되었고, 현재 국제기구와 농업 선진국에서 정밀농업이라는 이름으로 불리고 있다.

특히, 2020년 노벨평화상을 유엔 세계식량계획(WFP, World Food Programme)이 수상하면서 SDGs 중 하나인 '기아 종식(Zero Hunger)' 과 지속가능한 농업 촉진에 관심이 높아졌으나 GDP에서 차지하는 비중이 낮은 이유로 식량안보, 식품안전, 환경보전, 사회문화보전 기능 등 농업이 가지는 사회적 가치에 비해 저평가되고 있는 실정이다.

[표 1] 농업과 관련한 지속가능발전목표

구분	지속가능발전목표
목표2. Zero Hunger	기아를 종식하고 식량 안보를 달성하며 개선된 영양 상태를 달성하고 지속가능한 농업을 강화한다.
목표6. Clean Water and	모두가 물과 위생설비를 사용할 수 있도록 하고 지속가능한 유지관리를 보장한다.
목표15. Life on Land	지속가능한 육상 생태계 이용을 보호·복원·증진하고, 삼림을 지속가능하게 관리하며, 사막화를 방지하고 토지황폐화를 중지하고 생물다양성 손실을 중단한다.

*출처 : UNDP

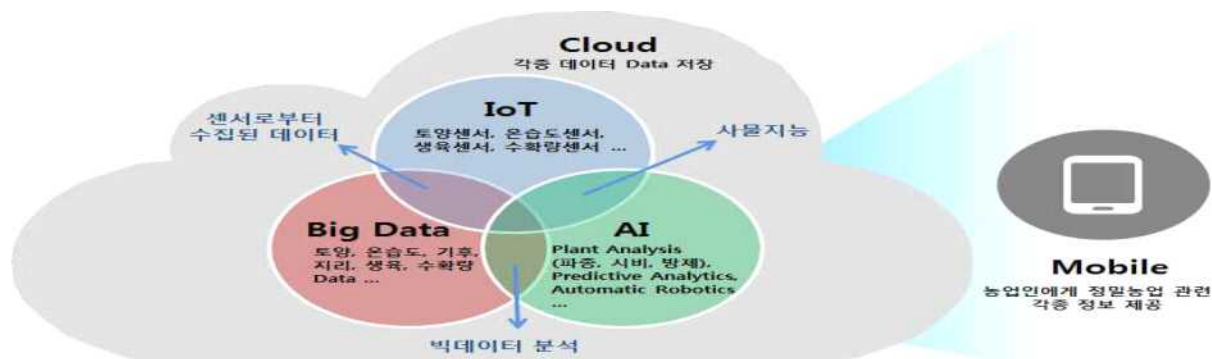
우리나라는 정밀농업 구현을 위한 다양한 스마트 기술이 부족한 실정으로, 4차 산업 융합 기술을 적용한 다양한 정밀농업 기술 개발이 필요하며, 채소, 과수 등 대부분이 노지에서 생산되고 있으므로 정밀농업을 통하여 고품질 농산물 생산 및 수급 안정이 가능할 것으로 기대된다.

■ ICBM과 인공지능(AI)으로 정밀농업에 날개를 달다

최근 4차 산업혁명으로 ICBM[사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile)], 드론 등의 기술이 급격한 발전을 이루면서, 정밀농업은 기술적 한계에서 벗어나 본격적인 비상을 시작했다. 또한, 인공지능(AI) 등의 기술 발전으로 데이터 DB 구축 및 데이터를 기반으로 효율적인 의사결정을 내리는 것이 가능해졌다.

IoT 기반 데이터 수집을 통해 클라우드 기반 빅데이터 구축하고, 인공지능 기반 최적화 예측과 맞춤형 처방하여 지능화된 농기계·농업로봇 등에 의한 최적화 작업이 가능하며, 모바일 기기를 통한 농업인에게 정보 제공 등이 과거에 비해 정밀하게 수행할 수 있어, 진정한 의미의 정밀농업 구현이 가시화되고 있다.

[그림 2] 정밀농업과 ICBM + AI 상관관계

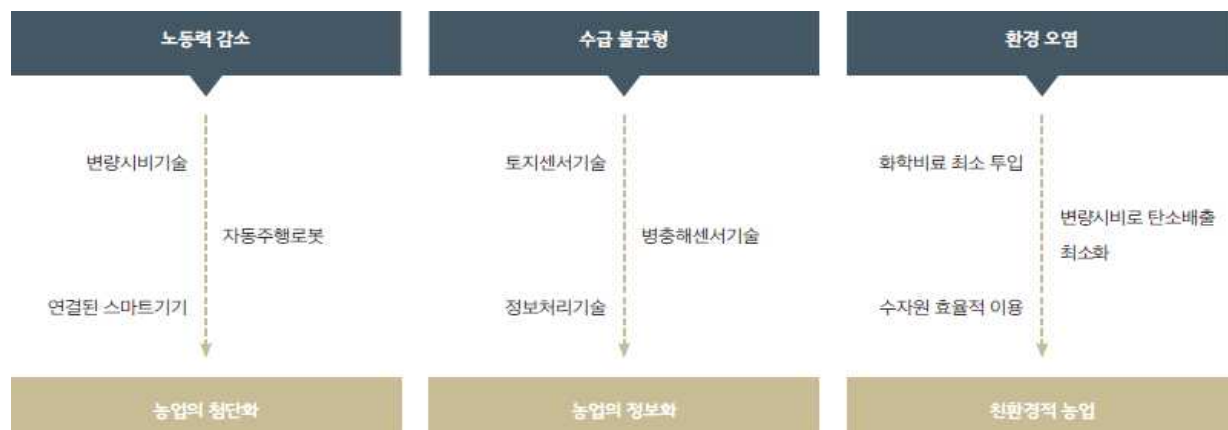


*출처 : 컴퓨터월드 '4차 산업혁명과 지능정보기술의 미래방향' 재구성

■ 한국 농업의 해결책, 정밀농업의 체계적인 도입

정밀농업은 ICT 기술 등을 활용한 농법으로써 변량 기술을 통한 농기계의 자동화, 센서 기술과 정보처리 기술을 통한 농작물 및 기후의 예측 가능성 확대 그리고 변량 시비 기술을 통한 친환경적 농사를 지을 수 있다는 이점을 가지고 있어, 농촌인력 고령화, 농산물 수급 불균형, 환경오염 문제에 있어 정밀농업의 체계적인 도입이 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

[그림 3] 정밀농업 개념 및 기술 구성



* 출처 : 2016 LG Global Challenger 최종보고서 '정밀농업, 함께 싹틔우다' 재구성

▶ 농업의 첨단화- 농업 인력을 최소화할 수 있는 ICT 기술을 통해 고령화에 대응

독일의 경우 불규칙한 경계를 지닌 다수의 소규모 필지를 가상으로 통합하여 관리하고 있다. 자동주행로봇이 일련의 작업을 저장하고 해당 위치에서 자동으로 작업이 이루어지는 Headland management로 농업 인구 감소에 대응하고 있다. 또한 스마트폰으로 농지의 상태와 관리가 필요한 부분을 바로 확인할 수 있어 이전과는 달리 농업에 많은 노동력이 필요하지 않게 되었다.

▶ 농업의 정보화- 농업의 정보화로 불확실성을 감소시킴으로써 체계적인 수급 계획 마련

영국 옥스퍼드셔의 농부들은 정밀농업의 도입으로 이전과는 확연히 다른 모습의 농사를 짓고 있다. 토양센서로 지도를 작성해 구획별로 알맞은 농작물을 키울 수 있으며, 부족한 영양분이 무엇인지 바로 알 수 있게 되었다. 병충해 센서는 병충해 발생 빈도와 시기를 측정하여 미리 대응할 수 있게 해주어 작물 다변화와 생산량 증대에 기여하고 있다.

▶ 친환경적 농업- 토양 맞춤 관리로 환경에 최소한의 영향을 줄 만큼만 농자재 투입

미국 아이오와 옥수수 농가에서(530ha) 토양조사를 통해 변량시비를 실시한 결과 25%이상의 화학비료와 농약을 절감했다는 연구결과가 있다. 스페인 남부 과수원 역시 정밀농업의 맞춤관리로 25%이상의 물 절약을 이뤄냈다. 정밀농업의 장점은 경제성과 친환경을 동시에 달성할 수 있다는 것인데 이는 변량시비에 기인한다. 이전의 대규모 농지에 균일하게 시비했던 것과 비교하면 절감할 수 있는 화학비료와 농약의 양은 엄청난 수준이다.

■ 정밀농업으로 인해 기대되는 환경이익

정밀농업은 ICT 기술 등을 활용하여 토양과 작물의 특성에 맞는 비료, 물 사용 등 최적화한 농법으로 경제성과 친환경 두 가지 모두 충족 가능하다. 특히, 날씨, 토양, 작물 정보를 분석하고 화학비료 사용을 최소화하여 환경오염을 줄이고, 기후정보를 수집, 분석, 활용하여 에너지소비를 줄이는 동시에 농작물의 생산성을 극대화하는 농법이다.

동일한 지역에서도 토양의 환경 조건, 비료 요구량, 비옥도 등이 상이하기 때문에 각 위치 특성에 맞는 변량 농자재를 처방하여 효율을 극대화할 수 있다.

[표 2] 정밀농업 프로세스와 기술 및 기대되는 환경이익

프로세스	기술	기대 환경이익
유리한 날씨 조건 하에 경작하는 적시성	· GPS를 활용한 자동안내 기술	· 탄소발자국 감소 (10% 에너지소비 절감)
들판 경계와 주요 위치에 초목심기	· 언덕 지형에서 등고선 경작 자동안내 기술	· 토양 침식 및 홍수 위험 감소 · 지표수 및 비료유실 감소
유속 낮추기	· 산마루 사이 마이크로 댐 설치	· 퇴적물 및 비료 유실 감소
수로에서 적정거리 떨어진 곳에 비료와 살충제 보관	· 지역 정보 자동안내 · 비료 분포와 스프레이 구획 통제	· 강물의 직접 오염 방지
살충제, 비료 과다적용 방지	· 비료 분포와 스프레이 구획 통제	· 과도한 화학물질에 따른 토양 및 수질오염 방지
분뇨량 적정비율 적용	· 주입 깊이 조정 · 이동 중 분뇨 성분 감지	· 지하수 오염 감소 · 공기 중 암모니아 발생 감소
정밀 관개	· 토질 지도	· 과도한 물 사용 억제
농작물에 살포하는 제초제 패치	· 잡초 감지 기술	· 제초제 사용 감소(6~81%)
병충해 조기·국소 치료	· 병충해 감지 다중센서(광학감지, 공중 포자 탐지, 휘발성 센서)	· 정확한 감지로 살충제 사용 감소(84%)
과수원 및 포도원 정밀 분사	· 나무 크기, 모양 감지 · 정밀 IPM (Integrated Pest Management)	· 살충제 사용감소(20~30%) · 분사지역 감소(50~80%)
날씨 조건에 따른 다양한 질소·인 비료 적용	· 광학센서 기반 작물생육지수 · 토지 영양 지도	· 질소 사용 효율 향상 · 토양 내 잔여 질소량 감소 등
작물 바이오매스 측정	· 작물생육지수	· 작물 바이오매스에 따른 살균제 용량 적용
미세독소 감소	· 작물생육지수 및 곰팡이 질병 위험	· 작물밀도, 질병위험이 높은 지역의 비료·살충제 사용 최적화

*출처 : ERPS(2016.12), "Precision agriculture and the future of farming in Europe"

II. 심층기술분석

농업 경쟁력 제고를 위한 정밀농업 체계 구축 가시화

4차 산업혁명으로 ICBM, 인공지능, 드론 등의 기술이 급격한 발전을 이루면서, 정밀농업 구현이 가시화되고 있다. 정밀농업은 부족한 노동력 대안, 농산물 수급 불확실성 감소, 친환경 및 경제성 등 다방면의 성과를 통해 차세대 농업 패러다임과 미래농업의 한 분야로 전망된다.

■ 농업 경쟁력 제고를 위한 정밀농업 체계

정밀농업은 ICBM, 자율주행, 인공위성, 빅데이터, 드론 등의 다양한 첨단 기술이 접목되어 원격 또는 자동으로 작물과 가축의 생육환경을 적정하게 유지 및 관리할 수 있게 하는 지능화된 농업 체계를 의미하며 최근 4차 산업혁명 기술 적용으로 더욱 진화하고 있다.

또한, 농축산 생산시설의 환경 및 생체정보의 관측과 이의 해석 및 판단을 통해 언제 어디서나 적절한 제어 및 처방이 이루어짐으로 최소한의 노동력, 에너지, 자원을 투입하여 생산성 극대화 및 고품질 생산이 가능하도록 하는 기술이다.

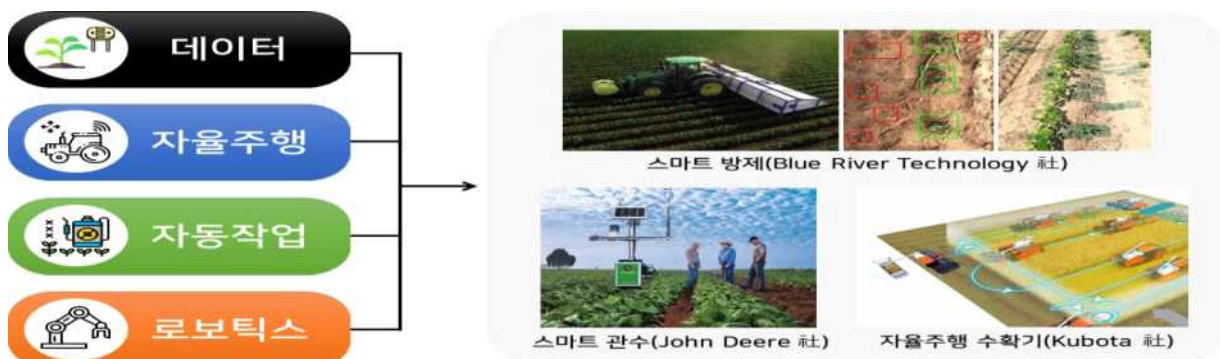
[그림 4] 정밀농업의 기술 발전 추세



*출처 : 한국과학기술기획평가원, '스마트농업'(2021)

대규모 노지농업이 발달된 미국을 중심으로 다양한 첨단 기술이 접목되어 데이터 기반 정밀농업이 상용화되고 있다. 최근 토양, 기상, 생육 측정센서 및 드론·위성 촬영 기술의 발달로 넓은 농지를 세밀하게 모니터링하고 데이터를 공유하는 빅데이터 플랫폼이 서비스 단계에 진입하였다.

[그림 5] 정밀농업 분야 첨단기술 융합 예시



*출처 : 한국과학기술기획평가원, '스마트농업'(2021)

■ 정밀농업의 주요 단계

정밀농업은 1) 관찰, 2) 처방, 3) 농작업, 4) 결과 분석의 순서 과정으로 진행된다. 1단계 모니터링을 통해 수집된 농경지·농작물·농기계에 대한 데이터는 2단계에서 데이터 분석·AI·기계학습을 통하여 적절한 처방을 내리는 데 사용된다. 처방결과는 3단계의 농작업의 입력 조건으로 활용되고, 농작업의 결과는 4단계 결과분석에 사용한다.

▶ 1단계, 관찰(Monitoring) : 농경지의 토양, 작물, 수확량 상태를 조사하여 기초정보를 만들어 내는 단계

모니터링은 각종 센서를 이용하여 농경지·농작물·농기계와 같은 농업 전반에 걸친 모든 데이터를 수집하고 관리하는 정밀농업의 첫 번째 단계이다.

- 농경지 정보: 수분함량, 전기전도도, 온도, 습도, N-P-K 등 각종 토양 환경
- 농작물 정보: 외형(크기, 길이, 무게 등), 영양성분 등
- 농기계 정보: 위치, 농작업 상태, 차량 동기화, 자동 조향, 수확량 등

농업 모니터링은 경지서버(field server) 형태로 토양에 직접 설치한 센서와 드론을 이용하여 상공에서 필드 이미지를 촬영하여 각종 정보를 관측하는 방식으로 구분된다. 그중, 드론은 카메라를 이용하여 실시간으로 작물 및 토양 생육정보를 수집하고, 필지 전체를 한 번에 매핑하여 가변 맵 작성이 가능하기 때문에 정밀농업에 활발히 적용되고 있는 추세이다.

첫 단계인 관찰 단계에서는 각종 센서를 통해 데이터가 수집되기 때문에, 현장에서 데이터 수집을 위한 무선 데이터 송수신 기술과 야외환경에서 센서 모듈의 전원공급 등에 대한 기술이 필요하다.

[그림 6] 농경지 모니터링 기술(좌: 센서를 통한 농경지 정보수집/우: 드론을 통한 병충해 정보수집)



*출처 : FarmBeats, Cropia 재구성

▶ 2단계, 처방(Prescription) : 센서기술로 얻은 정보를 기반으로, 농약과 비료의 알맞은 양을 결정하는 단계

정밀농업의 2단계는 1단계에서 수집한 데이터를 기반으로 효율적인 의사결정을 하는 처방 단계로, AI 및 빅데이터 분석을 통하여 작물의 생육환경에 최적화된 조건을 제공하고, 적절한 처방을 내림으로써 저투입·고효율 농업을 가능하게 한다.

1단계 관찰에서 수집된 방대한 양의 데이터를 저장·관리·분석하기 위해서는 수집된 데이터를 데이터베이스화한다. 농업 전반에 걸쳐 수집된 데이터를 고차원 회귀분석, 분류분석(패턴인식), 군집분석 등과 같은 다양한 분석방법으로 정밀농업을 위한 진단 및 처방 결과를 도출한다.

분석 결과를 시계열 자료, 통계적 분포, 지도, 계층구조, 네트워크 등을 이용하여 시각화 표현 자료로 분석하여 처방에 대한 시각화 자료를 제공하고, 전문 농업인의 재배 노하우나 경험 등의 지식 없이도 스스로 학습한 AI 기반 플랫폼을 이용하여 농업인에게 노하우를 제공하며, 컴퓨터 시각 기술이 결합된 AI를 이용하여 잡초 및 질병에 감염된 작물의 감지 및 제거가 가능하다.

▶ 3단계, 농작업(Agricultural operation) : 최적으로 판단된 정보에 따라, 필요한 양의 농자재와 비료를 투입하는 단계

정밀농업의 3단계인 농작업은 2단계의 처방 결과를 기반으로 드론, 트랙터, 콤바인 등 각종 하드웨어를 이용하여 농작업을 수행하는 단계이다.

드론은 경작지와 농작물에 필요한 비료, 농약, 물 등을 적재적소에 공급할 수 있으며, 거리측정기를 이용하여 고도를 식물의 높이와 지형에 따라 자동으로 조정할 수 있다.

또한, 드론은 지표면을 스캔하고 고도를 실시간으로 일정하게 조정해 정확한 양을 살포할 수 있으며, 살포 효율을 높여 농약 살포량을 절감할 수 있고 또 이를 통해 수질이나 지하수 오염을 감소시킬 수 있다.

트랙터, 콤바인, 이앙기 등 주요 농기계는 처방 결과를 기반으로 파종, 농약살포 등을 가변적으로 할 수 있으며, 카메라를 기반으로 잡초를 인식하여 잡초 제거도 가능하게 한다.

또한 자율주행 시스템은 위성지도와 매핑 결과를 기반으로 일정한 작업을 가능하게 하여 농경지 내 미 작업 구획을 없애고, 중복작업을 방지할 수 있어, 이는 농작업 시 시간 손실 및 농약 및 비료의 손실을 줄이고, 토양 오염을 방지할 수 있으며, 일정하게 심어진 농작물은 자율주행 기능을 이용하여 수확 시 손실률을 최소화할 수 있기 때문에 효율적이다.

▶ 4단계, 결과 분석(Result analysis) : 산출된 양을 기존 수확량과 비교, 시비 방법의 적절성을 확인한 후 수정 보완하여 데이터를 축적하는 단계

결과 분석은 정밀농업의 마지막 단계로, 3단계를 통해 수행된 농작업 결과를 기반으로 다음 농번기의 농업을 위한 기초자료로 활용하기 위해 데이터베이스를 구축하고, 처방 지도 및 농업 경영 등 농업 전반을 분석하는 단계이다.

2단계 처방을 기반으로 3단계 농작업을 수행한 결과를 분석함으로써, 입력(처방) 대비 결과(농작업)를 평가하고, 처방에 대한 성능을 지속적으로 업데이트하는 데 사용함. 이를 통해, 데이터베이스가 축적될수록 처방은 보다 효율적인 농업을 가능하게 한다.





농작업 결과를 기반으로 다음 해의 농업에 대한 사전 매핑 정보를 저장할 수 있고, 이를 기반으로 농경지 관리 및 파종 시 정밀한 관리를 통하여 고품질 농작물 생산을 가능하게 한다.

■ 정밀농업의 단계별 주요 기술

1단계부터 4단계까지의 정밀농업 사이클을 통해 지속적으로 데이터베이스는 축적될 것이며, 누적된 농업 데이터는 더 효율적인 작업과 우수한 농작물을 생산하기 위한 기초 자료로 활용된다.

이러한 정밀농업을 실현하기 위한 단계별 주요 기술의 핵심은 사물인터넷(IoT)을 활용한 관찰과 데이터 수집, 이를 집계 분석하는 빅데이터 처리와 분석을 위한 첨단 소프트웨어 기술 활용과 이를 정밀하게 수행할 수 있는 농기계 및 숙련기술로 요약할 수 있다.

[표 3] 단계별 정밀농업 주요 기술 및 기자재

단계	주요 기술	기자재
 <p>(1단계) 관찰</p>	농경지·농작물·농기계 센서 기술(수분 함량, 수분스트레스, 온도, 전기전도도, 풍향, 풍속 등), 무선 데이터 송수신, 텔레메틱스, IoT	외부 기상 센서(습도, 온도, 수분, 일조), 토양 센서(습도, 온도, 수분, pH), 카메라(RGB, 열화상 등), 영상 분석 센서(NIR 등), GPS, 드론, 통신 모듈
 <p>(2단계) 처방</p>	필드 매핑, 처방 지도 생성, 데이터베이스, 빅데이터 분석, AI, 기계학습	필드 매핑, 빅데이터 분석 소프트웨어 및 서버(GPU, CPU, HDD 등)
 <p>(3단계) 농작업</p>	무선 데이터 송수신, 자율 주행, 자율 작업, 무선제어, 파종·시비 변량 제어, 관개 제어	GPS, GNSS 수신기, 농기계, 각종 부착 작업기, 드론, 분무 노즐, 컨트롤러, 카메라, 라인 감지 센서, 액추에이터, 모터, 로드셀, 유량 센서, 음향 센서
 <p>(4단계) 결과 분석</p>	필드 관리(수분, 비료, 수확량 등), 데이터베이스, 빅데이터 분석, AI, 기계학습, 데이터베이스 암호화 및 보안	빅데이터 서버(GPU, CPU, HDD 등), 빅데이터 분석 소프트웨어

*출처 : 정보통신산업진흥원(2018), 한국기업데이터(주) 재구성

■ 국내 정밀농업 관련 기술 수준과 방향

농촌진흥청에서 추진 중인 ‘차세대 한국형 스마트팜 기술개발’ 프로젝트의 기술개발 시나리오에 따르면, 고도화된 스마트팜 기술로 농업을 과학화하고 농업 혁신의 토대를 마련하기 위해 3단계 기술 개발 전략을 추진하고 있다.

[표 4] 농촌진흥청의 3단계 스마트팜 개발 전략

1세대 모델(2016)	2세대 모델(2018)	3세대 모델(2020)
 <p>스마트링크 네트워크구성 및 인터넷 연결</p> <p>센서노드 각종 센서 데이터 수집 네트워크 연결</p> <p>제어노드 네트워크로부터 제어 명령 수신</p> <p>스마트 영상 원격지에서 농업시설 영상모니터링</p> <p>1세대 기본구성</p>	 <p>지상부 복합 환경제어 공실·재배환경 지능형 자동제어 알고리즘 적용</p> <p>클라우드서비스 Big Data 분석 및 원격 의사결정 지원서비스</p> <p>복합에너지관리 태양광, 지열, 태양열, 보온재 등 최적 제어 기술 적용</p> <p>스마트 농작업 로봇 및 지능형 농기계 농작업 자동화 시스템</p> <p>2세대 기본구성</p>	 <p>스마트 링크 네트워크구성 및 인터넷 연결</p> <p>센서노드 각종 센서 데이터 수집 네트워크 연결</p> <p>제어노드 네트워크로부터 제어 명령 수신</p> <p>스마트 영상 원격지에서 농업시설 영상모니터링</p> <p>3세대 기본구성</p>
농민이 영상을 통해 직접 원격 수동제어	작물의 지상부 및 지하부 생육환경을 자동제어	스마트 온실 시스템의 최적 에너지관리와 로봇 농작업

*출처 : 농촌진흥청, ‘인공지능이 농사짓는 시대’(2019), 한국기업데이터(주) 재가공

1세대 스마트팜을 도입한 많은 농가에서는 영농의 편의성 향상뿐만 아니라 생산성을 높이는 데도 큰 효과를 보이고 있다. 그러나 1세대의 경우, 모든 농사 환경을 농업인이 직접 설정하고 조작해야하므로 농사에 대한 지식은 물론, 데이터를 이해하고 분석하는 ICT 역량도 필요하다.

이에 경험이 적은 젊은 농업인이나 귀농인, 농사 지식은 있지만 ICT가 익숙하지 않은 고령 농업인은 접근이 쉽지 않다는 점이 기술적 한계로 지적되어 왔다.

[그림 7] 1세대 모델(2016) : 원격감시+원격제어



*출처 : 농촌진흥청, '인공지능이 농사짓는 시대'(2019)

한국형 스마트팜 2세대 기술은 인공지능이 데이터와 영상 정보로 생육을 진단하며 의사결정을 돕는 데 활용할 수 있다. 특히, 인공지능으로 작물의 재배환경과 생육, 질병 상태를 진단할 뿐만 아니라 재배 전 과정에서 적합한 의사결정을 지원하는 등 농사 경험이 적은 젊은 농업인이나 ICT에 미숙한 고령 농업인에게도 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

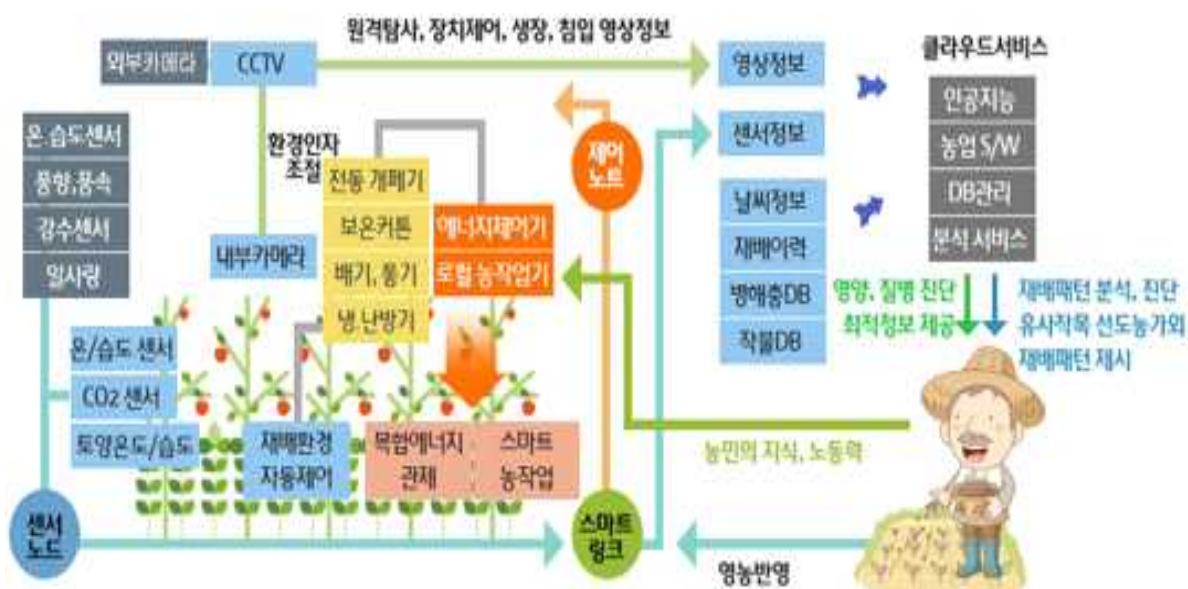
[그림 8] 2세대 모델(2018) : 지상부 복합환경제어 + 클라우드 서비스



*출처 : 농촌진흥청, '인공지능이 농사짓는 시대'(2019)

3세대 스마트팜은 소재기술과 신재생에너지를 활용한 복합에너지 최적관리 및 로봇과 지능형 농기계를 활용한 스마트 농작업 구현을 통해 농산업 성장의 동력이 되도록 추진할 계획이다.

[그림 9] 3세대 모델(2020) : 복합에너지관리+스마트 농작업



*출처 : 농촌진흥청, '인공지능이 농사짓는 시대'(2019)

■ 국내 정밀농업 관련 시범사업

‘첨단 무인자동화 농업생산 시범단지 조성사업’은 전라남도(전남도농업기술원)가 추진하는 사업으로 미래형 농업생산 시범단지를 조성, 운영함으로써 4차 산업혁명과 인구 고령화 등에 적극 대응하는 미래형 사업이다. 50ha 규모로 조성(논30ha, 밭 20ha)하여 첨단 농기계종합관리센터, 무인자동화 농기계와 무인 육묘장으로 구성하여 운영한다.

[그림 10] 전라남도 무인자동화 농업시범단지 개념도



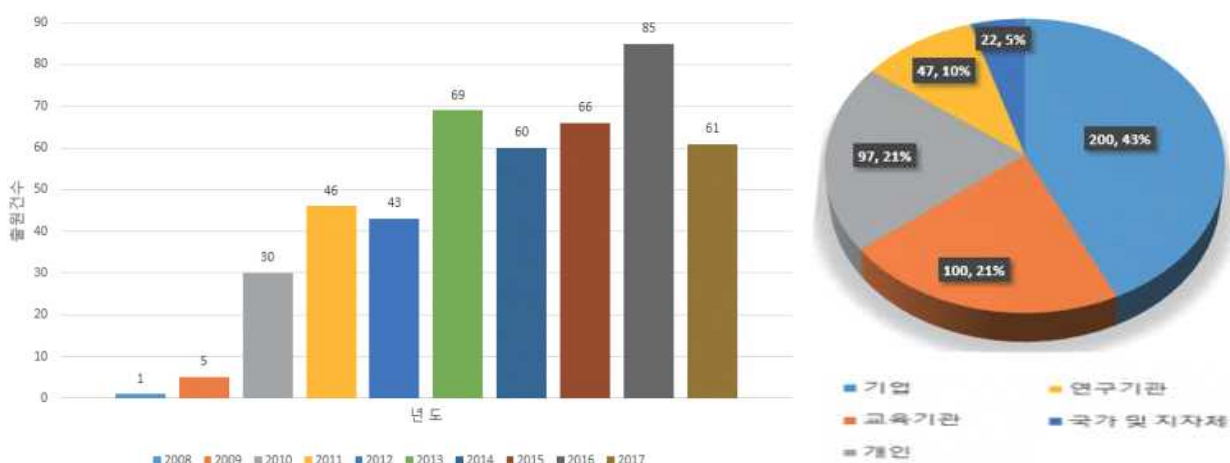
*출처 : 전라남도 무인자동화 농업시범단지 사업단(2020)

■ 세계 정밀농업 관련 특허동향

세계 정밀농업의 기술개발과 구현은 네덜란드가 리드해 나가고 있다. 특허출원 건수는 미세한 증감을 반복하고, 2013년 가장 많았으며, 이 후에는 2014년도 가장 많은 출원이 되고 있으며, 식물공장에 의한 증가일 가능성은 있지만, 농업 현장에의 사물인터넷(IoT) 등의 기술 활용 증대로 출원이 급증할 것으로 전망된다.

국내 특허 출원인별로 살펴보면 기업 42.9%, 교육기관 21.5%, 개인 20.8%, 연구기관 10.1%, 국가 및 지자체 4.7% 순으로 출원돼 기업 출원의 비중이 가장 높은 것으로 나타났다.

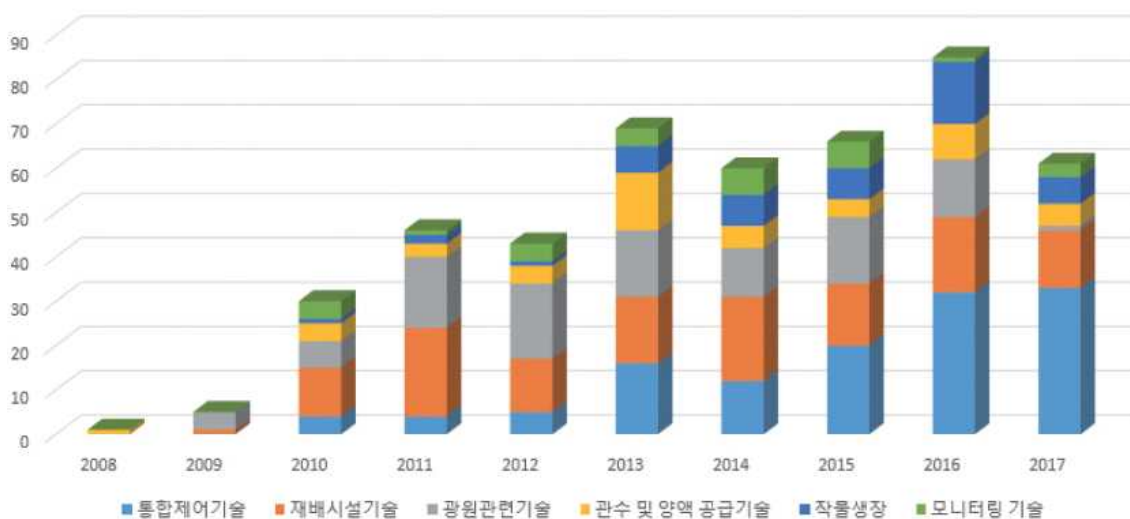
[그림 11] 스마트팜 기술의 연도별 출원 동향 (단위 : 건)



*출처 : 과학기술일자리진흥원, S&T Market Report '스마트팜 기술 및 시장동향 보고서'(2019)

국내 기술별 분류로는 통합제어 기술 126건(27%)이 가장 많으며, 그 다음이 재배시설 기술 122건(26%), 광원 관련 기술 98건(21%), 관수 및 양액 공급 기술 47건(10%), 작물 성장 모니터링 기술 44건(9%), 기타 기술 29건(6%)이다.

[그림 12] 스마트팜 기술별 출원 동향 (단위 : 건)



*출처 : 과학기술일자리진흥원, S&T Market Report '스마트팜 기술 및 시장동향 보고서'(2019)

Ⅲ. 산업동향분석

정밀농업을 통한 첨단산업화로 농업의 패러다임을 주도

데이터 기반 농업이 가능해지면서 농업 생산성의 대폭적인 향상이 기대된다. 앞으로 농업과 ICT(정보통신기술) 및 생명공학기술 등의 융·복합으로 스마트한 정밀농업으로의 진전이 더욱 가속화되고, 농업의 첨단산업화로 농업의 패러다임이 변화하고 있다.

■ 한국 농업의 패러다임 변화

한국의 농업은 토지, 농업, 자본에 의존해 농사를 지었던 때부터 오늘날 첨단 디지털 기술이 접목된 스마트 농업에 이르기까지 상당한 발전을 거듭해왔다. 과거에서부터 오늘날까지 한국 농업이 발전해온 과정을 그동안 농업환경에 직간접적으로 영향을 미친 다양한 경제적·사회적·기술적 요인을 고려하여 구분한다면, 크게 네 단계로 구분할 수 있다.

근대화 이전의 농업 1.0 시기에는 투입요소라곤 토지, 농업, 자본 등이 전부였던 탓에 노동집약적 특성이 강하게 나타났으며, 생산성 또한 저조했다. 1970년대 새마을 운동과 함께 농업의 현대화가 진전되면서 농업 2.0 시기를 맞이하게 되었다.

농업 3.0 시기에 접어들면서 농업환경 패러다임의 변화조짐이 보이기 시작했다. 아울러 위성위치확인시스템, 지리정보체계, 생육·토양측정센서, 투입자원을 조절하는 변량률 기술 등의 요소 기술을 중심으로 한 정밀농업이 신규농법으로 개발되어 점차 발전해 나갔다.

2000년대 들어서는 4차 산업혁명의 핵심기술이 적용되어 농작업의 무인화·지능화를 이루고, 농업에서 없어서는 안 될 요소인 노동력, 지식, 경험 등을 데이터가 대신하는 농업 4.0시대를 맞이한 것이다. 농업 4.0 시기에는 정밀농업의 고도화가 진행되었으며, 각종 스마트 시설과 장비에 데이터와 센서가 결합되어 농업의 첨단산업화로 농업의 패러다임이 변화하고 있다.

[그림 13] 국내 농업 패러다임의 변화



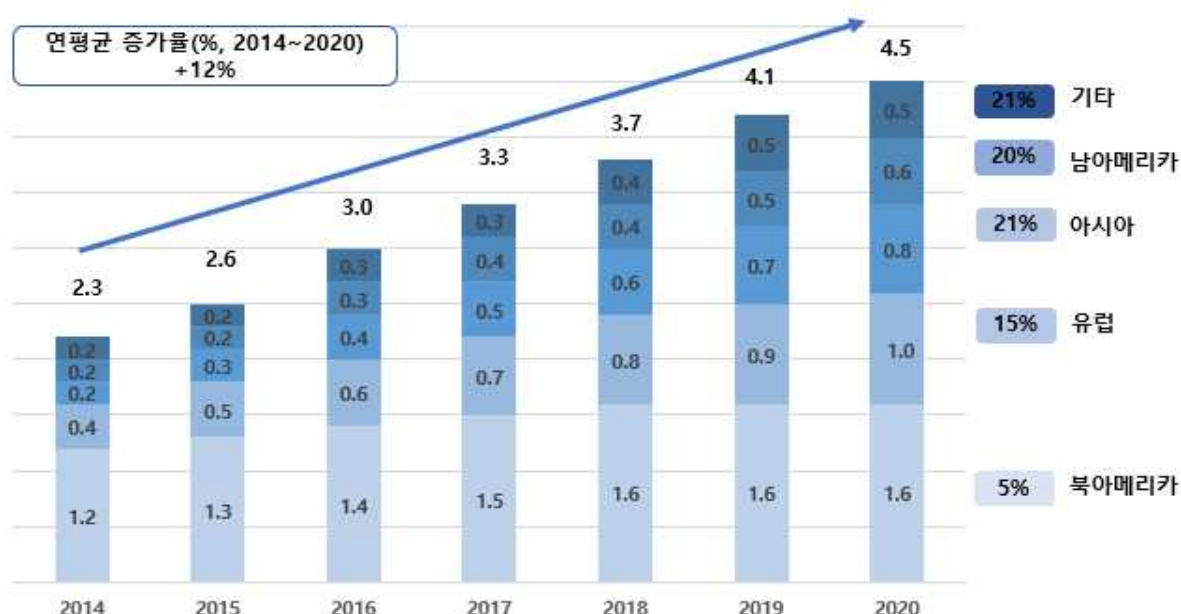
*출처 : 삼성KPMG 경제연구원, '스마트 농업, 다시 그리는 농업의 가치사슬'(2019)

데이터 기반 농업이 가능해지면서 농업 생산성의 대폭적인 향상이 기대된다. 앞으로 농업과 ICT(정보통신기술) 및 생명공학기술 등의 융·복합으로 스마트한 정밀농업으로의 진전이 더욱 가속화될 것으로 예상된다.

■ 세계 정밀농업의 시장 동향

정밀농업 관련 산업은 지속적으로 성장해 왔으며, 앞으로도 크게 성장할 것이라는 데는 모두 공감하고 있다. 구체적인 시장 규모를 추정한 연구는 제한적이지만, 독일 컨설팅기업 Roland Berger에 따르면, 정밀농업 세계 시장규모는 2014년 2.3십억 유로이며, 연평균 12% 성장하여 2020년에는 4.5십억 유로로 시장규모가 지속적으로 성장할 것으로 전망된다.

[그림 14] 정밀농업 세계시장 성장 전망 (2014~2020년) (단위 : 십억 유로)



*출처 : Business opportunities in Precision Farming: Will big data feed the world in the future, Roland Berger(2015)

MarketsandMarkets, Grand View Research 등 다른 조사기관들도 일부 차이가 있지만 연평균 12~15%로 성장하여 2022년에는 약 70억 달러로 성장할 것으로 전망된다.

[표 5] 조사기관별 정밀농업 세계시장 전망

조사기관	시장 전망
MarketsandMarkets	2015년 30억 달러, 2022년 78.7억 달러 / 연평균 13.47% 성장 (2016~2022년)
Grand View Research	2016년 30.3억 달러, 2025년 102.3억 달러 / 연평균 14.2% 성장 (2014~2025년)
Research and Markets	2016년 31.8억 달러, 2022년 70억 달러 / 연평균 12.14% 성장 (2017~2022년)
Orian Research	2016년 33.6억 달러, 2023년 70억 달러 / 연평균 15.25% 성장 (2016~2023년)
BCC Research	2016년 33억 달러, 2021년 59억 달러 / 연평균 12.4% 성장 (2016~2021년)
Allied market research	2022년 78억 달러 / 연평균 14.9% 성장 (2016~2022년)

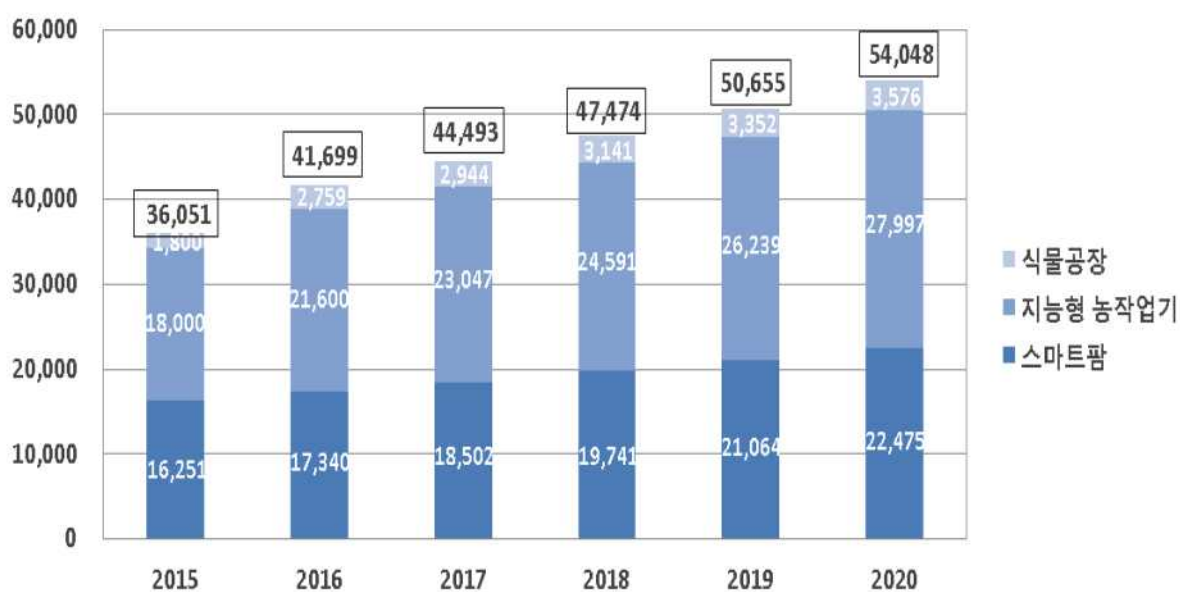
*출처 : 정보통신산업진흥원, '농업의 4차 산업혁명, 다시 주목받는 정밀농업'(2017)

■ 국내 정밀농업의 시장 동향

국내 정밀농업 관련 시장규모는 2020년 기준 5.4조 원 규모로 연평균 8.4% 성장할 것으로 전망된다. 글로벌 시장과 비교했을 때 스마트팜(시설농업)이 차지하는 비중이 높은 편이며, 이는 농지면적이 작아 시설농업의 비중이 높은 국내 농업 상황을 반영하였다. 지능형 농작업기의 비중이 가장 높으며, 식물공장은 시장 규모는 작으나 성장률이 가장 높다.

[그림 15] 국내 정밀농업 관련 시장규모 전망

(단위 : 억 원)



구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	연평균증가율
스마트팜	16,251	17,340	18,502	19,741	21,064	22,475	6.7%
지능형 농작업기	18,000	21,600	23,047	24,591	26,239	27,997	9.2%
식물공장	1,800	2,759	2,944	3,141	3,352	3,576	14.7%
합 계	36,051	41,699	44,493	47,474	50,655	54,048	8.4%

*출처 : KISTEP(2019), 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발사업 예비타당성조사 보고서

IV. 주요기업분석

다양한 기술을 융합한 정밀농업의 고도화 추진



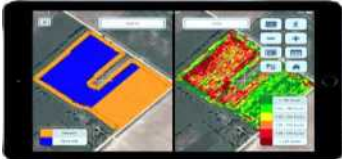


해외에서는 다양한 기술을 융합한 정밀농업의 고도화를 추진하고 있으며, 국내는 주로 정부의 기술 중심 R&D를 진행하고 있다. 정밀농업 육성을 위한 인프라 확산, 스타트업 지원, ICT 기업과 농업인들의 상생모델 등 정밀농업 발전을 위한 중장기적인 생태계 조성 필요하다.

■ 정밀농업 관련 글로벌 기업 동향

대규모 경작지를 가진 미국과 같은 국가들은 드론, 위성 등을 적극적으로 활용하여 농경지에 변량시비, 농기계 자율주행 등 각종 정밀농업의 구현을 위한 시스템을 개발하고 지속적인 보완을 통하여 성능을 개선하고 있다.

또한, 미국, 유럽, 일본 등 전 세계 농기계 회사들은 기존의 단순 농기계 제조뿐만 아니라, 농경지(토양) 및 농기계를 포함한 농업 전 주기를 관리 감독하는 종합 솔루션을 개발하고 있는 추세이며, 농작물 생산성 증대와 고효율 작업 구현을 위하여 각종 정밀농업 기술들을 개발 및 상용화하고 있다. 주요 기업으로는 JohnDeere(미국), CASE IH(미국), Bayer · Monsanto(독일), KUBOTA(일본), CLAAS(독일) 등이 있다.

[표 6] 해외 업체 현황

업체명	사업화 현황	
JohnDeere (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 농기계 제조업체로, 약 25종 이상의 다양한 정밀농업의 세부 기술을 개발하고 상용화 Field Analyzer를 통해, 필드에서 발생하는 주요 데이터를 매핑하고 적절한 처방을 제시 	
CASE IH (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 정밀농업 솔루션으로 텔레메틱스 기반 Advanced Farming Systems(AFS)를 개발하여 비료 살포 및 파종 등에 적합한 다양한 기술들을 지원 	
Bayer · Monsanto (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 독일기반의 세계적인 화학·제약기업인 바이엘은 2016년 5월, 세계적인 미국 종자기업 몬산토를 인수 바이엘은 몬산토가 추진해오던 Climate FieldView(빅데이터를 활용한 디지털 농업 솔루션) 플랫폼화 전략을 강화 	
CLAAS (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 농기계 제조업체로, 텔레메틱스 시스템을 이용하여 정밀농업 구현을 위한 변량시비, 오픈 플랫폼, 디지털 장비 등과 같은 기술을 상용화 	
KUBOTA (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 정보 통신 기술을 농기계에 접목한 KSAS(Kubota Smart Agricultural System)를 보급 무인자율주행이 가능한 농업로봇트랙터(Level 2)를 출시 	

*출처 : 각사 홈페이지, 한국기업데이터(주) 재구성

■ 정밀농업 관련 국내 기업 동향

국내 정밀농업은 1999년 정밀농업 국제심포지엄 및 미국과의 국제공동연구 추진 등으로 시작되었으며, 이후 무인작업 기술, 자율주행기술, 센서기술 등이 개발되었다. 현재 전통적인 로봇 업체 주도의 기술 개발이 아닌 기존 농기계 전문 산업체의 제품군들에 대한 자동화, 무인화, 지능화 과정에서 로봇기술이 접목되고 있으며, 정부 주도의 기술 중심 R&D를 추진하고 있다.

한국농촌경제연구원, ‘농업 경쟁력 제고를 위한정밀농업 체계 구축 방안’ (2020)에 따르면, 상대적으로 규모가 영세한 국내 농가들을 대상으로는 미국에서 시행되고 있는 수준의 정밀농업 기술 활용을 기대하기는 어렵다.

따라서 정부 차원에서는 정밀농업 육성을 위한 정밀농업 인프라 확산, 스타트업 지원, ICT 기업과 농업인들의 상생모델 등 정밀농업 발전을 위한 중장기적인 생태계 조성 필요하다. 주요 참여업체로는 LS엠트론, 대동공업, 동양물산, GINT 등이 있다.

[표 7] 국내 업체 현황

업체명	사업화 현황
LS엠트론	<ul style="list-style-type: none"> • 농업기계, 사출 시스템, 커넥터, 궤도, 안테나, 울트라 커패시터 등의 사업을 실시하고 있으며, 전 세계 40개국 이상에 트랙터를 공급 • LS ASL(Agri Smart Link)은 LS엠트론의 스마트 농업 솔루션으로서 ICT 기술을 트랙터에 접목한 시스템 • 2018년 10월, LG 유플러스와 스마트 농업 솔루션 및 정밀농업 서비스 구축에 대한 MOU를 체결 
대동공업	<ul style="list-style-type: none"> • 농업기계를 생산 및 개발하며, RTK 기술과 자율주행 조항장치를 결합한 자율주행 이앙기 (ERP80DFZA)를 개발 • 농업의 전 주기(경운-파종-시비-방제-수확)에 대한 솔루션의 제공이 가능한 정밀농업을 구현하기 위해 연구 개발 
동양물산	<ul style="list-style-type: none"> • 동양물산은 트랙터, 콤바인과 같은 농업기계와 지게차와 같은 건설기계를 생산 및 개발, 2013년 국내 최초 직진 자율주행 트랙터 개발완료 • 2019년 11월, KT와 5G 기반 자율주행 농기계 및 스마트팜 사업 추진을 위한 MOU를 체결 
GINT	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 정밀농업 벤처기업으로, 트랙터 및 각종 농기계에 적용 가능한 텔레메틱스 기반 인텔리전스 시스템을 출시 • 기계식 변속기가 탑재된 트랙터에 컨트롤러를 설치하여 전자 제어함으로써 변속 자동화를 구현 

*출처 : 각사 홈페이지, 한국기업데이터(주) 재구성

■ 정밀농업 관련 국내 코스닥 기업 현황

[그린플러스] 그린플러스는 1997년에 설립된 기업으로, 알루미늄 제품, 온실용 자재 제조 및 판매 등을 영위하고 있다. 주력사업은 알루미늄사업부문과 스마트팜사업부문으로 구성되어 있다.

스마트팜사업부문에서는 최첨단 온실에 적합한 품질을 유지하기 위해 기획, 설계, 제작, 시공 등 전 공정이 가능하여 맞춤형 첨단온실의 "one-stop-service"를 구현하고 있다.

특히 한국형 스마트팜 산업인프라 구축 및 확산을 위한 다양한 프로젝트 중 온실분야에 참여하여 해당 지역에 적합한 온실의 설계, 국산온실자재의 제작, 노후화된 온실의 교체 등의 온실의 시공분야와 작물의 재배에 필요한 양액시스템, 환경제어시스템, 자동관수시설 등의 시스템 일체를 제작 설치하는 사업을 영위하고 있다.

또한, 국내 최대규모의 딸기 스마트팜과 장어 양식 스마트팜 등을 자회사로 두어 직접 운영과 마케팅, 판매에 이르기까지 스마트팜에서 발생하는 모든 내용을 수집하고 있으며, 이로 인하여 파악된 개선사항 등을 스마트팜 시공에 지속적으로 반영하고 있다.

[표 8] 그린플러스 3개년 주가추이 및 기본 재무현황

(단위 : 원, 억 원)

구분	2018년	2019년	2020년
매출액	463	488	627
영업이익	51	51	59
당기순이익	23	25	-21
부채비율(%)	165.54	93.42	161.83

*출처 : 네이버 금융, 한국기업데이터(주) 재구성

[인트로메딕] 인트로메딕은 2004년에 설립된 기업으로, 의료기기 사업으로 영상 진단 의료기기인 캡슐내시경, 일회용 연성내시경, 흡수성체 내용지혈용품 등을 제조 및 판매하고 있으며, 신재생에너지 사업과 화장품 사업을 진행하고 있다.

특히, 동사의 신재생에너지 사업부에서는 팜그리드 사업과 풍력에너지 사업을 추진하고 있다. 팜그리드 사업이란 지능형 기술인 농업의 '스마트팜(Smart Farm)'과 전력의 '스마트그리드(Smart Grid)'를 결합한 복합개념으로, 도시를 제외한 읍, 면 마을을 대상으로 '농업+태양광+ICT'를 적용한 공유 경제 플랫폼이다.

[표 9] 인트로메딕 3개년 주가추이 및 기본 재무현황

(단위 : 원, 억 원)

구분	2018년	2019년	2020년
매출액	99	88	60
영업이익	-32	-53	-51
당기순이익	-51	-193	-74
부채비율(%)	107.92	110.07	38.90

*출처 : 네이버 금융, 한국기업데이터(주) 재구성

[우리바이오] 우리바이오는 2000년에 설립된 기업으로, FPCB(연성회로기판)의 생산 및 판매, TFT-LCD 관련 도광판과 관련된 부품 생산 및 판매, 식물공장을 기반으로 한 천연건강기능식품, 화장품, 의약품 소재 사업을 주력사업으로 하고 있다.

동사는 건강기능식품 사업 진행 과정을 위하여 고시형 원료를 활용하여 액상, 환, 캡슐 등 다양한 제형의 건강기능식품 제품군을 제조 할 수 있는 생산 라인을 경기도 안산에 구축하고 있으며, 우리나라 고유 약용식물의 재배 및 성분 추출을 통하여 동사만의 개별 인정형 원료를 개발, 제조 할 수 있도록 폐쇄형 식물공장 사업을 준비하고 있다.

동사가 계획하고 있는 식물공장의 개념은 완전히 독립된 환경에서 빛, 물, 공기, 양분, 온도 등을 원하는 대로 조절할 수 있는 밀폐형 식물공장으로써 각각의 작물을 재배하는데 최적화된 조건을 유지할 수 있으며, 이는 미세먼지, 온난화 등 각종 환경의 위험에 따라 일반 노지형 또는 비닐하우스 재배 시 불안정한 원료의 수급 및 품질 문제에서 벗어나 천연건강기능식품, 천연화장품, 천연의약품 원료의 안정적인 공급원으로서의 성장이 가능할 것으로 예상하고 식물공장의 대량 재배 연구를 위하여 자체 연구소를 설립하여 운영하고 있으며, 향후 식물공장의 구축이 완료된 후 당사는 건강기능식품, 화장품, 의약품의 천연소재에 대한 제품 기획에서 부터 원료의 재배 및 공급, 완제품 제조 판매에 이르는 과정에 대하여 One-Stop Process를 갖출 수 있을 것으로 예상하고 있다.

또한, 동사는 과거 오랜 기간 진행해온 조명 및 디스플레이 등 광원 사업의 노하우를 적용하여 각각의 특용 작물을 재배하기 위하여 가장 중요한 최적의 LED 광원을 개발할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 이를 통하여 각각의 약용 작물이 가지고 있는 약용성분을 극대화 할 수 있는 재배 기술을 확보하고 있다.

[표 10] 우리바이오 주가추이 및 기본 재무현황

(단위 : 원, 억 원)

구분	2018년	2019년	2020년
매출액	12,796	16,726	16,234
영업이익	-123	265	390
당기순이익	-325	61	170
부채비율(%)	402.87	379.51	345.20

*출처 : 네이버 금융, 한국기업데이터(주) 재구성