한국경제지리학회지 제25권 제3호 2022(397~419)

스마트농업의 주요 정책 동향과 지리적 시사점

김나리*

Key Trends in Smart Agriculture Policies and Their Geographical Implication

Na-Ri Kim*

요약: 글로벌 식량 위기의 해결책이자, 4차 산업혁명 시대의 새로운 성장동력으로서 스마트농업이 등장하였다. 본 연구는 해외 주요국의 스마트농업 동향을 통해 각 국가의 농업 지식과 경험이 특정 농업 환경에서 어떻게 발현되는지 살펴봄으로써 스마트농업의 공간성을 밝히는데 목적이 있다. 이를 위해 스마트농업 기술 수준에 따라 중국, 일본, 네덜란드, 미국을 대표적인 사례로 선정하여 각 국가 스마트농업 정책의 방향성, 거버넌스, 주력 분야와 기술을 살펴보았다. 그 결과 지역의 경제·사회·문화 및 생태적 맥락으로부터 탈맥락화 시키는 방향으로 작동하는 표준화 전략과 지리적 특성을 반영하여 각 국가별 스마트농업 모델을 구축하고자 하는 국지화 전략이 동시에 작동하며 각 국가의 정책과 기술을 형성하는 것으로 판단된다. 본 연구는 국가적 스케일에서 스마트농업 정책과 현황을 살펴보는 시도로써 농업기술 지리 및 농업지식생산의 지리를 탐색하기 위한 연구의 토대로 활용한다.

주요어: 스마트농업, 스마트농업의 공간성, 4차 산업혁명, 표준화 전략, 국지화 전략

Abstract: Smart agriculture has emerged to be a solution to the global food crisis and a new growth engine in the era of the Fourth Industrial Revolution. The purpose of this study is to reveal the spatiality of smart agriculture by analyzing smart agriculture policies in major countries and examining how major's agricultural knowledge and experience are expressed in specific agricultural environment. I selected China, Japan, the Netherlands, and the United States as representative examples. In the analysis of agricultural policy, the direction, governance and main areas and technologies were focused. As a result, it is found both standardization strategy and the localization strategy work at the same time. Standardization strategies decontextualize technologies and policies from the economic, social, cultural, and ecological contexts of region. The regionalization strategy builds a smart agricultural model for each country with reflecting geographical characteristics. This study could be for facilitating further researches on geographies of agricultural technology and agricultural knowledge production.

Key Words : Smart agriculture, The spatiality of smart agriculture, Fourth Industrial Revolution, standardization strategy, localization strategy

* 전남대학교 사범대학 지리교육과 박사수료(Ph.D. Candidate, Department of Geography Education, Chonnam National University, yghforever@gmail.com)

https://doi.org/10.23841/egsk.2022.25.3.397

1. 서론

현재 세계농업은 여러 위기에 직면해 있다. 세계 인구증가 추세는 식량 증산을 요구하고 있지만 농업 생산 기반은 위태로우며, 환경오염과 기후 위기 문제는 관행 농업의 한계를 드러내고 있다. 이러한 농업 생산성의 악순환에 대응하여 세계농업은 지속가능한 발전을 실현하기 위해 농업의 현대화를 통한 자원 활용 및 노동 생산성 향상을 필요로 하고 있다. 또한 4차 산업혁명과 디지털·데이터 경제의 등장에 따른 세계 경제 패러다임의 전환은 농업과 농촌의 혁신적 변화를 유발하며 미래 신성장 산업으로서의 농업의 가능성에 주목하고 있다. 이러한 글로벌 농업 환경의 변화에 대응하여 각국은 농업의 경쟁력을 길러야함과 동시에 농업의 지속가능성을 확보하기 위해 농업의 과학기술화와 디지털 전환을 준비하고 있다.

4차 산업혁명 기술 적용을 통한 스마트농업(smart agriculture)[1]의 등장은 이러한 농업위기의 해법이자 성장의 기회로서 주목받고 있다. 스마트농업은 기존 농업기술에 4차 산업혁명 기술을 접목하여 관련 데이터를 수집하고 활용함으로써 고효율·저투입 농업을 목표로 하는 농업의 디지털 전환이자, 농업 가치사슬의 통합을 의미한다. 농업 패러다임의 변화는 농업 생산요소와 생산시스템의 전환으로써 디지털 요소가 전통적인 농업 생산요소(자본, 노동, 토지)를 능가하여 농업을 견인하는 주요소로 작용하며, 농민의 지식과 경험에 의존했던 농업이 데이터와 인공지능 기반의 농업으로 전환하고 있다.

농업은 오랫동안 생업으로 간주되어 왔으며 투자 회수의 장기성과 위험성으로 인해 경제발전을 선도하는 혁신으로 여겨지지 않았다. 하지만 농업의 범위가 4차 산업혁명 기술과 생명공학, 환경기술 등 첨단기술의 적용으로 확장됨에 따라 가능성 있는 미래 성장 산업으로 주목받게 되었다. 각 국가에서는 정부와 기업을 불문하고 이러한 새로운 산업 질서 변화에 대응하여 글로벌 스마트농업 시장에서의 경쟁우위를 선점하기 위한 속도전을 벌이고 있다.

세계 스마트농업은 2020~2025년 사이 연평균 약 10%씩 성장할 것으로 예측된다. 2020년 138억 달러에서 연평균 성장률 9.8%로 증가하여 2025년에는 220억 달러에 이를 것으로 전망되며, 전 세계 스마트농업 시장을 지역별로 살펴보면, 북아메리카(40%), 유럽(30%), 아시아·태평양(23%), 기타(7%)의 비율로 점유하고 있다(김연중 외, 2020; Marketsandmarkets, 2020). 일본, 네덜란드, 미국은 각각 아시아, 유럽, 아메리카 대륙에서 스마트농업을 선도하고 있으며, 중국, 한국, 캐나다, 이스라엘 등의 나라가 추격·후발주자로 공격적인 기술개발과 혁신정책을 펼치며 선도국들을 뒤쫓고 있다. 한국의 스마트농업도 국내 농업의 한계를 극복하고 농업부문의 4차 산업혁명을 위해 정부의 지원을 확대하고 있으며 기업의 참여도 활발해지면서 스마트농업 확산이 가속화되고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구는 해외 주요국의 스마트농업 정책 동향을 살펴봄으로써 지리적 시사점을 도출하고자 한다. 각 국가가 어떤 기술을 채택하였으며 어떤 수행과 제도의 재구성이 나타나는지 스마트농업의 궤적을 그려보는 작업을 통해 스마트농업에 대한 전지구적·국가적 대응에 대해 종합적으로 살펴보고자 한다. 농업 생산과정의 변화는 사회적·제도적 맥락의 변화로 나타나며 이는 각 국가의 스마트농업을 특징짓기 때문이다. 스마트농업은 농업, 기후변화, 기술정책 등 다면적인 부분과 연결되어 있기에 각국의 동향에 대해 세세하게 파악하는 것은 어렵지만, 거시적 관점에서 각 국가의 전반적인 농업구조정책과 농업과학기술 정책 흐름에 주목하고, 보다 최근의 농업과학기술 혁신체계의 변화를 중심으로 살펴보고자 한다. 이를 위해 먼저 스마트농업의 등장 배경과 국내의 상황을 살펴본 후, 주요 국가의 스마트농업 정책과 이를 토대로 도출한 지리적 시사점에 대해서 살펴보고자 한다.

2. 스마트농업의 등장 배경 및 정의

1) 스마트농업의 등장 배경

2022년 전세계 인구는 약 79억 명, UN에서 발행한 '2019년 세계 인구 전망'에 따르면 2100년에는 109억 명에 이를 것으로 예측된다. 이에 따라 유엔식량농업기구(FAO)에서는 2050년까지 세계 식량 생산량을 70% 이상 늘려야 한다고 추산하고 있지만, 농림어업 GDP와 농촌인구는 감소하고 있으며 농업에 종사하는 인구의 비율 또한 감소하고 있다. 이러한 농업생산 기반의 위기는 2019년 12월 이후 코로나 팬데믹 기간을 겪으며 더 현저하게 드러났으며 식량안보에 대한 관심을 더욱 고조시켰다. 코로나19 발병으로 인해 발생한 세계 식량 공급망의 혼란과 부족한 노동력은 농업생산의 불확실성을 증폭시켰고, 세계농업은 유통혁신과 미래 먹거리 생태계 구축을 통해 지속가능한 농업 체계를 마련해야 하는 과제에 직면하였다.

환경오염과 자원고갈 문제 또한 농업 생산성에 악영향을 미치고 있다. 급속한 산업화와 경제개발로 인한 환경오염과 자원고갈을 비롯하여 농업생산 활동 또한 생태계를 파괴해왔다. 과거 집약적 토지이용을 통해 생산성 증대를 가능케 하였던 화학물질의 사용은 식량의 안정적 공급에 기여하였으나, 토양오염을 가중시켜 세계 경작지의 64%가 농약 오염으로 심각한 위기에 처해있다. 이러한 환경오염은 자원고갈 문제를 심화시키는데, 농업 환경을 악화시키는 가장 심각한 원인 중 하나가 바로 수자원 부족 문제이다. 세계자원연구소(WRI)에 따르면 17개 국가가 극심한 물 부족 문제에 직면했으며 주요 해결책으로 전세계 물 사용의 70% 이상을 차지하는 농업에서 이를 감축하는 노력이 필요하다고 제언하였다. 이는 앞으로 인류가 부족한 토지와 수자원으로부터 더 많은 식량을 생산해야하며 관행농법과는 다른 방식으로 자원을 경제적으로 사용하는 농업이 필요함을 의미한다.

최근 기후변화 리스크가 점차적으로 심화되며 농업의 지속가능성을 위협하고 있다. 기온상승에 따른 농작물 수량감소와 품질저하, 병해충의 증가, 가뭄과 이상기상의 빈도 증가 등의 부정적 현상은 식량안보에 심각한 위협이 되고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)에 따르면 2050년까지 10%, 2100년에는 30% 이상의 작물 생산·축산 지역이 기후적으로 부적합한 환경에 처할 것으로 전망하고 있다(환경부, 2022). 농업 및 식량 분야에서 발생하는 온실가스 또한 전체 배출량의 31%(2019년 기준)를 차지할 정도로 지구 온실 효과를 증대시키고 있다. 따라서 세계농업은 기후변화 적응을 위한 다각적 노력이 필요하며, 동시에 온실가스 배출원 감축 및 에너지 효율화를 통한 저탄소 농업구조로의 전환을 필요로 하고 있다.

세계농업은 이러한 위기들에 대응함과 동시에 4차 산업혁명이라는 경제 패러다임 전환에 따라 변화하고 있다. 4차 산업혁명으로 인한 경제·사회의 디지털 전환 그리고 이로 인한 데이터 경제의 출현은 농업·농촌에도 혁신적 변화를 유발하고 있다. 세계 주요국들은 새로운 경제 질서에 대응하고 이를 혁신성장의 새로운 모멘텀으로 삼아 4차 산업혁명 시장을 선점하기 위해 경쟁하고 있다. 농업은 "생존에 필수적임에도 불구하고 투자회수의 위험성과 생산성 유지를 위해 상당한 비용이 지속적으로 요구된다"는 측면에서 경제발전을 선도하는 혁신으로 여겨지지 않았다(이주량 외, 2016, 25). 하지만 농업부문의 경계가 정보통신, 생명공학, 환경기술로 확장됨에 따라 기술개발의 역량이 증가하고 농업의 부가가치 창출 방식이 변화하면서 가능성 있는 미래 성장산업으로 주목받게 되었다(OECD, 2009). 따라서 각 국가들은 스마트농업 선도국가로 자리잡기 위해 관련 기술들을 경쟁적으로 개발하고 있으며 이를 뒷받침하는 혁신적인 정책과 프로젝트를 시행하고 있다.

이러한 글로벌 농업 환경의 변화로 세계농업은 도전과 기회를 동시에 맞이하고 있다. 전지구적으로는 미래 세대의 생존이 달린 식량문제를 해결해야 함과

동시에 각 국가는 고착화된 저성장 경제·사회의 구조적 문제를 해결하기 위해 농업의 4차 산업혁명을 새로운 성장전략으로 제시하고 있다. 스마트농업은 이러한 현상들이 복합적으로 얽히고 모순되는 상황속에서 필연적으로 등장하였으며, 이는 농업의 변화에서 나아가 농촌 사회와 경제 전반을 재구조화할 것으로 판단된다.

2) 스마트농업의 정의와 유형

스마트농업은 데이터를 바탕으로 하는 정밀농업(precision agriculture)[2]에서 기원하였으며 정보통신기술(ICT)이 발달하고, ICBM(IoT·Cloud·Big Data·Mobile)과 AI 등 소위 4차 산업혁명 기술이 접목되면서 농업 분야 4차 산업혁명으로 대표된다. 스마트농업은 학술적으로 개념화가 되지 않은 상황으로 지역 및 국가 그리고 연구자 및 연구범위에 따라 다양하게 정의되고 있다. 이들이 정의하는 개념을 공통적으로 종합해보면 기존 농업기술에 4차 산업혁명 기술을 접목하여 관련 데이터를 수집하고 활용함으로써 고효율·저투입 농업을 목표로 하는 농업의 디지털 전환이자, 농업 전·후방산업의 중요성 확대에 따른 농업 가치사슬의 통합으로 정리해볼 수 있다(이주량 외, 2018; 남기포, 2021; 김수경 외, 2019).

농업은 다양한 경제적·사회적·기술적 요인의 영향을 받으며 변화를 거듭해왔다. 노동집약적 산업에서 토지·자본집약적 산업으로 이제 지식·기술집약적 산업으로 변화하는 농업 패러다임의 변화는 농업 생산요소의 전환이자 생산시스템의 전환을 의미한다. 스마트농업은 데이터, 시설·장비 등의 요소가 전통적인 농업의 생산요소(자본, 노동, 토지)를 능가하여 농업을 견인하는 주요소로 작용한다. 농민의 경험과 노하우에 의존했던 경험 기반의 농업 생산시스템이 데이터의 축적과 활용을 통한 빅데이터 기반 농업 생산시스템으로 전환된 것을 의미한다(이주량 외, 2018). 이러한 농업변화의 과정을 구분한 유럽농기계

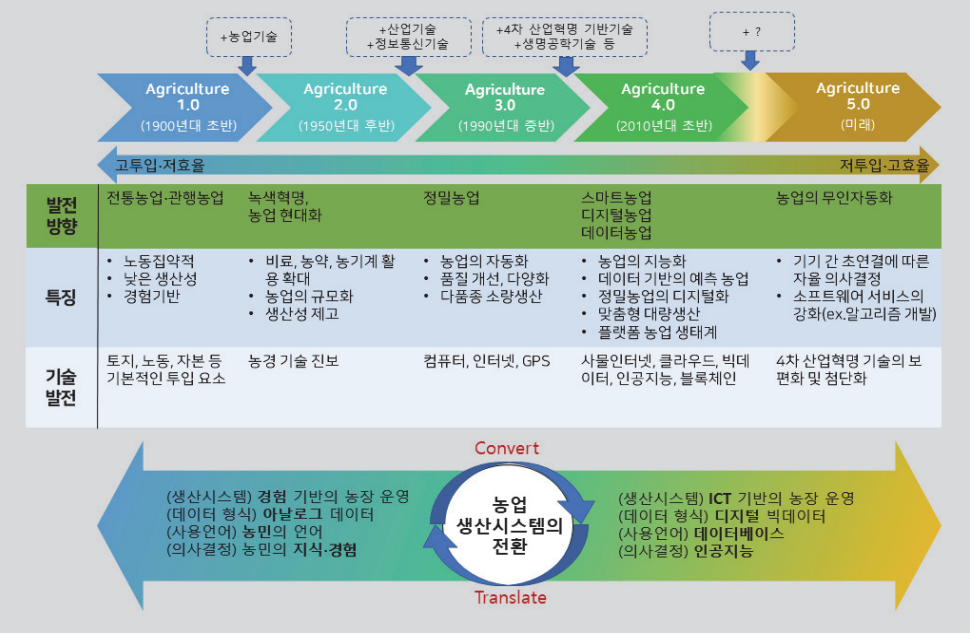

그림 1. 농업 패러다임의 변화에 따른 농업 생산시스템의 전환

출처: CEMA(2017), 이주량 외(2018), 김수경 외(2019) 자료를 토대로 저자 재구성

협회(CEMA, 2017)의 개념을 활용하여 다섯 국면으로 정리할 수 있다(그림 1). Agriculture 1.0이 노동집약적인 전통농업이라면 Agriculture 2.0은 비료, 농업, 농기계 활용 확대에 따라 농업 생산성을 획기적으로 증가시킨 녹색혁명으로 불리는 시기였다. Agriculture 3.0은 컴퓨터와 인터넷이 보편화되고 GPS가 상용화되면서 스마트농업의 기원인 정밀농업 기술이 등장한 시기이며, Agriculture 4.0은 스마트·디지털 농업이 본격화되는 시기로 4차 산업혁명 기술에 따라 농업이 지능화되는 시기이다. Agriculture 5.0은 농민이 전혀 개입하지 않은 상태에서 AI의 자율 의사결정에 의해 무인 자동화된 농업형태로 현재 스마트농업 발전의 궁극적인 목표이자 미래 농업 발전 방향으로 예측되는 형태이다. 이러한 농업 재구조화 속에서 개발된 기술과 지식은 농업의 생산량을 증가시키고, 수동작업을 자동화하였으며 새로운 농업형태를 창출하였다.

스마트농업은 산업 분야 및 연구 분야에 따라 다양하게 유형화하고 있으며 대표적으로 생산 분야, 가치사슬, 기술별로 유형화할 수 있다(그림 2). 생산 분야는 시설원예, 노지농업, 과수, 축산으로 유형화되며, 가치사슬별로 구분하면 후방산업을 포함하는 생산지원, 생산, 유통, 소비로 구분할 수 있다. 이에 투입되는 기술은 하드웨어, 플랫폼, 소프트웨어, 기타 융복합 기술로 구분할 수 있으며, 하드웨어가 주로 농기계로 구성되어 있다면, 소프트웨어는 영농의사결정을 지원하는 프로그램들이다. 플랫폼은 각종 농업 데이터를 수집하고 활용하는 기술과 관련되어 있으며, 그 외의 기술들은 생명과학과 환경공학 등 그동안 타 분야 과학기술로 간주되었던 것으로 농업에 적용되며 농업의 범위를 확장시키고 있다. 스마트농업은 가치사슬을 구성하는 전 단계의 통합과 순환을 강조한다. 가치사슬이 소비단계에서 종료되는 과정이 아니라 단계별로 생성되는 데이터의 순환을 통해 이를 활용하고 더 부가가치 높은 데이터로 향상시키는 과정인 것이다. 이러한 농업의 데이터화·디지털화는 농업 가치사슬 전반의 전방위적 확대를 의미한다.

3. 한국 스마트농업의 정책 및 현황

한국 농업의 경쟁력은 지속적으로 악화되고 있다.[3)]

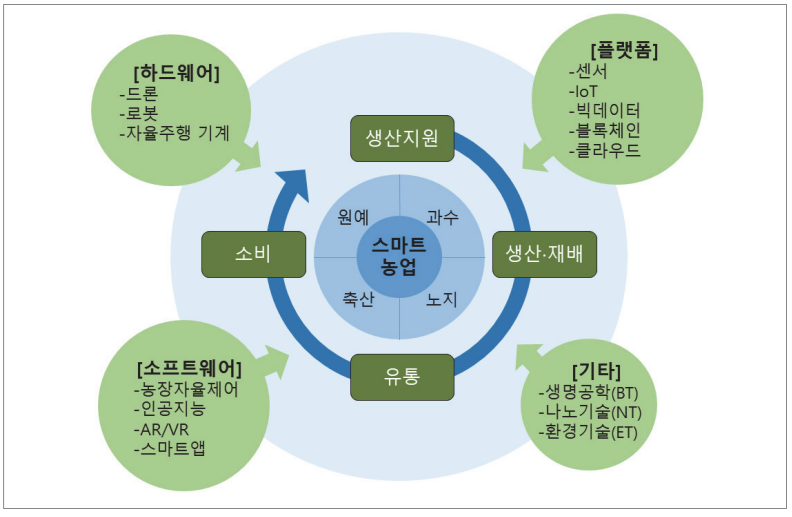

그림 2. 스마트농업 유형 및 구성

출처: 스마트팜코리아 홈페이지 내용을 기반으로 저자 작성

글로벌 농업 환경변화 요인들과 맞물려 낮은 농림어업 GDP, 농산물 수급 불균형 현상, 저렴한 수입 농산물과의 경쟁, 농축산물 안전관리 문제, 평균 곡물 자급률 하락 현상 등 한국 농업의 현안들은 농업의 지속가능성을 위협하며 식량 생산의 불안정성을 심화시키고 있다. 4차 산업혁명 기술 적용을 통한 스마트농업의 등장은 우리 농업의 한계를 극복하고 농업의 환경적·생산적 지속가능성을 확보하며 편리성 향상을 통한 노동력 절감을 가능하게 할 것으로 기대되고 있다.

현재 국내 스마트농업은 정부의 정책지원 확대 및 민간 기업의 참여로 점점 확대되고 있다. 한국의 스마트농업 시장은 2020년 2억 3,900만 달러에서 연평균 성장률 15.5%로 증가하여, 2025년에는 4억 9,100만 달러에 이를 것으로 전망되며, 세계 스마트농업 시장보다 더 빠른 속도로 성장할 것으로 전망되고 있다(MarketsandMarkets, 2020). 농림축산식품부에서 제시한 스마트팜 보급현황에 따르면 2020년까지 시설원예 누적면적 5,985ha로 스마트농업 집계가 시작된 2014년(405ha) 대비 14배 증가하였으며, 축사는 3,463호로 2014년(23호) 대비 150배 증가하였다(농림축산식품부 홈페이지).

한국 농업의 첨단 과학기술화는 농업구조정책[4]의 일환으로 추진되고 있다. 그동안 농업·농촌 분야에서 농림수산분야 R&D로 분류되었던 농업과학기술의 발전은 4차 산업혁명이 대두되면서 스마트농업으로 명명되기 시작하였다. 2013년 박근혜 정부 시기 창조경제 정책의 시행으로 농업의 스마트화가 본격 추진되었으며, 농림축산식품부는 '과학기술과 농업의 융합' 필요성을 주장하며 R&D 정책과의 연계성 강화를 새로운 전략으로 강조하였다. 그동안의 농업 발전 정책이 시설 및 하드웨어 중심이었다면 이 시기부터는 정보통신 기술을 활용한 소프트웨어 및 플랫폼을 포괄하는 정책을 시행하였다(허덕 외, 2019).

스마트농업 관련 정책은 농림축산식품부와 농촌진흥청을 중심으로 추진되고 있으며, 4차 산업혁명에 대응하는 경제정책, 과학기술정책 전반에 걸쳐 폭넓게 다뤄지고 있다. 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 농림축산식품부 유관기관들의 공동연구 및 사업으로 농업부문에 첨단기술 융합의 확산을 추진하고 있다. 문재인 정부 시기부터 스마트농업 관련 조직(농업빅데이터일자리팀, 빅데이터전략담당관, 디지털농업추진단)을 신설하여 생산 중심의 스마트팜 정책에서 범위를 넓혀 농업 가치사슬 전체의 데이터·디지털 기반 농업을 추진하고 있다.

스마트팜 보급 초기에는 관련 정책이 시설원예 기술에 포함되어 「농어촌정비법」과 「자유무역협정 체결에 따른 농어업인 등의 지원에 관한 특별법」의 '시설현대화 지원사업'과 '스마트팜 시설 보급사업'의 지

표 1. 한국 스마트농업 관련 법/정책

관련 법/정책		주요 내용
「농어촌정비법」(1995년 제정)		'시설현대화 지원사업', 'ICT 융복합 확산-스마트팜 시설 보급사업' 등 대다수 스마트팜 시설 보급 사업 및 단지 기반 조성 사업 진행
「자유무역협정 체결에 따른 농어업인 등의 지원에 관한 특별법」(2004년 제정)		
「농림식품과학기술육성법」(2009년 제정)		농림축산식품부는 '농림식품과학기술위원회'를 설립하여 5년마다 농림식품과학기술 육성 종합계획을 세우고 농림식품 R&D분야 주요 정책을 총괄 조정
2015~2019	- 제2차 농림식품 과학기술 육성 종합계획	원예용 첨단자재 산업화 기술개발을 비롯한 50대 핵심 전략 기술을 제시하여 스마트농업 발전을 위한 기반작업 역할
2020~2024	- 제3차 농림식품 과학기술 육성 종합계획	빅데이터와 인공지능, ICT를 적용한 스마트 농업 기술 중점 개발
「2018~2022 농업·농촌 및 식품산업 발전계획」		스마트농업 가치사슬 전반을 아우르는 농식품 분야 정책 제시

자료: 김연중 외(2020), 박지연 외(2021)를 토대로 저자 정리

원을 받았다. 2015년 '제2차 농림식품 과학기술 육성 종합계획'이 발표되고 'ICT 기반 첨단농업·행복한 농촌 조성방안' 및 '제2차 농식품 ICT 융복합 확산 대책'이 시행되면서 스마트팜 추진체계가 일원화되고 스마트팜 실현을 위한 주요 과제 및 추진체계가 설정되었다. 이후 스마트농업 관련 기술개발이 계획되면서 스마트팜 시설 및 단지 기반 조성이 시도되었으며, 그 사업 중 하나가 2018년 정부에서 대표 정책으로 내세웠던 '스마트팜 혁신밸리 사업'이다. 정부는 이 사업을 통해 청년농을 육성하고 산·학·연 협력 거버넌스를 구축하는 것을 목표로 하고 있으며, 한국 스마트농업이 추구하는 방향성을 대표적으로 보여준다고 할 수 있다. 「2018~2022 농업·농촌 및 식품산업 발전계획」은 사업의 대상을 스마트농업 가치사슬 전체로 확대하는 것을 목표로 하고 있다(표 1).

4. 주요 국가의 스마트농업 현황 및 정책

1) 중국: 식량안보와 세계 식량 시장 장악을 위해 필수적인 스마트농업

중국의 삼농(三農) 문제(전통적인 농업, 낙후된 농촌, 소외된 농민)[5]는 오랫동안 지속적으로 문제시 되어왔다. 하지만 농업은 중국공산당 정권의 주요 정체성으로 2004년 이후 16년 연속 중국의 1호 문건[6]의 주제로 삼농 문제를 다루며 집중적으로 지원하고 있다. 이에 따라 중국은 지혜(智慧)농업이라고 칭하는 스마트농업의 긍정적 효과에 주목하여 농업이 당면한 문제를 해결하고 더 나아가 이를 '중국몽(china dream)' 실현의 기회로 구상하고 있다(전형진 외, 2019). KOTRA(2019)의 보고에 따르면 화웨이(Huawei)에서는 중국 스마트 농업시장 규모를 2015년 이후 연평균 14.3%의 성장률을 보일 것으로 전망하였으며, 2020년에는 268억 달러의 규모에 이를 것으로 예상하였다. 또한 중국 스마트농업은 향후 5G 시스템으로 연결되는 거대한 데이터 산업으로 전환되어 2025년에는 시장 규모가 700억 달러에 달할 것으로 예측된다(뉴스핌, 2019).

중국은 전통농업에서 현대농업으로 전환하고 있다. 중국의 농업과학기술 부문에 대한 투자는 농업생산환경과 농업·농촌 경제발전을 비약적으로 발전시켰다.[7] 중국의 농업과학기술 정책은 농업현대화 전략에 기반하고 있으며, 2012년 개최된 제18차 당대회 보고에서 '4화동보(四化同步; 신흥공업화, 정보화, 도시화, 농업현대화)' 전략의 한 축으로 제시되었다. 농업현대화는 2016~2020년 기간의 '제13차 5개년 경제사회발전계획'(이하 '13.5 규획')[8]에서도 중요하게 제시되었으며, 2016년 10월 '전국농업현대화계획(全国农业现代化规划)'이 발표되었다. 이 계획은 농업현대화 전략을 구체적으로 실현함으로써 2020년 샤오캉 사회[9] 구현에 이바지한다는 구상을 담고 있다. "농업현대화는 자본과 기술이 성장을 주도하는 농업으로 전환되는 것을 의미하고, 이러한 측면에서 4차 산업혁명은 농업현대화라는 대전략의 틀 내에서 경쟁력 제고 방안으로 활용되고 있다"(전형진 외, 2019, 75).

중국의 4차 산업혁명 대응전략의 핵심 키워드 중 하나는 정보화이다. 농업 정보화는 전체 전략에서 중요한 비중을 차지하고 있으며, 이는 4화동보 전략의 농업현대화 실현을 위한 전제 조건이다(한국농촌경제연구원, 2017; 전형진 외, 2019). 중국 농업농촌부는 2016~2020년에 농업 분야에서 추진할 정보화 계획인 '13.5 전국 농업농촌 정보화 발전규획'을 제정하였으며, 2020년까지 생산의 스마트화, 경영의 네트워크화, 관리의 데이터화, 서비스의 온라인화를 달성하기 위한 주요 추진 과제를 제시하고 있다(김연중 외, 2018). 2016년 4월 농업농촌부를 주축으로 '인터넷플러스' 정책의 중점 추진 분야 중 하나인 '인터넷+현대농업 3년 행동 실시방안'가 발표되었다. 이 정책은

농업생산 단계에서 사물인터넷 사용을 확대하고 전자상거래를 촉진시키며, 농업·농촌빅데이터센터를 건설하여 농업경영 자료들을 온라인·데이터화하는데 목적이 있다.

스마트농업 실행의 기반이 되는 농업현대화 정책은 중국 정부의 양대 국가전략인 '중국제조 2025'와 '일대일로' 전략과 연계되어 있다. 농업 기계 분야는 '중국제조 2025' 10대 중점 산업 분야에 포함되어 있으며, 선진 농기구 설비를 중점적으로 발전시키고 대형 트랙터, 콤바인 등 첨단 농업설비 및 핵심부품 기술 개발 강화를 목표로 설정하고 있다. 중국은 세계 최대 농기계 제조 국가로 성장하였으나, 중저가 기계가 대부분이며 품질면에서 국제적인 경쟁력이 떨어진다는 판단에, 중국 정부는 2025년까지 국가농업장비산업혁신센터를 설립·운영하고 농기계 핵심부품 생산 업체를 전략적으로 육성하겠다는 세부 지침을 발표하였다. '중국제조 2025'가 기술 역량을 키우는데 역점을 두었다면 '일대일로'는 시장규모를 확대함으로써 세계 경제의 허브로 도약하고자 하는 중국의 전략을 담고 있다. 중국은 일대일로 연선 농업 국가와 '일대일로 농업합작에 대한 전망 및 행동계획'을 수립하여 교류협력을 추진하고 있으며, 이로 인해 중국의 농업 해외투자 상위 10개국 모두 일대일로 연선 국가들이 차지하고 있다(장칭칭, 2018).

중국의 스마트농업은 농업 선진화 전략으로서 중국의 식량안보 전략을 재편하고 더 나아가 세계 농업 시장의 판도를 바꾸고 있다. 단순히 생산량을 늘림으로써 배고픔을 해결하는 것이 아닌 중국인들의 변화된 소비 욕구를 충족시키고 더 나아가 농산물 시장 메커니즘의 변화를 주도하며 세계 식량 시장의 패권을 쥐기 위해 4차 산업혁명 시대에 적극적으로 대응하고 있다. 이로 인해 중국은 다른 농업 선진국 대비 스마트농업 관련 기술과 정책·사업화 추진에서 후발주자였음에도 불구하고 정부의 적극적인 지원과 기업의 공격적인 투자로 발전속도는 매우 빠른 편이다. 중국 정부는 신경제 체제 추진과 함께 4차 산업혁명 시대의 첨단기술을 바탕으로 농업 선진화의 기반을 마련하기 위하여 농업부문의 근본적인 체질 개선에 힘을 쏟고 있다.

2) 일본: 경제·농촌 부흥을 위한 도구로서의 스마트농업

일본은 농업인구 감소와 고령화, 농업 생산성의 감소, 낮은 식량자급률, 열악한 자연환경으로 인한 자국내 침체된 농업의 구조적인 어려움을 해결해야 하는 상황에 직면해 있다.[10] 일본은 이러한 문제를 해결하고 향후 농업을 미래 성장산업으로 발전시킴으로써 위기를 기회로 변화시키고자 신기술을 활용한 농업변화를 모색하고 있다. 이러한 방법 중 하나로 '스마트농업'에 주목하고 있으며, 이를 통한 농업의 기계화·자동화, 재배기술의 고도화·규모화를 달성함으로써 일본 대내외적으로 농업 경쟁력을 확보해 나가는 것을 목표로 하고 있다.

일본의 스마트농업 시장 규모는 2013년 66억 1,400만 엔이었던 것이 약 4배 이상 성장하여 2020년에는 262억 1,100만 엔으로 증가하였으며 2027년도에는 606억엔까지 확대될 것으로 예측하고 있다(야노경제연구소, 2021). 일본 스마트농업 기술은 크게 재배지원기술, 판매지원기술, 경영지원기술, 정밀농업, 농업용 로봇으로 구분된다. 기술개발 초기에는 복합환경제어장치 주도의 재배지원 관련 기술이 주로 개발되었으며, 정밀농업 분야가 해마다 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 2019년부터는 농업용 드론의 규제가 완화되면서 활용이 급속히 확대되고 있으며, 농업데이터연계기반(WAGRI) 시스템이 운용됨에 따라 스마트농업 관련 데이터 공유화가 본격화되면서 농업 클라우드 비중이 커지고 있다.

일본은 1980년대 후반부터 농업 IT 융합정책을 시작하여 네트워크 인프라를 구축하기 시작하였다. 하지만 지방의 열악한 환경과 IT 문맹으로 인하여 성과가 미흡하였으며 2000년대에 들어서 'e-japan 전

략'(2001년)과 'u-japan 전략'(2004년)[11]이 시행되면서 본격적으로 인터넷망이 안정적으로 구축되기 시작하였다. 2009년 '식물공장 보급 확대 종합대책'이 발표되면서 50개소에 불과하던 일본 내 식물공장이 2014년 383개소로 증가하였으며(IRS Global, 2017), 2010년에는 '하라구치 비전'을 발표하여, 정보통신기술을 활용한 농업 개혁을 통해 전국적으로 스마트농업 프로젝트를 지역 실정에 맞춰 전개할 계획을 포함하였다(데이코산업연구소, 2014).

2011년에는 'i-japan 2015 전략'을 수립하고 농업을 6대 중점분야 중 하나로 선정하였으며, 2013년에는 아베 정권이 '일본재흥전략'을 수립하면서 '공격적 농림수산업의 실현'을 추구하기 시작하면서 급격한 변화를 경험한 시기였다. 그해 11월 농림수산성은 농기계 제조 및 IT 기업 등으로 구성된 '스마트농업 실현을 위한 연구회'[12]를 설립하여 로봇 기술과 정보통신기술을 활용한 스마트농업 실현 방향을 구체화하였으며, 12월 '농림수산업 및 지역 활력 창조 플랜'을 책정함으로써, 스마트농업 정책개혁을 시작하였다. 또한 이 시기에는 각 지역별로 거점을 마련하여 지역 특성에 맞는 컨소시엄을 구성하고 이를 주변에 확대시키는 파급모델을 구상하여, 지역별로 대규모 시설원예 클러스터를 조성하는 '차세대 시설원예 도입 가속화 지원사업'이 실시되었다.

2014년에는 개정된 '일본재흥전략'을 통해 농업을 새로운 성장동력으로 지정하며 규제를 완화하였다(이종원, 2016). 이 개정안의 '로봇신전략'은 로봇 기술을 활용하여 농업 분야의 생산성을 도모하고 여러 제약들을 극복하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 농림수산성을 주축으로 '농업 정보의 생성 유통 촉진 전략'을 수립하여 농업 관련 데이터의 수집 및 분석 활성화를 모색하고 있으며 '농업계와 경제계의 협력에 의한 첨단농업 모델 확립 실증사업'을 진행하였다. 2016년에 발표된 '일본재흥전략 개정 2016'은 아베 정권의 2단계 성장전략으로 600조엔 목표 달성을 위한 10개 전략적 민관협동 프로젝트가 시행되었으며 농업부문에서는 '선제적 농림수산업 촉진과 수출 강화'가 10개 프로젝트에 포함되었다(민재홍·박주영, 2018). 이 프로젝트는 '인공지능미래농업창조프로젝트' 등의 시책을 통해 스마트농업을 구체적으로 실현하는 것을 목표로 하고 있다. 2020년 10월에는 해외 기술 수출을 목적으로 '스마트농업 추진 종합패키지'를 마련하여 R&D부터 현장 기술 보급에 이르는 전 과정에 대한 종합적인 프로젝트를 추진하고 있다.

전체적으로 일본의 스마트농업 정책 발전과정을 요약해보자면 1980년 후반부터 2004년 'u-japan 전략'까지는 스마트농업의 기반이 되는 ICT 인프라를 구축하는 과정이었고, 2008년부터 2011년 'i-japan 전략'까지는 농업 IT 융합 기술이 검토되고 적용되기 시작한 단계라고 볼 수 있다. 그리고 2013년 아베 정권이 '일본재흥전략'을 수립하고 농정개혁을 시작하면서부터 본격적으로 스마트농업 관련 정책들이 시행되고 탄력을 받은 시기로 판단할 수 있다. 이정환(2020)은 과거 일본이 식물공장을 농업 개혁의 방안으로 삼았다면 재흥전략은 농업 전반이 스마트농업화 되어가는 전환 계기가 되었음을 주장하였다.

일본의 스마트농업은 자국 내 불황을 극복하는 혁신정책인 '아베노믹스'와 '제4차 산업혁명'이라는 전 지구적 도전이 맞물리면서 일본 농업의 위기를 극복하고 경제와 산업을 부흥시키는 기회로 이용하고 있다. 일본은 농정개혁을 통해 기존의 농업 보호 정책을 탈피하여 규제 완화와 구조개혁을 단행함으로써 스마트농업의 산업적 기반과 환경을 마련하고 이에 대한 공격적 정책을 추진하고 있다.

3) 네덜란드: 안정된 산·학·연 연계를 기반으로 시설원예에 집중하는 스마트농업

네덜란드는 국토면적이 한국의 40%에 불과하고 그 중 1/3은 간척지이며 물이 부족하고 열악한 환경조건을 가졌지만, 약 140여 년의 농업 R&D 역사와 수출지향적 농업구조는 네덜란드를 세계 제2위의 농산업

수출국가이자 세계 최대의 원예 산업 강국으로 만들었으며, 이러한 네덜란드의 농업과 혁신체계는 많은 국가들의 벤치마킹 대상이 되고 있다.[13] 원예는 네덜란드 농업의 중요한 부분으로, 다른 유럽 국가에서 수요가 높은 토마토, 파프리카, 오이 등 부가가치가 높은 원예작물을 주로 생산하고 있으며 대부분의 원예는 온실에서 이루어지고 있다. 프리바(Priva), 호르티맥스(Hortimax)사 등 세계적인 스마트 시설원예 선도기업을 보유하고 있으며, 6년 연속 농식품 분야 세계 1등 대학인 바헤닝언대학연구센터(WUR)가 있다.

네덜란드 스마트농업의 대표적인 정책과 사업은 '선도산업(topsector) 정책'과 '정밀농업 프로그램(PPL, Programma Precisie Lanbouw)' 그리고 '푸드밸리 사업'으로 요약된다. 우선 '선도산업 정책'은 네덜란드 정부가 2011년 경제적·환경적 변화에 대응하고 미래 산업 역량 강화를 위해 영향력이 가장 큰 9개의 주요 산업 분야를 선도산업으로 지정하고 재원을 집중한 정책이다.[14] 농업과 관련성이 가장 큰 부분은 농식품, 원예 두 분야이며, 각 선도산업 내 정부와 기업, 연구기관은 기술과 혁신의 의제 및 목적에 따라 '지식과 혁신을 위한 탑컨소시아(TKI, Topconsortia for Knowledge and Innovation)'를 조직하여 운영하고 있다(김연중 외, 2017). TKI에 의해 결정된 혁신의제는 식량안보에서부터 기후 중립에 이르기까지 농식품 사슬 전체를 아우르는 다양한 이슈를 포함하고 있다.

2010~2013년에 걸쳐 진행된 '정밀농업 프로그램(PPL)'[15]은 민·관 파트너십형 사업으로 ICT 기술개발을 통한 농업기술 발전과 동시에 에너지 사용량을 억제하고 온실가스를 감축하는 지속가능한 농업을 목표로 하였다. 2018년부터 시작된 '정밀농업을 위한 국가 실험 프로젝트(NPPL, Nationale Profuin Precisie Landbow)'에서는 대기업·청년농 등의 참여를 통해 정밀농업 기술의 적용과 확산을 위한 사업들을 추진하였다(강송희, 2019).

네덜란드 '푸드밸리'는 바헤닝언 시를 중심으로 반경 30km 지역에 있는 8개 도시에 소재하는 식품 관련 기업, 대학, 정부 기관의 연합체로서, 네슬레, 유니레버, 하인즈, 하이네켄 등 네덜란드를 대표하는 세계적인 식품·과학회사 2,600개, 연구기관 20여 개 등이 입주해 글로벌 식품산업을 선도하고 있다(한국농수산식품유통공사, 2019b). 푸드밸리의 연간 매출액은 약 480억 유로(한화 70조원)에 달하며 이는 네덜란드 전체 국내 총생산(GDP)의 10%에 해당한다(박경철, 2018).

앞서 살펴본 주요 스마트농업 정책 및 사업과 더불어 네덜란드 농업 R&D의 강점은 바로 정부와 기업, 연구기관이 농업의 기술혁신 및 경제적 효과를 향상시키기 위해 협력하는 산·학·연 파트너십에 있다. 골든 트라이앵글(golden triangle) 혹은 트리플 힐릭스(triple helix)로 불리는 이 체제는 다중적 주체들이 호혜적 연계를 맺음으로써 대학과 연구소에서 생성된 기술을 상업화하고 지역 내 기술 이전을 활성화하여 혁신을 일으키는 것을 목표로 하고 있다(이철우 외, 2009).

4) 미국: 오랜 기술개발의 역사와 글로벌 식량 기업을 기반으로 하는 스마트농업

미국은 1900년대 초반부터 농업이 식량안보의 해결책이 될 것이라는 인식하에 농식품과 관련하여 다양한 R&D 정책을 마련하여 실행해오고 있다(김수경 외, 2019; 김연중 외, 2020). 정밀농업 최초의 도구인 GIS 프로그램을 미국은 1982년부터 상용화하기 시작하였고, 1999년에 이미 중서부 콘벨트 지역을 중심으로 미국 주요 곡물 재배면적의 11%에 해당하는 면적에 정밀농업을 시행하였다. 현재 미국은 옥수수, 대두, 밀 등의 작물을 중심으로 스마트농업 기술의 현장 적용이 보편화되었으며, 판매되는 농업용 트랙터의 약 80%가 데이터 송수신 장치가 부착되어 있고 전체 농민의 절반 이상은 1~2가지 종류의 스마트농업 서비스를 이용하고 있다(한국농수산식품유통공사, 2019a).

오랜 기간 관련 기술을 지속적으로 개발해 온 결과 미국은 세계 최대 식량 수출국으로서 각종 첨단 스마트농업 기술을 선도하고 있다.

미국의 농업 R&D 관련 정책은 미국 농무부(USDA)에서 총괄하고 있으며, 하위 기관인 농업연구청(ARS)과 국립식품농업연구소(NIFA) 등의 조직이 R&D 수행의 핵심 역할을 담당하고 있다. 이들은 주로 융복합 질병 진단기술, 로봇 활용 분야, 안전성·품질 관리 기술 분야를 선도하며 장기적이고 위험도가 높은 고비용의 기반기술 개발에 주력하고 있다(이종원, 2017; 장영주·김태우, 2019). 최근 미국에서는 빅데이터 기반의 인공지능이 파종·수확 등의 영농의사결정을 처방하는 처방(prescription)농업이 확대되고 있는데 2014년 미국 농무부(USDA)와 국립기상서비스(NWS)가 공동으로 오픈 데이터 정책을 추진하였고 이 데이터를 토대로 기업들이 농업 컨설팅 서비스를 개발하면서 처방농업이 발전하고 있다. 2016년에는 정밀농업법(Precision Farming Act of 2016)을 통해 농민들이 초고속 인터넷에 보다 쉽게 접근할 수 있도록 법안을 마련하였고, "농업용 드론 및 무인 농기계 산업화를 지원하기 위해 상업용 드론 상용화 운영규정 및 자율주행차 안전기준 심사 가이드라인을 제정하였다"(강송희, 2019, 15). 2017년 트럼프 대통령 집권 시기에는 '농업·농촌 번영을 위한 테스크 포스(Interagency Task Force on Agriculture and Rural Prosperity)'를 구성하여 농촌 지역 초고속 인터넷망 확장, 삶의 질 향상, 노동 인력의 숙련도 향상, 기술혁신, 경제개발의 5대 목표를 설정하고 관련 정책 및 법 제도를 고도화하겠다고 발표하였다. 이를 기반으로 미국은 농촌·농업 분야의 4차 산업혁명 기술 적용의 기반을 마련하였다.

미국 정부의 정책적 지원과 더불어 글로벌 기업의 참여도 활발하게 나타나고 있다. 특히 실리콘밸리를 기반으로 한 첨단기술 연구와 농식품 관련 펀드가 활성화되어 있어서 스마트농업과 관련된 기술을 개발하고 이를 지원할 수 있는 구조가 탄탄하게 마련되어 있다. 존디어(John Deere), 몬산토(Monsanto), 카길(Cargil) 등의 농업 분야 대기업들은 스마트농업 관련 기업을 인수하여 데이터 플랫폼 기업으로 전환하고 있으며, MS와 Google 등 빅테크 기업들은 스마트농업 분야 스타트업에 대한 투자를 빠르게 증가시키고 있다(유거송·여창민, 2021).[16] 미국 스마트농업의 시장규모는 2020년 43억 7,000만 달러로 추산되며 최근 3년간 농식품 기술 투자 규모가 369억 달러를 기록하며 2023년까지 62억 1,000만 달러의 시장규모로 성장할 것으로 예측된다(한국농수산식품유통공사, 2019a; The Food US 홈페이지).

5. 지리적 시사점

본 장에서는 위에서 살펴본 각국의 스마트농업을 유형별로 나누어 지리적 시사점을 도출해보고자 한다. 「2020년 농림수산·식품 기술 수준 평가」에 따르면 중국, 일본, 네덜란드, 미국의 기술 수준은 각각 후발, 추격, 선도, 최고 그룹에 속하며, 그 중 일본과 네덜란드, 미국은 각 대륙을 대표하는 스마트농업 선도국이다(농림식품기술기획평가원, 2020). 따라서 이 4개국의 사례를 통해 기술 수준에 따른 스마트농업의 정책 특징을 살펴보는 것은 각 국가가 어떤 기술을 채택하고 있으며 어떤 수행과 제도의 재구성이 나타나는지 살펴보는 데 적절하다고 판단된다. 본 연구는 정책을 형성하는 각 국가의 표준화 전략과 국지화 전략에 기반하여 스마트농업 정책의 방향성, 거버넌스, 주력 분야와 기술을 살펴봄으로써 어떠한 궤적을 그리고 있는지 특징별로 유형화해보고자 한다.

각 국가의 스마트농업 정책과 기술을 표준화하는 몇 가지 요인들이 있다. 첫째, 산업 변화와 현장의 요구에 신속하게 대응하고 보다 안정적인 방법을 택하고자 효과성이 검증된 농업 선진국의 기술을 도입하거나 정책을 이전하는 것이다. 두 번째 요인은 농업

을 수출산업화 하기 위한 범용화·규격화 작업으로써 국제표준 개발을 통해 농업기술 수출기반을 마련하는 것이다. 이러한 표준화 전략은 글로벌 디지털 전환에 의해 더 가속화되고 있으며, 이는 스마트농업을 점점 지역의 경제·사회·문화 및 생태적 맥락으로부터 탈맥락화 시키는 방향으로 작동시킨다.

반면 국지화 전략은 각국의 지리적 특성을 반영하여 자국의 환경에 적합한 방식으로 스마트농업을 추진시킨다. 스마트농업이 자연적·사회적 제약을 극복하기 위해 도입되었지만 농업은 경로의존성이 매우 강한 산업 중 하나로서, 지역의 인문·자연지리적 특성과 농작물의 생리적 특성을 간과할 수 없다는 점에 주목할 필요가 있다. 또한 기술은 단순한 기계적 물체가 아니라 사회적 관계에 내재되어 있으며 특정 지리적 위치에 기반하기에 공간적 특성들을 가지고 있다. 농업의 스마트화는 사용되는 기술 그리고 제도, 환경의 상호작용으로 계속 구성되는 상태를 의미한다. 따라서 본 연구에서는 보다 최근의 스마트농업의 정책적 흐름에 주목하고자 하며, 각국의 스마트농업은 기술 발전단계에 따라 또는 여러 제도적·환경적 요인의 변화에 따라 변화할 수 있다.

1) 정책 방향성

각 국가들은 스마트농업 정책을 구성하는데 있어서 하위 정책과 사업별로 지원하는 정도에는 차이가 있지만, 가치사슬 전반을 포함하여 환경과 농촌에 이르기까지 다각적인 측면을 다루고 있다. 하지만 이 분석에서는 보다 거시적인 관점에서 각 국가 스마트농업의 방향성을 결정짓는 목적에 초점을 두고, 다음 분석에서 다룰 거버넌스와 주력 분야 및 기술이 어떤 목적 아래에서 진행되는지 살펴보고자 한다.

역사적으로 기근과 인구 압력에 시달려온 중국은 줄곧 식량안보에 우선순위를 부여해왔으며 오랫동안 중국 국가정책의 최우선 과제였다. 이러한 인식은 현대에 와서도 지속되고 있다. 이코노미스트 '2019 글로벌 식량안보 지수(GFSI)'에 따르면 중국은 전체 113국 중 35위(71.0점)이며 세부 분야별로는 국가 식량 공급 능력 27위, 식품 안정성 및 질 38위, 식량 구매 능력 50위에 해당할 정도로 식량안보 사정이 많이 나아졌으나 여전히 지도부의 인식 및 정책 방향은 국가 식량안보를 확보하는 것을 바탕으로 농업·농촌 발전을 이루어나가야 함을 주장하고 있다.[17] 대표적인 중국 스마트농업 정책인 '인터넷플러스' 정책과 '전국농업현대화계획', '13·5 규획'에서 공통적으로 과학기술이 제1의 생산력이며 과학기술과 생산을 긴밀히 연결시킴으로써 궁극적으로는 농업 생산량을 향상시키는데 목적이 있음을 밝혔다.

일본의 농업·농촌이 해결해야 할 가장 시급한 문제는 급속한 인구감소와 고령화 문제이다. 농업인구는 1995년 전체 인구 대비 약 21%에서 2015년 약 8.6%으로 감소했으며, 농업인구 평균 연령은 66.4세로, 65세 이상이 전체 농업 종사자의 63.5%를 차지하며 초고령화 현상이 나타나고 있다(일본 농림수산성, 2015; KOTRA, 2018). 일본은 이러한 자국 내 농업 문제를 해결하기 위해 기업의 농업 참여를 확대하고 있다. 2016년 3월 전일국가전략특구자문회의를 통해 기업들이 농지를 소유하고 있는 농업생산법인에 50% 이상 지분 출자를 할 수 있도록 규제를 완화함으로써 기업의 농업 진출 제한을 완화하였고, 이들의 참여를 통한 농업기술의 발전 및 생산성 혁신을 전망하고 있다(김연중 외, 2020). 일본은 스마트농업의 발전을 통해 초생력(超省力) 농업의 실현을 꿈꾸고 있다. 생력화(省力化)란 노동력을 절약하기 위해 산업의 자동화, 무인화를 촉진하는 것으로, 농기계의 자율주행 기술과 각종 작업의 로봇화·자동화를 통해 노동력을 감소시키고 생산력을 증진시키는 것을 목표로 하고 있다.

네덜란드는 1960년대까지 집약식 농업과 생산성 증대가 주된 농정목표였다. 하지만 80년대부터 농업 생산성 증대가 생산과잉에 따른 불경제를 발생시키고 환경문제가 제기되면서 식량 생산보다는 환경·자원

등 농업의 다원적 기능과 지속가능성 확보에 가치를 두기 시작했다. 네덜란드 스마트농업 정책으로 대표되는 선도산업 정책 및 PPL 정책에서 모두 공통적으로 에너지의 효율적 사용 및 저탄소 농업 시행을 통해 지속가능한 농업 발전을 목표로 하고 있다. 네덜란드 농업정책에 많은 영향을 미치는 EU의 공동농업정책(CAP) 또한 생산성에서 지속가능성으로 목표가 전환되었다. 「CAP 2014-2020」부터 안정적인 식량 확보를 정책목표에서 제외하였으며 농업생산이 환경을 보전하면서 지속가능한 방식으로 전환되어야 한다는 인식이 제고되었다. 「CAP 2021-2027」에서는 환경과 기후 대응 수준을 더욱 높여서 전체 예산의 40%를 지원하고 있으며 지속가능한 농업을 위해 지식과 혁신의 필요성에 대해서 강조하였다(송주호, 2019).

미국은 1900년대 전체 노동인구의 41%가 농업에 종사했을 만큼 농업의 비중이 컸으며 제2차 세계대전 후 기계화 및 농약 등의 사용이 활발해지면서 농업 생산성이 기하급수적으로 증가하였다. 1950년대에는 전 세계농업 역사상 최대 성과로 평가되는 녹색혁명을 가능하게 하는 기술혁신을 이루어내었다. 하지만 1980년대 초 화학비료로 인한 토양오염과 수질오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 지속가능한 농업의 방향성을 모색하기 시작하였다. 1985년 '지속가능한 농업에 관한 법안(Low Input Sustainable Agriculture)'이 제정되었으며, 1990년대부터 농무부 산하 농업연구청을 중심으로 지속가능한 농업에 대한 다양한 정책과 연구가 진행되었고 기술개발에 대한 투자를 늘려왔다(한국농수산유통공사, 2019a). 생산성 중심 R&D에 대한 투자가 지속적으로 감소하고 있으며, 자연과 환경 그리고 더 나아가 신재생에너지 및 농촌 커뮤니티로 투자 분야가 점차 확대되고 있다(이주량 외, 2016). 미국은 정부 차원에서 농업 환경정책을 포함하여 농업 위협 요인들을 예측하는 등의 장기적이고 고위험·고비용의 연구들을 정부 차원에서 지원하고 있다.

역사적으로 초창기 농업기술 개발과 혁신의 최우선 목표는 생산성 향상이었다. 그리고 식량 생산이 안정화되면서 과잉생산의 문제가 발생하고 지속가능한 농업으로 전환할 것을 요구받는다. 중국, 일본, 네덜란드, 미국의 사례에서 보듯이 상대적으로 기술 수준이 후발·추격 단계에 위치한 중국과 일본은 식량안보 및 농업인구 부족에 따른 농업 생산성 향상을 위해 스마트농업을 추진하고 있으며, 선도·최고 단계의 네덜란드와 미국은 지속가능한 농업정책에 힘쓰고 있다(표 2). 식량 생산성 향상 중심 정책에서 환경적 지속가능성을 추구하는 정책으로 변화하는 이러한 일련의 공통적인 방향성은 농업의 본질적인 특성과 선도국가의 정책을 모방하는 것에서 기인한다. 자연환경을 이용하는 농업은 환경파괴의 위험성을 항상 가지고 있기에 지속가능성을 추구하는 농업은 점차 강조될 수밖에 없으며, 후발 국가들은 스마트농업을 시행함에 있어 주로 선진국의 기술을 도입하고 정책을 모방하는 형태를 나타내고 있다. 이러한 경향성은 글로벌 스마트농업 정책의 보편적인 방향성을 만들어내고 있으며, 시장 선점에 있어서 속도가 중요한 이유이기도 하다. 하지만 스마트농업을 추진하는 동력과 보유하고 있는 인프라에 따라 추진 방법과 방향은 국가별로 상이하게 나타날 수 있다.

2) 거버넌스

ICT 기반의 4차 산업혁명 핵심기술과의 융복합을 의미하는 스마트농업은 농업과학기술정책과 농업

표 2. 국가별 스마트농업 정책 방향성

	중국	일본	네덜란드	미국
경향	생산성 향상	→		지속가능성
정책 방향성	식량안보	생력화	EU 공동대응	장기간·고위험·고비용 연구 지원

R&D의 역할이 핵심적이다. 따라서 각국의 스마트농업 거버넌스는 농업의 과학기술 수준을 나타내주는 공공과 민간부문의 농업 R&D 투자 비중을 바탕으로 거버넌스의 형태를 구분해보고자 한다.

중국은 4차 산업혁명 관련 정책을 추진함에 있어 궁극적으로는 민간이 주도하고 정부가 지원하는 민관협력형 형태를 지향하고 있다. 스마트농업 확산 방식 또한 민관협력형 정책과 사업의 비중을 늘림으로써 기업의 참여 기반을 넓히고 있다. 전형진 외(2019)에 따르면 중국의 농업분야 4차 산업혁명 관련 기술의 개발·보급·운영 실태를 유형별로 살펴보았을 때, 민관협력형(정부주도+기업참여)이 56%로 가장 높고, 다음으로 기업주도형이 26%로 높게 나타나고 있음을 보여주었다. 이처럼 민간의 역할이 두드러지게 나타나는 이유를 중국의 제도적 특수성으로 설명하였는데, 1990년대 중반 이후 기업을 주축으로 농업산업화 정책이 추진되었으며 이를 통해 생산·가공·유통 과정을 계열화하는 '기업+농가' 모델이 발전됨에 따라 민간의 역할이 커졌음을 설명하였다. 이러한 맥락에서 스마트농업을 실현하는데 기업이 커다란 역할을 하고 있으며 그 비중이 한국의 기업참여 비중보다 클 수 있음을 이야기하였다. 하지만 "중국의 사회주의 시장경제 체제를 감안하면 '정부주도'의 의미에는 정책 수립과 집행을 통해 정부의 적극적인 역할과 참여의 의미를 내포하고 있음에 주의가 필요하다"고 설명하였다(전형진 외, 2019, 148).

일본의 스마트농업은 농림수산성과 농업·식품산업기술종합연구기구(NARO)를 중심으로 수행되고 있으며 민간의 농업 R&D 투자는 식품업 분야의 1.9%를 차지하며 국가 주도의 R&D 투자 형태를 보인다(이주량, 2016). 하지만 2009년 기업의 농지 임차를 허용한 농지법 개정과 일본의 농촌 재생을 위해 관련 규제가 완화되면서 기업의 농업 진출이 활발해지고 있으며, 이를 통해 도시바(Toshiba), 파나소닉(Panasonic), 후지쯔(Fujitsu)와 같은 반도체·IT 기업들이 농업부문으로 진출하고 있다.

네덜란드 스마트농업은 국내·외 협력의 네트워크가 잘 구축되어 있다. 국가적 스케일에서는 기업-연구-정부로 구성된 골든 트라이앵글 거버넌스가 구축되어 있으며, 국외적으로는 EU의 '공동농업정책(CAP)'과 '농업의 지속가능성 및 생산성에 관한 유럽 혁신파트너십(EIP-AGRI, EIP on the Agricultural Sustainability and Productivity)'[18] 거버넌스를 구성하고 있다. EU 농업정책의 근간을 이루는 CAP는 EU 집행예산의 대부분이 사용될 정도로 중요한 부분을 차지하고 있으며, EU의 규제지침과 전략은 그대로 각 회원국들의 정책에 반영되고 있다. 2019년 EU는 「CAP 2021-2027」 개혁을 통해 환경과 기후에 대한 대응 수준을 높이고 스마트농업 기술개발을 기반으로 한 지속가능한 농업 방향을 주문하였다. 농업 관련 국제협력체계인 EIP-AGRI에서 네덜란드는 혁신 활동(IA, Innovation Actions) 중 '인터넷 농장·식품(IoF, Internet of Food&Farm) 2020 프로젝트'를 주도적으로 시행하고 있으며, 이를 통해 농식품 전분야 가치사슬의 연결을 통한 스마트농업 구현을 목적으로 하고 있다.[19] 이렇듯 네덜란드는 주변국들과 스마트농업 분야의 협력을 강화하고 전략 산업으로 육성하기 위한 연구사업과 인프라 조성을 추진하고 있다.

미국의 농업 R&D는 민간 기업이 주도하는 비중이 더 높다. 민간부문의 농업 연구개발 투자는 식물 종자권의 민간 양도가 본격화되는 1970년대 이후 급격하게 증가하였고, 1990년대에는 공공부문의 투자액을 상회하였다. 민간 기업은 주로 식품 제조, 작물, 농기계 영역 등 시장에 직접 진출이 가능한 기술 적용 분야에 집중적으로 투자하고 있으며, 공공부문은 민간에서 수행하지 않는 기후변화, 식품 안전, 환경 분야를 다루며 농업 생산성 유지와 무관한 영역에 대한 장기적 연구를 수행하고 있다. 이러한 투자 논리에 따라 분리된 공공과 민간 개발 분야의 차이는 공공과 민간 기업이 상호협력하는 필요조건으로 작용하며 상보적 관계의 거버넌스를 만들어내고 있다.

농업은 국가의 기반 산업으로 본질적으로 공공성

표 3. 국가별 스마트농업 거버넌스

주도적 역할	정부 ◀——▶ 민간		
거버넌스 형태	국가주도 민관협력형	산·학·연 연계 (골든 트라이앵글)	민간주도 민관협력형
해당 국가	중국, 일본	네덜란드	미국

과 공익적인 특성을 가지고 있기에 농업 연구 개발과 혁신도 공공부문에 상당 부분 의존해왔다. 하지만 4차 산업혁명 시대의 혁신성장을 위해 정부와 민간의 효율적 분담 및 협력이 강조되면서 연계와 협업이 정책의 성공을 좌우하는 요소로 작용하고 있다. 따라서 각 국가에서 공통적으로 민관협력형 거버넌스 형태를 보이고 있으나, 어느 쪽에서 거버넌스를 주도하느냐에 따라 형태는 달라질 수 있다. 농업기술이 발달하고 농산업 기반이 안정화된 나라일수록 민간이 주도하는 경향이 크게 나타나고 있다(표 3).

3) 주력 분야 및 기술

각 국가가 어떠한 기술을 채택하느냐에 따라 스마트농업 정책과 그 발전 방향에 영향을 미친다. 농업의 스마트화에 따라 정부와 농업현장에서는 과학기술의 투입을 요구하고 있으며, 이로 인한 새로운 기술의 채택은 산업의 효율성을 향상시키는 방향으로 변화하고 있다. 각 국가에서는 어떤 분야에 주력하고 있으며 이를 위해 어떤 기술을 채택하고 있는지 살펴보고자 한다.

중국이 신창타이[20] 시대를 선포하며 주목한 부분은 소비 중심의 수요구조 변화 즉, 내수시장의 확대를 통한 전자상거래 활성화를 그 전략으로 제시하였다. 중국의 전자상거래는 매년 GDP 성장률의 2~3배에 달하는 높은 성장세를 보이며 중국 경제에서 차지하는 비중이 점차 커지고 있다(전익호, 2014).[21] 농업·농촌분야 전자상거래의 증가는 중국 농업에 많은 변화를 일으키고 있다. 공간적 제약으로 인해 유통 과정에서 열세에 처해있던 농산품 판매자들이 전자상거래를 통해 재고 문제를 해소하고 가격 결정권까지 쥐게 되면서 전자상거래가 농산품 판매의 주요 루트로 자리잡았기 때문이다(뉴스핌, 2015). 2015년 9월 중국 농업농촌부에서는 '농업 전자상거래 발전 추진에 관한 행동계획'을 발표하였다. 정부는 이 계획이 농산물 시장 메커니즘을 개선하기 위한 중요한 조치이자 현대농업 발전을 촉진하는 주요 경로임을 강조하면서, 전자상거래를 통해 농산물 소비를 촉진하고 내수를 확대하는 주요 동력으로 삼을 것이라고 주장하였다. 정부의 이러한 방향성에 기업이 적극적으로 참여하면서 정책의 효과성이 극대화되었는데, "특히 알리바바(阿里巴巴), 징둥(京东) 등 중국을 대표하는 세계적인 IT 기업의 적극적인 참여가 중국 농업·농촌분야 전자상거래의 발전에 커다란 역할을 하였다"(전형진 외, 2019, 105). 중국 전자상거래의 확대는 국내외적으로 유통업계 혁신 모델의 대명사로 널리 언급되는 신유통(新零售, new retail)의 등장으로 이어진다. 신유통은 중국 알리바바의 창립자인 마윈(馬雲)이 최초로 제시한 온·오프라인 물류의 전략적 제휴를 상징하는 유통 모델로 4차 산업혁명 스마트기술이 활용되면서 첨단기술에 기반한 새로운 유통 환경을 의미한다. 신유통은 소매 유통 서비스에 집중한 '소비자 체험 중심의 데이터 기반 유통 형태'이며, "사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등 기술과 경영정보의 수집·분석이 결합되어 운영 효율이 제고되고, 사용자 경험이 축적되어 제품의 생산, 유통, 판매가 고도화되는 형태의 소매업이다"(대외경제정책연구원, 2018, 3). 현재 중국에서는 거대 IT 기업들이 선두가 되어 신유통 산업 관련 투자를 적극적으로 추진하고 있으며 중국 정부도 이런 추세에 맞추어 관련 정책을 추진하고 있다.

일본이 주력하는 스마트농업 기술과 분야는 무인 자

동화, 클라우드 솔루션, 식물공장으로 요약된다. 무인 자동화 기술은 농업 노동력 부족 문제를 해결하고자 일본이 기술적으로 선도적 위치에 있는 로봇 분야에 생력화를 지원하는 방향으로 기술개발이 이루어지고 있다. '로봇신전략(2015년)'과 '로봇농기계에 관한 안정성 확보 지침(2016년)'을 수립하여 농기계 자율주행 및 무인 농기계 개발을 가속화함으로써 무인 자동화 농업을 현실화시키고 있다. 일본은 농업기술을 장인의 기술에 비유하여, 선도 농가의 장인 기술을 신규 농업인에게 직접 전승하는 단계를 넘어 정보화하고, 청년·여성·기업 등 신규 농업인도 쉽게 농업 활동에 접근하는 것을 목표로 하고 있다(임영훈, 2017). 경험과 직감에 의지해야 했던 농업의 암묵지를 형식지화하여 농업자의 기능 향상이나 신규 참가자의 기능 습득에 활용하고자 한 것이다. 일본은 이를 농업 클라우드 솔루션으로 개발하여 신규 농가에 서비스를 제공함으로써 초기 도입 비용을 절감하고 누구나 접근할 수 있는 농업을 추구하고자 하였다. 이에 후지쓰가 '아키사이(Akisai)', 구보다는 'KSAS'라는 클라우드 솔루션을 개발하여 농가에 공급하고 있다. 일본은 후쿠시마 원전 사고 이후 대규모 식물공장의 필요성을 크게 인식하고, 2008년 글로벌 금융위기 이후 미래 신성장 동력 산업으로 이를 육성함으로써 일본의 식물공장 시장 규모는 계속 확대되고 있다(김연중·한혜성, 2013). 도시바, 파나소닉, 후지쓰 등 반도체·IT 제품을 제조하던 대기업들이 농업에 진출하면서 과거 제조업 공장을 식물공장으로 전환하는 사례들도 많아지고 있다.

네덜란드는 17세기부터 영국과 프랑스 등 유럽 시장을 대상으로 원예, 낙농, 과수, 축산 등의 분야의 수출농업을 지향해왔으며, 관련 분야를 대상으로 농업의 규모화·산업화·첨단화를 전개해왔다. 일찍이 좁은 면적과 열악한 환경조건을 극복하기 위해 유리온실 기반의 시설원예 부문을 발전시켜왔으며, 스마트농업의 발전 방향 또한 첨단유리온실과 식물공장 중심으로 진행되고 있다. 네덜란드는 "전체 온실의 99%가 유리온실이며, 복합환경제어가 가능한 시스템을 갖추고 있다"(이종원, 2016, 10). 장기간 축적된 데이터와 이를 기반으로 완성된 기술력은 오늘날 시설원예 부문의 최고 기술 보유 기업인 프리바(Priva)를 탄생시키는 기반이 되었다. 유리온실 기술과 경험을 바탕으로 식물공장 분야에서도 선도국가의 위치를 점유하고 있으며, 1975년에 이미 2008년 수준의 면적(4,700ha)에 식물공장이 설치되었다(김연중 외, 2013). 세계적으로 네덜란드 시설농업은 스마트농업의 대표 명사가 되었으며, 스마트농업 후발주자 국가들은 네덜란드 모델을 본보기로 삼아 정책을 구성하고 있다.

미국은 대표적인 조방농업 국가로서 영농규모가 크고 첨단 기계의 사용이 활발한 노지농업이 발달하였다. 오랜 농업 R&D의 역사를 바탕으로 미국은 세계적으로 노지분야에서의 최첨단 농업 관련 기술을 선도하고 있다. 넓은 토지와 기술력이 뒷받침되는 미국의 스마트농업은 위성기술을 활용한 농업용 드론과 농업용 로봇 개발에 주력하고 있다. 미국은 전 세계 농업용 드론 시장의 29.6%를 차지하고 있으며, 2025년까지 연평균 31.7%의 고속 성장이 전망될 정도로 농업용 드론 제조 분야에서 독보적인 기술력을 자랑하고 있다(KOTRA, 2021). 농업용 드론은 토양 상태를 측정하여 파종에 적합한 토양을 3D 지도로 제작하

표 4. 국가별 스마트농업 주력 분야 및 기술

	중국	일본	네덜란드	미국
경향	비교우위적 기술과 제도적 기반 활용		경로의존적	
주력 분야 및 기술	- 전자상거래	- 무인자동화 - 클라우드 솔루션 - 식물공장	- 시설원예 - 식물공장	- 농업용 드론 - 노지 농업용 로봇

여 농작물 수급 예측에 활용이 가능하다. 이와 동시에 드론을 통해 축적된 토양 데이터는 항공 위성 데이터와 연계하여 보다 신뢰성 있는 예측 모델을 구현하고 솔루션을 제시하는 데 강점을 가지고 있다(김수경 외, 2019). 또한 미국은 대규모 농지를 효율적으로 운영할 수 있는 노지농업용 로봇 개발에도 힘쓰고 있다. '로봇공학 이니셔티브 농업 연구·개발(R&D) 프로그램'을 통해 자율주행이 가능한 로봇형 트랙터와 농기계, 데이터 자동 수집 및 영농지원 로봇 플랫폼을 개발하고 있다(김연중 외, 2020).

각 국가는 농업의 스마트화를 통해 농업의 구조적인 문제를 해결하고 생산적·환경적 지속가능성을 확보하며, 궁극적으로는 농업 경쟁력을 강화함으로써 글로벌 스마트농업 시장을 선도하고자 하는 공통적인 목표를 가지고 있다. 관련 정책 또한 이 목표들을 아우르는 다양한 사업과 지원 정책들을 쏟아내고 있지만, 각 국가는 자국이 보유한 비교 우위적 기술과 제도적 기반을 토대로 스마트농업 경쟁력을 키워나가고 있다. 중국이 방대한 내수시장을 토대로 전자상거래 기술을 개발함으로써 유통 부문의 발전을 선도하고 있다면, 일본은 자국의 농업 현안을 해결하기 위해 비농업 분야에서 축적한 기술력을 토대로 이를 농업에 적용하여 관련 기술을 발전시키고 있다. 네덜란드와 미국의 경우는 주력 분야와 기술이 경로 의존적인 경향을 보이는데, 네덜란드는 시설원예 분야, 미국은 노지 농업 분야의 기술을 더 정교화·첨단화함으로써 스마트농업 기술과 정책을 선도하고 있다(표 4).

4) 소결

중국, 일본, 네덜란드, 미국의 스마트농업 정책을 토대로 정책목표 및 방향성, 거버넌스, 주력 분야와 기술을 살펴봄으로써 기술 수준에 따른 스마트농업 정책 특징을 살펴보았다. 유형을 나누어 정책을 살펴본 결과 글로벌 스탠다드에 따른 스마트농업 정책과 기술을 표준화하는 전략과 함께 각국의 지리적 특성을 반영한 정책과 기술을 만들어내는 국지화 전략이 동시에 작동하고 있는 것으로 판단된다. 상대적으로 농업기술 개발의 역사가 길고 선진 기술이 일찍 발달한 국가일수록 정책목표로 지속가능성 가치를 중시하고 있었다. 하지만 이들 국가도 초기 기술개발 목표는 생산성 향상이었으며, 과잉생산의 문제와 환경문제에 대한 경각심이 증가하면서 지속가능한 농업으로 전환하게 되었다. 후발 국가들은 현재 생산성 향상을 정책목표로 설정하였으나 기술의 발전단계를 기반으로 예측하였을 때, 이들도 향후 지속가능성을 추구하는 방향으로 나아갈 것이다. 이미 일본의 경우 지속가능한 농업으로의 전환을 준비하고 있다. 거버넌스도

표 5. 각 국가별 스마트농업 정책의 지리적 함의

		중국	일본	네덜란드	미국
기술수준		후발	추격	선도	최고
정책 방향성	경향	생산성 향상	→	→	지속가능성
	특성	식량안보	생력화	EU 공동대응	장기간·고위험·고비용 연구 지원
거버넌스 형태	경향	정부	↔	↔	민간
	특성	국가주도 민관협력형		산·학·연 연계	민간주도 민관협력형
주력 분야 및 기술	경향	비교우위적 기술과 제도적 기반 활용		경로의존적	
	특성	- 전자상거래	- 무인자동화 - 클라우드 솔루션 - 식물공장	- 시설원예 - 식물공장	- 농업용 드론 - 노지 농업용 로봇

마찬가지로 농산업 기반이 발달하고 국가 경제적 특성상 민간이 주도하는 힘이 큰 나라일수록 민간의 참여가 활발하게 나타난다. 하지만 국가 기반 산업인 농업은 본질적으로 공공·공익적인 특성을 가지고 있기에 초기 투자는 국가 주도로 진행되고 있으며, 관련 기업이 성장하고 산업이 안정화되면 시장의 영향력이 커지게 된다. 특히 한국과 중국같이 농산업 시장이 성장하지 못한 나라의 경우에는 민간 투자 형태가 주로 농기업이 아니라 통신이나 IT 기업들의 참여로 이루어진다. 주력 분야와 기술의 경우 미국이나 네덜란드는 경로 의존적인 발전 형태를 보인 반면, 후발 국가에 속하는 일본과 중국은 자국이 보유한 비교 우위적 기술과 제도적 기반을 토대로 스마트농업 경쟁력을 키워나가고 있었다. 미국과 네덜란드는 자국 농업의 강점을 살려 계속 개발을 진행해 왔다면, 후발 국가인 중국과 일본은 비농업 분야에서 발전시켜온 특화된 기술력을 바탕으로 이를 공격적으로 농업과 융합시킴으로써 관련 기술과 정책을 만들어내고 있다(표 5).

6. 요약 및 후속 연구과제

세계농업은 인구증가 및 기후변화 등의 식량 생산을 위협하는 문제들에 대응하여 미래 세대의 식량안보를 보장해야 함과 동시에 4차 산업혁명 시대의 주목받는 신성장 산업으로서 도전과 기회를 동시에 맞이하고 있다. 스마트농업은 이러한 상황 속에서 필연적으로 등장하였으며 글로벌 차원의 정책 우선 과제가 되었다. 세계 스마트농업 시장은 가파르게 성장하고 있으며 각 국가들은 기술 혁신과 정책적 뒷받침을 통해 스마트농업 경쟁력 강화에 주력하고 있다. 이에 각 국가에서는 과학기술혁신정책을 주요 농정 의제로 설정하였으며 R&D를 핵심 투자 분야로 선정하여 농업과학기술 혁신 및 주도권 확보를 위해 공격적인 정책들을 펼치고 있다.

본 연구는 해외 주요국의 스마트농업 동향을 통해 각 국가가 어떤 디지털 기술을 채택하고 있으며, 생산과정의 변화가 어떤 사회적·제도적 맥락의 변화로 나타나는지 살펴보고자 하였다. 이를 위해 스마트농업 기술 수준에 따라 중국, 일본, 네덜란드, 미국을 대표적인 사례로 선정하여 각 국가 스마트농업 정책의 방향성, 거버넌스, 주력 분야와 기술을 살펴보았다. 기술 수준이 높은 농업 선진국에 가까워질수록 지속가능성 가치를 중시하고 있으며, 민간이 주도하는 경향이 크게 나타나는 경향이 있었다. 주력 분야 및 기술에서는 미국이나 네덜란드는 경로의존적인 발전 형태를 보인 반면, 후발 국가에 속하는 일본과 중국은 자국이 보유한 비교 우위적 기술과 제도적 기반을 토대로 스마트농업 경쟁력을 키워나가고 있었다. 유형을 나누어 정책을 살펴본 결과 공통적으로 지역의 경제·사회·문화 및 생태적 맥락으로부터 탈맥락화시키는 방향으로 작동하며 기술과 정책을 표준화시키는 전략과 지리적 특성을 반영하여 각 국가별 스마트농업 모델을 구축하고자 하는 국지화 전략이 동시에 작동하는 것으로 판단된다.

이러한 맥락에서 한국의 스마트농업을 간략하게 살펴보자면, 한국의 스마트농업 기술 수준은 일본과 동일한 '추격' 그룹에 속하지만, 일본보다 다소 뒤처져 있다. 국가 전체 연구개발비의 1.9%가 농업생산 및 기술에 투자되고 있으며 국가 주도로 진행되고 있다(농림식품기술기획평가원, 2020). 한국의 스마트농업 정책은 주로 생산 단계의 스마트팜, 그 중에서도 시설원예에 치중하고 있으며 기술은 초기 단계의 원격 시설제어 수준을 보이고 있다. 하지만 인터넷 강국의 장점을 살려 농업부문의 4차 산업혁명 기술 개발과 제도를 정비하고 있으며, 이동 통신사(KT, SK, LG)에서 스마트농업 사업에 적극적으로 투자하고 있다. 한국이 당면한 농업 문제들과 농업생산 기반은 일본과 여러 방면에서 유사한 조건에 있으며 스마트농업 발전 형태 또한 일본의 궤적과 비슷한 양상을 나타내고 있다. 궁극적으로는 네덜란드 수준의 기술력과 시

장 장악력을 목표로 하고 있으나, 한국의 농업은 아직 산업보다는 생업으로 간주되기에 농업의 기업참여에 대한 반감이 크며, 스마트농업 또한 현장의 수요보다는 산업과 정부의 요구에 의해 개발되고 있다. 다른 농업 선진국의 기술을 수입하거나 정책 이전을 통해 스마트농업 개발을 진행하고 있으나, 한국의 상황과 환경에 적합하지 않다는 평가에 한국형 스마트농업 모델을 개발하는데 주력하고 있다.

본 연구는 각 국가의 농업 지식과 경험이 특정 농업 환경에서 어떻게 발현되는지 살펴봄으로써 기술수용의 공간성을 밝히는데 목적이 있었다. 하지만 연구 대상 및 분석 자료의 한계로 인하여 각 국가 스마트농업 정책의 공통적인 경향성과 표준화 현상은 발견하였지만 국지화 전략을 밝혀내는 데 있어서는 한계가 있다고 판단된다.

본 연구의 구체적인 한계는 다음과 같다. 첫째, 연구 대상의 한계이다. 각 국가의 사회적·자연적 조건 등에 따라 농업혁신 과정은 상이할 수 있다. 본 연구는 스마트농업을 대상으로 지역특이적(site-specific)·맥락특이적(context-specific)관점에서 지리적 시사점을 도출하고자 하였다. 본 연구에서 지리적 시사점이 조금 더 유의미하기 위해서는 스마트농업에 한정하여 집계된 재배작물, 재배면적, 재배 농가 수 등의 데이터가 필요하다. 이를 통해 관행 농업과 비교가 가능하고 또한 국가별 비교가 가능하기 때문이다. 하지만 한국에서도 마찬가지이지만 스마트농업에 한정하여 공식적으로 집계되고 있는 통계는 없는 실정이다. 또한 농업의 스마트화가 농업기술 개발 역사의 연속선 상에 있으며 농업 현대화의 맥락과 맞닿아 있기에 정확한 구분이 힘들고 관련 데이터를 특정하는 것이 어렵다. 이러한 한계는 보다 경험적인 연구를 통해 보완이 필요하다고 사료된다.

둘째, 분석 자료의 한계이다. 아직 스마트농업에 대한 종합적인 연구나 비판적·사회과학적 접근의 연구가 많지 않다. 주로 농업경제 또는 과학기술 분야에서 기술개발이나 시장전망 위주의 보고서가 대부분이며, 정책자료 또한 각 국가에서 공식적으로 발표하는 내용에 한정되어 있기에 정책을 소개하거나 미래 방향성을 제언하는 내용이 주를 이루고 있다. 또한 본 연구는 언어가 다른 4개국을 대상으로 하고 있기에 한국의 연구기관과 산업계에서 발표하는 보고서에 의존한 측면이 크다. 따라서 각 국가에서 시행되는 스마트농업의 다양한 측면과 현장의 모습을 포착하지 못하고 입체성이 부족하다는 한계가 있다.

본 연구의 한계를 보완하여 후속 연구 또한 스마트농업의 공간성을 밝혀내기 위하여 기술과 농업의 물질적·실체적 차원이 공간의 역동성을 어떻게 생산하고 있으며 농업지식이 생산되는 공간적 실천에 주목하고자 한다. 본 연구는 국가적 스케일에서 스마트농업 정책과 현황을 살펴보는 시도로써 농업기술지리 및 농업지식생산의 지리를 탐색하기 위한 연구의 토대로 활용하고자 한다.

주

1) 정밀농업(precision agriculture), 데이터 기반 농업(data-driven farming), 디지털 농업(digital farming), 지능형 농업(artificial intelligence in farming), 농업 4.0/5.0(agriculture 4.0/5.0), 첨단농업, 농업R&D, 어그테크(AgTech), 농식품 ICT 융합 등으로 다양하게 불리며 농촌에서 이루어지는 농업뿐만 아니라 도시농업 및 식물공장에서 이루어지는 여러 농업형태와 연관되어 있다. 이러한 유사 개념들을 바탕으로 한국의 정부 기관과 연구자들은 '스마트농업' 개념을 가장 보편적으로 사용하고 있다. 농촌진흥청에서는 스마트 시대를 S-속도의 시대(speed), M-이동성의 시대(mobility), A-편리함의 시대(advantageousness), R-즐김의 시대(recreation), T-전자소통의 시대(tele-communication)로 정의하고 이를 다시 스마트 농축산업에 적용하여 S(sensor&network), M(mechatronics), A(artificial Intelligence), R(robotics), T(tablet IT 기기)로 스마트농업을 소개하고 있다(허덕 외, 2019). 따라서 본 연구에서는 유사한 개념들을 포괄하여 스마트농업으로 통칭한다.

2) 많은 전문가들이 스마트농업의 기원을 1980년대에 등장한 데이터 기반의 정밀농업(precision agriculture/farming)

에 두고 있는데, 최적 처방·최적 시기·최적 지역('Doing the right treatment, at the right times, in the right place')을 고려한 농업생산시스템 연구에서 출발하였다. 정밀농업 용어는 1996년 제3차 세계 정밀농업 학술대회를 전후하여 통용되기 시작하였으며, 1997년 6월 미국 미네소타대학에서 열린 국제농업회의에서 통일되었다. 보다 넓은 면적에(large-scale) 균일(uniform)한 농작업에 기반한 기계화 농업과 달리 작은 면적(small-scale, more precise)의 위치 특성에 맞는(site-specific) 변량(variable) 농자재 처방을 의미한다(김유중, 2017).

3) 한국 내 총인구 대비 농촌인구의 최근 3개년 평균 비중은 18.5%로 2005년(18.7%) 대비 0.2% 감소하였으며, 총인구의 감소세보다 농가인구의 감소세가 상대적으로 크기에 그 비중은 중장기적으로 더 줄어들 것으로 예상된다. 고령화 현상은 1990년대부터 65세 이상 농가인구 비율이 증가하면서 심화되고 있다. 2020년 65세 이상 농가인구 비율은 2001년 대비 연평균 0.9%p 증가한 42.3%. 2026년과 2031년은 각각 46.9%, 50.6%로 전망된다. 경지면적은 총면적 대비 16.1%, 2005년(18.3%) 대비 2.2% 하락한 수치를 보인다. 2019년 한국의 농업소득은 전년 대비 20.6% 감소하였다(최성천 외, 2021)

4) 농업구조의 개선과 개혁을 통해서 농업의 생산성을 높이며 농가소득의 향상을 도모하는 농업시책의 총칙. 생산정책이 기존의 구조를 전제로 하고 있는데 비해 구조정책은 기존 구조를 시정, 생산성 향상을 도모하는 것이다. 농업구조란 농업경영에 있어서의 토지·자본 등 생산요소의 상황, 농업부문과 여타 경제부문과의 관계 등을 말한다(매일경제용어사전).

5) "중국 사회주의 현대화 건설의 기초는 농업에 있고, 난관은 농촌에 있으며, 관건은 농민에 있다는 중국정부의 확고한 인식이 자리하고 있다"(외교부, 2017, 175).

6) '중앙 1호 문건'은 중국 중앙위원회가 매년 가장 먼저 발표하는 문건. 그 해의 핵심 국정과제이자 업무상 강령과 지침의 지위를 갖는다. 후진타오 정부 10년과 시진핑 정부 6년차까지 줄곧 삼농을 1호 문건의 주제로 삼은 것은 삼농 문제가 어떤 국정과제보다 중차대하고 시급하다는 의미와 같다. 이는 곧 삼농문제 해결이 모든 중국 국민이 편안하고 풍족한 생활을 누리는 전면적인 샤오캉 사회로 진입하는 열쇠임을 의미한다. 중국 정부가 17년간 삼농 문제에 집착하는 이유가 바로 여기에 있다(농민신문, 2020).

7) "과학기술의 농업 성장에 대한 기여도는 초기의 19.9%에서 51%로 향상되었다"(홍성범 외, 2014, 16).

8) "1953년 '1.5계획'이 수립·집행된 이후 13번째의 경제계획으로, 2016~2020년 중국 경제발전 목표와 방향을 제시. '5개년 계획'은 국민 경제발전에 대한 중·장기적 목표와 방향을 설정하는 핵심 정책이다"(KOTRA, 2016).

9) 모든 국민이 풍족하고 편안한 생활을 누리는 사회를 의미한다. 2002년 장쩌민 국가주석이 "2020년까지 전면적인 샤오캉 사회를 달성하겠다"고 말한 이후 중국발전의 상징어가 되었다(한경 경제용어사전).

10) 일본은 산간지역이 많고 대규모 평야가 적어 곡물의 상당부분을 수입에 의존하고 있으며, 축산물 사료에 쓰이는 곡물과 원료도 거의 전량 수입에 의존하고 있기에 식량자급률은 2015년 39%로 세계 최대의 식량 수입국이 되었다. 또한 일본은 고온다습한 기후를 가지고 있어 병충해가 발생하기 쉽기에 농약 사용량이 많은 나라 중 하나이다. FAO 통계에 따르면 1990년부터 2017년까지 단위면적당 농약사용량 평균이 세계에서 2번째로 높다.

11) 'e-japan 전략'과 'u-japan 전략'에는 고도정보통신네트워크사회의 형성을 목표로 초고속 네트워크 인프라 정비와 IT 산업의 부흥을 위한 국가 기반 구축 계획 내용이 담겨있다.

12) 이 연구회는 "①초절약·고효율화 농업의 실현, ②힘들고 위험한 작업에서 농업인력 해방, ③모두가 참여가능한 농업 실현, ④전문 농업인의 노하우를 데이터 형태로 상속, ⑤생산의 안정화·고품질화" 5가지를 목표로 하고 있다(유지은, 2016, 43).

13) 2018년 네덜란드 농산품 수출액은 903억 유로로 총 수출의 1/5을 차지한다. 농업분야에서 288억 유로의 무역 흑자를 내었으며, 이는 총 무역 흑자의 58%에 해당한다(한국농수산식품유통공사, 2019b).

14) 선도산업(topsector) 분야는 원예, 농업과 식품, 수자원, 생명공학과 보건, 화학물질, 첨단기술, 에너지, 유통, 신산업을 포함하고 있다(김연중 외, 2020).

15) 총 1200만 유로를 투자하여 ① GPS 등을 활용한 지도정보와의 융합을 통한 보다 상세한 작물의 재배 관리, ② 센서를 통해 얻을 수 있는 실시간 데이터에 기초하여 안내되는 적절한 시기와 장소로의 비료 공급 및 살수를 통한 토지의 비옥화 ③ 작물의 보호의 3가지 테마에 대처하는 사업을 지원하였으며 2017년 기준 72개의 사업이 진행되었다(이종원, 2017, 103).

16) "스마트농업 분야 투자는 빅데이터·인공지능 기반 소프트웨어, 로보틱스·농기계 분야를 중심으로 최근 10년('10~'19)간 연 24.5%씩 빠르게 증가하고 있다"(유거송·여창민, 2021, 12).

17) 2017년 중앙 1호 문건은 국가 식량 안전을 확보하는 것을 바탕으로 농민들의 소득을 증대하고 농업의 공급품질을 제고하며 농업 산업체계와 생산체계, 경영체계를 최적화해야 한다고 제기했다. 또한 2018년 9월 시진핑(習近平) 주석이

"중국인은 자신의 손에 밥그릇을 챙겨야 하고, 자신의 식량을 담아야 한다."고 말하며 식량안보가 중국 국가 정책의 최우선 과제임을 선언하였다.

18) 유럽혁신파트너십(EIP, European Innovation Partnership)은 "보다 스마트하고 지속가능하며 포용적인 성장을 주도하는 공동의 성장전략으로 'EUROPE 2020'을 채택하고, 7대 핵심구상(Flagship Initiative) 중 하나로 혁신연합(Innovation Union)을 구축하기 위한 탈경계, 탈영역의 실천수단으로서 EIP를 도입하였다"(이주량, 2018, 20). EIP의 5개 영역 중 농업 관련 국제협력체계가 바로 EIP-AGRI이다.

19) 2017년초 공식 가동하였으며, EU가 4년간 3000만 유로를 지원하는 등 총 3500만유로를 투자하는 사업이다. 이 프로젝트는 EU를 중심으로 17개국 대학·연구소·중소기업 등 75곳이 공동참여했으며 바헤닝언 대학·연구센터가 주도하고 있다(농민신문, 2017).

20) 중국판 뉴노멀(new normal)로서, 2014년 5월 시진핑 국가주석이 고도성장 시기를 지나 중고속 안전 성장의 시대를 선포하며 처음 사용되었다.

21) "중국의 전자상거래 규모는 지난 10년간 약 72배로 증가하여 미국에 이어 세계 제2위가 되었으며, 특히 인터넷쇼핑 규모는 같은 기간 약 363배 증가하여 미국을 제치고 세계 최대시장으로 부상하였다"(전익호, 2014, 1).

참고문헌

강송희, 2019, "어그테크 국내외 시장 및 정책 동향," 소프트웨어 정책 연구소, 월간SW중심사회 2019년 9월호, pp.11-19.

김수경·이효정·김주희, 2019, "스마트농업, 다시 그리는 농업의 가치사슬," 삼정KPMG 경제연구원, Issue monitor 제119호.

김연중·한혜성, 2013, 식물공장의 전망과 정책 과제, KREI 농정포커스 제49호, 한국농촌경제연구원.

김연중·박지연·박영구, 2017, 4차산업혁명에 대응한 스마트농업 발전방안, 한국농촌경제연구원.

김연중·박지연·박영구·이명기, 2018, "4차산업혁명에 대응한 농업혁신 전략," 2018 농업전망, 한국농촌경제연구원, pp.233-258.

김연중·강창용·이명기·박지연·박영구·추성민, 2018, 제4차 산업혁명 시대의 농업·농촌 대응전략 연구(1/2차년도), 한국농촌경제연구원.

김연중·서대석·박지연·추성민·김의준·문지혜, 2020, 스마트농업 육성 방안 연구, 한국농촌경제연구원.

김유중, 2017, "농업의 4차 산업혁명, 다시 주목받는 정밀농업," ICT 융합 심층 리포트 2017-12, 정보통신산업진흥원.

남기포, 2021, "스마트농업의 현황과 농협의 역할," NH농협 조사연구 2020 겨울(제2호), 농협경제연구소, pp.63-105.

농림식품기술기획평가원, 2020, 2020년 농림식품 기술수준평가.

대외경제정책연구원, 2018, "중국 신유통의 특징과 향후 전망," KIEP 북경사무소 브리핑 20(5).

데이코산업연구소, 2014, 스마트팜, 식물공장 도시농업 실태와 전망.

민재홍·박주영, 2018, "스마트농업 기술 및 표준화 동향," 전자통신동향분석 33(2), 한국전자통신연구원, pp.77-85.

박경철, 2018, "네덜란드 등 선진외국 농업 성장기반 과정, 한국 농업정책 적용 방안," 현안과제연구 2018. 10. 31., 충남연구원.

박지연·서대석·이정민, 2021, "농업의 미래, 디지털농업," 농업전망 2021, 한국농촌경제연구원, pp.163-187.

송주호, 2019, "세계 농업관련 주요 연구 동향," 세계농업 2019년 9월호, 한국농촌경제연구원. pp.109-128.

야노경제연구소, 2021, 2021년판 스마트농업의 현황과 장래전망-생력화·고품질 생산을 실현하는 농업 IoT·정밀농업·농업로봇의 방향성.

유거송·여창민, 2021, "스마트농업," KISTEP 기술동향브리프 2021-03, 한국과학기술기획평가원.

유지은, 2016, "일본의 스마트농업," 세계농업 185, 한국농촌경제연구원, pp.1-21.

이정환, 2020, "(수정판)일본의 스마트농업 정책: 그 실태와 함의," 시선집중 GSnJ 273, GS&J Institue, pp.1-17.

이종원, 2017, "4차 산업혁명과 농업부문 해외 관련 기술 및 연구동향," 세계농업 202호, 한국농촌경제연구원, pp.99-120.

이종원, 2016, "해외 스마트농업의 사례," 세계농업 185호, 한국농촌경제연구원, pp.1-19.

이주량·박동배·임영훈·추수진·박은진·권규상·김병목·양한주, 2016, 농업과학기술 혁신체계의 진화와 선

택: 국가 간 비교연구, 정책연구 2016-10, 과학기술정책연구원.

이주량·추수진·임영훈·박동배·심성철·김가은, 2018, 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 정책연구 2018-10, 과학기술정책연구원.

이철우·김태연·이종호, 2009, "네덜란드 라흐닝언 식품산업 클러스터(푸드밸리)의 트리플 힐릭스 혁신체계," 한국지역지리학회지 15(5), 554-571.

일본 농림수산성, 2015, Census of Agriculture and Forestry.

임영훈, 2017, 4차 산업혁명 대응 주요국 농업과학기술 정책동향, 세계농업 201호, 한국농촌경제연구원.

임팩트, 2013, 농업IT융합시장 사업실태와 전망.

외교부, 2017, 중국개황 2017, 외교부 동북아시아국 동북아 2과.

장영주·김태우, 2019, "스마트팜 확산·보급 사업 현황과 과제-농업분야 ICT 융복합사업을 중심으로," NARS 현안분석 제95호, 국회입법조사처.

장칭칭, 2018, "중국 스마트 농업 발전 전략 고찰-[일대일로] 와 [중국제조 2025] 전략을 중심으로," 융합정보논문지 8(5), pp.251-261.

전익호, 2014, "중국의 전자상거래 발전 현황 및 전망," 해외경제 포커스 2014(30), 한국은행, pp.1-15.

전형진·이명기·홍초운·박주언·李奇峰, 2019, 중국의 농업분야 4차 산업혁명 정책 및 시사점, 경제·인문사회연구회 중국종합연구 협동연구총서, 대외경제정책연구원.

최병옥, 2008, "일본의 21세기 신농정 2008," 세계농업 94, 한국농촌경제연구원, pp.1-7.

최성천·김준기·옥소연, 2021. 통계로 본 세계 속의 한국 농업, 한국농촌경제연구원.

한국농수산식품유통공사, 2019a, 미국 스마트농업 및 IT 시스템을 활용한 농작물 재배현황 및 관리, 2019년 해외 이슈조사 보고서.

한국농수산식품유통공사, 2019b, 프랑스 EU 주요국, ICT에 기반한 디지털 농업 스마트팜, 2019년 해외 이슈조사 보고서.

한국농촌경제연구원, 2017, "중국의 농업분야 빅데이터 전략 추진 동향과 시사점," 월간 중국농업 브리프, 2017. 8. pp.11-15.

허덕·최영경·이동현·이준엽·최희철, 2019, ICT 활용 축종별 스마트축사관리모델개발, 한국농촌경제연구원.

홍성범·이주량·김기국, 2014, "중국의 식량안보와 농업기술혁신 추진전략," S&T Focus on China (1), pp.1-34.

IRS Global, 2017, IoT 기반 스마트 농업· 스마트팜 국내외 시장전망과 핵심기술 개발동향.

CEMA, 2017, Digital Farming: what does it really mean?.

European Commission, 2016, A strategic approach to EU agricultural research & innovation.

Marketsandmarkets, 2020, Smart Agriculture Market by Agriculture Type(Precision Farming, Livestock, Aquacluture, Greenhouse), Hardware(GPS, Drones, Sensors, RFID, LED Grow Lights), Software, Services, Application, Farm Size, and Geography-Global Forecast to 2025.

OECD, 2009, The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda.

<웹사이트>

농림축산식품부 홈페이지 https://www.mafra.go.kr/mafra/2871/subview.do (최종열람일: 2022년 5월 30일).

농민신문, 2017, "최종목표는 농장의 모든 환경 원격자동제어," https://www.nongmin.com/news/NEWS/POL/ETC/21445/view (최종열람일: 2022년 6월 20일).

농민신문, 2020, "중국의 중앙 1호 문건 주제 '삼농'," https://www.nongmin.com/opinion/OPP/SWE/RPT/320082/view (최종열람일: 2022년 6월 20일).

뉴스핌, 2015, "중국 농업전자상거래 시장규모만 수백조원," https://m.newspim.com/news/view/20150407000232 (최종열람일: 2022년 6월 20일).

뉴스핌, 2019, "중국 농촌 들판에 허수아비 대신 AI, 5천년 전통농업 5G 기반 스마트 농업 탈바꿈," https://www.newspim.com/news/view/20190121000682 (최종열람일: 2022년 6월 20일).

스마트팜코리아 홈페이지, www.smartfarmkorea.net (최종열람일: 2022년 6월 30일).

환경부, 2022. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC), 기후변화 영향 및 적응에 관한 제6차 평가보고서(AR6, WG2) 승인 http://me.go.kr/home/web/board/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=&searchValue=&menuId=10525&orgCd=&boardId=1511320&boardMasterId=1&boardCategoryId=&decorator=(최종열람일: 2022년 6월 2일).

KOTRA, 2016, 중국 13.5 규획 발표, 주요 내용은, KOTRA

& KOTRA 해외시장뉴스 https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/3/globalBbs Data View.do?setIdx=242&dataIdx=149185(최종열람일: 2022년 6월 15일).

KOTRA, 2018, 일본 스마트 농업 시장동향, KOTRA & KOTRA 해외시장뉴스 https://news.kotra.or.kr/user/globalAllBbs/kotranews/album/2/globalBbsDataAllView.do?dataIdx=163894&searchNationCd=101003) (최종열람일: 2022년 6월 15일).

KOTRA, 2019, 중국농업, 이제는 '스마트팜'시대, KOTRA & KOTRA 해외시장뉴스 https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=173886(최종열람일: 2022년 6월 15일).

KOTRA , 2021. 미국 농업용 드론 시장 동향, KOTRA & KOTRA 해외시장뉴스 https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoard Detail.do? SITE_NO=3&MENU_ID=430&CONTENTS_NO=1&bbsSn=254&pNttSn=188482(최종열람일: 2022년 6월 15일).

The Food US 홈페이지, www.thefood-us.com (최종열람일: 2022년 6월 2일)

교신: 김나리, 61186, 광주광역시 북구 용봉로 77, 전남대학교 사범대학 지리교육과, 전화: 062-530-2380, 이메일: yghforever@gmail.com

Correspondence: Na-Ri Kim, Department of Geography Education, Chonnam National University, 77 Yongbong Rd., Gwangju 61186, South Korea, Tel. +82-62-530-2380 E-mail: yghforever@gmail.com

최초투고일 2022년 07월 28일
수 정 일 2022년 08월 17일
최종접수일 2022년 08월 25일