

과학기술기반 미래농업 발전전략  
수립 연구

2019. 8. 14.

[별지 제5호 서식]

# 최종보고서 제출양식

결표지 양식 : (4×6배판(가로19cm×세로26.5cm))

(뒷 면)

(옆면)

(앞 면)

	과 학 기 술 기 반  미 래 농 업  발 전 전 략  수 립  연 구   과 학 기 술 정 보 통 신 부	<div data-bbox="798 670 946 719" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2019 - 08</div> <p style="text-align: center;">과학기술기반 미래농업 발전전략 수립 연구 (Research on development strategy for science technology-based future agriculture)</p> <p style="text-align: right;">연구기관 : 한국과학기술연구원 연구책임자 : 노 주 원</p> <p style="text-align: center;">2019. 08. 14.</p> <p style="text-align: center;">과 학 기 술 정 보 통 신 부</p>
--	---	---

## 안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의  
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견  
해가 아님을 알려드립니다.

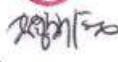
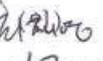
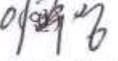
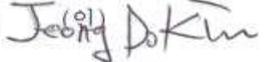
과학기술정보통신부 장관 유 영 민

# 제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “ 과학기술기반 미래농업 발전전략 수립 연구 ” 의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 08. 14.

연구 기관	한국과학기술연구원	
연구책임자	노 주 원	
연구 원	박 수 현	
연구 원	양 중 석	
연구 원	김 상 민	
연구 원	김 형 석	
연구 원	정 제 형	
연구 원	최 재 영	
연구 원	이 주 영	
연구 원	김 정 도	

※ 연구기관 및 연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의임.

# 목 차

제 1장 농업 전후방 산업 현황 및 미래 농업 예측 .....	1
제 1절 배경 및 필요성 .....	1
1. 농업의 4차 산업혁명 .....	1
2. 선진국들의 어그테크 진화 .....	12
3. 농업 기술의 신산업으로의 가치 .....	16
4. 미래농업 기술의 필요성 .....	23
제 2절 농업 전후방 산업 현황 .....	25
1. 농업 전후방 산업 구조 .....	26
2. 후방 농업 .....	27
3. 전방 농업 .....	35
제 3절 미래 농업 수요기술 및 Agtech 현황 .....	37
1. Agtech(어그테크) 기술 현황 .....	38
2. 미래 농업 수요기술 현황 .....	57
제 2장 미래농업 선도 방안 .....	76
제 1절 배경 및 필요성 .....	76
1. 배경 .....	77
2. 미래농업 선도 필요성 .....	84
제 2절 융복합 원천기술 개발 .....	87
1. 데이터 농업 .....	88
2. 서비스 농업 .....	99
3. 맞춤형 농업 .....	117
4. 미래농업 전망 및 시사점 .....	137
제 3절 신산업 창출 생태계 조성 .....	139
1. 핵심거점 조성 및 인재 양성 .....	140
2. 첨단 기술 기반 창업 지원 .....	146

3. 신기술 창출을 위한 인프라 강화 .....	153
<b>제 3장 농업 혁신 촉진 방안 .....</b>	<b>159</b>
제 1절 배경 및 필요성 .....	159
1. 배경 .....	160
2. 필요성 .....	171
제 2절 농업의 외연 확대 .....	175
1. 전방산업 육성 .....	176
2. 후방산업 육성 .....	206
제 3절 생활밀착형 농업현안 해결 .....	233
1. 기후변화 및 재난 대응 .....	234
2. 먹거리 안전 .....	247
3. 가축 전염병 .....	259
<b>제 4장 과학기술 기반 미래농업 발전전략 .....</b>	<b>267</b>
제 1절 배경 및 필요성 .....	267
1. 추진 배경 .....	267
2. 필요성 .....	269
3. 추진 목표 .....	270
제 2절 과학기술기반 혁신과제 .....	271
1. 미래농업 원천기술 확보 .....	272
2. 혁신 거점 인프라 구축 .....	280
3. 산업부 주도의 농업 외연 확대 .....	283
4. 정책협업을 통한 미래농업 육성 .....	292
5. 단계별 정책 및 과학기술기반 혁신과제 추진계획 .....	297
제 3절 추진전략 및 기대효과 .....	298
1. 스마트팜을 통한 농업혁신 선도 .....	298
2. 스마트농업으로 농업혁신 확산 .....	300
3. 지속가능한 혁신생태계 조성 .....	302

# 제 1 장 농업 전후방 산업 현황 및 미래 농업 예측

## 제 1 절 배경 및 필요성

### 1. 농업의 4차 산업혁명

#### 1) 농업 패러다임의 변화

- [농업 패러다임의 변화] 농업의 새로운 성장 동력으로 4차 산업혁명 기술을 농업·농촌분야에 접목하여 새로운 가치를 창출하고자 하는 시도가 추진 중
  - (다보스 포럼 2016) 4차 산업혁명은 “모든 것이 연결되고 보다 지능적인 사회로의 진화”로 규정
  - (제4차 산업혁명) 제4차 산업혁명은 로봇·빅데이터·사물인터넷(IoT)·인공지능(AI) 등 기술의 융합과 조화에 의해 촉발되는 혁신과 변화를 의미
    - 인간과 사물 그리고 공간의 모든 상황과 데이터가 수집·축적·활용되는 새로운 산업 패러다임으로 규정
    - 제46차 세계경제포럼('16.1.)은 제4차 산업혁명의 주역으로 인공지능, 빅데이터, 핀테크, 사물인터넷(IoT)을 주목, 그 외 자율 주행 자동차, 바이오테크놀로지 등을 선정
  - 제4차 산업혁명 사회는 ‘모든 것이 연결되고 보다 지능적인 사회’로 변화
    - IoT와 인공지능을 기반으로 사이버와 현실세계가 네트워크로 연결된 통합 시스템으로, 지능형 CPS(cyber-physical system)를 구축

- (농업 분야 파급) 특히, 노동집약적 산업인 농업의 특성상 제4차 산업혁명이 미치는 파급효과가 클 것으로 전망
  - 200년 전에는 90% 이상이 농업에 종사했으나, 현재는 OECD 주요 국가에서 80% 이상이 서비스 산업에 종사하고 농업은 2-3% 정도임
  - 미국, 일본 등 농업선진국은 기후변화, 고령화 등의 문제 해결을 위해 기계화·자동화·첨단화를 급속하게 진행
  - 이에 제4차 산업혁명은 농업의 규모화 및 기업화가 가속화되는 계기로 작용 가능
  
- 4차 산업혁명을 선도하는 빅데이터, 인공지능, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷, 3D 프린트 등의 핵심기술이 금융, 에너지, 교육, 농업 등의 분야에 메가 파괴력을 갖춘 혁신적인 변화를 시작하고 있으며, 토지, 인력에 의존하던 농업에 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등이 결합되면서 스스로 생각하고 생산 가능한 농업으로 진화 중
  
- 아이디어와 창의력만으로도 농업의 변화와 혁신을 주도할 수 있는 새로운 생태계가 조성
  - ‘미래 농업은 직관과 경험에서 벗어나, 숫자와 데이터에 기반한 예측에 의존하게 될 것이고, 농업인들은 데이터 과학자가 될 것.’ - 다니엘 코펠(Daniel Koppel), 농업인공지능벤처기업, 프로스페라 테크놀로지의 CEO

<그림 1-2. 4차 산업혁명 농업분야 파급>

## 2) 데이터 농업의 시작

□ [데이터 기반 농업] 농업 분야의 4차 산업혁명과 함께 향후 10년간 세계 농업구조는 지난 반세기 동안의 변화보다 훨씬 더 큰 변화가 예상되며, 변화의 핵심은 ‘빅데이터’, ‘데이터 농업’임

- 농업 생산 분야는 센싱과 모니터링 분야, 분석 및 기획 분야, 제어 분야에서 혁신적인 지능화가 기대되며, 과거 경험적이고 몇몇 전문가에 의해 규명되어 온 농업 기술이 빅데이터 기반의 지능화된 분석을 토대로한 데이터 기반의 농업 기술로 진일보할 것으로 예상되나 아직까지는 농업에서의 데이터 활용이 저조함  
- 부처, 각 기관별로 수집·생성되는 공공(행정) 데이터의 종류와 양은 지속적으로 증가하고 있으나, 대국민 대상 정책 서비스 개선 및 발굴 관점에서의 데이터 활용 노력은 부족하고 농식품 분야 정보시스템(EA기준) 194개, 개방 공공데이터 375종을 보유 중이나, 아직은 활용이 저조한 상황<sup>1)</sup>
- 또한, **경험기반의 농업에서 데이터 기반에 농업으로의 변화**는 농산업 모든 과정(생산에서 소비까지)을 변화 시킬 것으로 예상되며, 빅데이터로 농업 생산성 제고, 각종 질병과 자연재해 예방은 물론 소비자의 행동과 생각까지도 분석할 수 있는 시대가 도래할 것으로 예상됨
- 데이터 기반 농업을 통해 농업관련산업의 재창조, 새로운 농업비즈니스 창출, 가치전달 모델의 재구성, 농산물 물류와 유통의 획기적 변화 기대
- 또한, 농업과 빅데이터의 결합은 농산업 모든 과정(생산에서 소비까지)을 환골탈태(換骨奪胎)시킬 것으로 예상<sup>2)</sup>
  - 빅데이터로 농업 생산성 제고, 각종 질병과 자연재해 예방은 물론 소비자의 행동과 생각까지도 분석할 수 있는 시대 도래
  - 농업관련산업의 재창조, 새로운 농업비즈니스 창출, 가치전달 모델의 재구성, 농산물 물류와 유통의 획기적 변화

1) 농업전망 2019 : 농업·농촌의 가치와 기회 그리고 미래, 2019.1.23

2) 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래, 2017.7.14

<그림 1-3. 4차 산업혁명과 농업·농촌의 생태계<sup>3)</sup>>

---

3) 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래, 2017.7.14

### 3) 농업 생산 분야의 변화<sup>4)</sup>

- 4차 산업혁명으로 인한 농업 생산의 변화는 크게 3가지 영역으로 전개되고 있으며, 스마트 센싱과 모니터링 영역, 스마트 분석 및 기획 영역, 스마트 제어 영역임

<그림 1-4. 농업 생산분야 패러다임 변화<sup>5)</sup>>

- [스마트 센싱 및 모니터링] 첫째로 스마트 센싱과 모니터링 영역이며 이 영역은 기후정보, 환경정보, 생육정보를 정밀하고 자동화된 방법으로 측정, 수집, 기록하는 분야로써 조방농업과 집약농업 양쪽에서 빠르게 발전하고 있음
  - 세계 최대 농기계회사인 존디어는 첨단센서가 장착된 트랙터 등 각종 농업장비에 다양한 첨단센서를 장착하여 데이터를 수집하고 있으며, 수집된 데이터는 농장경영정보시스템을 통해 다른 농작업 장비와 연동하는 솔루션으로 제어됨
  - 일본의 후지쯔는 작물의 생육사진을 클라우드 컴퓨터가 영상 인식하여 생육정보를 자동으로 수집하는 아키사이(Akissai) 시스템을 개발하여 일본 농가에 특화된 서비스 제공
  - 네덜란드의 프리바의 경우도 센싱과 모니터링 기술을 더한 복합환경제어 기술력을 고도화
  - 프랑스의 에어리노브(AIRINOV)는 광학탐지장비를 장착한 드론과 센서를 활용해 대규모 경작지를 매우 촘촘한 격자로 정밀관리하면서 최적의 시비량과 농약 살포를 의사결정에 활용

4) 4차 산업혁명과 미래농업, 이주량, 세계농업 제 200호

5) SFS융합연구단 자료 참고

- [스마트 분석 및 기획] 둘째로 앞 단계에서 수집된 영상, 위치, 수치 데이터를 분석하고 영농에 필요한 의사결정을 수행하는 스마트 분석 및 기획 영역이 있는데 이 영역에서는 수집된 데이터를 빅데이터로 축적, 가공, 분석하여 사람의 지능과 지혜, 경험을 능가하는 정밀한 의사결정을 가능하게 함
  - 미국의 몬산토는 빅데이터 기반의 지능형 최적화 솔루션인 필드스크립트(Field Script)를 개발하여 세계 대농을 대상으로 보급 중에 있음
  - 2006년 설립된 미국의 클라이밋 코퍼레이션은 기후예측모델인 'FieldView'를 구축하여 250만 지역의 기후정보를 분석하여 농업경영체와 농업보험회사의 의사결정을 지원해왔는데, 기술력과 시장성을 인정받아 2014년 몬산토에 11억 달러(약 1조 3,000억원)에 매각됨
  
- [스마트 농기계] 셋째로 스마트 농기계를 활용하여 농작업을 수행하는 영역이며, 잡초제거, 착유, 수확, 선별, 포장 등 농작업자의 노동력에 의존하던 부분부터 점차 지능화 농업기계로 대체되고 있음
  - 미국 블루리버가 개발하여 보급한 선택적 잡초제거로봇인 'LettuceBot', 네덜란드에서 개발중인 파프리카 수확 로봇, 일본의 딸기 수확 로봇 등이 개발되었으며, 파프리카 수확기 및 딸기 수확기 등은 아직은 개발비용이 높고 처리속도가 느린 결림돌이 있지만, 24시간 쉬지 않고 일하기 때문에 향후 사람의 농작업을 대체할 것으로 예상

#### 4) 농업 유통 분야의 변화<sup>6)</sup>

- 농산물 유통 분야에도 4차 산업혁명 기술을 활용한 혁신이 시작되고 있으며, 4차 산업혁명 기술 활용 시 농식품 유통정보의 실시간 공유와 즉시 대응이 가능
- 네덜란드에서는 4차 산업혁명 기술을 활용하여 농산물 유통을 획기적으로 혁신해보려는 'The Smart Food Grid'라는 도시규모의 대규모 프로젝트가 진행되고 있는데, 네덜란드의 수도인 암스테르담과 그 주변지역을 대상으로 농산물 생산자와 소비자 간의 불일치, 이른바 미싱링크를 없애고 생산과 소비정보를 실시간 연결하는 것이 핵심
  - 소비자의 스마트폰과 상품의 QR코드를 활용하여 생산자가 농산물 소비정보를 실시간으로 파악하고 빅데이터를 수집, 분석하여 자동주문과 배송으로 연결

<그림 1-5. 네덜란드 암스테르담의 The Smart Food Grid 프로젝트<sup>7)</sup>>

- 이탈리아를 대표하는 체인형 슈퍼마켓 브랜드 COOP의 미래형 슈퍼마켓은 2015년 밀라노 엑스포에 엑센츄어와 공동으로 출품해 큰 호응을 얻었으며, 1회성 팝업 매장으로 출품했던 미래형 슈퍼마켓을 상설 매장으로 전환해 현재 밀라노에서 영업 중
  - 미래형 슈퍼마켓에서는 상품 진여래 마다 디스플레이를 설치하여 고객의 상품 선택과정에서 필요한 각종 저보를 제공하며, 농산물 생산자의 정보, 상품정보, 요리법, 영양정보, 가격정보 등이 고객의 동선과 몸짓에 따라 표시됨

6) 4차 산업혁명과 미래농업, 이주량, 세계농업 제 200호

7) <http://www.voedsellogica.com/smartfoodgrid/>

## 5) 농업 소비 분야의 변화<sup>8)</sup>

- 4차 산업혁명 시대에는 기술력의 진보에 따라 이전과는 확연히 다른 소비형태의 변화가 예상됨
  - 특히 수요자 주도 마켓(On-demand) 마켓의 확장이 예측되며, 생산자의 정보와 소비자의 정보가 실시간으로 연동되면 소비자는 생산자에게 자신의 요구를 그대로 전달할 수 없고 이에 가장 잘 부합하는 생산품을 선택하는 것이 보편화 될 것임
  - 또한 지능형 스마트 냉장고가 냉장고 속의 식품재고와 소비상황을 실시간으로 파악하여 자동 주문을 할 수 있을 것이고, 가족 구성원의 영양섭취정보와 건강정보를 관리해주는 등의 가정에서의 소비 형태의 변화가 발생할 것임

<그림 1-6. 스마트 냉장고 예시<sup>9)</sup>>

8) 4차 산업혁명과 미래농업, 이주량, 세계농업 제 200호

9) <http://www.voedsellogica.com/smartfoodgrid/>

## 6) 4차 산업혁명과 미래농업 기술

- [4차 산업혁명과 미래농업] 미래 농업은 ‘시스템의 시스템’으로 연결되며, 여기에 인공지능과 빅데이터 등이 결합해 자율 운영되는 첨단 산업으로 진화될 것으로 예상<sup>10)</sup>
  - 여기서, 시스템의 시스템이란 기존 농기계, 종자, 농장 관리, 생산예측, 관수 등의 개별 시스템이 합쳐진 융합 시스템을 의미
  - 이는 제4차 산업혁명의 핵심기술인 로봇·빅데이터·인공지능(AI) 등이 농업과 결합하면서 첨단화 및 새로운 가치를 창출
  
- 과거 경험적 영농기술의 승계 방식을 넘어 4차 산업혁명의 핵심기술인 초지능, 초연결, 초실감, 초신뢰 등을 활용하여 농촌 현안 문제 해결의 핵심 기술로 활용이 가능
  - 초지능(AI, BigData-Cloud, 지능형 반도체), 초연결(IoT, 5G, 전파응용), 초실감(VR/AR, 스마트미디어, 3D프린팅), 초신뢰(정보보안, 블록체인, 양자정보통신) 등 지능정보기술의 발전 및 보편화에 따라 농업 분야 응용 가능성 확대

<그림 1-7. 4차 산업혁명이 적용되는 미래농업 예시<sup>11)</sup>>

- [4차 산업혁명 농업 기술] 농업 부문에 4차 산업혁명 관련 기술로는 사물인터넷 기술, 인공지능 기술, 로봇 및 드론 기술이 있으며 이 외에도 데이터를 통한 정밀 농업 기술이 빠르게 발전하고 있음

10) 제4차 산업혁명과 농업, 2016.7, 농림수산식품기술기획평가원

11) 제4차 산업혁명과 농업, 2016.7, 농림수산식품기술기획평가원

<표 1-1. 농업부문 4차 산업혁명 기술의 기능별 구분<sup>12)</sup>>

- (데이터 농업·정밀농업) 빅데이터의 관심 증가와 함께 농업 분야에서도 데이터에 기반한 재배를 통해 작물의 생산성을 최대한 끌어내 수확량 및 품질을 극대화 하려는 움직임이 활발하며, 관련 스타트업 및 대기업의 기술개발이 빠른 속도로 이루어지고 있음
  - 빅데이터 분야는 농업의 생산, 유통, 식품, 질병 분야에 여러 용도로 사용 가능한 기술임
  - 대표적인 개발기술은 기상정보 및 관련 빅데이터를 활용한 농업용저수지 정보 분석 기술, 가축의 형질 결정 유전인자에 대한 빅데이터 분석을 통한 생산성 향상, 신경회로망 응용 토마토 주요 병해충 실시간 진단 분석 기술 등이 있음
- (지능형 농업) 빅데이터 수집과 분석을 통해 숫자에 근거한 정밀 농업으로 변화되면서 농식품 수 분야의 효율성이 극대화될 것으로 예측되며, 기존에 경험 기반의 농업에서 데이터 기반의 지능형 농업으로 농업 패러다임의 변화가 시작되고 있음
  - 농기구, 환경정보, 곡물 유통 등 농업과 관련된 데이터를 연결·분석해 농업의 생산성을 높이는 새로운 농업이 등장하며, 글로벌 농업기업들은 향후 빅데이터가 농업 혁명을 주도할 것으로 보고 데이터 기반 농업 개발에 주력 중
  - 선진국을 중심으로 빅데이터를 활용한 '처방식 재배(prescriptive planting)', '정밀농업(Precision Agriculture)'이 확대 중
  - 유럽의 IoF2020은 사물인터넷을 기반으로 유럽의 농식품 수역역에 정보 네트워크를 구축하여 빅데이터를 수집·활용하겠다는 프로젝트 진행 중

12) 세계 농식품산업 동향, 2017.4



## 2. 선진국들의 어그테크 진화

- [어그테크 진화] 미국, 유럽 등의 농업 선진국들을 중심으로 어그테크로의 진화가 이루어지고 있으며, 정부 정책과 함께 기업들이 진화하고 상생하는 新비즈니스 창출이 이루어지고 있음
- 포브스는 2017년 6월 ‘가장 혁신적인 어그테크 스타트업(The 25 Most Innovative Agtech Startups)’을 발표하며 세계 시장에서 달라진 농업의 위상과 높아진 대중의 관심을 대변하기도 함
- 농업 선진국들은 4차 산업혁명의 기회를 농업 재도약의 디딤돌로 활용하기 위해 치열하게 경쟁 중이며 어그테크로의 진화가 시작됨<sup>13)</sup>
  - 어그테크 진화를 통한 농업시장 확장 및 新성장 전략산업 준비
  - '농업 내부(Within Agriculture)'의 발전을 뛰어넘어 다양한 분야와 연계된 농업 비즈니스를 창출하는 것이 특징
- 네덜란드, 미국, 일본 등 선진국은 농작업 무인·자동화를 위한 장기적 R&D 투자를 통해 상용화 직전의 단계이거나 일부 축산 작업모듈 등은 이미 세계시장을 선점하는 단계이며, 최근에는 융합 기술쪽으로 발전 중
- 이스라엘, 미국, 프랑스, 브라질, 인도 등에서도 많은 기업들이 선진 IT 기술과 탄탄한 내수시장을 바탕으로 어그테크 분야에서 두각을 나타내고 있음

<그림 1-8. 유럽의 어그테크 스타트업 예시<sup>14)</sup>>

### 1) 미국

- 미국은 농업에 IoT는 물론 나노 기술, 로봇 기술 등을 본격적으로 접목하려는 시도를 하고 있으며, 구글의 경우 토양, 수분, 작물건강에 대한 빅데이터를 수집

13) 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래, 2017.7.14

14) European data-driven AgTech startups, Median, 2018.2.19

해 종자, 비료, 농약 살포에 도움을 주는 인공지능 의사결정 지원시스템 기술 개발을 하는 등 본격 어그테크 산업이 확대 중

- 구글 직원이 2006년 창업한 클라이밋 코퍼레이션을 시작으로 어그테크 산업이 빠르게 확대되고 있음
- 초기단계를 넘어 빅데이터 축적이 임계점을 넘어가고 있으며, 유료 서비스 증가와 함께 가까운 미래에 어그테크 기업들의 수익성이 크게 향상될 것으로 예상

<그림 1-9. The Climate Corporation 예시<sup>15)</sup>>

## 2) 유럽

- 유럽의 경우 농식품 전 분야 가치사슬의 연결을 통한 빅데이터를 축적하고 있으며, 이를 통한 어그테크 비즈니스 산업 확대 계획
  - 농업기술 판매보다 더 부가가치가 높은 농업정보 비즈니스 준비
  - 농식품 분야 빅데이터 수집 및 활용에 관한 국제표준을 목표
  - 대표적으로 IoF2020은 사물인터넷을 기반으로 유럽의 농식품 유통영역에 정보네트워크를 구축하여 빅데이터를 수집·활용하겠다는 프로젝트이며, 19개국 73개 파트너<sup>2)</sup>로 구성되어 2017년부터 4년간 3천 500만 유로(약 440억 원)의 연구비가 투입되고 와게닝겐 대학이 주도
- 네덜란드는 대표적인 원예국가로 전체 온실의 99%가 유리온실이며 복합환경제어가 가능한 시스템을 구비하고 있다. 네덜란드는 수십 년간 누적된 데이터와 재배환경 최적화 노하우를 바탕으로 각종 센서와 제어솔루션을 개발하였으며,

15) <https://climate.com/>

이러한 농업 ICT기술을 통해 생산량 및 품질 최적화를 도모하고 있음

<그림 1-10. IOF2020 예시<sup>16)</sup>>

### 3) 일본

- 일본은 스마트농업을 정부 정책으로 추진하고 있으며, 인공지능 미래농업 창조 프로젝트 등의 국가적 연구개발 과제를 적극 발굴하고 있음
  - 2016년 4차산업혁명에 대응한 신시장 창출, 생산성 혁명, 인적역량강화를 3대 핵심이슈로 상정하고 농업부문에서는 ‘선제적 농림수산업 촉진과 수출 강화’가 포함된 10개 전략적 민관합동 프로젝트 추진을 선언
  - 이 중 스마트농업 확대 정책은 2017년부터 인공지능, 빅데이터, IoT, 로봇 등 핵심기술의 개발과 현장 적용을 강조하고, 국가적으로 중요한 인공지능 활용 연구개발과제를 발굴하고 중장기 차원의 데이터 구축과 기술개발을 위해 ‘인공지능 미래농업 창조 프로젝트’ 계획을 수립

<표 1-3. 2017년 인공지능 미래농업프로젝트 개요>

- 또한, 일본에서는 후지쯔, NEC, IBM, NTT 등 기업들이 농업분야에 ICT기술을

---

16) <https://www.iof2020.eu/>

접목하여 다양한 서비스를 제공하고 있음

- 일본 IBM의 농산물 이력추적 서비스, NEC의 M2M 기반 생육환경 감시 및 물류 서비스, 후지쯔의 농업관리 클라우드 서비스 시스템 등이 대표적인 사례

<그림 1-11. 후지쯔 어그테크 예시<sup>17)</sup>>

### 3. 농업 기술의 신산업으로의 가치

- [미래 농업 기술의 중요성] 과학기술예측조사(2012~2035) 결과로 도출된 8대 메가트렌드(25개 트렌드)를 보면, 물·식량 부족의 심화, 생명과학기술의 발달, 기후온난화의 심화 및 이상기후 현상 증가 등 미래 사회 수요에 대응하는데 있어 농업과학기술의 역할이 중요함
- ‘물·식량 부족의 심화’ 트렌드와 관련된 미래 사회 수요\*에 대한 농업과학기술적 해결 방안으로 U-지식영농시스템, 식물공장시스템 등의 융복합 기술이 중요
  - 국내 물·식량 산업 경쟁력 강화, 물·식량산업 해외 진출을 통해 경제성장 동력 창출, 물·식량 확보 기술 개발, 물·식량 관련 위해요소 규명 및 규제 대응, 물·식량 공급취약 계층 지원 등 사회문제 대응 등
- ‘생명과학기술의 발달’ 트렌드에 대한 미래 사회 수요\*의 농업과학기술적 해결방안으로 형질전환 동식물개발시스템, 분자농업시스템, 스마트 식품유통 시스템기술 등의 융복합 기술이 중요
  - 환경·에너지·화학·의료 등 관련 기술 확보, 바이오의약품·식품 안전성 강화, 식품 품질 및 기능성 제고, 우주식량 확보 등

<표1-4. 농업 관련 미래 사회 수요 및 과학기술적 해결방안<sup>18)</sup>>

- [농업의 융합을 통한 신성장동력 창출] 지속가능한 농업 실현 및 경쟁력 확보를 위해 농업 분야에 첨단 과학기술과의 융복합을 시도하는

18) 제4회 과학기술예측조사(2012~2035, KISTEP)

‘스마트 농업’화가 가속화되고 있으며, 스마트 농업은 농축산물 및 식품의 생산·유통·소비 전 과정에 걸쳐 신성장동력을 창출하고 농업 가치사슬 전반에 걸친 생산성·효율성·품질향상 등 고부가가치 창출에 기여<sup>19)</sup>

- 스마트 농업은 기존의 전통적인 농업과 ICT, BT, CT, GT 등 다양한 과학기술과의 융합을 의미하는 개념임
- 스마트 농업을 통해 과거 토지, 노동, 자본과 기술로 이루어진 농업 생산요소가 시설, 장비, 데이터와 센서로 전환되며 ICT 기술의 활용도가 극대화됨
- 농업과 과학기술의 융복합화의 동인은 ICT, BT 등 첨단 기술이며, 스마트화를 통해 농업의 범위 확장과 동시에 새로운 부가가치와 일자리 창출이 이루어짐

<그림 1-12. 스마트 농업 개념도<sup>20)</sup>>

□ [고부가가치 창출] 스마트 미래 농업 기술을 통해, 농축산물 및 식품의 생산·유통·소비 전 과정에 걸쳐 신성장동력을 창출

<표1-5. 스마트 농업을 통한 가치사슬별 기대효과<sup>21)</sup>>

19) 스마트 농업 실현을 위한 농림수산물 R&D의 추진방향 및 과제, 한국과학기술기획평가원, 2015.7

20) 스마트 농업의 현황과 발전 전망(2013)

21) 농식품 R&D 국내 동향 “손에 잡히는 R&D” (2014-3호)

- [농업 선진국들의 정책적 추진] 농업 선진국들은 스마트농업, 정밀농업, 융합농업 등 미래농업 기술의 중요성을 인식해 정책적으로 지속가능한 농업 및 농업 신산업 부문의 R&D를 추진하고 있음<sup>22)</sup>
  
- [미국] 미국 정부는 농업의 성장이 식량안보에 직접적인 해결책이 된다는 인식하에 1990년대부터 지속가능한 농업 및 환경 촉진을 주요 전략으로 설정
  - 2002년부터 미국 과학재단(NSF) 주도로 미래 과학기술은 Nano, Bio, Info, Cogno의 4개 기술을 초기 단계부터 수렴, 융합하여 연구하고 응용해야 한다는 ‘NBIC Converging Technology’를 수립하여 추진
    - 기후변화 대응, 에너지, 의료, 교육 등 사회 전반에 ICT 융복합을 촉진할 수 있는 R&D 영역이 확대되고 있음
  - 국가과학기술위원회(NSTC) 주도로 ICT 융합의 기반이 되는 원천기술에 2002년 18억 달러로부터 2012년 37억 달러로 투자 확대
    - 2000년에 들어 GPS를 이용한 무인주행 농작업과 조간 농자재 변량 살포기술이 이용되고 있으며, 실시간 센서개발과 정밀농업 취득 정보 농산물 생산이력 이용이 추진되고 있음
  - 2014년에는 국립 기상 서비스(National Weather Service)와 농무부(USDA)가 오픈 데이터 정책 추진을 통해 각종 농업 관련 서비스 개발을 촉진
    - ※ 미국의 ‘The Climate Cooperation’은 250만개의 기상데이터와 과거 60년간의 수확량 및 1,500억 곳의 토양데이터를 바탕으로 지역·작물별 수확 피해 발생 확률을 계산하고 이를 토대로 농가를 위한 맞춤형 보험 프로그램을 제공
  
- [EU] 2004년 ‘지식사회 건설을 위한 융합기술 발전전략’ 수립을 통해 2013년까지 진행되는 ‘7th Framework Programme 2007~2013’로 융합기술을 구체화하고 농업 분야를 여기에 포함시켰으며, 2014년부터 추진되는 Horizon 2020\*에서는 사회적 현안 해결을 위한 지속가능한 농업의 역할을 강조
  - EU의 농업연구상임위원회(SCAR)에서 농업·ICT 융합 R&D 정책 추진

22) 스마트 농업 실현을 위한 농림수산식품 R&D의 추진방향 및 과제, 한국과학기술기획평가원, 2015.7

- 세계화, 기후변화, 식량소비 등 향후 20년간 유럽 농업에 발생가능한 위기 상황에 대비한 연구를 진행하여 8가지\* 농업 관련 주요 이슈에 대한 자료 수집 및 분석 수행
- \* 기후변화(Climate change), 환경(Environment), 에너지(Energy), 사회변화(Social changes), 경제 및 무역(Economy and Trade), 건강(Health), 지역경제(Rural Economy), 사회 및 기술(Science and Technology)
- 최근 EU의 농업·ICT 융합 R&D 정책은 농식품 분야에 대한 투자확대로 유럽의 지식 기반 바이오경제(Knowledge based Bio-economy)를 달성하는 것을 목표로 추진되고 있음

<그림 1-13. EU의 7th Framework Programme 2007~2013<sup>23)</sup>>

□ [네덜란드] 유럽의 농업·ICT 융합 R&D의 대표 사례로 네덜란드 농업의 정밀화사업 (Programma Precise Landbouw : PPL)을 꼽을 수 있음

- PPL은 농업기술을 개선하는 ICT기술 개발 및 네트워크와 조직의 형성 등을 다루고 있으며, 농업의 효율화를 추진하여 에너지 사용량의 억제 및 온실가스 감축을 달성하고 지속가능한 농업의 발전을 목표로 함
- 2010년 1월부터 4년에 걸쳐 민관 공동 출자에 기반해 친환경농업기술 개발을 위한 ‘정밀 농업(Precision Farming)’ 프로젝트 추진
- ‘정밀 작물 재배 관리를 위한 GPS 기반 지리정보 융합’, ‘실시간 센서 데이터 기반 비료 공급 및 관수 등 토지 비옥화’, ‘제조제 관리 및 전염병 예방 등 작물 보호’ 3개 테마 관련 사업을 지원
- 2011년 농업 분야를 포함한 9개\* 중점산업 영역을 선정하고, 총 15억 유로 규모의 진흥 정책을 추진

23) <https://ec.europa.eu/>

- \* 농업(Agro-Food), 화학(Chemical), 창조산업(Creative Industries), 에너지(Energy), 신소재 (High Tech Material & Systems), 원예 및 품종개량(Horticulture and Propagation Material), 생활과학 및 헬스케어(Life Sciences and Health), 물류(Logistics), 수자원(Water)

□ [일본] 2004년 ‘신산업 창조전략’을 통해 융합 신산업 창조전략을 추구하고, 2011년 i-Japan 전략을 수립하면서 농업을 ICT융합 기반의 신산업으로 육성하기 위한 6대 중점 분야로 선정

- 일본의 농업·ICT 융합 기술은 기계화, 편리성 도모, 수익향상, 건강증대, 안정성 확보 등의 측면에서 광범위하게 적용되고 있음
  - 2000년대 이후 u-Japan 전략(2004년), i-Japan 전략(2011년) 등 ICT 융복합 정책이 추진되면서 농업에 유비쿼터스 기술 적용이 시도됨
  - 2011년 i-Japan 전략을 수립하면서 농업을 ICT융합 기반의 신산업으로 육성하기 위한 6대 중점분야 중 하나로 선정해 농업에 대한 R&D 투자 확대
- 2010년 농업의 성장산업화 전략의 하나로 ‘농업 6차산업화’를 도입하였으며, 이를 제도적으로 뒷받침하기 위해 2011년 3월에 6차산업 관련 법률 제정하였고 지역활성화로 이어지도록 각종 지원을 하고 있음
- 2014년 농림수산성을 주축으로 ‘농업 정보의 생성·유통 촉진 전략’(14.6)을 수립하고 농업 관련 데이터의 수집 및 분석 활성화를 모색
  - 총무성은 지능형 농작물 생산 시스템, ICT를 활용한 농업 생산지도 시스템, ICT 기반의 청과물 정보 유통 플랫폼 등 다양한 시범사업을 전개

□ [중국] 식량안보 문제 해결을 위해 농업 생산 효율성을 극대화할 수 있는 ICT기술의 중요성이 부각됨에 따라 농업과 ICT를 접목하기 위한 다양한 R&D 정책을 마련하고 관련 투자를 확대하고 있음

- 2014년 1월 국무원이 ‘농촌개혁의 전면적인 심화와 농업현대화 가속화에 관한 의견’을 발표하는 등 농업 기술 혁신 정책을 적극적으로 추진
  - 농업 산업기술시스템 건설 지원, 농업 전 과정의 정보와 기계화, 선진 농업 적용기술 보급·응용과 농민 대상의 기술훈련 강화 등 농업과 ICT를 결합하기 위

해 중국 정부가 추진해야 할 기술 혁신 과제들을 제시

- 중국 정부는 농업 현대화를 위한 선진기술 도입 차원에서 네덜란드, 이스라엘 등 농업 선진국 정부와의 파트너십 전략을 적극적으로 활용
- 정부 주도의 농업·ICT 융합 R&D 진흥 정책에 힘입어 민간 참여가 활발히 진행되는 등 현재 농업·ICT 관련 시장이 빠르게 성장하고 있음

## 4. 미래농업 기술의 필요성

### 1) 지속가능한 농업의 필요성

- ISO에 따르면, 전세계는 이미 지속 가능한 식량 안보를 위해 많은 자원이 필요하기 때문에 이러한 어려움은 매우 크며, 기후 변화는 이미 세계적으로 그리고 지역적으로 농업 생산에 부정적 영향을 미치고 있음<sup>24)</sup>
- 농장은 환경을 보존하면서 식량 생산량을 늘려야하지만, 오늘날의 전통적인 양식 방식으로는 할 수 없는 현실
- CODEX 국제 식품 규격위원회 사무 총장 Tom Heilandt에 따르면, 생산 확장과 환경 보호에 대한 압박이 커지면서 하이테크 농업 기술이 중요한 역할을 할 수 있다고 함

### 2) 미래사회를 대비한 농식품 산업의 역할<sup>25)</sup>

- (생존의 문제) 사회 각 분야가 과학기술의 발달에 따라 지식기반·디지털 시대로 변화하고 있으며, 이는 선택의 문제가 아니라 생존의 문제로 인식되고 있고, 이러한 변화의 흐름은 농업부문에서도 예외가 아님
- (농업 한계 인식 및 변화 필요) 현 단계 농업의 구조적 취약성을 극복하고 개방화·국제화라는 시대 조류에 맞서기 위해서는, 우리 농업의 구조를 효율적으로 재편해야 하고 보다 경쟁력 있는 21세기형 농업으로 탈바꿈시키기 위해, 농업 스스로 농업 내부의 구조적 한계와 가능성을 정확히 인식하고, 환경의 변화가 미래의 농업을 어떻게 변화시킬지 예견하는 통찰력을 가져야 함
- (농업의 역할 확대) 농업의 전통적인 역할(식량과 원료를 생산·공급하는 기능)은 점차 감소하는 가운데 국경개방의 가속화, 과학기술의 발달, 경제발전에 따른

24) The Future Farming, ISO 기고, 2017-5

25) 과학기술이 바꾸는 미래농업, 민승규 삼성경제연구소 수석연구원 기고 참고

소비패턴의 변화, 생활환경과 삶의 질을 중시하는 새로운 가치관 확대 등에 따라 농업과 농민들에게 요구되는 역할과 기능이 갈수록 다양해지고 있음

- 현대의 농업은 전문적인 기능의 활용이 더욱 중시되고 있으며, 그것은 지금까지의 기후 및 자연에 관한 지식으로부터 비료, 농약 등에 관한 화학적인 지식, 그리고 최근에는 바이오테크놀로지, 인터넷까지 다양하고 새로운 과학기술이 응용되고 있기 때문임
- 최근 농업의 영역은 식품(Food), 섬유(Fiber), 사료(Feed)의 공급이외에 연료(Fuel)의 영역까지 확대되고 있으며 이는 재생 가능한 미래형 대체 연료로서 바이오매스(Biomass)를 이용하여 에탄올(Ethanol), 메탄올(Methanol) 및 바이오디젤(Biodiesel)의 바이오 연료라고 일컬어지고 있음
  - 이 영역은 지구온난화에 대비한 친환경적 연료개발로 전세계적인 기후 변화 협약과 화석연료 고갈에 대처할 수 있고, 또한 재생 가능한 농업·생물자원을 에너지화하여 대체 산업을 육성할 수 있음
  - 환경부하를 감당할 능력 이상의 가축분뇨가 문제인 우리나라 실정으로 볼 때 선진국의 에너지 및 유기물 자원으로 유용하게 활용하는 가축분뇨의 에너지 자원화는 축분의 과잉배출 문제를 해결하는 대안임
- **(미래농업 경쟁력)** 21세기 모든 산업의 경쟁력은 첨단과학기술과 정보의 접근 정도에 달려 있으며, 농업도 첨단기술의 개발과 이용 여부에 경쟁력이 좌우될 것임
  - 과학기술의 발달은 농업의 생산방식과 경영, 농산물의 가공·유통·무역, 나아가 소비자의 소비패턴까지 영향을 주게 되며, 특히 교통 및 수송수단의 발달, 정보통신 기술의 고도화, 종합 정보통신망의 구축 등은 농업경영과 유통분야에 커다란 변화를 가져 올 것으로 보임
  - 또한 기술·경영·정보 등 지식이 농업의 경쟁력을 결정함에 따라 토지와 인력에 의존하던 농업은 기술과 자본이 집약된 종합산업으로 탈바꿈할 것이며, 품목에 따라서는 전통적 우위요소인 자연조건이 아니라 자본과 과학기술, 그리고 농업종사자의 경영능력에 따라 경쟁력이 달라지게 될 것임
- **(안정적 자원 확보 문제)** 농식품산업은 부가가치 제고를 통해 국민경제의 성장과 안정에 기여하는 역할을 담당하며 미래의 농식품산업은 값 싸고 질 좋은 국민식량을 안정적이고 안전하게 공급하는 생명산업의 역할을 담당해야 함
  - 농업은 부가가치와 고용을 창출하는 산업이며, 농촌은 전통 및 지역문화를 계승

하는 터전이고 정치 및 사회의 안정기반이라는 인식하에 R&D 등을 통해 새로운 성장동력원을 개발하여 국내외 시장을 확대할 필요가 있음

- 이를 위해서는 융복합 기술 등을 이용한 기능성 식품과 같은 첨단 농식품 개발은 매우 중요한 의미를 가짐<sup>26)</sup>

○ (농업 현안 해결) 미래의 농식품산업은 기후변화로 인한 지구온난화와 에너지 및 물 부족 문제를 해결하는 역할을 담당해야 함

- 농업의 기술 발전은 온실가스의 흡수 및 감소 기능을 주도하는 방향으로 나아갈 것이며 바이오연료 등 대체에너지의 생산을 통해 에너지 부족문제를 해결하고 생산기반정비를 통하여 홍수조절 및 수자원 함양을 통한 효과적인 물자원 관리를 위한 기술 발전이 요구됨

### 3) 국내 현실에 맞는 농업 생태계 구축 필요<sup>27)</sup>

○ 우리나라의 급격한 농업성장 뒤에는 다투입-고생산성 기술로 인한 농업환경의 지속성의 위협이 있으며 농축산물의 안전성도 위협을 받고 있음

- 농업의 공익적 기능에 대한 요구가 커지고 있어 향후 지속가능한 농업과 식품의 안정성 확보를 위한 농업환경의 건전성 및 환경 친화적 농업의 정착이 요구되고 있음

○ (통합적 기술개발 필요) 안전농산물의 생산과 환경피해를 경감하기 위해서는 환경 친화적 작물보호기술 개발이 시급하며 이를 위해서는 친환경 농약, 미생물체, 천적 및 생태계 등을 이용한 작물보호 기술, 해충과 잡초 발생예찰 및 식물병 조기진단을 이용한 종합적 광역 관리기술의 개발이 필요함

- 농촌의 수질, 토양 및 대기의 오염원의 위치에 있는 축산분뇨의 자원화 문제는 축산발전뿐 아니라 다원적 기능의 제고 차원에서 해결한 사항임
- 선진국에서 활용하고 있는 축산분뇨 및 농업부산물을 자원화하는 바이오 가스나 연료의 생산, 기능성 토양개량제 개발, 경종과 축산이 연계된 순환농업체계 등에 대한 벤치마킹이 필요함

26) 권오복 외, 2009)

27) 과학기술이 바꾸는 미래농업, 민승규 삼성경제연구소 수석연구원 기고 참고

## 제 2 절 농업 전후방 산업 현황

### 1. 농업 전후방 산업 구조

- [농업 전후방 산업] 농업은 식량, 원예, 축산 등 생산위주의 전통적 산업구조이나 최근 융복합 산업으로 성장함에 따라 전후방 산업으로 확대됨
- (농업 후방산업) 개도국 농업시절에는 종자, 비료, 농약, 농기계, 농자재 등이 농업생산을 지원하는 보조 산업이었으나 선진국이 될수록 종자, 농기계, 농자재 등의 후방산업은 독립적인 산업으로 중요해짐
  - 몬산토, 신젠타, 존디어 등처럼 선진국의 농업 후방산업 기업들은 농업 생산의 경쟁력을 좌우하는 동시에 그 자체로도 엄청난 수익을 창출하고 있음
- (농업 전방산업) 농산물이 소비되는 영역인 농업의 전방산업은 농업 생산의 부가가치를 결정하는 출구이며, 이 영역을 발전시키면 농업의 부가가치가 크게 올라갈수 있음
  - (식 소재) 식품업과 농업의 연결고리를 정비하여 농업정책을 단순 생산정책에서 포괄적 먹거리정책으로 전환하고 식(食) 다양성, 종(種) 다양성, 생태(生態) 다양성, 지역(地域) 다양성을 높여서 농민소득을 안정적으로 확보할 수 있음
  - (바이오 소재) 농업과 자연에서 생산하는 바이오 소재는 농업의 부가가치를 높일 수 있는 가장 유망한 대안으로, 의약품, 화장품, 에너지, 산업 소재 등 무궁무진한 잠재력을 가지고 있으며, 바이오 소재는 석유화학 소재보다 깨끗하고 환경 부담과 생체부작용이 적다는 점에서도 매력적임



## 2. 후방 농업

### 1) 종자 산업

- [글로벌 종자 시장 규모] 세계 종자 시장은 2011년 기준 780억달러 규모에 달하며 그중에서도 농작물 종자 시장은 지난 2012년 기준 449억달러로 추정되며, 2020년에는 농작물 종자 시장 규모가 615억 달러로 성장, 2012년 대비 40% 증가할 전망<sup>29)</sup>
- 세계 종자시장 규모는 인구 증가에 의한 식량수요량 증가, 기후변화에 따른 농산물 생산 불안정, 농산물을 활용한 바이오연료 개발 등으로 향후에도 더욱 확대될 것으로 전망됨<sup>30)</sup>
- 선진국들은 종자산업을 국가 신성장 동력산업으로 설정하여 정부차원의 지원을 강화하고 있으며, 글로벌 종자기업은 세계의 종자시장을 선점하기 위하여 종자 개발분야에 막대한 예산을 투자하고 있으며, 국내의 경우에도 2000년대 후반 들어 국내종자산업 발전을 위한 정책 추진을 통해 종자산업 육성을 위한 토대를 형성하고 있음<sup>31)</sup>
- 그러나 전 세계 종자 산업의 절반 가까이를 점유하고 있는 미국(26.7%), 중국(22.1%) 등에 비해 한국의 시장 점유율은 1% 남짓에 불과함

<그림 1-15. 글로벌 종자 및 농화학 기업 및 점유시장 규모<sup>32)</sup>>

29) '씨를 말려라' 종자산업 전쟁, 이코노믹 리뷰, 2016.3.9

30) 국내의 종자산업 환경분석

31) 국내의 종자산업의 현황과 GSP사업의 역할, 한국식물생명공학회, 2015.6

32) Summary and Analysis of Mergers between Global Seed Companies in 2016

<그림 1-16. 국가별 글로벌 종자시장 점유율<sup>33)</sup>>

- 세계 종자 시장을 주도하는 지역은 2000년대 초반까지 유럽(프랑스/네덜란드/독일)이 가장 높은 비중을 차지하였으나, 2000년대 중반부터는 중국 투자 및 확대 로 아시아/중동 시장을 이로 확대되고 있으며, 국가별로는 미국과 중국이 다른 나라에 비교하여 월등한 시장 점유율(49%) 가지고 있음
  - 이는 고가의 해충 저항성 옥수수 및 면화 품종이 미국, 인도 등지에서 대규모 재배되기 시작하고 제초제 저항성 콩 등도 브라질에서 재배 면적을 늘리면서 종자시장이 증가하였다고 분석되고 있음<sup>34)</sup>
  - 또한, 중국의 경우에도 빠른 경제성장과 더불어 향상된 교배종 품종, 고품질 농산물에 대한 내수 시장 구매력이 확대되면서, 최근 10년 사이 종자시장 규모가 3배 이상 증가, 국제 주요 종자시장으로 부상함
- [Players 현황] 글로벌 종자기업으로 몬산토, 듀폰, 신젠타, 리마그레인 등 미국, 유럽, 일본 등에 소재한 기업들이 있으며, 글로벌 종자기업은 시장 지배력 강화를 위해 거대 곡물 유통업체 및 경쟁사간 전략적 제휴를 구축해 옴
- 다우에그로사이언스(Dow AgroSciences)와 듀폰(DuPont), 캄차이나(ChemChina)와 신젠타(Sygenta), 몬산포(Monsanto)와 바이엘(Bayer) 등 3건의 대형 M&A 사례

33) FAO, 2017, The Future of food and agriculture—Trends and challenges

34) 김설중, 2014

- 독일 기반의 다국적 화학·제약 기업인 바이엘은 2016년 6월 미국 기반의 다국적 종자·농약 기업인 몬산토를 인수
- 듀폰과 신젠타는 1위 기업인 몬산토에 대응하기 위해 전략적 제휴를 맺어 공동으로 기후변화 종자 개발에 착수
- 중국 국영 화학회사 쉴차이나는 2015년 말 스위스 종자회사 신젠타를 인수했고, 2015년 미국의 다우케미컬과 듀폰이 합병하는 등 최근 몇년간 최근 화학과 종자 회사 간의 M&A가 활발히 전개

<그림 1-17. 글로벌 종자 및 농화학 기업 및 점유시장 규모<sup>35)</sup>>

<그림 1-18. 글로벌 농화학업체 인수합병 현황<sup>36)</sup>>

---

35) Summary and Analysis of Mergers between Global Seed Companies in 2016

36) [바이오 업계 소식: From Startups to Moguls] 농화학업계 업데이트: Monsanto, Bayer, BASF, 그리고 DowDuPont, BRIC by Illozik, 2018.8.21

## 2) 농기계

- **[글로벌 농기계 시장]** 글로벌 농기계 시장은 연평균 6.9% 성장하는 이머징 마켓으로, 2013년 1490억달러 수준이던 글로벌 농기계 시장은 2018년 2080억달러(약 234조원)로 성장할 전망이다
  - 중국이 463억달러로 세계 최대 시장이며, 서유럽이 336억달러, 미국이 295억달러로 그 뒤를 잇고 있음
  - 농기계 중에서는 농업 기반 조성부터 벼·축산 등 종목과 관계없이 널리 쓰이는 트랙터 시장(768억달러)이 가장 큰 비중을 차지하고 있는데, 반도체 등 첨단산업 분야와 비교할 경우 트랙터 시장 자체가 그렇게 크지는 않지만 연간 성장률은 자동차(6.8%), 중장비(1.0%)보다 높은 편임
    - 글로벌 트랙터 연간 수요는 2013년 255만 대에서 올해 318만 대, 2023년에는 392만 대까지 성장할 것으로 전망
- **[Players 현황]** 글로벌 트랙터 시장은 ‘빅 4’로 불리는 존디어(John Deere·미국), CNH(영국), 구보타(Kubota·일본), 아그코(AGCO·미국)가 주도하고 있으며, 이들 업체가 전체 시장의 절반 정도를 차지할 정도이며 나머지 시장을 놓고 후발주자인 한국과 중국, 인도 업체가 각축을 벌이고 있음
  - 최근에는 인도 마힌드라(Mahindra)가 전체 농기계 부문에서 10조원이 넘는 매출을 올려 세계 4대 농기계 기업(트랙터 부문 7위)에 꼽히기도 함

<그림 1-19. 권역별 농기계 시장 및 주요업체 트랙터 시장 점유율<sup>37)</sup>>

- **[국내 농기계 시장]** 국내 농기계 시장은 매년 감소하고 있는 추세이며, 국

내 농기계 제조사의 생산 규모는 1990년 30만 대에서 최근에는 연간 5만 대로 급속하게 줄어들고 있음

- 특히 중소형 트랙터에 특화돼 있는 구보타, 이세키, 안마 등 일본 업체들에는 기술뿐만 아니라 지속적인 엔저 효과로 인해 가격 경쟁력에서도 밀리고 있음
- 현재 국내 농기계 시장은 대동공업이 시장 점유율 34.8%로 1위, 그 뒤를 LS엠트론(15.6%), 동양물산(15%), 국제종합기계(14.1%)가 잇고 있는데 이들 4대 농기계 회사의 연간 매출은 5000억원 내외에 불과함

□ [무인 농기계의 개발] 골드만삭스는 향후 5년 동안 무인 트랙터 및 기타 농업 장비에 대한 잠재적 수요가 450억달러(50조7000억원)에 이를 것으로 추정했으며, 최근 무인 농업기계에 대한 투자로 무인 트랙터, 무인 수확기 등의 기계에 사용되는 내비게이션 및 작동 제어 시스템 개발 및 연구가 활성화

- (구보타) 일본에서는 농업 인구 감소와 고령화가 해마다 심각해지고 있어, 구보타 등 농기계 업체들은 농가의 고민을 덜어줄 수 있는 다양한 기술 개발을 활발히 진행하고 있으며, 구보타는 2021년까지 구보타는 위성항법시스템(GPS)을 이용한 무인 트랙터를 2020년까지 상용화한다는 계획
- (존디어) 존디어는 운전자 없이도 주행이 가능한 트랙터와 콤바인을 시장에 내놓았으며, 빅 데이터와 AI를 활용해 각 작물에 맞춘 비료, 살충제, 물의 양을 스스로 조절할 수 있는 트랙터도 개발할 예정임

<그림 1-20. 존디어의 무인트랙터 예시<sup>38)</sup>>

38) The first autonomous John Deere in the world, Precision Market, Youtube

- (Cognitive Technologies) Cognitive Technologies사는 2014년부터 무인 트랙터 AgroBot을 개발 및 시험 운영이며, 2016년 Rostselmach사와 협력해 러시아 로스토프 온 돈 지역에 무인 트랙터 및 수확기 등의 농업 기계 시험 운영
- (Roselectronics) 농기계 원격 시스템을 개발하는 Roselectronics사는 Rostselmach사와 협력해 농기계의 원격 제어설비에 필요한 작동 제어 시스템 개발

### 3) 농업용 드론

- [농업용 드론(UAV) 시장] PWC의 시장 조사에 따르면 2020년 세계 드론 시장 규모는 약 1,270억 달러로 집계되며, 이 중 25%를 차지한 농업용 드론 시장 규모가 324억 달러로 발표됨, 2050년 세계 인구가 90억 명에 도달함에 따라 식품 소비량 증가로 인한 농업 생산성 유지를 위해 드론 사용량이 증가할 것으로 전망
  - Bestdroneforthejob의 Andrew Nixon은 농업용 드론이 미래 드론 시장의 80%를 차지할 것으로 전망한다고 코멘트함
  - 아울러 2017년 농업 저널 Farm Journal이 미국 농업 인구를 대상으로 실시한 조사에 따르면, 올해 안으로 드론 도입 예정 응답자가 31%에 달하며, 현재 드론 운영 21%, 드론 서비스 업체 사용 12% 순임

<그림 1-21. 드론 분야별 시장규모<sup>39)</sup>>

- [Players 현황] Business Insider는 주요 드론 제조 기업으로 DJI, AeroVironment, Ambarella, Boeing, GoPro, Lockheed Martin LMT, 3D Robotics, Parrot SA, Yuneec, Northrop Grumman Corporation 를 발표
  - Grand View Research에 따르면 스타트업 업체를 중심으로 농업용 드론 기술 개발 중에 있으며, 특히 신기술 기반의 벤처기업의 참가 비중이 80%로 압도적임
- 세계 드론 시장은 미국과 중국이 주도하고 있으며 기존 항공기 제조업체 외에 IT, 전기/전자, 통신업체 등의 드론 시장 진출이 활발해 지고 있음<sup>40)</sup>
- 초창기 드론은 군사용으로 개발되어 공군의 미사일 폭격 연습 대상으로 쓰였는데, 점차 정찰기와 공격기로 용도가 확장되며, 최근 드론의 경우 스마트 농업의 일부로 활용되고 있으며, 현재 기술개발 단계를 넘어 스마트팜에 운영 단계로 활용되고 있음
  - B-pla사는 노보시비르스크 지역을 중심으로 토지 측량 등 농업 및 도로, 수로 인프라 구축에 사용되는 드론을 2년간 테스트 운영
  - Geoscan사는 전문 항공사진 개발업체로 Agisoft Photoscan 등의 소프트웨어를 개발했으며, 주로 농경지 촬영 및 농경지 지도 제작 등에 활용
  - 프랑스의 에어이노브(Airinov)는 광학탐지 장비가 탑재된 드론을 활용, 광학센서로 경작지 자료를 모아 분석한 후 특정 포인트에 적절한 양의 비료를 사용하여 농장의 비료 사용량을 절감

<그림 1-22. 에어이노브의 드론 활용<sup>41)</sup>>

40) 4차 산업혁명시대 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향, 농림식품기술기획평가원, 2017.7

41) 4차산업혁명 시대의 농업·농촌, 농수축산신문 창간기획특집 기사(2017. 5. 30.)

- 농업의 일대 혁신을 가져올 스마트 농업용 드론은 실시간 맵핑, 파종, 살포, 작물 모니터링, 생육 상태 측정기능을 바탕으로 농작물의 효과적인 생산 및 유통 전략 수립이 가능하다는 장점이 있음
  - (맵핑) 토양 상태를 측정하여 파종에 적합한 토양을 3-D 지도로 제작하며, 활용 가능한 토지에만 파종을 하기 때문에 종자 사용률 증가 효과가 있고 50 헥타르(ha) 이하의 농지의 경우 위성사진 이용 대비 비용 절감의 효과가 있음
  - (파종) 드론을 사용 종자와 양분을 동시에 뿌릴 수 있어 노동 인력 및 파종 비용 절감에 효과적임
  - (살포) 지형 및 식물의 키를 분석하여 최적의 고도에서 정확한 양의 농약을 살포하며, MIT Technology review는 농약, 비료 살포 시 트랙터를 이용한 방법보다 최대 5배 빠르며 약품 비용 절감 및 수질 오염 저하 효과가 있다고 밝힘
  - (작물 모니터링) 체계적인 작물 모니터링을 통해 수익성을 높이고, 리스크 관리가 가능해지며, 기존에 사용돼 왔던 위성 사진 촬영을 통한 모니터링의 경우 높은 비용, 저 화질, 기후 변화, 및 하루 한 차례만 위성 촬영이 가능해 농작물의 성장 상태를 정확히 판단하기 어렵다는 문제점이 있었으나, 드론 사용으로 이러한 문제점에서 자유로워질 전망
  - (생육 상태 측정) 작물의 감염 부위, 수분 부족 부위, 성장 속도, 주변 생육 환경을 빠르게 확인할 수 있으며, 컬러 코딩을 통해 사용자가 농장의 병충해를 쉽고 빠르게 확인하여 피해 확산을 방지
  
- 향후 드론이 보다 농업을 비롯한 광범위한 산업에 적용되려면 자율제어 센서, 로봇, 인공지능 등 다양한 첨단기술과의 융복합을 통해 환경변화에 적극적으로 대응해야 함

### 3. 전방 농업

#### 1) 바이오 소재

- [바이오 산업 시장] 세계 바이오산업 시장 규모는 2013년 기준 330조 원 (약 3천억 달러)이며, 2010년 대비 약 76.3% 성장하였으며, 2010년 이후로도 매년 9.8%의 빠른 성장세를 이어가고 있음
- 국내 바이오산업도 세계 바이오산업과 마찬가지로 빠르게 성장하고 있는데, 2010년 5조 8천억 원 규모였던 바이오산업 생산액은 2015년 8조 5천억 원으로 약 46% 증가하였음<sup>42)</sup>
- 바이오산업의 성장은 바이오산업의 원료인 생명자원, 특히 농생명자원을 제외하고서는 이루어질 수 없으며, 바이오산업 성장과 함께 소재화를 통한 농생명자원의 활용 및 다양한 산업 분야의 적용의 중요성이 부각되고 있음
- 특히 바이오소재 산업은 최근 정체되어 있는 우리 농업의 외연적 확대 및 새로운 성장을 이끌 수 있는 동력으로 평가받고 있지만 지금의 바이오산업은 농업바이오로 매우 한정되어 있으며 바이오산업과 농업이 단절되어 있음

<그림 1-23. 바이오 소재의 다양한 원천과 활용분야<sup>43)</sup>>

- 바이오 소재의 가장 큰 장점은 원물의 부가가치를 높일 수 있다는 것이며, 농가 입장에서든 원물을 식소재로 공급할 때 보다 바이오 소재로 공급할 경우 훨씬 높은 가격을 안정적으로 받을 수 있는 점이 특징임

42) 농업부문 바이오소재 산업의 현황과 과제, 한국농촌경제연구원, 2017.10.1

43) 농생명소재산업화 기술개발사업 설명자료, 농림축산식품부, 농촌진흥청(2019)

- 향후 바이오 소재 산업 육성 및 발전을 통해 식의약 소재, 화장품 소재, 향장 소재, 신소재 등으로 외연확대가 가능함
  - 과거 석유화학 공장에서 추출하던 소재의 대부분을 가까운 장래에는 농생명 자원 유래 생물학적 공장에서 더 안전하고 효율적으로 추출할 수 있게 될 것
  - 바이오 소재 기술은 고부가 형질전환 동식물 소재 개발, 유전자 변형생물의 안전성 확보, 에너지 절감 및 신재생에너지원 개발 등으로 확대될 수 있음
  - 농업에서 이용하는 농생명 자원의 범위는 동·식물 및 미생물 등의 생물자원, DNA 등을 포함하는 생명정보, 광석 등의 천연물질, 자연경관, 생태 등에 이르는 서비스재 및 공공재에 이르기까지 광범위해 지고 있음
  - 향후 농업기술과 IT, NT, CT 등의 차세대 산업기술을 융합한 형태로의 신기술 개발 가능성이 빠르게 커지고 있음
  
- (천연물 연구) 바이오 소재 중 천연물은 육상 및 해양에 생존하는 동물, 식물 등의 생물과 생물의 세포 또는 조직배양산물 등 생물을 기원으로 하는 산물을 의미하며 200여 년 전 프리드리히가 처음 의약활성물질을 식물에서 분리한 이후 이차대사산물을 포함한 천연물은 전통적으로 신약개발의 자원이며, 생체 기작규명을 위해서도 천연물은 경쟁력이 높은 연구 대상임<sup>44)</sup>
  - 전통처방에 포함된 천연물은 신약개발의 어려움인 유효한 약리활성과 안전성을 동시에 해결할 수 있어 일반 합성의약품에 비해 강점을 가지며 되므로 기존 의약품의 R&D 생산성 보완이 가능함
  - (천연물 국내 현황) 한국의 자생식물은 3,500여종이며, 이중 약용식물은 1,000여종에 달함. 중국은 12,772 종의 식물자원이 분포하고 있고, 일본의 자생식물은 2,864종, 인도의 식물자원이 약 3만종에 이르는 등 주요 원료가 아시아에 분포함
  - 천연물 기반 의약품, 식품, 화장품 개발에 대한 분야는 연구 및 기술개발 관심도가 높은 분야로써 '05~'10년 사이 전체 논문의 연평균 성장률은 14.4%, 전체 특허의 성장률은 33.3%로 높은 증가 추세에 있음

## 2) 건강기능식품

- (건강기능식품 산업 동향) 건강기능식품은 일상 식사에서 결핍되기 쉬운 영양소나 인체에 유용한 기능을 가진 원료나 성분을 사용해 가공·제조한 식품이며 식품위생법상의 식품과는 달리 동물시험, 인체적용시험 등 과학적 근거를 평가해 기능성원료를 인정하고 있음<sup>45)</sup>
- (글로벌 건강기능식품 시장규모) 세계 건강기능식품(Supplements) 시장규모는 2016년 기준 약 1,212억 달러로 추정되며, 전년대비 5.7%의 성장률을 나타냄<sup>46)</sup>
- 식습관의 변화 및 지속되는 인구고령화 추세와 각종 성인병의 유병 인구 증가에 따라 건강관리에 대한 관심 증대로 세계 건강기능식품 산업 성장은 지속할 전망이다. 전망에 따르면 향후 세계 건강기능식품 시장은 2020년에는 연간 매출액이 1,500억 달러를 초과할 것으로 예상되는데, 2015~2020년 5년간 연평균성장률(CAGR) 6.1%를 기록할 전망이다

<그림 1-24. 세계 건강기능식품 시장규모 및 성장률<sup>47)</sup>>

- 2020년까지 연평균 성장률을 살펴 봤을때 미국, 서유럽, 일본 등과 같은 선진국의 성장률은 각각 CAGR 7.1%, 2.5%, 2.3%로 예상되는 반면 중국, 남미, 아시아 지역에서는 각각 CAGR 10.4%, 11.7%, 9.5%의 높은 성장률을 보여줄 전망이다

## 제 3 절 AgTech 및 미래 농업 기술 현황

45) 정앤서 보고서

46) 건강기능식품, BNK 투자증권, 2018.12.18

47) 건강기능식품, BNK 투자증권, 2018.12.18

# 1. AgTech(어그테크) 기술 현황<sup>48)</sup>

## 1) 어그테크 개념 및 발전 배경

- [정밀농업의 등장] 정밀농업은 1980년대 중반에 등장한 개념으로 최적 지역, 최적 시기, 최적 처방(‘Doing the right treatment, at the right times, in the right place’)을 고려한 농업생산시스템 연구에서 출발
  - 동일한 경작지 내에서도 위치에 따라 토성(土性), 토질(土質), 물 빠짐, 일사량, 잔존 비료량 등이 상이하다는 것에 착안
  - 보다 큰 면적(large-scale)에 균일(uniform)한 농작업에 기반한 기계화 농업과 달리 작은 면적(small-scale, more precise)의 위치 특성에 맞는(site-specific) 변량(variable) 농자재 처방을 의미

<그림 1-25. 정밀농업 개념 및 기술구성<sup>49)</sup>>

- 최근 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile), 딥러닝, 머신러닝, 드론, 로봇틱스 등이 급격하게 발전하면서 정밀농업은 기술적 한계에서 벗어나 본격적인 비상을 시작
  - 정밀농업은 관찰(조사) → 처방(분석) → 농작업 → 결과분석(피드백) 단계를 거치며 센서, GIS, 빅데이터, 클라우드, 인공지능, 로봇, 드론 등의 ICT 기술이 필수

48) ‘농업의 미래, 어그테크(Agtech) 스타트업’, LG경제연구원, 2017.11.15. 및 ‘정밀농업 기술별 주요 스타트업 현황분석’, 정보통신산업진흥원, 2018.1.2. 참고

49) ‘정밀농업 기술별 주요 스타트업 현황분석’, 정보통신산업진흥원, 2018.1.2

<그림 1-26. 정밀농업 단계별 적용 ICT 기술<sup>50)</sup>>

- Gartner Hype-Cycle에 따르면 ICBM 및 AI 등 정밀농업과 관련된 기술은 대부분 2단계(Peak of Inflated Expectation) ~ 3단계(Trough of disillusion)에 위치
- Gartner에서 기술의 발전과 성숙도를 시각적 도구로 표현하기 위해 개발, 총 5 단계로 구분

<그림 1-27. 정밀농업 관련 기술성숙도(2015-2017 Gartner Hype-Cycle <sup>51)</sup>>

---

50) 농업의 4차 산업혁명, 다시 주목받는 정밀농업, 정보통신산업진흥원, 2017-12 및 Gartner Hype-Cycle 2015~2017

51) 농업의 4차 산업혁명, 다시 주목받는 정밀농업, 정보통신산업진흥원, 2017-12

- [어그테크 스타트업 등장] 기술적인 제약으로 인해 정밀농업을 구현하기에는 한계가 있었지만 최근 ICBM(IoT, Cloud, Big Data, Mobile), 인공지능(AI), 드론 등의 급격한 발전으로 농업 분야의 첨단 기술을 접목한 어그테크의 개념이 생기며 관련 스타트업이 등장
  - 관찰(조사) → 처방(분석) → 농작업 → 결과분석(피드백) 단계를 거치며 센서, GIS, 빅데이터, 클라우드, 인공지능, 로봇, 드론 등의 ICT 기술 기반 어그테크 발전
  - IoT 기반 데이터 수집 → 클라우드 기반 빅데이터 구축 → 인공지능 기반 최적화 예측과 맞춤형 처방 → 지능화된 농기계·농업로봇 등에 의한 최적화 작업 → 모바일 기기를 통한 농업인에게 정보 제공이 과거에 비해 정밀하게 수행 가능
  - 또한 인공지능, 로봇 등의 기술이 발전하면서 산업 전반의 효율성을 높이고 있으며 농업 분야에서도 잡초 제거, 과일 수확, 작물보호제 살포 등의 영역에 로봇 기술이 활용되고 있음
  - 이처럼 IT, BT와 접목한 융합 **정밀 농업 기술**이 어그테크의 한 축으로 등장하고 있으며 최근 스마트폰 기술의 발전에 따라 농부들이 새로운 기술에 쉽게 접근할 수 있는 환경이 조성되고 있음
  - 따라서 **어그테크 분야에 스타트업들이 등장하고 있으며**, 최근에는 대기업들의 어그테크 분야의 진출이 이루어지는 등 농업 분야의 첨단기술을 접목한 사업화가 진행되고 있음

## 2) 어그테크 주요 기업 현황

- [글로벌 IT 기업의 어그테크 진출] 어그테크<sup>52)</sup>란, Agriculture와 Technology의 합성어로 농업분야의 첨단 기술 접목을 의미하며, 최근 글로벌 IT 기업들이 어그테크 분야에 진출하고 있음
  - 구글은 ‘팜 2050프로젝트’를 펼치며 농업 분야의 스타트업 발굴을 적극적으로 추진
    - 농업 분야와 관련 기상 데이터 분석 기업인 ‘웨더빌’, 관개 기술 전문기업인 ‘크롭엑스’, 농업 IT 스타트업 ‘파머스 비즈니스 네트워크’, 농장관리 소프트웨어 업체 ‘그라놀라’, 원료 생산업체 ‘임파서블 푸드’ 등
  - 마이크로소프트 역시 첨단정밀농업 분야에 투자를 펼치고 있음
  - 이 외에도 소프트뱅크, 알리바바 등의 글로벌 IT 기업들의 농업 진출 및 투자, M&A가 활발히 진행 중임

<표1-6. 글로벌 IT 기업의 농업 분야 진출 현황<sup>53)</sup>>

- [어그테크 분야 스타트업 등장] 어그테크 분야에 스타트업이 활발하게 생겨나고 있으며, 미국이 주도하고 있지만 미국 뿐 아니라 중국, 인도, 캐나다, 이스라엘 등 각지에서 다양한 어그테크 스타트업들이 등장
  - 진입 장벽이 높고 큰 변화가 없었던 농업 산업에 새로운 Players들이 적극적으로

52) Agtech, Agriculture + Technology

53) 각 사 리서치 내용 참고

로 뛰어 들면서 매우 역동적인 산업으로 변화하고 있음<sup>54)</sup>

<그림 1-29. 글로벌 어그테크 기업<sup>55)</sup>>

- (Onfarm) 온팜(ONFARM)은 작물 생산에 따른 정보를 자동으로 습득·분석하여 농부들의 의사결정을 돕는 기술을 선보이고 있으며, 2013년에 설립된 시투센서(c2sensor corp)는 농장에 설치하는 센서를 개발하는 업체로 씨앗과 함께 땅에 들어가 씨앗 가까이에 있으면서 수분, 영양분, 염의 농도 등 토양의 다양한 성분을 실시간으로 수집하고 확인할 수 있음

<그림 1-30. Onfarm 예시<sup>56)</sup>>

---

54) ‘농업의 미래, 어그테크(Agtech) 스타트업’, LG경제연구원, 2017.11.15.

55) CBinsight

56) Onfarm

- **(640 Labs)** 2013년 창업한 640 Labs는 농민들이 스마트폰을 통해 농작물, 농지, 기후, 마케팅 등 관련 정보들을 실시간으로 쉽게 볼 수 있도록 하였으며, ‘어떤 경작지에서든 농업인들이 원하는 정보를 모두 제공하는 것이 목표’인 640 Labs는 빅데이터 기술을 통해 분석한 다양한 정보를 농업인들에게 실시간 스마트폰으로 제공하고 있음. 설립 1년만에 유명 스타트업으로 부상하게 된 640 Labs은 2014년에 몬산토에 인수됨

<그림 1-31. 640 Labs 예시<sup>57)</sup>>

- **(Famers Busines Network)** 씨앗과 토양 정보를 분석해 농업 생산성을 높여주는 파머스비즈니스네트워크(Farmers Business Network)는 구글의 1500만 달러(약 171억 5000만원)를 투자, 총 3,000만 달러 투자 유치

<그림 1-32. Farmers Business Network 예시<sup>58)</sup>>

- **(Vital Fields)** 농지 관리 스타트업인 바이탈필드(Vital Fields)는 날씨 패턴, 토양 정보 등을 분석하는 클라우드 기반 소프트웨어를 제공하고 이와 연동되는 전용 모바일 앱으로 농작물 병충해 피해 가능성을 알 수 있도록 해주며, 벤처캐피탈인 에스토니아 개발 펀드를 비롯한 익명의 투자자들로부터 120만달러(약 13

57) 640 Labs

58) Farmers Business Network

억 7000만원) 규모의 투자 유치

<그림 1-33. Vital Fields 예시<sup>59)</sup>>

- (Descartes Labs) 미국 뉴멕시코주에 본사를 둔 스타트업으로 위성 데이터와 머신러닝 알고리즘을 활용하여 미국 내 콩과 옥수수 수확량 예측
  - NASA와 유럽우주국을 비롯한 여러 위성에서 매일 5테라바이트에 이르는 데이터를 수집하고, 날씨 데이터와 기타 데이터를 결합하여 99%의 정확성으로 수확량 예측
  - 美DARPA는 중동·아프리카의 기근과 정치 불안이 작황에 미치는 영향을 분석하기 위해 Descartes Labs에 150만 달러를 지불하고 중동·아프리카 지역의 밀 수확량을 분석 의뢰

<그림 1-34. Descartes Labs 예시<sup>60)</sup>>

- (Planet Labs) 2010년 12월에 창업한 스타트업으로 소형 위성 시장을 선도하고 있으며, 현재까지 약 1억 8,000만 달러의 펀드 조달

---

59) Vital Fields

60) Descartes Labs

- NASA 출신 과학자 3명이 창업하였으며, 초소형 위성 CubeSats(가로·세로·높이 각각 10cm)을 여러 대 쏘아 올려 대규모 농장을 관리하는 모델
  - 2015년 BlackBridge, RapidEye 등을 인수하였으며, 2017년 2월에는 구글의 인공위성 사업 Terra Bella 인수
  - 기존 CubeSats에 5기의 RapidEye, 7기의 Terra Bella 위성이 통합하여 매일 지구상의 모든 곳의 이미지를 다양한 해상도로 촬영 가능
- (BlueRiver Technology) 미국의 블루리버테크놀로지는 레터스봇(인공지능 잡초 제거 로봇)을 비롯해 정밀잡초방제 시스템 관련 제품과 서비스를 제공
- 트랙터에 부착한 레터스봇은 속아널 대상인지 제거해야 할 잡초인지를 자동으로 구분할 수 있어 작물보호제의 양을 최대한 줄일 수 있으며 주변 환경에 미치는 피해도 막을 수 있음
  - 미국 양상추의 10% 이상이 블루리버의 레터스봇을 사용하여 재배되고 있는 것으로 알려져 있음
  - 시앤드스프레이(See&Spray)라는 이름의 AI 상추 로봇은 탑재된 카메라가 비전 인식을 통해 상추 위치를 인식하고, 필요한 만큼 정확히 제초제를 뿌림

<그림 1-35. BlueRiver Technology의 로봇 예시<sup>61)</sup>>

- (Agrilyst) 뉴욕 소재 agrilyst는 시설원예의 생산량 증대 모델로 투자를 유치 받았으며, FarmLogs 는 생육 상태에 대한 모니터링 정보를 제공하는 사업 모델로 노지 분야에 사업 진행하고 있음

<그림 1-36. Agrilyst 예시<sup>62)</sup>>

- (Monsanto) 세계 최고 종자회사인 몬산토(Monsanto)는 빅데이터 기반 정밀농업시스템을 통해 연간 200억달러 가치의 증산이 이루어질 수 있을 것이라고 예측해 서비스 개발 중
  - 특히 다국적기업인 몬산토와 듀폰이 농업분야의 빅데이터망 구축을 놓고 치열한 경쟁 중
  - 다국적기업은 그동안 개발해온 종자들을 세계 각국에 보급하면서 어떤 종자가 어떤 토양·기후에 잘 적응하는지 정보수집에도 몰두
  
- (John Deere) 미국 최대 트랙터 제조업체인 존디어는 자사의 트랙터 및 콤팩트 등의 농기계에 첨단 센서 등 데이터 수집과 무선 전송이 가능하도록 첨단 장비 등을 탑재해 농기계에 빅데이터 정밀농업을 도입
  - ‘시드스타 모바일(SeedStar Mobile)’이라는 휴대용 장비를 사용하여 파종 작업을 실시간으로 전송하고 공유할 수 있도록 하고, 트랙터 좌석에서 행 단위로 파종 수행 작업을 제공하여 풍부한 데이터를 수집할 수 있도록 함
  - 농부들이 현장에서 작업 할 때 자신의 기계에 부착 된 센서로부터 수집 된 데이터에 액세스 할 수 있게 해주며 언제 정비를 해야 하는지 알려주고 날씨와 토양 등에 대한 데이터도 수집해 종합적인 농장관리가 가능하도록 함
  - 최근 존디어는 스타트업인 블루리버 테크놀로지를 인수하여 농기계 기반의 IoT 및 분석 기술을 통한 빅데이터 분석 능력을 확대하고 있음

<그림 1-37. 존디어 예시<sup>63)</sup>>

- (Phytech) 이스라엘의 파이테크(Phytech)社は 지능형 농업분야의 선두 스타트업으로 농작물에 환경에 대한 정보들을 저장하는 센서를 부착함으로써, 경작환경 및 농작물에 대한 정보를 수집하는 ‘플랜비트(PlantBeat)’ 서비스를 추진 중

- ‘플랜비트(PlantBeat)’ 서비스는 각 농장의 예상 수확량과 현 시세에 따른 작물의 판매 소득 등을 미리 산정하고, 특정 작물을 계획대로 키웠을 때 어느 정도의 수확을 올릴 수 있는지 예측
- 미국, 브라질, 호주, 이스라엘을 포함한 다른 국가들의 큰 농장들 역시 파이테크의 시스템을 쓰고 있으며, 이스라엘에서는 토마토 경작지의 60%, 40%의 면(Cotton)농장에서 이미 시스템을 사용하고 있음

○ (Prospera Technology) 이스라엘 텔아비브에 본사를 두고 있는 프로스페라 테크놀로지는 2014년 스타트업으로 시작해 특화된 인공지능을 기반으로 최적화된 농업 솔루션 제공, 700만달러의 투자유치 및 세계 100대 인공지능 기업으로 선정<sup>64)</sup>

<그림 1-38. 파이테크 플랜비트 시스템<sup>65)</sup>>

- (CropX) 이스라엘 스타트업으로 토양에 따라 필요한 물의 양을 농부에게 알려주는 스마트 센서 시스템 개발
  - 토양 성분 · 구조 · 수분양 등을 파악한 뒤 데이터를 분석한 후, 스마트폰 앱을 통해 농부에게 전달하며 약 25%의 물을 절약 가능
  - 센서는 최대 4년까지 사용이 가능하며 미국 미주리주, 콜로라도주, 캔자스주에 위치한 12개 농장에서 베타 테스트를 시행
  - 2015년, Eric Schmidt 前구글 회장이 설립한 벤처펀드 Innovation Endeavors로부터 900만 달러 투자 유치
  - 포브스가 선정한 어그테크 혁신 기업에도 이름을 올리기도 함

64) 벤처투자회사 CB인사이트 선정 2017년 세계 100대 인공지능 기업

65) PhyTech

<그림 1-39. Crop X 예시<sup>66)</sup>>

- (AquaSpy) 호주 애들레이드에 본사를 둔 기업으로 지질탐지 분야 원천기술을 활용하여 특수 센서가 장착된 장비로 스마트 관개 서비스 제공
  - 1998년에 설립되었지만 2009년에 SaaS(Service as a Service)로 사업방식 변경
  - 4인치(10.16cm) 마다 토양 수분에 대한 정보를 제공하며 관개에 소모되는 물 사용은 관리에 따라 20~70% 절감 가능

<그림 1-40. AquaSpy 예시<sup>67)</sup>>

- (Indigo) 바이오테크놀로지(바이오작물보호제 관련기술) 전문기업으로서, 미생물 종자 처리 기반 제품 출시, 2016년에 2번째로 높은 투자 금액을 유치
  - Indigo는 2016년 설립과 동시에 Indigo cotton, Indigo wheat 라는 미생물 종자 처리 제품을 출시, 컨셉이나 기술이 아닌, 제품을 출시했다는 점과 제품으로 면화, 밀 등의 10% 이상 증산이 가능한 점 때문에 높은 관심을 받으며 Flag-ship Ventures와 Alaska Permanent Fund로부터 1억 5,600만 달러를 지원 받았으며 이 외에도 Farm Management SW·센싱&IoT, 실내경작 등의 스

---

66) CropX

67) AquaSpy

타트업들이 2016년에 많은 주목을 받음

<그림 1-41. Indigo 예시<sup>68)</sup>>

- (Hortau) 2002년에 캐나다에서 설립된 기업으로 토양 장력에 기반한 솔루션을 개발하여 15년 동안 2,150만 달러의 매출을 기록
  - 2017 ThRIVE AgTech Top 50 Growth 선정, 2017 CognitionX Best AI Product in Agriculture award 수상, 2017 North American Smart Irrigation New Product Innovation Award 수상

<그림 1-42. Hortau 예시<sup>69)</sup>>

- (Abundant Robotics) 비영리 로봇 연구전문기관인 SRI인터내셔널이 2016년 분사한 기업으로 사과 수확 로봇을 개발하여 상용화를 추진 중에 있음
  - 사과를 인지할 수 있는 비전시스템과 사과를 진공방식으로 잡아 뗄 수 있는 기술로 초당 1개의 사과를 수확할 수 있으며 2년 안에 상용화할 계획(과수원 생산은 연간 약 2천억 달러 규모이지만 수확은 전적으로 육체노동에 기반하고 있는 상황)

---

68) Indigo

69) Hortau

- 독일 농업 및 에너지 대기업인 BayWa AG와 Google Ventures로 부터 120만 달러 투자를 받았으며, 올해 5월에는 Google Ventures가 이끄는 투자그룹의 1,000만 달러 펀딩에 성공

<그림 1-43. Abundant Robotics 사과 수확 로봇<sup>70)</sup>>

- **(Agrible)** 2012년에 설립된 스타트업으로 위성 이미지, 무인항공기 기반 데이터, 기계 기반 센서 및 타 사에서 제공되는 데이터 소스를 종합하여 농부의 의사 결정에 도움이 되는 분석 플랫폼 제공
  - 핵심 제품은 ‘Morning Farm Report’로 수확량 예측, 질소 이용 가능성, 일기 예보 등과 같은 현장 수준의 통찰력을 제공
  - 美농업생물공학회(ASABE)\*에서 주최한 ‘2016 AE50 Award’에서 제품 및 시스템 기술 부문에서 혁신상 수상
  - American Society of Agricultural and Biological Engineers, 1907년에 창립

<그림 1-44. Agrible 예시<sup>71)</sup>>

- **(Gamaya)** 2014년 스위스에서 창업한 스타트업으로 드론에 초분광 기술을 적용한 영상과 인공위성 이미지, 기후 및 기상 데이터를 활용해 작물 맞춤형 솔루션

---

70) Abundant Robotics

71) Agrible

제공

- 하이퍼 스펙트럼 센서를 제조하여 멀티 스펙트럼 이미지를 사용하는 대부분의
- 드론 이미지 회사와 차별화 요인 구축
- 40개 이상의 빛 밴드를 캡처하고 식물의 특정 생리적 특성을 감지하여 재배 효율 분석에서부터 산출 예측, 잡초 탐지, 영양소 검출 등을 하이브리드 클라우드를 통해 맞춤형 솔루션 제공

<그림 1-45. Gamaya 예시<sup>72)</sup>>

- (Taranis) 이스라엘 스타트업으로 항공이미지, 필드 센서, 기상 데이터를 포함한 여러 데이터 소스를 사용하여 빅데이터에 기반한 의사결정 플랫폼 제공
- 해충 및 작물 질병 예측을 하는 Disease Prediction Models, Smart Field Scouting 등을 비롯해 현지 수준의 날씨를 제공하는 Field Weather Forecasting 등 다양한 솔루션 제공

<그림 1-46. Taranis 예시<sup>73)</sup>>

---

72) Gamaya

73) Taranis

### 3) 어그테크 투자 현황

- [어그테크 벤처투자 확대] 어그테크 분야에 대한 스타트업의 증가에 따른 해외 벤처투자자들의 관심이 높아지고 있으며 이에 따른 투자도 확대 중
- 글로벌 시장 분석기관 어그펀더(AgFunder)에 따르면, 세계 시장에서 어그테크에 투자한 규모는 2015년 기준 46억 달러(약 4조 8,000억 원), 2016년 기준 32억 달러(약 3조 3,000억원)으로 추정되며, 이는 2011년 5억 달러 대비 6배 이상 확대된 수치임

<그림 1-47. 어그테크 투자 현황<sup>74)</sup>>

- 어그테크 중 2016년에 가장 많은 투자를 유치한 분야는 식품 전자상거래(40%)이며, 관련 스타트업의 투자 비중이 급격하게 증가하고 있음
- 가장 높은 금액을 유치한 거래 Top5 중 3건은 식품 이커머스, 바이오테크, 센서 & IoT 분야 였는데, 얼마 전까지만 해도 농식품 분야는 높은 원가 구조와 유통 이슈로 전자상거래 업계의 관심 영역 밖이었으나 전자상거래 업체들의 과열된 경쟁 속에서 마지막 격전지로 자리 잡고 있으며 인터넷·모바일의 보급 확대, 결제 시스템과 물류 특히 냉장 물류의 발전 등을 기반으로 급격하게 성장하고 있음

74) Agtech Investing Report(2016), Agfunder

- (전자상거래 분야의 어그테크) 유통기간이 짧은 식품 산업의 한계를 극복하고, 다양한 맛과 건강을 추구하는 고객의 니즈를 충족시키기 위해 식품 전자상거래 업계에는 최신 기술들이 접목되고 있음
- 드론 등 새로운 배달수단을 활용하거나, 운송 과정의 데이터를 실시간으로 수집·분석하여 식품의 유통 기간을 획기적으로 단축시키기도 하고, 군용 식량 관리에 쓰이는 마이크로웨이브 고온 살균 기술을 적용하거나 인체에 무해한 특수 가스를 이용해 식품 자체의 신선도를 유지하는 등 다양한 기술이 연구되고 있음
  - 중국의 Yiguo, 인도의 Bigbasket 등 농식품 이커머스 분야 스타트업의 경우 글로벌 투자유치 상위권에 랭크되며 성장 가치를 보임
- (바이오테크 분야의 성장) Ag Biotechnology 분야가 22%로 식품 전자상거래의 뒤를 이어 많은 투자를 유치하였으며, 글로벌 농화학기업들의 신성장동력 니즈와 함께 부상하고 있는 영역이기도 함

<그림 1-48. 어그테크 스타트업의 투자유치 순위<sup>75)</sup>>

#### 4) 어그테크 국가별 현황

□ [어그테크 스타트업의 등장] 미국뿐 아니라 중국, 인도, 캐나다, 이스라엘 등 각지에서 다양한 어그테크 스타트업들이 등장하고 있음

- (미국) 미국의 어그테크 스타트업 투자 규모는 2014년에 90%에 이르렀으나, 점차 그 비중이 낮아져서 2016년 현재 50% 미만임(2015년: 58%, 2016년:48%)
  - 미국은 일찍부터 토양상태, 작물의 생장 상황, 일기예보, 농기계에서 나오는 센서정보 등을 분석해 보다 양질의 농산물을 대량 생산하기 위한 정밀농업을 추진 중이며, 이러한 정밀농업 방식을 적용할 경우 농부들은 다양한 정보활용을 통해 증산을 도모 가능<sup>76)</sup>
- (중국·인도) 중국, 인도의 경우 혁신적인 기술을 갖고 있는 스타트업들이 등장했 다기보다는 탄탄한 내수 시장을 바탕으로 기존의 성공한 사업 모델이 적용되는 사례가 많음
  - Yiguo.com(중국), Miss fresh(중국), Big basket.com(인도) 등 주로 식품 전자상거래 업체들의 두각
- (이스라엘) 이스라엘은 독자적인 기술력을 갖춘 스타트업들이 많은 것으로 잘 알려져있으며, 기술 관련스타트업들이 이스라엘 내에 6,000여 개 이상이 있고 매년 1,500개가 새로 생겨 나는 것으로 추정됨
- 농업 분야에서도 이스라엘 스타트업이 두각을 나타내고 있음
  - 애플·구글·IBM 등 글로벌 기업들이 이스라엘 스타트업들을 적극적으로 인수하고 있어 ‘유니콘 사냥터’라고 불릴 정도임
- (일본) 일본은 농업·ICT 융복합 기술인 Smartagri 시스템, 영농정보관리시스템 (FARMS, Farm Management System)을 개발하여 농업의 기계화·자동화 구현

76) ‘빅데이터 농업시대가 열리다’, The Science Times, 14.2.27

<그림 1-49. 일본 Smartagri 시스템>

- 이 외에도 아르헨티나, 뉴질랜드 등에서도 S4(아르헨티나 기후 변화 동향 예측), 터비바(뉴질랜드 식물성 오일 및 단백질 생산)등 혁신적인 기술과 제품을 갖춘 기업들이 등장하고 있음

## 2. 미래 농업 수요기술 현황

### 1) 미래농업 수요기술 개요

- 글로벌 컨설팅회사 올리버와이만(Oliver Wyman)에 따르면, 세계 식량 수요가 지속적으로 증가하고 있지만 2050년에는 현재보다 70% 더 많은 식량을 생산해야 할 것이며, 그러나 세계 GDP의 농업 비중은 불과 3년 만에 3분의 1로 줄어들었으며 이러한 과제를 해결하려면 정부, 투자자 및 혁신적인 미래 농업 기술의 공동 노력이 필요하다고 함
- 따라서, 농장 및 농업 운영이 센서, 장치, 기계 및 정보 기술과 같은 기술의 발전으로 인해 매우 혁신적으로 운영되어야 할 것이라고 덧붙였으며, 미래의 농업은 로봇, 온도 및 수분 센서, 공중 이미지 및 GPS 기술과 같은 정교한 기술을 사용할 것이며 이러한 첨단 장치와 정밀 농업 및 로봇 시스템을 통해 농장의 수익성, 효율성, 안전성 및 친환경 성을 높일 수 있을 것으로 예측

<그림 1-50. 미래농업 예시<sup>77)</sup>>

- 현재 성장하고 있는 AgTech 분야와 더불어 미래에는 3D 프린팅, 클라우드파밍, 도시농업 등의 새로운 농업 분야가 등장할 것으로 예측되고 있으며, 미래 농업 기술에 대해 성숙도와 유형에 따라 아래와 같이 분류함
  - 크게 생산, 유통 공급, 산업 적용으로 나누어 미래 농업 기술을 예측함

<그림 1-51. 미래 농업 기술 및 성숙도<sup>78)</sup>>

□ [미래농업 수요기술] 기술적 관점에서 바라본 농축산업의 미래 농업 수요기술은 아래의 3개 분야에서 필요한 기술 내용으로 요약될 수 있음

- (수요기술 1) 농업·농식품 산업 생산기술 개발 및 생산기반 첨단화
  - 나노기술, 생명공학 등 가속화 되고 있는 첨단기술을 농업·농식품 분야의 생산 기술에 활발히 적용하고 정밀농업 등 ICT 기술을 활용한 생산기반 첨단화를 통해 생산성 향상과 효율성 강화가 필요
- (수요기술 2) 데이터 기반 과학영농 개발
  - 작물과 가축의 생육정보를 수집하여 구축한 빅데이터를 기반으로 병해충 예방, 출하시기 예측, 생육 환경 조정, 질병 예찰 등에 활용하여 농업 생산성 향상이 필요
- (수요기술 3) 맞춤형 식품이 가능한 스마트 소비 농업 구현
  - 소재 개발을 통한 맞춤형 식품, 고령친화 실버 식품 등을 통한 소비 부문의 수요기술의 발전이 이루어질 것으로 보이며, 보편화 될 인공지능 기술을 적용한 고성능 농기계 개발 및 보급 확대를 통해 농업 생산성 향상이 필요

## 2) 기계화·자동화의 정밀농업 발전

78) Agriculture 4.0 : The Future of Farming Technology, Oliver Wyman

- [정밀농업의 발전] 미국, 유럽, 일본 등의 선진국은 정밀농업이 활성화되고 있으며, 정밀 농업을 통한 예측가능하고, 고품질·고생산의 농업 달성 가능
  - 정밀농업이란 빅데이터, 클라우드, GPS 등 ICT 기술을 활용해 비료, 물, 노동력 등 투입 자원을 최소화하면서 생산량을 최대화하는 생산방식을 의미
  - 경작지별 농작물의 상태를 모니터링하고 토질, 태양, 경사 등 조건에 대한 정보를 수집하여, 경작지별 경작 방법을 다르게 적용하는 시스템
  - 정밀농업을 통한 농기계의 자동화, 농작물 및 기후의 예측 가능성 확대, 변량 시비 기술을 통한 친환경적 농사 등의 이점이 있음
  - 미국, 유럽, 일본은 농기계와 위성, 드론에 장착된 센서와 카메라 등 다양한 기술을 정밀농업에 활발하게 적용하고 있음

<표1-7. 유럽연합의 정밀농업 적용 기술 및 기대효과<sup>79)</sup>>

---

79) European Parliament, 「Precision agriculture and the future of farming in Europe」, 2016

### 3) 농산물 상품화, 유통체계 발전

- [상품화 및 유통체계 개발 니즈] 경제성장으로 인한 소득 증대로 국내 식품산업은 고급화·웰빙·안전성 중시의 방향으로 변화하고 있으며, 소비자들의 식품안전에 대한 관심 증가 및 인식이 매우 높아짐에 따라 농산물의 상품화, 유통체계에 대한 기술개발 수요가 증가
- 선진국의 경우 식품 유통과정의 신뢰성과 안전성 확보를 위해 저에너지 고효율 유통시스템 개발, 노령인구 급증에 대비한 포장·디자인의 개발 등 시장의 요구에 맞는 다양한 기술개발이 진행 중이며, 신선식품 및 식재료의 안전 및 고효율 유통관리를 위하여 RFID/USN2 등 u-IT 융합기술 개발이 활발히 추진 중
- ICT 기술을 활용한 기후정보, 병충해정보 등 빅데이터의 수집 및 분석을 통한 농산물 생산량 예측과 상품화가 용이해지고 모니터링, RFID 기술 기반 이력추적 등의 기술을 활용하여 유통체계 또한 선진화 될 전망
  - 산지(생산)-도매(유통)-소비자(소비)로 이어지는 농산물 유통 전반에 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷 등 4차 산업혁명 핵심 기술을 적용하여 물류 효율화 방안, 수요 예측, 해외 농산물에 대한 안전한 유통망 마련 등 농산물 유통체계가 발전할 것으로 기대

<그림 1-52. RFID 적용 스마트 유통 예시80>

- [유통-블록체인 접목] 또한, 스마트 유통관리를 위한 블록체인 기술 개발 및 접목이 이루어지고 있으며, 글로벌 IT 농식품업계에서는 스마트 유통에 블록체인을 적용하려는 움직임 증가
  - 글로벌 금융기관은 플랫폼 생태계 구축과 서비스 표준화를 위해 블록체인 컨소시엄인 R3CEV\*와 하이퍼레저(Hyperledger)<sup>81)</sup> 프로젝트 추진
  - 유럽에서는 최근 도이치 뱅크(Deutsche Bank), HSBC 등 7개의 대형 은행을 중심으로 ‘Digital Trade Chain(DTC)’ 컨소시엄\*을 설립
  - (IBM 사례) IBM의 식품업계 블록체인 유통 추적, Intel의 해산물 공급체인에 블록체인 기술 도입
    - 2016년 10월, IBM은 블록체인을 활용해 중국에서 월마트에 유통되는 돼지고기의 유통·물류 전 과정을 추적하는 프로토타입 프로젝트를 진행, 2017년 1분기에는 중국 칭화대학과의 협업을 통해 월마트에 블록체인(Blockchain) 기술을 식품 공급체인 관리에 도입하고 시범 운용에 착수
    - 2017년 4월, 인텔(Intel)은 자사의 블록체인 인프라 위에 해산물 공급 체인 시스템을 개발해, 오픈 소스 Sawtooth Lake 블록체인 코드베이스를 사용한 해산물 공급망 프로젝트의 최초 공개 데모를 선보임

<그림 1-53. IBM 유통 블록체인<sup>82)</sup>>

81) ‘하이퍼레저(Hyperledger)’ 프로젝트는 2015년 12월부터 리눅스 재단과 IBM의 주도로 시작되었으며, 시스코, JP모건, 인텔, 웰스 파고 등 글로벌 기업들이 공동으로 참여

82) IBM

<그림 1-54. Intel의 해산물 유통 Blockchain 개념<sup>83)</sup>>

- (JD.com 사례) 중국에서 두 번째로 큰 전자상거래 플랫폼인 제이디닷컴(JD.com) 냉동 소고기의 배송과정을 추적하는 블록체인 기술 도입
  - 제이디닷컴은 2017년 5월 소고기 처리 공장인 커친(Kerchin)과 공동으로 냉동 소고기의 생산과 배송 과정으로 추적하는 데 블록체인 기술을 도입
  - JD는 오픈소스 프로젝트인 하이퍼레저(Hyperledger) 아키텍처를 활용, 커친은 바코드 스캐닝으로 자사의 공급망에서 발생한 소고기 정보를 수집, 저장 후 이를 제이디에 제공하는데 이 정보를 블록체인에 기록하였으며 이후 저장된 정보의 변경을 위해서는 디지털 서명이 필요하며, 변경이 발생하면 제이디와 커친 모두에게 바로 통보됨
  - 2017년 6월, JD.com는 AQSIQ, MIIT, 농무부 및 다수의 브랜드와 함께 품질 추적 및 위조 방지를 위한 연합을 맺어 상품의 신뢰성과 품질을 보장하는 블록체인 기술을 적용하였으며, 이 연합의 설립을 통해 JD는 블록체인 위조 방지 및 추적 가능성에 대한 액세스를 처음 완료하고 300개 상품에 대한 데이터 추적이 가능한 개방형 플랫폼을 개발해 발표함
  - 2017년 12월, JD.com과 Walmart는 IBM과 칭화대 학교 전자 상거래 기술 연구소와 공동으로 중국 최초의 Blockchain Food Safety Alliance 설립을 발표, 식품 추적에 대한 협력을 강화할 것이라고 밝힘

<그림 1-535 JD.com-커친의 소고기 추적 정보 제공 예시>

<그림 1-56. JD.com Blockchain Food Safety Alliance>

- 또한, 2018년 5월 JD.com은 자사의 육류 유통 경로 추적을 위해 블록체인을 구현하고 있다고 밝힘
- 이는 호주의 쇠고기 공급업체 HW그린햄앤손스(HW Greenham & Sons)와 파트너십을 통해 이뤄지며 호주 전역의 농장에서 고기를 모니터 할 수 있을 것이라고 밝혔으며, 이 시스템이 금년 봄에 가동되면 고객들은 고기가 어떻게 키워지고, 도살되고, 수송되었는지 확인할 수 있을 것이라고 밝힘
- JD에 따르면, 중국에서는 감시를 피해 유해 상품이 유통되는 경우가 종종 발생하고 2016년 8월에는 살부타몰과 클렌뷰터롤 등 금지 약물이 검출된 돼지 319마리가 중국 남동부 지역에서 발견된 사례가 있으며, 블록체인 기술을 사용하면 짧은 시간 내에 육류의 원산지를 확인할 수 있어 소비자의 신뢰를 개선할 수 있을 것으로 기대

#### 4) 농산물 품질관리 정밀화, 센싱농업 발전

- [정밀·센싱 농업 발전] 센싱농업은 인간의 감각기를 대신하는 센서로 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 등을 감지하고 이를 정보화 하는 센싱

## 을 농업에 활용하는 센싱농업 기술 발전

- 하우스 수분센서, 온·습도 센서, 비파괴선별기 등 일부 센싱기술이 이미 농업전반에 활용되고 있음
- 최근 개발된 인공 코, 전자혀 등 첨단 센싱기술이 농산물, 식품의 품질 관리에 폭넓게 활용될 전망
  - 인공 코는 세포 특유의 호흡 분비물의 감지 및 특이한 향을 가지는 방향족 물질의 검출을 통해 식품 원산지 판별, 환경 호르몬 감지 등에 활용 가능
  - 전자 혀는 센서를 통해 대상액체의 물질 분포를 분석하는 장치로, 전기가 흐르는 고분자 튜브 표면에서 전류변화를 감지하고 이를 기반으로 맛을 구분하여 품질검사에 활용 가능

<그림 1-57. 부산대학교에서 개발한 인공코 개념도<sup>84)</sup>>

- 부패감지 필름, 탄소 나노튜브, 부패 감지 센서, 독소 측정 RFID 센서 등의 스마트 센서가 개발되고 있음

<그림 1-58. 서울대학교에서 개발한 바이오 전자혀<sup>85)</sup>>

---

84) Bioinspired M-13 bacteriophage-based photonic nose for differential cell recognition, Jong-Sik Moon, 2017

85) 박태현 교수 연구팀, 바이오 전자혀 개발, 조선비즈, 2014. 9. 1

- (페레스 사례) 영국 페레스에서 사람 코보다 후각이 좋은 휴대용 전자코 개발 (2014), 제품명은 ‘페레스 전자코(Peres e-nose)’, 가격은 120달러(약 12만원) 정도에 판매됨
- 돼지고기 쇠고기 닭고기 오리고기 생선 등 육류와 어패류의 품질과 신선도를 감지할 수 있으며 크기는 스마트폰 정도이며, 기기를 고기 가까이 대고 버튼을 누르면 센서가 고기 근처 공기의 온도, 습도, 암모니아, 냄새를 유발하는 휘발성유기화합물을 감지, 이렇게 파악된 정보는 스마트폰으로 전송돼 전용 앱(응용 프로그램)으로 신선도를 확인할 수 있음

<그림 1-59. 페레스에서 개발한 전자코>

- (프라운호퍼연구소 사례) 뮌헨에 있는 프라운호퍼연구원 분자고체상태연구소 (the Fraunhofer Research Institution for Modular Solid State Technologies) 연구진은 포장 자체에 통합될 수 있고 포장된 식품이 상하면 색깔이 노란색으로 변하는 포장용 센서 필름을 개발 (2011)
- 이 센서 필름은 포장의 내부에 들어있으며, 고기나 생선이 상하면 세균에 의해 아미노산으로부터 아민이란 물질이 발생하는데 불쾌한 냄새를 풍기고 아민이 배출되면 센서 필름에 있는 염료는 아민과 반응하면서 필름이 노란색에서 파란색으로 바뀌며, 아민의 농도가 높아지면 필름 색상이 바뀌면서 소비자에게 음식이 상했다는 사실을 알려줌

<그림 1-60. 프라운호퍼에서 개발한 부패감지 필름>

## 5) 유전공학기술을 이용한 동식물 품종개량

- [신품종개량 등장] 세계 인구 증가에 따른 식량부족 문제와 기후변화, 병해충 등 환경적인 문제를 해결하기 위해 유전공학 기술을 이용하여 품종개량 및 신규 품종 생산 기술 개발이 필요
- 유전공학기술은 전통 육종기술과는 달리 방대한 유전정보 빅데이터, IT 접목, 다양한 식물 특성 관련 유전자 발현기작 규명 등 획기적 기술이 급속하게 개발 중
  - 최신 유전공학기술 개발을 통해 보다 쉽고 다양한 유전자변형 식물, 동물의 생산이 가능해졌으며 특정한 유전자의 발현수준이나 시기를 인위적으로 조절할 수 있는 새로운 기술도 개발
- 유전자변형 동식물의 생산으로 생기게 될 생태계 혼란, 안전성 문제 등에 대한 안정성 확보와 안전한 관리체계 구축 및 운영, 국민 인식 개선 등이 필요

## 6) 나노 융합을 통한 재료, 의약, 에너지 분야의 신기술

- [나노기술] 나노기술은 인류의 생존과 직결된 에너지와 환경문제를 해결하는 핵심적인 역할을 할 것으로 전망
- 나노기술을 활용하면 기존 에너지 발생장치의 성능을 크게 개선할 수 있을 뿐만 아니라 우리 주변에서 버려지는 작은 에너지들을 유용하게 확보
- 나노융합은 기존 시스템, 소자, 소재, 기반·공정 등의 영역에 나노기술을 적용하는 활동으로 정의하며, 대부분의 분야 및 차원(기술, 제품, 산업)에서 적용 가능한 기술이라는 특성을 가짐
  - 나노기술이 차세대 기술양식(Technology Node)으로 성장하여 정보통신, 바이오, 부품소재 등 전 분야에 개입될 것으로 전망
  - 차세대 기술혁명으로서 나노융합기술이 대두되며, 미래 산업들은 나노융합 산업 중심으로 산업구조가 개편 될 것으로 전망
- 나노기술 제품시장은 향후 크게 확대될 것으로 예측되고 있으며, 나노기술의 산업화는 세계 주요국가의 나노기술 정책의 핵심주제로 부상

- 나노기술은 타 기술혁신 및 발전, 신산업 창출을 위한 촉매제로 기존 산업의 고도화 및 고부가가치화를 실현하여 신산업·신시장 창출에 기여

## 7) 생체모방(biomimicry) 연구 및 개발 활성화

### □ 바이오 융합과 생명자본주의 활성화로 인해 생명의 가치를 농업에 접목하는 생체모방(biomimicry) 연구 및 개발 활성화

- 생체모방이란 자연계에 존재하는 생물을 흉내 내어 사람에게 유용한 기술을 개발하는 일련의 공학적 과정을 의미
  - 생체모방 기술의 사례로는 연잎의 초소수성을 모방한 방수섬유 및 식품용기, 홍합의 족사를 이용한 수술용 조직 접착제 등이 있음
- 생체모방 기술은 산업, 군사 분야를 넘어서 보건, 환경, 사회 분야 등 커다란 시장으로 확대될 것
  - 특히 인구 고령화, 기후변화 등으로 기능이 인간, 동식물의 약화된 조직이나 기관을 대체·보완하는 생체모방 연구, 재생의학기술 등이 발달할 전망
  - 고분자 액츄에이터로 작동하는 인공근육, 탄소나노튜브로 된 생체 모방신경 등 고령화 시대에 대응하기 위한 인공 감각기관 관련 기술 개발이 활발히 진행될 전망

## 8) 기술 융복합을 통한 스마트농업 대두

□ 농업분야에 ICT 기술을 융합해 생산, 유통, 소비 단계의 지능형 농업을 구현하는 스마트 농업 기술 발달

○ 스마트농업이란 농업분야에 ICT 기술을 접목하여 농·축산물 및 식품의 생산, 유통, 판매, 소비 전주기 프로세스에 대한 생산성, 안전성, 경제성 및 품질 향상과 각 단계의 활동 주체(생산, 유통, 소비)들 간에 상생의 생태계를 구축하는 것을 의미

- 스마트농업 기술은 농업 가치사슬 전반에 걸쳐 IT와의 접목을 통해 1차 산업인 농업을 6차 산업으로 발전시킴으로써, 고기능, 고효율화는 물론, 부가가치 제고, 생산비 절감, 환경오염 최소화, 농촌생활의 편리성 증대로 지속 가능한 농업을 구현할 수 있을 것으로 기대되는 기술

○ 미국, 일본, 네덜란드 등 농업 선진국들의 스마트 농업 확산 노력도 강화, UN의 기후관련 기술과 스마트농업을 융합한‘Climate-Smart Agriculture Action Plan’ 공개 등 스마트 농업에 대한 국제적인 관심이 빠르게 증가

○ 우리나라는 경지면적 및 농가인구의 감소, 농가인구의 고령화, 농가의 실질 소득이 정체되고 있는 상황에서 농업적 요구를 해결하기 위해 스마트농업이 대두

○ 농업 생산부문에 있어서 빅데이터, 인공지능 등이 결합된 스마트팜, 정밀농업 등이 상용화되어 생산력이 확대될 것

- 기후정보, 병충해정보 등 빅데이터의 수집 및 분석을 통한 농산물 생산량 예측은 향후 농산물 수급안정 등의 정책적 활용이 용이할 것으로 전망

## 9) 도시농업 기술 발전

- 도시화의 여파로 이상기후와 지구 온난화로 인한 식량난 대비 차원의 안전한 먹을거리 확보 · 환경문제 해소와 도시열섬 현상 등의 문제를 해결하는 등 도시생태계 복원의 일환으로 도시농업의 역할이 강조
- 미래형 도시농업에는 시설하우스, 수경재배, 식물공장, 빌딩농장 등이 논의
  - 사계절 내내 싱싱한 채소를 공급하는 시설하우스는 주로 채소류의 축성재배, 열대식물의 재배를 위해 보온력과 조도를 높인 온실을 뜻함
  - 수경재배는 흙 대신 물과 영양분으로 만든 배양액으로 식물을 키우는 방법을 말하며, 배양액 재배 방식 등 최첨단 방식이 독일, 네덜란드, 이스라엘 등 선진국들을 중심으로 연구와 활용이 활발함
- 식물공장은 기후나 계절의 영향을 받지 않는 시설 내에서 빛, 온도, 수분 등을 조절해 작물에 최적의 조건을 제공함으로써 최대의 생산성을 얻는 새로운 농업 방식
  - 빌딩/수직 농장(vertical farm)은 빌딩 전체 층에 작물을 재배하여 도시민에게 생산물을 공급하는 농업 형태로 날씨와 관계없이 농산물을 생산하며, 전기, 난방 등 모든 자원을 자체 조달, 물류비와 수송비도 절약할 수 있음

<그림 1-63. 수직형 식물공장 개념도>

## 10) 식품 스마트 패키징을 통한 농산물 수출시장 확대 견인

- 식품 스마트 패키징은 ‘지능형 포장’이라고도 하며, 품질의 실시간 측정과 이력을 확인할 수 있는 신개념의 융복합 기술임
  - 센서나 포장재 등에 바이오와 나노, 소재, 정보기술(IT) 등 미래기술이 종합적으로 활용
  - 개별 식품의 포장에 온도와 시간을 측정하는 센서 태그를 부착해 식품이 실제 노출된 유통 환경을 파악하고, 이에 따른 식품의 변질 가능성을 계산해 유통기한을 예측
  - 세부적으로는 온도와 시간의 이력을 알려주는 ‘시간-온도 지시계(TTI)’와 신선도를 알려 주는 ‘선도 지시계(FI)’ 등이 있음
    - 뉴질랜드 라이프센스社는 과일 또는 야채가 시간이 지나며 익어감에 따라서 라벨의 색깔이 변해 식품의 익힘 정도에 따른 소비자의 선택이 가능한 패키지 라벨을 개발
    - 독일 트라세오社는 특정 종류의 세균을 인식할 수 있는 투명 라벨 제품을 개발하여 식품이 상하거나 부패하고 세균에 감염되었을 때 라벨의 색이 변하여 판매 될 수 없도록 패키징을 구성
  - 식품 스마트 패키징 분야는 FTA개방으로 인한 수입식품의 증가와 온난화 등 기후변화로 인한 식품안전 위협요인의 증가 등 미래사회의 이슈에 대응할 수 있는 기술개발 분야임

<그림 1-64. 뉴질랜드 라이프센스社와 독일 트라세오社의 스마트패키징 사례86)>

## 11) 고령친화 실버농업 및 실버식품 대두

- 자연지향, 세계화, 퓨전화, 외식문화의 보편화 등 식품소비환경의 변화에 따라 ‘건강’을 최우선으로 정신적·육체적·미적 효과가 있으면서도 안전하고 맛있는 기능성 식품, 맞춤형 식품, 실버 푸드 등이 성장할 전망
- (초고령사회) 통상 65세 이상 인구 비율이 7% 이상이면 고령화 사회, 14% 이상은 고령사회, 20% 이상은 초고령사회 등으로 구분하고 있는데, 우리나라는 2017년 말 또는 2018년 초쯤 고령화 비중이 14%를 넘어서는 고령사회로 접어들 것으로 전망되고 있음
- 이는 세계에서 유래를 찾아볼 수 없을 정도로 빠른 속도이며 이런 추세대로라면 2025년이나 2026년에는 국민 5명 중 1명이 65세 이상인 초고령사회에 진입할 것으로 예측
- 급성장에도 불구하고 고령친화식품이 국내 전체 식품시장(2015년 출하액 기준 52조63억원)에서 차지하는 비중은 1.5% 수준이어서, 머지않아 1조원대 시장으로 확대될 것으로 보임
- 이에 식품업계는 실버푸드(노인들의 건강상태를 고려한 특수 영양식품)산업을 예의주시하고 있으며, 이미 잠재적 수요는 별도의 시장을 형성하기에 충분한 것으로 평가되면서 일부 업체에서는 노인들을 위한 식품을 선보이기도 함
- 실버푸드는 노인의 손가락 힘이 약하기 때문에 포장 용기를 알맞게 하고, 시력이 약해 주요 표기를 크게 만들며, 치아가 약하고 소화기관도 약한 점을 들어 어린이의 유아식과 유사하게 만듦

## 12) 생물 전환공정 유용소재 개발 및 맞춤형 식품 개발

- 생물전환기법을 통한 소재산업과 기술육성은 농산물시장과 한약재 시장 등을 육성하고 부가가치를 창출하는데 크게 기여할 것으로 전망
  - 곤충유충, 다양한 미생물로부터 농산물 및 농산물의 부산물을 활용하여 생체 전환된 신물질들을 획득하고, 이러한 신물질들을 함유시킨 고기능의 맞춤형 식품 개발이 가능
  - 유충을 활용한 생물전환을 통해 새로운 소재를 개발할 수도 있는데, 유충을 콩 등의 농산물을 가공한 사료로 생육했을 때 콩의 이소플라본을 다양한 물질로 전환시킬 수 있는 능력이 있으며, 빠른 성장률을 통해 특정 유효성분을 생산할 수 있음
- 생물 전환공정을 통한 유용소재의 개발을 통해 해외 수입에 상당수 의존하는 한약재의 국산화와 수입 한약재의 가공을 통한 역수출, 버려지고 있는 농산물의 부산물 및 비가식부위 활용의 극대화가 가능

<그림 1-66. 농산물 등 식물자원을 이용한 식의약 신소재 개발의 뉴 패러다임>

### 13) 식물자원 유래 기술 확대

- 식물자원으로부터 유래한 천연물 소재 등 식물자원 확보 기술이 확대될 전망
  - 우리나라는 기후, 지형의 다양성으로 인하여 풍부한 식물종이 존재하며 천연물 의약품 개발을 위한 소재로 활용이 가능
    - 국내식물자원은 자생식물 8,458종, 외래식물 438종으로 총 8,896종임
    - 식물자원은 천연물신약 개발의 핵심소재로 의약품 시장에서의 산업적 가치가 매우 높으며 식물자원을 활용한 천연물신약은 투자 효율성이 높아 지속적으로 시장 규모가 성장
    - 식물자원으로부터 생리활성 물질을 포함하는 분획의 대량추출 공정을 개발하여 다량의 활성물질을 확보하고 in vivo 효능 검증 및 작용기작 규명을 통해 순환기 질환예방, 치료용 식품의약 후보물질을 개발
  - 나고야 의정서 등 생물다양성협약과 함께 식물 유래 소재개발 등 식물자원 확보 경쟁이 치열해지고 있는 상황
    - 일본의 도레이(주)가 생산하고 있는 식물유래 폴리에스테르 섬유인 Ecodia® PET가 식물유래 재생자원을 원료로 한 합성소재로 인정하는 Type I 환경라벨(Eco-mark) 인증을 세계 최초로 취득
  - 식물 유래 자원을 원료로 하여 고분자로 합성된 생분해성 플라스틱 소재, 식물성 천연 향료성분과 생물전환기술공정에 의해 생산되는 바이오 향료 등 다양한 농생명 소재 연구개발이 확대되는 추세
    - 식물 유래의 폴리코사놀 등의 기능성 소재개발 등 식물자원을 바탕으로 한 친환경 소재개발이 확대될 전망
  - 자원고갈문제와 에너지위기관리 등의 대안으로 식물자원 유래 에너지 활용기술이 부상하고 있으며, 다양한 식물자원을 바탕으로 소재와 연료 기술개발이 지속적으로 필요
    - 친환경적 요소를 고려할 뿐만 아니라 산업계가 전략적 선택으로 활용 가능한 바이오연료 공급체계 마련 필요

## 14) 바이오정보의 사용자 중심 접근성 강화 및 DB화

- DNA, 게놈, 유전자시퀀싱 등의 바이오정보를 활용하려는 시도가 추진되면서, 바이오 신기술이 등장
- 바이오산업은 생명체와 관련된 기술을 중심으로 신기술과 융합하여 제품을 만들고 서비스를 생산
  - DNA 이중나선 구조, 인간 게놈 분석, 차세대 유전체 시퀀싱 기술 등 바이오정보의 3대 핵심기술을 바탕으로 다양한 산업분야에 생물정보를 활용하는 시도가 추진되고 있음
  - 글로벌 바이오 시장 규모가 2014년 기준 3,232억 달러이고 연평균 13%대 성장률을 바탕으로 의료 및 헬스케어 시장과 바이오 농식품 시장 등을 점유, 확대해 나가고 있음

<그림 1-67. 99달러 수준까지 낮아진 유전체 분석 비용>

- 최근에는 유전자 분자 진단 분야까지 성장하고 있으며, 개체 시료에서의 샘플 준비, 유전정보를 읽어내는 해독, 생성된 유전 정보의 분석 등 안정적인 전장유전체 분석(Whole Genome Analysis)이 가능해짐
  - 바이오 분야의 주요 업체와 인텔과 같은 IT 분야의 업체가 기술 협력을 하여 생물정보의 접근성을 강화하여 사업화 방안을 확대할 전망
  - INTEL과 인실리코젠, Qiagen(시약 전문기업)은 업무 제휴를 통해 헬스케어, 생물정보 분야를 선두하고 있으며, 향후 미래 바이오융합기술을 실현
  - 생물정보 전문기업인 인실리코젠은 국가기관을 중심으로 동물유전체정보시스템 구축, 농생명 육종 연계활용 시스템 구축, 고대유전자원 데이터베이스 구축, 유전체 지식베이스 구축 및 시맨틱 기술개발

- 6.25 전사자 신원확인 유전자 정보 시스템 개발 등 우리나라 상당부분의 생물 정보 관련 데이터베이스를 구축
- 인공지능 개발의 가속화 및 데이터 접근성 확대에 따라 앞으로 농업 생명공학 분야의 개방형 연결 데이터 기술개발과 시맨틱웹 기술개발이 필요
  - 컴퓨터가 사람을 대신하여 정보를 읽고 이해하고 가공하여 새로운 정보를 만들어 낼 수 있는 시맨틱 웹 기술은 생물정보를 통한 생명자본주의 시대를 주도하는 원동력이 될 것

## 1) 대체에너지용 유지작물 확산

- 기후변화로 인해 식생의 변화가 촉진되면서 새로운 성장작목으로 대체에너지용 유지작물이나 바이오매스 자원이용, 미세조류 생산 등이 확산될 것으로 전망
  - 바이오디젤은 식량을 원료로 사용하기 때문에 수급불안과 식량안보 문제가 뒤따르는데, 이를 해소하기 위해 폐식용유를 이용하거나 식용으로 사용되지 않는 유지식물을 원료로 활용하는 연구가 진행 중
  - 특히 지구 전역에 광범위하게 분포하고 있는 미세조류가 만들어 내는 바이오 연료로 미래의 에너지 수요를 대처할 수 있을 것으로 기대됨
  - 미세조류는 바다나 민물에 서식하는 단세포 광합성 생물로서 세포 분열로 아주 쉽게 분열하면서 개체수가 폭발적으로 증가할 수 있으며, 일반 식물처럼 줄기나 뿌리 등의 조직이 필요 없기 때문에, 모든 세포가 광합성에 참여할 수 있음
  - 따라서, 같은 면적에서 재배를 할 때 미세조류에서 얻어지는 바이오 연료의 양은 옥수수나 콩과 같은 식물에서 확보하는 바이오 연료보다 훨씬 많음

## 제 2 장 미래농업 선도 방안

### 제 1 절 배경 및 필요성

#### 1. 배경

##### 1) 글로벌 선도국과의 농업분야 기술격차

- [농업분야 기술격차 존재] 우리나라 농업 분야 생산성이 지속적으로 향상되고 있으나, 국제적으로 생산성 상위국가와 비교하면 아직도 격차가 여전
  - 네덜란드의 시설채소 생산성은 세계에서 가장 높은 수준으로 2009년 기준 토마토의 경우 600톤/ha, 파프리카 300톤/ha, 오이 750톤/ha, 딸기 80톤/ha에 달함
    - 이처럼 네덜란드에서 과채류의 생산성이 높은 이유는 최적의 환경관리체계 및 재배시스템을 도입했기 때문으로 현재 토마토, 파프리카, 오이 등 채소류는 80% 이상 수경재배로 이뤄지고 있는 것으로 파악
    - 반면 우리나라의 경우 낙후된 시설, 관행·경험에 의존한 재배기술 등의 영향으로 2017년 기준 단위면적당 생산량이 토마토 100kg/평, 파프리카 190톤/ha, 오이 64톤/ha, 딸기 34톤/ha 수준(「2019 농업전망」, 한국농촌경제연구원, 2019년 1월)
- [글로벌 선도국 대비 후발주자] 글로벌 선도국과의 농업분야 기술 수준 분석 결과, 한국의 스마트팜 분야 기술수준은 최고기술보유국 네덜란드 대비 76.2%로 추격그룹에 속하며, 주요 9개 국가 중 8위임
  - 국가별 기술수준은 네덜란드(100.0%), 미국(95.6%), 독일(94.0%), 프랑스(89.0%), 영국(87.3%), 일본(84.3%), 호주(78.0%), 한국(76.2%), 중국(69.4%) 순으로 조사됨
    - 기술수준 최고그룹은 네덜란드이며, 미국, 독일, 프랑스, 영국, 일본은 기술수준 80% 이상 100% 미만으로 선도그룹에 속하며, 호주, 한국, 중국은 추격그룹에 속함

- 한국의 최고기술보유국 네덜란드대비 기술격차는 4.0년으로 대부분의 국가보다 뒤쳐져 있으나, 중국보다는 0.8년 앞서 있음

<그림 2-1. 2018 스마트팜 기술수준평가 9개국 기술격차 및 기술수준>

- 대분류 기술 중에서는 스마트팜 시설원에 계측장비 분야의 기술수준이 상대적으로 높으며, 스마트팜 축산 작업환경 관리 제어 및 자동화 분야의 기술수준은 상대적으로 낮은 것으로 분석됨
  - 4개 대분류 모두 70%대로 추격그룹에 속하는 것으로 나타남

<그림 2-2. 한국의 상대적 기술수준>

<표 2-1. (참고)기술수준조사 결과 총괄>

- [축산업 경쟁력 부족] 국내 축산업의 경우도 그동안 전업화·규모화, 시설현대화 등을 통하여 생산성이 지속적으로 향상되었으나, 국제적인 수준에서는 아직까지 경쟁력이 낮은 상황
- 양돈산업의 주요 생산성 지표인 모돈 1두당 연간 출하두수(PSY)의 경우, 우리나라는 2007년 19.5마리에서 2016년 21.2마리로 1.7마리 증가했고, 이유후 육성율도 2007년에는 69%였으나, 2016년에는 80% 수준으로 생산성이 향상
- 그러나 양돈 선진국의 경우 생육환경의 적정성·쾌적성을 위하여 환경관리 시스

템을 정밀하게 관리하고 자동화를 적극 도입함으로써 PSY가 덴마크 30.1마리, 네덜란드 28.4마리, 독일 27.4마리로 우리나라보다 상당히 생산성이 높은 수준이며, 이유후 육성율도 90% 이상인 것으로 파악

<그림 2-3. 주요국 PSY 비교<sup>87)</sup>>

- 글로벌 생산성 상위국가의 농업인들은 농업 노동력의 고령화·공동화 등으로 인해 지금의 농업방식이 더 유효하지 않게 될 것을 절감하고 각종 첨단 기계와 장비를 도입하고 활용하는 데 적극적임
- 농업혁신을 가속하고 기존의 방식으로는 해결하지 못했던 각종 농업 난제를 해결하기 위하여 첨단 ICT 기술과 농업의 융합을 적극적으로 시도
  
- 국내에서도 선도 농가를 중심으로 생산성 향상, 노동력 절감, 고품질 생산과 품질 관리에 첨단기술의 접목·활용하려는 시도가 확산
- 시설원예와 축산 분야를 중심으로 4차 산업혁명 기술과 농업을 융합하기 위한 다양한 노력을 전개하고 있지만 많은 부분에서 미진한 것이 사실

## 2) 과학기술 기반 농업 인프라 부족<sup>88)</sup>

### □ [데이터 인프라 부족] 농업 분야의 기술 도입 시 4차 산업혁명 핵심 기반인 데이터 인프라가 부족<sup>89)</sup>

- 4차 산업혁명 기술이 농업문제 해결 및 농업에 적용되기 위해 가장 기초가 되는 것은 데이터의 수집·저장·분석이다. 수집 저장된 데이터를 분석하여 IoT, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅에 응용되어 농업현장에 적용하는 것임
- 네덜란드는 IoT, 빅데이터 기술 진보와 함께 프리바(Priva)라는 세계적인 온실 설치 기업을 보유하고 있으며 네덜란드는 이러한 기반을 근간으로 하여 각국에 적합한 온실과 시스템을 수출하고 있으며, 우리나라 역시 프리바를 통해 온실 시스템과 소프트웨어를 구축하는 경우가 많음
- 그러나 우리나라의 경우, 자체의 시스템이 갖추어져 있지 못해 각종 고급 데이터가 사장되는 결과를 초래하고, 우리나라 시설농가 스스로 개선된 영농활동을 영위하는데 한계를 보일 수 밖에 없는 구조
- 우리나라는 아직까지 농가의 경험과 기존 농업방식에 의존하는 경영형태가 대부분이며 실제 작물의 환경 및 실험데이터 등은 수집·분석되지 못하고 있는데 이는 아직까지 우리나라의 4차산업혁명 관련 기술이 ICT 수준에서 벗어나지 못하고 있기 때문임
- 따라서 기상, 지질, 작물생육, 온실환경, 유통, 수요자 행태, 공급량 추이 등 모든 형태의 데이터가 구축되지는 못하더라도 최소한 기초가 되는 농가 생산단계의 작물 생육과 환경정보는 우선적으로 데이터화할 필요가 있음
- 우리나라의 강점은 세계수준의 IT 기술수준이므로 따라서 데이터 인프라 생태계 구축을 통한 데이터 확보가 빠르게 진전될 경우, 4차 산업혁명 기술의 발전은 매우 빠르게 이루어질 가능성이 높음

### □ [농업기반 조성 미흡] 미국 등 선진국에 비해 우리나라는 영세한 경영규모와 농업 기반 조성 부족으로 인해 기술 보급에 더딤<sup>90)</sup>

- 미국의 경우 농지정리가 잘 되어있고 규모화된 생산시스템을 보유하고 있으며 이는 4차산업혁명 기술을 적용하는 데 있어 매우 유용한 구조

88) 4차 산업혁명시대 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향, 농림식품기술기획평가원, 2017.7

89) 4차산업혁명에 대응한 스마트농업 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2017.10

90) 4차산업혁명에 대응한 스마트농업 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2017.10

- 규모화된 경작지는 자율주행농기계, 드론 이용의 효율성, 향후 AI 시스템 구현에 매우 유리한 조건임
- 우리나라의 경우, 영세한 경영규모와 발정비 기반이 충분하지 않아 관련 기술보급에 애로사항으로 작용할 것으로 판단
- 따라서 4차산업혁명 기술을 빠르게 구현하기 위해서는 현재 진행되고 있는 발기반정비사업, 들녘경영체 육성 등 관련 정책이 합리적으로 추진될 필요가 있으며, 4차산업혁명 관련 R&D와 동시에 장기적인 관점에서의 경지정리 방안도 마련할 필요가 있음

□ [전문인력 양성 부족] 국내의 경우, 스마트 농업 경영인의 부족 및 미래농업 기술 개발 전문 인력도 부족한 상태이며, 스마트팜 확산 정책에도 불구하고 여전히 높은 진입 장벽, 취약한 스마트 농업기술, 전문 인력의 부족, 교육기관 및 교육 내용 미흡 등으로 스마트 농업의 확산이 제한적인 상태

- 네덜란드의 경우, 전체 축산 및 화훼 농가의 90% 가 스마트 농업경영체로 구성되어 있는데 비하여 우리나라는 스마트 농업경영체 비중이 시설원예는 7%, 축산의 경우는 1% 이하로 머물고 있음
- 현재 마이스터고에도 첨단시설과를 개설하여 운영하고 있으나 스마트팜 관련 전문교육기관과 연계하여 교육하는 데는 한계가 있음
- 연계체제 구축, 운영자금 지원 등이 이루어지지 않으면 현실적으로 어려움
- 자영농 육성뿐만 아니라 농업을 기반으로 한 배후 산업(기자재 생산)에서의 전문 인력 양성 필요
  - 농산업부문별 인력양성유형, 필요 자격, 교육기관간 네트워크 구축 및 프로그램 체계화, 지원 프로그램 등

□ [민간 부문 투자 활성화 미비] 선진국의 경우 4차 산업혁명 관련 농업 분야에 지속적 기술 개발 및 투자로 인해 기술이 빠르게 성장하고 있으나, 우리나라의 경우 정책적 수요에 의해 제한된 기술 개발 수준에 머물러 있음<sup>91)</sup>

91) 4차산업혁명에 대응한 스마트농업 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2017.10

- 선진국의 경우, 프리바, 후지쓰, 존디어 등 민간업체들이 농업과 관련된 4차산업 혁명 기술을 지속적으로 개발해 왔으며 현장 실증이 완료되고 실용화 단계에 이르고 있음
- 우리나라는 다분히 정책적 수요에 의해 관련 기술을 개발 중이며, 아직까지는 스마트팜 및 빅데이터 개발 등이 비교적 활성화된 수준
- 따라서 정부주도형 R&D를 넘어 민간자본이 추가되는 산업구조가 필요하며, 이 과정에서 민간자본의 농업진출에 대한 규제완화와 민·관·연 등이 협력 할 수 있는 제도가 필요함
- 선진국 사례를 바탕으로 국내 농업 분야의 민간부문 R&D 발전 방향 및 투자방안에 대해 적극 육성할 필요가 있음

□ [창업생태계 미흡] 국내 스마트 농업 분야 창업 자금 대출의 경우, 신용·담보 중심의 대출이 이루어지고 있으며 기술력 또는 가능성 중심 투자는 매우 미흡한 실정

- ‘청년 스마트팜 종합 자금’의 경우, 신용평가에 따른 채무(30%) + 비채무평가(70%)로 평가 이루어짐
- 모태 펀드의 경우, 창업 초기 기업은 투자 기피

<표 2-2. 국내 스마트팜 정책자금 현황<sup>92)</sup>>

92) 스마트 농산업시대의 청년 일자리와 인력 양성 방안, 2018년도 한국농·산업교육학회 정기학술대회

## 2. 미래농업 선도 필요성

### 1) 미래 농업 선점을 통한 기회 확보 필요성

□ [미래농업 기술 개발을 통한 기회 확보] 우리나라 4차 산업혁명 기술 수준은 선진국에 비해 낮은 수준이지만, 농업 분야에 첨단 기술 개발에 집중 투자 시 새로운 기회 확보 가능

- 우리나라 농식품 분야 제4차 산업혁명 기술수준은 미국대비 69.0% 수준(2017)으로 농식품 분야의 기술수준(2016년, 78.4%)보다 낮은 상황
- 선진국에서는 인공지능, 로봇, 빅데이터 등 4차 산업혁명 기술을 적용한 정밀농업기술 등 농업 ICT융합 R&D 관련 기술의 상업화 및 실용화에 주력
  - 존 디어의 자율주행 트랙터, 에어이노브(Airinov)의 광학 탐지장비 탑재 드론, 블루리버테크놀러지의 잡초제거 로봇(LettuceBot) 등
- 우리나라의 경우 스마트팜에 특화된 선택적 차세대 솔루션 개발에 집중적으로 투자해 글로벌 기술 경쟁력 선점 기회를 확보해야 함
  - 정부의 혁신성장 및 스마트팜 확산정책을 뒷받침하기 위해서는 기존 전략(Fast Follow)에서 탈피한 글로벌 기술선도 전략으로 방향을 전환할 필요
  - 국내 인공지능, 로봇, 에너지 과학기술분야 전문 인력과 산업기술이 스마트팜 연구 분야에 유입되어 스마트팜 융합·원천 기술개발이 촉진될 수 있는 여건
  - 네덜란드(WUR)의 경우 2018년도부터 인공지능 기반 자율형 스마트팜(Autonomous Greenhouse) 기술개발에 착수

□ [특화된 기술역량 확보 필요] 정보통신, 에너지 등 기술적 강점과 연구 인프라가 풍부한 분야와의 적극적인 기술융합을 통해 미래농업 분야에 특화된 솔루션을 선택·집중적으로 개발할 필요

- 현 상황 지속 시 향후 스마트팜 분야 글로벌 기술경쟁력 제고 난망은 물론, 글로벌 선도기업에 국내 스마트팜 데이터 유출로 인한 영구적 기술종속 우려
- 스마트팜 연관 산업 내수시장의 규모적 한계와 글로벌 시장 진출 또한 농업의 외연 확대 측면에서 반드시 고려해야 할 요인

- 국내에서는 농축산업 생산 단계에 ICT기술을 접목한 한국형 스마트 팜 모델 구축 등 국내 생산 환경에 적합한 기술 확보를 위해 주력하고 있으나, 고착화된 저성장을 탈피하고 4차 산업혁명에 대응하기 위한 능동적 전략 수립이 필요한 시점
- 해외 주요국은 각국이 강점을 보유한 분야에 ICT기술을 접목하여 농업의 첨단·정밀화 및 수출 경쟁력 확보를 위해 노력 중
  - (미국) 정밀농업, (일본) 식물공장, (네덜란드) 온실 환경제어

□ **[한국형 농업 혁신 모델을 통한 글로벌 시장진출]** 장기적인 관점에서 현재 선진국 기술 추격형인 스마트팜의 위상을 한국형 스마트팜 모델 (K-Farm)의 글로벌 시장진출을 위한 R&D 추진 시급

- 시설농업 수요가 높은 글로벌 시장으로의 진출 확대를 위해 스마트팜 시장을 선도할 수 있는 원천기술 개발에 집중 필요
- 기 개발된 1·2세대 스마트팜 R&D 성과의 종합적 활용을 통한 기술 고도화와 수준 높은 기술의 현장 확산을 통해 현재 우리 농업의 한계를 극복하여 지속가능성을 확보해야 할 시점
  - 기존의 스마트팜 R&D 사업은 특정 작목·축종에 지나치게 편중되어 있고, 현재 보급된 기술수준도 낮아 기술 확산 및 농업의 지속가능성 확보 기여도가 낮은 상황
  - 부처 간 분절된 사업 구조로 인해 로봇·센서 등 타 분야 첨단기술의 유입이 어렵고, 별도 사업 추진에 의한 유사중복이 지속적으로 우려
  - 따라서 부처 간 협업사업으로 신규 기획을 통해 각 부처에 분산된 기존 스마트팜 R&D 기술·성과물을 통합·고도화하여 기술 확산의 실현 필요
- 다양한 작목과 축종별로 상이한 재배와 사육환경을 고려한 사용자 중심의 최적화된 한국형 스마트팜 모델 개발을 통한 현장적용·보급 확산을 도모
  - 부·청 주도의 고도화 및 실증/최적화 기술개발과 과기정통부 주도의 무인·자동화 차세대 융합원천 기술개발을 통해 부처간 협업 시너지를 극대화

## 2) 융복합 원천기술 개발 및 신산업 창출 생태계 조성의 필요성

- [원천기술 확보의 중요성] 미래농업 분야의 원천기술을 확보하여 한국농업이 직면한 문제해결 극복을 위한 경쟁력 강화가 필요한 시점이며 글로벌 기술 경쟁력 제고를 위한 R&D 전략추진 필요
  - 농업 생산의 기술적 한계를 극복하고, 고질적 농업문제를 통제 가능한 영역으로 변환시키는 전략
  - 지능형 미래농업은 농업문제 극복뿐만 아니라 농업의 생산성, 자원이용의 효율성 제고와 더불어 할 수 있는 수단이 될 것임
  
- [기술 융합] 농업의 기술적 한계 극복하고 미래농업으로 나아가기 위해서는 이종기술과의 융합 강화가 필요
  - 농업분야는 생물을 다루는 산업으로서 다양하고 예측하지 못하는 가변적 요인으로 여러 분야가 협력하는 융복합 연구 필요
  - 기존 농업기술에 다학제 기술을 융합시켜 생산·유통·소비 전 과정에 걸쳐 생산성, 효율성, 품질 향상시킬 수 있는 최적화 기술개발 필요
  - 기존 농업 생산기술의 한계를 명확하게 파악하고 해결해야 할 정확한 목표 설정, 융합이 필요한 기술과의 결합이 핵심
  
- [인프라 조성의 필요성] 4차 산업혁명 기술을 활용한 스마트농업을 실현하기 위해서는 관련 인프라 조성이 무엇보다 중요하며, 신산업 창출을 위한 농업 생태계 전환 추진 필요<sup>93)</sup>
  - 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등의 관련 기술 개발에 앞서 그 기술이 실현될 수 있는 생태계 조성이 우선적으로 고려해야 함
  - 우리나라 역시 범부처 차원의 4차 산업혁명 관련 기술과 제도를 빠르게 정비해 나가고 있으나, 농업 분야 역시 이런 거대한 흐름에 맞추어 신산업 창출이 가능한 전체 농업 생태계 전환을 추진해야 함

93) 4차산업혁명에 대응한 스마트농업 발전방안, 한국농촌경제연구원, 2017.10

- [정부 주도의 혁신] 4차 산업혁명의 패러다임 속 농업의 혁신을 위해 정부 주도의 신산업 인프라 구축을 통해 농업 패러다임을 전환하고 창조경제를 실현<sup>94)</sup>
  - 지난 수십 년간 우리 농업은 ‘수급불안’, ‘가격폭락’, ‘소득 불안정’ 등의 고질적인 문제가 계속되었는데 그 원인은 우리 농업이 1차 산업으로서의 농업시스템에서 벗어나지 못한 데에 있으며 즉, 새로운 고객경험가치를 충족하는 시스템으로 발전하고 못하고 있음
  - 고품질 농산물을 생산할 수 있는 시설작물의 경우 비용의 약 40%를 에너지가 차지하고 있기 때문에 신재생에너지 장려정책을 통해서 에너지산업과 농업의 동반성장을 추구할 것과 신규 수요창출에 어려움을 겪고 있는 로봇, ICT산업 또한 도농교류를 통한 고부가가치 농업의 접목을 통해서 새로운 토대를 만들 수 있음
  - (과학기술 융복합을 통한 농업 패러다임 전환) 4차 산업혁명은 제조에서 서비스로 패러다임의 전환을 가져오고 있는 만큼 미래농업의 조감도와 함께 새로운 산업의 SOC에 해당하는 신산업의 인프라를 정부주도로 구축할 필요성이 있으며, 전통적인 1차 산업인 농업과 과학기술 간의 융복합을 통한 스마트 농업으로의 패러다임 전환, 신산업 및 일자리 창출 등 창조경제를 실현 기대

94) ‘농촌 뉴딜을 말한다. 이제 농업의 패러다임을 바꿔야 할 때’, 중앙대 권혁인 교수 기고, 2018.9.12

## 제 2 절 융복합 원천기술 개발

- 새로운 미래농업을 견인할 미래 스마트 농업의 핵심인 데이터, 서비스, 맞춤형 농업 분야의 핵심 융복합 원천기술 개발 소개

### 1. 데이터 농업

#### 1) 데이터 농업 개요

- [배경] 농업의 4차 산업혁명은 자동화를 넘어 자기 조직화된 최적화를 지향하며 그 바탕에는 사물인터넷 기반의 데이터 수집, 클라우드 기반의 빅데이터 구축, 인공지능(AI) 기반의 최적화 예측과 맞춤형 농업로봇 등에 의한 최적화 작업으로 연결되는 **데이터 농업**이 있음
  - ICT 기술의 발전과 함께 IoT, 인공지능 등 첨단기술이 각광받기 시작했으며 이러한 기술의 근간에는 많은 양의 데이터를 효율적·효과적으로 추출하고 활용할 수 있는 빅데이터 기술이 반드시 요구되는 상황<sup>95)</sup>
- [농업 선진국] 이스라엘과 네덜란드 등 농업 선진국의 첨단농업 경쟁력은 1·2·3차 산업의 융합에서 발현되고 있으며, 데이터 농업을 통한 농업 생산량 극대화
  - 모니터링 및 분석을 통해 작물 상태를 최적화 시키고 생산성을 최대화시키는 기술이 핵심임
  - 네덜란드의 프리바사는 작물 수확량 모니터링이 가능한 원예 자동화 시스템을, 호티막스사는 기상정보를 예측해 온도 편차를 최적화하는 제어시스템을, 이스라엘 파이토크사는 정보통신기술(ICT)로 작물과 경작환경 최적화 시스템을 개발

95) 미국의 빅데이터 R&D 전략 계획, 정보통신기술진흥센터, 2016-12호

- [국내 현황] 이처럼 글로벌 농업 시장은 농산물 수급예측, 정밀 농작업 수행 등을 위한 농업 데이터 분석 기법의 중요성이 높아지고 있으나, 국내 데이터 농업 수준은 미흡
  - 데이터 획득·분석·서비스 제공을 위한 데이터 농업의 기반 마련 필요
  - 데이터 획득을 위한 센싱, AI기반 이미징 분석 등의 센싱 및 진단 기술을 통해 데이터 농업의 기초 저변 확대 필요
  
- 빅데이터 활용 차원에서 선진 농업국과 같은 경쟁력을 확보하지 못하면, 농업용 데이터를 외부에 의존하게 되는 상황이 초래
  - 농업의 경쟁력이 인프라와 기술, 하드웨어와 소프트웨어에서 빅데이터와 이를 이용하는 인공지능으로 이동
  - 가치 있는 데이터 수집, 분석과 가공을 통해 경쟁력을 높이는 데이터 활용법이 미래 농업경쟁력의 원천
  - 현재 한국 농업현장의 데이터 일부는 외국으로 유출되는 상황(외국계 스마트팜)으로 향후 외국기업에 데이터를 의존하는 데이터 종속도 우려
  
- [데이터 수집] 센싱 기술 및 멀티타겟 센싱봇 개발 등을 통해 작물의 생육·생체 정보, 농작업 정보, 미생물 등 토양 환경 및 관수 정보 수집
  - 디지털 혁명시대에 진입하는 농업은 저장 스토리지와 컴퓨팅 용량의 증가, 고분해능 원격 환경측정센서의 확산으로 스마트팜을 비롯한 농업, 식품 산업 전반에서 막대한 양의 데이터를 창출함
  - 디지털농업의 성공을 위해서는 시스템 다이내믹과 최적화를 구현할 수 있는 컴퓨팅 자원의 확보와 농업 생산효율성 확보를 위한상호 연계된 데이터의 통합(integration) 및 클라우드 간 실시간 자료통신 기술이 핵심으로 부상 중
  - 디지털정보의 장거리 전송 관련 기술을 실용화를 위한 효과적인 데이터수집 방법과 획득 플랫폼 기술 개발이 필요한 실정임
  - 스마트농업 관련 생산·유통·소비 분야 데이터를 공유·활용하여 국산 기자재의 성능향상 유도 및 농가 생산성 향상 지원 필요

- [데이터 분석·활용] 빅데이터 분석을 통해 농장 최적화를 통한 생산성 극대화, 최적 작물보호제 및 신제품 개발 기한 단축, 서비스 농작을 위한 의사결정 지원 등 다양한 분야에 활용도 증가
  - 고도화된 센싱 기술을 통한 데이터의 양적증가, 첨단 알고리즘, 컴퓨팅 파워와 데이터 저장능력의 향상으로 인한 데이터 분석/활용 요구도 증가
  - 최근 정보통신기술 (ICT)과 농업을 접목 시킨 다양한 시스템 (생산관리시스템, 자원관리시스템, 판매관리시스템, 온실관리시스템, 배송관리시스템 등)의 개발로 인한 수요증가
  - 세계적인 Data Farming 회사들 (FarmLogs, Farmers Business Network, John Deere 등)의 데이터 활용 및 가공데이터서비스 산업으로의 공격적인 투자로 예측되는 긍정적 미래 전망과 이에 발맞춰 기술 개발의 필요성 대두

<그림 2-4. 농업 데이터 처리 과정 예시<sup>96)</sup>>

- [AI 적용] 해외에서는 인공지능과 관련한 데이터 농업이 활성화되고 있으며 병해충 진단 등에 대해 인공지능을 접목한 연구가 진행 중
- [인프라 구축] 각 분야의 전문가 협업을 통한 단계별 R&D 및 데이터 농업 활성화를 위한 클라우드 플랫폼 등의 인프라 조성 필요

96) Technological innovation of agricultural information service in the age of Big Data, J. Agri. Sci. Technol., 2014

## 2) 국내외 데이터 농업 현황

### 2-1) 국내 현황

- 농정원은 스마트팜 우수농가의 생육·환경정보를 공동 활용할 수 있도록 ‘스마트팜 2.0 서비스’를 운영 중(16.5월~), 또한 연구기관, 민간기업 등에서 빅데이터 기반의 S/W 개발 및 스마트팜 성능 업그레이드를 위해 대량유통 방식의 정보공유 수요 지속 발생하여 개방형 스마트농업 데이터 수집·공유 플랫폼 구축 사업을 추진 중
- 농정원은 농가 현장에서 즉시 체감할 수 있는 데이터 컨설팅 기반의 농가 활용 서비스를 고도화하여 일반 농가들의 생산성 향상을 지원 필요 스마트팜 데이터 컨설팅 서비스 기반 구축하고 데이터 기반 농가 피드백 서비스 제공을 위해 선도농가의 데이터 공유 및 교류를 지원하는 학습조직 운영 중
- 노루기업은 중국(베이징/톈진/지린/이닝/란조우), 카자흐스탄 (자르켄트), 미국 (하와이)의 해외스마트팜으로부터 데이터 수집-판매-서비스 상용화 체계 구축 및 데이터 센터 운영 중

#### <그림 2-5. 노루팜 해외 운영 데이터센터 현황>

- (주)이레아이에스는 작물의 근권부 관리를 위해 “한국형 배지함수율측정 장치”를 통해 작물 근권부 관련하여 8개의 데이터를 국내 농가 200여개로부터 수집 중으로 농가가 시스템에 접속하여 데이터를 열람하는 횟수가 하루 평균 20회 정도로 그 활용도가 매우 높음

<그림 2-6. RMFarm 근권부 모니터링 SW 모습>

## 2-2) 국외 현황

- 글로벌 Data Farming 기업들의 어그텍(Agtech) 분야에 막대한 투자를 시작하여 2015년 46억달러로 2010년에 비해 40% 이상의 투자규모 증가
- 어그텍 스타트업의 투자비중이 데이터 분석/활용 기반의 '식품 전자상거래 (40%)'로 집중되고 있고 데이터 활용기반 IT회사들의 농업분야 비즈니스 사업 확장이 진행 중
- 다국적 기업 구글은 천연 식물성 원료 생산업체인 임파서블 푸드 (Impossible Food) 투자, 농장관리 소프트웨어 업체 그라놀라(Granular) 투자, 파머스 비즈니스 네트워크에 1,00만 달러 투자, 기후데이터 분석 스타트업 '웨더빌'에 4,200만 달러 투자, 물사용 등 환경제어 업체인 '크롭엑스'에 900만 달러 투자
- 마이크로소프트는 몬산토와 공동으로 브라질 농업기술 스타트업에 1천억원 투자
- 소프트뱅크는 버티컬파밍 스타트업인 플렌티에 2천억원 투자하여 북해도에 농업 생산법인 설립하고 농업 IT업체 테라스마와 업무제휴 농업 가공 데이터 활용 산업에 공격적 투자를 진행 중
- 알리바바는 농촌전자상거래에 2014년부터 5년간 2조원 투자하고 중국 유제품 전문업체 이리의 자회사 '이리쉬무'를 20억 위엔에 인수
- 팜로그스(FarmLogs)는 센서, 위성 관측을 통한 농지 전체 및 작물 상태 측정하고 작물 생육정보 및 강수량, 토지상태, 양액 등의 실시간 정보파악을 통한 모니터링을 서비스하면서 데이터를 가공하여 처방관련 의사결정 지원 서비스를 시작함

<그림 2-7. Farmlogs 데이터분석 SW 모습>

- 파머스 비즈니스 네트워크(Farmers Business Network)는 빅데이터를 기반으로 한 글로벌 농가간 네트워크 서비스를 시작하여 구글로부터 1,500만 달러 규모의 자본 조달에 성공 ('15. 05.19), 이 회사는 농작물 수확량, 날씨, 재배방법 등의 데이터를 분석해 농가 맞춤형 컨설팅 전문으로 서비스를 시작함
- 존 디어(John Deere)는 기 확보한 트랙터시장의 농기계에 부착된 센싱을 통한 데이터 기반 정밀농업 서비스를 구현하기 위해 농업용 빅데이터 수집과 머신러닝을 통한 농장관리 자동화에 데이터를 활용하고 있음, 또한 초콜로라도 소재 소프트웨어 업체 DN2K와 공동으로 합자회사 세이지 인사이트 Sage Insights 설립을 통한 유통업체와 컨설턴트들이 작물 데이터를 한 데로 모아 관리할 수 있는 클라우드 컴퓨팅 플랫폼을 개발함

<그림 2-8. 존디어 트랙터에 부착된 데이터 모니터링 및 활용 모습>

- 클라이밋 코퍼레이션 (Climate Cooperation)는 Bayer Crop에 인수된 구 Monsanto에 의해 1조원에 인수된 데이터 분석/활용 기업으로 정밀도 100m2의 구역단위로 30년간의 미주 전 지역 1,500억 곳의 토양 데이터와 60년간의 수확

량 데이터를 토대로 미국 면적 1억 6000만 에이커 (64.7만km<sup>2</sup>)의 세분화된 맞춤형 서비스 제공

<그림 2-9. 클라이미트 필드뷰 활용 컨셉>

### 3) 데이터 농업 필요 핵심 기술

- 디지털 농업을 위한 필요 기술과 목적

<표 2-3. 디지털 농업을 위한 필요 기술과 목적>

### 4) 클라우드 플랫폼 구축

- [개방형 플랫폼 구축] 현재의 ICT 융합기술을 몇 단계 뛰어넘을 수 있는 획기적 개방형 플랫폼 구축이 필요<sup>97)</sup>

---

97) 제199호 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래, 농촌진흥청, 2017.7.14. 참고

- 무선 센서 네트워크(WSN)를 이용하여 물리적 환경(온도, 습도, 이산화탄소 농도, 토양) 생물학적 환경(식물 성장, 병충해) 등 농업 생산에 영향을 주는 매개변수를 주기적으로 측정하여 최적의 환경 조건을 분석하도록 서비스 제공
- 글로벌 개방형 플랫폼 구축을 통해 빅데이터의 빠른 수집과 이를 활용할 수 있는 다양한 생태계 조성이 필요

○ **(몬산토 사례)** 유전자변형작물(GMO)로 유명한 몬산토는 2010년 이후 Precision Planting, The Climate Corporation 등을 비롯해 정밀농업 기술을 보유한 스타트업을 인수하면서 종자·제초제 기업에서 ‘데이터 + 분석’에 기반한 디지털 농업기업으로 본격적으로 변신했으며, 농업용 로봇, 농장 경영 소프트웨어,물관리 모바일 플랫폼 기업 등의 포트폴리오 투자를 통해 클라우드 기반의 디지털 농업 체계 구축

○ **(SPENSA 사례)** 미국 인디애나주에 위치한 스타트업인 SPENSA는 실시간으로 해충 모니터링이 가능한 클라우드 플랫폼을 구축해, 대시보드를 사용하여 즉각적인 농작물 보호 조치를 할 수 있는 서비스 제공

□ **[클라우드 플랫폼 개요]** 센서·환경제어기 기업 제품 등으로부터 수집되는 정보를 취합하여 개별 온실 농가에 재배컨설팅 등의 서비스를 제공하는 클라우드 플랫폼

- 체감할 수 있는 서비스 제공으로 더 많은 정보가 집적되고, 이는 더 정밀한 서비스(인공지능 기반)로 연결되는 선순환 구조 창출



□ **[빅데이터 플랫폼 구축]** 농업 분야의 정부, 공공기관 데이터를 공유해 민간에서 활용할 수 있는 클라우드 기반 빅데이터 플랫폼 구축(DB Layer), 인공지능 분석 SW 개발(Analytics Layer) 및 서비스 SW 개발(Service Layer) 추진

- 빅데이터 분야는 농업의 생산, 유통, 식품, 질병 분야에 여러 용도로 사용 가능한 기술이며, 대표적인 개발기술은 기상정보 및 관련 빅데이터를 활용한 농업용

저수지 정보 분석 기술, 가축의 형질 결정 유전인자에 대한 빅데이터 분석을 통한 생산성 향상, 신경회로망 응용 토마토 주요 병해충 실시간 진단 분석 기술 등이 있음

○ 생장/수확량 예측기반 최적 생산환경 관리 지원 플랫폼 개발

- 병해충 조기진단, 작물 생육/생리 정보 계측 센서 기술 개발 및 자동획득기술 개발
- 센서 정보기반 생장/수확량 예측 모델 개발 및 적용
- 농작물 및 농기계에 대해서도 빅데이터를 적용, 생산 최적화를 위한 수리적 기법을 적용해 생산 최적화를 위하여 수분, 온도, 습도, 일사량 등 최적 생산조건 탐색

○ 지능형 스마트팜 복합환경 및 양액제어 기술 개발

- 작물 생육 단계별 최적 조성환경 기술 개발
- 자동 제어를 위한 인공지능 제어 기술 개발
- 실증 적용

○ 스마트팜 데이터 통합 분석을 위한 인공지능 플랫폼 개발

- 인공지능 활용 통합 농업 정보 분석 기술 개발
- 방제작업, 농작업, 환경제어 등 의사결정지원 기술 개발

## 5) 데이터 협업 생태계 조성

- [스마트농업을 위한 데이터 체계 구축] 스마트농업은 데이터에 의해 움직이므로 핵심기술로서의 농업 데이터를 체계적으로 구축하는 과정이 반드시 필요하며, 농업 데이터는 작목은 물론 지역별로 다르고 구축 단계에서부터 상업적 활용을 고려해야 함<sup>98)</sup>
  
- [정부차원의 생태계 조성] 지역, 기업, 부처 간 사업 단절로 농업 빅데이터 구축의 비효율성 존재하며, 따라서 지자체와 기업의 협력으로 농업 빅데이터의 체계적 구축이 가능해지도록 정부 차원의 통합 거버넌스 확립 필요<sup>99)</sup>
  - 따라서 지자체와 기업이 스마트농업을 위한 데이터를 구축하는 영역에 집중할 수 있도록 정부는 교통정리와 유인을 확대하기 위한 정책 마련이 필요함
  - 농기계 산업 생태계가 활성화되어 있는 일본의 경우 지자체와 지역 대학, 그리고 농기계 업체가 집중적·장기적으로 농업 빅데이터를 수집하고 있으며, 작물 생산 전 과정에 걸쳐 농기계에 부착된 센서를 이용하여 환경 정보, 생육 정보, 수확 모니터링 등에 관한 모든 정보를 수집하고 관리함
  - 이러한 과정의 반복을 통해 축적되는 데이터를 분석하여 다음 해의 생산과정에 활용함으로써 농가는 물론 국가 단위의 빅데이터를 구축할 수 있음
  
- [개방형 플랫폼 구축을 통한 협업] 농업분야의 개방형 플랫폼 기반 빅데이터 ‘창업대회’ 개최 등 종자와 농화학기업 중심에서 유전학, 데이터 분석, 드론 등 다양한 비즈니스 주체의 참여와 협업적 개발을 유도
  - 국내기업 중에서 다음카카오, 네이버, SK, KT의 경우 빅데이터 기반의 플랫폼 서비스를 강화하고 관련 스타트업 설립을 적극 지원하고 있으며, 혁신적 아이디어에 대해서는 평가에서 사업화까지 창업을 지원
  - 농업 빅데이터 관련 연구자가 모일 수 있는 자리를 마련 → 빅데이터 생태계 조성

98) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 2018.12.30

99) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 2018.12.30

## 2. 서비스 농업

### 1) 의사결정 서비스

- [의사결정을 통한 최적화] 농가에서의 수집된 정보를 바탕으로 최적화된 솔루션을 제공하는 의사결정 서비스가 상용화되고 있음
  - 미래농업은 기후 스마트한 농업생산, 생산기계의 로봇화, 의사결정시스템의 진화와 맞물려 진행될 것이며 하드웨어 개발과 함께 의사결정이 가능한 소프트웨어의 개발도 중요함
  - 생산 단계에서의 의사결정 뿐만 아니라 유통을 아우르는 수요와 공급이 예측가능한 의사결정 시스템의 기술이 개발될 것임
  - 인공지능 재배관리 플랫폼(클라우드 기반) 개발을 통해 농가별 환경을 분석, 최적의 품종, 파종시기, 비료량 등 처방 등 의사결정 서비스 고도화

#### <(사례①) 미국의 Agribile>

- 2012년에 설립된 스타트업으로 위성 이미지, 무인항공기 기반 데이터, 기계 기반 센서 및 타사에서 제공되는 데이터 소스를 종합하여 농부의 의사 결정에 도움이 되는 분석 플랫폼 제공
  - 핵심 제품은 'Morning Farm Report'로 수확량 예측, 질소 이용 가능성, 일기 예보 등과 같은 현장 수준의 통찰력을 제공
  - 美농업생물공학회(ASABE)\*에서 주최한 '2016 AE50 Award'에서 제품 및 시스템 기술 부문에서 혁신상 수상

#### <(사례②) 스위스의 Gamaya>

- 2014년 스위스에서 창업한 스타트업으로 드론에 초분광 기술을 적용한 영상과 인공위성 이미지, 기후 및 기상 데이터를 활용해 작물 맞춤형 솔루션 제공
  - 하이퍼 스펙트럼 센서를 제조하여 멀티 스펙트럼 이미지를 사용하는 대부분의 드론 이미지 회사와 차별화 요인 구축
  - 40개 이상의 빛 밴드를 캡처하고 식물의 특정 생리적 특성을 감지하여 재배 효율 분석에서부터 산출 예측, 잡초 탐지, 영양소 검출 등을 하이브리드 클라우드를 통해 맞춤형 솔루션 제공

<그림 2-10. (좌) Agrible Morning Farm Report<sup>100)</sup> / (우) Gamaya 분석 솔루션<sup>101)</sup>>

### <(사례③) 이스라엘의 Taranis>

- 이스라엘 스타트업으로 항공이미지, 필드 센서, 기상 데이터를 포함한 여러 데이터 소스를 사용하여 빅데이터에 기반한 의사결정 플랫폼 제공
- 해충 및 작물 질병 예측을 하는 Disease Prediction Models, Smart Field Scouting 등을 비롯해 현지 수준의 날씨를 제공하는 Filed Weather Forecasting 등 다양한 솔루션 제공

### <(사례④) Farmlogs>

- 센서, 위성 관측 등을 통해 농지 전체 및 작물 상태를 측정해, 작물의 성장 단계별 데이터를 통한 상태 파악 가능
- 생육 기간 등의 변수에 따른 생육정보 예측, 주변 작물과의 성장 속도 비교 등
- 생육 정보 외 강수량, 토지상태, 양액 등의 실시간 정보 파악이 가능하며, (스마트폰 어플리케이션 연동), 의사결정 지원 서비스 제공

<그림 2-11. (좌) Taranist<sup>102)</sup> / (우) Farmlogs 분석 솔루션<sup>103)</sup>>

100) AGPRO

101) <http://www.uiennieuws.nl/>

102) Taranist

103) Farmlogs

## 2) 원격 제어 서비스

- [스마트팜 원격 제어] 원격 제어 서비스로는 대표적으로 스마트팜이 있으며, 생육환경제어, 정밀 농업 등의 ICT 융복합 서비스 제공
  - 스마트팜이란 시설현대화된 온실·축사에 통신장비(센서, 제어기 등)와 환경관리 SW 설치·운영을 통해 스마트폰·PC로 농장 시설물의 원격·자동제어가 가능한 농장
  - 구체적으로 환경관리, 생장관리, 정보분석으로 구분하여 온도·습도·CO<sub>2</sub>·광량·풍속 등에 대한 정보수집 및 원격모니터링을 통한 환경관리, 축장·난방 등 환경제어와 양액 등 생육에 필요한 복합환경 생장 관리, 축적된 생육정보 DB를 활용한 분석 및 컨설팅 지원을 위한 정보 분석을 도모
  - 1세대 스마트팜 모델이 원격감시 및 제어를 통한 편의성 향상이 핵심기능이었다면 2세대 모델은 작물 생육환경을 자동 제어함으로써 생산성을 높이는 것을 핵심으로 함
  - 농업의 4차 산업혁명 기술 발전으로 인해 국내에서도 날씨와 생육관련 빅데이터를 반영한 맞춤형 재배를 위한 기술 개발이 진행 중

<표 2-4. 한국형 스마트팜 모델 비교<sup>104)</sup>>

### <(사례①) 이스라엘의 Netafim>

- 이스라엘은 세계 최고의 온실관리 기술을 가지고 있으며 고객맞춤형 설비와 컨설팅 등의 스마트팜 기술을 수출
  - 온실의 점적·미량관개시스템 공급업체 네타핌(NETAFIM)은 110개국에 재배 솔루션 ‘유매니지 (uManage)’ 플랫폼과 다른 작물을 재배하고 농업을 운영하는 통합적인 솔루션 제공

<그림 2-12. Netafim의 Umanage<sup>105)</sup>>

### <(사례②) 덴마크의 크리스텐센 농장>

- 통제된 시설 안에서 빛·공기·열 등 생물이 자랄 수 있는 환경을 인공적으로 조절 하여 공산품처럼 농산물을 생산
  - 크리스텐센 농장에서는 빌딩 형태의 입체식 자동 식물공장과 태양광, 고압나트륨 램프를 병행한 광원시스템을 도입

### <(사례③) 한국의 KT>

- KT의 경우 국내 스마트팜 복합환경제어 기술개발한 사례가 있으며, 최근 아랍에미리트에 스마트팜을 구축하는 등의 해외 진출 모색
  - KT가 아랍에미리트(UAE) 샤르자 코르파칸에 약 600m<sup>2</sup>(180평) 규모의 장애인 맞춤형 ‘스마트팜’을 구축(11.18)하는 등 성공적인 해외 진출해충 및 작물 질병 예측을 하는 Disease Prediction Models, Smart Field Scouting 등을 비롯해 현지 수준의 날씨를 제공하는 Filed Weather Forecasting 등 다양한 솔루션 제공
  - 농업 분야의 전문인력이 부족한 중동 지역의 현실을 적극 반영해 농장 근로자의 증강현실(AR) 글라스로 촬영된 화면을 외부 관리자의 PC·스마트폰으로 전달해 원격으로 실시간 솔루션 제공
  - 또한 내·외부 센서를 통해 모든 시설을 PC·모바일 앱으로 원격 제어하고 센서를

### 3) 농업용 위성·드론

#### 3-1) 기술 개요

- [드론] 조종사가 탑승하지 않은 상태에서 지상의 원격조종이나 입력된 프로그램에 따라 비행하거나, 주위 환경을 스스로 인식하고 판단하여 자율비행하는 비행체임<sup>106)</sup>
  - 드론은 원래 낮게 웅웅거리는 소리를 뜻하는 단어로, 벌이 날아다니며 웅웅대는 소리에 착안하여 명명
  - 초창기 드론은 군사용으로 개발되어 공군의 미사일 폭격 연습 대상으로 쓰였는데, 점차 정찰기와 공격기로 용도가 확장됨
  - 최근에는 물류운송, 농약 및 비료살포, 무선 인터넷 중계 플랫폼, 재해관측, 기상변화 및 환경오염 실시간 감시 등으로 활용분야가 점차 확대되고 있음
  
- [위성 이미지 분석] RGB 및 다중 분광 카메라가 탑재된 위성은 드론 및 무인기에 비해 수신 범위가 광범위해 작물 분포 패턴, 기상 현상으로 인한 손실 계산 및 산출량 평가에 유용<sup>107)</sup>
  - 머신러닝 및 컴퓨터 비전 알고리즘을 사용하여 데이터를 분류하고 수백만 개의 위성 이미지에서 정밀농업에 필요한 의미있는 정보 추출 가능
  - 반면 낮은 공간 분해능(spatial resolution)과 구름으로 인해 1~2개월 가량 데이터를 수집할 수 없는 상황 등이 발생 가능하다는 것이 단점
  - 우주 과학 기술이 발달함에 따라 인공위성 자료의 고해상화, 관측 정보의 다양화 추세와 아울러 컴퓨터와 결합된 원격탐사 기술은 농업적 활용의 잠재력이 매우 큰 것으로 보임
  - 위성 이미지 분석의 경우, 머신러닝 및 컴퓨터 비전 알고리즘을 사용하여 데이터를 분류하고 수백만 개의 위성 이미지에서 정밀농업에 필요한 의미있는 정보 추출 가능
  - 반면 낮은 공간 분해능(spatial resolution)과 구름으로 인해 1~2개월 가량 데이터를 수집할 수 없는 상황 등이 발생 가능하다는 것이 단점

105) Netafim

106) 드론 기술현황 및 기술 경쟁력 분석(2016), 이성업

107) 정밀농업 기술별 주요 스타트업 현황 분석, 정보통신산업진흥원, 2018-제1호, 2018.1.2

### 3-2) 시장 및 기술 동향

- [드론 시장] 전 산업분야를 통틀어 드론이 창출하는 시장규모는 1,270억달러(약 152조원) 이상으로 추정되며, 이 중 농업용 드론이 가장 유망한 분야로 분석됨
  - 쥘리퍼 리서치는 2016년에 판매된 드론 중 46%가 농업용 드론으로 추정하였으며, 국제무인비행시스템협회(AUVSI)에 따르면 미래 상업용 드론 시장의 80%는 농업용 드론이 차지할 것으로 예측하고 있음
  - 세계 드론 시장은 미국과 중국이 주도하고 있으며 기존 항공기 제조업체 외에 IT, 전기/전자, 통신업체 등의 드론 시장 진출이 활발해 지고 있음
  
- [드론·위성 개발 현황] 미국의 대형 IT 업체, 중국의 드론 전문 업체를 중심으로 드론 개발이 활발히 진행 중이며, 군사용으로 시작해서 농업분야에도 활용범위 확대
  - 현재 농업분야에서는 벼농사뿐만 아니라 콩, 채소 등 수많은 작물에 농업용 드론이 활발하게 운용되고 있고, 위성을 이용한 수확량 예측 서비스가 등장하고 있음
  - 페이스북은 인터넷 소외 지역에 인터넷 서비스를 가능케 하는 인터넷 드론 ‘아퀼라’를 개발 중이며, 3D Robotics은 개방형 플랫폼을 통한 상업용 드론 개발 및 제품 판매를 추진 중에 있음
  - 미국의 아마존은 드론을 이용한 차세대 배송 시스템의 실용화를 추진 중임
  - 중국의 DJI는 드론의 핵심 기능인 비행제어와 짐벌 분야에서 최고의 기술력 보유
    - 2016년 중국의 드론 제조사인 DJI가 캔자스 주립대학교와 함께 드론 기술을 정밀농업에 활용해 농작 수확물을 증가시키기 위한 방안을 담은 영상인 ‘피딩 더 월드(Feeding the World)’를 공개한 바 있으며, DJI와 캔자스 주립대학교는 식물이 받는 스트레스를 모니터링하는 것은 물론, 항공 촬영, 정밀 방제, 무인항공기의 활용법 등을 포함해 농업에서 드론의 사용과 농업 발전 방향에 대한 공동 연구를 진행
  - 미국의 Descartes Labs나 Plant Labs는 위성을 통해 농장을 관리하고 수확량을 예측하는 서비스를 제공

- 미국의 드론 및 항공 데이터 분석 회사인 프리시전호크(PrecisionHawk)에서 활용하고 있는 랭카스터(Lancaster)의 경우 열적외선, 다중스펙트럼, 초분광센서, LiDAR 등 다양한 기술이 탑재되어 있어 정밀농업에 유용하게 활용

<그림 2-13. DJI가 드론으로 촬영한 'Feeding the World' 영상 캡처<sup>108)</sup>>

<그림 2-14. PrecisionHwak의 랭카스터(Lancater)<sup>109)</sup>>

- [국내 현황] 국내의 경우 그간 아리랑위성 등 국내·외 위성을 통한 간접 파악이 있었으나, 농업 분야에 서비스 Player가 등장하지 않았으며, 드론의 경우는 방제를 위한 드론 위주의 제품이 개발되고 있으나 정밀농업에서 활용될 수 있는 데이터 센싱 기술을 바탕으로 이뤄진 예찰 드론은 보급률이 매우 저조함<sup>110)</sup>

- (기술 격차) 우리나라의 드론 기술은 최고 기술을 보유한 미국과 약 3~5년 정

108) DJI

109) PrecisionHawk

110) 농업용 드론, 정밀농업에 더욱 활용해야, 한국농기계신문, 2018.12.31

도의 기술 격차가 있으며, 드론의 핵심 기술인 탑재장비 및 센서 기술, 추진동력 기술, 데이터링크 기술에서 열위에 있음

- 팜한농은 최근 배추 뿌리혹병 방제를 위한 국내 유일의 드론 전용 <모두랑> 액상수화제를 개발했으며, 드론 등 무인 항공방제용으로 체계화한 농약 적극 개발
- SG한국삼공은 농약 살포에 드론이 많이 쓰일 것으로 전망되자 농약 살포 전용 드론을 개발했으며, 한국삼공이 개발한 드론은 ‘SG-10’이라는 모델로 노즐만 바꾸면 액상 제형뿐 아니라 입제도 뿌릴 수 있도록 설계된 게 특징

<그림 2-15. 팜한농 드론‘모두랑’<sup>111)</sup>>

<그림 2-16. SG한국삼공 농약 살포 전용 드론 ‘SG-10’<sup>112)</sup>>

---

111) 팜한농, 농민신문

112) SG한국삼공, 농민신문

### <(사례①) 미국의 Descartes Labs>

- 미국 뉴멕시코주에 본사를 둔 스타트업으로 위성 데이터와 머신러닝 알고리즘을 활용하여 미국 내 콩과 옥수수 수확량 예측
  - NASA와 유럽우주국을 비롯한 여러 위성에서 매일 5테라바이트에 이르는 데이터를 수집하고, 날씨 데이터와 기타 데이터를 결합하여 99%의 정확성으로 수확량 예측
  - 美DARPA는 중동·아프리카의 기근과 정치 불안이 작황에 미치는 영향을 분석하기 위해 Descartes Labs에 150만 달러를 지불하고 중동·아프리카 지역의 밀 수확량을 분석 의뢰

### <(사례②) 미국의 Plant Labs>

- 2010년 12월에 창업한 스타트업으로 소형 위성 시장을 선도하고 있으며, 현재까지 약 1억 8,000만 달러의 펀드 조달
  - NASA 출신 과학자 3명이 창업하였으며, 초소형 위성 CubeSats(가로·세로·높이 각각 10cm)을 여러 대 쏘아 올려 대규모 농장을 관리하는 모델
  - 2015년 BlackBridge, RapidEye 등을 인수하였으며, 2017년 2월에는 구글의 인공위성 사업 Terra Bella 인수
  - 기존 CubeSats에 5기의 RapidEye, 7기의 Terra Bella 위성이 통합하여 매일 지구상의 모든 곳의 이미지를 다양한 해상도로 촬영 가능

<그림 2-17. (좌) Descartes Labs 옥수수 수확량 분석<sup>113)</sup> / (우)Planet Labs 초소형 위성 CubeSats<sup>114)</sup>>

113) <http://www.nextgov.com>

114) <http://geospatial.blogs.com>

### 3-3) 미래농업 전망 및 시사점

- [드론의 활용 분야] PwC에서 예측한 농업용 드론 활용분야는 토양 및 경조지 조사, 파종, 살포, 작물 모니터링, 관개, 생육 평가 등 살펴볼 수 있음
  - (토양 및 농경지 조사) 드론을 이용하여 초기 단계에서 정확한 3-D 지도를 작성한다. 이를 이용하여 토양 상태에 따라 종자 뿌리는 패턴을 달리 적용하여 종자 사용 효율을 높일 수 있고, 파종 후에는 드론을 활용하여 토양 상태를 분석하고 이를 바탕으로 농경지 관개와 질소 시비 수준을 관리함
  - (파종) 여러 스타트업들이 드론 파종시스템을 활용하여 비료 흡수율을 75% 끌어올렸고, 비용은 85% 절감하였으며, 종자 포드(pod)와 식물 양분을 함께 토양에 뿌려 식물 생육 전기간에 필요한 양분을 공급하는 시스템이 폭넓게 활용될 전망
  - (살포) 거리측정기(초음파 또는 LiDAR 방법을 사용)를 이용하여 드론의 고도를 식물의 키와 지형에 따라 자동으로 조정하여 충돌을 피할 수 있으며 결과적으로 드론은 지표면을 스캔하여 고도를 실시간으로 일정하게 조정하여 정확한 양의 액체를 살포할 것임. 이 기술을 통해 살포 효율을 높여 농약 살포량을 절감할 수 있고 또 이를 통해 수질이나 지하수 오염을 경감할 수 있고, 전문가들은 드론을 활용함으로써 전통적인 살포방법에 비해 다섯 배나 더 효율적으로 살포 작업을 수행할 수 있다고 함
  - (작물 모니터링) 넓은 농경지와 부실한 작물 모니터링은 농사의 가장 큰 장애요인 중 하나인데 모니터링의 문제는 날씨 예측이 어려울 때 더 크게 나타나고 이는 곧 리스크 관리 및 농장 관리 비용 상승으로 이어짐. 예전에는 위성사진이 농장을 모니터링하는 가장 진보된 기술이었으나 그러나 거기에는 단점이 있었는데, 이미지가 사전에 주문되어야 하고, 하루에 한 번만 취득 가능하고, 그럼에도 불구하고 부정확하고, 여기에 더하여 서비스 비용은 매우 비쌌고 이미지 해상도는 기상조건에 따라 나쁜 날도 많았기 때문에 드론을 이용해 정기적으로 작물생육 상황을 촬영해 놓으면 타임시리즈 애니메이션처럼 특정한 날의 작물 성장 상태를 정확하게 파악할 수 있음. 이를 통해 생산의 비효율성을 파악하여 작물을 더 잘 관리하는 것은 물론, 이상기상에 따른 농작물 피해 보상에도 활용이 가능
  - (관개) 초분광, 다파장 또는 열센서를 장착한 드론은 농장의 어느 부분에서 수분이 부족한지, 또는 추가적인 작업이 필요한지를 파악할 수 있으며, 드론의 이

미지 센서를 활용하면 작물의 성장속도, 생육상황을 정확하게 측정할 수 있음.  
이를 작물생육 인덱스로 만들면 과학적인 농장관리가 가능하다.

- (작물생육 평가) 작물의 생육 상태를 측정하고, 나무에서 균 또는 곰팡이의 감염 부위를 특정하는 일은 농장관리에 중요한 요소이며, 드론에 부착된 카메라에서 가시광선과 근적외선(NIR)을 동시에 조사하여 작물을 스캔하고 반사되는 초록색과 NIR 파장 간 차이를 이용하여 다파장 스펙트럼 이미지를 생성함. 이 차이를 작물의 상태변화를 추적하는 데 활용할 수 있음

□ [위성·드론을 통해 고속런 정밀농업 구현] 자율주행 트랙터, 농약살포 드론 등을 통해 고난이도 고속런 요구 농작업 대행 서비스가 가능하며, 연결성 있는 데이터 수집을 통해 수확량 예측을 정밀하게 할 수 있음

- 우주 과학 기술이 발달함에 따라 인공위성 자료의 고해상화, 관측 정보의 다양화 추세와 아울러 컴퓨터와 결합된 원격탐사 기술은 농업적 활용의 잠재력이 매우 큼
- 정밀농업에 드론이 본격적으로 활용될 경우 농작지와 농작물 위치를 3차원으로 재구성한 지도 작성이 가능해지며, 이후 드론에 장착된 센서를 통해 농작물의 수확량을 정확하게 측정할 수 있음
- 드론이 측정한 시각 정보와 적외선 정보를 통해 농작물의 건강 지표 역시 계산해낼 수 있고, 지상에서 잘 관찰할 수 없는 병충해를 감지할 수 있으며, 농작물의 상태에 따라 물, 비료, 작물보호제 등을 처방할 수 있음
- 향후 드론이 보다 광범위한 산업에 적용되려면 자율제어 센서, 로봇, 인공지능 등 다양한 첨단기술과의 융복합을 통해 환경변화에 적극적으로 대응해야 함
- 또한, 정밀 작황평가를 위한 농업 위성 및 드론 기술을 개발해 데이터 수집·분석·처방 통한 스마트파밍 기반 마련 필요

<b>① 농업위성</b>	<b>② 농업위성 + 무인이동체</b>	<b>③ 무인이동체</b>
국가단위의 주요곡물 (벼, 콩, 옥수수, 밀)	시군단위의 동계작물 (맥류(군산, 김제) 등)	주산단지의 기간채소 (배추, 무, 양파, 마늘)

## 4) 농업 로봇

### 4-1) 기술 개요

- [농업 로봇] 농업용 로봇은 센서, 통신, 빅데이터 등의 기술이 적용되며 편리한 농업을 구현하고 작물 생산성 제고<sup>115)</sup>
- (배경) 농촌의 급속한 고령화, 여성화 등의 인력난으로 인해 고된 농작업을 효율적으로 대신할 수 있는 자동화기기의 필요성이 점점 커지고 있으며, 최근 로봇 기술의 급속한 발달로 농축산 분야에서도 효율적인 농작업과 고부가 서비스를 제공할 여건이 조성됨에 따라 로봇의 효용성에 대한 인식이 확산되고 있어 농업로봇의 잠재 수요가 증가하는 추세
- 최근 4차 산업의 도래에 따라 농업용 로봇은 센서, 통신, Big data 등의 기술이 적용된 connected agricultural vehicle 등을 아우를 수 있는 의미로 변화함
- 농업용 로봇은 인간의 개입을 최소화하고 스스로 제어하며 효율을 극대화할 수 있는 지능형 무인 농업생산시스템으로 농업 자동화를 가능하게 함

<표 2-5. 농업용 로봇의 주요 기술>

### 4-2) 시장 및 기술 동향

115) 4차 산업혁명시대 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향, 농림식품기술기획평가원 참고

□ [글로벌 로봇 시장 규모 및 전망] 스마트 농축수산분야 로봇시장은 2013년 9억 달러 규모, 2020년까지 191억 달러까지 급속하게 증가, 제조, 방제, 수확 로봇이 될 것으로 기대<sup>116)</sup>

- 세계 로봇 시장 규모는 179억 달러 수준이며 이 중 물류, 농업, 의료, 안전과 같은 산업 분야에서 이용되는 전문서비스 로봇의 시장 규모는 약 46억 달러 수준으로 보고됨<sup>117)</sup>
- 기후변화와 경지면적 축소에 따른 농업생산성의 유지, 환경보존, 안전 농산물 생산에 대한 수요 증가 등으로 농업로봇 시장은 빠른 성장세 지속 전망

□ [해외 현황] 해외에서는 GPS, 머신러닝, 딥러닝, 컴퓨터 시각 기술 등을 로보틱스에 결합하여 변량살포기술에 적용하거나 다양한 작물 수확 등에 특화된 농업용 로봇을 개발하고 있는 추세<sup>118)</sup>

- (미국·유럽) 규모화의 농업을 중심으로 하는 미국과 유럽에서는 다양한 분야의 농작업 로봇 연구를 추진하고 있으며 존디어, 팰리 등의 글로벌 기업 중심으로 자율주행 트랙터, 착유로봇 등을 개발하여 상용화<sup>119)</sup>
- (일본) 일본에서는 정부와 대학, 농기계 회사 등 농업 로봇 연구 분야에 지속적인 투자를 통해 트랙터, 콤바인, 이앙기 등 논농사 중심의 로봇 기술이 개발 중
- 세계적인 농기계 선진사(John Deere, CNH) 등은 기존의 농기계 회사에서 탈피하여 Smart Farm, 농업 자동화 시스템을 제공하는 토탈 솔루션 제공 기업으로 변모
- 농업용 로봇을 이용한 무인농업생산시스템은 Trimble社의 경우 Connected Farm 솔루션, Newholland의 경우 PLM(Precision Land Management), CaseIH는 AFS(Advanced Farming System)라는 이름으로 통합 솔루션 기술 보유
- 네덜란드 Joy社의 ‘축사 청소용 로봇’은 가축의 배설물이나 쓰레기를 제거하는 시스템으로 장애물과의 접촉 발생 예정 시 대안경로를 찾아 이동하는 보호 시스템이 강점
- 일본의 Kubota社는 NTT(일본전신전화)와 기술제휴하여 농작물의 생육 상태를

116) Agricultural Robot Market Forecasts Dollars, Worldwide, (2014~2020)

117) 농업로봇의 현재와 미래, 농촌진흥청, Special issue, 2018.7

118) 4차 산업혁명시대 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향, 농림식품기술기획평가원 참고

119) Agricultural Robot Market Forecasts Dollars, Worldwide, (2014~2020)

빅데이터로 분석하여, 수확량이나 농약살포 등의 작업을 스마트폰 등으로 상태 파악 가능한 시스템을 2018년 목표로 개발 진행 중

- GPS, 수확량 예측, 기상정보는 NTT가 제공, Kubota는 농업용 로봇을 이용하여 생육상태 분석과 비료 또는 농약 살포를 가능한 total solution을 제공 중

<그림 2-18. Kubota, KSAS(Kubota Smart Agri System)<sup>120)</sup>>

### <(사례①) 미국의 Blue River Technology>

- 농업용 빅데이터 수집, 머신러닝, 농장관리 자동화 기술에 특화된 스타트업으로 2017년 9월 John Deer가 3억 500만 달러에 인수하면서 큰 주목을 받음
  - 일명 ‘상추로봇’으로 불리는 LettuceBot는 머신러닝과 컴퓨터시각(computer vision) 기술로 밭에서 상추를 식별(분당 5,000장의 사진 촬영)하고 실시간으로 수확량 측정 및 최적화를 통해 미국 총 상추 생산량의 10% 수확
  - 또한 0.02초 만에 0.635mm 반경에 있는 상추 싹과 잡초 싹을 정확하게 구분하고 제거하며 ‘포착 후 살포(see & spray)’ 기술을 통해 직접 제초제를 뿌릴 때보다 90% 절감 효과
  - LettuceBot을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 농작물의 간격, 높이, 잎의 크기 등을 측정하고 필요한 물의 양과 작물의 성장가능성을 파악할 수 있는 3D 농작물 스캐너 ZEA 개발
  - 시장조사기관 CB Insight에서 발표한 100대 AI 기업에 선정

### <(사례②) 미국의 Abundant Robotics>

120) <https://www.kubota.com/>

121) <http://agriapps.ie/sub/cropx/>

- 비영리 로봇 연구전문기관인 SRI인터내셔널이 2016년 분사한 기업으로 사과 수확 로봇을 개발하여 상용화를 추진 중에 있음
  - 사과를 인지할 수 있는 비전시스템과 사과를 진공방식으로 잡아 뗄 수 있는 기술로 초당 1개의 사과를 수확할 수 있으며 2년 안에 상용화할 계획
  - 과수원 생산은 연간 약 2천억 달러 규모이지만 수확은 전적으로 육체노동에 기반하고 있는 상황
  - 독일 농업 및 에너지 대기업인 BayWa AG와 Google Ventures로 부터 120만 달러 투자를 받았으며, 올해 5월에는 Google Ventures가 이끄는 투자그룹의 1,000만 달러 펀딩에 성공

<그림 2-19. (좌) Blue Rier Technology LettuceBot<sup>2121)</sup> / (우)Abundant Robotics 사과 수확 로봇<sup>122)</sup>>

### <(사례③) 영국의 Small Robot Company>

- ‘스몰 로봇 컴퍼니(Small Robot Company)’. 영국의 농업용 로봇 스타트업으로, 값비싼 로봇을 완제품으로 판매하는 것이 아니라 매월 사용료를 받고 로봇을 농부들에게 임대하는 ‘서비스로서의 농업(Farming as a Service:FaaS)’을 지향함
  - IT업계를 중심으로 확산되고 있는 가입료(subscription fee) 기반의 서비스를 농업용 로봇에 적용하겠다는 목표
  - 스몰 로봇 컴퍼니는 트랙터로 상징되는 육중한 농기계들이 환경 친화적이지 않고 농작물의 개별적인 특성을 제대로 반영하지 않고 있다고 보고 있는데, 최대 31톤에 달하는 트랙터가 농장을 휘젓고 다니면서 농작물을 운반하고 화학 비료나 제초제를 마구 뿌려지면 농토와 주변 환경에 나쁜 영향을 미칠 수밖에 없기 때문에 이 같은 영국 농업을 혁신하기 위해선 트랙터를 농업 현장에서 몰아내고 인공지능을 갖춘 소형의 농업용 로봇들로 바뀌나가겠다는 비전을 갖고 있음
  - 그동안 영국 브리스톨 대학 연구진들의 도움을 얻어 3종류의 작은 로봇들을 개발

해왔으며 무게 250kg의 로봇 플랫폼인 ‘잭(Jack)’을 기반으로 ‘딕(Dick)’, ‘톰(Tom)’, ‘해리(Harry)’라는 로봇 시제품을 개발

- 딕은 잡초 제거 로봇, 톰은 이미지 데이터를 수집하는 모니터링 로봇
- 현재는 시제품 제작 및 연구개발 단계이며 2021년 소형 농사용 로봇들의 상용화를 추진

<그림 2-20. Small Robot Company의 로봇들<sup>123)</sup>>

#### <(사례④) 스페인의 Agrobot>

○ 2012년 설립된 스페인의 농업로봇 제조 및 판매 회사인 애그로봇(AGROBOT)에서는 딸기수확로봇을 개발

- 전용 딸기 재배 시스템에 맞춤형으로 개발되어 딸기를 수확할 수 있도록 24개의 로봇 암을 구비한 수확로봇으로 카메라 영상처리를 통한 딸기 식별, 초음파 센서를 이용하여 기구부 충돌 방지 등 알고리즘이 적용됨
- 현재 캐나다의 대규모 딸기 농가에서 시범 운영을 마치고 상용화
- 애그로봇은 딸기의 수확이 용이하도록 딸기를 수확하는 베드의 구조 및 농법을 개량, 개선하여 로봇의 판매뿐 아니라 로봇에 맞는 재배 방법 및 시설 환경까지 같이 판매하는 방식(패키지화 전략)으로 수익을 창출

<그림 2-21. (좌) Small Robot Company의 로봇들<sup>124)</sup>>

□ [국내 현황] 국내에서도 2000년 초부터 지능화된 로봇 농기계 개발

122) <http://prairiesideirrigation.ca/aquasp>

123) small robot company, youtube

124) Agrobot.com

의 일환으로 기업, 대학 등에서 농업 로봇 관련 연구를 수행하고 있음

- 국내의 경우 동양물산, 언맨드 솔루션 및 서울대학교에서 공동으로 자율주행 트랙터를 개발하여 상용화를 개시하였고, 농촌진흥청에서 농업로봇 핵심 기술 확보를 위해 벼농사 제초 로봇, 과수원 내 자율 주행 로봇 등 연구를 수행하고 있음<sup>125)</sup>
- 산업통상자원부의 시장창출형 로봇보급사업 일환으로 농업용 로봇 활용사업을 시작해 시설농업용 방제로봇, 식물생육 관리 로봇 등을 개발하고 검증을 마쳤으며, 과각란 관별로봇, 분화류 이식로봇, 농산물 구분적재로봇 등을 개발해 농업 현장에서 검증 중
- 시설농업용 로봇으로 농업선진국으로 수출하고 있는 농촌진흥청의 접목로봇을 비롯해 전북대의 파프리카 유리온실 방제로봇 등이 실용화 되었고, 축산 로봇으로는 젓먹이 송아지 포유시스템인 Calf U-Mo System이 최근 축산농가에 보급됨
- 국내에서는 농업용 로봇 및 무인 농업생산시스템에 관한 연구는 부족하며, 국내 농업환경이 주로 첨단 기술 보다는 경제형 모델이 주를 이루기 때문임
- 시설농업 위주의 스마트팜 핵심요소기술을 개발 중이나, 노지작물에 맞는 환경·생육 계측장비 및 농업로봇 개발은 부족한 실정
- 농업 로봇의 경우, 특정작물 및 특정작업에 한정된 로봇기술을 개발 중이며, 이마저도 부처별 산발적 추진으로 효과적 대응 부족

#### 4-3) 미래농업 전망 및 시사점

□ [농업 로봇 전망] 국내 농업 환경에 특화된 농업 로봇의 융복합 원천 기술 개발 필요

- 4차 산업혁명 패러다임과 함께 농업로봇 산업 활성화를 위해서는 로봇 업체와 농기계 전문 산업체의 협력 관계 구축과 융합형 연구개발을 통한 관련 원천 기술의 확보로 국내 농업로봇 산업 생태계 조성이 반드시 필요함
- 이를 위해서는 로봇 농업을 위한 기초 인프라 구축, 농업과 로봇 기술 융합을 기반으로 한 한국형 미래 농업 모델의 제시가 중요함

125) 농업로봇의 현재와 미래, 농촌진흥청, Special issue, 2018.7

- 농작업의 기계화 → 반자율형 농업용 로봇 → 완전 자율형 농업용 로봇으로 이어지는 단계적이고 시장 지향적인 기술개발 전략으로 서구 유럽과는 차별화된 블루오션 시장 개척 필요<sup>126)</sup>
- 중소형 규모 경지 경작에 적합한 지능형 트랙터 및 콤바인 로봇 플랫폼 개발에 집중하여 국내 뿐 아니라, 농업 여건이 해외 신흥 국가를 대상으로 수출시장을 확대하기 위한 전략 필요<sup>127)</sup>
- 국내 농업 환경에 특화된 농업로봇 인프라 구축과 이를 활용한 인간과 로봇의 협업을 통해 새로운 시대의 흐름에서 한국 농업 로봇 기술의 미래 비전과 핵심 기술로서 확실한 자리 매김을 할 수 있을 것으로 기대<sup>128)</sup>

<그림 2-22. 농업로봇 기술전망<sup>129)</sup>>

- [기술 개발 추진] 토양, 작물, 환경 등을 정밀하게 측정하기 위한 스마트 센싱기술과 이를 통해 자동 농작업을 구현할 농업로봇 기술개발 추진 필요
  - (정밀센싱) 토양·작물·환경에 따른 농약·시비 자율 제어, 생육 원격 진단을 위한 토양센서 등 노지·과수 센싱-데이터 수집분석 기술 고도화
  - (로봇융합) 자율주행, 정밀제어 등 첨단기술 융합기반 지능형 농업로봇 개발을 위한 범부처(농진청, 농식품부, 과기정통부, 산업부 등) 사업 기획 추진('19~)

126) 농업로봇 기술동향과 산업전망, KEIT PD Issue Report, 2015 Vol 15-2

127) 농업로봇 기술동향과 산업전망, KEIT PD Issue Report, 2015 Vol 15-2

128) 농업로봇의 현재와 미래, 농촌진흥청, Special issue, 2018.7

129) 농업로봇 기술동향과 산업전망, KEIT PD Issue Report, 2015 Vol 15-2

### 3. 맞춤형 농업

- 농산물의 새로운 부가가치 창출을 위한 전방농업 R&D가 추진되고 있으며 푸드테크, 농생명 자원 활용 기술, 스마트 유통 기술등의 맞춤형 농업에 대한 수요 증가

#### 1) 푸드테크 기술개요

- [개요] 푸드테크(Food Tech)는 식품(Food)산업과 기술(Technology)이 접목된 새로운 산업으로 식품의 생산, 보관, 유통, 판매 등 관련 분야의 기술적 발전을 의미<sup>130)</sup>
- 농산물 생산, 식품 공급, 제조 및 관리, 식품/식당 검색, 주문 및 배달, 소비, 소프트웨어/하드웨어 등 농업 및 식품산업과 관련된 모든 분야를 포괄
- 음식의 주문/배달/검색/추천 등과 관련된 서비스의 기술적 발전 외에 바이오에너지(bioenergy), 생체재료(biomaterial), 기능성 식품(alicament), 대체 식품 개발 등도 포함
- 식생활과 관련하여 농업과 정보통신기술을 접목한 지능화된 농장을 의미하는 스마트팜(Smart Farm), IOT와 주방이 접목된 스마트 키친(Smart Kitchen) 등이 포함 되기도 함

<그림 2-23. 푸드테크 카테고리<sup>131)</sup>>

- [시장 규모] 전세계 푸드테크 투자규모는 2016년 기준 약 6조로 추

130) 푸드테크의 진화와 발전, KB금융지주 경영연구소, 2016.8.29

131) 33entrepreneurs, KB금융지주 경영연구소

산되며, 세계적으로 부각되고 있는 푸드테크 시장 및 농생명 자원을 활용한 다양한 신소재 개발 및 산업화 수요 급증

- 전세계 푸드테크 투자금 : ('12) 2억 7000만달러 → ('16) 57억달러(약 6조) 30배 증가
- 세계 농생명 소재산업 시장규모 : ('15) 1,945억 달러 → ('22) 3,497억 달러 (연평균 8.7% ↑)
- 뉴트라슈티컬<sup>132)</sup> 식품, 농생명자원 유래 천연소재 등에 대한 수요 증가
  - 영양(Nutrition)과 의약품(Pharmaceutical)의 합성어, 다양한 소비자의 필요조건을 충족하는 건강기능식품
  - 생활화학제품 불신 87.0%, 천연재료 기반 제품 사용의향 69.2% (소비자시민모임, 2016)

□ [국가별 현황] 해외에서는 푸드테크 분야를 적극적으로 육성해 투자의 선순환 구조 마련

- (미국) 미국에서는 '키친 인큐베이터'로 불리는 푸드테크 창업 바람이 불어 전역에서 150개 이상의 육성기관이 운영 중
- (중국) 중국에서도 요식업 관련 O2O(온라인과 오프라인의 연계) 시장이 빠르게 성장하는 가운데 배달 앱 업계가 기업들의 집중 투자를 받으며 폭발적으로 크고 있

□ [농업기술과 푸드테크] 농업분야에도 재배 및 유통 방식의 변화, 맞춤형 식품 재배 등의 푸드테크 접목이 이루어짐

- 농산물에 대한 각종 재배 관련 정보 및 환경 데이터를 수집하고 분석하여 효율적인 농장관리를 하거나 새로운 형태의 농업방식 개발, 기존 식품이나 원료를 대체하는 새로운 식품을 개발<sup>132)</sup>

132) 푸드테크의 진화와 발전, KB금융지주 경영연구소, 2016.8.29

## 2) O2O 서비스

- [O2O 서비스 발전] 푸드테크의 대표적 산업 중에 하나로 O2O 서비스가 있으며, 주문 및 배달 서비스 분야 급속 발전
- 위치 기반과 리뷰 등을 통한 음식/음식점 추천 및 검색에서 ‘온디맨드’와 ‘편리함’을 추구하는 소비자의 다양한 요구와 성향에 맞춰 O2O 주문 및 배달서비스를 중심으로 급속히 발전
  - 급격히 증가하던 Food Delivery 관련 스타트업에 대한 투자는 2015년 56억 달러 규모에서 2016년 상반기 9.5억달러 규모로 크게 축소<sup>133)</sup>
  - 2015년 1분기까지 전세계 상위 120개 스타트업에 대한 투자 중 음식 주문 및 배달서비스에 대한 투자규모가 74%에 해당<sup>134)</sup>
  - 최근 몇 년간 음식 관련 스타트업의 양적 성장이 급격히 이루어지면서 기술 및 인력 흡수 외에 투자 회수, 사업 확장 등의 목적으로 M&A가 활발하게 진행되면서 투자 규모 감소

<그림 2-24. (좌) Annual Food Delivery Financing / (우) Top 120 startups Financing<sup>135)</sup>>

- 다양한 요리법과 함께 식재료 및 음식을 주문/배달하는 서비스, 식당의 요리를 주문/배달하는 서비스 등이 가장 크게 성장
  - 스마트기기를 통한 고객의 주문 및 결제, 자동 주문서 발급, 정확한 배달 등으

133) The Food Delivery Crash: Funding Drops For Second-Consecutive Quarter, CBInsights, 2016.7.10.

134) Investing in FoodTech Global Insights, 33entrepreneurs, 2015.1Q

135) CBInsights, entrepreneurs

로 인해 편의성/효율성이 증가하고 시간 절약 및 정보 정확성 등이 향상되면서  
사업자 및 소비자 모두의 만족도 및 사용 증가

- 주문 데이터를 포함하여 고객별, 지역별 데이터 등의 분석을 통해 고객의 성향에 맞는 요리법/메뉴/식당 제공 및 추천, 식당의 쿠폰/리워드 제공, 예약 등의 서비스도 더욱 정교하게 제공되고 있음

<그림 2-25. Food Ordering and Delivery Service<sup>136)</sup>>

- 중국의 경우, 양대 배달 앱으로 불리는 다중메이투안과 어러머가 있으며, 이 업체들은 이미 배달 앱 이상의 서비스를 보여 주고 있음
  - 매장에 공급돼 있는 차세대 POS와 결합하여 조리 시간과 배달 시간을 주문자 수와 현재의 교통 상황까지 감안해서 계산해 내는 모바일 푸드 플랫폼을 상용화

□ **[국내 현황]** 국내의 유통 부문의 변화가 빠르게 일어나고 있는데, 배달음식 주문 서비스에서 시작해 최근 생산과 유통 분야에 다양한 스타트업이 등장 중이며 대기업의 투자도 진행 중

- 식품배달의 경우 2010년부터 배달앱인 배달의 민족을 운영한 우아한 형제들이 기업가치 3조 원으로 평가받으면서 새로운 유니콘 기업이 됨(2018.12.20.)
- 대기업에서는 제품 개발과 마케팅에 인공지능과 빅데이터를 활용하고 있으며, 스타트업 투자 펀드를 조성하고 있음
  - 식품 제조·유통 분야 대기업인 CJ제일제당은 150억 원 규모의 푸드테크 스타트업 펀드를 출자해 신산업을 육성할 계획임

- 롯데제과는 인공지능을 활용해 트렌드를 분석하는 시스템인 엘시아를 개발해 신제품 개발과 출시에 활용 중임
- 또한, 빅데이터를 기반으로 하는 맛집 추천 및 예약 서비스인 망고플레이트, 식신, 다이닝코드와 레시피 공유 서비스인 해떡남녀, 만개의 레시피 등이 있음

### 3) 블록체인

- [블록체인] 블록체인, 플라즈마 등 첨단기술 융합을 통한 안전한 먹거리 유통·관리
  - (현황) 원산지 판별, 잔류농약 검출, 유해요소 제어 등 핵심기술과 농축산물 안전관리 체계 등을 위한 체계적 기술개발 필요
    - 국내의 유통단계 유해요소 모니터링 체계 기술은 선진국 벤치마킹을 시도하는 수준
  - (기술 융합 체계 개발) 이력관리 및 위해요인 관리를 위한 첨단기술 융합 유통 체계 개발 및 유전정보 기반 원산지 확인, 블록체인 기반 이력관리, 패키징 훼손 감지 센싱을 통한 농산물 이력추적 등 이상 유통 방지 체계 구축 필요
  - (위해요인 관리) 항생제 내성 극복을 위한 천연물 유래 농약 대체물질 개발, 플라즈마 기반 첨단저장법 개발 등 예방적 위해요인 관리 필요
- 최근 배달의 민족, 식신 등의 푸드테크 업체들이 블록체인이 뛰어들기도 함
  - 블록체인 적용 시 배달의민족처럼 주문 서비스를 하는 곳은 결제 시스템에서 가상화폐 사용이 가능하도록 추진
  - 미트박스처럼 모바일 축산물 유통사업을 하는 업체는 음식과 식품의 이력 정보를 블록체인 방식으로 저장해 안전한 유통망을 확보 가능

#### 4) 스마트 키친

- [스마트 키친] IoT와 주방이 접목된 스마트 키친(smart kitchen)도 푸드테크의 한 분야이며, 안전하고 편리한 식품에 대한 니즈로부터 더욱 발전하고 있음
- LG전자는 최근 앱으로 음식 조리법을 제공하는 미국 소프트웨어 킹버 ‘드롭(Drop)’과 협력해 누구나 쉽게 요리할 수 있는 스마트 키친 서비스를 시작
  - 독일 베를린에서 유럽 최대 가전 전시회인 ‘IFA2018’ 행사에서는 LG전자의 스마트 키친이 공개
  - LG전자는 ‘이닛(Innit)’과 ‘사이드셰프(SideChef)’를 포함해 미국 스마트 레시피 분야 주요 기업 3곳과 협력
  - 고객은 스마트폰 앱을 통해 다양한 조리법을 검색하고 오븐을 제어할 수 있고, 오븐은 고객이 선택한 레시피에 따라 조리에 필요한 온도와 시간을 자동으로 설정해 줌

<그림 2-26. LG전자의 스마트 키친 사례<sup>137)</sup>>

- 최근 가구 전문 기업 이케아가 미래형 주방기구를 개발, 최근 이탈리아 밀라노에서 개최된 '2015 디자인 위크'에서 '컨셉트 키친 2025'를 공개
- 이케아가 선보인 미래의 식재료 수납용기는 온도와 습도를 자동으로 조절하기 때문에 음식이 상하거나 유통기한이 지나는 일이 없도록 함

<그림 2-27. 이케아 스마트 키친 사례<sup>138)</sup>>

---

138) <https://bit.ly/2JXouK1>

#### 4) 수직농장과 개인맞춤형 식품

□ [수직농장] 자원 순환 및 정밀제어 기술을 기반으로 농작물은 물론, 고부가가치 기능성 소재 등 차세대 바이오산업 원료 생산

- 식물공장으로 지칭하는 수직농장은 기후변화와 식량문제를 해결하고 친환경 먹거리를 안정적으로 공급할 수 있는 신성장동력으로 스마트팜과 비교하여 완전인공광재배, 소규모다구역 정밀재배, 외부환경 완전차단 및 제로농약의 차별성을 갖음
- 기후변화, 나고야의정서 발효로 인한 식량안보 위협, 전 세계적인 인구증가, 도시화에 따른 농업 패러다임 변화에 대응하기 위한 신기술로 주목받고 있음
  - 세계경제포럼(WEF)은 도시 농업(Urban Farming)을 10대 도시 혁신기술로 선정<sup>139)</sup>
- 또한 수직농장은 식물 재배기술에 사물인터넷(IoT), 로봇기술을 접목하는 등 바이오, 정보통신기술(ICT)이 융합하는 신산업 분야로, 기능성 천연물을 재배하여 건강기능식품, 화장품 개발에 활용하는 경우 높은 부가가치 창출이 기대
  - (천연물 관련 글로벌 시장) 천연물의약품 : '11년 187조원 → '23년 423조원<sup>140)</sup>
  - 건강기능식품 '15년 131조원 → '20년 187조원<sup>141)</sup>
  - 화장품 : '15년 374조원 → '20년 513조원<sup>142)</sup>
- 장기적으로 해양농업, 우주농업 등 미래형 농장 기술개발과 연계, 장소와 환경 제약 극복 (완전 밀폐형 자원순환 스마트팜 등)

□ [개인맞춤형 식품] 개인 건강 맞춤형 최적 기능성식물 재배(가정용 재배기 등) 기술개발로 당뇨, 고지혈증, 치매 등 개인 맞춤형 식품 제공

139) Top 10 Urban innovations, WEF, 2015

140) LP Information, 2015

141) Nutrition Business, 2015

142) 보건산업진흥원, 2015

□ [수직농장과 개인맞춤식품 필요성] 고령화 진입, 식량문제 해결에 대한 대안, 고부가가치 작물 생산 니즈, 전후방 산업 파급 등으로 인해 수직농장을 통한 맞춤형 식품 개발 니즈 증가

○ 고령화 사회진입으로 웰빙/건강에 대한 관심 증가

- 자연지향, 세계화, 퓨전화, 외식문화의 보편화 등 식품소비환경의 변화에 따라 '건강'을 최우선으로 정신적·육체적·미적 효과가 있으면서도 안전하고 맛있는 기능성 식품, 맞춤형 식품, 실버 푸드 등이 성장할 전망이다
- 인구 고령화에 따른 노인성 만성 질환의 증가는 질환의 치료 이전에 예방을 목적으로 한 기능성 식품의 수요가 증가하고 하고 있음

○ 식량문제 해결에 대한 대안으로 관심 증가

- 기후와 계절뿐만 아니라 기상 이변의 영향을 받지 않고 환경조절을 통해 단위 면적당 생산량을 증진시킬 수 있으며, 출하시기 및 가격 등을 조절할 수 있음
- 기온 1도 상승에 따라 노지 1ha당 260-400만원의 작물소득액의 감소가 일어남(농촌경제연구원)
- 외부의 환경 오염과는 상관없이 실내(indoor)에서 작물을 재배하기 때문에 무농약 및 친환경 재배가 가능함
- 미래농업에서 식물생산 부분의 대안으로 일본, 미국, 유럽 등 선진국에서 앞다투어 투자를 아끼지 않고 있으며, 아시아 국가를 기준으로 일본이 41%, 중국과 대만이 약 25%를 점유하고 있으며, 한국은 7%를 점유하고 있음<sup>143)</sup>

<그림 2-28. 아시아 식물공장 분포 비율<sup>144)</sup>>

○ 완전 환경 제어로 고부가가치 작물 생산에 대한 관심 증가

143) 농림축산식품부, 식물공장 중장기 정책수립방안 연구 2016.11

144) The rise of asia's indoor agriculture industry (2016. 01)

- 수직농장은 기본적으로 수경재배 기반 양분조절 및 생육환경조절 기술로 고품질의 작물생산이 가능함
- FTA(자유무역협정)가 발효된 상황에서 관세장벽이 없는 무한경쟁에 내몰린 한국 농업에 대한 변화가 요구되고 있으며, 청정하며, 기능성이 풍부한 고부가가치 농산물의 생산이 절실한 상황임
- 물리적 환경(광, 온도, 수분 등)을 elicitor로 사용하여 수확직전에 처리함으로써 작물의 생리활성물질을 증대시키는 기술이 정립되고 있음
- 최근에 약용식물을 포함한 자원식물의 수직농장 내의 대량생산 R&D가 수행됨으로써 식품이 아닌 산업용 생물소재 생산으로 수직농장의 산업화가 또 다른 방향으로 가시화되고 있음
- 형질전환기술을 적용한 식물체 기반 유용단백질 및 백신 생산에 관한 사업화 모델도 시도되고 있음
- 현재 미국, 일본, 캐나다, 영국, 폴란드 등에서 연구되고 있는 주요 형질전환체 작물을 보면, 알팔파의 혈장 단백질, Arabidopsis의 인간 내재성 인자, 옥수수의 백신 및 항체, Safflower의 경구용 의약품, 시금치의 항탄저균 백신용 항원, 담배의 당뇨병, 염증성 장 질환, 옥수수의 낭포성 섬유증, 토마토의 B형 간염 바이러스 경구투여 백신, 상추의 돼지 콜레라균 항체 등이 있음
- 유전자 변형 작물이 일반 자연환경에서 재배될 때, 환경오염의 우려가 있으므로, 재배 연구에 있어 주의가 요구되고 있으며 밀폐된 식물공장이 이에 대한 해결책이 될 수 있음
- 전세계적으로 고부가가치 식물 생산용 식물공장은 2017년 기능성채소 판매확대에 힘입어 1143톤(36억 2000만엔)규모였으며, 인간 및 동물용백신 생산이 실용화되는 2020년에는 1939톤(165억 5300만엔)으로 증가할 것으로 예상함
- 2020년 이후에도 생산량을 기준으로 했을 때는 기능성 채소가 여전히 압도적인 점유율을 보일 것으로 전망되지만, 금액 기준으로는 고가 바이오 의약품 등에 사용되는 유전자 변형 식물이 시장 확대를 견인할 것으로 보이며, 2025년에는 생산량 기준 10,359톤, 금액 기준 1,618억 9,500만 엔 규모의 시장이 될 것으로 예상함

<그림 2-29. 고기능·고부가가치 식물의 세계시장 규모 예측<sup>145)</sup>>

### ○ 전후방 산업과의 연계를 통한 파급효과에 대한 관심 증가

- 수직농장은 농업이 아닌 다른 분야와 융합하여 새로운 산업을 창출 할 수 있는 좋은 아이템임
- 글로벌 Indoor farming 기술시장의 크기는 2014년 4억9천만 달러에서 2017년까지 9억5백만 달러로 연간 22.69%의 성장률을 기록하였으며, 2022년까지 27억3천9백만 달러의 크기로 확장될 전망이다(Global indoor farming technologies market, 2018)
- 태양전지, 지열, LED조명 등 고효율 에너지 소재 산업, 실내 환경제어, 자동화 로봇 응용산업 등 환경공정제어산업과 고기능 특용작물, 안전성 및 특수목적의 제약산업, 바이오 에너지 산업 등의 발달에도 직접적인 영향을 미칠 수 있음

### ○ 우주농업을 포함한 미래농업을 위한 기반 기술의 집약체

- 최근 빅데이터와 딥러닝을 기반으로 하는 인공 지능 기술이 혁신적으로 발전하여 번역기, 자율주행차 분야, 이미지인식, 검색엔진개선, 자동기사작성 등에 이용되고 있는데, 이와 더불어 인공지능 기술은 식물공장의 재배환경을 예측하고 이를 통해 최적 생육 환경에서 작물을 재배할 수 있는 기술로 발전할 수 있음
- 식물공장 기술은 ICT, 바이오, 광학 기술을 융합한 식물 표현형 기술 개발을 위한 피노믹스(표현체학) 분야와 연계하여 시너지 효과를 창출할 수 있음
- 현재 경제적인 관점에서 수직농장을 운영하는데 소요되는 비용 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 전력과 인력에 대한 비용임. 이런 측면에서 자동화 및 로봇 기술의 식물공장으로의 적용은 작업의 정밀화 및 인력 비용의 절감을 실현할 수 있음

145) 야노경제연구소, 고기능·고부가가치형 차세대 식물공장 시장전망(2018)

<그림 2-30. 수직농장에서 요소별 차지하는 비용의 비율<sup>146)</sup>>

### ○ 개인 맞춤형 의료의 필요성 증대

- 개인의 유전적인 요인, 식습관 및 생활환경에 의해 의약품 및 식품에 대한 반응성이 현저하게 차이가 질 수 있다는 연구 결과로 인해 개인 맞춤형 의료의 필요성이 대두 되고 있음
- 질병의 치료 및 예방을 위해 식습관의 개선이 필요한 당뇨, 고지혈증 등의 질환들에서는 개인 맞춤형 식품들이 필수적이라고 할 수 있어 현재 시장은 시작 단계이나 향후 급속도로 커질 것으로 예상됨

### ○ 국내 연구 및 기술 동향

- (가정용 식물 재배기) 국내는 개인용 식물 재배기의 상용화 시작단계임. 최근 교원 웰스팜에서 개인용 식물 재배기 판매를 시작하였음
- (기능성 식물 재배) 기능성 식물 재배에 관한 연구는 노지를 중심으로 이루어 졌으나 식물공장이나 스마트팜에서의 연구는 최근 KIST 천연물 연구소를 중심으로 이루어지기 시작함
- (KIST 천연물연구소 연구) Open research program을 통해 식물공장을 통한 기능성 식물의 재배 시스템에 대한 연구가 진행되었으며 SFS 융합연구단 사업을 통해 스마트팜을 이용한 기능성 식물의 재배법에 대한 연구가 진행되었음
- (개인맞춤형 기능성 식물 재배 연구) 정부주도의 기능성 원료식물 재배는 보편적인 식의약품 원료 생산을 위한 기능성 식물 재배 연구에 집중되고 있고, 개인 건강 맞춤형의 연구는 한-캐나다 국제공동개발 사업을 통한 캐나다 원주민 건강맞춤형 연구가 유일한 것으로 파악됨

## ○ 국외 연구 및 기술 동향

- **(개인용 식물 재배기)** 개인 및 소규모집단 타켓 식물재배 시스템을 보급되고 있음. 이는 개인 맞춤형 식품을 위한 것이 아니라 주로 무농약 채소를 재배하는 개인용 식물 공장 개념에 가까움
- 니와(Niwa)는 세계에서 처음으로 스마트폰으로 제어하는 식물 재배 시스템으로 스마트폰 개인용 식물공장을 개발해 보급했으며, 실내에 설치해놓고 온도와 습도, 빛과 물 등을 센서와 컨트롤러를 통해 제어하여 신선한 무농약 채소 등을 집에서 반복 수확할 수 있는 개인용 식물 공장이라고 할 수 있음

<그림 2-31. Niwa社 개인 식물공장 제품 예시, 가격 300불-400불 수준>

- 그로브 에코시스템(Grove Ecosystem)은 책장처럼 콤팩트한 크기로 시스템을 구성해 채소를 집에서 재배할 수 있게 해주며 시스템 아래쪽에는 수조를 결들여 영양분으로 유용한 박테리아가 채소를 더 신선하고 맛있게 가꿀 수 있게 해주는 시스템을 도입하였음
- EcoQube에서 개발한 식물공장은 아래에 수조에 물고기를 기르고 위에 식물을 재배할 수 있는 시스템으로 구성되어 있음. 이를 통해 물고기가 배설물을 만들면 이 배설물은 여러 단계의 필터와 뿌리를 통해 식물이 사는데 필요한 영양소가 되고 식물은 위쪽의 LED 조명을 받으면서 물을 정화하는 역할을 해 물고기가 살 수 있는 환경을 만드는 선순환 구조를 이루고 있어 필터의 교체 없이 식물을 기를 수 있는 시스템임.
- **(기능성 식물 재배)** 식물공장 시스템을 통한 기능성 식물 재배는 식물공장 시스템이 가장 발달한 일본에서 일부 이루어지고 있으나 아직 시작 단계임
- 반도체 공장을 식물공장에 전용한 후지쯔 홈&오피스 서비스(주)에서는 파종에서 약 45일 간으로 출하가 가능한 기능성 채소인 저 칼륨 양상추를 생산함. 저 칼륨 양상추는 칼륨 함유량이 적고 칼륨 섭취 제한적인 신장병 환자도 먹

을 수 있음. 식물에서 칼륨은 질소와 링과 함께 필수 원소이며, 함유량을 줄려면 철저한 생산 관리가 필요하고 반도체 생산의 클린 룸을 전용한 완전 폐쇄형 식물 공장이 힘을 발휘하고 있음

- 최근 LED 기술 발전으로 인한 성능 향상 및 가격 하락으로 수직농장에 대한 관심이 증가하고 있는 추세임
- KIST, 서울대, 충북대는 제약업체 및 식물공장운영업체들과 함께 2014년부터 3년 6개월간 건강기능성식품 또는 천연물신약 생산에 사용되는 약용식물(강화쪽, 이고들빼기) 대량 생산 기술 개발을 위한 연구를 수행함
- 수직농장에서 인공광원으로 사용되는 LED에 대한 연구는 가시광선 파장내에서는 생산성을 기준으로 청색과 적색의 비율, 녹색광의 기능, 백색광의 광이용 효율에 대한 연구가 정부연구기관과 대학을 중심으로 수행되었고, 성장 중에 식물공장에서 UV 광을 조사하여 생리활성물질을 증진시키는 연구와 약용식물에 Far-red광을 조사하여 생산량을 향상시키는 연구는 충북대에서 지속적으로 수행되었음
- 인공광원에서 조사되는 광분포를 3D 스캔 모델 기법을 이용하여 예상하고 이를 광합성 모델과 연결하여 식물의 성장량을 예측하려는 연구가 서울대를 중심으로 수행되고 있음
- 농진청, 충북대, 제주대는 식물공장에서 약용식물을 생산할 수 있는 재배프로토콜과 EC기반 양액재이용 기술 개발 과제를 수행하고 있음
- 바이오애플과 지플러스생명과학은 담배를 영구적 또는 일시적으로 형질을 전환시켜 이를 밀폐형 식물공장에서 대량 생산하여 동물용 백신 등을 생산하기 위한 연구를 수행 중에 있으며 이르면 2019년도에 상업화 가능할 것으로 예상함
- 일본에서는 ICT융복합 기술인 Smartagri 시스템을 개발하여 환경정보, 생체정보, 농작업자 판단정보를 디지털화 하여 상관관계를 분석함으로써 가치정보를 도출하고 이를 통해 작업의 기계화 및 자동화를 구현함
- 2015년 Spread사는 4,800m<sup>2</sup>의 수직농장을 완전자동화 공정으로 설계하였고, 이를 통해 효율적인 자원이용으로 생산비용을 절감함(예: 98%의 물이 재사용됨).
- 2012년 10월에 일본에서 출시된 식물공장에서 생산된 저칼륨 상추(브랜드명: Dr. Vegetable)는 신장병 환자들을 위한 식단에 적용되며, 칼륨이 낮게 배합된 양액 조성 적용하여 폐쇄형 식물공장에서 생산이 가능하고, 신장병 환자들을 위한 채소 공급을 위한 대안이 될 수 있음

<그림 2-32. (좌) 식물공장 생산 환자용 저칼륨 상추의 칼륨 함량 / (우) 제품 사진<sup>147)</sup>>

- 2011년부터 일본의 산업기술종합연구소 내 홋카이도센터는 세계 최초로 밀폐형 유전자변형 식물공장을 준공하여 딸기, 감자, 벼 등의 작물과 고효율 농업 생산 작물, 약용식물 등 고부가가치 작물을 이용한 의약품 제조 실용화 연구를 시작하였으며, 2016년에는 딸기를 이용한 동물치료용 백신 생산이 상용화

<그림 2-33. 식품 의약품 생산을 위한 밀폐형 식물공장 재배시스템<sup>148)</sup>>

- 치바대학교에서는 유전자변형 식물체(딸기, 벼, 담배)부터 약용식물(감초, 차조기), 기능성채소에 이르기까지 폭넓게 환경제어를 통한 재배와 효율적 생산에 관한 연구를 진행 중에 있으며, 2017년부터 NEDO가 추진 중인 ‘차세대 인공 지능 및 로봇핵심기술개발’ 사업에서 ‘인공지능기술을 사용한 식물페노믹스와 그 응용에 관한 선도연구’를 진행 중에 있음. 또한 2018년부터 후지쓰와 공동으로 AI를 활용한 약용식물과 기능성채소의 효율적 재배기술 확립 기술을 개발하는 연구를 진행 중에 있음

147) 農耕と園芸 - 植物工場 最新情報(2013년 8월)

148) 원에특작 연구동향 월간레포트 NO.14, 농촌진흥청

- 고베대학교에서는 2009년부터 고부가가치 약용식물을 연구테마로 지정하고 백화사설초와 사프란를 식물공장에서 대량 생산하기 위해 연구하고 있으며 백화사설초는 재배기술확립이 되어가고 있어 향후 5년 전후로 상업화 가능할 것으로 예상됨
- 동경대학교에서는 아그로박테리움을 이용한 일시적 형질전환 기술에 대한 연구를 진행하고 있으며, 식물공장에서 재배되는 담배에 목표유전자를 갖고 있는 아그로박테리움을 처리하여 백신과 같은 고부가가치 단백질을 생산하는 연구를 진행 중에 있음
- (유럽) IoF2020(Internet of Food & Farm)은 사물인터넷을 기반으로 유럽의 농식품 전영역에 정보네트워크를 구축하여 빅데이터를 수집 및 활용하겠다는 프로젝트로 채소의 경우 식물공장을 활용하여 실시간제어를 가능하게 하고 IoT 기술을 활용한 인공조명 시스템 구축을 통한 자동 생육 기술 개발
- Staay Food Group은 2017년 유럽에서 처음으로 Philips社의 LED 인공광 이용한 900m<sup>2</sup>의 수직농장을 건설함. Staay社, Philips社 그리고 육종가는 3년간의 협업을 통해서 수직농장 환경에서 가장 적합한 상추의 조합의 품종을 선별하고 최적의 생장을 유도할 수 있는 growth recipe를 개발함

<그림 2-34. (좌)Staay Food Group의 수직농장/ (우)생산품149)>

- (핀란드) 핀란드 Evergreen Farm Oy社는 360도 회전가능한 신개념 수경재배 모듈 ‘Grow360 system’을 개발하고, 더불어 LED 광, 태양광과 바람에너지를 동시에 발전시킬 수 있는 장치 등을 개발하여 수직농장 사업을 본격화하고 있으며, 추가적으로 machine learning을 생산과 경영에 적용하여 전세계에서 단위면적당, 단위공간당 가장 높은 작물 생산량을 추구하고 있음

<그림 2-35. Evergreen Farm Oy社의 핵심 기술<sup>150)</sup>>

- (영국) 영국 North Lincolnshire에 유럽에서 가장 큰 규모(5120평)의 수직농장이 2018년에 완공될 예정이며, Jones Food社에서 운영하고, GE社에서 개발한 Arize LED를 사용, 완전 밀폐를 통해서 오염되지 않은 채소류 뿐 만 아니라 화장품과 바이오의약 소재를 위한 식물생산을 목표로 하고 있음
- (미국) 미국의 상업적 수직농장은 2015년 기준 7개가 보고 되었으며, 현재 지속적으로 늘어나고 있는 추세임

<그림 2-36. 미국과 캐나다의 상업적 수직농장의 분포<sup>151)</sup>>

- MIT의 Caleb Harper교수는 4차 농업혁명으로 작물 생산량 증진을 위한 개방형 식량생산 플랫폼(Food computer)이 네트워크로 연결되어 환경정보와 생체정보를 공유하고 빅데이터화 할 수 있는 Internet of Food(IoF)의 개념을 제시함
- MIT의 칼럼 하퍼 교수가 만든 오픈소스 기반의 푸드컴퓨터는 식량문제와 기

150) <https://www.evergreenfarm.eu/>

151) Indoor crop production feeding the future (2015. 03)

후 별로 생산된 농산물이 식탁에 오르기까지의 문제점을 해결하기 위해 실내 도시농업을 표방하며 시작되었고, 처음부터 오픈소스로 출발하여 누구든지 무료로 접근할 수 있게함

- 푸드 컴퓨터는 30개의 센서, 2개 카메라에 에어컨, 히터, CO2발생기, 양액기 등이 모두 있는 테이블 위의 작은 농장이며, 생긴 것은 3D프린터와 비슷한데 프린팅 대신 그 안을 초미니 온실처럼 꾸며 식물재배환경을 제어하면서 식물을 재배하는 것
- 푸드 컴퓨터는 씨앗을 심고 수확할 때까지 재배 환경에 대한 기록을 생성하는데 이 기록을 그 작물에 대한 레시피(Recipe)라고 함

<그림 2-37. MIT의 food computer<sup>152)</sup>>

<그림 2-38. Personal food computer<sup>153)</sup>>

- 미국 중서부의 채소와 허브류를 주년 공급하고 수송비를 대폭 절감하기 위해서 Green Sense Farms은 시카고 근처에서 대규모의 수직농장을 건설하여 연간 150만톤의 작물을 생산하고 있음
- AeroFarms은 뉴욕 도시내의 폐업한 제철소나 나이트클링 등의 공간을 수직노

152) '미국 MIT 대학 OpenAG 푸드 컴퓨터', 오피니언 기사 참조

153) LED lighting for Urban Agriculture, Springer

장으로 재설계하여, 식물을 생산하며 수직농업분야 세계 TOP10중 하나이며, 분무경과 LED를 사용하며, microfleece을 종자 발아 배지를 사용하는 특징을 갖고 있음

<그림 2-39. (좌)AeroFarms의 분무수경재배 시스템 / (우)뉴욕의 수직농장<sup>154)</sup>>

- iBio Biotherapeutics(구Caliber Biotherapeutics)는 2013년에 텍사스에 4200 평 15m높이의 규모에서 220만개의 식물을 동시에 재배할 수 있는 수직농장 시설을 구축하고, 백신생산을 위한 담배를 재배함

<그림 2-40. (좌)Caliber Biotherapeutics의 수직농장 / (우)백신추출 및 생산 시설<sup>155)</sup>>

- 미국의 Indoor AgCon에서는 미래의 상업적 생산의 위해 연구해야 할 대상작물로 기능성식물이나 약용식물로 거론하였지만, 실제로 미국에서는 아직까지 주로 엽채류, 새싹채소(microgreen), 허브류 위주의 생산에 머물러 있음
- 2014년 기준 미국의 채소류(fresh vegetable)의 내수 시장은 규모는 252억달러이며, 이 값의 1/3이상을 수직농장을 포함 indoor farming에서 생산 가능함

154) <https://aerofarms.com/>

155) <https://www.ibioinc.com/>, Barry et al., (2015), Plant Biotechnol. J.

## 4. 미래농업 전망 및 시사점

□ [농생명 신소재 개발] 농업 원물을 활용한 신소재 개발 및 차세대 식품기술 개발 추진

- (농생명 신소재) 전통 천연물 기반 신소재를 포함, 농업 원물을 활용, 기능성 식품, 의약·화장품, 바이오 플라스틱, 바이오 폴리머 등 개발
  - 무·양배추(심혈관질환), 황기·강황(항비만·간 보호) 등 기능성 소재 발굴·개발
- (新식품) 식물 단백질 재조합 기술을 활용, 메디컬푸드, 식물성 고기, 3D 프린팅 식품, 콜레스테롤 제로 육류 등 차세대 식품(Food-tech) 개발
  - 3D 푸드 프린터 접목을 위한 파우더 소재 다양화 기술 개발 등

<p>실크단백질 이용 의료용 생체재료</p>	<p>바이오기술로 만든 대체육류</p>	<p>벌독추출 화장품</p>
------------------------------	---------------------------	-----------------

□ 농업 생산지원에서 농업 신산업으로 성장을 위한 후방농업 R&D 추진

- (현황) 세계 작물보호제(농약) 및 종자 시장은 빠르게 성장하고 있으나, 국내 신농약 개발에 대한 투자 부족으로 원제 수입의존도 확대
  - 세계 작물보호제 시장 : 연평균 5.5% 성장('09~'14), '17년 기준 약 62조원 규모
  - 원제 수입의존도 : ('90) 39% → ('00) 71 → ('10) 91.1 → ('16) 99.3
- 또한, 선진국은 차세대 육종기술 기반 신작물 개발로 종자시장 과점전략을 추진 중이나 우리나라는 여전히 초기 개발단계 및 연구비 투자 저조
  - 세계 종자 시장 : ('11) 337억 달러 → ('25) 718억 달러 (연평균 20% 성장 예상)

- 세계 신육종기술 시장규모 : ('15) 4억 달러 → ('20) 20억 달러

□ 첨단 BT, ICT 융합을 통해 작물보호제, 종자 분야 경쟁력 확보

○ (작물보호제) 가뭄저항성, 병해충방제 등 인공지능 결합 생명공학기술 등을 활용, 블록버스터급 신작물보호제 개발 추진

- 신약 개발의 관점으로 출연연(화학연 등), 산업체 등 협력기반 신물질 개발 등

○ (종자) ICT기반 품종 선발·분석 등 디지털 육종 기술, 유전자가위 기술 등 신육종기술을 통해 우량 신품종 조기 개발 추진

- 기후변화 대응 신품종 및 내재해성 품종 개발, 천연물 종자 경쟁력 강화 등

식물병 방제용 작물보호제	병충해 대응 품종 개량 (유전자 가위 기술)	기후변화 대응 내재해성 수박

□ [스마트 유통] 유통 데이터 기반 신선한 먹거리 공급 가능한 기반 조성

○ (현황) IoT 센싱 기술의 발전과 빅데이터 분석을 통해 농산물의 수확 예측에 기반한 계획 생산으로 수급관리가 가능한 여건 조성

- 현재 일부품목에 한해 빅데이터 기반 수급관리 및 가격예측 연구 시도 단계

○ (계획) 스마트팜 등의 농업 생산 정보와 시장 정보를 연계, 수요와 공급을 최적화하기 위한 생산-유통 의사결정체계 고도화 연구 기획 추진

- 농산물 생산-출하 과정 모니터링, 수요예측 기반 농식품 수급관리 등

## □ [맞춤형 식품] 개인 건강 맞춤형 식품 생산 기술

- 국민의 건강검진을 통한 건강 데이터(혈당, 콜레스테롤 등), 질환, 식습관, 생활 습관의 통합 빅데이터 구축
- 구축된 빅데이터를 기반으로 국민 건강과 식습관과의 상관 관계를 분석을 통한 필요영양소가 포함된 추천 식단 결정 서비스 개발
- 구축된 국민 건강 빅데이터를 기반으로 수요 대비 생산이 부족한 재배작물의 수요량 예측 플랫폼 개발 및 요구되는 영양소가 강화된 스마트팜 재배 프로토콜 매칭서비스 개발

## □ [맞춤형 프린티드팜] 개인용 재배기 프린팅을 통한 맞춤형 식물 재배

- 공간 및 목적(개인건강 등) 맞춤형 식물 재배 스마트팜 설계 및 자재 프린팅 기술과 맞춤형 재배를 위한 SW를 제공하는 오픈소스 기반 프린티드팜 플랫폼 개발
- 개인용 재배기 프린팅을 위한 재배기 구성자재 3D 프린팅 기술 개발 및 환경제어 시스템 소형화/변형화 기술 개발
- 클라우드 기반의 프린티드팜 정보 커뮤니티 구축과 최적 재배 프로토콜 빅데이터화 및 프린티드팜 맞춤형 최적 재배 프로토콜도출 SW 개발

<그림 2-41. 우주농업 적용 프린티드팜 예시<sup>156)</sup>>

## 제 3 절 신산업 창출 생태계 조성

### 1. 핵심 거점 조성 및 인재 양성

- [필요성] 현재 스마트 농업인재 육성의 일환으로 스마트팜 현장 전문가를 위한 교육 및 스마트농업보육센터 도입 등이 이루어지고 있으나 미래 농산업 인재 양성을 위해 드론, 스마트팜 등 첨단 농업 역량 강화가 가능한 미래농업 혁신 인력 양성이 필요함
- 농림축산식품부는 2019년 발표한 중점 과제 중 스마트농업 확산을 위해 2022년까지 약 500명의 청년 혁신 인재를 육성한다는 계획
- [‘과학기술 + 농업’ 융합 미래혁신인력 양성] AI·빅데이터 등 미래농업 융합 기술 전문가 양성 및 첨단·융합 농업 분야별 우수 연구인력 집단 양성 추진 필요
- [新직업군 육성] AI, 빅데이터, 유전자 가위 등 미래농업 융합 기술 전문가, 현장 실무 전문가, 농산업 컨설턴트 등 新직업군 육성을 위한 개방형(대학-출연(연) 연계 등) 교육 프로그램 도입 추진
- 해외 선도국의 경우 대학 및 연구소에 연계해 어그 분야의 인재양성을 위한 교육 프로그램을 운영하고 있음
- (영국) 영국의 경우, 대학을 연계한 농업 공학 정밀 혁신센터를 설립해 대학교 내 교육기관 및 연구시설을 활용한 허브를 구축하였으며, 대학, 연구소 등이 융합해 어그텍 분야의 교육 프로그램을 진행함
- (네덜란드) 네덜란드의 경우, World Horti Center 내 대학 과정의 교육 프로그램을 운영하고 있으며, 개인 및 기업 대상의 어그텍 연구 및 비즈니스 측면의 교육을 받을 수 있도록 다양한 프로그램을 운영

- 그러나 국내의 경우 미래농업 분야를 전문적으로 양성하는 기관 또는 통합 센터가 없고 프로젝트로 운영되는 융합연구단 형태로 기술 개발을 하고 있음
- 따라서 국내에도 첨단과학 융합형 어그테크에 맞춤형된 전문 Agtech 교육체계가 필요하며, K-어그텍 센터 설립을 통해 대학-연구소-실증팜을 연계해 어그텍 분야의 중복연구방지 및 효율적인 교육체계 수립 필요
- 지역 거점의 출연연 및 연구기관의 통합 관리 및 운영, 교육 프로그램 학사체계 관리를 통해 어그텍 분야의 新인재양성이 가능한 모델 구성

<그림 2-42. K-어그텍 센터 구성>

**<사례① - World Horti Center(네덜란드)>**

- World Horti Center는 2018년 3월에 공식 오픈한 국제 온실 원예 분야의 선도적 혁신 센터로, 공공 및 민간 부문의 사람들이 비즈니스 및 교육을 혁신, 연결, 창조 및 고무시키는 데 협력하는 플랫폼<sup>157)</sup>
- 여러 기업들, 교육기관 등의 협력으로 운영되며, 농업에 대한 실증연구, 미래 농업을 책임질 다양한 국적의 학생들을 가르치는 공간으로 활용되며, 매년 2만5000명의 전 세계 농업전문가가 이곳을 방문해 시설농업에 대한 최신 기술과 트렌드를 배워감<sup>158)</sup>

- 산업 연구뿐만 아니라 6년 이상의 학위 과정을 제공하며, 해당 분야의 인큐베이터 및 인재 프로그램인 HortiHeroes를 운영
- 또한 World Horti Center는 MBO (MBO Westland), HBO (Inholland)에서 세계 최고 인재를 위한 학습 환경을 제공하고 선도적인 지식 기관과 협력하고 있음
  - 예를 들면 Greenport Hub (TU Delft, Leiden University 및 Erasmus University Rotterdam 강의) 등의 지식과 혁신 및 국제화에 중점을 두는 교육 프로그램에 함께 협력하고 있음
- World Horti Center의 현대 연구 시설에서는 36개의 연구부서가 있으며, 기후, 물 공급, 조명, 작물 보호, 재배 시스템, 비료 등의 분야에서 연구가 진행 중

<표 2-6. World Horti Center의 교육 프로그램<sup>159)</sup>>

157) <https://www.vanderknaap.info/en/about-us/world-horti-center>

158) <http://weekly.donga.com/List/3/all/11/1386765/1>

159) <https://www.worldhorticenter.nl>, 홈페이지 내용 참고

160) <https://start-life.nl/startups/startlife-incubation-programme/>

161) <https://www.agri-epicentre.com/projects/>

<그림 2-43. World Horti Center 전경>

<그림 2-44. World Horti Center 연구섹션>

**<사례② - Centres for Agricultural Innovation(영국)>**

- 영국의 농업혁신센터는 어그테크 분야와 정부의 콜라보 모델로 설립됨
- 영국의 농업혁신센터는 농업 기술 부문과 정부 간의 새로운 협력 모델이며, 농업 혁신을 영국 기업을 위한 상업적 기회로 전환 및 경제적 성과 향상을 도모함
- Agrimetrics(데이터 센터), Centre for Crop Health and Protection(CHAP, 작물 건강 및 보호 센터), Centre for Innovation Excellence in Livestock(CIEL, 축산 혁신 우수 센터), Agricultural Engineering Precision Innovation Centre(Agri-EPI, 농업 기술 정밀 혁신 센터) 4개의 분야로 나뉘지며, 서로 다른 농업 분야에 걸쳐 산학관 간의 격차해소를 위해 각 분야

## 별 운영

- Agrimetrics는 2015년 10월에 오픈했으며, 농업정보학과 지속가능성 측정에 중점
- Agri-EPI는 정밀농업의 성장을 주도하고 있으며, 다양한 규모의 비즈니스 인큐베이터 시설 개발
- 농업혁신센터는 Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS) 부서에서 2013년에 시작된 Agri-Tech 전략의 일환으로 영국 농업에 1억 5,000만 파운드를 투입하기로 하여 지원 받음
- 농업혁신센터 이외에도 대학, 연구소 등이 융합되어 Agtech 분야의 이니셔티브를 조성하는 프로그램이 존재함 (Farm491 등)

<표 2-7. 영국의 농업혁신센터<sup>160)</sup>>

### <사례③ - Agri-EPI (Agricultural Engineering Precision Innovation Centre(영국))>

- Agri-EPI는 영국의 농식품 부문이 영국 농업의 생산성과 지속 가능성을 향상시킬 첨단 기술을 개발할 수 있도록 돕기 위해 정부 산하로 설립됨
- 1770만 파운드 정부 투자
- 농부와 기업주가 더 많은 수익을 올리고 지속 가능하게 하는데 도움이 되는 혁신적인 아이디어를 지원
- 센터는 에딘버러, 하퍼 아담스 대학교 (Harper Adams University) 및 크랜필드 대학교 (Cranfield University), 뉴포트(Newport Hub)에 허브가 있으

며, 연구시설, 사무실, 농장 등 활용 가능한 공간 지원

<표 2-8. Agri-EPI 프로젝트<sup>161)</sup>>

<그림 2-45. Agri-EPI의 Hub 시설 -(좌)크랜필드 (우)뉴포트>

## 2. 첨단 기술 기반 창업 지원

- [스타트업 육성] 기존 영농창업 지원 중심의 스타트업 육성과 차별화된 첨단 과학기술 기반의 'Agtech 스타트업' 육성방안 마련
- (국내 현황) 국내에는 어그텍에 특화된 인큐베이션 프로그램이 없으며 어그텍

스타트업이 지원받을 수 있는 프로그램이 제한적

- 국내에서도 농업분야 지원 사업들이 존재하나, 주로 자금 지원사업이 대부분이며 제한적 프로그램으로 구성됨

○ **(해외 현황)** 해외에서는 정부차원의 적극적인 어그텍 인큐베이션 육성 프로그램을 구성해 어그텍 분야 스타트업 육성을 추진

○ 네덜란드의 와게닝겐(Wageningen-university, WUR) 대학은 StartLife라는 인큐베이션 프로그램을 구축해 정보를 공유하고 스타트업을 지원, 그 결과 2011년부터 250개 이상의 신생기업을 구축, 지원하여 지속적인 효과를 창출하고 있으며, 신생기업이 발전할 수 있는 단계별 프로그램을 마련해 어그텍 분야의 사업화를 적극 지원

○ **(기술 검증 실증 지원)** AgTech 인큐베이션 프로그램을 운영해 스타트업 기업들이 기술을 검증하고, 창업 지원할 수 있으며 우수기업들이 글로벌 기업으로 성장할 수 있도록 지원 필요

- BT기반 생물학적 작물보호제 기술 등 Agtech 기술보유 기업 집중 육성 등의 세부 인큐베이션 프로그램 운영 필요

○ **(다양한 프로그램 지원)** 브라질의 경우에는 실리콘 벨리의 이름을 본떠 ‘아크로테크 벨리(Agrotech Valley)’에 스타트업들이 주로 모여 다양한 농업 기술 개발 연구를 진행하고 사업화가 진행 중이며 어그텍 분야의 다양한 지원 프로그램이 존재함

- 브라질에서는 농장 모니터링, 농작물 관리 서비스, 드론 제조, 해충 관리 서비스, VR 등 어그텍 세부기술별 스타트업들의 사업화가 활발히 진행 중

- 2017년 기준 브라질 농업 분야 스타트업은 200곳 이상 확대되었으며 상파울루 농업 대학을 중심으로 피라시카바시에 ‘아크로테크 벨리(Agrotech Valley)’ 형성

○ 어그텍 스타트업 지원을 통해 농작업 분야의 어그텍 기기 렌탈 사업(로봇, 드론 등), 헬스케어 연계 어그텍 사업(농작업 보행수트 등) 등 신산업 창출 가능

- [농업 비즈니스 융합 지원] 사업모델 수립, 투자유치, 성장지원 각 단계별로 미래 농업 핵심 기술과 농업 비즈니스간의 융합 적극 지원 필요
  - 보유기술 제품화를 위한 시제품 제작 및 IP 창출, 사업 포트폴리오 수립 등 스타트업 경영지원 프로그램 수립 등 단계별 지원 필요
  - (인도) 인도의 경우, Startup India라는 프로그램을 통해 아이디어부터 프로토타입까지 단계별로 지원받을 수 있는 인큐베이션 프로그램이 있으며, Agriculture Grand Challenge를 열어 우수한 스타트업이 성장할 수 있는 발판을 마련해 지원함
  - (호주) 호주의 경우에도 호주 산업부가 농업 스타트업을 위한 GATE(Global AgTech Ecosystem)을 조성해, 개인 또는 스타트업을 위한 인큐베이터 역할을 하며 농업 부문의 사업화를 촉진시키고 있음
  - (국내 현황) 국내에서도 농업분야에 다양한 창업프로그램을 운영하고 있으며, 창업 준비단계 ~ 사업화 직전 단계까지 단계별 필요에 따른 창업 사업들이 존재함
    - 컨설팅/멘토링 사업도 일부 존재하나 주로 자금 지원사업이 대부분임
    - 어그텍/스마트팜 기술 사업화 분야의 창업지원 프로그램은 미흡하며, 해외의 사례처럼 실제 농업 환경에서 테스트 해볼 수 있는 실증팜 지원은 국내에 없음
  - 전문화된 어그텍 인큐베이션 운영 및 실증팜 운영 등의 지원을 통해 “글로벌 어그텍 기업” 육성 필요

\* AgTech 인큐베이션 프로그램(안)

<그림 2-46. 어그텍 인큐베이션 프로그램(안)>

○ (프로그램1) Test Bed 제공

- 어그텍 스타트업이 기술을 검증해볼 수 있는 공간을 마련해 제공
- 지역 거점의 실증판을 활용해, 여러 지역의 스타트업이 연구개발 및 사업화에 도움이 되는 테스트 베드 활용 지원

○ (프로그램2) AgTech Accelerator 운영

- 어그텍 분야 스타트업 창업 지원을 위한 테스트 베드 제공, 기술이전, 기술지원, 비즈니스 모델 및 사업화 컨설팅, 투자연계 등의 어그텍 맞춤형 프로그램을 운영
- Test Bed 및 Challenge와 연계해 지원

○ (프로그램3) K-AgTech Challenge를 통한 글로벌 어그텍 기업 육성

- 어그텍 스타트업 챌린지를 개최해 우수기술 보유기업에 상금지원 및 브랜드화
- 어그텍 스타기업으로서의 추가 재정지원 및 스타기업 육성
- 스타기업을 글로벌 어그텍 기업으로 인큐베이팅

<사례① - Wageningen University(WUR) (네덜란드)<sup>162)</sup>>

- Wageningen 농업 대학 (Agricultural University of Wageningen)는 QS Top University Ranking에서 Agriculture & Forestry(농업 및 임업) 분야에서 세계 최고의 대학으로 선정됨(2017년)
- AgriFood 또는 생명과학 분야에서 기업가 정신을 가진 학생들을 적극적으로 지원하며, StartLife라는 인큐베이션 프로그램을 구축해 정보를 공유하고 스타트업을 지원함
- StartLife는 2011년부터 250개 이상의 신생기업을 구축, 지원하여 지속적인 효과를 창출하고 있음

<표 2-9. WUR의 StartLife 인큐베이션 프로그램<sup>163)</sup>>

---

162)

<https://www.wur.nl/en/newsarticle/Wageningen-University-Research-best-agricultural-university-in-the-world-1>

163) <https://start-life.nl/startups/startlife-incubation-programme/>

164) <https://www.startupindia.gov.in/content/sih/en/agriculture-grand-challenge.html>

165) <https://yourstory.com/2018/02/government-invites-agritech-startups-resolve-sector-issues/>

<그림 2-47. Wageningen 농업 대학>

<그림 2-48. WUR의 StartLife 인큐베이션 프로그램>

<사례② - AGC, Agriculture Grand Challenge<sup>164</sup> (인도)>

- Startup India는 신생 기업의 성장에 도움이 되고 지속 가능한 경제 성장을 주도하며 대규모 고용 기회를 창출 할 수 있는 강력한 생태계를 구축하려는 인도 정부의 주력 사업이며, Agriculture Grand Challenge는 농업 부문의

프로그램으로 운영됨

- Agriculture Grand Challenge 프로그램은 농업 자원부와 인도 허브 (Agricultural and Startup India Hub<sup>165</sup>)가 공동으로 추진
- 기존 농업 창업자뿐 아니라 농업 기업가들도 발달시킬 수 있도록 설계되어 있으며, 초기 단계의 신생 기업은 아이디어 단계에 지원할 수 있는 반면 신생 기업은 시장 준비 단계에 지원함
- 아이디어 단계 벤처 기업(Idea Stage)은 농업 분야의 전문가와 함께 개념 증명의 실시간 테스트를 통해 아이디어에서 프로토타입까지 3개월 동안의 인큐베이션 지원을 받게 됨
- 기존 스타트업은(Existing Startup Stage)는 농업부와의 시장 접근 3개월 프로그램을 지원함
- AGC 프로그램은 전문가의 멘토링을 통해 농업 혁신을 일으킴
- 프로그램을 위해 선발된 스타트업 외에도 나머지 참가자들도 일련의 농업 마스터 클래스에 참여할 수 있으며, 이들은 전국적으로 신생 기업에 네트워킹 및 멘토링 기회를 제공받음

<그림 2-49. AGC 프로그램>

<사례③ - GATE, Global AgTech Ecosystem (호주)>

- NSW Department of Primary Industries (DPI)<sup>166</sup>, 호주 산업부에서는 농업 혁신가들이 함께 할 수 있는 플랫폼인 GATE(Global Ag-Tech Ecosystem)을 제공함
- GATE라는 5년 프로그램은 상업적 잠재력을 가진 연구 및 개발물을 가진 개인 또는 스타트업을 위한 인큐베이터 역할을 함
- 또한, 농업 기술 개발자가 DPI R & D 전문성에 액세스하거나 자체 기술을 융합할 수 있는 기회를 제공하고 기술 제공 업체, 비즈니스 서비스 및 투자자와 협력하여 NSW 농업 부문의 상업화 된 제품을 창출할 수 있음
- 기업 고객 글로벌 투자 전문가 인 SparkLabs의 호주 법인인 SparkLabs Cultiv8<sup>167</sup>)과 파트너 관계를 맺어 새로운 서비스 및 제품의 프로토타이핑 및 성장을 촉진

<표 2-10. GATE 운영 프로그램<sup>168</sup>>

### 3. 신기술 창출을 위한 인프라 강화

#### 1) 데이터 인프라

□ [데이터 인프라 구축] 공공과 민간이 협력하여 데이터 생산·구축·개

166) <https://www.theland.com.au/story/4932502/dpi-launches-10m-new-ag-tech-initiative/>

167) SparkLabs Cultiv8은 아시아 최고의 Tech Accelerator 그룹인 SparkLabs Group과 NSW 주 산업부 (DPI)가 공동으로 설립한 글로벌한 식품 농업 기술부문의 Accelerator임

168) <http://www.thegate.org.au/programs>

## 방·활용하기 위한 농축산 빅데이터 센터 및 데이터 팜 구축

- (국내 현황) 국내에서도 농업 데이터 활용을 위해 정책적 사업 추진을 하고 있으나, 아직까지는 데이터 활용의 제한으로 인해 기술개발의 어려움이 있음
- 영국 및 일본의 경우, 데이터센터를 구축해 기술개발 및 사업화로 연계하는 통합 인프라를 제공하며, 해외에서는 AI, 빅데이터 분석과 관련하여 활발하게 데이터들을 공개하며 협업하고 있음
- (영국) 영국의 경우, 연구소, 대학이 연계한 데이터센터(Agrimetrics)를 구성해 모든 농업 데이터를 정량화하고 빅데이터로 활용하는 독립적인 데이터 기관을 구축함
- (일본) 일본은 정부와 기업 간 데이터 플랫폼 WAGRI(WA (a Japanese word meaning “harmony”) 및 AGRI (agriculture)의 합성어)를 창설해, 개별적인 데이터를 상호 이용할 수 있도록 지원하는 데이터 센터 구축

## □ [국내 데이터 기반] 국내 각 기관에서는 빅데이터 관련 연구과제 및 시범 사업 등을 통해 정책 및 사업화 방안을 모색해 나가고 있음

- (기반 구축) 농식품 빅데이터 융·복합 활용 촉진을 위한 데이터지도 구축, 활용 모델 개발 등으로 단계적으로 농식품 빅데이터 생태계 조성을 추진 중
  - 초기 단계에서는 통계 및 민간SNS 등을 활용한 영농현안 분석을 중심으로 빅데이터 수집 체계 구축, 당면 영농현안 트렌드 분석이 이루어지고 있음
  - 농산업 빅데이터(농업경영체, 팜맵, 가격, 쇠고기이력 등) 표준화·품질제고 및 민간 빅데이터(POS, 카드사, 통신사, SNS) 수집 활용을 위한 협업 체계를 구축 중
  - 중장기적으로는 농식품 빅데이터 수집·유통 플랫폼과 분야별 의사결정지원 모델의 대국민 서비스화를 통해 목표로 하고 있음
- (생산 분야) 스마트팜 확산 사업을 통해 생산 환경 등에 대한 빅데이터를 수집하고 있으며, '19년부터는 축사 분야 빅데이터 사업이 추진될 예정임
  - (스마트팜) 스마트팜 빅데이터 수집, 연계 및 수집 데이터 품질관리와 스마트팜 빅데이터 활용 사례 발굴이 추진되고 있음
  - (축사) 스마트 축사의 빅데이터 수집 플랫폼 구축과 경영지원 모델 발굴·서비스 활용 체계를 '19년부터 구축할 계획

- (유통 분야) 농정원은 도매시장 실시간 경락가격 데이터 활용을 지원하고 있으며, 유통공사는 농산물유통 종합정보시스템 운영 및 이를 통해 수집 되는 빅데이터를 활용하여 생산·유통 분석 모형 등을 통해 수급예측 모델 개발 및 시스템 고도화를 추진 중
- (농지 분야) 농어촌공사의 농지종합정보화 사업을 통해 농지이용활성화를 위한 빅데이터 활용 연구 및 서비스화가 이루어지고 있음

□ [AgTech 데이터 센터 구축] 농작물, 식품, 개인건강 DATA를 통합적으로 수집 및 분석하는 통합 AgTech 데이터 센터를 구축해 농축산 분야의 빅데이터 활용을 위한 인프라 조성 필요

- 농업 데이터에만 국한된 것이 아니라 식품, 개인건강 등의 DATA를 통합적으로 수집해 생산 및 소비까지 분석이 가능한 데이터 센터 구축 필요

<그림 2-50. AgTech 데이터센터(안)>

<사례① - Agrimetrics 데이터센터 (영국)169>

- Rothamsted 연구소, Reading University, NIAB(작물 재배를 위한 영국에서 가장 큰 연구소), SRUC(스코틀랜드 농업대학)이 창립 파트너이며, 데이터 센터를 운영해 영국 전역의 농업 분야의 새로운 사업, 효율성, 수익성 향상을 위해 정부가 설립 (민간으로 운영되는 것으로 추정)
- 창립 파트너들은 Agrimetrics에 토양, 작물, 가축, 식량 및 지속 가능성 분야의 데이터 과학, 스마트 분석, 생물 정보학, 번역 연구 및 지식 교환 분야 등의 세계적인 전문 기술 및 역량을 제공
- Agrimetrics는 모든 데이터 소스에 연결하고 결합 할 수 있는 기능을 갖춘 영국의 선도적인 독립 데이터 기관으로, 농업 부문의 토양, 물, 날씨를 포함한 가축 및 작물 생산의 중요한 기초를 정량화하는 데이터를 제공하고 빅데이터로 활용

- 데이터를 연결시키고(Linking data), 인사이트를 제공하며(Insights), 모델링 (Modelling) 서비스를 제공함
- Agrimetrics가 창출 한 이익은 새로운 데이터, 기술 및 역량에 재투자되어 식량 및 농업 분야 전반에 걸쳐 더 높은 효율성과 부를 창출
- 전체 필드에 대한 데이터를 보는데는 500파운드(약 73만원) 정도이며, 각각의 서비스별로 0~3파운드 정도 구독시마다 지불함 (각각의 서비스에 대해 어떤 식으로 구독해서 지불하는지는 모르겠음)
- 토양, 온도 등의 필드정보 서비스, 날씨 등의 필드 동향 서비스, 향후 성장 및 수확시기 예측 등의 필드 예측 서비스가 있음

<그림 2-51. Agrimetrics 서비스 예시>

#### <사례② - WAGRI (일본)<sup>170)</sup>>

- 일본은 정부 주도하에 스마트팜 산업 적극적으로 장려
- 2004년 ‘신산업 창조전략’을 통해 융합 신산업 창조전략을 추구하고, 2011년 i-Japan 전략을 수립하면서 농업을 ICT융합 기반의 신산업으로 육성하기 위한 6대 중점분야로 선정<sup>171)</sup>
- 2013년 스마트아그리라는 영농정보관리시스템 등을 개발해 농업의 기계화와 자동화를 실현하였으며, 기업들의 참여로 기술 개발 중<sup>172)</sup>
- IBM은 농산물 이력 추적서비스를, NEC는 생육환경 감시 및 물류 서비스를 제공하고 있으며, 후지쯔는 사물인터넷 기술 플랫폼을 활용해 수경 상추를 생산하고 있으며 이를 새로운 농업으로 육성중에 있음
- 후지쯔 그룹의 폐쇄형 대규모 식물 공장인 와이즈 와카마츠 아키사이 야채 공장은 '클린룸'이라고도 불리며, 각종 첨단 기술을 도입해 우량품 수확률을 높임

- 2014년 농림수산성을 주축으로 ‘농업 정보의 생성·유통 촉진 전략’(14.6)을 수립하고 농업 관련 데이터의 수집 및 분석 활성화를 모색
- 2017년 5월 일본 내각부는 IT벤더와 농기계 제조업체간의 데이터 연계를 목적으로 한 '농업 데이터 연계 기반(데이터 플랫폼)'을 창설<sup>173)</sup>
- 이를 기반으로 '농업 데이터 연계 기반 협의회(WAGRI)'가 발족, 올해 2월 기준 NTT, NEC, 후지츠 등의 IT 업체, 게이오 대학, 농기계 제조업체 등 총 124개 단체가 참가
  - WAGRI : WA (a Japanese word meaning “harmony”) and AGRI (agriculture)
- 기존에 개별적으로 완결되었던 여러 가지 ICT 서비스에서 취득 및 축적된 데이터를 상호 이용할 수 있도록 함으로써 각 농가가 보다 전략적이고 합리적인 경영 판단을 할 수 있도록 지원 (Connected Industries)
- 농업 데이터 소스 및 서비스를 연결해 농업 공동체를 증진시키는 허브 역할을 함
- 농업에 초점을 맞추므로써 신속한 데이터 거래 시장의 개시가 목표

<그림 2-52. Wagri 개요>

<그림 2-53. Wagri 데이터 흐름도>

169) <https://agrimetrics.co.uk/>

170) 2017 스마트팜 운영기술 교육훈련 국외연수 귀국보고서, 농업기술원 / 델피 홈페이지 참조

171) 스마트 농업 실현을 위한 농림수산물 R&D의 추진방향 및 과제

- 다양한 데이터가 제공되고 관리됨
- 데이터 수집, 분석에 시간 및 노력 줄임
- 외부 환경 데이터 및 기업의 상업 데이터를 포함해 제공
- 매년 데이터가 축적될수록 더욱 발전된 생산 관리 가능

<그림 2-54. Wagri 이점>

## 2) 네트워크 인프라

- 농업의 4차 산업혁명에는 모든 사물이 연결되는 네트워크화가 진행되며, 실시간 데이터 전송을 위한 컴퓨팅 네트워크 인프라 구축이 필요
  - 농업 분야의 대량의 데이터를 빠르게 전송하여 분석할 수 있도록 하기 위하여 컴퓨팅 자료 전용 네트워크 구축이 필요
  - 상시 네트워크 통신은 농업용 로봇 및 드론과 결합하여 데이터 실시간 분석 및 작업 수행을 구현해 안전하고 편리한 작업을 가능하게 함
  
- [네트워크 인프라] 농업 분야의 네트워크 모델 접목을 통해, 생산 ~ 유통 소비 단계를 잇는 신산업 창출 가능
  - (네트워크 모델) 네트워크 모델을 농업 분야에 접목 시, 계획 단계에서 시작하여 소비자가 농식품을 구매하는 단계까지 전 단계로 두어 기존의 생산 중심의 개념에서 벗어나 유통과 소비 단계까지 고려한 시장과 비즈니스 측면을 고려할 수 있음<sup>174)</sup>

172) 인더스트리뉴스(<http://www.industrynews.co.kr>)

173) <http://www.straightnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=32215>

174) 스마트농업의 기준모델과 향후 표준화 방향

<그림 2-55. 네트워크 기반 스마트농업 기준 모델>

- [5G+] 국내의 경우 세계적인 수준의 통신 인프라를 활용하여 5G 기반의 드론·트랙터 등 정밀농업 서비스 발굴 추진이 가능하며, 실시간 데이터 전송·분석·판단 등이 가능한 자동화 서비스 구현 가능
  - 우리나라는 상대적으로 농업의 규모가 작아 시스템을 설치하는 것이 어려운 상황이나 최근 농업 분야에도 5G 등의 네트워크 강점을 활용하려는 움직임이 있음
  - 5G 도입 시 농촌 지역 내 커버리지가 높아짐에 따라 네트워크 구축 비용 감소가 예상되고, 클라우드화 하거나 모바일 엣지 컴퓨팅을 통해 시스템의 설치 비용을 최소화하여 스마트 농업의 진입 장벽을 낮추어 줄 것으로 기대<sup>175)</sup>
  
- (KT 사례) KT의 경우, 2018년 5G와 IoT(사물인터넷) 기술을 활용해 브라질 스마트 팜 실증 단지 사업을 추진 중

<그림 2-56. KT의 5G 브라질 시연 사례>

175) 5G, 사회경제적 파급효과 분석 (4)스마트팜... 농장의 '무인공장화' 눈앞에, 시사뉴스, 2018.9.5

## 제 3 장 농업 혁신 촉진 방안

### 제 1 절 배경 및 필요성

#### 1. 배경

##### 1) 글로벌 농업 문제 대두

- [식량 부족 문제] 전 세계적으로 기상이변 증가, 인구 증가에 따른 식량 부족 문제가 대두됨
  - 다보스포럼이 발표한 'The Global Risks 2017' 보고서<sup>176)</sup>에서 10대 글로벌 위기 중 하나로 '식량 위기(Food Crises)'를 선정
  - 국제연합식량농업기구(FAO)에 따르면, 2050년 전 세계 인구는 92억 명에 이를 것이라 전망이며 식량 부족사태를 막으려면 지금보다 세계 식량 생산이 60%넘게 증가해야할 필요성 대두
  - 전세계 곡물 재고율 추이<sup>177)</sup>를 보면, 세계는 식량잉여 시대를 지나 식량 부족의 시대에 진입함

<그림 3-1. 전세계 곡물 재고율 추이>

- 미래 식량 부족이 새로운 비즈니스 기회로 부각되고 있으며, 세계 각국은 농업의 생산성 제고 및 품질 향상 방안을 확보하기 위해 다방면으로 노력하고 농업의

176) WEF(2017), 'The Global Risks Report 2017'

177) 출처 : 삼성경제연구소, '농산물 시장의 트렌드 변화와 대응', 박환일 외(2011)

중요성을 인식

- 세계적 투자가 Jim Rogers는 30년 후 식량부족 사태가 벌어지고, 농업이 수익성이 큰 미래 유망산업이 될 것이라고 예측

□ [폭발적인 인구 증가, 정체된 농업 생산량] UN에서 발행한 ‘2017년 세계 인구 예측’에 따르면 2017년 전 세계 인구는 75억 명이며, 2050년에는 97.7억 명으로 급격하게 늘어날 것으로 전망

- 세계 인구는 1804년 10억 명을 돌파한 이래 지난 200년 동안 60억 명 증가
- 10억 명씩 늘어나는데 걸리는 시간도 123년(10억 명 → 20억 명)에서 33년(20억 명 → 30억 명), 14년(30억 명 → 40억 명), 13년(40억 명 → 50억 명), 12년(50억 명 → 60억 명)으로 빨라지고 있음

□ 반면, 곡물을 생산할 수 있는 경작지는 1990년대 후반 이후로 절대면적이 줄어들고 있으며, 수확량 증가율도 지난 30년간 꾸준히 감소하여 인구 증가에 따른 식량부족이 현실화

- 1인당 평균 경지면적은 2.8에이커(‘60년) → 1.2에이커(‘06년) → 0.8에이커(‘30년) 감소할 것으로 예측<sup>178)</sup>
- 현재 전 세계 인구 9명 중 1명은 만성적인 영양결핍을 겪고 있으며, 2050년 세계 인구를 고려할 경우 식량생산은 70% 증산이 필요 (출처: UN식량농업기구)

<그림 3-2. (좌) 세계인구 성장추이 (단위 : 억명)<sup>179)</sup> / (우) 곡물수확량 및 경작지 변화 추이<sup>180)</sup>>

- 폭발적인 인구 증가로 인한 식량난과 경작지 감소로 정체된 농업 생산량을 해결

178) Daily Reckoning, ‘Invest In Agriculture- Five Reasons To Start Today

179) 유엔인구기금, 헤럴드경제 재편집

180) <http://digitalcommons.unl.edu/nasapub>

하기 위해서는 단위 면적당 생산량을 극대화하는 농업 방식이 절실

- 또한 식량을 충분히 공급하면서 환경과 공존하는 산업으로 패러다임을 바꾸고자 하는 시각에서 기술의 융복합을 통한 정밀 농업·스마트 농업이 제시됨

□ [식량 안보 위협] 농업을 바라보는 시각이 단순 식량생산에서 국가의 운명을 좌우하는 생존의 문제로 바뀌는 등으로 농업의 인식이 전환되고 있으며, 식량 안보 위협 문제가 증대하고 있음

- 전 세계적인 곡물수요 불균형 등으로 식량부족 사태가 빈발하면서 언제든지 식량을 구할 수 있다는 환상이 깨지고 있음
- 농업인구, 경지면적, 식량자급률 추이 감소는 전 세계적인 식량 자원화 추세에 따라 식량 안보 위협이 증대되고 있음
- 인구 증가로 인한 식량 부족 문제를 해결할 대안으로 생명공학 기술을 활용한 유전자변형(GMO) 농산물의 개발, 대체 식품 개발 등의 미래 기술이 등장하고 있음

<그림 3-3. 전세계 유전자 변형작물 개발 및 재배 현황<sup>181)</sup>>

## 2) 국내 농업의 현실문제 직면<sup>182)</sup>

- [농가인구 감소 및 고령화] 농가인구는 청년층 유출과 농촌인구 고령화 등의 요인으로 인해 1998년 440만 명에서 2017년 242만 명으로 연간 3.1%씩 감소
  - 2018년 농가인구는 고령화에 따른 농업포기, 전업(專業) 등으로 전년 대비 1.6% 감소한 238.2만 명으로 추정되며, 2019년도에도 감소 추세가 이어져 전년보다 1.7% 감소한 234.2만 명으로 전망
  - 향후에도 연평균 2.2% 감소하여 2028년 농가인구는 191.2만 명 수준으로 예상되며, 2028년 총 인구 대비 농가인구 비중은 3.6% 수준으로 낮아질 전망
  - 이러한 사회 전체의 인구변화로 인해 농촌지역 또한 인구 고령화, 생산인구 감소 등의 영향을 받을 것이며 이로 인해 농업생산력이 저하될 것으로 전망
    - 2017년 12월 기준으로 현재, 고령화에 따른 농업포기, 전업(轉業) 등으로 전년에 비해 농가는 26천 가구(-2.4%), 농가인구는 7만 4천 명(-3.0%) 감소
    - 농가인구는 빠르게 감소 추세

<그림 3-4. 농가 및 농가인구 추이<sup>183)</sup>>

- 농촌인구 과소화·고령화 및 이에 따른 생산인구의 감소는 생산력 저하와 직결되며, 이는 우리 농업 및 관련 전후방 산업에 대한 투자 감소로 이어져 농촌지

182) 4차 산업혁명시대 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향, 농림식품기술기획평가원, 2017.7

183) 농가 및 농가 인구 통계(2017), 통계청, 농림축산식품부

역의 경제 위축 등 다양한 사회적 부작용으로 나타날 전망

- 고령화에 따른 농업 생산인력 부족은 농가의 영세화를 초래하고 있으며, 신속한 대응이 없을 경우 우리 농촌의 경제구조 악화에 따른 지속가능성의 상실까지도 우려되고 있는 상황

- 이러한 농촌의 농업 생산인구의 지속 감소는 먹거리의 안정적 공급의 치명적 위협 요인이므로, 스마트 농업이라는 고효율의 생산방식으로의 신속한 전환이 요구됨
  - 농가당 좁은 경지면적(美 : 175ha, 韓 : 1.5ha), 높은 농지 가격, 인력 감소 등의 제약 하에 경쟁력 있는 새로운 생산시스템이 요구됨

□ 65세 이상 농가인구 비율은 1998년부터 2017년까지 연평균 1.2%p 상승하였으며, 1998년부터 65세 이상 농가인구 비율이 20% 초과

- 2017년 현재 65세 이상 농가인구 비율은 42.5%로 전국 평균 13.8%보다 3배 이상인 것으로 나타나 빠르게 증가하고 있으며, 총 농가인구 대비 고령층 비율이 높은 반면 20~30대의 인구 비중은 매우 적어 표주박형 구조를 보임
- 앞으로도 65세 이상 농가인구 비율은 지속적으로 증가하여 2018년 42.9%, 2019년 43.3%, 2028년 52.3%로 추정되어 농가인구 고령화 현상은 더욱 심화될 전망
- 고령화에 따른 생산인력 부족은 농가들을 영세화시키고 있으며, 우리 농촌의 경제구조도 악화시킬 것으로 우려

<표 3-1. 농가인구의 고령인구 비율(2017년 기준)<sup>184)</sup>>

- 농림업취업자수는 1998년 248만 명이었으나, 2017년에는 127.9만 명으로 20년 간 연평균 3.4% 감소
  - 2017년 하반기부터 농업·농촌에 대한 관심증가, 베이비붐 세대와 청년층의 귀농·귀촌 등으로 인해 증가세로 전환되면서, 2018년 농림어업취업자수는 134만 명으로 전년 대비 4.8% 증가
  - 2019년에도 전년보다 1.5% 증가한 136만 명으로 예상되며, 증가세는 당분간 유지되어 2023년 138.4만 명으로 증가하고, 이후 점차 감소하여 2028년 농림어업 취업자 수는 2019년과 비슷한 수준인 136.2만 명 수준일 것으로 전망

<표 3-2. 농가호수·농가인구·농림어업취업자 동향 및 전망<sup>185)</sup>>

- [경지면적 감소] 신도시·산업단지 조성, 택지 개발 등으로 경지면적이 감소되고 있으나, 농가인구 감소폭이 더 커서 농가인구 1인당 경지면적은 증가할 전망
  - 2018년 경지면적은 전년 대비 1.0% 감소한 160.4만 ha 수준으로 추정되며, 2019년도 전년 대비 0.8% 줄어든 159.1만 ha 수준으로 감소세가 지속될 전망
  - 농지전용으로 경지면적은 연평균 0.6% 감소하는데 비해 농가 고령화에 따른 은퇴농 증가 등의 영향으로 농가인구 감소폭이 더 커서 농가인구 1인당 경지면적은 2018년 67.3a에서 2023년 72.1a, 2028년 78.9a로 점차 확대될 것으로 예상되어 농업 분야 인력난은 심화될 전망

185) 통계청, 「경제활동인구조사」, 「농림어업조사」, 한국농촌경제연구원 KASMO(Korea Agricultural Simulation Model)

<표 3-3. 경지면적과 경지이용률 전망<sup>186)</sup>>

- [가축 전염병] 구제역 등의 감염병으로 인한 손실이 크며 농축산 질병관련 대응 체계 미흡으로 인한 문제 지속 발생
  - 축산 냄새 민원 발생 증가하고 있으나 축사시설을 위한 해결책 마련이 부족하며, 구제역 등 가축 질병 예방을 위한 대응 체계 부족
    - 축산냄새민원 발생 : ('13) 2,604건 → ('16) 24,784건 (9.5배 증가)
    - 구제역으로 인한 피해 재정소요액 ('00. ~ '16. 3조 3192억원)
  - 특히, 재난형 동물질병(AI 등), 가뭄, 우박 등 예측 불가능한 새로운 문제가 끊임없이 발생함에 따라 사회적·경제적으로 극심한 피해 발생
  
- [기후 변화] 기후변화 주요원인 중 하나로 농축산업이 지적되고 있으며, 지구온난화 등 이상기후로 인한 피해도 급증하고 있어 대응책 필요
  - 지난 100년 동안(1911~2010) 한반도 기온 1.8℃ 상승, 연 강수량이 217mm(17%) 증가
  - 국가온실가스 배출량(단위: tCO<sub>2</sub>) : 에너지 604.8 > 산업공정 51.5 > 농업 21.2 > 폐기물 16.5으로 전체의 약 3% 차지 (국가통계포털, '16년 기준)
  - 신재생에너지를 활용한 에너지팜 등의 기후변화를 대비한 지속가능한 스마트 농업 기술 개발 필요

186) 통계청, 한국농촌경제연구원 KASMO(Korea Agricultural Simulation Model)

□ [농산업 취약성 확대] 국내외 외부환경 변화에 따라 농업비중의 지속 감소, 생산성 둔화, 농가소득 구조 취약성 심화 등 농산업의 불리여건 확대

- 국민경제에 대한 농림축산식품 분야 기여도는 지속적으로 감소하고 있으며, 농업경영수지 악화와 부채 증가가 심각한 문제로 대두
  - 농림축산식품 분야의 GDP 비중(명목부가가치 기준) : '70년 28.9% → '80년 15.9% → '90년 8.4% → '00년 4.4% → '10년 2.5%('14년 2.3%)
- 농촌의 인구감소 및 고령화 심화와 힘든 일을 꺼려하는 청장년층의 농업 기피현상으로 노동력 부족현상 발생
- 기후변화, 국제금융위기, 에너지작물 재배 증가 등에 따라 농자재의 수요 및 가격 급등으로 농업경영비 상승 압력
- 시장개방 확대로 고품질 농식품 수출 가능성은 높으나 무한경쟁 시대의 성숙으로 인한 시장 대응력 격차로 양극화 현상 심화
- 기후변화에 따른 식생변화는 기존 농산물 주산지 개편, 곡물의 생산량 감소와 농산물의 품질저하 우려
- 4차 산업혁명에 따라 융·복합 기술의 농업 활용이 확대될 것으로 예상되지만, 이면에는 정보격차 부작용 예상

□ [영농기술 노하우 부족] 한편, 귀농·귀촌 정책 등으로 비숙련 농업인 및 신규 청년농업인은 증가하고 있으나 영농기술에 대한 경험·노하우 부족으로 농업 정착에 어려움

- 기존의 경험·노하우 중심 영농방식이 세대간 기술 단절 및 청년층의 농촌 진입 장벽으로 작용
  - 농업에 계속 종사해왔던 기존 세대와 새로 농업에 진입하고자 하는 귀농인·청년 농업인 등 세대간 기술·인식의 격차가 큼에 따른 단절현상 심화
  - 특히, 기존의 경험 의존적·노동집약적인 생산방식은 신규 청년농업인들에게 큰 유인을 제공해 주지 못해 농업에 청년이 유입하는데 걸림돌로 작용
  - 65세 이상 경영주 비중은 56%, 40세 미만은 1.1%('16)

<그림 3-5. 귀농·귀촌인 관련 기사자료<sup>187)</sup>>

- [시장 개방 가속화] 우리나라는 2004년 발효된 한·칠레 FTA를 시작으로 2018년 2월 정식 서명된 한·중·미 FTA에 이르기까지 총 57개국과 16건의 FTA를 체결
  - 이행 중에 있는 15건의 FTA 체결국과의 농축산물 교역액은 2018년 기준 전체 교역액의 86.6%를 차지
    - FTA 체결국으로부터의 농축산물 수입액은 2018년 303억 7천만 달러로 전체 수입액의 90.6%를 차지하며, 최근 10년 간 연평균 6.9% 증가
    - FTA 체결국으로의 농축산물 수출액은 2018년 46억 1천만 달러로 전체 수출액의 66.2%를 차지하며, 최근 10년간 연평균 7.2% 증가
  - 우리나라 기 체결 FTA의 수입관세 철폐율은 72.3% 수준으로, 국가별로는 미국과 EU의 수입관세 철폐율이 각각 97.9%와 96.2%로 매우 높은 수준
    - 한·페루, 한·콜롬비아, 한·호주, 한·뉴질랜드 FTA의 농축산물 수입관세 철폐율은 각각 92.8%, 89.6%, 88.2%, 85.3%로 비교적 높은 수준인 반면, 한·중 및 한·ASEAN FTA는 63.9%와 63.2%로 낮음
    - 2019년 기준 부류별 수입관세 철폐율은 가공식품이 60.7%로 가장 높고, 축산물(45.8%), 곡물(44.3%), 채소(37.6%), 가공과일(28.9%), 신선과일(18.0%) 순임
    - FTA 이행 완료시점의 개방화 수준과 비교할 때 여전히 낮은 수준이며, 이행

연차가 지남에 따라 개방화가 점차 가속화되어 수입이 증가할 여지가 큼

<표 3-4. FTA별 농축산물 수입관세 철폐율 및 교역동향<sup>188)</sup>>

- 농축산물 시장 전면 개방시대를 맞이하여 국제 경쟁력이 있는 품목, 최소한의 국내 자급기반이 필요한 품목을 중심으로 생산기반의 고도화 필요
  - 시장개방에도 불구하고 시설채소 등 일부 농산물 분야는 짧은 유통기간, 신선도 유지 필요 등으로 수입산에 비해 경쟁력이 있으므로 국내 농가의 안정적인 수입 확보 측면에서 향후에도 안정적인 생산기반을 유지할 필요
  - 육류 등 축산물의 경우도 비록 2028년 이후 모든 관세가 철폐되더라도 국내 수급·가격을 안정시키고, 신선육 중심의 차별화를 통한 경쟁력 확보를 위해서는 첨단기술을 활용하여 생산기반을 고도화할 필요성 증대
  
- 개방 확대에도 불구하고, 시설채소를 중심으로 고품질의 국산 신선 농산물 수출이 증가하고 있어 농업인 소득 향상 및 수출산업으로 발전 가능성 확인
  - 노동집약적 생산구조에서 탈피하여 자본·시설집약적 산업으로 전환 중인 시설채소 분야는 농산물의 부가가치 창출 및 수출 주도형 산업으로 육성되어 농업

188) 한국농촌경제연구원 2019년도 농업전망 발표자료(2019년 1월)

분야의 경쟁력 향상에 많은 기여

- 첨단 시설·기술의 접목과 생산성 향상에 따라 추가 생산되는 물량을 적극적인 수출 확대를 통해 해결함으로써 농업인의 소득 향상 및 국내 수급·가격 안정에 도움을 주고 있음
- 시설재배 비중이 높은 파프리카, 딸기, 토마토 등을 중심으로 최근 10년 간 신선 농산물의 수출액이 증가하고 있어 수출 전략품목으로 새롭게 조명
  - 파프리카는 대부분 일본으로 수출 중으로 수출금액이 2009년 53백만 달러에서 2018년 92백만 달러로 증가하여 현재 추세가 지속될 경우 수년 이내에 단일 품목으로 1억 달러 돌파가 예상
  - 딸기는 홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 베트남 등 동남아시아로 주로 수출되고 있으며, 최근 수출이 급증하고 있는 추세로 수출금액이 2009년 18백만 달러에서 2018년 46백만 달러로 약 2.6배 증가하여 연평균 9.9% 성장률을 기록
  - 토마토는 생산량 증가에 따른 물량을 주로 일본으로 수출함으로써 국내 수급·가격 안정을 도모하고 있는 중으로, 최근 10년간 수출금액이 2009년 2백만 달러에서 2018년 14백만 달러로 6배나 증가

<표 3-5. 최근 10년 간 신선 파프리카·딸기·토마토 수출실적<sup>189)</sup>>

## 2. 필요성

---

189) 한국농수산물유통공사 KATI 농식품수출정보

## 1) 농업 혁신 촉진의 필요성

□ [당면 문제해결을 농업 혁신 추진] 한국 농업이 당면한 문제를 해결하고 지속가능한 농업으로 발전하기 위해서는 농업 혁신 촉진이 필요(190)

○ 혁신은 새로운 발명품, 아이디어, 기술의 성공적인 상업화를 의미하며, 이를 통하여 새로운 경제활동과 국가 및 지역의 경제성장에 기여하는 것을 포함하며, 혁신의 정의는 단순히 기술적인 돌파뿐만 아니라 상품 및 공정혁신, 디자인의 개선, 점진적인 혁신, 새로운 제품판매 방식과 같은 서비스 혁신까지 다양한 형태의 혁신을 포함하는 식으로 확장되어(191)

- 즉 혁신은 분야를 막론하고 상품, 서비스, 공정 등의 개선과 역량강화를 의미

○ 1. 배경에서 설명했듯이, 최근 국내 농업환경은 농가인구의 감소 및 고령화로 인한 노동력 부족, 농지 감소, 소규모 자작농의 한계, 기상이변에 따른 각종 자연 재해 등으로 인해 어려움을 겪고 있음

○ FTA에 의한 시장 개방과 시장 개방에 의한 식량안보 전략, 위해식품에 의한 안전한 먹거리 문제, 지속적인 인구증가와 식량난, 온난화에 의한 농업 재배환경 변화 등에 대응하기 위한 노력들이 더욱 절실해지고 있음

○ 거기에 도농 간의 소득 격차와 소득구조 취약성, 양극화 및 고령화 등 농촌·농업이 당면한 문제들을 해결하고 지속가능한 농업으로 발전하기 위해서는 전통적인 경영방식에서 벗어난 첨단 과학기술과의 융합을 통한 농업 기술 혁신이 필요

□ [농업의 신성장동력으로의 전환] 세계 농업 산업은 경계가 허물어지고 첨단 융합 기술 개발로의 전환이 빠르게 이루어지고 있는 가운데, 국내 농업의 폐쇄적이고 단편적인 연구개발에서 탈피하고 미래 신산업으로의 혁신을 통해 신성장동력으로 탈바꿈 노력 필요

○ 농업부문은 오랫동안 하나의 산업으로 여겨지기보다는 생존을 위해 반드시 필요한 영역으로 간주되어왔으며, 농업의 연구개발과 혁신도 국가나 공공기관, 국공

190) 스마트 농업 기계, KISTI Market Report, 2016-06

191) Aoyama et al, 2011, p. 41

립 대학 등 공공부문에 상당부분 의존해 왔음<sup>192)</sup>

- 농업 분야의 **오픈 이노베이션**을 접목해 융복합 산업의 전환을 유도하고, **기업 상생 모델을 위한 생태계 조성 필요**
  - 오픈 이노베이션이란 연구, 개발, 상업화에 이르는 기술혁신의 모든 과정에서 대학이나 타 기업, 연구소 등 외부의 기술이나 지식, 아이디어를 활용함으로써 혁신의 비용은 줄이고 성공 가능성은 높이며 효율성과 부가가치 창출을 극대화하는 기업 혁신의 방법론<sup>193)</sup>
- 농업과 농업 R&D는 이미 생명산업으로 확장되어 신성장동력으로 주목받고 있으며, 농업의 범위와 부가가치의 창출방식이 변화하고 있음
- 농업 분야의 Agriculture에서 Consumer Industry로 산업이 확장하면서 농업의 부가가치 산업들이 새롭게 주목받고 있음

<그림 3-6. 농업의 부가가치 산업<sup>194)</sup>>

- 기업들의 다양한 수요에 의해 해외농업개발은 매년 지속적으로 증가하고 있고, 정부와 민간 차원에서의 끊임없는 노력은 계속되어 오고 있음
- 농산업의 외연확대를 위한 다양한 시도에도 불구하고 아직 한국형 모델을 갖고 해외농업개발 성공 모델의 정착이나 유형화된 성공 모델의 제시가 쉽지 않은 것이 현재의 상황
- 불완전한 시장 여건과 환경에도 불구하고, 우리 농업기업의 세계화 진출을 촉진

192) 농업과학기술 혁신체계의 진화와 선택, 과학기술정책연구원, 2016-10 참고

193) 오픈 이노베이션의 개념과 성공사례, IT R&D 정책 동향 (2011-특집3)

194) Clever Consult BVBA(2010), pp. 40.

시키고 농식품 연관 산업을 육성시킴과 동시에 해외농업 개발 진출기업의 현장 애로사항을 해결해 나갈 수 있도록 정책의 추진과 민간 기업과의 지원체계를 강화하기 위한 체계적인 연구가 필요한 시점

- 따라서 기업의 현지화 진출과 사업의 조기안정화를 위해 지원체계를 강화하고 필요한 정책의 수립과 제도 개선을 통해 기존의 민관협력 사업의 지원체계를 개선하고 이를 보완할 필요

## 2) 전후방 농업 확대의 필요성

- [지속가능한 농업] 농업의 경우 제한된 농업 정책에서 탈피하지 못한 다면 제로섬 게임으로 위축될 수 있으며, 전후방 농업 확대를 통해 지속가능한 산업으로의 확장 필요
  - 제로섬 게임인 농업을 플러스섬 게임으로 전환하기 위해서는 이전과는 다른 정책적 접근과 도전이 필요<sup>195)</sup>
  - 농업생산 현장을 규모화하고 전문화 하여 농업 생산의 부가가치를 높여야 하고, 그 중 관건은 농업의 전후방산업과 농업의 관계를 혁신해야 하는 것임<sup>196)</sup>
  - (네덜란드) 네덜란드의 경우 농업 경쟁력을 위해 무역자유화 기조를 유지하여 국가의 직접적 시장개입을 지양하고 농산물 품질관리를 통한 수출확대에 주력하여 농업수출 강국으로 도약했으며, 국가는 ‘기업-연구-정부’로 구성된 ‘Golden Triangle’를 통해 민관협력 유도 노력을 통해 농업 실용화를 빠르게 발전시킴<sup>197)</sup>
  - (미국) 미국 국립연구회(NRC)는 ‘농업의 지속가능성’을 바이오연료 충족, 환경보전, 농업의 경제성 유지 및 사회구성원 전체의 삶의 질 향상으로 정의하였으며<sup>198)</sup>, 이를 위해 농업 연구·지도·보급체계의 지속적인 발전이 반드시 필요하고 특히 점증적(incremental) 접근과 혁신적(transformative) 접근을 통해 미국 농업의 외연 확대 및 지속가능성을 향상시켜야 한다고 설명함<sup>199)</sup>
  - (EU) EU의 경우 지속 가능한 농업으로 발전해 나가기 위해 가장 의욕적으로 추진하는 정책은 농식품 관련 R&D 강화<sup>200)</sup>
    - EU 집행위는 차기(2014~2020년) 중기재정계획상의 농식품 분야 R&D 예산(안)에 45억유로를 배정
    - 중요한 R&D 과제를 집중 관리하는 EIP(European Innovation Partnerships) 프로그램의 대상 과제로 ‘지속 가능한 농업’을 선정

195) 바이오경제시대 과학기술정책의제 연구사업 - 농업과학기술이 주도하는 선진통산농업 구현전략, 과학기술정책연구원, 2017-22

196) 바이오경제시대 과학기술정책의제 연구사업 - 농업과학기술이 주도하는 선진통산농업 구현전략, 과학기술정책연구원, 2017-22

197) 농업과학기술 혁신체계의 진화와 선택, 과학기술정책연구원, 2016-10 참고

198) NRC, 2010, p.4

199) 농업과학기술 혁신체계의 진화와 선택, 과학기술정책연구원, 2016-10 참고

200) CAP 개혁, 미래 지속 가능한 농업을 위하여, 세계는 지금, 이상만 유럽연합대사관 참사관 기고

□ [전후방 산업의 동반성장 필요] 정밀농업·데이터농업 등 과학기술 기반 스마트농업 추진을 통해 농업로봇·드론 및 농생명 소재 등 농업 전후방 산업의 동반성장 추진

- 농산업의 국가 GDP 비중이 급감하는 상황('98. 15.1% → '17. 1.96%)에서 전후방 산업을 포괄하는 농산업 외연 확대 및 과학기술 접목 시급
- 농업 경쟁력을 강화하기 위해서는 농생명과학분야의 연구 개발 및 첨단 신기술을 접목한 농산물의 고부가 가치화와 생산, 유통, 경영 등 각 분야별 R&D 지원 필요

<그림 3-7. 농식품산업의 변화와 농산업 범위의 확대<sup>201)</sup>>

- 일례로 스마트팜의 경우, 스마트팜을 국가 신성장동력으로 육성하기 위해서는 정보통신, 에너지 등 타 분야와의 적극적인 융합기술 개발을 통한 전후방 신산업 창출 유도 필요
- 스마트팜 전후방 산업분야 센서·설비, 서비스 산업에 적용될 수 있는 융복합 원천기술 및 기반 플랫폼의 개발이 필요
  - 기존 스마트팜 전후방 산업 사업화 기술과 차별화된 신산업 창출 유도를 위해서는 단순 이종 기술병합이 아닌 융합 기반의 기초·원천 기술개발이 요구됨
  - 연료전지, 3D 프린팅, 자율주행 인공지능 기술 등과 스마트팜 분야와의 융합원천 기술개발 추진 시 새로운 신산업과 글로벌 Top 수준의 신기술 창출 기회 확보 가능

201) 임정빈, 식품가공산업의 글로벌 전략(2012)에서 인용

## 제 2 절 농업의 외연 확대

### 1. 전방산업 육성

#### 1) 바이오 소재

□ [바이오 소재] 바이오소재(Biomaterials)는 미생물, 식물 및 동물세포를 직·간접적으로 이용하여 생산되는 유용한 물질을 가공 또는 조제함으로써 제품화가 가능한 산물을 총칭

- 바이오소재는 자연계의 식물, 동물, 미생물의 생물체에서 유래하는 천연 화합물과 이를 가공, 발효, 합성과정을 거쳐 부가가치를 높인 가공소재를 모두 포함하는 물질(Materials) 또는 소재(Substances)의 개념이라 할 수 있음
- 바이오소재는 기본적으로 의약품, 식품, 생활용품, 산업용품 등의 제조원료 또는 중간체로 제공되기 위해 분리된 모든 화합물을 일컬으며, 경우에 따라서는 2차가공을 거치지 않고 직접 상품으로 이용되는 경우도 포함 할 수 있음
- 바이오 소재는 농업의 부가가치를 향상 시킬 수 있는 가장 확실한 아웃렛(Outlet) 중 하나이며, 농업은 먹거리 생산의 전통적 역할에 더하여 농생명자원에서 유래하는 식의약 소재, 화장품 소재, 향장 소재, 신소재 등으로 외연확대가 가능<sup>202)</sup>
  - 과거 석유화학 공장에서 추출하던 소재의 대부분을 가까운 장래에는 농생명 자원 유래 생물학적 공장에서 더 안전하고 효율적으로 추출할 수 있게 될 것임
  - 바이오 소재 기술은 고부가 형질전환 동식물 소재 개발, 유전자 변형생물의 안전성 확보, 에너지 절감 및 신재생에너지원 개발 등으로 확대될 수 있음
  - 농업에서 이용하는 농생명 자원의 범위는 동·식물 및 미생물 등의 생물자원, DNA 등을 포함하는 생명정보, 광석 등의 천연물질, 자연경관, 생태 등에 이르는 서비스재 및 공공재에 이르기까지 광범위해 지고 있음
  - 향후 농업기술과 IT, NT, CT 등의 차세대 산업기술을 융합한 형태로의 신기술 개발 가능성이 빠르게 커지고 있음

202) 바이오경제시대 과학기술정책의제 연구사업 - 농업과학기술이 주도하는 선진통산농업 구현전략, 과학기술정책연구원, 2017-22

<그림 3-8. 바이오 소재의 다양한 원천과 활용분야<sup>203)</sup>>

- 대표소재로는 바이오 섬유, 바이오 플라스틱(바이오폴리머), 바이오 용매, 식품 첨가제, 바이오 화학 소재, 바이오 의약품, 바이오 향료, 바이오 염료, 효소, 바이오 연료 등이 있음
- 농생명 유래 바이오 소재 산업의 가치 사슬은 기존의 석유 화학기반의 소재가 생명자원 기반으로 대체되고 있으며, 바이오 기술 발전으로 소재 산업의 판도가 변화하고 있음

<그림 3-9. 농생명 유래 바이오 소재 산업의 가치사슬<sup>204)</sup>>

### 1-1) 천연물 의약품

□ [천연물 의약품] 바이오 소재 산업에 해당하는 천연물 의약품의 경우

203) 「농생명소재산업화 기술개발사업」 사업설명자료, 농림축산식품부; 농촌진흥청(2018)

204) 「농생명소재산업화 기술개발사업」 기획보고서 요약본, IPET(2011)

천연물 성분을 이용하여 연구개발한 의약품 조성을 의미하며, 고령화 시대, 질병 치료 대체제 니즈 등으로 인해 지속적으로 성장하고 있는 분야임

- 천연물은 육상 및 해양에 생존하는 동물, 식물 등의 생물과 생물의 세포 또는 조직배양산물 등 생물을 기원으로 하는 산물을 의미하며 200여 년 전 프리드리히가 처음 의약활성물질을 식물에서 분리한 이후 이차대사산물을 포함한 천연물은 전통적으로 신약개발의 자원으로, 생체 기작규명을 위해서도 천연물은 경쟁력이 높은 연구 대상임
  - 천연물의약품은 다양한 성분의 혼합물 (Multi-components)로서 여러 타겟 (Multi-targets)에 동시에 작용해 복합적 원인과 증상들을 효과적으로 조절할 수 있고 기존 합성의약품에 비해 독성이 적어 장기 복용에 유리한 장점이 있을 것으로 기대됨.
  
- (전통처방과의 융합) 전통처방에 포함된 천연물은 신약개발의 어려움인 유효한 약리활성과 안전성을 동시에 해결할 수 있어 일반 합성의약품에 비해 강점을 가지며 되므로 기존 의약품의 R&D 생산성 보완이 가능하며, 의약품 및 건강기능식품 등으로 개발됨
  
- (국내 자원 풍부) 한국의 자생식물은 3,500여종이며, 이중 약용식물은 1,000여종에 달함. 중국은 12,772 종의 식물자원이 분포하고 있고, 일본의 자생식물은 2,864종, 인도의 식물자원이 약 3만종에 이르는 등 주요 원료가 아시아에 분포함
  
- (기술개발 증가) 천연물 기반 의약품, 식품, 화장품 개발에 대한 분야는 연구 및 기술개발 관심도가 높은 분야로써 '05~'10년 사이 전체 논문의 연평균 성장률은 14.4%, 전체 특허의 성장률은 33.3%로 높은 증가 추세에 있음

<표 3-6. 국내 허가 천연물 의약품>

- [천연물 글로벌 시장 규모] IMS 보고서에 따르면 세계 천연물 의약품 시장은 25조원 이상으로 추정되고 있으며, 이 중 처방 의약품이 18조 이상을 차지하고 있으며, 연간 8~10%의 성장률을 기록함
- 판매되는 의약품의 50% 정도가 천연물 의약품이거나 천연물에서 유래된 단일물질이며 이 예로 신종인플루엔자 치료제인 shikimic acid로부터 합성한 물질인 ‘타미플루’(오셀타미비르)이며, 목련과 상록수 열매로 3000여 년 전부터 향신료로 널리 쓰여진 중국의 토착식물인 대회향 또는 팔각회향(star anise)이라는 천연물질로부터 개발되었으며 아스피린, 탁솔, 은행잎엑스, 차전차엑스 등이 개발되어 오래전부터 시판되어 큰 매출을 올리고 있음
  - 타미플루는 2009년 전 세계 매출액이 약 30억 달러로 2008년에 비하여 435% 급증하였음

<표 3-7. 해외의 대표적인 천연물 유래 의약품>

- [미국] 미국의 천연물의약품 시장은 타 의약품 시장에 비해 낮고 처방약 시장규모의 경우 175만 달러 규모의 초기시장이며, 정부주도의 R&D를 통해 산업 성장
  - Vergen (sinecatechinsp; 녹차 추출물)은 다양한 카테킨 함량의 국소 제형으로 생식기 사마귀 치료 용도로, 2007년 12월에 미국에서 최초로 판매허가를 받은 천연물의약품이고, 다른 하나인 Fulyzaq (crofelemer; 나무 수액에서 유래)는 HIV/AIDS약 복용 환자들의 설사 증상을 치료할 수 있는 천연물의약품으로 2012년 12월 31일에 승인된 최초의 경구용 천연물의약품임
  - 미국은 천연물의약품 시장은 적는데 천연물 건강보조식품/일반의약품 시장은 2012년에 매출 100억~120억 달러, 성장률은 약 7%로 추정되며, 업계 전문가들은 기존 의료보다 저렴한 대안을 찾는 소비자들이 늘어남에 따라 건강보조식품 시장이 2016년까지 200억 달러 이상으로 성장할 것이라 예측하고 있음
    - BBC 리서치의 추정에 의하면 미국 천연물의약품 시장은 2017년에 6억 달러가 될 것으로 전망하는데 이는 연평균 약 128%에 해당하는 성장률이며, 면역력 증진 효능의 Echinacea가 가장 큰 시장을 차지하고 우울증 개선에 효과가 있는 St. John Wort, 기억력 및 혈행 개선 효과가 있는 독일 슈바베 사의 은행잎 추출물인 테보닌 (Tebonin) 순으로 차지함
  - 1998년부터 국립보건원(NIH) 산하 국립보완대체의학연구센터(NCCAM)를 통해 통증, 암환자 보조치료, 삶의 질 개선 등 다양한 분야의 침구치료 임상효능을 연구 중에 있으며 1994년 식이보충제보건교육법 (DSHEA; Dietary Supplement Health and Education Act)이 국회에서 통과됨으로서 생약을 식품보조제로 분류하게 되어 안전성 입증 후 판매가 가능하게 되어 천연물 산업이 급성장하는 전환점을 마련함

- 2004년에는 미 FDA에서 처음으로 Botanical drugs에 대한 산업 가이드라인 즉 새로운 등록허가 규정(Botanical drugs Guidance)를 제정해 새로운 약재에 신 규정을 적용하고 천연물의약품 시장에서 주도권을 쥐기 위한 노력을 기울여옴
  - 가이드라인이 발표된 이후 식물에 기반을 둔 치료약의 정의와 시장승인을 위한 기준을 정함에 따라 미국 Botanical drug의 R&D 가 증가되고 있음

<그림 3-10. US Botanical Drug 매출(2008년~2012년)<sup>205)</sup>>

- [유럽] 2012년 유럽 전체 천연물의약품 시장은 유럽 전체 의약품 시장 중 오직 1%에 해당하는 21억 달러의 시장 규모를 형성하고 있으며, 독일, 폴란드, 프랑스 중심의 시장 주도
  - 2012년 유럽 전체 천연물의약품 시장은 총 1,912억 달러에 해당하는 유럽 전체 의약품 시장 중 오직 1%에 해당하는 21억 달러의 시장 규모를 형성
    - 21억 달러의 가치가 있는 천연물의약품이 차지하는 1%의 시장 점유율 중 92%(19억 7,000만 달러)는 일반 의약품(OTC)이고, 8%(1억 7,600만 달러)만이 처방 의약품임
  - 독일, 폴란드, 프랑스가 2012년 유럽 내 전체 시장 점유율 76%를 기록한 상위 3개 천연물의약품 시장임
  - (독일) 독일은 2012년 기준 전체 유럽 천연물의약품 시장의 46% (9억 8,400만 달러)를 차지하여 유럽 내에서 가장 큰 시장규모를 형성하고 있으며, 천연물의약품의 개인이 소비하는 천연물의약품 종류가 가장 다양하지만 2004년 이후 마이너스 성장을 기록하고 있음
    - 1996년부터 정부와 기업이 공동 지원하는 프로젝트(Natural Product Pool)를 시작했으며, 현재 천연물 성분들과 유도체들을 수집 확보해 대단위 생리활성 검색을 진행 중임.(Science Times, 2010. 8.), 2003년 독일 의료보험공단이 은행엽 (Ginkgo) 등 10대 천연물의약품(Herbal Medicinal Products) 제품들의 처방에 대해 보험 급여한 금액은 2억 7,800만 달러에 이릅니다. 일반개업의 중 70% 이상이 천연물의약품을 처방하고 있으며, 이는 대부분 공공의료보험제도의 혜택 받음
    - 2004년 4월 독일의 의약품 및 의료기기 연방 연구소(Federal Institute for Drugs and Medical Devices, BfArM)에 따르면 허가된 천연물의약품의 수가 2,269개였으며, 국가 차원에서 만성요통, 관절염, 두통 등에 대한 대규모 임상 연구를 진행하기도 함
  - (프랑스) 독일에 이어 프랑스가 16% (3억 5,200만 달러), 폴란드가 9% (1억 8,200만 달러)로 유럽 천연물의약품 시장 점유율을 차지하고 있으며, 폴란드는 최근 성장세를 보이고 있는데, 주로 강력한 자국 1세대 천연물의약품 기업들이 주도한 것으로 천연물의약품 제조에 대한 오랜 역사를 지니고 있음

○ (영국) 영국의 전체 제약 시장 규모로 볼 때, 천연물의약품의 시장 점유율이 3% 밖에 지나지 않는데 이는 독일이나 프랑스에서는 유럽 전통 의약품에 대한 지침이 도입되기 이전부터 오랜 기간 동안 존재해왔던 천연물의약품에 대해서는 효능 검증을 요구하지 않는 단순화된 등록 절차를 갖고 있는데 반해, 영국은 효능 검증을 시행, 2004년 이전에도 천연물의약품 대부분이 효과 검증을 못하면 허가 승인받지 못했음

○ (스페인) 2012년 스페인 천연물의약품 시장은 1억 400만 달러의 시장 규모가 유럽에서 4위를 기록하고 있지만, 전체 스페인 의약품 시장의 0.4% 수준이며, 스페인 천연물의약품 시장은 몇 년 동안 대부분 유지되고 있지만, 최근 들어 감소 추세를 보이고 있음

- 스페인 시장은 상위 10개 제조사들이 고르게 점유하며 시장 리더는 프랑스 기업인 Pierre Fabre사로 연간 매출액 350만 달러임. Rotta사는 스페인 천연물의약품 시장에서 최다 판매 주력 제품인 Agiolax 덕분에 2위를 차지. 3위는 Almirall로 스페인 시장에서 하나의 천연물의약품만 보유, 2012년 900만 달러의 매출을 달성함

- Rotta, Grupo Uriach, Cinfa와 같은 스페인 대표 기업들은 최근 스페인의 천연물의약품에 대한 가장 큰 TA인 천연물 완하제 생산에 특화함

□ [시판 제품 동향] 시판제품의 경우 유럽 제품이 천연물 의약품 시장을 주도하고 있으며, 기침 및 감기 등 호흡기계 증상 치료제가 25%를 차지함

○ 천연물의약품 중 기침 및 감기와 기타 다른 호흡기계 증상 치료제가 23% (5억 100만 달러)로 가장 큰 점유율을 차지하고 있음

- 이들 의약품은 대개 계절성 감기 및 독감 증상 치료제인 시럽과 캔디 제형을 포함하고 있으며, 심혈관계 및 소화계 적응증의 2012년 시장 점유율은 각각 21% (4억 6,100만 달러)와 17% (3억 7,100만 달러)로 큰 분야임

- 심혈관계 부문의 천연물의약품은 거의 독점적으로 정맥 혹은 대뇌 순환 장애를 대상으로 하며, 위장 장애 혹은 변비와 같은 소화기계 적응증은 천연물 소화 촉진제와 완하제로 각각 치료 됨

○ 소수의 최다 판매 제품 제조사의 주력 제품이 유럽 천연물의약품 시장을 주도하고 있음

- Permixon은 전립선 비대증 치료에 사용되는 *Serenoa repens* 추출물로 만들고 프랑스 기업 Pierre Fabre사가 제조하며, 2012년 전체 연간 매출액이 1억 750만 달러이고 천연물 처방 시장에서 5%의 제품 점유율을 가짐
- 유럽의 가장 큰 천연물의약품 제조사인 슈바베(Schwabe)사의 테보닌(Tebonin)제품이 2위를 차지했으며, Tebonin의 시장 점유율은 5%이고, 천연물의약품 매출이 1억 360만 달러로 총 매출 중 절반 이상에 기여함

□ [국내 산업 동향] 국내에서는 대기업 및 중소기업들이 경쟁적으로 천연물 의약품 개발을 위해 임상시험을 진행하고 있으며, 제품 출시와 함께 해외 진출로 시장 확대

- 국내 의약 고서인 동의보감, 향약집성방과 같은 의약 고서 등으로 오랜 기간 축적된 천연물 사용 지식과 성공적으로 천연물의약품을 개발한 경험이 있어 국내 개발을 촉진 시킬 수 있는 기회가 있으며, 글로벌 진출을 위한 해외 기업 간의 기술 격차도 적을 것으로 보임
- 또한, 국내에서 판매되고 있는 천연물의약품은 동아에스티, SK 케미칼, 안국약품 등이 개발하여 높은 매출을 보이고 있으며 이로 인해 많은 대기업 및 중소기업들이 경쟁적으로 천연물의약품개발을 위한 임상시험을 진행 하고 있음
- 시판 중인 천연물의약품 중 스티렌, 조인스정, 프로스판, 아피톡신이 전문의약품분류 되어 있고 나머지 기넥신, 살사라진, 편자환 및 타나민 D는 일반의약품으로 분류 되어 판매 되고 있음

<표 3-8. 국내에서 개발·판매되고 있는 천연물의약품(전문의약품)>

- 시판 중인 천연물의약품시판 중인 품목 중 동아에스티의 스티렌캡셀 (위염치료제)의 경우 2009년 기준 900억 원의 매출을 기록한 것으로 조사되어 천연물의약품의 첫 번째 블록버스터로서 주목받고 있음
- SK제약의 조인스정 (관절염 치료제)의 경우도 200억 원의 매출(2009년)을 기록하는 등 시장에서 성공적인 천연물의약품의 제품화 사례임

□ [천연물 의약품의 해외 진출] 동아에스티, 엔지켐생명화학, 영진약품 등 미국 임상을 통한 천연물 의약품 수출 성공

- (동아에스티) 동아에스티는 2018년 천연물의약품 미궁에 기술 수출을 잇달아 성사시켰으며, 엔지켐생명화학의 천연물의약품도 미국에서 임상 2상이 진행되고 있으며, 영진약품도 2017년 미국에서 임상 2a상을 완료하고 글로벌 라이선스 아웃(기술 수출)을 준비 중인 것으로 알려짐
- 동아에스티는 알츠하이머병 치료제 ‘DA-9803(상심자, 복령피)’을 비롯해 당뇨병성 신경병증 치료제 ‘DA-9801(부채마, 산약)’, 파킨슨병 치료제 ‘DA-9805(성분 목단피, 시호, 백지)’, 기능성 소화불량증 치료제 ‘DA-9701(성분 현호색, 견우자)’ 등 4개의 천연물의약품 파이프라인(신약 후보물질)을 보유하고 있음
  - DA-9803은 현재 국내에서 전임상시험 (동물실험)을 완료하고 미국 임상시험 계획(IND) 신청을 준비하고 있으며, 2018년 1월 미국 바이오 벤처 ‘뉴로보 파마슈티컬스(이하 뉴로보)’에 DA-9803을 양도하기로 하여, 향후 뉴로보 파마슈티컬스가 글로벌 개발을 추진하기로 함
- (엔지켐생명화학) 엔지켐생명화학은 녹용에서 면역을 조절하는 단일 성분인 ‘피엘에이지 (PLAG)’를 확인해 대량 생산과 작용 기전 규명에 성공 호중구감소증 치료제와 구강점막염 치료제로 개발 중이며, 미국 임상 2상을 진행하고 있음
  - 2019년 1분기까지 임상 2상을 완료한 FDA로부터 두 치료제로 조건부 판매허가를 받아 2020년 시판하는 것이 목표
- (영진약품) 영진약품은 국내 자생식물인 산꼬리풀에서 개발한 만성 폐쇄성 폐질환 (COPD) 치료제 ‘YPL-001’은 2017년 미국 임상 2a상을 완료함
  - 특히 COPD 치료제의 시장 규모는 고령 인구의 증가 및 조기 진단기술의 발달로 지속적으로 성장할 것으로 전망되며, 폐질환은 전 세계 사망 원인 4위이며 현재는 증상 완화 목적의 치료제만 있음

## 1-2) 건강기능식품

- [건강기능식품] 건강기능식품은 일상 식사에서 결핍되기 쉬운 영양소나 인체에 유용한 기능을 가진 원료나 성분을 사용해 가공·제조한 식품임
- 건강기능식품은 식품위생법상의 식품과는 달리 동물시험, 인체적용시험 등 과학적 근거를 평가해 기능성원료를 인정하고 있음

<표 3-9. 식품 및 의약품>

- (건강기능식품) 2017년 국내 건강기능식품은 홍삼제품이 1조358억으로 1위를 차지하였으며, 비타민 및 무기질, 프로바이오틱스 순으로 나타남
  - 성장률이 높은 개별인정형 품목의 매출액은 2449.6억이며, HemoHIM 당귀등 혼합추출물, 헛개나무과병추출분말, 초록입홍합추출오일복합물 순으로 나타남

<표 3-10. 주요 개별 인정형 건강기능식품>

- [건강기능식품 글로벌 시장] 한국 농수산물식품유통공사가 발간한 2016년 가공식품 세분시장 현황에 따르면 ‘Supplements’로 통용되는 건강식품/건강기능식품의 시장규모는 2009년 803억 달러에서 2015년 1,179억 달러 수준으로 46.8% 증가한 것으로 예상
- 2020년에는 복합연간성장률 (The compound annual growth rate, CAGR) 7.3% 씩 성장하여 1,677억 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망됨
- 2015년 기준 국가별 점유율은 미국이 34.4%로 가장 큰 시장을 형성하고 있으며 이외 서유럽 14.2%, 중국 13.8%, 아시아 (중국, 일본 제외) 10.0%, 일본 9.2%, 남미 7.5% 기타 10.8%로 이뤄져 있음

<그림 3-11. 글로벌 건강식품/건강기능식품 시장규모 전망<sup>206)</sup>>

- 2020년까지 연평균 성장률을 살펴 봤을때 미국, 서유럽, 일본 등과 같은 선진국의 성장률은 각각 CAGR 7.1%, 2.5%, 2.3%로 예상되는 반면 중국, 남미, 아시아 지역에서는 각각 CAGR 10.4%, 11.7%, 9.5%의 높은 성장률을 보여줄 전망이다
- 이에 따라 2020년에는 중국이 유럽을 제치고 글로벌 2위 건강기능식품시장을 형성하게 될 것으로 예상되며 남미시장은 현재 글로벌 4위인 일본 시장을 앞지를 전망이다

<그림 3-12. 국가별 건강식품/건강기능식품 시장규모 및 전망<sup>207)</sup>>

206) 한국농수산물유통공사, IBK투자증권

207) 연구성과실용화진흥원, IBK 투자증권

<그림 3-13. 글로벌 건강기능식품시장동향 및 제도 비교<sup>208)</sup>>

## 2) 미래 식품 산업

### 2-1) 식용곤충

- [식용곤충] 2008년부터 시작한 네덜란드의 식용곤충 연구를 토대로, 2013년 이후로 미래 식량 문제의 대안이자 친환경적인 식품으로서 식용곤충에 관심을 갖기 시작함<sup>209)</sup>
- 와게닝겐 대학(Wageningen University)에서는 FAO의 지원을 받아서 식품으로서 곤충의 활용과 지속 가능성 등에 대한 다양한 연구를 수행하여 곤충이 영양적으로 뿐만이 아니라 매우 유용한 지속가능한 식품소재로 부가가치가 높은 다양한 신소재로서의 개발과 보급의 가치가 매우 높다고 보고한 바 있음<sup>210)</sup>
- 식용곤충은 사료의 이용률이 높고, 사육하는 동안 가축에 비하여 훨씬 적은 온실가스 및 암모니아를 방출하며, 물소비량도 적고, 사육 시설의 공간요구도가 낮고, 노동 강도가 낮은 편이어서 여성들도 사육이 가능하다. 또한 다른 육축에 비하여 높은 사료효율, 빠른 생활사, 낮은 폐기율 등과 같은 많은 환경 친화적이며 지속가능한 특성을 가지고 있다고 알려짐<sup>211)</sup>
- 미래의 기아 퇴치, 영양보충 및 단백질 공급, 환경오염의 저감 등을 위한 대비로

208) 연구성과실용화진흥원, IBK 투자증권

209) 식용곤충산업의 현황과 전망, 세계농업 제 207호

210) 식용곤충산업의 현황과 전망, 세계농업 제 207호

211) FAO 2013

전 세계가 식용곤충을 주목하게 되었으며, 인류에게 뿐만이 아니라 가축과 반려동물의 사료식량으로도 식용곤충을 적극 활용하려는 시도가 나타나게 됨

- 벨기에나 영국, 프랑스 등 유럽의 몇몇 국가뿐만이 아니라 미국, 캐나다 등지에서도 곤충이 고부가가치의 새로운 식품 신소재로서 인지되면서 이를 활용하고자 하는 관심과 노력이 커지고 있으며, 최근 2~3년 사이 많은 신규 업체들이 식용곤충사업에 참여하게 됨

□ [해외 시장] Global Marketing Insights의 조사에 따르면, 세계적으로 식용곤충(edible insects) 시장은 빠르게 성장하여 2023년까지 5억 2,200만 달러의 시장이 형성될 것으로 전망함

- 북미시장은 2018년 4,400만 달러에서 2023년 1억 5,400만 달러로 연평균 28%의 성장추세를 보일 것으로 예상되며, 미국의 경우, 이러한 가파른 성장세는 FDA(Food & Drug Administration)가 귀뚜라미(cricket)와 쌀거저리유충(mealworm)이 식용으로 안전한(GRAS, Generally Recognized as Safe) 자연단백질원이라고 인정함으로써 식용곤충 식품시장에 성장 가능성을 열어 줌과 동시에 소비자의 식용곤충에 대한 불신을 해결함
- 유럽에서는 영국, 벨기에, 프랑스, 네덜란드가 식용곤충산업을 주도하고 있는데, EU는 지역의 곤충 산업의 성장을 촉진시킬 수 있는 어류양식에서도 곤충 사료를 사용할 수 있도록 하여 유럽의 식용곤충 시장 규모는 2023년 4,600만 달러가 넘을 것으로 예상함
- 태국, 중국, 베트남이 주도하는 아시아태평양 지역의 경우 2015년 1,200만 달러 이상의 시장규모를 보였으며, 향후 가파른 성장 규모를 보이고 있음

<그림 3-15. 세계적으로 소비되는 곤충 목별 비중(총 1,909개)>

- [국내 시장] 국내 식용곤충시장은 3,000억 원(2015년 기준) 수준으로 국외 대비 많이 축소된 시장규모를 형성하고 있으며 2020년엔 2배 수준인 5400~5600억 원 규모로 성장할 것으로 전망함
- 국내에는 그동안 곤충을 식품으로 활용하려면 30년 이상 먹어온 근거가 있어야만 가능하며, 식품공전에 등록된 식용곤충은 메뚜기와 누에(번데기, 백강잠) 2종뿐임
- 2011년부터 농진청 국립농업과학원에서 식품화 연구를 수행해 2014년 7월 식품의약품안전처로부터 갈색거저리 유충(애벌레)을 한시적 식품원료로 인정받았으며, 9월에는 흰점박이꽃무지 유충, 그리고 2015년도에는 장수풍뎅이를 추가로 인정받음

<그림 3-16. 국내 식용곤충산업 규모>

## 2-2) 식물성 대체 단백질

- [식물성 대체 단백질] 식물성 대체 육류(Plant-Based Meat Alternatives)는 채소, 콩, 견과류 등에서 추출한 단백질을 이용해 고기와 가까운 맛과 식감을 구현한 식품으로, 전세계 인구 증가에 비해 육류 공급이 부족해지면서 이를 대체할 식물성 단백질 시장이 커질 것으로 예상됨
  - 유엔 식량농업기구(UN FAO)에 따르면 2050년 세계 인구는 약 95억 명. 이들이 소비할 육류는 연간 소 1000억 마리에 달할 것으로 예상되며 늘어나는 인구의 육류 소비량을 감당하기 위해선 해마다 2억t씩 육류 생산량을 늘려야 함
  - 축산업은 지구 환경을 병들게 하는 요인 중 하나로 꼽히며 현재 축산업에 사용되는 토지의 양은 전 세계 토지의 50%, 담수 사용량은 25%에 달하며, 축산업으로 발생하는 온실가스는 전 세계 온실가스 배출량의 14.5%임<sup>212)</sup>
  - 마이크로소프트의 창업자인 빌 게이츠는 “가축을 더 키우기 위해선 더 많은 토지와 물이 필요하고, 환경에도 악영향을 미친다”며 “비효율적인 축산 시스템과 환경 파괴는 식물성 대체 단백질 산업에 주목해야 하는 이유”라고 강조함
  - 육류 소비를 줄이고 동물과 자연환경에 대한 보호에서 출발한 식물성 대체 단백질 조성 기술은 향후 단백질공급원의 일정부분을 차지할 것으로 예측되며, 다이어트, 채식주의자를 대상으로 빠른 성장이 예상됨
  
- [해외 시장] Allied Market Research에 따르면 대체고기 시장은 글로벌 시장 기준 2013년 약 2조 원대 시장에서 2020년 약 5조6천억 원대의 시장으로 성장할 것으로 전망함

<표 3-11. 세계 주요 바이오 푸드테크 기업의 대체 단백질 제품>



- **(유럽)** 육류대체식품 시장규모가 가장 큰 지역은 독일, 영국 등의 유럽으로 전세계의 39%를 차지하고 있으며, 유럽의 육류대체식품 시장규모가 큰 이유는 영국 퀴 푸즈(Quorn Foods)와 네덜란드 미트리드(meatless) 등 대규모 육류대체식품 제조업체들이 유럽에 존재하고, 또한, 유럽 내 채식주의자의 수 증가, 비만, 당뇨병 등 건강문제의 증가로 육류 대체식품의 수요가 많음
  - **(미국)** 미국 소비자들 사이에 건강과 친환경 소비가 트렌드로 떠오르면서 현재 미국 식품업계는 식물성 대체 단백질시장이 확대되는 추세이며, 오랫동안 육류 섭취가 단백질 공급의 가장 큰 역할을 해 왔지만, 최근 식물성 단백질 제품들이 다양하게 출시되면서 단백질 공급원에 대한 소비자들의 인식 변화가 나타남
  - **(중국)** 중국의 경우 세계 최대 육류 소비국이자 수입국으로 1인당 연평균 육류 섭취량은 2016년 기준 63 kg에 달하는 것으로 집계되며 이러한 과도한 섭취량으로 인해 중국 정부에서는 육류 섭취량을 50% 이상 줄여 국민들의 공중 보건을 개선하고, 온실가스 배출량을 삭감할 것으로 발표함
  - 중국 내 소비자의 39%가 육류 섭취량을 줄이고 있으며, 60%이상의 소비자들이 향후 식물성 대체 단백질을 통하여 육류대체를 하고자 하는 의향을 보이며 중국 내 식물성 대체단백질 시장의 성장은 연평균 17%의 고성장을 지속적으로 보일 것으로 예상함
  - 또한 육류 대체 외에도 우유를 대체할 식물성 단백질 시장은 가파른 성장세를 보이고 있으며 네덜란드의 식음료 전문 시장조사 기관인 이노바 마켓 인사이트는 2018년도 세계 식물성 단백질 음료 시장 규모를 약 163억 달러로 전망함 (이는 2010년 74억 달러에 비해 2배 이상 커진 규모)
  - 중국도 식물성 단백질 음료 시장에 주시를 하고 있으며, 2007년 169억 위안 이었던 중국의 식물성 단백질 음료 시장은 2016년도 1217억 위안으로 7.2배 증가함
- **[기업 동향]** 동물성 단백질은 가격 상승이나 광우병 및 조류인플루엔자 등 질병으로 인한 안전 및 알러지 문제 등으로 식물성 단백질로 대체하려는 움직임이 계속되고 있으며, 관련 기업들이 등장
- **(Impossible Foods)** 임파서블 푸드는 2014년 10월 마이크로소프트 창업자 빌 게이츠, 홍콩 최고 부자인 리카싱의 투자사 호라이즌스 벤처스, 구글 벤처스, 코슬라 벤처스 등에서 7500만 달러(약 860억 원)의 투자를 유치했으며, 2015년 10월 기존 투자자를 비롯해 넥슨 창업자 김정주 NXC 대표, UBS, 바이킹 글로벌 인베스터스 등으로부터 1억800만 달러(약 1200억 원)를 추가 유치하여, 진

짜 고기처럼 단단해지도록 제품의 보수성을 증진하는 감자 단백질, 씹는 식감을 주는 밀 단백질, 고기 맛을 내는 성분인 철분 단백질 등 육류 대체 단백질을 제조함

- **(Beyond Meat)** Beyond Meat는 2009년 설립되어, 다양한 온도와 압력조건에서 압출기를 이용하여 식물성 원료로 닭고기 특유의 질감을 만들어 내는 기술을 연구하였으며, 최적화된 압출 제품에 부원료를 조합하여 Chicken-Free Strips 제품
- **(햄튼크릭푸드)** 햄튼크릭푸드는 완두콩과 수수 등 10여개의 식물에서 추출한 단백질을 이용하여 인공 달걀 파우더를 활용한 마요네즈와 쿠키 반죽 등 40여개의 제품을 개발하였으며, 이를 통해 항생제와 살충제, 조류독감 등을 걱정할 필요가 없는 안정적인 소재 공급이 가능함

<그림 3-17. 임파서블 푸드 예시<sup>213)</sup>>

□ **[국내 시장]** 국내에서는 최근 식물성 단백질 음료 시장에 대한 중요성은 인지하고 2015년도 매일유업이 ‘아몬드 브리즈’라는 아몬드 음료를 출시한 뒤, 여러 식품회사에서 앞 다투어 식물성 단백질 음료시장에 진출함

- 국내 식물성 단백질 음료의 대표주자인 ‘정식품’은 최근 매출 규모가 급증하고 있음. 식품산업통계정보에 따르면 국내 우유 소매시장은 2014년 1조8690억 원에서 2016년 1조8390억 원으로 매년 감소 추세로 감소된 시장 규모만큼 식물

성 단백질음료시장은 지속적으로 확장되고 있음.

- 식물성 식품과 채식 트렌드의 확산으로 접근성이 높은 식물성 음료 시장이 빠른 속도로 확장되고 있으며, 국내 채식인구의 증가와 식물성 원료에 대한 소비자의 선호는 지속적인 식물성 음료 시장의 성장을 전망할 수 있음
- 세계적인 추세인 식물성 단백질을 이용한 다양한 제품군 확보는 아직 미흡한 실정이지만, 여러 기업에서 향후 식물성 대체단백질 시장에 대해 긍정적이며, 두부, 곡물 등 한국의 식물성 단백질 식재료로 제품개발에 나선다면 식품산업의 유망한 분야로 육성할 수 있을 것으로 예측됨
- **(배양육)** 국내 배양육 시장은 아직 연구개발 단계이며, 배양육과 관련하여 상업적 활용을 위한 기업 주도의 연구개발은 국내에 중소기업에서 시도 중에 있음
- 국내 배양육 시장에 대한 정부 주도의 기본적인 시장성 및 향후 전망에 대한 조사는 없으나, 향후 배양육의 생산단가의 하락과 제품의 다양화가 해결되면 일반 가축에서 생산된 육가공품을 대체할 것으로 예측됨
- 국내 육류 소비량은 세계 10위권임에도 불구하고 정부가 직접적인 배양육 관련 연구에 대한 지원이 없으며, 관련 산업도 미비한 실정임
  - 국내 축산식품 생산규모는 총 24조 7321억 원으로 평균 3% 정도의 시장 성장률을 나타냈으며, 돼지고기 포장육이 5조8935억 원, 2위는 쇠고기 포장육4조5011억 원, 3위는 우유류 2조5893억 원으로 집계됨
- 세계적으로 연구단계인 배양육 관련 산업은 국내에서는 유일하게 MBG 그룹이 시도하고 있으며, 2020년까지 배양육을 위한 세포배양 분야에 1100억을 투자하고 인력을 양성할 계획임

<그림. MBG 그룹 배양육 개발 사례<sup>214)</sup>>

## 2-3) 식품 나노소재

- [식품나노소재] 현재 세계 식품 산업은 기능성 식품, 저지방 식품, 개인 맞춤형 식품과 같은 소비자의 요구를 반영하여 건강기능제품 개발이 이루어지고 있으며, 식품나노소재는 이러한 소비자의 요구를 충족시켜 줄 수 있는 중요한 기술로써 인식되고 있음
- 식품나노소재 기술이 적용된 건강기능식품을 통해 생리활성 물질의 흡수율을 높이고 맞춤형을 이루어 식품나노소재의 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 사료되며, 이와 함께 나노식품시장의 성장을 이룰 수 있을 것으로 기대됨
- 세계 나노소재시장은 꾸준히 성장하는 것으로 나타나는데, BT관련 산업은 미국이 시장 및 고용인력 측면에서 75% 이상을 점유하고 있으며, 2020년 6986억 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨.
- (식품나노소재 연구 동향) 2000년대 초반부터 나노기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 식품으로의 활용에 있어, 생산단가의 측면에서 경쟁력을 확보하기 어려움에 있음. 2010년 이후 건강기능성식품에 대한 수요의 증가와 나노기술의 발전으로 시장경쟁력을 확보해 나아가고 있는 추세이며, 건강기능성식품 및 식품첨가물에서 다양한 제품군이 출시되고 있음
  - 국내의 나노기반 기술력은 세계3위 수준이며, 다양한 연구인력과 인프라를 갖추고 있으나, 식품으로의 적용사례는 특정 분야에만 집중되어있으며, R&D, 기술 및 진흥정책의 부재로 관련 기술의 활용에 어려움을 겪고 있음
  - 고령화 사회로 진입함에 따라 고령화 특수식품에 대한 수요가 확대되고, 저장성 및 기능성이 향상된 나노식품기술의 수요는 증가할 것으로 예측되며, 나노바이오 분야 실용화가 다양하게 이루어지고 있음. 또한 선진국을 중심으로 연 8%이상의 건강기능성식품에 대한 수요 증가 추세를 감안할 때, 식품에서의 나노기술 적용은 확대될 것으로 예측됨
- (국가별 현황) 선진국을 중심으로 식품나노소재에 대한 다양한 연구가 국가 주도적으로 진행되고 있음
  - (EU) 유럽연합은 2014년부터 국가단위 중장기 연구개발 및 혁신 프로그램인 'Horizon 2020'을 진행하고 있으며, '미래혁신 및 산업기술의 리더십(LEIT)'의 핵심분야 중 하나로 나노기술을 선정해 정책적으로 기술 혁신 및 상용화를 추

## 진 중임

- (독일) 독일은 나노기술에 대한 독성 및 경제성 평가 뿐만아니라 나노기술에 대한 사회적 수용도를 높이기 위해 사회과학적 연구를 동시에 진행하고 사회의 모든 이해관계자가 투명하게 나노기술의 리스크에 대해 논의할 수 있는 환경 조성을 구축함
- (미국) 미국 National Institute of Food and Agriculture (NIFA)는 DNA nano-barcode를 liquid phase DNA array 상에서 제조하여 식품의 추적 시스템에 관한 연구를 수행함
- (캐나다) 캐나다 Guelph 대학의 R. Yada는 나노기술을 이용하여 식품소재를 100 nm 이하로 제조, 매우 안정한 상태로 레토르트공정을 적용하는 것도 가능하며, 나노기술을 적용하여 에멀전을 제조할 경우 친수성, 친유성을 제어할 수 있다고 발표함
- 다국적 기업인 BASF 사는 나노사이즈의 카로티노이드를 개발하였으며, 이 제품은 체내 흡수율을 높이고 체내에서의 잔류 수명도 연장됨
- 1990년 처음으로 Muller, Gasco, Westesen이 처음으로 lipid particle에 대하여 연구하였고, 현재 20년 이상 많은 연구자들이 lipid nanoparticles에 대하여 세계적으로 연구를 수행하였으며, 수많은 물질을 코팅과 로딩을 통하여 상업적으로 개발함

### <표 3-12. Lipid nano particle을 이용한 유용성분 연구 사례>

- (일본) 일본 RABJ사는 초저분자의 특수 제법으로 평균분자량이 평균 2,000~3,000 정도의 콜라겐 개발함. 100% 어류 비늘을 사용하여 hydroxyproline이라는 아미노산이 많이 함유되어 체내 흡수율 증가하였으며,

액상, 과립, 파우더 등 다양한 제형으로 가공이 가능함

- 일본의 AJINOMOTO사는 Glutamic acid, Lysine을 비롯한 각종 아미노산에 대한 연구를 바탕으로 분지쇄아미노산이 3600 mg이 함유된 고농도 아미노산 공급 및 30분 안에 아미노산이 체내에 흡수되는 효과를 보이는 제품을 개발함

○ **(국내 개발 현황)** 국내 나노식품에 대한 안전성 관련 자료는 걸음마 수준으로 대부분 비식품용 나노물질을 중심으로 연구가 진행 중이며, 식품분야는 초기 단계에 머물고 있다고 판단됨. 식품에서 나노기술의 활용을 통해 보다 안정적이고 기능성물질의 생리활성을 극대화 할 수 있는 장점을 갖고 있음. 또한 다가불포화지방산과 같이 생리활성이 우수하나 복용 시 강한 이취가 발생하는 물질의 마스킹 효과도 기대할 수 있음

- **(세종대학교)** 2014년 세종대학교 바이오융합공학과에서 고체 지질인 Glycerol stearate와 액체지질인 MCT oil을 혼합하여 만든 nanostructured lipid carriers를 이용하여 케세틴을 포집함. 케세틴은 비만, 당뇨병, 관상동맥 질환에 효과가 있는 기능성 물질이며, 케세틴은 용해도가 낮아 생체적합성이 낮고, 쓴맛이 있어 식품에 직접 첨가하는 것이 어려워 이러한 단점을 개선하고자 지용성 캐리어로 포집하는 연구가 시도됨

- Nanostructured lipid carrier와 lipid nanoemulsion은 high pressure homogenizer를 이용하여, 100 nm 이하의 지용성 캐리어를 제조하였으며, nanostructured lipid carrier는 100 nm 이하의 매우 작은 입자 크기와 투명한 특성을 보여 액체 식품에 적용하는 데 가장 적합한 것으로 입증함

- **(고려대학교)** 2012년 고려대학교 기능성식품신소재개발센터의 이성준 교수 연구팀은 탄수화물/펩타이드 기능성 소재를 개발하였으며, 분리 대두 단백질로부터 neutral protease(NPR)과 alkaline protease(APR)를 이용하여 분리 대두 단백질을 가수분해하여 항산화 가수분해물의 제조함

- 그 결과 ABTS 라디칼 소거능 시험과 BCBT 모두 분자량이 작을수록 항산화 활성이 컸으며, APR 5 KDa이하 분획은 항산화력이 유의적으로 높은 것을 입증함

- **(서울대학교)** 2016년 서울대 김도만 교수 연구팀은 강황 내 성분 중 하나인 curcuminoid에 대한 난용성 문제를 스테비올배당체를 이용하여 물에 가용화시키는 연구를 진행하였으며, 이에 따라 curcuminoid를 활용한 식품, 음료, 식

품첨가물 및 화장품 등의 개발이 기대됨

- 2017년 서울대 장관식 교수 연구팀은 난용성 소재인 분지쇄아미노산의 생리활성을 극대화 하는 방법을 개발함. 분지쇄아미노산은 필수아미노산 중 하나로 용해도가 낮아, 체내 생리활성이 매우 낮은 것으로 알려져있으나, Nanoliposome, Nanoemulsion, Nanosuspension 등의 제형을 이용하여 분지쇄아미노산의 생리활성을 극대화하였으며, (주)대상은 이를 이용한 환자전용 식품인 뉴케어에 적용하여 상품화까지 성공함

## 2-4) 3D 프린팅 식품

- [3D프린팅 식품] 3D 식품 프린팅 기술은 CAD 나 3D 스캐너를 통해 만들어낸 3차원 디지털 디자인을 바탕으로 식품구성 비율, 영양학적 데이터 등을 반영한 후 식품원료를 한층 씩 적층하여 3차원으로 재구성하는 식품 제조 기술<sup>215)</sup>

<그림 3-18. 3D 식품 프린팅의 기초공정<sup>216)</sup>>

- [시장 규모] 3D 프린팅 시장은 2015년 기준 51억 달러 규모이며, 2019년 158억 달러(31%성장률) 규모로 고성장 할 것으로 전망됨
  - 미국이 38%의 점유율로 세계시장은 선도하고 있으며, 장비·소재 등 하드웨어 측면의 제품시장 부문보다 주문생산 개념의 서비스 시장 부문의 비중이 높아지는 추세이며, 특히, 관련기업 상위 8개사가 전체 매출의 48%이상을 차지하는 것으로 나타남
  
- [해외 개발 동향] 식품을 활용한 3D 프린팅의 가능성에 영감을 얻은 각국의 3D프린터 선도기업과 연구그룹들이 원천기술 확보와 기술계량을 위해 다양한 시도를 하고 있으며, 개발 기술에 특화된 소재 개발 역시 활발히 진행 중

215) 세계 3D 식품 프린팅 기술 및 산업 동향과 미래 전망, 세계농업 제 202호

216) "Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control." Journal of Food Engineering(2017)

- 미국, 일본, EU 등 주요국에서는 산업 클러스터 형성, 산학 연계, 원천기술, 제품 디자인 기법 개발 분야에 연구지원을 통해 산업육성에 나서고 있음
- (네덜란드) 네덜란드의 응용과학기술연구소(TNO)는 3D 프린팅 기술에 대한 전문 지식과 식품 과학을 결합하여 전혀 새로운 식품생산을 위한 초현대 기술개발을 목표로 스파이스 바이트 프로젝트를 추진
  - 레이저 소결방식을 이용해 밀가루, 설탕 및 유지를 기본으로 카레, 계피, 파프리카 등 향신료를 첨가하여 다양한 맛과 모양의 식품으로 재탄생시켰으며 특히 카레 맛 큐브에는 동결 건조된 밀웜(mealworm) 파우더를 밀가루 대신 사용하여 식재료의 선택에 제약이 없음을 강조
- (독일) 독일의 식품회사 바이오존(Biozoon)은 고령자가 쉽게 씹을 수 있으면서 시각적으로도 아름다운 식품을 제조하는 방안으로 3D 프린팅에 주목해 개발함
  - 고령자들에게는 분쇄된 형태의 음식물이 제공되는데, 맛이 없을 뿐더러 외관적으로 식욕을 저하시켜 2차적인 영양문제까지 발생함에 따라 분쇄형 식품을 3D 프린터를 이용하여 다시 당근, 닭다리, 스테이크 모양으로 재구성하는 방법을 연구 중임
  - 현재는 양배추, 완두콩, 닭고기, 당근, 감자 등을 이용 하고 있지만 앞으로는 더욱 다양한 음식을 프린팅할 수 있도록 연구개발 중임
- (이탈리아) 이탈리아 파스타 제조업체인 바릴라(Barilla)와 협업하여 단순 압출 방식을 사용한 파스타 제조에 성공하였다. 독특한 디자인으로 3D 프린팅된 파스타는 단순히 아름답고 먹기 좋은 외관적 특징뿐만 아니라, 더 효율적으로 빠르게 조리되고 소스를 잘 머금어 맛과 식감까지 재구성 시킬 수 있는 특징
- (미국) 3D 프린터 선도국인 미국에서도 다양한 형태의 3D 식품 프린터가 개발되고 있으며 그 중 가장 인기 있는 제품은 3D 시스템즈사(3D Systems)에서 출시한 셰프젯(Chefjet)으로 리퀴드 바인딩 방식의 3D 식품 프린터임
  - 셰프젯은 원래 슈가랩(Sugar Lab)으로 불리는 웨딩소품용 설탕장식 제조업체에서 개발
  - 그 외에도 유명 초콜릿 제조회사인 허쉬(Hershey's)와 협력해 용융 압출방식의 코코젯(Cocojet)을 개발하여 운용 중

- 2006년 미국 코넬대학교 호드립슨 교수 연구실이 초콜릿, 쿠키, 치즈를 원료로 하는 압출기반의 3D 프린터로 최초의 3D 프린팅 식품을 선보였으며, 식품을 활용한 3D 프린팅의 가능성에 영감을 얻은 각국의 3D프린터 선도기업과 연구그룹들이 원천기술 확보와 기술계량을 위해 다양한 시도를 하고 있으며, 개발 기술에 특화된 소재 개발 역시 활발히 진행 중임
- 텍사스주 오스틴에 위치한 시스템즈 앤 메테리얼 리서치 코퍼레이션(SMRC)은 미국 항공우주국(NASA)의 지원을 받아 우주식품용 3D 프린터를 개발하기도 함

<그림 3-19. 3D 식품 프린팅 기술 개발 연혁 및 주요 기업<sup>217)</sup>>

- 소비자 맞춤형 식품 시장이 점차적으로 커짐에 따라 3D프린팅식품시장은 새로운 제품의 출시와 소비자의 3D프린팅 식품에 대한 인식의 확산 등을 감안할 때, 급속도로 발전할 것이라 예측됨

<그림 3-20. 3D 프린팅을 이용한 가공 제품 예시<sup>218)</sup>>

- [국내 개발 동향] 선진국에 비하면 국내 3D 프린팅 기술은 아직 걸음마 단계이며, 국내 3D프린팅 관련 연구 개발 및 Test Bed 기반 구축은 미비한 수준임
- 국내 3D프린팅 업체들 대부분은 외국 제품을 모방해 제작하는 수준에 머물고 있으며, 국가차원의 대응전략을 통해 원천기술 국산화 및 관련 산업 생태계 조성이 필요함
  - 농림축산식품부는 농업유래 신소재를 3D프린팅용 잉크 및 카트리지로 활용하기 위한 R&D 연구 과제를 추진 중에 있으며 3D프린팅을 활용한 신개념 식품개발, 농산물과 부산물을 활용한 바이오 잉크 개발 등을 추진 중임
    - 주로 3D 프린팅용 소재 개발에 초점을 맞추고 있으며, 농산물 자원 유래 3D프린팅 기술 및 바이오 잉크 소재개발, 부잡사를 활용한 인공피부개발용 실크 기반 3D프린팅 바이오 잉크 개발, 말뚝 유래 생체소재를 이용한 3D프린팅용 골시멘트 개발 등이 주를 이루며, 식품은 소비자의 맞춤형 식품 3D프린팅 기술 및 제품개발에 초점을 맞추고 있음
  - 강원대는 현미를 백미로 도정할 때 나오는 부산물인 미강을 활용하여 생분해성을 높인 3D프린팅 원료를 개발 중에 있음.
  - 농촌진흥청은 식용으로 사육된 곤충을 3D프린팅의 재료로 활용하여 소비자의 인식에 따른 거부감이 큰 식용곤충을 식용에 적합한 디자인으로 재가공하는 연구개발을 진행 중에 있음
  - 이화여대 이진규 교수 연구팀은 3D프린팅기술을 활용하여 기존의 식품에서 느낄 수 없는 다양한 식감의 새로운 식품을 제조하는 연구를 진행하고 있으며, 3D프린트를 이용하여 식자재를 구조체화 하여 식품에 대한 물성학적 변화를 통해 다양한 식감을 구현함

<그림 3-21. 3D 프린터로 출력된 다양한 질감을 갖는 식품<sup>219)</sup>>

## 2. 후방산업 육성

### 1) 농기계

- [농업용 로봇 동향] 농업용 로봇은 현재 상업용 로봇이 등장하고 있는 단계이며, 최첨단 장치로 구성되어 있으므로 향후 선진국 중심으로 시장이 형성될 것으로 예상
  - 최근 농업 인구의 감소, 고령화 등의 문제를 해결하기 위해 제초, 방제, 이송, 수확, 모니터링, 파종, 접목, 이식, 비료·퇴비 살포 등의 다양한 농작업의 자동화를 목적으로 농업로봇의 개발에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며, 이를 위한 연구가 국내외적으로 활발히 진행 중
  - 농업용 로봇 산업은 제조업, 소프트웨어 산업, 지식서비스 산업의 특성을 모두 포함하는 첨단 산업으로 시장 선점 효과가 크며 전·후방 산업과의 연계성이 좋으므로 기술적, 경제적 파급 효과가 매우 클 것으로 예상

<표 3-13. 농업용 로봇의 주요 기술<sup>220)</sup>>

- (농작업 로봇) 국내외에서는 농작업 자동화를 위한 다양한 연구를 진행하고 있으며, 현재 제품 출시 상용화 단계임
  - (미국, 유럽) 규모의 농업을 중심으로 하는 미국과 유럽에서는 다양한 분야

220) 4차 산업혁명 대응 - 산업용 로봇과 전문서비스 로봇 발전 방향, 농촌진흥청

의 농작업 로봇 연구를 추진하고 있으며 존디어, 랠리 등의 글로벌 기업 중심으로 자율주행 트랙터, 착유로봇 등을 개발하여 상용화함

- (일본) 일본에서는 정부와 대학, 농기계 회사 등 농업 로봇 연구 분야에 지속적인 투자를 통해 트랙터, 콤바인, 이앙기 등 논농사 중심의 로봇 기술이 개발 중이며 곧 상용화를 앞두고 있음
- (국내) 국내의 경우 동양물산, 언디맨드 솔루션 및 서울대학교에서 공동으로 자율주행 트랙터를 개발하여 상용화를 개시하였고, 농촌진흥청에서 농업로봇 핵심 기술 확보를 위해 벼농사 제초 로봇, 과원 내 자율 주행 로봇 등 연구를 수행하고 있음

○ (농업용 웨어러블 로봇) 웨어러블 기술은 크게 작업자, 동물 및 작업지의 상태를 파악하기 위한 웨어러블 센서 시스템과 작업자의 동작을 보조하기 위한 웨어러블 로봇 시스템으로 구분

- 작업자 및 주변 환경의 상태 파악을 위한 착용형 시스템을 이용하여 작업자 동작의 종류, 수행 작업의 빈도 등의 정보를 획득할 수 있으며, 농경지 주변의 풍향, 풍속, 작물의 농약 잔류 여부 등의 환경 정보도 얻을 수 있음

○ (해외) 일본은 웨어러블 로봇 개발 및 보급이 가장 앞서있는 국가이며, 초고령 사회에 대비하기 위해 산업, 의료·건강 등 분야를 중심으로 웨어러블 로봇 보급이 활발하게 추진되고 있으며, 향후 농업 부분에도 웨어러블 로봇이 도입될 것으로 예상됨

- 혼다와 도쿄대가 공동 개발한 농업용 로봇 슈트는 2012년부터 대당 3,000달러에 판매되고 있음

○ 일본의 도쿄 대학은 아래 그림과 같이 농작업 보조를 위한 외골격 구조의 웨어러블 로봇을 개발하였음

- 이 로봇은 어깨, 팔꿈치, 엉덩이, 무릎, 발목을 포함한 총 10 개의 조인트로 구성되었으며 DC 모터를 사용하여 구동함

<그림 3-22. 농작업 보조를 위한 웨어러블 로봇<sup>221)</sup>>

- 인도의 뭄바이 대학과 TCS innovation Lab은 츠의 양 손목에 가속도계가 부착된 웨어러블 센서 시스템을 이용하여 농작업 시 작업자에게 가해지는 부하의 크기와 빈도를 측정하였음

<그림 3-23. 뭄바이 대학-TCS innovation Lab에서 개발한 가속계 부착 웨어러블 센서>

- (국내) 국내의 경우 산업용 및 국방용 웨어러블 로봇이 개발되었으나, 농업용 웨어러블 로봇은 연구 개발 중인 사례를 찾기 어려움
  - 국내 산업용 웨어러블 로봇은 국내 대기업과 국방 분야에서 연구 개발이 수행되고 있음
- (LG 전자) LG 전자는 유럽 최대 가전전시회 IFA 2018에서 아래 그림16(a)와 같은 웨어러블 로봇 'LG 클로이 수트봇'을 공개하였으며 현대로템은 그림 16(b)와 같이 국내 최초 전신형 유압식 착용 로봇, 허리와 무릎의 근력 집중 강화로봇 RMX, 하지착용형 웨어러블 로봇 HUMA를 개발하였고, 방위사업청과 LIG넥스원은 복합임무형 착용형 근력증강 로봇을 개발 중임

221) S. Toyama 외, Development of wearable-agri-robot - mechanism for agricultural work-, the 2009 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems October 11-15, 2009 St. Louis, USA, pp. 5801-5806, 2009

<그림 3-24. 산업용 국내 웨어러블 로봇 연구>

- (한국생산기술연구원) 한국생산기술연구원은 제동 메커니즘 기반의 유연한 착용형 로봇을 연구 중이며 이는 기존 선행 연구보다 구동기를 줄일 수 있고, 반복적 동작 보조 및 자세 유지 보조에 적합한 구조
  - 하지만 농작업에 적용한 웨어러블 로봇의 연구는 현재 거의 찾을 수 없으나 다른 산업의 웨어러블 로봇을 농작업 특성에 맞게 개량하는 연구를 진행한다면 연구 개발의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대함

<그림 3-25. 제동 메커니즘을 이용한 반자동형 착용형 로봇<sup>222)</sup>>

- 웨어러블 로봇 외에도, 농작업 모니터링 로봇, 수확 로봇 외 다양한 농작업 디바이스 로봇이 개발되고 있음
  
- (농업 핸들링 로봇) 농업용 로봇의 가장 중요한 구성 부품은 인간의 팔과 유사

222) 인현기, 농업과 웨어러블 기술, 로봇과 인간 14(2), pp. 30~35, 2017.

한 기능을 가지고 공간상에서 대상물을 이동시키는 매니퓰레이터와 인간의 손과 유사한 기능을 하는 End effector(robot hand 또는 gripper)이며 이 중에서 작물에 직접 접촉하는 부분이 End effector이므로 이 부분의 설계 및 제어가 연약 작물에는 매우 중요

- 따라서 농업용 핸들링 로봇은 주로 연약 작물을 수확하기 위한 end effector의 설계 및 제어에 관한 연구가 많이 수행되었음
- 지난 수십년 간 관련 연구가 수많은 연구자들에 의해 수행되었으나 기술적, 경제적, 원예학적 한계와 농민들의 거부감 등으로 극소수만 상용화 되었으며 기술이 많이 발전한 현재에도 극복해야할 기술들이 많이 남아 있음<sup>223)</sup>
- 그 중에서 최근에는 각 작물의 물리적 특성을 분석하는 연구, 작물 맞춤형 end effector 설계 및 제어에 관한 연구, 작물의 생육 정도를 파악하기 위한 실시간 머신 비전 알고리즘에 관한 연구, 수학 전 각종 장애물을 회피하기 위한 알고리즘 및 기술에 관한 연구, 연약 작물의 손상을 최소화하기 위한 방법에 관한 연구 등이 활발하게 이루어지고 있음
- 수확 로봇에 대한 과거의 연구 동향은 C. W. Bac 등<sup>224)</sup>의 리뷰 논문으로 매우 상세하게 확인할 수 있음. C. W. Bac 등은 지난 30년 간 수행된 수확 로봇에 대한 연구 중 50개의 연구를 매우 상세하게 분석하였음
  - 분석 대상 연구의 대상 작물은 토마토가 8건으로 가장 많았으며, 다음으로 오렌지 6건, 사과와 아스파라거스 각 5건 순이었음
  - 50개의 연구는 대상 작물, 연구 수행 국가, 성능 평가 지표, 설계 프로세스, 하드웨어 디자인, 알고리즘 특징 등 총 6가지의 대분류로 구분하고 특히 성능 지표는 다시 상세한 세부 기준으로 나누어 자세하게 비교하였음

---

223) T. Burks 외, Engineering and horticultural aspects of robotic fruit harvesting: opportunities and constraints, HortTechnology 15(1) pp. 79-87, 2005.

224) C. W. Bac 외, Harvesting robots for high-value crops: state-of-the-art review and challenges ahead, journal of field robotics 31(6), pp. 888-911, 2014.

<그림 3-26. 작물별 수행된 수확 로봇 연구의 수<sup>225)</sup>>

---

225) C. W. Bac 외, Harvesting robots for high-value crops: state-of-the-art review and challenges ahead, journal of field robotics 31(6), pp. 888-911, 2014.

<그림 3-27. 50가지 연구 과제 의 비교표<sup>226)</sup>>

---

226) C. W. Bac 외, Harvesting robots for high-value crops: state-of-the-art review and challenges ahead, journal of field robotics 31(6), pp. 888-911, 2014.

<그림 3-27. 50가지 연구 과제의 비교표(계속)<sup>227)</sup>>

---

<sup>227)</sup> C. W. Bac 외, Harvesting robots for high-value crops: state-of-the-art review and challenges ahead, journal of field robotics 31(6), pp. 888-911, 2014.

□ [농업로봇 개발 확대 필요] 선진국들은 농업 로봇은 적극적으로 개발해 제품화 시키고 있으며, 머지않은 미래에 노동력을 대체할 로봇이 개발되어 빠르게 적용될 것으로 보임

○ 선진국들은 농업 로봇은 적극적으로 개발해 제품화 시키고 있으며, 머지않은 미래에 노동력을 대체할 로봇이 개발되어 빠르게 적용될 것으로 보임

○ 농업 로봇 개발 시 농업의 한계를 극복하고 최적 농법으로 전환하여 투입 자원의 감소와 수확량의 증가로 농가의 소득증대와 더불어 농산물의 안정성은 높아질 수 있음

○ (기술개발의 애로사항) 농업은 동식물과 같은 생명체를 대상으로 하는 산업 분야로 환경적인 요소가 타 산업과는 많은 차이가 있어 기후, 토양, 작물 등 다양한 환경적 변화 요인을 고려하여 농업 환경 및 조건에 특화된 로봇 기술의 개발이 필요한 실정

- 공장의 생산라인 등 제한된 공간 내에서 작업하는 산업용 로봇과는 달리 특화된 공간이 아닌 불규칙적인 노지나 외기 상태가 급변하는 열악한 자연환경 내에서 작업 하기 때문에 열악한 환경 조건에서도 신뢰성 있는 동작 이 가능하도록 내구성 및 강인성이 확보되어야 함

○ 또한, 국내의 산업용 로봇 기술을 농업 분야에 적극 적용할 필요

□ [농업로봇 보급 활성화] 로봇 장비 표준화 및 정부, 기업, 농민, 연구관의 협업을 통해 농업 로봇 실용화 및 보급 활성화 추진

○ 해외 시장에서의 국제 경쟁력 강화를 위해 부품, 장비 및 사용자 인터페이스 등 시스템의 규격화 및 표준화가 이루어져야 하며, 이에 맞춰 신기술 도입에 따른 제도 및 법률의 정비도 동반되어야 함

○ 실용화 및 보급의 활성화를 위해서는 초기에는 사용 주체인 농민들을 수요 대상으로 정하기보다 각 도의 농업기술원이나 기술센터 내에 로봇 전문가를 통한 임대 사업이나 보급 사업을 추진하여 최소한의 공급 물량을 확보할 수 있도록 하여 로봇 제조사에게 판로를 제공하는 등의 활용 방안 마련

## 2) 작물보호제

- [글로벌 산업 동향] 세계 작물보호제 시장은 2017년 들어 다시 반등하고 있으며, 최근 천연신소재를 활용한 작물보호제 개발 추세
- (시장 규모) 글로벌 작물보호제 시장은 곡물가 하락, 글리포세이트 재고 증가 및 제네릭 생산으로 인한 가격 경쟁력 하락, 기후 변화로 인한 병/해충 발생 감소 등의 이유로 인해 최근 3년간은 감소세였지만 2017년에 접어들어 반등하여 542억 달러 규모임

<그림 3-28. 세계 작물보호시장 매출액 추이<sup>228)</sup>>

- (세계 작물보호제 시장의 분야별 점유율) 작물보호제 시장은 제초제(41.8%), 살충제(27.9%), 살균제(27.2%), 기타(3.1%)의 시장 분포를 나타내고 있으며 제초제 시장이 가장 크며, 살균제 및 기타 시장의 성장이 도드라지는 특징을 보임

<그림 3-29. 세계 작물보호시장 분야별 점유율<sup>229)</sup>>

- (기존 작물보호제 문제점 해결 필요성 부각) 최근 기존 작물보호제의 연용에 따른 저항성 문제 해결을 위한 방법으로 신규 작용점 발굴과 천연 신소재를 활용한 새로운 작물보호제 개발 중요성 부각
  
- (친환경 신물질 pipeline 강화) 글로벌 기업들은 천연물과 케미컬뱅크로부터 리드 물질 선발 및 이를 이용한 글로벌 작물보호제 개발에 대한 연구를 지속적으로 수행하면서 친환경 신물질 pipeline 구축 강화
  - (일본) 일본의 경우 일본의 기술로드맵인 「기술전략 맵 2010」에서 미생물 유래 대사산물 활용기술 분야를 전략분야로 선정
  - (중국) 중국은 매년 1만개의 작물보호제 화합물을 합성하고, 그 중 20개 이상의 물질에 대하여 Field Test를 실시하는 등 국가 역량 집중
  
- (천연물 기반 바이오 작물보호제 시장의 확대) 미생물이나 식물유래 천연물질을 선도물질로 하여 개발된 천연물 기반 신물질 작물보호제의 시장이 급속도로 확대되고 있음
  - 이 중, 바이오 작물보호제의 글로벌 시장은 2010년 이래 2014년 현재까지 지속적으로 성장하였고, 시장 규모로 비교해 보면, 2010년에는 12.1억 달러에 불과하였으나, 2014년 기준 45.3억 달러로 단순비교하면 약 3.7배 증가함. 전문가들은 바이오작물보호제 시장이 2025년에는 약 74억 달러 규모에 이를 것으로 추정하고 있음
  - 2013년부터 2020년(예측시장)까지 바이오 작물보호제 시장의 연평균성장률(CAGR)은 14.3%로 예측됨
  - 최근 5년간(2013~2017)의 글로벌 작물보호제 시장의 연평균 성장률이 1%대인 것과 비교하면 바이오 작물보호제 시장의 성장률이 두드러짐
  - 세계적인 친환경 정책 및 안전한 농산물에 대한 관심증가로 시장이 지속적으로 성장이 예상됨

<그림 3-30. 바이오 작물보호제 시장 규모 및 성장추세<sup>230)</sup>>

- (바이오 작물보호제 분야별 시장) 2013년 기준 바이오 작물보호제 종류별 시장은 바이오 살충제와 바이오 살균제가 전체 시장의 90%이상을 차지하고 있으며, 그 중 바이오 살충제가 50%이상으로 가장 큰 시장 점유율을 보임
  - 향후 2020년에도 바이오 살충제와 바이오 살균제가 주요 시장을 형성할 것으로 예측되며, 바이오 살선충제는 3%, 바이오 제초제는 1% 정도를 유지할 것으로 보임

<그림 3-31. 바이오 작물보호제 종류별 시장<sup>231)</sup>>

- (바이오 작물보호제 소재별 시장) 2014년 기준 미생물 소재는 21.8억 달러로 전체 시장의 48.2%를 차지하며, 천연물 소재의 경우 13.8억 달러로 29.5%를 차지하였고, 2020년에는 미생물을 이용한 시장이 58%, 천연물 유래 제품 시장이 30%를 차지할 것으로 예측되어 미생물 시장이 10% 가량 성장할 것으로 예측됨

230) Bill-Dunham-2B Monthly, 2015

231) Bill-Dunham-2B Monthly, 2015

<표 3-14. 바이오 작물보호제 소재별 규모 및 성장률<sup>232)</sup>>

(단위: \$m)

- (글로벌 농화학 기업들의 바이오 작물보호제 시장 진입) 글로벌 작물보호제 기업들은 화학농약 저항성 발현 억제, 신규 작용점 개발, 잔류로 인한 토양 및 수질오염, 익충(꿀벌)피해 등 환경오염 문제 해결 방안으로 시장 진입이 가속화됨
  - 바이오 소재 기반 벤처의 M&A, 지분투자, 공동연구 등 최근 활발한 움직임을 통하여 효소, 미생물의 대량 발효기술 및 제품화 기술을 단기간에 확보함
  - 글로벌 기업이 천연 작물보호제 기업(벤처 혹은 중소기업 위주)을 인수/합병을 확대하며 친환경 신물질 작물보호제 개발 강화를 주도하고 있으며, 2012년 Bayer사가 세계 1위의 생물농약 기업인 Agraquest사를 인수 합병하였으며, Syngenta사가 Pasteuria Bioscience사를, 그리고 BASF사가 Becker Underwood사를 인수 하는 등 생물농약 산업에 본격적으로 진출하였음

<그림 3-32. 글로벌 작물보호제 기업의 바이오 작물보호제 기업 인수현황<sup>233)</sup>>

- [국내 산업 동향] 국내 작물보호제 시장 규모는 서서히 성장하고 있으며, 중견기업 주도의 내수용 제품 개발 중이나 향후 수출주도형 제품 개발이 필요
- (국내 작물보호제 시장규모) 국내 작물보호제 시장 규모는 2017년 기준 1조 5천억 원 수준으로 최근 5년 연평균성장률(CAGR)은 0.78%이며, 국내에서 생산한 원제 수출금액은 2016년 대비 28.3% 감소한 47 백만 달러임

<그림 3-33. 국내 작물보호제 시장<sup>234)</sup>>

<표 3-15. 국내 작물보호제 시장 원제 자금률 현황<sup>235)</sup>>

(단위: 톤/억원)

- (노하우 축적, 글로벌 제품 개발 단축 기대) 국내에서 지금까지 신물질 작물보

233) MarketsandMarkets, 2013, 2015

234) 농약연보, 2017

235) 농약연보, 2017

호제 4종이 글로벌 출시되었으며, 이를 통하여 국내기업은 글로벌 제품 개발 및 등록에 대한 기술 및 노하우를 축적, 이에 따라 이전과 비교할 때 글로벌 제품 개발 기간이 훨씬 단축될 것으로 기대

- 현재 국내 작물보호제의 가장 대표적인 회사는 (주)팜한농으로 매년 3,500억 원 내지 4,000억 원 매출을 올리고 있으며, 완제품을 판매하는 유일한 대기업임
- (주)농협케미컬, (주)경농, (주)동방아그로, (주)삼공, (주)성보화학이 1,000억 원에서 2,500억 원의 매출을 올리고 있으며, 이들 기업은 중소기업 또는 중견기업임

○ **(국내 바이오 작물보호제 시장)** 국내 바이오 작물보호제는 대다수가 유기농업 자재로 등록 중에 있으며, 유기농업자재 시장 중 2011년 8월 기준 우리나라에 등록된 병해충관리 분야 유기농업자재 수는 470개이며, 업체 수는 125개 업체에 이르며, 바이오 작물보호제와 관련이 높은 병해충관리 분야의 유기농업자재의 시장은 약 1천억 원으로 추정됨

- 바이오 작물보호제로 살균제 22개(국내 개발 16개, 수입 6개)와 살충제 13개(국내 개발 6개, 수입 7개), 제초제 1개(수입) 등 총 36개 품목이 등록되어 시판되고 있음
- 국내 바이오 작물보호제는 합성 작물보호제를 판매하는 기업들 외에 많은 벤처기업 및 중소기업들이 참여하고 있으며, 시장이 이제 진입 단계를 지나 성장 단계에 접어들어 급속하게 성장하고 있음
- 최근에 우수한 바이오 작물보호제가 개발되면서 몇 개의 제품들이 인도, 베트남, 미얀마 등에 수출을 진행하고 있어, 조만간에 글로벌 블록버스터 제품이 출현할 것으로 기대됨
- 향후에는 약효 및 안전성에서 차별화 된 글로벌 등록이 가능한 수출주도형 바이오 작물보호제(생물농약)의 개발이 요구됨

○ **(해외 제초제 개발동향)** 대부분의 제초 작용기작들이 1970-90년대에 알려진 이후로 최근까지 신규 작용기작을 갖는 상업화 제초제 물질들은 보고된 바가 없으며, 최근 들어 glyphosate의 발암성에 의한 안전성 문제와 glyphosate와 ALS(acetolactate synthase)계 등 약제 저항성 문제가 대두됨에 따라 이들을 대체할 수 있는 신규 제초제에 대한 연구들이 글로벌 기업들에 의해 선도되고 있음

- HPPD 계열의 제초제는 식물의 카로티노이드 생합성에 관여하는 4-hydroxyphenyl-pyruvate dioxygenase(HPPD)를 저해하는 작용기전을 갖고 있으며, 다양한 구조군으로 나타남
- 대부분은 물질들은 옥수수과 벼에 사용되며 주요 개발 업체는 Syngenta와 Bayer임
- 1세대 HPPD 제초제는 triketone골격을 갖는 것이 특징인데 <그림 2>에서 보는 바와 같이 Bayer사와 Syngenta사가 각각의 화학 구조들의 변형을 통해 상품화한 경우임. 또한 2세대의 경우 마찬가지로 Ishihara와 Bayer사가 서로 다른 시장을 타겟으로 유사한 물질들을 개발, 상품화하였음

<그림 3-34. HPPD계 제초제 상업화 물질>

- 글로벌 기업들은 출시물질들 외에도 R&D 단계에서 다양한 신규 골격 혹은 개량 골격 물질 IP를 확보하는데 몰두하고 있으며, 이에 따라 지속적으로 신물질 제초제 파이프라인을 구축하는 노력하고 있음
  - 2016년 기준 파이프라인으로서 18종의 제초제 신물질이 보고된 바 있음
  - Mitsui에서는 cereal, rice용 제초제를, Kumiai와 ISK에서는 HPPD 계열 수도용 제초제를 개발하고 있음
  - Dow에서는 synthetic auxin 계열 화합물을 확보하고 있는 것으로 분석되며, BASF에서는 triazinone계열의 독특한 구조를 포함하는 제초제를 개발하고 있는 것으로 나타남

<그림 3-35. 합성 제초제 파이프라인 신물질>

- (국내 개발 동향) 2017년 기준, 최근 5년간 등록된 상업화 제초제들을 살펴보면 7종의 화합물이 팜한농, ISK, Bayer, Syngenta, Hokko, Kumiai에 의해 개발되었음
  - 팜한농에서 개발된 tiafenacil의 경우 PPO inhibitor로서 비선택성 제초제 시장을 타겟으로 한국화학연구원에서 발명한 신개념 제초제임
  - 그 외에 화합물들의 경우 상대적으로 마켓이 작은 수도용 제초제들을 제외하면 주로 옥수수 또는 cereal 전작용으로서 선택성 제초제인 것으로 드러남
  - 계열별로 보았을 때는 HPPD 혹은 synthetic auxin로서 상당부분 기존 시장을 대체할 것으로 예상됨

<그림 3-36. 최근 5년간 상업화된 신물질 제초제>

- (바이오 살충제 연구동향) 예전에는 미생물(세균)을 이용한 바이오 살충제가 가장 많았으며, 세균 중에도 Bt 독소를 생산하는 *Bacillus thuringiensis*를 이용한 제품이 대부분이었음
  - 이는 Bt 독소를 이용한 바이오 살충제는 독소가 살충활성을 나타내므로 살충효과가 안정적이고, *Bacillus* 속 세균은 다른 미생물보다 상대적으로 생산이 용이

- 하여 기술력이 낮은 중소기업의 회사들도 개발하기에 용이한 소재이기 때문임
- 최근에는 *Bacillus thuringiensis* 외에도 곤충 기생성 곰팡이, 선충, 바이러스 등 다양한 소재들을 이용한 바이오 살충제들이 개발되고 있으며, 이는 바이오 살충제 개발 회사들이 미생물의 대량생산뿐만 아니라 안정성을 확보할 수 있는 각 미생물에 적합한 제형 개발 등의 분야에서도 기술력이 크게 향상되었기 때문임
  - 최근 개발된 바이오 살충제를 소재별로 구분해 보면, 2014년부터 상품화된 15개 제품 중 천연물이 6개로 가장 많았으며, 곰팡이가 3개, 그리고 세균, 선충, 바이러스를 이용한 제품이 2개씩 있음

<표 3-16. 최근 개발된 바이오살충제 제품<sup>236)</sup>>

- (바이오 살균제 연구동향) 2014년도부터 개발된 바이오 살균제 25종을 살펴보면, 세균을 활성소재로 사용한 제품이 12개로 가장 많았으며 곰팡이는 7개, 천연물은 5개였으며, 독바이러스를 이용하여 바이러스병을 방제하는 제품(PMV-01)도 개발되었음
  - 세균 중에서 가장 많이 이용한 소재는 Bacillus 속이었으며 9개 제품(75%)이 있음. Bacillus 외에도 Pseudomonas와 같이 안정성 유지 및 유통에 적합한 제형 개발에 어려움이 있는 미생물을 이용한 제품도 출시되고 있음
  - 곰팡이를 이용한 바이오 살균제 중에는 Trichoderma 속이 4개(57%)로 가장 많으며, 휘발성 물질을 생산하여 식물병을 방제하는 기작을 가지는 곰팡이인 Muscodor albus를 이용한 제품이 2017년도에 상품화 됨. 그 외에도 Penicillium 속과 Saccharomyces 속을 이용한 제품도 각각 2016년과 2018년에 상품화 됨
  - 바이오 작물보호제 개발 인프라 구축 및 기술력 향상으로 인해 다양한 미생물을 활성소재로 한 바이오 살균제가 개발이 가능해짐

<표 3-17. 최근 개발된 바이오살균제 제품<sup>237)</sup>>

- (국내 인프라 현황) 미생물 신종 발굴 기술력 확보, 50만 종 이상의 화합물 라이브러리 구축, 후보소재 탐색 및 발굴을 위한 핵심 분야의 국내 인프라는 일정 수준 구축

- 국내의 기술수준을 살펴보면 1980년대부터 한국화학연구원을 중심으로 me-too approach 접근 방식을 통해 신규화합물 합성기술, 생물활성검정기술, 제형개발기술, 잔류분석기술, 공정개발 분야에 연구해왔으므로 이들 분야에서 선진국과 기술적 차이는 없음
  - 그러나 인축이나 주위환경·생태 등에 안전성이 있는 친환경 작물보호제를 개발하기 위해 전제 조건인 화학구조 디자인기술이나 독성분야에 관련된 기술은 선진국에 비해 크게 떨어져 이들 기술격차를 줄이기 위해서 선진국과 같이 목적생물만이 가지고 있는 작용점을 탐색하여 이에 알맞은 화학구조를 디자인함으로써 독성 검정 단계에서의 위험도(Risk)를 줄이는 연구가 필요함
- (원천기술 미흡) 다양한 리드(Lead) 확보기술, 미생물 발효 및 수확을 위한 설비 및 장치, 발효 기술, 대량생산기술, 활성물질 발현 최적화 기술, 신규 작용점 발굴 기술 등 국내 원천기술은 미흡한 실정
- 국내 작물보호제 기업들은 완제사 위주이며 즉, 해외 벤더(vendor) 들로부터 원제를 공급받아 제형화를 통한 완제 생산 및 판매만하고 있음
- (해외진출용 작물보호제 개발 한계) 합성 작물보호제의 경우, 지금까지는 me-too approach, 즉 글로벌 기업에서 개발한 제품의 물질과 유사한 구조를 지닌 신물질 개발로 수출 제품을 개발하는데 성공하였으나, 글로벌 블록버스터로 개발하는 데에는 한계가 존재함
- (신물질 pipeline 필요) 합성 작물보호제의 개발을 위해 독창적인 리드물질의 선별 및 이를 이용한 신물질 pipeline 개발 필요
- 합성 작물보호제 관련 신물질 특허는 주로 LG화학, 팜한농, 한국화학연구원 등에서 출원되고 있음
  - 합성 작물보호제의 경우 지난 30년 동안 국내에서 살충제 1개 물질, 제초제 5개 물질, 살균제 1개 물질 등 총 7개 물질이 개발되어 출시되어 있음. 정부의 적극적인 지원이 미흡한 실정에서도 자체적으로 꾸준히 신규물질 개발에 노력하고 있음

<그림 3-37. 국내 개발 친환경 작물보호제 개발/출시 현황>

- **(국내 합성 작물보호제 개발에 대한 기술적 요구)** 국내의 살균제 개발을 위한 초기단계 스크리닝 기술 수준은 한국화학연구원을 중심으로 상당히 발전하였으나, 생화학, 생명공학을 접목한 스크리닝 기술의 수준은 아직도 선진국과의 격차가 크므로 기술의 축적이 요구됨
  - 전통적으로 살충제 시장의 대부분을 유기인계 및 카바메이트가 최근까지 차지하고 있으므로 상대적으로 신규 타겟에 대한 국내 살충제 개발기술은 많은 연구가 진행되지 못함
  - 따라서 현재까지 1개의 살충제가 국내에 등록되었음. 곤충의 저항성이 급변하고 포유동물에 대한 저독성 살충제의 개발 요구로 새로운 타겟에 대한 연구가 필요함
  
- **(기존 작물보호제 문제점 해결 필요성 부각)** 최근 기존 작물보호제의 연용에 따른 저항성 문제 해결을 위한 방법으로 신규 작용점 발굴과 천연 신소재를 활용한 새로운 작물보호제 개발 중요성 부각

### 3) 종자

- [개요] 종자 산업은 씨앗 등 종자를 개발·생산하여 재배 농가에 보급하는 전 과정을 말하며, 종자는 농산물의 생산성과 품질을 결정짓는 핵심 요소로서 생산물의 유통기간 및 가공, 저장에도 영향을 줌<sup>238)</sup>
- 산업화에 따른 경지면적 축소 및 기후변화에 따른 기상이변 등 곡물생산량의 불확실성으로 식량자원 확보의 중요성이 커짐에 따라 종자산업의 중요성도 확대되고 있음
- [세계 시장] 세계종자연맹(ISF)의 자료에 의하면 해외 종자 산업의 규모는 2000년도 초반까지 정체기를 경험하다가 그 후 급속히 시장이 확대되는 구조임

<그림 3-38. 세계 농산물 종자시장 규모<sup>239)</sup>>

- 2012년의 시장 규모는 449억 달러로 2005년 대비 82%나 증가한 것으로 나타났다. 세계 종자 시장을 주도하는 지역은 2000년대 초반까지 유럽(프랑스/네덜란드/독일)이 가장 높은 비중을 차지하였으나, 2000년대 중반부터는 중국 투자 및 확대로 아시아/중동 시장을 이로 확대되고 있음
- 최근 보고서에 의하면 전 세계 종자 시장이 2015년에 비하여 2배 정도 성장할 것으로 예측되며, 국가별로는 미국과 중국이 다른 나라에 비교하여 월등한 시장 점유율(49%) 가지고 있음

238) 국내 종자산업의 현황과 발전 방향, Weekly KDB Report, 2017.3.27

239) 국내 종자산업의 현황과 발전 방향, Weekly KDB Report, 2017.3.27

<그림 3-39. 국가별 세계 종자 시장 점유율<sup>240)</sup>>

- 다음은 프랑스, 브라질, 캐나다 등의 순이며, 이들 상위 5개국이 전 세계 종자 시장 규모는 60% 이상을 차지하며 특히 미국, 브라질, 캐나다는 발작물 종자 산업이 종자 시장을 견인하고 있다. 2010년 이후에는 몬산토가 원예 종자회사 세미네스를 인수하는 과정에서 알 수 있듯이 원예 종자 시장이 급격히 확장되는 상황
  
- (미국) 미국 종자 시장은 1930년대 이후로 꾸준히 옥수수 및 밀 경작으로 시장을 확대하였고 1960년대 이후 본격적으로 대두(콩)를 경작으로 종자 시장도 같이 확장하고 있음
  - 최근 원예종자 시장이 확장하고 있으나 아직은 발작물 시장에 비해 규모가 미미한 상태임

<그림 3-40. 주요 종자기업의 산업구조<sup>241)</sup>>

- 옥수수 종자 시장을 보았을 때 Pioneer (듀폰 계열사) 사가 전통육종 방법으로 가장 보편적으로 쓰이는 종자 개발하였으나 2000년대 초반부터 몬산토(Monsanto)는 유전자변형 옥수수 종자로 시장을 확대함

240) FAO, 2017, The Future of food and agriculture—Trends and challenges.

241) Philip H. Howard, <https://msu.edu/~howardp/seedindustry.html>

- 몬산토는 그 후에도 중소 종자회사들을 인수하여 2013년 이후에는 미국에서 가장 규모가 큰 종자회사가 되었으며 듀폰처럼 다우 화학회사(Dow Chemical)도 종자회사(Dow Agriculture Science)를 설립하여 시장을 확대함
- 스위스계 회사인 신젠타(Syngenta)도 미국에서 꾸준히 원예 종자 시장을 확장하였다. 독일계 종자 회사들(BASF, KWS, Bayer)과 프랑스계 회사(Limagrain)도 미국에서 R&D에 꾸준히 투자 및 시장을 확대
- 2010년대 중반 이후 종자회사의 모기업인 다우(Dow)와 듀폰(Dupont)의 합병 진행 과정에서 자회사인 종자회사들의 합병이 결정되어 새로운 회사인 Corteva (콜티바)가 설립되었으며, 그리고 Bayer(바이엘)이 몬산토를 670억 달러에 매수 결정하여서 몬산토가 바이엘로 흡수 합병됨
- 중국계 화학회사인 Chem China(켄 차이나)가 신젠타를 흡수 합병을 결정하여서 추후 신젠타의 종자들이 중국 및 아시아 시장에서 확장될 수 있을 것으로 예측되며 결과적으로 전 세계 우수 종자회사들이 흡수 합병으로 초거대 종자회사들이 탄생하였고 전 세계 시장에 독과점이 영향력이 있을 수도 있음

□ **[해외 연구동향]** 해외 종자회사들은 초기부터 기술에 대한 이해와 적용을 중시하여 대부분의 종자회사들은 경쟁회사와 경쟁우위를 신기술의 선점으로 극복하려는 노력을 계속함

- 종자 시장의 확장과 초거대 종자회사의 등장으로 R&D 비용은 증가 추세이고 단순한 Biotechnology 기술에 대한 투자가 아닌 농업과 4차 산업혁명을 연계할 수 있는 기술개발에 투자를 확대하고 있음
- **(유전학 활용)** 종자회사들이 가장 먼저 관심을 가진 분야는 유전자학을 이용한 육종기술이며 후대에 유전 가능한 농업 형질을 연구하기 위해서는 유전학적 연구가 필요함
  - 여러 농업 형질이 유전적으로 모두 설명은 할 수 없으나 기초 및 응용연구에 가장 중요한 방법이며 많은 숫자의 샘플을 테스트하면 유전학적으로 후대에 원하는 농업 형질을 나타내는 샘플을 찾을 확률이 올라가기 때문에 종자회사들을 R&D 초기 단계에서 많은 양의 샘플을 테스트함
  - 많은 양의 샘플을 파종 및 수확하기 위하여 농기계에 투자하고 있다. 종자회사에서 트랙터 회사인 존 디어(John Deere)에서 트랙터를 제작하는 것은 아니지

만 종자회사에서 트랙터를 R&D 목적에 따라 개량하고 연구에 사용하고, 그리고 종자 세대 진전을 빠르게 하기 위하여 온실에서 특수 조명을 이용하여 해외에서 채종이 필요 없는 방법을 연구하고 있음

- **(유전자 마커 활용)** 종자회사들은 씨앗에 일부분을 자동으로 추출하여 유전자 마커를 이용하여 분석하는 프로세스를 개발하여 종자 생산 현장에서 적용하고 있으며 2010년대 이후 대량의 유전자정보를 차세대 유전자 기술 (Next-generation sequencing)의 발전으로 종자회사에서 중요한 작물의 유전자 지도를 완성하였고, 옥수수, 콩, 그리고 최근에는 밀 유전자 지도를 만드는데 기여함
  - 차세대 유전자 기술 발전으로 다양한 마커를 사용하는 Genomic selection (유전체의 많은 부분(정보)을 사용하는 방법)에 투자를 하고 있음
  
- **(유전자 변형 작물 활용)** 노지에서 식물이 다양한 환경에 노출되고 식물들이 생산량에 도움이 되는 형질이 일률적으로 발현되기 힘들다는 현상은 일반육종의 기술로 넘을수 없는 가장 큰 장벽이며, 1980 이후부터 동물에서 유전자를 조작하여 연구자가 원하는 형질을 발현하는 방법을 연구하였고 실험적으로 가능성을 보임
  - 1990년대 이후 몬산토에서 제초제 저항성 유전자를 인위적으로 옥수수 유전자에 결합하는 방법을 성공시킴

<그림 3-41. 유전자 변형생물 생산 과정<sup>242)</sup>>

- **[국내 산업 동향]** 국내 종자무역은 수입이 수출에 비해 3.6배 많아 적자를 보이고 있으며 다만 채소종자가 다른 종자에 비해 높은 국내 점유율을 차지하는 등 경쟁력을 보유하고 있음<sup>243)</sup>

242) <https://monsanto.com/innovations/biotech-gmos/articles/gmo-facts/>

243) 국내 종자산업의 현황과 발전 방향, Weekly KDB Report, 2017.3.27

- 국내 종자의 수출 규모는 2015년 47백만달러에 불과한 반면 수입 규모는 170백만달러로 수입이 수출의 3.6배에 달하고 있음
- 2015년에는 전년도와 대비하여 종자수입 감소 및 수출 증가로 적자 폭이 다소 줄어들기는 하였으나, 여전히 국내 종자산업의 영세성 및 기술 격차로 123백만달러의 적자를 기록함
- 국내 종자회사 중 소규모 종자회사들이 다수를 차지하고 있어서 현실적으로 자체적인 R&D를 수행하는 능력이 있는 회사가 소수이며, 농업기술실용화재단을 통하여 규모가 작은 R&D를 수행하고 있음
  - 국내 종자회사 중에 R&D에 가장 많이 투자한 농우바이오가 1990년대 초반에 5위에서 2015년도 기준으로 1위를 차지하는 성과를 냄
  - 2000년도 이후 분자 마커 개발에 중점적으로 투자를 하였고 마커를 이용하여 종자 개발에 이용함
  - 최근 LG 화학에서 유전자 가위를 이용하여 새로운 품종을 개발하고 있음
- (정부 정책 현황) 정부는 종자산업의 중요성을 인식하고, 미래성장 산업으로 육성하기 위해 Golden Seed Project 사업 및 펀드를 통한 금융지원을 추진 중<sup>244)</sup>
- 정부는 2012년부터 4,911억원을 투입하여 금보다 비싼 종자개발을 목표로 Golden Seed Project를 추진
  - 품종개발 및 시장개척 등을 통해 2021년 종자수출 2억달러 달성 목표
  - 품종 국산화율을 높이기 위해 수출 전략 품목 10개, 수입대체 품목 10개 등 총 20개 품종 개발 추진
- 민간육종단지 조성으로 민간기업 지원
  - 전북 김제에 민간육종연구단지를 조성('16.11월)하여 민간 종자기업 20개 입주
  - 민간기업에 연구장비 등 인프라 및 기술 제공으로 종자산업의 메카 육성
- 농림수산식품 모태펀드와 민간자금이 결합한 농식품펀드인 'A&F 미래성장 투자조합' 운용 중
  - 농식품펀드는 농림수산식품 모태펀드와 민간자금을 결합한 자펀드로 총 8,355

억원 규모로 운용 중23)

- 종자산업에 투자하는 'A&F 미래성장투자조합' 펀드는 425억원 규모

○ 민간 운용사(창업투자회사)가 농식품펀드 운용을 맡아 사업성 검토를 통해 투자

- 경영체당 펀드 총액의 20%범위 내 지분 투자, 평균 10~20억원 규모

- 투자 후 기술개발, 재무, 회계, 마케팅 등 전문 컨설팅 지원

## 제 3 절 생활 밀착형 농업 현안 해결

### 1. 기후변화 및 재난대응

#### 1) 신재생에너지 활용

##### 1-1) 농업 분야 에너지 사용 현황 및 온실가스 배출 현황

- [전력 중심의 에너지사용 증가세 뚜렷] 2018년 농업부문 전력소비량은 1,529,350MWh로 전체 계약종별 전력소비량 43,729,300MWh의 약 3.5%를 차지 (주택용의 약 1/5)
  - 2010년 이후 꾸준한 증가세를 보이고 있으며, 향후 대규모 스마트팜 보급 확대에 따른 급격한 전력사용량 비중 증대 전망
  - 최종 에너지원별 연평균 변화율은 전력이 가장 큰 증가세(2008년 이후 약 8.3%)를 보이고 있으며, 전통적인 석유는 2000년 이후 감소세로 전환

<그림 3-42. 계약종별 연간 전력사용량 추이<sup>245)</sup>>

<표 3-18. 에너지원별 농업부문 최종에너지 사용량 변화<sup>246)</sup>>

<그림 3-43. 농업부문 온실가스 배출량<sup>247)</sup>>

- 전통 농업분야의 온실가스 배출 총량은 감소중이나 스마트팜 보급 확대에 따라 증가세로 전환 전망
  - 농업부문 온실가스 총 배출량 소계는 2014년 기준 21,289Gg이며, 벼재배 부분은 감소 추세, 농경지 토양 부문은 약 5,500Gg 수준을 유지
  - 농업 전체 부문에 대한 총배출량은 2014년 기준 690,615Gg으로 2010년 이후 꾸준한 증가세 유지
  - 2015년 기준 국가 전체 온실가스 배출량 중 약 3.0% 내외 차지<sup>248)</sup>
  - 기후변화 등으로 기존 노지재배에서 스마트팜 등 온실 분야의 시장보급 확대에 따른 전력사용량 급증으로 농업부문 온실가스 배출량은 상승세로 전환 예측

<표 3-19. 에너지원별 농업부문 최종에너지 사용량 변화<sup>249)</sup>>

\*LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry): 토지이용, 토지이용 변화 및 임업

246) 에너지통계연보, 에너지총조사

247) 국가에너지통계, KESIS

248) 국가온실가스 배출현황, e-나라지표

249) 온실가스종합정보센터, 2015

## 1-2) 농업 분야 신재생에너지 활용 필요성

### □ [친환경에너지 체제 전환] 기후변화로 인한 친환경 에너지체제로의 전환에 대한 적응 필요

- 급격한 기후변화로 인한 대내·외적 환경 위기 심화에 따라 화석연료 기반의 효율의 시대로부터 지속가능한 신재생에너지 기반의 친환경 시대로의 전환이 급속히 진행 중<sup>250)</sup>
- 전력 사용 부문 중 원가회수율이 가장 낮은 농업(농사)용 전력요금 지원의 합리성에 대한 논란이 지속적으로 제기되고 있음
- 미래 농업 경쟁력 확보를 위해서는 현행의 농업용 전력요금제의 반시장적 지원 체제에서 점진적으로 탈피하여 친환경적 에너지 생태계 수립에 적합한 신재생에너지 중심의 에너지수급 방안 모색이 필요한 시점

### □ [농업용 전력수요 대비] 스마트팜 보급 확대 등 농업용 전력수요 급증에 따른 전력가격 인상 전망에 대비 필요

- 현재 전체 전력수요의 3.1~3.3% 내외의 농업용 전력수요 비중은 향후 대규모 유리온실 중심의 스마트팜 보급 확대에 의해 큰 폭으로 높아질 것으로 전망
- 전체 전력수요 비중의 7~8% 수준에 근접할 경우 사회적 수용성 관점에서 대폭적인 요금인상 혹은 농업용 요금 체계에 대한 대폭적인 수정이 불가피
- 특히 탈원전·탈석탄 에너지전환 정책에 따른 저가의 발전원가를 갖는 전력생산원 대신 LNG 복합발전, 신재생에너지 보급 등의 고가 발전원으로서의 대체는 전력요금의 인상뿐 아니라 전력요금 체계의 대대적인 수정으로 이어질 가능성이 높음
- 현행의 저렴한 농업용 전기체제에 지나치게 의존한 전력 중심의 농업(혹은 시설원예) 에너지공급 체계의 고착화는 국내 농업의 큰 잠재적 위기 요인으로 작용할 것으로 전망

□ [스마트 에너지공급 체계 구축 필요] 급격한 기후변화로 인한 재배 환경 변화에 대응 가능한 스마트 에너지공급 체계 구축의 필요성

- 최근 가뭄(물부족), 폭염(냉방부하 급증), 폭우(폭설) 등의 발생빈도 증가로 인해 기존 노지 및 시설원에 재배 및 생육 환경의 급격한 변동 발생
- 상기 기후변화에 기인한 재배 및 작물 생육환경 변화 문제를 해결을 위해서는 궁극적으로 막대한 에너지 비용 증대<sup>251)</sup>로 이어져 농업 경쟁력 약화를 가속화 시킬 것으로 전망
- 안정적 생산성 확보 기반의 미래형 농업 모델 수립을 뒷받침 하기 위해서는 에너지문제 해결이 필수적인 선행 조건이며, 과도한 화석연료 사용으로 인한 기후 변화 악화의 악순환을 막기 위해서는 지속가능한 신재생에너지를 이용한 스마트 에너지공급 체계 확립이 절실하게 필요

□ [신재생에너지 융합 친환경 비즈니스 모델] 수출형 농업 신산업 모델 창출 기반의 신성장 동력 확보를 위한 신재생에너지 융합형 친환경 비즈니스 모델 구축의 필요성

- 국내 특수한 에너지가격 조건(농업용 전기)에 최적화 된 농업(스마트팜 등) 모델로는 해외 시장을 겨냥한 수출형 신산업 모델의 경쟁력 확보가 불가함
- 글로벌 기후변화로 인한 식량안보 대응 측면에서 전 세계적으로 급격한 시장 확대가 예상되는 해외 스마트팜(혹은 스마트 농업) 산업을 목표로 하는 수출형 스마트 농업 모델의 경쟁력 확보를 위해서는 신재생에너지원 기반의 친환경 에너지공급 체계 도입이 반드시 필요

□ [기후변화 협약 대비] 신 기후변화 협약 이행에 따른 부문별 온실가스 감축 규제 강화에 대비 필요

- 중·장기적으로 국내 에너지사용 전 부문별 강도 높은 온실가스 배출 규제 방안 수립 및 적용이 예상됨<sup>252)</sup>
- 당분간은 소비자 배출원 단위(가정용 보일러, 자동차 등)의 배출 규제가 아닌 생산자 단위(발전사업자 등)의 배출규제가 적용되므로 농업부문에는 직접적인 영향은 크지 않겠으나 환경부의 강력한 온실가스 배출 규제 추진으로 에너지생

251) National Intelligence Council: Global Trends 2030: Alternative Worlds

252) 농업부문 2030년 약 100만톤 감축 목표 할당 (환경부)

산 비용 증대가 결국 소비자 가격에 반영되므로 전력 및 열(가스) 판매 가격의 인상에 따른 간접적인 영향은 클 것으로 전망

- 기존 전력가격 지원 방안에서 농촌, 영농형 태양광 지원 사업 등 신재생에너지 원 적용에 따른 지원 활성화 정책으로의 전환이 예상됨

<그림 3-44. 농업부문 온실가스 배출량<sup>253)</sup>>

## 2) 물부족 대응

### 2-1) 기후변화에 따른 물부족 현황

□ [물부족 현황] 최근 들어 이상기후 현상에 따른 자연재해 증가로 다양한 농업분야의 피해가 대형화 되고 있는 추세임

- 이러한 기후변화는 자연적인 요인 뿐만 아니라 온실가스 배출과 같은 인위적인 요인에 의한 것도 빼놓을 수 없음
- 특히 한반도의 기상이변으로 인해 집중호우 및 강우량의 높은 분산치, 강우패턴의 변화로 물순환에 대한 왜곡이 더욱 심화되고 있음
- 이에 따라 국지적 침수와 가뭄, 홍수발생이 증가하고, 하천의 건천화가 발생하는 등 물순환 및 물관리의 여건이 점차 어려워지고 있는 실정임

- 또한 도시화에 따른 토지이용 형태의 변화로 인해 불투수면이 증가하고, 배수시스템의 변화로 인해 비가 내릴 때 유출되는 빗물은 침투되지 않고 전부 차집 관거를 이용해 바로 배수를 함으로 침투할 수 있는 지하수 함량의 부족과 유출될 때 발생하는 비점오염원의 증가로 수질오염 심화, 물순환 면적 및 토양 생태계의 변화, 수자원 확보 어려움으로 인한 물부족과 같은 현상이 빈번하게 일어나고 있음

<그림 3-45. 전지구 기후변화 시나리오 RCP 2.6과 RCP 6.0<sup>254)</sup>>

<그림 3-46. 시나리오 RCP 2.6과 RCP 6.0에서 한반도 미래 기후변화 전망<sup>255)</sup>>

---

254) 농림축산식품부, 기후변화에 따른 농업재해 예방 및 대응발전방안 (2014.11.05.)

255) 농림축산식품부, 기후변화에 따른 농업재해 예방 및 대응발전방안 (2014.11.05.)

- 2100년경 기온은 RCP 2.6 (CO<sub>2</sub> 420ppm)에서는 0.5℃, RCP 6.0 (670ppm)에서는 0.3℃ 더 높아질 것으로 예측됨. 강수량은 한반도 연강수량은 전지구 대비 RCP 2.6에서 3.1%, RCP 6.0에서는 3.2% 더 높을 것으로 예측하고 있음
- 고온 및 저온 관련 극한지수는 폭염일수, 열대야일수, 여름일수와 같은 고온 극한지수는 증가하는 반면, 한파일수, 서리일수, 결빙일수와 같은 저온 극한지수는 감소할 것으로 예측됨
- 이러한 기후변화는 농업 수자원 관리 및 농작물 관리에 큰 영향을 미치게 되고, 이에 대한 구체적인 대응기술이 필요한 실정임
- 또한 최근 10년간 한반도는 극심한 가뭄을 겪고 있으며, 평균 강수량이 56% 수준으로 이른 더위로 농작물의 피해가 증가되고 있는 실정이며, 특히 농업용 물 부족은 먼 미래가 아닌, 현실로 다가오고 있는 실정임
- 뿐만 아니라 농업용수의 부족은 지하수의 무분별한 남용과 연결되어 있어서 지하수 수위 저하와 수질 악화로 이어져 악순환이 반복되고 있는 실정임
- 다양한 형태의 이상기후에 의한 농업재해 양상으로 인해 현재의 수리시설의 개선에도 많은 연구가 이루어지고 있고, 특히 작물의 서식환경의 변화 등에 따른 농업재해 피해는 계속 증가될 것으로 예측하고 있음
- 기후변화에 따른 구체적인 작물의 피해현황은 생산 및 품질저하(당도저하, 산도 증가, 착색 불량, 저장성 단축) 등이 있으며, 고랭지 여름채소 재배 가능 면적 감소에 따른 채소 공급 불안정하며, 월동 해충 및 외래병해충, 고온성 병해충 확산으로 농작물 피해가 증가될 것으로 예상하고 있음<sup>256)</sup>

<그림 3-47. 우리나라 10년 (2007-2016) 동안 연평균 강수량 변화<sup>257)</sup>>

256) 농림축산식품부, 2014

257) 기상청 홈페이지, 2016년도 자료

<그림 3-48. 우리나라 지하수 개발 이용현황<sup>258)</sup>>

## 2-2) 농업분야 물부족 대응체계

- [기후변화에 따른 농업분야 대응체계] 이상기후 변화와 시설원예 단지 확대에 의한 무분별한 수자원 사용 (지하수 고갈)과 부가적으로 발생하는 무분별한 양액비료 사용에 따른 하천 지표수 및 지하수 수질 오염은 물순환 및 물관리를 어렵게 만들고 있는 실정임
- 이상기후에 따른 농업분야 문제점과 대응체계는 다음과 같이 간략하고 요약할 수 있음

<표 3-20. 농업분야 대응체계>

- 일반적으로 식물 체내 흡수에 의한 증산량을 제외하면 약 30%의 배액이 배출되며, 국내 스마트팜 농가의 95% 이상은 배액을 그대로 하천과 지하수등으로 그대로 배출하기 때문에 수자원의 위협이 될 수 있음

<그림 3-49. 양액 재이용 시스템>

- 이러한 배액은 고농도의 질소와 인이 포함되어 있어 인근 생태계에 영향을 미칠 가능성이 매우 높으며, 그대로 하천과 지하수 등에 유입되어 수자원 확보에 위협을 줄 수도 있음
- 최근 네덜란드 등 농업 선진국에서는 스마트팜으로부터 배출되는 배액을 다시 집수하여 여과, 살균처리 후 다시 재활용 방법을 채택하고 하고 있으며, 이를 통해서 수자원 확보, 환경보호, 비료비용 절감 등의 다양한 효과를 유발하고 있음
- 그러나 네덜란드 등 농업 선진국에서 사용하고는 스마트팜 배지는 암면배지를 주로 사용하고 있으며, 국내에서는 고가의 비용으로 인해 암면배지를 사용하기 보다는 코코비트 배지와 같은 저가의 배지를 주로 사용하고 있음. 그러나 이러한 저가의 배지는 양액 재이용해서 사용하기에는 한계가 있기 때문에 국내 실정에 맞는 양액 재이용시스템 개발이 시급한 실정에 있음

<그림 3-50. 시설원예 배액처리방식259)>

- 양액재배 방식에서 사용되는 농업용수의 경우 대부분 지하수 관정으로부터 취수하여 시설내부 배지 등에 공급되는 물이며, 실제 광량과 온실의 기본적인 정보를 이용하여 관수 스케줄에 따라 공급되는 방식임으로 인해 물의 상당량이 손실되고 있는 것으로 보고되고 있음. 심지어 양액 이외의 토경재배 방식에서는 농업용수로써를 통해 토경지로 공급되는 방식이고, 실제 수리시설의 노후되어서 누수 등으로 인한 손실은 더욱 심각한 것으로 알려져 있음. 그러나 이에 대한 정량화와 원인규명 통한 저감기술 개발과 대책 제시가 절실히 요구되는 실정임
- 기후변화와 지하수 고갈로 인한 농업수자원 확보의 어려움 속에서 자동 최적 관수 제어시스템은 순환식 양액재이용시스템과 더불어 농업용 물절약 기술의 또 다른 핵심기술 중에 하나임
  - 최근에 3D 센싱, 작물 생리 및 증발산 계측 모델 기반의 최적 관수제어 방식의 복합제어 기술 개발이 KIST SFS 융합연구단을 중심으로 개발되고 있음
- 기존의 배지 기반 근권부 무게에 따른 관수제어 방식과 달리, 작물 주변의 환경 및 생육데이터를 이용한 증발산 모델, 즉 기존의 물리적, 경험적 수식의 증발산(ET) 모델의 고도화된 알고리즘 개발을 통해 특정 기후 및 양액재배/토경재배 조건이나 적용 작물에 따라 증발산량을 계산하기 위해 기존 ET 모델을 정밀하게 재분석하고, 이를 실제의 측정 데이터 자료를 수집하여 기존 모델을 고도화하는 알고리즘 개발을 진행하고 있음

## 2-3) 물자원 부족 미래 대응 기술

- [순환식 양액 재이용기술] 순환식 양액재배는 토경재배시에 발생하는 근권 완충력에 의한 위조병원균(*Fsarium* sp), 입고병원균(*Pythium* sp), 역병원균(*Phytophthora* sp), 묘잘록병원균(*Rhizoctonia* sp) 등의 유해성 병원 미생물 발생에 취약한 단점을 가지고 있음(加藤公彦, 1991, 駒田巨, 稻葉忠興, 1992, 武井昭夫, 1997.)
- 현재 순환식 양액 재이용기술은 양액 재이용시 발생하기 쉬운 뿌리전염병 병원균을 예방하기 위한 물리·화학·생물학적 공법을 채택하여 적용하고 있으며, 현재 개발되어서 적용되고 있는 방법은 다음과 같음

### <표 3-21. 순환식 양액 재이용 기술 종류>

- 그러나 이러한 순환식 양액재이용시스템의 경우 스마트팜에 사용되는 배지 형태에 따라 살균력의 차이가 많이 나는 것으로 보고하고 있음. 일반적으로 스마트팜에 사용되는 배지의 형태는 암면, 코코피트, 펄라이트, 왕겨, 혼단 등을 사용하고 있으나, 국내 대부분은 농가는 경제적인 이유로 코코피트 배지를 주로 사용하기 때문에 일반적인 자외선 살균방법으로는 한계가 있음
- 따라서 이를 극복하기 위해 사용하는 것이 열(전기) 살균법, 오존 살균법, 과산화수소처리법 등을 사용하지만 양액내 영양분의 성상이 변화하기 때문에 생산량에 영향을 줄 수 있음<sup>260)</sup>(Acher 외 1997; Runia, 1994; Benoit and Ceustermans, 1993; Boelens and Beeckman, 1993; 加藤, 1991; 日本施設園藝協會, 1991).

260) Acher 외 1997; Runia, 1994; Benoit and Ceustermans, 1993; Boelens and Beeckman, 1993; 加藤, 1991; 日本施設園藝協會, 1991

- 순환식 양액 재이용 시스템을 사용하는 선진농업국에서는 물리화학적·생물학적 살균법에 비해 자외선(UV) 살균법을 주로 사용하고 있으며, 이러한 이유는 자외선(UV) 살균법은 환경친화적이고, 과잉조사에 의한 피해가 없으며, UV-lamp 가격이 저렴하고, 다양한 처리용량에 적용가능한 장점을 가지고 있음

<그림 3-51. 순환식 양액 재이용시스템<sup>261)</sup>>

- 자외선(UV) 살균법의 단점은 양액내에 포함된 철과 망간의 석영관 흡착으로 인해 자외선 조사량을 방해할 수 있고 이를 해결하기 위해 잘산용역과 같은 강산을 사용해서 세정해야하는 단점을 가지고 있음
- 또한 UV 조사 후에 철과 망간은 평균 0.03ppm과 0.05 ppm 정도 산화되기 때문에 재이용해서 다시 재사용할 경우 양액을 보정해야하는 단점을 가지고 있으며, UV lamp 온도가 30℃ 이상이면 처리효율이 저하될 수 있음<sup>262)</sup>
- 최근 KIST SFS 융합연구단에서 개발하고 있는 UVC-LED 살균법이 있는데 일반적으로 UV-lamp는 UV-A (315-400nm), UV-B (280-315nm), UV-C (100-280nm)의 모든 파장을 포함하고 있음

<그림 3-52. UV-C LED 살균장치<sup>263)</sup>>

□ [최적 관수제어 시스템] 작물 주변의 온실내부환경, 근권부 환경 및

261) KIST SFS 융합연구단

262) 조자용 외, 2000

263) KIST SFS 융합연구단

생육데이터를 이용한 수정된 증발산 모델 알고리즘을 탑재하고, 이러한 데이터를 실시간으로 모니터링하여 온실내 작물 중심의 복합환경 및 관수제어르 수행하게 됨

- 최근 KIST SFF 융합연구단은 기존 광량과 온실 내 배지 무게 중심의 관수 제어 방식에서 벗어나서 근권부 센서를 이용할 수 없는 토경온실에 증발산량을 기반으로 하는 작물 중심 관수제어도 가능함
- 또한 이러한 증발산 기반 작물 생리활성 모니터링 및 관수제어시스템에는 기본 생리계측 모니터링 기술, 증발산량 산출 알고리즘, 예측 증발산 산출 알고리즘 등으로 모듈화를 통하여 각각의 상황에 맞는 모니터링 기술적용이 가능하게 되어 있음
- 또한 최적 관수제어 시스템을 위한 작물활성 연계 환경제어 기술은 성장점 부근의 작물엽온, 성장점 근처 온/습도, 내부일사량, 엽면적지수 (LAI) 등의 데이터를 활용하여 환경제어와 관수제어를 수행할 수 있는 연구를 수행하고 있음

<그림 3-53. 작물활성 연계 환경제어 및 실시간 증발산을 추출 그래프<sup>264)</sup>>

## 2. 먹거리 안전

### 1) 화학적 위해요소 관리

- [식품 안전에 대한 관심과 식품위해요인] 식품 안전은 국민 건강과 생명에 직결되는 문제로 국민 소득수준 향상으로 인한 ‘삶의 질’ 향상에 대한 욕구 증가와 ‘보건 의식’의 고취 등으로 식품 안전성에 대한 관심과 요구가 지속적으로 증가
- 미국, EU등 선진국은 ‘식품안전현대화법’ 및 ‘농장에서 식탁까지 (From farm-to-fork)’ 정책 등의 통합된 식품안전 정책 실시를 통해 높은 수준의 식품안전 보장
  - EU : '06.1월부터 전체 식품과 사료에 이력추적제도 의무화

<그림 3-54. EU의 식품안전관리 정책<sup>265)</sup>>

- [식품안전위해요소 (Food safety hazard)란] 인체건강에 잠재적인 유해 영향을 일으킬 수 있는 식품 등에 잔류하는 생물학적, 화학적 또는 물리적 요인 및 상태<sup>266)</sup>

265) 유럽집행위원회 홈페이지 ([https://ec.europa.eu/food/overview\\_en](https://ec.europa.eu/food/overview_en))

266) 위해분석 용어 해설집 (식품의약품안전처, 2011)

- 화학적 위해요소는 식품의 가공, 포장, 유통 저장 중에 의도적 또는 비의도적으로 첨가, 혼입된 화학적 원인물질과 생물체 (식물, 동물 또는 미생물)에서 유래한 화학적 원인물질에 의해 인체건강에 악영향을 미칠 우려가 있는 요소
- 인위적으로 첨가된 화학적 원인물질: 보존료 (소르빈산, 안식향산나트륨), 강화제 (비타민 A, 비타민 B3), 발색제 (아질산염) 등의 식품 첨가물
  - 식품 첨가물은 기준 및 규격에 적합하게 사용된 경우 안전하지만 사용 기준을 초과할 경우 위험할 수 있음
- 비의도적으로 혼입된 화학적 원인물질: 중금속, 작물보호제 (살충제, 살균제, 제초제 등) 동물용의약품 (항생제, 성장호르몬 등), 윤활제, 소독제, 세척제 생물체 유래 화학적 원인물질: 곰팡이독소 (아플라톡신 B1, 오크라톡신 A, 제라레논), 패류독소 (삭시톡신), 버섯독소, 복어독 (테트로도톡신), 솔라닌 및 알러지 유발물질<sup>267)</sup>
- 현재 식품원료 (농축산물)에서 주로 문제가 되는 화학적 위해요소는 항생제 등과 같은 동물용 의약품과 농약, 중금속 등 환경 오염물질의 잔류가 큰 문제가 되고 있음<sup>268)</sup>
- 살충제 계란 파동, 항생제 및 농약 잔류 허용기준치를 초과한 농축산물 유통 등 지속적인 식품안전사고 발생
  - 2017년 유럽에서 시작하여 국내에서도 큰 문제가 된 살충제 오염 계란 파동은 전형적인 화학적 위해요소에 의한 식품 안전사고이다. 특히, 국내 ‘친환경 인증’을 받은 산란계 농장에서 생산한 계란에서 직접 섭취하는 동물에는 사용이 금지된 살충제 성분인 피프로닐 (Fipronil)과 잔류허용기준을 초과한 비펜트린 (Bifenthrin) 검출
  - 피프로닐 (Fipronil)은 중등도의 독성을 가지는 2등급 유해물질로 분류된 살충제로 세계보건 기구 (WHO)는 피프로닐을 다량 섭취하거나 또는 피프로닐에 장기간 노출되면 간, 신장 및 갑상선 등에 위험한 영향을 미칠 수 있다고 경고

267) 식품표시 및 식품유해물질 개요 (한국 소비자원, 2010)

268) 2017년 글로벌 식품안전 동향보고서 (식품안전정보원, 2018)

<그림 3-55. 2017년 살충제 계란 파동<sup>269)</sup>>

- 친환경 축산물 인증 농가의 돼지고기에서 잔류허용기준치의 474배의 벤질페니실린 / 프로케인페니실린 (항생제)이 검출 되었으며, 어류 양식 어장에서 사용이 금지된 플루오로퀴놀론계 항생제인 페블록사신과 오픈록사신 등이 검출되었다. 축·수산물 항생제 과다 사용으로 인한 항생제 잔류 및 내성균 출현이 큰 문제
    - 수산물 플루오로퀴놀론계 항생제는 2008년 7월1일부로 사용금지 되었으며, 2018년 미국 식품의약국(FDA)이 플루오로퀴놀론계 항생제가 힘줄, 근육, 관절, 신경 및 중추신경계에 부작용을 가지고 올 수 있다고 경고
  - 2013년 살균제 이프로디온의 잔류허용치를 2배 이상 초과한 배추 19.7톤 유통 되었으며, 또한 최근 4년간 잔류농약 검사결과 부적합 판정을 받은 농산물 529건이 시중에 유통. 2018년 당국의 검사결과 부적합 판정을 받은 농산물은 배추, 상추, 근대, 들깻잎, 참나물, 치커리, 적겨자, 쑥갓, 당귀 등 거의 모든 농산물에서 살균제, 살충제 및 제초제 성분이 검출되고 있으며 2개 이상 성분이 중복 검출되는 사례도 다수 발견
- [화학적 위해요인 현황] 2017년 글로벌 식품 안전관련 동향 분석에서 화학적 위해요소 (27.9%)와 생물학적 위해요소 (25.7%) 관련 정보가 전체 원인요소의 50% 이상을 차지하였으며, 화학적 위해요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 잔류농약 관련 정보는 2016년에 비해 32.1% 증가함

<그림 3-56. 2017년 식품안전정보 원인요소별 현황<sup>270)</sup>>

- 작물보호제 및 축·수산물 항생제 오·남용에 따른 국민 공중보건 위협과 이에 따른 경제적 손실 증가하고 있음
- 환경오염과 기후변화에 따른 신·변종 병원체 출현과 농·축·수산물의 병충해 방지를 위한 작물보호제 및 항생제 사용량 증가
  - 작물보호제 사용량 증가: ('12) 17.4톤 → ('16) 19.8톤
  - 동물용 항생제 판매량: ('13) 765톤 → ('17) 1,003톤, 5년 연속 상승
  - 제4차 식품안전관리 기본계획 (관계부처협동, 2018)
- 작물 보호제 및 항생제 오·남용으로 인한 잔류 문제와 약제 내성균 출현은 농·축·수산물 안전성뿐만 아니라 약제 내성균의 인체 감염 우려로 인해 국내뿐만 아니라 전세계적으로 큰 문제로 대두되고 있으며, 미국의 경우 항생제 내성균 출현에 따른 직접의료비용이 200억 달러에 이르며 연간 사회 경제적 손실액으로 350억 달러 추산
- 지속적인 화학적 위해요인 관련 식품안전사고 발생과 정부의 미흡한 대처로 인한 대국민 신뢰도 추락, 식품 안전에 대한 불안감과 화학물질에 대한 공포 (케모포비아) 심화, 이에 따른 막대한 사회, 경제적 손실이 심각한 사회 문제로 대두되고 있으며, 국민 24.9%가 식품 안전에 대한 불안감 호소<sup>271)</sup>
  - 국민의 15%가 화학물질에 대한 극도의 두려움, 신체증상 및 기피 행동을 모

270) 2017년 글로벌 식품안전 동향보고서 (식품안전정보원, 2018)

271) 2017년 식품안전체감도 조사 (국무조정실)

두 경험한 캐모포비아 잠재군에 속함<sup>272)</sup>

- 국내에서도 큰 문제가 되었던 살충제 계란 파동에 따른 네덜란드의 산란농장, 부화장, 계란포장 기업, 계란제품 산업 등 양계업계 전반에 걸쳐 발생한 직접적인 경제적 손실 규모 6,500만~7,500만 유로로 추산<sup>273)</sup>
- 살충제 계란 파동으로 인해 국내 계란 소비 평시 대비 46% 감소, 829만개 계란 폐기<sup>274)</sup>

□ [화학적 위해요소 관리를 위한 정책 및 연구개발 동향, 문제점] 국내 사전 예방적 식품안전 관리 체계 및 연구개발 미흡. 원료 및 식품 생산부터 소비 단계까지 모두 아우르는 식품안전 통합 관리 시스템 구축을 위한 단계별 관리·제어 및 통합 기술 필요

- 미국은 식품 안전에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 문제를 사전 예방하기 위해 2011년부터 식품안전현대화법 (Food Safety Modernization Act, FSMA) 단계적으로 시행하였으며, 2018년부터 본격 시행<sup>275)</sup>
- 항생제 및 화학 작물보호제의 오·남용으로 인한 식품 내 잔류 독성과 내성균 출현 문제가 전세계적으로 큰 이슈가 되고 있으며, 유럽연합(EU), 미국 등 주요 선진국을 중심으로 관련 규제가 강화되고 있어 친환경 농축산물 생산을 위해 바이오작물보호제 및 천연항생제에 대한 국내 연구 개발 노력 필요
  - 바이오작물보호제(Bio-pesticide): 미생물 또는 자연 유래 추출물을 기반으로 한 살균제, 살충제 및 제초제 등의 작물보호제
  - 2018년 EU는 프로피코나졸 (살균제)의 식물보호제용 활성물질 사용승인 철회에 관한 규정안 WTO에 통보
- 국내 바이오작물보호제 개발은 신원제 개발을 위한 업스트림 단계 연구에 집중하고 제형화 등 다운스트림기술은 극히 제한적으로, 산업화를 위한 신소재 발굴과 생산 시스템 간의 연결고리가 미약

272) 2018 서울대학교 보건대학원 국민 인식조사

273) 네덜란드 경제부, 2017

274) 안전한 먹거리 환경 구축을 위한 식품안전개선 종합대책 (관계부처합동, 2017)

275) 미국 식품안전현대화법(FSMA) 및 그 하위규칙 제정·운영 현황 (식품안전정보원, 2016),

- 최근 글로벌 농화학 기업들은 바이오작물보호제 기업들에 대한 인수합병 및 전략적 제휴와 같은 적극적 투자를 통해 친환경 작물보호제 개발 역량을 확보하고 있으며, 바이오 작물보호제에 대한 기술 영업과 대규모 마케팅을 통한 국내시장 진출이 활발해짐에 따라 이에 대한 대책마련이 시급함

<표 3-22. 글로벌 농화학 기업들의 바이오작물 보호제 기업 인수합병 및 기술협력 현황<sup>276)</sup>>

---

276) 글로벌 농화학기업들이 바이오작물보호제에 주목하는 이유 (장철웅, 2018)

- [화학적 위해요소 관리를 위한 연구개발 및 미래기술 제안] 전체 식품 공급사슬 (Food Supply Chain)에 내재된 위해요인 예측, 검출, 저감 및 제어 기술에 대한 지속적인 연구개발 필요
  - 식품과학 및 정보과학 분야의 융합 연구를 통해 4차 산업혁명에 대응하는 AI (Artificial intelligence)·빅데이터 기반 식품 안전성 예측 기술 및 위해인자 실시간 통합 관제 시스템 구축
  - 식품의 위해성분 동시검출 (미생물, 잔류농약, 항생제 등) 기술과 다중검출을 통한 측정 감도 향상 및 검출 시간 단축 등 나노 센서 (nano sensor) 기술 개발을 통한 식품 위해요소 사전 검출

## 2) 농식품 블록체인

□ [안전한 농식품 니즈] 최근 농식품에 대한 투명성 요구와 더불어 안전한 농식품 신뢰를 제공하는 블록체인 기술의 적용 등장

- 농식품에 관한 많은 정보를 얻으려고 하고 투명한 정보를 원하는 사회적인 니즈 반영
- 식품사기 및 불량품(라벨과 다른 품질)의 증가로 인해 농식품은 다양하게 브랜드화 되고 있으며 많은 인증제도를 탄생시켜왔음
- 현재의 인증시스템은 신뢰문제를 완전히 해결하지 못하며 때로는 신뢰를 악화시키고 식품 안전성 및 지속 가능성에 심각한 위협이 될 수도 있음
- 식품안전이란 실제유통과 디지털 유통체인의 두 부분 모두에서 가치사슬이 공정하고 신뢰가 있어야 하며, 특히 디지털 체인은 실제 유통에서의 농식품 출처 등 신뢰성 있는 정보 제공이 필수적임

□ [블록체인 기술(blockchain technology, BCT)의 도입] 블록체인은 기록(이력)의 영속성을 보장하는 시스템으로 식품 가치사슬에서 불법행위를 포함한 모든 관련 데이터 공유를 용이하게 할 수 있음

- 블록체인이란 거래의 모든 당사자가 거래 장부를 나눠 보관함으로써 거래의 투명성을 확보하는 분산형 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)임
- 블록체인의 분산장부기술은 순차적인 블록단위로 분류된 형태의 분산 장부이며, 각 블록은 기존 블록과 연결되며 암호 메커니즘을 기반으로 Peer-to-peer 네트워크를 통해 지속적으로 기록됨
- 또한, 해시(Hash), 전자서명(Digital Signature), 암호화(Cryptography) 등의 보안기술을 활용한 분산형 네트워크 인프라를 기반으로 다양한 응용서비스를 구현할 수 있는 구조를 가지고 있음
- 따라서, 네트워크에 속한 모두와 공유된 암호화되고 변경할 수 없는 거래 기록의 리스트로 접근 권한이 있는 자는 거래에 대해 언제든지 조회가 가능하며, 따라서 블록체인은 네트워크 내의 모든 참여자가 공동으로 거래 정보를 검증하고 기록·보관함으로써 거래에 참여한 모든 거래 당사자가 동일한 거래 장부를 나눠 보관해 거래의 위변조를 막고, 공인된 제3자 없이도 거래 기록의 무결성 및 신뢰성을 확보할 수 있음

- 블록체인의 도입은 농식품 유통체인에서 식품 안전성에 대한 투명성과 신뢰를 촉진하는 새로운 패러다임이 될 수 있을 것임

<그림 3-58. 블록체인 기술 개요<sup>277)</sup>>

<그림 3-59. 블록체인 기술 개요<sup>278)</sup>>

- [블록체인 기술개발 현황] 블록체인 기술은 금융권을 중심으로 글로벌 확산이 빠르게 진행 중이며, IBM, Intel 등의 글로벌 IT 기업들의 식품업계 블록체인 도입이 시도되고 있음
  - 글로벌 금융기관은 플랫폼 생태계 구축과 서비스 표준화를 위해 블록체인 컨소시엄인 R3CEV\*와 하이퍼레저(Hyperledger)<sup>279)</sup> 프로젝트 추진
  - 유럽에서는 최근 도이치 뱅크(Deutsche Bank), HSBC 등 7개의 대형 은행을 중심으로 ‘Digital Trade Chain(DTC)’ 컨소시엄\*을 설립
  - IBM의 식품업계 블록체인 유통 추적, Intel의 해산물 공급체인에 블록체인 기술 도입 등

277) 블록체인 산업 현황 및 동향, 정보통신산업진흥원, 2018.4.30

278) 블록체인 기술의 이해와 개발 현황 및 시사점, 정보통신산업진흥원, 2018.3.28

279) ‘하이퍼레저(Hyperledger)’ 프로젝트는 2015년 12월부터 리눅스 재단과 IBM의 주도로 시작되었으며, 시스코, JP모건, 인텔, 웰스 파고 등 글로벌 기업들이 공동으로 참여

<그림 3-60. 글로벌 비트코인 & 블록체인 서비스 기업현황<sup>280)</sup>>

- (월마트 사례) 미국 대형 마트 업체인 월마트는 IBM과 함께 블록체인 기술을 개발해 식품 이력 추적 관리 시스템 구축
  - 2017년 9월, 월마트는 멕시코산 망고를 추적하는데 IBM의 블록체인 기술을 이용하여, 이전에 사용하던 방법으로는 망고 재배 농장을 추적했을때 6일 18시간 26분 걸렸던 것이 블록체인 기술 이용으로 단지 2.2초로 밖에 소요되지 않았다고 발표 (2017.9)
  - 미국 내 월마트 매장에서 판매하는 망고 상품에 문제가 발생했을 때 망고 포장지의 QR코드를 찍으면 생산자부터 유통 과정을 한 번에 확인할 수 있음
  - 월마트에 적용된 블록체인은 공급망 측면에서 응급대처 이상의 의미를 갖고 있으며 그 시스템 내부의 거대하고 안전한 기록들은 사기를 예방할 수 있고, 경영진이 제품 흐름을 확인하거나 감독기관들이 점검을 할 때, 사용이 쉬운 인터페이스를 제공할 수도 있음

<그림 3-61. Walmart-IBM 망고 추적 예시>

- (삼성SDS 사례) 국내의 경우에도 삼성 SDS가 블록체인 기술 시범 도입한 사례가 있었음
- 삼성SDS가 식자재에 대한 정보를 투명하게 공개하기 위해서 블록체인 기술 도입에 나섰으며 부산 수산물 가공업체 삼진어묵에 물류 이력관리 블록체인 기술을 시범 적용했다고 밝힘(2018.3)
  - 삼진어묵에 적용된 블록체인 기반 ‘유통이력 관리시스템’은 입고부터 가공, 포장, 판매에 이르는 생산과 유통 과정의 모든 정보를 투명하게 소비자에게 공유해주며, 이는 국내에서 유통과정에 블록체인 기술이 접목된 것은 최초의 사례임
  - 해당 기술을 통해, 어느 나라에서 조업했다는 정보를 포함해 수출입, 어묵 생산, 유통 등 과정이 애플리케이션 화면에 표시되고 이 데이터는 위·변조되지 않았다는 게 보장이 되는 것이 특징이며, 소비자는 원산지 정보에 대한 불신을 없앨 수 있고 안전한 식자재를 제공하려는 기업들의 고민도 해결된다고 밝힘
  - 어묵 상품 QR코드를 찍어보면‘1월 18일 베트남에서 냉동연육 2,000kg 국내반입, 2월 2일 냉동연육 입고, 3일 부산 영도구 제조 공장에서 꼬치용 어묵 750박스 가공 및 생산, 5일 부산역 광장점으로 12박스 출고’ 등으로 전체 절차가 표시됨

<그림 3-62. 삼성SDS - 삼진어묵 블록체인 시범사례<sup>281)</sup>>

281) 삼성SDS, 'AI·블록체인 기반' 물류사업 확대, 서울파이낸스, 2018.03.08

<그림 3-63. 삼성SDS - 삼진어묵 블록체인 시범사례<sup>282)</sup>>

### 3. 가축 전염병

#### 1) 구제역 발생 현황

- [국내 현황] 최근 '16~'17년에 구제역이 지속 발생했으나, '18년에는 2건만 발생되었으나 백신접종 등의 조치로 조기 확산이 차단됨
  - '18.3.26일과 4.1일 김포 돼지농장에서 A형 2건만 발생
    - 2018년 국내 돼지에서 A형 발생은 최초이며, 과거 소에서만 두 차례('10, '17년) 발생
    - 살처분/보상금: ('17) 소 1,392두/ 98억 원 → ('18) 돼지 11,726두/ 35억 원 (추정)
  - 구제역 발생시 백신 미접종시의 경제적 손실액 보다 백신접종 정책시 손실액이 훨씬 낮아짐
    - 주요 발생 비교:( '10.11) 27,383억 원 (3,234건 발생) → ('14.12) 638억 (185건 발생)
  - 해외에서 유입된 바이러스가 방역취약 농가에 전파된 것으로 추정되며, 구제역이 지속 발생하는 주변국가 (동남아, 동아시아)로부터 인적·물적 요인에 의해 유입된 바이러스가 사람·차량 등을 통해 농장 유입 추정
  
- [해외 현황] 주변국인 동남아시아, 동아시아 지역에서 지속적으로 발생하고 있으므로 한국으로의 질병 전파 위험성은 상존하고 있음
  - 구제역바이러스의 혈청형, 지역형 및 유전형이 다양하여 백신을 이용한 방역에 어려움이 있음
    - 주변지역에서 발생하는 유입가능한 바이러스는 O-ME-SA/Ind2001d, O-ME-SA/PanAsia, O-ME-SA/PanAsia-2, O-SEA/Mya-98, O Cathay, A-ASIA/Sea97. A-GVII 등의 바이러스가 유입 가능한 바이러스임

## 2) 국내 구제역 방역 현황 및 문제점

- [예방 접종 추진 현황] 국내·외 발생 빈도를 고려한 백신 정책(소: O+A형, 돼지: O형)을 시행 중에 2018년 국내 돼지에서 A형 첫 발생
  - 당시 소에만 A형 백신을 접종하고 있어 돼지에 A형 발생 시 큰 피해가 우려됐으나 사전 비축분을 활용, 긴급 대응 추진됨
  - 새로운 바이러스 어떤 바이러스가 들어올지 예측을 위해 노력 중이나 백신에 부적합한 바이러스의 출몰가능성에 불안감이 존재함
  - 소 및 돼지에 O+A형 백신으로 A형 (2018.10월 이후 돼지 A형 접종 추가됨)을 추가 접종 중이나, 소홀한 농가가 지속 발생, 접종 관리가 필요함
    - 참고사항 : 구제역은 소, 돼지, 염소, 사슴 등 주요 가축에 걸리는 질병으로 백신접종으로 모든 감수성 동물에 예방 백신접종 중에 있음. [항체 양성을 ('18.10) : 소 97.6%, 번식돈 88.9%, 비육돈 70.8%.]
  - 백신 미접종형인 Asia1형은 발생빈도가 적으나 최근 인접국(러시아, 미얀마 등)에서 발생이 보고되고 있어 국내 유입가능성 대비 필요
  
- [방역 환경] 인접국의 지속적인 구제역 발생\*과 출입국자 증가\*\* 등으로 국내에도 상시 발생 위험요인 상존
  - 구제역 발생 ('16) 13개국/227건 → ('17) 20/150
  - '17년 출입국자 8천만명 ('15 대비 22% ↑)
  - 경제성과 생산성 중시 경향에 따른 밀식사육 등 축산업 구조와 방역이 연계되지 못하는 경우 축산업의 지속가능한 발전에 한계
  - 주변 발생국으로부터 외국인 체류와 농장 근로자의 취업
    - 국내 외국인 체류현황 (2017.12) : 한국계 중국인(27.20%), 중국 (17.78%), 베트남 (12.92%), 우즈베키스탄 (4.07%)
    - 농업 근로자 (2017.12)는 30,582 명 (전체 업종중 2.61%를 차지)
  
- [방역 제도] '10/'11년(구제역) 대규모 피해 이후 방역대책을 마련하면서 인프라 확충·제도 개선\* 등 '17/'18년 방역은 성공적이었다는 평가로 성과가 있었으나 매년 발생하는 등 방역 문제는 지속

- 구제역 백신 미실시 농가, 거점소독시설 설치 문제 등
- 정부 주도 방역으로는 예방에 한계가 있으며, 일부 방역주체의 방역의식 개선이  
지난하고 방역 활동이 미흡한 실정
  - 방역사각지대인 축사 임차인의 시설 부실, 미흡 등으로 방역관리 취약한 시설  
의 관리가 필요하고 소독시스템 효율화가 요구됨
- 생산자단체 등 관련 업계에서는 일시 이동중지 명령, 살처분 범위 확대 등 일부  
방역조치에 대한 불만 제기
  - 초동대응 (살처분지연, 이동중지명령 위반 등) 미흡으로 인한 구제역 전파 우  
려

### 3) 구제역 관련 연구개발의 문제점

- [국제공조] 주변국의 발생에 따라 발생 바이러스가 유입되어 질병 발생에  
대한 의존도가 매우 강함
  - 국제공조로 주변국과 연계하여 유행될 수 있는 바이러스를 예측하고, 사전에 예  
방하는 프로그램이 미약
  - 국제공동연구를 통해 상시발생주의 병원성과 확보 사용되고 있는 백신의 방어  
능 조사는 필요한 사항
- [진단연구] 구제역 진단 수준은 세계적인 수준이며 한국은 표준연구소로  
인정되었으나, 다른 국가에 비해 지리적인 여건상 유전자원의 확보 / 적용  
가능한 자원 사용 한계점이 존재
- [백신연구] 현재 시급한 돼지에서 소에 비해 낮은 백신 항체 양성을 형성  
및 그 백신 효과가 낮으며, 돼지접종 부위에서의 육아종 형성되고 있음
  - 한국은 늦게 백신 연구를 시작하였으므로 우선 선진국의 백신기술을 도입하고  
그 보다 빠르게 기존 기술을 극복하여 더 월등한 기술력을 위해 연구하는 것이  
바람직함
  - 고전적인 사고 방식보다는 구제역의 유입을 원천적으로 막는 방역에 대한 새로  
운 패러다임 구축이 필요한 실정

□ [기타] 이전에 겪었던 발생 경험을 바탕으로 구제역이 재발이 되지 않도록 새로운 도약이 필요함

- 구제역 발생 대비 예측 수리 모델 개발로 시행착오 감소
- 발생에 대한 실시간 모니터링 및 분석 체계 구축
- 발생 바이러스에 대한 백신 효과의 분석 통계 확보
- 위험도 높은 요소 (외국인 근로자)에 대한 현실적 대안마련
- 정부의존적인 농업 체계에서 농가의 자율방역 의식에 대한 홍보 강화 대책필요

#### 4) 구제역 지속적인 발생 방지와 원천적인 문제해결 방안

□ [자율방역] 농가 방역책임 강화, 제도개선 및 제반 연구

- 농가 책임 강화를 위한 심리적 보완 절차 연구
  - 살처분 보상금의 과도한 보상시 심리적 요소 분석
  - 방역관리 부실시 조치 강화에 시나리오 및 영향분석
  - 반복 발생농가 삼진아웃제 도입 제도의 심리적 요소
  - 시설이 미흡한 임대농장 등 점검 관리 강화에 대한 영향
- 방역제도 개선 등의 강화에 대한 과학적인 근거마련
  - SOP에 살처분 완료 시한설정, 거점시설관리 가이드라인 마련 연구
  - 주변 발생국에서 온 농장근로자의 관리체계 개선 및 강화 연구

□ [국제협력 및 공조] 한국은 2016년 OIE 구제역표준연구실(농림축산검역본부)로 인증되어 국제적 활동 자격은 갖추었으나, 주변국가 즉, 중국 등 발생 정보 및 유전자원 교류 등 폐쇄성으로 대외적인 활동이 매우 제한적임

- 중장기적으로 국제적인 인력풀을 양성하고 해외거점 전염병 방제기지를 만들어야 함
- 질병 특성상 국제행사 유치와 초청, 교육 등 주변국에 아낌없는 지원으로 주변국의 능동 참여 유도가 요구됨.

□ [예방백신 접종강화] 비교적 낮은 비육돈의 항체 양성을 수준을 80%이상으로 유지함이 필요

- 돼지에서의 백신접종을 강화 (위험시 3회 이상)
- 돼지 상시백신을 보강 접종하고 (A형 또는 필요시 Asia1형 백신),
- 비방어 가능성 백신 또는 비발생 유형 항원 비축 확대를 통한 방어 지난한 타입에 대한 발생 대비

□ [R&D 강화] 구제역 백신 국산화를 위한 국가주도 R&D 강화 필요

- 구제역 백신 국산화 (현재는 전량 수입제조)를 위해 구제역백신연구센터가 한시조직으로 신설('15.12.)되었음
- 백신주권 확보를 통해 구제역 발생유형에 맞는 효과적인 방역정책 추진과 기술자립화를 위해서 지속적 연구강화 필요

○ 가. 국내 사용가능한 구제역 백신주 개발

- 국내 분리주로 개발한 국내 특화된 백신이 다양한 구제역 바이러스가 발생하고 있는 상황에서 향후에도 계속 유효할지 예측이 어려운 상황으로,
- 지속적으로 주변국 발생 바이러스에 대한 백신종자 바이러스 개발

○ 나. 구제역 백신 후보 종자바이러스별 맞춤형 제조공정 개발

- 구제역 바이러스는 다양한 아형이 있어 감염력 및 안정성 등 특성이 상이하므로 각각의 종자바이러스별 백신제조공정 맞춤형설정이 필요하며,
- 개발된 백신제조 공정도 최신 기술 적용 등을 통해 지속적 개량 실시

○ 다. 구제역 백신 품질관리 및 평가기법 개발

- 국내 개발 구제역 백신에 대해 대상동물(소, 돼지 등)을 이용한 공격접종을 통한 효능 평가 기법, 방어 항체(중화항체) 측정 시험법과,
- 이를 대체할 수 있는 평가기법 개발
- 현재 구제역바이러스를 다룰 수 있는 BL-3 시설은 농림축산검역본부가 유일함

□ [백신 플랫폼 개발] 새로운 바이러스 발생에 대한 신속 대응이 가능한 백신 플랫폼개발

- 가. 국내 백신주 pool 구축
  - 새롭게 발생하는 바이러스 및 기존 바이러스를 모두 방어 할수 있도록 백신주 pool에서 필요시 선택하여 단독 또는 혼합접종 가능토록 함
- 나. 감염초기에 방어가 가능한 백신
  - 질병전파의 특성상 접종후 즉시 또는 1일 만에 방어가 가능한 백신
  - 강력한 면역형성 백신 (3일 이내 방어) 및 항바이러스제 개발 (0-3일 방어)의 병용으로 면역 공백기를 없앴
  - 다. 여러 경로로 접종 가능한 백신 (피내, 근육, 경구, 피하 등)
  - 목 근육 접종이 기본으로 되어 있으나 농장 상황에 따라 접종 부위 또는 용량, 1회 접종으로도 방어가 가능한 지속능 유지백신
- 라. 1회접종으로 6개월 이상 방어가 가능한 백신의 개발
  - 현재는 백신을 2-3회 이상 반복 접종하므로 1-2회만으로 항체 지속능이 접종후 1년 이상되는 백신으로 개발
- 마. 백신의 보존기간이 2년 이상인 안정한 백신
  - 보존기간이 2년 이상인 안정한 백신의 개발을 위해 백신 안정제 보존제의 개발
- 바. 돼지 등 모든 동물에 안전한 부작용 없는 백신
  - 돼지의 이상육의 형성 등이 거의 없는 모든 동물에 백신접종 후 부작용이 적은 안전한 백신으로 개발

□ [구제역의 조기검색 및 진단기술] 진단키트, 모니터링 등을 통해 단시간 진단으로 피해 범위 최소화

- 혈청형 확인이 가능한 간이 진단키트를 활용하여 진단시간을 단축 (6시간→15분), 질병 전파위험 차단
  - 현장 신속대응이 가능한 지역형, 유전형까지 분석 가능 타이핑 키트 개발
- 백신 접종시에도 낮은 량의 항원검출도 가능하고 유전자 증폭을 통해 바이러스 유래를 확인 가능하도록 민감한 방법으로 개선
  - 민감도 및 특이도 향상으로 완벽한 진단법 구축
- 감염항체인 NSP 항체 전국적인 모니터링시 백신 등에 의한 비특이 반응을 제거한 진양성 감별 기술도입

- 정확도 및 단시간 진단기술로 기법향상
- 발생 후 손쉬운 샘플 채취에 의한 혈청예찰수행으로 추가전파 예방
  - 손쉬운 혈액 채취 키트 개발을 통해 샘플 수 증대
- 지속적인 국제공동연구를 통해 바이러스 발생 모니터링
  - 동남아시아 지역 대부분의 국가가 참여하는 프로그램 개발
- 구제역바이러스의 진화/전파예측 프로그램 개발 또는 연계를 통한 신종바이러스로 변이 가능성 파악
  - 바이러스 정보를 통해 진화 또는 전파예측 가능 시스템 구축
- 타 축종 (돼지, 소, 사슴, 염소 등) 및 축종간 전파방지 모델개발
  - 소 또는 돼지 구제역을 막을 수 있는 바이러스 (바이러스량에 따라 전파양상이 달라짐) 전염방지 모델(기구) 개발

**□ [구제역 발생에 대비한 확산방지 기술] 신고체계 구축 및 예측 시스템 개발**

- 농가에 인식제고와 의심증상시 신고체계 구축 및 홍보
- 발생시 신속한 역학조사 및 추가발생 예측 시스템 구축
  - 농장의 질병관리 지표 분석관리
  - 살처분의 범위 및 방역 지표 설정
- 차량 및 사람의 이동 통제와 잠복기 (발생 2-14일전) 및 발생 후 추가 발생예측 기간 중 활동 모니터링 시스템 구축
- 효율적인 소독효과를 위한 절차와 조건 확립 등과 효율적인 농가 자율 방역 유도 방법 연구
  - 상시 소독 및 차단방역 절차 체계화

**□ [구제역 근절을 위한 미래 신기술 제안] 생백신, Universal 백신, 항바이러스제 등 구제역 근절을 위한 새로운 연구 필요**

- 새로운 유전학적인 기술을 통한 구제역 백신에 대한 획기적인 전기를 마련할 수 있는 생백신 기술
  - Save (Synthetic attenuated virus engineering) 기법을 통해 병원성이 약화된

생 백신주를 제작이 가능함.

- 구제역은 불활화 백신만을 사용하므로 단점이 많으며, 생백신의 장점을 활용하여 개발만 된다면 생백신의 장점이 구제역의 세계 근절이 가능하리라 생각됨 (JVI, 2016, 90(3), 1293-1310)

○ 구제역의 universal vaccine 개발

- 구제역의 경우는 아직 시도가 되고 있지 않으나 인플루엔자의 경우도 여러 종의 타입이 있으며, 최근 universal vaccine 연구가 이루어지고 있음
- 참고 ; 구제역바이러스는 VP4의 경우 공통항원성이 존재하며, 비구조 단백질의 경우도 혈청형에 상관없이 유사하므로 이러한 성질을 이용하여 미래에는 혈청형에 상관 없이 방어되는 공통항원성이 존재하는 백신개발도 가능하리라 생각됨

○ 구제역 발생시 즉시 사용 가능한 항바이러스제

- 구제역 발생시 살처분 및 백신 접종이 주요 방역 정책이나, 발생시 혈청형에 상관없이 방어 가능한 방법의 개발이 필요함
- 구제역바이러스의 경우 인터페론에 매우 민감하며, 세포내 인터페론 시그널을 자극하는 방법은 구제역바이러스에 대해서 가장 강력한 항바이러스 효과를 유도할 가능성이 있음.
- 현재는 인터페론, T1105, Ribavirin, Ad-IFNAR, AD-3siRNA 등이 연구되고 있음

○ 안전성이 우수하고 면역지속능이 우수한 비오일 백신 아쥬반트 개발

- 현재 사용중인 오일 아쥬반트를 대체할 수 있는 비오일 백신 아쥬반트의 개발

# 제 4 장 과학기술 기반 미래농업 발전전략

## 제 1 절 배경 및 필요성

### 1. 추진 배경

- [글로벌 기업들의 변화] 기업들은 어그테크를 새로운 혁신 성장동력으로 인지해 농업 분야의 IT화가 빠르게 진행 중
  - 글로벌 농업 기업들은 디지털 기업으로의 전환을 시도하고 있으며, 구글 등 글로벌 IT 기업들도 농업분야에서의 새로운 기회 모색
  - 어그테크(Agtech) 스타트업이 등장해 급속도로 성장
    - 투자유치 규모(억불) : 0.4('10) ⇨ 2.4('14) ⇨ 4.3('17)
  
- [농업 선진국의 적극 투자] 주요 농업 선진국들은 스마트팜을 중심으로 농업을 미래 성장 산업으로 인식, 관련 기술과 생태계 조성을 통해 적극 육성 중
  - 수년간 농업은 주요 산업 중 가장 디지털화되지 않은 산업으로 뒤쳐졌으나, 미국, 네덜란드 등의 농업 선도국을 중심으로 변화하기 시작함
  - 유럽의 경우, 'EIP-AGRI 프로젝트'를 통한 스마트팜 적극 육성, 일본은 스마트 농업 육성 적극 추진 중
  
- [국내 스마트팜 추진 성과] ICT 등 연관기술과의 융합 노력이 많지 않았으며, 영세한 산업 여건으로 민간의 R&D 국가 평균(최근 5년 2.6%)을 상회하는 지속적인 R&D 투자 확대(5.9%)로 농업 선진국과의 격차 축소
  - ('18년도 농림 R&D 투자) 농림부(2,198억원), 농진청(6,533억원), 산림청(1,093억원)

○ 한국형 보급형 스마트팜 표준모델 등 농가 수요기술 개발을 통한 **스마트팜의 보급 확산**

- 시설원에 405ha('14) ⇨ 4,010ha('17), 축산 23호('14) ⇨ 790호('17))
- 토마토 스마트팜 생산성 향상 모델 개발 및 딥러닝 기반 생육정보 측정 시스템 개발

○ 시설채소 재배 농가 환경제어시스템 보급 등 원예시설 현대화 및 축사 대상 ICT 융복합 시설장비 등 **축사시설 현대화 추진**

- 원예시설현대화 769억원 지원('14~'18년) 및 축사시설현대화 1,115억원 지원('14~'18년)

□ **[어그테크 생태계 조성 노력]** 품종 개량, 재배 기술 개발 등의 농업 생산 기술에 다양한 성과가 있었으며, 농식품 분야 펀드 조성, 규격화 추진 등의 어그테크 분야 기술사업화 생태계 조성

- 품종 개량 및 특작품종 개발, 열대 아열대 작물 도입 및 적응 재배기술 개발, 특수 목적견 복제생산 보급 등 다양한 성과
- 농식품 R&D 전문펀드 조성('14, 100억원), 신기술 인증제('14), ICT부품·기자재 규격화 추진 등 기술사업화 생태계 기반 조성

□ **[기술격차 및 인프라 취약]** 그러나, 국내 스마트팜 보급 면적은 증가 추세이나, 일부 선도 농가를 제외하면 대부분 단순·편이형이며 선도국과의 기술격차(4.5년)도 여전

- 전문 인력, 빅데이터, 산학연 네트워크 등 산업 기초 인프라도 취약
  - 강점분야인 ICT분야 기술격차는 1.3년이나 농림식품과학분야는 3.5년('18)

□ **[산업여건 미흡]** ICT 등 연관기술과의 융합 노력이 많지 않았으며, 영세한 산업 여건으로 민간의 R&D 투자는 타산업 분야에 비해 낮은 수준

- 농식품부, 농진청 융합 R&D 투자규모('16)는 전체 R&D 중 4.4%, 3.6% (전체평균 13.9%)

- 농식품 분야 민간 R&D 투자 비중 : 34.7% < 쏠분야 민간 R&D 투자 비중 : 75%

## 2. 필요성

- [전후방 산업 성장 필요] 생산 중심의 코어 농산업에서 전방 및 후방 농업으로의 확대해 농업의 부가가치를 높이고 신산업으로 발전시킬 필요성
  - 정밀농업·데이터농업 등 과학기술 기반 스마트농업 추진을 통해 농업로봇·드론 및 농생명 소재 등 농업 전후방 산업의 동반성장 추진
  - 농산업의 국가 GDP 비중이 급감하는 상황에서 전후방 산업을 포괄하는 농산업 외연 확대 및 과학기술 접목 시급
    - GDP '98. 15.1% → '17. 1.96%
- [생활 밀착형 R&D 필요] 농업 현안을 근원적으로 해결하기 위한 현장 밀착형 R&D 추진의 필요성
- [농업의 新혁신] 첨단 과학기술과 농업의 광범위한 융합 및 기술공개로 농업이 새로운 혁신성장동력으로 인식되고, 누구나 쉽게 농업에 참여할 수 있는 여건 조성
  - 우리 농업은 지속적 R&D 투자로 성과를 거뒀으나, ICT, BT 등 첨단기술과의 유기적 융합이 다소 미흡, 혁신과 개방을 위한 범부처 역량결집 필요
    - 농업 최고 선진국과의 기술격차 : 5.6년('14)→3.5년('18))
- [포용적 농업 구현] 데이터 기반 지능화·무인화·자동화로, 생산성·방식 혁신과 국민 누구나 참여 가능한 농업 추진 필요

### 3. 추진 목표

#### 1) 스마트팜을 통한 농업 혁신 선도

- [기술개발·융합] 지역·규모·품목 등에 맞도록 기존 기술 고도화·실증 및 AI, 무인·자동화 등 미래 스마트팜을 위한 차세대 원천기술개발 및 융합
  - 데이터 농업, 서비스 농업, 맞춤형 농업의 원천기술 개발 및 융합을 통해 미래농업을 견인하고 신산업 저변 확대
  
- [정책연계] 스마트팜 혁신밸리, 스마트축산 ICT 시범단지 등 관련 정책과 연계하여 연구개발부터 실증 및 보급까지 고려한 혁신 선도모델 확립
  - 농업과학기술의 발전이 현장기술 수요자나 국민생활 향상으로 이어지기 위해 오랜 실증과 현장적용을 위한 정책과 비용이 필요함
    - 스마트팜 혁신밸리 : 스마트팜 인력양성 및 기술실증단지 구축 등을 위해 전국 4개소 조성(~'22년)
    - 스마트축산 ICT 시범단지 : 스마트축사의 보급·확산을 위한 거점 기능수행을 위해 전국 3개소 조성(~'22년)

#### 2) 스마트농업으로 농업 혁신 확산

- [스마트파밍<sup>283</sup>] 농업위성·무인이동체 기반 작황평가, 연약 작물 소프트웨어 핸들링 로봇, 자율주행 트랙터 등 노지농업의 첨단화 추진
  - 일본 스마트 벼농사의 경우 농업위성(의사결정지원) 및 드론(수확품질 예측) 등

283) 스마트파밍 : ICT 등 첨단 과학기술을 접목하여 농작업의 자동화·지능화를 구현하는 생산기술

활용

- [스마트농업<sup>284</sup>] 블록체인, 플라즈마 등 첨단기술 융합을 통한 안전한 먹거리 유통·관리 및 전후방 농산업\*의 첨단화·고부가가치화 추진
  - 3D프린팅 식품, 천연물 농생명소재 개발 등 (후방) AI 기반 디지털 육종 등
- [현안해결형] 기상재해, 동식물 질병 등 농업이슈 해결형 R&D 추진을 통한 농업현안의 근원적 해결 및 국민 삶의 질 향상

### 3) 지속 가능한 미래농업 혁신 생태계 조성

- [인력양성·저변확대] 스마트팜, 스마트농업 등 분야별 전문가 양성 및 오픈소스 기반 국민참여형(인식개선 등) 농업 저변확대
- [인프라 구축] 클라우드, 빅데이터 플랫폼 등 스마트농업을 위한 D·N·A(Data·Network·AI) 인프라 구축과 신산업 창출을 위한 농식품 벤처펀드 조성 등 지원
- [수출지원] 원물, 플랜트 수출과 더불어 종자-비료-농약-농기계-식품 등 전후방 통합 솔루션 수출을 위한 ‘패키지형 수출전략’ 추진

284) 스마트농업 : 종자부터 생산·유통·소비까지 농업 전후방 산업을 포괄하는 과학기술 기반 융복합 농업

## 제 2 절 과학기술기반 혁신과제

### 1. 미래농업 원천기술 확보

- 미래농업 분야의 R&D를 통해 농업 생산의 기술적 한계를 극복하고, 고질적 농업문제를 통제 가능한 영역으로 변환시키는 전략이 필요
- 미래 먹거리 확보를 위해 **미래농업 분야의 원천기술 확보** 필요

#### 1) 자율형 통합제어 기술개발

- **[개발방향]** 센서, 통신, 제어, Big data 등을 이용하여 농업생산 전체를 관리할 수 있는 종합적인 통합제어 플랫폼 기술 개발 필요
  - 작물의 생육 정보 센싱과 같은 농작물관리와 농작업에 따른 작업환경 및 수확량 정보와 같은 농기계 관리를 종합적으로 수행하는 기술
  - 클라우드 컴퓨팅 기반으로 농작업 정보(Big data)를 수집하여 농업기계를 진단, 관리함으로써 농기계 및 농작물의 종합적인 관리 수행
- **[계획]** 빅데이터 플랫폼 및 인공지능 기반 자율 통합제어 플랫폼 개발을 통한 작물·가축의 최적 생산관리 구현
  - 온실/축사의 복합환경제어, 작업기계·시스템 제어, 양액제어의 지능형 제어 구현
  - 통합 DB, 플랫폼, 클라우드 등의 구축 연계를 통해 다양한 서비스 모색 가능
- ① **농기계 정보 및 작업정보를 이용한 다양한 서비스 제공**
  - 농기계 운행 및 작업 정보를 이용하여 고효율 작업관리 시스템 개발
    - 작업 관리 : 작업지역 위치 정보 제공, 농업기계의 작업 상태 정보 실시간 제공
    - 작업 효율 향상 : 포장 환경에 따라 최적 경로 및 작업 속도 제공

- 농업생산성 향상 : 작업환경 조건 제공 및 비료, 시비 등 최적량 제공
- 중고 농기계 유통 : 중고 농기계 사용 및 사고 이력 등 유통 서비스 제공

## ② 농작물 종합관리 플랫폼 개발

- 농기계 및 농작물 등 농업 전체를 관리하는 통합 시스템 개발
  - 농기계 관리 : 위치, 상태, 정비 계획, 자동 조향, 작업기 제어, 차량 동기화 등
  - 농작물 관리 : 작업지 센싱, 수확량 및 영양성분 모니터링, 거름 시비 자동조절, 농업 경영 관리 시스템, 작업지 Mapping 등
  - 종합 관리 : 농기계, 농장, 농작물, 생산관리 등 종합적인 관리 수행
- 주변 농업기계 간 호출로 작업 유무 및 장애물 정보 제공
- 도난방지 및 E-call(전복사고) 제공으로 위험 발생 시 사용자 호출

## ③ 농업용 정보수집 기술

- 농업 생산에서부터 판매까지의 전 과정에 대한 데이터를 센싱하고 정보를 수집하는 하드웨어 통합 플랫폼을 구축하여 모든 데이터를 저장하고 이를 체계화하는 기술 개발
  - 농업 생산부터 판매까지 전 과정에서 농작물과 농기계 두 가지에 대한 정보를 동시에 수집하는 시스템 구축

## ④ 농업용 통합정보 DB 구축

- 각종 센서에서 수집된 데이터를 이용하여 외부 DB에 수집된 정보를 저장할 수 있도록 구성
- 축적된 DB를 이용하여 개발자들의 손쉬운 데이터 접근을 위한 인터페이스 표준화 기술 적용 필요
- 외부 DB 구축 및 데이터의 영속성 보장을 위한 지속적 유지보수 방안 마련
- 농업용 통합정보 DB의 표준화, 통합관리 및 공유
  - 농업용 정보 DB 공개목록을 확정하고, 데이터를 지역별, 영역별로 최대한 공개함으로써 데이터 활용을 최대화하여 부가가치 창출을 극대화

## ⑤ 클라우드 기반 플랫폼 구축

- 센서·환경제어기 기업 제품 등으로부터 수집되는 정보를 취합하여 개별 온실 농가에 재배컨설팅 등의 서비스를 제공하는 클라우드 플랫폼
- 체감할 수 있는 서비스 제공으로 더 많은 정보가 집적되고, 이는 더 정밀한 서비스(인공지능 기반)로 연결되는 선순환 구조 창출

**<클라우드 플랫폼 구축(안)<sup>285)</sup>>**

- 클라우드 기반 빅데이터 플랫폼 구축(DB Layer), 인공지능 분석 SW 개발 (Analytics Layer) 및 서비스 SW 개발(Service Layer) 추진
- 클라우드 기반 농가 컨설팅 서비스를 통해 농가 참여를 증가시키고 AI, 로봇 등의 더 정밀한 서비스로 연결해 서비스 확대

<그림 4-1. 클라우드 플랫폼 구축(안)<sup>286)</sup>>

**2) 무인·자동화 기술 개발**

285) 영화 '마션'처럼... 화성에서 정말 농사지을 수 있을까?, 조선위클리비즈, 2018.6.2

286) NASA

□ [개발방향] 농작물의 수확 전 생산관리와 수확 후 저장에서부터 유통까지 전체 농업에 적용 가능한 지능형 무인자동화 로봇 기술 개발 필요

- 농업인의 여성화 및 고령화에 대한 대안으로 무인 자동화 로봇을 개발하여 인력 대체가 가능하며, 작업 시 발생 하는 노동력 및 시간을 줄일 수 있고 정확도 향상 가능
- 무인자동화 로봇 기술 개발을 통하여 자율주행 농기계를 이용한 농작업, 무인비행체를 이용한 비료 및 농약 살포, 잡초 제거 등이 가능하며, 이를 통해 고효율 농작업 실현 가능

① 농업용 로봇을 활용한 농작물 품질 판단 시스템

- 클라우드 플랫폼 기반의 지능형 품질 판단 시스템 개발

② 농업용 로봇을 활용한 지능형 작물생산 플랫폼 개발

- 센서 네트워크나 드론과 결합하여 데이터 실시간 분석 및 작업 수행
  - 분석데이터를 이용하여 최적 경로 설정, 중복작업 배제 등 지능형 농작업 수행
  - 농작물의 환경을 센싱을 통해 수확 시기 추천 시스템 개발

③ 농업용 로봇을 활용한 지능형 잡초제거 시스템

- 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 실시간 이미지 처리를 통해 잡초제거 시스템 개발
  - 제초제를 필요에 따라 한정된 지역에만 살포하는 지능형 제초제 살포 시스템

④ 농업용 무인비행체 기술

- 드론을 활용한 국소방제 시스템 개발
  - 작물 병해충 감지시스템 및 농약 선택적 살포 시스템 개발, GPS기반 선택적 살포 제어시스템 개발

3) 에너지 순환 및 이용 기술 개발

□ [개발방향] 기후변화에 대응한 안정적 식량 공급, 안전한 농산물 생산, 녹색기술과의 접목 등 다양한 목적과 함께 자원 효율의 극대화를 위한 에너지 순환 및 활용 기술 개발

- 온실가스 감축과 기후변화 문제에 창조적으로 대응하기 위해 신재생에너지와 같은 미래선도형 온실가스 저감기술
- 식물공장과 같은 작물의 생산성 기술과 접목

① 에너지 절감 또는 에너지 자립형 기술 개발

- 저전력 고효율 신광원 개발 및 이용 기술
- 태양광 집광/산란 광조사 기술 이용 에너지 절감 기술
- 멀티 신재생에너지 기술을 이용한 에너지 자립형 기술

② 고부가가치 작물의 안정 생산 기술 개발

- 고부가가치 작물의 파종에서 수확까지 재배 전 과정의 자동화 생산 시스템 구축
- 재배 작물의 단위면적당 생산성 향상 및 표준물질 증대 기술

③ 도시농업 및 우주농업 연계 활용기술 개발

- 도시의 폐수 및 폐자원 활용 작물 재배 기술
- 저압의 우주 환경조건에서의 작물 재배 기술

④ 에너지팜 기술 개발

- 신재생에너지 사용과 정밀 복합환경제어를 통한 에너지 저감형 스마트팜인 에너지팜 기술 개발

#### 4) 우주농업

□ [배경] 기후문제를 대비하고 극한 지역의 농법을 개발해 미래 식량에 대비하고, 초기 개발단계임을 고려해 기술 선점시 우위를 점하고 세계적으로 미래농업을 선도할 수 있는 기술력 확보

○ 미세먼지, 지구온난화 등 기후문제에 대비한 환경문제를 극복할 수 있으며, 우주 농법과 유사한 수경재배 방법은 도시농업에서도 적용 가능

□ [개발방향] 우주와 같은 미중력 극한 환경에서 가능한 농법에 대해 개발하고 도시농업 등으로 연계할 수 있는 기술 개발

○ 우주 환경에서와 같은 극한 환경을 제어해 작물 개발이 가능한 기술 개발을 통해 식물공장, 도시 농업 등으로 적용

##### ① 우주 환경 내 작물 재배 기술

○ 극미 중력환경에서의 배양 기술

○ 배지 내 영양소 첨가 기술

○ 질소 비료 등의

○ LED 활용 기술

##### ② 우주에서 대체 가능한 신물질 개발 기술

○ 우주 환경에서 필요한 식품 기술

○ 우주 식품 공급 기술

##### ③ 도시농업 연계 기술

○ 우주 환경을 재현하고 도시에서도 가능한 재배 기술

### <(우주농업 사례) 미국의 NASA<sup>287)</sup>>

- 랄프 프리체(Raltsche) NASA 식품생산 프로젝트 매니저는 화성 탐사 같은 장시간 우주비행에서 우주 비행사들이 먹을 신선한 식량을 공급하는 프로그램을 개발하고 있음
  - 그가 주력하는 분야는 '우주 농업'이며 현재 케네디 센터에는 15여명의 원예 전문가, 미생물학자, 식물학자 등이 대학이나 연구소 등과 협력해 우주에서 효과적으로 식물을 기르고 농작물을 재배하는 방법을 연구 중
  - 프리체 매니저에 따르면, 국제우주정거장은 지구에서 가까워 식량 조달에 문제가 없지만, 지구에서 화성까지 오가는 데 걸리는 시간은 최소 3년이나 걸리며, 지구에서 화성까지 식량을 싣고 간다고 가정한다면, 1년 동안 우주 비행사 한 명을 먹이는 데 드는 비용이 10억 달러에 이를 것으로 추정됨
  - 가공식품과 알약 형태의 비타민은 금방 영양분이 손실되기 때문에 신선한 채소를 우주선에서 직접 조달할 수 있어야 하기 때문에 먼 미래에 화성 토양에서 농사를 짓는 것이 목표
  
- 지구 330~400km 상공을 도는 국제우주정거장에서는 채소 재배 실험이 한창 진행중이며, 우주정거장에 체류 중인 연구원들은 채소 재배 기계 '베지(Veggie)'를 사용해 2017년 10월 로메인 상추와 양배추, 경수채 등 3가지 채소를 동시에 키우는 데 성공함
  - 채소를 기르는 방법은 수경재배와 유사한데(수경재배는 토양을 이용하지 않고 물과 수용성 영양분으로 만든 배양액 속에서 식물을 키우는 방법), 우주정거장 채소 재배에는 태양 광선 대신 햇빛과 비슷한 효과를 내는 LED 조명을 활용

<그림 4-2. NASA에서 화성의 흙을 본뜬 토양에 영양소를 첨가해 식물 키우는 실험 중<sup>288)</sup>>

287) 영화 '마션'처럼... 화성에서 정말 농사지을 수 있을까?, 조선위클리비즈, 2018.6.2  
288) NASA

### <(도시농업 사례) 미국의 NASA<sup>289)</sup>>

- 도쿄의 “파소나오투(Pasona O2)” 건물은 대표적 사례이며, 2005년부터 도쿄 도심지에 LED 등의 인공광원을 이용하여, 벼, 상추, 양상추 등의 작물을 수경재배 방식으로 재배하고 있음
- 최근에는 식물공장의 상업화가 본격화되고 도시바, 파나소닉과 같은 기업으로 참여가 확대되어가는 추세임

#### <그림 4-3. 파소나오투(Pasona O2 빌딩<sup>290)</sup>>

- 싱가포르의 스카이그린 (Sky Greens)의 경우, 싱가포르의 지리적 특징인 부족한 재배 경작지의 대안으로 수직농장을 채택하여 운영하고 있음

#### <그림 4-4. 싱가포르 Sky Greens 수직농장<sup>291)</sup>>

- 미국 팜드이어(FarmedHere)사의 경우 전통적인 농업방식보다 면적당 수익률이 약 20배 달하는 것으로 알려진 수직농장을 보유 운영하고 있음

#### <그림 4-5. 미국 팜드이어(FarmedHere)사 고층 수직농장<sup>292)</sup>>

## 2. 혁신 거점 인프라 구축

## □ [혁신거점 구축] 미래농업 기술개발 및 인력양성의 핵심거점 조성을 위해 한국형 'K-어그텍 센터' 설립

- 해외 시설원에 선도국들은 핵심거점 조성을 위한 기존 어그텍 연구/교육 인프라 및 특화분야를 연계해 지역거점 체계를 구축하고 있음
  - 네덜란드의 경우, 어그텍 분야의 선도적 혁신 센터인 World Horti Center를 운영해 지역 거점 기관을 통해 어그텍 분야의 교육 및 인재양성을 추진
  - 영국의 농업혁신센터(Centres for Agricultural Innovation)의 경우, 4개의 센터를 잇는 혁신센터로 농업 분야에 걸쳐 산학관의 격차해소를 위해 콜라보 모델이며, 다양한 기술을 개발할 수 있도록 지원해 정밀농업 성장을 주도하고 있음
- 국내의 경우 지역별로 어그텍 연구가 진행되고 있으며, 이를 활용한 지역 거점의 어그텍 혁신센터 구축 시, 지역별 테스트 베드 운영이 가능하며, 융합연구 및 인재양성이 가능한 생태계 조성 가능
- 또한 국내의 경우 대학 및 공공연에서 어그텍 분야의 기술개발 성과를 꾸준히 내고 있으며 연구단별 다양한 분야의 기술개발을 진행 중
  - SFS 융합연구단 : 생육정보, 환경제어, 에너지, 작업 등의 통합솔루션
  - 경상대ARC 센터 : 축산 및 작물 다양화 기술 개발
  - 농진청 시설원예연구소 : 실증기술 개발
  - 한국식품연구원 : 작물기반 개인 맞춤형 식품 개발

## □ [관련부처 협력] 농식품부-과기정통부-농진청-중기부와의 상호 협력을 통해 혁신거점 인프라를 구축하고 미래농업에 대비한 핵심인재 양성 체계를 구축하는 종합 대책 마련

289) 영화 '마션'처럼... 화성에서 정말 농사지을 수 있을까?, 조선위클리비즈, 2018.6.2

290) 파소나오투 홈페이지

291) 출처: Sky Greens 홈페이지

292) FarmedHere사 홈페이지

- 관련 부처 협력을 통한 과학기술기반 ‘K-어그텍’ 혁신연구 및 인력양성 체계 구축

<그림 4-6. 과학기술기반 ‘K-어그텍’ 혁신연구 및 인력양성 체계>

- [혁신인재] 또한, 혁신거점 내 AI, 빅데이터, 유전자 가위 등 미래농업 융합 기술 전문가, 현장 실무 전문가, 농산업 컨설턴트 등 **新직업군 육성**을 위한 개방형(대학-출연(연) 연계 등) 교육 프로그램 도입 추진
  - 해외 선도국의 경우 대학 및 연구소에 연계해 어그텍 분야의 인력양성을 위한 교육 프로그램을 운영하고 있음
    - 네덜란드의 경우, World Horti Center 내 대학 과정의 교육 프로그램을 운영하고 있으며, 개인 및 기업 대상의 어그텍 연구 및 비즈니스 측면의 교육을 받을 수 있도록 다양한 프로그램을 운영
    - 영국의 경우, 대학을 연계한 농업 공학 정밀 혁신센터를 설립해 대학교 내 교육기관 및 연구시설을 활용한 허브를 구축하였으며, 대학, 연구소 등이 융합해 어그텍 분야의 교육 프로그램을 진행함
  - 국내의 경우 농림축산식품부의 ‘농림축산식품연구센터지원사업(ARC)’의 과제 중

하나인 ‘스마트팜 연구센터’는 스마트팜 분야의 유일한 전문인력 양성 프로그램이 운영되고 있음

- 스마트팜 확산을 위한 축산, 시설원에 분야의 첨단 시설 및 자동화 기술 등 실용화 핵심기술과 관련된 전문인력을 양성하기 위한 사업임<sup>293)</sup>

○ 그러나 국내의 경우 스마트팜에만 국한된 인력 양성을 추진하고 있으며, 미래농업 분야를 전문적으로 양성하는 기관 또는 통합 센터가 없고 프로젝트로 운영되는 융합연구단 형태로 기술 개발을 하고 있음

○ 따라서 국내에서도 첨단과학 융합형 어그테크에 맞춤형된 전문 Agtech 교육체계가 필요하며, K-어그텍 센터 설립을 통해 대학-연구소-실증팜을 연계해 어그텍 분야의 중복연구방지 및 효율적인 교육체계 수립 필요

○ 지역 거점의 출연연 및 연구기관의 통합 관리 및 운영, 교육 프로그램 학사체계 관리를 통해 어그텍 분야의 新인재양성이 가능한 모델 구성

<그림 4-7. K-어그텍 센터 구성>

### 3. 산업부 주도의 농업 외연 확대

□ [농산업 외연확대] 좁은 국내 시장을 탈피, 수출 지향적인 사업 육성

293) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 정책연구 2018-10

## 을 위해 산업부 주도의 전방 및 후방 산업 활성화

- 농산물 수출 규모 : 한국(44억불) vs 네덜란드(801억불)

### <그림. 농산업 가치사슬>

- (기존) 농업 생산 위주의 정책이 다수이며, 후방농업에 대한 범부처 차원의 지원 정책사업 미비
- (제언) 범부처 차원의 농업 전후방산업 육성 지원으로 미래농업 구현의 핵심기술 확보 및 미래 산업군 개발
- (효과) 바이오 신소재, 신의약품 등의 전방산업에서, 농업 로봇, 종자 등의 후방 산업까지 스마트농업 핵심기술 선진화 및 해외 테스트베드를 통한 기술 수출 확대
  
- 전방산업
  - (바이오 신소재) 전통 천연물 기반 신소재를 포함, 농업 원물을 활용, 기능성 식품, 의약·화장품, 바이오 플라스틱, 바이오 폴리머 등 개발
  - (식물유래 육류 등) 식물 단백질 재조합 기술을 활용, 메디컬푸드, 식물성 고기, 3D 프린팅 식품, 콜레스테롤 제로 육류 등 식품 산업 육성
  
- 후방산업
  - (농기계) 연약 작물 소프트핸들링 로봇 설계 및 제어 기술, 농작업 보조용 입는(wearable)로봇 기술 및 농업용 '협업로봇' 개발 추진
  - (작물보호제) 가뭄저항성, 병해충방제 등 인공지능 결합 생명공학기술 등을 활용, 블록버스터급 신작물보호제 개발 추진
  - (종자) ICT기반 작물품종 선발·분석 등 디지털 육종 기술을 통해 천연물 종자 경쟁력 강화 및 우량 신품종 종자 조기 개발 추진

## 1) 신산업 창출을 위한 인프라 강화

- 산학연 공동 미래농업 신산업 협의회를 구성, 표준화 벤처지원 등의 규제·제도 개선과제 발굴을 위한 거점 지정
  - (협업체) 산학연 공동 미래농업 신산업 협의회를 구성, BM 및 범부처 플래그십 프로젝트, 규제·제도 개선과제 발굴
    - (예시) 신기술 도입·활용 농가에 대한 행·재정적 지원 강화(보험료 인하 등) 검토
  - (표준화) 스마트팜 기자재 국가표준 제정을 통한 장비 간 호환성 확보 및 유지관리 효율화로 기자재 시장 조성('19)
    - 스마트팜 기자재의 높은 외산 의존도, 초기 설치비용 부담, 사후 관리 체계 미흡 등 근본적인 문제 해결을 위해서는 국가차원의 종합·체계적인 표준화·인증체계가 필요
    - 스마트팜을 위한 ICT 기자재, 융합 플랫폼, 통신·서비스 표준화 및 국산화를 통한 농축산 기자재산업 육성, 온실·축사 기술의 표준화 및 인증기반 확보 등을 추진
  - (실증 인프라) 혁신거점을 통한 개방형 어그텍 신기술 실증 인프라 제공
    - 신기술 실증 인프라 개방을 통한 신기술 사업화 촉진 및 신기술 성능 인증
  - (벤처지원) 영세 창업·벤처기업의 기술사업화를 위한 R&D 바우처 지원 및 농식품 벤처펀드(125억원) 확대 추진('19)
    - 기존 창업농 지원 중심의 농업 스타트업 육성과 함께 첨단 기술 중심의 '어그테크(Agtech) 스타트업' 지원
    - 기술력 중심의 신용평가(비재무평가), 농지장기임대, 기술실증 등 지원

## 2) 패키지형 수출 확대 지원

- [수출 확대의 필요성] 내수시장이 감소하고 있는 국내 농업의 문제 해결을 위해 해외시장 개척과 수출활로 모색이 절실
  - 미국, 호주 등 압도적으로 유리한 농업환경을 가진 조방농업국가를 제외하면, 집약농업국가들은 농업의 산업적 경쟁력과 적정규모를 확보하는 유일한 방안은 농업분야의 수출 확대임
  - 국내의 경우 경지면적, 고령화, FTA 등의 농업기반이 축소되고 내수 시장이 위축
  
- [패키지형 수출전략의 필요성] 농업투입재 분야의 기술수출 플랫폼 구축이 필요하며, 수출시에도 패키지형 농업기술 수출 지원의 필요
  - 농업은 개별기업이 아닌 종자-비료-농약-농기계-농자재-식품기술 등 전후방 농업 통합 패키지로 이전되는 특성을 가지고 있음
    - (제품 간 높은 상보성) 종자, 농기계, 농자재, 농약, 비료 간 상보성이 강해서 연계구매하는 경우가 많음
    - 특정 종자를 구매하면 특정 농약을 구매하게 되거나, 특정회사 농기계를 구매하면 동일회사의 부착기를 구매하는 등 상보성이 높음
  - (집약농업국가의 수출 필요) 네덜란드, 덴마크, 대한민국 등과 같은 집약농업국가들은 농업의 산업적 경쟁력과 규모를 확보하기 위한 수단으로 수출이 필수적
  - 종자 및 농기계/농자재 분야는 현지 환경적응성을 기반으로 한 패키지 진출이 필수
    - 수출용 품종·종자 개발 (해외 적응성시험 확대 등), 수출대상국 맞춤형 패키지 상품 개발, 수출국 맞춤형 마케팅 지원 등 지원 필요<sup>294)</sup>

### 3) 해외 테스트베드 구축

- [테스트베드 구축사업의 필요성] 농업 내수시장 한계로 수출시장 개척이 시급하며, 효과적인 농업기술(품종, 농자재) 수출을 위해서는 해외 테스트베드(실증) 사업이 필수적임
- 농업기술 수출을 위한 초기 단계로서, 수요국 농산업·환경에 맞는 적응성 평가, 성능 검증, 현지화 등을 통한 우리 기술(제품)의 수출지원이 필요
- 농산업체 대부분이 경험, 네트워크, 자본 등이 부족하여 우수기술·제품을 보유하고도 자체적으로 실증테스트·수출을 추진하기에 어려움을 겪고 있음
  - 일부 농산업체가 동남아·개도국 등에서 현지 농장과 농자재의 효율성 검증 및 현지화를 위한 기업별 시범포를 운영 중에 있으나, 산발적·비효율적으로 진행
- 농약, 종자, 농자재, 농기계 등은 현지 인증절차가 까다롭고 공인시험성적을 요구하는 등 개별기업 차원에서 대응하기에는 한계와 비효율성이 있어서 테스트베드를 통한 경험, 노하우 공유와 공동대응 필요성이 높음

#### <그림 4-8. 수출 플랫폼 실증의 필요성>

- 이에 수출유망 국내 우수 농업기술·농자재의 해외 테스트베드 운영을 통한 검증(실증)과 현지화를 추진하여 해외 기술이전 확대 및 농산업체의 수출시장 개척 지원이 시급

□ [해외 테스트베드 사례] 해외에서는 테스트베드 운영을 통해 기술개발 활성화 및 시장 확대 추진 중

- (EU) 유럽연방(2010~2015)은 전국적인 ‘유기농 시범농장(전역 200개소)’ 운영시스템을 통한 신기술 확산과 체험농업 교육을 실시하고 있으며, 각 시범농장은 지역 대학과 연계하여 기술적 자문과 실증관리를 통한 산학연 시스템을 운영
- (미국) 미국(2012~2015)은 일반농업과 친환경 농업의 수량, 병충해 제어, 토양 비옥도, 소득 등에 대해 비교분석하는 시범농장이 각 지역별로 설치·운영되고 있어 젊은 세대에게 친환경 농업 교육을 제공하고, 지역 농산업의 브랜드화 등을 특화시킴
  - Monsanto, Dupont, Syngenta, Bayer 등 글로벌 농업기업들이 현지 실증시험, R&D 지원, 기술지원 등을 목적으로 테스트베드를 활용하고 있으며, 기업들은 판매금액의 일부를 INBIO에 투자하는 대신 파라과이의 수요자들은 INBIO의 테스트베드를 통해 기업들의 제품을 구매하게 됨으로써 상생하는 시스템 구축
- (동남아) 동남아지역 시범농장은 ODA 및 무상원조 등을 기반으로 생산·기반시설 투자에 집중되어 왔으나, 최근 국가정책 혹은 외국자본 주도의 대규모 농장(고무, 야자, 벼, 옥수수 등) 맞춤형 농기자재(비료, 농약, 기계 등)를 중심으로 신설·운영됨
- (중국) 중국은 국가 주도의 시범농장을 지정하고, 국내외 개발된 신품종·농자재 등을 실증하여 검증된 제품과 기술을 전국적으로 확산시키는 농업기술 보급체계를 운영
- (파라과이) 파라과이에는 비영리단체인 INBIO(Instituto de BIOTecnología agricultura)가 글로벌 농업기업의 남미 시장 진출을 위한 현지 테스트베드를 설치·운영

<그림 4-9. 파라과이 INBIO의 테스트베드 사례<sup>295)</sup>>

- 또한, 국내의 공공주도 테스트 베드를 활용한 우수사례 도출되고 있어, 조속한 확장 및 국내업체의 공동 활용을 위한 기반마련 필요성이 점차 증대<sup>296)</sup>
  - 농업실용화재단은 농자재 수출지원을 위하여 북대황그룹 시범농장(2015년)을 운영하여 국내 3개사 7제품의 현지실증을 추진하였으며, 완효성 비료 등의 우수한 성과를 인정받아 수출계약 및 합자공장 설립운영 등을 논의하고 있음
  - 국내육성 우수품종의 해외보급 및 로열티 창출체계 구축을 위하여 11개국 38품종의 적응성 시험재배를 추진 중에 있으며, '15년 최초의 로열티 수입(중국, 2품종)을 확보
  - 베트남 호치민 농업하이테크파크와 협력하여 4작물 13품종을 공동으로 시험재배 수행 중
  - 베트남 달랏의 경우 한국인이 운영하는 농장에 현지 테스트베드를 구축하여 GSP 사업 성과물의 성과를 테스트하고 있음<sup>297)</sup>

295) 바이오경제시대 과학기술정책의제 연구사업 “농업과학기술이 주도하는 선진통상농업 구현전략, 이주량(2017)

296) 농업기술실용화재단

297) 웰컴투달랏 농장

□ [해외 테스트베드의 기능과 역할] 해외 테스트베드를 통해 국내 농업 기술의 홍보, 실증시험 기능 수행 및 수출행정 지원

- 현지시연 기능을 통해 신품종, 비료, 농약, 농기계, 관수자재 등이 기존의 관행 제품보다 기능 및 효과 측면에서 우월성이 있는지를 홍보
- 지역적응성 시험과 현지 등록을 위한 시험장으로 실증시험 기능 수행
- 국내 수출기업이 수출 대상국에 대한 정보 획득 및 수출 업무를 수행하기 위한 각종 프로세스에 대한 종합 컨설팅 업무를 포함하는 수출행정 지원
  
- (현지시연 : Show Case) 신품종, 농약, 비료, 농기계, 재배설비/자재 등이 기존의 관행적 제품보다 우월성이 있는지 농민의 가까이에서 시연해 주고 결과를 확인시켜 줌으로써 제품 선택의 확신을 부여. 농민(농기업)은 신규제품선택에 지극히 보수적이며, 완전한 확신이 있기 전에는 선택에 소극적
  
- (실증시험 : R&D Platform) 신품종, 농약, 비료, 농기계/자재 등은 해외는 물론이고 국내지역 간에서도 풍토와 기후, 기질, 토양이 상이하여 특정지역에서 우수한 성능이 타 지역에서도 발현되는 것은 아니기 때문에 해당지역에서 최적의 성능을 발휘하기 위해서는 지역적응성 시험과 이에 기초한 R&D를 통해 제품개선을 시행
  
- (수출행정지원) 현지시연과 실증시험 이외에도 수요국 농산업/환경에 맞는 적응성 평가, 성능검증, 현지인증 획득, 현지화정보 제공, 수출전문 인력 교육, 국내 농업제품의 인지도제고, 브랜드 확립 등 다양한 유무형의 기능이 가능

<표 4-1. 해외 테스트베드의 기능과 역할(298)>

□ [세계 시장 진출 모색] 해외 거점 테스트베드 구축을 통해 한국형 농업기술과 글로벌 테스트베드로 세계시장 진출

- 해외 테스트베드를 통해 기업의 수출 활로를 마련함으로써 해외 진출의 기회를 확대하고 수출 농업 지원
  - 국내기업 투자 리스크 감소로 안정적 사업 기반 제공
  - 해외진출 기반을 제공하여 투자비용의 획기적 경감 달성
  - 농업분야 신사업 발굴
  - 포화된 내수시장 극복을 위한 수출전략 수립
  
- 농업 R&D(연구개발) 성과가 기업매출 성장과 고용창출로 연계되도록 해외 테스트베드를 통한 시장 개척과 가치사슬 통합 이루어져야함
  - 인력 양성, 적정기술, 현지교육 및 마케팅 등을 통해 궁극적으로 농업기술과 제품의 수출 확대, 지속가능한 글로벌 농업경영 달성
  - 해외 청년창업 인턴 등을 통해 우수인력을 확보하고 지역 경제 활성화 도모
  
- 정책-현장-R&D 연계 수출거점 확보 및 현지 테스트베드 구축
  - 해외환경에 최적화된 적정기술을 상품화하여 서비스 R&D 산업을 선도
  - 종자분야를 중심으로 농약, 농기계, 농자재 등 패키지 수출 및 기술서비스 기업을 육성
  - 수요대응 방식을 통한 수출시장의 타당성을 검증하고, 수출형 테스트베드 구축을 통한 현지시연 및 실증시험을 수행하여 농업수출 확대에 기여
  - 수출형 테스트베드는 연구개발(R&D)사업 성과를 검증·개선·확대하는 출구채널로서, 현지시연 및 실증시험의 기능을 수행하여 수출촉진의 실질적 기반 역할 수행
  - 수요국 농산업/환경에 맞는 수출 행정 지원 방안을 발굴하여 해외 테스트베드와 연계한 종합지원가능 체계 구축
  - 해당 기술의 안정적 수출 확대를 위한 현지 인증 획득지원, 현지 적정기술 개발 및 수요조사 등 현지화 정보제공, 수출 전문 인력 양성 및 브랜드 기업 육성 등 지원

<표 4-10. 해외 테스트베드의 정부와 민간의 역할<sup>299)</sup>>

## 4. 정책 협업을 통한 미래농업 육성

### 1) 부처간 협력을 통한 미래농업 육성

- [부처간 협력] 미래농업 육성을 위한 관계부처의 R&D 역량 결집 필요
  - 기존 국정과제를 이행하고 상위정책 연계 차원에서의 관계부처 협력을 통한 R&D 역량 결집 필요
  - 특히 농림부 주관의 농업 정책 기조 확대에서 과기부의 농업 기술 R&D 정책 협력을 통해 미래 농업 분야의 획기적인 육성 방안 모색
  
- 소프트웨어·사물인터넷(IoT)·제조업 등 다양한 분야에서 스마트농업의 새로운 시장을 창출, 관련 산업이 함께 발전할 수 있도록 범부처 협력 필요
  - 경제·산업 등 전 영역에 걸쳐 4차 산업혁명 대응태세를 강화하고 있으며 시장개방 확대로 생산성 중심 경제로 전환 예정
  - 4차 산업혁명 관련 미래성장동력 핵심 선도사업으로 스마트팜 등 8개 분야를 선정하여 R&D 예산·세제·데이터·인력 등 집중 지원
  - 4차 산업혁명 대응을 위해 <기술-산업-R&D-제도>를 패키지 사업군으로 구성하여 종합적으로 지원하기 위한 정책방향 제시

<표 4-2. 정부 R&D 투자 혁신방안 8대 선도 사업>

□ [정책 추진 현황] 스마트 농업 분야의 4차 산업혁명 대응 추진계획을 수립해 미래형 신산업 육성 중

- 대통령 직속 ‘4차 산업혁명위원회’를 신설하고 범부처 4차 산업혁명 대응 추진계획을 수립해 주력산업 경쟁력 제고, 제조-ICT-서비스 융합, 리쇼어링 등 미래형 신산업 육성 추진
- 또한 ‘모두가 참여하고 모두가 누리는’ 실체가 있는 「사람 중심의 4차 산업혁명 구현」을 비전으로 대응계획을 수립하여 4대 전략과제를 제시
  - 4대 전략과제는 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계하여 ①지능화 혁신 프로젝트 추진, ②성장동력 기술력 확보, ③산업 인프라·생태계 조성, ④미래사회 변화 대응 등을 중점 추진
- 4대 전략과제 중 ‘지능화 혁신 프로젝트’는 지능화를 기반으로 산업의 생산성과 글로벌 경쟁력 제고와 고질적인 사회문제 해결을 목적으로 추진
- 특히, 농업의 산업혁신을 위해 인공지능 기반 무인화·과학화로 친환경 정밀 농업 실현을 제시
  - 농업의 생산성 제고와 일손부족 문제 해소를 위해 원격제어 기반 1세대에서 정밀재배 기반 2세대 스마트팜으로 고도화(‘17~)하고, 파종·수확로봇 현장보급(~’22)을 추진

<표 4-3. ‘지능형 혁신 프로젝트’의 세부 목표>

□ [R&D-정책 연계 강화] 기존 사업의 연속성 확보를 통한 차세대 기술 개발 육성 및 미래농업 분야 수출 확대 도모

- 선진국은 인공지능, 차세대 센서, 로봇기술을 접목한 미래농업 분야를 적극적으로 육성하고 신산업으로 빠르게 전환하고 있으나, 국내는 미래농업 분야의 대응이 부족한 상황이며 국가 차원의 지원을 통한 차세대 기술 기반 마련이 요구

- 개별 부처에서 추진하던 스마트농업 관련 정책들이 일괄 조정 되고 통합 관리되는 형태의 추진이 이루어지고 있으나, 스마트농업 기술개발 뿐 아니라 보급·확산 측면 또한 고려되어야 할 필요가 있음<sup>300)</sup>

<그림 4-11. 스마트농업 관련 부처별 R&D 사업 추진 현황<sup>301)</sup>>

- 그간 부·청이 축적해 온 요소기술과 생육·환경데이터 등 기존사업에 대한 투자의 연속성 확보를 통해 차세대 기술 확보 및 수출 확대 도모 등의 중장기적 미래 농업 분야 활성화 필요
- 이에 실증시험, 성능 및 효과 시험 등 개발기술의 현장 적용성 향상을 위한 기술 고도화와 병행한 차세대 기초·원천 융합기술 R&D 추진이 절실

<표 4-4. 부처간 협력을 통한 R&D-정책 연계 강화>

300) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 정책연구 2018-10

301) 농림축산식품부·과학기술정보통신부·농촌진흥청(2018), p. 7.

## 2) 과학기술 기반의 수출 협업 추진

- [과학기술 동반성장을 통한 수출 확대] 농업의 수출 확대를 위해 농업 분야의 과학 기술 개발을 통한 동반성장이 중요하며, 미래농업 R&D 달성을 통해 농업 전후방 산업 확대 가능
- (농산업 기술수출 관련 정부정책 현황) 우리나라 농업의 수출 확대를 위한 국정 및 농정 기조는 통상과 농정의 관점에서 수출 확대의 주된 정책대상이 농업 원물이었으며, 농업과학기술(또는 농업R&D)의 역할은 상대적으로 부각되지 않음
- 농업의 수출 확대를 위한 농업과학기술의 중요성이 보다 명시적으로 부상함에 따라, 농업과학기술 기반의 농업의 혁신이 국정 및 농정 기조에서 강조되고 있으며, 농업의 수출 확대라는 측면에서, 농업 원물뿐 아니라 비료, 농약, 종자, 농기계, 농시설/자재 등 농업 전후방 부문이 중요함

<표 4-5. 농산업 기술수출 관련 주요 정보 아젠다/전략<sup>302)</sup>>

- 농업 후방산업인 농기계, 농자재, 센서 등은 스마트농업 구현의 핵심 요소이지만, 농업 부처가 포괄적으로 감당하기 어렵기 때문에 산업통상자원부, 과학기술정보통신부 등 관련 부처와의 협력이 필요한 단계<sup>303)</sup>
- 또한, 해외 테스트베드 사업과의 연계, 수출을 위한 한국농어촌공사의 정책사업 개발 등의 정부 차원의 통합적 접근이 필요함<sup>304)</sup>

302) 바이오경제시대 과학기술정책의제 연구사업 “농업과학기술이 주도하는 선진통상농업 구현전략, 이주량(2017)

303) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 정책연구 2018-10

304) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 정책연구 2018-10

### 3) 데이터 정책 협업

- [농업 데이터 통합] 스마트농업은 데이터에 의해 움직이므로 핵심기술로서의 농업 데이터를 체계적으로 구축하는 과정이 반드시 필요하며, 과학기술 기반의 농업 발전을 위해서는 데이터를 통합적으로 관리하고 정부·지자체·기업 등의 협력을 통한 농업 빅데이터 구축을 추진해야함<sup>305)</sup>
- 농업 데이터는 작목은 물론 지역별로 다르고 구축 단계에서부터 상업적 활용을 고려해야 한다. 따라서 지자체와 기업이 스마트농업을 위한 데이터를 구축하는 영역에 집중할 수 있도록 정부는 교통정리와 유인을 확대하기 위한 정책을 마련해야 함
- 농기계 산업 생태계가 활성화되어 있는 일본의 경우 지자체와 지역 대학, 그리고 농기계 업체가 집중적·장기적으로 농업 빅데이터를 수집하고 있음
- 작물 생산 전과정에 걸쳐 농기계에 부착된 센서를 이용하여 환경 정보, 생육 정보, 수확 모니터링 등에 관한 모든 정보를 수집하고 관리하며, 이러한 과정의 반복을 통해 축적되는 데이터를 분석하여 다음 해의 생산과정에 활용함으로써 농가는 물론 국가 단위의 빅데이터를 구축할 수 있게 됨
- 현재 정부와 민간이 단편적·분절적으로 수집하고 있는 스마트농업 관련 정보를 통합 수집·관리할 필요가 있으며, 이를 위해서 대규모 테스트베드를 구축하여 필요한 데이터를 장기적으로 축적하거나, 대학별로 산재되어 있는 스마트팜 연구단에 기능 분할과 연구기능 설정을 명확히 할 필요가 있음
- 민간 부문에서 수집되는 농업데이터가 70%에 이르지만 IT 계열의 업체가 대부분이며, 이들 업체는 농업의 전 과정에 대한 이해도가 부족하기 때문에 재배 컨설팅이나 생육모델 등과 관련된 농업 현장에 밀착된 데이터가 수집되기 힘든 구조임을 인지할 필요

305) 스마트농업 현장 착근을 위한 기술정책 제고방안, 과학기술정책연구원, 정책연구 2018-10

## 5. 단계별 정책 및 과학기술기반 혁신과제 추진계획

### 제 3 절 추진전략 및 기대효과

#### 1. 스마트팜을 통한 농업혁신 선도

##### 1) 스마트팜 맞춤형 모델 확립

- (현황) 스마트팜 보급 면적은 증가 추세이나, 일부 선도 농가를 제외하면 대부분 단순·편이형이며 농가 규모·지역·품목 등 국내환경을 충분히 고려한 스마트팜 모델 부재 및 현장 적용을 위한 맞춤형 기술개발 미흡
- (기대효과) 규모·지역·품목을 맞춤형 모델이 필요하며, 한국형 스마트팜을 확립해 농가별 최적화 모델 지원

##### 2) 세계 수준의 생산성 확보

- (현황) 실험실 규모에서 국내 2세대 스마트팜 기술을 구현하였으나, 센서·환경 제어기 등 핵심 기자재 개발과 생산성향상 기술은 여전히 부족
  - 대표품목 기준 선진국(네덜란드) 대비 온실(토마토) 생산성 47%, 축사(돼지) 생산성 70% 수준 ('17)
- (기대효과) 국내 환경에 맞는 고생산성 스마트팜 핵심기술 확보 및 현장 맞춤형 상용화 모델 확립을 통해, 농업 생산 효율성 극대화

### 3) 빅데이터·AI 기반 정밀재배

- (현황) 농민의 경험 기반 작물 재배가 아직 이루어지고 있으며, 사람의 경험·노하우의 개입을 최소화하기 위해서는 양질의 데이터 축적과 인공지능 접목이 필수이나, 축적·접목 수준 모두 미흡
- (기대효과) 빅데이터 플랫폼 및 인공지능 기반 자율 통합제어 플랫폼 개발을 통한 작물·가축의 최적 생산관리 구현해, 경험이 아닌 데이터를 통해 농업 가능 경험에서 스마트농업으로의 저변 확대

### 4) 농작업 로봇 기반 무인·자동화

- (현황) 스마트팜 관수제어, 수확물 이송선별 작업은 자동화 되어있으나 생육측정, 급이, 방제, 청소 등 주요 농작업은 여전히 노동력에 의존
- (기대효과) 텔레프레즌스 기반 농작업 모델링 및 자율 농작업 로봇 플랫폼 개발 등 핵심 농작업 무인·자동화 기술 개발을 통해, 무인·자동화 스마트 농업 구현

### 5) 신재생에너지 기반 지속가능한 농업

- (현황) 스마트팜 보급, 식물공장 도입 등에 따른 에너지비용 증가 및 기후변화에 대응한 지속가능한 농업을 위한 에너지 솔루션 미흡
  - 국내 농업 에너지원은 57.2% 석유, 35.0% 전기, 7.7% 석탄류로 친환경에너지 활용 비중 미흡 ('14)

- (기대효과) 복합 에너지저장 및 활용 플랫폼, 에너지 순환형 플랫폼 등 온실 및 축사에 특화된 그린에너지 순환·이용 플랫폼 개발해, 신재생에너지 기반 지속가능한 농업 구현

## 6) R&D 실증 및 보급 연계 강화

- (현황) 스마트팜 실증 사업이 꾸준히 진행되고 있으나, 기술 개발 결과물에 대한 실증 연계 인프라는 미흡
- (기대효과) 스마트팜 혁신밸리, 스마트축산 ICT 시범단지 등 관련 정책과 연계하여 연구개발부터 실증 및 보급까지 고려한 혁신 선도모델 확립

## 2. 스마트농업으로 농업혁신 확산

### 1) 위성, 드론 등을 통한 최적정보 생산

- (현황) 농산물 수급예측, 정밀 농작업 수행 등을 위한 농업데이터의 중요성이 높아지고 있으나, 최적화된 정보생산은 부족
- (기대효과) 국내외 작황평가 및 예측, 농업환경 계측, 농업재해 평가 등을 위한 농업위성 및 드론 기술개발을 통해 정밀 작황평가가 가능한 최적정보 생산

### 2) 예측 기반의 출하 및 유통 서비스

- (현황) 현재 일부품목에 한해 빅데이터 기반 수급관리 및 가격예측 연구 시도 단계이며, 농산물 시장 상황에 따른 출하 및 유통
- (기대효과) 농산물 생산-출하 과정 모니터링, 수요예측 기반 농식품 수급관리 등 예측 기반 출하 및 유통 서비스 구현

### 3) 디지털 기술 적용 기간 단축

- (현황) 선진국은 차세대 육종기술 기반 신작물 개발로 종자시장 과점전략을 추진 중이나 우리나라는 품종 개량 등 종자기술에 여전히 초기 개발단계이며 연구비 투자 저조로 인해 개발 기간 장기 소요
- (기대효과) BT, ICT 융합을 통해 품종 선발·분석 등 디지털 육종 기술을 개발해 우량 신품종 조기 개발 추진

### 4) 농업 외연 확대

- (현황) 농산업을 국가 GDP 비중이 급감하는 상황('98. 15.1% → '17. 1.96%)에서 전후방 산업을 포괄하는 농산업 외연 확대 시급

- (기대효과) 블록체인, 플라즈마 등 첨단기술 융합을 통한 안전한 먹거리 유통·관리 및 전후방 농산업의 첨단화·고부가가치화를 통해 전후방 농업 확대
  - 종자부터 생산·유통·소비까지 농업 전후방 산업을 포괄하는 과학기술 기반 융복합 농업 확대
  - (전방) 3D프린팅 식품, 천연물 농생명소재 개발 등 (후방) AI 기반 디지털 육종 등

## 5) 글로벌 Top5 후방산업 기업 육성

- (현황) 세계 작물보호제(농약) 및 종자 시장은 빠르게 성장하고 있으나, 국내 신농약 개발 등의 후방 산업은 영세 규모이며, 원제 수입의존도 확대되고 있는 실정
- (기대효과) 신육종기술, 신물질개발 등 농업 신산업을 주도하는 글로벌 후방산업 기업 육성해, 농업 후방 산업 분야 글로벌 경쟁력 확보

## 6) 해외 시장 창출

- (현황) 국내 내수중심의 농업 시장 제한적
- (기대효과) 전후방 스마트 농업 추진을 통해, 내수 중심 시장에서 해외 시장 창출

## 7) 확산 방지 기술 고도화

- (현황) 가축 전염병 및 축산 냄새 등 구제역 확산 등의 축산시설 문제 시급
  - 축산냄새민원 발생 : ('13) 2,604건 → ('16) 24,784건 (9.5배 증가)
  - 구제역으로 인한 피해 재정소요액 ('00. ~ '16. 3조 3192억원)
- (기대효과) 조기감지부터 확산차단까지 과학적 구제역 대응체계 구축 및 농가 활용 지원(VR 기반 교육 등) 등 리빙랩 기반 가축질병대응 연구를 통해 신속 대응이 가능한 안전하고 환경친화적인 축산환경 구현
  - 질병저항성 닭, 항바이러스 사료첨가제, 스마트 계사 등 종합적 조류독감 대응 연구 추진 등

### 3. 지속가능한 혁신생태계 조성

#### 1) 국민 참여형 농업 확대

- (현황) 기존 농민을 대상으로 한 기술지원이 대부분이며 잠재적인 농업 유입 인력 지원은 부족한 실정
- (기대효과) 푸드컴퓨터 등 오픈소스(공개정보)를 활용하여 농민뿐만이 아니라 전 국민 누구나 농업에 접근하고 경험할 수 있는 기반 마련
  - 경험이 아닌 데이터를 통해 농업 가능 경험 ⇨ 스마트농업 저변 확대

#### 2) 미래농업 전문인력 양성 체계 구축

- (현황) 미래농업 분야의 전문인력 양성 체계 미흡
- (기대효과) AI·빅데이터 등 미래농업 융합 기술 전문가 양성 및 첨단·융합 농업 분야별 중점 연구센터를 통한 우수 연구인력 집단 양성

#### 3) 데이터 수집·분석·활용체계 구축

- (현황) 농업 분야 데이터 수집·분석·활용체계 미흡
- (기대효과) 농업 데이터 수집, 분석 활용 체계 고도화를 위한 데이터 인프라 구축하고 스마트 농업에 대비한 농업 경쟁력 강화
  - (클라우드) 농업 클라우드 시스템 구축 및 2세대 스마트팜 농가 실증, 클라우드 기반 농가 맞춤형 서비스 플랫폼 구축
  - (빅데이터 플랫폼) 스마트팜 환경정보, 유통정보 등 농식품 데이터를 공유·거래할 수 있는 빅데이터 플랫폼 구축

#### 4) 농업 분야 기술 전문 스타트업 확대

- (현황) 창업농 중심의 스타트업 위주이며, 농업 기술 기반 스타트업은 저조
- (기대효과) 첨단 기술 중심의 ‘어그테크(Agtech) 스타트업’ 지원을 통해 어그테크 기술사업화 확대
  - 기술력 중심의 신용평가(비재무평가), 농지장기임대, 기술실증 등 지원

## 5) 전후방 산업과 연계한 패키지형 수출

- (현황) 원물 및 플랜트 중심의 개별 위주의 수출
- (기대효과) 종자-비료-농약-농기계-식품 등 전후방 통합 솔루션 수출을 위한 ‘패키지형 수출전략’ 추진을 통해 농업 외연 확대
  - (신흥국) 과학기술 ODA 사업과 연계한 ‘농산물(원물) + 재배기술’ 패키지
  - (선진국) 틈새종자, ‘소면적종자 + ICT기반 현지특화형 첨단 농기계’ 패키지

## 4. 소결

- 과학기술기반 혁신을 통해 글로벌 미래농업 선도