
4차 산업 혁명에 따른
농업 제조공정의 변화 및 사례

뉴욕지사

목 록

1. 요약	2
2. 4차 산업혁명과 농업	5
가. 4차 산업혁명 개요	5
나. 4차 산업혁명이 농식품 산업에 미치는 영향	8
(1) 노동력 절약과 정밀농업으로 농업생산성 증대	8
(2) 자원 낭비 방지와 환경과 식품오염으로 인한 질병 감소, 농촌 복지	9
(3) 기후변화 대응과 환경지속 가능	9
(4) 새로운 가치 창출과 농업의 범위 확대	10
3. 4차 산업혁명 기술과 농업 제조공정의 변화	11
가. 4차 산업혁명과 농업 변화의 키워드	11
나. 4차 산업혁명 기술의 농업 제조공정에의 적용	12
(1) 빅데이터(Big Data)와 사물인터넷(IoT, Internet of Things)	12
(2) 드론(Drone), 자율주행차량(Automated Driving Vehicle), GPS(Global Positioning System)	15
(3) 인공지능(AI)과 로봇(Robotics)	20
(4) 5G 테크놀로지와 클라우드 기반의 구축	23
4. 4차 산업혁명에 따른 농업제조공정 변화의 사례	24
가. 농산물 농장과 4차 산업혁명	24
나. 축산 농장의 4차 산업혁명	25
다. 실내농장, 수직농장, 로컬 푸드	28
5. 정책과 향후 전망	30
가. 전통적인 농업제조 공정의 위기와 기회	30
나. 정책과 전망	31
<별첨> 2019 USDA 농업 전망 포럼 주요 내용 요약	33

1. 요약

- 증기기관 발명, 대량생산, 정보기술 혁명에 이은 4차 산업혁명은 3차 산업혁명인 정보기술 혁명의 연장이나, 속도, 영역, 시스템의 변화가 현저하고, 인공지능과 빅데이터, 사물인터넷 등을 기반으로 함. 미리 입력된 프로그램에 따라 수동적으로 움직인 3차 혁명과 달리 상황에 따라 기계가 자발적인 판단으로 개별 공정에 맞게 작업을 수행함.
- 4차 혁명은 전 세계의 산업 전반의 많은 명령체계와 경제에 영향을 미치고 있으며, 거대한 비선형(non-linear) 체계를 구축하며 가속화될 것으로 예상됨. 이는 현대인의 일상과 일터에서 가상물리 시스템(cyber-physical system)을 적용함으로써 변화를 일으키는 것으로, 사물에 센서를 부착해 실시간으로 데이터를 인터넷으로 주고받는 기술인 IoT(the Internet of Things, 사물인터넷)와 IoS(the Internet of System, 시스템인터넷)가 주요 기반임. 스마트 기술(smart tech)을 공장과 일터에서 적용, 연관된 기계들이 상호작용하여, 전 공정을 영상화하고 자동적으로 결정을 내리는 제반 변화로 미국에서는 AMP(Advanced Manufacturing Initiative)라고 지칭되기도 함.
- GPS 시스템이 1997년부터 광활한 미국의 농장에서 이용되어 오긴 했으나, “Agriculture 4.0” 이라고도 불리는 전반적인 농산업의 4차 혁명의 적용은 다른 산업계에 비해 느리게 진행되어옴. 그러나 2017년부터 사물인터넷(IoT)과 빅데이터를 이용한 정밀 농업의 연구와 적용이 속도를 내고 있으며, 인공지능(AI) 기술을 탑재한 드론, 로봇, 자율운행 트랙터 등이 농업 전 과정에서 개발, 적용되고 있음. 소프트웨어와 자동화를 가능하게 하는 첨단 기구들이 연계하면서, 파종, 급수, 영양분사, 수확, 제초 등의 주요 기능 뿐 아니라, 데이터를 수집하고 상황을 분석하여 농부들에게 전해주는 기능을 수행함.
- 2050년에는 세계 인구가 약 90억 명에서 100억 명에 이를 것으로 전망하는 가운데, 현재의 70% 이상의 식량증산이 과제로 부상함. 세계경제포럼(WEF)에 따르면, 총칼로리의 1/4에 해당되는 식량자원이 생산과정에서 낭비되며, 이 중 8%는 상위단계 가치 체인에서 낭비되는 것으로 조사됨. 농업은 식량보급의 가장 기초적인 단계이나 비료, 살충제, 제초제 등의 사용으로 재배지가 줄어들고, 환경이 파괴되는 결과를 초래하기도 함. 또한, 매년 5백만에서 1천만 헥타르의 경작지가 심한 벌목으로 사라지고 있는 가운데, 생산증가와 환경파괴의 최소화는 인류생존의 과제로 부상함. 4차 산업혁명을 통한 농산업의 혁명은 이런 제반문제를 해결하여, 노동력과 자원을 절약하고, 제한된 농지에서 식량생산을 증가시킬 뿐 아니라, 기후변화에 대처하고 식품쓰레기를 줄여 환경보호에 공헌할 것으로 예상되며, 정밀농업을 통해 건강한 농산물 생산을 돕고, 농업과 농부들의 삶의 질을 높일 것으로 전망됨.

- 농부들은 농장에 설치된 환경계측장비의 사물인터넷(IoT) 센서를 통해 주변의 온도 및 습도, 광량, 이산화탄소 농도, 식물과 토양의 상태 등 생육정보를 스마트폰으로 현장에 가지 않고 실시간으로 파악하고, 로봇이나 자율운행 트랙터, 드론을 통해 물이나 영양분, 화학제 등을 분사할 수 있음.
- 4차 산업혁명의 주요 기술은 축산농장 경영에도 이용되고 있는데, 드론을 통해 가축들의 상태를 파악하고, IoT를 통해 가축의 데이터를 저장, 기록하며, 로봇을 이용해 다양한 작업을 수행함. 개별 가축의 건강기록, 수유, 착유, 열 감지, 무게감지, 자동건인, 유전자 개선, 사육, 축사환경 최적화 등으로 센서와 로봇 등을 이용하여 작업을 수행함. 또한, 빅데이터 등을 이용, 단백질체학(proteomics)과 유전체학(genomics)의 발달로 새로운 생체지표가 발견되어 가축의 병을 초기단계에서 발견하는 것을 도움. 이런 분석은 더 섬세하게 발전하여, 축사와 온라인 모두에서 관찰될 수 있게 되어, 더 빠르고, 적은 경비로 농장경영을 할 수 있게 됨. 이는 적은 노동력으로 양질의 축산물과 유제품을 생산할 수 있도록 함.
- 스마트 농장은 첨단기술을 적용해 농업 생산성을 높일 수 있는 농장으로 4차 산업혁명의 대표적 기술인 IoT, 드론, 빅데이터, 로봇, 인공지능, 3D 프린팅 등이 총망라되어, 정밀농업을 통해, 적은 인력으로 수확량은 높이고, 자원을 절약함. 스마트 농장은 대형 곡물 농장 외에도 축산 농장, 도심의 실내농장이나 수직 농장, 수경재배 등 다양한 형태의 농장에 적용되며, 농장에서 소비자까지 농산품 유통 전 과정과도 연결됨.
- 4차 혁명의 적용은 농장 경영과 세계 식량과 환경 문제의 위기를 극복하는 기회가 될 것이며, 특히 대단지의 농장을 관리해야하는 미국에서 가속화될 것으로 전망됨. 이런 기술 적용을 위해 필요한 5G 기술 브로드밴드의 농촌 인프라 구축이 이루어지고 있음.
- 농업 혁명과 기술 발전과 적용을 위한 미 농무성(USDA)의 정책과 기금할당, Farm Bill 등도 중요한 부분으로, 농업연구기금기구인 SOAR 재단의 전문가는 USDA의 연간 연구재정이 생산성 증가와 자원보존을 위해 증가되어야한다고 함. 경작지의 감소도 문제로, The American Farmland Trust 프로젝트는 미국에서 40 에이커 이상의 농경지가 매 시간 개발을 위해 줄어드는 것을 방지하기 위한 정책이 요구된다고 함.¹⁾
- 산업혁명을 통한 농업 제조 공정의 위기와 기회 속에서 농부들에게 전통적인 장애요소들을 결할 수 있는 정책과 연구와 실험의 기회를 제공한다면, 첨단 기술을 이용한 정밀농업의 광범위하고 다양한 응용을 통해 20년 후의 농업은 현재와 현저한 차이를 보일 것이라고 전문가들은 전망함.

1) 2019 USDA 농업전망서 Sonny Perdue(미 농무성 장관) 발제 내용 인용(2019.02.21.)

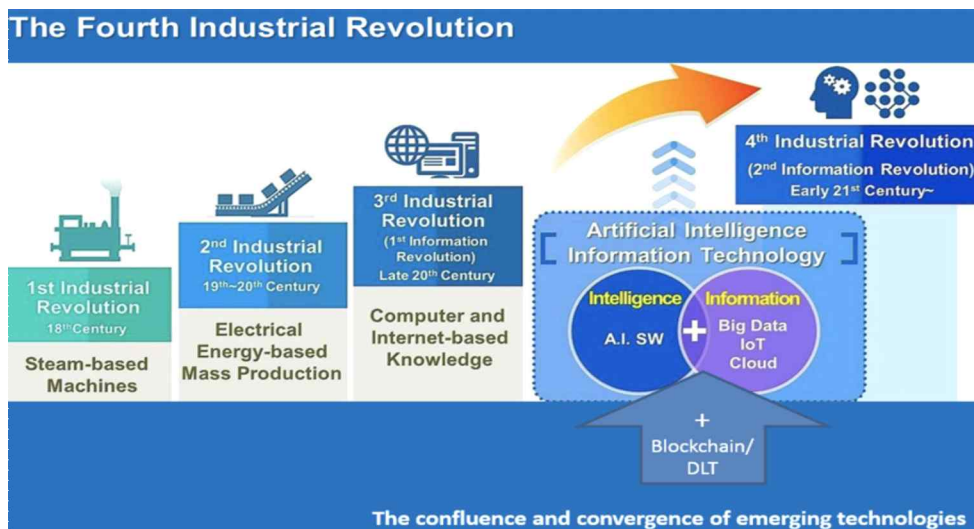
2. 4차 산업혁명과 농업

가. 4차 산업혁명 개요

- 4차 산업혁명은 현대인의 일상과 일터에서 가상물리 시스템(CPS, Cyber-Physical System)을 적용함으로써 변화를 일으키는 것으로, 사물에 센서를 부착해 실시간으로 데이터를 인터넷으로 주고받는 기술인 IoT(the Internet of Things, 사물인터넷)와 IoS(the Internet of System, 시스템인터넷)가 주요 기반임. 스마트 기술(smart tech)을 공장과 작업장에서 적용, 연관된 기계들이 상호작용하여 전 공정을 영상화하고 자동적으로 결정을 내리는 제반 변화로 미국에서는 AMP(Advanced Manufacturing Initiative)라고 일컬어지기도 함.

1차 산업혁명인 증기기관 발명, 2차 대량생산, 3차인 정보기술과 디지털화에 이은 4차 산업혁명은 3차 산업혁명인 디지털혁명의 연장이라고 볼 수도 있으나, 속도, 영역, 시스템의 변화가 현저하여, 3차 산업혁명과 구분지어 새로운 혁명으로 간주함. 이전의 자동화는 미리 입력된 프로그램에 따라 생산이 수동적으로 움직였지만, 4차 산업혁명에서는 제품과 상황에 따라 기계가 자발적인 판단으로 개별 공정에 맞게 작업을 수행한다는 점이 근본적인 차이임. 4차 혁명은 향후, 많은 명령체계, 산업 전반과 경제에 걸쳐 영향을 미칠 것으로 예상되며, 전 세계의 모든 산업에 영향을 미치고, 거대한 비선형(non-linear) 체계로 영향을 주고받으며 예측 못할 속도로 진행될 것임.

< 단계별 산업혁명 특징 >



출처 : Huawei.com

< 4차 산업혁명 구조 >



- 2016년 스위스 다보스 포럼에서 처음 4차 산업혁명이라는 용어를 사용한 세계경제포럼의 창시자인 클라우스 슈바브(Klaus Schwab)는 저서인 '제 4차 혁명(The Fourth Industrial Revolution)'에서, 4차 혁명은 인류역사에서 심오한 변화를 일으키기 때문에 거대한 잠재력과 위험성을 동시에 가지고 있다고 함. 4차 산업혁명의 수혜자인 초창기의 혁신가와 투자자 등 지적·물적 자본을 제공하는 그룹과 노동자들 간의 빈부격차가 증가할 것이라고 함.
- 4차 혁명으로 인류는 생활의 질을 높이고, 수익이 증가되며, 기술의 혜택으로 하나가 세계와 새로운 상품과 서비스를 즐기게 되며, 효율성과 간편함을 감사하게 될 것이라고 전문가들은 전망함. 기업과 단체들은 더 스마트해지고 효율적이 될 것이며, 노동자들이 스마트해진 기계들과 더불어 일하면서, 공급체인과 창고에서의 효율이 증가하게 됨. 그 뿐 아니라, 4차 혁명은 자연재해의 피해를 방지하도록 하고, 산업재해도 줄일 수 있도록 할 것이라고 함.
- 반면, 전문가들은 위기방지를 위해 보안을 강화하기 위한 새로운 역량이 필요하며, 사회경제학적인 변화로 인한 사회적 긴장이 증가할 것이며, 저숙련, 저임금 노동에서 고숙련, 고임금 노동으로 고용시장의 변화를 가져올 것이라고 예상함. 기술력이나 자동화로 생산성은 증가하나, 많은 일자리가 사라질 것이며, 연속된 물결 효과(ripple effects)로 산업혁명의 선발주자조차도 변화를 따라잡기 어려울 가능성도 내제한다고 함. 특히, 저임금 노동력 제공으로 경제혜택을 얻었던 아시아의 개발도상국 가들이 타격을 입으며, 선진국의 저임금 근로자들도 영향을 받을 것으로 예상함. 그러나, 이전에도 산업혁명이 일어날 때마다 같은 우려가 있었지만, 사실은 다른 일자리가 창출되고 산업이 발전되었으므로, 4차 혁명에서도 없어진 일자리를 대체하는 더 많은 새로운 일자리가 창출될 것이라는 전망이 지배적임.

- 3차 혁명의 산물인 스마트폰과 태블릿 PC를 이용한 기계간의 인터넷 소통의 발달과 개별 기기를 자율적으로 제어할 수 있는 가상물리시스템(CPS, Cyber-Physical System)의 도입이 4차 혁명을 돕고 있으며, 모든 산업설비가 각각의 인터넷주소(IP)를 갖고 무선 인터넷을 통해 호환, 소통됨.
- 20세기 중반에 시작된 3차 산업혁명인 디지털 혁명을 기반으로 한 4차 산업혁명은 기술의 혼합으로 물리적, 디지털, 생물학적 경계를 허물고 대량 자동생산 시스템, 원격의료보조, 나노기술, 생명공학과 다른 분야의 발전을 약속하며, 인류의 역할을 재편성함. 생체공학, 로봇 시스템, 증강현실도구 등은 인류의 행동, 사회화, 관계를 바꾸는 영향력을 발휘하게 됨.
- 다른 산업과 비교하여, 4차혁명의 농업제조공정에의 적용은 비교적 느리게 진행되어, 전통적인 방법의 제조공정이 계속되어 왔는데, 이는 외곽에 흩어진 농지와 농촌 시장, 빈곤한 인프라시설과 농식품 산업의 규제 등이 농식품 시스템의 비용을 증가시켜온 원인도 작용함. 반면, 시장의 활발한 변화로 기업화된 농장과 외곽의 전통적인 소농장의 격차가 증가해 세계경제포럼(WEF)의 보고서에 따르면, 2010년 이후 1,000개의 식품 시스템에의 투자는 140억 달러로 농업보다는 식품관련기업 창업에 몰려있으며, 다른 산업에의 투자에 비해 극소인 것으로 보고됨.
- 농촌의 이런 격차를 줄이는 4차 산업혁명과 함께 부상한 정밀농업(precision farming)은 로봇, 센서, 드론, 농장경영 소프트웨어, 생물학적 데이터와 자동입력, 유전자편집, 인공지능과 도구 학습, 3D 프린팅, 블록체인 기술 등을 포함하며, 기술은 더욱 효율적인 농업시스템에 기여할 뿐 아니라, 식품과 자원의 낭비를 줄이고, 환경을 보존함.
- 농업의 모든 단계에서 정확도를 높이려는 정밀농업은 곡물 과학으로 데이터와 분석을 중심으로 과학적인 농업 결정을 유도하여, 전세계적으로 확대되는 추세임. GPS, 토양 센서, 날씨 데이터, IoT 등이 비료 선택 어플, 관개(irrigation), 수확기 결정, 파종 간격과 깊이 결정 등 농업 전체 결정과정에 사용되어, 자원의 활용을 최대화함. 정밀농업 시장은 2025년까지 102.3억 달러 시장에 이를 것으로 예상되며, 연평균(CAGR) 14.2% 증가할 것으로 예상됨.

나. 4차 산업혁명이 농식품 산업에 미치는 영향

(1) 노동력 절약과 정밀농업으로 농업생산성 증대

- 농업기술은 고대 이집트의 소달구지(ox-drawn) 쟁기로부터 20세기의 첫 가스연료 트랙터까지 지속적으로 발전해오다가 1960년에는 고생산성의 곡물종자와 화학비료와 살충제를 개발하여 녹색혁명(the Green Revolution)을 불러옴. 2017년 이후의 4차 산업혁명은 농산업에도 큰 영향을 미치고 있는데, 로봇이 파종을 하고, 비료를 주며, 자율 주행차를 이용해 수확을 돕기 시작함. 2019년 열린 세계경제포럼(WEF, World Economic Forum)은 맥킨지(McKinsey & Company)사와 함께 식품시스템에 영향을 미치는 12가지의 부상하는 신기술을 발표하였으며, 기술이 대체 단백질과 영양의 개인화 등을 통해 식량 수요에 변화를 가져올 것이라고 함. 예를 들면, 식품 유통 경로에서는 모바일 배달 서비스, 빅 데이터, IoT, 블록체인 기술 등을 통해 경로 추적이 이루어지며, 생산 시스템에서는 수급센서, 유전자 편집 등 과학적인 진보를 통해 효율적인 시스템이 이루어져, 농업을 더 정밀하게 하고, 생산을 증가시킬 것이라고 함.
- 제한된 농지에서 2050년에는 세계 인구가 90억에서 100억명에 달할 것으로 예상되는 인구의 식량 문제를 해결하기 위해서는 생산성을 현재의 70%~100% 정도 증가시켜야 하는 것으로 글로벌 수확 발의(Global Harvest Initiative)와 전문가들은 예측함. 이는 연간 평균 농업 생산이 1.75% 증가해야함을 의미하며, 생산을 증진시키기 위해서는 농업혁명이 필수적임. 전체 생산성 요인(Total Factor Productivity, TFP)의 농업 생산성 측량에 의하면, 대지, 노동, 노동지수, 자원 활용 등의 요소들을 종합하여, 2017년의 GAP 지수는 세계 TFP가 2050년까지 2배가 될 정도로 충분히 증가하지 않고 있다고 함.
- 미 농무성(USDA)에 따르면, 1940년 미국농부 한사람이 연간 평균 19명의 식량을 보급하였으나, 현재는 농부 한 사람당 155명의 식량을 담당하고 있는 것으로 추산함. 2050년에는 현재의 보급량의 2배 가까운 식량이 필요하여, 농업 생산성이 증가해야 하는 것으로 조사됨. 한편, 미국의 주요 사료와 곡물인 옥수수 생산량은 1980년에서 2015년까지 61% 증가하였으며, 주요 곡물인 대두는 29% 증가한 것으로 나타남.
- 농업의 노동력 문제는 2005년부터 2019년까지 11% 감소한 약 58백만 명의 노동력이 줄어든 것으로 글로벌 수확 발의(Global Harvest Initiative)는 통계함. 이는 농촌인구가 도시로 이동한 것에도 기인함. 미국의 평균 농장 면적은 대단위인 434 에이커로 축구장 330개의 크기인 것으로 USDA는 추산하며, 많은 재배지가 노동력 부족으로 덜 운영되거나 버려져 있는 것으로 나타남. 농업혁명이 저생산 농지를 활용하게 하여, 생산량 증진에 기여할 것으로 기대함.

- 1800년대 초반에는 100 bushel의 밀 생산을 위해 300시간의 노동시간이 필요했으나, 현재는 AI등 기술의 사용으로 1시간 안에 100 bushel의 밀을 생산할 수 있게 됨. 이는 4차 산업혁명을 통해 일인당 생산성, 농지 생산성, 시간당 생산성 모두가 현저히 증가하는 것을 시사함.

(2) 자원 낭비 방지와 환경·식품오염으로 인한 질병 감소, 농촌 복지

- 4차 혁명을 통한 효율적인 시스템은 지구상의 빈곤과 낭비를 줄이고, 지구의 환경을 보존함. 1,2,3차 산업혁명과 함께, 기술과 무역의 발전으로 세계 식량생산이 1960년에서 2010년 사이에 4배로 증가한 반면, 공급과잉 등으로 농산물 가격의 하락이 이어지기도 하고, 환경에 나쁜 영향을 미치기도 함. 예를 들어, 중국과 베트남 등의 농지와 농경 인력의 도움으로 전 세계 농업 생산성이 증가한 반면, 농촌의 빈곤은 여전히 남아있기도 함. 세계 빈곤층의 80%는 시골지역에 몰려있으며, 65%의 극빈 노동자들은 농업에 종사하고 있으며, 기아 인구가 815백만 명에 이르는 것으로 2016년 세계은행(WB)은 추산함. 또한, 식량 생산이 인구증가를 따라가고 있음에도, 음식관련 질병이 조기사망의 주요 원인으로 대두됨. 예를 들어, 비만 관련 질병이 전 세계 인구의 절반인 30억의 인구에게 문제가 되고 있는 반면, 아프리카와 동남아 어린이의 1/3은 저영양으로 뇌성장에 영향을 받고 있음.

- 이런 제반의 문제로 인해, 4차 산업혁명 기술이 식량을 더 생산하느냐의 문제보다는 지구환경을 보호하고, 생산자와 소비자들에게 균형 있는 혜택을 주는지, 건강한 식습관과 식품의 투명함에 도움을 주는 지 등이 중요한 문제로 부상함. 이는 농생산업에만 국한된 것이 아니라, 슈퍼마켓이나 온라인의 판매시스템 등 전반적인 유통체계에도 관계됨. 4차 산업혁명을 통한 농생산업과 유통의 관리와 빅데이터는 자원의 낭비를 줄이고, 농산업 관계자들에게 혜택을 주며, 효율적이고 투명한 식품 생산과 유통을 가능하게 하여, 균형 있고 건강한 식품 보급에 기여할 것이라고 함.

(3) 기후변화 대응과 환경지속 가능

- 농업 생산과 소비에 수반되는 환경문제는 심각하여, 76억 명의 인류의 현대 식습관과 식량 생산은 해양과 대륙의 환경을 파괴하고, 물 부족과 기후 변화를 초래함. ‘사이언스’ 잡지의 최근 기고에 의하면, 식량생산으로 인해 온실 가스 배출의 26%, 토양산성화의 32%, 부영양화의 78%, 2/3의 생수 고갈이 야기되어 지구에 위기를 초래하고 있는 것으로 보고됨.

- 기후변화에 적응하는 것은 농업의 지속적인 문제로 극한의 기후는 기온 상승, 대기 변화 등으로 수확에 악영향을 미치는데, 미국 과학원(The National Academy of Sciences)의 최근 연구는 지구의 온도가 섭씨 1도 상승하면 옥수수 수확이 7.4% 감소하며, 밀은 6%, 쌀은 3% 생산이 감소한다고 함. 정확한 파종, 수급, 수확을 해도 홍수, 가뭄, 해충 등의 요인이 수확에 위협이 되므로, 빅 데이터와 AI 등을 통한 기후변화 예측과 대비는 농부들이 자연재해 등에 대비하고 문제발생시 해결할 수 있는 것을 도움.
- 정밀농업은 환경지속에 기여하는데, 예를 들어, 데이터 기반의 센서는 농부들이 재배지의 습도와 수급 상태를 파악하여, 불필요한 관개로 물을 낭비하지 않도록 하며, 토양의 프로필과 영양도 분석하여, 정확하게 비료를 적용할 수 있도록 함으로써, 자원을 낭비하는 것을 방지하고, 불필요한 농지에 화학제를 분사하지 않으므로써, 환경보존에도 기여함.

(4) 새로운 가치 창출과 농업의 범위 확대

- 4차 산업혁명이 농업과 식품 시스템에 미치는 영향은 막대하여, 570백만 개의 농장과 76억의 소비자와 연관되며, 종자, 비료, 경제, 보험 등 식품공급과 관계된 10만개 이상의 상위 산업과 판매, 데이터 등 수백만 개의 하급 사업과 연계됨. 아마존이 홀푸드를 인수한 것은 하나의 신호탄으로, 아마존은 홀푸드의 데이터를 인수하여, 온라인 그로서리 비즈니스와 PB 상품들을 개발 중임.
- 소비자와 공급자, 생산자를 연결하는 비용을 현저히 줄이고, 상·하급 시장과 산업 간의 교류에 효율성을 증가시키는 4차 혁명 기술은 농생산업의 가격 상승과 중간 업체들간의 경쟁을 초래할 것임. 예를 들어, 미국의 곡물과 육류 패커인 카길(Cargill)사는 디지털 기술의 발달로 인해 식품에만 중심을 두었던 비즈니스 모델을 전환하려고 하며, 수확물의 가격 정보를 대중화하려고 함. 농생산 사업자들이 소비자들과 직접 연결되도록 한 중국의 E-커머스와 인공지능 거물인 알리바바는 농생산업에도 관심을 두고, 농촌의 빈곤을 해결하고 있도록 함.
- 4차 산업혁명은 환경보존을 보존하면서 인류에게 충분한 식량을 수급하는 혜택 외에도 많은 사업기회를 제공할 것으로 전망함. 예를 들어, 2017년 9월 기계회사인 블루리버 테크놀로지(Blue River Technology)가 농기구 자이언트인 존 디어(John Deere)사에 305백만 달러에 인수되었으며, 기술에 기반을 둔 창업과 개발이 활발해짐.

3. 4차 산업혁명 기술과 농업 제조공정의 변화

가. 4차 산업혁명과 농업 변화의 키워드

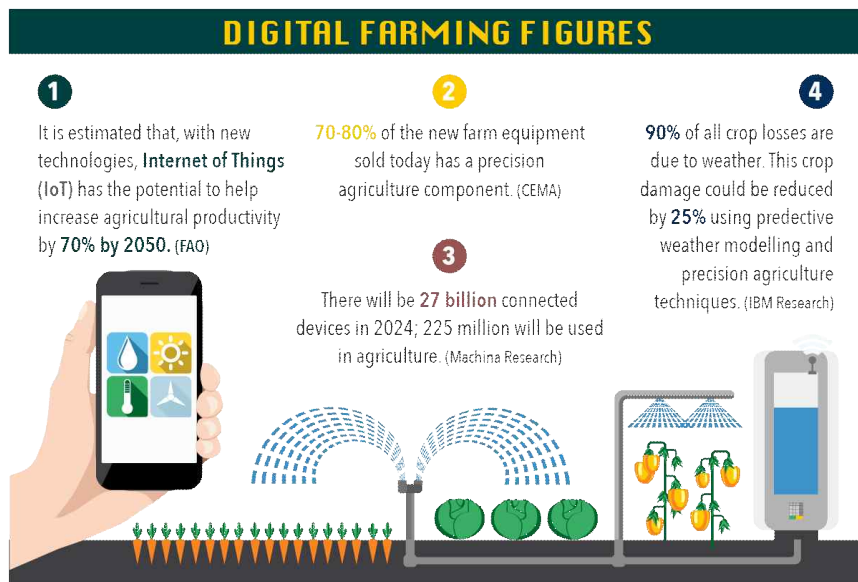
- 영상화(Visualization) : 카메라를 장착한 드론과 사물인터넷 연결로 농장과 작물, 토양의 상태가 다양한 각도에서 동영상으로 전송되고, 가시광선, 적외선 카메라 등을 이용하여, 색 코드에 의한 토양의 상태와 작물 수확기 등을 판단하도록 하는 최근의 주요 농업 방식.
- 자동결정(Self-decision) : 4차 산업혁명의 핵심으로 3차 산업혁명에서 입력된 명령만을 수행하는 자동화를 넘어서, 데이터를 바탕으로 자율적으로 판단하고 작업을 수행하는 인공지능의 단계를 수행함.
- 빅데이터(Big Data) : 디지털과 정보산업에서 구축된 방대한 데이터로 소프트웨어와 이를 제어하는 하드웨어를 통괄함. IoT와 결합하여 데이터를 구축하며, 첨단 장비들과 호환함.
- 사물인터넷(IoT, Internet of Things) : 사물과 기기에 부착된 센서를 이용하여 실시간으로 데이터를 수집하고, 인터넷을 통해 비선형(non-linear)으로 공유할 수 있게 하는 기술
- 인공지능(AI, Artificial Intelligence) : 축적된 데이터를 바탕으로 자율적으로 사고와 학습, 결정을 내릴 수 있는 정보기술로 데이터와 경험이 축적될수록 지능화됨. 빅데이터를 통해 입력된 광대한 데이터와 사례를 바탕으로 다양한 산업에서 상당한 수준의 작업을 수행함.
- 로봇(Robotics) : Agbot라 불리는 농사용 로봇은 데이터 생산을 가능하게 하고, 자율작업 수행을 할 뿐 아니라, 섬세하고 정확한 작업으로 곡물 소실을 예방하고, 효율성을 극대화하며, 에코시스템을 모니터링함. 곡물 생산 뿐 아니라, 과일 따기, 가축 수유와 착유 등 다양한 분야에서 활용됨.
- 자율주행 트랙터(Driverless Tractor, Self-driving Vehicle, Automation Tractor) : 인공지능 기능을 탑재하고, IoT를 통해 농기구와 농부들과 연결되어 파종부터 수확까지 자율적으로 농업의 다양한 과정을 수행함.



- 드론(Drones) : 무선으로 조종하는 무인항공기로 카메라와 분사기 등을 탑재하여, 매핑에서 분사, 곡물과 토양, 가축 예찰 등 다양한 기능을 수행하는 기구로 1997년 이후 농생산업에 효율적으로 이용됨.

- 5G기술(5G Technology) : 5세대 정보 전송 기술로 4G에 비해 20배 빠르고, 용량은 100배정도 큰 것으로 알려짐. 실시간 자율주행과 IoT 등의 기술 시행을 효율적으로 수행할 수 있는 인터넷 속도와 용량을 제공함.
- 스마트 농업(Smart Agriculture) : 전통적인 농업에 정보통신 기술과 가상물리시스템을 접목하여 과학적으로 운영, 관리되는 첨단 농업생산방식으로 곡물과 과채 외에도 축사경영, 실내농장, 수경재배에서 농산물 유통 제반까지 광범위하게 적용됨.
- 정밀농업(Precision Agriculture) : 4차 혁명 기술을 바탕으로 자원을 정확한 위치와 정확한 시기에 배분하고, 정확한 수확시기를 결정하고, 작업을 수행하는 스마트 농업의 산물.

< 스마트 농업 현황과 전망 >



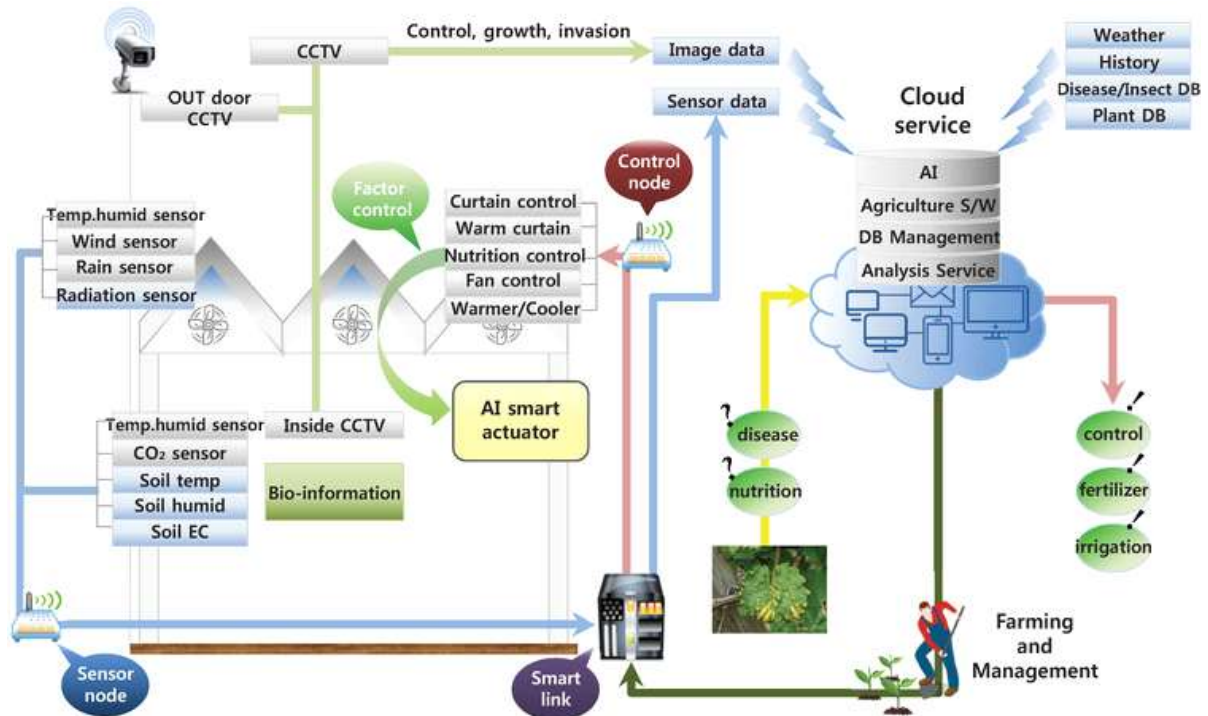
나. 4차 산업혁명 기술의 농업 제조공정에의 적용

(1) 빅데이터 (Big Data)와 사물인터넷 (IoT, Internet of Things)

- 퍼듀 대학의 1,408 에이커의 연구농장은 각 기기와 농장에 연결된 IoT 센서가 곡물의 분자와 작용하여 성장과 색변화에 미치는 영향을 밝혀냄. 수분, 비료, 토양 등 식물에 투입되는 모든 요소가 미치는 영향을 조사하여, 영양적 가치를 높이고, 수확의 효율을 높이는 것을 연구함. 자료 수집, 분석, 영상화, 모델링 등 모든 소프트웨어를 망라하고 연결하기 위해 이용된 빅데이터는 수천가지의 환경적 요소들을 분석하고 관찰함. 이를 위해 Wi-Fi가 농장에 연결되어 데이터를 수집하며, 차량에도 Wi-Fi를 장착하기 위해, ‘ACRE’s PhenoRover’ 등의 기계를 통해 자율주행을 고안함. 데이터는 컴퓨터로 보내져서 알고리즘에 따라 영상화되어, 전체 공정과 운송까지 연결됨.

- 빅데이터를 활용하는 농장들은 IoT와 위성기술을 이용하여 비용절감효과를 얻고 있는데, 농부들은 일일이 직접 방문, 점검할 수 없는 농장 상황을 태블릿 PC의 위성 영상을 보면서 분석하고, 문제가 있는 곳을 방문함. 위성은 또한 광활한 농장에서 점검해야 할 곳을 정확하게 찾아내어 조치를 취하는 것을 도움으로써, 비료와 자원을 절약하고, 시간과 인력을 최소화하는 정밀농업을 가능하게 함.

< 농업의 빅데이터와 사물인터넷 체계 >



사진출처 : Derek Poore/TechRepublic

- IoT 센서는 데이터를 수집하여 빅 데이터를 만드는데 사용함. 센서는 공기의 온도, 풍속, 강우량, 식물의 광합성활동을 통한 태양에너지를 수집하여, 자원의 가장 효율적인 이용을 도움. 연구자들은 유전학과 유전체학을 곡물 생산과 환경학적 연구와 연결하여 분석하고, 종자의 타입에 따라 형질을 알아냄.
- IoT는 농부들이 센서와 소프트웨어가 장착된 기구를 통해 농장의 데이터를 모을 수 있도록 하고 있으며, 모바일 어플리케이션과 연동됨. 예를 들면, Jobe Dere's사의 MyOperations 앱은 중요한 세팅을 보고하고, 모바일 기구에서 조정도 할 수 있도록 고안됨. 많은 농부들이 10~15마일 반경의 농장을 운영하고 있으므로, 농장을 육안으로 한 번에 볼 수 없는 반면, IoT 기술과 연계하면, 실시간으로 농장에서 일어나는 일을 모니터링하고 결정할 수 있음.

- 미세 전자 메커닉 시스템(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS), 나노 전자 메커닉 시스템(Nano Electro Mechanical Systems), 나노기술(Nano Technology) 등은 센서를 통한 정밀농업을 도와 저렴한 비용으로 효율적인 시스템을 제공하므로 농부들의 호응이 좋음.
- 혁신적인 농장용 로봇과 드론과 함께 스마트 농장을 가능하게 하는 것은 IoT와 센서로서, 농장의 컴퓨터와 농기구들과 연결되어 데이터를 주고받고, 소통하여 “스마트” 한 시스템을 구축하도록 함. IoT 기술은 농업 뿐 아니라, 스마트홈, 스마트 공장, 스마트 병원 등에서 널리 사용되고 있음. 스마트 농업을 위해서는 농사의 모든 과정을 통해, 모든 농기구와 연관되어 기록되어, 일조량, 토양 조건, 관개, 공기 조건, 날씨 등의 데이터와 함께 빅데이터 분석과 AI의 학습에 이용되고, 농부들과 로봇에 전달되어 분석과 작업 수행을 가능하게 함.
- 비즈니스 리서치 기관인 BI(Business Insider) Intelligence는 농장 IoT의 설치가 2015년 3천만 개에서 2020년까지 7천 5백만 건으로 증가할 것으로 전망하며, 이런 트렌드로 IoT가 연결된 농가는 2014년 하루 190,000에서 2050년 하루 4.1백만 개의 데이터를 사용할 수 있게 될 것이라고 예상함. 농부들은 이를 통해 모든 측면에서 농장을 모니터링하고 분석하면서 적절한 조치를 취해, 건강한 곡물을 생산, 수확할 수 있음.
- 이는 곡물 농장 뿐 아니라, 가축을 사육하는 농장에도 모두 적용될 수 있는 것으로 가축농장에 실제로 많은 로봇과 드론이 사용되고 있음. 현재 미국의 농장들은 스마트 농장으로 전환되고 있으며, 2050년까지 필요한 70%의 농산물 증산이 가능할 것으로 전망됨.
- 축산분야에 정보통신기술(ICT)과 융합된 자동화 시설을 활용하여, 가축의 개별 정보, 건강 상태, 축산 환경 정보 등을 빅 데이터(Big data) 소프트웨어를 통해 분석하여, 농장경영의 지표와 자료로 이용함. 사료 등 자원의 낭비를 줄이고, 인력을 줄이면서 효율적으로 가축을 관리하고, 질병을 예방함. 양질의 사료 생산을 통해 생산비를 절감하고, 생산물의 품질을 유지함으로써, 축산농가에 혜택을 주고 있음.

< 다양한 카메라를 이용, 색 코딩을 통한 농장 관리 >



< IoT 센서와 빅데이터를 이용한 농장 분석 >



출처: Genesis Nanotechnology

(2) 드론(Drone), 자율주행차량(Automated Driving Vehicle), GPS(Global Positioning System)

< 정밀농업에 활용되는 드론과 자율주행차량 >



- 드론은 농부들이 광활한 농장이나 곡물이 우거진 직접 걸어서 확인하지 않고도 먼 곳에 있는 농장의 상태를 실시간으로 모니터링하고 분석(Real-Time Monitoring and Analysis)하는 것을 도움. 예를 들어, 키 높이의 광활한 옥수수 밭을 걸어서 확인하는 것은 어려운 일이나 드론을 띄워 식물 근처와 고공에서 자유자재로 식물의 상태를 확인하고 사진을 찍는 것은 가능함. 또한, 드론 기술은 모델링을 이용해 정밀농업을 가능하게 함. 곡물 모델(crop model) 데이터와 함께, 원격 감지를 이용하여 토양 타입, 비료 및 화학제 사용량, 파종과 수확시기 등을 결정을 할 수 있도록 도움.

- 드론을 통해 항공에서 농장을 보고 싶은 모든 농부들의 희망이 비싼 헬리콥터 등을 쓰지 않고도 저렴한 가격에 실현됨. 사진 뿐 아니라 움직이는 실시간 영상으로 다양한 고도와 방향에서 자유자재로 볼 수 있으며, 적외선광선, 고스펙트럼 이미지를 모두 제공함. 고화질의 영상으로 농부들은 더 자세한 데이터를 수집하여, 작물의 상태를 모니터링하고, 토양의 질을 평가하며, 파종의 위치와 재료의 적절한 사용을 계획하고, 토양의 사용을 최대화할 수 있게 됨. 이런 농장 서버이는 파종, 관개, 평면과 입체 지도 작업을 개선시키며, 이런 데이터를 통해, 농부들은 작물과 토지 경영의 모든 측면을 최대화함. 영상화 뿐 아니라, 드론은 파종과 분사작업등도 할 수 있도록 개발됨. 예를 들어, 압축공기를 통해 캡슐에 든 씨나 비료, 영양제 등을 토양에 직접 분사하는 기능을 수행함. 드론시드(DroneSeed)나 바이오카본(BioCarbon)은 드론계의 주요 제조사로 적합한 위치에 파종이 가능한 모듈을 개발 중임. 현재는 숲에 묘목을 심는 기능을 주로 하고 있으나, 농장에 파종용으로 적용하는 것이 용이함. IoT와 소프트웨어를 이용하여, 자동으로 정확한 곳에 파종을 할 수 있게 되어, 곡물의 성장을 최적화하게 될 것임.
- 현재 분사기능이 가능한 드론은 노동집약적인 작업들을 GPS와 레이저 측정기, 초음파 포지셔닝 시스템과 결합하여 자동으로 수행함. 작물 분사 드론은 고도와 방향을 쉽게 조종하고 풍속, 지리, 위도에 다양하게 적응하도록 고안되어, 농업용 분사 작업을 효율적으로 수행하고 정확도를 높이고, 재료 낭비를 줄임. 예를 들어, DJI사는 ‘Agras MG-1’ 이라 불리는 농업용 드론을 고안하였는데, 이는 2.6 갤런의 용량의 탱크에서 살충제, 제초제, 비료 등을 분사할 수 있음. 한 시간에 7~10 에이커의 면적을 비행할 수 있고, 전자파 레이더로 정확한 위치에 작업을 수행할 수 있음. 이 드론은 자동, 반자동, 수동 모드가 모두 가능함. 드론은 농업용 로봇인 Agbot와 결합하여, 특별히 주목을 해야할 필요가 있는 작물을 가까이서 식별하여, 초기 단계에서 농부들이 조치를 취할 수 있도록 함.
- 현재 다양한 기능을 갖춘 농업용 드론의 가격은 프리시전 호크 랑카스터(Precision Hawk Lancaster) 모델의 경우, 약 25,000 달러로 초기 투자비용이 들지만, 구입 후, 절약하는 인건비와 시간을 감안할 때 충분한 가치가 있는 것으로 추산됨. 농업용 드론의 가격은 간단한 기종은 약 1,500 달러에서 시작하는 것으로 알려짐.
- 드론은 다른 기술과 도구와 함께 스마트 농법(Smart Farming)을 가능하게 하여 비용 절감을 도우며, GPS 기술을 이용, 토양의 샘플로 격자(grid)를 만들어, 직접 농장을 밟는 대신 어떤 비료를 사용해야하는 지 등을 분석함. 수백 에이커의 농장의 경우, 30~40개의 샘플이 만들어짐으로 농부들은 이 정보를 소프트웨어에 연결하여 어떤 비료를 어느 곳에 사용해야하는 지 등을 결정함.

- 농부들이 농장에서 트랙터와 연결된 정밀농업 시스템을 활용하여 태블릿 PC와 터치스크린, 제어 패널 등을 통해 파종이 준비되었는지를 점검하고, 파종 조건 등을 입력하면, 트랙터가 자율 운행을 시작하여, 파종을 시작함. 같은 과정으로 비료와 수급을 관리함.
- 드론이 다양한 농업 작목과 축산업에 활용되고 있으나, 실제 활용도는 벼농사에서 가장 높음. 살충·제초제 활용, 종자의 파종에 활용되며, 가축의 수정적기 파악도 번식률을 크게 향상시켜줌.
- 매사추세츠 공과대학(MIT)에 의하면 드론으로 농약이나 비료를 살포할 경우, 지형 및 식물의 높이를 분석해 최적의 고도에서 정확한 양을 분사할 수 있기 때문에, 트랙터를 이용할 때보다 5배정도 빠르며, 비용 절감 및 수질 오염 방지 효과가 있다고 함. 또한, 작물의 감염, 수분 상태, 성장 속도 등을 실시간 확인하고, 병충해를 빠르게 확인해 피해 확산을 방지하게 함.
- 2018년 농업 전문지인 ‘팜저널(Farm Journal)’ 이 미국 농업 인구를 대상으로 한 조사에 따르면, 31%가 드론을 곧 도입할 예정이라고 함. 회계법인인 프라이스 워터하우스 쿠퍼스는 2020년 세계 드론 시장규모가 약 1270억 달러에 달하며, 그 중 농업용 드론 시장은 25%인 324억 달러로 전망된다고 발표함. 농업용 드론이 미래 드론 시장의 80%를 차지할 것이라는 전망도 있음.
- 미국에서는 스타트업 업체를 중심으로 농업용 드론 기술 개발이 활발하며, 특히 신기술 기반의 벤처기업이 이 중 80%에 이르는 것으로 알려짐.
- 농업용 드론의 주요 역할 요약
 - ▶ 토양과 농장 분석(Soil and Field Analysis) : 농업 전체 과정에 걸쳐 토양의 질과 상태를 파악하고, 3D지도를 만들어 판단, 분석할 수 있도록 함. 이는 농부들에게 가장 효율적인 파종, 재배를 가능하게 하고, 지속적인 모니터링으로 적절한 수급과 영양 보급을 수행하는 것을 도움.
 - ▶ 파종(Seed Planting) : DroneSeed와 같은 드론을 이용해 57 파운드에 달하는 묘목 씨나 살충제, 비료, 물을 싣고 비행하면서, 작업을 수행함. 드론 파종과 화학제 분사는 가장 적절한 곳에 적절한 양의 자원을 보급하는 것을 돕고, 시간과 인력을 절약함.
 - ▶ 분사(Crop Spraying and Spot Spraying) : 작물은 지속적으로 비료와 영양을 보급해야 하는데, 전통적으로 농부가 트랙터나 경비행기를 이용하여 수행하던 비효율적이고 어려운 작업을 드론을 이용하여, 효율적이고 안전하며, 저렴한 비용으로 수행하게 함. 드론은 프로그램에 따라, 자동으로 작업을 수행하며, 정확한 위치에 분사(Spot Spraying)함으로써, 자원의 낭비를 방지하고 환경을 보존함.
 - ▶ 지도만들기와 서베이(Crop Mapping and Surveying) : 드론을 이용해 광활한 농장을 실시간으로 모니터링하는 것이 용이한데, 항공기와 달리, 낮은 고도의 작물에 근접하여 자세한 분석을 이끌어내어 작물의 건강을 유지하고, 필요시 빠르고 정확한 조치를 취할 수 있게 함.

- ▶ 관개 모니터링과 경영(Irrigation Monitoring and Management) : 관개는 어려운 작업으로 알려져 있는데, 열감지 카메라가 장착된 드론을 이용하여 수급이 필요하거나 문제가 있는 곳을 알아내어, 적절한 양의 관개를 유지할 수 있도록 하여, 생산성을 높임.
- ▶ 실시간 가축 모니터링(Real-Time Livestock Monitoring) : 가축용 드론은 열 감지 카메라가 장착되어 가축들을 개별적으로 관리하는 것을 도움. 농부들이 가축의 상태를 모니터링하고, 적은 비용과 인력으로 작업을 수행할 수 있도록 함. 또한, 드론을 이용해 가축의 수와 건강상태, 수태기, 천적 등을 파악함으로써, 농장경영에 많은 비용 절감 혜택을 가져옴.

〈 GPS와 드론 등을 통한 농지와 작물 상태 분석 〉



- 드론 타입은 다기 회전날개(multi-rotor)와 고정날개(fixed wing)가 있는데, 회전날개에 기반을 둔 드론이 사용이 간편하고, 비용이 저렴해 농업용으로 인기가 있음. 센서는 동영상과 고정 이미지 카메라, 영양부족, 해충 피해, 비료와 수분 상태, 토양 상태 등을 관찰할 수 있도록 하는 다중스펙트럼(multispectral)과 고스펙트럼(hyperspectral), 데이터를 수집하고, 3D 영상을 제공하는 광선 레이더(lidar), 토양과 식물의 온도를 감지하는 열감지기계(thermal) 등을 포함함. 이들은 GPS 시스템과 결합한 소프트웨어는 농부들에 의해 조정되거나 자동 운영을 가능하게 함. 현재, 농업용 드론은 FAA(Federal Aviation Administration)에 의해 상업용 드론 운영으로 간주되어, 사용을 위해서는 원격비행 자격증(Remote Pilot Certificate)을 획득해야함.
- GPS와 자율주행차량 시스템은 농업혁명의 초기단계에 시작되어, 지난 20년간 정밀농업과 자동화로 농장경영의 혁신을 이끌어왔으며, 곡물에 따른 다양한 농지의 관측, 측량, 응답 시스템이 진화되어, 기구 활용의 극대화과 비료, 물, 살충제 등과 기구 활용의 극대화를 가능하게 함.

- GPS는 위성 네비게이션 시스템에서 제공되는 것으로 어떤 날씨 조건이나 지구상에서도 장소와 시간정보를 제공함. 미국정부에 의해 관리되어 지구상 누구나 사용할 수 있는 GPS 위성으로부터의 정보는 지구상의 위도와 경도, 라디오 무선신호를 바탕으로 24개의 궤도 위성을 통해 제공됨. 4개의 GPS에 오는 신호를 통합 분석하여 지구상의 위치를 알려주는 이 고기술 버전은 삼변측량(trilateration)이라고 불리움.
- 자율운행 트랙터는 일반적인 자율운행자동차와 다르게, 운행 로에 차선이 없으며, 트랙터 후드에 있는 장치를 통해 쟁기질을 하고, 나무 등을 표식으로 앞으로 진행하기도 하며, 30미터 정도의 넓이를 측량해 움직이기도 하면서, 경작과 동시에 계속 주변을 감지함. 인치까지 정확하게 측정할 수 있는 GPS 기술로 자율운행 트랙터 운영자는 진로를 확인하여, 행로가 겹치지 않도록 함(autotracc guidance system). 파종에 있어 중요한 깊이, 면적, 거리 등의 정확도를 높임.
- 기존의 트랙터보다 가볍고 작은 HFHa's(HandsFree Hectare)와 같은 자율운행 트랙터는 레이저 스캐너 안전시스템과 함께, 드릴과 분사 모드를 선택하고, GPS 기반의 드론 자동파일럿 시스템을 사용하여, 파종할 곳에 제초작업을 하고 파종을 함. 파종 후에는 토양과 식물의 샘플을 채취하는 어려운 과정을 수행함. 드론이 식물의 성장함에 따라 다양한 이미지를 채취하고, 다양한 농화학제(비료, 제초제, 살충제)들을 데이터를 기반으로 적용하며, 자율운행 트랙터를 사용하여 수확을 함.

(3) 인공지능(AI, Artificial Intelligence)과 로봇(Robotics)

- 2017년 인공지능 개발사인 블루리버 테크놀로지(Blue River Technology)는 실리콘밸리와 제휴하여 소프트웨어의 개발과 교육, 로봇의 적용을 가능하게 함. 자율주행 기술, 컴퓨터 비전, 원격운행, 텔레매틱(telematics), 클라우드 기반 모바일 응용 기술 등을 통해 농업 수확을 두배, 세 배로 증가시키는 것을 목표로 함.
- 토양의 양상, 고도, 미세 환경 등의 다양함으로 농장은 농지를 각각 다르게 관리해야 하는데, 이런 정밀농업에 인공지능을 통한 로봇 시스템과 자율주행 기술이 기여함. 1997년부터 사용된 GPS 기술과 최근의 IoT기술과 인공지능, 로봇이 연합하여, 농업 생산성에 가장 중요한 활동인 파종, 급수, 수확 등의 주요 기능을 수행하고 있음.
- 파종은 특히 복잡하고 섬세함이 필요한 과정으로, 모종을 실은 트랙터가 파종을 할 곳의 토양에 모판을 만들고, 밭고랑을 일구어, 구분된 종자들이 알맞은 위치에 깊이와 간격으로 뿌려질 수 있도록 함. 인공지능은 땅의 상태를 파악하여 자동으로 파종을 할 수 있도록 함. 수급과정도 정밀함을 요구하는 단계로, 미국 환경보호국(EPA)에 따르면, 잡초는 연간 110억 달러를 낭비하게 하는데, 블루리버(Blue River)사의 'Seed & Spray' 와 같은 로봇은 잡초와 곡물을 밀리미터까지 구분하여 정확히 제초제를 사용하여 곡물 생산량을 증가시키고, 제초제를 90%까지 절약하므로, 환경에도 이롭다고 함.

< 농사에 활용되는 로봇 >



출처 : Derek Poore

- 수확 시에도 인공지능 각각의 곡물에 맞게 셋팅된 날을 사용하여 수확함. 이는 농부들에게는 고무적인 것으로 인공지능에 입력된 농경 지식을 기반으로 다양한 상태와 곡물에 따라 다양하게 작업이 수행되며, 인공지능의 경험이 많아질수록 기능은 더욱 나아짐. 로봇이나 농기구에 장착된 카메라와 컴퓨터, 컴퓨터 영상, 기계학습 등을 통해, 인공지능은 정확한 파종과 수확을 하여, 농부들의 시간과 경비를 절약하고, 수확을 증가시킴.
- 인공지능은 농생산에서 유통까지 스마트 공급체인을 구축하는 데 중요한 기능을 제공하며, 농업혁명에 중요한 소구 요소인 식품의 안전성과 환경지속성을 더함. 특히, 소비자들의 증가하는 요구인 환경지속성, 식품의 안전성, 적절한 가격, 고영양의 식품 산출에 중요한 역할을 담당할 것으로 전망됨.
- 인공지능의 역할은 센서를 통해 농부들이 농장에서 일어난 모든 A/B 테스트를 저장하고, 날씨, 온도, 수분, 토양요인 등을 분석하여 도구사용을 최대화하고, 재배조건을 개선하며, 낭비를 줄이고, 수확을 증대시키는 것을 도움. 인공지능 없이는 농부들이 농사에 영향을 미치는 다양한 요소를 끊임없이 스스로 분석하고 판단을 내려야함.
- 농업용 로봇은 고화질 카메라 기능이 장착되어 디지털 토양과 곡물 데이터를 모니터링하는 부분과 데이터로 작업을 수행하는 부분으로 이루어짐. 10 헥타르 면적의 농장을 위해서 IoT, 인공지능 소프트웨어와 기기가 연합하여, 약 200개의 토양지도가 준비되는데, 데이터는 사진, 근적외선, 초분광 이미지 등을 이용하여, 곡물과 잡초를 구분하는 것을 돕고, 식물세포의 상태를 파악하며, 토양의 화학물 상태를 관찰한 후, 농장 서버의 인공지능 소프트웨어를 통해 데이터가 클라이드에 업로드됨. 다른 한 편으로는 인공지능을 훈련하여 로봇을 통해 운영시스템을 운영하게 함.

- 노동집약적이고 같은 일이 반복되는 기준화된 작업이 많은 농장 운영과정이 자동화로 대체되는 경향이 증가하면서, 농장용 로봇인 AgBots이 등장하여 다양한 과정에서 사용되고 있음. 궁극적으로 새로운 스마트 장비들은 적은 노동력으로 더 많은 생산을 가능하게 함. 농기구 전문기업인 CNH Industrial에 의하면, 2016년 트랙터의 자동화에 이어, 현재는 빅 데이터를 이용해 실시간에 위성으로부터 날씨 정보를 받고, 사람이 관리하지 않는 시간에도 독립적으로 모든 작업을 수행할 수 있는 시스템이 구축됨.
- 파종은 농업 단계에서 사람의 손이 많이 필요한 작업단계로 종자에 따라, 정확한 위치에 정확한 깊이로 씨를 뿌리는 것이 중요한데, 정확한 파종 로봇은 매핑(mapping)과 센서를 이용해, 토양의 질, 밀도, 수분, 영양수준을 알아내고, 정확한 위치와 깊이에 파종을 하는 것을 가능하게 하므로 많은 자원의 낭비를 방지하고, 수확을 극대화 하게 함.
- 지면밑 관개(Subsurface Drip Irrigation, SDI)는 자동 급수에 활성화된 방법으로 IoT가 센서와 결합하여, 수분상태와 식물의 상태를 모니터링함. 인공지능은 농부들이 급수하는 시기와 양을 관리할 수 있도록 하고, 농부들은 필요시에만 개입하고, 거의 모든 급수 작업을 로봇을 이용해 자동으로 수행함.
- 잡초와 곡물관리(Weeding and Crop Maintenance)는 로봇과 인공지능의 주요 역할로, 예를 들어, 디어필드 로봇사의 보니롭(Bonirob) 로봇은 자동차와 비슷한 자율운행차량으로 농장을 순회하면서, 비디오, LiDAR, 위성 GPS등을 이용하여 잡초를 구분하고, 인공지능을 통해 작업을 수행함. 로봇은 트랙터 뒤에서 들려져서, 영상 시스템으로 곡물의 싹과 잡초를 구분해 제거함. 이런 기능의 로봇은 센서, 카메라, 분사기 등을 이용해 병충해를 찾아내고, 살충제를 적용함.
- 수확(Harvesting from Field, Tree and Vine)단계에서, 인공지능과 로봇은 날씨와 제한된 수확시기를 판단하고, 결정함. 자동화시스템과 자율운행 트랙터로 수확이 가능하며, 장착된 로봇은 센서와 IoT와 연결되어 더 섬세한 기능을 담당함. 로봇은 곡물 수확 외에도 성숙한 과일이나 토마토와 같은 채소를 나무나 가지에서 따는 데 이용됨. 엔지니어들은 이런 섬세한 과정을 수행할 로봇을 고안하였는데, 예를 들어, 파나소닉사의 토마토 따기 로봇은 섬세한 카메라 작동을 통해 토마토의 색과 모양, 위치로 열매의 성숙함을 판단하고, 가지와 열매가 손상되지 않도록 섬세하면서도 떨어지지 않도록 열매를 잡아서 토마토를 딸 수 있도록 고안됨. 또 다른 모델은 ‘어반던트 로봇(Abundant Robotics)’ 이라고 불리는 진공력에 의한 사과 따기 로봇으로 사과나무에 놓인 컴퓨터 영상을 통해 수확시기를 결정함.

- 향후의 농업용 로봇(agbot)은 IoT 시스템과 함께, 지속적으로 농장을 순회하면서, 센서를 통해 곡물들을 관리하고, 가장 적절한 시기에 수확을 자동으로 시행할 것임. 농장용 자동로봇의 중요한 개념은 인력을 줄이고 효율성을 증가시켜 수확의 질과 양을 증가시키는 것으로 농부들은 그들의 시간을 힘든 육체적 노동보다는 농기구 수리, 로봇 코딩, 데이터 분석, 농장운영 계획 등에 시간을 보낼 수 있게 될 것으로 예상함.

(4) 5G 테크놀로지와 클라우드 기반의 구축

- 5G 기술은 산업혁명을 위한 기술의 발전을 위해 필수적인 것으로 5G 무선 브로드밴드 기술은 낮은 무선 속도를 초당 1GB까지 올려놓지만, 미국 농촌에서 아직 보급되지 않은 지역이 많아 산업혁명 적용에 지체요인이 됨. 향후, 5G의 사용은 실시간으로 도구들을 연결하여 정밀농업을 도우며 농업의 혁명을 가속화시킬 것임. 현재는 4G LTE 모뎀이나 WiFi, 블루투스 등이 사용되고 있는 농장이 많음.
- 농장에 있는 기구들은 클라우드(cloud)로부터의 스트리밍 데이터를 통해 실시간으로 서로 소통하여, 농부들이 여러 개의 기계와 소통하는 것을 도움. 현재는 기계간의 소통에 30~60초가 걸리는 데 반해, 5G 기술이 적용되면 1초 이내에 데이터교환이 가능해짐. 현재미국에서 나무가 많고 인구밀도가 낮은 농촌 지역에서 5G 연결이 되는 것이 모두 가능한 것은 아니지만, 향후 기술이 보편화될 경우, 농업혁명이 빠르게 이루어질 것임.
- 농업용 IoT 센서를 장착한 기구들은 빠르고, 신뢰성 있는 무선 연결 시스템을 통해 전송되어야하므로, 모바일 브로드밴드의 인프라가 선행되는 것이 관건임. 이와함께, 생산의 효율성을 높이고, 농산물의 질을 높이는 스마트농업과 정밀농업이 진보된 기술을 이용하여 가속화될 것으로 전망됨.

4. 4차 산업혁명에 따른 농업제조공정 변화의 사례

가. 농산물 농장과 4차 산업혁명

- 1800년대부터 가업으로 이어져 온 농장을 운영하고 있는 테네시주의 포틀랜드의 크래프톤 팜(Crafton Farm)의 농장주인 크래프톤은 1,2,3차 혁명보다 현재의 4차 혁명이 농장업에 비약적으로 발전을 가져옴을 실감한다고 함. 드론, 위성 이미지, 정밀농업으로 경비절감과 수확에 도움을 주고 있으며, 그의 2,500 에이커의 ‘Crafton Farm’ 에 중요한 변화를 일으키고 있다고 함. 기술의 발달로 인한 농산업의 변화는 농기구들의 광대한 IoT 센서 적용으로 토양의 수분을 측정하고, 드론이 곡물의 상황을 점검하고 있다고 함.
- 크래프톤 농장은 위성기술을 이용하여 비용절감효과를 증진하고 있는데, 태블릿 PC의 위성 영상을 보면서 농장 상황을 분석함으로써, 40개가 넘는 농장을 일일이 직접 점검하지 않고도 위성 이미지를 통해 매일 관찰하고 문제가 있는 곳을 방문함. 위성은 또한 광활한 농장에서 방문해야 할 곳을 정확하게 찾아내어 조치를 취함으로써, 비료와 자원을 현저히 절약하고 효율적으로 사용하는 것을 돕는다고 함.
- 디지털화된 크래프톤 농장은 전통적인 농법에 비해 효과적이고 환경 친화적인데, 정확도를 높인 정밀농업 경영을 하고 있고, 트랙터들이 자율 운행하며 수확한다고 함. 농장은 기술의 노하우를 위해 농학자들의 도움을 받고 있음.
- 인디애나 주의 퍼듀대학의 농경학 연구와 교육센터(the Agronomy Center for Research and Education)는 수확의 효율성을 높이는 방법을 지속적으로 연구하면서, 기술자들을 지원하고 있으며, 샌프란시스코의 실내 농장(Indoor farms)은 탄소 생태발자국(carbon footprint)을 현저히 줄이면서 운영하는 수직농법을 지원하는 등 활발한 산학연계 연구가 이루어지고 있음.

< 퍼듀 대학의 농경학 연구 센터와 농장 >



출처: TechnoRepublic

- 2018년 5월, 아이오와 주의 본더런트(Bondurant)의 농장주는 수천 에이커의 농장에서 대형 자율운행 트랙터와 연결된 정밀농업 시스템을 활용함. 수확용 트랙터에 태블릿 PC와 터치스크린, 제어 패널 등이 탑재되어, 파종이 준비되었는지를 점검하고, 파종조건 등을 입력하여, 트랙터가 자동 운행하면서 파종을 함.
- 브라이트 코튼 컴퍼니(Blythe Cotton Company)는 노동력이 저렴한 시기에는 3,500 에이커의 농장을 많은 농부가 운영해왔는데, 디젤 연료의 가격이 비싸지면서 농촌 인력이 지역을 떠나기 시작하면서, 농장의 변화가 필수적이 됨. 최근에는 산업혁명 기술의 혜택으로 5사람의 노동력을 기구와 기술과의 협력으로 극대화하게 되었으며, 유기농 시장 변화에 의해 다시 발전하게 되었음. 농장운영에는 수확량 증가와 함께, 순수익의 증가가 중요한 요소인데, 순수익을 증가시키면서도, 이전의 하루 12~20시간 노동을 줄이고, 가정에서의 여가시간을 늘이게 된 것도 기술발전의 중요한 혜택이 되었다고 함.

나. 축산 농장의 4차 산업혁명

- 산업혁명은 가축농장의 생산방법과 시스템에도 현저한 변화를 가져왔으며, 결과적으로 인력을 덜 사용하면서 가축들이 더 건강하게 높은 생산을 할 수 있게 함. 새로운 전략으로 정밀한 경영이 가능하며, 기술의 혜택은 생산을 가속화시키고, 시장 경쟁력을 강화시킴.
- 축산농장에서 필요한 주요 기술은 전자기록, 수유, 열감지, 무게감지, 자동견인, 유전자 개선, 사육, 축사환경 최적화, 건강기록 등으로 산업혁명의 기술을 적용하는 농장은 IoT 센서를 이용하여 작업을 수행함. 또한, 단백질체학(proteomics)과 유전체학(genomics)의 발달로 새로운 생체지표가 발견되어 가축의 병을 초기단계에서 발견할 수 있게 됨. 이런 분석은 빅데이터를 이용하여 더 섬세하게 발전하여, 축사와 온라인 모두에서 관찰될 수 있게 되어, 더 빠르고, 적은 경비로 수행될 수 있게 됨. 산업혁명 기술은 농부들에게 더 쉽고 간편하게 농장경영과 계획을 하는 것을 도움.
- 4차 산업혁명 기술은 가축과 농부의 웰빙을 최대화하기 위한 근거를 제공함. 세계적으로 가축농장의 수가 적어지고, 대형화되는 경향과 농산물 비용과 육류가의 정부의 개입 등으로 수익률이 이전보다 줄어드는 경향 속에서 최근에는 소비자보호, 일관된 질 관리, 자연식품, 무병원균 식품, 동물성 전염병 등의 방지, 동물보호 등을 모두 고려해야 하는 것이 축산농장들에게 요구됨. 이런 제반 문제들을 인력에 의해서 관찰하고, 불구나 열이 있는 가축을 식별해내는 것은 어려운 일인데, 산업혁명 기술은 이를 도와 효율적이고 신뢰성 있는 정보와 판단을 제공함.

- 가축들이 광활한 방목장에 있는 동안 드론을 이용하여 가축들의 상태와 수를 확인하고, 울타리를 점검함. 또한, HD 영상온도계와 야간에도 가능한 카메라와 드론 등을 이용해 천적 동물들의 진입을 방지하고, 가축들을 보호함.

< 젖소 농장의 4차 산업혁명 >



출처 : FutureDairy, NewsScientist, Wbur, Dairy Herd Management

□ 가축농장의 4차 산업혁명 기술의 주요 역할

○ 가축 자동식별(Automatic Identification of Animals)

가축 식별은 소유주 증명, 생리적 안전유지, 기록 유지, 효율적인 농장경영, 등록, 보험, 도난방지 등 다양한 이유로 수행되며, 가축농장 경영에 매우 중요한 부분으로, 기록을 보존하고, 경영을 개선하는 것을 도움. 자동인식 시스템은 크게 두 가지 방법으로 응용되는데, 자동무선기술은 핵심부문으로 축사 내부의 안테나나, 작동된 경로를 통한 제어 장치로 동물을 식별함. 다른 하나는 건강상태나 출산 기록 등의 사건 기록으로, 자동식별 시스템은 간단한 기록을 수집, 저장하고 가축의 코드에 따라 보여주는 것임.

어플리케이션은 휴대 가능한 안테나 자동 무선기를 사용하여, 가축 가까이 가져가면, 개별 동물에 관한 신뢰성 있는 정보를 보여줌으로써, 육안으로 식별할 때의 오류를 줄임. 지속적인 데이터 입력과 기록도 휴대한 안테나를 통해 이루어지며, 이런 장치는 특히, 작은 반추동물 농장이나 돼지 농장주들로부터 관심을 끌고 있음. 전자식별과 모니터링은 주로 라디오 주파 시스템에 의해 수행됨.

○ 라디오주파 식별 시스템(RFIS, Radio Frequency Identification System)

RFIS은 최근 가장 진보되고 효율적인 기술로 다양한 유제 산업전반에 걸쳐 응용되고 있음. RFIS는 전자무선 기술에 의한 자동데이터 수집을 도와 가축 사육에 빠르게 이용하고, 경영을 개선하도록 함. 무선시스템은 실리콘칩과 안테나를 가지고 있으며, 실리콘칩은 12자릿수의 식별코드와 3자릿수의 국가코드를 지님. 다른 종류의 안테나와 꼬리표가 있어, 라디오주파수 영역에 따라 모양과 크기가 다른 경우도 있음.

○ 착유 자동화(Milking Automation)

자동 착유는 인간의 노동 없이 자동착유 시스템(Automatic Milking Systems, AMS)과 자발적 착유시스템(Voluntary Milking Systems, VMS)에 의해 20세기 후반부터 사용됨. 착유는 몇 가지의 과정이 결합된 것으로 착유와 약 300일간의 분유기 동안 우유를 유지하는 과정을 관리함. 착유과정은 우유 보급이 가능한 소를 분류하고, 검사와 세척, 착유기 부착, 착유, 착유기 분리 등임. 자동착유장치는 우유의 온도, 전도율, 색, 착유 속도 등을 조정하고, 착유시간과 양, 젖소의 무게, 활동량 등을 조정하여 총괄함.

자발적 착유 시스템은 착유기에 젖소가 선택적으로 접근하도록 하는 것으로, 젖소가 사료 섭취를 위해 기계에 접근할 때, 전자 꼬리표 시스템을 통해 착유가 가능한 젖소만 스마트 게이트를 통과하게 하여, 착유를 진행하는 과정임.

젖소들은 자동 비로 유두가 세척이 된 후, 센서를 통해 펌프가 섬세하게 로봇 팔에 의해 부착되고, 다른 센서는 우유가 나오는 과정을 모니터링하여, 넘치거나 모자라지 않도록 함. 착유 후에 젖소들은 세척이 되고, 우유는 탱크에 모아져 걸러지고 냉장됨.

○ 자동 급식(Automatic Feeding)

가축들에게 자동 급식을 하는 로봇은 ‘트라이매틱(Triomatic) T40 피드 키친’ 등으로, 사료나 건초 등을 블록이나 원판에 싣고, 건초 등을 자르고, 정확하게 급식할 수 있도록 고안됨. 트라이매틱 T40을 통해 가축들은 그룹별로 각각 다르게 급식을 정확하게 받을 수 있도록 프로그램됨. 사료나 건초는 며칠간 보관되어, 농부들의 노동 시간을 줄여주는데, 이 시스템은 걸어놓거나 바퀴달린 로봇형태임.

○ 자동 발정 탐지(Automated Oestrous Detection)

소의 발정시작을 탐지하는 것은 일반적으로 어려운 일인데, 이는 매 21일마다 12-18시간 지속되고 오후 10시에서 다음날 아침 8시 사이에 나타남. 가축을 모니터링하는 기구는 지속적으로 소의 온도를 측정하여 발정이 시작되는 시간을 알아냄. 이 시스템은 인공 수정의 최적기는 시작 후 16시간 후라는 것을 인지하여, 농부들이 최적기 4시간 전부터 준비할 수 있도록 함.

다. 실내 농장, 수직 농장, 로컬 푸드

- 뉴욕 트라이베카 지역의 Farm.one은 디지털 기술을 이용한 유기농 수경재배 농장으로 햇빛과 자연강우에 없이 실내에서 조명과 습도, 물을 이용하여 식용 야채와 허브, 꽃 등을 생산하여 로컬 식당과 소비자들에게 보급하는 로컬 실내농장임. 이 곳에서는 수백가지의 샐러드 재료와 허브들의 다양한 재배조건과 상태, 수급과 파종 등을 소프트웨어 프로그램을 통해 제어관리하며, 바코드와 Q마크 등을 통해 각 채소들의 데이터를 분석함.
- 이곳의 식물들은 소프트웨어 엔지니어였던 창업자가 만든 프로그램에 의해 각각의 식물에 가장 적절한 온도, 영양, 수분 등의 조건과 타이밍이 입력되어 운영되고 있으며, 화학 살충제나 제초제, 거름 등을 전혀 사용하지 않고, 깨끗한 물과 LED 조명, 무공해 토양 스폰지 등으로 재배되어, 로컬 푸드와 환경 보호의 모델이 됨.
- 디지털과 인공지능 기술로, 흙과 햇빛이 필요 없는 스마트한 수경재배가 도시지역에서 가능하게 됨. 실내 농장 외에도, 맨해튼 외곽 브루클린이나 롱아일랜드 시티 등에 건물 옥상을 활용한 야외 채소 농장인 '브루클린 그레인지(Brooklyn Grange)' 등에서는 디지털 프로그램을 이용하여, 효율적인 로컬 농장과 자연학습장을 운영함. 이들은 에너지와 자연을 절약하여 환경보호에 기여함. 과채 외에도, 물고기가 배출하는 질소를 식물 재배에 이용하고, 식물의 산소를 물고기 수조에 공급하는 방식을 이용하기도 함.
- 수경재배(Hydroponics)는 적은 양의 토양이나 영양수로 재배하는 방식으로 대부분의 실내 농장에서 운영하는 방식으로 유기농법과 연관됨. 개별 채소와 과일의 재배 조건과 성장을 소프트웨어로 기록하고, 데이터를 관리함.
- 수직농장(Vertical Farming)도 주로 좁은 실내공간이나 온실을 최대한으로 활용하기 위한 농법으로 실내에서 영양수를 이용한 무화학성분의 경작이 이루어지는 경우가 대부분임. 수직농장 시설은 로봇에 의해 모니터링 되고, 수확되기도 함.
- 생태학적 농업(Bio-Farming)은 토양의 미생물의 상태를 계측하는 것에 기반을 두고 있으며, 토양에 필요한 미생물, 영양소와 퇴비 등을 균형 있게 적용함. 주로 무화학성분의 천연 유기농 재료를 원료로 재배함.

< 디지털 기술을 이용한 실내농장과 수직농장 >



5. 정책과 향후 전망

가. 전통적인 농업제조 공정의 위기와 기회

- 세계 식량공급 문제를 해결을 위해서는 기술 발전도 필수적이지만, 국가적 제도와 정책도 이를 위해 뒷받침되어야함. 미국에서는 USDA의 정책과 기금할당, Farm Bill등이 농업혁명의 연구와 발전에 중요한 부분이므로 농업연구기금기구인 SOAR 재단의 전문가들은 USDA의 연간 연구재정이 생산성 증가와 자원보존을 위해 증가되어야 한다고 함. 경작지의 감소도 미국 농업의 주요 문제로, 미국 농지 보존(The American Farmland Trust) 협회는 미국의 40 에이커 이상의 농경지가 매 시간 개발을 위해 줄어들고 있다고 하며, 과학자들은 세계적으로도 2% 이상의 고생산성 재배지가 도시화로 줄어들고 있다고 함.
- 이런 농업제조 공정의 위기 속에서 4차 산업혁명을 통한 기술 발전은 농부들의 전통적인 장애요소들을 대부분 해결할 수 있도록 도우며, 광범위하고 다양하게 적용될 정밀 농업을 통해, 20년 후의 농업은 현재와 현저한 차이를 보일 것이라고 함.
- Poore and Nemecek의 2018년 보고서에 의하면, 육류와 유제품의 소비가 줄어들려는 경향은 있으나, 농경지의 부담과 환경훼손을 줄이기 위해 더 많은 노력이 필요하다고 함. 육류, 곡물, 유제품, 달걀생산은 세계 농지의 83%를 점유하고 있으며, 56~58%의 가스를 방출하는 반면, 인류가 필요한 칼로리의 불과 18%와 필요 단백질량의 37%를 보급하는 것으로 조사됨. 동물성을 피하는 식습관으로 전환되면, CO2 온실 가스 방출이 66억 MT으로 49% 줄어들어 환경보존에 기여할 것이라고 함. 육류생산의 감소를 디지털 기술로 연구실에서 배양된(lab-grown) 육류로 대체하는 것이 환경에 이로운 이유임. 식량 증산을 위해서는 경작지를 늘이거나 생산지를 늘이는 것인데, 지난 50년간은 한정된 농지에서 생산성을 높이는 집중화에 의지함. 4차 산업혁명을 통해 생산성을 높이는 한편, 농지가 아닌 연구실에서 배양한 육류 생산과 소비를 늘이는 것도 해결방법 중의 하나임.
- 실제로, 곡물 생산을 위해 1961년부터 2014년까지 16%의 재배지만이 증가한 반면, 생산성은 280%로 증가하였는데, 같은 기간 세계인구는 136% 증가하였으므로, 1인당 시리얼 생산량이 인구 증가의 두배가 되었다는 것을 시사함. 4차 산업혁명 기술은 제한된 농지에서의 생산성을 배가시켜 현재 농업제조의 위기를 극복할 수 있게 할 전망이다.

- 세계 제2차 대전 이후의 녹색혁명(Green Revolution)으로 농법에 기술이 도입되고, 수확 종자, 농화학제 발전(비료, 살충제, 제초제 등), 관개, 농기계화, 농업의 산업화, 유전자변형(generally modified, GM)곡물 등으로 생산성에 놀라운 변화를 가져옴. 반면에, 비용이 증가하고, 오염물질 발생, 제초제와 살충제의 내성 증가, 환경파괴 등을 불러오기도 함. 기존의 농장에서 생산성을 증가시키면서도 환경파괴를 최소화하고 생태계의 다양성을 유지하는 것이 과제로 부상하였으며, 4차 산업혁명이 전통적인 농업의 위기를 극복할 것으로 기대함.
- 4차 산업혁명 이전의 농업의 주요 단점은 트랙터, 분사기, 수확기 등 대형의 무거운 기계를 사용해야했으며, 파종시의 토양 작용은 생산성의 중요한 요인이었으며, 수확 증산을 저해하는 요소가 되기도 함. 또한, 저용해성의 문제로, 예를 들어, 농약이 농장에 넓게 분사될 때 많은 양이 목표를 벗어남으로써 자원이 낭비되고, 환경오염과 생태계에 해를 주기도 함.
- 골드만 삭스는 2016년 보고서인 “Cheating Malthus with Digital Agriculture” 에서 4차 산업혁명 기술을 적용하는 농장은 정밀파종과 정밀한 영양분사, 정밀 급수, 자율운행 적용 등으로 2050년까지 70% 이상 농업생산량을 증진시키는 것을 가능하게 할 것이라고 함.

나. 정책과 전망

- 세계경제포럼(WEF)의 최근 리포트에 의하면, 농식품 분야의 비효율성과 시장 실패 등은 많은 기술기업들의 관심을 불러일으켜왔는데, 이는 4차 산업혁명을 활발하게 적용하려는 업계의 동력이 되기도 함. 지난 수년간 세계의 농식품 사업가들과 기술자, 정책입안자, 연구자들이 모여 포럼을 열어옴. 예를 들어, 밀라노의 Seeds & Chips나 스톡홀름의 EAT 포럼은 이런 토론의 장으로 열기를 더함. 식품산업에서 식품 낭비를 줄이기 위한 연구 데이터 분석 스타트업 기업들이 탄생하고 있으며, 환경 보존과 식품 유통의 효율성을 연구하여, 기아와 낭비를 줄이고, 농부들이 더 가치 있는 생산을 할 수 있도록 연구함. 기후변화에 더 적응하고, 더 영양가 있고 안전한 산물 생산을 도모함. 일부 정책은 더 나은 생산을 위한 식품 시스템을 고무하고 있음이 확실한데, 예를 들면, 녹색 인증(Green Certification) 전략, 소비자가 이해하기 쉬운 영양정보, 지역 조달 정책과 인센티브 정책 등이 모두 더 나은 식품생산과 환경을 보존하는 농식품 체계를 목적으로 함. 유럽연합의 공동 농업 정책의 개정은 화학비료 사용을 줄이고, 수확물을 다양화하고, 에코시스템을 위해 비용을 지불하는 등을 농부의 기본 수준의 유지와 고생산 지원과 함께 계속하고 있으며, 2019년 7월에는 4개의 글로벌 식품 기업인 다농(Danone), 마르스(Mars), 네슬레(Nestlé), 유니레버(Unilever) 등이 연합하여, 미국의 환경보호와 식품영양 정책에 앞장서기로 선언함.

- 미 농무부(USDA)의 보고에 따르면,²⁾ 4차 산업혁명의 일부인 블록체인 기술을 농업분야에 적용하여, 데이터 공유, 실시간 정보 제공 등이 가능하고, 실제 농업에 사용할 수 있는 프로그램이 개발되는 추세라고 함. 또한, 대형 과일 생산제조사인 Driscoll's의 블록체인 과 시험사업 등이 대형 유통 체인인 월마트와 IBM과 함께 '농장에서 매장까지'라는 콘셉트로 식품안전을 위해 추진 중이라고 함. 이를 통해, 소비자들은 예를 들면, 추적 가능한 라벨링(PTI*)을 부착하여 수확일, 제품정보 및 배송정보를 알 수 있음. 또한, Sweetgreen 식당을 사례로 보면, 식품의 투명성을 위해 블록체인 기술을 활용하여, 수요예측 및 작물계획(채소 DNA 활용), 재고관리 및 비용관리를 하고, 운송트럭의 GPS와 온도계, ERP 시스템, 냉장시스템 등을 통해 소비자들에게 투명한 정보 제공하고 있음.

* PTI(The Produce Traceability Initiative) : 농산물 이력 추적 협의체의 약자로 농산물의 수확 시점부터 재배, 수확, 포장, 운송 등의 과정을 추적할 수 있는 방법

- 농장과 소비자 데이터를 적응시키는 것과, 어떻게 건강하고, 다양하고, 경쟁력 있고, 환경을 유지하는 농식품 경제를 이루어나가는 단순히 기술의 문제만이 아닌 정책적으로 방향이 수립되고, 당면한 필요로 대두되면서, 현재 이 부분에 다소 모호한 미 농무부의 입안을 업계는 주시하고 있음. 농산업계는 현재농업의 변화의 정도와 소기업 농업생산자들과 대형 식품기업, 소비자들에게 균형 있는 산업혁명 혜택을 배분하느냐의 문제에 관심을 기울이고 있음.

2) 2019 USDA 농업전망시 Jennifer Tucker(미 NOP/AMS 부국장) 발제 내용 인용(2019.02.21.)

<별첨>

95회 USDA Agricultural Outlook Forum 요약

1. 포럼 개요

□ 주 제 : Growing Locally, Selling Globally

- 농산물 및 세계 시장에 영향을 미치는 이슈 및 동향, 세계 무역동향, 농업 혁신 및 농산물 생명공학 기술의 발전 등 정보공유

□ 기 간 : 2019. 2. 21(목) ~ 2. 22(금) / 2일간

□ 장 소 : Crystal Gateway Marriott Hotel, Arlington, Virginia

□ 주관기관 : 미 농무부(USDA)

□ 주요연사

- 환영인사 : Steve Censky (USDA 부장관)
- Keynote : Sonny Perdue (USDA 장관)
 - 식량부족 문제, 식품안전 규제, 생명공학기술(Biotechnology)의 중요성, 정보의 중요성, USMCA협상에 관해 언급
- 미국 농업경제 & 무역전망 : Robert Johansson (USDA 수석 경제분석가)
 - 미국 농작물 및 축산물 가격 전망, 정부지원프로그램 등 소개
- USMCA(미국-캐나다-멕시코 무역협정) : Sonny Perdue(미국 농무부 장관), Lawrence MacAulay(캐나다 농무부 장관), Victor Villalobos(멕시코 농무부 장관)
 - 21세기 농업혁신을 위한 농업 생명공학이 무역 협정에 포함되어 있기 때문에 각 대표는 정보교환 및 협력을 강화할 계획이라고 함

2. 2019년 미국 농업전망

생 산	교 역
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 농축산물 생산량 증가 ✓ 농산물 가격하락, 농가수입 감소 ✓ 인건비, 연료 등 생산자본 증가 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ USMCA로 북아메리카 시장 강화 ✓ 신규 농산물 교역 확대 (일본, 베트남 등)
소 비	농업정책 및 통상
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 식품가격 지속 하락세 ✓ 중산층 비율 및 구매력 확대 ✓ 온라인 시장의 성장세 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2018 Farm Bill 시행(5년간 4,230억달러) <ul style="list-style-type: none"> - 농작물보험 지원 확대, 영양지원 76% 점유 ✓ FTA 체결에 따른 새로운 수출시장 확대 <ul style="list-style-type: none"> - US·Japan, US·EU 등

□ (농가소득) 향후 10년간 연간 800억 달러 이하로 유지될 것으로 전망

- 2018년 전체농가의 추정 순소득은 660억 달러로 예상
 - 지난 몇 년간 농가소득은 하락세를 보이고 있으나 안정적인 토지 가치의 영향으로 2014년 최고점 대비 약 5% 수준 하락한 것으로 나타남
- 향후 10년 동안 농산물의 실질가격이 지속적으로 하락할 것으로 전망
 - 생산성 증가로 인해 식품생산이 크게 늘어남에 따라 농산물 가격은 점진적인 하락세를 보임
 - 2012년 이후 수요 증가로 인해 재고물량이 감소하였으며, 보복 무역 관세 조치 등이 가격에 영향을 미침

□ (농가부채) 현재 총 부채는 실질적으로 사상 최고 수준에 도달해 있음

- 농산물 실질가격이 낮아 농민들은 운영자금을 위해 부동산 자산을 활용해 왔음
- 자산대비 부채비율은 15%미만으로 1980년대 20%이상이었던 것에 비해 비교적 낮은 편이나, 부채금융은 2013년부터 증가하고 있으며 2018년에는 농가 순소득의 25%에 도달함

□ (농작물 가격전망) 면화를 제외한 주요 작물 등은 소폭 상승 예상

Crop	2019F	%Δ (YoY)	5 year low	2019F	5 Year high
Soybeans (\$/bu)	8.80	+2.3%	8.60		9.47
Corn (\$/bu)	3.65	+1.4%	3.30		3.65
All Rice (\$/cwt)	12.20	+0.8%	10.40		12.70
Wheat (\$/bu)	5.20	+1.0%	3.89		5.20
Cotton (\$/lb)	0.67	-6.9%	0.61		0.72

Data: USDA

- (대두) 2019년 대두 가격은 작년대비 2.3%가 증가한 \$8.80/bushel 전망
- (옥수수) 미국 내 옥수수 사용량 및 시장 점유율은 소폭 하락하여 2018년 대비 1.4% 상승한 \$3.65/bushel 전망
- (곡물) 쌀의 재배 면적을 270만 에이커로 전망하고 2018년 대비 9.8% 감소할 것이라고 함. 가격은 17/18년보다 0.8% 하락한 부셸당 \$12.20 전망
- (밀) 밀 가격은 작년대비 1%가 증가한 \$5.20/bushel 전망
- (면화) 생산량이 크게 증가함에 따라 면화 가격은 작년대비 6.9%가 하락한 \$0.67/lb 전망

□ (축산물 가격전망) 생산량 증가로 전반적인 가격은 하락할 것으로 전망

Livestock	2019F	%Δ (YoY)	5 year low	2019F	5 Year high
Steers (\$/cwt)	118.50	+1.2%	117.12		148.12
Hogs (\$/cwt)	42.50	-7.5%	42.50		50.48
Broilers (\$/cwt)	97.00	-0.8%	84.30		97.80
Milk (\$/cwt)	17.25	+6.5%	16.20		17.65

Data: USDA

- (소고기) 세계적으로 소고기 수요가 꾸준히 유지되면서 소고기 가격은 전년대비 1.2% 증가한 \$118.50 cwt로 전망
- (돼지고기) 아프리카돼지열병(ASF)의 유행이 돼지고기 가격 변동에 영향을 줄 것으로 예상됨. 가격은 전년대비 7.5% 하락할 것으로 추정
 - 낮은 수익성에도 불구하고 강력한 수요에 대한 기대로 새로운 생산시설들이 많이 생김
- (가금육) 올해 평균 \$1.22~\$1.29로 작년 평균 \$1.38대비 하락할 것으로 전망
- (우유) 우유가격은 6.5% 상승하여 \$17.25로 전망

□ (교역전망) 대 중국 농산물 수출 감소 등으로 인해 수출은 총 1.6% 감소될 것으로 전망

- 개발도상국의 중산층 확대가 기대되면서 축산물, 유제품, 곡물 유지작물(oilseed)의 수요가 증가할 것으로 전망
- 농업분야 무역수지는 '17년 회계연도 대비 '18년 회계연도에 44억불 감소한 103불을 기록하였으며, '19년 무역수지는 작년과 비슷한 100억불로 예상

구분	2017년(billion\$)	2018년(billion\$)	증감액
농업 수출	125.56	128.42	2.86
농업 수입	110.84	118.14	7.30
무역 수지	14.72	10.28	△4.44

□ (2018 Farm Bill) Farm Bill은 5년 동안 약 \$4,280억 비용이 소요될 것으로 예상됨

- 농작물 보험(Crop insurance)은 연평균 \$76억, 상품프로그램(Commodity program)은 연간 \$63억, 보전프로그램(Conservation program)은 \$59억 지출될 것으로 예상됨
- 전체적으로 농민 및 축산 농가는 연간 \$200억 미만의 돈을 받을 것으로 예상되며, 총 농작물과 가축의 연간 생산액의 5% 수준일 것으로 예상

3. 미국 식품시장 트렌드와 전망

- (가격 전망) 지난 몇 년간 식품 가격은 다른 부류에 비해 적게 변화되어 낮은 상태로 유지, 가정식보다 외식위주 식품 성장이 커질 것으로 전망
 - 신선과일의 경우 가격이 2018년에는 1% 상승했으며, 2019년에는 추가로 2~3% 인상될 것으로 전망
 - 계란의 가격이 가장 많이 오르고 변동성이 심할 것으로 예상하며 우유와 양배추의 경우 가격이 낮아질 것으로 전망

- (산업추세 및 소비자 트렌드) 온라인 시장의 강세로 슈퍼마켓 산업의 변화가 지속될 것으로 전망
 - 소비자 트렌드*에 맞는 지역 소비자 특징을 고려한 상품 전시 및 행사, 다양한 정보 제공 등이 산업에 필요한 요소로 자리 잡고 있음
 - * 온라인 마켓, 편의성(Convenience), 투명성(Transparency), 제품의 다양성 및 차별화 등
 - 식품의 투명성(Transparency)에 대한 여러 절차들은 건강과 안전 등에 대한 소비자들의 알권리(식품정보, 품질기준적용 등)를 제공할 뿐만 아니라, 식품 생산자 스토리, 이력 등의 정보 제공으로 지역 농촌사회 발전에 기여

2019 FORECASTS, BY RETAIL FOOD CATEGORY




* 2019 품목 별 가격 변동 자료


4. 학교급식

- 학교급식 프로그램의 유연성(Flexibility) 향상을 위한 규정개정 및 추진사항
 - 학생들의 의견을 적극적으로 반영하고 참여를 확대하여 다양한 식생활(미국식, 지중해식, 채식 등)에 맞추어 식품 구성안 제시
 - 학생들의 개인 취향과 문화를 고려하여 건강한 식사 패턴을 선택할 수 있도록 권장
 - 다양한 우유 제공(일반우유, 맛첨가 우유, 저지방 우유 등)
 - 곡류의 50% 이상은 통곡물(Whole grain)로 섭취토록 권장
 - 소금 양(Sodium limit)에 제한을 두어 제공
- 건강한 식품 공급 이외에도 식품의 생산 및 처리, 저소득층 지원, 음식 쓰레기의 감소 등 지속 가능한 이슈 검토 중임

School Meal Patterns

- **General meal requirements: USDA**
- **Menus and recipes: local choices**
- **Meal patterns updated in 2012**
 - More fruits and vegetables
 - Whole grains
 - Low-fat and non-fat fluid milk
 - Age-based portion sizes
 - Weekly standards for calories, sodium, and saturated fat



United States Department of Agriculture

*학교급식 패턴 자료

5. 블록체인(Blockchain)과 이력추적(Traceability)

- 블록체인을 농업분야에 적용하여 데이터 공유, 실시간 정보 제공 등이 가능하고 실제 농업에 사용할 수 있는 프로그램 개발 추세
- (Driscoll's Blockchain Pilot 시범사업) 월마트와 IBM과 함께 농장에서 매장까지 블록체인을 활용하여 식품안전을 위한 시범사업 추진 중
 - 추적 가능한 라벨링(PTI*)을 부착하여 수확일, 제품정보 및 배송정보를 알 수 있음
 - * PTI(The Produce Traceability Initiative) : 농산물 이력 추적 협의체의 약자로 농산물의 수확 시점부터 재배, 수확, 포장, 운송 등의 과정을 추적할 수 있는 방법
- (Sweetgreen 식당 사례) 투명성 제고를 위해 블록체인 활용
 - 소비자들의 수요예측 및 작물계획(채소 DNA 활용), 재고관리 및 비용관리
 - 운송트럭의 GPS와 온도계, ERP 시스템, 냉장시스템 등을 활용해 소비자들에게 투명한 정보 제공

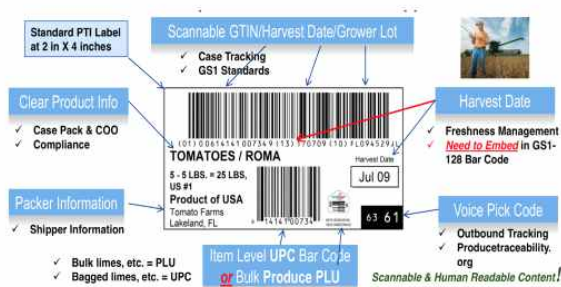
Blockchain traceability pilot

Alternative to PTI labeling requirement



GS1 compliant picker stickers

Driscoll's
Only the Finest Berries™



3

* 베리 농장회사(Driscoll's)의 PTI 추적 라벨링 자료

6. 시사점

- 앞으로 다가오는 미래의 식량부족 문제로 생명공학(Biotechnology) 기술의 중요성이 높아질 것으로 전망
 - 미국 내 생명공학 기술의 발전이 지속적으로 농축산물 생산에 다방면으로 도움을 줄 것으로 예상
- 향후 10년간 미국 내 생산성의 향상 및 수출 시장 증가를 기대하지만 무역 분쟁 이슈, 농업 R&D에 대한 공공지출 감소 등은 농산물 생산 및 수출에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상됨

(참고자료)

<https://science.sciencemag.org/content/sci/360/6392/987.full.pdf?ijkey=ffyeW1F0oSl6k&keytype=ref&siteid=sci>
<https://www.techrepublic.com/article/smart-farming-how-iot-robotics-and-ai-are-tackling-one-of-the-biggest-problems-of-the-century/>
<https://tr1.cbsistatic.com/hub/i/2018/12/05/245df026-2ef1-4da3-a8c0-dd4596a213ef/figure-a.jpg>
<https://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleD/13022/Are-Autonomous-Tractors-the-Future-of-Farming.aspx>
<https://www.zdnet.com/topic/the-future-of-food/>
<https://www.winfieldunited.com/research-and-innovation/answer-plot/>
<https://www.techrepublic.com/article/how-self-driving-tractors-ai-and-precision-agriculture-will-save-us-from-the-impending-food-crisis/>
<https://www.sciencchar.info/2019/06/11/survey-on-use-of-industry-4-0-in-animal-husbandry/>
<https://www.primalgroup.com/agriculture-and-technology-in-the-fourth-industrial-revolution/>
<https://www.techrepublic.com/article/agriculture-4-0-how-digital-farming-is-revolutionizing-the-future-of-food/>
<https://www.weforum.org/agenda/2018/08/the-fourth-industrial-revolution-is-changing-how-we-grow-buy-and-choose-what-we-eat/>
<https://monsanto.com/innovations/research-development/innovations-list/>
<https://modernag.org/innovation/beyond-smart-city-machine-learning-iot-on-the-farm/>
<https://s3-us-west-2.amazonaws.com/climate-com/images/the-age-of-digital-agriculture.pdf>
<https://modernag.org/innovation/beyond-smart-city-machine-learning-iot-on-the-farm/>
<https://www.pluginandplaytechcenter.com/resources/livestock-farming-technology-animal-agriculture/>
<https://www.weforum.org/agenda/2018/08/the-fourth-industrial-revolution-must-not-leave-farming-behind/>
[file:///C:/Users/User/Downloads/processes-07-00036%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/processes-07-00036%20(2).pdf)
<http://www.farm-news.com/page/content.detail/id/534476/Modern-farming-101.html>
<https://www.pma.com/Global-PMA/ANZ/Events/Technology-and-Innovation-Focus-Event>
<https://www.pma.com/Content/Articles/2015/10/Big-Data-Practical-Applications>
<https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/>
<https://www.iotforall.com/smart-farming-future-of-agriculture/>
<https://www.iotforall.com/smart-farming-future-of-agriculture/>
<http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/897026/>
<https://www.nanalyze.com/2019/01/smart-farming-companies/>
<https://interestingengineering.com/9-robots-that-are-invading-the-agriculture-industry>
<https://www.investors.com/news/farming-robot-agriculture-technology/>
<https://www.newyorker.com/magazine/2019/04/15/the-age-of-robot-farmers>
<https://aerofarms.com/technology/>

<https://boweryfarming.com/careers>

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/08/13/the-4th-industrial-revolution-is-here-are-you-ready/#2bae4df2628b>

https://medium.com/@brianna_91610/education-4-0-how-we-will-learn-in-the-fourth-industrial-revolution-e17206b73016

<https://uavcoach.com/agricultural-drones/>

<https://www.knowablemagazine.org/article/technology/2018/eyes-sky-5-ways-drones-will-change-agriculture?gclid=Cj0>

[KCQiA2TuBRDkARIsAMK9Q7PXrDBN3PckMV73wDzmIgfF2e5tYWGRgjWCXApi7sZ16mhoeUutKgKsaAumAEALw_wcB](https://www.knowablemagazine.org/article/technology/2018/eyes-sky-5-ways-drones-will-change-agriculture?gclid=Cj0KCQiA2TuBRDkARIsAMK9Q7PXrDBN3PckMV73wDzmIgfF2e5tYWGRgjWCXApi7sZ16mhoeUutKgKsaAumAEALw_wcB)

<https://www.postscapes.com/agriculture-drone-companies/>