

## 식물공장의 국내외 추진 동향

전황수

한국전자통신연구원 책임연구원

식물공장은 농업과 IT기술이 융합된 신산업으로, 최근 후지쓰, 파나소닉 등 IT기업들이 참여하여 새로운 성장동력으로 부상하고 있다. 특히, 고령화의 진전으로 일손이 부족한 농촌에서 날씨에 관계 없이 오염 없는 유기농 야채 등 농작물을 안정되게 대량생산 할 수 있다. 또 LED 조명 등 우리가 강점을 갖고 있는 IT기반을 활용한다는 점에서 유리한 여건을 갖추고 있다. 식물공장 산업이 발전하기 위해서는 비용 절감, 정부의 보조금 등 정책 지원, 고부가가치 작물 생산을 통한 시장 확대, 연구기관 및 민간기업의 공동협력 등이 필요하다.

### 1. 서론

농업은 기후와 토지, 환경의 영향을 받기 때문에 생산이 불안정하고 계절에 따라 재배가 제한을 받는다. 최근 들어 하우스 농업이 성행하여 연중 내내 재배가 가능하나, 겨울철은 일조량이 부족하여 생산이 저조하다. 또 하우스를 이용한 시설재배로 병충해 발생이 증가하고, 농약사용이 급증하여 소비자들의 건강이 위협받고 있다[1]. 세계 농식품 관련 산업은 2014년 기준 5조 3,000억 달러로 자동차산업 1조 6,000억 달러의 3배에 달하고 있다. 기후온난화에 따른 가뭄, 홍수 등으로 안정적인 식량 공급이 중요해지고, 중국, 아프리카 등에서 고급 식자재 수요가 증가하여 2020년에는 세계 농식품 산업 규모가 6조 4,000억 달러에 달할 것으로 전망된다[2].

식물공장(Vegetable Factory)은 통제된 시설 내에서 빛, 온도, 습도, 이산화탄소 농도 및 배양액 등의 환경조건을 인공적으로 제어하여 생산하는 시스템이다. 1980년대에 실용화된 식물공장은 계절이나 장소에 관계 없이 환경제어 및 자동화를 통해 공장생산과 동일하게 작물을 계획, 생산한다. 식물공장은 농업과 IT, BT, ET 등의 기술이 융합되는 새로운 사업 영역으로, 기존에는 조명기구나 기계설비업체가 참여했으나, 최근 들어 파나소닉, 후지쓰, 샤프 등 IT업체가 유희설

\* 본 내용은 전황수 책임연구원(☎ 042-860-6543, dhkim5703@gmail.com)에게 문의하시기 바랍니다.

\*\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

비를 이용하여 식물공장을 운영하고 있다. 우리나라는 국토가 좁고, 사계절이 뚜렷하며, 건강 및 웰빙에 대한 관심 증대로 친환경 채소에 대한 수요가 증가하고 있다. 또 LED 조명 등 IT 기술의 강력한 기반 때문에 유리한 여건을 갖추고 있다. 본 고에서는 먼저 식물공장에 대한 개념 및 특성에 대해 알아보고, 미국, 유럽, 일본 등 해외 및 국내의 추진 동향들을 분석한 후 우리에게 주는 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

## II . 식물공장의 분류 및 특성

식물공장은 덴마크가 1957년부터 도입하면서 처음으로 시작되었고, 완전인공광형 식물공장은 1970년대부터 일본과 미국을 중심으로 연구가 이루어지기 시작하였다. 구미지역에서는 수직농업이라는 키워드로 주목 받고 있으며, 일본에서 일찍부터 상용화가 진전되었다. 중국, 싱가포르, 대만 등에서도 식물공장이 건설되고 있고, 우리나라에서도 사업화를 목적으로 다수의 기업들이 연구 개발을 추진하고 있다.

### 1. 분류

식물공장은 1970년대부터 일본과 미국을 중심으로 연구가 이루어지기 시작했다. 식물공장은 광원에 따라 태양광을 이용한 부분제어형(태양광 병용형) 식물공장과 완전제어형 식물공장으로 구분할 수 있다. 부분제어형 식물공장은 온실을 근간으로 태양광을 기본 광으로 이용하여 식물을 재배하는 시스템으로 햇빛이 부족하면, 보조 조명을 이용하여 광 조건을 개선한다. 그러나 태양광을 이용하기 때문에 외계생태계와 완전히 단절되지 않고 공기와 자연환경을 완전히 극복하지 못하기 때문에 병해충 발생에 의한 농약살포 등의 문제를 안고 있다. 컨테이너 타입으로 육상 수송이 쉽고 현지 공사를 최소화함으로써 초기 비용이 저렴하다. 완전제어형 식물공장은 완벽히 밀폐된 공간에서 LED 등 인공광을 이용하여 식물을 재배하는 것으로 수경재배를 기본으로 하고 있다. 기능성 야채에 착안하여 저칼륨 야채 양산, 칼륨 섭취를 억제해야 하는 환자 수요를 위한 판매에 초점을 맞추고 있다. 병해충이 발생하지 않아 농약을 사용할 필요가 없고, 파종에서 수확에 이르기까지 모든 과정을 자동화하여 생산한다[3].

## 2. 광원

식물성장에 영향을 주는 광 파장 대역은 300~800nm 이다. 자외선(UV)에 있어 식물에 영향을 주는 것은 UV-A(315~400nm)와 UV-B(280~315nm)로서 항산화작용을 갖는 안토시아닌 색소 합성, 병해저항성물질 합성 등 광형태 형성반응을 일으킨다[4]. 완전제어형 식물공장에서 사용하고 있는 광원에는 백색형광등, 3 파장 형광등, 메탈할라이드, 고압나트륨, LED 조명 등이 있다. 고압나트륨(High pressure sodium lamp) 조명은 관 안에 나트륨, 수은, 크세논 가스 등이 혼합되어 있는 것으로 적색과 청색의 가시광선 변환 효율이 30% 정도로 높아 식물공장에 많이 사용되어 왔다. 그러나 적색과 청색의 비율이 적고 주피크가 589nm 에서 파장을 형성하여 식물광합성 효율이 떨어지고 열이 많이 발생하여 식물과 일정한 거리를 두어야 하며 공조비용이 증가하는 단점이 있다. 메탈할라이드(Metal halide)는 고압수은 조명에 인듐, 탈륨, 나트륨 등의 할로겐화합물을 첨가한 것이다. 파장은 가시광 전반에 분포하여 고압나트륨보다 식물재배 효과가 우수하나 발광 효율이 낮고 수명이 짧기 때문에 잘 사용하지 않는다. 형광등은 식물공장에 많이 사용되는 조명으로 다단식 재배에서 식물에 근접 조명이 가능하나 발광 효율이 20%에 불과하여 광합성에 유효한 스펙트럼이 적다. LED 조명은 열 발생이 적어 고압나트륨조명 등 타 인공 광과는 달리 고온 피해 문제를 해결할 수 있고, 파장폭이 작고 단색 광이므로 광합성 촉진, 개화 조절, 착색 증진, 당도와 사포닌 증가, 곰팡이 발생 억제 등의 기능으로 식물재배에 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 사람이 식물을 볼 때 제 색을 볼 수 없고 눈이 쉽게 피로해 지기 쉽다. 또 LED 조명의 가격이 고가이고 표준화의 미비로 초기에 막대한 설치투자비가 필요하며, 유지비용이 많이 들어 식물공장 확산에 걸림돌이 되고 있다[5]. 한편, 반도체 레이저를 활용한 레이저 다이오드(Laser Diodes: LD)를 식물공장 광원으로 활용하는 방안이 부상하고 있다. LD 는 LED 에 비해 가격이 비싸지만, 고출력, 고효율의 장점이 있다. 고밀도 광디스크인 DVD 광원으로 널리 보급되면서 가격이 인하될 것으로 기대되고 있다. 적색과 청색의 LD 개발이 진척되었고, 적색 LD 의 신뢰성 향상과 가격인하가 진행되어 왔다[6].

## 3. 특성

식물공장의 운영은 공장제 생산방식으로 생산 프로세스의 정량화와 대량생산이라는 속성을 지니고 있다. 식물공장을 충족시키기 위해서는 성장의 정량화와 대폭적인 성장 촉진이 실현되어야 한다. 식물공장은 노지재배보다 샐러드용 채소의 성장속도가 5-6 배 빠르다는 장점이 있다.

식물공장의 특성은 다음과 같다. 첫째, 기후나 토양, 풍토 등의 자연조건이나 지리적 입지조건에 큰 영향을 받지 않는 전천후 농업을 가능하게 한다. 둘째, 통제된 시설과 장치를 이용하여 계절의 변화 없이 연중 안정적인 농업 생산을 가능하게 한다. 셋째, 농산물을 고품질의 균일화, 규격화된 상품으로 생산할 수 있어 가격 결정을 용이하게 하고, 농업 소득의 예측이 가능하다. 넷째, 정밀농업을 통해 무농약 친환경 재배가 가능하고, 토지와 노동력과 농자재 등이 절감되는 저투입 농업을 실현할 수 있다. 다섯째, 기능성 작물의 생산이 가능하여 농산물 소비 패턴 및 소비자 기호에 능동적으로 대처할 수 있다. 현재의 식물공장은 대다수 수경재배를 기반으로 하고 있어 토양관리가 필요 없고 연작을 통한 지력 약화의 문제점도 해결할 수 있다. 그리고 도심이나 도심 근처에 설립되어 운송비를 대폭 절감할 수 있고 접근성이 좋아 소비자들에게 신선한 야채를 공급할 수 있다.

그러나 일반시설 재배에 비해 환경제어, 반송장치, 조명설비, 전기설비, 급배수설비, 수경설비, 기계장치 등 자동화시스템 등을 설치하는데 막대한 비용이 소요된다. 재배자재와 전기료 등 운영비가 일반 시설원예보다 많이 들고 식물공장 증가에 따른 시장경쟁 심화로 가격상승을 기대하기 어렵다. 일본의 한 통계에 따르면 식물공장은 설치비용의 경우 일반 시설재배보다 17 배, 운영비용(광열비)은 47 배나 더 드는 것으로 나타났다. 식물공장의 채소는 밀폐된 청결한 환경에서 무농약으로 재배되기 때문에 친환경 안전 농산물이라는 프리미엄이 존재하여 일반 채소보다 평균 1.5 배 비싼 가격에 판매되고 있으나, 설치비와 운영비면에서 채산성을 맞추기 어려워 성장에 걸림돌이 되고 있다.

### III . 국내외 추진 동향

#### 1. 미국

미국은 우주 탐사선에서 사용할 클로렐라 등 미생물을 생산하기 위해 식물공장 개념을 최초로 도입했다. 이후 소련과 우주를 향한 치열한 경쟁에서 우주인들에게 공급될 식량 목적으로 식물공장 개발에 뛰어들었다. 1960~1970년대에는 General Electric 과 GM 등에서 완전제어형 식물공장 연구를 수행했다. 토지가 매우 넓은 미국의 농업 현실에서 이러한 식물공장은 경제성이 떨어져 실용화까지는 이루어지지 않았다. 1990년대부터는 NASA 등에서 폐쇄 생태계 생명유지

시스템(CELSS)에서의 작물생산시스템에 관한 연구를 계속하고 있다. 최근에는 도심에서 생산하는 수직농장(vertical farm) 개념이 도입되면서 도심 혹은 도심 주변에 식물공장을 건설하고 있다. 일본의 수직농장이 2~3 층의 단층구조로 되어 있는 반면, 미국의 수직농장은 대부분이 고층의 대규모 형태이다. 미국은 남극 McMurdo 기지에 애리조나대가 지원하는 200m<sup>2</sup> 규모의 식물공장을 운영하여 토마토, 오이, 고추, 상추, 딸기 등을 매월 140kg 생산·공급하고 있다.

컬럼비아대 건축학과, 일리노이대 연구팀, 미턴 건축사무소는 공동으로 고층 건물 방식을 채택한 수직형 식물농장(vertical farm) 개발에 착수하였다. 풍력 및 태양력 등 신재생에너지를 사용하고 고층의 설계로 재배면적이 증가하였다. 재배작물의 수확량은 동일 면적의 야외 농경지보다 10 배 수확량이 많으며, 30 층짜리의 경우 5 만 명에게 평생 공급할 수 있다[12].

WhitePhalm 사에서 제너럴밀즈의 식물공장생산시스템을 인수한 뒤 심야전기를 이용하여 상추, 시금치 등과 허브류를 생산하였다. 재배면적이 4,800m<sup>2</sup>에 달하고 16 개의 재배라인을 갖고 있으며, 생산된 농산물은 슈퍼마켓과 유니타이드항공사의 기내식으로 사용되고 있다.

AeroFarms 는 2004 년에 설립된 뉴저지주 뉴어크시의 수직농장 업체로 노후한 철강공장을 리모델링하여 6,400m<sup>2</sup> 면적의 세계 최대 규모의 수직농장을 운영하고 있다. 10m 높이의 건물 실내에 7~8 단으로 설치된 재배대에서 LED 조명을 이용하여 연간 1,000 톤의 채소를 생산하고 있다. 생산 작물을 샐러드, 주스 등으로 가공하는 시설까지 함께 설치하여 부가가치를 높이고 있다. LED 조명을 적용하고, 작물뿌리를 물에 담가 기르는 수경재배 대신 뿌리에 영양분을 섞은 물안개(mist)를 뿌려 생산하는 방식을 도입하여 식물공장의 가장 큰 걸림돌인 경제성 문제와 맛이 없는 문제까지 해결했다[7].

## 2. 일본

일본은 1970년대부터 식물공장 연구를 추진하였고, 정부가 식물공장의 활성화를 위해 건설비를 지원하여 상업화가 가장 많이 진전되었다. 일본의 식물공장 발전과정을 살펴보면 유럽에서 1960년대에 식물공장 연구가 활발하게 진행된 것에 자극 받아 1974년 히타치 중앙연구소에서 신사업으로 식물공장을 제안하여 샐러드 채소로 성장 데이터를 측정하면서 연구가 시작되었다. 1983년 시즈오카현 미우리농원에서 처음으로 식물공장이 상용화되었다. 평면식과 입체삼각형의 두 가지 재배시스템을 개발하여 고압나트륨램프를 사용하여 1일 400주 정도의 무농약 양상추를 생산하여 슈퍼마켓에 판매했다.

1992년부터 농림수산성의 시설원에 보조사업을 받아 TS 팜 플랜트가 전국적으로 보급되기 시작되었다. 사업의 중심이 된 후쿠시마현 TS 팜은 건물면적 2,000m<sup>2</sup>, 재배실면적 1,390m<sup>2</sup>에서 샐러드 채소를 1일 약 4,500주 생산하여 외식업체 등에 납품할 정도로 수익을 창출했다. 식물공장 시설보조사업은 2000년 12월에 중단되었으나, 보조금 지원으로 2005년까지 전국에 약 30개소의 식물공장이 운영되었다. 2000년대 들어 LED 및 HEFL(하이브리드 전극형 광램프) 식물공장이 실용화되었다.

일본 정부는 지역경제 활성화 차원에서 식물공장사업을 추진하고 있으며, 최근에는 기후변화 대응의 주요 대안으로 사업을 진행 중이다. 경제산업성과 농림수산성이 협력하는 농상공 연계를 추진하여 식물공장사업을 추진하고 있다. 현재 빛, 물, 공기 등을 고도로 억제하여 야채 및 꽃을 키우는 식물공장은 현재 400곳에 달하고 있다. 비료성분을 포함한 배양액을 사용하여 재배하면서 LED 등을 활용하는 ‘인공광형’이 주류를 이루고 있다. 고에너지 비용과 설비 및 운영비 등 고비용 문제 해결이 관건이다[8].

(주)미라이는 광원으로 형광등을 사용하고 엽채류를 재배하면서 인터넷 판매를 하고 있으며, EC, pH 등 배양액 관리기술도 자체 개발하여 당도 등 맛을 향상시켰다. 현재 1일 1만 주의 상추 생산이 가능한 시설을 2곳에서 가동하고 있고, LED 등 ‘인공광형’ 식물공장에 특화하여 남극지, 한국, 몽골, 홍콩 등으로 수출하였다[9].

도쿄드림은 1997년 식물공장을 설립했고 재배시설은 큐피주식회사가 개발한 TS 팜이고, 종자나 비료의 공급, 재배 기술의 지도, 기계·시설의 점검 등은 큐피주식회사의 플랜트 기술 등의 연수를 받고 있다. 스시전문점이나 도시락, 샌드위치점, 인터넷쇼핑, 고급 슈퍼 등에서 판매되고 있다[10].

CCS는 LED 조명기기 제조업체로 자회사인 ‘Fairy Angel’을 설립하여 교토시에서 식물공장 병설 레스토랑을 운영하고 있다. 미쓰비시화학과 공동으로 태양전지를 이용한 식물공장시스템을 실용화하기 위한 실증실험에 착수하였다[11]. 스프레드(Spread)사는 식물공장에 참여하여 프릴양상추, 로미엔양상추, 상추 등을 생산하여 대형마트나 호텔에 납품하고 있다. 2016년 1월 교토에 세계 최대의 로봇식물공장을 건립하여 일 3만 주, 연 1,000만 주의 상추를 생산할 계획이다[12].

한편, 일본의 IT 업체들은 정밀한 공정관리 기술을 적용하여 식물공장에서 고부가가치 청정 야채를 재배하고 있다. 무균 환경에서 수경재배하기 때문에 살충제 같은 농약을 전혀 쓰지 않

아, 식물공장 재배 작물은 씻지 않고 바로 먹거나 요리할 수 있다. 식물공장 야채 가격은 밭이나 비닐하우스에서 키운 것보다 비싸지만 상품성이 충분하고, 식물공장시스템을 판매하는 쪽에도 사업기회가 있다. 도시바, 후지쓰, 샤프 등이 식물공장을 신성장동력으로 육성하고 있으며, 식물공장사업은 고령화로 일손이 부족해지는 농업 문제를 푸는 데 도움이 될 전망이다.

도시바는 요코스카(横須賀)의 플로피 디스크를 생산하던 공장을 식물공장으로 개조하여 시금치와 상추 등 야채를 재배하고 있다. 슈퍼마켓, 편의점, 식당에 출하되고 있으며, 본격적으로 완전인공광 식물공장 생산을 시작했다[13].

파나소닉은 후쿠시마 공장의 디지털카메라 생산을 중지하고 식물공장으로 전환했다. 2014년 초 싱가포르 서부산업단지에 LED 빛과 물로 무와 배추를 재배하는 실내농장을 짓고 생산에 착수했다. 2014년 7월 일식 레스토랑에 상업판매를 개시하였고, 2014년 11월부터는 슈퍼 등에서도 판매하고 있다. 2015년 11월에는 싱가포르 현지에서 생산한 상추와 겨자재, 파프리카를 슈퍼마켓의 신선식품 코너에서 판매하여 가격은 비싸지만 신선하고 맛있다는 평가를 받고 있다[14].

후지쓰는 후쿠시마의 휴대전화용 반도체를 생산하던 공장에서도 상추를 재배하고 있으며, 90g 한 봉지를 일반 상추의 약 2배 값인 500엔에 판매하고 있다.

샤프는 두바이에서 실내 딸기 공장을 운영하여 중동시장을 겨냥해 가동하고 있다. NEC는 인도 푸네 지역에 온실형 공장을 지어 딸기를 재배하는데, 일본에서 원격 제어한다[15].

### 3. 유럽

식물공장의 효시는 1957년 덴마크 크리스텐센 농장에서 태양광을 이용하여 온실에서의 새싹 채소(cress)를 재배한 것이다. 이 채소는 새싹으로 먹는 탓에 파종 1주일 후 수확했다. 당시 이 공장의 특징은 평면 시설에 컨베이어 시스템으로 작물을 운반했고, 태양광의 보조 광원으로 고압나트륨램프를 사용했다. 북구 특유의 일조시간이 짧은 데서 발전해온 보광형(補光型)의 식물생산에서 유래된다.

유럽의 대표적인 식물공장으로는 스웨덴에서 개발한 ‘Swedeponic’ 시스템과 벨기에 Hortiplan사에서 개발한 ‘재배자동이송시스템(Hortiplan System: Mobile Gully System)’으로 일반적인 표준화가 이루어졌다.

네덜란드를 중심으로 한 유럽에서는 대부분 대형 유리온실에 인공광을 병용한 태양광병용

형 식물공장 생산시스템으로 체계화되고 있다. 네덜란드는 자국에서 소화되는 토마토와 파프리카의 80%를 식물공장에서 생산하고 있으며 세계 제 2 위 농산물 수출국이다. 네덜란드의 HortiMax 사는 다양한 센서 및 날씨 정보를 이용하여 시설의 기상정보를 예측하고 시설 내의 온도 편차를 최적화하는 솔루션을 제공하고 있다. 네덜란드의 Priva 사는 각종 센서를 기반으로 시설 내 환경을 최적으로 제어하며 최적 제어 지원, RFID 등 첨단기술을 이용하여 작물 수확량 모니터링, Labor tracking 등을 지원하고 있다[16].

스웨덴의 Agritech Innovation Aktiebolag 사는 기계화 및 자동화 식물공장 생산시스템을 제조하고 있는데, 식물공장은 태양광병용형으로 양액은 박막수경방식(NFT)으로 공급되며, 하나의 생산단위를 구성하고 있다. 광원은 고압나트륨 등을 사용하고 있으며 냉난방은 지열히트펌프방식을 채택하고 있다. 상추 등 엽채류 및 허브류를 재배하고 있다[17].

#### 4. 한국

국내의 식물공장은 아직 상업화 단계에 도달하지 못했으나, 1990년 이후로 지속적으로 연구개발을 진행하고 있다. 식물공장의 효시는 1990년 정부의 유리온실지원사업으로 기존의 하우스 재배에서 나아가 수경재배와 연중생산을 가능하게 했다. 1993년 육묘공장 산업화를 통해 수경재배기술이 산업화되었다.

##### 가. 정부/공공기관

농촌진흥청은 1996년 식물공장 연구에 착수하여 1999년 체인식 주간조절장치를 개발했다. 2003년 슬라이드식 주간조절장치를 개발하여 매일 45 포기를 생산하는 ‘엽채소 생산시스템’을 구축했다. 또 농촌진흥청은 남극 세종기지에 컨테이너형 식물공장을 설치하여 가동하고 있다.

정부는 식물공장 관련 핵심 부품인 LED-IT 개발을 위해 2009년 7월 신성장동력 스마트 프로젝트 사업에 ‘IT-LED 기반 식물공장을 위한 핵심부품 개발과제’를 선정해 추진했다. 농림축산식품부와 농업진흥청은 기후변화에 대비한 원활한 식량 공급과 농민들의 애로사항 해결 차원에서 산업통상자원부와 지자체들은 관련 산업의 파생효과를 위해서 미래창조과학부는 국가 차원의 식물공장 원천기술 확보를 위해 나서고 있다.

국립농업과학원은 농업을 IT 기술과 접목시킨 식물공장을 운영하고 있다. 외부와 차단된 시설에서 광합성에 필요한 성장을 조절하기 위해 청색·적색 LED 조명을 적용하고 파프리카, 방

올토마토, 멜론, 약용작물, 화훼류를 재배하고 있다.

경기도농업기술원은 태양광발전과 컨테이너형 식물공장을 연계하는 친환경 식물공장과 로  
봇을 이용한 식물공장 자동화 생산시스템 연구를 수행하고 있다.

식물공장 수경재배 인삼에 LED 를 활용하여 최적 광량을 규명한 경상남도농업기술원은 ‘식  
물공장 수경인삼 생산기술’이 2015년 6월 농촌진흥청 영농활용기술에 채택되었다.

#### 나. 대학

전북대 익산캠퍼스 내 LED 농생명융합기술연구센터에 2013년 5월 국내 최대 LED 식물공장  
을 설립하여 하루 145kg의 상추, 치커리, 청경채 등 7종의 채소를 생산하고 현대그린푸드를 통  
해 판매하고 있다.

삼육대는 2013년 도심형 식물공장 학교기업 ‘수아그리(SU-AgRI)’를 설립했다. 햇빛과 LED 조  
명을 이용하여 1년 내내 유기농 채소를 재배할 수 있는 자동화 농업시설을 갖추고 있다[18].

#### 다. 기업

인성테크는 LED 광원 다단식 식물공장(7 단)을 2010년 4월부터 운영하고 있다. 상추, 치커  
리, 케일 등 엽채류를 생산하여 백화점 등에 판매하고 있다.

카스트엔지니어링은 LED 광원식 다단식 식물공장을 2010년부터 가동하고 있다. 상추, 딸기,  
토마토 및 채소류를 재배하고 있고, 자체 연구 개발한 LED 조명과 제어기술로 식물축성재배를  
실현한 LED 컨트롤러를 채택했으며, 이동이 용이한 장점을 가지고 있다. 2014년 초 중국 총칭  
소재 ‘PRODIGY’에 1,650m<sup>2</sup> 규모의 식물공장 시스템을 수출했고, 2014년 말에는 농다이농심과  
컨테이너형 식물공장을 수출하는 계약을 체결했다[19].

와이즈산전은 다단식 식물공장(3 단)을 운영하고 있으며, CCFL+백색형광등+컬러형광등의 인  
공광을 사용하고 있다. 롤로, 롤로로사, 적치마, 청치마, 양상추, 토마토, 아이스플랜트 등을 재  
배하고 있다.

파루스는 식물재배용 LED 조명을 생산하고 있는데 식물의 재배에 최적의 파장을 제공하고  
있다. 재배작물로는 ① 국화, 장미, 카네이션 등 화훼류, ② 토마토, 파프리카, 고추, 오이, 시금  
치, 상추 등 채소류, ③ 딸기, 수박, 참외, 호박 등 과채류, ④ 포도, 감귤 등 과일류, ⑤ 당근, 생  
강, 무 등 근채류, ⑥ 버섯, 인삼, 더덕 등 특수작물 등이 있다[20].

바이오웍스는 2015년 12월 식물공장에서 상추를 하루 10kg, 연간 3,600kg 을 생산한다. 4

단, 4 줄의 재배구조로 LED 조명을 이용하여 날씨에 영향을 받지 않으며, 자연광보다 성장속도나 맛이 뛰어나다. 신장환자를 위한 저칼륨 채소를 비롯해 저질산 채소 등 기능성 채소를 생산할 수 있다[21].

롯데마트 서울역점은 LED 조명과 인공영양액으로 상추와 썬갓, 샐러드, 느타리버섯을 재배해 판매하고 있다.

리프्रेस이 함양의 식물공장은 토양방식의 돔형 식물공장으로 LED 조명과 인공적인 환경제어 시스템 등을 적용하고 있다. 적상추 7,808kg 를 생산하며, 육묘 등의 기간을 제외하고 305 일 수확이 가능하다.

세이프드 식물공장은 2001년 5월부터 식물공장에서 상추와 샐러드용 작물, 미트 르꼴라 등의 허브류를 재배하고 있다. 태양광 병용형 식물공장으로 지열과 전기를 활용하여 온도를 조절하고, 전 과정을 자동제어시스템으로 운영하고 있다.

경남 울주의 인삼재배공장은 2011년 설립되어 발아부터 재배까지 모두 자동화되어 있어 재배지 밖에서 스마트 제어가 가능하다. 광원기술의 한계로 상추 등 엽채류에 머물렀던 식물공장의 용도를 특용작물인 인삼으로 확대했다[22].

LED 조명업체 유양디앤유는 2014년 11월 자체 개발한 LED 식물공장을 중국 칭다오지역에 건립하여 상추와 딸기 등을 재배하고 있다. LED 조명을 태양광의 보조조명으로 사용하여 굵은 날씨로 인한 생산량 변화를 최소화하고 재배기간을 단축했다. 작물 발아를 위한 최적환경을 제공하는 발아재배장치와 식물재배시스템 등 특허기술을 적용했다. 이산화탄소 공급과 냉난방, 무인방제, 영양액 공급 등을 스마트기기로 통합 관리할 수 있는 솔루션을 제공한다[23].

## IV . 시사점

식물공장의 주체는 유럽은 기업, 일본은 학교와 기업·법인체인데 비해 우리나라는 기업과 연구소가 대부분이다. 연구수준을 보면 유럽과 일본은 재배작물 품목을 확대하고 경비절감에 초점을 맞추고 있으나, 우리나라는 실용화 초기단계로 평가되고 있다. 그러나 식물공장시스템 중 설비·전자·제어 등 많은 첨단 분야와 농업기술면에서는 선진국 수준에 도달해 있다.

재배작물은 기존의 엽채류 중심에서 인삼, 당귀 등 특용작물로 확대되고 있으며, 수확로봇 개발과 함께 고광원 개발을 위해 LED에서 OLED까지 확대되고 있어, 향후 더 다양한 작목이 생

산될 전망이다.

국내에 설립된 식물공장들은 운영자의 재배기술에 대한 이해부족으로 어려움을 겪었으나, 현재 동국대 등 대학과 여러 기관에서 식물공장 전문 재배인력을 양성하고 있고, 정부도 일본처럼 집중적으로 식물공장을 육성하겠다는 의지를 보이고 있어 미래 전망은 밝은 편이다[24].

시사점으로 첫째, 식물공장이 산업으로 발전하고, 수익을 내기 위해 비용절감이 필요하다. 양액재배 적응성 품종의 육성, 환경제어·생육예측 프로그램 보급 등으로 생산성 향상이 필요하고, 시설자재의 표준화 등을 통한 설치비용을 감축해야 한다[25].

둘째, 공장설비 수출이 가능한 신산업을 육성하기 위해 정부 지원이 필요하다. 초기 설치비용이 높아 정부가 보조금제도를 도입할 경우 시장 확대 효과가 클 전망이다.

셋째, 향후 식물공장 산업이 발전해 가기 위해서는 유전자변형식물과 생약식물, 고기능식물 등 고기능·고부가가치 식물생산을 통해 시장을 확대시켜 나가야 한다[26].

넷째, 국내 관련 연구기관 및 민간기업의 역량을 집중시켜 초기 설비투자를 낮추기 위해 총력을 기울여야 한다. 육종 및 재배 기술은 농업연구기관, 환경제어기능은 전기연구기관, 설비·장치·기술은 기계연구기관 등이 공동으로 연구를 진행할 필요가 있다[27].

다섯째, 식물공장은 '농업'임에도 불구하고 농업인과 같은 정책지원을 받기가 어려워 법제도 정비도 필요하다. 또 공장에서 농업을 경영하기 때문에 지자체가 기업유치나 건축 확인 등을 보류하는 경우가 발생한다. 따라서 기존의 제조업과 동일하게 기업유치 차원의 지원을 받을 수 있도록 지자체에서 재산세, 취득세 등의 세금우대, 토지·설비 취득에 따른 초기비용 보조, 기업입지 촉진제도, 건축기준법 개정, 관련 소방법 정비 등이 필요하다.

여섯째, 기업들의 식물공장 설립에 농민들은 대기업체의 농업 진출과 특정인들의 생산독점으로 농업기반이 붕괴되지 않을까 반대하고 있다. 기후변화라는 국가적 어젠다 못지 않게 농민들과 함께 하는 기술 개발이 이루어질 수 있도록 배려하는 것이 필요하다.

#### [ 참고문헌 ]

- [1] 이상우, “식물공장과 LED 인공광 이용한 식물재배”, 광학과 기술, 4 권 3 호, 2010. 7, p.12.
- [2] “반도체 만들던 클린룸에서 친환경채소 키우는 까닭은?”, 조선일보, 2016. 2. 25.
- [3] <http://ja.wikipedia.org> 2016. 4. 11.
- [4] 이홍원, “LED 를 이용한 식물공장의 현황 및 전망”, <http://www.reseat.re.kr>, p.1.
- [5] 이상우, “식물공장과 LED 인공광 이용한 식물재배”, 광학과 기술, 4 권 3 호, 2010. 7, p.14.

- [6] 성열문, “식물공장용 광원기술”. 조명.전기설비학회지, 29 권 1 호, 2015. 1, pp.24-25.
- [7] “도시에서 년 30 모작, 기상이변시대 ‘미래의 농업’”, 조선일보, 2016. 1. 23.
- [8] “農地に植物工場, 16 年春に全面解禁, 企業参入追い風に”, 日本經濟新聞, 2015. 12. 4.
- [9] “Chiba University successfully producing vegetables in factories”, Japan Times, 2015. 5. 3.
- [10] “LED 식물공장 기반 농생명 융합산업, 일본 연수결과 보고서”, 전라북도 경제산업국, 2015. 4.
- [11] “일본의 미래농업 관련 기후변화 대응 및 식물공장 동향조사”, 농촌경제연구원, 2010. 5, p.17.
- [12] “Japan is building a giant robotic lettuce factory“, <http://qz.com>, 2015. 9. 3.
- [13] “Purple LEDs help old factory turn out salad greens”, Nikkei Asian Review, 2016. 1. 26.
- [14] “植物工場, 芽吹くアジア, パナソニックが進出”, 日本經濟新聞, 2016. 1. 16.
- [15] “반도체 만들던 클린룸에서 친환경채소 키우는 까닭은?”, 조선일보, 2016. 2. 25.
- [16] 구한승 외, “스마트농업 동향분석”, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, 30 권 2 호, 2015. 4, p.56.
- [17] “식물공장 산업생태계 조성 지원 기획보고서”, 경상북도 · 대구광역시 · 군위군, 2012. 4, pp.1-10.
- [18] “삼육대 도시형 식물공장, 정부서 5년간 지원 받아”, 경향신문, 2015. 7. 29.
- [19] “창조경제의 꽃 식물공장”, 전자신문, 2015. 2. 27.
- [20] “식물재배용 LED 조명”, <http://www.growlight.co.kr>.
- [21] “논밭에 심던 상추 시금치 이젠 공장에서 생산해요”, 한국일보, 2016. 1. 12.
- [22] “식물공장기술 어디까지 왔나”, 사이언스 타임스, 2013. 2. 22.
- [23] “유양디앤유, LED 조명 틈새시장 노린다”, 전자신문, 2015. 4. 22.
- [24] “植物工場, 厳しい經營實態, 黒字化3割どまり”, 日本經濟新聞, 2015. 8. 19.
- [25] “LED 식물공장 기반 농생명 융합산업, 일본 연수결과 보고서”, 전라북도 경제산업국, 2015. 4, p.8.
- [26] 손종구, “차세대 식물공장: 고기능·고부가가치형 식물공장“, KISTI Market Report, 2013. 12.
- [27] 한덕래, “식물공장 현황 및 발전전망 심포지엄 결과”, 농촌진흥청, 2010. 6.