

식물공장 사업타당성에 관한 전문가 인식 연구

이지은*, 차운철**
한양사이버대학교*, 한국농어촌공사**

An Analysis of the Professional's Cognition Regarding the Plant Factory Feasibility

Ji-Eun Lee*, WoonCheol Cha**

School of Business Administration, Hanyang Cyber University*
Dept. of Choongnam Province, Kora Rural Community Corporation**

요 약 1960년대에 유럽에서 출발한 식물공장은 종자학, 양액 기술, 환경제어 기술, 자동화시스템 등 관련 기술의 발전에 힘입어 완전인공광형 식물공장의 형태로 발전했으며, 최근에는 ICT 기술과의 융합을 통해 작물 재배의 효율성을 높려가고 있다. 국내에서도 식물공장에 관한 성과가 도출되면서 식물공장에 대한 관심이 높아지고 있으나 산업 생명주기로 볼 때 여전히 도입기에 머물러 있으며 정부 투자는 점점 줄어들고 있다. 연구자는 식물공장과 관련한 정책, 기술, 사업 분야의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 식물공장의 투자 가치를 재분석하고, 식물공장의 경쟁력 강화 방안을 도출하고자 하였다. 본 연구는 식물공장 산업의 기회와 위험요인을 식별하고, 식물공장의 고부가가치 창출을 위한 전략을 제시했다는 점에서 연구 의미를 가질 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 식물공장, 사업 타당성, 농업-IT 융합, 융복합 서비스

Abstract Plant factory was started in Europe in the 1960. Thanks to the development of seeds science, nutrient study, environment control technology and automated systems, it has developed into the form of full artificial light system. In recent years, productivity of plant factory has increased with the convergence of ICT. An interest in plant factory has increased with several outstanding achievements. However, the plant factory industry is still stuck at an introductory stage and government investment has been reduced. In order to verify the feasibility of the plant factory, we conducted a survey targeting experts in politics, R&D and business field. We analyze the feasibility of investment in plant factory and strategies to enhance the competitiveness of plant factory.

Key Words : Plant Factory, Feasibility, Convergence of Agriculture & IT, Convergence Service

1. 서론

극심한 기후 변화와 이상기후 현상으로 농업에 대한

위기감이 고조되면서 안정적인 식량 공급이 이슈로 떠오르는 가운데 식물공장에 대한 관심도 높아지고 있다. 식물공장(Plant Factory)이란 시설 내에서 빛·온도·습도

Received 27 October 2015, Revised 30 November 2015
Accepted 20 December 2015
Corresponding Author: Ji-Eun Lee(Hanyang Cyber University)
Email: scully1215@hycu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

· 이산화탄소 등 재배환경을 인공적으로 제어함으로써 계절에 관계없이 식물을 연속적으로 생산할 수 있는 재배 시스템으로, 농업에 자동화 기술을 접목한 융복합 산업으로 정의된다. 일조시간이 짧은 상황에서도 식물공장은 일정량의 식물을 안정적으로 공급할 수 있어 극지나 사막지역 등 농사가 어려운 지역에서도 작물 재배가 가능한 반면, 모든 시설을 인공적으로 만들어야 하는 만큼 높은 설치비용과 유지비용이 요구된다. 그동안은 낮은 경제성을 이유로 사업화가 더디게 진행되어 오다가 최근 몇몇 사업에서 운영성과가 가시화되면서 이에 대한 관심이 다시 높아지고 있다.

식물공장은 ICT 융합을 기반으로 큰 폭의 발전을 이룰 것으로 예상되는 가운데 최근 식량 위기가 현실화됨에 따라 미래 먹거리를 확보하기 위한 차원에서 식물공장에 대한 투자가 지속되어야 한다는 주장이 나오고 있다. 그러나 채산성 문제로 식물공장에 투자하는 기업 및 농업인이 적어 충분한 규모의 시장 형성이 어려운 상황이다. 식물공장의 경우 모든 시설을 인공적으로 만들어야 하는 만큼 초기 설치비가 많이 들고 전열비 등 유지비용도 필요하며, 사업자의 적극적인 참여를 유도할만한 유인책 및 비즈니스 모델 부재로 식물공장의 저변 확대가 기대만큼 빨리 이뤄지지 않았다. 게다가 정부의 지원 사업이 축소되면서 식물공장은 한동안 정체기에 빠졌다. 실제로 2009년을 전후로 일부 지자체에서 10여개의 식물공장 구축계획을 발표했으나 채산성을 이유로 시행이 보류되었다. 이처럼 미래에 대한 투자와 당장의 경제성 사이에서 투자의 의견이 엇갈리고 있는 상황에서 식물공장의 사업 타당성을 재검토할 필요가 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 식물공장 분야 전문가의 인식을 바탕으로 식물공장의 향후 시장성과 투자가치를 분석하고 식물공장의 경쟁력을 강화하기 위한 방안을 도출하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 식물공장 개관

공장(Factory)이라는 용어에서 알 수 있듯이 식물공장이란 농업기술에 기계, 전기, 전자, 제어, 환경 등 첨단기술을 접목한 산업분야이다[1]. 식물공장은 식물 성장에 필요한 환경을 제어하기 위해 고도의 기술의 활용함으로써

씨 공산품을 생산하는 것과 유사하게 농산물을 생산한다. 넓게는 환경관리 및 작업을 자동화할 수 있는 식물 생산 시스템으로, 좁게는 완전한 인공 환경조건 아래서 식물을 연중 안정적으로 생산하는 시스템으로 정의된다[2] 지금까지는 주로 수경재배 방식으로 작물재배가 이뤄졌다. 그러나 식물공장은 조직배양에 의한 클론 증식과 세포 대량증식을 통한 재배방식까지 광범위한 분야를 포함하는 개념이다[3].

식물공장의 출발점은 유럽에서 찾을 수 있다. 1957년 덴마크 크리스텐센 농장에서 부족한 일사량을 보충하기 위해 보조 광원으로 고압 나트륨램프를 사용하고 작물 수확에 컨베이어 시스템을 적용하여 갓류 식물(Cress)을 재배하는데 성공했다. 이러한 새로운 작물재배 방식을 ‘식물공장’으로 칭하면서 이때부터 식물공장 운영이 시작된 것으로 보고 있다. 미국의 경우 제네럴 밀즈의 식물공장을 인수한 화이트 팜사가 심야전력을 이용해 상추, 시금치, 허브를 생산했고[4], 일본의 경우 미쓰비시수지, 미쓰비시화학, 파나소닉이 해외 식물공장에 진출하는 가운데 2020년에는 시장규모가 2009년 대비 4.6배가량 증가한 640억 엔이 될 것으로 전망하고 있다[5].

국내 식물공장의 시작은 1990년대 정부의 시설재배 지원 사업이 계기가 되었다. 용수를 공급하는 관수기술을 비롯한 환경제어기술, 양액공급 기술 등 재배관련 기술들이 널리 보급되면서 식물공장도 도입되기 시작했다. 2000년대 중반까지만 해도 식물공장은 농업연구기관에서 작물을 시험 재배하는 수준에 머물러 있었으나, 2009년에는 남극 세종기지로 컨테이너형 식물공장을 보낸데 이어 2010년 3월에는 빌딩형·수직형 식물공장 연구동을 개관하는 등 본격적인 R&D와 사업화가 진행되었다. 식물공장은 입지 조건 상 농사가 불가능한 공간에서도 농사를 지을 수 있어 농업 생산성을 향상시키는데 일조할 수 있다. 가령 채소의 경우 노지 재배에 비해 식물공장의 성장속도가 5배 정도 빠르며, 입체 재배가 가능하여 일반 농업에 비하여 30배 이상의 높은 생산성을 기대할 수 있다[6]. 좁은 재배면적 일지라도 상부로 몇 개의 다단 재배 시설을 통하여 식물을 생산하므로 재배면적의 효율을 극대화시킬 수 있는 것이다. 또한 작물의 연중계획 생산과 규격화된 농작물 생산이 가능하므로 소비자 기호에 능동적으로 대처할 수 있다는 장점이 있다.

2.2 선행연구 분석

식물공장에 관한 국내 선행연구는 시설·기술 연구와 경제성 연구, 사업타당성 분석을 포함한 정책 연구로 구분될 수 있다. 먼저 시설 및 기술연구와 관련해서는 크게 생육환경 조절을 위한 설비 구축과 광원 연구로 구분할 수 있다. 빛과 온도 조절을 위해 많은 에너지가 투입되는 만큼 빛과 온도를 최적화하는 기술은 식물공장의 경쟁력에 직결되는 요소다[7]. 이와 관련하여 김상범 외는 완전 제어형 식물공장에서 광원, 광질에 따른 엽채류의 생육 반응을 측정할 바 있으며[8], 이준영 외는 스마트 농업 확산을 위한 IoT 기반 개방형 플랫폼 구축방안을 제안한 바 있다[9]. 다음으로 식물공장의 경제성과 관련하여 김연중과 김배성은 식물공장 농산물에 대한 한계 지불의 사액을 추정하여 B2C 시장에서의 경제성을 검토하였고[10], 임송택과 양승룡은 식물공장의 경제성과 환경성이 낮기 때문에 이에 대한 비판적 접근이 필요하다고 주장하였다[11]. 마지막으로 사업 타당성 및 지원 정책과 관련하여 김정호와 장승동은 식물공장의 불확실성으로 사업화가 어려운 만큼 정부의 지속적인 지원이 요구된다고 주장하였고[1] 김연중 외는 AHP 분석을 통해 사업자의 가장 중요한 판단 준거는 경제성이며, 광원·조명기술과 설비투자과 관련한 정부 지원정책이 필요함을 주장하였다[12]. 식물공장에 대한 초기 타당성 연구가 진행된 이후 여러 가지 시범사업과 민간 분야에서의 사업화를 통해 시장 및 기술 불확실성이 어느 정도 해소된 것으로 판단된다. 그러나 관련 기술 발전과 시범사업을 포함한 사업화가 진행되었음에도 불구하고 식물공장의 생명주기는 아직 도입기 초반부에 머물러 있는 것으로 분석된다.

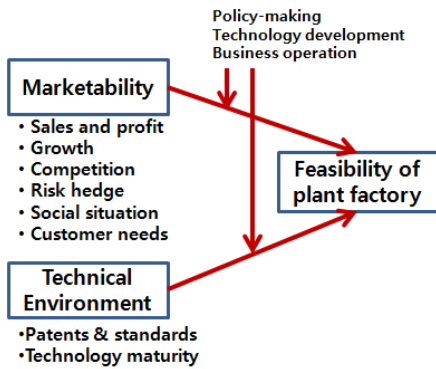
3. 실증 연구

3.1 조사 설계

연구자는 현 시점에서 국내 식물공장에 대한 사업 타당성을 재검토하고 발전요인과 장애요인을 식별하고자 식물공장의 사업타당성 조사 설계를 실시했다. 사업타당성 분석은 신규 사업이나 프로젝트에 대한 조사 분석을 실시하여 투자 여부나 최적의 안을 선정하기 위한 활동으로, 사업 항목에 영향을 미치는 요인에 대한 객관적이고 체계적인 분석을 통해 사업화의 문제점과 위험요소를

식별하는 것이 목적이다. 원상호와 양혜술은 융합에 영향을 미치는 요소로 기술과 시장, 규제환경, 소비자 수요를 제시한 바 있는데[13], 본 연구에서는 BMO 평가와 불확실성 변수를 토대로 시장과 기술 중심으로 식물공장의 타당성을 분석하였다. BMO 평가는 사업타당성 검토에 이용되는 도구로 매출 및 이익실현 가능성, 성장성, 경쟁 상황, 위험 분산가능성, 사회적 상황, 고객 요구 등을 평가 지표로 삼는다. 먼저 매출 및 이익실현 가능성은 사업 개시 후 추정시장의 규모와 매출액 대비 영업 이익률로 평가할 수 있으며, 두 번째 성장성은 시장 진입 후 평균 5년 동안의 시장 성장률로 평가할 수 있다. 세 번째, 경쟁 상황은 선두 기업의 영향력과 상품 및 서비스의 수명, 특허에 대한 방어 가능성으로 평가할 수 있는데 진입장벽과 경쟁 강도가 약할수록 기업 입장에서는 진입이 유리하다. 네 번째, 위험분산 가능성은 세분시장과 응용분야의 다양성을 의미하는데 다양성을 확보할수록 위험 분산도는 낮아진다. 다섯 번째 사회적 상황은 ‘정치, 경제, 사회적 상황으로 사업 추진에 이점을 기대할 수 있는가?’인데, 반대로 사회적 마찰이 우려된다면 해당 사업에 부정적인 영향을 주게 된다. 마지막으로 고객 요구는 다양한 고객요구가 현재 및 가까운 미래에 존재할지로 측정할 수 있다.

불확실성은 사업 타당성 분석 시 반드시 검토해야 하는 항목이다. 불확실성(Uncertainty)이란 불규칙적인 변화로 인해 미래에 전개될 상황을 예측할 수 없는 상태를 말하는데, 이러한 불확실성은 식물공장과 같은 하이테크 산업의 확산과 발전에 걸림돌로 작용한다. Moriarty & Kosnik는 불확실성을 크게 기술 불확실성과 시장 불확실성으로 구분했는데[14], 식물공장의 저변확대를 위해서는 시장성과 경제성, 수익성이 담보되어야 하므로 시장과 기술 불확실성은 반드시 극복해야 할 대상이다. 본 연구에서는 Moriarty & Kosnik가 제시한 불확실성 변수를 설문에 반영하여 식물공장에 관한 긍정적·부정적 변수들을 파악하고자 하였다. 이상의 내용을 바탕으로 다음과 같은 연구모형을 설계하였다.



[Fig. 1] Research Model

3.2 설문지 개발 및 조사

3.2.1 설문지 개발

식물공장의 장애요인에 관한 선행연구와 BMO 시장성 평가지표, Moriarty & Kosnik의 불확실성 지표를 토대로 사업타당성에 대한 전반적인 평가와 시장성, 기술성에 관한 평가문항을 구성했으며, 식물공장의 경쟁력 강화방안과 응답자 정보를 추가하여 5개 항목에 34개 문항으로 설문지를 구성하였다. 작성된 설문지에 대해서는 기존에 타당성 검토를 수행한 전문가 검토과정을 거쳐 문제점을 보완하였으며, 응답자의 중간 응답(보통이다)을 피하고자 리커트 척도를 6점 척도로 구성하여 설문지를 개발하였다. 설문지 구성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> The Frame of Survey

		Questionnaire	no
Respondents' Characteristics	Periods worked in related fields		3
	Workplace		
	Type of work performed		
Feasibility and Investment		Alternatives feasibility	4
		Potential market value	
		Need of investment in government	
		Need of investment in private sector	
Marketability	Sales and profit	Market potential	2
		Profit potential	
	Growth	Growth	2
		Sustainable growth	
	Competition	Power of leading enterprises	5
		Participation of second-tier entrants	
		Industry substantiality	
		Impact of innovation	
	Risk hedge	Possibility of industry realignment with innovative technology	2
		Niche market to avoid competition	
	Social situation	Applicability of the technology	2
		Political, economic or social issues	
	Customer needs	Friction with stakeholder	3
		Needs of customer(B2C)	
Needs of company(B2B)			
Technical Environment	Patents and industry standards	Needs in the near future	3
		Influence of patents	
		Influence of industry standard	
	Technology maturity	Influence of global standard	7
		Competence of technology provider	
		The level of construction technology	
		The level of light technology	
		The level of environmental control technology	
		The level of hydroponic technology	
		The level of automation equipment technology	
The level of ICT convergence technology			
Proposal for the development of plant factory industry			1

3.2.2. 설문조사

설문 대상은 크게 정부와 민간 영역으로 구분하여 정부 영역에서는 식물공장 사업에 대한 타당성 검토와 지원 정책 수립 경험이 있는 전문가를 선정했고, 민간 부분에서는 식물공장을 운영하고 있거나 운영한 경험이 있는 기업과 식물공장 기술 개발을 수행하는 연구기관, 그리고 식물공장 산업에 대한 타당성 분석을 수행한 경험이 있는 ICT 기업 실무자로 구성했다.

본 연구에서는 이해관계자에 따른 인식차이를 확인하기 위해 전문가를 그룹을 정책 및 행정 영역과(P: Policy-making/Feasibility study), 기술개발 분야(T: Technology development), 사업화(B: Business operation) 영역으로 구분하였다.

설문조사에 앞서 전문가에게 식물공장 관련 정부 지원 사업 및 민간 부문의 사업운영 결과와 국내외 현황을 종합적으로 고려하여 질문에 답변하도록 안내가 이루어졌다. 총 55명에게 설문을 배포하여 45개 응답이 회수되었고, 이 중 불충분 응답 1개를 제외하고 44개를 분석에 사용하였다. 응답자 특성은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Respondent Characteristics

Questionnaire		Respondent	
		no	%
Working period	~ under 5Y	6	13.6
	5Y ~ under 10Y	11	25
	10Y ~ under 20Y	14	31.8
	over 20Y	13	29.5
Work place	Public institutions	16	36.4
	Private institutions	15	34.1
	University	3	6.8
	ICT companies	10	22.7
Practice areas	Policy-making	11	25
	Technology development	21	47.7
	Business operations	12	22.3
Total		44	100

4. 분석결과

4.1 분석 방법

응답에 대한 통계분석을 위해 SPSS를 이용하여 전문가의 전반적인 인식은 기술통계를, 이해관계자의 인식 차이는 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

연구자는 식물공장에 관한 전문가 인식을 확인하기

위해 기술통계를 실시하고, 평균을 바탕으로 결과 값을 해석하였다. 본 연구에서는 평균 4.2점부터는 긍정적인 견해로, 평균 2.5 점 이하로는 부정적인 견해로 해석했는데, 이는 중앙 응답을 막기 위해 6점 척도로 설문 후 5점 척도로 변환했을 때 3.5점 이상에 해당하는 4.2점부터 긍정적 반응으로 보고, 3점 이하에 해당하는 3.5점부터는 부정적 반응으로 판단했기 때문이다.

행정, 기술개발, 사업화 영역에서 각각 활동하는 전문가의 인식 차를 확인하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 분산분석(ANOVA)에 앞서 등분산성을 확인하였는데 그 결과 7개 항목에 대해서는 등분산이 가정되지 않는 것으로 나타나(F=8.430, p=0.001 ; F=8.901, p= 0.001 ; F=3.322, p=0.046 ; F=4.873 p=0.013 ; F=4.092 p=0.024 ; F=5.489 p=0.008 ; F=3.614 p=0.036) 사후분석 시 이들 7개 항목에 대해서는 Scheffe로 분석했으며 나머지 변수에 대해서는 Dunnett의 T3로 사후분석을 실시하였다.

4.2 분석 결과

4.2.1 사업타당성 및 투자가치 분석 결과

‘기후변화에 따른 식량문제를 해소하고 농업 생산력을 강화하기 위한 방안으로 식물공장이 타당한 선택이냐?’는 질문에 대해 평균 4.36점의 응답이 도출되어 식물공장의 대안 타당성에 대해서는 전문가들 사이에서 어느 정도 긍정적인 평가가 이뤄지는 것을 확인하였다.

다음으로 가까운 시일 내에 시장이 형성될 가능성에 대해서는 평균 4.25점이 나왔는데, 응답자의 절반 이상이 5년 이내에 본격적인 시장이 형성될 것으로 예상하고 있었다. 정부와 기업 차원의 투자 가치에 대해서는 평균 응답이 각각 4.80점, 4.45점으로 나타나 전문가들은 식물공장에 대한 정부 투자 필요성을 강하게 인식하고 있었다.

분산분석을 통해 이해관계자 별 인식 차를 확인한 결과, 행정(P) 대비 기술개발(T) 분야에서 식물공장의 대안 타당성을 더 높게 인식하는 것을 확인하였다(F=4.856, p=0.013).

4.2.2 시장성 평가 결과

식물공장의 독자적 시장 형성 가능성과 이익창출 가능성을 토대로 식물공장의 수익성을 확인한 결과, 평균이 각각 4.48점, 3.98점으로 나타나 독자적 시장 형성 가능성에 대해서는 긍정적인 평가가 이뤄지고 있었다.

현 시점의 성장가능성과 향후 지속성장 가능성에 대한 질문을 토대로 식물공장의 성장성을 확인한 결과, 평균이 각각 4.48점, 4.45점으로 나타나 전문가들은 현재와 미래의 성장 가능성을 모두 긍정적으로 평가하고 있는 것으로 나타났다.

다음으로 식물공장 산업의 진입장벽과 후발 주자의 참여 가능성을 확인하기 위해 선두기업의 시장 지배력과 후발진입자의 시장 참여 용이성, 산업 지속가능성, 혁신 기술을 통한 시장 장악 가능성, 혁신 기술을 기반으로 한 업계 재구축 가능성을 확인하였다. 분석 결과, 평균이 각각 3.32점, 4.64점, 4.80점, 4.75점, 4.82점으로 나타나 식물공장은 아직까지 선두기업의 시장 지배력이 그다지 크지 않고, 후발주자 진입은 상대적으로 용이하며, 혁신 기술을 보유한 경우 시장 지배와 업계 재구축 가능성이 높은 것으로 분석되었다. 이러한 분석 결과는 선두진입자의 원천기술 역량이 크게 높지 않고 산업 생명주기가 현재 도입기에 위치해 있기 때문인 것으로 해석된다.

식물공장 관련 기술의 타 분야 적용 가능성을 확인한 결과 적용 범위가 광범위한 것으로 나타나(평균 4.82점) 시장 불확실성에 따른 위험분산이 어느 정도 가능한 것으로 평가되었다.

지구온난화 문제나 탄소 배출과 같은 정치, 경제, 사회적 이슈로 인해 식물공장 산업이 탄력을 받을 가능성에 대해서는 평균 3.95점으로 나타났고, 농민과의 마찰 우려에 대해서는 평균 3.50점으로 나타나 식물공장의 발전에 따른 이해관계자와의 마찰 가능성은 예상보다 크지 않은 것으로 판단하였다.

식물공장 내 재배작물에 대해 일반 고객(B2C)과 기업 고객 및 사업자(B2B)가 얼마만큼의 요구를 가질 것인가를 질문한 결과, 전문가들은 B2C 보다는 B2B의 요구가 조금 더 클 것으로 예측하고 있었다(평균 4.25점 vs. 4.80점). 이는 식물공장과 관련한 비즈니스 모델 구축 시 어떤 고객을 먼저 공략할 것인가에 대한 시사점을 줄 수 있을 것이다.

‘식물공장이 가까운 미래의 요구를 충족할 수 있겠느냐?’는 질문에 대해서는 평균 4.45점으로 나타나 식물공장의 미래 시장성에 대해서는 긍정적으로 평가하고 있었다.

다음으로 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과, 식물공장에 대한 B2C 요구에 대해 이해관계자의 의견 차가 확

인되었는데($F=4.495$, $p=0.017$), 기술개발(T) 영역에서 행정(P) 영역 보다 B2C(일반 고객) 요구를 더 크게 예측하고 있었다.

4.2.3 식물공장의 기술성 평가

국내 식물공장 사업자의 기술역량에 대해서는 평균 3.66점으로 평가되어 시장성 보다 기술성에서 낮은 평가가 이뤄지고 있었다.

식물공장의 요소 기술에 대해 각각 평가한 결과 온실, 건물 등 건축기술에 대해서는 평균 4.18점, LED 등 광원 기술에 대해서는 평균 4.00점, 환경제어기술에 대해서는 평균 4.07점, 양액기술은 평균 4.11점, 자동화 설비기술은 평균 4.14점으로 나타나 식물공장 요소 기술수준이 중간을 약간 상회하는 정도임을 확인할 수 있었다.

관련기술 중 ICT 융합기술 수준에 대해서는 가장 높게 평가되었으며(평균 4.23), 식물공장의 경쟁력 강화를 위해 적용 가능한 ICT 기술에 대해서는 식물 성장에 대한 모니터링 및 센서 기술과 생장 주기에 따른 제어 기술이 가장 많이 도출되었다. 반면 가장 많은 노력이 요구되는 분야로 응답자의 74%가 환경제어 기술을 꼽아 환경제어기술에 대한 지속적인 투자 노력이 필요함을 알 수 있었다.

기술수준에 대해서는 전문가 사이에 인식 차를 나타내고 있었는데, 분산분석 결과 사업자 기술역량에 대해 기술 분야(T)와 사업운영 분야(B)의 인식 차가 확인되었는데($F=4.524$, $p=0.017$), 양액($F=5.090$, $p=0.011$), 자동화 설비기술($F=3.391$, $p=0.043$), ICT 기술수준($F=4.494$, $p=0.017$)에 대해 기술개발 분야의 전문가 평가가 사업운영 분야의 전문가 평가보다 높게 나타났다.

전문가 인식에 관한 기술통계 분석결과와 분산분석 결과는 각각 <Table 3>, <Table 4>와 같다.

4.2.4 식물공장 발전을 위한 과제

전문가들은 식물공장이 당장에 경제성을 기대하기 어렵겠으나 향후 성장 기회를 가질 것이며, 아직은 정부 지원이 필요하다는 의견을 제시하였다. 현재 식물공장 설립에 드는 비용 중 1/4 정도를 차지하는 조명설비의 경우 어떤 조명기구를 쓰느냐에 따라 초기 비용과 운영비용에 차이난데, 형광등으로 구축할 경우 설비비가 20% 이상 줄어드나 전력 요금이 4배 이상 증가해 수익성 확보가 어

<Table 3> Statistical analysis on the expert's opinion

Questionnaire		M	SD	
Feasibility and Investment	Alternatives feasibility	4.36	0.89	
	Potential market value	4.25	1.04	
	Need of investment in government	4.80	0.76	
	Need of investment in private sector	4.45	0.95	
Marketability	Sales and profit	Market potential	4.48	1.07
		Profit potential	3.98	1.13
	Growth	Growth	4.48	1.07
		Sustainable growth	4.45	0.93
	Competition	Power of leading enterprises	3.32	1.09
		Participation of second-tier entrants	4.64	1.01
		Industry substantiality	4.80	0.98
		Impact of innovation	4.75	0.97
	Risk hedge	Possibility of industry realignment with innovative technology	4.82	0.90
		Niche market to avoid competition	3.66	1.18
	Social situation	Applicability of the technology	4.82	0.69
		Political, economic or social issues	3.95	1.08
	Customer needs	Friction with stakeholder	3.50	1.27
		Needs of customer(B2C)	4.25	0.87
Needs of company(B2B)		4.80	0.73	
Technical Environment	Patents and industry standards	Needs in the near future	4.45	0.98
		Influence of patents	4.07	0.97
		Influence of industry standard	4.14	1.03
	Technology maturity	Influence of global standard	4.02	1.09
		Competence of technology provider	3.66	1.22
		The level of construction technology	4.18	0.81
		The level of light technology	4.00	0.96
		The level of environmental control technology	4.07	1.02
		The level of hydroponic technology	4.11	0.99
		The level of automation equipment technology	4.14	0.93
The level of ICT convergence technology	4.23	1.03		

* P: Policy-making or Feasibility study / T: Technology development / B: Business operation

<Table 4> Group comparison analysis by ANOVA

Questionnaire		M(SD)			Differences in opinion*
		P	T	B	
Feasibility and Investment	Alternatives feasibility	3.90	4.76	4.08	T(4.76) vs. P(3.90)
		(1.13)	(0.54)	(0.90)	F=4.856, p=0.013
Marketability	Customer needs	3.63	4.52	4.33	P(3.63) vs. T(4.52)
		(0.80)	(0.60)	(0.77)	F=4.495, p=0.017
Technical Environment	Technology maturity	3.27	4.19	3.08	T(4.19) vs. B(3.08)
		(1.10)	(1.24)	(0.90)	F=4.524, p=0.017
		3.72	4.57	3.66	T(4.57) vs. B(3.66)
		(0.64)	(0.87)	(1.15)	F=5.090, p=0.011
		4.00	4.48	3.66	T(4.48) vs. B(3.66)
		(0.77)	(0.74)	(1.15)	F=3.391, p=0.043
		4.18	4.61	3.58	T(4.61) vs. B(3.58)
		(0.98)	(0.92)	(0.99)	F=4.494, p=0.017

* P: Policy-making or Feasibility study / T: Technology development / B: Business operation

렵다. 이처럼 빛과 온도 조절을 위한 고효율 인프라 구축 시 비용이 많이 들기 때문에 정부의 초기 지원은 산업 진입장벽을 낮추는 역할을 할 것으로 예상된다[15].

식물공장 발전을 위한 과제로는 차별화된 작목 개발 과 소비자 인식 제고, 성공 사례를 통한 홍보가 도출되었다. 향후 유망분야로는 유전자 전환기술 기반 의약품과

기능성 식품개발, 고부가가치 채소 판매, 관련기술 수출, 도시농업 순서로 제시했으며, 그 외 무병종묘 생산 등 육묘·종자 사업과 바이오매스 원료 생산, 인삼, 버섯 등 특용작물이 도출되었다. 정부지원에 대한 비판도 있었는데, 연구기관이 운영하는 식물공장의 경우 전기요금 지원 등 정부지원에 의존한 나머지 수익 창출 노력이 부족하여 상당 수 정부 지원 사업이 전비용에 그친 사례들이 있음을 지적하면서 정부지원에 따른 순기능과 역기능을 함께 고려하여 지원정책을 마련할 필요가 있다고 지적하였다.

5. 연구 결과 및 한계점

5.1 연구 결과

식물공장은 종자, 양액, 환경제어, 자동화시스템 등 관련 기술발전에 힘입어 100% 인공광형 식물공장의 형태로 발전했으며 최근에는 ICT 기술을 접목하여 작물재배에 효율성을 더하고 있다. 그러나 식물공장 산업은 여전히 도입기에 머물러 있는 바, 이는 채산성을 이유로 기업들이 투자와 참여를 미루고 있기 때문으로 해석되며 이러한 상황이 지속될 경우 식물공장이 성장기로 넘어가지 못하고 캐즘(Chasm)에 빠질 우려가 있다.

연구자는 식물공장의 현 주소를 파악하고 식물공장 산업 발전과 저변 확대를 위한 방안을 도출하고자 해당 분야의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였고, 다음의 결과를 도출하였다. 첫째, 고수익 창출이 가능한 작물을 선별하여 재배하고 관련 기술을 고도화할 경우 식물공장의 사업성은 충분하며, 타 산업에 의한 완전 대체가 어렵고 유사 영역과 시너지를 낼 수 있는 기술 영역인 만큼 정책적 차원에서 성장 기회를 가지게 될 것이다. 둘째, 식물공장의 경우 안정적인 식량공급과 농업 경쟁력 강화를 기대할 수 있다는 점에서 농정 부합성이 높지만, 아직까지는 중소기업 및 벤처 중심으로 시장이 형성되고 있는 만큼 정부 지원이 필요하다. 셋째, 식물공장은 초기에 많은 투자비가 요구되어 사업자의 시장 참여가 쉽지 않으나 산업생명주기 상 도입기에 위치하고 기술 부분에서 진입장벽이 높지 않아 시장성이 확보될 경우 다양한 사업자의 시장 참여가 가능하다. 특히 선두 기업의 시장 지배력이 크지 않기 때문에 관련 기술을 확보한 후 시장에 진입할 경우 업계 재구축이 가능하여 비즈니스 기회가

충분한 영역으로 볼 수 있다. 넷째, 식물공장 요소 기술은 적용 분야가 다양하고 농업 경쟁력 강화에 기여하는 바가 커 적극적인 투자가 필요하다. 식물공장이 거대 시장을 형성되지 않는다 하더라도 요소 기술을 타 분야에 적용할 수 있어 시장 불확실성에 대한 위험 분산이 가능하다. 다섯째, 식물 생장에 대한 모니터링 기술과 식물 생장 주기에 따른 제어 기술을 식물공장에 적용하는 추세여서 앞으로 ICT 융합이 적극적으로 이뤄질 것으로 예상된다.

5.2 연구의 한계점

연구결과를 일반화할 수 있도록 보다 구체적이고 정확한 결과를 얻기 위해서는 전문가를 대상으로 하는 Delphi나 AHP, DEA 분석이 적합할 것으로 판단된다. 또한 연구자는 전문가 인식을 기반으로 식물공장의 기회요인과 위험요소를 식별하고자 했으나 관련 분야의 전문가가 많지 않아 소수의 응답을 기반으로 분석이 이뤄짐으로써 연구결과에 대한 일반화 문제가 제기될 것을 우려한다. 그러나 실제 참여경험이 있는 전문가를 선별하여 연구를 수행했다는 점에서 본 연구가 식물공장 관련 분야에 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] J.H. Kim, S.D. Jang, Industrialization condition and possibility of plant factory, Korean Journal of Agricultural Management and Policy, Vol.36, No.4, pp.918-948, 2009.
- [2] I.W. Nam, M.D. Choi, B.J. Kim, The magazine of the society of air-conditioning and refrigerating engineers of Korea, Journal of Equipment, Vol.4, No.3, pp.60-67, 2012.
- [3] J.I. Sohn, Factory plant development in South Korea's agriculture, Korean Journal of Horticultural Science & Technology, Vol.2, No.1, pp.10-11, 1997.
- [4] DACO Editorial, Development trends and future outlook of the Plant Factory, DACO D&S, 2011.
- [5] Y.J. Kim, Prospects and policy challenges for the plant factory, Korea Rural Economic Institute, 2013.
- [6] J.H. Kim, Implications of the Japanese plant factory, World Agriculture, Vol.118, 2010.

- [7] H. Murase, The latest development of laser application research in plant factory, Agriculture and Agricultural Science Proceedia, Vol.3, pp.4-8, 2015.
- [8] S.B. Kim, K.M. Lee, H.R. Kim, Y.H. Yu, Effects of light sources, light quality on the growth response of leafy vegetables in closed-type plant factory system, Korean Journal of Ecology and Environment, Vol.47, No.1, pp.32-40, 2014.
- [9] J. Lee, S.H. Kim, S.B. Lee, H J. Choi, J.J. Jung, A study on the necessity and construction plan of the internet of things platform for smart agriculture, Journal of Korea Multimedia Society, Vol.17, No.11, pp.1313-1324, 2014.
- [10] Y.J. Kim, B.S. Kim, An analysis on consumers' preference of agricultural products cultivated from plants factory system, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.13, No.11, pp.5052-5059, 2012.
- [11] S.T. Im, S.R. Yang, Is plant factory a sustainable alternative?, Korea Agricultural Management and Policy, Vol.38, No.4, pp.917-942, 2011.
- [12] Y.J. Kim, H.S. Han, B.S. Kim, An study on priority determining for development strategies of plant factory using analytic hierarchy process and likert scale, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol.14, No.11, pp.5570-5575, 2013.
- [13] S. Weon, H. Yang, A study on the critical success factors and policy direction of ICT-based convergency company, Journal of Digital Convergence, Vol.13, No.4, pp.39-50, 2015.
- [14] R.T. Moriarty, T.J. Kosnik, High-tech marketing: Concepts, continuity and change, Sloan Management Review, Vol.30, No.4, pp.7 - 17, 1989.
- [15] J.H. Kim, Trend and direction for plant factory system, Journal of Plant Biotechnology, Vol.37, No.4, pp.442-455, 2010.

이 지 은(Lee, Ji Eun)



- 1996년 2월 : 한양대 교육공학과 (이학사)
- 2004년 8월 : 한양대 정보기술경영 학과(경영정보학석사)
- 2010년 2월 : 한양대 정보기술경영 학과(공학박사)
- 2010년 3월 ~ 2011년 8월 : 서강대 지식서비스R&D센터 연구교수
- 2011년 9월 ~ 현재 : 한양사이버대 경영정보학과 교수
- 관심분야 : ICT 융합, 기술경영, 비즈니스 모델링, 스마트러닝
- E-Mail : scully1215@hycu.ac.kr

차 운 철(Cha, Woon Cheol)



- 1992년 2월 : 단국대 기계공학과(공학사)
- 2015년 8월 : 한양사이버대 IT MBA(경영학석사)
- 1991년 11월 ~ 현재 : 한국농어촌공사 기전기술 부장
- 관심분야 : 사업타당성, 기술평가
- E-Mail : wcha@ekr.or.kr