

스마트팜 도입 딸기농가의 생산효율성 통계분석

최돈우* · 임청룡**†

*경상북도농업기술원

**농어촌연구원

Statistical analysis of Production Efficiency on the Strawberry Farms Using Smart Farming

Don-Woo Choi* · Cheong-Ryong Lim**†

*Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services

**Rural Research Institute Korea Rural Community Corporation

ABSTRACT

Purpose: This study aims to analyze the management performance and production efficiency of strawberry farmers who introduced smart farming, one of the primary symbols of the fourth industrial revolution in the agricultural sector.

Methods: We conducted an empirical survey of strawberry farms using smart farming and analyzed production efficiency using DEA method.

Results: First, difficulties for strawberry farmers introducing smart farming included time and money spent on parts replacement and additional costs due to compatibility problems with existing facilities after the adoption. Second, strawberry farmers using smart farming increased their total income by producing higher yield and improving quality thanks to the competent growth management. Third, the analysis of production efficiencies before and after smart farming found improvement in technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency. But, the gaps in technical and scale efficiencies among the farms widened.

Conclusion: Based on the results above, following policy suggestions are offered. First, an environment control technology suitable for strawberry farming needs to be developed. Second, the smart farming technology needs to be standardized by the government. Third, new smart farm models need to be developed to accommodate to the facilities and environment in Korea through collecting big data including high-quality data on the environment, growth, and yield. Fourth, continuing education needs to be provided to narrow the gap in smart farming technology among strawberry farmers.

Key words: Smart Farm, Strawberry, Statistical Analysis, DEA

● Received 6 July 2018, 1st revised 31 July, accepted 17 August 2018

† Corresponding Author(lq18287@naver.com)

© 2018, The Korean Society for Quality Management

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.

※ 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01192404)의 지원에 의해 이루어진 것임.

1. 서 론

우리나라 농업은 녹색혁명을 통한 식량 자급화를 달성하고 백색혁명으로 채소의 연중 생산체계를 확립함으로써 국민의 먹거리를 안정적으로 공급해 왔다. 또한 체험, 숙박, 관광 등을 통해 도시민들에게 다양한 서비스를 제공하고 있다.

최근 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등의 기술을 활용한 제4차 산업혁명이 화두가 되고 있으며, 농업부문도 4차 산업혁명 도래에 맞추어 다양한 시도가 이루어지고 있다. 그 중에서 ICT를 접목하여 작물 생육정보, 환경정보 등의 빅데이터를 활용함으로써 작물이 잘 자랄 수 있는 최적 환경조건을 만들어 생산성과 품질을 높이는 스마트팜이 농업 4차산업혁명의 대표라고 할 수 있다.

Kim et al.(2013)에서는 스마트 농업을 스마트 농림업 생산 부문과 스마트 유통·경영·자원 부문으로 등 2개로 구분하여 세부 구성내용들에 대한 다양한 시사점을 제시하였다. Suh et al.(2016)에서는 스마트 농업 생산 측면에서 정책과 제도 보안을 위해 각 항목들의 정책우선순위를 선정함으로써 산업 및 정책 당국의 의사결정에 대안을 제시하였고, Chae et al.(2016)에서는 스마트 팜 서비스 인증 과정에서의 여러 보안 취약점 극복을 위한 연구를 수행하였다. Yeo et al.(2016)에서는 농업분야 ICT 현장적용 관련 국내·외 연구 동향을 소개하고, 이로부터 시설원예분야에 접목 가능한 ICT 기반 미래 핵심기술을 분석·제시하는 연구들이 수행되었다. 또한 Hwang et al.(2015)에서는 해외 선진 식물공장운영에 비하여 재배 및 시설 기술에서 뒤쳐진 국내 식물공장의 경쟁력을 강화 할 수 있는 ICT 기반 스마트 팜 팩토리 통합 플랫폼을 제안하였다. 이와 같이 선행연구는 스마트팜을 위한 ICT의 개발, 활용 등에 대한 연구가 주로 이루어졌으며, 스마트팜 적용 농가의 경영성과에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

농산물 생산효율성 연구 중 Hong and Park(2008)에서는 통계청의 농산물생산비와 농가경제의 원자료를 활용하여 마늘농가의 기술적 효율성과 결정요인을 기술적 비효율성 효과모형과 확률적 프론티어 생산함수 모형을 이용하여 분석하였다. Goh and Lee(2011)에서는 시설토마토 생산 효율성을 추정하고 비효율성에 영향을 미치는 요인을 확률적 프론티어 분석을 활용하여 수행하였다. 또한 Lin et al.(2014)에서는 농산물 개방화 시대에 대응해 국내 농업의 난관을 타개하기 위해 강원도 파프리카 수출 농가 경영효율성 분석으로부터 농가 경영개선 방안을 제시하였다.

따라서 본 연구에서는 스마트팜을 도입한 딸기농가를 대상으로 경영실태를 조사하고, 경영성과를 분석하여 스마트팜 도입 전후 생산효율성 변화를 분석하고자 한다.

2. 자료 및 분석방법

2.1 자료

딸기 스마트팜 농가들의 경영성과를 분석하기 위해 모집단을 전국의 딸기 스마트팜 도입농가로 하고 재배면적에 비례하여 표본을 추출하였다. 딸기 표본추출지역은 부여, 논산, 예산, 담양, 강진, 화순, 산청, 상주 등 지역으로 설정하였다. 조사방법은 미리 작성된 설문지를 활용하여 2016년 6월부터 9월까지 방문청취조사를 실시하였고, 유효 표본수 29개를 수집하였다.

2.2 분석방법

경영성과는 농촌진흥청의 농산물소득조사 분석방법에 준하였으며, 부분예산법을 활용하여 딸기농가의 스마트팜 도입 전·후를 비교분석하였다.

효율성의 개념이 Farrell(1957)에 의해 정립된 이후 효율성 측정 방법은 비모수적 접근인 자료포락분석(DEA, Decision Envelopment Analysis)과 모수적 접근인 확률적 프런티어 분석(SFA, Stochastic Frontier Analysis)으로 나누어 발전되었다. 자료포락분석은 수리계획법을 사용하며, 확률적 프런티어 분석은 계량경제학적 모형을 이용한다(Farrell 1957, Lovell 1993). 자료포락분석은 함수의 형태나 오차항의 분포를 가정하지 않고 추정할 수 있는 장점이 있지만, 확률적 프런티어 분석은 측정오차(measurement error)나 표본오차(sampling error), 또는 극단적 관측치(outlier)에 덜 민감하다는 장점이 있다(Sharma et al. 1997, Heo and Kim 2001).

Charnes et al. (1978)가 제안한 CCR 모형은 평가대상이 되는 DMU(Decision Making Unit)들의 투입물의 가중합계에 대한 산출물의 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안 되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 단순한 제약조건하에서 DMU의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율을 최대화시키고자 하는 선형 분수계획법이다.

N 가구 농가가 K 개의 생산요소를 투입해서 M 개의 산출물을 생산한다고 가정하고, i 번째 농가는 생산요소벡터 x_i 를 이용하여 산출물벡터 y_i 를 생산한다고 가정한다. 여기서 u 는 $M \times 1$ 인 열벡터로 산출물에 대한 가중치이고, v 는 $K \times 1$ 인 열벡터로 투입물에 대한 가중치이다. 분석대상이 되는 N 가구의 농가 중 i 번째 농가의 기술효율성은 다음 식(1)과 같이 선형계획모형으로 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \theta &= u'y_i/v'x_i \\ \text{s.t.} \quad &u'y_j/v'x_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, N \\ &u, v \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 여기서 θ 는 효율을 극대화 하고자 하는 DMU의 효율이며, v 는 투입요소 가중치 벡터, u 는 산출물 가중치 벡터이다. 모든 효율적인 측정치들은 “1”보다 작거나 같아야한다는 제약조건 하에서 i 번째 농가의 효율성이 최대화되는 곳에서 u 와 v 가중치를 구하는 것을 보여준다. 그러나 이와 같은 비율형성상의 문제점은 이 식은 무한한 해들을 갖는다는 점인데, 이를 피하기 위해서 $v'x_i = 1$ 이라는 제약을 추가하고, 선형계획법의 쌍대정리에 따라 풀면 다음 식(2)와 같은 CRS(Constant Returns to Sacle) 가정 하의 모형을 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 &Min_{\theta, \lambda} \theta_{CCR} \\
 &s.t. \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 &\quad \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 &\quad \quad \lambda \geq 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

CCR모형은 규모에 대한 수익불변(CRS: Constant Returns to Scale)이라는 가정 하에 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 가지고 있다. Banker et al.(1984)는 이러한 CCR 모형에서 가정하고 있는 규모수익불변을 완화하여 규모수익가변(VRS: Variable Returns to Scale)이란 가정을 적용하고 불록성 필요조건을 추가하였다. 식 (2)에서 X 는 투입변수 행렬을 나타내고, Y 는 산출변수 행렬을 의미한다. λ 는 제약식의 $N \times 1$ 상수벡터이고, θ_{CCR} 는 스칼라이다. θ_{CCR} 는 CRS 모형 중 i 번째 농가의 효율성지표를 나타낸다. 이 지표는 $0 < \theta_{CCR} \leq 1$ 을 만족할 뿐만 아니라, 만약 그 값이 “1”일 경우 프론티어 상에 있게 되어 농가의 기술효율성이 최대라는 사실을 말해준다.

$$\begin{aligned}
 &Min_{\theta, \lambda} \theta_{BCC} \\
 &s.t. \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 &\quad \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 &\quad \quad N_1' \lambda = 1, \\
 &\quad \quad \lambda \geq 0.
 \end{aligned} \tag{3}$$

식 (3)에서 N_1' 은 $N \times 1$ 의 단위벡터이다. 따라서 규모수익가변에 대한 DEA모형으로 구해진 기술적 효율성 추정치는 규모수익불변 DEA모형 하에서 구해진 효율성 추정치의 크기와 같거나 큰 값을 갖게 된다.

Banker, Charnes and Cooper(1984)는 규모수익가변(VRS) 상황을 설명하기 위하여 CRS 가정하의 DEA 모형을 확장한 BCC모형을 제안하였다[12]. 모든 농가들이 최적규모로 운영되지 못하는 상황에서는 CRS 모형은 기술적 효율성(TE, Technical Efficiency)과 규모 효율성(SE, Scale Efficiency)에 혼동을 가져올 수 있다. 규모수익가변(VRS 모형을 이용하면 규모 효율성(SE) 효과를 제외한 기술적 효율성(TE) 계산이 가능하다. 규모수익가변(VRS)을 설명하기 위해 CRS 선형계획법 문제에 대하여 아래와 같은 불록성 제약조건을 추가함으로써 쉽게 변경이 가능하다. Banker et al.(1984)는 규모에 대한 수익을 파악할 수 있는 규모지수를 식(4)와 같이 제시하였다.

$$SE = \frac{\theta_{CCR}}{\theta_{BCC}} \tag{4}$$

자료포락분석을 수행하기 위해서는 투입변수와 산출변수에 대한 사전적 정의가 필요하다. 이 연구에서 투입변수로는 생산합수에 독립변수로 많이 쓰이는 토지, 노동, 자본 중 토지와 노동비용과 기타 경영비용을 포함한 생산비 두 부분으로 구성하였으며, 산출변수로는 농업소득으로 설정하였다(Table 1).

Table 1. Definition of input and output variables

Variables		Definition
Input variables	land (m ²)	sum of land area
	cost (thousand won)	production cost
Output variables	income (thousand won)	total agricultural income

3. 분석결과

3.1 스마트팜 활용 실태

스마트팜을 위해서는 측창, 천창, 난방기, 유동팬, 양액기 등의 다양한 환경제어시설이 필요하다. 환경제어시설은 온실/하우스의 형태, 보온시설, 가온형태, 작형 등에 따라 달라지며, 또한 농가별 환경제어시설에 대한 인식과 활용 기술수준의 차이로 인해 다르게 나타나기도 한다. 딸기 스마트팜 도입농가들의 환경제어시설 설치비율은 Table 2에서 보는 바와 같이 난방기, 유동팬, 측창, 양액기 등이 높게 나타났다.

Table 2. Ratio of environmental control facility installation at strawberry smart farm

Items	ratio(%)
Single ceiling	65.5
Double ceiling	44.8
Side window	96.6
Ceiling warming screen	72.4
Side warming screen	75.9
Warming cover switch	0.0
Shading screen	41.4
Heater	100.0
CO ₂ feeder	37.9
Light intensity control	44.8
Fumigator	10.3
Circulation fan	100.0
Overhead sprayer	34.5
Irrigation fertigation	82.8
Nutrient solution supply system	96.6

환경측정센서는 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사량 등 작물생육에 필요한 환경정보를 실시간으로 제공해 주어 스마트팜의 복합제어를 가능하게 하는 장치들이다. 일반적으로 비닐하우스 외부에는 온도센서, 풍향센서, 풍속센서, 일사량센서, 감우센서 등이 설치되고, 내부에는 온도센서, 습도센서, CO₂센서, 광량센서, 지온센서 등이 설치된다.

딸기 스마트팜 도입농가의 비닐하우스 외부 환경측정센서 설치비율은 Table 3와 같이 온도센서 75.9%, 풍향센서 79.4%, 풍속센서 79.4%, 일사량센서 79.4%, 감우센서 86.2%로 조사되었다. 비닐하우스 내부의 환경측정센서 설치비율은 온도센서 100.0%, 습도센서 89.7%, CO₂센서 79.3%, 광량센서 53.6%, 지온센서 66.7%로 조사되었다.

Table 3. Installation percentage of environmental measure cense at strawberry smart farm

(Unit: %)

Items		Number of installation			
		0	1	2	more than 3
Outside	Temperature	24.1	72.4	3.5	0.0
	Direction of the wind	20.7	75.9	3.5	0.0
	Wind speed	20.7	75.9	3.5	0.0
	Insolation	20.7	75.9	3.5	0.0
	Rain	13.8	86.2	0.0	0.0
Inner	Temperature	0.0	6.9	44.8	48.3
	Humidity	10.3	13.8	41.4	34.5
	CO ₂	20.7	62.1	10.3	6.9
	Intensity of radiation	46.4	39.3	10.7	3.6
	Soil temperature	33.3	48.2	7.4	11.1

딸기 스마트팜 도입농가의 활용수준은 Table 4와 같이 ‘높다’, ‘매우 높다’고 응답한 비율을 보면, 컴퓨터 62.1%, 환경측정센서 75.9%, 환경제어프로그램 65.5%, 환경제어시설 75.8%, 환경정보 해석 79.3%, 환경정보 활용한 생육 조절 72.4%로 조사되었다.

Table 4. Level of utilizing strawberry smart farm

(Unit: %)

Utilization level	Very Low	Low	Average	High	Very high
Computer	0.0	20.7	17.2	34.5	27.6
Environmental measurement sensor	0.0	0.0	24.1	62.1	13.8
Environmental control program	0.0	10.3	24.1	51.7	13.8
Environmental control facility	0.0	3.4	20.7	58.6	17.2
Environmental information interpretation	0.0	3.4	17.2	62.1	17.2
Growth control using the environmental information	0.0	0.0	27.6	62.1	10.3

딸기 스마트팜 도입농가의 활용 시 애로사항을 조사한 결과 Table 5와 같이 ‘매우 문제가 많다’, ‘문제가 많다’에 대한 항목별 비율을 보면, 스마트폰 연계 방법 10.3%, 부품교체 비용 20.7%, 부품교체 시 시간 지연 37.9%, 환경설정 값 변경 10.3%, 도입 후 추가비용 발생 20.7%로 조사되었다. 딸기 스마트팜 도입농가들은 스마트팜 설치 업체가 타 지역에 있어 부품교체 시 시간지연, 부품교체 비용, 도입 후 추가비용 발생 등이 스마트팜 활용에 애로사항이 높은 것으로 조사되었다.

Table 5. Difficulties in strawberry smart farm

(Unit: %)

Item	Very problematic	Problematic	Neutral	Almost no problem	No problem at all
Smartphone connection	0.0	10.3	24.1	48.3	17.2
Expenses for parts replacement	0.0	20.7	13.8	62.1	3.4
Time delays due to parts replacement	13.8	24.1	10.3	48.3	3.4
Adjusting environment settings	3.4	6.9	24.1	58.6	6.9
Extra expenses after the adoption	6.9	13.8	20.7	51.7	6.9

3.2 경영성과 비교

스마트팜을 도입한 농가의 도입 전·후에 대한 경영성과에 대해 살펴보면, 10a당 평균 총수입은 도입 전에는 183,422천원이었고, 도입 후에는 198,850천원으로 분석되었다. 총수입에 대한 도입 전·후 대응T검정을 실시한 결과 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 스마트팜 도입으로 인해 총수입이 증가한 것을 알 수 있었다 (Table 6).

스마트팜 도입농가의 10a당 평균 경영비는 도입 전에는 94,382천원이었고, 도입 후에는 96,328천원으로 나타났다. 경영비의 도입 전·후에 대한 대응T검정 결과 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보이므로 스마트팜 도입으로 경영비가 증가하였음을 알 수 있었다.

10a당 생산량은 스마트팜 도입이전 28,039kg이었고, 도입이후는 28,535kg으로 나타났으며, 5%유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이것은 스마트팜 도입으로 생산량이 증가하였음을 의미한다.

농가수취가격은 스마트팜 도입이전 7,179원/kg이었고, 도입이후는 7,552원/kg으로 나타났다. 도입 전·후에 대한 대응T검정 결과 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 이것은 스마트팜 도입으로 판매가격이 증가하였음을 의미한다.

Table 6. Management result before and after strawberry smart farming

Item	Before(A)		After(B)		T (A-B)
	Mean	SD	Mean	SD	
Gross income (thousand won)	183,422	122,675	198,850	138,513	-3.36***
Operating costs (thousand won)	94,382	68,647	96,328	71,851	-2.52**
Product(kg)	28,039	22,646	28,535	23,374	-2.22**
Price(won/kg)	7,179	1,862	7,552	1,842	-3.63***

*** p < 0.01, ** p < 0.05

스마트팜 도입 전·후 주요 경영비에 대한 비교분석 결과 농약비는 10% 유의수준 하에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 기타재료비는 5% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났으며, 감가상각비가 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 7).

Table 7. Operating costs before and after strawberry smart farming

(unit: thousand won)

Item	Before		After		T
	Mean	SD	Mean	SD	
Fertilizer	4,114	5,533	4,211	5,553	-1.30
Chemicals	5,041	4,943	5,444	5,594	-1.90*
Fuel, lube, and electricity	11,330	13,543	11,631	14,683	-0.99
Other materials	27,382	22,767	26,994	22,799	-2.55**
Depreciation	13,515	10,733	14,313	10,955	-5.82***
Hired labor	15,743	21,327	16,478	24,088	-0.99

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

3.3 효율성 분석

딸기 스마트팜 농가들의 DEA를 분석한 결과 기술효율성은 도입 이전 0.418이었고, 도입 이후 0.445로 나타났으며, 대응표본T검정 결과 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 또한 순수기술효율성은 도입이전 0.557이었고, 도입 이후 0.579으로 분석되었으며 대응표본T검정 결과 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 규모효율성은 도입 이전 0.764이었으며, 도입 이후 0.782로 분석되었으며, 대응표본T검정 결과 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 8).

딸기농가가 스마트팜 도입함에 따라 기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성 모두 증가하였지만, 농가 간 효율성의 격차도 증가하였다. 스마트팜 기술의 개별 습득 능력 차이 등으로 인해 기술효율성과 순수기술효율성의 격차가 증가하였을 것이다. 스마트팜 도입 전에 비해 도입 후 규모효율성의 격차가 증가한 것은 기술 도입을 위한 많은 초기 투자비가 소요되므로 자본조달의 개별 능력 차이 등으로 인해 증가한 것으로 여겨진다.

Table 8. Analysis of production efficiency before and after strawberry smart farming

Item	Technical Efficiency			Pure Technical Efficiency			Scale Efficiency		
	Before	After	T	Before	After	T	Before	After	T
Mean of efficiency	0.418	0.445	-3.31***	0.557	0.579	-2.79***	0.764	0.782	-2.43**
SD	0.180	0.180	-	0.231	0.234	-	0.141	0.128	-
CV	2.314	2.475	-	2.405	2.474	-	5.419	6.109	-

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

4. 결 론

본 연구에서는 농업부문의 4차 산업혁명의 대표적인 상징이라고 할 수 있는 스마트팜을 도입한 딸기 농가를 대상으로 생산효율성을 분석하였다.

딸기 스마트팜 도입농가의 애로사항은 부품교체 시 시간 지연, 부품교체 비용 발생, 도입 후 기존 시설과 호환성 문제로 추가비용 발생 등으로 조사되었다. 최근 스마트팜 지원사업의 증가로 많은 중소기업체들이 설립되었으나 표준화된 기술이 없어 기업마다 스마트팜을 개발하여 시공하고 있으나 스마트팜 업체가 파산한 경우 AS받을 수 없는 상황이 발생하였다. 따라서 스마트팜 기술의 국가표준화를 실시하여 해당 업체가 파산하더라도 농업인들에게 피해가 가지 않도록 하여야 할 것이다.

또한 스마트팜 도입한 딸기농가의 경영성과를 분석한 결과 스마트팜 도입한 딸기농가들은 정밀 생육관리로 인해 수량이 증가하고 품질이 향상되면서 총수입이 증가하였다. 또한 수량 증가로 인한 포장상자 구입량 증가, 포장 고용비 증가, 스마트팜 감가상각비 증가 등으로 경영비가 증가하였다. 스마트팜 도입으로 총수입 증가에 수량보다는 판매단가가 더 큰 영향을 미쳤다. 딸기 스마트팜 도입농가의 수량 증가율이 낮은 이유는 생육단계에 맞는 최적의 환경 조건을 제공하는 복합환경제어가 아닌 단순제어이기 때문이다. 따라서 딸기에 적합한 복합환경제어기술이 시급히 개발되어야 할 것이다. 이를 위해서는 환경자료, 생육자료, 수량자료 등의 양질의 빅데이터 수집이 적실히 필요하다.

마지막으로 스마트팜 도입으로 효율성이 증가함을 확인할 수 있었으나, 도입 후 농가 간 효율성의 격차가 증가하였다. 스마트시설의 도입은 농가 농업을 영위함에 있어서 적시에 적절한 의사결정을 할 수 있도록 도와주었기 때문에 전반적인 효율성이 증가하였고, 다양한 스마트시설들을 적절하게 활용하기 위해서는 시설 간 조합 및 시설 활용 수준 차이 등으로 효율성 격차가 더 커진 것으로 여겨진다. 따라서 지속적인 체계적인 스마트팜 교육을 통해 개별 농가의 기술 격차를 해소하고, 기술력은 있으나 자본이 부족한 농업인에게 보조금 지급도 필요할 것이다.

본 연구는 스마트팜을 도입한 딸기 농가를 대상으로 현장조사를 실시하여 스마트팜의 활용실태, 경영성과, 효율성 분석을 통해 다양한 의견을 제시하였다. 그러나 스마트팜 보급이 초기단계라 표본수가 적었다는 한계점이 있다. 앞으로 농업인들에게 스마트팜을 확대 보급하기 위해 다양한 연구가 이루어지길 기대한다.

REFERENCES

- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. 1984. "Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis." *Management Science* 30:1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. 1978. "Measuring Efficiency of Decision Making Unit." *European Journal of Operations Research* 2:429-444.
- Chae, C. J., Han, S. K., and Cho, H. J. 2016. "Security Vulnerability and Countermeasures in Smart Farm." *Journal of Digital Convergence* 14(11):313-318
- Farrell, M. J. 1957. "The Measurement of Productive Efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society*(120):253-290.
- Goh, J. T. and Lee, H. M. 2011. "A Study on the Management Efficiency of Kangwon Paprika Export Farms Using DEA." *Korean journal of food marketing economics* 28(2):1-23.
- Heo, J. N. and Kim, T. K. 2001. "A Comparison of Alternative Approaches to the Measurement of Technical

- Efficiency on Existing Outlier." *Korea Journal of Agricultural Management and Policy* 28(4):683–702.
- Hong, S. J., and Park, J. H. 2008. "An Analysis on the Technical Efficiency of Garlic Farming in Korea." *Journal of Agriculture & Life Sciences* 42(4):59–67.
- Hwang, S. I., Joo, J. M., and Joo, S. Y., 2015. "ICT-Based Smart Farm Factory Systems through the Case of Hydroponic Ginseng Plant Factory." *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences* 40(4):780–790.
- Kim, Y. J., Gouk, S. Y., Kim, Y. R., Lee, M. G., Kim, J. S., Kim, Y. H., Min, K. T., Ji, I. B., and Sim, J. H. 2013. *The Present Status and Development Direction of Smart Agriculture*. Korea Rural Economic Institute.
- Lin, Q. L., Rhee, J. W., and Hong, N. G. 2014. "An Analysis of Production Efficiency of Controlled Tomato Production." *Korea Journal of Agricultural Management and Policy* 41(3):380–399.
- Lovell, C. A. K. 1993. *Production Frontiers and Productive Efficiency*. in Fried, H.O., C.A.K Lovell and S.S. Schmidt Eds. *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Sharma, K. R., Leung, P. and Zaleski, H. M. 1997. "Productive Efficiency of Swine Industry in Hawaii: Stochastic Frontier vs. Data Envelopment Analysis." *Journal of Productivity Analysis* 8:447–459.
- Suh, D. S., and Kim, Y. J. 2016. "A Study on Priority of Policy for Smart Farming System Using AHP Approach." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 17(11):348–354.
- Yeo, U. H., Lee, I. B., Kwon, K. S., Ha, T. H., Park, S. J., Kim, R. W., and Lee, S.Y. 2016. "Analysis of Research Trend and Core TechnologiesBased on ICT to Materialize Smart-farm." *Protected Horticulture and Plant Factory* 25(1):30–41.