

# 농산물 재배 방식에 따른 사회, 경제, 환경 영향 비교 - 농산물 소득조사 자료와 스마트팜 실태조사 보고서를 기반으로 -

이지민 · 김태곤\*

서울대학교 농업생명과학연구원, \*전북대학교 스마트팜학과

## Comparison of Social, Economic, and Environmental Impacts depending on Cultivation Methods - Based on Agricultural Income Survey Data and Smart Farm Survey Reports -

Lee, Jimin · Kim, Taegon\*

*Research Professor, Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University*

*\*Professor, Department of Smart Farm, Jeonbuk National University*

**ABSTRACT** : This study examined the impact of changes in agricultural production methods on society, the economy, and the environment. While traditional open-field farming relied heavily on natural conditions, modern approaches, including greenhouse and smart farming, have emerged to mitigate the effects of climate and seasonal variations. Facility horticulture has been on the rise since the 1990s, and recently, there has been a growing interest in smart farms due to reasons such as climate change adaptation and food security. We compared open-field spinach and greenhouse spinach using agricultural income survey data, and we also compared greenhouse tomato cultivation with smart farming tomato cultivation, utilizing data from the smart farm survey reports. The economic results showed that greenhouse spinach increased yield by 25.8% but experienced a 29% decrease in income due to equipment depreciation. In the case of tomato production in smart farms, both yield and income increased by 36-39% and 34-46%, respectively. In terms of environmental impact, we also compared fertilizer and energy usage. It was found that greenhouse spinach used 29% less fertilizer but 14% more energy compared to open-field spinach. Smart farming for tomatoes saw a negligible decrease in electricity and fuel costs. Regarding the social impact, greenhouse spinach reduced labor hours by 31%, and the introduction of smart farming for tomatoes led to an average 11% reduction in labor hours. This reduction is expected to have a positive effect on sustainable farming. In conclusion, the transition from open-field to greenhouse cultivation and from greenhouse cultivation to smart farming appears to yield positive effects on the economy, environment, and society. Particularly, the reduction in labor hours is beneficial and could potentially contribute to an increase in rural populations.

**Key words** : Transforming agriculture, Crop cultivation methods, Social impact, Economic implications, Environmental effect

## I. 서 론

### 1. 배경

농업 생산 방식은 시간에 따라 변화해 왔다. 과거에는

자연조건에 크게 의존하는 노지 생산이 주를 이루었으나 현재에는 시설재배와 스마트팜 기술 등 기후와 계절의 영향을 줄이는 재배방식이 확대되고 있다.

시설원예는 ‘제한된 공간 안에서 환경을 인위적으로 제어하여 작물을 재배하는 것’(Cho and Son, 2012)으로 유리 온실이나 비닐하우스 등의 시설 내에서 인위적으로 재배 환경을 조절하면서 채소나 과수, 화훼 등의 작물을 집약적

Corresponding author : Kim, Taegon

Tel : 063-270-2557

E-mail : taegon@jbnu.ac.kr

으로 생산하는 것을 의미한다. 우리나라 시설원예농업은 90년대 시설원예 현대화 지원사업으로 크게 확대되었으며, 신선 채소에 대한 수요 증가와 재배기술 발달로 시설원예를 이용한 작물 재배가 증가해왔다(Nam, 2003). 재배시설은 비닐하우스에서 유리온실 등 현대화 온실로 변화해왔으며 최근에는 스마트팜과 식물농장에 대한 관심이 증가하였다.

지능형 농장이라고 불리는 스마트팜은 정보통신기술을 활용한 ‘시간과 공간의 제약 없이 자동으로 작물을 생산하는 과학적 농업’을 의미한다(Choi, 2022). 따라서 작물 생육 정보와 환경정보 등 수집 정보를 기반으로 언제 어디서나 작물 생육 환경을 확인하고, 알맞은 시기에 처방하여 노동력을 절감하고 수분과 양분 등을 덜 투입하고도 농산물의 생산성과 품질향상이 가능한 장점을 가진다(Lee and Seol, 2019). 이러한 스마트팜은 최근 이상기후 증가 등으로 기후변화 대응, 식량안보 등을 이유로 관심이 증대되고 있다. 우리나라 정부는 전 세계 스마트농업 시장이 연 10% 성장하고 있는데 반해, 국내 스마트농업은 도입 초기 단계로 시장 규모가 작다고 진단하고 농업 생산의 30%를 스마트농업으로 전환하고자 하는 “「스마트농업」확산을 통한 농업혁신방안”을 발표하였다(MAFRA, 2022).

## 2. 기존 연구

시설원예와 스마트팜과 관련된 연구로는 세부 작물별 재배 환경에 대한 연구가 주를 이루어 왔으며, 스마트팜의 경우 국내 도입 초기로 현황과 실태, 스마트팜 도입에 따른 효율성과 생산성 평가, 도입요인에 대한 연구가 진행되어왔다.

스마트팜 현황으로는 2016년, 2017년에는 스마트팜 선도사례 보고서가 제작되었으며 2019년부터는 “스마트팜 현황조사와 성과분석 요약본 보고서”(MAFRA & EPIS, 2023)를 통해 스마트팜 운영 실태를 파악하고 스마트팜 정책 및 연구를 위한 기초자료를 제공하고 있다.

스마트팜 도입에 의한 효율성과 생산성 연구로는 Choi and Lim(2018)가 스마트팜을 도입한 딸기농장 유효표본 29개 농장을 대상으로 경영실태를 조사하여 도입 전후 생산효율성 변화를 분석하였다. 스마트시설의 도입은 농가가 적시에 적절한 의사결정을 할 수 있도록 도와주기 때문에 전반적인 효율성이 증가하나 시설 활용 수준 차이로 효율성 격차가 커질 수 있으므로 교육이 필요함을 강조하였다. Lee and Seol(2019)은 시설원예 수경재배 농업에 2세대 스마트 팜과 빅데이터를 활용한 농업기술이 농가의 생산성에 주는 영향을 조사하기 위해 선도사례 농가와 경남 사천

시 수경재배 토마토 농가를 대상으로 분석하였다. 연구 결과 토마토 농업의 생산량은 3.3㎡당 28.64kg이며, 스마트 팜 선도 농가는 65.10kg으로 224.9% 향상되었고, 실증사례 농가는 134kg으로 463.6% 향상된 것으로 나타났다. Noh and Lee(2022)는 강원도 지역 파프리카 35개 농가를 대상으로 스마트팜 도입 결정에 영향을 미치는 요인을 프로빗 모형을 활용하여 분석하였으며, 그 결과 순이익과 영농경력의 증가는 스마트팜 도입 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 초기 설비비용에 대한 자기부담금 확보가 도입에 가장 큰 어려움으로 나타났다.

환경성 연구로는 작물 재배로 인한 탄소배출량 산정과 탄소저감을 위한 에너지 전환과 관련한 연구가 시행되었다. Ryu et al.(2011)은 시설재배 상추 생산체계에 대한 LCI DB를 구축하고 상추의 탄소성적산정과 전과정 영향 평가를 위하여 전과정평가를 수행하였다. LCI 분석 결과 영농작업 단계에서 배출되는 온난화 가스의 주요 원인은 농기계 사용에 쓰이는 화석연료로 인한 이산화탄소, 메탄, 아산화질소와 질소비료 사용에 의한 아산화질소로 나타났다. 스마트팜의 경우, 신재생에너지 도입, 에너지저장 장치 사용, IoT, ICT 기술 활용에 관한 다양한 연구 진행되고 있는데, Lee and Cho(2020)은 2가지 시나리오를 설정하여 신재생에너지 기반 스마트팜의 경제성 분석하였으며, Jeong et al.(2020)은 스마트 팜에서 사용되는 에너지 소비를 줄이기 위하여 기존의 스마트 팜 시스템에 창문 개폐 시스템과 전력거래 시스템을 도입하는 운용 알고리즘을 개발한 바 있으며, Jeong(2023)은 스마트팜 내 농작물의 생육 환경 정보를 적절하게 관리할 수 있는 IoT 기술과 머신러닝 기술을 융합한 스마트 팜 프레임워크를 제안하였다.

재배방식 비교와 관련된 연구로는 Kim(1999)은 경북지역 시설재배 농가와 노지재배 농가를 대상으로 농작업 유형별 작업환경을 비교 분석하였다. 설문과 면접조사를 통해 노지재배 노동환경이 시설재배보다 열악하며, 노지재배의 노동부담은 신체적 부담으로 나타나며, 작업환경 또한 시설재배가 더 양호한 것으로 나타났다. Jo et al.(2022)는 2021년 스마트팜 현황조사 및 성과 분석 패널 조사 데이터를 이용하여 스마트팜 도입이 지속적인 영농활동 의지에 영향을 미치는지 검증하였다. 영농경력이 낮은 귀농인 집단에서는 스마트팜 도입으로 인한 영농 편리성 향상이 지속적 영농활동 의지에 정(+의 영향을 미치는 것으로 나타났으며 후계농, 일반농의 경우에도 스마트 팜 도입으로 인한 작물 품질 향상, 노동의 질 향상 등이 지속적 영농활동 의지에 정(+의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 연구들은 주로 특정 작물, 개별 농장 및 지역에 한정되거나 작물의 생육에 초점을 맞춘 재배 환경에 관한 연구가 이루어졌으며, 스마트팜 연구는 주로 현황과 성과, 앞으로 변화할 시스템을 제시하고 있다. Kim(1999)과 Jo et al.(2022)의 연구가 서로 다른 재배방식을 비교하고 있으나, 재배방식이 변화함에 따른 사회, 경제, 환경적 영향을 종합적으로 다루고 있지 못하고 있다.

### 3. 연구목적

본 연구에서는 노지재배에서 시설재배, 스마트팜으로의 재배방식 변화가 사회, 경제, 환경적 영향에 어떠한 차이가 존재하는지 비교하고자 한다. 하나의 작물을 선정하여 세 가지 재배방식을 직접 비교하는 것이 가장 이상적이지만, 본 연구에서는 기존 조사된 통계자료와 문헌을 기반으로 하였다. 또한 자료 구득 한계로 동일 작물 자료가 확보되지 않아 노지와 시설재배 비교에는 시금치 작물을, 기존 시설재배가 스마트팜으로 변경 시 변화되는 부분은 토마토를 대상으로 살펴보하고자 한다.

## II. 연구 방법 및 데이터

### 1. 재배방식의 종류와 현황

노지재배란 작물을 재배할 때 특수한 가열이나 보온을 하지 않고 밭의 자연적인 조건에서 재배하는 방법이며, 시설재배는 비닐하우스나 온실 등 시설에서 재배하는 것을 의미한다. 노지채소는 노지에서 재배되어 기상변화에 따라 생산량이 크게 변동하고, 계절에 따라 주산지가 전국으로 이동하는 특징을 가진다. 스마트팜이란, 비닐하우스, 유리

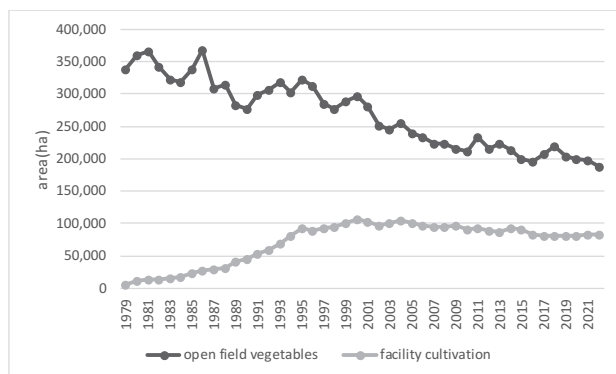


Figure 1. Changes in open filed vegetable area and facility cultivation area

온실 등의 시설원예, 축사 등에 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 정보통신기술을 접목하여 작물과 가축의 생육환경을 원격 혹은 자동으로 적정하게 유지 관리할 수 있는 농장을 의미한다(Byun, 2022).

시간에 따른 노지재배와 시설재배 면적 변화를 살펴보면, 농업 생산에서 농지가 지속적으로 감소한 바와 같이 노지채소 생산 면적 또한 지속적으로 감소하는 패턴을 보이고 있다. 이에 반해 시설재배 면적은 1980년대부터 1990년대 중반까지 급속도로 증가하였으며 그 후 일정한 면적을 유지하고 있다(Figure 1).

### 2. 분석 데이터

본 연구에서는 농산물소득조사 데이터와 스마트팜 실태조사 보고서 데이터를 바탕으로 분석하였다. 농산물소득조사 데이터의 경우에는 2018년부터 2022년까지 5개년도 데이터를 이용하였으며, 스마트팜 자료는 2019년~ 2022년 스마트팜 실태조사 보고서를 참고하였다(Smart farm Korea homepage).

농산물 소득조사 대상 작목은 50개 작목이며 4,078 농가를 대상으로 조사(2022년 기준)되는데 노지와 시설재배 모두 대상이 되는 작물은 노지시금치와 (반축성)시설시금치, 노지시금치와 시설시금치가 존재한다(RDA, 2023). 이 두 작물 중 노지재배와 시설재배의 차이를 시금치 작물을 대상으로 비교분석하였다. 농산물소득조사에서 표본농가로 조사된 노지시금치와 시설시금치 농가수는 2022년 기준 노지시금치 44개 농가, 시설시금치는 36개 농가이며, 각 연도별 표본 농가수는 Table 1과 같다. 스마트농업 실태조사에서는 시설원예 분야는 연도별로 시설원예 작물이 변동되었는데 주로 토마토, 딸기, 파프리카로 모집단이 구성되어 있다. 시설재배와 스마트팜 재배를 비교하기 위해 토마토 작물을 대상으로 하였다. 스마트팜 토마토 작물의 모집단은 2022년 기준 327개 농가이며, 이 중 1년차 모집단은 41개 농가이며, 1년차 모집단 중 성과대상이 된 표본 농가수는 34개이다.

대상 작물인 시금치의 재배면적을 살펴보면, 2022년 재배면적을 비교하였을 때 노지 시금치 재배면적(2,075 ha)과 시설 시금치 재배면적(2,257 ha)이 유사한 값을 보이는 작물로 나타났다. 노지 시금치와 시설 시금치 재배면적의 변화를 살펴보면(Figure 2) 시설 시금치의 경우 시설작물 재배면적과 같은 패턴으로 1990년대에 급격히 증가하는 특성을 보이고 있으며, 노지 시금치 재배면적은 절반 이상 감소한 특성을 보였다. 시금치 재배면적의 지역분포를 살펴보면(Figure 3) 시설시금치의 경우 경기도에, 노지 시금치

Table 1. Number of samples(farms) in the reports

Source	Agricultural income survey			Smart farm report	
Crops	Spinach		Tomato		
	Open-field	Greenhouse	Facility (Forcing)	1st Year	Performance target
2018	41	42	54	-	-
2019	50	51	59	45	34
2020	48	35	55	35	15
2021	45	36	56	48	43
2022	44	36	57	41	34

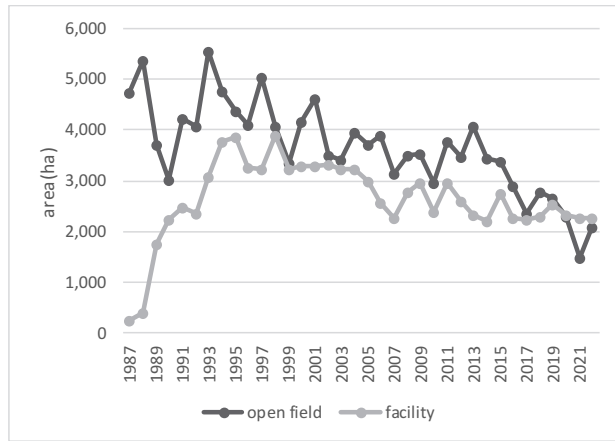


Figure 2. Changes in spinach cultivation area by year

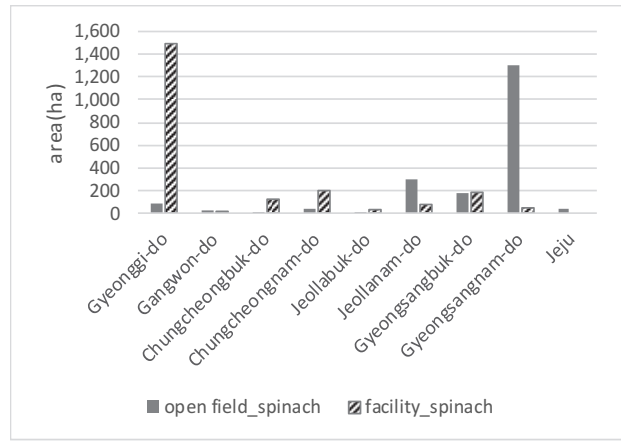


Figure 3. Spinach cultivation area by province (based on 2022 agricultural area survey)

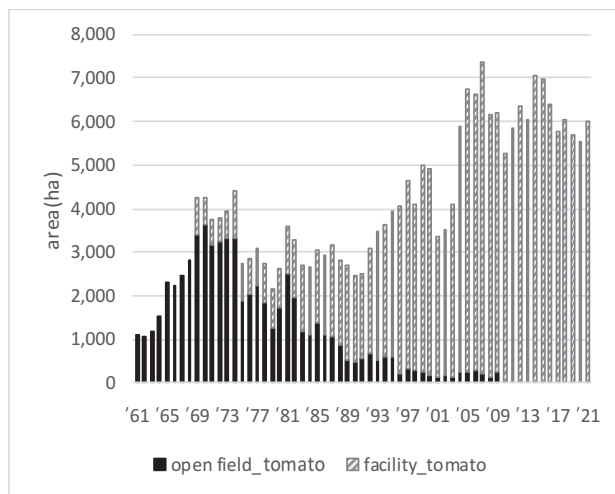


Figure 4. Cultivation area of field tomatoes and facility tomatoes by year (data from “Institutional Vegetable Greenhouse Status and Production Performance”)

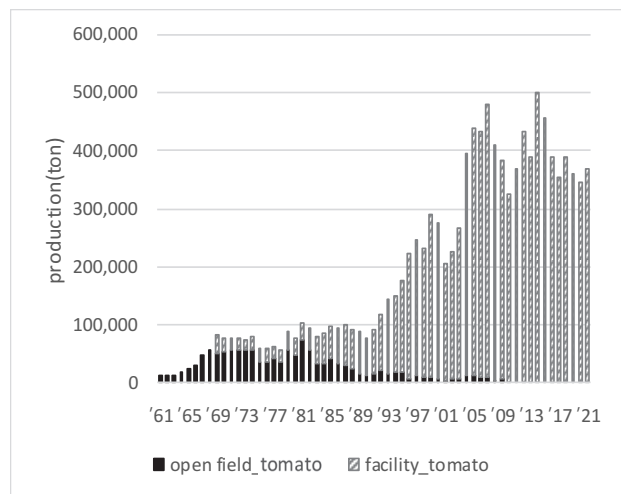


Figure 5. Field tomatoes and facility tomatoes production by year

는 경상남도 지역에 편중되어 있음을 알 수 있다. 지역 편차가 존재하는 것은 작목에 적절한 기후인 지역이 존재하기 때문으로 판단되며, 노지재배의 경우 기후변화의 영향을 많이 받을 것으로 예상된다.

시설원예와 스마트팜을 비교하기 위한 작물인 토마토의 경우, 통계상으로는 1969년 이후 시설재배가 이뤄졌으며 2010년 이후 노지재배 없이 모두 시설재배로 이뤄지는 것으로 나타났다. 연도별 노지와 시설재배 면적과 생산량을 살펴보면 Figure 4, Figure 5와 같다. 재배면적이 2005년부터 약 6천ha에서 증감을 반복하고 있으며, 생산량은 2021년 기준 약 37만 톤에 달한다. 스마트팜 성과보고서에서 토마토 작물의 경우 모집단은 2019년 195호에서 2022년 327호로 증가하여, 토마토 작물이 노지재배에서 시설원예로 그리고 시설원예에서 스마트팜으로 재배방식이 변화하는 작물임을 알 수 있다.

### III. 노지재배, 시설재배, 스마트팜의 경제, 환경, 사회적 영향 비교분석

#### 1. 경제적 영향 비교

재배방식에 따른 경제적 영향 비교를 위해 먼저 농산물 소득자료집을 통해 시금치 재배면적 10a당 총수입, 경영비, 농업소득을 살펴보았다. 노지시금치와 시설 시금치의 생산량, 총수입, 농업소득을 2018년부터 2022년까지 5년간의 평균값을 비교한 결과, 시설재배의 경우 생산량이 26% 증가하고, 총수입은 약 7% 증가하는 것으로 나타났으나 농업소득은 29% 감소한 것으로 나타났다. 총수입에서 소요된 비용인 경영비를 뺀 금액이 농업소득으로, 시설재배의 경우 경영비로 인해 소득은 더 적게 나타나 경영비 감소를 위한 노력이 필요한 것으로 나타났다.

총수입에서 경영비가 차지하는 비율을 비교한 결과, 노지재배의 경영비는 총수입의 33%-46%로 나타났으며 시설재

배의 경영비 비율은 총수입의 51%-62%를 차지하여 시설재배가 총수입에서 높은 경영비 비율을 보였다. 세부적으로 살펴보면 노지재배보다 시설재배가 영농시설상각비는 8.4배, 기타요금은 4.8배, 농기계시설임차료에서 2.5배로 나타나 시설과 관련된 비용에 의해 경영비가 많이 드는 것을 알 수 있었다. 시설재배 경영비에서 가장 큰 비중을 차지하지만 영농활동과는 큰 연관성이 없는 영농시설상각비를 제외한 농업소득은 노지재배 농업소득의 0.86배로 나타났다. 시금치의 경우 시설재배가 단위면적 생산량이 더 높아 생산효율이 높으나 노지재배 시금치 가격이 시설재배 시금치보다 높게 형성되기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

농림축산식품부의 스마트팜 실태조사 보고서에는 성과분석에서 작물별 스마트팜 도입에 따른 순효과(Net effect) 결과를 제시하고 있다. 스마트팜 도입 전후 토마토 작물의 연도별 단위 면적당 생산량의 변화(Table 3의 b/a)와 농업소득조사 결과 단위 면적당 생산량을 비교한 결과(Table 3의 b/c), 스마트팜 도입을 통해 생산량이 평균 37.56% 증가하였으며, 스마트팜의 표본이 제한적이기 때문에 농업소득조사 결과와의 단순 비교는 어렵지만, 전체 토마토 생산량

Table 2. Income from open-field spinach and greenhouse spinach (5-year average (2018-2022))

	Open-field Spinach (A)	Greenhouse Spinach (B)	Rate (B/A)
Yield (kg/10a)	1,148	1,445	1.258
Management expense (KRW/10a)	1,089,895	1,846,405	1.694
Total income (KRW/10a)	2,975,223	3,184,071	1.070
Agricultural income (KRW/10a)	1,885,329	1,337,667	0.710
Agricultural income except Depreciation of facilities (KRW/10a)	1,923,133	1,656,379	0.861

Table 3. Production before and after smart farm introduction (kg/10a)

Report year	Before smart farm(a)	Smart farm (b)	Rate (b/a)	Facility cultivation* (c)	Comparison with facility cultivation (b/c)
2019	11,048	15,055	1.363	11,894	1.266
2020	17,318	23,697	1.368	11,520	2.057
2021	8,858	12,188	1.376	11,510	1.059
2022	5,794	8,085	1.395	11,021	0.734

\* Facility tomato (forcing) data from the agricultural income survey report

Table 4. Agricultural income before and after smart farm introduction (KRW/10a)

Report year	Before smart farm(a)	Smart farm (b)	Rate (b/a)	Facility cultivation* (c)	Comparison with facility cultivation (b/c)
2019	10,859,391	14,702,148	1.354	9,746,631	1.508
2020	13,454,758	18,062,070	1.342	9,741,490	1.854
2021	10,063,333	14,703,333	1.461	11,244,269	1.308
2022	10,523,603	14,971,627	1.423	11,228,693	1.333

\* Facility tomato (forcing) data from the agricultural income survey report

과 비교한 경우에도 생산량에 증가 효과(약 27.88%)가 있는 것으로 보였다. 단위면적 당 농업소득의 변화(Table 4)에서도 스마트팜 도입으로 농업소득이 4개 연도 평균 39.5% 증가한 것으로 나타났으며, 해당연도 농업소득조사 결과의 단위 면적당 농업소득과 비교에서도 스마트팜 도입 농가가 50.09%의 농업소득 증가 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 스마트팜보고서에 제시하고 있는 농업소득의 증가 효과가 농업소득조사와 같이 시설 감가상각비를 포함하고 있는지, 스마트팜 도입에 따른 시설비용 부담에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.

## 2. 환경적 영향 비교

농업생산 과정에서 환경에 영향을 주는 요인은 비료 사용과 에너지사용을 들 수 있으며, 농업소득조사 자료를 통해 간접적으로 비교 분석하였다. 비료의 경우 온실가스 배출량 산정에서 아산화질소 배출량으로 산정하게 되는데, 아산화질소의 지구온난화지수<sup>1)</sup>는 298이며(KATPA, 2022) 온실가스 배출량 산정에 중요한 배출물질 중 하나이다. 본 연구에서는 비료 사용량 데이터를 확보하지 못하여 합성 질소질비료, 유기질비료 등으로 토양에 유입된 질소로 인한 아산화질소 배출량을 산정하지 못하였으며, 농산물소득자료 중 경영비 내 비료비를 통해 비교하였다.

작물재배에 사용되는 에너지 사용 또한 농산물소득자료 중 경영비 내 수도·광열비를 통해 비교하였다. 수도·광열비는 작물의 생산에 관하여 물 사용에 소요되는 비용 및 사용한 유류(경유, 등유, 휘발유, 중유 등), 가스, 전기, 석탄 등의 비용을 의미한다. 실제 에너지원별 탄소배출량에 차이가 존재하므로 에너지원별 에너지소비량을 비교하는 것이 바람직하지만 데이터 부재로 농산물소득자료 중 경영비 데이터를 사용하였다.

유기질비료비와 수도광열비에서 소비되는 비료와 에너

1) 아산화질소의 지구온난화지수는 ipcc 보고서 발간 연도에 따라 값이 다르며, 여기서 제시된 숫자는 2022년 “농산물 온실가스 배출량 산정을 위한 공통지침”에 제시된 값을 인용하였음.

지원이 동일하다는 가정하에 생산량에 따른 경영비를 5년(2018년~2022년) 평균값을 사용하여 노지재배와 시설재배의 유기질비료비와 수도광열비를 비교하면 Table 5와 같다. 시금치 1kg 생산에 드는 경영비 총액은 시설 시금치가 더 큰 비용이 들지만, 유기질 비료비는 시설 시금치가 더 적게 드는 것으로 나타났으며 수도 광열비는 그 차이가 크지 않지만, 시설시금치가 수도·광열비용으로 더 많은 경영비를 지출하는 것으로 나타났다. 한편, 경영비에서 차지하는 비율을 비교한 결과에서는 시설재배가 노지재배보다 비료비와 수도광열비 모두 더 적은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

스마트팜의 경우, 연도별로 보고서 작성 내용이 달라 연도별 환경성을 평가하기에 어려움이 존재하였다. 따라서 스마트팜 도입 전후 전기료 및 유류비 변화를 제공한 2020년 보고서 자료를 통해 비교하였다. Table 6와 같이 토마토 작물에 스마트팜 도입한 경우, 도입 전보다 도입 후에 전기료는 증가하고 유류비는 감소한 것으로 나타났으며, 2019년 농업소득조사 시설토마토 수도광열비와 비교할 경우 약 48% 큰 값을 보이는 것으로 나타났다.

2021년과 2022년 보고서에서는 시설원에 스마트팜을 대상으로 온실가스 배출량 변화를 제시하고 있는데 2021년의 경우 10a당 온실가스 배출량이 10.2018tCO<sub>2</sub>eq 에서 9.9970tCO<sub>2</sub>eq으로 2% 감소효과가 발생한 것으로 나타났다. 그러나 이 결과는 신규로 스마트팜을 도입한 경우가 아니라 스마트팜을 대상으로 한 연차별 모니터링 자료로 스마트팜 도입 전후 에너지 사용량의 변화를 살펴보기 어려운 한계를 가진다. 한편, 보고서에서 대상이 된 스마트팜 시설원예농가 중 대부분의 농가(2020년 275개 농가 중 242개, 2021년 238개 농가중 184개 농가)가 등유를 사용하는 것으로 나타났으나, 연료사용량에서는 중유(B-C유)가 50% 이상을 차지하여 주로 사용하는 에너지원이 중유(B-C유)로 나타났다. 이 연료의 이산화탄소 배출계수가 다른 연료보다 더 높기 때문에 에너지원의 변화나 신재생에너지 도입 등으로 탄소배출량 감소를 시도할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 5. Fertilizer costs and wate & electricity costs for open field spinach and greenhouse spinach (5-year average(2018-2022))

	Open-field spinach (a)	Greenhouse spinach (b)	Rate (b/a)
Management expense (KRW/kg)	949.05	1,277.79	1.346
Organic Fertilizer cost (KRW/kg, %)	156.93 (16.54)	110.24 (8.63)	0.702 0.522
Water and electricity cost (KRW/kg, %)	31.36 (3.3)	35.65 (2.79)	1.137 0.844

Table 6. Electricity and fuel costs before and after smart farm introduction (KRW/10a, as of 2019)

	Before Smart farm(a)	Smart farm (b)	Rate (b/a)	Facility cultivation* (c)	Comparison with facility cultivation (b/c)
Electricity	1,413,279	1,419,006	1.004		
Fuel	2,439,452	2,428,000	0.995		
Total	3,852,730	3,847,006	0.998	2,604,364	1.477

\* Water and utility cost data for facility tomato (forcing) from the 2020 agricultural income survey report

### 3. 사회적 영향 비교

사회적 영향 비교에서는 노동시간은 삶의 질과 밀접하게 영향을 갖고 있기(Kim and Oh, 2022) 재배방식에 따른 노동시간 감소를 비교하였다.

농산물소득조사 데이터 중 작업단계별 노동투입 통계를 이용하여 자가노동과 고용노동 모두 합한 시간을 2018년부터 2022년까지 5년 동안의 평균값을 비교하였다. 그 결과 시설재배가 노지재배보다 노동 투입시간이 30~45% 감소한 것으로 나타났다(Table 7). 작업단계별로 살펴보면 수확과 선별 포장 작업에서 시설재배보다 노지재배에서의 노동 투입시간이 많이 소요되는 것으로 나타났다. 시설재배에서는 물관리에 소요되는 시간이 노지재배보다 큰 것으로 나타났다.

스마트팜 도입 전후 노동시간을 비교한 결과에서는 (Table 8), 평균 11% 정도의 노동시간 절감 효과가 있는 것으로 나타났으며, 농산물소득조사상의 시설토마토 노동 투입시간과 비교할 경우에도 평균 13% 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 노동시간을 살펴볼 경우, 노지재배보다는 시설재배에서 노동시간이 급격히 감소하며, 스마트팜을 도입할 경우 10% 정도 노동시간이 감소함을 알 수 있다. 이러한 영농 편리성, 노동의 질 변화는 지속적인 영농활동의지에 정(+의 영향을 미치며, 특히 영농경력이 낮은 귀농인 집단에서 영농편리성 향상이 영향이 큰 것으로 나타나(Jo et al., 2022) 시설재배와 스마트팜의 노동시간 감소는 귀농 인구 증가에 긍정적인 영향을 예상할 수 있다. 그러나 이러한 효과는 스마트팜의 경우, 초기 투자 비용, 관련 기술

Table 7. Working hours for open-field spinach and greenhouse spinach (5-year average (2018-2022))

	Open-field spinach (a)	Greenhouse spinach (b)	Rate (b/a)
Working hours per unit area (hours/10a)	144.96	100.34	0.692
Working hours per 1kg production (hours/kg)	0.12623	0.06944	0.550

Table 8. Working hours before and after smart farm introduction (hours/10a)

Report year	Before (a)	Smart farm (b)	Rate (b/a)	Facility cultivation* (c)	Comparison with facility cultivation (b/c)
2019	634.24	553.33	0.872	546.7	1.012
2020	467.58	422.21	0.903	565.3	0.747
2021	475.15	387.97	0.817	543.9	0.713
2022	542.42	518.18	0.955	523.6	0.990

\* Facility tomato (promotion) data from the agricultural income survey report



교육 등 진입장벽이 존재하므로 이에 대한 지원정책이 선행될 경우 가능할 것으로 기대된다.

#### IV. 결 론

농업 생산 방식은 기술 발달과 환경의 변화에 따라 변화해 왔다. 과거에는 자연조건에 크게 의존하는 노지 생산이 주를 이루어왔으나 현재에는 시설재배와 스마트팜 기술 등 기후와 계절의 영향을 줄이는 재배방식이 확대되고 있다. 본 연구에서는 이러한 재배방식의 변화가 사회, 경제, 환경적 영향에 어떠한 차이가 존재하는지 비교하고자 하였다. 농산물 소득조사 데이터와 스마트팜 실태조사 보고서를 기반으로, 노지와 시설재배 비교에는 시금치 작물을, 시설재배와 스마트팜 비교는 토마토를 대상으로 살펴보았다.

노지 시금치와 시설 시금치의 2018년부터 2022년까지 5년간 농업소득조사 데이터 평균을 비교한 결과, 단위 면적당 생산량은 시설재배가 25.8% 증가하고 총수입은 7% 증가하였으나 가격차이와 시설감가상각비로 인하여 농업 소득은 29% 감소한 것으로 나타났다. 이에 반해 스마트팜 도입 전후 토마토의 경우에는 생산량은 36~39% 증가하고 농업소득 또한 34~46%까지 증가하는 것으로 나타났다. 노지재배에서 시설재배로 변화할 경우, 시설설치의 부담뿐만 아니라 매년 감가상각이 존재하는 부담이 있으며 이는 노지에서 바로 스마트팜을 도입할 때도 적용될 문제로 농업 소득 확대를 위해 고려되어야 할 사항으로 판단되었다.

농업생산과정에서 환경에 영향을 주는 요인으로 비료 사용과 에너지 사용이 있으며, 농업소득조사자료의 유기질 비료비와 수도광열비를 비교하였다. 같은 물질에 의해 비용이 발생한다고 가정한 결과 노지시금치보다 시설시금치가 비료는 29% 적게 사용되나 에너지는 14% 많이 사용하는 것으로 나타났다. 스마트팜의 토마토는 스마트팜 도입 전보다 전기료와 유류비가 0.2% 감소한 것으로 나타나 시설에서 스마트팜 도입은 에너지 측면에서 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다. 에너지의 경우 에너지 원료에 따라 온실가스 배출량이 다르므로 앞으로 이를 고려한 에너지원 사용이 권장되어야 할 것이다.

사회적 영향으로는 재배방식에 따른 노동시간을 비교하였다. 그 결과 시설시금치는 노지시금치보다 노동시간이 31% 감소하였으며, 스마트팜 도입 전후 노동시간이 평균 11% 감소한 것으로 나타났다. 이러한 노동시간의 감소는 지속적인 영농에 긍정적인 영향을 줄 것으로 보인다.

노지재배에서 시설재배, 시설재배에서 스마트팜으로 재배방식의 변화에 따른 경제적, 환경적, 사회적 영향을 비교

한 결과, 시금치와 토마토작물에 한하여 경제적 영향은 작물의 가격과 경영비의 영향을 많이 받으며, 환경적 영향에서는 시설도입에 따른 큰 변화는 없는 것으로 나타났다. 사회적 영향은 가장 긍정적인 변화가 있는 것으로 판단되었다. 그러나 이러한 분석 결과는 제한된 데이터를 기반으로 하고 있어 제한적인 결과이며, 어느 재배방식이 더 우월하다고 판단할 수는 없다. 환경적 영향은 최근 신재생에너지 도입 노력이 활발한 바와 같이 에너지원의 변화의 노력이 필요할 것으로 예상되었으며, 사회적 노동시간의 감소는 영농지속성 증가에 긍정적인 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구의 한계로는 하나의 작물을 선정하여 세 가지 재배방식을 직접 비교하는 것이 가장 이상적인 데, 기존 조사된 통계자료와 문헌을 기반으로 비교한 점이다. 또한 작물에 따라 차이가 존재하는데 다양한 작물을 살펴보지 못하였으며, 자료의 한계로 농작물 소득조사에서는 시금치, 스마트팜 성과분석 보고서에서는 토마토 작물만 비교한 한계를 가진다. 또한 소득조사 데이터를 기반으로 비용만을 이용해 경제, 환경 측면을 단순 비교한 데 한계를 가진다. 앞으로 데이터가 확보되어 다양한 작물에 대한 종합적인 영향 분석이 필요할 것이다.

농업생산환경의 변화에 따른 사회, 경제, 환경 평가가 제대로 이뤄지기 위해서는 관련 데이터의 축적이 필요하다. 기후변화와 식량안보 등을 고려할 때 경제성 뿐만 아니라 환경과 사회적 영향요인이 보다 중요한 역할을 할 것으로 예상되므로 이를 측정할 수 있는 데이터가 필요할 것이다. 또한 다원적 가치를 가지는 농업 농촌의 지속가능한 발전을 위해서도 다각적 측면의 검토와 평가가 필요하다. 본 연구는 자료적 한계를 갖고 있지만 재배방식의 변화에 따른 다원적 측면에서의 영향을 비교한 데 의의를 가진다.

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1A2C1004302)

#### References

1. Byun, Jae-yeon, 2022, Smart Agriculture Development Project Promotion Status and Improvement Tasks, National Assembly Budget Office Business Evaluation Report.
2. Cho, Young Yel and Son, Junk Eek, 2012.10.18, Direction of High Value-added Materials and Cultivation System in Protected Horticulture, Horticulture abstracts, Jinju.



3. Choi, Chang Youl, 2022, A Study on Smart Farm 3.0 Strategy for Reinforcement of Domestic Agricultural Competitiveness. *The e-Business Studies*, 23(4), 43-59. <https://doi.org/10.20462/tebs.2022.8.23.4.43>
4. Choi, Don-woo and Lim, Cheong-ryong, 2018, Statistical analysis of Production Efficiency on the Strawberry Farms Using Smart Farming. *Journal of Korean Society for Quality Management*, 46(3), 707-716. <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2018.46.3.707>
5. Jeong, Jin-young, Kang, Hyun-wook, Kang, Moon-soo and Choi, Yong-hoon, 2020, Automated Operation Algorithm for Reducing Power Consumption and Gaining Benefit in Smart Farm Environment with Energy Storage System. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 45(10), 1775-1781. <https://doi.org/10.7840/kics.2020.45.10.1775>
6. Jeong, Yoon-Su, 2023, Designing an Efficient Smart Farm Framework That Combines IoT Technology and Machine Learning Technology. *Journal of Business Convergence*, 8(2), 137-142. <https://doi.org/10.31152/JB.2023.04.8.2.137>
7. Jo, Yunhee, Lee, Kang Oh and Song, Kyung-Hwan, 2022, The Effects of Changes on the Will to Continue Farming Activities in the Introduction of Smart Farm in Horticultural Facilities : Comparison of Differences Between Groups According to Types of Agricultural Manager. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 47(11), 1957-1964. <https://doi.org/10.7840/kics.2022.47.11.1957>
8. Kim, In Sook, 1999, A Study on the Working Environment based on Agricultural Labor Types - Focused on Plastic House Workers and Ground Workers in Kyongbuk Province. *The Journal of Applied Science and Technology*, 8(1), 259-277.
9. Kim, Eun Joo, and Oh, Min Hong, 2022, Analysis of the Effect of Shortening Working Hours on Quality of Life. *Ordo Economics Journal*, 25(1), 19-45. <https://doi.org/10.20436/OEJ.25.1.019>
10. Korea Agricultural Technology Promotion Agency (KATPA), 2022, Common guidelines for calculating greenhouse gas emissions from agricultural products, Iksan.
11. Lee, Jae Kyung and Seol, Byung Moon, 2019, Intelligent Smart Farm A Study on Productivity : Focused on Tomato farm Households. *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship*, 14(3), 185-199.
12. Lee, Sangwon and Cho, Youngsang, 2020, Economic feasibility analysis of the renewable energy based business model in the agricultural sector and policy implications - Focusing on the “Smart Farms” using renewable energy -. *Innovation studies*, 15(1), 1-28. <https://doi.org/10.46251/INNOS.2020.02.15.1.1>
13. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) & Korea Agency of Education, Promotion and Information Service in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (EPIS), 2023, 2022 Smart Agriculture Survey (Summary), Sejong.
14. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2022, Field- and private-centered, 30% of agricultural production converted to smart agriculture 2022.10.5. press release.
15. Nam, Yooun-il, 2003, Present Status and Developmental Strategy of Protected Horticulture Industry in Korea. *Journal of Korean Irrigation and Drainage*, 10(2), 15-23.
16. Noh, Heesun and Lee, Yoonsuk, 2022, Analysis of Factors Influencing Decision to Introduce Smartfarm into Paprika Farm in Gangwon Province. *Journal of Regional Studies and Development*, 31(1), 79-90. <https://doi.org/10.22739/IPAID.2022.31.1.79>
17. Ryu, Jong-hee, Kim, Kye-hoon, So, Kyu-ho, Lee, Gil-zae, Kim, Gun-yeob and Lee, Deog-bae, 2011, LCA on Lettuce Cropping System by Top-down Method in Protected Cultivation. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(6), 1185-1194. <https://doi.org/10.7745/kjssf.2011.44.6.1185>
18. Rural Development Administration, 2023, Agricultural income survey.
19. Smart farm Korea homepage, <https://www.smartfarmkorea.net/> (accessed Oct. 2, 2023).

- 
- Received 2 November 2023
  - First Revised 20 November 2023
  - Finally Revised 23 November 2023
  - Accepted 24 November 2023