

Assessing the adoption potential of a smart greenhouse farming system for tomatoes and strawberries using the TOA-MD model

Won Seok Lee, Hyun Seok Kim*

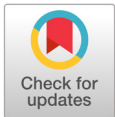
Department of Agricultural Economics and Rural Development, Global Smart Farm Convergence Major, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

*Corresponding author: hs0308@snu.ac.kr

Abstract

The purpose of this study was to estimate the economic evaluation of a smart farm investment for tomatoes and strawberries. In addition, the potential adoption rate of the smart farm was derived for different scenarios. This study analyzed the economic evaluation with the net present value (NPV) method and estimated the adoption potential of the smart farm with the trade-off analysis, minimum data (TOA-MD) model. The results were as follows: The analysis of the net present value shows that the smart farm investment for the two crops are economically feasible, and the minimum prices for the tomatoes and strawberries should be 1,179 and 3,797 won/kg to secure a sufficient economic feasibility for the smart farm investment. Next, the analysis of the potential adoption rates for smart farms through the TOA-MD model showed that when the support ratio for the adoption of a smart farm system was 50% and the price increase rates were, respectively, - 5, 2.5, 0, 2.5, and 5%, the conversion rates for tomato farms to switch to smart farms were 0.97, 1.78, 3.05, 4.91, and 7.47%, while the ratios of the strawberry farms to switch to smart farms were 0.12, 0.29, 0.65, 1.33, and 2.53%, respectively. This study has some known limitations, but it provides useful information on decision making about smart farm adoption and can contribute to government policies on smart farms.

Key words: big data, fruits and vegetables, smart farm, structural change



OPEN ACCESS

Citation: Lee WS, Kim HS. 2020. Assessing the adoption potential of a smart greenhouse farming system for tomatoes and strawberries using the TOA-MD model. Korean Journal of Agricultural Science 47:743-752. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20200061>

Received: May 23, 2020

Revised: August 11, 2020

Accepted: September 16, 2020

Copyright: © 2020 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

4차 산업혁명 시대를 맞은 우리나라는 농업분야에서 농가소득 정체, 농지면적 감소, 고령화, 농업인구 감소 등의 문제를 직면하고 있다. 한국농촌경제연구원 농업관측센터에 의하면 2020년 농가인구는 전년도 대비 1.5% 감소했으며, 재배면적과 경지면적도 전년도보다 0.6% 감소해 각각 164만 ha, 158만 ha 수준으로 전망되었다. 65세 이상 농가인구의 비중은 전년도보다 0.7 p% 증가한 46.2%로 고령화가 심화되고 있다. 이러한 환경변화의 대응책으로 최근 고소득 시설채소 작목을 중심으로 한 스마트 팜의 역할이 주목받고 있다. 이에 정부는 'ICT 융복합 확산-스마트 팜 시설보급'사업 등 다양한 정책으로 스마트 팜 보급을 지원하고 있고, 최근 스마트 팜의 확산은 농작물 수확량 증가, 노동시간 감소 등 눈에 띄는 성과를 보이고 있다.

그러나 무조건적인 스마트 팜의 확산 및 운영은 해당 농산물의 공급증가를 초래해 장기적으로 농작물의 시장가격을 하락시켜 오히려 농가의 경영악화를 가져올 수도 있다. 예를 들어, 통계청과 한국농수산식품유통공사의 자료에 따르면 스마트 팜 재배면적 비율이 높은 작물 중 하나인 딸기의 경우, 2019년도 재배면적은 2018년 대비 7.5% 증가함과 동시에 2019년의 도매가격은 2018년에 비해 7.4% 감소했다. 따라서 스마트 팜 농가의 최종적 경영성과인 안정적 고수익을 확보하기 위해서는 스마트 팜을 도입하기 전에 생산성 변화, 농산물의 시장가격 등과 같이 다양한 경영여건을 고려한 투자 수익성 분석이 선행되어야 한다.

따라서 본 연구는 다음의 두 가지 목적을 가진다. 먼저 스마트 팜 투자의 경제성을 분석하고 투자의 임계가격을 도출한다. 이는 현재의 시장가격 수준에서 일반 시설 농가의 스마트 팜으로의 전환이 경제적으로 투자 수익성을 가지는지 분석하고, 나아가 스마트 팜으로의 전환이 가능한 농산물의 가격 수준을 제시한다.¹⁾ 연구의 두번째 목적은 앞에서 도출된 임계가격을 기준으로 농산물에 대한 시장 가격의 변화와 정부의 스마트 팜 보급 지원정책 시나리오별 스마트 팜으로의 잠재적 전환율을 도출하는 것이다.

스마트 팜 투자의 경제성 평가를 위하여 본 연구에서는 순현재가치(net present value, NPV)법을 사용하였다. NPV는 농업뿐만 아니라 다양한 분야에서의 투자 수익성을 평가하는데 사용되고 있다. Lee et al. (2008)는 NPV를 이용하여 광미담의 경제적이고 효과적인 처리방안을 선정하기 위해 경제성 평가를 한 바 있고, Ku et al. (2013)는 NPV를 이용하여 원예 상품종의 경제효과를 분석하였다. Koo et al. (2017)는 NPV와 내부수익률, 비용편익비율을 이용하여 녹색농업치유단지의 경제적 타당성을 분석한 바 있다. 최근에는 농업부문에서 스마트 팜의 투자 수익성과 관련된 연구들이 많이 진행되고 있다. Kim et al. (2016a)은 226개 농가를 대상으로 NPV와 내부수익률을 통해 스마트 팜 도입에 따른 경제성 분석을 실시하여 스마트 팜에 대한 투자가 경제성이 있는 것으로 분석하였다. Lee (2018)는 토마토와 딸기를 대상으로 NPV와 실물옵션가치를 통해 스마트 팜 사업의 경제성 확보를 위한 임계가격을 도출한 바 있다.

NPV를 통해 도출된 임계가격을 기준으로 농산물 가격 및 정부 지원에 따른 시나리오별 농가의 스마트 팜으로의 잠재적 전환율을 도출하기 위해서 Antle and Valdivia (2006)의 기술선택(trade-off analysis, minimum data, TOA-MD) 모형을 도입하였다. 이 모형은 최근 농가의 신규 기술의 잠재적 도입률을 분석하는데 사용되고 있다. Claessens et al. (2012)은 이 모형을 이용하여 기후변화에 영향을 받는 농가들의 기술 선택율과 경제적 효과를 분석하였으며, Ilukor et al. (2014)은 정부의 지원금에 따른 고구마 재배 농가의 잠재적 기술 도입률의 변화를 지역의 고도별로 나누어 분석하였다.

본 연구에서는 스마트 팜을 이용해 생산하고 있는 작물 중 토마토(40.7%)와 딸기(16.9%)가 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 또한 토마토와 딸기의 단위 면적당 생산량이 전체 작물 평균 수준을 상회하고 있기 때문에 이들 작물을 분석 대상으로 하였다.

본 연구 구성은 다음과 같다. 우선 본 연구에서 사용된 NPV법과 TOA-MD모형과 분석에 사용된 자료에 대해서 설명하였다. 또한, 실증분석을 통한 결과들을 제시하고 끝으로 연구의 결론을 요약하고 시사점을 제시하기로 한다.

Materials and Methods

순현재가치(net present value, NPV)법

일반적인 투자분석 방법에는 순현재가치(NPV)법, 내부수익률법(internal rate of return, IRR), 편익/비용비(benefit/cost ratio, B/C) 등이 있다. 내부수익률법은 도출된 수익률을 이용하여 재투자를 하는 것을 가정하고 있으나 이는 시장 상황이 악화되었을 때도 현재와 같은 내부수익률을 지니는 투자기회가 있다는 것이므로 현실성이 없으며, 편익/비용비는 계산결과가 비율로 산출되기 때문에 투자로 인한 가치증가분을 알기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 객관적으로 주어진 할인율만큼의 이익을 가져다줄 투자안에 재투자하는 것을 고려하며, 계산결과가 금액으로 산출되어 가치 증가분을 쉽게 알 수 있는 방법인 순현재가치법을 이용하여 투자분석을 실시하였다. NPV는 최초 투자 시기부터 사업이 끝나는 시기까지의 연도별 순편익의 흐름을 할인율로 나눠서 각각 현재 가치로 환산하여 합한 값이다. 할인율은 투자를 할 경우 포기해야 하는 대체 투자안의 수익율을 뜻하기 때문에 이는 자본의 기회비용의 의미를 갖는다. 이를 고려한 순현재가치가 양(+)인 사업은 기회비용을 포함한 투자 비용을 회수하고도 잉여가 발생한다는 의미이므로 투자의 타당성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 반면, 순현재가치가 음(-)인 경우에는 편익보다는 비용을 더 많이 발생시켜 일반적으로 투자를 기각시킨다(Lee et al., 2008). NPV는 다음의 식(1)과 같이 정의될 수 있다.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - IC, t = 1, 2, \dots, r \quad (1)$$

식(1)에서 B_t 는 t 년도에 얻게 되는 수익을 의미하며, C_t 는 t 년도의 비용을, r 은 비용과 편익 사이에 시간의 흐름이 생기므로 이를 현재 가치로 할인하기 위한 할인율(discount rate)을 나타내며, IC 는 초기 투자비용을 의미한다. 수익은 당해연도의 단위면적당 생산량과 판매가격의 곱으로 정의되며, 비용은 크게 자본비, 노동비 그리고 기타경비로 구성된다. 자본비에는 종자·종묘비, 무기질 비료비, 유기질비료비, 농약비로 구성되어 있으며, 노동비는 고용노동비를 사용하였다. 기타경비에는 수도광열비, 기타재료비, 감가상각비, 토지 임차료 등이 포함되어 있다. 투자비용의 경우 본 연구의 목적이 스마트 팜의 투자 수익성을 분석하는 것이기 때문에 농림수산물교육문화정보원에서 제공하는 스마트 팜 표준 사업비를 사용하였다. 구체적인 경비의 구성항목은 분석방법에 따라 조정될 수 있는데 본 연구에서는 농촌진흥청의 농축산물소득자료집의 항목들을 사용하였다.

TOA-MD (trade-off analysis, minimum data)모형

본 연구에서는 정부 정책에 따른 스마트 팜의 전환율을 도출하기 위하여 Antle and Valdivia (2006)의 기술선택 모형(TOA-MD)을 사용하였다. Antle et al. (2003)의 인센티브 모형과 같이 정부 정책 및 기술도입과 관련된 연구는 다양하지만 TOA-MD모형은 보조금과 관련된 기술전환율을 도출하기에 적합한 모형이다. TOA-MD모형에서는 신기술을 도입한 농가들의 비율을 초기 균형도입 수준(initial equilibrium adoption level)으로 정의한다. 정부는 이러한 초기 균형도입 수준을 높이기 위해 신기술을 도입하는 농가에 일정 수준의 보조금을 지급하는 정책을 펼치고,

이에 따라 농가는 이러한 조건 하에서 자신의 수익을 고려하여 신기술의 도입 유무를 결정하게 된다.

본 연구는 Antle and Valdivia (2006)의 기술선택모형(TOA-MD)에 따라 신기술을 스마트 팜으로 정의하면, 현재 스마트 팜이 아닌 일반 시설 농사를 선택하고 있는 농가의 수익을 $v(p, 0)$ 라고 정의할 수 있는데, 여기서 p 는 품목의 가격, 0은 스마트 팜 도입 이전의 일반 시설 농가를 의미한다. 이 농가가 스마트 팜을 도입하면 그 수익을 $v(p, 1)$ 과 같이 정의할 수 있으며, 1은 신기술인 스마트 팜 시스템을 도입한 농가임을 나타낸다. 따라서 일반 시설 농가가 스마트 팜을 도입하지 않았을 경우 순수익과 스마트 팜 시스템을 도입했을 때의 순수익의 차이는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$w(p) = v(p, 0) - v(p, 1) \quad (2)$$

여기서 일반 시설농가가 스마트 팜 시스템을 도입하기 위한 전환비용($\Omega(p)$)을 고려한다면 식(2)는 식(3)과 같이 재정의 될 수 있다.

$$w(p) = v(p, 0) - v(p, 1) + \Omega(p) \quad (3)$$

$w(p)$ 는 일반 시설농가가 스마트 팜을 도입했을 경우의 초기 투자비용을 고려한 순수익의 차이를 나타내는 값으로, 그 값이 0보다 작으면($w(p) < 0$) 일반 시설 농가는 스마트 팜으로 전환을 고려하게 될 것이고, 반대로 0보다 크면 전환을 고려하지 않을 것이다. 시설채소의 가격에 따른 농가의 스마트 팜으로 전환 여부를 분석하기 위해, p 가 주어질 때 전국 혹은 특정 지역 농가들의 w 값을 크기 순서대로 나열하고, 그 확률밀도함수를 $\phi(w)$ 와 같이 나타낼 수 있다. 이를 통해 특정 가격 조건 p 에서 스마트 팜을 선택할 농가의 비율은 식(4)와 같이 확률분포함수로 정의할 수 있다.

$$r(p) = \int_{-\infty}^0 \phi(w) dw, 0 \leq r(p) \leq 1 \quad (4)$$

여기서 $\phi(w)$ 는 정규분포를 따른다고 가정하고, 이 때의 $r(p)$ 가 스마트 팜 도입을 위한 정부의 지원을 받지 않는 경우의 초기 전환율을 의미한다. 만약 정부가 스마트 팜 전환율을 높이기 위해 스마트 팜 시스템을 도입하는 농가에게 시스템 도입 비용의 $a\%$ 를 지원해준다면 농가의 스마트 팜 초기 투자비용은 $(1-a)\Omega(p)$ 로 나타낼 수 있고, 이를 식(2)에 대입하면 식(5)와 같이 재정의 된다.

$$w'(p) = v(p, 0) - v(p, 1) + (1-a)\Omega(p) \quad (5)$$

따라서 스마트 팜 시스템의 도입을 위한 일부 정부 보조를 받는 농가들의 스마트 팜 도입률 식(6)와 같이 결정된다.

$$r'(p) = \int_{-\infty}^0 \phi(w') dw', 0 \leq r(p) \leq 1 \quad (6)$$

식(6)을 통하여 일반 시설 농가의 스마트 팜 시스템 도입비용을 포함한 도입 이전의 순수익과 스마트 팜 시스템을 도입한 이후의 순수익이 같아지는 점, 즉 그 순수익의 차이가 0이 되는 점까지의 누적 확률을 구하면 스마트 팜 시스템으로의 전환율을 도출할 수 있다.

사용자료

본 연구에서는 스마트 팜의 투자 수익성 분석을 위한 NPV값과 농가의 스마트 팜 도입률 분석을 위한 TOA-MD 모형의 추정을 위하여 2009년부터 2018년까지 토마토 및 딸기의 연도별 자료를 사용하였다. 토마토와 딸기의 수량, 가격, 경영비, 소득은 농촌진흥청에서 제공하는 농축산물소득자료집의 자료를 이용하였다. NPV값 도출을 위한 농가의 생산량, 경영비 및 작물가격은 2014년부터 2018년까지의 5년 평균값을 사용하였으며, 가격 상승률과 경영비 상승률도 마찬가지로 각각 소비자 물가 상승률과 채소 및 과실의 생산자 물가상승률의 2014년부터 2018년까지의 5년 평균값인 1.0127%와 1.0669%로 설정하였고 사회적 할인율은 한국개발연구원에서 제시한 4.5%를 적용하였다. 스마트 팜 설치 비용은 「ICT 융복합 확산-스마트 팜 시설보급 사업」에 따라 약 0.33 ha 기준 2천만원(10 a 기준 6,060,606원)을 사용했으며, 총 비용의 50% (국고 보조금 20%, 지방비 30%)는 지원된다고 가정하고 나머지 50% (용자 30%, 자부담 20%)만을 반영하였다. 용자 금리의 경우 고정 금리 2.0%를 분석에 이용하였으며 자부담 20%의 경우 설치하는 해에 모두 지불한다고 가정하였다. 사업기간은 「2016년 스마트 팜 성과분석」에 따라 시설의 내구년수를 고려하여 공사완료 후 25년으로 하였다.

분석에 사용된 토마토와 딸기의 기초 통계량을 살펴보면 Table 1과 같다. 토마토의 평균 가격은 1 kg당 약 1,911 원이었으며, 토마토 평균 생산량은 10 a당 약 8,122 kg인 것으로 나타났다. 토마토 생산에 필요한 경영비는 10 a당 평균 7,266,918원으로 나타났다. 딸기 가격의 평균은 1 kg당 약 3,503원이었으며 생산량은 평균 약 3,503 kg으로 나타났다. 딸기 생산을 위한 경영비는 10 a당 평균 약 8,645,638원이었다.

Table 1. Basic statistics of tomato and strawberry.

Index	Tomato		Strawberry	
	Average	Std. Err	Average	Std. Err
Price (₩/10 a)	1,911.9	193.7	5,688.1	866.2
Production (kg/10 a)	8,122.9	749.6	3,503.3	113.6
Operating expense (₩/10 a)	7,266,918.4	694,348.2	8,645,638.1	1,563,345

Std. Err., standard error.

Source: RDA (2009-2018).

스마트 팜의 도입에 따른 작물별 생산성 변화를 반영하기 위하여 토마토의 스마트 팜 도입 후 생산성 변화는 Kim et al. (2016b)의 ‘스마트 팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구’의 자료를 사용하였다. 스마트 팜 도입 후의 생산비와 생산량 변화율을 재배면적의 크기에 따른 농가수를 반영하여 추정된 결과 각각 약 7% 하락, 7% 상승하는 것으로 나타났다. 스마트 팜 농가의 생산량과 경영비의 경우 일반 농가의 생산량과 경영비에 스마트 팜을 도입했을 때의 그 변화율을 곱하여 구성하였다. 그리고 도출된 생산량에 가격을 곱하고 변화율을 고려한 경영비를 뺀 값을 토마토 스마트 팜 농가의 소득으로 구성하였다. 토마토의 경우 경영비 변화율이 제시되지 않았기 때문에 이를 생산비 변화율로 대체하여 사용하였다. Table 2은 분석에 사용된 자료를 정리한 표이다. 딸기의 스마트 팜 도입 후 소득의 변화는 Kim et al. (2017)의 ‘딸기 1세대 스마트 팜 기술적용 효과’의 자료를 사용하였다(Table 3). 딸기의 경우 일반 농가의 소득에 스마트 팜 도입 후의 소득증가율을 곱하여 스마트 팜 농가의 소득을 도출하였다. 보고서에 의하면 일반 딸기 농가가 스마트 팜을 도입했을 때 소득 증가율은 11.6%로 나타났다.

Table 2. Productivity changes in tomato farms after adopting smart farm.

Index	Less than 5,000 m ²	More than 5,000 m ²	Total (%)
Number of farms	48 (68%)	22 (32%)	70
Production (%)	104.8	109.1	1.07
Cost (%)	93.8	92.7	0.93

Source: Kim et al. (2016b).

Table 3. Productivity changes in strawberry farms after adopting smart farm.

Index	Before adopting smart farm	After adopting smart farm	Total % change
Income (₩/10 a)	9,323,434	10,408,105	111.6

Source: Kim et al. (2017).

Results and Discussion

스마트 팜 경제성 및 전환율 분석 결과

Table 4는 NPV법을 통해 토마토와 딸기 농가의 스마트 팜 도입에 따른 투자 수익성과 임계가격을 도출한 결과이다. 현재 정부가 스마트 팜 시스템을 도입하는 농가에게 투자비용의 50%를 지원하고 있기 때문에 이를 반영하여 분석을 진행하였다. 토마토와 딸기 모두 NPV값이 0보다 큰 값이 도출되었으므로 농가의 스마트 팜 도입이 경제적으로 타당성을 갖는 것으로 판단된다. 또한, 스마트 팜 시스템 도입 이전과 도입 이후의 순수익이 같아지는 가격, 즉 농가가 스마트 팜 시스템 도입 비용을 전부 회수할 수 있는 가격인 임계가격(p)을 도출한 결과, 토마토의 임계가격은 1,179원, 딸기의 임계가격은 3,797원으로 나타났다. 토마토와 딸기의 2018년 기준 3개년 평균 가격은 각각 약 1,869원, 6,384원인데, 이는 도출된 임계가격보다 높은 것으로 나타나 실질적으로 일반 시설 농가가 스마트 팜 시스템을 도입할 경우 순수익이 더 늘어날 수 있음을 의미한다.

Table 4. The estimate of NPV and critical price.

Index	NPV (1,000 ₩/10 a)	Critical price (₩)
Tomato	59,928	1,179
Strawberry	82,610	3,797

NPV, net present value.

앞 절에서 설명한 스마트 팜으로의 전환율을 도출한 결과를 Table 5와 Table 6로 나타내었다. Table 5는 정부의 스마트 팜 시스템에 대한 지원비율과 가격상승률 변화에 따른 토마토 농가의 스마트 팜으로의 잠재적 전환율을 나타낸 표이다. 먼저 본 연구에서 사용한 TOA-MD 모형이 현실을 잘 반영하고 있는지 등에 대한 모형의 적합성을 판단하기 위하여 시장에서의 평균가격 수준 및 스마트 팜 시스템 도입 비용에 대한 지원 비율 50%를 기준으로 일반 시설농가의 스마트 팜으로의 전환율을 도출한 결과 전환율은 3.05%로 나타났다²⁾. 이는 Kim et al. (2016b)에서 조사한 현재의 실제적인 스마트 팜 면적비율인 약 2.9%와 그 값이 유사한 것으로 나타나 본 연구에서 설정한 TOA-MD 모형이 현실을 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다. 현재 투자비용에 대한 지원율 50% 수준은 유지하면서 토마토의 가격이 2.5% 및 5%로 상승한다고 가정하면, 토마토 농가의 스마트 팜 도입 비율은 각각 4.91%와 7.47%인 것으로 분석되었으며 가격이 2.5, 5% 하락할 경우에는 스마트 팜 전환율이 1.78, 0.97%로 도출되어 가

격이 상승할 때보다 전환율이 감소함을 알 수 있다. 만약 정부가 투자비용에 대한 보조금 지원율을 50%에 5% 추가 지원(55% 지원)할 경우, 토마토의 가격이 0, 2.5, 5% 상승할 때는 스마트 팜으로 전환하는 토마토 농가의 비율은 각각 17.05, 22.71, 29.07%로 증가함을 알 수 있고 가격이 2.5, 5% 하락할 때는 스마트 팜의 잠재적 전환율은 12.28, 8.38%로 감소함을 알 수 있다. 정부가 스마트 팜의 도입을 계획하는 토마토 농가에 대해 시스템 도입 비용의 60%를 지원한다고 가정할 경우, 토마토 가격의 변화율이 -5, -2.5, 0, 2.5, 5%일 때 토마토 농가 중 스마트 팜으로 전환하는 농가의 비율이 각각 33.54, 41.19, 48.72, 56.21, 63.25%로 증가함을 예측할 수 있다. 이와 같이 정부의 보조금 비율이 증가할수록 전환비율이 크게 증가하는 것은 스마트 팜으로 전환함에 있어 시스템 도입 비용이 크므로, 이에 대한 정부의 지원 증가가 농가로 하여금 스마트 팜으로의 전환에 대한 재정적 부담을 상당부분 절감시키기 때문인 것으로 사료된다.

Table 5. Adoption potential of smart farming system for tomato.

Support rate (%)	Price increase rate (%)	Adoption potential (%)
50	-5.0	0.97
	-2.5	1.78
	0.0	3.05
	2.5	4.91
	5.0	7.47
55	-5.0	8.38
	-2.5	12.28
	0.0	17.05
	2.5	22.71
	5.0	29.07
60	-5.0	33.54
	-2.5	41.19
	0.0	48.72
	2.5	56.21
	5.0	63.25

Table 6. Adoption potential of smart farming system for strawberry.

Support rate (%)	Price increase rate (%)	Adoption potential (%)
50	-5.0	0.12
	-2.5	0.29
	0.0	0.65
	2.5	1.33
	5.0	2.53
55	-5.0	0.74
	-2.5	1.50
	0.0	2.87
	2.5	5.06
	5.0	8.37
60	-5.0	3.22
	-2.5	5.65
	0.0	9.35
	2.5	14.41
	5.0	20.98

Table 6은 앞서 도출된 딸기의 시장 평균가격을 기준으로 정부의 스마트 팜 시스템 도입 비용에 대한 지원을 및 가격상승률에 따른 딸기 농가의 스마트 팜으로의 잠재적 전환율을 분석한 결과이다. 지원 비율이 50%이고 가격 상승률이 0%일 때 스마트 팜으로의 전환율은 0.65%로 나타나는데, 이 또한 Kim et al. (2016b)에서 조사된 0.7%와 매우 유사한 결과로 본 연구에서 설정한 TOA-MD 모형이 딸기에 대해서도 현실을 잘 반영한다고 판단할 수 있다. 스마트 팜 시스템 도입에 대한 지원율이 50%이고 현재 가격수준에서 가격이 2.5%와 5% 증가할 경우, 딸기 농가의 스마트 팜으로의 잠재적 전환율은 각각 1.33%와 2.53%인 것으로 분석되었으며 가격이 2.5, 5% 하락할 때는 스마트 팜으로 전환하는 딸기 농가의 비율은 각각 0.29, 0.12%로 나타났다. 만약 시스템 도입에 대한 지원율을 55%로 상향 조정할 경우, 가격이 -5, -2.5, 0, 2.5, 5% 변화할 때 스마트 팜으로 전환하는 딸기 농가의 비율은 각각 0.74, 1.5, 2.87, 5.06, 8.37% 수준일 것으로 예상할 수 있다. 시스템 도입 비용에 대한 지원을 시스템 비용의 60%로 늘릴 경우에는 가격이 0, 2.5, 5%의 가격 상승할 때 스마트 팜으로의 잠재적 전환율은 각각 9.35, 14.41, 20.98%일 것으로 분석되었으며 딸기의 가격이 2.5, 5% 하락한다고 가정하면 전환율이 5.65, 3.22%인 것으로 나타났다.

딸기의 시스템 도입 비용에 대한 지원율을 증가시킬 때 잠재적 전환율의 증가가 토마토에 비해 상대적으로 작게 나타나는 것은 규모화된 토마토 시설 농가의 수가 딸기 시설 농가보다 많아 스마트 팜 시스템의 도입이 보다 용이하기 때문인 것으로 판단된다. 이를 보다 자세하게 설명하면, 통계청의 자료에 따르면 2015년 기준 시설 면적이 1 ha 이상인 토마토 농가의 수는 691 농가인데 반해, 딸기 농가의 수는 538 농가였다. 이보다 더 규모화된 시설 면적 2 ha 이상의 농가 수는 토마토의 경우 150 농가, 딸기의 경우 88 농가로 나타났다. 스마트 팜의 경우 일반적으로 규모화된 연동 시설을 갖춘 시설 농가가 도입을 하기 때문에 보조금의 규모나 가격의 상승이 크더라도 현재 더 규모화된 시설이 많은 토마토가 그 전환율이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

Conclusion

본 연구는 우리나라 농업의 많은 문제들을 해결하기 위해 도입하고자 하는 스마트 팜의 투자 경제성 분석을 실시하고, 이를 바탕으로 시나리오별 스마트 팜의 전환율을 분석하였다.

스마트 팜의 경제적 타당성을 순현재가치법을 통해 분석한 결과 토마토와 딸기 농가의 스마트 팜 시스템 도입은 경제적으로 그 투자가치가 있는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 농가가 스마트 팜 시스템을 도입할 수 있는 토마토와 딸기의 최소 시장가격인 임계가격을 도출하면 각각 1,179원과 3,797원인 것으로 나타났다. 이는 토마토와 딸기의 시장가격이 임계가격 수준 이상으로만 형성된다면 스마트 팜 시스템을 도입할 가능성이 있음을 의미한다. 또한, 시나리오별로 농가의 스마트 팜 전환율을 분석한 결과, 현재 평균 시장가격을 기준으로 정부가 스마트 팜 시스템 도입 비용의 지원비율을 증가시킬수록 스마트 팜 시스템 도입은 증가하는 것으로 나타났으며, 또한 시장가격의 상승도 스마트 팜 시스템의 잠재적 도입 가능성을 증가시키는 것으로 분석되었다. 다만, 스마트 팜 시스템 도입비용의 지원율이 증가함에 있어 딸기보다는 토마토 농가의 잠재적 도입 가능성이 더 크게 나타났는데, 이는 토마토 시설 농가의 규모화 정도가 딸기 시설 농가보다 크기 때문에 스마트 팜 시스템의 도입이 보다 용이한 데 기인한 것으로 사료된다. 즉, 일반적으로 규모화된 연동 시설을 갖춘 시설 농가가 스마트 팜을 도입하기 때문에 보조금의 규모나 가격의 상승이 크더라도 보다 규모화 토마토 시설 농가의 전환율이 크게 나타나는 것으로 판단된다.

본 연구는 스마트 팜의 경제적 타당성 분석을 실시하였고 다양한 시나리오별로 스마트 팜으로의 전환율을 분석하여 앞으로의 스마트 팜에 관한 정책에 시사점을 제공한다는 점에서 그 의미가 있다 하겠다. 다만, 자료의 가용성 문제로 인해 생산량 변화율 및 경영비 변화율 추정에 제한된 변수만을 사용했다는 점이 아쉬움으로 남는다. 또한 일반 시설 농가가 스마트 팜으로 전환하는 비율이 커질수록 생산량이 증가하여 시장에 공급되는 전체 물량이 증가하므로 전체 시장 가격이 영향을 받게 되는데, 이러한 시장의 구조변화에 따른 영향에 대한 분석은 추후 연구자의 몫으로 남기기로 한다.

Footnote

- 1) 본 연구에서는 토마토와 딸기를 재배하고 있는 일반 시설 농가가 스마트 팜으로 전환하는데 필요한 ICT 시스템 투자비용의 경제성을 분석하고 임계가격을 도출하는 것으로 한정하여 연구를 진행하였다. 이는 정부의 스마트 팜 지원정책이 시스템 투자비용으로 한정되어 있고 시설의 확장이나 기타 추가적인 비용에 대한 지원은 없기 때문이다. 즉, 이미 시설을 갖추고 있는 농가가 현재 갖추고 있는 시설을 유지한 채 스마트 팜 시스템만을 도입하는 경우, 정부의 시스템 도입에 대한 지원을 고려하여 농가가 스마트 팜 시스템을 도입할 때 현재 보다 손실이 발생하지 않는다면 경제적 타당성이 있으며, 추가 손실이나 이익이 발생하지 않는 가격 수준을 임계가격으로 본다.
- 2) TOA-MA 모형을 이용하여 스마트 팜 시스템 도입율을 도출하기 위해서 2009년부터 2018년까지의 농축산물소득자료집 자료를 이용하여 각 년도의 스마트 팜 도입 이전 소득에서 도입 이후 소득을 빼준 뒤, 스마트 팜 시스템 도입비용 및 감가상각을 더해서 그 순수익이 10 a당 평균 287,074과 표준편차 243,691원인 정규분포를 따른다는 가정 하에 스마트 팜 시스템 도입율을 도출하였다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(세부과제명: 빅데이터를 활용한 스마트팜 농가 수익 최적화 모델 개발(세부과제번호: PJ013847012020)의 지원에 의해 이루어졌음.

Authors Information

Won Seok Lee, Seoul National University, Master student

Hyun Seok Kim, <https://orcid.org/0000-0002-9388-2668>

References

- Antle JM, Diagana B, Stoorvogel JJ, Valdivia RO. 2010. Minimum-data analysis of ecosystem service supply in semi-subsistence agricultural systems: Evidence from Kenya and Senegal. *Australian Journal of Agricultural Resource Economics* 54:601-617.
- Antle JM, Valdivia RO. 2016. Modeling the supply of ecosystem services from agriculture: A minimum-data approach. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 50:1-15.

- Claessens L, Antle JM, Stoorvogel JJ, Valdivia RO, Thornton PK, Herrero M. 2012. A method for evaluating climate change adaptation strategies for small-scale farmers using survey, experimental and modeled data. *Agricultural System* 111:85-95.
- Ilukor J, Bagamba F, Bashaasha B. 2014. Application of the TOA-MD model to assess adoption potential of improved sweet potato technologies by rural poor farm households under climate change: The case of Kabale district in Uganda. *Food Security* 6:359-368.
- Kim EJ, Kim CS, Uhm MJ, Kim KH, Jung HS, Kim JM. 2017. Effect of 1st generation smart-farm technology on strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivation in Jeonbuk province. *Korean Society for Horticultural Science* 35:100. [in Korean]
- Kim ST, Kim NS, Kim YC, Lee SH, Huh JW, Hwang SW, Kim SJ. 2016a. 2016 smart farm performance analysis. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea. [in Korean]
- Kim YJ, Park JY, Park YG. 2016b. An analysis of the current Status and success factors of smart farms. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea. [in Korean]
- Koo SM, Kim DS, Koo HD, Lee HJ, Park BJ, Kim KC. 2017. A case study on the economic feasibility of different patterns of green care and healing complexes. *Korea Journal of Agricultural Science* 44:451-461. [in Korean]
- Ku KY, Lee JS, Kwak CS, Bang SY, Lee SY. 2013. An analysis of the developed economic effect of the new horticultural crop varieties through NPV. *Korea Journal of Forest Economics* 31:201. [in Korean]
- Lee DG, Song WG, Jeong YW, Jeong MC, Im GJ, Yoon SH, Kwon HH. 2008. The selection of treatment method of tailing dam using net present value. *Korean Geo-Environmental Society* 9:337-342. [in Korean]
- Lee DH. 2018. Real options analysis for smart farm investment with strawberries and tomato farming. *Legislation and Policy Studies* 10:275-303. [in Korean]
- RDA (Rural Development Administration). 2009-2018. Agricultural and livestock product income data collection. Accessed in <https://amis.rda.go.kr/portal/ap/mn/incomeAnalysisLst/lst> on 21 October 2020.