

# 사과 농가의 생산성 변화 연구

이항아<sup>1</sup>, 최돈우<sup>1</sup>, 임청룡<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경상북도 농업기술원, <sup>2</sup>한국농어촌공사 농어촌연구원

## A Study on Changes in Productivity of Apple Farmers

Hang-Ah Lee<sup>1</sup>, Don-Woo Choi<sup>1</sup>, Cheong-Ryong Lim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services

<sup>2</sup>Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

**요약** 이 연구에서는 2015년부터 2020년까지 사과 생산자패널 자료를 맘퀴스트 생산성 지수를 이용하여 생산성 변화와 비모수적인 접근을 이용하여 효율성을 분석하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같이 나타낼 수 있다. 첫째, 사과재배 농가 생산에 대한 변동성 분석결과, 기술효율성 변화에서는 농가 간 격차가 크지만, 기술변화에 있어서는 농가 간 격차가 작은 것을 알 수 있었다. 둘째, 사과재배 농가 생산성 전체에 대한 맘퀴스트 생산성 지수의 평균은 1.026로 전체 사과 생산성이 연평균 2.6% 증가함을 의미하고, 기술효율성 변화지수의 평균은 1.060로 기술효율성이 연평균 6.0% 증가하는 것을 의미하며, 기술변화지수의 평균은 0.968로 전체 기술변화지수가 연평균 3.2% 감소함을 보여주었다. 셋째, 전체 기술효율성변화지수를 분해한 순수기술효율성 변화지수의 평균은 1.059로 순수기술효율성 변화지수가 연평균 5.9% 증가함을 의미하고, 규모효율성 변화지수의 평균은 1.001로 규모효율성 변화지수가 연평균 0.1% 증가하였음을 알 수 있었다. 넷째, 평균 기술변화지수를 분해한 순수기술변화지수의 평균은 0.954로 순수기술변화지수가 연평균 4.6% 감소함을 보여주었고, 전체 규모기술변화지수의 평균은 1.011로 규모기술변화지수가 연평균 1.1%씩 증가함을 보여주었다. 기술효율성 증가는 밀식과원의 확산, 농업 후방산업 발전으로 양질의 농자재 사용 등이 영향을 미친 것으로 판단되고, 기술변화의 감소는 재배기술의 농가 간 격차, 기상이변, 돌발 병해충 발생으로 지역 간 수량 차이 등이 원인으로 여겨진다.

**Abstract** In this study, the efficiency of apple farms using panel data from 2015 to 2020 was analyzed using the Mamquist productivity index, productivity change, and a non-parametric approach. First, it was found that the gap between farms was large in terms of change in technological efficiency, but the gap was small in terms of the adoption of technological change. Second, while the productivity index increased by an average of 2.6% per year, the technological efficiency increased by an average of 6.0% per year, and the index of technological change decreased by an average of 3.2% per year. Third, the pure technological efficiency change index increased by an average of 5.9% per year, and the scale efficiency change index increased by an average of 0.1% per year. Fourth, the pure technological change index decreased by an average of 4.6% per year on average, and the scale technology change index increased by an average of 1.1% per year. The increase in technological efficiency was influenced by the spread of high-density planting and the use of high-quality agricultural materials. The decrease in technological change is believed to be due to differences in cultivation technology between farms, extreme weather conditions, and differences in yields between regions.

**Keywords** : Apple Farms, Productivity, Malmquist Productivity Index, Efficiency, Data Envelopment Analysis

본 논문은 농촌진흥청 연구과제(과제번호: PJ01506803) 지원으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Cheong-Ryong Lim(Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation)

email: lql8287@naver.com

Received August 12, 2022

Accepted October 7, 2022

Revised September 14, 2022

Published October 31, 2022

## 1. 서론

통계청 인구총조사(2021)에 따르면 2015년부터 2020년 사이 전국 65세 이상 인구 비중은 13.2%에서 16.4%로 증가하였는데 읍·면지역 65세 이상 인구비중은 21.4%에서 24.1%로 증가하였다. 이를 볼 때 우리나라의 고령화가 빠르게 진행되고 있으며, 특히 농촌지역 고령화가 더 심한 것을 알 수 있다. 이러한 농촌지역 고령화의 심화는 양질의 농업노동력 공급 부족에 따른 생산성 저하로 경쟁력 하락을 유발할 수 있다.

농업소득 증대나 경쟁력 제고와 관련하여 농산물 생산성 변화의 실증 분석은 경쟁력 향상과 지속적인 발전 가능성을 파악하는데 매우 중요한 연구이다[1]. 생산성 변화는 규모, 효율성, 기술, 생산요소 결합 등의 변화에 의해 이루어지며, 생산성의 정확한 측정만큼이나 어떤 요인에 의해 얼마만큼 생산성의 변화가 이루어졌는지 분석함으로써 생산성 제고를 통한 경영여건 개선 방안을 마련할 수 있을 것이다.

2020년 농림업 생산액을 살펴보면, 과실 생산액은 45,669억 원으로 전체 농림업 생산액의 8.8%를 차지하며, 그 중 사과 생산액은 11,004억 원으로 전체 생산액의 2.1%를 차지하는 중요한 작목이지만 사과 농가의 소득은 2013년 3,592천 원에서 2020년 3,216천 원으로 연평균 1.6% 감소한 것으로 나타났다.

사과 농가의 수익성 악화의 원인은 다양하며, 해결방안도 다양하다. 대안 중에서 경영효율성 개선을 통한 생산성 향상 방안도 포함된다. 따라서 이 연구는 사과 농가의 생산효율성 분석을 통해 수익성 악화를 해소하기 위한 시사점을 제시하고자 한다.

농업분야 생산성에 대한 국내 선행연구들을 살펴보면, 크게 모수적 접근을 이용한 추정방법과 비모수적 접근을 이용한 추정방식으로 나눌 수 있다.

먼저 모수적 추정방법을 이용하여 분석한 연구로는 쌀 생산 농가의 효율성 변화요인을 분석한 연구, 마늘 생산 농가의 기술적 효율성을 분석한 연구, 그리고 시설토마토 생산의 효율성 요인 분석을 수행한 연구들이 있다[2-4].

비모수적인 분석방법을 이용한 연구에는 미작농업의 생산기술을 분석한 연구, 콩 생산의 효율성 요인분석을 수행한 연구, 약용작물의 경영성과와 효율성 분석 연구, 약용작물 재배농가의 생산효율성 통계적 차이에 대한 연구, 스마트팜 도입 딸기농가의 생산효율성 통계분석에 관한 연구, 그리고 Malmquist 지수를 이용한 참외 생산성 변화 분석 등이 있다[5-10].

이러한 선행연구들은 쌀, 콩 등과 같은 식량작물과 딸기, 참외 등과 같은 과채류에 대한 연구가 주로 이루어졌으며, 우리나라 대표 과일인 사과에 대한 분석은 없는 실정이다.

따라서 이 논문에서는 사과 농가의 생산효율성을 비모수적인 접근을 이용하여 분석하였다. 생산 효율성 변화 추정은 비모수적 분석법 중 하나인 DEA (Data Envelopment Analysis)기법을 기초로 하여 추정된 맘퀴스트 생산성 지수를 이용하였다.

## 2. 사과 생산 현황

### 2.1 사과의 재배면적

통계청 자료에 따르면 전국 사과 재배면적(성과수와 미수확 과수의 합계)은 2003년 26,398ha에서 2021년 34,359ha로 연평균 1.5% 증가하였고, 사과 재배 주산

Table 1. Apple Cultivation Area and Proportion of Area in Gyeongsangbuk-do by Year  
(Unit: ha)

Year	Apple Cultivation Area(A)		Gyeongsangbuk-do Apple Cultivation Area(B)		Share (B/A)
	Area	Area Change	Area	Area Change	
2003	26,398	-	16,778	-	0.636
2004	26,676	1.011	16,775	1.000	0.629
2005	26,907	1.009	16,774	1.000	0.623
2006	28,312	1.052	18,439	1.099	0.651
2007	29,358	1.037	19,050	1.033	0.649
2008	30,006	1.022	19,158	1.006	0.638
2009	30,451	1.015	19,339	1.009	0.635
2010	30,992	1.018	19,543	1.011	0.631
2011	31,167	1.006	19,470	0.996	0.625
2012	30,734	0.986	19,024	0.977	0.619
2013	30,449	0.991	18,895	0.993	0.621
2014	30,702	1.008	18,811	0.996	0.613
2015	31,620	1.030	19,247	1.023	0.609
2016	33,300	1.053	20,083	1.043	0.603
2017	33,601	1.009	20,178	1.005	0.601
2018	33,234	0.989	19,780	0.980	0.595
2019	32,954	0.992	19,462	0.984	0.591
2020	31,598	0.959	18,705	0.961	0.592
2021	34,359	1.087	20,955	1.120	0.610
Mean	-	1.015	-	1.012	0.619

Source: Kosis.kr

지인 경상북도의 재배면적은 2003년 16,778ha에서 2021년 20,955ha로 연평균 1.2% 증가하였다. 재배면적 비중은 2003년 63.6%에서 2021년 61.0%로 소폭 감소하였지만, 평균 재배면적 비중이 61.9%로 사과 생산에서 중요한 위치를 점하고 있음을 Table 1을 통해 알 수 있다.

## 2.2 사과의 생산액

사과의 생산액은 2003년 2,930억 원으로 농림축산업 생산액의 0.9%를 차지하였으나, 2020년은 11,004억 원으로 농림축산업 생산액 중 2.1%를 차지하였다. 같은 기간 동안 생산액 비중은 연평균 5.1%로 나타나 농림축산업에서 사과산업의 중요성이 증가하고 있음을 Table 2를 통해 알 수 있다.

Table 2. Apple Production Amount and Agricultural Industry Share by Year  
(Unit: 100 million won)

Year	Apple Production Amount		Agricultural Industry	
	Value	Rate of Change	Share	Share Change
2003	2,930	-	0.9	-
2004	3,887	1.327	1	1.111
2005	4,671	1.202	1.3	1.300
2006	5,272	1.129	1.4	1.077
2007	5,143	0.976	1.4	1.000
2008	8,345	1.623	1.9	1.357
2009	8,530	1.022	1.8	0.947
2010	8,016	0.940	1.7	0.944
2011	7,412	0.925	1.6	0.941
2012	10,175	1.373	2	1.250
2013	13,153	1.293	2.6	1.300
2014	11,656	0.886	2.3	0.885
2015	14,484	1.243	2.9	1.261
2016	11,366	0.785	2.3	0.793
2017	11,103	0.977	2.2	0.957
2018	9,682	0.872	1.8	0.818
2019	10,772	1.113	2.1	1.167
2020	11,004	1.022	2.1	1.000
Mean	-	1.081	-	1.051

Source: Kosis.kr

## 2.3 사과의 수익성

사과 농가의 수익성을 통계청 자료를 통해 살펴보면 다음과 같다. 사과 농가의 10a당 총수입은 2013년 5,762천 원에서 2020년 6,217천 원으로 연평균 증가율은 1.1%인 반면, 소득은 2013년 3,592천 원에서 2020년 3,216천 원으로 연평균 1.6% 감소한 것으로 나타났

다. 또한 같은 기간 동안 소득율도 62.3%에서 51.7%로 빠르게 감소하는 것을 Table 3을 통해 알 수 있다.

Table 3. Profitability per unit area of apples by year  
(Unit: thousand won/10a, %)

Year	Gross Income		Income		Income Rate
	Value	Value Change	Value	Value Change	
2013	5,762	-	3,592	-	0.623
2014	5,566	0.966	3,417	0.951	0.614
2015	5,744	1.032	3,584	1.049	0.624
2016	5,510	0.959	3,118	0.870	0.566
2017	5,455	0.990	3,053	0.979	0.560
2018	5,574	1.022	3,040	0.996	0.545
2019	5,317	0.954	2,642	0.869	0.497
2020	6,217	1.169	3,216	1.217	0.517
Mean	-	1.011	-	0.984	0.559

Source: Kosis.kr

이와 같이 사과의 재배면적은 꾸준히 증가하고 있지만, 사과 농가의 수익성은 악화되고 있음을 알 수 있었다.

## 3. 분석모형 및 자료

### 3.1 분석모형

#### 3.1.1 생산성 변화 및 DEA 모형

생산성(Productivity)이란 어떤 국가나 경제주체의 성과를 나타내는 지표의 하나로 투입량에 비해 산출량이 어느 정도 인지를 나타내며, 동일 시점이나 서로 다른 시점간의 국가나 경제주체간의 경제성과를 비교할 수 있게 하는 일종의 상대적인 지표이다[11].

생산성은 일반적으로 기술효율성 변화(Technical Efficiency Change), 기술 변화(Technological Change), 순수 기술적 효율성 변화(Pure Efficiency Change), 규모효율성 변화(Scale Efficiency Change)로 구분할 수 있다 [12].

기술효율성 변화는 투입과 산출 등 생산 활동에서 효율적인 생산 경계면에 어느 정도 접근해 가고 있는 정도를 나타내며, 경영주체 내부의 비효율적인 요소들을 얼마나 제거하였는가에 의한 효율화 정도를 나타낸다. 기술변화는 기술혁신에 의한 생산성 증대로써 총생산함수가 이동하는 것이다. 동일한 투입수준에서 생산량이 증가하는 것을 생산성 증대가 이루어지는 것으로, 기술진보에 의한 생산성 증대라 한다. 순수 기술적 효율성 변화는 효율성 증대에 따른 생산성 증대로써 생산에서 효율

성이 증대하는 것이다. 규모효율성 변화는 규모의 경제에 의한 생산성 증대로써 생산함수의 형태에 따라 생산성이 다르게 나타나며, 생산함수의 곡률이 크면 생산성은 더 높게 나타난다.

자료포락분석(Data Envelopment Analysis : DEA)은 동일한 목적을 가지고 운영되는 여러 의사결정단위(Decision Making Unit : DMU)의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 선형계획법이다. DEA는 Charnes, Copper and Rhodes(1978)에 의해 CCR모형이 최초로 제시되었으며, 다수의 투입물과 다수의 산출물의 가중된 크기를 비교함으로써 분석대상의 효율성을 측정하는 비모수적 모형으로 동일한 운영활동을 한 의사결정단위들의 효율성을 평가·비교할 수 있다[13].

Charnes가 제시한 CCR모형은 규모에 대한 수익불변(CRS: Constant Returns to Scale)이라는 가정 하에서 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 CCR 모형에서 가정하고 있는 규모수익불변을 완화하여 규모수익가변(VRS: Variable Returns to Scale)을 적용하고 볼록성 필요조건을 추가하였다[14]. 횡단면자료를 활용하는 자료포락분석은 효율성의 변화를 확인하기 어려우므로 본 연구에서는 Malmquist 생산성 지수 모형 생산성 변화를 분석하고자 한다.

### 3.1.2 Malmquist 생산성 지수 모형

Malmquist(1953)에 의하여 제안된 Malmquist 지수는 Caves et al.(1982)에 의해 정의된 이후 생산성 변화 측정에 활용되었으며, Fare et al.(1994)이 DEA 모형을 이용한 Malmquist 생산성 지수(Malmquist Productivity Index : MPI)측정방법을 개발하여 생산성 변화를 측정하는데 활용하였다[15,16].

Malmquist 생산성 지수는 DEA를 이용한 거리함수(distance function)를 사용하여 구하며, 거리함수는 기술적 효율성을 측정하는 DEA의 역수이기 때문에 Malmquist 지수는 DEA 기법을 통해 구할 수 있다[17].  $t$ 는 프런티어(기술)에서  $t+1$ 기 생산성을 평가할 때 거리함수는 Eq. (1)과 같다[18,19].

먼저  $t$ 기와  $t+1$ 기의 프런티어에서 측정된 Malmquist 생산성 지수는 Eq. (1)과 같이 나타낼 수 있으며,  $M > 1$ 이면 생산성이 향상되었음을 의미하고,  $M < 1$ 이면 생산성이 감소되었음을 의미한다.

$$M^t(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \frac{C_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \quad (1)$$

$$M^{t+1}(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \frac{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^{t+1}(X_t, Y_t)}$$

Eq. (1)에서  $X$ 는 DEA모형에서 투입부문행렬을 나타내고  $Y$ 는 산출부문행렬을 나타낸다. 또한 아래첨자  $d$ 는 DEA를 이용한 거리함수를 나타내고 윗첨자  $t$ 와 아래첨자  $t$ 는 모두 기준년도를 나타내며,  $C$ 는 CRS 가정 하에서 거리함수를 나타낸다. 자의적인 프런티어 선택을 피하기 위하여 Eq. (1)에서  $t$ 기와  $t+1$ 기의 Malmquist 생산성 지수의 기하평균을 이용하여 Malmquist 생산성 지수를 Eq. (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$M(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \left[ \frac{C_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^{t+1}(X_t, Y_t)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Malmquist 생산성 지수를 기술효율성 변화지수(Technical Efficiency Change Index : TECI)와 기술변화지수(Technological Change Index : TCI)로 구분하여 측정하였으며 Eq. (3)과 같이 나타낼 수 있다[19].

$$M(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \frac{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \left[ \frac{C_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \times \frac{C_d^t(X_t, Y_t)}{C_d^{t+1}(X_t, Y_t)} \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$MPI = TECI \times TCI$$

또한 CRS와 VRS 하에서 Malmquist 생산성 지수를 세 개 부분으로 구성하여 나타냈으며, Eq. (4)와 같이 나타낼 수 있다. 첫 번째는 순수효율성변화지수(Pure Efficiency Change Index : PECEI)이고, 두 번째는 규모효율성변화지수(Scale Efficiency Change Index : SECI)이며, 세 번째는 기술변화지수(Technological Change Index : TCI)이다[19].

$$M(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \left[ \frac{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^t(X_t, Y_t)} \right] \times \left[ \frac{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^t(X_t, Y_t)} \right] \times \left[ \frac{C_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \times \frac{C_d^t(X_t, Y_t)}{C_d^{t+1}(X_t, Y_t)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$MPI = PECEI \times SECI \times TCI$$

Malmquist 생산성 지수를 네 개 부분으로 구성하여 나타내면, Eq. (5)와 같다. 첫 번째는 순수효율성변화지수(Pure Efficiency Change Index : PECEI), 두 번째는 순수기술변화지수(Pure Technological Change Index : PTCEI), 세 번째는 규모효율성변화지수(Scale Efficiency Change Index : SECEI)이며, 네 번째는 규모기술변화지수(Scale Technological Change Index : TSCDI)이다[20].

$$M(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \left[ \frac{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^t(X_t, Y_t)} \right] \times \left[ \frac{C_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{V_d^t(X_t, Y_t)}{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \right] \times \left[ \frac{V_d^{t+1}(X_t, Y_t)}{V_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{V_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \right]^{1/2} \times \left[ \frac{C_d^{t+1}(X_t, Y_t)}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{V_d^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^t(X_t, Y_t)} \right] \times \left[ \frac{C_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{C_d^t(X_t, Y_t)} \times \frac{V_d^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{V_d^t(X_t, Y_t)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$MPI = PECEI \times SECEI \times PTCEI \times TSCDI$$

추정된 Malmquist 생산성 지수와 각종 효율성 변화 지수 및 기술변화 지수들에 대한 신뢰구간 추정은 부스트래핑기법을 이용하였다[21].

### 3.2 투입 및 산출 자료

분석에 사용된 자료는 경상북도농업기술원의 사과 생산자패널 28호에 대해 2015년부터 2020년까지 소득자료이며, Malmquist 생산성 지수 변화를 분석하였으며, 물가상승률을 감안한 실질가격을 사용하였다.

생산성 변화 분석을 위해 DEA분석을 선행하여야 하므로 투입변수와 산출변수를 결정하여야 한다. 이 논문에서는 투입변수로 토지, 노동, 자본을, 산출변수로 총수입을 Table 4와 같이 결정하였다.

Table 4. Define input and output variables

Variables		Unit
Input Variables	Farmland	m <sup>2</sup>
	Labor	hour
	Capital	won
Output Variable	Gross Income	won

2015부터 2020년까지 투입변수와 산출변수들에 대한 기초통계량은 Table 5와 같다. 2020년 사과 생산자패널의 호당 평균 토지투입 면적은 18,991m<sup>2</sup>로 나타나고, 평균 노동투입시간은 2,441시간, 평균 자본투입은 38,264천 원이었다. 또한 산출변수인 호당 평균 총수입은 111,513천 원으로 Table 5와 같이 나타났다.

Table 5. Descriptive statistics on input and output variables of apple farms by year (Unit: m<sup>2</sup>, hour, thousand won)

Category		Input Variables			Output Variable
		Farmland	Labor	Capital	Gross Income
2015	Mean	18,599	3,060	44,185	96,193
	STD.	9,125	1,485	28,115	63,462
	Min.	3,300	520	10,192	8,910
	Max.	42,900	7,263	120,327	328,601
2016	Mean	18,184	2,556	33,810	90,820
	STD.	8,635	1,142	17,797	66,192
	Min.	5,280	718	8,032	8,910
	Max.	33,990	4,487	81,211	247,500
2017	Mean	18,376	3,048	68,766	111,922
	STD.	8,965	1,413	35,031	77,472
	Min.	5,000	912	15,123	17,078
	Max.	33,990	5,528	139,137	326,353
2018	Mean	18,224	2,853	70,079	103,017
	STD.	8,535	1,938	39,612	92,240
	Min.	3,960	784	17,293	9,900
	Max.	33,000	9,836	180,300	371,250
2019	Mean	18,793	3,044	34,622	91,393
	STD.	10,284	1,404	17,048	57,615
	Min.	3,960	874	6,586	8,625
	Max.	49,500	6,213	80,052	265,320
2020	Mean	18,991	2,441	38,264	111,513
	STD.	10,227	1,042	17,469	82,013
	Min.	3,960	713	14,812	7,781
	Max.	49,500	5,768	77,189	399,465

## 4. 추정결과 및 해석

2015년부터 2020년까지 경상북도농업기술원의 사과 생산자패널 자료를 이용하여 맘퀴스트 생산성 지수 추정법을 이용하여 추정한 DMU별 6년간 평균 생산성 지수와 효율성 변화 지수는 Table 6과 같다.

Table 6. Average Productivity Index of Apple Farms

Apple Farm	MPI	TECI	TCI
DMU1	0.972	1.000	0.972
DMU2	0.677	0.769	0.880
DMU3	1.013	1.044	0.970
DMU4	1.019	1.046	0.974
DMU5	1.134	1.157	0.980
DMU6	1.153	1.242	0.929
DMU7	1.095	1.058	1.035
DMU8	1.116	1.152	0.969
DMU9	0.993	1.018	0.975
DMU10	1.052	1.095	0.961
DMU11	1.081	1.110	0.974
DMU12	1.128	1.147	0.983
DMU13	1.038	1.100	0.944
DMU14	1.179	1.174	1.004
DMU15	0.761	0.819	0.929
DMU16	1.005	1.134	0.886
DMU17	0.911	0.988	0.922
DMU18	1.004	1.041	0.965
DMU19	1.121	1.140	0.983
DMU20	1.441	1.413	1.020
DMU21	1.142	1.147	0.996
DMU22	1.057	1.102	0.958
DMU23	0.854	0.941	0.907
DMU24	1.123	1.132	0.992
DMU25	0.958	0.929	1.031
DMU26	0.985	1.035	0.952
DMU27	0.967	0.945	1.023
DMU28	1.012	1.006	1.006
Mean	1.026	1.060	0.968
STD.	0.138	0.124	0.039
C.V.	0.134	0.117	0.041
Max.	1.441	1.413	1.035

Malmquist 생산성 지수 기준으로 볼 때 생산성과 기술효율성 변화지수는 DMU20이 1.441와 1.413으로 가장 높게 나타났고, 기술변화지수는 DMU7이 1.035로 가장 높게 나타났다. 즉 DMU20의 생산성은 연평균 44.1% 증가하였고, 기술효율성은 연평균 41.3% 증가하였으며, DMU7의 기술변화지수는 연평균 3.5% 증가하였음을 의미한다.

또한 생산성지수는 기술효율성 변화지수와 기술변화지수로 나눌 수 있는데, 생산성지수가 가장 많이 증가하였다고 기술효율성이 가장 많이 증가하였다고 할 수 없음을 알 수 있다. 이는 생산성지수 변화가 기술변화 지수

에도 영향을 받기 때문이다.

변이계수를 활용하여 지수별 변동성을 살펴보면, 기술효율성 변화지수는 0.117이고, 기술변화지수는 0.041로 나타났다. 즉 기술효율성 변화는 농가 간 격차가 크지만, 기술변화는 농가 간 격차가 작은 것을 알 수 있었다.

전체 DMU들의 Malmquist 생산성 지수는 평균 1.026이며, 부스트랩핑 기법을 이용하여 1,000번 반복 추정을 통해 산출한 95% 신뢰구간은 0.910~1.159로 나타났다. 즉 사과 생산성이 연평균 2.6% 증가했음을 알 수 있었다. 생산성 지수를 세분화한 기술효율성 변화지수는 평균 1.060이며, 95% 신뢰구간은 0.788~1.438로 나타나 기술효율성은 연평균 6.0% 증가하였음을 알 수 있었다. 기술변화지수는 평균 0.968이며, 95% 신뢰구간은 0.728~1.275로 분석되었고, 기술변화지수가 연평균 3.2% 감소하였음을 Table 7을 통해 알 수 있다.

기술효율성 변화지수를 분해한 순수기술효율성 변화지수는 평균이 1.059이며, 95% 신뢰구간은 0.726~1.551로 나타나, 순수기술효율성 변화지수가 연평균 5.9% 증가하였음을 알 수 있었다. 규모효율성 변화지수는 평균이 1.001이며 95% 신뢰구간은 0.749~1.328로 나타나, 규모효율성 변화지수가 연평균 0.1% 증가한 것으로 나타났다.

기술변화지수를 분해한 순수기술 변화지수는 0.954이며, 95% 신뢰구간은 0.710~1.269로 나타났으며, 순수기술 변화지수가 연평균 4.6% 감소함을 나타낸다. 규모기술 변화지수는 평균 1.011이며, 95% 신뢰구간은 0.852~1.218로 나타나, 규모기술 변화지수가 연평균 1.1% 증가하였음을 알 수 있다.

이와 같이 생산성지수는 1보다 크게 도출되어, 생산성 증가폭은 과거보다 최근에 높게 나타났다. 생산성의 증가를 세분화해서 살펴보면, 기술효율성지수의 평균은 1보다 크게 나타나서 전반적 효율성은 증가하는 것으로 나타났으나, 기술진보지수가 감소하여 생산성 향상에 부정적 영향을 미친 것으로 나타났다.

순수기술효율성 변화지수는 효율성 증대에 따른 생산성 증대를 의미하며, 연평균 5.9% 증가하였다. 순수기술효율성은 단위당 생산성을 높이거나, 투입대비 산출량을 높이면 증가할 수 있다. 최근 밀식과원의 확산, 농업 후방산업의 발전으로 양질의 농자재 사용 등으로 순수기술효율성 변화지수가 증가한 것으로 판단된다.

규모효율성 변화지수는 규모의 경제에 의한 생산성 증대를 의미하며, 연평균 0.1% 증가한 것으로 나타났다. 현재 사과 농가의 생산규모가 최적 규모에 도달하여 규

Table 7. Malmquist Productivity Index by Year

Index		15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	Geometric Mean	
MPI	Mean	0.979	0.869	0.958	1.196	1.166	1.026	
	95% confidence interval	Lower	0.887	0.727	0.865	1.052	1.063	0.910
		Upper	1.096	0.986	1.074	1.416	1.276	1.159
TECI	Mean	0.968	1.244	0.765	1.477	0.984	1.060	
	95% confidence interval	Lower	0.632	0.999	0.541	1.129	0.786	0.788
		Upper	1.429	1.753	0.998	1.971	1.248	1.438
TCI	Mean	1.012	0.698	1.252	0.809	1.185	0.968	
	95% confidence interval	Lower	0.715	0.514	1.019	0.576	0.947	0.728
		Upper	1.535	0.818	1.762	1.052	1.446	1.275
PECI	Mean	1.061	1.142	0.875	1.283	0.978	1.059	
	95% confidence interval	Lower	0.636	0.821	0.576	0.975	0.687	0.726
		Upper	1.626	1.822	1.228	1.865	1.322	1.551
SECI	Mean	0.912	1.089	0.874	1.151	1.006	1.001	
	95% confidence interval	Lower	0.670	0.789	0.671	0.828	0.802	0.749
		Upper	1.293	1.481	1.171	1.422	1.296	1.328
PTCI	Mean	0.978	0.676	1.159	0.864	1.192	0.954	
	95% confidence interval	Lower	0.682	0.497	0.896	0.625	0.952	0.710
		Upper	1.496	0.860	1.621	1.055	1.496	1.269
STCI	Mean	1.024	1.029	1.081	0.926	1.001	1.011	
	95% confidence interval	Lower	0.836	0.817	0.938	0.799	0.878	0.852
		Upper	1.275	1.205	1.312	1.166	1.140	1.218

모효율성 변화지수가 미미하게 증가한 것으로 판단된다.

또한 순수기술효율성 변화지수가 규모효율성 변화지수보다 연평균 증가율이 높게 나타났다. 이는 밀실과원 확산, 양질의 농자재 사용 등으로 순수기술효율성이 규모효율성보다 전체 효율성 증가에 영향을 많이 미쳤기 때문으로 판단된다. 따라서 사과의 생산효율성을 높이기 위해서는 생산량 제고 기술 개발, 양질의 농자재 보급 등이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

기술변화지수를 세분화해 살펴보면, 순수기술 변화지수는 연평균 4.5% 감소하였고, 규모기술 변화지수는 연평균 1.1% 증가하였다. 생산성 증대에 규모기술 변화가 순수기술 변화보다 더 큰 작용을 하였음을 의미한다. 순수기술변화지수의 감소는 농가간 재배기술 격차, 기상이변, 돌발 병해충 발생에 따른 지역별 수량 차이 등이 작용한 것으로 여겨진다.

### 5. 결론 및 시사점

이 연구에서는 2015년부터 2020년까지 경상북도농업기술원의 사과 생산자패널 자료를 사용하여 Malmquist

생산성 지수를 활용하여 생산성 변화와 효율성에 대해 비모수적인 접근을 이용하여 분석하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사과농가 간 기술효율성 변화는 크지만, 기술변화는 작은 것을 알 수 있었다.

둘째, Malmquist 생산성 지수 분석 결과, 사과의 생산성은 연평균 2.6% 증가하였고, 기술효율성 변화지수는 연평균 6.0% 증가하였으며, 기술변화지수는 연평균 3.2% 감소하였음을 알 수 있었다.

셋째, 순수기술효율성 변화지수는 연평균 5.9% 증가하였고, 규모효율성 변화지수는 연평균 0.1% 증가한 것으로 분석되었다.

넷째, 순수기술 변화지수는 연평균 4.6% 감소하였으며, 규모기술 변화지수는 연평균 1.1%씩 증가한 것을 알 수 있었다.

이상과 같이 생산성과 기술효율성은 증가한 반면, 기술변화는 감소한 것으로 나타났다. 기술효율성 증가는 밀실과원의 확산, 농업 후방산업 발전으로 양질의 농자재 사용 등이 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 기술변화의 감소는 재배기술의 농가 간 격차, 기상이변, 돌발 병해충 발생으로 지역 간 수량 차이 등이 원인으로 여겨

진다.

기술효율성을 구성하는 순수기술효율성과 규모효율성은 모두 증가하는 양상을 나타냈으며, 순수기술효율성이 규모효율성보다 더 빠르게 증가함을 알 수 있었다. 순수기술효율성은 효율성 증대에 따른 생산성 증대를 의미하며, 단위당 생산성이 높은 밀식과원의 지속적인 확산이 주원인으로 생각되며, 규모효율성 감소는 생산규모가 적정 규모에 달성하여 초래되는 것이라고 판단된다.

기술 변화는 순수기술 변화는 감소하고 규모기술 변화는 증가하는 것으로 나타났는데, 그 중에서도 순수기술 변화가 더 빠르게 감소하였다. 재배기술의 농가 간 격차, 기상이변, 돌발 병해충 발생 등으로 순수기술 변화가 사과 생산성 증대에 부정적인 작용을 하였고, 생산규모의 적정화, 규모화를 위한 농기계 보급, 영농시설의 자동화 등이 규모기술변화에 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 사과농가의 생산성 향상을 위한 다음과 같은 사항이 필요할 것이다.

첫째, 단위당 생산성을 높일 수 있는 신기술 개발과 보급이 필요하며, 보급된 신기술의 농가간 격차를 줄이기 위해 지속적인 교육이 요구된다.

둘째, 농작업의 기계화, 영농시설의 자동화 등 스마트 과원 개발을 위한 연구가 집중적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

이 연구는 사과의 생산성과 효율성 변화를 분석하기 위해 경상북도농업기술원의 사과 패널자료를 활용하여 시계열적인 분석은 가능하였다. 다만 분석지역이 제한된 한계점을 가지며 이를 전국 사과농가로 일반화하기 위한 연구는 향후 연구과제로 남긴다.

## References

- [1] D. H. An, B. S. Kang, O. S. Kwon, "Decomposition of Productivity Change in Korean Rice Farmers ; A Stochastic Frontier Approach", *The Korean Journal of Agricultural Economics*, Vol. 40, No. 1, pp. 37-61, 1999.
- [2] B. G. Lee, "Determinants of Technical Efficiency in the Korean Rice Industry", *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, Vol. 27, No. 3, pp. 1-17, 2000.
- [3] S. J. Hong, J. H. Park, "An Analysis on the Technical Efficiency of Garlic Farming in Korea", *Journal of Agriculture & Life Science*, Vol. 42, No. 4, pp. 59-67, 2008.
- [4] Q. L. Lin, Z. W. Rhee, N. K. Hong, T. K. Kim, "An Analysis of Production Efficiency of Controlled Tomato Production", *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, Vol.41, No. 3, pp. 380-399, 2014.
- [5] O. S. Kwon, "Rice Production Technology of Korean Farmers ; A Noparametric Analysis of Technical and Scale Efficiencies", *The Korean Journal of Economic Studies*, Vol. 45, No. 4, pp. 251-270, 1997.
- [6] S. S. Lee, S. J. Jo, H. G. Jeong, "A Study on the Characteristics and Bench Marking of Efficient Soybean Production Using DEA", *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, Vol. 30, No. 3, pp. 426-443, 2003.
- [7] D. W. Choi, C. R. Lim, "An Analysis of Management Performance and Efficiency of Medicinal Crop Farm - Mainly on *Angelica dahurica* and *Bupleurum falcatum* -", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 18, No. 6 pp. 400-406, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.6.400>
- [8] D. W. Choi, D. C. Kim, H. O. Lee, C. R. Lim, "Statistical Difference of Production Efficiency in Medicinal Crop Farm", *J Korean Soc Qual Manag*, Vol. 48, No. 3, pp. 453-462, 2020.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2020.48.3.453>
- [9] D. W. Choi, C. R. Lim, "Statistical analysis of Production Efficiency on the Strawberry Farms Using Smart Farming", *J Korean Soc Qual Manag*, Vol. 46, No. 3, pp. 707-716, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2018.46.3.707>
- [10] D. W. Choi, T. K. Kim, C. R. Lim, "Analysis of the Productivity Changes of the Oriental Melon using DEA-Malmquist Productivity Index", *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, Vol. 39, No. 3, pp. 349-363, 2012.
- [11] O. S. Kwon, Y. T. Kim, "Sources of Productivity Change in Korean Agriculture", *The Korean Journal of Agricultural Economics*, Vol. 41, No. 2, pp. 25-48, 2000.
- [12] KREI, Measures to Enhance Agricultural Productivity, 2000.
- [13] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes, "Measuring Efficiency of Decision Making Unit", *European Journal of Operations Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444, 1978.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [14] R. D. Banker, A. Charnes, W. W. Cooper, "Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092, 1984.  
DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [15] W. Caves, R. Christensen, E. Diewert, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica*, Vol. 50, No. 6, pp. :1393-1414, 1982.



DOI: <https://doi.org/10.2307/1913388>

- [16] R. Fare, S. Grosskopf, M. Norris, Z. Zhang, "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries", *American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 66-83, 1994  
<https://www.jstor.org/stable/2117971>
- [17] M. J. Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 253-290, 1957.  
DOI: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- [18] R. W. Shephard, *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1970.
- [19] R. Fare, S. Grosskopf, B. Lindgren, P. Roos, "Productivity changes in Swedish pharmacies 1980-1989: A non-parametric Malmquist approach", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, pp. 85-101, 1992.  
<https://www.jstor.org/stable/41770574>
- [20] D. C. Wheelock, P. W. Wilson, "Technical progress, inefficiency, and productivity change in U.S. banking, 1984-1993", *Journal of Money, Credit, and Banking*, Vol. 31, No. 2, pp. :212-234, 1999.  
DOI: <https://doi.org/10.2307/2601230>
- [21] L. Simar, P. W. Wilson, "Estimating and bootstrapping Malmquist indices", *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, No. 3, pp. :459-471, 1999.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00450-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00450-5)

---

이 항 아(Hang-Ah Lee)

[정회원]



- 2017년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과 (경제학석사)
- 2017년 7월 ~ 현재 : 경상북도농업기술원 농업연구사

<관심분야>

농업경영, 패널분석, 소득분석

---

최 돈 우(Don-Woo Choi)

[정회원]



- 1998년 8월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과(경제학석사)
- 2014년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과(경제학박사)
- 1996년 2월 ~ 현재 : 경상북도농업기술원 농업연구관

<관심분야>

농업경영, 농업회계, 빅데이터

---

임 청 룡(Cheong-Ryong Lim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과 (경제학석사)
- 2012년 2월 : 경북대학교 대학원 농업경제학과 (경제학박사)
- 2014년 9월 : 연변대학교 농림경제학과 전임강사
- 2017년 1월 ~ 현재 : 한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원

<관심분야>

농업경영, 환경경제, 농산물마케팅, 빅데이터