

경북지역 친환경딸기 농가의 인증유형에 따른 효율성 분석*

이상호** · 송경환***

An Analysis on Efficiency for the Environmental Friendly Agricultural Product of Strawberry in GyeongBuk Province

Lee, Sang-Ho · Song, Kyung-Hwan

The purpose of this study is to estimate efficiency of environmental-friendly agricultural product by using Data Envelopment Analysis. A proposed method employs a bootstrapping approach to generating efficiency estimates through Monte Carlo simulation resampling process. The technical efficiency, pure technical efficiency, and scale efficiency measure of strawberry by pesticide-free certification is 0.967, 0.995, 0.968 respectively. However those of bias-corrected estimates are 0.918, 0.983, 0.934. We know that the DEA estimator is an upward biased estimator. In technical efficiency, average lower and upper confidence bounds of 0.807 and 0.960. According to these results, the DEA bootstrapping model used here provides bias-corrected and confidence intervals for the point estimates, it is more preferable.

Key words : *environmental friendly agricultural product, data envelopment analysis, bootstrapping, confidence intervals*

I. 서 론

친환경농산물¹⁾은 소득 증가와 건강에 대한 관심의 고조로 인해 소비가 확대되고 정부의

* 본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008954)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** First author, 순천대학교 농업경제학과 부교수(E-mail : shlee@scnu.ac.kr)

*** Corresponding author, 순천대학교 농업경제학과 교수(E-mail : skh@sunchon.ac.kr)

1) 친환경농산물은 합성농약, 화학비료 및 항생·합균제 등 화학자재를 사용하지 않거나 사용을 최소화하고 농업·축산업·임업 부산물의 재활용 등을 통하여 농업생태계와 환경을 유지 보전하면서 생산된 농산물(축산물 포함)을 의미한다.

적극적인 생산정책으로 인해 공급도 빠르게 확대되어 왔다. 우리나라의 친환경농산물 인증 제도는 1999년에 도입되었으며, 인증유형은 유기, 전환기 유기, 무농약, 저농약 등 4가지 종류로 시작하였다. 이러한 인증유형은 소비자의 혼란을 줄이기 위해 전환기 유기농산물이 유기농산물로 통합되었고, 2010년부터는 저농약농산물에 대한 신규인증이 폐지되었다.

친환경농산물은 생산방법과 사용자재 등에 따라 유기농산물, 무농약농산물, 저농약농산물로 분류되며, 저농약농산물은 2010년부터 신규인증이 중단되었으며, 기존 인증농가도 2015년까지만 유효한 상태이다. 따라서 기존의 저농약농산물 인증농가는 친환경농산물 인증을 유지하기 위해서는 무농약농산물 또는 유기농산물로 전환해야 한다.

친환경농산물은 합성농약 및 화학비료 등 화학자재를 사용하는 대신에 다양한 친환경농자재를 사용하고 있기 때문에 농가별로 기술차이가 발생할 여지가 많다. 따라서 경북지역 친환경 딸기 농가를 대상으로 기술효율성의 차이를 분석할 필요성이 있다.¹⁾ 또한 친환경농산물 인증단계에 따른 농가들의 기술효율성에 차이가 있는가를 분석하기 위하여 무농약농산물과 저농약농산물 인증 유형 간의 효율성도 분석할 필요가 있다.

지금까지 효율성 분석에 관한 연구는 쌀, 한우, 양돈, 콩, 친환경농업, 농업법인, 협동조합 등 다양한 부문에서 이루어져왔다. 주요 선행연구들을 살펴보면, Lee 등(2013)은 확률적 DEA모형을 이용하여 신재생에너지 이용 농가의 효율성을 분석하였다. 시설원예농가의 난방연료 이용형태에 따른 효율성의 차이를 제시하였다. Lee(2011)는 확률적 DEA 모형을 이용하여 품목농협의 효율성을 분석하였다. 이 논문은 부트스트래핑 기법을 이용하여 확률적 DEA모형의 문제점을 개선하였다. 또한 Kwon 등(2009)은 이상 관측치의 영향을 최소화하기 위해 부트스트래핑 기법을 활용하여 산지유통조직의 경영성과와 성과에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. Min 등(1999)은 부트스트래핑 기법을 이용하여 집단 간의 효율성 차이를 분석하였다. 이를 통해 집단 간 평균 차이의 존재 여부를 유의수준별로 분석할 수 있는 기반을 제시하였다. Lee 등(2001)은 비모수적 기법인 DEA 모형을 이용하여 경북지역 사화환경농업의 효율성을 분석하였다. 또한 사과 환경농업의 효율성에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위하여 토빗모형을 적용하였다. 그러나 친환경농가 인증유형에 따른 효율성의 차이를 분석한 연구는 거의 없는 실정이다. 그리고 이 논문에서는 확정적 DEA모형이 갖는 확률요인을 고려하지 못한다는 한계점을 개선하기 위해 부트스트래핑 DEA모형을 이용하고자 한다.

이 논문은 경북지역 친환경딸기 농가의 인증유형(무농약농산물과 저농약농산물)에 따른 효율성의 차이를 분석하고자 한다. 첫째, 무농약농산물과 저농약농산물 인증유형에 따른

1) 2012년 기준 경북지역 친환경 딸기 농가 중 무농약 인증이 66.5%, 저농약 인증이 18.6%를 차지하고 있다. 이러한 친환경인증 농가의 유형별 효율성의 차이를 분석하기 위해 무농약 인증과 저농약 인증 딸기 농가를 분석대상으로 선정하였다.

농가의 경제적 효율성을 비교 검토한다. 둘째, 일반적 DEA모형과 확률적 요인을 고려한 부트스트래핑 DEA모형을 이용한 추정결과의 차이를 비교하고자 한다.

II. 친환경농산물 인증 현황

2000년 이후 친환경농산물의 인증 농가, 면적, 출하량의 추이를 살펴보면, 친환경농산물 인증농가수는 연평균 40.4%, 인증면적은 44.2%, 출하량은 36.6%의 증가율로 각각 증가하였다(Table 1). 그러나 2010년부터 저농약농산물 신규 인증이 폐지됨에 따라 친환경농산물 인증면적은 2009년 201,688ha로 최고치를 나타낸 이후 2010년 이후 감소하여 2012년에는 164,289ha로 나타났다. 2010년 이후 저농약농산물은 감소하였으나 유기농산물과 무농약농산물의 인증면적은 증가하였다.

Table 1. Trend of environment-friendly agricultural products

(unit : household, ha, ton, %)

Division		2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Ratio of change
Organic	No. of households	353	7,507	8,460	9,403	10,790	13,376	16,733	37.9
	Acreage	296	9,729	12,033	13,343	15,517	19,312	25,467	45.0
	Quantity	6,538	107,179	114,649	108,810	122,243	190,912	168,256	31.1
Pesticide-free	No. of households	1,060	31,540	45,089	63,653	83,136	89,765	90,325	44.8
	Acreage	876	27,288	42,938	71,039	94,533	95,253	101,657	48.6
	Quantity	15,694	443,989	554,592	879,930	1,039,576	915,823	841,513	39.4
Low-pesticide	No. of households	1,035	92,413	119,004	125,835	89,992	57,487	36,025	34.4
	Acreage	867	85,865	119,136	117,306	83,956	58,109	37,165	36.8
	Quantity	13,174	1,234,706	1,519,070	1,369,034	1,053,702	712,493	488,466	35.1
Total	No. of households	2,448	131,460	172,553	198,891	183,918	160,628	143,083	40.4
	Acreage	2,039	122,882	174,107	201,688	194,006	172,674	164,289	44.2
	Quantity	35,406	1,785,874	2,188,311	2,357,774	2,215,521	1,819,228	1,498,235	36.6
Acreage		1,888,765	1,781,579	1,758,795	1,736,798	1,715,301	1,698,040	1,729,982	-0.7

Source : National Agricultural Products Quality Management Service (2013).

Table 2. Shipment status of environment-friendly agricultural products (2012)

(unit : ton, %)

Division	Total	Organic	Pesticide-free	Low-pesticide
Cereals	343,380 (100.0)	54,025 (15.7)	269,280 (78.4)	20,075 (5.8)
Fruit	341,054 (100.0)	9,116 (2.7)	26,850 (7.9)	305,088 (89.5)
Vegetables	585,004 (100.0)	74,750 (12.8)	351,340 (60.1)	158,914 (27.2)
Root and tuber crops	41,782 (100.0)	9,023 (21.6)	30,157 (72.2)	2,602 (6.2)
Special crops	163,762 (100.0)	6,782 (4.1)	155,434 (94.9)	1,546 (0.9)
Others	23,253 (100.0)	14,560 (62.6)	8,452 (36.3)	241 (1.0)
Total	1,498,235 (100.0)	168,256 (11.2)	841,513 (56.2)	488,466 (32.6)

Note : () indicates the percent.

Source : National Agricultural Products Quality Management Service (2013).

Table 3. Status of environment-friendly strawberry products in GyeongBuk province (2012)

(unit : Household, ha, %)

	No. of households	Acerage
Organic	79	36 (14.9)
Pesticide-free	351	161 (66.5)
Low-pesticide	90	45 (18.6)
Total	520	242

Source : National Agricultural Products Quality Management Service (2013).

2012년 현재 친환경농산물의 인증단계별 비율을 살펴보면 무농약농산물이 56.2%로 가장 높고, 그 다음은 저농약농산물이 32.6%, 유기농산물이 11.2%로 나타났다. 품목류별로 살펴보면 곡류의 경우 무농약농산물이 78.4%로 가장 큰 비중을 차지하며, 유기 15.7%, 저농약 5.8%의 순으로 나타났다. 이에 반해 과실류는 저농약이 89.5%를 대다수를 차지하고 있는 반면, 무농약과 유기는 각각 7.9%와 2.7%에 불과하다. 채소류는 무농약이 60.1%로 가장 높

고, 저농약이 27.2%, 유기농이 12.8%로 나타났다. 이상에서 알 수 있듯이 품목류별로 친환경 인증단계의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 품목 특성에 따라 친환경재배의 어려움이 있기 때문이다.

2012년 현재 경북지역의 친환경 딸기농가는 520호이며, 재배면적은 242ha로 조사되었다. 유기농 농가는 79호이며, 36ha로 14.9%를 차지하고 있으며, 무농약 농가는 161ha로 66.5%를 차지하고 있다.

Ⅲ. 부트스트래핑 효율성 모형²⁾ 및 분석자료

1. 분석모형

친환경딸기농가의 효율성 및 생산성을 분석하는 방법론은 크게 모수적 모형과 비모수적 모형이 있다. DEA 모형은 각 의사결정단위의 투입, 산출물을 이용하여 최적의 의사결정단위를 도출하고 이 최적의 의사결정단위들로부터 효율적 프론티어를 구성한다. 각 의사결정단위들이 이 최적 프론티어로부터 떨어져 있는 거리를 계산하여 상대적 효율성을 측정하게 된다.

친환경 딸기 농가는 투입물 벡터 $x \in R_+^i$ 를 이용하여 산출물 벡터 $y \in R_+^j$ 를 산출하는 생산가능집합을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$(1) \quad \{\Psi = (x, y) \in R_+^{i+j} | x \text{ can produce } y\}$$

단, i 와 j 는 각각 투입물과 산출물의 수를 나타냄.

효율성 측정은 투입 대비 산출의 비율이며, 이 비율은 극대화 문제의 목적함수가 된다. 그리고 각각의 제약식들은 친환경딸기농가의 효율성 지수가 1이하가 되도록 목적함수를 제약한다.

DEA모형에서 선형계획법에 의해 효율성을 측정하는 방식은 다음 식 (2)와 같다. 이 식에서 네 번째 제약식은 규모의 보수에 대한 보수 증가, 불변, 감소를 나타낸다. 이러한 제약조건을 통해 친환경딸기농가의 규모에 대한 특성을 파악할 수 있다.

2) 이상호(2013)의 분석방법론을 재정리한 것임.

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & \text{Min} \quad \hat{\theta}_k \\
 & \text{S.T} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i \geq Y_k \quad j = 1, 2, \dots, n, \\
 & \quad \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i \leq \theta X_i \quad i = 1, 2, \dots, n, \\
 & \quad \quad \lambda_i \geq 0, \quad n = 1, 2, \dots, n \\
 & \quad \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \text{ <규모의 보수증가·불변·감소상태>}
 \end{aligned}$$

단, Y_{nj} : n번째 친환경딸기농가의 $j(j = 1, 2, \dots, J)$ 번째 산출물
 X_{ni} : n번째 친환경딸기농가의 $i(i = 1, 2, \dots, I)$ 번째 투입물
 λ_n : 가중치 변수(intensity variable)

식 (2)에서 계산된 효율성은 확률적 요인이 고려되지 못한 확정적 값이다. 일반적으로 확률적 요인을 고려한 부트스트래핑의 효율성 추정치는 식 (2)를 통해 분석된 효율성 추정치의 표본분포를 따르게 된다. 부트스트래핑에 의한 효율성 추정단계는, 첫째, 일반적 DEA모형인 식 (2)로부터 각 친환경딸기농가에 대한 효율성 값(θ_k)을 추정한다. 둘째, 각각의 효율성 값(θ_k)들에 비모수적 커널 분포함수 등을 적용해 L개의 무작위 표본 $\theta_{1b}^*, \dots, \theta_{Lb}^*$ 를 추출한다.³⁾ 셋째, 준거 부트스트래핑 기술을 도출하기 위해 새로운 투입-산출 자료(x_{kb}, y), $k = 1, \dots, L$ 을 계산한다. 넷째, 이러한 자료 (x_{kb}, y), $k = 1, \dots, L$ 를 효율성 값 계산식 (2)에 대입하여 새로운 효율성 값 θ_{kb}^* 를 계산한다. 다섯째, 부트스트래핑 효율성 추정치 $\hat{\theta}_{kb}^*$, $b = 1, \dots, B$ 를 도출하기 위하여 두번째에서 네번째까지의 단계를 B회 반복한다. 식 (3)은 부트스트래핑 과정을 통해 추정된 효율성 값이다.

$$(3) \quad \bar{\theta}_k^* = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \hat{\theta}_{kb}^*$$

부트스트래핑 효율성 값이 추정되면, 이를 통해 일정한 유의수준에서 신뢰구간의 통계적 추론이 가능하다. B회 반복 추출을 통해 추정한 ($\hat{\theta}_{kb}^* - \theta_k$) 값들을 오름차순 또는 내림차순 방식으로 정렬하고, 정렬된 한쪽 끝의 값들의 $(\alpha/2 \times 100)$ 퍼센트를 제거한다(Simar and Wilson, 2000). 이를 통해 시설원예농가의 효율성 추정치의 $(1 - \alpha) \times 100$ 퍼센트 신뢰구간은 다음과

3) θ_{kb}^* 는 표본 재추출을 통해 도출된 투입 및 산출자료를 이용하여 계산되며, 이는 편의가 조정된 효율성을 나타낸다.

같다. 여기서 $\hat{\alpha}_a^*$, $\hat{\beta}_a^*$ 는 각각 오차의 상한 및 하한 값을 의미한다.

$$(4) \quad \hat{\theta}_k + \hat{\alpha}_a^* \leq \theta_k \leq \hat{\theta}_k + \hat{\beta}_a^*$$

2. 분석자료

이 논문에서는 2012년 현재 친환경인증을 받은 경북지역 딸기 농가를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 대상농가는 2012년 현재 무농약농산물 또는 저농약농산물 인증을 받은 경북지역 21호 농가를 선정하였다.

이 논문에서는 친환경인증을 받은 경북지역 딸기 농가의 효율성 분석을 위해 투입-산출 자료를 이용한다. 효율성 추정을 위해 조수입, 종묘비, 비료비, 농약비, 광열동력비, 제재료비, 감가상각비, 고용비 등을 투입-산출 자료로 이용하였다. 또한 무농약농산물과 저농약농산물 인증 농가의 효율성 차이를 비교하기 위하여 친환경농산물의 인증단계에 대해서도 조사하였다.

경북지역 친환경딸기농가의 300평당 평균 조수입은 20,949천원이며, 종묘비는 1,560천원, 비료비는 865천원, 농약비는 69천원, 광열동력비 721천원, 제재료비 1,908천원, 감가상각비 1,589천원, 고용비 2,113천원으로 나타났다. 생산비 중에서 고용비가 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 종묘비의 비중도 높은 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Total costs and returns for environment-friendly strawberry products

(unit : Korean won/10a)

		Low-pesticide	Pesticide-free	Environment-friendly agricultural products	Pesticide-free/ Low-pesticide
Output variable	Output value	19,197,083	22,263,285	20,949,198	1.16
Input variable	Seed cost	1,318,677	1,881,479	1,599,705	1.43
	Fertilizer cost	550,852	1,100,931	865,183	2.00
	Chemical pesticide cost	160,799	0	68,914	0.00
	Fuels cost	617,045	799,058	721,052	1.29
	Others	2,001,717	1,837,644	1,907,961	0.92
	Depreciation cost	2,261,237	1,084,304	1,588,704	0.48
	Labor wage	1,607,975	2,492,425	2,113,375	1.55

친환경인증 단계에 따른 투입 및 산출관계를 살펴보면, 조수입은 무농약 농가가 저농약 농가에 비해 16% 높게 나타났다. 투입비용을 살펴보면 종묘비, 비료비, 광열동력비, 고용비는 무농약 인증농가가 저농약 인증농가보다 높게 나타난 반면, 농약비, 제제료비, 감가상각비 등은 저농약 인증농가가 보다 높게 나타났다.

IV. 분석결과

1. 확률적 효율성 분석

이 논문은 친환경 무농약 인증 농가와 저농약 인증 농가의 효율성을 비교하기 위하여 21호 농가를 동일 집단으로 간주하여 효율성을 분석하였다. 즉 일반적 DEA모형과 확률적 DEA모형 모두 21개 친환경딸기 전체 농가를 하나의 집단으로 효율성 값을 도출하였다. 효율성 분석결과 친환경 인증단계에 따른 효율성 차이를 비교하기 위하여 무농약 인증 농가와 저농약 인증 농가로 구분하여 정리하였다.

부트스트래핑 DEA 모형을 통해 친환경딸기농가의 인증단계에 따른 기술효율성을 분석하였다. 기술효율성⁴⁾은 다시 순수기술 효율성⁵⁾과 규모의 효율성⁶⁾으로 분리하여 추정하였다. 추정결과, 무농약 인증 농가의 경우 기술효율성은 0.918이며, 순수기술효율성은 0.983, 규모효율성은 0.934로 분석되었다. 이에 반해 저농약 인증 농가의 경우 기술효율성은 0.915이며, 순수기술효율성은 0.971, 규모효율성은 0.942로 분석되었다. 친환경인증 단계에 따른, 즉 무농약농산물과 저농약농산물 인증 농가 간의 기술효율성에는 차이가 없는 것으로 분석되었다.

부트스트래핑 DEA모형을 통해 무농약 인증 농가의 기술효율성의 95% 신뢰구간은 0.807에서 0.960으로 추정되었다. 저농약 인증 농가의 95% 신뢰구간은 0.800에서 0.962로 분석되었다.

4) 기술효율성은 n 번째 시설원예농가가 프론티어상의 효율적인 친환경딸기농가군에 비해서 같은 양 (+)의 산출물을 생산하기 위해 얼마만큼의 투입물을 더 사용하였는가를 가리키는 척도가 된다.

5) 순수기술효율성은 규모의 보수증가·불변·감소상태(Variable Returns to Scale)에서 친환경딸기농가가 동일한 산출물을 생산하기 위한 최적의 투입물 수준을 나타내는 것이다.

6) 규모효율성은 규모의 수익에 따라 주어진 산출물을 생산하기 위한 최적의 투입물 수준이 얼마인가를 나타내는 것이다.

Table 5. Summary statistics of technical, pure technical and scale efficiency of environment-friendly strawberry products

Divison	Technical efficiency	Pure technical efficiency	Scale efficiency
Low-pesticide	0.916 (0.800~0.962)	0.971 (0.895~0.984)	0.942 (0.894~0.976)
Pesticide-free	0.918 (0.807~0.960)	0.983 (0.912~0.993)	0.934 (0.893~0.964)

Note : () indicates the 95% confidence interval.

2. 효율성 비교 분석

일반적 DEA모형에 의한 분석결과와 부트스트래핑 기법에 의한 확률적 DEA모형의 기술 효율성 분석결과를 비교하면 다음과 같다(Table 6). 일반적 DEA 분석에 의하면 기술효율성의 경우 무농약 인증 농가는 0.967로 추정된 반면, 저농약 인증 농가는 0.964로 추정되었다. 또한 확률적 DEA의 경우에도 무농약 인증 농가는 0.918로 추정되었으며, 저농약 인증 농가는 0.916으로 분석되었다.

무농약 인증 농가의 기술효율성이 0.918로 분석되었는데, 이는 기술효율측면에서 91.8%의 효율을 의미하는 것으로 9.2%의 기술적 비효율이 존재한다는 의미이다. 따라서 친환경 딸기농가는 기술측면에서 9.2%의 비효율을 개선할 여지가 있으며, 이를 통해 기술효율성을 증가시킬 수 있다.

Table 6. Results of DEA and bootstrap technical efficiencies for environment-friendly farmers

Item	DEA	Bootstrap DEA	Bias	Lower confidence	Upper confidence	
Low-pesticide	1	1.000	0.949	0.051	0.803	0.998
	2	0.912	0.871	0.041	0.787	0.911
	3	1.000	0.947	0.053	0.798	0.999
	4	1.000	0.947	0.053	0.799	0.998
	5	1.000	0.951	0.049	0.838	0.999
	6	1.000	0.960	0.040	0.893	0.999
	7	0.760	0.726	0.035	0.651	0.759
	8	1.000	0.951	0.049	0.830	0.998
	9	1.000	0.946	0.054	0.801	0.999
	Average	0.964	0.915	0.047	0.800	0.962

Item		DEA	Bootstrap DEA	Bias	Lower confidence	Upper confidence
Pesticide-free	1	1.000	0.949	0.051	0.803	0.998
	2	0.896	0.858	0.037	0.793	0.895
	3	1.000	0.947	0.053	0.800	0.999
	4	1.000	0.949	0.051	0.800	0.999
	5	0.962	0.934	0.028	0.886	0.960
	6	0.748	0.716	0.032	0.613	0.747
	7	0.937	0.904	0.034	0.853	0.936
	8	1.000	0.947	0.053	0.799	0.998
	9	1.000	0.952	0.048	0.840	0.999
	10	1.000	0.949	0.051	0.811	0.999
	11	1.000	0.959	0.041	0.886	0.998
	12	1.000	0.949	0.051	0.801	0.998
	Average	0.967	0.918	0.044	0.807	0.960

일반적 DEA모형에 의한 분석결과와 부트스트래핑 기법에 의한 확률적 DEA모형의 순수 기술효율성 분석결과를 비교하면 다음과 같다(Table 7). 일반적 DEA 분석에 의하면 순수 기술효율성의 경우 무농약 인증 농가는 0.995로 추정된 반면, 저농약 인증 농가는 0.985로 추정되었다. 또한 확률적 DEA의 경우에도 무농약 인증 농가는 0.983으로 추정되었는데, 이에 반해 저농약 인증 농가는 0.971로 분석되었다. DEA 분석방법론의 차이가 관계없이 무농약 인증 농가의 경우가 저농약 인증 농가의 경우보다 효율성이 높다는 것을 알 수 있다. 순수 기술효율성은 규모의 효과를 고려하지 않은 투입과 산출의 순수기술측면에서의 효율성을 의미한다. 순수기술효율성 측면에서는 무농약 인증 농가와 저농약 인증 농가의 효율성 차이가 크지 않다는 것을 알 수 있다.

Table 7. Results of DEA and bootstrap pure technical efficiencies for environment-friendly farmers

Item		DEA	Bootstrap DEA	Bias	Lower confidence	Upper confidence
Low-pesticide	1	1.000	0.985	0.015	0.882	1.000
	2	1.000	0.992	0.008	0.977	1.000
	3	1.000	0.985	0.015	0.882	1.000
	4	1.000	0.984	0.016	0.882	1.000

Item	DEA	Bootstrap DEA	Bias	Lower confidence	Upper confidence	
Low-pesticide	5	1.000	0.985	0.015	0.880	1.000
	6	1.000	0.988	0.012	0.941	1.000
	7	0.862	0.856	0.005	0.845	0.861
	8	1.000	0.985	0.015	0.881	1.000
	9	1.000	0.984	0.016	0.881	1.000
	Average	0.985	0.971	0.013	0.895	0.984
Pesticide-free	1	1.000	0.984	0.016	0.881	1.000
	2	0.963	0.957	0.006	0.943	0.963
	3	1.000	0.985	0.015	0.882	1.000
	4	1.000	0.985	0.015	0.882	1.000
	5	1.000	1.007	0.007	0.988	0.990
	6	1.000	0.987	0.013	0.975	0.990
	7	0.973	0.965	0.008	0.944	0.973
	8	1.000	0.985	0.015	0.881	1.000
	9	1.000	0.984	0.016	0.881	1.000
	10	1.000	0.986	0.014	0.884	1.000
	11	1.000	0.987	0.013	0.925	1.000
	12	1.000	0.985	0.015	0.882	1.000
	Average	0.995	0.983	0.012	0.912	0.993

일반적 DEA모형에 의한 분석결과와 부트스트래핑 기법에 의한 확률적 DEA모형의 규모 효율성 분석결과를 비교하면 다음과 같다(Table 8). 일반적 DEA 분석에 의하면 규모효율성의 경우 무농약 인증 농가는 0.968로 추정된 반면, 저농약 인증 농가는 0.977로 추정되었다. 또한 확률적 DEA의 경우에도 무농약 인증 농가는 0.934로 추정되었는데, 이에 반해 저농약 인증 농가는 0.942로 분석되었다. DEA 분석방법론의 차이가 관계없이 저농약 인증 농가가 무농약 인증 농가보다 규모효율성이 높다는 것을 알 수 있다. 규모효율성이 1 미만이란 의미는 평균적인 의미에서 대부분의 친환경딸기농가가 규모의 수익증가나 수익감소의 상태에 놓여 있음을 의미한다.

Table 8. Results of DEA and bootstrap scale efficiencies for environment-friendly farmers

Division		DEA	Bootstrap DEA	Bias	Lower confidence	Upper confidence
Low-pesticide	1	1.000	0.964	0.036	0.910	0.998
	2	0.912	0.879	0.034	0.806	0.911
	3	1.000	0.962	0.038	0.905	0.999
	4	1.000	0.962	0.038	0.906	0.999
	5	1.000	0.966	0.034	0.952	0.999
	6	1.000	0.971	0.029	0.949	0.999
	7	0.882	0.848	0.035	0.771	0.881
	8	1.000	0.965	0.035	0.941	0.999
	9	1.000	0.962	0.038	0.910	0.999
	Average	0.977	0.942	0.035	0.894	0.976
Pesticide-free	1	1.000	0.964	0.036	0.911	0.999
	2	0.930	0.897	0.033	0.841	0.929
	3	1.000	0.962	0.038	0.907	0.999
	4	1.000	0.963	0.037	0.906	0.999
	5	0.962	0.927	0.035	0.897	0.970
	6	0.769	0.742	0.027	0.650	0.768
	7	0.937	0.917	0.020	0.968	0.936
	8	1.000	0.963	0.037	0.908	0.998
	9	1.000	0.966	0.034	0.951	0.999
	10	1.000	0.961	0.039	0.876	0.999
	11	1.000	0.974	0.026	1.005	0.999
	12	1.016	0.977	0.039	0.896	1.014
	Average	0.968	0.934	0.034	0.893	0.967

V. 요약 및 결론

친환경농산물은 2016년 이후 저농약농산물 인증 폐지 등으로 인해 저농약 인증 농가가 무농약 또는 유기단계로 전환해야 하는 시점에 있다. 이러한 시점에서 이 논문은 친환경인증 단계에 따른 딸기 농가의 효율성을 분석하였다. 또한 일반 DEA모형의 확장성 문제를

해결하기 위하여 부트스트래핑 DEA 모형을 이용하여 효율성 분석 값의 통계적 신뢰구간을 추정하였다. 주요 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 무농약 인증 농가의 경우 일반적 DEA모형에 의한 기술효율성은 0.967로 추정된 반면, 부트스트래핑 기법을 적용하면 0.918로 추정되었다. 이는 일반적 DEA모형의 추정치보다 0.049 낮은 값인데, 이는 신뢰구간의 범위 밖에 있기 때문에 통계적으로 유의하다. 또한 5% 유의수준하에서 기술효율성의 통계적 신뢰수준은 0.807에서 0.960으로 분석되었다.

둘째, 부트스트래핑 DEA 추정결과, 무농약 인증 농가의 경우 기술효율성은 0.918이며, 순수기술효율성은 0.983, 규모효율성은 0.934로 분석되었다. 이에 반해 저농약 인증 농가의 경우 기술효율성은 0.915이며, 순수기술효율성은 0.971, 규모효율성은 0.942로 분석되었다. 무농약 인증 농가와 저농약 인증 농가간의 기술효율성에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

셋째, 부트스트래핑 DEA모형을 통해 무농약 인증 농가의 기술효율성의 95% 신뢰구간은 0.807에서 0.960으로 추정되었다. 이에 반해 저농약 인증 농가의 95% 신뢰구간은 0.800에서 0.962로 분석되었다.

이상의 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 정책적 함의를 제시하고자 한다. 첫째, 일반적 DEA모형은 확률적 요인을 고려할 수 없기 때문에 자료의 이상치(outliers)에 의해 효율성의 추정치가 왜곡되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 친환경농산물 인증 농가와 같이 농가간의 기술차이가 큰 분석단위의 경우 일반적 DEA모형보다는 확률적 DEA모형을 이용해야 한다. 또한 확률적 DEA 모형은 확정적 DEA 모형에서 발생할 수 있는 효율성의 과대추정의 문제를 해결할 수 있다. 즉 친환경딸기 농가의 효율성을 과대추정하게 되면 효율적인 투입요소의 활용에 대한 바람직한 정책방안을 도출할 수 없다는 문제점이 있다. 이 논문에서 확률적 DEA모형을 통해 추정치 왜곡문제를 해결하고 추정치의 신뢰구간을 제시함으로써 기술보급 및 정책결정에 대한 통계적으로 유의한 정보제공이 가능하다.

둘째, 친환경인증 농가 간의 기술효율성에 대한 신뢰구간을 분석한 결과, 저농약인증과 무농약인증 농가 간의 효율성 차이가 통계적으로는 유의하지 않는 것으로 나타났다. 즉 기술효율성 측면에서는 주어진 산출량을 생산하는데 있어 인증 농가 간에 투입요소의 이용에서 효율성의 차이가 크지 않다는 것을 의미한다. 그러나 실제 무농약 재배와 저농약 재배 간에는 방제 및 재배기술적인 특성의 차이가 존재할 수 있기 때문에 이에 대한 기술지도 및 경영컨설팅이 필요할 것으로 판단된다.

[논문접수일 : 2013. 11. 7. 논문수정일 : 2013. 11. 23. 최종논문접수일 : 2013. 12. 3.]

Reference

1. Boussofiane, A., R. G. Dyson, and E. Thanassoulis. 1991. Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*. 52: 1-15.
2. Charnes, A., W. W. Cooper, and E. L. Rhodes. 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*. 19: 273-292.
3. Charnes, A., W. W. Cooper, and R. M. Thrall. 1986. Classifying and Characterizing Efficiencies and Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Oper. Res. Letters*. 5: 105-110.
4. Farrell, M. J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120(3): 253-281.
5. Fitzsimmons, J. A. and M. J. Fitzsimmons. 1994. *Service Management for competitive Advantage*, Mc Graw-Hill Inc.
6. Kwon, O. S. and H. H. Kim. 2009. Measuring Marketing Organization's Performance and Identifying its Determinants using Stochastic DEA and FDH. *Korean Journal of Agricultural Economics*. 50(2): 69-95.
7. Min, J. H. and H. J. Kim. 1999. A Nonparametric Test on Mean Difference of DEA Efficiency Estimates - Bootstrapping Approach. *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*. 24(2): 53-68.
8. Lee, S. H. and J. H. Park. 2013, An Analysis of the Efficiency for the Horticultural Greenhouse by Heating System. *Korean Journal of Agricultural Economics*. 54(1): 39-53.
9. Lee, S. H. 2011. An Analysis of the Efficiency of Item-based Agricultural Cooperative Using the DEA Model. *Journal of Agriculture & Life Science*. 45(6): 279-289.
10. Lee, S. S., C. S. Kim, and S. H. Lee. 2001. An Analysis on the Efficiency of Apple Production in Environmental Agriculture Using DEA. *Korean Journal Of Agricultural Economics*. 42(2): 51-65.
11. Simar, L. and V. Zelenyuk. 2010. Stochastic FDH/DEA estimators for frontier analysis. Discussion paper 0820. Institut de Statistique, UCL, in press *Journal of Productivity Analysis*.