

베이지언 확률프론티어 기법을 이용한 딸기 및 토마토 친환경재배의 효율성 분석*

박호정** · 양승룡***

A Bayesian Stochastic Frontier Estimation of Efficiencies for Strawberry and Tomato Farming : Effect of Environmentally Friendly Farming

Park, Ho-Jeong · Yang, Seung-Ryong

There are growing interests in environmental friendly cultivation for the matter of health concern. This study analyzes an economic efficiency of strawberry and tomato farming by considering the role of environmentally friendly cultivation. The Database of Rural Development Administration is used for strawberry and tomato farming households. We adopt a Bayesian stochastic frontier model to resolve a small sample property of the data. Empirical finding is that environmentally friendly cultivation improves the revenue of farming but the effect on net profit is not conclusive which calls for future research.

Key words : *strawberry, tomato, Bayesian stochastic frontier, economic efficiency*

I. 서 론

식품안전도와 건강에 관한 소비자의 인식이 증가하면서 친환경 농산물에 대한 수요가 증가하고 있다. 2014년 기준 우리나라의 친환경농산물 시장규모는 2조 4,221억 원 수준인 것으로 평가된다. 향후 친환경농산물 시장은 저농약 인증의 폐지로 잠시 위축을 경험하겠지만, 2017년의 2조 629억 원에서 2024년에는 4조 원이 넘는 규모로 지속적인 성장세를 보

* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ010287)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** 고려대학교 식품자원경제학과 교수

*** Corresponding author, 고려대학교 식품자원경제학과 교수(sryang@korea.ac.kr)

일 것으로 전망된다(Kim et al., 2015).

친환경농산물의 지속적인 수요증가에도 불구하고 친환경 농업 생산기반은 그만큼 강화되고 있지 못하다는 평가를 받고 있다. 친환경농산물의 재배면적과 생산농가가 최근 몇 년 사이 급감한 데에는 친환경농산물의 수입증대, 저농산물 인증제도의 변화 등 외부적 요인도 작용하였지만, 친환경농산물 재배가 투입되는 노력에 비해 수익성이 낮다는 점도 종종 지적되는 사항이었다.

본 연구는 과채류 중 거래금액 기준으로 비교적 높은 비중을 차지하고 있는 딸기와 토마토를 대상으로 친환경재배가 생산효율성에 미치는 영향을 살펴보도록 한다. 유기와 무농약 방식으로 재배되는 친환경 농산물 중 과채류가 차지하는 비중은 유통규모 기준으로 볼 때에 50% 이상으로서 가장 크며, 그 다음 곡류, 그리고 특작기타 등의 순서로 비중이 높다. 딸기와 토마토는 이 중 채소류로 분류되며 버섯에 이어 채소류 중 친환경 상장거래 금액이 가장 많은 품목이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2013).

대부분의 딸기 및 토마토 재배 농가는 유기농 보다는 무농약 재배방식을 취하고 있다. 2014년의 한국농촌경제연구원(KREI) 조사에 의하면, 딸기의 친환경인증 단체농가는 395호수이며 이들 중 360개 농가가 무농약 재배를 택하였으며, 나머지는 유기농 재배였다. 토마토 역시 친환경인증 농가가 237호수이며 이들 중 155개 농가가 무농약 재배방식을 따르고 있다.

이들 딸기와 토마토 생산의 효율성에 친환경재배가 미치는 영향을 살펴보기 위하여 베이저언 확률경계모형(Bayesian stochastic frontier model)을 적용하도록 한다. 본고에서 사용하는 농촌진흥청의 딸기 및 토마토 재배농가의 조사 자료가 비교적 소표본(small sample)에 해당되지만, 베이저언 추정은 표본의 크기가 작은 단점을 보완해주며, 개별 효율성의 사후적 분포에 관한 정보를 제공할 수 있다는 점에서 적합한 방법론이라 할 수 있다. 아울러 베이저언 추정은 개별 추정 모수의 확률분포에 대한 분석이 가능하다는 장점도 있다. 그러한 이유로 베이저언 확률경계모형은 여러 기업체 단위의 경영평가나 생산효율성 분석에 활발히 사용되고 있지만, 아직 국내 농산물 분석에는 적용사례가 없다.¹⁾ 따라서 본 연구는 안전한 먹거리에 대한 소비자 욕구에 부응하여 농가가 선택하는 친환경 농산물 재배가 과연 농가의 생산과 수입에 어떠한 영향을 미치는지를 정량적으로 살펴보는데 의의를 두고 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 우선 친환경재배의 효과를 분석하기 위하여 우선 베이저언 확률경계모형을 소개한다. 이어서 농촌진흥청의 조사 자료를 활용해서 친환경재배가 딸기 및 토마토 재배의 생산효율성에 미치는 효과를 실증 분석한다. 논문결과에 대

1) IT기업의 생산효율성(Kim and Simpson, 2015), 지역 내지 국가의 효율성(Galan et al., 2014), 스포츠산업의 효율성(Barros and Rossi, 2014), 화력발전소 효율성(Chen et al., 2015) 등 베이저언 확률경계모형은 비교적 최근에 활발히 적용되고 있다.

한 요약과 결론은 III장에 제시되어 있다.

II. 친환경재배의 효과 분석

1. 베이지언 확률경계모형

생산경계(production frontier)는 주어진 투입물로 생산 가능한 최대 산출물을 나타낸다. 이 생산경계 미만으로 생산하는 경우에는 비효율성이 존재하는데, Aigner 등(1977)에 의해 개발된 확률경계 모형은 생산경계로부터의 거리가 외생적인 확률요인에 영향을 받을 수 있다는 점에 착안하고 있다. 생산효율성에 영향을 미치는 외생적 요인에 대한 분석은 생산주체가 직접 제어할 수 없는 기상요인과 병충해와 같은 자연적 영향에 민감한 농업 분야에서 더욱 뚜렷하다. 확률경계 모형은 효율성의 영향을 통계적으로 검증할 수 있다는 점에서 DEA (Data Envelopment Analysis)와 구분되는 장점 또한 갖고 있다.

주지하는 바와 같이, 확률경계모형에서는 두 종류의 확률요인이 존재하는데, 하나는 일반적인 측정오차(measurement error)이고, 또 다른 하나는 비효율성의 확률분포에 관한 것이다. 확률경계모형 방법론의 발전과정에서 중요하게 취급된 것은 바로 후자의 비효율성을 추정할 때 적용하는 분포에 관한 가정이었다. 초기의 문헌에서는 지수분포(exponential distribution)나 반정규분포(half-normal distribution)를 적용하였으며(Meeusen and van den Broeck, 1977; Aigner et al., 1977), 이후 비효율성이 음의 값을 갖지 않도록 절단정규분포(truncated Normal distribution)를 사용하는 데까지 확대되었다.

비효율성의 분포를 정하는 복잡한 주제에서 비교적 자유롭게 할 수 있도록 비모수적 방법론이 개발되기 시작한 것은 자연스러운 발전 방향이었다. 특히 확률경계모형에서는 생산함수나 비용함수는 모수적으로 추정하되 비효율성의 분포는 비모수적으로 추정하는 준모수적 방식을 취하고 있다(Park et al., 1998; Adams et al., 1999; Sickles et al., 2002).

본 논문은 소표본 추정의 단점을 보완하기 위해 준모수기법의 하나인 Van den Broeck 등(1994)이 소개한 베이지언 확률경계모형을 적용하도록 한다. 기본적으로 사전적 정보를 이용해서 추정모수의 확률분포를 업데이트해야 하는데, 이와 같은 베이지언 추정 과정에서 마르코프 체인 몬테카를로(MCMC: Markov Chain Monte Carlo)를 사용한다(Griffin and Steel, 2007). 베이지언 추론과정의 수치적분의 복잡성 때문에 마르코프 체인 몬테카를로 (Markov Chain Monte Carlo)와 같은 알고리즘이 활용되는데, 특히 Koop 등(1995)에서처럼 데이터 증강을 고려한 깃스 샘플링(Gibbs sampling) 방식이 자주 이용된다.²⁾

2) 관련한 소프트웨어로는 WinBUGS 패키지가 많이 사용되지만, 본 연구에서는 Griffin and Steel(2004)

베이저언 확률경계모형은 다음과 같다. 산출물 y_i 와 투입물 x_i 는 원 변수에 로그를 취한 변수라 하면, 이들 간의 관계는 다음의 생산함수로 설명된다.

$$y_i = \alpha + x_i\beta + (v_i - u_i), \quad v_i \sim \text{iid} N(0, \sigma_v^2) \quad (1)$$

α 와 β 는 추정해야 할 모수이며, v_i 는 측정오차, u_i 는 기술적 비효율성을 나타낸다. 고전적인 확률경계모형에서는 u_i 가 $N(0, \sigma_u^2)$ 와 같이 정규분포, 또는 비음의 값을 갖는 $N^+(0, \sigma_u^2)$ 의 절단정규분포로 가정하는 경우가 많다. 반면 비모수적 방법론을 취하는 본 연구에서는 굳이 사전적으로 특정 분포를 가정하지 않는다.

비효율성을 측정하는 u_i 는 v_i 와는 독립적이며 $u_i \sim F$ 확률분포를 따른다. 보통 베이저언 확률경계모형에서 비효율성 분포 F 는 특정한 모수 분포를 갖는 것으로 보지만, 본 연구에서는 Griffin and Steel(2004)와 같이 디리클레 프로세스(Dirichlet process)를 따르는 것으로 가정한다.³⁾

비효율성 지표를 나타내는 u_i 를 모양에 제약이 없는 유연한 형태의 감마분포(Gamma distribution)로 보게 되면 때로 식별상의 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어, 소표본에서는 상수항과 u_i 간에 충분히 구분이 되지 않을 수가 있다(Koop and Steel, 1998). 따라서 상당수 문헌에서는 u_i 가 정규분포가 아니라 감마분포에서 형태파라미터(shape parameter)가 1인 즉, 지수분포를 갖는 것으로 가정한다. 또한 지수분포는 베이저언의 사전적 가정에 가장 덜 민감하다는 점에서도 적합하다(van den Broeck et al., 1994). 이 경우 파라미터 λ 를 가진 지수 분포가 가장 흔히 사용되는데, 추정대상 파라미터를 $\theta = (\alpha, \beta, \lambda)$ 로 표시하면 로그함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L(y; \theta) = \prod_{i=1}^N p(y_i | x_i, \theta) \quad (2)$$

식 (2)의 $p(y_i | x_i, \theta)$ 는 Jondrow 등(1982)이나 van den Broeck 등(1994)에서처럼 $p(y_i | x_i, \theta) = \int p(y_i | x_i, u_i, \theta) p(u_i | \theta) du_i$ 와 같은 적분 연산을 통해 구하지만, 베이저언 추론에서는 주로 샘플링을 통해 구한다. 즉, 사후적 확률인 $p(\theta | y, x)$ 로부터의 무작위 추출을 거쳐 추론을 하게 되는데, 주로 깁스(Gibbs) 샘플링과 같은 마르코프 체인 몬테카를로 기법을 사용한다. 본

의 MATLAB 프로시저를 활용하도록 한다.

3) 디리클레 프로세스는 확률변수가 특정한 기저 분포(base distribution)에 따라 얼마나 잘 분포되어 있는지를 설명해주기 때문에, 베이저언 추론에서 사전적 지식(prior knowledge)를 설명하는데 자주 사용된다.

연구에서는 효율성에 관한 일반적인 정의를 따라 효율성을 $r_i = \exp(-u_i)$ 로 정의한 후, Griffin and Steel(2004)이 제안한 아래의 일반화된 감마분포 사전적 확률을 이용한다.⁴⁾

$$p(u_i|c, \phi, \lambda) = \frac{c\lambda^\phi}{\Gamma(\phi)} u_i^{c\phi-1} \exp(-\lambda u_i^c), \quad \phi > 0, \lambda > 0 \quad (3)$$

아래의 실증분석에서는 사전적 확률은 디리클레 프로세스로, 모형의 베이저언 추론은 베이저언에서 자주 활용하는 깁스 샘플링을 적용한다.

2. 딸기 및 토마토 친환경재배의 실증분석

딸기재배 조사농가는 201개로 충청남도, 전라남도, 전라북도, 경상남도, 경상북도, 광주광역시 지역에 분포되어 있으며, 크게 일반재배와 친환경재배(저농약 및 무농약 친환경재배)로 구분하였다. 재배 품종에는 육보, 설향, 매향, 장희 등 다양하지만, 조사농가의 대다수가 육보와 설향을 재배하고 있는 것으로 조사되었다. 농가 당 평균재배면적은 1351.26평이다. 대부분의 농가가 2011년 9월 재배를 시작하여 2012년 5월 재배를 종료하였고, 수확은 2012년 2월 시작하여 2012년 6월 종료한 것으로 조사되었다. 전체 농가 중 103개 농가는 일반재배, 98개 농가는 친환경재배로 조사되었다.

토마토 재배 조사농가는 254개로, 방울토마토나 일반토마토를 일반재배 내지 친환경재배 하는 것으로 조사되었다. 베타티니, 유니콘, 골든슈가, 미니찰, 대추토마토 등 다양한 품종이 재배되었으며, 평균 재배면적은 1236.99평, 재배기간은 2011년 9월에서 2012년 3월 사이인 것으로 조사되었다. 일반재배와 친환경재배를 하는 농가의 수는 각각 135개와 119개였다.

Table 1에서 보는 바와 같이, 농진청의 딸기 및 토마토 조사자료는 상세한 수준으로 생산비 정보를 분류하고 있다. 생산비는 크게 경영비와 자가노력비로 구분되는데, 이중 경영비는 다시 중간재비용, 임차료, 고용노력비로 구분된다. 중간재비용은 농가가 사용하는 비료비, 농약비, 광열동력비, 수리비/제재료비 등 상세한 내역까지 구분되며, 임차료는 대농기구, 영농시설, 토지의 임차료 비용에 관한 정보를 제공하고 있다. 비료비는 무기질과 유기질비료비로 세분류되는데, 무기질비료비에는 요소, 유안, 용성인비, 규산질 등이 포함되며, 유기질비료비에는 퇴구비, 생질, 액비, 친환경제재, 목초액 미생물제재 등이 포함된다.

4) 세 개의 파라미터를 가진 식 (3)은 다양한 분포를 나타낼 수 있다. $c=1$ 일 경우 감마분포, $c=\phi=1$ 은 지수분포, 그리고 극한에서는 로그정규분포가 되며, $\phi=1$ 일 경우 와이블(Weibull) 분포가 된다.

Table 1. Cost specifications

Production cost				
Management cost			Cost of self-employed	
Intermediate cost	Rental cost	Labor cost		
Organic fertilizer, non-organic fertilizer, pesticide, electricity, heat, maintenance etc.	Machine, facility, land	Employed labor	Cost from self-employed	Opportunity cost of owned-land

재배농가의 소득은 조수입에서 경영비를 제한 것으로 정의되며, 순수익은 조수입에서 생산비를 제한 것으로 정의된다. 딸기 및 토마토재배농가의 주요 경영통계는 Table 2와 Table 3에 정리되어 있다. 딸기의 일반재배(non-ENV) 농가가 친환경재배(ENV) 농가보다 조수입이나 이윤 기준으로 보다 작았다. 재배 특성 상 유기질 비료비(organic fertilizer)는 친환경재배 농가가 일반재배보다 더 높은 것으로 조사되었으며, 광열비(heat & electricity) 역시 친환경재배에서 더 높았다. 자가노동비(self-employed cost)가 친환경재배에서 더 높은 이유는 친환경 방식에서 노동력이 상대적으로 더 요구되기 때문인 것으로 사료된다.

Table 2. Summary statistics of strawberry farming (2012)

	Revenue	Price	Land (m ²)	Intermediate	Seeds	Non-organic fertilizer	Organic fertilizer	Pesticide
Non-ENV (N=103)	19381.55	5.93	4.70	6805.45	1869.42	339.69	355.88	238.48
ENV (N=98)	20635.98	6.73	4.21	7146.22	1730.54	335.19	436.53	91.52
	Heat & electricity	Management cost	Production cost	Self-employed cost	Income	Profit	Profit rate (%)	Value-added
Non-ENV (N=103)	630.00	8287.26	11999.97	3204.54	11094.29	7381.58	0.03	12576.10
ENV (N=98)	707.91	8635.07	12512.08	3353.89	12000.91	8123.91	0.04	13489.76

* All units are thousand Korean won based on 300 Pyeong unless otherwise specified.

한편, 토마토의 경우에도 친환경재배의 조수입이나 이윤이 일반재배보다 상대적으로 높았다. 딸기재배와는 대조적으로 토마토의 친환경재배 면적이 일반재배보다 현저히 큰 반면, 유기질 비료비는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 비료비에서는 큰 차이를 보이지는

않았지만 농약비는 친환경재배가 일반재배의 60% 수준인 것으로 조사되었다. 종자비는 친환경재배가 일반재배보다 현저히 높았다.

Table 3. Summary statistics of tomato farming

	Revenue	Price	Land (m ²)	Intermediate	Seeds	Non-organic fertilizer	Organic fertilizer	Pesticide
Non-ENV (N=135)	17728.95	2.33	0.30	7787.64	930.27	418.30	363.83	132.31
ENV (N=119)	20436.29	2.86	4.36	9079.38	951.28	410.93	364.02	80.52
	Heat & electricity	Management cost	Production cost	Self-employed cost	Income	Profit	Profit rate (%)	Value-added
Non-ENV (N=135)	2481.51	8768.73	12666.51	3355.89	8960.22	5062.44	0.02	9941.31
ENV (N=119)	2856.18	10284.62	14115.13	3157.97	10151.67	6321.16	0.03	11356.9

* All units are thousand Korean won based on 300 Pyeong unless otherwise specified.

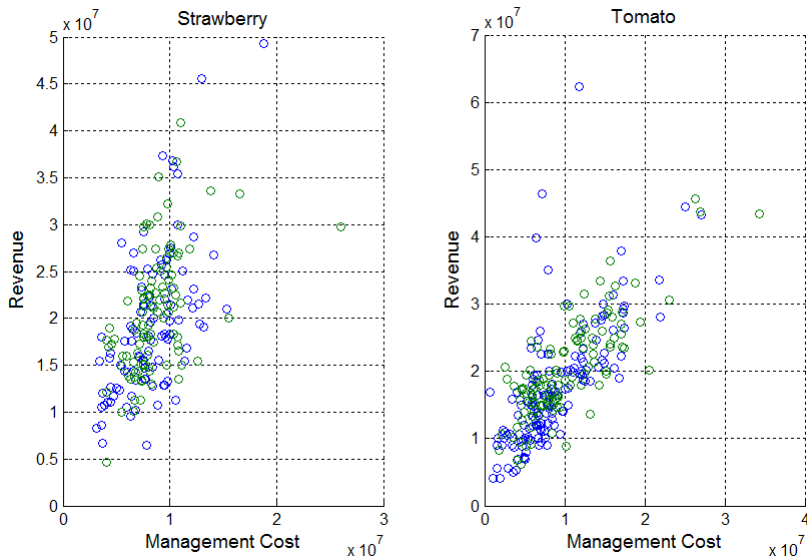


Fig. 1. Relationship between revenue and management cost.

농진청의 딸기 및 토마토 조사자료는 평 또는 m² 단위인 재배면적을 제외하고는 나머지 생산비 데이터는 모두 300평 단위로 되어 있기 때문에, 이를 원단위로 보정해주었다. 조수

입 추정 시에는 경영비를 사용하며, 순수익의 경우에는 생산비를 적용한다. 베이지언 확률 경계모형의 분석에 들어가기 전에 농가의 순수익과 경영비 간의 관계를 살펴보면 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 조수입(revenue)과 경영비(management cost)는 (+)의 비례관계가 존재하는 반면, 수익(profit)과 생산비용(production cost)간의 관계는 확연하게 구분하기 힘든 것으로 관찰된다. 딸기 재배의 경우 경영비에 비해 순수익의 편차가 크게 나타났으나, 토마토 재배에서는 경영비의 편차가 큰 것에 비해 순수익은 비슷한 수준대에 몰려 있어 딸기와 토마토의 특징이 뚜렷이 구분되지 않았다.

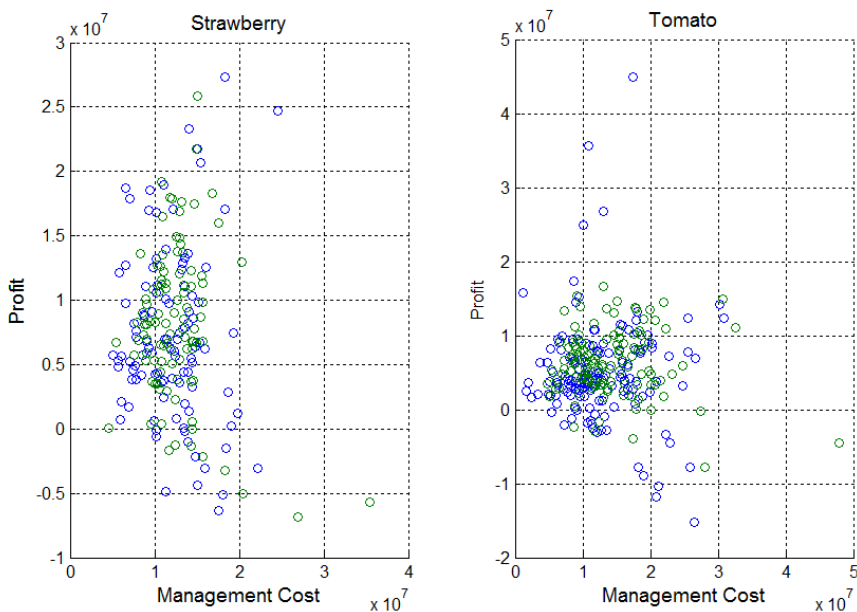


Fig. 2. Relationship between profit and production cost.

앞 절에서 소개한 베이지언 확률경계모형을 이용하여 딸기와 토마토 재배의 생산효율성을 분석하였다. 조수입(revenue)과 순수익(profit)을 종속변수로 각기 설정하였을 때의 효율성 분석을 달리 하였으며, 전자의 경우에는 경영비를, 후자에서는 자가노동비를 포함한 생산비를 설명변수로 취하였다. 깁스 샘플링에서 처음 500번의 반복에서 추출된 표본을 삭제(burn-in)하였으며, 이후 추출 표본을 이용하여 사후분포를 구하였다.

우선 조수입을 추정결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 친환경재배의 더미를 나타내는 eco 변수 외에는 모든 설명변수는 로그를 취하였으며 추정모수 값은 탄력성을 의미한다. 조수입에 대한 친환경재배의 탄력성은 딸기의 경우 1.32%, 토마토는 1.18%인 것으로 추정되었다. 비용 변수(cost), 재배면적 변수(size), 가격 변수(price) 모두 조수입에 (+)의 효과를 갖는 것으로 나타났다.

Table 4. Estimation of Bayesian stochastic frontier model (Revenue)

Strawberry ($y = \text{revenue}$)					
	Constant β_0	Eco β_1	Cost β_2	Size β_3	Price β_4
Mean	2.5176	0.0132	0.5603	0.3162	0.0002
Max	25.3506	1.1460	0.9253	2.0056	0.0001
Min	0.8858	-0.2393	-2.6759	-0.1263	-0.0008
95% confidence	4.6799	0.1249	0.8801	0.5474	0.0001
	~ 0.3553	~ -0.0984	~ 0.2405	~ 0.0851	~ -0.0001
Tomato ($y = \text{revenue}$)					
	Constant β_0	Eco β_1	Cost β_2	Size β_3	Price β_4
Mean	1.5181	0.0118	0.5744	0.4906	0.0001
Max	2.3203	0.0699	0.8635	0.7435	0.0001
Min	0.0454	-0.0583	0.3324	0.3349	0.0000
95% confidence	1.9100	0.0444	0.6537	0.5815	0.0001
	~ 1.1262	~ -0.0208	~ 0.4950	~ 0.3997	~ 0.0000

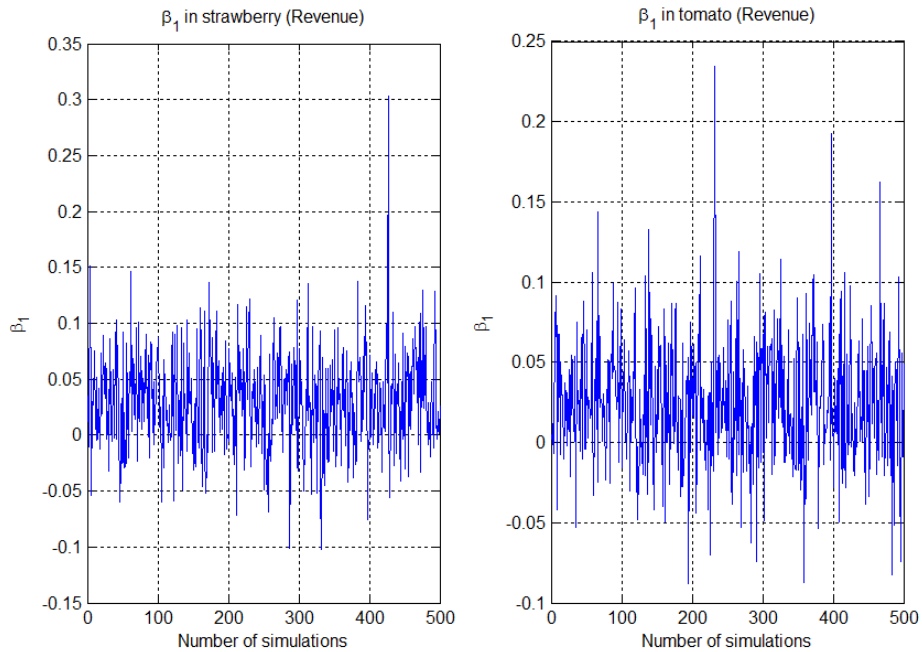


Fig. 3. Bayesian estimation of β_1 in revenue function estimation.

Fig. 3은 딸기와 토마토의 친환경재배 효과를 설명하는 모수인 β_1 의 샘플링 과정에서 얻게 된 분포의 결과를 보여준다. 딸기나 토마토 모두 0을 기준으로 (+)대에 쏠려있지만, (-)의 값도 일부 갖는 것으로 나타났다. 95% 신뢰구간에서 볼 때 친환경재배의 탄력성은 딸기가 -0.0984~0.1249, 토마토가 -0.0208~0.0444였다.

딸기재배의 경우 농가 간에 비용(변동계수 0.319)의 차이가 크지 않아 비용과 효율성 간에 뚜렷한 상관관계가 관찰되지 않지만, 토마토 재배는 비용(변동계수 0.457)의 분산이 상대적으로 커서 비용이 증가하면 효율성이 감소하는 유형이 존재하는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 4).

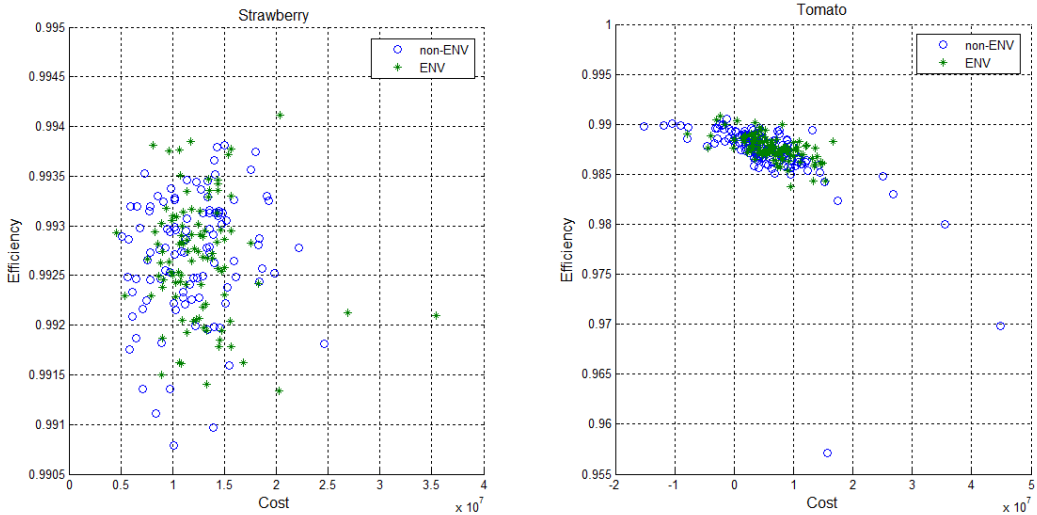


Fig. 4. Relationship between efficiency and cost (Revenue).

Table 5에서 보는 바와 같이, 생산비 대신 자기비용이 제외된 경영비를 이용하여 순수익을 종속변수로 효율성을 추정하였을 경우에도 조수입 추정 결과와 전반적으로 유사하게 나왔다. 그러나 친환경재배의 탄력성은 딸기는 0.46%로 순수익에 (+)의 효과를 가지나, 토마토는 -0.81%로 (-) 효과를 갖는 것으로 추정되었다. 따라서 토마토의 친환경재배가 조수입 측면에서는 긍정적이나, 수익을 달성하는 측면에서는 농가에 크게 도움이 되지 않는 것으로 해석할 수 있다. 반면 딸기의 친환경재배는 조수입과 순수익 양 측면에서 농가소득 증대에 기여하는 것으로 평가할 수 있다.

Fig. 5는 조수입과 순수익 함수를 이용하여 추정한 딸기와 토마토 재배 생산효율성의 상관관계를 보여주는데, 두 추정 방식이 크게 상반된 결과를 보이지는 않지만, 전반적으로 조수입 추정에서의 효율성이 상대적으로 높게 평가되는 것을 알 수 있다.

Table 5. Estimation of Bayesian stochastic frontier model (Profit)

Strawberry ($y = \text{profit}$)					
	Constant β_0	Eco β_1	Cost β_2	Size β_3	Price β_4
Mean	4.6057	0.0046	-0.0961	0.8531	0.0001
Max	8.6091	0.2268	0.8442	1.6783	0.0001
Min	-0.4125	-0.2485	-0.9459	0.0746	0.0000
95% confidence	7.3341	0.1557	0.4536	1.4233	0.0001
	~ 0.8774	~ -0.1464	~ -0.6458	~ 0.2829	~ 0.0000

Tomato ($y = \text{profit}$)					
	Constant β_0	Eco β_1	Cost β_2	Size β_3	Price β_4
Mean	2.7460	-0.0081	0.0649	1.0495	0.0001
Max	4.4333	0.1623	0.4324	1.4705	0.0002
Min	0.8142	-0.1518	-0.2927	0.6333	0.0000
95% confidence	3.9644	0.0915	0.3128	1.3483	0.0002
	~ 1.5276	~ -0.1076	~ -0.1830	~ 0.7507	~ 0.0001

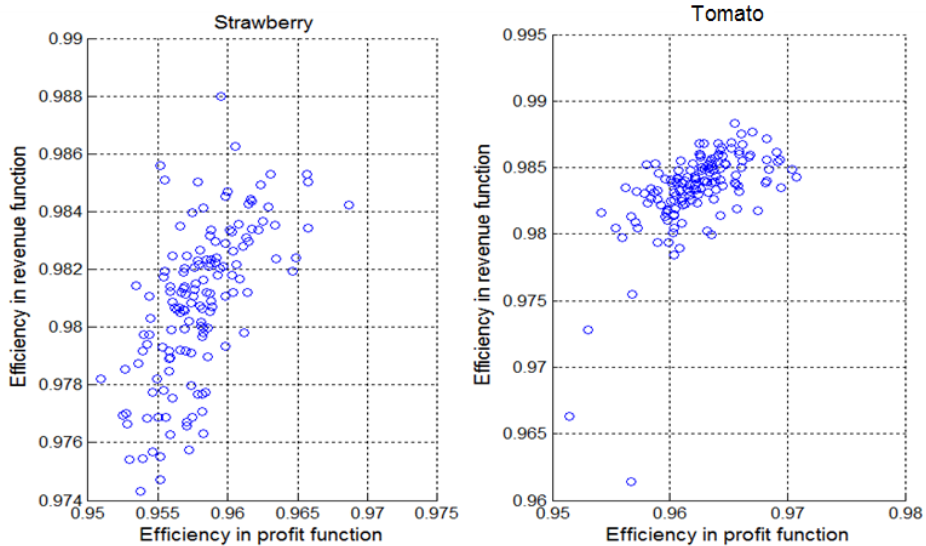


Fig. 5. Relationship between efficiencies in revenue and profit estimation.

한편 순수익 함수 추정에서 구한 효율성과 생산비의 관계를 Fig. 6에서 보면, 앞서 조수입 함수 추정에서 구한 효율성과 경영비의 관계와 유사하게 나오는 것을 알 수 있다. 즉, 딸기재배의 경우 비용과 효율성 간에 주목할 만한 특징이 나타나지 않지만, 토마토 재배는 비용과 효율성이 역의 관계를 갖는 것을 알 수 있다. 이는 토마토 재배비용을 줄이는 노력이 필요함을 의미한다. 평균비용이 친환경재배가 일반재배에 비해 2배 이상 높은 종자, 용성인비, 영양제수화제, 액비, 친환경제제, 키토산, 미생물제제 등이 있는 바 이들 항목에 대한 비용관리가 효율성 향상에 기여할 것으로 판단된다. 아울러, 평균 광열동력비가 일반재배에 비해 친환경재배가 약 16% 높은 편인데, 이 중 전기가 79%, 경유가 13%, 석유가 140% 높은 것으로 분석되어 에너지 이용도 관리될 필요가 있다.

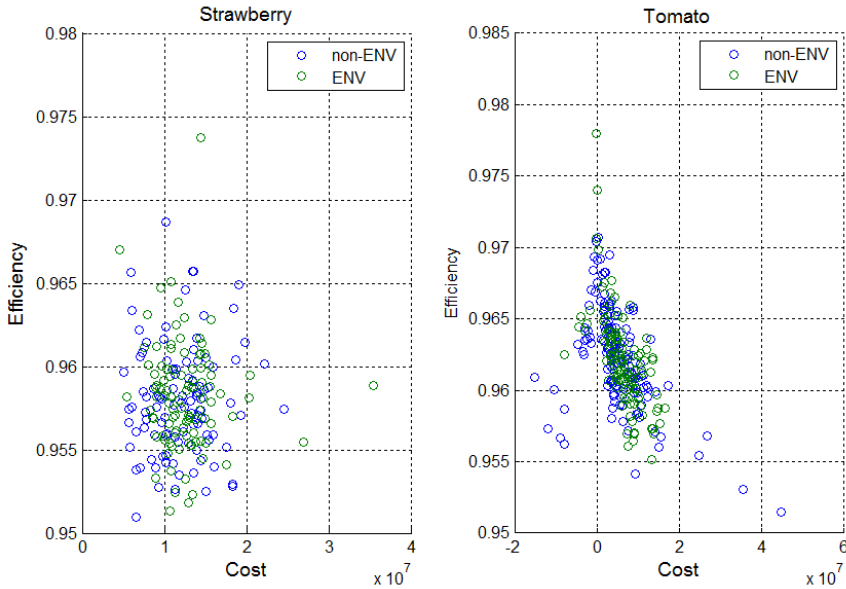


Fig. 6. Relationship between efficiency and cost (Profit).

Ⅲ. 요약 및 결론

식품안전과 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 친환경농산물의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 정부에서도 소비자에게 안전하고 건강한 먹거리 공급을 위해 1990년대부터 친환경농업을 육성하기 위한 정책을 지속적으로 시행하고 있다. 이러한 배경 하에 친환경농산물의 공급과 재배면적이 2010년대 초반까지 증가세를 유지하였으나, 최근에 감소추세를 보이고 있다. Kim 등(2016)이 지적하는 바와 같이 친환경농산물인증에 대한 신뢰저하 문제, 기술적

어려움 등이 친환경농산물 생산기반의 확대 저해요인으로 작용하기 때문이다. 또한 일반재배에 비해 고투입의 노력이 소요되는 반면 수익과 생산효율성이 상대적으로 낮을 수 있다는 점에서 친환경 재배의 확대가 제한을 받기도 한다.

본 연구는 친환경농산물 증 비교적 거래금액 규모가 큰 딸기와 토마토를 대상으로 재배농가의 생산효율성을 분석하였다. 농촌진흥청의 일반재배 및 친환경재배 농가 조사자료를 활용하였으며, 소표본의 제약을 완화하기 위하여 베이지언 확률경계모형을 취하였다. 분석결과, 친환경재배는 딸기생산의 조수입과 순수익 증대에 기여할 수 있지만, 토마토의 경우에는 조수입 증대에는 기여하지만 순수익에 대한 효과는 불분명하였다. 확률경계모형에서 추정된 효율성과 비용간의 상관관계를 보면 토마토의 생산효율성은 투입비용의 감소를 통해 어느 정도 증대할 수 있을 것으로 기대된다. 일반재배에 비해 친환경재배 방식에서 비용이 상대적으로 높은 항목을 관리하되, 특히 전기와 석유와 같은 에너지 사용비용에 주목할 필요가 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 친환경재배의 세부 비용항목이 조수입과 순수익, 그리고 효율성에 미치는 영향을 정량적으로 살펴보는 못했다. 이는 비용 자료가 충분하지 못하기 때문인데, 향후 관련 데이터 확보 시 추가 연구도 가능할 것이다. 아울러, 농촌진흥청 조사자료에서 포함하고 있는 배추, 무와 기타 과수 작목을 대상으로 확률경계모형 분석을 함으로써 이들의 생산효율성에 영향을 미치는 주요 인자를 파악하는 연구도 의의가 있을 것이다.

[Submitted, July. 14, 2016 ; Revised, August. 5, 2016 ; Accepted, August. 22, 2016]

References

1. Adams, R. M., A. N. Berger, and R. C. Sickles. 1999. Semiparametric Approaches to Stochastic Panel Frontiers with Applications in the Banking Industry. *Journal of Business and Economics Statistics*. 17: 349-358.
2. Aigner, D., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt. 1977. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*. 6: 21-37.
3. Barros, C. P. and G. Rossi. 2014. A Bayesian Stochastic Frontier of Italian Football. *Applied Economics*. 46(20): 2398-2407.
4. Chen, Z., C. Barros and M. R. Borges. 2015. A Bayesian Stochastic Frontier Analysis of Chinese Fossil-fuel Electricity Generation Companies. *Energy Economics*. 48: 136-144.
5. Galan, J. E., H. Veiga, and M. P. Wiper. 2014. Bayesian Estimation of Inefficiency Hetero-

- geneity in Stochastic Frontier Models. *Journal of Productivity Analysis*. 42: 85-101.
6. Griffin, J. E. and M. F. J. Steel. 2004. Semiparametric Bayesian Inference for Stochastic Frontier Models. *Journal of Econometrics*. 123: 121-152.
 7. Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov and P. Schmidt. 1982. On Estimation of Technical Efficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics*. 19: 233-238.
 8. Kim, C., H. Jeong, and D. H. Moon. 2013. Production and Consumption Status and Market Prospects for Environment-friendly Agri-foods. KREI.
 9. Kim, C., H. Jeong, Y. Lim, H. Lee and Y. Kim. 2016. Fostering Environment-friendly Agriculture and Strengthening Management of Agri-environmental Resources. KREI.
 10. Kim, G., W. Lin, and N. C. Simpson. 2015. Evaluating the Performance of US Manufacturing and Service Operations in the Presence of IT: a Bayesian Stochastic Production Approach. *International Journal of Production Research*. 53(18): 5500-5523.
 11. Koop, G., J. Osiewalski, and M. F. J. Steel. 1997. Bayesian Efficiency Analysis through Individual Effects: Hospital Cost Frontiers. *Journal of Econometrics*. 76: 77-105.
 12. Meeusen, W. and J. van den Broeck. 1977. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Errors. *International Economic Review*. 8: 435-444.
 13. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013. Annual Statistics of Agricultural Wholesale Market.
 14. Park, B. U., R. C. Sickles, and L. Simar. 1998. Stochastic Panel Frontiers: a Semiparametric Approach. *Journal of Econometrics*. 84: 273-301.
 15. van den Broeck, J. G. Koop, J. Osiewalski, and M. F. J. Steel. 1994. Stochastic Frontier Models: a Bayesian Perspective. *Journal of Econometrics*. 61: 273-303.