

## 이상기후가 과수 생산성에 미치는 악영향

### - 기상특보 발효횟수를 중심으로 -

정재원 · 김성섭 · 이인규 · 소남호 · 고현석\*

농촌진흥청 농산업경영과

(2018년 8월 16일 접수; 2018년 11월 19일 수정; 2018년 12월 12일 수락)

## Negative Effect of Abnormal Climate on the Fruits Productivity - Focusing on the Special Weather Report -

Jae Won Jeong, Seongsup Kim, In Kyu Lee, Namho So and Hyeon Seok Ko\*

Farm & Agribusiness Management Division, Rural Development Administration

(Received August 16, 2018; Revised November 19, 2018; Accepted December 12, 2018)

### ABSTRACT

The crops cultivated and consumed in Korea require specific climate conditions corresponding to their own growth characteristics. This study aims to analyze the relationship between climate change and agricultural productivity. According to growing concern about climate change internationally, many agricultural studies are developing technology to prevent damage from climate change. Before developing technology, we should figure out what kind of crop gets huge damage and how much caused by climate change. In the context of agricultural economics, we can define the reduction of agricultural product yield as a decline in productivity. As a result, this study analyzes the effects of climate change on agricultural productivity using Stochastic Frontier Analysis model. There are several kinds of climate change phenomena that increase the inefficiency of production. In other words, there are several kinds of crops that get negative influence by climate change. The result of this study can be used as basic guideline for producers to prepare for changing weather prior to developing disaster tolerance technology coping actively with special weather report.

**Key words:** Climate change, Abnormal Climate, Fruits, Productivity, Stochastic frontier model

### I. 서 론

국제적으로 기후변화에 대한 관심이 고조되고 있다. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 SRES A1B 시나리오에 근거하여 향후 100년 간 지구의 평균온도는 약 2.8°C 증가할 것으로 예측하고 있다(IPCC, 2007). 이에 전 세계 195개국들은 2015

년 온실가스 배출 감축을 통해 향후 50년 내 지구 기온이 2도 이상 오르지 못하도록 하는 파리기후협약에 서명했다. 이렇듯 전 세계가 기후변화의 심각성을 파악하고 이에 대한 대책을 강구하고 있는 상황이다.

우리나라에서도 다양한 측면에서 기후변화가 관측되고 있다. 한반도의 연평균 기온은 꾸준히 상승하여 2001~2010년에는 0.5°C/10년 증가하여 온난화가 강



\* Corresponding Author : Hyeon Seok Ko  
(hsko@korea.kr)

화되고 있으며, 여름철 강수량의 증가로 우리나라 2001~2010년의 연평균 강수량은 지난 30년 평균보다 7.4% 증가한 1,412mm로 나타났다. 극한고온현상의 증가, 호우일수와 강수강도의 증가와 같은 극한현상의 변화가 감지되고 있으며, 대기대순환, 해양, 빙권의 측면에서도 기후변화가 감지되고 있다(Korea Global Atmosphere Watch Center, 2015).

우리나라에서의 기후변화와 그에 따른 이상기후가 국내 농업에 대해 직접적인 영향을 미친다는 것은 주지의 사실이다. 기후조건에 의해 제약을 크게 받는 국내 농업의 경우 기후변화와 그에 따른 이상기후는 직접적인 영향을 미친다. 이상기후 발생 시 당해 연도 농산물의 생산량과 가격은 평년에 비해 큰 폭으로 변동한다(Cho *et al.*, 2013b).

따라서 농업분야에서는 대기 이산화탄소 농도 증가, 지구온난화, 기후변화에 따른 계절별 온도 변화, 물 부족, 영양물질 순환의 이상, 대기의 조성과 질의 변화 등으로 인해 생산비의 증가와 수량감소, 그로 인한 생산성 저하를 염두에 두고 재배시기, 시비방법, 물관리, 품종의 형질 등의 개선에 중점을 두어야 한다(Yun *et al.*, 2001). 이러한 논지에서 농업분야에서는 이상기후에도 생산성을 유지할 수 있는 내재해성 품종 및 시설의 개발보급과 효과 예측 등 기후변화에 대한 적극적인 대응을 하고 있다(Kim *et al.*, 2017; Choe *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2009; Choi *et al.*, 2015).

그러나 기후변화에 대응하기 위한 농업분야에서 수행된 일련의 대응들은 특정 기후현상 또는 특정 작목에 국한되어 개별적으로 수행되어왔다. 기후변화에 효율적으로 대응하기 위해서는 개별적인 사례에 대한 연구에 선행하여 적극적으로 대응해야 할 이상기후와 관심을 두어야 할 작목을 분류하는 포괄적인 작업이 필요할 것이다. 따라서 본 연구에서는 이상기후를 대리할 수 있는 여러 가지 기상특보를 활용하여 각각의 이상기후 현상이 농산물 작목별 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고, 분석결과를 토대로 통계적으로 유의미한 수준에서 생산성이 저하되는 작목과 해당 작목에 영향을 미친 이상기후 현상을 분류함으로써 향후 관련 연구개발 및 정책의 기초자료를 제공하고자 한다.

일반적으로 생산효율성이란 투입 대비 산출의 비율로 정의된다. Farrell(1957)의 기술효율성(technical efficiency)에 대한 정의는 주어진 산출 수준을 유지 가능한 범위 내에서 모든 투입의 최대비례감소

(maximum equiproportionate reduction)를 1에서 뺀 값을 기술효율성으로 정의하였다. 만일 기술효율성이 1이면 투입의 감소가 불가능하기 때문에 기술적으로 효율적이라는 것을 의미하고, 1보다 작을 때 기술적 비효율성이 존재함을 의미한다.

농업의 생산효율성 분석과 관련된 선행연구는 다수 수행되었다(Hong and Park, 2008; Yun and Yang, 2014; Lee *et al.*, 2013; Jun, 2015). 대체로 생산효율성의 모수적 추정방법인 확률적 프론티어 분석(Stochastic Frontier Analysis: SFA)과 비모수적 추정방법인 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA)을 활용하여 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)의 생산효율성을 추정하였다.

다음으로 기후변화 또는 이상기후가 농업에 미치는 영향에 대한 선행연구도 다수 진행된 것을 확인하였다(Koung, 2014; Kim, 2013; Shin *et al.*, 2008). 이러한 연구들은 기후변화 또는 이상기후가 농산물의 생산 등에 미치는 영향을 구명하고 수확량의 감소, 병해 발생 등이 발생할 수 있음을 설명하였다.

기후가 농산물 생산 또는 생산성에 영향을 미친 선행연구를 살펴보면 Cho *et al.*(2013a)은 준모수적 분석방법인 벌칙 스플라인 회귀분석을 사용하여 벼 생육 단계에서 중요한 시기의 월별 기후변수가 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석한 바 있다. Kwon *et al.*(2012)는 기후변화에 따른 글로벌 농업생산성 변화의 경제적 효과를 분석하였고, 온도 상승 조건이 벼의 수량 및 수량 구성요소에 미치는 영향에 대해서도 연구된 바가 있다(Lee *et al.*, 2015). Jeong and Kim(2017)에서는 태풍으로 인한 배 생산성의 저하를 통계적으로 예측한 바 있다. 태풍의 한반도 내습 시기가 배 수확시기와 겹쳐 강풍으로 인한 낙과피해가 크고, 이에 따라 생산성이 크게 감소하는 것을 확인하였고, Kim and Kim(2014)는 사과 단위 생산량에 영향을 미치는 기상요인을 분석하였다.

이상의 선행연구로부터 기후변화가 지속될 것이라는 점과 변화된 기후환경이 농산물의 생산 및 생산성과 밀접한 연관이 있다는 것을 확인할 수 있다. 생산효율성을 분석하는 방법으로 모수적 방법인 확률적 프론티어 분석과 비모수적 방법인 자료포락분석이 주로 사용되는데, 본 연구에서는 확률적 프론티어 분석이 생산함수의 형태와 비효율성의 분포를 연구자가 임의로 가정해야 하는 단점이 있음에도 비효율성에 대한 원인을 제시할 수 있는 장점을 지니고 있어 이를 활용하

여 생산 효율성을 추정하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 연구자료

본 연구에서는 이상기후가 농산물의 생산성에 미치는 영향을 살펴보고, 특히 각종 기상여건에 따라 생산성이 저하되는 농산물을 규명하는 것을 목표로 한다. 따라서 이상기후를 대리할 수 있는 대리변수로 기상청에서 발표하는 기상특보의 발효횟수를 활용한다.

기상특보는 강풍, 호우, 대설 등 총 11개 종류에 대해 각각 주의보와 경보의 형태로 발표된다. 11개 기상특보 종류 중 풍랑특보, 폭풍해일특보, 지진해일특보, 황사특보 4개 종류를 제외한 7가지 기상특보에 대해 2007년부터 2016년에 걸쳐 최근 10개년도 자료를 수집 정리하여 이상기후의 대리변수로 사용하였다.

각각의 기상특보는 권역별로 발효된 현황을 정리하여 기상연감에 공시하고 있다. 서울·경기 권역, 부산·경상 권역, 광주·전라 권역, 대전·충청 권역, 강릉·강원 권역, 제주 권역으로 총 6개 권역으로 나누어져 있다. 시기별로는 분기별 기상특보 발효현황을 공시하고 있으나, 본 연구에서는 연도별 권역별 기상특보 발효횟수를 사용한다. 그 이유는 결과적으로 각각의 기상특보가 주로 발효되는 시기가 특정 분기에 집중되어 있기 때문이다.

기상특보는 각 기상 조건의 급격한 변화로 인해 악기상의 발생이 예상될 때 발표되는 예보의 성격을 띠므로 이러한 기상특보의 발효횟수가 증가하는 것은 우리나라 기후가 불안정하고, 이상기후 현상이 빈번히 발생함을 의미한다.

농산물 소득조사 자료는 각 작목별 생산 효율성을 추정하는데 사용하였다. 농산물 소득조사 자료는 농촌진흥청에서 해마다 표본농가를 선정해 농산물의 생산량과 소득, 경영비와 생산비 등을 조사해 발표하는 국가승인통계이다. 노지과수 8개 작목을 분석대상 작목으로 정하였다. 그 이유는 노지과수는 다년생 작물로서 수확기간을 제외한 휴면기에도 기상환경 등에 크게 영향을 받기 때문이다. 분석에 활용된 노지과수 작목은 참다래, 유자, 사과, 복숭아, 배, 단감, 포도, 감귤이다.

각 작목별로 최근 10년간 자료를 분석에 활용하였다. 다만 과수작물 중에서 사과, 배, 노지포도, 노지감귤의 2009년 자료의 경우 통계기관이 통계청으로 이관되어 원시자료에 해당년도 자료가 포함되어있지 않

아 이를 제외한 9개 연도 자료를 분석에 활용하였다.

### 2.2. 연구방법

본 연구에서는 생산효율성 분석에 있어 확률적 프런티어 분석을 활용하였다. 확률적 프런티어 분석을 활용한 효율성 분석은 Aigner et al.(1977)과 Meeusen and van den broeck(1977)에 의해 제시된 방법으로 국내외 여러 효율성 분석 연구에 활용되었다(Lin and Long, 2014; Hong and Park, 2008; Jacobs, 2001; Kathuria, 2001; Lee et al., 2012; Lin et al., 2014). 확률적 프런티어 분석은 자료포락분석과 함께 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)들이 가장 효율적인 생산을 나타내는 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지를 측정하는데 널리 활용되는 분석방법이다. 확률적 프런티어 분석에서는 오차항에서 비효율성을 분리하여 전체 오차항을 확률적 오차항과 생산의 비효율성으로 구성한다.

생산효율성을 분석하기 위해 각 농산물을 생산하는  $i$ 번째 농가의 생산을 위한 투입요소를  $x_i$ 로 나타내고, 생산요소 투입을 통한 농산물의 산출량을  $y_i$ 로 나타내면 요소투입량과 산출량 사이의 관계를 다음 식과 같이 나타낼 수 있다(Battese, 1992; Kumbhakar and Lovell, 2003).

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot PE_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

여기서  $PE_i$ 는  $i$ 번째 농가의 생산효율성을 의미하며,  $\beta$ 는 생산함수 추정계수를 나타낸다. 본 연구에서는 생산함수  $f(x_i; \beta)$ 를 Cobb-Douglas 함수 형태로 가정한다. Cobb-Douglas 생산함수의 기본적인 형태는  $y = AL^kK^{1-k}$ 와 같고 이때 투입요소는 노동량( $L$ )과 자본량( $K$ )이며  $A$ 는 상수,  $k$ 와  $1-k$ 는 각각 노동과 자본의 생산탄력성을 의미한다. 본 연구에는 농업의 생산효율성 분석에 주로 사용되는 투입요소인 토지, 노동, 자본 3가지 변수(Lee et al., 2012; Lin et al., 2014)를 사용하였다. 농가들의 생산효율성에 확률적 프런티어의 개념을 적용하기 위해 잔차항을 추가하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$y_i = f(x_i; \beta) \cdot PE_i \cdot \exp(v_i), \quad v_i \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (2)$$

여기서  $U_i$ 는 일반적인 통계적 잡음(usually

statistical noise)을 나타내는 확률변수로  $N(0, \sigma_v^2)$ 의 분포를 따른다고 가정한다. 식 (2)를 로그변환하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서  $u_i = -\ln(PE_i)$ 를 의미한다.

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln x_{ji} + v_i - u_i \quad (3)$$

식 (3)에서  $x_{ij}$ 는  $i$ 번째 농가의 산출물  $y_i$ 를 위한 재배면적, 노동시간, 자본투입량을 의미한다.  $u_i$ 는 비효율성을 나타내는 오차항으로, 실제 가능한 최대 생산량에서 생산의 비효율성으로 인한 생산량의 손실을 의미한다. 효율적인 생산 프런티어와 동일선상에 위치할 경우  $u_i = 0$ 이며, 이는 통상적인 회귀분석에서 사용되는 생산함수가 된다. 반면 효율적인 생산 프런티어보다 생산량이 낮을 때  $u_i$ 는 0보다 크다.

이러한 기술적 비효율성의 기본 개념은 Figure 1과 같이 나타낼 수 있다. DMU A의 경우 투입량은  $X_A$ , 관측된 산출량은  $Y_A$ , 동일 투입량 수준에서 잠재적 최대 산출량은  $Y_A^*$ 이다. 이때 관측된 산출량과 잠재적 최대 산출량의 차이가 기술적 비효율성( $u_A$ )이며, 프론

티어로부터 잠재적 최대 생산량의 차이만큼이 일반적인 통계적 잡음( $v_A$ )에 해당한다. 마찬가지로 DMU B의 경우 투입량은  $X_B$ , 관측된 산출량은  $Y_B$ , 동일 투입량 수준에서 잠재적 최대 산출량은  $Y_B^*$ 이다. 이때 관측된 산출량과 잠재적 최대 산출량의 차이가 기술적 비효율성( $u_B$ )이며, 프론티어로부터 예측된 생산량의 차이만큼이 일반적인 통계적 잡음( $v_B$ )에 해당한다.

확률변수  $u_i$ 는 농가의 경영 특성과 같은 변수에 영향을 받게 된다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$u_i = \delta w_i + \xi \quad (4)$$

여기서  $\delta$ 는 추정계수 벡터이고,  $w_i$ 는 효율성에 영향을 미치는 농가의 경영 특성 변수 등 설명변수이다.  $\xi$ 는 평균이 0, 분산이  $\sigma^2$ 인 정규분포에서  $-\delta w_i$  이상으로 절단된 확률변수로 정의함으로써  $u_i$ 는 0에서 절단된 반정규분포(half normal distribution)를 가지게 한다. 분석모형은 최우추정법(maximum likelihood estimation)에 의해 추정되었다(Battese and Coelli, 1992; Lin et al., 2014).

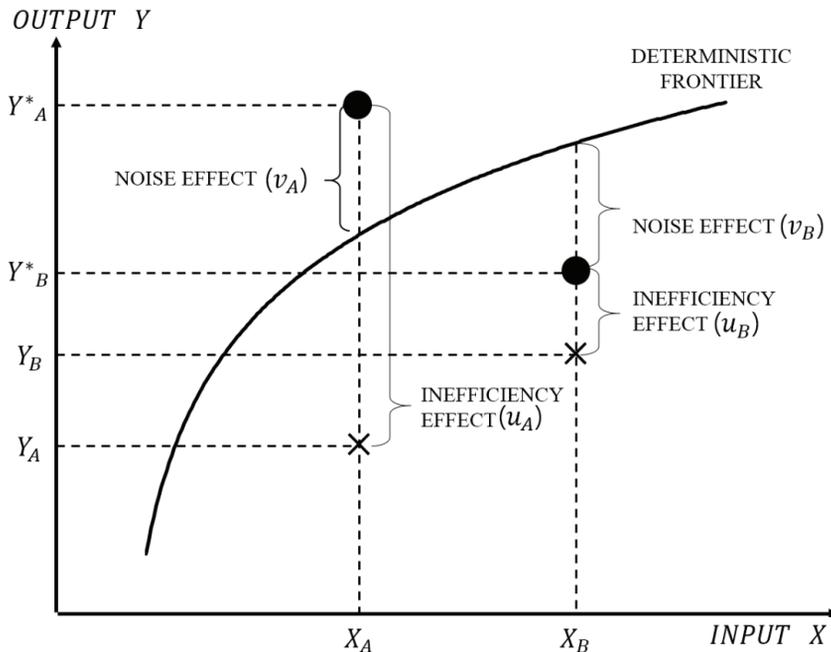


Fig. 1. The basic concept of technical inefficiency model.

확률적 프런티어 분석을 위해 필요한 변수들을 정리하면 Table 1과 같다. 먼저 작목 별 생산 효율성을 측정하기 위하여 생산의 3요소라 정의되는 토지(Land), 노동(Labor), 자본(Capital) 변수가 분석에 포함되었다. 또 생산요소의 결합을 통해 산출되는 생산량(Yield)을 종속변수로 사용하였다. 기술적 비효율성 모형에는 기상청의 각 연도 기상연감에서 수집한 권역 별 연간 기상특보 발효횟수를 변수로 만들어 모형에 포함시켰다.

### III. 결 과

Table 2는 작목별 Cobb-Douglas 생산함수를 가정하여 확률적 프런티어 모형을 추정한 결과이다. 참다래의 경우 강풍, 대설, 한파, 폭염특보 횟수가 증가할수록 비효율성이 증가하는 것으로 나타났다. 유자, 사과, 복숭아, 배의 경우 공통적으로 재배면적과 노동투입량, 자본투입량이 생산량에 양(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 차례로 비효율성 모형을 살펴보면 유자의 경우 호우, 건조, 태풍, 폭염특보가 비효율성을 증가시키는 원인으로 작용한다. 사과의 경우는 건조특보만이 비효율성을 증가시키는 유의한 변수임을 알 수 있다. 복숭아는 강풍, 대설, 한파특보에 영향을 받아 비효율성이 증가하는 것으로 나타났고, 배는 강풍, 대설, 건조, 한파특보의 영향을 받아 비효율성이 증가하는 것으로 나타났다. 단감의 경우 재배면적, 노동투입량, 자본투입량이 생산량에 양(+)의 유의한 영향을 미치고 한파특보가 비효율성을 증가시키는

것으로 나타났다. 포도 역시 모든 투입요소가 생산량에 양(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며 비효율성을 증가시키는 기후특보로는 대설, 한파특보가 있다. 노지감귤은 자본투입량을 제외한 재배면적, 노동투입량이 생산량에 양(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났고 한파특보 발효횟수가 증가함에 따라 비효율성이 증가하는 것으로 나타났다.

### IV. 결 론

본 연구에서는 이상기후를 대표할 수 있는 변수로 기상특보 발효횟수를 사용하여 이들 변수에 따라 생산 효율성이 감소하는 작목을 구별해내고, 향후 본 연구 결과를 기반으로 생산성 저하의 원인 규명 및 대응전략을 수립하는데 기초자료로 활용될 수 있도록 정책제언을 하고자 한다. 따라서 이상기후로 인해 생산성에 통계적으로 유의미한 영향을 받지 않거나, 생산 효율성이 다소 증가하는 경우는 논의에서 제외하였다.

따라서 기상특보 발효횟수에 따라 생산 효율성이 통계적으로 유의미한 수준에서 감소하는 품목을 분류하였고, 이를 정리하면 Table 3과 같다. 먼저 강풍특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 참다래, 복숭아, 배가 있다. 호우특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 유자가 있고, 대설특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 참다래, 복숭아, 배, 포도가 있다. 건조특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생

**Table 1.** Definitions of Variable

Variable	Unit	Definition	Source
Yield	M/T	Production amount of crop	Rural Development Administration
Land	Pyeong(3.3m <sup>2</sup> )	Cultivated area	
Labor	Hour	Labor	
Capital	1,000 KRW	Capital(fixed capital + circulating capital)	Korea Meteorological Administration
Wind	Frequency		
Rain	Frequency		
Snow	Frequency		
Dry	Frequency	The number of a special weather report	
Cold wave	Frequency		
Typhoon	Frequency		
Heat wave	Frequency		

**Table 2.** Estimation result of stochastic frontier model: Cobb-Douglas production function

Variable	Kiwi	Citron	Apple	Peach	Pear	Sweet persimmon	Grape	Mandarin orange
	Coefficient							
Stochastic Frontier Model								
ln(Land)	0.808***	0.748***	0.777***	0.605***	0.761***	0.765***	0.782***	0.729***
ln(Labor)	0.177***	0.169***	0.110***	0.244***	0.125***	0.120***	0.154***	0.237***
ln(Capital)	0.052***	0.081***	0.111***	0.089***	0.124***	0.090***	0.043***	0.022
Constant	1.623***	1.626***	1.712***	2.022***	1.688***	1.772***	1.944***	2.861***
Technical Inefficiency Model								
Wind	0.022***	-0.055***	0.004	0.016***	0.009***	0.000	0.003	-0.013
Rain	-0.028***	0.027**	0.002	-0.015***	0.000	-0.011*	-0.002	-0.003
Snow	0.019*	0.009	-0.006	0.026***	0.013***	0.011	0.013***	-0.004
Dry	0.000	0.084***	0.008**	-0.056***	0.009***	-0.036***	-0.010**	0.047
Cold wave	0.204***	-0.215***	0.006	0.021**	0.017***	0.124***	0.031***	1.543***
Typhoon	-0.035*	0.087**	0.002	0.001	0.003	-0.021	0.004	-0.048
Heat wave	0.026***	0.046***	-0.031***	-0.020**	-0.024***	-0.011	-0.022**	-0.227**
Constant	-3.551***	-4.385***	-1.551***	-1.447***	-2.622***	-1.200*	-2.380***	-0.109
Number of obs.	616	371	1,305	1,355	1,588	885	1,524	397
Log likelihood	-212.754	-234.742	-607.277	-656.709	-487.524	-197.965	-480.001	-144.252

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

**Table 3.** Crops that inefficiency increase when special weather report is reported

Special weather report	The name of crop	The number of crop
Wind	Kiwi, Peach, Pear	3
Rain	Citron	1
Snow	Citron, Kiwi, Peach, Pear, Grape	5
Dry	Citron, Apple, Pear	3
Cold wave	Kiwi, Peach, Pear, Sweet persimmon, Grape, Mandarin orange	6
Typhoon	Citron	1
Heat wave	Kiwi, Citron	2

산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 유자, 사과, 배가 있고, 한파특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 참다래, 복숭아, 배, 단감, 포도, 노지감귤이 있다. 태풍 특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 유자이다. 끝으로 폭염 특보의 발효횟수가 증가함에 따라 생산 효율성이 감소(비효율성이 증가)하는 작목은 참다래, 유자가 있다.

분석결과가 현실을 잘 반영하는지 보기 위해 몇 가지 작목에 대한 기상특보에 따른 효율성 감소 원인을 살펴보면, 사과의 경우 건조특보에 의해 효율성이 감소하는데 실제로 건조한 날씨로 인해 사과나무에 줄기 검무늬썩음병이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 2015년 농촌진흥청은 계속된 건조한 날씨로 사과나무 줄기에 검무늬썩음병 발생이 증가하여 사과나무 줄기 수액이 누출되고 사마귀 형성 및 피복부 괴사 증상이 발생

하는 것을 확인하고 병 관리를 위한 정보를 제공하기도 하였다(The Rural Weekly Women News, 2015). 배의 경우에도 가뭄으로 인해 열과가 발생하여 큰 문제가 된다. 과수원에 가뭄이 지속되다 배 성숙시기에 비가 오면 과실로 과다한 수분이 흡수되어 열과가 발생하는 것이다(NewAM, 2016).

본 연구의 한계는 기후변화에 따른 이상기후를 대리한 기상특보 발효 횟수에 따라 생산 효율성이 감소하는 작목을 분류하는 데 그쳤다는 점이며, 따라서 학제간 연구를 통해 작목별로 기상특보 발효 횟수가 생리생장에 영향을 미치는지, 작업환경에 영향을 미치는지 등에 대한 구체적인 후속연구가 이루어질 필요가 있다. 작목별 후속연구가 수행된다면 수량 및 중량 감소로 인한 생산효율성의 감소인지, 노동생산성의 감소나 비용 증가에 따른 생산효율성의 감소인지 원인을 파악하여 적절한 대처방안을 마련하는데 기여할 것으로 판단된다.

## 적 요

기후변화에 대한 논의가 지속되면서 다양한 영역에서 이와 관련된 연구가 진행되고 있다. 농업은 기후와 가장 밀접하게 관련된 산업으로, 기후변화와 그에 따른 이상기후에 의해 생산성이 크게 달라질 수 있다. 본 연구에서는 기후변화 및 이상기후에 따른 작목별 농산물의 생산성 변화를 살펴보고, 이상기후 종류별 발효횟수가 증가함에 따라 비효율성이 증가하는 작목을 분류하였다. 이상기후를 대리할 수 있는 자료로 기상청에서 발표하는 기상특보의 발효횟수를 활용하였고, 분석에 고려된 기상특보의 종류에는 강풍특보, 호우특보, 대설특보, 건조특보, 한파특보, 태풍특보, 폭염특보가 있다. 8개 과수 작목의 생산 효율성 대해 각 기상특보의 발효횟수가 미치는 영향을 확률적 프런티어 분석을 통해 살펴본 결과 한파특보와 대설특보가 많은 수의 과수작목에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 농촌진흥청의 농산물 소득조사 자료를 활용한 상기 분석결과는 기후변화와 다양한 이상기후에 대한 국내 농업의 대응전략을 효율적으로 수립하는 데 기초자료로써 활용될 수 있다고 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ012

79601)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- 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.
- Battese, G. E., 1992: Frontier production function and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics. *Agricultural Economics* 7(3), 185-208.
- Battese, G. E., and T. J. Coelli, 1992: Frontier production function, technical efficiency and panel data: With application to paddy farms in India. *Journal of Productivity Analysis* 3, 153-169.
- Cho, H. K., E. B. Cho, O. S. Kwon, and J. S. Roh, 2013a: Climate variables and rice productivity: A semi-parametric analysis using panel regional data. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 54(3), 71-94.
- Cho, J. H., J. M. Suh, J. S. Kang, C. O. Hong, H. M. Shin, S. G. Lee, and W. T. Lim, 2013b: The economic impacts of abnormal climate on fall Chinese cabbage farmers and consumers. *Journal of Environmental Science International* 22(12), 1691-1698.
- Choe, M. E., J. I. Kim, T. W. Jung, D. Y. Kwak, K. Y. Kim, J. Y. Ko, K. S. Woo, S. B. Song, K. Y. Jung, and I. S. Oh, 2016: Waxy sorghum (*Sorghum bicolor* L.) variety 'Nampungchal' with lodging resistant and high yield. *Korean Journal Breeding Science* 48(2), 192-197.
- Choi, D. W., D. C. Kim, and J. E. Lee, 2015: Technologies relationships change analysis due to extension of anti-disaster greenhouses in oriental melon. *The Korean Society for Bio-Environment Control 2015 Spring Symposium*, 361-362.
- Farrell, M. J., 1957: The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* 120, 253-290.
- Hong, S. J., and J. H. Park, 2008: An analysis on the technical efficiency of garlic farming in Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 42(4), 59-67.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adoption, and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

- Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 719-737.
- Jacobs, R., 2001: Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Health Care Management Science* **4**, 103-115.
- Jeong, J. W., and S. G. Kim, 2017: Alleviation effect of pear production loss due to frequency of typhoons in the main pear production Area. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **19**(2), 43-53.
- Jun, I. S., 2015: Analysis of managerial efficiency composition of red pepper farm by inter- and intra-region. *Journal of Agriculture & Life Science* **49**(1), 201-210.
- Kathuria, V., 2001: Foreign firms, technology transfer and knowledge spillovers to Indian manufacturing firms: A stochastic frontier analysis. *Applied Economics* **33**, 625-642.
- Kim, D. K., J. K. Choi, K. J. Kim, O. D. Kwan, H. G. Park, M. J. Seo, and Y. H. Lee, 2017: Mungbean cultivar, 'Suhyeon' with short stem length, disasters resistance and high yielding. *Korean Journal Breeding Science* **49**(3), 230-234.
- Kim, M. R., and S. G. Kim, 2014: Examining Impact of Weather Factors on Apple Yield. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(4), 274-284.
- Kim, Y. J., 2013: Abnormal climate's effect on crop yield and its volatility - A case study of onions. Master Thesis, Seoul National University.
- Kim, Y. K., S. B. Back, J. G. Kim, M. J. Lee, M. J. Kim, H. S. Kim, J. C. Park, J. N. Hyun, S. J. Suh, S. J. Kim, J. C. Kim, J. H. Jeung, and J. S. Choi, 2009: A new six rowed and covered barley cultivar, "Hyedang" with lodging tolerance and high-yield. *Korean Journal Breeding Science* **41**(4), 630-634.
- Korea Global Atmosphere Watch Center, 2015: <http://www.climate.go.kr/index.html>
- Koung, C. P., 2014: The influence of abnormally temperatures on growth and yield of hot pepper (*Capsicum annum* L.). Mater Thesis, Pusan National University.
- Kumbhakar, S. C., and C. A. K. Lovell, 2003: *Stochastic frontier analysis*. Cambridge University Press.
- Kwon, O. S., J. S. Roh, and Y. Suh, 2012: An input-output and CGE analysis of the economic impacts of agricultural production losses due to abnormal weather in Korea. *The Korean Journal of Agricultural Economics* **53**(2), 1-31.
- Lee, D. S., K. S. Kim, and D. H. An, 2012: An analysis of agricultural productivity determinants in transition countries. *Korean Journal of International Agriculture* **24**(2), 169-177.
- Lee, H. M., J. T. Goh, and J. S. Kim, 2013: A production efficiency analysis of summer Chinese cabbage farms. *Journal of Agriculture & Life Science* **47**(4), 209-222.
- Lee, K. J., D. N. Nguyen, D. H. Choi, H. Y. Ban, and B. W. Lee, 2015: Effect of elevated air temperature on yield and yield components of rice. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **17**(2), 156-164.
- Lin, B., and H. Long, 2014: A stochastic frontier analysis of energy efficiency of China's chemical industry. *Journal of Cleaner Production* **87**, 235-244.
- Lin, Q. L., Z. W. Rhee, N. K. Hong, and T. K. Kim, 2014: An analysis of production efficiency of controlled tomato production. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* **41**(3), 380-399.
- Meeusen, W., and J. van den Broeck, 1977: Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with Composite Error. *International Economic Review* **18**, 435-444.
- NewAM, 2016: <http://www.newsam.co.kr/news/article.html?no=9810> (2016.10.01)
- Shim, K. M., G. Y. Kim, K. A. Roh, H. C. Jeong, and D. B. Lee, 2008: Evaluation of Agro-Climatic indices under climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **10**(4), 113-120.
- The Rural Weekly Women News, 2015: <http://www.rwn.co.kr/news/articleView.html?idxno=28344>(2015.06.05)
- Yun, S. J., and S. R. Yang, 2014: DEA analysis of management efficiency: The cases of raddish and Chinese cabbage farms. *Horticultural Science and Technology* **32**(S2), 114-115.
- Yun, S. H., J. N. Im, J. T. Lee, K. M. Shim, and K. H. Hwang, 2001: Climate change and coping with vulnerability of agricultural productivity. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **3**(4), 220-237.