

배 특화지역에서의 태풍내습 빈도에 의한 낙과 피해 경감 효과

정재원 · 김승규*

경북대학교

(2017년 2월 17일 접수; 2017년 3월 27일 수정; 2017년 5월 18일 수락)

Alleviation Effect of Pear Production Loss Due to Frequency of Typhoons in the Main Pear Production Area

Jae Won Jeong and Seung Gyu Kim*

Kyungpook National University, Daegu, Korea

(Received February 17, 2017; Revised March 27, 2017; Accepted May 18, 2017)

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of typhoons on pear production. Pears are typical fruits that are vulnerable to typhoon damages, so typhoons are negatively associated with pear productivity. However, relatively less pear damages by typhoons in the main pear production area, comparing to the average in Korea, have been reported. The main production area seems to adopt better agricultural techniques or practices to cope with natural disasters such as typhoons. Thus, this study tests the hypothesis that there are differences of production losses due to typhoons between the main pear production area and the rest using the stochastic frontier analysis. The main production area is defined by Location Quotient Index (LQI), and we found that LQI had a significant effect to decrease the productivity losses in the main production areas, which shows that those production areas alleviated the pear production loss due to typhoons.

Key words: Pear productivity, Production loss, Wind damage, Stochastic frontier analysis, Interaction variable

I. 서 론

배는 태풍에 의한 낙과피해 발생시 생산효율성이 크게 감소하는 대표적인 과수이다. 배는 7월 상·중순경 세포비대기에 과실이 급격히 커지게 되는데(Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services), 같은 시기에 강풍을 동반한 태풍으로 인해 낙과피해가 발생한다. 예를 들어, 2000년에 발생한 강풍을 동반한 태풍 프라피룬에 의한 지역별 배 품종별 낙과율을 살펴보면(Choi, 2000), 지역과 품종별로 차이가 크고, 동일 품종의 동일 지역 내에서의 낙과율 범위가 크다. Kang *et*

al.(2003)은 태풍 ‘루사’에 의한 배 품종별 낙과 피해를 조사한 바 있다. ‘루사’는 중심기압 960hPa, 최대풍속 36m/s의 대형태풍으로 원예연구소 나주배연구소 시험포장에 큰 피해를 입혔다. 이때 배 품종별로 낙과피해가 조금씩 다르게 나타났는데, 신일품종이 70.5%로 피해가 가장 컸으며, 다음으로 추황배, 화산, 감천배 등이 피해가 컸다. 반면 황금배 품종은 20.7%로 피해가 가장 경미하였고, 영산배나 만수 품종도 피해가 적은 품종에 속하는 것으로 나타났다. 이렇게 품종별로 낙과피해가 다른 것은 품종별로 수확기가 다르고, 태풍 내습시기와 수확기가 겹치는 품종에 대해 피해가 크기 때문이다. Cho



* Corresponding Author : Seung Gyu Kim
(sgkimwin@knu.ac.kr)

et al.(2004)는 태풍 매미에 의한 울산지역 배 과수원의 피해 실태를 조사하였는데, 과원 전체 배나무 잎이 낙엽이 되거나 고사되는 등 80% 이상 피해를 받은 과원을 9점, 60~80% 정도 잎이 피해를 받은 과원을 7점, 40~60% 정도 잎이 피해를 받은 과원을 5점, 30%미만의 피해를 받은 과원을 3점으로 하여 피해 실태를 조사한 결과 바람이 부는 방향인 남향과 평지의 피해는 8.3~8.7 정도이고, 바람의 반대 방향인 과원에서는 3.0~3.7로 경미한 피해가 있었다. 또 해안선에 인접할수록, 방풍림이 존재하지 않을수록 피해는 더 큰 것으로 조사되었다.

Table 1. Regional average and rage of pear drop rate by Typhoon Prapiroon in 2006

Region	Variety	Pear Drop Rate (%)	
		Mean	Range
Jeollanam-do	Shingo	20.6	4.7-60.4
	Chuhwang	23.1	10.3-36.6
	Whangkeum	1.8	1.8
Gyeongsangnam-do	Shingo	15.1	2.6-31.1
	Jangshiprang	24.4	17.4-30.4
Jeollabuk-do	Shingo	19.5	3.7-42.3
	Whangkeum	8.6	8.5-8.7

Source: Choi (2000).

앞서 살펴본 상이한 낙과율의 원인을 두 가지 요인으로 정리해 보면, 첫 번째로 태풍의 경로나 바람의 세기, 과수원 주변의 지형지물의 차이로 인한 자연재해로써의 태풍 자체의 강도 차이가 원인이 될 수 있다. 두 번째, 농업경영인의 위험 관리 차원에서 태풍에 의한 낙과를 줄이기 위한 영농 기술 수준에 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, 방풍림이 존재하는 과수원 입지에 따라 낙과피해의 정도가 달라지며, 파풍망 설치를 통해 강풍 낙과피해를 현저히 줄일 수 있다(Yeom et al., 2011). 이러한 효과는 망의 구멍 크기에 따라서도 상이한 효과를 보이며 망의 구멍이 촘촘할수록 강풍에 의한 낙과피해가 줄어드는 것으로 나타났다. 또한 파풍망의 설치는 강풍에 의한 낙과피해의 경감뿐만 아니라 복숭아삼식나방 등 크기가 큰 해충의 피해 역시 경감시키는 효과가 있다. 따라서 태풍이 완벽히 대처 가능한 종류의 자연재해는 아니지만 태풍피해 방지대책은 농업경영의 시각에서 생산효율성 관리방안으로 생각할 수 있다.

특히 본 논문에서는 개별농가의 경영성과로써가 아

니라 배 생산 특화지역의 집적에 의한 태풍피해 경감효과에 주목한다. 농업의 영세성과 농업인의 노령화는 타 산업에 비하여 경영 정보 취득이 어렵고, 새로운 기술 도입에 보수적이다(Jung et al., 2013). 그러나 특정 작목의 주산지 혹은 재배특화지역은 상대적으로 경영의 전문성이 높고 오랜 노하우를 통해 적정기술의 보급이 상대적으로 용이하다(Oh, 2004). 따라서 자연재해로써의 태풍은 불가피하게 배 생산효율성 저하를 가져올 수밖에 없지만, 배 생산 특화지역과 일반생산지역의 태풍피해효과는 상이한 수준의 생산효율성 감소를 가져오는 것으로 파악된다. 예를 들어 농작물재해보험의 지역별 배 가입 및 사고 현황을 보면, 국내 유효한 영향을 미친 태풍 횟수가 4회였던 2014년에 전국 평균 사고율은 약 12%였으나 일반적으로 배 특화지역으로 알려진 전남과 울산의 사고율은 각각 4.3%와 6.7%로 낮게 나타났다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2014).

농업에 있어 특화도는 한 지역에서 어떤 농산물 생산의 집중 정도를 나타낸다(Rural Development Administration). 농산물 재배는 자연조건의 영향을 많이 받기 때문에 대체로 주산지를 형성하고 있다. 또한 사회경제적 여건에 따라 다양한 형태로 주산지가 형성·운영된다(Cho et al., 2014). 이러한 주산지는 타지역에 비해 특정 농산업 부분이 특화된 지역을 의미하며, 주산지의 집적지는 특화지역들이 공간적으로 군집하고 있는 지역을 의미한다(Kim and Lee, 2013). 따라서 배 생산 특화 수준에 따라 어떤 지역이 태풍에 의한 피해를 적게 받고, 어떤 지역이 태풍에 의한 피해를 크게 받는지, 또 그에 따른 생산효율성의 변화를 예측할 필요가 있다.

산업의 집적은 일반적으로 집적의 이익과 집적의 불이익 두 가지 측면에서 생산이나 생산성에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 집적의 이익이 발생하는 경우는 집적도가 증가할수록 생산 혹은 생산성이 제고됨을 의미한다. Beeson(1987)은 산업집적과 지역생산성간의 관계를 파악하고자 하였는데 지역생산성 증가율은 기술변화율과 규모의 경제에 크게 의존하는 경향을 나타냈고, 다시 기술변화율과 규모의 경제는 집적도에 의존하는 것으로 나타났다. 관련 국내 연구에서도 제조업의 경우 산업 집적 정도가 지역생산성에 미치는 영향을 분석함에 있어 집적의 이익을 계측하는 연구가 다수 수행된 바 있다(Kim and Kim, 2007; Kim, 2010; Choe and Kang, 2016). 농업에 있어서 집적의 이익은 대다수 제조업과 관련된 연구와 마찬가지로 기술변화나 규모의 경제를

발생시키는 것으로 대변될 수 있다. 그 중 특정 품목에 있어 기술변화나 기술의 파급효과(spillover effect)는 상대적으로 그 품목이 특화된 집적지에서 보다 크게 나타날 것이라 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 특화도가 배 생산성을 크게 저하시키는 태풍피해의 경감효과를 갖는지 분석하고자 한다. 즉, 배 생산이 특화된 지역과 그렇지 않은 지역을 구분하여 태풍피해에 따른 배 생산효율성의 변화에 차이가 있는지 분석한다.

농가소득자료를 활용한 품목별 생산효율성 분석은 다수 존재한다. 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 선행연구로 Hong and Park(2008)은 마늘 생산 농가의 기술적 효율성을 연구 하였는데 패널 자료를 이용하여 기술적 비효율성과 확률적 프런티어 분석(Stochastic Frontier Analysis, SFA)을 실시하였다. 전남 64농가, 경북 20농가, 경남 39농가, 제주 38농가로 구성하여 전국의 마늘 생산 농가의 평균적 기술 효율성은 0.772로 추정 되었다. 이것은 마늘 생산에 있어 22.8%의 기술적 비효율이 존재하는 것으로 나타났다. Yun and Yang(2014)는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 이용해 무·배추 농가의 경영 효율성을 평가 하였다. 농가의 총효율성, 기술효율성, 배분효율성을 분석하고, 기술효율성 중 순수기술효율성과 규모효율성을 분석하였다. 그 결과 농가 총 효율성은 무 농가의 경우 0.318, 배추 농가의 경우 0.138으로 나타났다. 기술효율성은 무 농가의 경우 0.514, 배추 농가의 경우 0.427, 배분효율성은 무 농가의 경우 0.637, 배추의 경우 0.341로 나타났다. 또한 농가 효율성 계측 결과를 이용하여 농가 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. Yi et al.(2013)은 강원 지역을 대상으로 고랭지 배추 재배 농가의 생산 효율성을 연구하였다. 농가의 생산 효율성에 대한 상대적인 평가를 통해 비효율적인 농가의 원인을 찾고 비효율적인 농가에 대한 효율성 제고 방안을 제시 하였다. Jun(2015)은 고추의 지역별 지역 내 경영 효율성 분포를 분석 하였다. 새로운 기술 도입의 효과성만을 연구의 대상으로 했던 기존 선행 연구와는 달리 제주,

전남, 강원, 경북지역의 지역별 경영 효율성을 비교 분석 하였다. 기술 효율성(CRS 가정)은 제주, 전남, 강원, 경북 순으로 나타났다.

이와 같이 농업 부문의 기술적 효율성은 여러 작목에 대해 다양하게 분석되어 온 반면, 주산지의 형성 혹은 특화지역에서의 생산 집적(agglomeration)과 그에 따른 지리적 파급효과(spillover effect) 분석은 주로 제조업이나 서비스 등 비농업부문에 국한되어 있다(Yoon et al., 2013). 농업분야에서도 특정 농산물 품목의 주산지 식별과 특화 및 집적에 따른 파급효과 분석을 시도하고 있으나 여전히 비농업부문의 연구에 비하면 소수의 연구만이 제한적으로 존재한다. 예를 들어, 집적의 정도를 측정할 선행연구로 지역농산물 중 성장 유망 작목을 선정하기 위해 지역특화계수(Location Quotient Index, LQI)를 활용하였다(Kim and Kim, 2012). 울산 지역에서 성장 잠재력이 높은 작목을 선정하기 위해 지역특화계수를 활용하여 작목을 분류한 결과 쌀, 배, 감 등은 2000년, 2005년, 2007년의 모든 분석시점에서 특화작목으로 분류되었다. Kim and Lee(2013)은 공간 클러스터 기법을 활용하여 채소생산의 집적지를 식별하였다. 집적지를 식별하는 방법으로 Anselin(1995)의 LISA(Local Indicators of Spatial Association)의 일종인 로컬 모란 I(Local Moran's I)를 사용하였고, 분석결과를 토대로 채소산지의 핫스팟(Hot spot)을 찾아 이를 집적으로 규정하였다.

선행연구 검토 결과 태풍 피해에 의한 배 생산효율성 변화를 분석한 국내연구가 부족하고, 특히 영농기술 활용을 통한 태풍의 생산효율성 저하의 경감효과에 대한 분석이 필요하다. 다만 파풍망 설치 등 개별 농가의 기술 수준 정보의 취득은 제한적이고 비용이 많이 들며 정량화하기 어려운 기술수준의 반영이 어렵기 때문에 특화 지역 혹은 주산지에서의 낙과를 줄이기 위한 제반 농업 경영 기술의 보급 및 전파를 통한 태풍피해 경감 효과로 대리 계측한다. 따라서 본 연구는 태풍의 배 생산효율성에 대한 부(-)의 한계효과를 계측하고, 특화도에 따른 태풍피해의 생산효율성 저하의 경감효과를 도출한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 연구자료

본 연구에서는 농촌진흥청의 농가소득자료를 활용하여 2001년부터 2015년까지 배 생산농가의 산출 및 요소 투입량 자료를 수집하였다. 농촌진흥청 농가소득조사

의 연도별 시도별 표본농가의 수는 Table 2와 같으며, 배
생산과 관련된 각종 투입과 산출량이 포함된 농가 단위
의 소득자료를 확률적 프린터 분석에 활용하였다.

태풍 자료는 기상청 국가태풍센터에서 수집되었다.
국가태풍센터에서는 우리나라 태풍 발생 현황을 연도별
월별로 공시하고 있는데, 분석의 대상이 되는 연도에 대

Table 2. The number of sample which pear farm in each province (2001-2015)

Province	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'10	'11	'12	'13	'14	'15	Total
Seoul	9	9	9	9	9	9	9	-	-	-	-	-	-	-	63
Busan	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	126
Incheon	10	9	9	9	9	-	-	-	-	11	11	11	11	11	101
Daejeon	9	9	9	9	9	12	12	12	11	12	12	9	9	9	143
Ulsan	9	9	9	9	9	12	12	12	12	12	12	18	18	18	171
Sejong	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	9	18
Gyeonggi	24	24	18	18	21	24	27	30	27	27	39	12	12	12	315
Gangwon	-	-	-	-	-	9	12	12	12	12	12	-	-	-	69
Chungbuk	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	7	7	9	150
Chungnam	24	24	24	27	27	27	30	24	27	27	24	18	17	18	338
Jeonbuk	9	21	24	24	24	24	18	12	12	12	12	9	9	9	219
Jeonnam	18	18	18	18	18	18	21	18	21	21	21	24	24	33	291
Gyeongbuk	26	27	27	27	27	27	27	27	24	24	24	15	15	15	332
Gyeongnam	9	9	15	15	18	24	27	15	15	15	15	9	9	9	204
Total	165	180	183	186	192	207	216	183	182	194	201	141	149	161	2,540

Table 3. The status of typhoon (2001-2015)

Year	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2001					1	2	5	6(1)	5	3	1	3
2002	1	1			1	3(1)	5(2)	6(1)	4	2	2	1
2003	1			1	2(1)	2(1)	2	5(1)	3(1)	3	2	
2004				1	2	5(1)	2(1)	8(3)	3	3	3	2
2005	1		1	1		1	5	5(1)	5	2	2	
2006					1	1	3(1)	7(1)	3(1)	4	2	2
2007				1	1		3(2)	4	5(1)	6	4	
2008				1	4	1	2(1)	4	5	1	3	1
2009					2	2	2	5	7	3	1	
2010			1				2	5(2)	4(1)	2		
2011					2	3(1)	4(1)	3(1)	7	1		1
2012			1		1	4	4(2)	5(2)	3(1)	5	1	1
2013	1	1				4(1)	3	6(1)	8	6(1)	2	
2014	2	1		2		2	5(3)	1	5	2(1)	1	2
2015	1	1	2	1	2	2(1)	4(2)	3(1)	5	4	1	1

Note: The numbers in parentheses are the numbers of effective typhoons that affected Korea.
Source: National Typhoon Center

Table 4. Information of effective typhoons that affected Korea (2001-2010)

Name	Occurrence date	Occurrence location		Central minimum pressure(hPa)	Central maximum wind speed(knot)
		Latitude	Longitude		
PABUK	2001. 08. 14.	16.4	147.4	955	76
RAMMASUN	2002. 06. 29.	9.8	138	945	88
NAKRI	2002. 07. 09.	21.3	116.4	985	36
FENGSHEN	2002. 07. 15.	10.9	171.8	920	102
RUSA	2002. 08. 23.	14.9	163.8	950	82
LINFA	2003. 05. 26.	16.5	118.5	980	56
SOUDELOR	2003. 06. 13.	9.1	136.9	955	82
ETAU	2003. 08. 03.	12.4	140.2	945	82
MAEMI	2003. 09. 05.	9.9	153.1	910	108
MINDULLE	2004. 06. 23.	14.6	146	940	92
NAMTHEUN	2004. 07. 25.	20.7	151	945	88
MEGI	2004. 08. 16.	14.7	140.9	970	66
CHObA	2004. 08. 19.	11.2	165	910	114
SONGDA	2004. 08. 28.	10.5	171	935	92
NABI	2005. 08. 29.	14.6	154	925	98
EWINIAR	2006. 07. 01.	6	139.8	920	102
WUKONG	2006. 08. 13.	20.7	141.2	980	46
SHANSHAN	2006. 09. 10.	13.3	138.7	925	104
MAN-YI	2007. 07. 09.	7.5	144.4	930	96
USAGI	2007. 07. 29.	18.1	144.5	945	90
NARI	2007. 09. 13.	22.7	132.9	935	96
KALMAEGI	2008. 07. 15.	18.1	123.7	960	78
DIANMU	2010. 08. 08.	23.6	125.1	980	62
KOMPASU	2010. 08. 29.	21.2	134.4	960	80
MALOU	2010. 09. 03.	23.2	130.9	990	48

한 태풍 발생 현황을 정리하면 Table 3과 같으며 Table 4는 Table 3에 제시된 유효태풍에 대해 국가태풍센터에서 공개한 태풍백서(2011)의 태풍일람표를 바탕으로 상세정보를 정리한 것이다. Table 3에서 괄호 안의 숫자들은 연도별 월별로 우리나라에 영향을 미친 유효 태풍의 횟수를 의미하며, 이를 배 생산효율성을 감소시키는 자연재해인 태풍피해 변수로 활용하였다.

배 생산 특화지역을 재배면적으로 구분하기 위하여 통계청의 농업면적조사를 활용하였다. 통계청의 농업면적 조사에는 16개 시도 단위의 농업 전체 재배면적과 세부 작물별 재배면적 자료가 수록되어 있으며, 전국의 농업 전체 재배면적과 배 재배면적, 각 시도별 농업 전체 재배면적과 배 재배면적을 각각 정리하여 시도별 배 생산 특화도

를 계산하고, 특화지역을 구분하는데 활용하였다.

2.2. 연구방법

본 연구에서는 배 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 프런티어로부터 얼마나 떨어져 있는지를 측정하는데

널리 활용되는 분석방법이다. 확률적 프런티어 분석에서는 오차항에서 비효율성을 분리하여 전체 오차항을 확률적 오차항과 생산의 비효율성으로 구성한다.

배 생산효율성을 분석하기 위해 배를 생산하는 i 번째 농가의 생산을 위한 투입요소를 x_i 로 나타내고, 생산요소 투입을 통한 생산물의 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, β 는 생산함수 추정계수 벡터를 나타낸다. 본 연구에서는 생산함수 $f(x_i; \beta)$ 를 Cobb-Douglas 함수 형태로 가정한다. Cobb-Douglas 생산함수의 기본적인 형태는 $y = AL^k K^{1-k}$ 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. 배 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 V_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.

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

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. 확률변수 u_i 는 농가의 경영특성과 같은 변수에 영향을 받게 된다. 이를 식으로 나타

내면 다음과 같다.

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

여기서 δ 는 추정계수 벡터이고, w_i 는 효율성에 영향을 미치는 농가의 경영 특성 변수 등 설명변수 벡터이다. ξ 는 평균이 0, 분산이 σ^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).

2.3. 변수설정

배 농가의 생산효율성에 영향을 미치는 변수로 지역특화계수와 태풍, 도시여부, 시간 흐름에 따른 트렌드를 사용하였다.

지역특화계수(Location Quotient Index: LQI)는 전국에 비해 특정 지역의 특정 산출물의 생산이 특화되었는지 여부를 판단하는 근거로써 흔히 사용되는 지표이다. 지역특화계수의 계산식을 나타내면 식 (5)와 같다.

$$LQI = \frac{E_{ij}/E_j}{E_i/E_i} \quad (5)$$

여기서 분자의 E_{ij} 는 j 지역의 i 작물 재배면적(또는 생산량, 생산액)이며, E_j 는 j 지역 전체 작물 재배면적(또는 생산량, 생산액)을 의미한다. 분모의 E_i 는 전국의 i 작물 재배면적(또는 생산량, 생산액)을 의미하고, E_i 는 전국의 전체작물 재배면적(또는 생산량, 생산액)을 의미한다. 따라서 LQI값이 1보다 크면 해당 시·도의 특정 작물이 전국에 비해 특화되어있음을 의미하고, LQI값이 0과 1사이의 값을 갖는다면 해당 시·도의 특정 작물은 전국에 비해 특화되어있지 않음을 의미한다. 본 연구에서는 지역특화계수값을 구하고, 그 값에 따라 특화된 지역을 1, 특화되지 않은 지역을 0으로 사용하였다.

태풍의 경우 연도별로 우리나라에 유효한 영향을 미친 태풍의 횟수를 합산하여 사용하였으며, 이러한 자료는 기상청에서 운영하는 국가태풍센터의 태풍자료를 활용하였다. 또한 태풍피해에 의한 생산효율성 변화에 지역특화여부가 미치는 조절효과를 분석하기 위해 두 변수의 곱으로 나타나는 상호작용변수(interaction variable)를 생성하여 분석에 포함하였다.

도시여부는 농가가 위치한 지역이 광역시 이상의 도시일 경우를 1, 그렇지 않은 경우를 0으로 두어 도시와 농촌 사이의 배 생산효율성이 어떻게 다른지 규명하고자 하였다.

시간 흐름에 따른 트렌드는 제공받은 농촌진흥청 농산물소득 원시자료가 2001년부터 2015년까지의 자료가 포함되어 있어, 2001년을 1로 보았을 때 한 해씩 시간이 흐름에 따라 생산효율성이 어떻게 변하는지를 살펴 보기 위해 분석에 포함하였다. 단, 배가 포함된 과수자료의 경우 2009년에는 농촌진흥청에서 조사를 하지 않고 통계청에서 조사가 이루어졌으며, 2009년 자료의 경우 기재된 값의 단위가 분명하지 않고 재배면적이 타 연도와 비교가 어려울 정도로 큰 차이가 있어 분석에서 제외하였다.

분석에 포함된 변수와 정의 그리고 자료출처를 정리하면 다음 Table 5와 같다.

III. 결 과

분석에 사용된 변수들의 기초통계량은 Table 6과 같다. 먼저 배 생산의 확률적 프런티어 분석에 사용된 변수들로 생산량의 경우 농가당 평균 34,188kg으로 나타났고, 최소 2,182kg에서 최대 198,348kg까지 편차가 큰 것을 확인할 수 있다. 재배면적은 평균 4,304평으로 나타났고, 최소 300평에서 최대 30,052평으로 나타났다. 노동투입시간은 자가노동시간과 고용노동시간을 합한 것으로 평균 2,440시간으로 나타났으며, 자본투입량의 경우 평균 1,843,221원으로 나타났다.

기술적 비효율성을 추정하는데 사용된 2001년부터 2015년까지 연간 유효태풍 횟수는 평균 3회인 것으로 나타났다. 지역특화여부에서 배 생산이 특화된 시도가 전체 기간 중 60% 정도 차지하는 것으로 나타났고, 도시지역으로 구분된 광역시 이상 지역에 위치한 농가는 전체 기간 동안 24%인 것으로 나타났다.

Table 5. Definition and data source of variable

Variable	Unit	Data source
Production	Kg	Rural Development Administration
Area	Pyeong (3.3m ²)	
Labor	Hour	
Capital	KRW	
Number of typhoon (w_1)	Number	Korea Meteorological Administration
Location Quotient Index (w_2)	Dummy	Statistics Korea
Interaction (w_1w_2)	-	-
Urban (w_3)	Dummy	-
Trend (w_4)	-	-

Table 6. Descriptive statistics

Variable	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Production	34,188.23	24,264.85	2,181.83	198,348.00
Area	4,304.42	2,979.63	300.00	30,052.00
Labor	2,439.52	1,749.97	69.00	22,256.33
Capital	1,843,221.00	1,946,847.00	-2,173,704.00	18,900,000.00
Number of typhoon(w_1)	3.14	1.31	1.00	5.00
Location Quotient Index (w_2)	0.60	0.49	0.00	1.00
Interaction(w_1w_2)	1.90	1.87	0.00	5.00
Urban(w_3)	0.24	0.43	0.00	1.00
Trend(w_4)	7.75	4.31	1.00	15.00

Table 7. Estimation of stochastic frontier model: Cobb-Douglas production function

Variable	Coefficient	Standard Error	Z-value	P-value
Stochastic Frontier Model				
ln(Area)	0.753***	0.015	49.32	0.000
ln(Labor)	0.125***	0.014	9.04	0.000
ln(Capital)	0.084***	0.008	10.11	0.000
Intercept	2.246***	0.090	24.93	0.000
Technical Inefficiency Model				
Number of typhoon(w_1)	0.362***	0.050	7.21	0.000
Location Quotient Index (w_2)	0.328	0.217	1.51	0.131
Interaction(w_1w_2)	-0.190***	0.061	-3.10	0.002
Urban(w_3)	0.505***	0.087	5.81	0.000
Trend(w_4)	-0.022**	0.009	-2.55	0.011
Intercept	-2.920***	0.203	-14.40	0.000

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

Cobb-Douglas 생산함수 형태를 가정한 배 농가의 확률적 프런티어 추정결과는 Table 4와 같다. 먼저 기술적 비효율성이 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각하고 기술적 비효율성이 존재한다는 대립가설을 채택할 수 있는지 살펴보기 위해 우도비 검정(likelihood ratio test)을 실시하였다(Lee *et al.*, 2012). 그 결과 우도비(Likelihood Ratio, LR) 값이 173인 것으로 나타나, 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택해 국내 배 생산 농가에는 기술적 비효율성이 통계적으로 유의하게 존재하는 것으로 나타났다.

배 농가의 생산효율성을 살펴보기 위해 확률적 프런티어 분석을 실시한 결과 로그변환 된 투입요소가 모두 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 따라서 재배면적을 늘리거나, 노동투입시간을 늘리거나, 혹은 자본투입량을 증가시켰을 때 생산량이 증가하는 것으로 분석된다.

배 농가들의 생산에 있어 기술적 비효율성에 영향을 미칠 수 있는 변수로 유효태풍 횟수, 지역특화여부, 그리고 이들 변수의 상호작용항, 도시여부, 트렌드 변수를 분석한 결과 지역특화여부를 제외한 나머지 변수들이 배 농가들의 기술적 비효율성에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 먼저 유효태풍 횟수는 1% 유의수준에서 양(+의) 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 국내에 유효한 영향을 미친 태풍의 횟수가 증가할수록 국내 배 농가들의 비효율성이 증가함을 의미하고, 이는 곧바로 생산효율성의 저하로 연결됨을 의미

한다. 반면 지역특화여부는 비효율성에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그리고 유효태풍 횟수와 지역특화여부의 상호작용변수의 경우 1% 유의수준에서 음(-)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 도시여부변수는 1% 유의수준에서 양(+의) 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 광역시 이상의 도시지역에 위치한 농가의 경우 그렇지 않은 지역에 위치한 농가에 비해 비효율성이 크다는 것을 의미한다. 시간 흐름을 반영하기 위한 트렌드 변수의 경우 5% 유의수준에서 음(-)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 2001년부터 2015년까지 시간이 지남에 따라 농가들의 평균적인 비효율성이 감소되었음을 의미한다.

본 연구에서는 배 생산효율성에 태풍으로 대변되는 자연재해가 미치는 영향, 그리고 태풍의 영향에 대해 지역의 배 생산 특화여부가 미치는 조절효과 혹은 매개효과를 분석하고자 하였다. 따라서 Table 7에 정리한 기술적 비효율성 모형 분석결과를 식으로 나타내면 식 (6)과 같다.

$$\hat{u}_i = -2.920 + 0.362w_1 + 0.328w_2 - 0.190w_1w_2 + 0.505w_3 - 0.022w_4 \quad (6)$$

식 (6)에서 유효태풍 횟수변수와 상호작용항을 정리하면 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{u} = -2.920 + (0.362 - 0.190w_2)w_1 + 0.328w_2 + 0.505w_3 - 0.022w_4 \quad (7)$$

식 (7)을 활용하여 유효태풍 횟수가 현재 상태에서 1 회씩 증가할 때 배 생산이 특화된 지역과 그렇지 않은 지역의 기술적 비효율성 변화를 살펴보면 Fig. 1과 같다. 유효태풍 횟수가 기준보다 1회씩 증가할 때 마다 전체 배 생산 농가의 기술적 비효율성은 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 배 생산이 특화된 지역의 농가가 그렇지 않은 지역의 농가에 비해 비효율성이 약 3.2~5.1% 낮은 것을 확인할 수 있다.

여기서 유효태풍 횟수가 1회 증가할 때 비효율성에 대한 한계효과(marginal effect)를 계산하는 식은 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial \hat{u}}{\partial w_1} = 0.362 - 0.190w_2 \quad (8)$$

여기서 지역특화여부(w_2)에 따라 유효태풍 횟수가 비효율성에 미치는 한계효과가 달라짐을 알 수 있다. 배 생산에 있어 특화되지 않은 지역에 위치한 농가($w_2=0$)가 특화된 지역에 위치한 농가($w_2=1$)보다 태풍의 영향을 더욱 크게 받는 것을 확인할 수 있다. 즉, 배 생산이 특화되지 않은 지역의 농가보다 특화된 지역 농가의 경우 태풍 피해로 인한 배 생산효율성의 감소가 완화된다는 것을 의미한다.

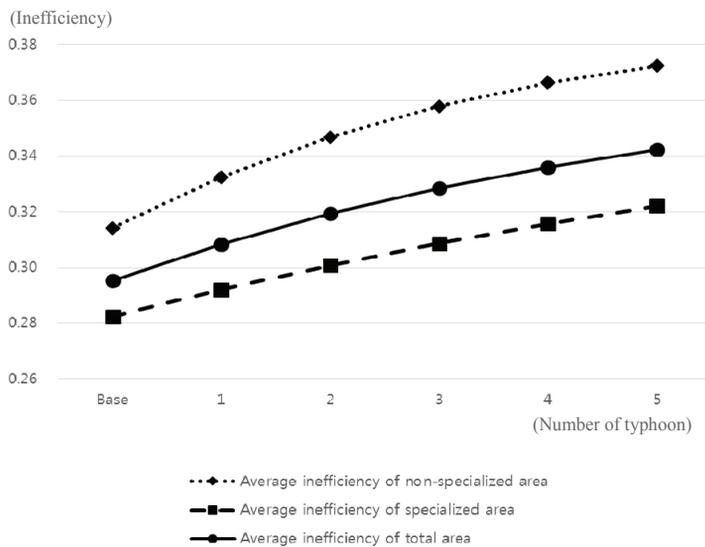


Fig. 1. Simulation of inefficiency change by typhoon.

적 요

본 연구에서는 태풍에 의해 낙과피해가 큰 과수인 배에 대해서 연간 태풍횟수가 당해년도 배 생산효율성에 미치는 영향을 분석하였다. 배는 과실이 비대해지는 성숙기와 수확기가 태풍 내습 시기와 겹치면서 다른 과수에 비해 낙과피해에 의한 생산효율성이 크게 감소하는 과수이다. 이러한 낙과피해에 의한 생산효율성의 감소를 확률적 프런티어 분석을 실시하여 계측하고자 하였다.

또한 자연재해인 태풍에 대해 배 생산이 특화된 지역과 그렇지 않은 지역에 있어 생산효율성의 감소가 어떻게 다른 양상으로 나타나는지 살펴보기 위하여 배 생산 농가가 위치한 지역의 지역특화계수 값을 구하였고, 이를 통해 배 생산이 전국에 비해 특화된 지역과 그렇지 않은 지역으로 구분하였다. 최종적으로 태풍 횟수 변수와 특화여부 변수의 상호작용변수(interaction variable)를 분석에 포함하여 태풍에 의한 생산효율성의 감소와, 특화지역 여부에 따른 지역별 상이한 태풍 피해를 계측하고자 하였다.

분석결과 Cobb-Douglas 함수 형태를 가정한 확률적 프런티어 분석에서 토지, 노동, 자본 세 가지 투입요소는 생산량에 양(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또 기술적 비효율성을 결정하는 요인으로 국내 영향을 미친 유효태풍 횟수, 지역특화여부, 상호작용변수, 도시여부, 시간 흐름에 따른 트렌드 변수를 분석에 포함하였다. 그 결과 유효태풍 횟수의 추정계수는 통계적으로

양(+)의 유의한 값을 가지는 것으로 나타났고, 지역특화여부와 곱의 형태로 나타낸 상호작용변수의 추정계수는 통계적으로 음(-)의 유의한 값을 가지는 것으로 나타났다. 즉, 유효태풍에 의해 배 농가의 생산효율성이 감소하지만, 배 생산이 특화된 지역의 경우 그렇지 않은 지역보다 생산효율성이 적게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 태풍과 같은 자연재해에 대해 특화된 지역일수록 피해를 저감시키는 기술의 파급효과(spillover effect)가 존재하는 것으로 볼 수 있다. 실제로 파풍망의 설치나 파풍수의 식재 등이 태풍에 의한 낙과 피해를 효과적으로 감소시키는 방법으로 알려져 있고, 품종에 대해서도 과실크기가 상대적으로 작은 황금배 품종에 있어 낙과 피해가 적다는

것이 주지의 사실이다. 태풍 피해를 경감시키는 기술 및 품종의 보급과 적용이 배 생산이 특화된 지역과 그렇지 않은 지역 사이에 차이가 있는지는 향후 연구를 통해 살펴봐야 할 것으로 판단된다.

반면 지역특화여부 자체의 추정계수 값은 통계적으로 유의한 값을 갖지 않는 것으로 나타났다. 도시여부의 추정계수는 통계적으로 양(+)의 유의한 값을 가지므로 광역시 이상의 도시지역에 위치한 배 농가의 경우 생산 효율성이 떨어지는 것으로 나타났다. 끝으로 연도별 트렌드 변수의 추정계수 값은 통계적으로 음(-)의 유의한 값을 가지는 것으로 나타나, 시간이 지남에 따라 배 농가들의 생산효율성은 조금씩 제고되어왔음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 한계로는 농가소득 자료가 연도별·지역별 특정 농가를 대상으로 조사된 패널자료의 형태임에도 이를 고려하지 않은 분석방법에 있다. 추후 패널자료를 활용한 확률 프런티어 분석(panel stochastic frontier analysis)을 통해 보다 정교한 분석이 이루어질 필요가 있다. 또한 태풍의 크기나 강도 및 경로를 고려하지 않아 그로 인한 지역별 상이한 태풍의 영향을 계측하지 못했다. 향후 연구에서는 유효태풍 횟수에서 한발 나아가 지역별 최대풍속자료 등을 활용하여 특화지역 여부에 의한 지역별 태풍피해의 차이뿐만 아니라 태풍의 이동경로나 태풍의 규모까지 고려한 분석이 이루어질 필요가 있다. 또한 시공간적으로 고해상도를 갖는 격자화된 모델 기상자료(가령, Lee et al., 2016)와 연계될 경우, 최근 대두되고 있는 태풍이 농업에 미치는 영향예보를 정량적으로 수행하는 데에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

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.
- Anselin, L., 1995: Local indicators of spatial association LISA. *Geographical Analysis* **27**(2), 286-306.
- 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.
- Beeson, P., 1987: Total factor productivity growth and agglomeration economies in manufacturing, 1959-73. *Journal of Regional Science* **27**(2), 183-199.
- Cho, G. O., C. H. Song, and D. H. Jang, 2014: Formation and diffusion process of main producing areas of vegetables-focused on onions-. *Korean Journal of Agricultural History* **13**(2), 45-65.
- Cho, K. S., S. S. Kang, D. S. Son, M. S. Kim, J. B. Kim, J. H. Song, Y. K. Kim, S. B. Jeoung, and G. U. Park, 2004: Survey of typhoon 'Maemi' damage in pear orchards in Ulsan district. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **22**(S2), 54pp.
- Choe, J. I., and K. C. Kang, 2016: An impact of industrial agglomeration economies on regional labor productivity: Using panel cointegration approach. *The Korean-Japanese Journal of Economics & Management Studies* **73**, 67-87.
- Choi, Y. M., 2000: An uninvited typhoon-How did it affect fruit farming? *Life and Agrochemicals* **21**(10), 11-13.
- Gyengsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services, 2017: Gyengsangbuk-do Agricultural Information Database. <http://db.gba.go.kr>
- 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.
- Jacobs, R., 2001: Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Health Care Management Science* **4**, 103-115
- 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.
- Jung, J. H., J. S. Roh, H. J. Cho, and S. B. Kim, 2013: The diffusion of new agricultural technology suitable for elderly farmers: A case of elevated hydroponics for strawberry cultivation. *The Korean Journal of Agricultural Economics* **54**(4), 245-262.
- Kang, S. S., K. S. Cho, M. S. Kim, D. S. Son, and J. H. Han, 2003: Damage of pear(*P. pyrifolia* Nakai) fruit drop by typhoon called 'Rusa'. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **21**(S1), 70.
- Kathuria, V., 2001: Foreign firms, technology transfer and knowledge spillovers to Indian manufacturing firms: A stochastic frontier analysis. *Applied Economics* **33**, 625-642.
- Kim, A. Y., and E. J. Kim, 2007: Productivity analysis of the manufacturing industries in Seoul metropolitan area and its adjacent provinces. *Journal of the KRSA* **23**(2), 53-83.

- Kim, C. W., and T. W. Kim, 2012: A study of selection of the growth potential agricultural products in Ulsan city. *Journal of Agriculture & Life Science* **46**(1), 1-9.
- Kim, H. J., and S. W. Lee, 2013: Spatial shift of specialized crops with the application of multi-level model and spatial clustering method. *Journal of the KRSA* **29**(4), 61-81.
- Kim, J. H., 2010: Empirical analysis on the economies of agglomeration for the local industrial clusters projects in Korea. *The Korea Local Administration Review* **24**(2), 157-179.
- Kumbhakar, S. C., and C. A. K. Lovell, 2003: Stochastic frontier analysis. Cambridge University Press.
- 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, S. J., J. Song, and Y. Kim, 2016: The NCAM Land-Atmosphere Modeling Package (LAMP) version 1: Implementation and evaluation. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **18**(4), 307-319.
- 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.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2014: *Agricultural Insurance Yearbook*.
- National Institute of Horticultural and Herbal Science, 2005: https://www.nihhs.go.kr/nihhs/news/notice_view.asp?f_cd=1002&t_cd=&curpage=78&c_cd=ca10112&d_no=12477
- National Typhoon Center, 2017: Typhoon statistics. http://typ.kma.go.kr/TYPHOON/statistics/statistics_02_1.jsp
- Oh, M. G., 2004: A study of competitiveness and marketing on vegetables main producing districts. *Cooperative Management Review* **32**, 85-116.
- RDA, 2017: Nongsaro Dictionary of Agricultural Terms. <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psq/psqb/farmTermDicLst.ps?menuId=PS00064&searchWord=%ED%8A%B9%ED%99%94%EA%B3%84%EC%88%98&totalSearchYn=Y>
- Yeom, S. S., D. G. Choi, and J. H. Song, 2011: Effect of windbreak net on growth, fruit quality, and pest control of pear (*Pyrus pyrifolia* C.V. Niitaka). *Journal of Agriculture & Life Science* **42**(2), 27-32.
- Yi, 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.
- Yoon, S. E., J. K. Kim, and H. H. Kim, 2013: An analysis on the spatial spillovers of the chili pepper production activities. *The Korean Journal of Agricultural Economics* **54**(2), 29-53.
- Yun, S. J., and S. R. Yang, 2014: DEA analysis of management efficiency: The cases of raddish and Chinese cabbage farms. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* **32**(S2), 114-115.