



기후변화 관련 자연재해가 우리나라의 쌀 생산에 미치는 영향

Impact of Climate Change Related Natural Disasters on Rice Production in South Korea

명수정*

Myeong, Soojeong*

Abstract

Climate change increases the frequency and intensity of natural disasters. Consequently, climate change influences agricultural production and threatens food security. This study investigates the impact of climate related natural disasters on rice production. Step-wise multiple regressions were conducted using the data of natural disasters, rice paddy areas, and rice production for the period of ten years from 2008 to 2017. The results show that the change in rice production in relation to the average of the past three years was influenced by the rice paddy areas, typhoons, gales, and torrents, i.e. an individual year's rice production was explained by these variables. All natural disaster variables have a negative impact on the average rice production over the past three years and on the rice production for each year. With respect to the prospect of rice production, the rice paddy areas play greater roles in the production capacity than natural disasters. Therefore, the rice paddy areas should be secured first to maintain food security in view of future climatic changes.

Key words : Climate Change, Natural Disaster, Rice Production, Rice Paddy, Food Security

요 지

기후변화의 영향으로 자연재해의 발생 빈도와 강도가 증가하면서 농작물 생산에 심각한 피해를 초래하고 있으며, 식량안보에도 위협이 되고 있다. 본 연구는 기상 관련 자연재해가 쌀 생산에 미치는 영향을 살펴보는 것이다. 2008년에서 2017년까지 10년 간에 걸친 기후기상과 관련된 자연재해 피해 자료와 쌀 생산량, 벼 재배면적 자료를 바탕으로 단계별 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 특정 연도의 직전 3년 평균과 비교한 쌀 생산량 증감 변화는 벼 재배면적, 태풍, 강풍, 호우에 의하여 설명되었으며 특정 연도의 쌀 생산량은 벼 재배면적, 태풍과 호우에 의하여 설명되었다. 자연재해 관련 변수는 쌀 생산량 변화와 쌀 생산량에 모두 부적 영향을 미치고 벼 재배면적은 정적 영향을 미친다. 벼 생산량 전망에 있어서는 자연재해와 관련된 변수보다는 벼 재배면적이 큰 역할을 하며, 쌀 생산량 변량의 대부분을 설명하고 있어 기후변화에 대응한 식량안보를 위해서는 무엇보다도 벼 재배면적을 확보하여야 함을 보였다.

핵심용어 : 기후변화, 자연재해, 벼 생산, 논, 식량안보

1. 서 론

일반적으로 농작물, 특히 벼의 경우, 농업기술의 발전으로 생산성이 꾸준히 증가하여 왔다. 그러나 우리나라는 그간 급격한 경제성장과 개발의 영향으로 농경지 면적이 지속적으로 감소하여 농작물 생산량 또한 감소하여 왔다. 근래

들어 전 세계적으로 기후변화의 영향으로 자연재해의 발생 빈도와 강도가 증가하면서 농작물 생산에 심각한 피해를 초래하고 있으며, 식량안보에까지 위협이 되고 있다. 이에 유엔기후변화협약에서도 농업부문의 기후변화 대응을 위한 논의가 본격적으로 이루어지고 있으며, 기후변화 적응의 중요성이 강조되고 있다(Myeong, 2014).

*교신저자, 정회원, 한국환경정책·평가연구원 연구위원(Tel: +82-44-415-7649, Fax: +82-44-415-7644, E-mail: sjmyeong@kei.re.kr)
Corresponding Author, Member, Senior Research Fellow, Korea Environment Institute

오늘날 전 세계적으로 심각한 영향을 미치고 있는 기후 변화는 식량안보 측면에서 볼 때, 식량의 안정적 공급과 접근성 등 여러 측면에 있어 영향을 줄 것으로 예상된다. 또한 농작물의 수확량뿐만 아니라 기후변화에 따른 건조지역의 확대와 특정 작물의 경작이 가능한 토지가 변화해감에 따라 농업부문 전반에 걸쳐 큰 영향을 받을 것으로 전망된다(Huang et al., 2015; Lawrence et al., 2018). 작물 재배적지 이동은 농업분야에 있어 기회요인이 되고 있지만 이상기후 현상의 잦은 발생은 특히 식량생산에 대한 위협요인이 되고 있다.

많은 연구에서 기후변화는 농업생산과 식량안보에 부정적인 영향을 미칠 것이라고 보고하고 있다(Maxwell and Fitzpatrick, 2012; Iizumi and Ramankutty, 2015). 작물생산의 변화는 곧바로 농산물의 수출입에도 타격을 미치게 된다. FAO (2007, 2010, 2012)는 이상기후 현상으로 인한 작물피해가 식량 가격 인상을 초래하여 수입에 의존한 국가의 식량안보에 위협이 될 수 있음을 지적하기도 하였는데, 그 사례로 2006년과 2007년 호주의 가뭄이나, 2012년 미국의 가뭄, 그리고 2010년 및 2011년 러시아의 열파 등으로 인한 밀 수출 금지령 등을 들었다.

이에 본 연구는 기후변화가 자연재해의 빈도 및 강도를 높인다는 점을 전제로 하여 자연재해의 영향이 우리나라의 벼 생산성에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 이를 위해 지난 10년 간에 걸친 자연재해와 관련된 통계자료와 쌀 생산량 및 우리나라 논 면적 자료를 바탕으로 통계분석을 실시하며 그 결과를 바탕으로 기후변화와 관련된 농업부문의 피해 저감을 도모하는 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

2. 기후변화와 농업

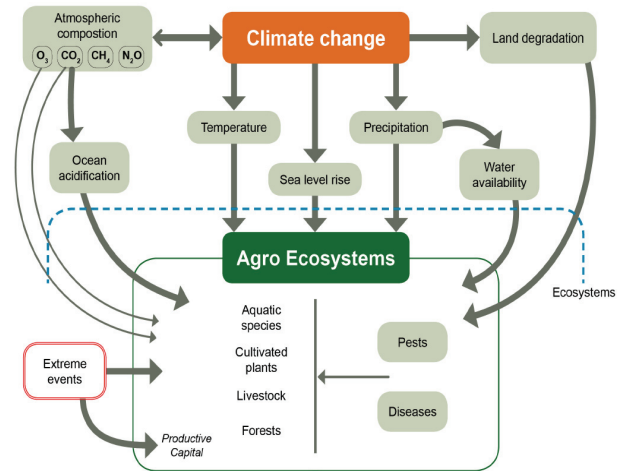
2.1 기후변화가 농업에 미치는 영향

기후변화는 농업에 있어 작물생산이 어려웠던 고위도 지역의 농업활동이 가능해지고 그간 재배하지 못했던 작물의 재배가 가능해진다는 측면에서는 긍정적인 기회요인이라고 볼 수 있다. 파키스탄의 농업생산성 연구(Ali et al., 2017)에 의하면 최고온도는 생산성에 부정적인 영향을 미치는 반면, 최저온도는 오히려 모든 작물의 생산에 긍정적인 영향을 미침을 보였다.

그러나 전반적으로 기후변화의 긍정적 요인보다는 부정적 요인이 더 많은 것이 사실이다. 기후변화는 온난화와 강수량 변동, 해수면 상승과 해양의 산성화, 그리고 토지황폐화 등을 초래한다. 기후변화의 여러 영향 중에서도 특히 토지황폐화와 더불어 온난화 및 강수량의 변동은 농업활동에 큰 영향을 미친다. 대기 중 이산화탄소 농도 증가나 온난화는 농업활동에 새로운 기회를 제공하기도 하지만, 홍수 및 가뭄과 같은 강수량의 변동은 안정적인 농업활동을 하는데

지장을 초래하며, 생산량 감소를 가져와 식량안보에 위협이 된다. 변화한 기후는 병해충의 유입이나 창궐을 초래하여 농업생산량이 감소하기도 한다.

이러한 기후변화 현상 중에서도 특히 자연재해로 분류되는 홍수나 가뭄 같은 극한 현상은 농업기반시설을 훼손시키기도 하며, 농작물 생산에 피해를 초래하여 농업생태계에 심각한 부정적인 영향을 미친다. 기후변화는 연쇄적으로 농업 생태계에 영향을 미쳐 궁극적으로 식량안보에도 위협이 되는 것이다(Fig. 1).



Source: modified from FAO (2016)

Fig. 1. Impacts of Climate Change and Disaster on Agro Ecosystem

2.2 기후변화와 농업생산

농업 기술의 발전으로 농업 생산성은 지속적으로 증가하여 왔지만, 자연재해의 발생은 농업 생산성에 심각한 피해를 가져오고 있다. 가뭄과 같은 자연재해는 저수지나 관개시설과 같은 농업기반시설이 잘 정비되어 있지 않으면 피해를 막기 어려우며, 홍수와 같은 자연재해의 경우 토양의 침식과 유실을 초래하여 농업기반에까지 영향을 미칠 수 있다. 특히 가뭄은 개도국에서 농업생산 손실에 가장 큰 영향을 미치는 자연재해 요인이다. Lesk et al. (2016)은 기후변화 관련 재해가 전 세계 농업생산성에 일부 혹은 포괄적인 피해를 초래할 수 있으며, 특히 가뭄과 고온에 의한 국가별 곡물 생산량 감소 피해가 크다는 것을 보였다. Lesk et al. (2016)은 가뭄과 극한 고온이 국가수준의 곡물생산량을 9-10% 정도 감소시켰다고 보고하였다.

FAO의 자료에 의하면 가뭄 다음으로 고온이나 폭풍 같은 극한 기상현상에 의한 자연재해가 큰 영향을 미치며, 홍수가 그 다음으로 가장 큰 영향을 미치는 재해 유형으로 분류되고 있다(FAO, 2014). 태풍 등에 수반되는 강풍의 경우, 대부분의 식물들은 풍속이 증가할 경우 줄기가 부러지거나 잎이나 열매가 떨어지게 된다. 바람은 식물에 대한 물리적인 피해로

생산성을 감소시키며(Peri and Bloomberg, 2002), 심지어 양파와 같이 뿌리 작물의 생산성도 줄인다(Greenland, 2000). Fuhrer (2009)는 극한 가뭄이 농업에 부정적인 영향을 미치는 것과 마찬가지로 강수량이 특히 높은 해는 농업 생산성이 좋지 않다는 것을 밝히기도 하였다. 또, 병해충과 극심한 건조현상에 따른 화재도 농업 생산에 부정적인 영향을 미친다.

2.3 기후변화와 벼 생산

쌀은 옥수수 및 밀과 함께 전 세계 칼로리의 절반 정도를 담당하는 주요 작물이다. Hoppe (2014)에 의하면 기후변화에 따른 기후자극 요인 중 홍수와 오존의 경우 벼 생산 전 과정에 걸쳐 부정적 영향을 미치는데, 늘어난 홍수기간과 오존농도 상승은 부정적 요인이 되기 때문이다. 그리고 강우와 가뭄 및 염류화는 발아와 성장기에 중간 정도의 부정적인 영향을, 온도는 발아와 성장 및 성숙, 수확 기간에 걸쳐 다소 상충된 결과를, 온도는 발아부터 수확에 이르는 전 과정에서 다소 상충된 영향을 미친다. 반면, 대기 중 상승된 이산화탄소 농도는 전 과정에 걸쳐 긍정적인 영향을 미친다.

필리핀의 벼 생산성에 미치는 기후변화 영향 연구(Stuecker et al., 2018)에 의하면 기후변화는 계절적인 특이성을 가지며, 그 영향은 지역에 따라 큰 변이를 보인다고 하였다. 벼 생산은 토양 수분에 큰 영향을 받는데, 토양 수분의 경우 El Niño-Southern Oscillation (ENSO)에 기인하여 기후변화에 민감할 수밖에 없다. 특히 천수답에 의한 벼 생산지의 경우 관계에 의한 벼 생산 지역에 비해 기후변화에 대한 민감도가 높았다. 또한 미래 극한 고온 현상 발생이 향후 농업생산에 부정적 영향을 줄 가능성도 언급하였다. Chau 외(2014)는 홍수가 베트남의 벼 생산에 미치는 영향에 대한 연구에서 기후변화에 따른 홍수 발생은 벼 생산에 부정적 영향을 미침을 보였으며, 홍수 강도에 따른 논의 침수로 벼 생산에 미치는 피해액을 전망하기도 하였다.

기후변화는 우리나라의 주식인 벼 생산에도 영향을 미친다. Kim et al. (2015)은 우리나라 연도별, 시도별 미래 쌀 생산성 변화 분석을 통해 미래에는 온도 증가로 벼 생산성이 1990년대 대비 지속적으로 감소할 것으로 추정하였다. 또, 기후변화로 2040년대 쌀 생산성이 13.6% 줄어들 것으로 전망하고 있다.

3. 연구방법 및 결과

3.1 분석 자료

본 연구는 우리나라 연간 쌀 생산량이 기후변화 관련 변수와 어떤 관련성이 있는지 살펴보았다. 본 연구에서는 기후변화 관련 자연재해와 쌀 생산량의 관련성을 살펴보기

위해 우리나라의 쌀 생산량을 평년에 비하여 증가 혹은 감소한 양 즉, 쌀 생산량의 변화량과 연도별 쌀 생산량의 두 가지 측면에서 살펴보았다. 먼저 쌀 생산량 변화에 대한 분석을 위해서 쌀 생산량을 비롯한 모든 변수들을 당해 연도 값에서 직전 3년 평균(당해년도, 전년도, 전전년도)을 뺀 값, 즉, 변화량을 각 변수의 값으로 사용하였는데, 이는 자연재해가 발생한 경우 재해의 영향으로 쌀 생산량이 감소할 수 있음을 감안하여 특정 연도의 재해 영향이 통계 분석에 영향을 미치는 것을 완화하고 이전 자료와 비교하기 위하여 평균값을 사용한 것이다. 본 연구에 사용된 자료는 2008년부터 2017년까지 10년 간의 자료로 행정안전부 자연재해 통계자료(MOIS, 2017)의 우리나라 16개 시도별 태풍, 호우, 강풍, 농경지의 침수면적과 통계청이 제공하는 시도별 쌀 생산량과 벼 재배면적을 설명변수 자료로 구축하였다(Statistics Korea). 본 연구에서 쌀은 현백률 92.9% (9분도) 기준이며 벼 재배면적은 논벼 재배면적을, 기후변화 관련 자연재해 변수는 재해로 인한 피해액을 의미한다.

본 연구는 기후변화 관련 자연재해가 쌀 생산량에 미치는 영향을 파악하기 위해 첫째, 평년과 비교한 쌀 생산량의 변화가 자연재해 관련 변수와 관련성이 있는지와 주요 설명 변수는 무엇인지, 둘째, 특정 연도의 쌀 생산량의 변화를 설명하는 주요 변수는 무엇인지를 살펴보고자 한다.

3.2 분석 및 결과 토의

먼저, 쌀 생산량 변화와 재해변수 변화와의 관련성을 알아보기 위해 평년과 비교한 당해 연도의 쌀생산량(톤)의 변화와 벼 재배면적(ha) 변화, 개별 자연재해 변수 변화 간의 상관 행렬(one-tailed)을 구하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

쌀 생산량 변화는 태풍과 호우, 강풍 등 자연재해 유형 변화 모두와 음의 상관을 나타내고 벼 재배면적 변화와는 양의 상관을 나타낸다. 즉, 자연재해 피해가 평년에 비하여 그 크기가 증가할 경우 쌀 생산량은 감소하며, 특히 태풍과 강풍으로 인한 피해가 증가할수록 쌀 생산량은 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 태풍피해 변화와 쌀 생산량 변화는 $r=-.562$, 강풍피해 변화와 쌀 생산량 변화는 $r=-.499$ 이다. 호우 및 침수면적의 변화는 쌀 생산량 변화와 유의한 정도의 상관을 나타내지 않는다.

쌀 생산량 변화에 미치는 자연재해의 영향, 즉, 해당 연도의 직전 3년 평균에 대한 당해 연도 총 쌀 생산량의 변화에 미치는 자연재해의 영향은 태풍과 강풍 피해 크기가 평년보다 증가한 정도에 반비례한다. 다시 말하면, 특정 연도의 태풍과 강풍 피해가 평년에 비하여 더 커질수록 쌀 생산량은 평년에 비해 상당한 정도로 감소한다.

쌀 생산량 변화와 벼 재배면적의 변화는 상당한 정도의 정적 상관관계($r=.557$)를 나타내며 이는 통계적으로 유의하다. 즉, 벼 재배면적이 증가하면 쌀 생산량도 평년에 비하여 증가한다.

Table 1. Correlation Matrix of Change in Rice Production, and Predictor Variables

		Change in Expenses by			Change in	
		Typhoon	Torrents	Gale	Flooded Area	Rice Growing Areas
Change in Rice Production		-.562**	-.163	-.499**	-.078	.557**
Change in Expenses by	Typhoon	1	-.087	.635**	.070	-.147
	Torrents		1	-.137	.145	-.027
	Gale			1	-.083	-.085
Change in	Flooded Area				1	-.059
	Rice Growing Areas					1

** P<.01, * p<.05

쌀 생산량 변화에 대한 자연재해 변수들의 설명력을 알아보기 위하여 회귀분석(단계적)을 실시하였다. 먼저 회귀분석의 유효성을 위한 기본 가정에 대한 검정을 하였다. 공차한계(Tolerance)와 분산팽창요인(VIF) 확인, 회귀표준화잔차의 정규분포 그래프, 회귀표준화 잔차의 정규 P-P도표, 회귀표준화예측값과 회귀표준화잔차의 산포도 관찰 결과, 다중공선성, 잔차의 정상성, 선형성, 등공분산성에 대한 가정들을 크게 위배되지 않았다.

회귀분석 결과 전체 기후변화 관련 자연재해 변수와 벼 재배면적 변화는 쌀 생산량 변화와 매우 큰 중상관(중상관계수 R=.792)을 나타내며 기여율 R자승은 0.628이다. 즉, 쌀 생산량 변화의 변량 중 예측변수들과의 직선적 관계에 의하여 설명되는 부분이 62.8%이다(Table 2).

회귀모형의 유의성 검증을 위한 분산분석 결과는 Table 3에 있는데, p<.05로서 회귀모형은 유의하였으며 그 결과 산출된 계수는 Table 4와 같다.

Table 2. Model Summary of Change in Rice Production^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.792 ^a	.628	.616	19562.047

a. Predictors: (Constant), Change in typhoon, Change of Rice Growing Areas (ha), Change in Torrents, Change in Gale

b. Dependent Variable: Change in Rice Production (tons)

Table 3. ANOVA of Change in Rice Production^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	7.942E+10	4	1.986E+10	51.886	.000 ^a
Residual	4.707E+10	123	3.827E+08		
Total	1.265E+11	127			

a. Predictors: (Constant), Change in Typhoon, Change of Rice Growing Areas (ha), Change in Torrents, Change in Gale

b. Dependent Variable: Change in Rice Production (tons)

Table 4. Coefficients of Change in Rice Production^a

Changes Caused by...	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1220.045	2377.738		.513	.609
Typhoon (10 ⁶ won)	-.110	.024	-.335	-4.676	.000
Rice Growing Areas (ha)	5.724	.666	.478	8.595	.000
Torrents (10 ⁶ won)	-.093	.024	-.217	-3.907	.000
Gale (10 ⁶ won)	-15.591	4.048	-.276	-3.852	.000

a. Dependent Variable: Change in Rice Production (tons)

회귀계수에 대한 유의성 검증 결과 벼 재배면적 태풍, 호우, 강풍은 쌀 생산량 변화 예측에 유의하지만($p < 0.05$), 농경지 침수면적은 유의하지 않다.

Table 4에서 통계적으로 유의한 변수들의 쌀 생산량 변화에 미치는 중요도와 영향력 방향은 다른데, 벼 재배면적 변화는 양(+.478)으로 가장 큰 영향을 미치는데 반해 태풍 변화(-.335), 호우 변화(-.217), 강풍 변화(-.276) 순으로 부정적인(-) 영향을 미친다. 즉, 벼 재배면적이 평년보다 증가한 해의 경우 쌀 생산량도 평년보다 증가하지만 태풍, 호우, 강풍 피해가 평년보다 증가하면 쌀 생산량은 평년보다 감소한다.

다음으로 특정 연도의 쌀 생산량을 설명하는 변수에 대한 답으로 쌀 생산량을 종속변수로 하고, 자연재해 변수들 즉, 태풍, 호우, 강풍으로 인한 피해액, 농경지 침수면적과 벼 재배면적(ha)을 설명변수로 한 단계적 회귀분석을 실시하였다.

회귀분석에 사용될 종속변수와 설명변수 간의 상관 행렬(one-tailed)은 Table 5와 같다. 쌀 생산량은 태풍, 호우, 강풍

과는 통계적으로 유의하지만($p < 0.05$) 상관($r < 0.2$)의 크기가 매우 작고 벼 재배면적과는 $r = 0.995$ 로 절대적으로 큰 상관이 있다. 침수면적은 쌀 생산량과 상관이 유의하지 않다($p > .5$). 즉, 쌀 생산량이 많은 시도 지역일수록 벼 재배 경지면적이 절대적으로 넓고 정도는 매우 미미하지만 태풍, 호우, 강풍 피해액도 많아지는 경향이 있다.

공차한계(Tolerance)와 분산팽창요인(VIF) 확인, 회귀표준화잔차의 정규분포 그래프, 회귀표준화 잔차의 정규 P-P 도표, 회귀표준화예측값과 회귀표준화잔차의 산포도 관찰을 통하여 다중공선성, 잔차의 정상성, 선형성, 등공분산성에 대한 가정들을 크게 위배되지 않는 것으로 결론지었다.

회귀 분석 결과 전체 기상기후 재해변수와 벼 재배 면적은 쌀 생산량과 매우 큰 중상관(중상관 계수 $R = .996$)을 나타내며 기여율 R자승은 0.993으로 예측변수들에 의하여 쌀 생산량 변량 중 99.3%가 설명되고 있다(Table 6).

회귀모형의 유의성 검증을 위한 분산분석결과는 Table 7에 나오는데, 회귀모형은 유의하였으며($p = .000$) 그 결과 산출된 계수는 Table 8과 같다.

Table 5. Correlation Matrix of Rice Production and Predictor Variables

	Typhoon	Torrents	Gale	Flooded Area	Rice Growing Areas
Total Rice Production	.199**	.157*	.161*	.109	.995**
Typhoon	1	-.029	.601**	.107	.243**
Torrents		1	-.050	.166*	.178*
Gale			1	-.038	.210*
Flooded Area				1	.055
Rice Growing Areas					1

* $p < .05$, ** $p < .01$

Table 6. Model Summary of Rice Production^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.996 ^a	.993	.993	26153.650

a. Predictors: (Constant), Rice Growing Areas (ha), Typhoon, Torrents

b. Dependent Variable: Rice Production (tons)

Table 7. ANOVA of Rice Production^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1.462E+13	3	4.874E+12	7125.189	.000 ^a
Residual	1.067E+11	156	6.840E+08		
Total	1.473E+13	159			

a. Predictors: (Constant), Rice Growing Areas (ha), Typhoon, Torrents

b. Dependent Variable: Rice Production (tons)

Table 8. Coefficients of Rice Production^a

Model	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1151.686	2813.336		.537	.592
Rice Growing Areas (ha)	5.231	.037	1.011	141.256	.000
Typhoon (10 ⁶ won)	-.195	.029	-.048	-6.764	.000
Torrents (10 ⁶ won)	-.115	.033	-.025	-3.546	.001

a. Dependent Variable: Rice Production (tons)

Table 8에서 쌀 생산량 설명을 위한 회귀식의 회귀계수에 대한 유의성 검증 결과 설명변수 중 벼 재배면적과 태풍 및 호우로 인한 피해정도가 쌀 생산량 설명에 유의하다. 반면, 강풍과 침수면적은 쌀 생산량 설명에 유의하지 않다. 그리고 쌀 생산량 설명에 유의한 변수들도 설명에 대한 중요성과 방향은 다르다. 벼 재배면적은 정적 방향으로 매우 큰 역할을 하지만(표준화회귀계수 +1.011) 태풍(표준화회귀계수 -.048)과 호우(표준화회귀계수 -.025)는 부적 방향으로 그 역할도 매우 미미하다.

2018년 다보스 포럼에서 기상이변, 자연재해와 기후기상 변화 대응 실패가 세계를 위협하는 가장 주요 위협요인으로 선정될 정도로 기후변화 대응이 전 세계적으로 중요하고 시급한 문제가 되었다. 기상이변이 점점 심해지고 일상화 되고 있다. 그러나 본 연구결과는 우리나라의 쌀 생산량이 기후변화 관련 자연재해에 유의한 부정적인 영향을 받고, 특정 연도의 쌀 생산량은 벼 경지면적에 거의 전적으로 달려있음을 보였다. 반면 우리나라의 벼 재배면적은 점점 감소하고 있다.

이는 무엇보다 농업기술과 자연재해에 대한 대비 등으로 자연재해로 인해 쌀 생산에 부정적인 영향을 미치는 요인들에 대응하는 역량의 강화가 중요하다는 점을 보여준다고 할 수 있다. 앞으로 기후변화 관련 자연재해의 빈도와 강도가 더 증가할 것으로 예상되므로 기후변화가 쌀 생산에 미치는 부정적인 영향도 더 커질 가능성이 존재한다. 따라서 기후변화 대응책의 하나로 농업생산기술의 향상 노력과 병행하여 벼 재배를 위한 농경지면적의 충분한 확보가 요구된다. 농경지 면적을 현상유지하거나 적어도 감소율을 줄이려는 노력과 대책이 필요하다.

본 연구는 Lesk et al. (2016)의 연구결과와 마찬가지로 홍수로 인한 작물생산성의 피해는 유의미한 결과를 보이지는 않았다. 일반적으로 사회전반에 걸쳐서 호우에 의한 자연재해 피해가 상당히 큼에도 불구하고 호우로 인한 벼농사 피해가 상대적으로 미미하게 나타난 것은, 벼는 논 습지에서 자라는 작물로 호우로 인한 물 빠짐 장애는 벼 생산에는 크게 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 우리나라의 경우 논의 배수시설이 잘 마련되어 있어

일정 수준 이상으로 논의 물에 잠기게 될 경우 배수로를 타고 자동적으로 물이 빠져나가는 구조로 되어 있어 벼 생산의 피해를 크게 줄일 수 있다. 이는 기후변화에 대응한 세계적인 모범 적용 대응방안이기도 하다.

실제 벼의 경우 홍수보다는 장기적인 가뭄에 의한 피해가 더 크게 발생하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 가뭄이라는 재해의 특성상 특정 시기의 가뭄에 대한 피해를 정량적으로 산정하기 어려워 가뭄은 분석 범위에 포함하지 못하였다. 앞으로 홍수 및 태풍과 같은 비교적 단기간에 발생하는 자연재해 뿐 아니라 오랜 시간에 작물의 성장에 큰 영향을 미치는 가뭄의 영향 또한 고려하는 연구가 수행되어야 할 것이다. 그리고 우리나라가 연안지역에 조성된 농경지가 많다는 점을 고려할 때 해수면 상승이 벼 생산성에 미치는 영향을 고려하는 것도 필요하다. 최근 우리나라는 여름철 심각한 열과 현상이 발생하고 있으며 이는 시민들 뿐 아니라 생태계 전반에 걸쳐 피해를 초래하고 있다. 작물이 집중적으로 성장하는 여름철의 고온현상 발생도 벼 생산에 큰 피해를 초래할 수 있으므로 이에 대한 연구 또한 필요하다.

4. 결론 및 제언

기후변화는 작물재배 적지의 복상에 따른 재배면적 확대 등으로 기회요인이 되기도 하지만, 극한 홍수와 가뭄 및 태풍과 같은 자연재해의 발생은 농업에 위협요인이다. 따라서 앞으로 식량안보를 확보하기 위해 보다 체계적인 기후변화 적응이 필요하다. 본 연구에서는 쌀 생산량에 미치는 가장 큰 요인은 기후변화와 관련된 자연재해 중 태풍과 관련된 것으로 강풍이 가장 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 입력 자료로 활용한 시도별 자연재해 피해자료를 사용하였는데, 지역을 더 세분하여 시군구 단위 이하의 자료를 활용한다면, 보다 정밀하고 지역 특화된 결과물을 도출할 수 있을 것이다. 또한, 자료획득의 한계로 인해 농업분야의 자연재해 피해 자료 대신 전체적인 자연재해 피해 복구액을 활용함으로써 벼 생산과의 직접적인 관련성이 상대적으로 떨어진다는 한계점이 있었다. 향후 입력 자료의

개선을 통해 보다 정교한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이러한 분석에 필요한 입력 자료의 개선을 위해서는 농업과 기후관련 분야의 체계적인 모니터링 시스템을 구축하여 중장기적으로 데이터를 축적하는 것이 필요하다. 전 세계적인 농업생산성에 미치는 기상 및 극한기후 현상의 영향을 모니터링하기 위해 Johansson et al. (2015)은 각국의 기상기후 자료와 관개 등 농업현황, 지역별 적합 작물과 농업 지식 및 농업활동과 시장의 상황 그리고 지역별 기상재해 발생 현황 등을 파악하는 것이 필요하다고 제안한 바 있다. 이러한 농업 및 기후변화와 관련된 축적된 자료는 향후 기후변화에 대한 적절한 적응방안의 도출과 국가 및 지자체의 정책개발에 핵심적인 정보를 제공하게 될 것이다.

우리나라는 지속적으로 벼 재배면적이 감소되어 왔을 뿐 아니라 식량 자급률이 낮아 식량에 있어 외부의존도가 상당히 높다. 전 세계적인 기후변화는 식량위기가 닥칠 경우 식량에 대한 수출입에 제한을 가져올 수 있어 향후 기후변화 심화에 대비하여 국내적으로 식량안보를 확보할 수 있도록 논의 면적을 일정 수준 이상으로 유지하는 것이 필요하다. 자연재해로 인한 농업의 피해를 줄이기 위해서는 자연재해 발생에 대한 사전적 정보로 조치를 취하게 함으로써 자연재해 발생이 농업생산성 감소로 이어지는 것을 어느 정도 막을 수 있을 것이다.

논의 경우 기후스마트 농업을 통한 온실가스 감축을 도모할 수 있을 뿐 아니라 논을 활용한 홍수 및 가뭄 등에 대한 완충도 가능하므로 앞으로 기후변화 완화와 적응을 모두 도모할 수 있도록, 논 생태계를 보존해 나가야 할 것이다. 또한, 전반적으로 농업분야의 기후변화 대응력 강화를 위해 지역별 농업생태계의 기후변화 취약성 평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 자연재해 유형에 따라 주요 작물별 지역에 특화된 적응대책을 마련해나가는 것도 필요하다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구사업(PJ01353302)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Abdullah, Ilyas, A., et al. (2017). Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. *Foods*, Vol. 6, No. 6, Article No. 39, pp. 2-19.

Chau, V.N., Cassells, S., and Holland, J. (2014). Measuring direct losses to rice production from extreme flood events in Quang Nam Province Vietnam. *58th Australian Agricultural Resource Economics Society*

Annual Conference, 4-7, Feb. 2014. Port Macquarie, New South Wales.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2007). *Crop prospects and food situation*. No. 3.

FAO. (2010). *Crop prospects and food situation*. No. 4.

FAO. (2012). *Crop prospects and food situation*. No. 5.

FAO. (2014). *The impact of disasters on agriculture and food security*.

FAO. (2016). *Climate change and food security: Risk and responses*.

Fuhrer, J. (2009). Ozone risk for crops and pastures in present and future climates. *Naturewissenschaften*, Vol. 96, No. 2, pp. 173-194.

Greenland, R.G. (2000). Optimum height at which to kill barley used as a living mulch in onions. *HortScience*, Vol. 35, No. 5, pp. 835-855.

Hoppe, M. (2014). *Impact chain: climate change impact chain for rice*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., and Guo, R. (2015). Accelerated dryland expansion under climate change. *Nature Climate Change*, Vol. 6, pp. 166-171.

Iizumi, T., and Ramankutty, N. (2015). How do weather and climate influence cropping area and intensity? *Global Food Security*, Vol. 4, pp. 46-50.

Johansson, R., Luebehusen, E., Morris, B., Shannon, H., and Meyer, S. (2015). Monitoring the impacts and climate extremes on global agricultural production. *Weather and Climate Extremes*, Vol. 10, pp. 65-71.

Kim, J., Sang, W., Shin, P., Cho, H., Seo, M., Yoo, B., et al. (2015). Evaluation of regional climate scenario data for impact assessment of climate change on rice productivity in Korea. *J. Crop Sci. Biotech.*, Vol. 18, No. 4, pp. 257-264.

Lawrence, P., Maxwell, B., Rew, L.J., Ellis, C., and Bekkerman, A. (2018). Vulnerability of dryland agricultural regimes to economic and climate change. *Ecology and Society*, Vol. 23, No. 1, Article No. 34.

Lesk, C., Rowhani, P., and Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, Vol. 529, pp. 84-87.

Maxwell, D., and Fitzpatrick, M. (2012). The 2011 Somalia famine: Context, causes, and complications. *Global Food Security*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-12.

MOIS (Ministry of the Interior and Safety). (2017). *2017*

Disaster Year Book. Ministry of the Interior and Safety of Korea.

Myeong, S. (2014). Agriculture under UNFCCC and its policy implications. *Journal of Climate Change Research*, Vol. 5, No. 4, pp. 313-321.

Peri, P., and Bloomberg, M. (2002). Windsbreaks in southern Patagonia, Argentina: A review of research on growth models, windspeed reduction, and effects on crops. *Agroforestry Systems*, Vol. 56, No. 2, pp. 129-144.

Statistics Korea. Retrieved from <http://kostat.go.kr/>

Stuecker, M.F., Tigchelaar, M., and Kantar, M.B. (2018). Climate variability impacts on rice production in the Philippines. *PloS One*, Vol. 13, No. 8, e0201426.

<i>Received</i>	November 13, 2018
<i>Revised</i>	November 15, 2018
<i>Accepted</i>	December 10, 2018