

가뭄의 경제적 파급효과 분석: 쌀 생산을 중심으로*

성재훈** 채광석***

Keywords

가뭄(drought), 쌀 생산(rice production), 지역산업연관표(regional input-output table), 경제적 효과(economic effects)

Abstract

We analyzed the effects of drought on rice production and its economic effects. The results show that rice yields decrease by 3.0% (0.7%) when the number of days of “very severe” (“severe”) drought increases by one. However, we also found that the effects of drought decreased continuously from 2011 to 2015. Specifically, even though the drought in 2015 was more severe than the drought in 2011, the marginal effect of drought on rice yield in 2011 (-0.08%) was larger than that in 2015 (-0.02%). This result reflects the effects of the enhancement of agricultural technologies and the adaptive capacity to drought. An analysis of a regional input-output table shows that the economic losses due to “severe” or “very severe” drought were about 27.6 billion KRW in 2011, 1.1 billion KRW in 2012 and 2014, and 13.2 billion KRW in 2015. Also, we found that the negative economic effects of drought would spread over nearby provinces due to economic linkages among provinces. For example, when crop production in Incheon decreases by 1% due to drought, the total production of Seoul and Gyeonggi province decreases by 0.08% and 0.06% respectively.

차례

- | | |
|----------------|------------|
| 1. 서론 | 3. 분석 결과 |
| 2. 분석방법 및 분석자료 | 4. 요약 및 결론 |

* 이 연구는 2017년 한국농어촌공사 농어촌연구원 위탁연구과제 “농업가뭄 피해액 추정에 관한 연구”의 일부를 발췌하여 논문화한 것임.

** 한국농촌경제연구원 부연구위원.

*** 한국농촌경제연구원 연구위원, 교신저자. e-mail: gschae@krei.re.kr

1. 서론

가뭄은 광역적으로 발생함에 따라 구체적인 시기, 장소 규명이 어려워 각 단계별 가뭄을 관리하기가 쉽지 않은 실정이다(배덕호 외 2015). 실제로 가뭄극복을 위해 정부는 가뭄정보 제공시스템 개발, 관개용수 확보, 비상 관정 개발 등 여러 대책을 마련해 왔지만, 가뭄피해는 여전히 계속되고 있는 상황이다.

가뭄은 여러 측면에서 일반 자연재해와 다른 특징을 지닌다. 가장 큰 특징으로는 가뭄피해가 상당 기간 동안 완만히 누적되어 나타나게 되고 가뭄이 해소된 후에도 수개월 또는 수년 동안 과급효과가 나타날 수 있다는 점이다(서순석 외 2009). 이런 이유로 가뭄피해 시기를 쉽게 결정하기 어려우며, 그에 대한 피해규모 산정 또한 어려움이 있다.

우리나라는 지속적인 가뭄에 시달렸고 최근 2012~2017년 연속적으로 국지적인 가뭄이 발생했다. 2012년에는 서울, 인천, 경기, 충남지역을 중심으로 가뭄이 발생하였으며 특히, 경기도 서부와 충남 서해안 지역은 강수량 평년비가 20%에 불과하였다. 2013년에는 장마전선이 중부지방에 정체하면서 전남, 경북, 경남, 제주지방에 가뭄이 발생하였고, 2014년에는 중부지방 강수량 부족으로 임진강 하류부 및 경기 북부지역에서 모내기에 곤란을 겪었고, 2015년에는 인천, 경기, 강원, 충북, 경북 등 5개 시도, 39개 시군에 가뭄이 발생하였다. 2016년에는 울산, 세종, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남 및 제주지역 등 85개 지자체에서 가뭄이 발생하여 총 39,825ha의 가뭄피해 면적이 발생하였고, 2017년에는 충남, 전북, 전남, 경남을 중심으로 약 12,849 ha 가뭄피해 면적이 발생하였다.

지금까지 가뭄지수를 적용한 가뭄예측 및 현황 파악을 위한 연구는 많이 축적되어 왔지만, 가뭄피해 평가의 기준이나 피해 평가 사례연구는 매우 부족한 실정이다(채광석 외 2016). 국내 농업가뭄 피해액을 추정한 연구로는 서순석 외(2009)와 성재훈 외(2017)의 연구가 있다. 서순석 외(2009)에서는 가뭄피해액 산정식을 제시하고, 이를 바탕으로 농업부문의 품목별 가뭄피해액을 산정하였다. 이 연구는 실제 피해가 발생했던 일부 지역을 대상으로 가뭄 피해액을 산정하였다는 공간적 한계가 존재한다. 따라서 일부 지역적 가뭄 피해액을 산정할 때에는 선행연구의 분석방법론이 적용 가능하지만, 전국적인 가뭄피해액을 추정하는 경우에는 분석상 한계가 존재한다. 성재훈 외(2017)

의 연구는 계량모형을 통해 농업가뭄이 쌀 생산에 미치는 영향을 추정하였지만, 농업가뭄의 직접적 피해만을 추정한 연구이다.

가뭄으로 인한 경제적 피해는 직접적인 피해와 간접적인 피해로 나눌 수 있다. 직접적인 피해는 농작물 생산 감소 및 가축 피해 등을 들 수 있다. 간접적 피해는 농업부문 생산 감소에 따른 고용량 감소, 연관산업의 경제적 손실 등을 들 수 있다. 가뭄피해 및 영향은 가뭄이 발생한 지역의 농업 생산뿐만 아니라 농업 관련 산업 그리고 가뭄이 발생한 지역과 경제적으로 밀접한 지역의 경제에까지 영향을 미칠 수 있다. 따라서 농업가뭄 피해에 대해 직접적인 피해만을 추정할 경우 농업가뭄 피해를 과소평가할 수 있다. 본 연구에서는 농업가뭄 피해를 보다 엄밀하게 추정하기 위해서 농업가뭄의 직접적 피해뿐만 아니라 간접적 피해까지 포함하여 분석하고자 한다.

이를 위해 농업가뭄이 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석하고, 이를 바탕으로 국지적 농업가뭄 피해가 지역경제에 미치는 파급효과를 다지역산업연관표로 활용하여 분석하였다. 한국은행의 지역산업연관표는 16개 영역의 161개 부문(곡물 및 식량작물, 채소 및 과일, 그리고 기타작물 포함)을 포함하고 있으며, 본 연구에서는 2015년 가뭄으로 인한 경제적 파급효과를 지역산업연관표의 가장 작은 지역 단위(시도단위) 그리고 부문 단위(소분류)를 바탕으로 분석을 진행하였다.

가뭄으로 인한 피해는 사회·경제 전반에 걸쳐 발생하고 지속기간이 장기화될수록 피해의 범위와 정도가 확산·심화되어 국가 경쟁력 전반에 상당한 피해를 주게 된다(HEC 1991; 최장환 외 2000 재 인용). 일반적인 농업가뭄 대응은 가뭄상황 판단, 선제적 혹은 사후적 대응, 피해수습 지원 등의 과정을 거친다. 그러나 이 과정에서 많은 비용이 발생하고 농업가뭄 대책을 시행하는 것이 경제적으로 타당성이 있느냐 하는 문제가 필연적으로 발생하게 된다(강병문 2015). 2015년에 1,700억 원을 투입하는 등 농업가뭄 대응 관련 대책비에 매년 1,000억 원 이상 투입함에도 불구하고 효과적인 사전 대비 및 항구대책이 미흡하다는 지적이 제기되었다(채광석 외 2016). 이러한 관점에서 농업가뭄 피해를 정확히 추정하는 것은 앞으로 농업용수 공급 정책에 있어서 중요한 요인으로 작용할 뿐만 아니라 매년 많은 예산이 투입되는 가뭄대책비에 대한 국민의식의 변화를 유도하는 데 매우 중요하다고 할 수 있다.

2. 분석방법 및 분석자료

2.1 가뭄이 쌀 생산에 미치는 영향 분석

기상조건변화에 따른 농업생산성 변화는 기후변화 관련 연구에서 광범위하게 이루어져 왔다 (IPCC 2014). 또한 최근에는 단기적인 기상조건이 농업 생산성이 미치는 영향을 식별 (identification)하기 위한 다양한 방법론이 제시되고 있다. Dell, Jones and Olken(2014)은 기존 연구에서 사용된 방법론과 내용을 정리하고 가뭄과 같은 연도별 기상 이변(weather shock)의 효과를 식별하는 모형을 제시하였다. Dell, Jones and Olken(2014)에서 제시하는 모형의 장점은 다음과 같다. 우선, 외생적으로 발생하는 기상조건만으로 모형을 구성한 축약형 모형(reduced-form)으로 모형의 구성과 추정 결과의 해석이 직관적이다. 두 번째로는 기상 변수의 영향이 중복되는 문제 ('over controlling' problem) 역시 극복할 수 있다. 구체적으로 모형의 설명력을 높이기 위해 기상 변수와 동시에 단위 면적당 중간재 사용량을 모형에 반영할 수 있다. 하지만 단위 면적당 중간재 사용량 역시 기상조건에 영향을 받기 때문에 단위 면적당 중간재 사용량을 모형에 포함할 경우 기상 조건이 쌀 단수에 미치는 영향을 제대로 식별할 수 없다는 문제점이 있다. 이에 따라 Dell, Jones and Olken(2014)는 가뭄과 같은 기상이변의 영향을 제대로 식별하고 모형의 설명력을 향상시키기 위해 기상이변과 통계적 혹은 이론상으로 상관관계가 없는 사회·경제학적 변수들만을 포함시킬 것을 제안하였다. 마지막으로, 패널 데이터의 구조를 이용함으로써, 모형에 포함되지 않은 농업생산과 연관된 시간불변의 변수를 예로 들어, 농가의 특징과 사회경제학적 요인들을 통제할 수 있다. 뿐만 아니라 시간에 따라 변화하는 눈에 보이지 않는 연도별 특징과 기술변화 등을 연도별 더미와 추세항을 통해 통제할 수 있다. 본 연구 역시 Dell, Jones and Olken(2014)이 제시한 패널 자료 분석방법을 사용하여 가뭄이 농가의 생산성에 미치는 영향을 분석하였다(식 (1) 참조).

$$(1) \log(y_{ct}) = \alpha' W_{ict} + \beta_{D1} D_{ct} + \beta_{D2} D_{ct}^2 + \gamma_{D1} t D_{ct} + \delta_1 t + \delta_2 t^2 + \mu_c + \theta_t + \epsilon_{ct}$$

여기서 농업생산성(y_{ct})은 c지역의 t연도의 쌀 단수, W_{ict} 는 기상 조건 i와 연관된 변수를 의미하며, 본 연구에서는 기온과 강수량을 포함시켰다. D_{ct} 는 가뭄을 나타내는 변수이다. 본 연구에서는 c

지역의 t연도에 발생한 가뭄일수를 변수로 이용하였다. 구체적으로 농림축산식품부의 가뭄 예·경보 기준을 바탕으로 c지역의 t연도에 “주의” 수준의 가뭄이 지속된 일수, “심함” 수준의 가뭄이 지속된 일수, 그리고 “매우 심함” 수준의 가뭄이 지속된 일수를 계산하였다. 마지막으로 본 연구에서는 강도에 따른 가뭄효과의 차이를 식별하기 위해 가뭄 강도별로 식 (1)을 각각 추정하였다.

기상 조건과 농업생산성을 연구한 기존 연구의 경우, 기상 변수로 월별 평균 기온 및 월별 누적 강수량을 이용하였으며, 기상 조건의 비선형적 함수 형태를 가정하였다(Schlenker and Robert 2006, 2009; Dechênes and Greenstone 2007; Robert, Schlenker and Eyer 2012). 하지만 본 논문에서는 연구의 목적이 기상이변에 해당하는 가뭄효과의 추정인 점을 감안하여 가뭄 변수를 제외한 기상 변수는 평균적인 기상조건을 나타내는 월별 평균기온과 월별 누적 강수량을 이용하였으며(조현경·권오상 2014), 기상현상과 연관된 변수는 선형 함수를 가진다고 가정하였다.¹ 하지만 관심 변수인 가뭄 변수는 선행연구 결과를 참고하여 이차함수를 가정하여 가뭄효과의 비선형성을 고려하였다. 이는 만약 쌀 생산성에 미치는 영향이 가뭄일수가 증가할수록 증가 혹은 감소한다면, 선형성을 가정하고 추정한 가뭄의 추정계수는 가뭄이 쌀 생산성에 미치는 실제 한계효과와 큰 차이가 있을 수 있기 때문이다.

μ_c 는 c지역의 고정효과를 나타내며, θ_t 는 t연도를 나타내는 고정효과를, t는 기술 진보 등을 나타내는 추세항을 나타낸다. 이러한 고정효과와 추세항을 포함시킴으로써 토질과 같은 지역의 특성, 냉해 혹은 태풍 등과 같은 연도별 특징, 그리고 쌀 단수 증가의 추세 등을 제어할 수 있어, 기상 변수가 농업생산성에 미치는 영향을 효과적으로 식별할 수 있다.

특히 본 연구에서는 추세항(t)과 가뭄 변수와의 교차항(tD_{ct})을 통해 가뭄효과의 연도별 변화를 추정하였다. 최근 과거에 비해 가뭄 빈도와 심도가 심해지고 있지만, 가뭄피해 면적은 상대적으로 감소하고 있다(채광석 외 2016). 이는 농가들의 가뭄 대응 능력이 향상되어 가뭄이 과거에 비해 쌀 생산성에 미치는 영향이 감소했다고 해석할 수 있다. 따라서 시간이 지남에 따라 변화하는 가뭄 대

1 기상 변수의 비선형적 영향을 고려하기 위한 모형 역시 추정하였으나, 추정 결과와 모형의 설명력에 큰 차이가 없거나 다소 떨어지는 것으로 나타나 본 논문에서는 기상 변수의 영향을 선형으로 가정하였다. 또한 가뭄일수와 강수량은 음의 상관관계를 가질 수 있으며, 이는 가뭄과 연관된 추정계수의 절댓값을 과대추정할 수 있다. 2001년에서 2015년까지 “심함” 수준 이상의 가뭄의 평균 지속기간은 45일보다 적으며, “매우 심함” 이상의 가뭄지속기간은 20일보다 적다. 따라서 5월부터 9월까지의 쌀 재배기간 중 가뭄이 지속된 기간 이외의 기상조건을 통제할 필요성이 있다. 특히 관계시기 이후에는 강수량이나 일조량에 의해 생산에 큰 영향을 받을 수 있기 때문에 이에 대한 기상 변수(강수량)를 포함하여 분석을 시도하였다. 또한 강수량 변수를 제외하고 모형을 추정한 결과, “심함 이상”의 가뭄에서는 강수량 변수의 유무에 따른 가뭄과 관련된 변수들의 추정계수의 차이는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다.

응능력에 대한 효과를 반영하기 위해서 추세항과 가뭄변수와의 교차항을 추가하였다(Yu and Babcock 2010; Birthal et al. 2015). 즉, 추세항은 정부의 가뭄 대책 혹은 농가들의 가뭄 대응 능력 증가 등 가뭄 대응 능력을 반영한 대리변수이다. 추정은 시군별 고정효과를 통제하기 위해 고정효과 모형을 이용하였으며, 이분산성 혹은 계열상관(serial correlation)을 보정하기 위해 Sandwich 분산 추정치를 이용하였다(Wooldridge 2010: 311). 마지막으로 가뭄의 한계효과는 식 (2)를 통해 계측하였으며, 한계효과의 분산을 추정하기 위하여 델타 추정법(delta method)을 이용하였다.

$$(2) \frac{\partial \log(y_{ct})}{\partial D_{ct}} = \beta_{D1} + 2\beta_{D2}D_{ct} + \gamma_{D1}t$$

2.2 지역 간 투입산출 모형을 이용한 가뭄의 경제적 파급효과 분석

기상이변으로 인한 생산제약의 직·간접적 경제적 파급효과를 분석하기 위해서는 투입산출모형, 부분균형모형, 그리고 일반균형모형 등이 주로 이용되었다(박경원·권오상 2011; 권오상 외 2012). 각 접근법은 장단점과 연구목적에 따라 다양하게 이용되어 왔다. 구체적으로 투입산출모형은 모형의 단순함과 적용의 간편함이 장점인 반면, 생산량 변화로 인한 가격변화 효과와 경제 주체들이 의 부효과 변화에 대한 적응 행위를 모형에 반영하지 못하는 단점이 있다. 이에 반해 가장 유연한 일반균형모형의 경우, 모형의 복잡성과 더불어 예기치 못한 기상이변에 대해 생산과 소비가 매우 신속적으로 반응함으로써 기상이변의 경제적 파급효과를 과잉 추정할 수 있다(권오상 외 2012).

일반적인 산업연관분석은 수요 측 모형(demand-side model) 또는 수요건인모형(demand driven model)이라고 하며 산출에 대한 수요가 발생하면 수요를 만족시키기 위한 생산에 필요한 투입요소가 모두 공급된다고 가정한다(한국은행 2014). 따라서 산업연관분석에 주로 사용되는 레온티에프 승수는 생산제약으로 인한 경제적 파급효과를 분석하는 데에는 적합하지 않다. 가뭄으로 인한 쌀 생산 제약의 경제적 파급효과 분석을 위해 본 논문에서는 생산-생산 승수(Ritz-Spaulling multiplier, 이하 RS승수) 이용하였다(지해명 2007, 2012)². RS승수는 한 산업의 생산 변화가 타

2 외부환경 변화로 인한 최종수요 변화를 산업연관분석을 통해 분석하는 데에는 한계가 있다. 구체적으로 지해명(2007, 2008)과 성재훈 외(2011)가 사용한 수요-수요 승수는 가뭄과 같은 공급계약이 아닌 한 산업부문의 최종수요 변화에 따른 경제 전체의 최종수요 변화를 계측한다. 지해명(2007, 2008)에서는 생산제약에 따른 수요변화를 계측하기 위해 혼합 모형(mixed endogenous/exogenous

산업에 미치는 효과를 분석하는 승수로써, 특정 산업의 생산제약으로 인한 경제적 파급효과를 분석하는 데 적합하다. 또한 농업부문의 경우, 다른 산업에 비해 중간투입이 작은 산업이다. 이에 따라 중간투입만을 내생화시킨 수요승수를 이용할 경우, 농업부문의 경제적 파급효과가 과소평가될 수 있다(지해명 2007). 하지만 생산승수의 경우, 중간투입뿐만 아니라, 부가가치의 생산요소인 노동과 자본을 내생화시킴으로써 농업과 같이 중간투입이 적은 산업의 경제적 파급효과를 계측하는 데 수요 승수보다 적합하다(지해명 2007, 2012).

국내 농업 가뭄은 주로 지역적으로 발생하였다. 따라서 가뭄의 경제적 파급효과는 가뭄 발생 지역과 그 주변 지역과의 상호연관성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 가뭄의 지역 간 경제적 파급효과를 분석하기 위해 다지역산업연관표와 앞서 언급한 RS승수를 바탕으로 지역적 가뭄으로 인한 지역 간 경제적 파급효과를 계측하고자 하였다. 보다 구체적인 설명을 위해 2개 지역(R 지역 그리고 U 지역)과 2개의 산업(산업 1과 산업 2)으로 구성된 국가를 가정할 경우, 아래와 같은 다지역산업연관표를 구성할 수 있다. 여기서 X_{ij}^{mn} 은 n 지역(R 지역 혹은 U 지역)에 위치한 j 부문 생산(산업 1 혹은 산업 2)을 위해 투입된 m 지역(R 지역 혹은 U 지역) i 산업(산업 1 혹은 산업 2)의 생산액을 의미하며, $X_j^n(Y_j^n)$ 은 n 지역 j 산업 총 산출액 혹은 투입액(n 지역 j 산업에 대한 최종수요)을 나타낸다. 마지막으로 $I_j^n(V_j^n)$ 은 n 지역 j 부문의 수입액(부가가치)을 나타낸다(표 1 참조).

표 1. 다지역산업연관표 예시

			중간 수요				최종수요	지역 총산출
			지역 R		지역 U			
			산업 1	산업 2	산업 1	산업 2		
중간 투입	지역 R	산업 1	X_{11}^{RR}	X_{12}^{RR}	X_{11}^{RU}	X_{12}^{RU}	Y_1^R	X_1^R
		산업 2	X_{21}^{RR}	X_{22}^{RR}	X_{21}^{RU}	X_{22}^{RU}	Y_2^R	X_2^R
	지역 U	산업 1	X_{11}^{UR}	X_{12}^{UR}	X_{11}^{UU}	X_{12}^{UU}	Y_1^U	X_1^U
		산업 2	X_{21}^{UR}	X_{22}^{UR}	X_{21}^{UU}	X_{22}^{UU}	Y_2^U	X_2^U
수입			I_1^R	I_2^R	I_1^U	I_2^U		
부가가치			V_1^R	V_2^R	V_1^U	V_2^U		
지역 총 투입			X_1^R	X_2^R	X_1^U	X_2^U		

model)을 제시하였다. 하지만 이러한 혼합모형은 한 산업의 생산변화가 해당 산업의 수요와 타 산업의 생산변화에 미치는 영향을 분석하는 방법이다.

아래 식 (3)은 최종수요와 총산출의 관계를 나타낸다. 여기서 a_{ij}^{mn} 은 n 지역 j 산업 최종수요가 1 단위 증가하였을 경우 증가하는 m 지역 i 산업의 총생산액($a_{ij}^{mn} = \Delta X_i^m / \Delta Y_j^n$)을 나타낸다.

$$(3) \begin{bmatrix} X_1^R \\ X_2^R \\ X_1^U \\ X_2^U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^{RR} & a_{12}^{RR} & a_{11}^{RU} & a_{12}^{RU} \\ a_{21}^{RR} & a_{22}^{RR} & a_{21}^{RU} & a_{22}^{RU} \\ a_{11}^{UR} & a_{12}^{UR} & a_{11}^{UU} & a_{12}^{UU} \\ a_{21}^{UR} & a_{22}^{UR} & a_{21}^{UU} & a_{22}^{UU} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_1^R \\ Y_2^R \\ Y_1^U \\ Y_2^U \end{bmatrix}$$

식 (4)의 a_{ij}^{mn*} n 지역 j 산업 총생산의 변화(ΔX_j^n)가 m 지역 i 산업의 총생산액(ΔX_i^m)에 미치는 영향을 나타내는 RS승수이다. 따라서 n 지역 j 산업 총생산이 변화(ΔX_j^n)하였을 경우 변화하는 m 지역 i 산업의 총생산액(ΔX_i^m)은 식 (5)를 통해 계측할 수 있다.

$$(4) a_{ij}^{mn*} = \frac{a_{ij}^{mn}}{a_{jj}^{nn}} = \frac{\Delta X_i^m}{\Delta Y_j^n} / \frac{\Delta X_j^n}{\Delta Y_j^n} = \frac{\Delta X_i^m}{\Delta X_j^n}$$

$$(5) \Delta X_i^m = a_{ij}^{mn*} \times \Delta X_j^n$$

식 (4)를 바탕으로 생산-생산 승수로 이루어진 생산 승수 행렬(A^*)은 식 (6)과 같으며, 이는 지역 내 생산 승수(A_1^*)와 지역 간 생산 승수(A_2^*)로 분리할 수 있다. 만약 지역 간 생산구조가 연관되어 있지 않다면, 지역 내 R 승수만을 이용하여 생산제약 효과를 계측할 수 있을 것이다. 하지만 국내 여건상 어떤 지역이 자급자족 경제를 가진다는 가정은 비현실적이다. 특히, 쌀을 포함한 농산물은 주산지과 주요 소비지역이 일치하지 않는다. 따라서 지역 내 RS승수만을 이용할 경우 농업부문 생산제약 효과를 과소 추정할 수 있다.

$$(6) A^* = \begin{bmatrix} 1 & a_{12}^{RR*} & a_{11}^{RU*} & a_{12}^{RU*} \\ a_{21}^{RR*} & 1 & a_{21}^{RU*} & a_{22}^{RU*} \\ a_{11}^{UR*} & a_{12}^{UR*} & 1 & a_{12}^{UU*} \\ a_{21}^{UR*} & a_{22}^{UR*} & a_{21}^{UU*} & 1 \end{bmatrix} = A_1^* + A_2^* = \begin{bmatrix} 1 & a_{12}^{RR*} & 0 & 0 \\ a_{21}^{RR*} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & a_{12}^{UU*} \\ 0 & 0 & a_{21}^{UU*} & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & a_{11}^{RU*} & a_{12}^{RU*} \\ 0 & 0 & a_{21}^{RU*} & a_{22}^{RU*} \\ a_{11}^{UR*} & a_{12}^{UR*} & 0 & 0 \\ a_{21}^{UR*} & a_{22}^{UR*} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

R 지역의 산업 1의 생산 변화(ΔX_1^R)가 두 지역의 산업 1과 산업 2에 미치는 영향은 식 (7)과 같이 생산-생산 승수 행렬과 R 지역 산업 1의 생산 변화를 나타내는 벡터와의 곱으로 계측할 수 있다. 따라서 산업 1은 쌀 생산 부문이며, 가뭄이 R 지역에만 영향을 주었다고 가정한다면, 가뭄으로 인한 R 지역 쌀 생산성 감소의 경제적 과급효과는 아래 식 (6)과 같이 ΔX_1^R 에 dX_1^R 를 대입함으로써 계측할 수 있다.

$$(6) \begin{bmatrix} \Delta X_1^{R*} \\ \Delta X_2^{R*} \\ \Delta X_1^{U*} \\ \Delta X_2^{U*} \end{bmatrix} = A^* \begin{bmatrix} \Delta X_1^R \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = A^* \begin{bmatrix} dX_1^R \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

본 연구에서는 한국은행에서 제공하는 2013년 지역산업연관표를 이용하였다. 2015년 가뭄으로 인한 경제적 과급효과를 지역산업연관표의 가장 작은 지역 단위(시도 단위) 그리고 부문 단위(소분류)를 바탕으로 분석을 진행하였다. 단, 쌀 생산은 지역산업연관표 소분류의 “곡물 및 식량작물”에 포함된다. 따라서 가뭄으로 인한 쌀 생산 감소를 곡물 및 식량작물 감소액 비중으로 전환시켜야 한다. 곡물 및 식량작물 감소액 비중은 (쌀 생산액/곡물 및 식량작물 생산액)×쌀 생산 감소 비중으로 계측이 가능하다. 본 연구에서는 (쌀 생산액/곡물 및 식량작물 생산액)을 계측하기 위해 농림축산식품통계연보(2017)에서 제공하는 2013 품목별 생산액과 생산량 자료를 바탕으로 식량작물에 속한 미곡, 겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 밀, 옥수수, 메밀, 콩, 쌀, 녹두, 감자, 고구마의 가격자료를 산출하였다. 그리고 산출된 품목별 가격을 통계청에서 제공하는 각 시도의 품목별 생산량에 곱하여, 시도별 식량작물 생산액과 미곡 생산액을 산출하였다. 마지막으로 앞서 언급하였듯이 지역산업연관표는 시도 단위로 되어 있다. 따라서 시군 단위의 추정결과를 시도 단위로 전환시킬 필요가 있다. 본 연구에서는 각 시군의 논 면적이 해당 시군이 속해 있는 시도의 전체 논 면적에서 차지하는 비중을 가중치로 설정하고, 시도별 쌀 생산 감소 비중은 각 시도에 속해 있는 시군의 쌀 생산 감소 비중을 가중 평균하여 계측하였다.³

3 위와 같은 접근법은 두 가지 한계점을 바탕으로 한다. 우선, 시도별 생산액 산출 시 시도별 혹은 시군별 가격이 아닌 전국 평균 가격을 이용함으로써, 시도별 혹은 시군별 가격 판매가격 차이를 반영해 줄 수 없다. 두 번째로는 면적을 가중치로 이용하는 이와 같은 방식은 농산물생산비 조사와 같은 공인통계에서도 사용하는 방법이다. 하지만 이러한 접근법은 가뭄이 발생한 시군의 생산성이 해당 시군이 속한 시도의 평균생산성과 같다는 가정을 바탕으로 한다. 가뭄을 겪은 시군의 생산성이 해당 시군이 속한 시도의 평균 단수보다 적거나 높을 경우에는 통합에 따른 편차(aggregation bias)가 발생할 수 있다.

2.3 분석자료

본 연구는 APEC Climate Center(APCC)에서 제공한 고해상도 격자 기후자료를 이용하였다(정여민·음형일 2015). 구체적으로 정여민·음형일(2015)은 우리나라 전역을 3km×3km 격자로 나눈 뒤, 각 격자의 일별 최고 기온, 일별 최저 기온, 그리고 강수량을 Improved GIS-based Regression Model(IGISRM)과 역거리 가중법(Inverse Distance Weighting: IDW)을 통해 추정하였다. 본 연구에서는 시군별 기후자료 구축을 위해 APCC의 고해상도 격자 기후자료를 시군별 면적을 이용하여 면적 가중 평균하였다.

가뭄 변수는 농림축산식품부의 가뭄 예·경보 기준을 바탕으로 구축하였다. 구체적으로 가뭄의 강도 중 “매우 심함”은 영농기(4~10월) 중 최근 6개월 누적 강수량이 평년 대비 약 45%(SPI6지수-2.0 이하) 이하인 날이 20일 이상 지속되었으며, 저수지 저수율이 40% 이하인 경우를 뜻한다. 가뭄 강도 중 “심함”은 SPI6지수가 -2.0 이하이며, 저수지 저수율이 50% 이하인 날을 뜻한다. 마지막으로 “주의”는 최근 6개월 누적강수량이 평년 대비 약 55%(SPI6지수-1.5 이하) 이하이며, 영농지 저수지의 저수율이 60% 이하인 날을 뜻한다. 본 연구에서는 한국농어촌공사가 제공한 저수지의 저수율 자료의 SPI6지수 자료를 바탕으로 가뭄 변수를 구축하였다. 구체적으로 한국농어촌공사가 제공한 SPI6지수 자료는 국내 기상관측소별 자료로, 시군별 자료의 구축을 위해서는 관측소별 자료를 시군별 단위로 내삽(interpolation)할 필요가 있다. 본 연구에서는 전국을 5km×5km 격자로 나눈 뒤, 각 격자의 SPI6지수를 역거리 가중법을 통해 추정하였으며, 시군별 면적을 이용하여 격자 자료를 시군별 자료로 변환하였다. 단, 저수율 자료가 없는 시군의 경우, SPI6지수를 바탕으로 가뭄 지수를 구축하였다.⁴ 기상 변수는 벼 재배기간인 5월에서 9월까지의 값을 분석에 이용한 반면, 가뭄 변수는 봄 가뭄의 영향을 통제하기 위해 4월에서 9월까지의 가뭄일수를 분석에 이용하였다.⁵

4 저수율자료가 없는 시군은 가평군, 고양시, 광명시, 구리시, 동두천시, 동해시 목포시, 부천시, 서울특별시, 속초시, 안산시, 영월군, 의정부시, 인제군, 정선군, 평창군, 하남시, 화천군이다.

5 본 연구에서 사용한 가뭄변수는 두 가지 한계점을 가진다. 우선, 본 연구에서는 농업용 저수지의 저수율을 고려하여 가뭄변수를 구축하였으나, 가뭄 변수를 통해 저수율 자료가 없는 시군과 농업진흥지역 밖의 천수답의 경우에는 관계를 통한 농업용수의 적정 공급이 쌀 생산성에 미치는 영향을 통제하지 못하였다. 두 번째로는 벼 생장시기 별로 가뭄변수를 구축하지 않아 벼의 생장시기별 가뭄효과를 식별하지 못하는 한계점을 가지고 있다.

표 2. 기초통계량

연도	단수 (kg/ 10a)	평균 기온 (° C)					평균 누적 강수(mm)					강도별 가뭄일수		
		5월	6월	7월	8월	9월	5월	6월	7월	8월	9월	주의	심함	매우 심함
'01	499	18	21	25	25	20	30	210	238	94	69	1542	38	0
'02	455	16	20	24	23	19	101	68	210	484	74	12	3	0
'03	421	17	20	22	23	20	148	145	413	290	232	0	0	0
'04	485	17	21	24	24	20	110	203	295	248	173	6	0	0
'05	471	16	22	24	24	21	67	153	266	271	164	0	0	0
'06	470	17	21	23	26	19	134	145	591	115	46	70	15	0
'07	451	17	21	23	25	21	96	78	216	310	326	0	0	0
'08	503	17	20	25	24	21	87	163	232	161	53	71	0	0
'09	513	17	21	23	24	20	106	109	436	135	43	324	28	0
'10	462	16	22	25	26	21	106	55	223	354	238	0	0	0
'11	472	17	21	24	25	20	114	255	469	243	64	288	142	41
'12	462	18	22	25	26	19	37	69	266	363	198	196	6	0
'13	484	17	22	25	26	20	108	88	299	145	110	60	0	0
'14	500	17	21	24	23	20	52	73	150	313	99	2367	758	77
'15	522	17	21	24	25	20	50	81	173	97	49	3531	1084	387
평균	478	17	21	24	25	20	90	126	298	242	129	565	138	34
표준편차	43	1.6	1.9	2.2	2.2	1.8	55	86	196	170	116	13	5	2
최대	628	20	25	28	29	12	7	7	16	18	7	0	0	0
최소	246	10	12	13	14	25	506	448	474	1120	677	115	63	30

주: 제주 지역은 제외한 값임.

자료: APEC Climate Center(APCC), 한국농어촌공사.

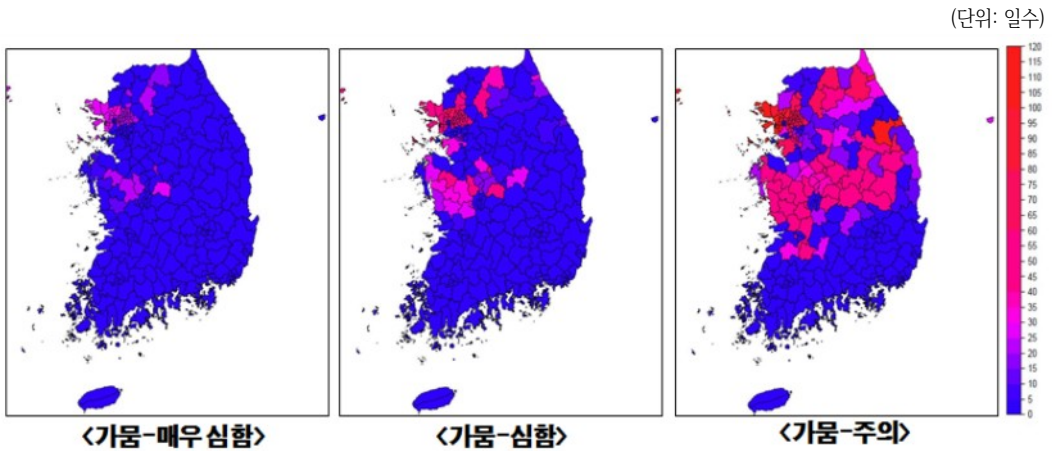
본 연구의 분석 대상 품목인 쌀 단수자료(kg/10a)는 통계청에서 제공하는 시군별 쌀 단수 자료를 이용하였다. 통계청의 시군별 쌀 단수자료는 구별 단수자료가 제공되지 않기 때문이다. 단, 다수의 구를 포함하고 있는 광역시와 일부 시의 경우, 비록 그 범위가 일반적인 시군보다 크지만 하나의 지역단위로 간주하였다. 일정 기간 동안 단수자료가 제공되지 않은 일부 시군을 제외하고 광역시를 포함한 총 157개 시군을 분석하였으며, 분석 기간은 2001~2015년이다.⁶

흥미로운 점은 가뭄의 강도가 가장 강한 2015년 품목별 단수가 다른 연도에 비해 매우 높다는 점이다. 이는 건조한 날씨로 인한 큰 일교차와 일조량 증가로 농업용수의 부족을 겪지 않은 지역의 생

6 단, 제주도의 쌀 단수가 다른 지역에 비해 2배 이상 많은 연도가 다수 포함되어 있어 본 연구에서는 제주도를 분석에서 제외하였다(조현경·권오상 2014).

산성은 2015년에 오히려 증가했기 때문이다. 또한 2014년과 2015년 7월과 8월의 월별 평균 기온은 이전 연도 보다 1°C 정도 낮아, 해당 연도에는 여름철 고온으로 인한 생산성 감소가 다른 연도에 비해 적었음을 알 수 있다. <그림 1>은 2015년 가뭄의 공간적 분포를 나타낸다. 남부 지역을 제외한 중부지역 대부분의 지역이 주의에 해당하는 가뭄을 겪은 반면 심함 혹은 매우 심함에 해당하는 지역은 중부 지역에서도 극히 일부분임을 알 수 있다. 즉, 우리나라의 가뭄은 지역적이며, 가뭄의 경제적 피해를 정확하게 분석하기 위해서는 전국 단위가 아닌 지역 단위의 분석이 필요함을 알 수 있다.

그림 1. 2015년 가뭄의 공간적 분포



자료: SPI6 자료는 기상청이 제공하는 59개 중관기상관측지점 자료를 이용하였으며, 저수율 자료는 한국농어촌공사가 제공한 자료를 이용하였음.

3. 분석 결과

<표 3>은 가뭄이 쌀 생산성에 미치는 영향을 분석한 결과를 나타낸다. 분석 결과, 가뭄은 쌀 생산성에 통계적으로 유의한 부(-)의 영향을 미치며, 가뭄의 강도가 강해질수록 가뭄이 쌀 단수에 미치는 부정적인 영향은 증가하는 것으로 추정되었다. 구체적으로 “매우 심함”에 해당하는 가뭄일수가 하루 증가할수록 쌀의 단수는 약 3.0% 감소하는 것으로 계측되었다. “심함”에 해당하는 가뭄일수가 하루 증가할수록 쌀의 단수는 0.7% 감소하는 것으로 나타났으며, “주의”에 해당하는 가뭄이 1일 증가할 경우에는 쌀의 단수는 0.04% 감소하는 것으로 계측되었다. 하지만 “주의”에 해당하는 가뭄의 효과는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

표 3. 가뭄이 쌀 단수에 미치는 영향 분석 결과

변수(추정계수)	주의	심함	매우 심함
추세(δ_1)	-0.04106 (0.00911)***	-0.03635 (0.00958)***	-0.03637 (0.00961)***
추세제곱(δ_2)	0.00278 (0.00057)***	0.00248 (0.00060)***	0.00248 (0.00060)***
가뭄주의 일수(β_{D1})	-0.00040 (0.00031)	-0.00563 (0.00241)**	-0.02986 (0.00848)***
가뭄일수제곱(β_{D2})	0.00001 (0.00000)**	0.00002 (0.00001)	-0.00003 (0.00009)
가뭄일수*추세(γ_{D1})	0.00000 (0.00002)	0.00033 (0.00015)**	0.00203 (0.00063)***
5월 평균기온(α_{tem_may})	0.01437 (0.00365)***	0.01474 (0.00361)***	0.01466 (0.00365)***
6월 평균기온(α_{tem_june})	-0.01182 (0.00306)***	-0.01233 (0.00298)***	-0.01295 (0.00297)***
7월 평균기온(α_{tem_july})	0.00907 (0.00310)***	0.00880 (0.00313)***	0.00896 (0.00313)***
8월 평균기온(α_{tem_aug})	-0.00979 (0.00291)***	-0.00969 (0.00289)***	-0.00927 (0.00292)***
9월 평균기온(α_{tem_sep})	-0.00100 (0.00297)	-0.00110 (0.00300)	-0.00084 (0.00293)
5월 누적강수(α_{pre_may})	0.00003 (0.00005)	0.00003 (0.00004)	0.00003 (0.00004)
6월 누적강수(α_{pre_june})	-0.00004 (0.00002)**	-0.00004 (0.00002)**	-0.00005 (0.00002)**
7월 누적강수(α_{pre_july})	-0.00008 (0.00001)***	-0.00009 (0.00001)***	-0.00008 (0.00001)***
8월 누적강수(α_{pre_aug})	-0.00009 (0.00002)***	-0.00009 (0.00002)***	-0.00009 (0.00002)***
9월 누적강수(α_{pre_sep})	-0.00006 (0.00002)**	-0.00006 (0.00002)**	-0.00006 (0.00002)**
상수항(α)	6.33909 (0.09113)***	6.34329 (0.08770)***	6.33809 (0.08757)***
연도별 더미	Yes	Yes	Yes

주: () 표준오차를 뜻함. *** 1%에서 유의, ** 5%에서 유의, * 10%에서 유의함을 의미함.

하지만 가뭄이 쌀 단수에 미치는 영향은 2001년에 비해 지속적으로 감소한 것으로 추정되었다. 구체적으로 2001년 이후 “매우 심함”에 해당하는 가뭄이 1일 증가할 때의 영향은 매년 약 6.8% 씩 감소하는 것으로 나타났다.⁷ 또한 “심함”에 해당하는 가뭄이 1일 증가할 때의 영향은 매년 약 5.9% 씩 감소하는 것으로 계속되었다. 이는 기술 진보, 정부의 가뭄 대응 정책, 농가 스스로의 가뭄 대응 능력 제고 등으로 인해 “심함” 수준 이상의 가뭄이 쌀 생산성에 미치는 영향이 시간이 갈수록 줄어들어 들을 의미한다.

표 4. 가뭄이 쌀 단수에 미치는 한계효과(가뭄 발생지역)

연도	주의	심함	매우 심함
2011	-0.00037 (0.00020)*	-0.00174 (0.00074)**	-0.00800 (0.00226)***
2012	-0.00038 (0.00020)*	-0.00157 (0.00072)**	- -
2013	-0.00032 (0.00018)*	- -	- -
2014	-0.00005 (0.00010)	-0.00023 (0.00020)	-0.00203 (0.00075)***
2015	-0.00001 (0.00010)	0.00015 (0.00023)	-0.00051 (0.00109)
전체	-0.00019 (0.00014)	-0.00081 (0.00035)**	-0.00201 (0.00091)***

주: () 표준오차를 뜻함. *** 1%에서 유의, ** 5%에서 유의, * 10%에서 유의함을 의미함. 가뭄 발생 지역의 평균임.
 -는 해당 연도에 가뭄이 발생하지 않음을 의미하며, 제주도 지역과 가뭄이 발생하지 않은 연도는 제외하였음.

<표 4>는 식 (2)를 바탕으로 계측한 2010년 이후 가뭄의 한계효과를 나타낸다. <표 4>의 값은 전국이 아닌 가뭄 발생 지역을 대상으로 하였으며, 다른 기상 조건이 아닌 가뭄의 효과만을 고려하여 계측한 결과이다. “매우 심함(“심함”)” 수준의 가뭄이 발생하였을 경우, 가뭄 발생 지역의 쌀 단수는 평균 0.2%(0.1%) 감소한 것으로 나타났으며, 가뭄의 강도에 따라 한계효과의 크기 역시 감소하는 것으로 분석되었다. 하지만 식 (2)에서 볼 수 있듯이, 가뭄의 한계효과는 연도와 가뭄일수에 영향을 받으며, 이에 따라 가뭄의 한계효과는 매년 다르게 나타날 수 있다. <표 4>에서 흥미로운 점은 가뭄이 쌀 생산성에 미치는 한계효과가 시간에 따라 감소한다는 것이다. 예를 들어, 2015년 “매우 심함”에 해당하는 가뭄은 21개 시군에 평균 18.4일 발생하였으며, 2011년에는 6개 시군에 평균 6.8일 동안 “매우 심함”에 해당하는 가뭄이 발생하였다. 이는 가뭄의 강도 면에서 2015년의 가뭄이 2011년의 가뭄보다 강했음을 의미한다. 하지만 “매우 심함” 수준의 가뭄의 한계효과는 2011년(0.08%)

7 가뭄이 쌀 단수에 미치는 영향이 매년 감소하는 비중은 가뭄변수와 추세를 곱한 교차항의 추정계수(γ_{D1})를 가뭄이 쌀 단수에 미치는 영향을 나타내는 추정계수(β_{D1})로 나눈 값에 100을 곱하여 계산하였다.

이 2015년(0.02%)보다 큰 것으로 계측되었다. 이는 추세항과 가뭄일수 간의 교차항의 추정계수가 양의 값을 가지기 때문이다. 따라서 가뭄의 한계효과의 감소는 추세항에 포함된 가뭄 대응 능력 제고 때문이라 해석할 수 있으며, 2015년의 쌀 단수가 2011년의 쌀 단수보다 크게 나타난 것과 일치하는 결과이다(표 4 참조).

표 5. 가뭄의 경제적 파급효과: 쌀 생산중심으로

단위: 억 원

	매우 심함			심함 이상		
	직접효과	간접효과	총 효과	직접효과	간접효과	총 효과
2011	-153.52	-73.28	-226.80	-183.67	-87.09	-270.76
2012	-	-	-	-8.01	-3.71	-11.72
2014	-54.55	-16.39	-70.94	-12.42	8.81	-3.61
2015	-110.55	-41.90	-152.45	-93.66	-35.43	-129.09

주: 2013년 지역산업연관표를 바탕으로 계측함. -는 해당 연도에 가뭄이 발생하지 않음을 의미하며, 제주도 지역과 가뭄이 발생하지 않은 연도는 제외하였음.

<표 5>는 2010년 이후 발생한 가뭄의 직접적, 간접적 파급효과와 이 둘을 합친 총 파급효과를 계측한 결과를 나타낸다. 직접적 파급효과를 계측하기 위해 필요한 가뭄으로 인한 생산감소 비중은 <표 4>에 있는 가뭄의 한계효과와 가뭄 지속일수를 곱하여 계측하였다. “매우 심함” 수준의 가뭄의 파급효과는 “매우 심함” 단계의 가뭄일수를 이용하였다. 하지만 가뭄의 강도에 대한 정의에 따라 “매우 심함” 수준의 가뭄이 발생한 지역은 “심함” 수준의 가뭄이 발생한 지역에 포함된다. 따라서 “심함” 단계 이상의 가뭄의 경제적 파급효과를 정확하게 분석하기 위해서는 “심함” 단계의 가뭄일수와 “매우 심함” 단계의 가뭄일수를 구분해 주어야 한다. 본 연구에서는 “심함” 단계의 가뭄의 경제적 효과는 “심함” 단계 가뭄일수와 “매우 심함” 단계의 가뭄일수의 차이만을 이용하여 계측하였으며, “심함 이상”의 가뭄의 경제적 파급효과는 “심함” 단계의 가뭄의 경제적 파급효과와 “매우 심함”에 해당하는 가뭄의 경제적 파급효과를 합하여 계측하였다.

지역산업연관표 분석 결과, “매우 심함” 수준의 가뭄으로 인해 2011년 약 227억 원, 2014년 약 73억 원, 2015년 약 152억 원의 경제적 손실이 발생한 것으로 나타났다. 또한 “심함 이상”의 가뭄으로 인해서는 적게는 2012년 약 12억 원에서 2011년 약 271억 원의 경제적 손실이 발생한 것으로 계측되었다. 2014년과 2015년의 경우, “매우 심함” 수준의 가뭄에 의한 경제적인 손실이 “심함 이상”

의 가뭄으로 인한 경제적 손실보다 큰 것으로 나타났다. 이는 “심함” 수준의 가뭄의 경우, 일부 지역에서 쌀의 단수에 긍정적인 영향을 주었음을 의미한다. 구체적으로 2014년의 경우, 서울과 인천 지역의 쌀 생산은 증가한 반면, 강원, 경기, 경남, 충북 지역의 쌀 단수는 감소한 것으로 나타났다. 이는 “심함” 단계의 가뭄이 쌀 생산성에 미치는 영향이 시간이 지남에 따라 그 영향이 점차 감소하기 때문이다. 또한 <표 5>의 결과는 가뭄의 한계효과가 지속적으로 감소하는 <표 4>의 결과와도 일치한다.

표 6. 가뭄의 경제적 효과의 지역적 연관성: 2011년 쌀 생산중심으로

단위: 백만 원

	매우 심함			심함 이상		
	직접효과	간접효과	총 효과	직접효과	간접효과	총 효과
강원	0.00	-201.92	-201.92	-88.66	-238.69	-327.35
경기	-79.74	-1,203.63	-1,283.37	-485.70	-1,468.47	-1,954.16
경남	0.00	-207.37	-207.37	0.00	-244.46	-244.46
경북	-638.60	-452.11	-1,090.71	-638.60	-528.02	-1,166.62
광주	0.00	-71.93	-71.93	0.00	-84.18	-84.18
대구	0.00	-95.10	-95.10	0.00	-111.80	-111.80
대전	0.00	-119.27	-119.27	0.00	-143.49	-143.49
부산	0.00	-58.62	-58.62	0.00	-69.23	-69.23
서울	-230.75	-930.65	-1,161.39	-255.14	-1,105.33	-1,360.47
울산	0.00	-606.24	-606.24	0.00	-720.24	-720.24
인천	-14,402.53	-1,046.85	-15,449.38	-16,733.64	-1,221.00	-17,954.64
전남	0.00	-1,175.97	-1,175.97	0.00	-1,386.06	-1,386.06
전북	0.00	-163.63	-163.63	0.00	-197.20	-197.20
제주	0.00	-387.98	-387.98	0.00	-451.75	-451.75
충남	0.00	-459.58	-459.58	-165.22	-562.98	-728.20
충북	0.00	-147.35	-147.35	0.00	-175.85	-175.85
총계	-15,351.61	-7,328.21	-22,679.83	-18,366.95	-8,708.75	-27,075.70

주: 2013년 지역산업연관표를 바탕으로 계측함.

표 7. 가뭄의 경제적 효과의 지역적 연관성: 2015년 쌀 생산중심으로

단위: 백만 원

	매우 심함			심함 이상		
	직접효과	간접효과	총 효과	직접효과	간접효과	총 효과
강원	-33.82	-58.28	-92.11	-292.42	-62.96	-355.39
경기	-2,178.90	-796.41	-2975.31	-540.38	-518.12	-1058.50
경남	0.00	-99.42	-99.42	0.00	-88.49	-88.49
경북	0.00	-219.91	-219.91	5.58	-190.34	-184.76
광주	0.00	-26.73	-26.73	0.00	-28.20	-28.20
대구	0.00	-53.35	-53.35	0.00	-47.13	-47.13
대전	0.00	-108.48	-108.48	0.00	-89.67	-89.67
부산	0.00	-29.49	-29.49	0.00	-25.78	-25.78
서울	-27.50	-506.09	-533.60	-28.52	-418.26	-446.78
울산	0.00	-345.51	-345.51	0.00	-291.48	-291.48
인천	-3,112.10	-289.03	-3401.13	-3095.64	-272.91	-3368.55
전남	0.00	-517.33	-517.33	0.00	-466.04	-466.04
전북	0.00	-128.93	-128.93	-577.63	-172.62	-750.25
제주	0.00	-107.78	-107.78	0.00	-108.39	-108.39
충남	-3,754.26	-655.08	-4409.33	-3259.53	-561.60	-3821.13
충북	-1,948.88	-247.93	-2196.81	-1577.11	-201.49	-1778.60
총계	-11,055.46	-4,189.76	-15,245.22	-9,365.65	-3,543.48	-12,909.13

주: 2013년 지역산업연관표를 바탕으로 계측함.

<표 6>과 <표 7>은 가뭄이 심했던 2011년, 2015년 가뭄의 지역별 파급효과를 나타낸다.⁸ 분석 결과 2011년의 경우, 인천(144억 원)에 “매우 심함” 수준의 가뭄 피해가 집중된 반면, 2015년은 경기(22억 원), 인천(31억 원), 충남(38억 원), 충북(19억 원) 지역이 “매우 심함” 수준의 가뭄으로 인해 직접적인 피해를 입은 것으로 나타났다. 가뭄의 직접효과는 가뭄이 발생한 지역에 한정되어 나타나는 반면, 가뭄의 간접효과는 가뭄이 발생하지 않은 지역에까지 영향을 미치는 것으로 나타났다. 예를 들어, 2015년 인천지역의 “매우 심함” 수준의 가뭄으로 인해 경기지역과 전남지역에 2.5억 원, 서울지역에 1.9억 원의 생산 감소가 발생한 것으로 나타났다. 이는 각각 인천지역에서 발생한 가뭄의 간접효과의 111%, 85%에 해당하는 금액이다. 이러한 가뭄의 간접효과는 지역 간 생산

8 분석결과, “심함 이상” 가뭄으로 인한 쌀 생산 감소의 경제적 파급효과는 농업 관련 산업에 집중되었다. 이는 곡물 및 식량작물이 다른 산업의 투입요소로 크게 사용되지 않기 때문이다(부표 1 참조). 이에 따라 본 연구는 가뭄의 부문별 파급효과보다는 지역별 파급효과에 초점을 맞추어 결과를 서술하였다.

연계성에 의한 것이다. 구체적으로 2013년 지역산업연관표를 바탕으로 할 경우, 인천의 곡물 및 식량 작물 부문이 1% 감소할 경우, 서울과 전남지역 그리고 경기도 지역의 생산은 각각 0.08%, 0.08%, 0.06% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 인천지역의 식량작물 생산은 그 주변의 서울과 경기도 지역 그리고 전남지역과 비료 및 농약, 농림어업서비스, 도소매 서비스 부문에서 밀접한 연관을 가지고 있기 때문이다(부표 2 참조). 따라서 국지적 가뭄의 지역적 파급효과는 가뭄 피해를 가뭄이 발생한 지역에 국한시킬 경우 가뭄의 피해를 과소평가할 수 있음을 의미한다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 기존 연구와는 달리 가뭄의 직접적 피해효과뿐만 아니라 가뭄의 경제적 파급효과까지 계속하였다. 분석결과, “매우 심함(“심함”)”에 해당하는 가뭄일수가 하루 증가할수록 쌀의 단수는 약 3.0%(0.7%) 감소하는 것으로 계속되었다. 하지만 가뭄이 쌀 단수에 미치는 영향은 2001년 이후 지속적으로 감소한 것으로 나타났다. 구체적으로 가뭄의 강도 면에서 2015년의 가뭄이 2011년의 가뭄보다 강했음에도 불구하고 “매우 심함” 수준의 가뭄의 한계효과는 2011년(0.08%)이 2015년(0.02%)보다 큰 것으로 계속되었다. 이는 추세향으로 대표되는 기술 진보, 정부의 가뭄 대응 정책, 농가 스스로의 가뭄 대응 능력 제고 등에 따른 것으로 해석할 수 있다.

지역산업연관표 분석 결과, “매우 심함” 수준의 가뭄으로 인해 2011년 약 227억 원, 2014년 약 71억 원, 그리고 2015년 약 152억 원의 경제적 손실이 발생한 것으로 나타났다. “심함 이상”의 가뭄으로 인해서는 2011년 약 271억 원, 2012년 약 12억 원, 2014년 약 4억 원, 그리고 2015년 129억 원의 경제적 손실이 발생한 것으로 계속되었다.

또한 국지적 가뭄은 인근 지역의 생산에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로 지역 간의 생산 연계성으로 인해 가뭄이 발생하지 않은 지역 역시 가뭄으로 인해 간접적인 생산 감소가 발생한 것으로 계속되었다. 예를 들어, 2015년 인천지역의 “매우 심함” 수준의 가뭄으로 인해 경기지역과 전남지역 2.5억 원, 서울지역 1.9억 원의 생산 감소가 발생한 것으로 나타났다. 이는 각각 인천 지역에서 발생한 가뭄의 간접효과의 111%, 85%에 해당하는 금액이다. 이러한 지역 간 생산연계성

은 정확한 농업가뭄 피해를 계측하기 위해 가뭄의 지역 내 파급효과뿐만 아니라 지역 간 파급효과 역시 고려해 주어야 함을 의미한다.

하지만 자료와 방법론상의 한계로 인해 결과치의 해석에는 주의를 기울일 필요가 있다. 우선, 지역산업연관표를 바탕으로 한 경제적 파급효과는 2013년 가격을 기준으로 계측하였으며, 생산 감소에 따른 가격변화 효과를 고려하지 않았다. 즉, 본 연구의 결과는 가뭄의 물가파급 효과를 제외한 추정치로 해석할 수 있다. 또한 본 연구에서는 가뭄과 연관된 다른 기상조건의 효과는 분석에서 제외하였다. 즉, 건조한 날씨로 인한 큰 일교차와 일조량 증가로 인한 쌀 생산성 향상효과는 가뭄효과 분석에서 제외하였다. 두 번째로 자료의 한계로 인해 정부의 가뭄 대책 효과를 식별하는 데에는 한계가 있다. 앞서 언급하였듯이 정부는 가뭄에 대응하기 위해 매년 1,000억 원 이상의 가뭄 대책비를 투입하고 있다. 하지만 이러한 가뭄 대책비 관련 자료의 부족으로 인해 본 연구에서는 정부의 가뭄 대책을 나타내는 변수를 모형에 반영하지 못했다. 따라서 비록 본 연구에서는 기술 진보, 가뭄 대응 능력 제고 등의 효과를 추세향을 통해 통제하였으나, 정부의 가뭄 대책 효과로 정확하게 식별하는 데에는 한계가 있다. 또한 저수율 자료가 없는 시군이나 농업진흥지역 밖의 천수답의 경우에는 관개를 통한 농업용수의 적정 공급이 쌀 생산성에 미치는 영향을 가뭄변수를 통해 통제하지 못하였다. 또한 벼 생장시기별로 가뭄변수를 구축하지 않아 벼의 생장시기별 가뭄효과를 식별하지 못하는 한계점을 가지고 있다. 마지막으로 시군단위로 추정된 가뭄으로 인한 쌀 생산성 변화를 시도단위의 식량작물 생산액 변화로 변환시키기 위해 본 연구에서는 전국 평균 가격과 시도별 평균 쌀 생산성을 이용하였다. 따라서 시도단위의 식량작물 생산액 산정 시 시군별 가격과 생산성 차이를 반영하지 못하며, 오차를 발생시킬 수 있다.

참고 문헌

- 강병문. 2015. “농업가뭄의 발생과 극복노력.” 『방재저널』 제17권 제4호. pp. 47-57. 한국방재협회.
- 권오상, 김창길. 2008. “기후변화가 쌀 단수변화에 미치는 영향: 비모수적 및 준모수적 분석.” 『농업경제연구』 제49권 제4호. pp. 45-64. UCI: G704-000586.2008.49.5.002
- 권오상, 노재선, 서영. 2012. “기상이변에 따른 농업생산손실의 경제적 효과: 투입산출 및 CGE 분석.” 『농업경제연구』 제53권 제2호. pp. 1-31. UCI: G704-000586.2012.53.2.004
- 박경원, 권오상. 2011. “동태 실증수리계획법(PMP)을 이용한 기후변화의 경제적 효과 분석: 쌀 생산성 변화를 중심으로.” 『농업경제연구』 제52권 제2호. pp. 51-76. UCI: G704-000586.2011.52.2.001
- 배덕호, 소재민, 김선호. 2015. “2015 가뭄 현황분석 및 대응방안.” 『방재저널』 제17권 제4호. pp. 14-22. 한국방재협회.
- 서순석, 김덕길, 이진행, 김형수, 김태웅. 2009. “농업 및 생활용수 부문에 대한 가뭄피해액 산정.” 『한국습지학회지』 제11권 제2호. pp. 77-87. 한국습지학회. UCI:G704-002159.2009.11.2.003
- 성재훈, 채광석, 김대의. 2017. “가뭄과 생산기반 정비사업이 쌀 생산성에 미치는 영향.” 『한국농림기상학회지』 제19권 제4호. pp. 293-303. 한국농림기상학회.
- 정여민, 음형일. 2015. “고해상도 격자 기후자료 내 이상 기후변수 수정을 위한 통계적 보간법 적용.” *Journal of Climate Change Research*. 제6권 제4호. pp. 331-344. DOI: 10.15531/KSCCR.2015.6.4.331
- 지해명. 2007. “수요승수(final demand multiplier)와 생산승수(Ritz-Spaulding multiplier) 비교분석: 문화산업과 지식기반산업을 중심으로.” 『경제학연구』 제55권 제1호. pp. 135-154. 한국경제학회. UCI: G704-000214.2007.55.1.005
- 지해명. 2011. “지역간 생산승수와 생산연계구조: 지역경제성장의 제약요인 분석.” 『경제학연구』 제59권 제1호. pp. 131-161. 한국경제학회. UCI: G704-000214.2011.59.1.003
- 조현경, 조은빛, 권오상, 노재선. 2013. “기후변수와 쌀 생산성: 패널지역자료를 이용한 준모수적 분석.” 『농업경제연구』 제54권 제3호. pp. 71-94. UCI: G704-000586.2013.54.3.004
- 조현경, 권오상. 2014. “재배시기별 기후변수가 논벼의 단위면적당 생산성과 변동성에 미치는 영향 분석.” 『농업경제연구』 제55권 제3호. pp. 115-140. UCI: G704-000586.2014.55.3.004
- 채광석, 김홍상, 임영아, 김부영. 2016. 『가뭄으로 인한 농업피해액 계측 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 최장환, 허은녕, 심명필. 2000. “가뭄시 용수공급지장으로 인한 경제적 과급효과 분석.” 『한국수자원학회논문집』 제33권 제5호. pp. 647-658. 한국수자원학회.
- 한국은행. 2014. 산업연관분석해설.
- 한국은행. 2015. (2010년 및 2013년)지역산업연관표.
- 농림축산식품부. 2016. 농림축산식품통계연보.
- Birthal, P. S., Negi, D. S., Khan, M. T. and Agarwal, S. 2015. Is Indian agriculture becoming resilient to droughts? Evidence from rice production systems. *Food Policy*. vol. 56, pp. 1-12. DOI: 10.1016/j.foodpol.2015.07.005
- Dechênes, O., and Greenstone, M. 2007. The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*. vol. 97, no. 1, pp. 354-385. DOI: 10.1257/aer.97.1.354
- Dell, M., Jones, B. F., and Olken B. A. 2014. What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. *Journal of Economic Literature*. vol. 52, no. 3, pp. 749-798. DOI: 10.1257/jel.52.3.740
- HEC. 1991. *National study of water management during drought*. US Army Corps of Engineers, Hydrologoc

Engineering Center.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Roberts, M. J., Schlenker, W., and Eyer, J. 2013. “Agronomic weather measures in econometric models of crop yield with implications for climate change.” *American Journal of Agricultural Economics*. vol. 95, no. 2, pp. 236-243. DOI: 10.1093/ajae/aas047

Schlenker, W., and Robert, M. J., 2006. “Nonlinear Effects of Weather on Corn Yields.” *Review of Agricultural Economics*. vol. 28, no. 3, pp. 391-398. DOI: 10.1111/j.1467-9353.2006.00304.x

Schlenker, W., and Robert, M. J., 2009. “Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change.” *PNAS*. vol.106, no. 37, pp. 15594 – 15598. DOI:10.1073/pnas.0906865106

Wooldridge, J. M., 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, MA: MIT Press.

Yu, T. and Babcock, B. A., 2010. “Are U.S. Corn and Soybeans Becoming more Drought Tolerant?” *American Journal of Agricultural Economics*. vol. 92, no. 5, pp. 1310-1323. DOI: 10.1093/ajae/aaq074

원고 접수일: 2018년 5월 21일
원고 심사일: 2018년 5월 24일
심사 완료일: 2018년 9월 19일

부표 1. 2015년 “심함 이상” 기뭄으로 인한 지역별/(산업)부문별 생산 감소

단위: 백만 원

지역	구분	산업1	산업2	산업3	산업4	산업5
강원	소부문	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	도소매 서비스	비료 및 농약	전력 및 신재생에너지
	총효과	-53.64	-24.63	-7.19	-3.21	-3.17
경기	소부문	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	비료 및 농약	도소매 서비스	전력 및 신재생에너지
	총효과	-2185.11	-230.41	-150.19	-62.49	-30.91
경남	소부문	농업 및 건설용 기계	비료 및 농약	곡물 및 식량작물	기타 운송장비	도시가스
	총효과	-24.41	-17.53	-13.36	-10.79	-10.79
경북	소부문	비료 및 농약	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	선철 및 조강	전력 및 신재생에너지
	총효과	-114.95	-25.77	-17.87	-10.79	-10.79
광주	소부문	농림어업 서비스	도소매 서비스	곡물 및 식량작물	채소 및 과실	기타작물
	총효과	-15.96	-10.77	0	0	0
대구	소부문	농림어업 서비스	농업 및 건설용 기계	도소매 서비스	비료 및 농약	직물제품
	총효과	-17.87	-11.37	-10.79	-10.23	-3.08
대전	소부문	비료 및 농약	농림어업 서비스	중앙은행 및 예금취급기관	도소매 서비스	곡물 및 식량작물
	총효과	-62.71	-24.03	-10.95	-10.79	0.00
부산	소부문	도소매 서비스	플라스틱 1차제품	직물제품	도로운송서비스	곡물 및 식량작물
	총효과	-19.68	-3.65	-3.08	-3.08	0.00
서울	소부문	도소매 서비스	중앙은행 및 예금취급기관	곡물 및 식량작물	부동산 임대 및 공급	기타 전기통신서비스
	총효과	-174.63	-72.55	-27.50	-26.86	-19.68
울산	소부문	석유제품	비료 및 농약	기초유기화학물질	합성수지 및 합성고무	직물제품
	총효과	-175.18	-128.49	-16.00	-10.79	-5.78
인천	소부문	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	석유제품	도시가스	전력 및 신재생에너지
	총효과	-3114.01	-80.03	-41.64	-26.87	-26.27
전남	소부문	비료 및 농약	석유제품	곡물 및 식량작물	기초유기화학물질	농림어업 서비스
	총효과	-221.48	-100.52	-48.05	-42.86	-29.24
전북	소부문	비료 및 농약	곡물 및 식량작물	농업 및 건설용 기계	도소매 서비스	농림어업 서비스
	총효과	-83.63	-13.39	-11.34	-10.77	-6.16
제주	소부문	농림어업 서비스	곡물 및 식량작물	전력 및 신재생에너지	비료 및 농약	도소매 서비스
	총효과	-84.05	-11.42	-6.16	-3.08	-3.08
충남	소부문	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	비료 및 농약	석유제품	전력 및 신재생에너지
	총효과	-3765.70	-239.09	-102.92	-102.30	-45.56
충북	소부문	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	비료 및 농약	중앙은행 및 예금취급기관	농업 및 건설용 기계
	총효과	-1957.22	-98.61	-53.92	-17.02	-14.59

부표 2. 2015년 인천지역의 곡물 및 식량작물 생산이 1% 감소할 때 발생하는 지역별/(산업)부문별 파급효과

단위: %

지역	구분	산업1	산업2	산업3	산업4	산업5
강원	소부문	농림어업 서비스	곡물 및 식량작물	비료 및 농약	전력 및 신재생에너지	도소매 서비스
	총효과	0.0059	0.0049	0.0010	0.0010	0.0010
경기	소부문	비료 및 농약	농림어업 서비스	도소매 서비스	기타 플라스틱 제품	농업 및 건설용 기계
	총효과	0.0267	0.0138	0.0069	0.0030	0.0030
경남	소부문	농업 및 건설용 기계	곡물 및 식량작물	비료 및 농약	기타 운송장비	기타 제조업 제품 및 임가공
	총효과	0.0040	0.0030	0.0020	0.0010	0.0010
경북	소부문	비료 및 농약	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	기타 플라스틱 제품	선철 및 조강
	총효과	0.0129	0.0049	0.0040	0.0010	0.0010
광주	소부문	농림어업 서비스	도소매 서비스	곡물 및 식량작물	채소 및 과일	기타작물
	총효과	0.0040	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
대구	소부문	농림어업 서비스	직물제품	도소매 서비스	곡물 및 식량작물	채소 및 과일
	총효과	0.0040	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000
대전	소부문	농림어업 서비스	비료 및 농약	도소매 서비스	곡물 및 식량작물	채소 및 과일
	총효과	0.0059	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000
부산	소부문	도소매 서비스	직물제품	도로운송서비스	곡물 및 식량작물	채소 및 과일
	총효과	0.0020	0.0010	0.0010	0.0000	0.0000
서울	소부문	도소매 서비스	중앙은행 및 예금취급기관	농림어업 서비스	부동산 임대 및 공급	도로운송서비스
	총효과	0.0198	0.0099	0.0030	0.0030	0.0020
울산	소부문	석유제품	비료 및 농약	기초유기화학물질	합성수지 및 합성고무	비철금속괴
	총효과	0.0198	0.0148	0.0020	0.0010	0.0010
인천	소부문	농림어업 서비스	석유제품	중앙은행 및 예금취급기관	전력 및 신재생에너지	도시가스
	총효과	0.025717	0.01088	0.007913	0.005935	0.0049
전남	소부문	비료 및 농약	석유제품	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	기초유기화학물질
	총효과	0.0366	0.0129	0.0089	0.0069	0.0049
전북	소부문	비료 및 농약	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	도소매 서비스	채소 및 과일
	총효과	0.0049	0.0030	0.0020	0.0010	0.0000
제주	소부문	농림어업 서비스	곡물 및 식량작물	전력 및 신재생에너지	비료 및 농약	도소매 서비스
	총효과	0.0198	0.0030	0.0020	0.0010	0.0010
충남	소부문	비료 및 농약	석유제품	곡물 및 식량작물	농림어업 서비스	기초유기화학물질
	총효과	0.0089	0.0040	0.0030	0.0030	0.0030
충북	소부문	곡물 및 식량작물	플라스틱 1차제품	농림어업 서비스	직물제품	비료 및 농약
	총효과	0.0020	0.0020	0.0010	0.0010	0.0010