

기후변화가 벼생산 취약성에 미치는 영향분석을 위한 방법론 개발

유가영 (한국환경정책평가연구원 기후변화연구실, gyyoo@kei.re.kr)

심교문 (농업과학기술원 환경생태연구실, kmshim@rda.go.kr)

1. 서론

농업은 자연환경과 인간사회를 연결시키고 있으므로 식물생리, 기후, 생물물리적 측면 이외에도 사회, 경제, 정치 및 환경 이슈를 넓게 포괄하는 중요한 부문이다. 기후변화는 이러한 농업에 하나의 위협이 되어가고 있으며 기후변화라는 위협이 인간의 지속가능한 발전에 방해가 되지 않게 하려면 기후변화에 대한 “적응”을 생각해야 한다.

벼생산은 우리나라 농업에 있어 가장 중요하며 기후변화에 따라 벼생산량이 어떻게 변동할 것인지에 관한 예측을 위해서는 주로 작물 동태모형을 사용한다. 작물 동태모형은 기후요소, 토양요소, 농경관리 요소 등을 입력자료로 하여 작물의 생장을 모사하는데, 논에서 자라는 벼의 생장은 물에 의한 제한을 받지 않는다는 가정하에 생장모형을 돌리게 된다. 그러나 논벼의 생산에 있어서 물의 공급은 부족해도, 초과해도 문제가 된다. 이런 의미에서 기후변화에 따른 벼생산량 변화 연구는 기후변화가 식물의 생장과 수자원에 미치는 영향을 동시에 파악하여야 한다고 할 수 있다.

농업 부문에 있어서 대표적인 기후 적응 사례로는 관개시설을 들 수 있다. 우리나라는 관개시설 확보에 많은 노력을 기울여서 1980년대에 75%이던 수리안전답의 비율이 2005년에 이르러 80%를 넘어섰다. 심 교문 외(2003)의 연구에 의하면 우리나라 1991~2000년 동안 농업 재해의 주요 원인으로 풍수해, 태풍 및 폭설을 들었고 가뭄은 주요 재해 원인으로 평가되지 않는다고 보고하였다. 이는 우리나라가 가뭄에 대한 적응능력이 높은 반면, 풍수해에 대한 적응능력이 높지 않음을 보여주고 있다. 기후변화에 따라 이와 같은 가뭄 및 풍수해는 점점 증가할 것으로 예측됨에 따라 이에 대비한 적응능력 지수를 제안하고 개발하는 것이 시급하다.

본 연구의 목적은 작물 생산량을 기반으로 한 기후변화 민감도 지수와 가뭄 및 풍수해에 대응하는 적응능력의 지수를 제안하여 이들 둘을 통합한 취약성을 분석하는 데에 있다.

2. 방법 및 도구

연구 대상지는 남한의 곡창지대인 전라 남북도이고, 분석을 위한 공간단위는 시, 군, 구로 정하였다.

기후변화에 따른 벼생산 민감도의 경우는 1971~2000년까지의 평균생산량을 기준년도로 하고 기상청에서 다운스케일링 한 IPCC A2 시나리오를 기반으로 하여 미래(2001, 2030, 2050, 2080년)의 벼생산량을 CERES-rice 모델을 이용하여 예측하였다. 기준년도의 벼생산량에 대한 상대적인 변화량을 벼생산량 변화율(%)로 표시하였고 이를 7개의 민감도 등급으로 나누었다.

$$\text{벼생산량 변화율(\%)} = \frac{\text{해당년도 생산량} - \text{기준년도 생산량}}{\text{기준년도 생산량}} * 100 \quad \text{--(식 1)}$$

기후변화에 따른 농업용수 상태에 관한 적응능력은 크게 가뭄의 경우와 홍수의 경우로 나누었다. 이 중 가뭄의 경우는 작물의 용수 수요량과 주요 저수지의 저수량 간의 상관관계를 고려한 ACDS (Adaptive Capacity for Drought Stress)로 정의하여 개발하였다. 이는 1991년부터 2003년까지 각 시, 군, 구별로 농업 용수 수요량과 저수지의 저수량 자료를 수집하여 이들 둘 간의 스캐터 플롯을 그리고, 이 중 저수지의 저수량이 농업용수 수요량보다 큰 시점이 차지하는 비율로 정의하였다. 홍수의 경우는 과거 13년간의 풍수 피해액 중 농업 피해액을 조사하고, 이를 기반으로 피해액이 낮은 경우가 적응능력이 높다고 보는 ACFD (Adaptive Capacity for Flood Damage)를 정의하였다. 적응능력 지수의 경우는 미래 예측을 수행하지 않았으며 1991년~2003년까지의 자료를 활용한 적응능력 지수의 계산을 적응능력에 관한 기준선으로 보고 이것이 2080년까지 변화하지 않는다는 가정 하에 다음 단계의 취약성 계산을 하였다.

벼생산량의 취약성은 벼생산량 변화를 기반으로 한 벼생산 민감도 지수와 ACDS 및 ACFD를 이용하였고 관련 식은 다음과 같다.

$$\text{취약성 지수} = \text{벼생산량 민감도지수} + (\text{ACDS} + \text{ACFD}) / 2 \quad \text{----- (식 2)}$$

3. 결과 및 토의

벼생산량 변화율에 기반을 둔 기후변화에 따른 벼생산량 민감도는 1971~2000년을 기준년도로 하여 2001, 2030, 2050, 2080년의 민감도를 계산하였을 때, 남서

해안쪽으로 벼생산량의 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 2080년을 사례로 볼 때 기준년도에 비해 벼생산량이 1.9~29% 가량 감소하는 것으로 예측되었다 (그림 1).

가뭄에 대한 적응능력인 ACDS는 작물의 용수 수요량과 주요 저수지의 용수 공급량간의 관계로 계산된다. 작물의 용수 수요량은 1991년에서 2003년에 이르기까지 연도별 변이는 있으나 뚜렷한 추세가 관찰되지는 않는다. 반면 주요 저수지의 용수 공급량은 1994~1996년 가뭄을 겪으면서 대형 저수지 및 댐이 건설되어 용수량이 크게 증가한 것을 알 수 있었다. ACDS를 계산하여 이를 4 개의 등급으로 나누어 보면, 진안, 익산과 남원, 곡성, 순천, 광양, 광산, 함평, 영광, 무안 등의 ACDS가 낮은 것으로 나타났다. 반면, 홍수 피해액을 기준으로 계산한 ACFD의 경우는 무주와 순천군에서 가장 적응능력이 낮은 것으로 나타났다.

벼생산량 민감도와 적응능력을 고려한 취약성 지수 분포 지도는 <그림 1>과 <그림 2>와 같다. 단, <그림 2>에 보이는 취약성은 미래의 민감도에 현재의 적응능력을 고려하여 작성된 것이다.

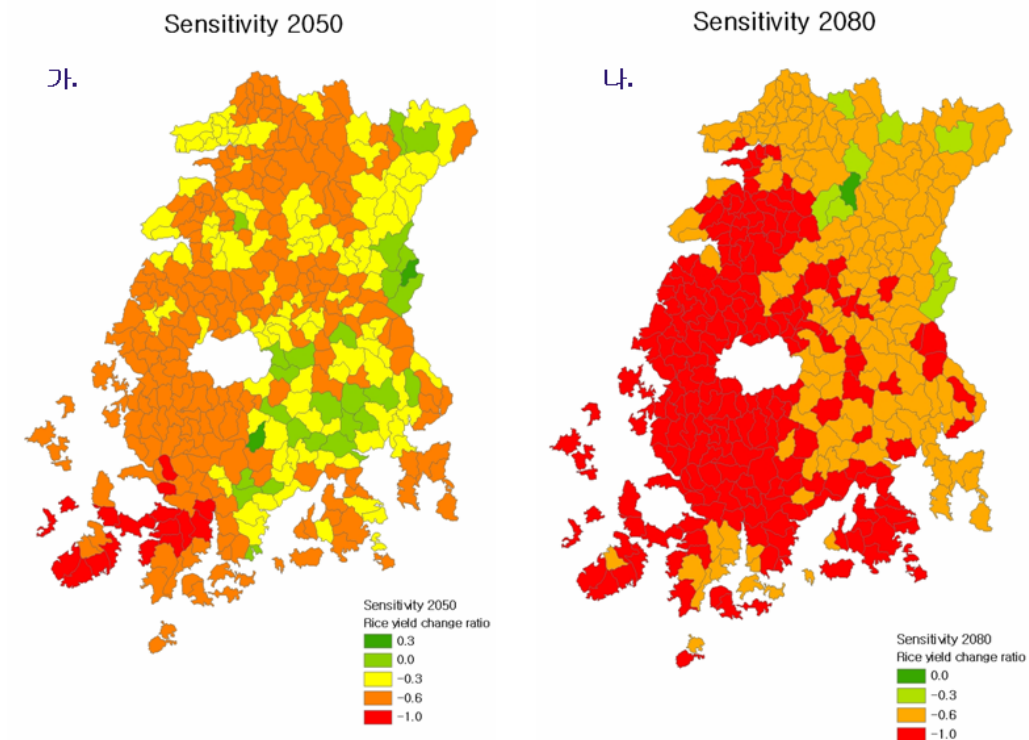


그림 1. 전라남북도 2050년(가)과 2080년 (나)의 벼생산량 민감도 지수의 분포

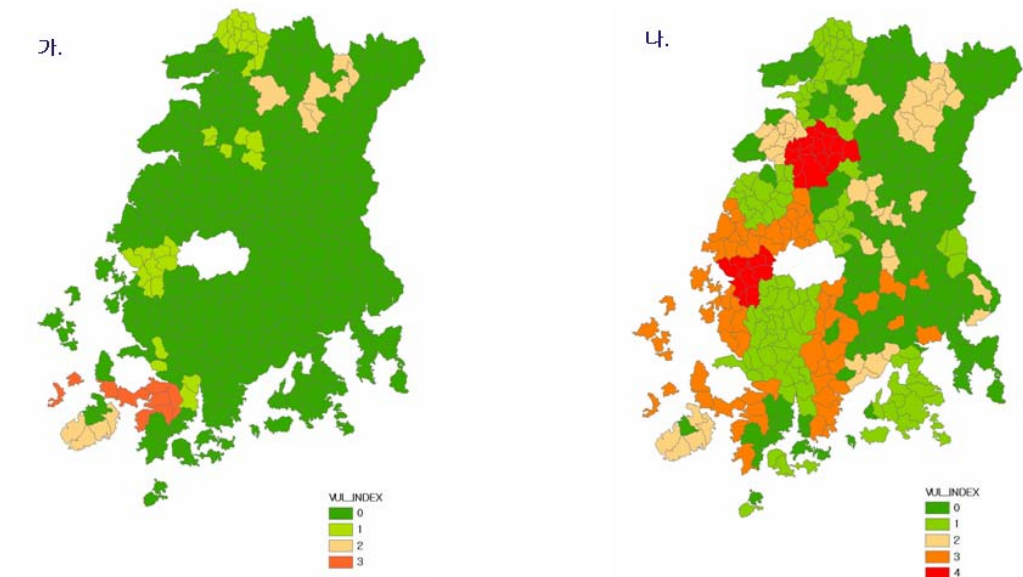


그림 2. 전라남북도 2050년(가)과 2080년 (나)의 벼생산량 취약성 지수의 분포

취약성은 2000년대 후반에 이룰수록 커지며 이는 미래의 벼생산량 감소에 주로 기인한다. 벼생산량 민감도 지도와 취약성 지도를 비교해 보면, 2050년도에 민감도가 전체적으로 높은 것으로 나타난 남서해안의 지역에서, 취약성의 경우는 해남군의 일부 해안 지역에서만 높은 것으로 나타나는데, 이는 이 지역의 적응능력이 높음에 기인한다. 2080년의 경우는 이런 경향이 더욱 두드러지는데, 나주시의 경우, 벼생산량 감소가 크게 예측되었으나 이 지역의 적응능력이 높음으로 인해 취약성은 그다지 크게 나타나지 않았으며, 정읍시의 경우는 벼생산량 감소는 크지 않은 것으로 예측되었으나 이 지역의 적응능력이 낮음으로 인해 취약성은 증가되었고, 함평군의 경우는 벼생산량 감소가 크게 예측되었는데다가, 적응능력도 낮음으로 인해 취약성이 현저하게 증가된 것을 볼 수 있다. 이처럼 벼생산량 취약성은 단순한 벼생산량 변동 지도에 비해 보다 지역적으로 세밀화된 기후변화 영향 평가를 할 수 있으며, 이러한 평가는 작물 생산량이라는 생물물리학적 측면 이외에도 가뭄이나 홍수에 대처하는 사회경제적인 능력까지를 고려함으로써 기후변화 적응에 관한 지역 특이적인 정책을 세우는 데에 큰 역할을 할 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구는 기후변화의 벼생산량 취약성 분석을 위한 방법론을 제시하였다는 데에 큰 의의가 있다. 그간의 기후변화 영향평가 연구는 생물물리학적인 작물생산량에만

국한되어 온 현실이다. 그러나 벼생산량을 기반으로 한 생물물리학적인 민감도와 기후변화에 대처하는 능력을 사회경제적으로 평가하는 적응능력을 포괄하는 개념인 기후변화의 취약성 평가는 기후변화에 대응하는 적응정책을 수립함에 있어서 반드시 파악해야 한다. 그러나 본 연구는 다음의 제한점을 가진다. 첫째, 적응능력 지수 계산에 있어서 미래의 적응능력에 관한 예측을 수행하지 못하였다. 이는 차후 연구에 있어 반드시 수행해야 할 부분이다. 둘째, 민감도 및 적응능력 지수를 몇 가지 등급으로 나누어 표현하였는데, 이런 등급 구분에 관한 객관적인 기준을 제시하지 못하였다. 이는 지수 연구 자체의 제한점이기도 하지만 차후 연구에 있어서는 객관적 기준에 관한 이론적 근거를 반드시 제시하여야 할 것이다. 셋째, 취약성 지수 계산에 있어서 민감도 및 적응능력을 서로 독립된 변수로 생각하였는데, 이에 대한 이론적 근거를 마련해야 할 것이다. 이상의 제한점을 극복하여 보다 발전된 취약성 지수를 제안하게 된다면 이를 다른 부문에 까지 확대하여 차세대 기후변화 연구의 토대를 마련할 수 있을 것으로 기대한다.