

미국 농업부문 기후변화 평가

허정희*

1. 서론

기후 변화로 인해 폭염이나 가뭄, 극단적 강우와 같은 이상 기상 현상이 과거보다 더욱 빈번하면서도 심각하게 발생하고 있다. 이는 농업과 식품 시스템 그리고 농촌 지역 사회 전반에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이러한 기후 현상은 농작물 재배지역의 변화와 작물 생장의 계절성에 혼란을 초래하여 농업 생산의 위험(risk)을 가중시키고 있으며, 환경에 대한 더 큰 적응 노력을 요구하고 있다. 이에 따라 기후 변화는 영양가 있는 식품에 대한 물리적, 경제적 접근성을 감소시키게 되고 그 영향은 사회 전반에 걸쳐, 특히 사회적 취약계층에 더욱 심각한 영향을 초래할 것으로 예상된다. 또한, 농업 생산의 기반이 되는 농지와 자연 자원을 터전으로 삶을 영위하는 농촌 지역 사회 역시 기후 변화에 따른 새로운 도전에 직면하고 있다.

미국은 기후 변화 대응을 위해 연방정부 차원에서 기후 영향에 대한 평가를 실시하여 보고서를 발행하고 있는데, 2023년에 발표된 ‘제5차 국가기후평가(The Fifth National Climate Assessment)’ 보고서에는 기후 변화에 따른 농업 부문의 다양한 피해 사례가 수록되었다. 극단적인 강우량으로 인한 농작물 생육 피해, 파종 및 수확 지연, 북동부 지역의 해충 발생 범위 확대, 평균 및 극단적인 기온 상승으로 인한 남동부 및 남서부 지역 농업 노동자의 건강 악영향, 중서부 지역의 폭우나 극심한 가뭄으로 인한 옥수수 수확량 감소, 남서부 지역의 가축 열 스트레스 발생 증가, 알래스카 주요 어업 기반 붕괴 등이 이에 해당한다.

* 경상국립대학교 식품자원경제학과 조교수(berliner@gnu.ac.kr).

본고는 미국 USDA Agricultural Research Service가 2023년 11월에 발행한 “제5차 국가기후평가(The Fifth National Climate Assessment)” 보고서 11장의 내용을 번역·정리한 것임.

기후 변화로 인한 식품 시스템과 공급망의 혼란은 앞으로 더 심화될 것으로 예상된다. 이러한 혼란으로 인해 일부 식품은 더 비싸고, 더 접근하기 어려워질 것으로 예상되며, 특히 농촌 지역을 포함한 저소득 가구나 개인들에게 더 큰 영향을 미칠 것이다. 2021년에는 식량 불안(food insecurity)이 전체 미국 가구의 10.2%(1,350만 가구)에 영향을 미친 것으로 나타났는데, 기후 변화에 따라 소비자들의 직면하는 식품 접근성에 대한 불평등 문제는 더 악화될 전망이다. 기후 변화로 인해 생산 현장에서 발생하는 피해 역시 기후 변화에 대한 적응 및 대처 능력이 미흡한 소규모, 미숙련, 저소득 농가를 중심으로 더욱 심하게 나타나고 있다.

이와 같이, 기후 변화는 미국의 농업 생산, 식품 시스템 및 농촌 지역 사회에 상당한 위협 요인으로 다가오고 있다. 온실가스 배출을 줄이고 지속되는 기후 변화에 적응하기 위해서는 농생태학적 접근법(agroecological approaches)에 기반한 기후 스마트 관행(climate-smart practices)이 필요하다. 질소 비료의 적정 시비량, 위치, 시기를 목표로 하는 정밀 기술을 사용하여 아산화질소 배출을 줄이고, 반추동물의 메탄 배출을 줄이는 사료를 개발하며, 무경운, 피복작물 재배, 다년생 작물의 윤작을 통해 토양에 탄소를 더 많이 저장하는 보전 관리(conservation management)를 실시함으로써 기후 변화를 상당 수준 완화시킬 수 있다. 이러한 농생태학적 접근법은 토양 건강을 개선하고 생물 다양성을 증가시키며 비료, 사료, 물, 에너지의 효율적인 사용을 통해 기후 변화 완화 및 적응에 기여할 것이다.

2. 본론

2.1. 농업 부문의 기후 변화 적응을 통한 회복력 증가

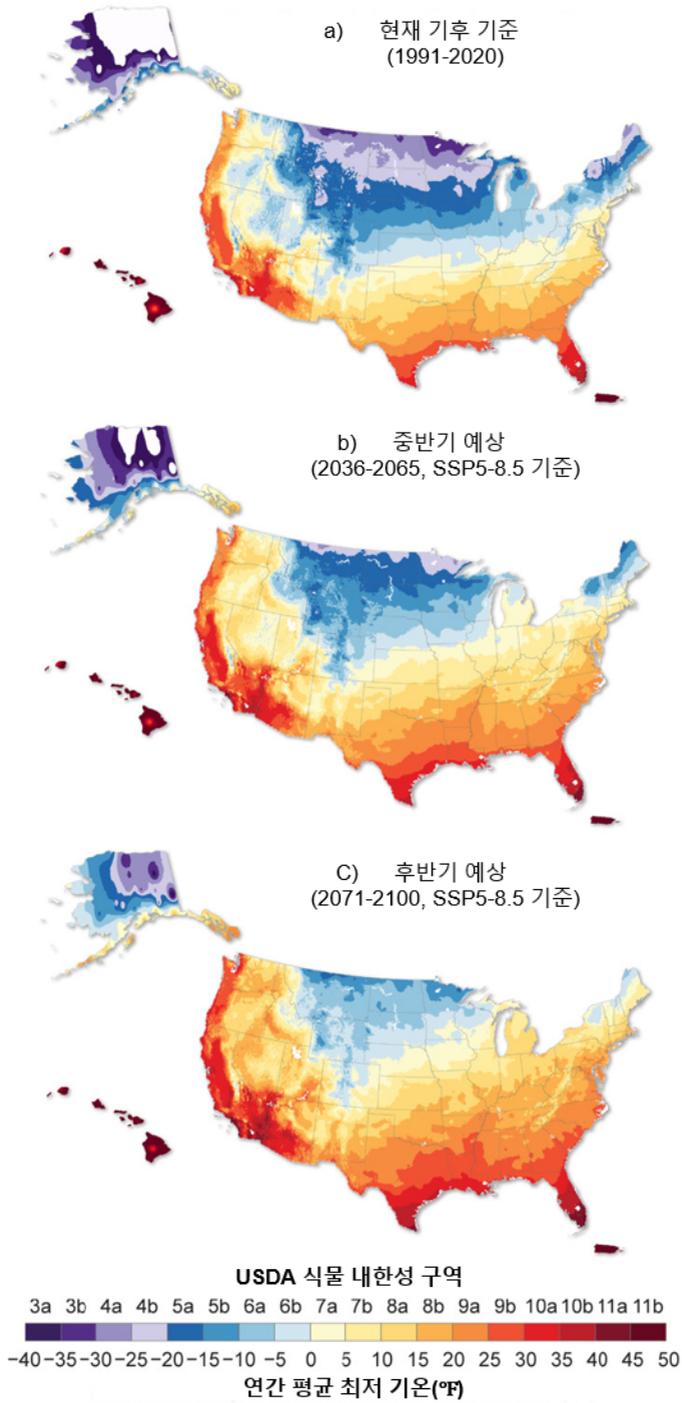
“기후 변화는 강수량, 기온, 토양 습도 등에 따라 결정되는 농작물의 재배 지역과 재배 일수에 혼란을 초래하여 농업 생산의 위험을 증가시켰다(매우 높은 확신). 보전 관리가 환경이나 경제적 측면에서 미치는 긍정적 영향에 대한 증거가 늘어나면서 일부 농업인들은 농생태학적 관행을 채택하게 되었으며(매우 높은 확신), 이는 농업 생산자가 온실가스 배출을 줄이고(중간 확신) 기후 변화에 대한 농업의 회복력을 개선할 수 있는 잠재력을 증가시킨다(높은 확신).”

농업은 식량이나 사료, 그리고 섬유나 연료의 원재료를 생산하는 산업으로 현대 농업은 영양, 의복, 건설, 에너지 등 사회의 다양한 분야에서 요구되는 농산물 수요를 충족시키기 위해 대량 생산을 추구하였다. 이러한 과정에서 과도한 경작, 농약 과다 사용, 단순화된 재배 시스템 등은 환경 악화를 초래하였다. 따라서 과거의 관행에서 탈피하여 적응형 보전 관리법(adaptive conservation management)을 적용함으로써 농업을 둘러싼 자연 환경을 다양화하고, 기후 변화에 대한 회복력(resilience)을 갖추며 생태계 서비스를 개선할 수 있다.

농업은 토양, 물, 공기, 햇빛에 의존하는데, 이는 계절에 따라 변할 뿐만 아니라 짧게는 일일 단위로 변화한다. 기후 변화는 이러한 기본적인 자연 자원의 순환을 방해한다. 예를 들어, 식물 생육의 적합성을 나타내는 일반적 지표인 식물 내한성 지역은 기후 변화로 인해 서리가 없는 기간이 길어지면서 변동하고 있다(그림 1). 기후 변화로 인해 발생하는 날씨의 변동성 증가는 작물 선택, 장비 사용, 관리 방식을 포함한 농업 관행(agricultural practices)의 변화를 초래하고 있다.

기후 변화는 가뭄, 홍수, 폭염 등의 발생을 통해 토양을 악화시켜 정상적인 농작물의 생산과 생태계의 순환을 방해한다. 과도한 경작 및 방목, 농약에 대한 과의존은 토양 유기물의 고갈을 초래하고 토양의 질을 악화시킨다. 따라서 토양 관리는 기후 변화에 대한 농업 시스템의 회복력과 지속 가능성 향상에 기여할 수 있다. 이에 따라 농업 생산성을 유지하면서 건강한 환경을 지키기 위해 보전 기반의 농생태학적 접근법(conservation-based agroecological approaches)의 필요성에 대한 인식이 점점 더 높아지고 있다. 농생태학(agroecology)은 넓게는 생태적, 경제적, 사회적 차원을 모두 포괄하지만, 기본적인 개념은 생태학적 원칙에 기반하여 농업 시스템을 지속 가능하게 설계하고 관리하는 것이다.

〈그림 1〉 식물 내한성 지역 변화 전망



자료: Bolster et al.(2023), p.7.

〈글상자 1〉 농생태학(agroecology)의 정의

농생태학에 대한 정의는 여러 가지가 존재한다. 따라서, 어느 한 정의에 따라서는 허용되는 관행이 다른 정의에 따르면 허용되지 않을 수 있다. 본 보고서에서는 농생태학적 접근법을 생물물리학적, 기술적, 사회적 개념과 원칙을 통합하여 식량 및 농업 시스템을 디자인하고 관리해나갈 방향을 제시하는 토지 관리 관행으로 정의한다. 농생태학적 관행은 1) 유전학 및 육종 개선, 2) 토양 건강 관리, 3) 작물 및 가축의 통합 및 다양화, 4) 정밀 기술 등을 포함하되, 이에 국한되지는 않는다. 농생태학은 지역적, 역사적 여건을 고려하여 시스템 과학적으로 개발된 농업 관행 및 관리법을 추구한다. 농생태학에는 기술의 투입을 최소화하는 자급자족 농업이나 유기농업도 포함되지만, 기술을 이용한 자원의 신중한 이용 역시 포함된다. 즉, 농생태학은 기술 투입의 정도와 관계없이 과학 기반 생태적 개념과 원칙을 적용하여 생산적이고 지속 가능한 농업 생태계를 설계하고 관리하는 것을 의미한다.¹⁾

농생태학적 개념의 적용은 자연 기반 솔루션, 정밀 기술, 기후 변화 적응 및 완화를 목표로 하는 기후 스마트 농업을 포함한 광범위한 관행을 일컫는다. 또한 농생태학적 관행은 환경에 맞는 품종 선택, 유기물 기반의 영양 순환, 통합적 관리, 자연적 해충 관리 등을 포함하며, 이러한 방식은 화학 비료 및 농약 투입에 대한 의존도를 줄일 것으로 예상된다. 또한, 농지, 초지, 산림, 습지 등 공간적으로 다양한 경관은 보다 건강한 생태계 기능을 촉진할 것이다.

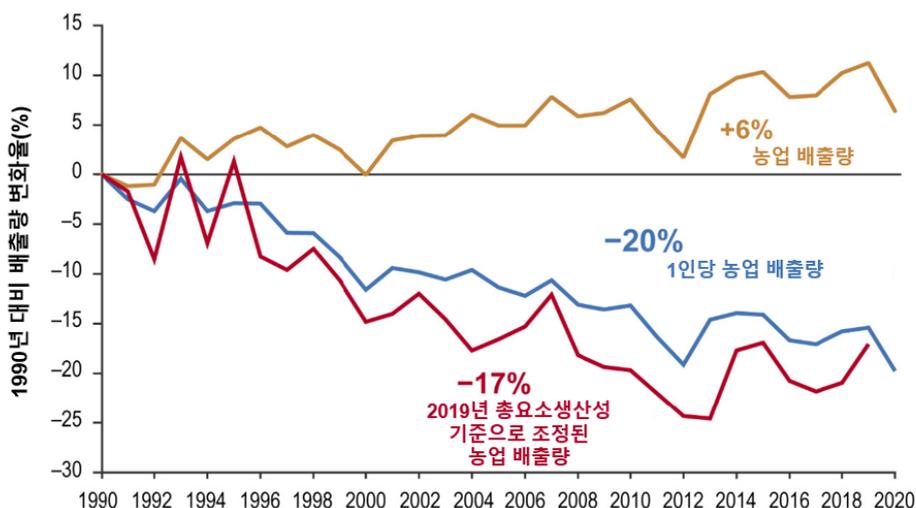
농생태학적 시스템은 작물에 더 많은 영양소를 공급하고 화학 비료에 대한 의존도를 최소화하기 위해 토양 내 자연적 구성 요소(박테리아, 유기물, 광물 등) 간의 영양소 순환을 촉진하는 것이다. 질소질 비료는 대표적 온실가스인 아산화질소(N_2O)의 주요 배출원이다. 농작물의 영양소 사용 효율성(즉, 비료 한 단위당 작물 생산량)을 개선하면 농가의 투입재 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 화학 투입재 침출로 인한 수질 오염을 방지하고, 아산화질소 등 온실가스 배출을 줄임으로써 농가들이 기후 변화에 더 잘 견딜 수 있도록 할 수 있다.

지난 30년간 미국 농업 부문의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가해 왔다(그림 2). 규모의 경제 실현과 유전학 및 농업 기술의 발달은 생산성을 향상시킴으로써 인구당 또는 총

1) 농생태학에 대한 보다 심도 있는 논의는 Altieri et al.(2015)를 참조할 수 있음.

요소생산성 단위당 온실가스 배출을 감소시켰다. 그럼에도 온실가스의 배출총량은 증가하고 있으며, 이를 완화시키는 것은 여전히 중요한 과제로 남아있다.

〈그림 2〉 미국 농업부문 온실가스 배출 지수(1990-2020)



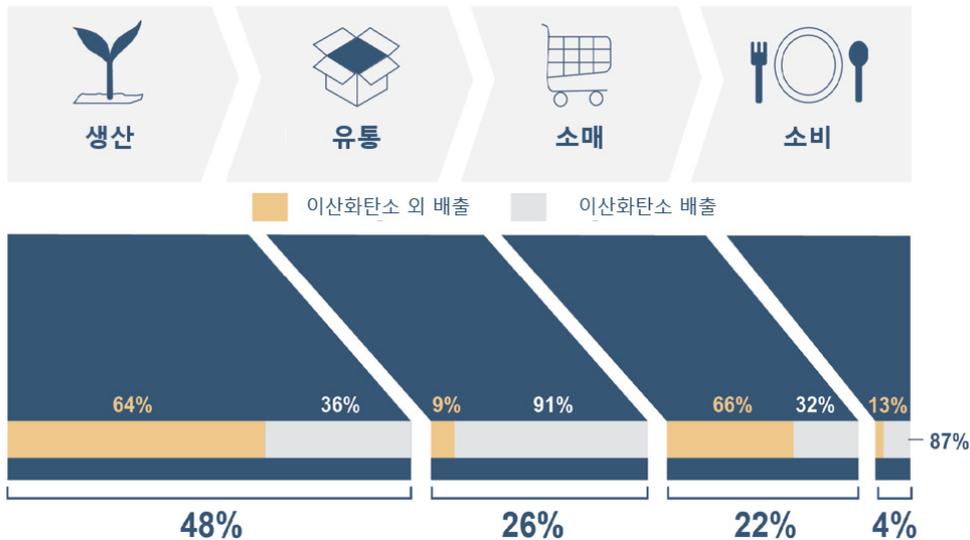
자료: Bolster et al.(2023), p.10.

농생태학적 관행은 온실가스 배출을 완화하면서 수자원 부족을 극복하고, 영양분의 순환을 개선하며, 해충의 피해를 최소화하여 생산을 점차 안정화하는 데 중요한 적응 메커니즘을 제공한다. 농경지에서 탄소를 격리하는 것은 온실가스 배출을 줄이기 위한 한 가지 전략으로 부상하였다. 연중 내내 작물을 심고 기르는 형태의 토지 사용과 농업 관행은 대기 중의 이산화탄소(CO₂)를 식물 바이오매스로 전환하는데, 이중 대부분은 분해되어 이산화탄소로 대기에 재방출되고 일부 낮은 비율만 토양 유기물로 저장된다. 토양은 탄소를 얻는 속도보다 훨씬 빠르게 탄소를 잃기 때문에 토양의 교란을 최소화하고 더 안정적이고 지속적인 식물 피복이나 잔류물을 유지하는 것은 토양 내 탄소 저장 및 생태계 서비스에 매우 중요하다. 예를 들어, 초원과 삼림을 결합한 혼농임업과 같은 다년생 시스템은 토양과 목본 식생의 탄소 저장을 촉진하는 동시에 생물다양성을 증진하고, 방목 가축의 열 스트레스를 완화하며 유역 관리를 개선한다.

가축 사육은 여러 종류의 온실가스(CO₂, N₂O, CH₄)를 배출하여 기후 변화에 영향을 미치며, 이는 생산 규모에 따라 달라진다. 가축 사육 과정에서 발생하는 장내 배출은 미국 전

체 메탄(CH₄) 배출의 25%를 차지한다. 메탄은 강력한 온실가스지만 일반적으로 대기에서 이산화탄소(수개월에서 수천 년)나 아산화질소(N₂O, 116년)보다 오래 잔류하지 않는다. 따라서 온실가스를 잔류기간별로 구분하여 지구 온난화에 대한 잠재력을 보다 정밀하게 예측할 필요가 있다. 이는 미래의 지구 온도를 계산하는 데에도 도움이 될 뿐만 아니라, 농업 부문에서 발생하는 메탄과 같이 특정 온실가스에 대한 감축 전략의 비기후적 편익도 개선될 것으로 예상된다.

〈그림 3〉 미국 내 식품 공급 체인 단계별 온실가스 배출



자료: Bolster et al.(2023), p.19.

기후 관련 위협 요인과 농업 환경의 복잡성으로 인해 이에 대한 관리와 접근 역시 다양하게 이루어질 필요가 있다. 지역별 특성을 고려한 식물 및 동물 유전학과 이에 대한 지역 맞춤형 관리를 통해 토양 탄소 격리를 최적화하고 온실가스 배출을 줄이며 변화하는 기후에 대한 적응력을 향상시킬 수 있다. 디지털 장비와 인공지능에 기반한 정밀한 관리는 토양과 미세 기후에 대한 변동성을 보다 잘 반영하여 자연 자원의 이용 및 관리 성과를 극대화할 수 있다.

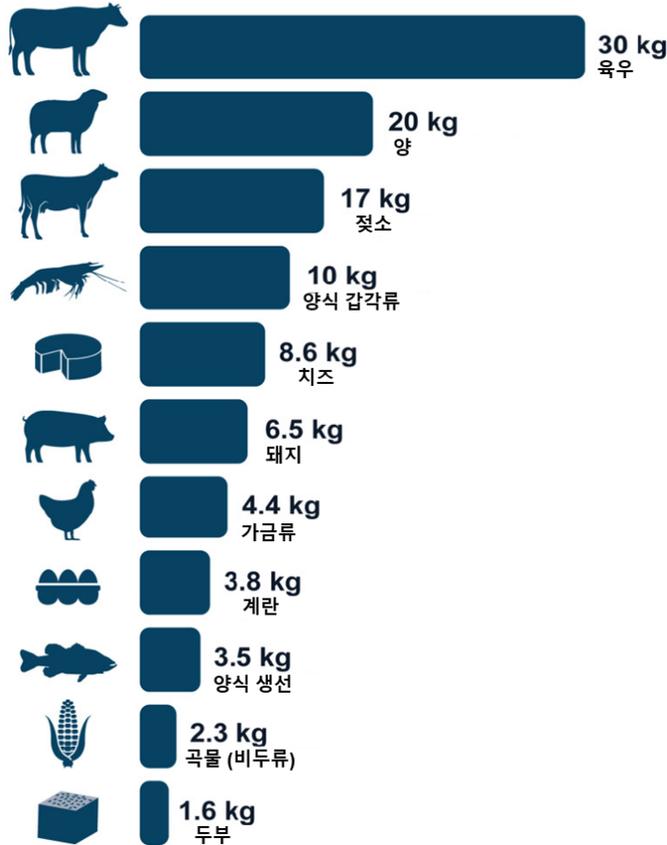
효과적인 농업 의사 결정을 지원하고 기후 변화에 대한 회복력을 향상시키기 위해서는 시간적, 공간적 환경이 반영된 정확하고, 신뢰할 수 있는 데이터의 확보가 필수적이다. 예

를 들어, 가뭄 기간 동안 용수의 이용가능성을 파악하기 위해서는 오랜 기간에 걸쳐 수집된 데이터가 뒷받침되어야 한다. 현장에서 수집된 데이터와 컴퓨터 분석 모델이 결합되면 농가 단위나 지역 단위에 대한 생산성, 토양 탄소 변화, 생물다양성 및 수질에 대한 추정치를 집계할 수 있다. 이러한 기술을 보다 넓은 광역 단위의 지역이나 국가 차원으로 확장한다면 식량이나 물, 에너지에 대한 경쟁적 수요를 효과적으로 충족시키기 위한 의사 결정에 도움이 될 것이다. 따라서 이러한 솔루션이 효과적으로 구동되기 위해서는 기후 스마트 관행에 대한 농업 현장의 데이터가 널리 접근 가능하고 대규모로 제공되어야 한다.

식량의 지속 가능성에 대한 우려가 높아지면서 식물이나 단백질 대체 생산과 같이 온실가스 배출을 줄이는 것으로 알려진 제품에 대한 대중들의 관심이 커졌다. 예를 들어, 도시 농업(예: 커뮤니티 가든, 푸드 포레스트, 옥상 농장), 환경 제어 농업(예: 온실, 재배 하우스, 성장 챔버), 해산물로 육류 대체, 식물성 고기, 세포 배양 식품(예: 배양육)과 같은 것들이 온실가스 감축을 위한 방안으로 대두되었다. 그러나 일부 방법들은 단위 식품 생산당 더 많은 인프라나 에너지 투입을 필요로 하여 기존 관행 농업에 비해 온실가스 배출을 오히려 증가시킬 수 있음에 주의해야 한다. 대체 농업 시스템의 개발 및 경제성, 지속 가능성은 사회적, 경제적, 환경적 요인뿐만 아니라 제도적 제약(예: 지속 가능한 시스템을 만들기 위한 법률 및 인센티브)에 의해서도 달라진다.

육상에서의 생산 관행과 마찬가지로, 양식업의 혁신도 단백질 생산에 기후 적응 접근 방식을 도입하게 되었다. 양식업은 높은 사료 전환 효율(즉, 단위 사료당 생산되는 단백질의 양)과 다른 동물성 단백질에 비해 낮은 온실가스 배출량을 특징으로 하여(그림 4), 단백질 생산, 인간 영양, 식량 가용성을 증가시키는 기후 스마트 잠재력을 강조한다. 그러나 양식업 내에서도 온실가스 배출은 종에 따라 다르며, 해조류와 이매패류가 가장 낮은 배출원에 해당한다. 또한, 해양 양식장의 위치와 선택적 번식은 기후에 대한 영향을 더욱 줄일 수 있다. 양식을 통한 계획된 생산은 기후 변화로 인한 일반 어업의 생산량 변동성을 완충할 수 있지만, 기후 변화로 인한 온도 상승, 해양 산성화, 해수면 상승은 양식 생산의 증가를 제한할 것이다. 또한, 일부 해안 지역 공동체는 양식업에 대한 복잡한 사회적, 생태적 우려를 제기하였다. 사회적 우려에는 전통적 방식의 생계와 상업적 방식 간의 갈등, 사업의 통합 등이 포함되며, 생태적 우려에는 야생종에 대한 질병 및 기생충 전염, 야생과 양식 종간의 경쟁, 환경 오염, 그리고 어류 양식으로 인한 조개류 서식지 훼손 등이 포함된다.

〈그림 4〉 단백질 생산 시 발생하는 온실가스 배출량
단백질 100g당 이산화탄소 환산 배출량(kg CO₂)



자료: Bolster et al.(2023), p.13.

기후 변화 속에서도 회복력 있는 농업 생산 시스템을 구축하는 것은 가능하다. USDA는 산하기관들(Natural Resources Conservation Services, Farm Service Agency, Risk Management Agency)을 통해 농생태학적 접근법을 지원하는 보전 프로그램을 제공하고 있는데, 이를 통해 생산 목표를 최적화하는 동시에 토양 탄소를 저장하고, 온실가스 배출을 줄이며, 생물다양성을 보호하고, 수질 및 대기질을 유지하며, 오염물질에 대한 노출을 줄여 토양과 인간의 건강을 개선함으로써 농촌의 사회적 기여도를 높일 수 있다. 또한 생산자들은 기후 변화에 대한 관리 조정을 통해 적응(adaptation)에 집중하거나, 토양 유기탄소를 저장하고 온실가스 배출을 줄이기 위한 완화(mitigation)에 집중할 수 있다.

2.2. 식품 시스템에 대한 기후 변화의 불균등한 영향

“기후 변화는 영양가 있는 식품의 가용성과 경제성을 감소시키는 방식으로 식품 시스템에 위해가 될 것으로 예상되며, 사회 전반에 걸쳐 불균등한 경제적 영향을 미칠 가능성이 있다(중간 확신). 기후 변화가 인간의 다른 복지 지표에 미치는 영향도 불균등한데, 예를 들어 농업 노동자들의 열 스트레스 악화(높은 확신) 및 자급자족 기반의 사람들이 사냥, 낚시, 채집을 통해 식량에 접근하는 능력에 대한 방해(높은 확신) 등이 해당된다.”

2.2.1. 기후 변화가 식량 안보에 미치는 영향

식량 안보에는 가용성(availability), 접근성(accessibility), 활용성(utilization 또는 usability), 안정성(stability) 등의 측면이 있다. 식량 안보는 이러한 모든 측면에서 연간 강수량 및 온도와 같은 장기적인 평균 기후 조건의 변화뿐만 아니라 기후 변동성의 증가와 극한 기상의 빈도, 크기 및 지속 기간의 증가를 통해 기후 변화의 영향을 받을 것으로 예상된다. 기후 변화는 생산, 저장, 가공, 유통, 판매 및 소비를 포함하는 식량 공급망의 모든 단계에 영향을 미치고(그림 5), 식량 공급망의 혼란은 식량 안보를 포함한 전체 식품 시스템에 지역적뿐만 아니라 전세계적으로 영향을 미친다.

〈그림 5〉 식품 공급 체인에 대한 기후 변화 영향(예시)



자료: Bolster et al.(2023), p.16.

지역 내의 극단적인 기상 현상이나 이러한 현상의 복합적 발생(예: 가뭄 중 폭염)은 식량 생산을 크게 감소시키고 관련 인프라를 파괴하여 지역의 식량 안보에 영향을 미친다. 이러한 영향은 때때로 세계 전체 식품 시스템에까지 영향을 미쳐 다른 지역의 식품 가격과 가용성에도 영향을 미친다. 세계 여러 지역에서 동시에 발생하는 극한 기상과 비기후적 혼란(예: 경기 침체, 감염병, 분쟁)은 때때로 공급을 줄이고 무역을 제한하여 가격을 상승시킴으로써 전세계적으로 식품에 대한 접근성과 가용성을 제한할 수 있다.

기후 변화에 대한 식품 시스템의 취약성은 해당 시스템이 지역에서 생산된 식량과 수입된 식량에 각각 얼마나 의존하는지, 그리고 시스템이 기후, 생태계, 사회경제적 요인의 변화에 어떻게 반응하는지 등 복잡한 구조에 따라 달라진다. 광범위한 외부 충격이 발생할 때, 지역의 식품 시스템이 원활히 작동한다면 외부로부터의 영향을 일정 수준 차단할 수 있다. 예를 들어, 지역 농가, 이동식 육류 가공업체 및 식품 지원 단체는 상업적 식품 가공 및 운송 부문에서 COVID-19 관련 인력 부족의 영향을 일부 완화하는 데 기여한 바 있다.

반대의 경우도 마찬가지로, 지역 내 식품 시스템에 충격이 발생할 때 국가 내 타지역의 생산이나 국제 무역을 통해 식량 공급의 부족분을 메우는 데 도움을 줄 수 있다. 지역 내 식품 시스템과 지역 외 시스템은 온실가스 배출이나 사회경제적 및 생태계 영향(예: 탄소 저장, 생물 다양성, 수질) 등의 측면에서 각기 고유한 장단점을 가진다.

2.2.2. 식품 시스템에서 기후 변화의 사회경제적 비용

기후 변화로 인한 식량 안보 위험은 생산자나 소비자가 느낄 수 있는 사회경제적 비용을 초래하지만 이를 측정하는 것은 쉽지 않다. 기후 변화가 식품 시스템에 영향을 미치는 범위는 식품 가공, 유통, 마케팅 및 소비보다 더 광범위하다. 예를 들어, 기후 변화는 작물 보험 비용에도 영향을 미치고 있다. 1991년부터 2017년까지 기후 변화로 인한 기온 상승은 미국에서 지급된 작물 보험금의 19%를 차지했다.

총요소생산성(total factor productivity)은 농업에 대한 기후 변화의 영향을 경제적 관점에서 분석할 때 자주 이용되는 지표이다. 미국은 기술 진보로 인해 1948년 이후 농업 부문 총요소생산성이 연간 1.4%씩 꾸준히 증가하였으나, 기후 변화로 인해 1961년부터 2015에 이르는 54년간 미국의 총요소생산성은 불과 12% 성장하는 데 그쳤다. 미국 농업

의 혁신과 기후 변화 적응 노력의 긍정적 효과가 최근 연도의 두 배로 늘어나지 않는다면 2050년경에는 농업 부문 총요소생산성이 1980년대 이전 수준으로 감소할 가능성이 있는 것으로 전망된다.

또한 높은 온·습도는 과일이나 채소 재배와 같은 노동 집약적인 분야에서 농업 노동자의 생산성과 수입 및 안전에 영향을 미치고 있다. 열 관련 스트레스와 사망률은 미국의 일반 노동자에 비해 농업 노동자에게서 훨씬 더 크게 나타난다. 이와 같은 농업 노동자의 안전과 생산성에 대한 영향은 농업 생산량 감소와 식품 가격 상승을 통해 더 광범위하게 경제에 영향을 미친다. 또한 농업 노동자는 식량 불안을 상대적으로 많이 경험하는데, 이는 기후 변화로 인한 극단적 기상 현상으로 더 악화될 수 있다. 예를 들어, 가뭄은 농업 노동 수요를 줄여 농업 노동자의 수입과 식품 구매력을 저하시키게 된다.

기후 변화는 2050년까지 일부 농작물의 가격을 인상할 것으로 예상된다. 예를 들어, 옥수수의 경우 생산량이 5.5% 감소하여 가격은 26% 상승할 것으로 예상되며, 대두는 생산량이 19% 감소하여 가격이 30% 오를 것으로 예상된다. 밀은 생산량이 36% 감소하여 26% 가격 인상이 예상되며, 쌀은 생산량이 61% 감소하여 가격은 3.1% 상승할 것으로 예측된다. 가격 상승은 기후 변화, 국제 무역, 국내 정책 간의 복잡한 상호작용에 따라 달라지는데, 일반적으로 생산자에게는 이익이 되고 소비자에게는 손해가 되는 것으로 알려져 있다. 이러한 경우, 식품 가격의 상승은 식량에 대한 접근성을 감소시킬 수 있다.

2.2.3. 식량 안보에 미치는 기후 변화의 불균등한 영향

기후 변화는 식량 안보와 인간 건강에 영향을 미친다. 미국 인구 중 약 3,800만 명이 식량 불안정(food insecure) 가구에 속한다. 식량 불안정은 낮은 소득과 관련이 있으며, 식단의 질, 양, 안정성에 영향을 미친다. 기후 변화로 인해 극한 기상이 점점 더 빈번하고 심각하게 발생하여 식품 시스템이 혼란에 빠지게 되면, 여성, 아이들, 노인, 저소득층과 같은 특정 취약 계층의 식량 접근성, 영양, 건강이 더 큰 영향을 받게 된다.

예를 들어, 기후 변화로 인해 영양가 높은 식품의 가격이 오르면, 사람들은 열량은 높지만 영양가는 낮은 식단에 더 의존하게 되고, 이는 건강 위험과 의료비를 증가시키게 된다. 교통 접근성이나 재정적 여건이 좋지 않은 취약계층 노인들은 충분한 양의 영양가 있는 음

식을 안전하게 획득하고 섭취하는 과정에 있어 복잡한 문제에 직면하게 되는데, 이는 극한 기상 현상이 발생할 때 더욱 심화될 수밖에 없다(예: 홍수로 인해 도로나 상점이 폐쇄되는 경우).

또한 기후 변화는 사냥, 낚시, 채집, 자급자족 농업을 통해 식량을 획득하는 개인이나 공동체의 능력에도 영향을 미친다. 자급자족 기반의 사람들이 식량 자원을 채집할 때(예: 야생 쌀, 콩, 버섯) 기후 변화로 인한 새로운 어려움에 직면할 수 있다. 가뭄은 베리, 견과류, 씨앗과 같은 산림 기반 식품의 가용성을 감소시킨다. 알래스카에서는 원주민들 사이에서 자급자족 사냥과 낚시가 흔한데, 얕아진 바다 얼음 때문에 전통적인 사냥이나 낚시, 조개 잡이를 할 수 있는 지역으로의 이동이 더 길어지고 위험해진다. 생태계 변화는 중요한 생물 종의 개체수를 감소시키고 서식 범위를 변화시켜 사람들이 그 종의 위치를 예측하는 것이 더 어렵게 된다.

2.3. 농촌 지역 사회의 새로운 도전과 기회

농촌 지역 사회는 넓은 국토 면적과 자연 자원을 관리하며, 이는 식량, 바이오 제품, 생태계 서비스를 제공한다(높은 확신). 기후 변화가 빈곤, 실업, 인구 감소와 같은 기존의 사회적 스트레스를 가중시키면서 이러한 중요한 역할이 위협에 처하였다(중간 확신). 농촌 지역 사회는 기후 변화에 대한 회복력을 높이고 농촌의 생계 수단을 보호하는 데 기여할 수 있다(높은 확신).

농촌 지역은 미국 전체 국토 면적의 3분의 2 이상을 차지하며, 약 4,610만 명, 즉 미국 전체 인구의 14%가 거주하고 있다. 농촌 지역 사회는 고유한 환경 자산, 문화 유산, 지역 정체성을 가진 생활 방식을 갖고 있다. 농촌 인구는 산림과 하천 유역, 목초지, 그리고 농지를 관리함으로써 자연 자원의 보전과 생태계 서비스가 제공하는 사회적 혜택에 크게 기여한다. 이러한 다양한 역할의 관점에서 농촌 지역 사회는 국가 경제의 지속 가능성과 식량 안보를 뒷받침한다고 할 수 있다.

2.3.1. 미국 농촌의 기후 변화 위험

농촌 사회는 지역 외부에서 생산된 상품에 대한 의존, 경제 및 사회 생활의 디지털화, 지역 사회의 회복력과 생활의 질을 저하시킬 수 있는 인구 변화와 같은 구조적 추세가 초래하는 위험에 직면하고 있으며 기후 변화는 이러한 위험을 가중시킨다. 기후 관련 재난으로 인해 발생하는 예산 부담은 취약 계층에게 각종 인프라와 행정 서비스를 제공하는 지역 정부의 재정적 여력을 저하시킬 수 있다. 증가하는 기후 재난의 빈도와 심각성, 그리고 기후 변화의 복합적이고 연쇄적인 효과는 지역 정부와 농촌 지역 사회에 큰 경제적 어려움을 초래한다. 지역 사회가 직면하는 이러한 문제들의 복잡성과 공간적 불균형을 반영하는 지표는 아직도 늘 충분하지 못하다.

최근 몇 년 동안, 다양한 사회적, 경제적, 생태적 요인으로 인해 발생하는 위험의 변동성을 식별하는 분석 능력은 크게 발전했다. 이에 따라, 공동체가 혼란이나 재난에 대비하고, 적응하고, 회복할 수 있는 능력을 측정할 지표들에 따르면 농촌 지역 사회에는 자연 재해로 인해 예상되는 연간 손실만으로는 정량화할 수 없는 더 큰 위험이 존재하고 있음을 알 수 있다. 이는 지역 사회가 회복력 가질 수 있도록 우선적으로 지원하기 위해 농촌의 위험에 대한 폭넓은 관점에서의 접근이 필요함을 시사한다.

2.3.2. 농촌 지역 사회의 회복력

농촌 지역은 사회적, 인프라적, 제도적, 경제적, 환경적, 공동체적 회복력의 측면에서 지역간에 상당한 수준의 차이가 있지만 대부분의 농촌 사회는 경제적 회복력이 낮고 환경적 회복력은 높은 모습을 보인다. 회복력은 기후 변화와 같은 혼란을 예상하고, 준비하고, 적응하고, 견뎌내고, 회복할 수 있는 능력을 의미한다. 농촌 지역 사회는 회복력에 대해 저마다의 강점과 취약점을 가지고 있는데 경제적, 사회적 제도가 약한 곳에서는 높은 수준의 회복력을 가지기 어렵다. 다수의 농촌 지역은 효과적인 정부 서비스, 경제적 지속 가능성, 강력한 사회적 기반을 유지하는 데 어려움을 겪고 있다. 인구 감소와 지속적인 빈곤을 겪는 일부 농촌 지역은 사회적, 경제적 회복력이 높지 않다. 기술 접근성의 부족과 제한된 재정 및 인적 자원으로 인한 제도적 역량의 부족은 자연 재해의 영향을 악화시킬 수 있다. 또한 농촌 지역 사회마다의 사회적, 환경적 차이는 기후 변화에 대한 회복력을 가지는 데 있

어 복잡성을 더하는데, 지역 사회가 가진 공동체 의식, 자립심, 자연 환경에 대한 암묵지 (tacit knowledge)는 지역 사회의 회복력을 강화할 수 있는 기초가 된다.

농촌 지역은 단일 산업 또는 자연 자원에 기반한 경제에 대한 의존이 높는데 이는 회복력에 더 큰 제약이 된다. 농촌 지역의 산업은 주로 자연으로부터 얻어지는 자원의 획득에 기반을 두고 있는데, 이러한 자연 자원은 기후 변화로 인해 중단될 위험이 커지고 있는 경우가 많다. 알래스카의 사례는 기후 영향이 지속적인 빈곤, 지리적 고립, 경제적 다양성 부족, 자원 의존도에 어떻게 복합적으로 작용하는지 뚜렷하게 보여준다. 2014년부터 2016년까지 알래스카 만에 강도와 지속 기간의 측면에서 전례 없는 해양 고온이 발생하여 이 지역에서 18번의 어업 재난이 선포되었다. 기후 변화는 어업에 대한 접근성을 크게 악화시키고 있으며, 이는 어업 종사자들이 소득 창출의 기회를 잃고 더 적은 양의 물고기를 수확하기 위해 더 큰 위험을 감수하게 만든다.

이처럼 농촌 지역 사회는 여러 가지 어려움에 처해있지만, 재생에너지 생산을 통해 기후 회복력을 높이고 기후 변화를 완화하는 데 긍정적인 기여를 하고 있다. 이러한 노력이 긍정하면서 공동체 구성원의 요구를 충족시키기 위해서는 주민참여 방식의 접근이 필요하다. 켄자스 주 그린스버그 마을이 자연 재해로 파괴된 후, 지역사회는 지속 가능하고 기후 스마트한 재건 과정을 계획하는 데 주민들이 참여할 수 있도록 여러 차례의 공개 회의를 실시하는 등 주민참여 방식의 접근법을 활용했다. 친환경 자재와 ‘에너지 및 환경 디자인 플래티넘 리더십(Leadership in Energy and Environmental Design Platinum)’ 인증을 받은 공공 건물에 중점을 두으로써 공동체는 재건 후 풍력 에너지를 통해 필요한 에너지의 100%를 조달할 수 있게 되었다.

농촌 지역 사회는 새롭게 떠오르는 청정 에너지 경제(clean energy economy)에 기여할 수 있다. 농업과 태양광 에너지 생산에 같은 토지를 동시에 활용하는 첨단 바이오 연료 생산 및 영농형 태양광 시스템이 그러한 예이다. 대체 에너지원은 미국 에너지 수요의 상당 부분을 충족하는 동시에 온실가스 배출량을 줄이고, 나아가 농촌 지역에 추가적인 일자리와 경제적 기회를 창출할 잠재력을 가지고 있다.

3. 요약 및 시사점

기후 변화는 강수량이나 기온의 변동을 초래하여 농업 생산성을 위협하고, 식량 공급의 안정성을 저해시킨다. 이는 식량 안보에 부정적인 영향을 미치고, 특히 사회적 취약 계층의 식품에 대한 접근성과 영양 상태에 심각한 영향을 줄 수 있다.

기후 변화는 식품 공급망의 모든 단계에 영향을 미치며, 지역 및 전 세계적으로 식량 안보를 위협한다. 특히, 극단적인 기상 현상에 전쟁이나 감염병 같은 비기후적 요인까지 더해지면 식품의 공급을 줄이고 국가간 무역을 제한하여 식품 가격 및 가용성에 큰 영향을 미치게 된다.

이러한 상황에 대응하기 위해 농업 부문에서는 기후 변화에 적응하고 온실가스 배출을 줄이기 위한 전략적 접근이 필요하다. 첫째, 기후 변화에 적응할 수 있는 작물 품종의 개발 및 보급이 중요하다. 이를 통해 작물의 내재해성을 강화하고 생산성을 유지할 수 있다. 둘째, 물 관리 기술 및 체계의 발전이 필요하다. 강수량의 변동이 심화됨에 따라 효율적인 물 관리 체계 구축이 필수적이다. 셋째, 온실가스 배출을 줄이기 위한 지속 가능한 농업 관행을 도입해야 한다. 이를 위해 정밀 농업 기술을 활용하여 비료와 물의 사용을 최적화하고, 축산 부문의 메탄 배출을 줄이는 기술을 개발할 필요가 있다.

또한, 농업 정책의 전환도 필수적이다. 정부는 농업 생산자와의 협력을 강화하고, 기후 변화에 대응할 수 있는 지원 체계를 마련해야 한다. 여기에는 농업인들이 새로운 기술을 쉽게 수용할 수 있도록 교육 및 자금 지원이 포함되어야 한다. 동시에, 농촌 지역 사회의 경제적 회복력과 지속 가능성을 높이는 방안도 고려해야 한다. 지역 사회가 자체적으로 기후 변화에 대응할 수 있는 역량을 갖추어 줄 수 있도록 지원하는 것이 중요하다.

기후 변화의 영향은 우리나라에도 예외없이 적용된다. 특히 우리나라는 국토 면적이 제한적이고 농경지가 상대적으로 작아 기후 변화의 영향을 더 민감하게 받을 수 있다. 따라서 기후 변화의 영향을 최소화하고 지속 가능한 농업 생태계를 구축하기 위해 국가적 차원에서의 다각적인 접근이 필요하다. 이는 농업 생산성을 유지하면서도 환경적 영향을 줄일 수 있는 방법을 모색하는 것이며, 나아가 국가 식량 안보를 강화하는 데 기여할 것이다. 이러한 노력을 통해 우리는 기후 변화에 대한 회복력을 높이고, 미래 세대에 지속 가능한 농업 환경을 제공할 수 있을 것이다.

■ 참고문헌

- Altieri, M.A., C.I. Nicholls, A. Henao, and M.A. Lana, 2015: Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Bolster, C.H., R. Mitchell, A. Kitts, A. Campbell, M. Cosh, T.L. Farrigan, A.J. Franzluebbers, D.L. Hoover, V.L. Jin, D.E. Peck, M.R. Schmer, and M.D. Smith, 2023: Ch. 11. Agriculture, food systems, and rural communities. In: *Fifth National Climate Assessment*. Crimmins, A.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, B.C. Stewart, and T.K. Maycock, Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA. <https://doi.org/10.7930/NCA5.2023.CH11>

