

기후변화개론

07. 기후변화의 부문별 영향 - 농업 부문



1. 기후변화가 농업에 미치는 영향

농업은 지금까지 인류 생존의 근본이었고, 앞으로도 그럴 것으로 생각되고 있습니다. 현재 세계 인구는 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있습니다. 향후 100년 안에 인구는 현재의 2배가 될 것이라고 합니다. 인류 생존을 위해서는 세계 인구의 식량 요구량에 맞는 식량생산이 이루어져야 하는데, 이런 의미에서 농업은 산업의 근본이 된다고 말할 수 있는 것입니다. 한편 기후는 농업에 지대한 영향을 주고 있습니다. 매년 변동되는 수확량은 기온과 강수량의 변동에 기인한다고 말할 수 있습니다. 그 일례로 1930년대의 미국의 가뭄으로 인해 농부들이 은행 빚을 갚지 못하여 농장을 떠나 도시로 일을 찾아 나서게 되었습니다.

기후변화가 농업에 미치는 영향에 관한 예측은 단순화시켜 설명하면 작물생장모형을 통한 예측과 경제모형에 의한 예측 두 가지로 나누어 이야기가 되고 있습니다. 작물생장모형은 대기 중 이산화탄소 농도, 온도, 강수량, 토양수분량 등의 변화가 작물의 생산에 어떤 영향을 미치는가를 예측하는 식물 생리학적, 식물 형태학적, 그리고 물리적 과정을 포함하는 모형인데 작물의 생물물리학적 생산량의 예측을 주로 하게 됩니다. 그리고 경제모형이란 기후변화가 사회경제에 미치는 영향을 예측하는 모형으로 기후변화가 식량생산, 소비, 농부의 소득, 고용 및 총생산에 미치는 영향을 추정하게 됩니다. 일반적으로 작물생장모형과 경제모형은 서로 보완관계에 있는데, 작물생장모형에서 예측된 생산량은 경제 모형에서 다루는 작물의 수요와 공급에 따른 작물의 가격, 국제적인 수입/수출 관계 등과 함께 종합적으로 고려되어 최종적으로 농경지 면적의 변화와 가격의 변화 등을 모델링 하게 됩니다.

기후변화는 전지구적식량 생산에 심각한 영향을 줄 수 있습니다. 벼의 생산을 예를 들어 살펴보겠습니다. 벼의 경우, 일반적으로 고온에 대한 내성이 큰 작물로 알고 있습니다. 그러나 지역과 품종마다 생장조건에는 큰 차이가 있습니다. 하지만 우리나라 및 일본에서 인기가 있는 벼품종의 경우를 예로 들면, 등숙 기간에 일교차가 충분히 커야 좋은 품질의 벼가 생산된다고 알려져 있습니다. 그러나 기후변화에 의해 벼가 등숙하는 기간인 9월에도 열대야가 지속되는 등 생장조건의 변화가 오게 되면, 벼가 웃자라 쭉정이 벼가 생기는 등 벼의 생산성은 급격히 감소할 수 있다고 보고되고 있습니다. 즉, 기후변화는 지역에 따라 다르지만, 작물 재배지역에 영향을 주어 작물생산의 증감에 영향을 줄 수 있음을 의미합니다. IPCC 4차 보고서에서 정리된 기후변화에 따른 전세계적 농업의 영향을 살펴보면, 옥수수, 밀, 벼에 대해 온도가 증가함에 따라 작물 생산량에 영향을 받았음을 알 수 있습니다. 옥수수의 경우 중위도 및 고위도 지역에서는 1도 상승 시 5% 가량의 수확량이 감소하고, 저위도 지역에서는 2도 상승 이상의 변화가 일어날 경우 급격한 생산량 감소, 약 10% 정도가 일어납니다. 밀의 경우에는 옥수수보다 더 급격한 감소를 보이고 있습니다. 벼의 경우, 열에 대한 내성이 강하다는 특징이 있기 때문에 중위도 및 고위도 지역에서 1도에서 3도 가량 상승할 때까지는 큰 변화를 보이지 않습니다. 하지만 그 이상의 온도 상승부터는 1도마다 약 5%씩 감소하게 됩니다.

다음은 기후변화가 농업에 미치는 경제적 부정적인 영향에 대해 알아보겠습니다. 지역의 평균온도와 농업 피해 산정을 예측한 결과를 확인해보면, 지역의 평균온도가 증가할수록 농업

피해가 커짐을 알 수 있습니다. 기후변화가 작물생산에 미치는 부정적 영향이 외부 다른 요인에 의해 더 악화될 수도 습니다. 요인으로 첫 번째, 수자원과의 시너지 효과가 있습니다. 전세계적인 농경지의 관개율은 약 20%에 불과하고 이 농경지가 전세계 작물생산의 40%를 담당하고 있습니다. 그런데 기후변화로 인해 가용한 수자원이 부족하게 되면 관개 시스템이 잘 되어 있지 않거나 물이 부족한 지역에서는 식량생산이 감소할 수 있게 되는 것입니다. 기후변화로 인해 스트레스를 받는 작물의 경우는 해충이나 식물병리에 더 취약하여 기후변화에 스트레스를 받지 않는 작물에 비해서도 더 심한 피해를 받을 수도 있습니다. 예를 들어 진드기는 대표적인 초식곤충으로 이는 증가된 온도 및 이산화탄소 농도 조건에서 크게 성장하여 농작물에 큰 피해를 가져올 수 있고 대두식물에 피해를 주는 해충은 겨울이 점점 따뜻해지면서 서식지가 북쪽까지 확장되고 봄이 빨리 옴으로 인해 생육의 초기단계에 큰 영향을 줄 수 있습니다.

2. 기후변화와 식량수급

기후변화에 따른 식량수급은 기후대에 따라 그 상황이 다릅니다. 온대지방의 대부분의 선진국은 기후변화에 따른 농업생산량의 부정적 영향을 상대적으로 조금만 받게 되고 심지어 기후변화로 인해 생산량의 증대가 일어나기도 하는데 북유럽의 경우 기후변화가 겨울밀의 생산량을 10-20% 증가시킬 것이라는 예측이 나오기도 했고 캐나다의 경우 기후변화에 따른 작물생산량의 변동은 지역 및 작물 종류에 따라 다르다는 연구가 진행되었습니다. 옥수수는 약 20%가량 증가하고 밀과 대두는 20-30% 감소할 것이라고 예측됩니다. 중동 및 건조 아시아의 문제는 급격한 인구증가와 관개에 의존할 수 밖에 없는 작물생산이 문제인데 기후변화로 인해 물 부족이 예상되고 이는 관개율이 낮은 이 지역의 농업에 부정적 영향을 미치고 있습니다. 카자흐스탄의 경우는 주요 작물인 봄밀의 생산량이 약 60%까지도 감소할 것이라고 예측됩니다.

3. 기후변화에 따른 농업생태계 변화

기후는 농업생태계에 영향을 주고 또 농업생태계는 기온, 강수량 등 기상환경에 영향을 받습니다. 그 예를 살펴보면 한반도 관측결과, 사과와 보리 등 작물적지이동이 남쪽으로부터 북쪽으로 이동하고 있으며 현재 한국의 남부지방에서 문제가 되는 벼줄무늬잎마름병이 이미 남부지방에서 서해안을 따라 강화까지 북상한 사실이 2001년도에 확인됨으로써 온난화에 따른 병충해 영향확산이 확인된 셈입니다. 기후가 농업생태계에 영향을 준다는 사실에 대한 또 다른 예로 오랫동안 숲의 상태로 유지되던 곳이 농경지로 경작이 시작될 경우 대기 중으로 많은 양의 이산화탄소를 방출하게 된다는 점과 500그램의 소고기 스테이크를 만들기 위해서는 약 20,000칼로리의 화석연료를 연소해야 한다는 분석이 나올 정도로 농업은 온실효과기체의 발생에 하나의 원인을 제공하고 있는 연구 결과로 증명할 수 있습니다. 기후변화에 따른 농업 생태계의 변화는 하나의 상황에 대하여 하나의 반응이 나타나는 것이 아니라, 여러 가지 상황에 대하여 하나의 반응을 나타내거나, 하나의 상황에 대하여 여러 반응을 나타냅니다. 이러한 복잡한 기후변화에 따른 농업 부문의 변화에 대한 기작을 정리해보도록 하겠습니다. 그리고 기후변화에 따른 농업생태계 변화는 농작물 변화, 병해충 변화, 가축변화로 나누어 살펴보도록 하겠습니다. 작물적지이동을 먼저 알아보도록 하겠습니다. 농업생산

활동은 자연환경 가운데 온도, 습도 및 강수량 등 기상환경에 영향을 많이 받습니다. 일 평균기온이 5도 이상인 일수의 지속기간은 작물의 월동과 생육에 중요한 지표가 됩니다. 지구 온난화로 한국의 연평균 온도가 현재보다 3~4도 정도 상승 시 작물재배 가능 기간이 늘어나고 작물재배 가능지역도 북상하여 확대될 것으로 예상되고 재배작목이 다양화되고, 작목 선택의 폭도 확장되었습니다. 그러므로 기후변화에 의해 작물적지이동이 일어날 것으로 볼 수 있습니다. 시간의 흐름에 따른 겉보리와 쌀보리, 맥주보리의 안전 재배지역 변화를 이어서 살펴보도록 하겠습니다. 각 곡물의 변화를 보면, 보리의 종에 따라 그 정도는 다르기는 하지만 대체적으로 안전 재배지역이 북상한 것을 알 수 있습니다. 다음으로는 기준년도인 1981~2010년 대비 2020년대, 2050년대 및 2090년대의 사과, 배, 포도, 복숭아, 감의 기온이 상승함에 따라 사과 재배 적지 분포의 변화를 예측한 결과를 알아보도록 하겠습니다. 이 연구에서 예측한 바에 따르면, 기준년도인 1981년부터 2010년에 비하여 시간이 지남에 따라 사과, 배, 포도, 복숭아, 감의 재배적지의 면적이 현저히 감소하고 있다는 것을 알 수 있습니다. 또한, 날씨가 따뜻하면 곤충들의 활동이 왕성해지고 번식이 빠르기때문에, 병해충에 의한 변화도 생깁니다. 따라서 기후변화로 인하여 온대지방에는 지금의 해충피해보다 훨씬 다양하고, 빈번하며, 규모가 큰 피해가 발생할 수 있다는 것입니다. 예를 들어 벼멸구와 애멸구 등은 월동을 함으로써 토착해충화가 될 수 있고, 이화명나방이나 진딧물류의 연중 발생 가능성도 상승하게 될 것입니다. 특히 곤충에 의해 옮겨지는 병원균 중 벼오갈병 등과 같은 바이러스병의 북상 가능성도 심각한 문제입니다.

기후변화에 따른 축산에서의 영향은 다음과 같습니다. 기후변화로 인해 작물생산이 변동하고 이는 축산 사료의 가격에도 영향을 주게 됩니다. 그 사례를 들어보면 한여름의 폭서는 가축들의 건강에 영향을 주게 되어 양계업이나 우유생산 등에 영향을 주게 되는데 젖소는 고온 스트레스에 의한 사료섭취량이 감소하고 생산성과 번식률이 저하된다고 보고되었습니다. 또, 돼지는 지방층이 두껍고 땀샘이 퇴화되어 있어 고온장해에 민감한 가축이므로 고온 스트레스를 받으면 발정재귀 지연, 미약 발정, 배란수 감소, 정자활력 감소등으로 인한 수태율이 저하된다고 보고되었습니다.

4. 농업이 기후변화에 미치는 영향

농경지 전용이란 오랫동안 산림이나 초지로 유지되던 지역의 나무를 베고 농경지로 이용하는 것을 말하는데 이에 의한 이산화탄소 방출량은 전지구적으로 볼 때 화석연료 연소 다음으로 그 양이 큼니다. 오래된 산림이나 초지에는 농경지보다 약 20에서 40배 많은 양의 탄소가 식물과 토양에 유기물 형태로 저장되어 있고 이를 농경지로 전환할 경우 그 동안 저장되었던 탄소가 다시 대기로 날아가게 되는 것입니다. 농경지 전용에 의해 토양 내의 탄소량은 산림이나 초지에 저장되었던 탄소량의 절반가량으로 감소하게 되는 것입니다.

메탄은 이산화탄소 다음으로 중요한 온실효과 기체인데 논에서의 메탄 발생을 예로 들어 보면 전 지구에서 발생하는 메탄의 약 40%가 논에서 발생하는 메탄이며 물에 잠겨진 벼논의 토양에서는 혐기성 조건이 형성되어 메탄생성 박테리아의 활동으로 인해 메탄의 발생이 일어납니다. 또, 가축의 사육 과정에서 발생하는 메탄은 전 지구에서 발생하는 메탄 발생량의 약 15%를 차지하고 있고 반추동물은 풀과 다른 섬유소 사료를 소화하는 과정에서 메탄을 발생시킵니다. 이중 소는 메탄 발생을 가장 많이 시키는 동물입니다.

하나 더 언급할 수 있는 것은 아산화질소입니다. 사실 농경지 전용에 의한 아산화질소의 발생은 탄소와 마찬가지로 식생과 토양에 저장되었던 질소가 농경지 전용 과정에서 대기로 소실됩니다. 또, 질소비료의 시비에 의한 아산화질소 발생은 농경지에 질소비료를 시비할 경우 토양에서의 탈질과정이 일어나 아산화질소가 발생하는 것입니다. 전지구적으로 볼 때 매년 8백만-2천2 백만 톤의 아산화질소가 발생되는데 그 중 약 0.14-2.4 백만 톤은 질소비료 시비에 의한 것으로 추정되고 있다고 합니다.

경운은 밭을 간다는 뜻으로, 농경이 시작된 이래 지속된 농경방식입니다. 동물을 이용한 경운은 동물을 이용하여 밭을 갈면 토양에 산소가 공급되고 유기물이 토양 속까지 잘 섞여 농업생산성을 높인다는 목적으로 이용되었습니다. 기계화된 경운은 산소공급 및 유기물 혼합이라는 긍정적 측면 이외 토양 유실이라는 문제점이 있으며 토양 표면에 토양을 덮고 있는 유기물의 일부는 거두어 가고 일부는 섞이게 만들므로 토양 표면이 깨끗이 정리되지만 대신 바람이나 강우에 의한 토양유실을 막을 수는 없습니다. 무경운은 토양 유실을 방지하는 목적으로 시작되었는데 토양유실 방지뿐만 아니라 토양내의 유기물 보유량이 증가됨으로 인해서 대기 중 이산화탄소를 더 많이 저장할 수 있는 방법으로 기후변화 완화에 도움을 줍니다. 또, 윤작은 뿌리가 깊게 내려가는 식물과 뿌리가 얇은 식물을 교대로 키움으로 인해 토양 구조 발달에도 도움을 줄 수 있습니다. 만약 콩과식물과 일반곡류의 윤작을 한다면 콩과식물의 질소고정 작용에 의해 토양 내에 질소가 대기 중으로부터 유입되게 되므로 비료 사용량을 줄일 수 있게 됩니다. 비료 사용량이 줄어들면 결국 비료사용에 따른 아산화질소 발생이 줄어들게 되므로 윤작은 온실효과기체 발생에 영향을 줄 수 있는 것입니다.

참고 문헌

1. IPCC AR4 (2007).
2. 심교문 외 (2004). 한국농림기상학회지 6(4) 218-234 최근의 기후변화를 고려한 가을보리 안전재배지대 구분
3. 기후변화 적응 최종보고서 (2012)

