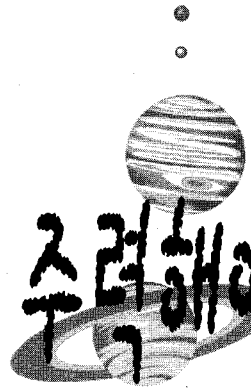


환경특집

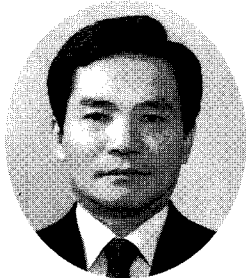
인간활동이 직접원인

불안정한 농어생산
 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050

대처위해 생산체계 개선 주려해야



기후변화 따른 작물 · 가축 생리반응에도 중점



윤성호
 농업과학연구원 농업생태과

온실효과

지구의 기후는 태양에너지의 끊임없는 흐름에 따라 형성된다. 가시복사(可視輻射)로 지구에 도달하는 태양에너지는 약30%는 우주 공간으로 흩어져 되돌아간다. 그러나 70%는 대기층을 지나 지구표면에 도달하여 지구를 따뜻하게 유지하는 데 기여한다. 지구에 도달한 태양에너지는 마지막에는 열에너지로 분산된다. 이 열에너지는 주로 적외선의 형태로 우주공간으로 되돌아가게 되어있다. 태양보다 온도가 낮은 지구는 가시복사로 에너지를 방출할 수는 없고 다만 적외

선이나 열선으로 에너지를 방출한다.

대기에 있는 온실가스(greenhouse gases)는 지구 표면에서 우주공간으로 바로 달아나는 적외선을 일시 가로막는다. 적외선은 가시복사처럼 공기 중을 곧바로 통과할 수 없다. 그 대신 대부분의 열에너지로 분산된 에너지(적외선)는 기류와 구름이 지구표면에서 휩쓸어서 달아나게 하는데 온실가스가 덮인 대기층에서 얼마간 머물다가 마침내 우주공간으로 빠져나간다.

대기에 있는 주요 온실가스는 수증기, 이산화탄소(CO₂), 오존

(O₃), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 염화불화탄소(CFCs) 따위다. 이들 가운데 염화불화탄소를 빼고는 모두 자연상태로 존재하는데 모두 합하여도 전체 대기의 1% 미만인 미소기체이다. 이만한 양의 온실가스는 “자연온실효과”로 지구를 30℃ 이상으로 따뜻하게 하는 데 충분하다. 이 자연온실효과는 오랜 동안 지구 생태계를 안정되게 하는 데 한 몫을 해왔다.

지구온난화

문제는 이들 온실가스 가운데 수증기를 제외하고는 모두 인간 활동이 직접적인 원인이 되어 자꾸만 그 수준이 높아지는 데 있다. 이산화탄소(화석연료 사용), 메탄(반추가축의 위, 벼논, 탄광, 가축의 분뇨 분해), 아산화질소(질소질 화학비료 사용, 토지 이용 변동), 오존(자동차 배기), 염화불화탄소(냉동기기의 냉매로 생산) 따위의 배출량 증가는 대기의 에너지 흡수에 큰 변화를 가져오게 한다. 이러한 온실가스는 현재 지구의 역사상 유례없는 속도로 증가하고 있다. 그 결과는 말할 것도 없이 “온실효과 조장”이고 “지구온난화”, “기후변화”이다.

기후변화

온실가스가 증가되면 지구의

에너지수지가 변화한다. 에너지수지 변화는 곧 기후변화를 뜻한다. 장기적으로 보면 지구는 태양에서 오는 에너지를 받아서 그만큼 우주에 되돌려주는 것이지 만 대기에 온실가스의 층이 두꺼워짐에 따라 우주공간으로 내보내는 에너지가 줄어들어 지구의 온도가 올라가는 등 지구의 에너지수지에 변화가 생긴다.

이러한 기후변화에는 지구표면과 하층대기의 온도가 올라가는 “지구온난화”가 포함된다. 그러나 기후변화에서 지구온난화는 일부분에 지나지 않는다. 따뜻해진다는 것은 넘치는 에너지를 기후가 걸머진다고 보면 되지만 문제는 지구의 온도는 조금만 올라가도 엄청나게 다른 변화를 수반한다는 데 있다. 예를 들면 구름과 바람에 큰 변화를 주어 여러 기상요소에 연쇄적으로 영향을 주는 것이다. 이들 변화 가운데 어떤 것은 온난화를 조장하고 어떤 것은 온난화를 억제하는 피드백작용을 하기 때문에 더욱 복잡하다.

반면에 산업단지에서 배출하는 황산에어로솔은 지역적으로 냉각현상을 보이기도 한다. 황은 석탄과 석유를 사용하는 공장에서 배출되어 미세한 분진을 만들고 이 분진은 대기 중에서 햇빛을 반사하여 우주공간으로 에너지를 돌려보낸다. 이들 황산에어

로솔은 대기 중에 장기간 머무는 온실가스와는 달리 수명이 짧은 특징이 있다. 또한 황산에어로솔은 산성비의 원인이 된다.

기후예측모델은 현재처럼 온실가스를 계속하여 배출한다면 1990년 기준으로 서기 2100년에는 평균 2℃가 더 높아질 것으로 내다보고 있다. 이 모델에는 기후에 영향을 미치는 피드백작용과 황산에어로솔의 영향까지 고려되었다. 그러나 아직 밝혀지지 않은 부분이 많이 남아있어 현재 상태에서는 21세기 동안에 온난화의 범위는 1~3.5℃로 추정하고 있다.

우리 나라의 경우 1904년부터 1990년까지 전국 연평균기온은 1℃가 올라갔고, 서울은 이보다 높아 1.5℃가 올라갔지만, 추풍령과 울릉도는 변함이 없다. 이 결과를 보면 우리 나라는 도시화에 따른 열섬현상이 크게 영향을 주었다고 볼 수도 있다.

기후변화의 중요한 영향의 하나로 나타나는 해수면 상승은 더욱 긴 시간을 두고 뚜렷하게 나타날 것으로 보고 있다.

사실 기후는 자연변이가 커서 어떤 기상이변을 놓고 ‘이것은 온실가스가 증가된 영향이다’ 하고 밝혀 내기란 참으로 어렵다.

그러나 지난 몇 세기 동안의 실제 경과 온도와 온난화모델로 추정한 경과 온도를 비교한 결과

매우 비슷하다는 것이 확인되었다. 이러한 경향은 지금까지 밝혀진 기후의 자연적 변이와는 너무나 다르다는 것이다.

아직도 불확실한 부분이 남아 있기는 하지만 과학자들은 '여러 증거를 종합하면 지구 기후에 미치는 인간의 영향을 확실하게 인식할 수 있다'는 결론을 얻어냈다는 것이다.

그러나 우리나라 기상청에서 개발한 모델을 이용하여 예측한 결과는 이산화탄소가 배로 늘어났을 경우 우리나라의 연평균기온은 2.0~2.5℃ 올라갈 것이며 10년마다 0.15~0.45℃씩 올라갈 것으로 예측한 바 있다.

기후변화와 농업

기후변화가 오면 농업은 지대에 따라 타격을 받는 경우와 이익을 보는 경우, 큰 변화가 없는 경우로 나타날 것이다.

열대와 아열대 지역에서는 고온해 또는 열해, 몬순의 지역과 시기의 이동, 가뭄, 수량 감소 현상이 나타날 것이고 반대로 유럽이나 캐나다 같은 지역에서는 작물의 생육기간이 길어지고 소출이 늘어날 것이다. 그러나 지역적으로 구체적인 기후변화에 따른 농업의 영향은 완전히 밝혀지지 않고 있다.

농업기후지대 이동

온도는 남극이나 북극이 적도 지역 보다 더 올라갈 것이므로 기후지대는 극을 향하여 고위도로 확장될 것이고 이에 따라 농업지대도 양 극지방을 향하여 이동할 것이다. 현재 온대지역인 중위도지대(45°~60°)는 극을 향하여 150~350km 이상 이동할 것이다. 현재의 위도에서 그 기후대에 알맞은 작물은 기후대 이동에 따라 농업생산은 크게 영향을 받을 것이다. 작물의 재배 지역이 양극을 향하여 이동하게 되면 새로 확장된 기후지대의 토양이 작물재배 조건에 맞지 않는 등 새로운 문제에 부딪치게 될 것이다. 따라서 작물의 안전생산을 위한 집중적인 노력이 요구된다.

기후변화에 따른 농업환경 변화

토양수분은 강수량상의 변화에 영향을 받게 될 것이다. 앞으로 100년간 지구온난화로 인하여 온도가 1~3.5℃ 더 높아지면 강수량도 증발량도 모두 늘어나게 된다고 예측한다. 그렇게 되면 강도 높은 강우현상이 자주 나타날 것이다. 어떤 지역은 더욱 습윤해지겠지만 대기 육지 바다의 물 순환의 강도가 높아지면 대부분의 지역은 토양 수분이 줄어들게 될 것이다.

일부 지역은 이미 가뭄의 징조

가 나타나 앞으로 장기간의 심한 가뭄이 닥칠까봐 두려워하고 있다. 또한 기후모델은 여름철 중위도 내륙지역의 강수량은 줄고 겨울철 고위도 지역의 비와 눈의 양이 늘어날 것이라는 등 강수의 계절 이동도 예고하고 있다.

고온은 농산물 생산에 영향을 줄 것이다. 농작물의 생장과 발육에는 꽃눈분화를 위한 저온과 과수와 같이 휴면을 깨기 위한 동결온도가 요구된다.

그러나 온도가 높아져 필요 온도가 나타나지 않는다면 큰 손실을 입게 될 것이다. 뿐만 아니라 고온으로 인한 농작물의 직접 피해와 고온기후에 동반하는 건조는 가뭄을 부채질하여 그 피해는 더욱 심해질 것이다. 어떤 잡초는 서식지를 고위도 지역으로 확장하여 그 지역의 문제잡초가 될 수 있을 것이고 어떤 초종은 일년생에서 다년생근초로 생태형이 바뀔 수도 있다. 농작물의 병해충도 극지방을 향하여 확대되어 피해를 입히고 있다는 증거가 이미 나타나고 있다. 우리나라에서 가장 두려운 해충인 벼멸구가 우리나라 남부 지역에서 겨울을 난다고 예상하는 것도 무리가 아닐 것이다.

이산화탄소 농도 증가의 농업생산

대기 이산화탄소 농도 증가는 농작물의 생산성을 높일 수 있

다. 이산화탄소의 농도가 증가되면 식물의 광합성 효율을 높이기 때문이다. 특별히 C3 작물은 이산화탄소의 농도가 증가하면 광호흡(photo respiration)이 억제되고 수분이용효율이 훨씬 높아진다. C3 식물은 지구를 덮고 있는 식물의 우점종으로 온도가 그다지 높지 않고 습윤한 기후를 좋아한다. C3식물은 벼, 보리, 밀, 감자, 콩 등이다.

한편 C4 작물은 이산화탄소 농도 증가에 따른 효과가 C3작물에 미치지 못한다. 주로 열대지방에 알맞은 작물로서 사탕수수, 옥수수, 수수, 조, 기장 등이다. 시험결과를 보면 이산화탄소의 농도를 현재의 배로 높인 조건에서 작물의 수량은 C3 작물인 경우 30%가 증수되었다. 이를 "탄산시비의 효과"라 할 수 있다. 그러나 다른 조건은 고정해놓고 이산화탄소 농도만 높였을 때의 증수효과에 전적으로 기대를 걸어서는 안된다. 왜냐하면 대기 이산화탄소 농도증가는 온도, 강수량, 병해충, 잡초, 양분의 이용과 같은 여러 변화 조건이 다양한 조합으로 동반하여 작물생산에 유리하게 또는 불리하게 작용할 수 있기 때문이다.

이산화탄소 농도 증가는 사료 작물과 방목지의 목초 생산에도 영향을 준다. 농업생산이 교란에 빠지면 사료로 쓰이는 곡물의 가

격이 올라가게 된다. 사료용 곡물은 그 양이 많고 먹이사슬에 따른 에너지의 흐름으로 보면 사람이 직접 식용으로 사용하는 것보다 그 효율이 훨씬 낮다. 그런 까닭에 기후변화에 따른 농업생산시스템 관리는 작물재배보다 축산에서 더욱 집약적으로 이루어져야 할 것이다.

기후변화와 식량문제

처음에는 국지적으로 발달될 터이지만 국가별로 그 사정이 다르게 나타날 것이고 나아가서는 농산물의 교역질서에 영향을 줄 것이다.

세계의 농업생산 수준은 앞으로 100년간은 현재 수준을 유지할 것으로 내다보고 있다.

결론적으로 기후변화에서 이산화탄소 농도 증가는 탄산시비의 효과만 긍정적으로 보일 뿐 물의 순환, 병해충, 잡초 따위를 포함하는 다른 부문은 긍정적으로 볼 수 없다.

기후변화 대응 정책

기후변화로 가장 고통 받게 될 사람들은 아무래도 농토를 가지지 못하고 가난하며 고립된 사람들일 것이다. 가난한 사람들처럼은 불리한 교역 조건을 가졌거나 사회간접자본 등 공공부문이 취약하고 기술 정보의 혜택이 미치지 않거나 군사적 위협이 있는

지역에 거주하는 사람들을 말한다. 이들 가난한 사람들은 기후변화에 수반하는 농업환경의 변화에 대처하기가 더욱 어려워질 것이다.

반건조지대 또는 건조지대, 해수면 상승으로 국토가 물에 잠기게 되는 등 고립된 지역에서 농업에 의존하여 사는 사람들은 더욱 곤경에 빠지게 될 것이다. 아프리카의 사하라사막 변경 국가, 남아아시아, 동남아시아, 열대라틴아메리카, 태평양의 섬나라들은 위험부담이 더욱 커질 것이다.

기후변화에 대응하여 효과적인 정책을 펴나간다면 식량문제를 해결하는 데 크게 기여할 수 있을 것이다.

기후변화의 대응방안으로 내세울 수 있는 ① 작물 또는 품종의 대체 ② 물관리와 관개시스템의 개선 ③ 작물의 재배시기 조정과 재배양식 개선 ④ 하천 유역의 관리 ⑤ 토지이용 계획의 개선과 같은 것들은 실제로 상당히 제한을 받을 것이다.

끝으로 기후변화에 대응하는 더욱 기본적인 면을 강조한다면 기후변화에 따른 작물이나 가축의 생리적 반응에 중점을 두어야 할 것이고 정부의 정책은 불안정한 농업생산에 대처하기 위한 생산체계의 개선에 주안점을 두어야 할 것이다. **농약정보**