



지구가 점점 더워지고 있다

지구온난화는 먹거리 생산에 어떤 영향을 줄까



이 변 우

서울대학교 농업생명과학대학 부교수

금년 여름은 우리나라 기상관측 역사에서 유례를 찾아볼 수 없을 정도로 기온이 높고 한발이 지속되어 농작물 생산에 막대한 지장을 초래할 것으로 예견되고 있다. 이상기후는 세계도처에서 발생하고 있으며 근자에 들어 발생빈도가 잦아지고 있는데, 기상학자들은 그 원인을 가속화되어 가고있는 지구온난화 현상과 관련이 있는 것으로 보고 있다.

지구상에서 기온의 관측이 시작된 것이 1880년부터인데 그 이후 지구의 평균온도는 계속적으로 상승세를 나타내고 있으며 과거 100년동안 지구의 평균기온은 약 0.5℃ 상승된 것으로 파악되고 있다. 100년동안 0.5℃의 상승은 대단해 보이지 않을 수도 있겠지만 이러한 상승속도는 과거의 지구 기후변화와 비추어 볼때 매우 빠른 것으로서 일반적인 자연현상에 의한 기후변동수준을 훨씬 넘어서는 것이다. 만약 이러한 상승추세가 앞으로 몇십년간 더 지속되는 경우 지구평균기온은 지난 10만년 동안의 기후변화 폭보다 더 커질 것이며 이에

따라 지구의 자연생태계는 물론 식량생산에도 큰 위협을 주게 될 것이다.

이와 같은 우려 속에 1992년 리우 환경회의에서 기후변화협약이 채택되기에 이르렀으며 기후변화를 저지하기 위한 국제적인 공동노력을 촉구하고 있다. 우리나라의 경우 기상관측기록이 있는 과거 90년 동안 연평균기온이 전국평균으로 볼때 약 1℃정도 상승하였으며 서울은 1.5℃정도 상승한 것으로 분석되고 있다. 우리나라 기상관측소들 대부분이 도시에 분포하고 있어서 “열섬효과”의 영향을 크게 받는 것은 사실이나 지구 대기의 오염에 따른 전지구의 기온상승과 무관하지는 않을 것이다.

이와 같이 지구가 급속도로 온난해지는 경우 타 산업에 비하여 자연의존도가 매우 큰 농업이 가장 큰 영향을 받게 될 것이다. 따라서 농업이 기후변화에 적응하기 위해서 기후변화에 대한 농업기술 연구개발에 관심을 기울여야 할 것이다.

지구기온은 왜 올라가는가

지질시대 뿐만아니라 역사시대에도 지구의 기후는 끊임없이 변화를 거듭하여 왔다. 과거 인구가 적고 산업활동이 미미하였던 시대에는 태양활동의 변화, 화산분화 등 자연적인 원인에 의해 기후가 변동하여 왔을 것이다. 그런데 산업혁명 이후 급세기의 기후변화는 자연적 원인에 의한 기후변동 범위를 벗어나 지구 역사상 전례를 찾아볼 수 없는 속도로 지구가 온난화되어 가고 있다는 데에 문제

점이 있다. 이와 같은 급속한 지구온난화의 원인이 인구의 증가와 이들이 영위하는 생산활동에 의해서 야기되는 산림의 파괴, 이산화탄소, 프레온가스, 메탄가스, 산화질소가스 등의 대기중으로의 방출량 증대에 의해서 지구의 온실효과가 증대하고 있기 때문인 것으로 보고 있는 것이다.

지구는 두꺼운 대기로 둘러싸여 있어서 태양으로부터 들어오는 짧은 파장의 복사에너지는 잘 투과시키지만 지구에서 나가는 파장이 긴 복사에너지는 상당부분을 흡수하여 지구의 대기를 따뜻하게 유지시켜 주는 것이다. 즉 지구의 대기는 유리온실의 유리와 같은 역할을 하고 있는 것이다. 지구에 대기가 없다고 가정하고 태양으로부터 지구가 받는 에너지와 지구로부터 장파복사에 의해서 나가는 에너지가 평형을 이룰 때 지구온도는 영하 18℃로서 생물이 살 수 없을 것이다. 그러나 대기가 있으므로 전지구의 평균기온을 약 15℃ 정도로 유지하여 생물이 살 수 있도록 해 주는 것이다. 그러므로 지구에서 나가는 장파복사에너지를 흡수하는 물질의 대기중 농도가 높아지면 지구 대기의 온실효과가 증대하여 지구의 온도는 높아질 것이다. 이와 같은 기체들을 소위 "온실기체(green house gases)"라고 하는데 탄산가스(CO₂), 메탄가스(CH₄), 아산화질소가스(N₂O), 프레온가스(CFC₃) 등이 여기에 속한다. 현재 이들 가스들의 대기중 농도가 급속히 높아지므로, 지구가 급속한 온난화의 길을 걷고 있는 것이다.

앞으로 기후는 어떻게 변할까

대기중의 온실기체농도가 증대하면 앞으로 기후는 어떻게 변할 것인가? 이에 대한 해답을 얻기 위해 기후학자들은 매우 복잡한 대기 대순환모델을 이용하고 있다. 대기 대순환모델은 산업혁명 이후 대기중 온실기체 증가에 따른 기온 상승을 비교적 잘 예측하고 있으며, 이를 장래의 기후변화 예측에



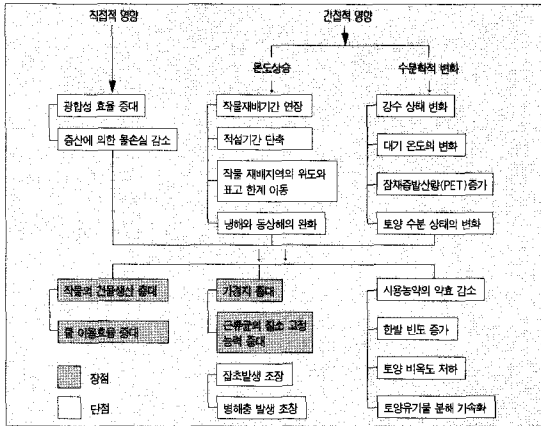
도 이용하고 있다. 현재와 같은 속도로 대기중의 온실기체가 증가되는 경우 온실기체를 각각의 온실효과정도를 감안하여 탄산가스로 환산하였을 경우 대기중 온실기체 농도가 산업화 이전의 2배로 증대하는 것은 2025~2050년 경이며 이에 따라 지구 평균기온은 1.5~4.5℃ 상승할 것으로 예측하고 있다. 기온의 상승은 전지구적으로 균등하게 일어나는 것이 아니고 적도지방은 상승폭이 작고 극지방으로 가면서 상승폭이 커져서 극지방은 적도지방보다 2배 정도 상승폭이 클 것으로 예측하고 있다. 이와같이 기온이 상승하는 경우 해수면은 2050년까지 0.3~0.5m, 2100년까지는 1m정도 상승될 것이라고 한다. 이와 같이 지구의 온난화에 대해서는 기후학자들 간에 거의 일치된 견해이나 기후의 중요한 요소중 하나인 강수량의 변화에 대해서는 아직 예측에 불확실성이 많고 기후학자들간에 많은 이견을 보이고 있는 실정이다.

농업에는 어떤 영향을 줄까

농업은 대기중의 탄산가스를 식물체가 고정하게 하여 그것을 이용하는 산업으로 기후의 변동에 크게 지배를 받는다. 따라서 대기중의 탄산가스농도가 증가하고 기온이 상승하게 되면 그림1에서 보는 바와 같이 그 영향은 농업의 다방면에 다양하게 나타날 것이다. 대기중의 탄산가스농도 증가는 물의 이용효율과 광합성 증대를 통하여 작물의 생산



그림1. 대기중 CO₂농도 증가와 이에 따른 기후변화가 농업에 미치는 영향(Yoshino et al, 1987)



성을 향상시키는 효과를 가져올 것으로 속단하는 경우가 많으나, 이는 탄산가스 농도 증가와 기후변화를 개별적으로 파악한 것이고, 이들을 복합적으로 감안하면 자연생태계 또는 농업생태계의 생산성에 정부의 방향성을 동시에 고려하여야 하므로 그 예측이 매우 어렵고, 또한 그 영향이 지역적으로 매우 다르게 나타날 것이다. 일본의 "기후변동과 농수산업에 관한 연구회"가 기후변화에 따른 세계 농업생산의 변화를 예측한 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 고위도 지방은 온난화로 작물의 재배기간이 늘어나는 등 플러스가 예상되나 이 지역은 토양이 나쁘기 때문에 수량이 증대될지 의문이다. 둘째, 저위도 지역의 쌀농사 지대에서는 상당한 고온장해가 예상된다. 셋째, 지역과 작물에 따라서 재배할 수 없게 되거나 재배시기의 변경이 필요하게 되기 때문에 토지이용 싸이클의 변화가 필요하게 된다. 어느 지역에서도 새로운 품종과 재배기술의 개발보급이 필요하게 되나 기후 변화 속도를 따라갈 수 있을지 의문시된다. 다섯째, 생산의 변화는 세계 먹거리 지도를 바꾸고 먹거리 수급에 큰 영향을 미칠 것이다. 그러나 현단계에서는 그 정확한 예측이 곤란하다.

우리나라도 지구온난화에서 예외가 될 수 없으

며, 많은 불확실성에도 불구하고 이에 대처하고자 하는 노력을 기울여야 할 것이다. 미국 NASA의 Goddard 우주연구소(GISS)의 대기 대순환 모델로 예측한 결과에 의하면 대기중 탄산가스 농도가 2배로 증가하는 경우 우리나라의 기온은 연평균 3.5~4.0℃ 정도 상승하며 북쪽으로 갈수록 상승 정도가 커질 것으로 예측하였다. 이와 같이 되는 경우 우리나라의 기후자원과 이에 따른 작물의 재배생산에 지대한 영향을 미치게 될 것이다. 일평균 기온이 10℃ 이상되는 날의 기온을 연중 합산한 유효적산온도(그림2)는 1200~1500℃ 정도 증가하여 등치선이 300~400km 북상하는 것으로 예측된다. 이로부터 판단하여 볼때 우리나라 중부남부 이하에서는 벼를 1년에 두번 농사짓는 것이 가능하여질 것이며, 대관령 정도의 산간지대에까지 벼 재배가 가능하여질 것이다. 한편 제주도는 유효적산온도가 6500℃ 정도로 상승하여 아열대 또는 열대작물을 노지에서 재배하는 것이 가능하여질 것이다. 그러나 한편으로는 증발량 증대에 따른 한발의 증대, 병충해의 다발, 지력의 빠른 감퇴 등 좋지 않은 영향이 동시에 예견된다. 우리나라에서 재배되고 있는 사과·배·포도 등 온대성 과실은 적어도 7℃이하로 1000~2000시간 이상 지내야 겨울잠에서 깨어나 꽃이 피고 열매가 달리는데 겨울철 기온이 상승하게 되면 이들 과실의 주산지에서도 겨울잠에서 깨어나지 못하여 이들의 재배가 불가능해지므로 주산지를 옮겨야 하는 사태가 벌어질 수도 있다. 작물의 생산성 변화에 대해서는 종합적인 연구가 전혀 없는 실정이나, 필자가 쌀의 생산성 변화를 작물의 성장모델을 이용하여 검토한 결과를 가지고 살펴보면, 대기중의 탄산가스 농도가 2배로 증가하고 기후는 현재의 상태로 유지된다고 가정하면 쌀의 생산성은 10~15% 향상되는 것으로 예측되나 탄산가스가 2배로 증대하고 기온도 시나리오대로 높아지는 경우는 현재의 재배기술과 품종을 그대로 이용하는 경우 수량성은

30~40% 감소되는 것으로 예측된다(표1). 이는 탄산가스 농도 증가에 따른 수량성의 증대효과보다도 고온에 의하여 벼의 생육기간, 특히 개화하여 성숙이 될 때까지의 기간이 크게 단축되어 수량이 낮아지는 효과가 월등히 크기 때문이다. 현재 우리나라에서는 재배되지 않으나 고온에서도 생육기간이 충분히 확보될 수 있는 개량품종을 가상하고 재배시기를 달리하여 모의실험한 결과는 약 4% 증수할 수 있는 것으로 판단되었다. 그러나 이 결과도 고온에서 예상될 수 있는 불임 등의 장애는 고려에 넣지 못한 것으로 쌀의 수량성이 증대될지는 의문시된다. 다른 작물에 대해서는 아직 연구가 되어 있지 않아 말할 수 없으나 일본의 農林中金研究센터의 보고에 의하면 보리, 밀, 옥수수, 콩 등의 생산량은 모두 감소하는 것으로 보고 있으며 우리나라도 이의 범주에서 벗어나지 못하리라고 생각된다.

어떤 대책이 요구되는가

앞에서 살펴본 바와 같이 인구의 증가와 산업화에 따른 대기중으로 방출되는 온실기체의 증대로 인하여 지구의 온도는 이미 상당히 높아졌으며 앞

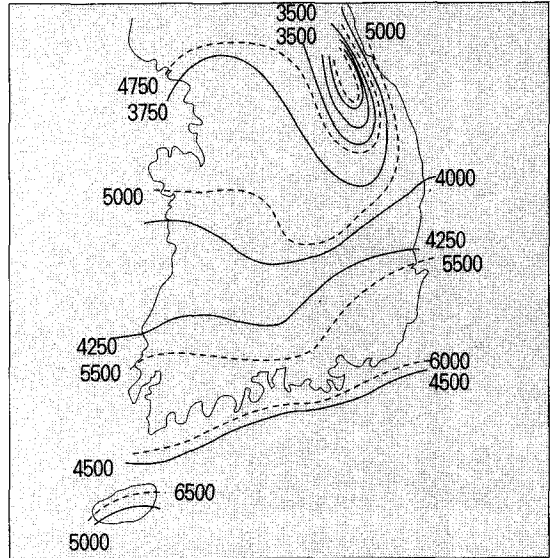
표1. 대기중 탄산가스 배증(倍增)시 기후하에서 우리나라 벼 생산성변화 모의실험(模擬實驗) 결과

생육영질	예년기후	시나리오1	시나리오2
파종에서 출수까지 기간(일)	100	100	75
출수에서 성숙까지 기간(일)	42	42	32
생육일수(일)	142	142	107
바이오매스 수량(kg/10a)	1,396	1,623	850
정조수량(kg/10a)	807	911	508

* 모의실험에 사용한 벼 품종은 화성벼로 수원에서 5월 10일 출이한 것으로 가정.
 * 시나리오1: 예년기후와 같고 대기중 CO₂만 2배 증가.
 * 시나리오2: 대기중 CO₂ 농도가 2배로 증가하고 이에 상응한 기후 온난화.

그림2. 유효적산온도 분포도

(—: 예년 기후 ---: 탄산가스 배증시 기후)



으로 지구의 온난화는 가속화될 것이라는 것이 기후학자들의 통일된 의견이다.

이에 따라 자연생태계와 농업생태계의 큰 변화가 예견되고 있으며 그 변화가 인류에게 득이 될 것인지 해가 될 것인지는 생태계의 환경적응력에 대한 이해가 부족한 현실점에서는 정확하게 예측할 수 없는 것이 사실이다. 그러나 금세기에 들어서 전례에 없는 속도로 기후가 온난화되었고 앞으로도 이와 같은 추세가 지속되는 경우 농업생산성이 저하되어 먹거리의 수급에 이상이 생길 것은 분명한 것 같다. 현재까지 우리나라의 농업은 저온이 문제가 되어 이를 극복하기 위한 연구노력은 상당히 이루어졌으나 상대적으로 고온에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 앞으로 예견되는 지구 온난화에 효율적으로 대처하기 위해서는 대기중 탄산가스 증가와 기온상승에 대한 농업생태계의 반응에 대한 기초적인 연구가 시급히 이루어져야 하며 이에 기초한 농업생산 기술의 개발노력이 시급히 이루어져야 할 것이다. **농업정보**