

기후변화에 대한 대책 - 농업생태계의 적응 대책¹⁾

권 오 석²⁾

농업과학기술원 잡초관리과

서 론

지구온난화는 사회 전반에 커다란 영향을 미치는 중요한 환경문제의 하나로, 이미 1990년에 기후변화에 대한 정부간 협의회(IPCC)가 구성되었다. 과거 100년 동안 지구의 평

균온도는 0.3~0.6°C 상승하였으며, 기상청에 따르면 한반도 내륙에서는 지난 100년 동안 기온이 약 1.4°C 상승하였다. 이는 북반구 평균기온 상승률의 2배에 이른다. 특히 한반도에서는 지난 10년간 기온상승 추세가 더욱 가속화되는 것으로 나타나고 있다.

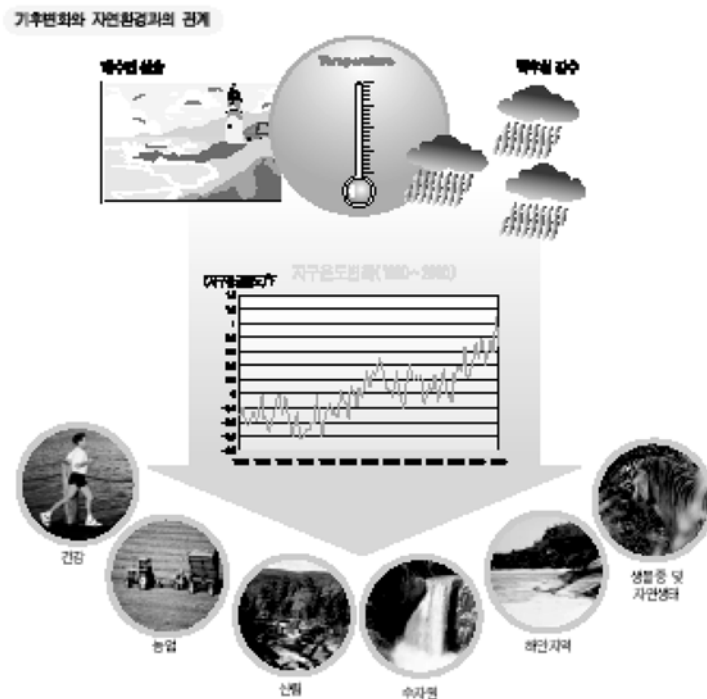


그림 1. 기후변화와 자연환경과의 관계.

1)Countermeasures against Climate Changes - On Adaptation of Agro-ecosystem

2)KWON, Ohseok, Weed Management Division, NIAST, RDA; E-mail: ecoento@hanafos.com

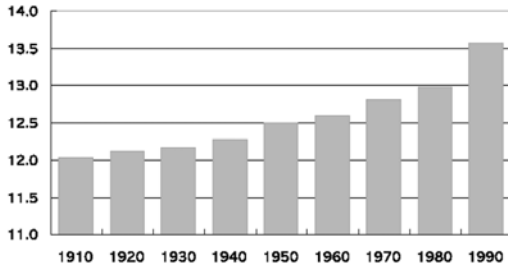


그림 2. 우리나라 연평균기온(°C)의 변화(1910~1990).

지구온난화는 자연생태계의 변화를 가져올 뿐만 아니라 해수면 상승, 국민보건의 위협, 농업작물의 변화 등 사회·경제적인 차원에서 광범위한 영향을 미치게 된다.

국내의 경우, 기상청이 발표한 바에 의하면 1920년대와 1990년대의 사계절 길이는 겨울이 약 27일 짧아진데 비해 봄·여름·가을은 각각 조금씩 늘어난 것으로 나타나 한반도 기후가 점차 아열대성 기후대로 바뀌어 갈 것이라는 전망을 가능케 해주고 있다.

이와 같은 기후변화는 한반도 생태계에 다방면에 걸쳐 영향을 주고 있으며 긍정적인 측면도 있지만 부정적인 측면이 더 많은 것이 사실이다. 본문에서는 현재 진행되고 있는 기후변화에 따른 자연생태계, 특히 농업 생태계에 미치는 영향을 점검하고, 앞으로의 기후변화에 대한 대책에 대해 간단히 기술하고자 한다.

기후변화에 따른 자연생태계 변화

지구온난화가 미치는 영향은 전 세계적으로 볼 때, 남북 간에 차이가 많아 북반구에서는 기후대가 북상하면서 이전에는 한랭해로 인해 농업을 할 수 없었던 넓은 토지가 곡창지대로 바뀌게 된다. 그러나, 현재 식량 부족을 겪고 있는 적도 주변의 가난한 나라들은 그나마 식량을 생산할 수 있는 토지마저 더 이상 작물을 재배할 수 없는 사막으

로 바뀌는 재앙에 직면해 있다. 영국 리즈대학의 연구팀은 2100년이 되면 지구의 평균 기온이 지금보다 1.4~5.8°C 높아지며, 2050년까지 지구생물종의 15~37%가 기후변화에 적응하지 못해 멸종할 수 있다고 밝혔다. 독일 포츠담 기후충격연구소 카를로 제이거 연구원은 기후협약 제 10차 당사국 총회 발표 보고서에서 특히 기온상승으로 인해 타격을 받을 가능성이 가장 높은 지역으로 아시아와 중남미를 꼽았다.

2010년까지의 세계의 식량과 농업전망을 살펴보면 다음과 같다. 과거 50년간 세계 인구는 1960년 30억명에서 2005년 현재 65억명으로 추산되고 있다. 그러나 세계의 곡물 생산은 1990년대 중반부터 정체하고 있다. 이러한 정체요인은 몇 가지를 들 수 있는데, 그중 가장 대표적인 것이 기상이변이다. 기후변이와 기후변화는 뒤섞여 일어나기 때문에 농업에 미치는 영향이 엄청나다. 이러한 경우에 농경지 사용계획은 기후가 바탕이 되어야 한다는 리카르도의 토지사용이론을 적용하는 것이 지속성 있는 농업생태계를 형성하는데 크게 이바지할 것으로 생각된다.

한국환경정책·평가연구원, 2100년에는 남한 저지대의 난·온대림이 북위 40도까지 북상하고 남해·서해안 지역에는 아열대림이 형성될 것으로 전망했다. 반면, 2100년에는 남한의 냉·온대림은 1990년의 10분의 1로 급격히 줄어들어 지리산, 태백산 등에만 잔존할 것으로 예측하였다. 이에 따라 수목은 남·북한 전체면적의 16%인 3만5천9백여km²의 숲이 사라지고 경제적 손실도 연간 약 4조 5천억원에 이를 것으로 전망되었다.

한편 기후변화는 단지 지구온난화만을 의미하는 것은 아니다. 올 여름에 기상청에서 예보한 “100년만의 무더위” 보도는 상대적으로 집중호우의 중요성을 반감시켰다. 국지적 기상이변은 농업생태계에 막대한 피해를

주고 있음이 이미 확인된 바 있다. 지구의 평균기온이 가장 높았던 지난 1998년의 경우 엘니뇨 현상으로 세계적인 기상이변이 빈발하면서 우리나라도 집중호우 등으로 1조 6천억원의 재산피해와 384명의 인명 피해 등 건국 이래 최대의 기상재해를 겪은 바 있다. 세계적으로도 1998년은 최악의 해였다. 캐나다와 미국은 눈보라로 인해 25억 달러 상당의 피해가 발생하였고 23명이 사망하였다. 중국은 1998년 6~8월 사이 양쯔강 홍수로 인해 사망자 3,656명, 이재민 2억 9천여명, 농경지 침수 2,180만 ha(거의 한반도 전체 면적과 동일) 등 경제적으로 약 300억 달러의 피해가 발생하였다. 이에 따라 전 세계 곡물가격의 급등과 세계 식량위기 우려 등이 제기되기도 하였다. 1998년 이후 해마다 전 세계적으로 기상이변이 끊이지 않고 있으며, 그 변동폭도 점차 커지고 있다. 올해의 기상이변 현황만을 보더라도 그 문제의 심각성을 알 수 있다. 유럽에서는 올 1~2월에 폭한과 폭설이 있었고, 호주에서는 2월 한여름에 이상저온 현상이 나타나기도 하였다. 아프리카는 1월에 알제리에서 눈이 내렸는가 하면, 아시아의 인도에서는 1월에 이상

한파가 닥치기도 하였다.

우리나라의 경우, 1941년부터 1970년까지 과거 30년간의 강수형태는 주로 6월 하순에서 7월 중순에 이르는 장마기간 동안 강수량이 집중되는 경향을 보였으나, 최근 30년간(1971~1999)은 오히려 8월에 들면서 강수량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이를 비교해 보면 7월 하순 이후의 강수량이 급격한 증가추세에 있는 것을 볼 수 있다. 지난 8월 2~4일간 전북 부안군 줄포에서는 354.5 mm의 폭우가 발생하였고, 경남 고성군 개천면에서는 8월8일 하룻만에 257 mm(시간당 107.5 mm)의 집중호우가 발생하였다.

그 외에도 태풍이나 지진, 해일등과 같은 자연재해가 그 강도를 높여가고 있는 상황이다. 따라서 농업생태계에서는 단순한 기온 상승 뿐만 아니라 기상이변에 대처한 대책 마련과 작물의 작부체계 적응을 위한 가이드라인 설정이 시급하다.

기후변화에 따른 식물 및 작물의 생태 변화

지구온난화 및 기후변화가 농업생태계에



그림 3. 세계의 기상이변 관련 보도자료 (중앙일보 1998년 8월 3일자).

미치는 긍정적인 영향은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 식물생산력 증대
- 2) 식물생육기간 확대
- 3) 남북한계 확대
- 4) 미생물활동 확대

반면에 부정적인 영향은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 생태계 교란
- 2) 토양수분 부족 격화
- 3) 토양유기물 분해 촉진
- 4) 토양침식 격화
- 5) 잡초·병원생물 활발화
- 6) 충해 분포이동 활발화
- 7) 해안저지 침수

이상에서와 같이 온난화에 의한 농업환경 변화는 긍정적인 효과가 있음에도 불구하고 부정적인 효과가 더 클 것으로 예측되고 있다. 미국 NASA 및 보스턴 대학 과학자들의 2001년 자료에 따르면 유라시아 일부지역의 봄은 20년 전에 비해 1주일 정도 일찍 찾아오고 가을은 10일 정도 길어져 초목의 생장기간이 18일이나 늘어났다고 한다. 유럽연합(EU)에 따르면 유럽 남부 이탈리아에서는 지구온난화에 따른 영향으로 옥수수과 사탕무 작황이 25% 정도 감소했고 포르투갈의 밀 생산도 33% 감소하였다. 반면, 유럽북부 아일랜드에서는 고온으로 사탕무 생산이 25% 정도 늘었고 핀란드에서는 유채 작황이 12%나 늘었다.

국내의 경우, 기상연구소에 의하면 19세기에는 중부 이남에서 자라던 왕대가 2001년에는 약 100 km 이북에서도 발견되었다. 평균기온이 1°C 올라가면 우리나라의 기후대는 북쪽으로 약 150 km, 고도로는 위쪽으로 150 m 정도 이동한다. 기온변화에 의해 서식지를 이동할 수 있는 일반 식물은 그나마 나은 편이다. 추운곳에서만 살 수 있는 고산

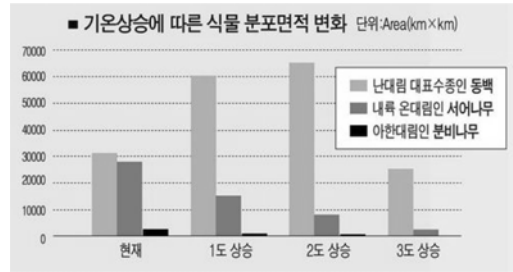


그림 4. 기온 상승에 따른 한반도 내 식물 분포면적 변화 (조선일보, 2005년 5월 26일자).

식물은 온난화로 인해 멸종위기에 처해 있다. 세계에서 유일하게 한라산과 지리산, 덕유산 등 남부지방 고산지대에만 사는 구상나무는 멸종위기에 처해 있다.

국립산림과학원이 91 수종의 개엽일과 개화일을 1966년 자료와 비교한 결과, 70 수종 가운데 65종의 잎이 전보다 3~43일 빨리 나왔으며 느려진 수종은 4종에 불과했다. 한국과학기술연구원 환경연구센터는 연평균기온이 2°C만 높아져도 온대의 대표 수종인 신갈나무가 지리산, 덕유산, 태백산맥 일대에만 분포하고, 주목, 분비나무, 사스래나무 등 아한대 식물은 거의 멸종할 것으로 예상하였다. 한라산국립공원 부설 한라산연구소에 따르면 제주조릿대가 20여년전에는 한라산 해발고도 600~1400 m에서 주로 자랐으나 지금은 400~1800 m까지 영역을 확장해 거의 모든지역으로 세력을 확장하고 있음이 확인되었다.

보통의 경우 한계온도란 작물의 생육활동이 활발하게 이루어지기 시작하는 온도를 말하며 그 지속기간을 작물기간이라 한다. 작물에 따라서는 이 한계온도가 각기 다른데, 벼는 평균기온을 15°C로 보고 있으며, 월동작물인 과수의 경우는 10°C를 그 기준으로 삼고 있다. 또한 과실농업에 있어서 배나 사과 등의 과실에서는 생리장애가 일어나는 빈도가 점차 높아지고 있다. 일본 고우치현에

서 보고한 자료에 의하면, 배 등 과실에 대한 물썩음병이 심각한 것으로 조사되었다. 이는 기온이 높아짐에 따라 과실 껍질의 착색이 진행되지 않는 상태에서 익어버리는 것이 공통적인 원인이었다. 이러한 현상은 1980년경부터 발생해 왔지만, 3~4년전부터 현재의 품평회에 출품되는 과실 전체의 50% 정도를 차지할 정도로 그 문제가 심각하다. 이러한 기후변화에 따른 작물재해를 조기 진단하고 해결하고자 농촌진흥청 난지농업연구소에서는 2005년 5월 19~20일 간 “무인 기상관측기를 이용한 감귤 병해충 예찰시스템 워크숍”을 개최하였다.

기후변화로 나타나는 중요한 현상 가운데 또 하나는 외래식물의 침입이다. 외래종은 토착종을 몰아내고 멸종까지 몰고 가기도 하는데, 기후변화는 이를 더욱 부추길 것이다. 특히 국내의 경우, 남미산 외래잡초의 창궐이 우려되고 있다. 물달개비나 가시비름, 도깨비가지 등은 북미 내지는 남미 원산으로 더운 기후조건에서 생육이 더욱 왕성하다. 따라서 앞으로 이러한 잡초의 방제는 더욱 어려워질 전망이다. 해충관리에 있어서도 기후변화는 많은 문제를 야기시킨다. 날씨가 따뜻해지면 곤충들은 더 빨리 자라고, 더욱 자주 그리고 여러번 번식하고 더 일찍 이동하게 된다. 또한 곤충은 병원균의 매개자로서 많은 병해를 야기시킬 것이다.

기후변화에 따른 국내 주요 작물 재배지 변동

현재보다 이산화탄소가 배가 되어 연 평균기온이 2~3°C 이상 상승할 경우, 한반도의 작물기간은 10~29일 정도 연장될 것으로 보인다. 이러한 기후변화는 현재 중부이남 지방에서만 재배가 가능한 보리 등 맥류 재배지역을 현재보다 200 km 이상 북상시킬

수 있을 것으로 예상하나, 반면에 월동기간이 상대적으로 짧아지는 남해안 지역은 추파재배가 불가능할 것으로 사료된다.

지구온난화가 국내 주요 작물의 재배조건에 미치는 영향은 지대하다. 평균 기온이 13°C 이하에서 휴면하는 사과의 주산지는 1960년대에는 대구 일대였으나, 현재는 안동, 영주, 의성, 문경, 예천으로 북상하였다. 사과의 경우, 봄에 개화하기 위해서는 월동기간중에 일정기간 이상 저온에 노출되어야 자발휴면이 타파되어 꽃이 피는데 사과의 저온요구도는 7°C 이하에서 1400시간(약 60일 이상) 노출되어야 한다. 따라서, 기온이 현재보다 2°C 정도 상승할 경우 남한 거의 전 지역에서 사과재배가 가능할 것으로 예상되나, 만약 3°C 이상으로 상승하게 되면 남한에서는 대부분 사과재배가 안되고 북한지역으로 이동할 것이 예측되고 있다. 농촌진흥청 원예연구소에 따르면, 단감도 남부지방에서 주로 재배하였으나 지금 재배지가 북상하고 있다.

농업과학기술원에 따르면 1931~1960년에는 모내기가 4월 28일~5월 23일에 했으나, 1971~2000년에는 4월 24일~5월 16일로 빨라졌다. 반면 수확기는 1931~1960년에는 10월 25일~11월 14일에서 1971~2000년에는 10월 29일~11월 20일로 늦어졌다. 이에 따라 벼 재배 가능기간도 최대 23일 정도 늘어났다. 또한 과거에는 제주지역에서만 생산되던 월동배추가 전남 해남지역으로, 제주도와 전남, 경남지역에서만 재배되었던 난지형마늘이 충남 서산지역까지 재배가 되고 있는 현실이다.

그러나, 이런 변화가 꼭 농업소득 증대로 이어질지는 미지수다. 농업과학기술원 이정택 과장은 “벼가 여물 때는 적절한 온도가 있는데 지금처럼 기온이 상승하면 소득이 20~30% 줄어들 것”이라며 “병충해의 만연

같은 약재도 겹쳐 재배지역이 느는 것만으로 소득 증대를 낙관할 수 없다”는 의견을 피력하고 있다. 온난화는 병·해충·잡초의 생리생태에 지대한 영향을 주고, 이들 대부분의 서식지역을 북쪽으로 확장시켜 주는 결과를 초래함으로써 병충해 피해를 확산시킬 것이 거의 분명하다.

농업생태계의 적응 대책

현재 기후변화에 따른 농업생태계의 적응 대책 중 가장 중요한 것은 농업기상의 정확한 예보이다. 이를 세분화하여 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 농업기상정보의 적절한 배분 방법 및 예보 기술력의 향상
- 2) 기후변동과 변화에 대한 농업기상학적 적응전략의 개발
- 3) 생태, 수량예측 모형의 보다 적극적인 응용

중국은 현재 이미 농업생산량 예측을 포함한 농업기상 서비스 업무시스템을 구축하여, 주요 농작물 생산량에 대한 예측 경보 수준이 95% 이상에 도달해 있다. 특히 지난 2004년도에는 중국 국가기상국에서 당해 농작물의 생산 총량을 4,650억 kg에 도달할 것으로 예측하였는데, 실제로 4,695억 kg에 도달한 것으로 나타나 예측정확도가 99% 수준에 도달한 것으로 나타났다. 한국에서는 농업기상정보시스템(weather.rda.go.kr) 및 기후변화정보센터(www.climate.go.kr) 등에서 산업기상 및 농업기상서비스를 하고 있다.

우리나라에서는 기후협약과 관련하여 1998년 기후변화 협약 범정부 대책기구를 발족하여 운영하고 있으며, 2005년 2월 온실가스 감축을 위한 교토의정서가 발효됨에 따라 제 3차 정부대책 (2005~2007년)을 수립하여 부처별 세부대책을 추진하고 있다. 농

촌진흥청에서는 기후변화협약 대응 특별대책단을 구성하여,

- 1) 축산분뇨처리 개선
- 2) 음식물 쓰레기 퇴비화 연구
- 3) 지진 등 재해방지 기반 구축
- 4) 농경지 온실가스 감축
- 5) 반추가축 장내 발효 개선
- 6) 농업용수 영향평가 연구
- 7) 황사의 농업환경 평가
- 8) 작물생육 및 생산성 영향 평가

등 여러 가지 연구과제를 수행하고 있다.

앞으로 기후변화에 따른 농업은 농업의 지속성을 지켜나가야 하기 때문에 어쩔 수 없이 유기농업을 지향하는 방향으로 나아갈 수밖에 없다. 현재의 농업생태계는 외부에서 유입되는 화학비료와 농약에 의존하고 있는 개방생태계이다. 앞으로 유기농업 내지 친환경농업을 지향한다는 것은 결국 이러한 개방생태계에서 폐쇄생태계로의 복귀를 의미한다. 즉, 유기에너지의 전입과 전출이 하나의 생태계 내에서 이루어지는 구조이다. 과거에는 화학비료를 추가하여 작물생산을 증대하였으나 앞으로는 유기양분 순환의 효율화 및 작물 형질전환을 통한 생산량 증대 등으로 농업생태계의 지속성 및 생태적 다양성을 유지하게 될 것이다.

그럼에도 불구하고 기후변화에 따른 병·해충·잡초의 발생유형 예측과 대응기술 개발 등 농업생태계 유지를 위해 무수히 많은 문제점들이 예상되고 있으며, 농업관련 연구자들의 커다란 숙제로 남아있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전술한 바와 같이 보다 정확하고 예측 가능한 농업기상정보의 가공 및 제공뿐만 아니라 기상이변에 따른 작물의 재배적지에 관한 예측모델 개발, 그리고 병·해충·잡초의 생리생태에 대한 보다 적극적인 연구활동이 뒷받침되어야 할 것이다. 기후변화가 “장기간에

결쳐 광범위한 지역에서 나타나는 기상의 변동”이라고 정의될 때, 농업생태계가 이러한 기후변화에 능동적으로 적응할 수 있으려면 장기적인 모니터링과 결과분석을 수반한 장기생태연구가 불가피하다.

미국의 경우 국제장기생태연구(International Long Term Ecological Research : ILTER)를 결성하여 연구를 수행하고 있으며, 중국의 경우 1980년대 이후 지금까지 약 33개의 연구소를 네트워크로 하는 중국생태연구네트워크(Chinese Ecological Research Network: CERN)을 운영하고 있는데, 그 중 14개소가 농업생태계 연구소이다. 우리나라에서도 작년년부터 환경부에서 이러한 국제적인 추세에 발맞추어 국가장기생태연구(Korean National Long Term Ecological Research: KNLTER)

프로젝트를 시작하였다. 그러나 현재 국내에서 수행하고 있는 장기생태연구는 자연환경 분야에 치중되어 있으며 예산 규모도 상대적으로 작아, 실질적으로 기후변화에 대응하는 농업생태계의 적응 대책을 수립한다는 것은 거의 불가능하다.

농업은 그 부가가치를 떠나 인류의 생존과 직결된 산업이다. 전세계의 유기에너지의 총량이 일정하다고 가정할 때, 기후변화에 의한 온난화 및 폭우, 지진, 한파, 태풍과 같은 기상이변은 농업생태계의 생산력을 예측할 수 없게 만들며, 따라서 인류의 생존에 크나큰 위협으로 다가설 것이다. 따라서 지금부터라도 농업생태계 장기생태연구를 활성화하여 미래의 농업환경을 지켜나가도록 하여야 할 것이다.