

기후변화와 인간 그리고 농업¹⁾

서 명 철²⁾

농업과학기술원 농업환경부 다원적기능평가연구팀

서 론

농업은 인간의 생존과 번영을 위하여 토지에 작용하는 작용력을 이용하여 이용가치가 높은 유용식물이나 동물을 재배 또는 사육, 생산하는 유기적 산업으로서 결국 경종을 중심으로 하여 양축, 농산가공과 판매를 포함하는 산업으로서 정의할 수 있다. 농업은 일반적인 공업과는 달리 기본적으로 유기생체체의 성장과 번식에 의존을 하고 있으며 산업적인 측면에서는 유기물의 생산뿐만 아니라 가공, 판매, 비료, 농약, 농기구 등의 관련산업 분야까지 확대할 수도 있다. 인류는 신석기시대부터 목목적 영위성을 위해 경종을 시작하여 왔으며 그 과정에서 때로는 자연을 훼손하며 때로는 자연에 순응하며 지속성을 유지하여 왔다. 작물로 정의되는 식물들을 지속적으로 재배하기 위해 기본적으로 요구되는 요소는 크게 두 가지로 구분할 수 있으며 첫 번째는 지형, 토양비옥도 등과 같은 토지생산성이고 기온, 강수량, 일조량 등과 같은 환경요소이다. 따라서 토지생산성과 기상과 같은 여러 가지 환경요소들의 변동은 작물생육의 변화를 의미하며 이는 안정적이고 지속적인 농업생산이 필수

적인 인류에게 심각한 영향을 미칠 수 있다.

한편, 최근 들어 기상재해가 급증하여 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미로 인해 많은 인명피해와 농경지 침수 등 재산피해를 가져왔다. 주기적인 태풍이외에도 국지적 호우, 극심한 봄 가뭄 등 많은 기상재해가 발생하고 있다. 이러한 기상재해로 가장 먼저 피해를 보는 것이 농업부문으로 최근에는 그 빈도가 증가하고 있는 추세이다. 홍수, 폭우, 폭설, 가뭄 등 기상재해가 대규모로 자주 발생하는 원인으로는 지구온난화와 같은 기후변화를 제일 먼저 생각하게 된다. 평균기온이 올라가면 증발량이 대기 중으로 더 많이 유입되면서 집중적인 악기상을 초래하기 때문이다. 농업은 기상재해 등과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며 때로는 도시생태계를 보호하는 완충역할을 하기도 한다.

또한 지구온난화와 같은 기후변화에 따른 기상요소의 변화는 우리나라 농업에 커다란 영향을 미치고 있다. 기상재해와 같은 직접적인 피해는 아니지만 앞서 언급한 바와 같이 작물의 생육은 기온, 강수량, 일조량 등과 같은 환경요소의 작은 변동에 따라라도 차이가 많으며 장기적으로는 재배가 어려운 조건으로 변할 수 있다. 따라서 기상요소의

1)Climate Change, Human Being, and Agriculture

2)SEO, Myung-Chul, National Institute of Agricultural Science and Technology; E-mail: mcseo@rda.go.kr

장·단기적 변화에 따라 작물 재배양식도 변화되고 있다.

2005년 교토의정서가 정식으로 발효되면서 우리나라를 비롯한 전 세계에서 지구온난화와 같은 기후변화에 대응하기 위한 실천적 지침들이 마련되고 있으며 주요한 내용으로는 온실가스 발생을 감축시키는 것이다. 이러한 지침들은 자동차 배기가스 배출 등과 같은 일반 산업부문에 국한 되는 것이 아니라 농업부문에서도 다양한 실천들이 요구되고 있다. 농업은 인간활동 가운데 하나이지만 온실가스 발생에 대해서는 공익적인 측면과 부정적인 측면을 동시에 가지고 있기 때문에 농업이 기후변화에 미치는 영향, 기후변화에 따른 농업의 변화 등을 이해하는 것이 중요하다. 그러므로, 이 글에서는 기후변화와 우리나라 농업과의 관계를 고찰해 보고자 한다.

우리나라 농업현황과 기상

서론에서 언급한 바와 같이 농업은 기본적으로 작물재배가 가능한 토지를 바탕으로 한다. 비료, 농약, 농기구를 이용한 재배기술과 유전공학 등을 이용한 작물의 육종기술이 최고조로 발달한 오늘날, 농업의 생산력은 어느 정도 한계점에 이르고 있다. 그림 1과 같이 1971년부터 34년간 우리나라 논벼의 재배면적과 ha당 벼의 생산량을 보면 재배면적은 90년대 초반에 들어와서 급격히 감소한 반면 ha당 단위 생산량은 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 그림 1에서 나타나는 단위면적당 벼 생산량의 변동요인으로 70년대 인디카형인 통일벼를 육종하여 재배하면서 단위 생산량이 크게 증가하였으나 80년에 저온으로 인한 냉해와 병충해로 인해 수량이 현저히 감소하였으며 최근에 들어서는 자포니카형의 일반벼를 재배하면서 단위수

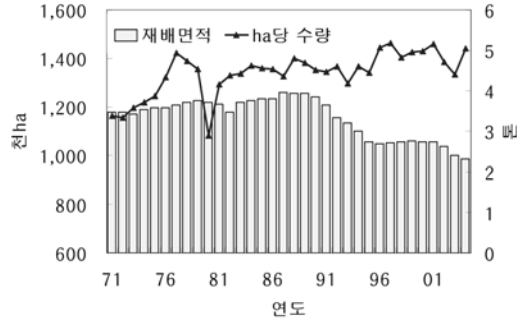


그림 1. 우리나라 논벼 재배면적과 단위면적당 생산량의 연도별 추이.

량의 변동은 작물의 육종기술의 발달보다는 병충해의 대발생이나 기상조건의 변동에 더욱 커다란 영향을 받고 있다. 유전공학 기술 등을 이용한 슈퍼벼와 같은 품종에 의한 현재 생산수준을 훨씬 넘는 생산도 가능할 수 있을 것으로 예상되지만 현재 전 세계적으로 식량수급이 나쁘지 않고 국민들 생활수준의 향상으로 입맛에 맞는 고품질의 쌀을 요구하는 수요가 많기 때문에 쉽게 정착하기는 쉽지 않을 것으로 전망되고 있다.

농업생산과 밀접한 관계가 있는 농경지 면적도 해마다 감소하고 있다. 우리나라 전체 농경지와 이를 논과 밭으로 구분하여 지난 45년간의 변화추이를 그림 2에 표시하였다. 우리나라 농경지는 1968년 2,319천ha로 최고를 기록한 후 계속 감소되고 있는 추세이

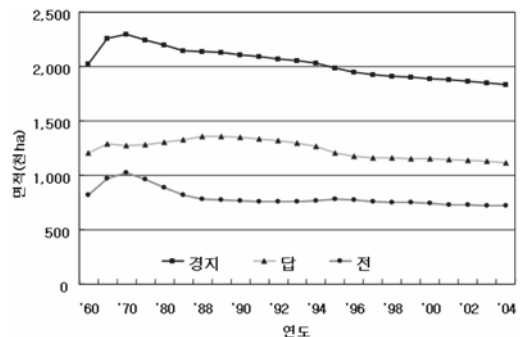


그림 2. 연도별 우리나라 논, 밭 및 경지면적의 변화.

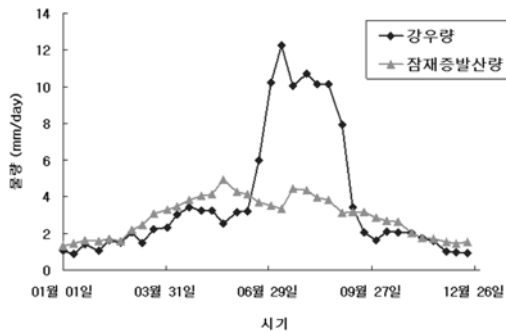


그림 3. 우리나라 연중 강우량과 잠재증발산량의 변화.

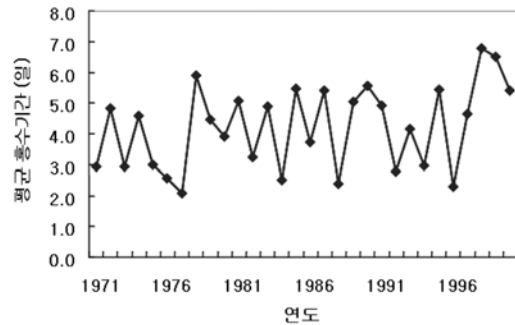


그림 4. 연도별 평균홍수기간의 변동 추세.

며 논농사가 식량자급을 위해 매우 중요한 시기였던 60년대와 70년대에는 발면적의 감소가 논보다 더욱 많았으나 최근 UR 이후에는 논이 감소비율이 더욱 큰 것으로 나타났다. 농경지 감소의 가장 큰 원인은 산업발달과 도시화가 진행되면서 농경지에 건물을 건축하거나 도로 등과 같은 공공시설로 이용하기 때문이다. 도시생태계의 완충작용을 하고 있는 농경지 감소는 급격한 기상재해의 증가와 무관하지 않으며 이는 도시에 직접적인 피해가 증가 될 수도 있음을 주목해야 할 것이다.

농업적인 측면에서 우리나라의 기상은 매우 양호하다고 할 수 만은 없다. 먼저 작물이 생육하기 위해서는 물이 필요한데 대부분 강우량에 의존하고 있다. 그러나 그림 3에서 보는 바와 같이 우리나라 강우량의 약 60~70%가 여름철에 내리고 있다. 연중 생육하는 작물이 흡수하여 증산하는 것과 농경지에서 증발되는 물의 양을 합한 잠재증발산량과 연간 강우량을 비교하여 보면 6월 장마철부터 9월 중순까지는 강우량이 많아 작물에 필요한 물을 공급하는데 문제가 없겠지만 다른 시기에는 강우량이 잠재증발산량보다 적기 때문에 작물에 공급할 수 있는 용수량이 부족하게 된다. 따라서 이 시기에 작물에 필요한 물을 공급하기 위한 대책들이

필요하다. 매년 봄이면 가뭄으로 많은 지역에서 수자원을 확보하기 위한 모습을 매체를 통해 많이 보았을 것이다.

그림 3의 연중 강우량에서 보는 바와 같이 6월 중순부터 9월초까지 강우량이 집중되는 시기에는 장마나 태풍에 의한 홍수피해가 많다. 약 30년간 67개 지역에서 일평균 강수량이 기상청 예보시 호우주의보가 발령되는 기준인 80 mm 이상인 일수를 홍수기간으로 설정하여 분석한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 연간 평균 홍수기간은 30년 평균 약 4.4일이었다. 연도별로 3~4일 정도의 편차를 나타내었으며 지역간 편차도 있어 태풍이 많이 지나가는 남부해안지방과 장마전선에 영향을 많이 받는 경기북부지방의 홍수기간이 많았다. 한편, 기상이변이 많았다고 보고 되고 있는 근래에 들어 가장 높은 홍수기간을 기록하였고 이는 과거보다 기상재해의 위험성이 높아졌음을 의미한다.

이상에서 언급한 바와 같이 우리나라의 기상조건은 농업을 하는데 있어 어려운 조건이 될 수 있다. 봄 가뭄과 여름 홍수, 그리고 가을 냉해 등 항상 작물의 생산을 위협하는 기후 요인이 내포되어 있다. 그러나 오랜 기간동안 우리 조상들은 이에 적응하기 위해 노력해 왔으며 그 가운데 대표적인 것

이 논농사이다. 국토의 70%가 산림으로 구성되어 있어 강우시 물을 보관하기 힘들고 집중적인 강우로 인해 일반 발작물의 피해는 벼 보다 매우 위험하다. 따라서 토양의 침식을 막고 식량을 지속적으로 생산하기 위해 만들어진 것이 계단논이라 할 수 있다. 또한 평지에 있는 논 대부분은 저지대 평탄지에 있기 때문에 홍수시 강우를 가둘 수 있기 때문에 마을 또는 도시로 일시에 유입되는 강우의 양을 줄여주기 때문에 인간의 직접적인 위험으로부터 보호하는 역할을 하고 있다. 이러한 부분은 농업이 기후변화에 따른 식량생산의 변동뿐 아니라 환경적으로도 많은 관계가 있음을 암시하고 있다.

농업에서의 온실가스 배출과 흡수

축산을 포함한 농업부문에서 온실가스는 크게 논에서 메탄, 시비비료의 탈질에 의한 아산화질소, 소와 같은 반추동물의 장내발효시 생성되는 메탄 및 가축분뇨가 분해되면서 발생하는 온실가스 등으로 구분할 수 있다. 2000년 기준 농업축산부문의 온실가스 배출량은 3,982천 TC로 추정된다. 그림 5에서 보는 바와 같이 벼논에서 발생하는 메탄이 전체 배출량의 49%를 차지하고 다음으

로는 장내발효가 19%, 비료시비가 18%, 분뇨분해가 14%를 기록하였다. 그러나 농업, 축산부문에서 발생하는 온실가스의 비율은 우리나라 전체 온실가스 발생량의 약 3%에 불과하다. 더구나 이러한 통계적 수치에는 작물이 흡수하는 이산화탄소의 양은 포함되지 않은 양으로 추정되며 작물이 흡수되는 양을 상계하게 되면 점유비율이 감소할 것으로 예상된다. 또한 경지면적의 감소, 친환경적인 재배방법 등에 따라 실제 배출량을 감소시킬 수 있으며 이를 위한 정부차원에서의 노력이 진행되고 있다.

일반적으로 식물은 생육기간 동안 광합성을 통해 온실가스인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출한다. 이 과정을 통해 성장한 작물은 수확이 되고 직접 또는 가공되어 인간의 삶에 기본을 담당하는 먹거리로서 제공된다. 과거 농지개발을 위해 무분별한 산림을 훼손하는 시점에서 볼 때 농업이 상대적으로 온실가스 저감에 기여하지 못한다고 볼 수 있다. 그러나 현재 오랫동안 경작되어온 농경지에서 지속적으로 작물이 재배되어온 점을 기준으로 볼 때, 그림 2에서 보듯이 농경지가 지속적으로 감소되고 농경지 개발에 의한 산림의 훼손이 감소하는 시점으로 보았을 때 농업활동은 온실가스 배출에 크게 기여한다고 볼 수는 없다. 특히 농업생산을 기준으로 보았을 때 농업부문은 온실가스를 배출하기 보다는 흡수하는 역할이 크다.

그림 6에서 보는 바와 같이 온실가스 배출이 49%를 차지하고 있는 논에서 1991년부터 2000년까지 배출되었던 메탄과 아산화질소를 GWP(지구온난화기여도)로 환산하여 벼가 대기중에서 흡수한 이산화탄소를 추정하였다. 그 결과 우리나라 농경지의 약 60%를 차지하고 있는 논에서는 배출되는 온실가스보다 흡수하는 온실가스가 훨씬 많음을 알 수 있다. 2003년 기준 우리나라 농경지

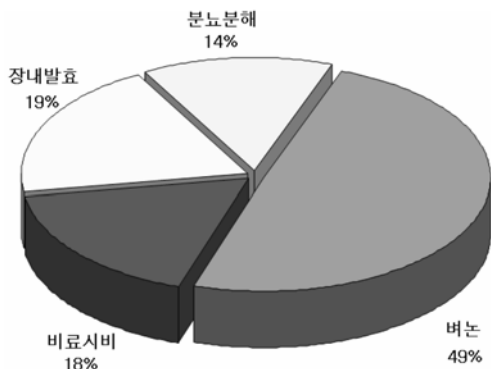


그림 5. 농업, 축산부문의 부문별 온실가스 배출 비중, 2000년(농업과학기술원).

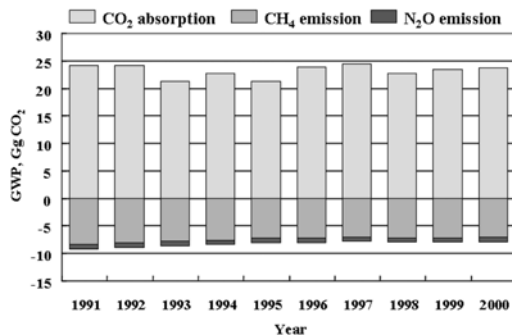


그림 6. 우리나라 논에서의 온실가스 배출과 흡수량 변화.

에서 흡수하는 이산화탄소의 양은 논이 2,390만 톤, 밭이 913만 톤으로 전체 3,303만 톤에 달하였다.

한편, 우리나라의 식량자급율은 표 1에서 보는 바와 같이 쌀과 서류에 대해서는 어느 정도 식량자급이 달성되었지만 밀, 옥수수, 두류 및 기타 식량에서는 식량자급도가 현저히 떨어지고 있어 전체적으로는 30% 이하이며 2003년에는 약 27% 밖에 안되고 있다. 이렇게 식량자급도가 낮은 이유로서 가장 큰 원인은 무엇보다 많은 인구에 비하여 경작할 수 있는 농경지가 적기 때문이다. 또, 국민소득이 증가하고 육류소비가 증가하면서 가축사육을 위한 사료 수입이 증가하였고 무역자유화 이후 값싼 농산물이 많이 수입되고 있기 때문이다. 이러한 상황을 지구

온난화 측면에서 보았을 때 온실가스를 발생시킬 수 있는 많은 유기물들이 국내에 유입되고 있다는 것이다. 유기물이 분해되면서 이산화탄소를 비롯한 여러 가지 온실가스를 방출한다. 따라서 매년 수입되는 많은 양의 농산물은 우리의 생활수준을 유지하기 위해 발생시키는 온실가스 배출량으로 간주할 수 있다. 이러한 측면에서 농업은 이러한 유기물들의 저장소 및 완충 역할을 할 수 있다. 가축이 섭취하고 배출하는 분뇨의 경우 우리나라 농경지의 시비되는 비료를 상당히 대체할 수 있는 양이 된다. 실제로 축산뿐 아니라 생활분야에서 발생하는 유기성 폐기물의 상당한 부분이 농경지에서 소화되고 있다. 농경지의 유기성 폐기물이 투입되면 식물이 양분으로 이용되기도 하며 일부는 토양에 축적된다. 농경지에서 영농활동을 함으로서 온실가스의 주요 원인이라 할 수 있는 탄소원을 저장한다는 것이다. 우리나라 산림 토양의 실제 유기물 함량은 농경지보다 높다고 할 수 없다. 즉 농경지에서 유기물을 축적하여 온실가스 발생을 저감 또는 지연시킨다는 의미로 해석할 수 있다.

농업의 공익적 기능

작물이 재배되는 토양은 토양입자가 완전

표 1. 우리나라 전체 양곡에 대한 식량 자급도

(단위 : %)

년도	계	쌀	보리쌀	밀	옥수수	두류	서류	기타
96	26.4	89.9	73.5	0.4	0.8	9.9	99.6	3.4
97	30.4	105.0	49.3	0.2	0.9	8.6	99.2	6.5
98	31.4	104.5	56.8	0.1	1.1	9.4	99.5	17.6
99	29.4	96.6	67.1	0.1	1.0	9.1	98.8	11.0
00	29.7	102.9	46.9	0.1	0.9	6.4	99.3	5.2
01	31.1	102.7	77.2	0.1	0.8	7.7	99.1	11.1
02	30.4	107.0	60.4	0.2	0.7	7.3	99.1	10.2
03	26.9	97.5	45.5	0.1	0.8	6.9	98.7	11.8

히 채워져 있는 것이 아니라 약 50%의 공극을 가지고 있으며 공극에는 수분과 공기가 채워져 있다. 강우가 내리면 토양속으로 침투되어 일부는 중력에 따라 지하로 침투되며 일정 양이 초과하면 표면수로 유거된다. 작물이 생육하면 뿌리가 토양속에서 발달되고 토양의 공극이 확장된다. 이렇게 형성된 공극은 집중호우시 강우의 일부를 가두어 하천으로 강우가 일시에 유입되어 재해가 발생하는 것을 저감시켜준다. 더욱이 논외의 경우 그림 7의 A와 같이 논둑을 만들어 물을 가두고 벼를 재배하기 때문에 집중호우시 논둑은 일시적인 댐의 역할을 하게 된다. 또한, 평탄지에 위치한 논외의 경우 저지대에 위치한 경우가 많고 하천의 역류를 막기 위한 제방이 세워져 있어 그림 7의 B와 같이 제방이 댐의 역할을 하게 되 더 많은 강우를 가둘 수 있게 되면서 자연스럽게 홍수를 조절할 수 있는 능력을 가지게 된다.

논에서 논둑이 홍수조절기능을 한다는 모형을 가지고 우리나라 논에서 홍수조절량을 추정할 결과 2002년 기준으로 약 33.5억 톤에 달하였다. 이 양은 1997년도에 완공된 밀양댐 총 저수량이 73.6백만 톤인 것을 감안하면 밀양댐 총 저수량의 약 45.5배 물양에 달하며 밀양댐 홍수조절량이 6백만 톤인 점을 근거로 하였을 때 약 558.7배의 홍수조

절량이 될 정도의 많은 양이라 할 수 있다. 여기에 밭이 가지고 있는 홍수조절량 약 8.2억 톤을 합하면 전체 농업이 가지는 홍수조절량은 41.7억 톤이나 된다. 최근 도시화로 인해 논외의 면적이 줄면서 하류에 있는 도시들의 홍수피해 보고가 증가되고 있으며 앞으로 더 많이 발생할 것이라는 우려가 많다. 특히 논외의 경우 저지대에 위치한 경우가 많은데 여기에 도시나 건물들이 세워지게 되면 다른 지역에 비해 수위가 낮아져 침수 확률이 높아진다.

한편, 기후변화로 인해 연평균 기온이 상승하고 있으며 특히, 여름철에는 도시화와 자동차, 에어컨 등의 증가로 기온이 매우 높아져 가고 있다. 우리나라에서 열대야라는 현상이 이제는 일시적인 현상이 아니라 고정되어 가고 있음을 누구도 부인하기 어려운 형편이다. 그러나 농촌으로 가면 열대야 현상이 거의 없고 낮에도 후덥지근한 더위를 덜 느낄 수 있다. 이러한 이유는 식물이나 토양에 있는 수분이 증발하면서 열을 빼앗기 때문인데 이 열을 증발잠열이라고 한다.

실례로 여름철 맑은 날 위성영상을 통해 전북지역 표층온도를 분석한 결과 논농사가 중심인 김제평야와 산림이 많은 진안지역에서 기록한 온도와 도시화된 전주시와 김제시 부군에서 기록한 온도가 최고 10°C 이상

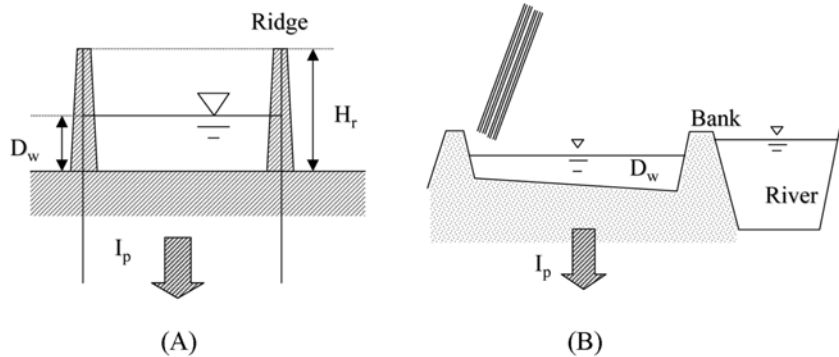


그림 7.논이 가지고 있는 홍수조절기능 모형.

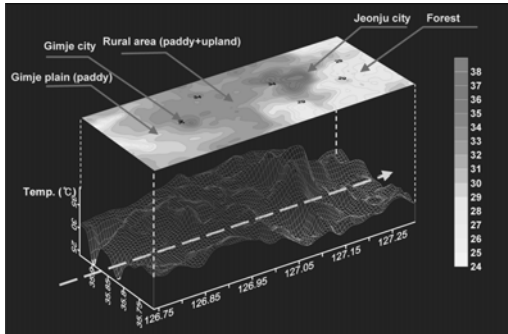


그림 8. 여름철 전북지역에서의 표층온도 분포.

차이가 나고 있음을 알 수 있었다. 눈에 가두어진 물과 벼나 나무들이 생육하면서 발산하는 물이 기화(증발산)되면서 온도를 낮추고 있는 것이다. 기후변화로 인해 우리나라의 기후도 아열대화 되어 가고 있는 최근의 경향을 감안하였을 때 산림을 비롯한 농업이 얼마나 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 여름철 고온기간동안 논에서 증발산 된 물의 양은 405 mm year^{-1} 로 계산되었고 이를 28°C 일 때 물의 증발잠열 581 kcal kg^{-1} 을 곱하여 준 결과 $2.35 \times 10^9 \text{ Kcal ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 의 열량을 주위 더운 공기로부터 빼앗아 가는 것으로 계산되었다. 2002년도 기준 우리나라 논 면적인 $1,138,408 \text{ ha}$ 에 적용한 결과 $2.67 \times 10^{15} \text{ Kcal ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 로 산출되었다.

맺음말

오랫동안 농업은 인간의 기본적인 삶을 영위하기 위한 식량을 생산하는 역할을 담당하였다. 때로는 개간을 통해 자연을 파괴하기도 하였으며 때로는 지형과 기후에 적응할 수 있는 작물육종, 재배양식 개발 등을

통해 자연의 일부가 되기도 하였다. 이렇게 오랫동안 발달되어온 농업은 자연과 도시와 다른 하나의 독특한 생태계를 이루고 있다. 단일작물이 재배되어 그 다양성이 산림과 같은 자연생태계에 미치지 못하지만 토양에는 수많은 미생물과 미소동물 및 다른 식물들이 반복을 거듭하며 자라고 있다. 때로는 인간활동에 순응하며 때로는 인간에게 재앙을 가져다주기도 한다. 물론 인간적인 측면이 강하지만 인간과 자연의 중간자로서 인간과 자연이 조화롭게 연결되어 지속성을 유지할 수 있도록 역할을 하여 왔으며 그 역할은 발달된 산업사회에서 더욱 증가될 것이 분명하다.

앞서 언급한 바와 같이 농업은 기후변화에 대해 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 동시에 가지고 있다. 그리고 여기에는 인간이 있어 농업에 대한 인간활동에 따라 그 상대적 비중은 얼마든지 바뀔 수 있다. 따라서 농업의 중요성을 인식하고 기후변화에 공익적으로 작용할 수 있는 노력들이 교토 의정서가 발효된 시점에서 더욱 중요하다고 할 수 있겠다.

참고문헌

- 권원태. 2005. 기후변화의 과학적 이해: 현황, 전망 및 대응. 자연보존 129: 8-13.
- 농림부. 농림수산통계연보. <http://maf.go.kr>.
- 서명철. 2005. 논농사의 환경보전기능 계량화 평가. 고려대학교 박사학위 논문. pp. 19-79.
- 임재규 등. 2002. 기후변화협약에 따른 대한민국 국가보고서 초안작성, 에너지경제연구원 기본연구보고서 02-01: 135-139.
- 환경부. 2005. 기후변화 관련 국제동향 및 정부 대책, 환경부 발표자료.