

環境公害와 新 農業技術

順天大學校 農科大 農機械工學科 洪 志 亨

緒 言

농업은 원래 작물과 가축을 중심으로 토양, 물, 기후, 생물, 농용자재 및 에너지 등의 환경요소가 상호작용하여 물질과 에너지로 순환이 되는 산업이다. 그러나, 최근의 농업은 석유화학제품과 대형 농기계의 이용으로 생산력을 증대하고 노동력을 크게 경감하는데 크게 공헌 했으나, 자연 생태계의 환경 파괴를 발생하는 부작용을 일으키고 있다⁹⁾.

지구환경문제인 지구온난화, 산성비, 오존층의 파괴, 열대우림과 야생생물종의 감소 및 사막화 등은 화석에너지 연료, 비료, 농약, 플라스틱 자재 등의 대량투입으로 일어난 것들로서, 이상 기후, 토양의 산성화, 다양한 폐기물의 급증 등의 결과를 초래하여 안정적이고 지속적인 농산물 생산활동에 심각한 영향을 미치고 있다.

그러므로, 21세기의 농업은 환경조화형 농업 방식을 기본으로 하여 농업환경의 보전과 미이용 에너지 자원의 활용, 석유화학 자재의 투입과 이산화탄소 발생억제형의 농산물 생산시스템 등의 신 농업 기술로서 안전한 식량생산에 달성하고 농업 생산력과 수익성을 유지할 수 있도록 하는 것이 중요하다고 생각된다.

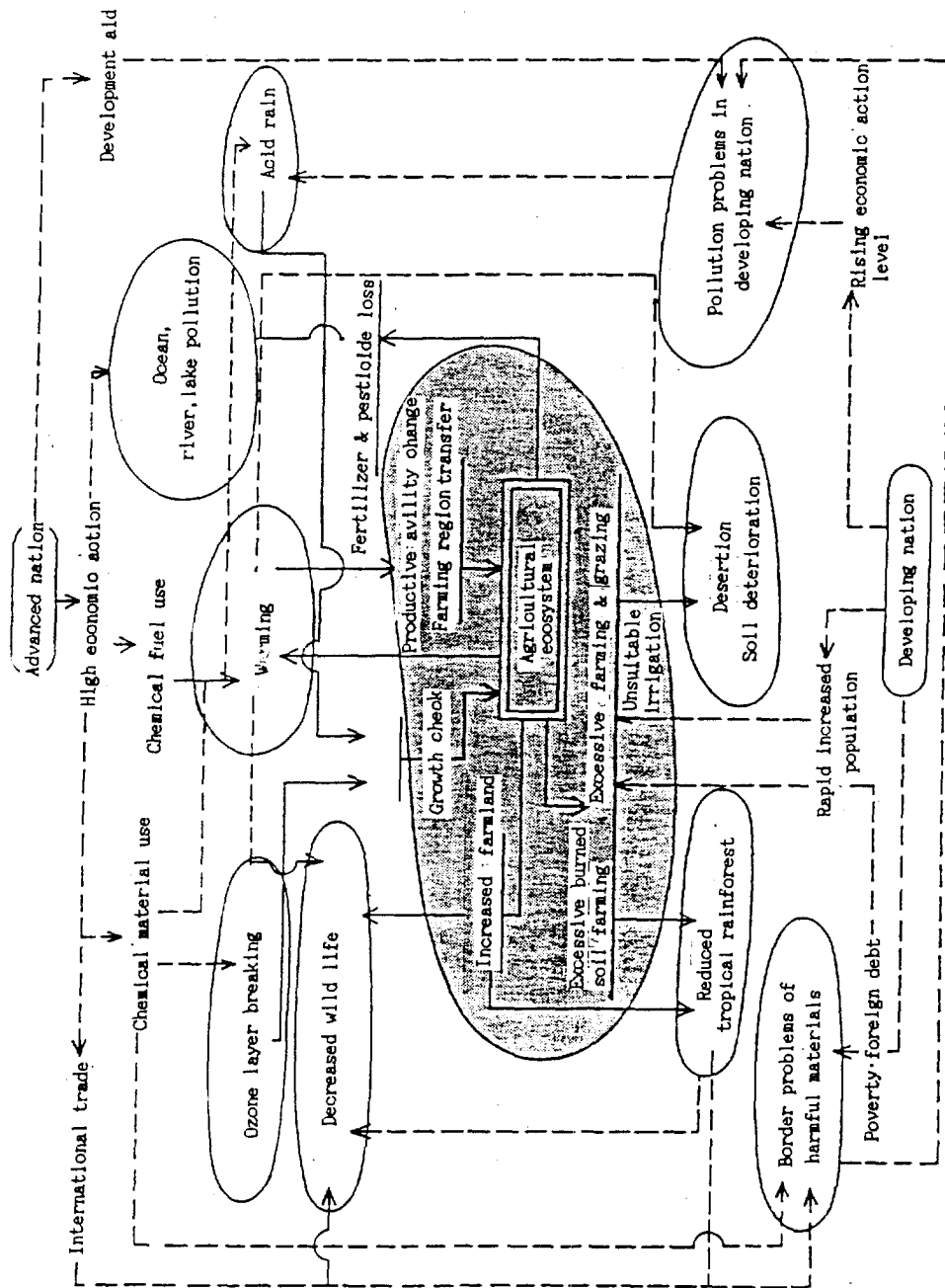
따라서, 본 강좌는 지구환경문제의 발생요인과 영향 그리고 환경보전형 농업기계·시설화

생산시스템을 위한 환경오염 배출억제 및 농업 폐기물의 재자원화 등의 환경보전기술외에 지역 자원을 적극도입하여 활용하는 지역자원관리 시스템의 과제와 방향을 농업공학적인 측면에서 관찰하고자 한다.

1. 지구환경과 농업

오늘날의 지구환경 오염문제는 지구역사 45억년 가운데 불과 최근 2백년도 채 못된 사이에 일어 났는데 문제의 심각성이 있다. 18세기의 산업혁명 이후 세계의 인구는 과학기술을 이용하면서 물질적 풍요와 함께 시작된 인류의 새로운 생활양식의 변화는 지구환경의 오염이라는 문제를 가져왔다.

이와같은 지구환경문제는 인간이 지구상에 나타난 토지이용과 공장건설 및 화석 에너지의 대량소비에서 비롯되었다. 이러한 여러가지 현상의 환경문제와 농업과의 직접 및 간접관계는 그림1에 나타낸 것과 같다¹³⁾. 그림1에서 오존층의 파괴, 온난화 및 산성비등은 농업생산 활동에 큰 영향을 미치는 요인으로 자원의 순환과 생태계의 조화에 변화를 일으켜서 농업의 지속성과 식량의 안정성에 문제를 발생하고 있음을 알 수 있다. 다시말하자면, 화학물질의 사용은 오존층을 파괴하고 자외선을 증가시켜서 인간에 피부



Full line have an immediate connection with agriculture and broken line is indirectly concerned in agriculture.

Fig. 1 The relation between global environmental problems and agriculture.

병을 일으키고, 동식물에는 생태계를 파괴하여 생존을 위협하고 새로운 환경에 적응하는 형질이 나올때까지 기다리는 사이에 멸종시키는 문제를 일으키며, 인간에 의한 열대림의 파괴는 야생생물의 감소에 직접적으로 큰 영향을 미치고 있으며 화석연료의 사용은 대기오염은 물론이고, 이산화탄소 농도의 증대를 가져와 산성비와 온난화 현상을 더욱 크게하고 있다. 물과 공기, 그리고 토양은 산업화 부산물에 의하여 오염되기 시작하여 지구 생태계를 보전하고 있던 오존층의 파괴와 지구의 온난화로서 일부 생명체를 멸종시켜서 사막화 현상을 초래하여 토지생산력을 떨어뜨리고 있다. 한편, 인간의 생산활동에 의해 발생하는 유탄폐기물, 선진국의 경제성장과 개도국의 인구 급증과 기술개발 등의 공해물질이 지구의 황폐화를 가속화하는 것을 느낄 수 있다.

근대적 농업 기술은 노동생산성 및 토지생산성을 증대 하기 위하여 노동력의 절약 및 다수확 안정효과를 크게 발휘 하는데 목적이 있으며, 이를 구체적으로 살펴보면 비료, 농약, 농업기계와 시설의 연료 및 석유화학 자재 등을 다량 사용하는 작업 기술체계로서 에너지의 대량투입이 불가결한 조건으로 성립되어져 있다. 따라서, 다량소비되는 비료, 농약 등에 의한 환경공해와 식품오염의 다발화, 가축의 대규모 집중사육에 의한 축산폐기물의 대량배출, 야채의 대규모 연작에 의한 지력장해의 발생, 하우스 질병과 농기계 사고 발생, 화석연료의 다량 사용에 의한 대기오염과 이산화탄소 발생량의 증가, 농축산물 생산의 에너지 효율저하 등에 따라 농업환경은 파괴되고 있으며 에너지의 과잉투입이 농업환경보전 측면에서 시급히 해결되어야 할 과제로 부각되고 있다.

이와 같은 여러가지의 환경 영향으로 야기된 지구환경 문제는 지구 온난화를 촉진시켜서 이상기후를 나타내고 농업 생태계를 파괴하여 식량공급의 감소와 가격을 상승하여 기아인구를 증대할 것으로 예측되어 진다. 그러므로, 지구환경문제로 인한 농업환경 공해를 완화하기 위해

서는 환경오염 발생물질의 억제형과 에너지절약적인 농업 기술개발, 인구 성장율의 감소 및 지역자원의 효율적인 관리 등의 환경조화형 농업방식으로의 전환이 21세기 농업의 당면 과제라고 해도 과언이 아니다.

2. 지구환경문제의 제현상

그림2는 지구환경과 인간활동을 연결한 물질순환과 환경문제의 발생¹²⁾을 나타낸 것으로서, 제 1차산업은 제 2, 3차 산업과는 다르게 동식물 생태계와 직접적인 접촉에서 생산활동을 하여 자연환경을 보전 또는 제어를 해야되는 귀중한 책임을 맡고 있다고 할 수 있다. 석유화학공업, 자동차공업등과 같은 제조업, 그리고 광공업은 석유, 석탄, 우라늄 등에서 얻어진 에너지를 생산활동에 활용하고 있다. 이러한 생산활동을 유지하기위한 에너지원과 교통 및 수송 그리고 인간이 주거활동을 하는 도시등의 제 2, 3차 산업의 활동에서 다종다양한 형태의 배출물이 공기와 물을 매체로하여 지구의 전역에 널리 퍼지고 있다. 이러한 산업 공해물질의 확산과정에서 발생된 것이 지구환경문제를 일으키고 있다. 여기서 발생하는 환경공해 현상은 지구온난화, 산성비, 오존층의 파괴, 열대림 및 야생생물의 감소, 해양오염, 유탄폐기물의 다량배출, 개발도상국의 인구증가와 기술개발공해, 선진국의 경제성장 등이다. 이러한 여러가지 형태의 지구환경문제들은 서로 복잡하게 관련이 되어져 있어 단독으로 해결 할 수 없는 조직으로 구성되어 있어 인간의 활동을 적절한 방법 또는 규모로 변형해야만이 역제가 가능할 것으로 기대되어 진다.

그러나, 농업에 의한 환경보전적인 기능의 유지와 증진은 생물자원의 보존, 자연생태계의 보전, 대기와 수질환경보전 등으로서, 지구 환경문제에 대한 농업의 억제와 조화 효과가 크게 미치고 있으므로 지구환경문제의 여러가지 현상과 농업과의 연관성을 살펴보고져 한다.

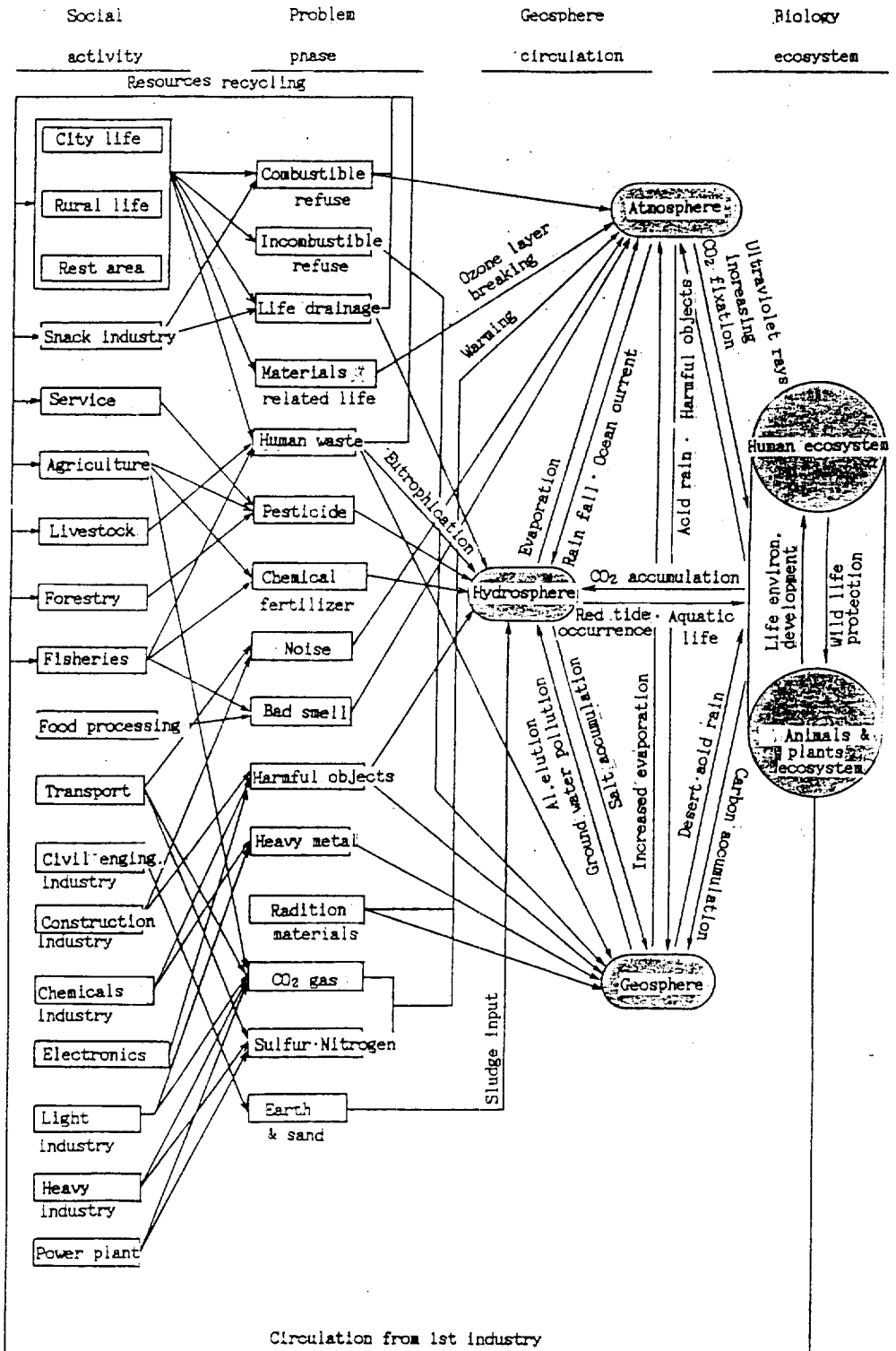


Fig. 2 Revelation of material circulation & environmental problems coupled on to global environment & human activities.

2.1 지구온난화

그림3에서 알 수 있는 바와 같이 18세기 영국의 산업화 이전(1750~1800년)의 대기 중의 이산화탄소량은 약 280ppmv였으나, 1990년에는 350ppmv로서 약 200년에 25% 증가되어 있으며 현재에도 연간 약 2.5%(1.8ppmv)가 늘어나고 있으며, 산업개발과 화석연료의 소비를 지금과 같은 추세로 이어 나아간다면, 증가율은 가속도적으로 크게 증가되어 대기중의 이산화탄소량은 2030년에 산업혁명 시기의 2배에 도달하게 된다고 발표하였다⁶⁾.

이러한 이산화탄소는 지표면에서 직접 복사열을 흡수하여 우주공간에 배출되는 열을 대기에 정지 시키는 온실효과가 기능을 갖게되어서 지구의 온난화를 가속화 하고 있다. 이와같은 기능을 갖는 기체를 온실효과 가스라고 부르는데 이들 가스가 온난화에 미치는 비율⁶⁾은 그림4에 나타난 것과 같이 이산화탄소 이외에 수증기, 프레온, 메탄, 아산화질소, 및 대류권의 오존등이 포함된다. 이산화탄소와 수증기를 제외한 다른 성

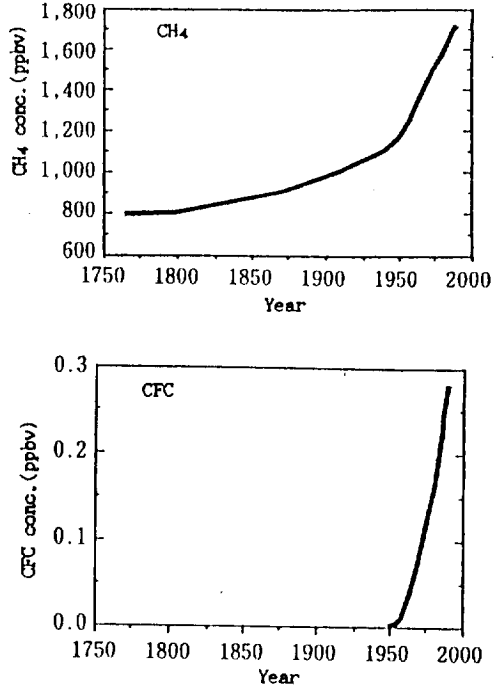


Fig. 3 Variation of atmospheric concentration for CO₂, CH₄, N₂O, CFC after Industrial Revolution in UK.

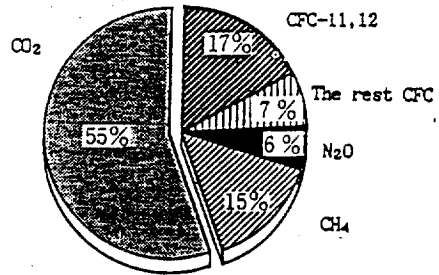
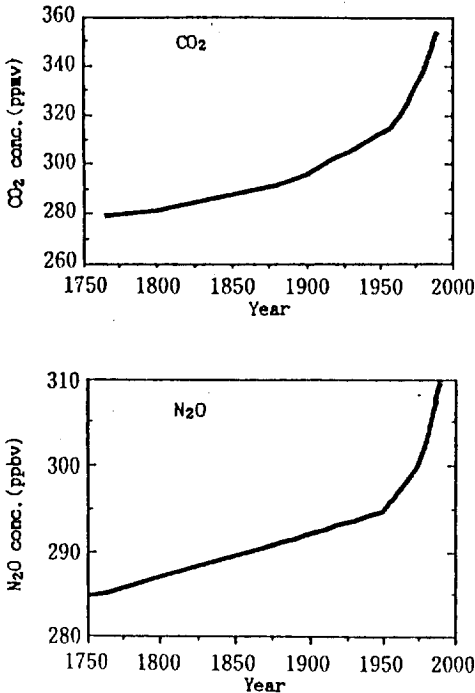


Fig. 4 Effect of CO₂, CH₄, N₂O, CFC on the global warming.

분은 대기중에 들어있는 양이 적으나, 단위량당의 온실효과 기능이 크므로 프레온, 메탄, 이산화질소 및 오존 가스 등이 온실효과에 미치는 영향은 이산화탄소와 거의 같다.

지구 온난화에 대한 수치예측은 세계 각지의 측정결과에 따라서 약간의 차이가 있으나, 온실효과 가스가 현재 상태로 증가된다면 2030년에

는 평균 기온이 1.5~4.5°C 상승되고, 해수면은 20~140cm 정도가 높아 질 것으로 추정⁶⁾되어 이상 기후의 발생으로 인한 농업생산, 동식물 생태계 및 인간의 활동 등에 매우 큰 환경 변화가 예측되고 있다.

2.2 오존층의 파괴

대기 중에 존재하는 오존은 식물의 광합성에 서 일어난 산소로서 30억년 이라는 기나긴 세월을 거쳐서 생성된 것이다. 이의 대부분은 오존층으로서 성층권에 존재하여 태양에서 온 자외선을 대부분 차단하여 지상의 동식물에 안전한 빛으로 공급되게 한다. 지상에 도달된 자외선은 인간생활, 동식물의 생태계에 대단히 중요한 영향을 주는데, 이 자외선을 조절하는 성층권의 오존층이 인간이 발명한 화학물질인 프레온 가스로부터 파괴되어 인간과 자연의 생태계에 엄청난 피해를 주고 있다. 이 프레온 가스는 매탄, 에탄 가운데의 수소 원자를 鹽素와 弗素로 바꾼 인공물질로서 화학적으로 매우 안정하고, 독성이 없어서 저온저장시설의 냉매, 에어컨프레어의 가압제, 消火劑, 반도체 등의 洗淨劑 등으로 대량사용되어 왔으나, 프레온 가스가 확산되어 성층권에 도달되면 자외선에 의해 분해되어 방출된 염소가 매체가 되어 오존층을 파괴 하게되므로서 현재에는 거의 프레온가스 사용을 못하게 하고 있으며 이에 대한 대체가스를 개발 중에 있다.

2.3 산성비

화석연료의 활용으로 인하여 발생하는 유황산화물과 질소 산화물에 의한 수소 이온 농도 5~6 이하의 비를 말하는 것으로서, 대기중에는 약 350ppm의 이산화탄소가 포함되어 있어 이 대기 가운데에서 응축하여 떨어진 비에는 이산화탄소가 용해되어서 산성이 되는 것이다. 산성비는 대부분이 화력 발전소와 공장, 자동차 등에서 배출되어진 유황산화물과 질소산화물이 원인으로 되고 있다.

이러한 산성비는 식물의 줄기와 잎에 직접 피해를 주며, 토양을 산성화 하여 토양 중의 칼슘, 칼륨, 알루미늄 등의 식물에 유용한 영양염류 물질을 용출시키므로서 토양의 비옥도가 저하되고, 나무의 뿌리에 장해를 일으켜서 나무가 말라죽는 현상을 나타냄과 더불어 약해진 나무에 병충해와 강풍에 의해 나무가 넘어지는 피해를 유발하여 삼림전체가 무너져 버리는 일이 발생한다.

2.4 열대림과 야생 생물 種類의 감소

1980년의 국제식량농업기구의 조사결과⁹⁾에 의하면 세계 열대림은 약 19억4천만ha로서 열대 아메리카에 46%, 열대 아프리카에 36%, 열대 아시아에 18% 등으로 분포되었으며, 매년 전체의 5.6%에 상당하는 1340만ha가 감소되고 있었는데 이것은 거의 개발도상국에 위치하여 이들 국가들이 열대림을 벌목하여 가공용 재목으로 선진국에 매각하거나, 식량자원의 확보를 위해 열대림지를 농경지로 전환시켜 삼림의 재생을 저해하는 것과 열대수목을 직접에너지로 소비하기 때문이라고 보고하였다. 야생 생물의 귀중한 생식지인 열대림, 해양, 하천, 섬 등의 개발과 환경오염에 의한 파괴로 인한 야생 생물의 멸종은 2000년까지 전체의 15~20%에 상당하는 50~100만종이 예상되어¹²⁾, 자연 생태계를 유지하는 야생 생물의 종류가 급격히 감소하여 지구상에서 점차적으로 사라지고 있다.

2.5 사막화

사막화는 지구의 건조지대와 반건조지대 등에서 토지 생산력의 저하현상을 말하는 것으로 원인으로서는 대기의 순환변동에 의한 기후대의 이동(자연적 요인)과 수목의 벌채, 과잉방목 및 경지전환 등에 의한 것으로서 건조지의 토지생산성을 초과한 지나친 토지이용(인위적 요인) 등이다. 대기의 순환변동은 대륙, 해양, 氷永간의 온도조화가 큰 영향을 미치며, 인위적인 영향에 의한 사막의 확대와 열대림의 감소, 지구의 온난화에서 일어나는 氷永 면적의 변동 등이 지구표

면의 온도 분포를 바꾸어서 대기의 순환을 변동하여 간접적으로 사막화 현상에 영향을 주고 있다.

사막화의 위협성이 높은 사막주변 지역에 있어서 대량 재배되는 밀, 옥수수 등의 식량자원은 사막화의 영향이 문제가 되고 있다. 1984년의 유엔 사막화 방지회의의 보고에 의하면⁸⁾, 매년 600만ha가 사막화 되어가고 있음을 보고 하였다.

3. 신 농업기술의 전략

지구환경 문제는 화석연료 사용에 의한 대기 오염과 이산화탄소 농도 증대의 결과로 일어나는 산성비와 지구온난화, 화학물질 사용에 의한 오존층의 파괴 등이 원인이 되어 열대림 파괴, 야생 동식물의 멸종, 사막화 현상 등이 발생하는 것 외에도 인간 활동에 의해 발생하는 다양한 폐기물, 지역개발에 의한 자연생태계의 파괴에서도 문제가 되고 있다. 따라서, 농업생산활동의 간접생산자재인 화석연료, 석유화학제품인 농약, 비료의 투입억제와 지역자원(토지, 물, 에너지, 생물)의 개발이용으로 환경과 자연생태계를 보전하면서 농업 생산력을 향상하고 공해를 방지하여 수익성을 확보하면서 안전한 식량생산을 지속⁹⁾할 수 있는 환경 조화형 농업기술이 최우선 과제라고 판단된다.

이와같은 환경 조화형 농업은 농약의 방제 및 비료의 시비기술, 축산폐기물의 자원화기술, 이산화탄소 발생 억제를 위한 에너지절약 및 대체에너지의 활용 기술, 소음, 진동, 분진 및 악취 등의 환경유해 요소의 방지기술, 농촌지역에 부존하는 지역자원 관리의 체계화 기술 등의 연구개발과 실용화 보급에서 달성이 가능하다고 본다.

3.1 농약·비료의 방제·시비기술

농업환경 문제는 농산물의 고품질·고부가가치화에 깊게 관계되므로 농약, 비료의 안전성 향상과 이용효율을 증대하여 사용량을 감소하는 것이 기술개발에 중요하다.

방제기술은 병충해와 잡초방제로 대별되는데 이것은 생산물의 안전성, 사용량의 감소, 토양침식과 잡초억제, 두과작물과 유기질 비료의 이용, 살포작업의 안전과 쾌적화 등이 과제이며, 시비기술은 비료의 이용율을 향상시키는 시비방법, 균일살포 및 자동제어, 유기질 비료의 생산이용의 체계화로서 농경지의 지력 강화 등이 과제이다.

3.2 축산폐기물의 자원화기술

앞으로의 농업은 시설농업에 의한 대체농업 방식으로서 화학비료 보다는 호기성 발효 퇴비(콤포스트)가 이용되고 자연에너지, 바이오에너지 및 폐기물에너지 등이 농업용 열원으로 사용될 가능성⁴⁾이 크다.

가축분뇨는 농업 폐기물 가운데 가장 비중이 크며 왕겨, 벗짚, 보리짚 등의 농산 부산물과 함께 자원의 재생산과 이용이 가능하므로, 자원화 시설과 생성물의 유통구조 개선이 필요하다.

가축분뇨의 처리·이용 방식은 축분과 깔짚의 고품퇴비화 처리, 축분과뇨의 액비화 처리 및 뇨오수의 정화처리 등이다. 이들의 처리과정에서 얻어지는 자원과 에너지는 고품퇴비(고형콤포스트), 발효열, 건조분, 액비(액상 콤포스트), 메탄가스 등으로 농업의 생산자재로서 재순환⁵⁾이 중요하다.

이러한 축산폐기물의 자원화 기술문제에 대한 대처 방안은 대규모의 공동이용퇴비화시설, 액비의 비배관개시설, 메탄가스생산이용시설 등의 축산시설·기계의 자동화 기술이 추진되어야 할 것으로 본다.

3.3 이산화탄소 발생 억제형 농업기계화 작업 시스템

현재까지의 농업생산은 화석에너지 공급을 전제로한 농업기계·시설 개발로 농업생산성을 증대할 수 있었다. 즉, 농업기계와 하우스에 사용된 연료(직접에너지)와 농약, 비료, 석유화학제품의 자재(간접에너지) 등을 활용하여 왔다. 여기

서 발생되는 이산화탄소가 농업환경을 악화하므로 투입에너지를 감소하고 자연에너지를 이용하여 자연과 조화하면서 농업생산을 지속할 수 있는 환경농업 기술이 요구된다.

농업생산 활동에 있어서 에너지 투입 절약적인 기술로서는 (가) 생산관리 작업면에 있어서는 엔진의 배기가스량의 저감, 바이오매스를 이용한 농용 엔진의 실용화, 경운작업의 에너지절약과 토양의 경운저항 감소(ridge tillage), 같은 시간에 다른 작업을 병행하는 작업기술 등의 개발로 작업의 고능율화와 에너지 절약, 생산 관리용 자재의 절감 및 기계화 작업체계에 있어서 에너지 이용 효율의 증대¹³⁾가 요구되며, (나) 곡류의 건조는 다량의 연료가 소비되므로 에너지 절감과 배기가스의 억제를 위하여 건조기의 기구학적인 효율향상, 건조 시스템의 효율화 및 화석에너지의 자연에너지로의 전환과 새로운 건조 방식의 개발이 필요하며, (다) 시설원예에 있어서는 보온용 난방비용의 절감, 연소시간의 단축 및 제습처리에 의한 고품질화¹⁴⁾ 등이 개발과제라고 본다.

한편, 대체에너지의 생산이용은 태양에너지, 지하수, 소수력, 풍력 등의 자연에너지와 농축산 폐기물과 에너지 작물 등의 바이오에너지 및 가연성의 폐기물에너지 등에 의한 열에너지 회수 이용 기술의 체계화에 대한 연구가 필요하다¹⁵⁾.

3.4 농업생산 환경의 개선

농업 생산활동 과정에서 발생하는 환경공해 요소로는 가축분뇨의 처리시설에서 수질오염, 악취, 농산물 처리시설에서 소음, 분진, 농업생산자재인 페프라스틱 자재 등이다. 이러한 문제를 해결하는 데는 가축노오수 정화처리의 자동화 유지관리기술, 암모니아가스 발생 억제기술 및 생물학적 탈취장치 개발, 농기계의 소음진동 억제기술 및 농업 시설물의 환기에 의한 유해가스 와 분진 제거기술, 농용 페프라스틱재료의 재생 처리기술 등의 환경보전 기술의 개선이 중요한 연구과제라고 본다.

3.5 지역자원 관리 시스템

농촌에 부존하는 토지, 물, 에너지 및 생물 등의 지역자원은 농업생산력의 향상, 자연 생태계의 보존기능, 농촌환경의 보전, 재해와 공해의 방지와 억제 등의 효과가 있다. 그러나, 최근 농촌지역에 사회경제활동의 급속한 변화와 도시화에 따라 다량의 농촌쓰레기 배출, 지역개발로 인한 농지와 삼림지의 감소 및 농촌노동력의 유출 등으로 지역자원의 관리가 곤란하다. 따라서 지역환경의 보존을 위해서는 농업이 갖고 있는 생물자원보존, 국토보존, 정서순화(amenity) 유지 등의 환경보전¹⁶⁾적 기능의 확대 개발과 지역자원의 효율적인 관리를 위한 시스템의 개발이 필요하다.

토지자원은 수원 및 지하수의 보존기능 말고도 토양침식 방지와 작물의 생산기능을 갖고 있으며, 수자원은 작물 생산과 생산력의 유지기능을 갖고 있으며, 에너지 자원(자연에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지 등)은 농업과 농가정용의 열과 동력으로 전환이용할 수 있는 기능을 갖고 있으며 생물자원은 자연환경의 보존기능과 동식물의 생태계 유지기능 및 보건휴양기능 등을 보유하여 농업환경보전과 인간생활에 활력을 지속시켜주므로 지역농업 자원관리 시스템의 확립이 앞으로의 과제라고 본다.

結 言

농업에 있어서도 공업화의 영향을 받아 다량의 농약·비료와 농업기계·시설의 화석연료사용 및 석유화학제품의 대량소비, 가축의 대량사육에 의한 축산공해 등으로 환경오염을 유발하여 자연 생태계를 파괴시켜서 지속적이고 안정적인 농업생산활동에 심각한 문제를 일으키고 있다.

그러나, 농업은 다른 산업과는 달리 자연과 조화를 유지하면서 생산활동을 해야되므로 신 농업기술은 식량의 안전성과 경제성을 유지하고

에너지의 투입을 절감하면서 환경공해를 최소화하는 환경보전형 농업에 대한 기술이라고 말할 수 있다. 이와 같은 환경보전형(조화형 또는 LISA) 농업의 추진은 지역자원의 재생과 활용을 가능하게 하고, 화석연료와 석유화학물질의 소비억제가 쉽고, 시설농업에 대체 농법을 적용하게 하여 환경보전과 더불어 일정량의 생산력과 수익성을 확보하여 지속적이고 안정적인 식량생산에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.

참 고 문 헌

1. 唐橋需ら. 1991. 農業機械分野における革新技術發掘調査研究事業(報告書), 日本 農業機械工業會, p. 225-262.
2. Edwards, C.A. et al., 1990. Sustainable agricultural systems, Soil & Water Conservation Society, Iowa State Univ. p. 27-59.
3. 久宗 高ら. 1991. 環境保全型農業と世界の經濟, 農産漁村文化協會.
4. 홍지형. 1990. 축산폐기물의 처리·이용, 한국폐기물학회지, 7(2) : 147-153.
5. 홍지형. 1992. 시설농업을 위한 미이용 에너지 자원의 활용, 한국생물생산시설환경학회지, 1(1) : 84-92.
6. Houghton, J.T. et al., 1990. Climatic change -The IPCC scientific assessment- Cambridge Univ. p. 364-375.
7. 服部信司. 1991. 先進國の環境問題と農業, 富民協會.
8. 今井 勝ら. 1992. 地球環境時代に生きる農林業, 株式會社 テクハ書房.
9. 嘉田良平. 1990. 環境保全と持續的農業, 家の光協會.
10. 武内和彦. 1988. 環境保全機能と農村環境システムの再編, 環境情報科學, 17(4)2-6.
11. 相馬 曉. 1992. クリーン農業時代, 株式會社 チクマ出版社.
12. 高橋英紀. 1991. マニユア コントロール テーリイマン社, p. 27-34.
13. 宇田川武俊. 1991. マニユア コントロール テーリイマン社, p. 45-52.