

## 친환경 농업기술의 발전방향

### Prospectives of Sustainable Agriculture in Korea

#### 류 순 호 박사 (Sun-Ho Yoo)

농업생명공학부, 농생명공학연구소, 친환경농업기술개발사업단장

- 서울대학교 농학사
- 서울대학교 농학석사
- 미국 Iowa 주립대 Ph.D. (1971)
- 서울대학교 응용생물화학부 교수 (현)
- 한국토양비료학회 회장
- 서울대 농과대학 학장
- 한국농림수산과학협회 회장(현)
- 한국과학기술한림원 회원(현)

# 친환경 농업기술의 발전방향

## Perspectives of Sustainable Agriculture in Korea

류 순 호

서울대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부

e-mail:shyoo@plaza.snu.ac.kr

Sun - Ho Yoo

Division of applied biology and chemistry,

College of agriculture and life sciences, Seoul national university, Korea

### Abstract

Over the last three decades, Korean farming system has been directed to maximize agricultural production and to increase farmer's income through adoption of high-yielding crop varieties and high input of agrochemicals. These farming practices have resulted in problems of water-quality deterioration, soil degradation, and food safety. At present, over 40 million tones of animal waste are being produced annually, which amounts to disposing the waste at the annual rate of 20 tones per ha in the total area of farming land in Korea. Nearly a half of total available water resources is used as irrigation water predominantly for rice paddy field. Thus, non-point source contamination of the water resources has been linked to agriculture across the nation. However, the extent to which agriculture contributes to the water quality is not fully known. Recently, Korean government provided various institutional measures to reduce the negative impacts of agricultural practices on the environmental quality, and the Agricultural Environment Act was also passed by the legislature in 1998 and became effective January 1999. This Act does not cover the broad spectrum of the sustainable agriculture; thus, the limited incentives within this Act are arguably ineffective to control the non-point source pollution. Recently new bulk blending fertilizers(BB fertilizer) are being produced(100,000 tones in 1998) with Government subsidies. The BB fertilizers are to balance N-P-K ratio in the soils. Although the use of the BB fertilizers are encouraged with Government subsidies, non-point source pollution

is still serious and will become worse. Precision farming is regarded as a new means for sustainable agriculture. It is a new technology that modifies the existing techniques and incorporates new ones such as GIS, GPS, differential applicator to produce a new set of tools for the farmer to use. Precision farming, however, has constraints for individual farming practices. For example, farm size or parcel unit of each farmer is too small to adopt the precision agriculture on farmhouse-hold bases and farmer's ability to adopt the new technology is limited. However, it would be appropriate to establish local or regional cooperatives to operate such a precision farming system. It is recommended that Government provide sufficient incentives to help establish local and/or regional cooperatives.

## I. 서 론

최근 관행농업의 부작용을 극소화하면서 환경적으로 건전하고, 토지의 생산성을 유지하며, 안전한 농산품을 생산하는 동시에 경제성을 보장하는 농업으로의 전환을 목적으로 하는 농업 즉 지속적 농업에 대한 관심이 고조되고 있다. 우리나라에서도 국제환경농업 동향에 능동적으로 대응하고, 지속가능한 농업을 영위하기 위해 환경과 농업을 조화시키며, 국민들의 안전 농산물 욕구에 부응하기 위한 환경농업정책의 본격적인 추진을 제도적으로 뒷받침하기 위해 1997년 12월 13일 '환경농업육성법'이 공포되었다.

본고에서는 일반적인 친환경농업(지속적 농업)의 개념 및 발전과정, 그리고 우리 농업의 현실에서 본 친환경농업의 필요성 및 대책과 그 발전방향을 다루고자 한다.

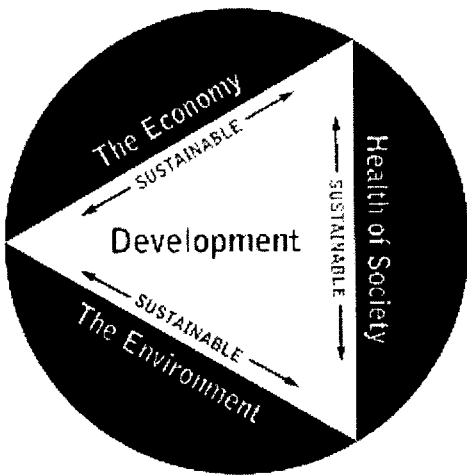
## II. 친환경농업의 개념 및 발달과정

'친환경농업'이라는 용어는 최근 국내에서 환경오염과 농산물의 안전성에 대한 관심이 고조되면서 쓰이게 된 것이다. 환경농업육성법(1998. 12 제정·공포) 제1장 2조 용어정의에서 '환경농업'이란

'농약의 안전사용기준 준수, 작물별 시비기준량 준수, 적절한 가축사료첨가제 사용 등 화학자원 사용을 적정수준으로 유지하고 축산분뇨의 적절한 처리 및 재활용 등을 통하여 환경을 보전하고 안전한 농산물 생산하는 농업'이라고 정의하고 있다. 환경농업에 해당하는 국제

적 용어는 Sustainable Agrticulture 즉 지속적 농업이며 지속적 농업의 주된 목표는 생산성의 유지, 경제성 확보와 환경보전 및 농산물의 안정성 등을 동시에 추구하는 것이며, 목표에 도달하는 수단은 국가 또는 지역적 특성에 따라 달라질 수 있다. 따라서 지속적 농업의 개념은 농산물의 안전성만을 강조한 한정된 의미는 아니다.

지속성의 개념은 사회발전의 전 영역에 걸쳐 적용될 수 있다. 지속적 개발은 현재나 다음 세대가 그들의 필요를 충족시키는데 있어서 사회의 경제활동, 생태환경, 건전성(복지)의 감소나 악화가 발생되지 않도록 이 세 요소들이 조합되어 균형을 맞추는 하나의 시스템이자 철학이다(그림 1). 이 개념이 농업에 적용되어 지속적으로 영농활동에 의한 수익성, 고용안정 및 창출, 교역을 활성화하고, 자연환경에 미치는 악영향을 최소화하는 동시에 토양을 비롯한 자원을 보전하고 생산성을 유지하며, 농산물의 안정성을 확보하는 등 삶의 질을 향상시켜 사회에서 호응을 받는 전망있는 업종으로 나아가고자 하는 체계로 발전된 것이다.



(a) Sustainable development



(b) Sustainable agriculture

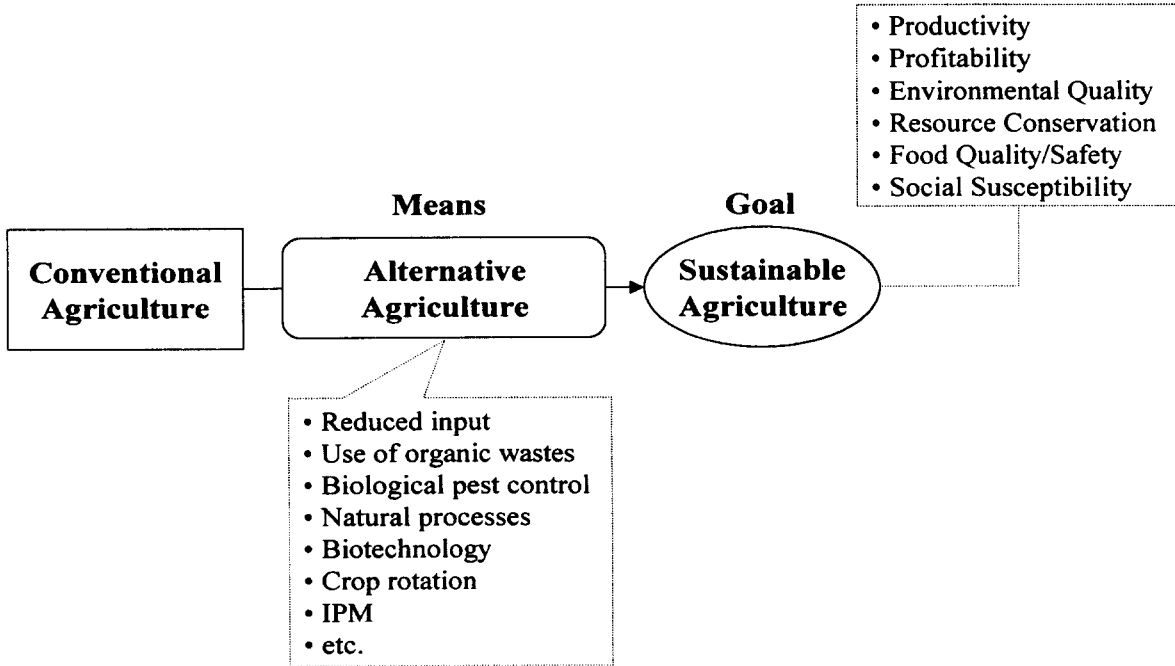
**Fig. 1. Concepts of sustainable development and sustainable agriculture**

근대화 이전의 우리 나라와 20세기 중반까지의 미국 농업은 대부분이 작물재배와 축산이 혼합된 영농방법으로 농가는 장기적인 윤작을 통해 가축먹이로 사용되는 목초와 곡류를 생산

하였다. 이 때의 토양의 생산성은 윤작과 생산된 작물의 잔재나 가축분뇨를 다시 토양에 되 돌려 줌으로써 유지되었고, 농약 역시 천적을 이용하거나 직접 김매기를 하여 거의 사용되지 않았다. 미국은 1940년대 말기~1950년대 초반에 걸쳐, 그리고 우리 나라는 60년대 이후부터 대부분의 농가는 작물재배와 축산이 혼합된 경영에서 탈피하여 고도의 전문화와 단일 품목경 작 및 소득성 곡류생산을 특징으로 하는 생산체제로 전환하였고, 고도로 기계화된 대규모 영 농과 화학 비료와 농약에 의한 영농을 도입함으로써 엄청난 생산성 향상이 이루어졌다. 그러 나 이러한 영농방법(관행농법)은 다음과 같은 심각한 부작용을 일으키게 되었다.

즉, 토양의 생산성을 유지시키는 작물의 윤작이 단일품목 경작으로 인해 이루어지지 않게 되고, 축산활동이 독립화되어 동물의 배설분뇨가 없는 상황에 있는 농가는 토양의 작물생산 성을 유지하기 위해 점차 화학비료와 농약의 사용량을 증가시켜야 했다. 더욱이 토양으로부터 일방적으로 작물의 생육에 필요한 영양분을 착취하는 경작방법이었고, 적절한 토양보존 방법을 강구하지 않아 급기야 과다한 토양의 침식과 토양생산성의 저하를 초래하였다. 그리고 이와 같은 농업형태와 관련된 또 다른 문제는 화학비료와 농약을 과다하게 처리함으로써 지하수와 주변 하천 및 호수를 비롯한 주변환경을 오염시킨다는 것이다. 따라서 농업이 환경 과 식량의 안정성과 품질에 미치는 부작용에 대한 일반인의 관심이 고조되었고, 이러한 농업 생산체계가 장기간 지속될 수 있을 것인가에 대한 의구심을 낳게 되었다.

이상과 같은 관행농업의 부작용을 시정하기 위한 대안으로서 생물(biological)농업, 생태 (ecological)농업, 자연(natural)농업, 생동적(biodynamic)농업, 재생(regenerative)농업, 자원효율적 (resource-efficient) 농업, 유기(organic)농업, 저투입(low-input) 농업 등이 강조되었으며 이들은 관행농업의 대안을 찾고자 하는 여러 시도들을 포괄적으로 의미하는 대체농업(Alternative agriculture)의 일례들로 이해될 수 있다. 유기농업은 한때 낮은 화학물질의 투여, 효율적인 자 원활용을 통한 영농방법을 일반적으로 의미하는 용어로 사용되었으나 현재는 화학비료나 농 약을 사용하지 않고 유기물로만 식품을 생산하는 농업을 지칭하는 한정된 의미로만 쓰인다. 따라서 여러 대체농업들은 지속적 농업이 추구하는 목표들을 달성하기 위한 수단들을 제공하는 반면에 지속적 농업은 새로운 농업체계의 철학이며 목표이지 단순히 수단을 의미하는 것 은 아니다(그림 2).



**Fig. 2. Relationship between sustainable agriculture and alternative agriculture**

지속적 농업이 추구하고자 하는 목표들에는 생산성의 향상, 경쟁성의 확보, 경제성, 수익성의 향상, 자연자원의 보전, 식품의 품질 및 안전성 보장, 대중 보건의 향상, 대중의 의·식 요구 만족, 환경·천연자원의 질적 향상, 재생 불가능한 자원의 효율적 이용, 자연의 생물학적인 순환과 조절기능 이용, 경영방법의 혁신, 농민과 사회 전반의 삶의 질 향상 등이 포함된다. 한편 대체농업은 단일품목 경작 대신에 윤작의 실시, 작물재배와 축산의 혼합경영, 병충해의 종합 방제, 종합적이고 자연 생태계를 고려한 비배관리, 자체 농가에서 생산된 부산물들을 토양 개선제나 퇴비로 처리, 농약 및 화학비료의 투입량 감소, 유기폐기물의 활용, 작물 및 가축의 다양화, 생명과학기술의 활용, 컴퓨터와 전자공학을 이용한 영농관리 시스템의 활용, 원격탐사 및 지리정보체계를 통한 농지관리, 숙련된 관리기술 등과 같은 수단과 원리를 통해 투입 비용의 감소, 생산효율의 향상, 적정 생산성의 유지를 가능하게 하고자 한다.

현재와 같은 지속적 농업의 개념과 정책이 확립되기까지 미국, FAO, 리우 유엔환경개발회의 등에서 중요한 진척들이 이루어졌다. 즉, 1991년 Sustainable Agriculture and Rural Development(SARD)에 대한 Den Bosch 선언은 SARD가 토지와 물의 보전, 식물과 동물의 유전자원의 보존, 환경보호, 경제적인 수익성 및 사회적 수용성이 보장되는 개발이어야 함을 강조하였다. 한편 1992년 리우선언에서 의제(Agenda) 21의 제2부 14장은 세부실천계획으로, 식량안보와 지속적 개발 등 농업의 다양한 사회, 경제적 기능에 따른 기존 농업정책의 재조명,

지속적 농업을 위한 주민 참여 장려와 자원의 합리적 이용 촉진, 영농 및 농업취업 기회다양화와 농촌 하부구조 개발을 통한 농업생산 및 영농체계 개선, 토지자원의 합리적 이용을 위한 계획 수립 및 관련정보 제공, 토양의 보전 및 복구, SARD를 위한 수자원 관리, 동식물 유전자원의 보존과 지속적 이용, 종합병해충관리, 생산성 증가를 위한 농어촌 에너지 전환 등 지속적 농업 및 농촌개발에 관한 사항을 규정한 바 있다.

### 3. 친환경농업의 필요성

최근 30여년간 농경지에 투입되는 화학비료의 양(그림 3)과 농약의 양(그림 4)는 지속적으로 증가하여 1995년 현재 질소는 237.6(N), 인산 113.2(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 가리 134.0(K<sub>2</sub>O) Kg/ha 수준으로 처리되고 있으며, 제초제와 살충제, 살균제는 성분량으로 각각 2.9, 4.5, 4.0 Kg/ha에 달하고 있다. 또한 유입되는 화학자재의 양이 증가함으로 인해 토양 중 영양물질이 축적되게 되었다(표 1). 특히 유효인산이 급격하게 증가하여 주변 수질의 부영양화에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

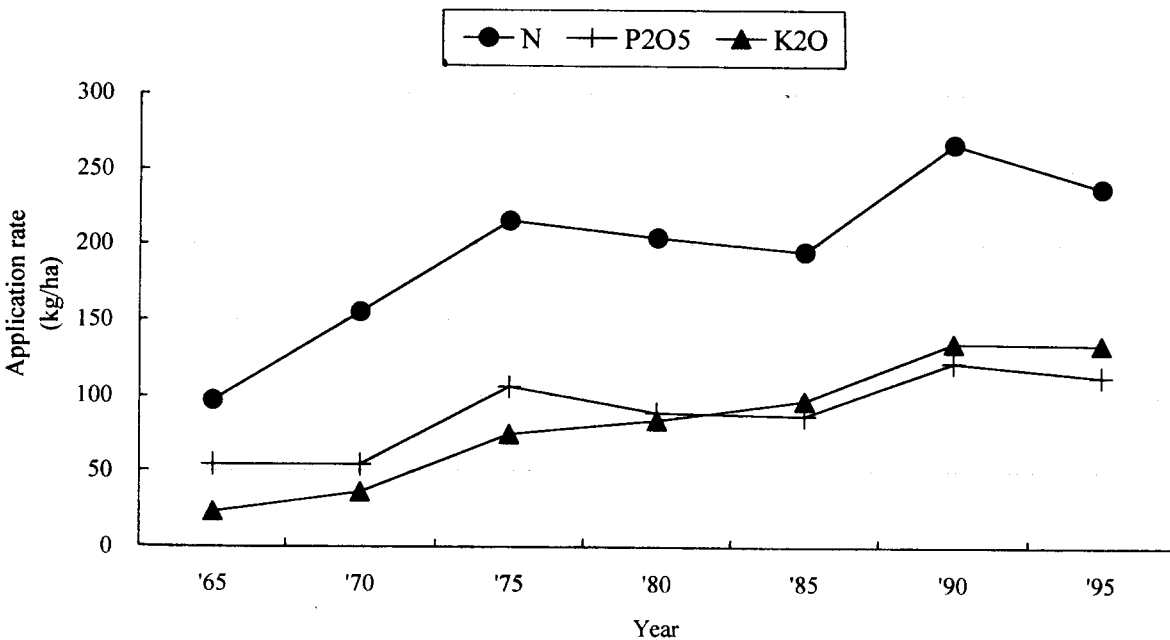


Fig. 3. Application of chemical fertilizers during last 30 years

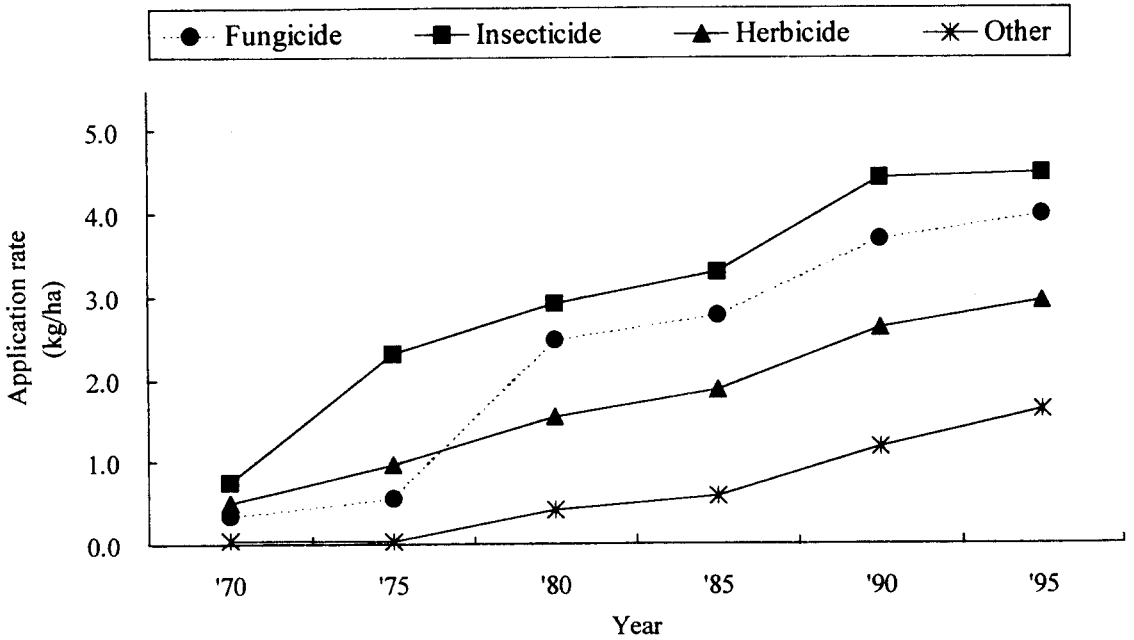


Fig. 4. Application of pesticides during last 25 years

Table 1. Changes in soil chemical properties

Soil	Year	OM (%)	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeable Cations (me/100g)		
				K	Ca	Mg
Paddy	1964-68	2.6	60	0.23	4.5	1.8
	69-79	2.4	88	0.31	4.4	1.7
	80-88	2.3	107	0.27	3.8	1.4
Upland	1964-68	2.0	114	0.32	4.2	1.2
	69-79	2.0	195	0.47	5.0	1.9
	80-88	1.9	231	0.59	4.6	1.4
Plastic house	1976-80	2.2	811	1.08	6.0	2.5
	1989	2.4	1351	1.87	8.1	2.7

가축의 사육두수는 급격히 증가하여(표 2), 1998년의 가축 사육 두수, 축종별 두당 1일 평균 분뇨 배설량을 기준으로 추정 한 결과에 의하면 한우 14,090,679 ton, 젖소 6,511,929 ton, 돼지 18,173,496 ton, 닭 4,118,353 ton으로 모두 42,894,457 ton의 가축 분뇨가 발생한다. 이는 우



리나라 전 농경지에 대해 연간 20 ton/ha 수준으로 처리할 수 있는 양이다. 축종별 가축분과뇨중 질소, 인산, 칼리 함량을 기준으로 한 가축 분뇨에 함유된 비료 성분은 표 3과 같고, 이는 최근 화학비료의 소비가 가장 많았던 1990년과 비교했을 때 가축 분뇨의 비료 성분 함유량은 매우 높은 수준임을 알 수 있다.

**Table 2. Changes in the number of livestock**

Year	Han Woo	Dairy cattle	Pig	Chicken
	1,000 heads		1,000 birds	
1970	1,286	24	1,126	23,633
1980	1,361	180	1,784	40,130
1990	1,622	504	4,528	74,463
1998	2,383	539	7,544	80,594

**Table 3. Estimated production of livestock manure and its agricultural value(1998)**

Livestock	Manure(Ton)	Ton/yr		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Cattle	Han Woo	187,796	67,179	123,728
	Dairy cattle			
Pig	18,173,496	120,413	132,584	46,893
Chicken	4,118,353	60,128	186,150	99,252
Total	42,894,457	368,337	385,913	269,873
Equivalent to chemical fertilizer consumption in 1990		66	151	95
		%		

한편 우리나라의 년평균 강수량은 1,274mm이로, 이를 수자원 총량으로 환산하면 약 1,267억m<sup>3</sup>에 달한다. 1994년말 현재 수자원 총량 중 증발산, 침투, 지하수유입 등의 손실을 뺀 55%에 해당하는 697억m<sup>3</sup>가 실질적인 연간 가용 수자원량이라고 할 수 있다. 그러나 이중 여름철에 홍수로 직접 유출되어 바다로 흘러가 사용할 수 없는 양을 제외하면 총 이용량은

수자원 총량 대비 24%인 301억 $m^3$ 에 불과하다. 수자원 이용량의 50%인 149억 $m^3$ 이 농업용수로 사용되고 있으며 그의 생활용수로 62억 $m^3$ (21%), 공업용수로 26억 $m^3$ (8%), 하천의 정상적인 기능 유지를 위한 유지용수로 64억 $m^3$ (21%)가 이용되고 있다. 따라서 높은 수준의 비료나 농약이 경작지에 투입될 경우 농업용수의 용탈 또는 표면 유출되는 과정에서 주변 환경에 미치는 영향이 크지 않을 수 없다. 또한 농경지에서 발생하는 오염은 비점오염의 특성을 가지게 되므로 그 영역이 광범위하다. 지표수의 경우, 하절기 강우가 집중되는 시기에 표면 유출에 오염물질 부하가 집중되기도 하지만 해마다 낮은 농도의 많은 수량에 의해 희석되는 과정을 반복하게 되므로 어느 정도 수준이상의 오염정도를 초과하지 않을 수도 있다. 그러나 지하수의 경우는 지속적인 토양 중 오염물질의 용탈 및 축적과 지표수와 같은 급격한 수피의 전환이 어렵기 때문에 오염정도의 심화될 것으로 여겨진다.

지표수의 경우 생물학적 산소 요구량(BOD)를 기준으로 우리나라 4대 하천의 상류지역 오염 현황(표 4)을 살펴보면 상수원으로 부적합할 정도로 높은 오염수준을 보이고 있다. 특히 집중적인 오염배출 산업시설이 적고 농경지 구성비가 높은 영산강의 경우 다른 하천과는 달리 오염정도가 감소되지 않고 지속적으로 높은 수준을 유지하고 있다. 따라서 이러한 오염이 모두 농업에 의한 것은 아니라고 하더라도 축산폐수, 농약, 비료 등 농업 활동 등이 중요한 오염원으로 여겨진다.

**Table 4. BOD of the contaminated tributary streams of major four rivers (mg/L)**

River	Tributary stream	'82	'85	'88	'90	'93	'95
Han	Anyang	126.6	84.4	102.6	68.9	27.7	18.2
Nakdong	Kumho	151.9	55.6	98.7	3.2	12.9	8.7
Kum	Kapcheon	67.7	18.4	31.9	15.5	8.7	12.2
Youngsan	Kwangju	36.7	41.8	35.8	25.0	15.9	32.0

또한 농촌지역의 지하수의 수질 역시 악화되어 1997년부터 98년까지 서울대학교, 강원대학교, 제주대학교에서 각도 농촌지역 소재 58개 관정의 지하수중 질산태 질소 농도를 조사한 결과에 의하면(표 5), 지하수 시료의 질산태 질소 농도가 음용수 기준인 10mg(NO<sub>3</sub>-N)/L 이상인 경우는 경기도 지역 24%, 강원도 지역 36%, 제주도 지역 32% 여서 이미 지하수 오염이 가속화되고 있음을 알 수 있다.

**Table 5. NO<sub>3</sub>-N concentration of groundwater in rural area**

Province	Distribution of NO <sub>3</sub> -N concentration (%)		
	< 5 mg/L	5~10mg/L	10mg/L <
Kyonggi	57	19	24
Kangwon	25	39	36
Cheju	47	21	32

농촌지역 지하수의 질산태 질소 오염원을 구명하기 위한 질소 동위 원소비( $\delta 15N$  value, ‰)를 분석한 결과에 의하면 화학비료( $\delta 15N$  value가 5‰ 이하)와 축산분뇨( $\delta 15N$  value가 10‰ 이상)가 질산태 질소의 주된 오염원이었으며 경기도 소재 시설재배지역의 경우는 토양에 과다하게 투입된 축분 퇴비 등의 유기질 비료에 의해 지하수의 오염이 발생하였음을 확인할 수 있었다(표 6).

**Table 6. The  $\delta 15N$  (‰) values of nitrate in greenhouse area groundwater(1997)**

Month	April	May	June	July	October
$\delta 15N$ (‰)	15.1	16.1	11.8	15.8	17.5
NO <sub>3</sub> -N (ppm)	1.7	11.2	7.9	9.3	7.5

#### IV. 친환경성을 기준으로 본 우리 농업기술의 변화 과정

우리 농업기술은 녹색 혁명 시대 이전 당면 목표인 주곡 식량 자급을 위해 다수성 품종의 육성·보급과 화학 비료와 농약의 개발과 보급, 농기계 보급 등을 통해 주곡 식량의 자급을 주도하였고, 이후에는 농가 소득 증대를 위한 원예, 과수와 같은 소득성 작물 재배 기술 개발에 주력하여 왔다. 하지만 과도한 영농자재의 투입에 의한 환경에 대한 부작용도 심각하게 되어 토양 및 수질오염, 생태계 파괴가 가속화 되었고, 농산물 자체의 안정성 문제도 제기되었다(표 7).

표 7. 우리 농업 기술의 변화 과정

시 대 구 분	농 업 형 태	주 요 농 업 기 술
식량부족 시대 (1975년 이전)	자급형 소농 중심 (식량부족의 반복)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인력·축력 위주</li> <li>• 농기계화 미비</li> <li>• 보조 에너지 미약</li> </ul>
녹색혁명 시대 (1975~1980년)	초기 상업형 농업 (주곡 식량 자급 달성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소형 농기계 보급</li> <li>• 식량 증산 정책</li> <li>• 다수확 품종 개발 및 보급</li> <li>• 농약·비료의 다량 사용</li> </ul>
녹색혁명 이후 (1980~1991)	상업형 농업 (농산물 안정성 문제 제기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소득 작물 개발·보급</li> <li>• 산업 기술의 접목</li> <li>• 농기계의 보급 확대</li> <li>• 토양·수질 오염의 심화</li> <li>• 생태계 교란</li> </ul>
농산물수입 개방시기 (현재)	첨단 기술 농업 육성 환경조화형 농업 육성 수출 농업 육성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식량 안정 생산 육성</li> <li>• 고품질 안전 농산물 생산</li> <li>• 생명공학기술 실용화</li> </ul>

1990년대에 접어들면서 이전의 관행 농업에 대한 문제점에 대한 인식과 그 극복 대안으로서의 환경조화형 농업에 대한 관심이 증가되어 정부 차원에서 친환경농업 정책이 수립되었으며, 1998년에는 이를 법적으로 보장할 수 있는 환경농업육성법이 제정·공포되었다. 우리 농업기술의 변화 과정을 친환경농업의 관점에서 간단히 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 시 비 관 리

시비관리의 문제는 시비량, 비료의 종류, 시비시기, 시비방법 등과 관련된 것으로 현재우리 농업의 관행적 시비에 의한 문제 중 기준량을 초과한 과다시비와 질소, 인산, 칼리의 3요소가 주성분인 복합비료의 선호도가 높아 비옥한 토양에 불필요한 성분이 투입된다는 것이 친환경적 관점에서 우선 해결해야 할 문제이다. 이와 같은 관행시비에 의해 토양 중 양분의 과잉집적, 집적된 양분의 용탈에 의한 주변 수질 오염, 식물 양분의 불균형 등이 나타나고 있다. 비료 사용량이 높아진 이유는 1970년대 화학비료의 국내생산과 비료사용의 장려, 식량 증산 정책으로 유도된 과비 관행, 토양검정에 의한 적정시비 미정착 등이다.

1945년부터 1960년까지는 농업, 임업, 축산업 등의 부산물을 이용한 퇴비를 비료로 사용하였고, 화학비료는 정부가 수입하여 배급제 형태로 공급하여 왔다. 이러한 비료 공급체계는 충분한 양의 양분을 작물에 공급할 수 없어 작물 생산량의 감소에 따른 식량부족 문제를 해결할 수 없게 되어 비료산업을 육성하게 되었다. 1970년대 중반에는 화학비료의 국내 자급을 달성하였지만 최근에는 화학비료 위주의 비료 공급이 문제점으로 대두되고 있다.

1970년부터 균형 시비를 위해 질소, 인산, 비료를 5:3:2 비율의 판매 기준으로 복합비료를 1980년까지 공급하였으나 인산비료 및 칼리비료에 대한 농민의 인식 부족으로 3요소 균형 시비가 이루어지지 않았다. 하지만 21-17-17과 17-21-17이 보급됨에 따라 벼에 대한 균형 시비 문제는 해결되었으나 1990년에 이르러서는 토양 중 양분의 불균형 문제가 초래되었다. 특히 인산의 축적 문제를 해결하기 위해 복합비료의 인산 성분 비율을 조정한 저인산 복비 3종(21-9-17, 21-11-21, 17-0-17)이 개발되어 보급되었고, 1996년의 신세대 비료(22-12-12)를 비롯하여 인산 및 칼리의 성분 함량을 낮춘 다양한 복합비료가 개발되고 있으며, 완효성 비료도 수도용 3종과 전작용 3종이 개발되어 1997년에 1,118톤이 공급되었다. 현재는 지역별, 개인별 토양 분석에 의한 시비 처방서를 근거로 3요소의 입상원료비료를 화학반응 없이 단순 배합하여 만든 입상주문 배합비료인 BB(Bulk-Blending) 비료가 공급되고 있다.

## 2. 병해충 방제

농약은 각종 병해충으로부터 작물을 보호하여 그 생산성을 향상시켜왔지만, 단순히 작물에 유해한 병해충을 제거하기만 하면 된다는 사고방식과 병충해와 작물간의 관계를 기주와 숙주로 단순화하던 시각은 작물보호를 위해서 화학 농약에 전적으로 의존하는 형태의 농업 경영 방식을 고착시켜 농약의 사용량이 지속적으로 증가하게 되었다. 이에 해충이나 질병의 저항성 발달을 야기함과 동시에 환경 파괴나 식품내 농약의 잔류 등과 같은 문제도 함께 야기시키는 결과가 나타났다.

해방까지는 농업생산에 유기합성 농약이 사용되지 않았으며 한국전쟁 이후 유기화학공업의 발달과 함께 각종 유기합성 농약이 외국으로부터 도입됨에 따라 도입 농약의 성분 분석이 1958년에 최초로 실시되었다. 또한 국내에서 농약 제품들이 생산됨에 따라 증량제와 제제의 적합성 및 제품의 약효시험이 실시되어 농사에 활용되었다. 1970년대에 농약 사용량이 점차 증가함에 따라 농산물의 안전성과 농약의 환경에 대한 영향에 대한 연구를 바탕으로 1980년대에는 사용이 안전하고 간편한 혼합제 및 신제형 농약 개발과 저독 안전성인 생물농약 개발에 주력하여 왔다. 그 결과 병해충을 동시에 방제할 수 있는 수도 및 소득작목용 혼합제 11종과 인축에 해가 없는 미생물 살충제인 비티제를 개발하여 농약의 안전성을 높일 수 있게 되었다. 최근에는 농약의 잘못된 혼용에 의한 약해 발생을 방지하고 농민의 편의를 위하여 수도용 농약 238조합과 원예용 농약 320조합의 혼용적부를 설정하여 농약의 사용효율을 높일

수 있게 하였다. 또한 농약 사용에 의한 환경의 오염과 농업생태계의 교란을 방지하기 위하여 병해충의 생물학적 방제를 위한 기술로서 자연 천적을 활용한 시설원에 병해충 방제가 실용화 단계에 이르고 있다. 또한 현재 미생물 농약 23종, 식물성 농약 32종이 등록되어 있다.

### 3. 축 산

과거에는 노동력이 풍부하고 소규모로 가축을 사육하였기 때문에 가축분뇨를 부숙 시켜 유기질 비료로 토양에 환원하여 지력을 증진시켜 왔다. 하지만 절대인구 및 국민소득 향상에 따른 육류의 소비 증가에 의해 축산업이 대규모화, 자동화, 밀폐화, 고밀도화, 집락화되어 가축분뇨가 누적되면서 주요한 환경오염원으로 부각되었다. 현재 가축분뇨는 폐기물 처리법에 의하여 처리하도록 명시되어 있으나 제대로 실천되지 못하고 있다. 축산분뇨는 유기물 함량이 높고 질소, 인산, 칼리를 비롯한 다양한 미량원소를 함유하고 있기 때문에 유기질 비료 자원으로서의 재활용을 위한 방안들이 검토·연구되고 있다. 하지만 축산분뇨의 발생량 자체가 과량이기 때문에 사료 효율 증대를 통해 원천적으로 축산분뇨 발생량을 감소시키는 기술도 요구된다.

### 4. 육 종

1960년대 후반에 부족한 식량의 공급을 획기적으로 향상시키기 위해 온대형과 남방형 품종간의 원친교배 육종을 시도하여 1971년에 다수성인 통일벼 품종을 육성하였고, 그 이후 통일벼의 단점인 미질, 탈립성, 내병충성이 개선된 통일형 품종 25개, 자포니카 품종 5개가 육성 보급되어 1975년에 쌀 자급을 이루게 되었다. 하지만 다수성인 통일벼의 생산을 위해 과다한 화학비료가 투입되는 문제가 나타났다. 축산의 경우는 사료효율의 향상과 저공해 사료의 개발보다는 산육과 산유량이 뛰어난 품종으로의 개량을 중심으로 육종 기술이 발전해 왔기 때문에 현재와 같은 축산분뇨 관리의 문제가 대두되고 있는 실정이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 지금까지의 농업기술은 전체적인 생산체계의 개선이라는 장기적 관점보다는 작물, 원예, 과수, 축산, 기계 등의 부문으로 나뉘어졌고, 각 부문도 개별 작물, 축종 등으로 세분화되어 오직 해당 분야의 생산성 극대화라는 좁은 안목에서 특정 작목에 대한 생산량 향상과 그를 위한 육종, 병충해 방제, 시비, 농기계 개발 등에 매진해 왔다.

## V. 친환경농업의 목표와 부문별 대책

앞에서 살펴본 바와 같이 친환경농업의 궁극적인 목표는 환경적인 측면에서 건전하고, 자

원을 보전하며, 소비자에게 안전하고 영양이 풍부한 식품을 공급하며, 경제성 있는 지속적인 경영이 가능한 농업을 확립하는 것이다.

외국의 경우 이를 달성하기 위한 친환경농업의 방향을 설정함에 있어서 각자 나라마다의 특성을 살리고 있다. 유럽연합의 농업정책은 가격정책 중심에서 환경정책 중심으로 바뀌었는데, 영국은 전 국토의 4할을 환경보전 농업지구로 지정하여 농업환경을 유지하고 있으며, 관광국가인 스위스는 경관을 유지하기 위한 지속농업으로, 독일은 자연보호 및 경관보전, 안전한 식품생산, 환경보전적 농업생산을 추진하고 있다. 집약적 축산과 원예를 기본으로 하는 네덜란드는 환경보호 차원에서 농약, 비료와 투입에너지를 50% 감소시키는 정책을 추진하고 있으며, 오염물질을 외부 환경으로 배출하지 않는 폐쇄생산시스템으로 전환하고 유기농업과 윤작을 병행하고, 내병충성 품종 및 저에너지 요구형 품종의 개발 등 다양한 기술을 이용하고 있다. 일본은 중금속 오염지역을 “토양오염 정책지역”으로 지정하여 오염물질을 제거하는 정책을 펴고 있으며, 농업용수의 수질 보호를 위하여 생활폐수와 농용수로를 별도로 하는 조치를 취하고, 축산폐기물을 유기질 비료화하고 이를 경종농가와 연관시켜주는 등 환경오염을 치료하면서 환경보전형 농업정책을 실시하고 있다. 미국은 농약 사용량 감소, 화학비료 사용량 감소, 유기질 비료의 사용 증대, 토양보존형 경운, 생물학적 방제, 윤작체계의 도입, 작물과 축산의 연계, 생물다양성의 확립 등을 추진하고 있다.

우리 농업의 실정에서 친환경농업의 궁극적 목표 달성을 위한 내용은 친환경농업의 참여 확대, 농업비점 오염의 제어, 합리적인 식물양분의 공급, 안전한 농산물의 생산, 토양자원의 보전 및 복구 등으로 구분할 수 있으며 그 실천 방법은 표 9와 같이 정리할 수 있다.

**표 9. 친환경농업의 실천 내용 및 방법**

실 천 내 용	실 천 방 법
친환경농업의 참여 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유기농 중심의 친환경농업 정책을 전체 농가로 확대 실시</li> <li>• 친환경농업 참여를 유도할 수 있는 인센티브 도입</li> <li>• 친환경농업에 대한 대농업인 교육 강화</li> </ul>
농업비점오염의 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업환경 모니터링망 구축 및 D/B화</li> <li>• 토양 및 수질 오염 규제 기준 설정</li> <li>• 축산 분뇨의 발생량 감축 및 재활용</li> </ul>
합리적인 식물양분의 공급	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작물양분종합관리 (INM: Integrated Nutrient Management)</li> </ul>
안전한 농산물의 생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 병해충 종합관리 (IPM: Integrated Pest Management)</li> </ul>
토양자원의 보전 및 복구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토양 침식 방지</li> <li>• 오염 토양 복원</li> </ul>

표에서 보는 바와 같이 친환경농업은 어느 특정 분야의 독립된 연구나 정책만으로 성취될 수는 없고 관련 부문의 유기적 결합에 의해서만 가능하다. 따라서 친환경농업의 실현을 위해서는 다음과 같이 각 내용별 대책이 제시·마련되어야 할 것이다.

## 1. 정책-친환경농업의 참여 확대

현재 친환경농업 정책은 환경농업지구 조성 사업과 같이 일부 지역이나 유기농업과 같은 일부 농법만을 중심으로 지원되고 있다. 하지만 농업에 의한 환경오염은 비점원 오염의 특성을 가지기 때문에 일부 지역이나 규모가 전체 140만 농가의 1% 미만인 유기농업 실시 농가만을 대상으로는 전체적인 오염물질 배출 경감을 달성하기는 불가능하다. 또한 농민들의 참여 없이는 고도의 기술이나 정책을 실현하기가 불가능하므로 실제 영농활동을 담당하고 있는 농민들의 친환경농업 참여를 유도하기 위한 대농업인 교육을 강화함은 물론 친환경농업 참여에 따른 다양한 방법의 인센티브를 도입해야 할 것이다.

## 2. 합리적인 식물 양분 공급-작물양분종합관리(INM : Integrated Nutrient Management)

### 1) 과학적 시비를 위한 토양 정밀 검정 시스템 구축

비료의 적정 시비를 위한 토양 검정이 현재 전국 146개소의 농업기술센터에서 실시되고 있으나 인력 및 예산이 부족하고 장비가 낙후되어 정밀한 토양 검정이 현실적으로 불가능한 상황임을 고려하면 토양 검정 시스템 구축이 우선적으로 요구된다.

### 2) 완효성 비료 개발 및 보급

속효성 비료가 유실률이 높은 반면 완효성비료는 한 번의 시용으로 비료 성분이 토양 중에서 장기간에 걸쳐 지속적인 효과를 나타낸다. 따라서 비료에 대한 작물의 농도 장애가 없고, 시비횟수를 줄일 수 있으며, 유실량이 적어 환경적 측면에서도 건전한 완효성 비료의 개발과 보급이 확대되어야 한다.

### 3) 유기질 비료의 활용 및 적정 시용

우리나라 토양은 장기간 화학비료 위주의 작물재배에 따라 토양의 유기물 함량이 지속적으로 감소하는 등 지력이 쇠퇴하고 있으며, 축산퇴비 재활용의 측면에서도 유기질 비료의 토양 환원은 확대되어야 한다. 이를 위해서는 유기질 비료 생산량은 물론 그 품질도 보장되어야 하고, 적정 시용량도 결정되어야 한다.



#### 4) 주문형 배합비료(BB비료)의 생산 공급 확대

BB비료는 지역토양과 개인 영농에 적합한 비료를 배합하여 농가에 공급함으로써 과다시비를 방지하고 농가의 경제성을 높일 수 있는 장점이 있다. 따라서 BB비료의 공급확대를 위해서는 우선 토양 검정과 지도가 체계적으로 이루어져야 하며, 시비처방을 기준으로 농민 스스로 배합 사용할 수 있는 체계가 구축되어야 한다.

그 외에도 저인산·저칼리 복합비료 개발 보급의 확대, 운작의 도입, 시비 방법의 개선, 기후협약에 대비한 메탄 및 아산화질소 발생 감소 영농기술 개발(유기물과 퇴비사용 방법 개선, 질소질 비료의 적정 사용) 등이 요구된다.

### 3. 안전한 농산물의 생산·병해충 종합관리 (IPM : Integrated Pest Management)

병해충 종합관리는 환경에 대한 부작용을 줄이면서 경제적 피해를 주지 않는 밀도 이하로 병해충의 발생을 억제·유지시키기 위하여 방제에 이용할 수 있는 모든 수단을 합리적이고 통일성있게 조화시켜 병해충을 관리하여 피해를 최소화하는 것으로 아직은 이론에 불과하고 해결해야 할 문제들이 산재하지만 최근 병해충 발생양상과 지금까지 연구 축적된 병해충의 생태와 천적에 관한 연구 및 새로운 농약의 개발 등을 고려하면 앞으로 추구해 나가야 할 방향으로 받아들여지고 있다.

병해충 종합관리의 구체적인 의미는 ① 농약을 전혀 사용하지 않는다는 것은 아니며 꼭 필요할 때만 농약을 사용하고 가능한 한 이로운 동물이나 천적에 영향이 적은 선택성 약제 사용, ② 병이나 해충을 멸종 또는 박멸하는 것이 아니고 자연생태계의 일원 또는 천적의 먹이로서 인간에게 경제적 피해를 주지 않는 수준 이하로 유지되도록 관리, ③ 발생시기, 발생량에 따라서 적당한 방제 수단을 강구하고 농약은 재배적인 관리나 천적을 고려하여 최후의 수단으로 저항성이 유발되지 않고 안전사용 기준에 위배되지 않는 농약 사용, ④ 문제가 되고 있는 특정한 병해충만을 주목하지 말고 작물이 성장하고 있는 전체 면적에서 살고 있는 천적이나 문제되지 않는 해충 및 생물에 대한 영향도 고려하여 방제 체계 설정, ⑤ 단위면적당 최대수량에 목표를 두지 않고 부가가치를 최대한으로 높이는 최적수량을 목표로 하되 상품가치는 있어야 한다는 방제체계이다.

이와 같은 방제체계의 실현을 위한 방법으로서 병해충의 종류, 발생시기, 발생량 등 주요 병해충 발생 실태 파악을 통한 정밀 예찰을 실시, 정밀 예찰을 통한 적용약제, 사용시기 및 회수 등의 조절에 의한 최소 약제 사용은 물론 선택성, 저독성, 저약해의 친환경성 농약과 천적, 미생물을 이용한 생물학적 방제 기술 개발 등이 있다.

#### 4. 농업비점 오염의 제어·규제 기준 설정

농업비점 오염의 제어를 위해서는 일차적으로 영농활동을 위해 투입되는 비료와 농약과

같은 영농자재의 사용량을 감소시키는 것이 중요하지만 이차적으로는 실제 토양 및 수질의 오염정도를 파악하여 그 정도를 적정 수준으로 유지시키는 것이 중요하다. 현재 점오염원의 경우는 토양환경보전법, 수질환경보전법 등 각종 환경관련 법률에 의해 그 규제 기준이 마련되어 있지만 농업비점 오염의 경우는 규제 기준이 마련되지 못한 상황이기 때문에 영농활동에 의해 투입된 비료, 농약과 같은 화학물질이 토양이나 수질에 미치는 영향을 파악하고 그에 대응할 수 있는 근거가 미약하다. 따라서 토양 및 수질 오염 측정망을 운영함은 물론 오염 물질별 규제 기준을 설정하여 영농활동에 반영하여 투입 영농자재의 수준을 조절하는 것이 필요하다.

이 외에도 환경농업의 실현을 위해서는 토양자원의 보전 및 복구의 측면에서 지피 식물 도입을 통한 토양 침식 방지, 토양 오염 우려 지역 정밀 조사 및 오염 토양 복원 등이 필요하고, 육종의 측면에서는 생물 유전 자원 보존, 병해충 저항성 품종 개발, 바이러스 저항성 품종 개발, 잡초에 대한 경합력이 높은 품종 개발, 저비성 품종 개발, 질병 및 기생충에 대한 저항성이 강한 동물의 유전 자원 확보 등이 요구된다. 또한 지속적 축산을 위해서는 생산성 최적화를 위한 가축 사육두수와 사료자원의 합리적인 관리, 사료효율 개선, 농촌 지역에서 축산에 의한 환경 파괴 및 오염에 대한 조사 및 대책 수립, 작물-가축 혼합 농업 시스템을 위한 정책적 지원, 축산 분뇨의 자원화, 저공해 사료의 개발, 메탄 가스 방출 감소를 위한 양분관리 개량 및 조사료의 품질 개선 등이 시급한 과제이다.

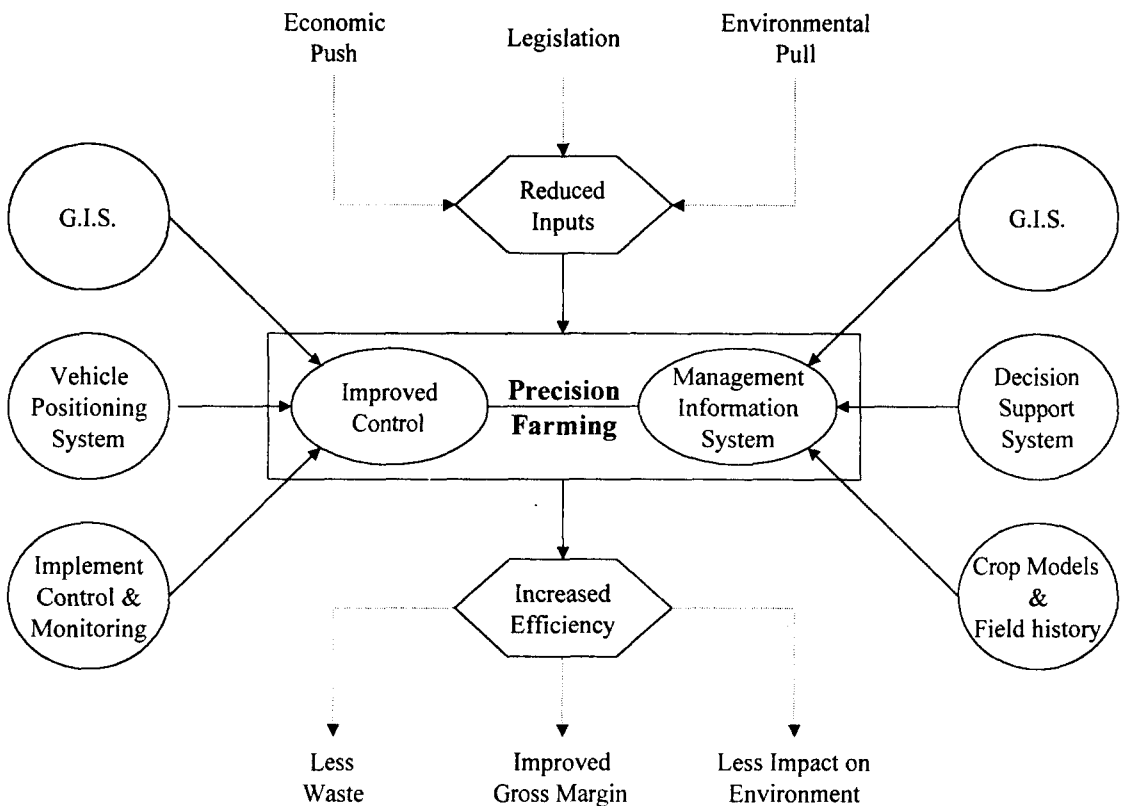
## VI. 우리나라의 친환경농업 발전 방향

이상에서 살펴본 바와 같이 친환경농업은 자연과 농업의 조화속에 궁극적이고 장기적으로 도달해야 할 목표이며 이를 실현하기 위해서는 부문별 대책이 다양하게 요구된다. 하지만 친환경농업을 성공적으로 수행하기 위해서는 '친환경농업을 위해 개발되는 다양한 기술들과 지속적 농업의 목표들을 어떻게 종합하여 농지에 적용할 것인가'라는 점이 현실적인 과제로 대두된다.

이런 의미에서 정밀농업(Precision agriculture)은 현실적인 대안으로서의 가능성을 보여준다. 정밀농업은 영농관리에 있어서 효율을 극대화시키는 목표를 의미하는 용어이지만, 기존 기술들을 변화, 통합하고 첨단 기술을 수용함으로써 영농활동에 적용할 수 있는 새로운 수단들을 제공하는 접근이다. 정밀농업은 지리정보체계 등의 데이터베이스와 토양 중 영양물질과 작물에 대한 모델 등과 같은 수 많은 컴퓨터 연산과 전자기 기술이 적용되고 복잡한 System approach에 대한 높은 제어수준을 요구하지만(그림 3), 지역적 수준에서 처리를 달리할 수 있을 뿐만 아니라, 지역 및 경작지, 필지 단위로 농업경영을 정밀하게 모니터링하고 평가할 수

있다. 정밀농업은 특정 목표를 달성할 수 있도록 농경지에 대한 투입, 관리를 조절하는 과정에 대해서 충분히 이해하는 것이다. 이러한 목표는 반드시 최대한의 수확을 얻고자 하기보다는 환경에 미치는 영향이 수용되는 한계 내에서 경제적인 이익을 최대화하는 것이 가능하다.

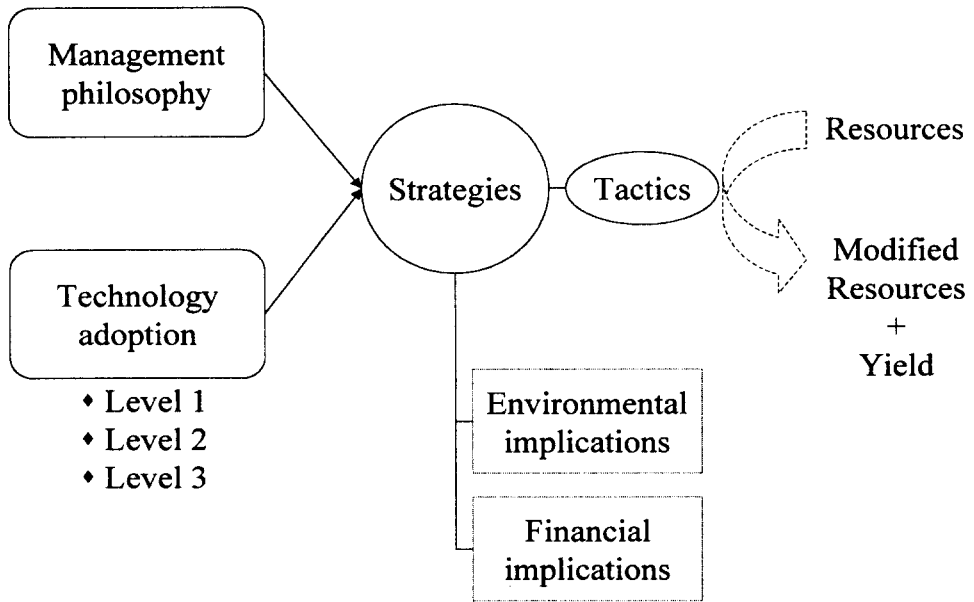
정밀농업의 기술을 실제 농지에 적용하는데 있어서 모든 기계적인 부분들은 현재 혹은 가까운 장래에 이용 가능하지만, 작물, 토양에 대한 모델링, 평가와 같은 소프트웨어는 계속 연구 개발되어야 한다. 또한 이들 장비나 소프트웨어들이 높은 가격과 운영기술 및 전문지식을 요구하기 때문에 개별 농가들이 자체적으로 소화해 내는데 한계가 있다.



**Fig. 3. System elements of precision agriculture**

(Source : Centre for Precision Farming, Cranfield University, UK)

관리자가 자원을 활용하여 농산물을 수확하는 운영 전략은 그림 4에서와 같이 기술수용 수준 및 관리철학에 영향을 받아 변화하게 되고 이는 환경, 재정 경제적인 의미를 가지게 된다.



**Fig. 4. Strategy formation and impact of precision agriculture**

(Source : Blackmore et al, THE ROLE OF PRECISION FARMING IN SUSTAINABLE AGRICULTURE: A EUROPEAN PERSPECTIVE, in 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems)

기술수용수준 1(Technology level 1)은 관행 영농법의 수준을 의미하고 정보기술(Information technology)을 전혀 도입하지 않는 상태로 화학자재의 과다 사용에 의한 경제적 손실, 환경오염, 토양자원의 착취 등 관행농업의 영농전략을 수립하는 단계이다.

기술수용수준 2는 농업경영을 이해하고 시장 물가추이, 경상수지 예측, 과거 영농활동에 대한 기록, 그리고 비료 요구정도 및 예상 수확량 등의 판단에 데이터베이스와 모델을 이용할 수 있으며, 전자동은 아니지만 어느 정도 모니터링과 조절이 가능한 자재 투입장비를 가지고 있는 경우이다. 이 수준에서 경영자는 경제적 위험 부담의 허용범위 안에서 자재 투입을 줄임으로써 적은 부분이지만 경제적 이익과 환경오염의 감소를 추구할 수 있다.

기술수용수준 3은 수준 2 보다 진보하여 경영철학에 따른 전 영농경영 과정을 충분히 이해하고 이를 뒷받침할 수 있도록 자동적인 자료 수집과 종합된 경영정보시스템(Management information system)과 모델, decision-supporting software를 활용하고, 자재 투입을 자동으로 변화시킬 수 있는 장비를 가지고 있다. 이 수준에서는 영농전략에 따라 목표 수확량을 확보하기 위하여 높은 자재 투입을 하는 경우에도 기술수준 1이나 2에 비하여 토양, 수질에 미치는

환경영향이 적다. 나아가 경제적 허용 범위 안에서 자재 투입을 줄이거나, 환경보전에 높은 비중을 두는 전략을 선택하는 경우에는 경제 및 환경에 대한 긍정적 효과가 더욱 커진다.

외국의 경우는 농가의 규모가 크고 넓은 면적에 단일 품목만을 재배하기 때문에 이와 같은 정밀농업이 경제성을 확보할 수 있지만, 우리나라의 경우는 좁은 지역 안에서도 토지이용이 복잡하게 이루어질 뿐 만 아니라 농가별 경작 면적이 작기 때문에 정밀농업기술을 농가수준에서 수용하는 것은 어렵다. 따라서 정부 지원에 의한 정밀농업 사업단을 설립하여 운영하며 지역 단위로 농업생산성 및 환경에 미치는 영향을 통합적으로 관리하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

비록 정밀농업이 친환경농업을 위한 현실적 방법론으로서 새로운 접근임은 분명하지만 이를 우리나라에 그대로 적용시키기에는 우리나라의 영농 조건은 물론 정밀농업 기술 및 자본의 문제가 존재한다. 따라서 장기적인 관점에서의 정밀농업을 위한 기계 개발 및 작물, 토양에 대한 모델링·평가와 같은 소프트웨어 연구 개발과 함께 현단계에서 적용가능한 지속적농업의 기술과 전략(이를테면 기술수용수준 2에 해당하는)을 활용해야 할 것이다.

이를 위해서는

- ① 친환경농업 정책 대상의 확대
- ② 농가별 토양의 양분 상태에 적합한 비료 공급을 위한 주문형 배합비료(BB비료)의 생산 공급 확대 및 이를 위한 토양 정밀 검정 시스템 구축
- ③ 식품의 안전성 확보를 위한 농약의 적기·정량 사용
- ④ 농민의 자발적 참여를 유도하기 위한 교육 및 인센티브 도입
- ⑤ 농업비점 오염원에 의한 토양 및 수질 오염 규제 기준 설정 등이 시급히 요구된다.

## VII. 참 고 문 헌

1. 농림부. 1996. 농림수산통계연보
2. 농림부. 1998. 환경농업육성법령 및 해설
3. 농어촌진흥공사. 1994. 지하수 개발과 농어촌용수
4. 농촌진흥청. 1996. 우리 농업의 첨단기술 개발 전략
5. 서울대학교 농업개발연구소. 1993. 지속적 농업과 환경보전 국제심포지움.
6. 서울대학교 농업과학공동기기센터. 1995. 농업환경 과학기술의 최근 동향
7. 서울대학교 농업과학공동기기센터. 1996. 농업환경오염 개선 및 21세기를 대비한 농과대학환경교육과정 연구

8. 서울대학교 농업과학공동기기센터. 1998. 농촌지역 지하수의 수질변동에 관한 연구
9. 서울대학교. 1996. 농학-분야별 회고와 전망
10. 제주도 농업기술원. 1998. 친환경농업기술강좌 교재
11. 한국농림수산과학협회. 1998. 한국 농업 50년, 발자취와 새로운 도약
12. 한국농업과학협회. 1995. 지속적 농업과 환경보전 농업과학 학술토론회 자료.
13. 한국토양비료학회. 1993. 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지엄
14. 한국토양비료학회. 1994. 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄.
15. 한국토양비료학회. 1998. 한국토양비료학회 30년의 회고와 전망
16. 한국환경농학회. 1991. 농업 환경 보전
17. 환경부. 1997. 환경백서
18. 환경부. 1998. 산업화된 국가들의 오염토양 관리정책
19. ASA, CSSA, and SSSA. 1996. Precision agriculture-Proceedings of the 3rd International Conference
20. Eur Ing B.S. Blackmore et al, THE ROLE OF PRECISION FARMING IN SUSTAINABLE AGRICULTURE: A EUROPEAN PERSPECTIVE, in 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems

## 친환경 농업기술의 발전방향

### — 개발해야 할 농업기술과 지원정책 —

이 호 진 박사 (Ho-Jin Lee)

- 서울대학교 농학과 학사·석사
- 미국 Pennsylvania 주립대 농학과 Ph.D
- 미국 Georgia대 연구원
- 서울대학교 식물생산과학부 교수
- 서울대학교 부속 농장장
- 경기도 농촌진흥원 겸직연구원
- 농업과학기술원 겸직연구원
- 미국 Illinois 주립대 교환교수

농업은 태양에너지 순환시스템을 연장 활용하여 식량을 생산하는 체제로서 자연환경에 크게 의존하는 산업이다. 그러나 현대 농업은 과도한 化學化로 인하여 생태계의 재순환 구조가 파괴됨으로써 생산 활동마저 제약을 받고 농업의 持續性에 대하여 의문을 제기하고 있다. 미래학자들은 21세기에 環境革命을 예고하고 모든 산업은 환경지속형으로 전환되어야 한다고 주장하고 있다. 과도한 화석에너지의 사용은 지구환경 파괴가 가속화되어 다음 세기에서는 환경혁명을 이룩하지 못하면 인류의 지구상 존속을 장담할 수 없는 상태라고 한다. 한편 세계의 식량사정은 2010년 이후 곡물가격의 급상승이 예고되고 있으며, 해마다 막대한 양의 식량을 수입하고 있는 한국으로서 기본적 식량 확보에 대한 대비를 하지 않으면 안된다.

한국의 농업은 21세기의 국제환경에서 살아 남으려면 환경보존과 식량확보의 두 원칙을 준수하지 않으면 안된다. 녹색혁명 이후 강력한 다수확의 경작압력을 받아 왔던 논 경지생태계는 지력의 악화와 생태계의 퇴화현상이 나타나고 있다. 토지자원의 감퇴와 더불어 농업에서 타 산업분야로 빠져나가는 경험 많은 기술 인력자원의 감소도 문제점이 되고 있다.

한국 농업은 농지면적이 협소하고 자본 축적이 빈약한 영농인들은 집약적으로 농토를 활용하고 농용자재를 다량 투입하여 생산하고 있다. 이러한 상황에서 선진 농업국들이 추구하고 있는 정밀농업을 그대로 도입할 수는 없다.

발표자가 밝혔던 것같이 우리 나라 농업은 정밀농업기술의 전 단계인 (발표자의 level 2) 적정투입과 정밀관리를 통하여 효율성을 높이는 방향으로 나아가야 한다. 현재 농업이 환경친화적으로 발전하려면 다음과 같은 사항들을 강조하여야 할 것으로 생각한다.

## 1. 품종 육종과 생산의 지속성

쌀을 자급하여야 함은 우리 농업의 지상과제이므로 현 생산량을 확보하려면 점감하는 벼 재배면적을 100만정보는 농업진흥지역으로 지정하여 논으로 유지하여야 하고 현재의 단위수량을 증가시킬 수 있는 다수성 품종과 재배기술의 개발이 필요하다. 앞으로 신 품종들의 수량성을 높이는 데는 벼 작물체의 광합성 능력과 양분 흡수의 효율성을 증대시켜야 한다. 또 地下部는 굵은 뿌리들이 地上部를 지탱하고 높은 양분 흡수능력을 갖추어 토양에 공급되는 자원을 최대한 활용하여야 한다. 병해충에 대한 耐性 품종의 육종이 계속되어야 하고 최근 보급되고 있는 BT 유전인자를 도입하는 유전공학기법을 응용한 육종도 시도되고 있다. 생태계 다양성을 유지하려면 논에 소량의 농약만으로 해당 해충의 밀도 감소를 목표로 살포하여야 하고 병해만연을 방지를 위한 예방위주의 대책이 수립되어야 한다.

새로운 재배환경에 적응할 수 있는 작물 품종을 육종하는 것이 필요하다. 농약사용을 줄일 수 있는 내병충성 품종의 육성과 비료 시비효과를 높일 수 있는 흡비력이 높은 품종, 잡초에 대하여 경쟁력이 높은 품종을 육성할 필요가 있다. 투입자원의 單位量에 대하여 수량증가 효율이 높은 품종이 바람직하다.

## 2. 適正投入 및 精密 작업화

다수확 재배에 필수적으로 다량 사용되었던 질소, 인산비료는 불과 20~40%만이 작물에 흡수되고 나머지는 지하로 용출되거나 가스의 형태로 유실되고 있다. 농경지에서 물질순환이 원활히 일어나게 하려면 토양 및 수계 미생물 및 미소동물 생태계를 복원하여야 한다. 또 경지생태계에서 외부로 물질의 방출이 억제되도록 閉鎖循環系化하여야 한다.

논에 基肥와 分施로서 공급하고 全層 시비하는 것이 시비효율성을 높이는 방법이다. 또 이삭을 제외한 벧짚을 전량 논 토양으로 환원하고 畚裏作 綠肥作物을 재배하여 논 토양에 유기물 공급량을 높이도록 해야 한다. 논 토양 산성화와 노후화 현상을 방지하기 위하여 산 흙으로 객토하고 규산과 석회비료의 시용이 필요하다. 논 토양의 생산기반 정비를 계속 확대하고 답전 순환이 쉽게 이루어질 수 있도록 우량 농지화하여 소득성 높은 작물과 벼를 순환 재배할 수 있어야 하겠다

논 토양의 시비량을 전국적으로 일괄하여 추천하기 보다는 토성별 지역별로 세분시켜 추천 시



비량을 비료 포장지에 표시하고, 농지별로 토양조사 후 전산 모델링을 통한 자동안내 시스템을 확립하여 농민에게 시비법을 개별 통보하는 것이 바람직하다.

농약과 제초제의 살포는 경지생태계에 급격한 불균형을 유발한다. 병해충의 발생을 수시로 진단하여 사전에 예보할 수 있는 체제를 갖추고 잔효성이 길고 광범위한 영향을 미치는 화학제를 살포하기 보다는 경지생태계에서 천적을 활용하거나, 생물학적 방제법을 조합하여 사용하여야 한다. 농약을 살포할 때는 일정지역을 동시에 방제하여 소량으로 효과를 높이고, 약제 종류와 기능에서도 엄격히 검정된 제재를 사용하고 외부 유출이나 피해를 경감시켜야 한다. 농약과 제초제 살포는 반드시 농약 관리자자격증을 취득한 사람만이 살포하도록 법제화하고, 규정에 따라 살포내용을 포장 앞에 게시하고, 논물을 일정기간 방출하지 않아야 한다. 나아가 논물을 하천으로 배출하지 못하도록 지역별로 재순환 시스템을 구성할 필요가 있다.

농기계화는 대형화보다 정밀작업화에 초점을 맞추어 우리 나라 논 규모에 적합한 중소형 장비에 전산화와 정보화 기능을 보강하여야 하겠다. 우리 나라 농가의 농기계화는 경운기와 농약살포기에서 중형트랙터, 이앙기, 콤바인으로 점차 대형화 다양화 추세에 있으나 각 농가가 선진국의 高價의 거대한 농기계들을 구입하는 식으로는 안된다. 좁고 경사가 있는 농토에 적합한 중소형이면서도 정밀작업을 가능하도록 자동화 작업장치를 갖추는 지능형 농기계화가 바람직하다.

농작업을 대행하는 영농회사에는 농업기술사 자격을 가진 기능인력이 벼 재배와 수확 등의 작업을 담당하게 하고 농약이나 제초제의 살포는 農藥處理士 면허를 갖는 전문인이 담당하여야 하겠다.

### 3. 영농 수익성 보장과 재배지역 확보

농업의 경제성이 없으면 농업이 지속될 수 없다. 농업의 생산성이 환경친화성이나 안정성보다 우위에 있다. 앞으로 지구의 기상변이는 그 폭이 급속히 커지고, 예측하기 어려운 이상기후가 보편화됨에 따라 세계의 식량사정도 더욱 악화될 것으로 예측되고, 우리 나라의 식량自給度의 향상도 어렵고 주곡 자급화도 흔들릴 입장이다. 특히 남북한 농업에 대한 공통관심사는 식량자급이지만, 통합 후 한반도의 식량사정은 더욱 악화될 것이고 문제해결이 어려울 것으로 예상된다. 녹색혁명의 경험은 생산 기술만으로는 식량문제 전부를 해결할 수 없다는 사실을 분명히 보여 주었다. 예를 들면 개방된 국제 쌀 시장같이 대형 유통구조를 형성하거나 농업기반 조성이나 농업 기초연구에 대한 지속적 투자가 뒷받침되어야 하고 1970년대의 쌀만 해결하자는 정책에서 쌀 상품전문 정책으로 전환이 이루어져야 한다.

세계 선진국들은 농민의 생산활동에 직간접의 장려정책을 계속하고 있고 일부 국가에서는

이들에게 국토 생태계 保存管理士 역할을 부여하고 있다. 우리 나라도 안정적 주식 확보를 위하여 정책적 배려가 계속 보강되도록 하여야 한다. 벼 재배면적이 漸減됨에 따라 앞으로 식량 확보에 우려를 낳게 되면서 정부는 농업진흥지역을 선정을 서두르게 되었다. 현 농경지의 약 반 정도만이 진흥지역으로 지정되었으나 식량의 안전 공급을 위하여서는 현재 벼 재배면적의 70%까지는 진흥지역으로 확대하고 지정에 따른 적절한 보상이 있어야 하겠다.

#### 4. 환경친화형 벼 재배에 따른 정부보조와 지원

1999년부터 정부는 친환경 농업 직접 지불제도를 아시아 최초로 실시하여 농민들의 환경친화적 영농에 대한 보조계획을 발표하였다. 친환경농업의 종류에는 유기농업과 저투입농업이 대상이 되고 정부의 환경보전 프로그램에 참여하기를 희망하는 농가에 대하여 일정액의 보상을 하여 주고 해마다 수확 후 토양검사와 농산물검사를 통하여 잔류물질 검사를 실시하고 보조금을 지급하려 한다. 또 환경농산물에 대한 認證제도와 병행하여 品質認證을 해주고, 소비자 단체와 직접 거래하도록 하여 유통단계를 줄이려 한다. 농업연구기관에서 친환경기술에 대한 조직적 연구와 논의를 바탕으로 적당한 프로그램을 개발하여 정부에서 확정하여 제시하고 농민이 채택하도록 지도하여야 하겠다.

지역에 따라 기상조건과 생태환경이 다르므로 지역적 특성을 최대한 반영한 환경친화형의 영농계획이 제안되어 확립되어야 한다. 강 유역에서는 저비료 투입과 저농약 방식을 도입하여 수질오염 방지에 노력하여야 하고 산촌에서는 토양 침식방지를 고려하고 주변 생태환경을 보호하는 생태형 영농계획을 수립하여야 하겠다.

#### 5. 영농기술 인력의 확보와 정보 전달체계 확립

농업이 발달하고 현대화되려면 열의에 찬 신진 기술인력들이 이 분야에 종사하여야 한다. 최근 기존의 농업고등학교가 거의 폐쇄되고 농업전문학교를 중심으로 영농후계자를 육성하여 농업 자영과 취업을 정부에서 보조하고 있지만, 수적으로 부족한 실정이다. 현 농업인력이 60대 이상으로 고령화하고 여성인력으로 채워져 있는데 앞으로는 전문대학 이상의 기술교육을 받은 전문인들이 담당하여야 한다. 도시의 노동자나 직업인에 못지 않는 소득이 확보될 수 있어야 하고 쾌적한 전원생활에 만족할 수 있는 농업전문인들을 확보하여야 한다. 농업정보화가 빠르게 진행되고 있으나 지역적으로 분산되어 있는 영농인들은 영농통신망으로 상호 연결시켜 인터넷으로 필요한 기상예보, 병충발생, 농작업 등 정보를 쉽게 접할 수 있도록 하여야 하겠다.