

## 친환경농업 시범마을에 대한 환경영향평가

이남종\* · 고병구<sup>1)</sup> · 노기안 · 한민수 · 김민경 · 곽한강 · 박문희

농업과학기술원 농업환경부, <sup>1)</sup>농촌진흥청 연구관리국  
(2003년 10월 16일 접수, 2003년 11월 25일 수리)

### Environmental Impact Assessment for Demonstration Villages of Sustainable Agriculture

Nam-Jong Lee\*, Beong-Gu Ko<sup>1)</sup>, Kee-An Roh, Min-Su Han, Min-Kyeong Kim, Han-Gang Kwak and Mun-Hee Park (National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, Korea, <sup>1)</sup>Research Management Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea)

**ABSTRACT** : In order to preserve the soundness of agro-ecosystem and products safety in agriculture, this study was evaluated environmental impact in relation to the INM (Integrated Nutrient Management) and IPM (Integrated Pest Management) at paddy fields at Ok-Chun and Yang-Pyung region. By introduction of INM with the application of BB(bulk-blended) fertilizer based on soil analysis and IPM, the application rate of fertilizer was reduced to about 28.6~39.4% and the yield of brown rice was increased to about 3~10% compared to conventional practices. The concentrations of COD, NH<sub>4</sub>-N, and NO<sub>3</sub>-N in irrigation water flowed to the environmental-friendly agriculture practices were 15.0, 0.67, and 1.39 mg/L, respectively. The concentrations of COD, NH<sub>4</sub>-N, and NO<sub>3</sub>-N from paddy fields in drainage water were 12.4, 0.29, and 2.42 mg/L, respectively. The total number of the freshwater invertebrates was higher in field treated with fertilization by prescription with soil testing. Also, the population density of aquatic insects was higher than the other fields at both demonstration villages. In conclusion, it was possible to reduce the amount of fertilizer and agricultural chemicals application, and increase the yield of rice by application of the environmental-friendly agriculture practices.

**Key words**: sustainable agriculture, rice paddy, environmental impact, INM (Integrated Nutrient Management), IPM (Integrated Pest Management).

## 서론

환경과 개발에 관한 리우선언과 그 실천강령인 21세기 지구 환경실천강령(Agenda 21)을 의결한 유엔 환경개발회의에서 증가되는 식량 수요는 지속적인 방법으로 충족시켜야 하며, 토양보전 및 복구, 종합 병해충 관리, 식량증산을 위한 식물 양분공급 등에 대한 국제협약은 환경과 접목·확대되어 농업 부문에서도 환경과 농업의 조화가 불가피한 실정이다<sup>1)</sup>.

우리나라의 농업은 1990년대까지 식량증산을 목표로 거의 30여년 동안 다수확을 위한 농업자재의 투입이 장려되었다<sup>2)</sup>. 그 결과, 비료 및 개량제의 과다 사용으로 인한 토양의 염류 집적과 주변 수계로의 양분유실, 농약의 과다 사용에 따른 토양 미생물과 천적의 감소 등 생태계 파괴와 수질오염, 농산물

의 농약잔류문제를 유발시키는 수준에 이르러 지속 가능한 농업생산이 위협을 받게 되었다<sup>3-5)</sup>.

우리나라에도 1992년에 환경농업의 개념이 도입되기 시작되어 1996년에 농림부에서 「21세기를 향한 농림수산환경정책」을 수립하면서 우리나라에 본격적인 친환경농업 육성정책이 추진되었다<sup>6,7)</sup>. 이에 근거하여 최근에는 환경에 대한 문제가 중요시되어 농업에 있어서도 환경을 고려한 농법을 적용하여 비료와 농약을 적절하게 사용하는 친환경농업이 부각되고 있다. 특히, 비료를 사용하는데 있어서 작물과 토양특성에 따라 알맞게 사용함으로써 자원과 에너지의 절약은 물론 건전한 농산물의 생산과 환경의 부담을 최소화시킬 수 있다<sup>8)</sup>.

그러나, 아직도 고투입 농법을 실행하고 있는 농가가 있어 환경보호에 대한 농업인의 인식전환과 이의 실천기술을 보급할 목적으로 정부에서는 친환경농업 육성사업을 추진하고 이에 대한 지원사업의 일환으로 1999년부터 2001년까지 3년간 전국 16개소에 벼농사에 적용할 수 있는 양분종합관리기술(INM, Integrated Nutrient Management)과 병해충 종합관리기술(IPM,

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0282 Fax: +82-31-290-0277  
E-mail: namjong@rda.go.kr

Integrated Pest Management)을 도입하여 농약과 화학비료의 사용을 절감하여 농업환경을 보전하고 안전한 쌀 생산체계를 확립하기 위한 친환경농업 시범마을을 조성하였다<sup>6)</sup>.

따라서, 본 연구는 친환경농업이 농업환경에 미치는 영향을 평가하고자 INM과 IPM을 적용하고 있는 친환경농업 시범마을에서 농업환경 영향평가를 실시하여 그 효과를 분석하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사지역 현황

본 시험은 1999년부터 2001년까지 3년간 친환경농업 시범사업지구인 경기도 양평군 강상면 병산리와 충북 옥천군 이원면 지탄리의 농가 포장에서 수행하였다.

옥천과 양평지역 시험전 토양 화학성은 Table 1과 같이 pH, 유기물, 치환성 양이온 및 유효규산함량은 지역간 차이가 적었으나 유효인산함량은 옥천지역이 182 mg/kg, 양평지역이 39 mg/kg으로 차이가 컸다.

처리내용은 농가 관행시비구(CF), 토양검정 화학비료 시용구(SIF), 토양검정 화학비료+개량제 시용구(SIF+A) 3처리로 하였으며, 질소비료의 분시비율은 기비 : 분얼비 : 수비 : 실비를 각각 50 : 20 : 20 : 10%의 비율로 4회 분시하였다. 개량제구는 우분퇴비 10,000~16,000 kg/ha과 규산질비료 1,200~1,800 kg/ha을 전량 기비로 사용하였다(Table 2).

#### 조사항목 및 조사방법

토양 침투수중 NO<sub>3</sub>-N 농도는 이양 후 20일인 6월 8일부터 8월 1일까지 4회에 걸쳐 시험구 처리별로 조사하였고, 농업용수 수질조사는 시험포에 유입되는 2개 지점과 배출되는 1개 지점에서 채취하여 조사하였다. 또한 시범마을주변 소하천에 대한 수질조사는 옥천지역 시범마을을 중심으로 상류로부터 하류까지 5개 지점을 선정하여 조사하였다(Fig. 1).

수질분석용 시료의 채취 및 분석은 수질오염공정시험법<sup>9)</sup>과 수질 및 폐수표준분석법<sup>10)</sup>에 의거하여 수행하였다. 화학적 산소요구량(COD)은 중크롬산칼륨법<sup>9)</sup>으로 분석하였고, NH<sub>4</sub>-N과 NO<sub>3</sub>-N은 0.45 μm nylon membrane filter로 여과한 후 각각 Indophenol-Blue법<sup>11)</sup>과 Autoanalyzer (FIASStar 5000 system, Foss Tecator, Sweden)을 이용하여 정량하였다 기타 분석방법은 농촌진흥청 농업기술연구소의 토양화학분석법에 준하였다<sup>12)</sup>.

Table 1. Chemical properties of soils before experiment at Ok-Chun and Yang-Pyung regions

Location	pH	OM	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex. cations			Av. SiO <sub>2</sub>
				K	Ca	Mg	
	1.5	g/kg	mg/kg	— cmol/kg —			mg/kg
Ok-Chun	5.5	19	182	0.30	4.2	1.1	128
Yang-Pyung	5.1	16	39	0.30	5.5	1.6	85

수서 무척추 동물의 발생과 곤충개체수 변동 조사는 친환경농업 시범마을과 인근마을을 대상으로 월 1회 논물 수심 5~10 cm 정도에서 망목 150 μm 망으로 한 지점에서 3회를 채취하여 물 2 L가 되도록 하였으며, 장소를 달리하여 3회 채취하여 6 L를 1회 반복으로 3회에 걸쳐 채집한 후 아이스박스에 시료를 담아 실험실로 옮긴 다음 4℃에 보관한 후 채집 수서 무척추동물을 선별하여 분류하여<sup>13)</sup>, 각 종의 개체수를 조사하였다. 채집된 수서 곤충은 육안으로 선별되는 것은 70% ethanol에 보존하고, 잔여물과 미소 무척추동물은 실험실 내에서 선별한 후 70% ethanol에 침지한 후 현미경하에서 분류하고 개체밀도를 조사하였다<sup>4,14-16)</sup>.

Table 2. Experimental setup of fertilization practices at the experimental fields of Ok-Chun and Yang-Pyung regions

Location	Fertilization practice (N-P-K)	kg/ha
Ok-Chun	CF <sup>a)</sup>	154 - 105 - 63
	SIF <sup>b)</sup>	133 - 39 - 41
	SIF + A <sup>c)</sup>	133 - 39 - 41 + Cattle manure compost : 10,000 + Silica fertilizer : 1,200
Yang-Pyung	CF	148 - 51 - 75
	SIF	128 - 73 - 30
	SIF + A	128 - 73 - 30 + Cattle manure compost : 16,000 + Silica fertilizer : 1,800

a) CF : Conventional fertilization.

b) SIF : Fertilization by prescription with soil testing.

c) SIF + A : Fertilization by prescription with soil testing + added amendment.

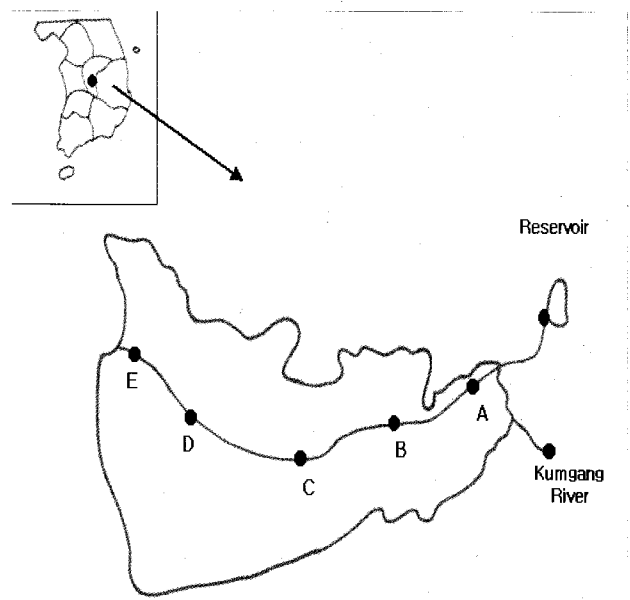


Fig. 1. Location of the water sampling sites at Ok-Chun region.

**결과 및 고찰**

친환경농업 시범마을인 옥천과 양평에서 수행된 시험포장의 처리별 쌀 수량은 다음의 Table 3과 같다.

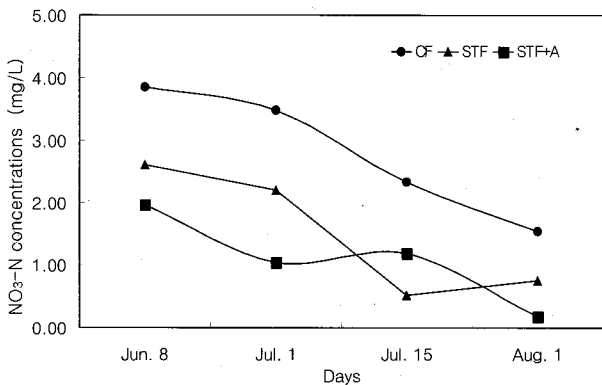
농가관행 시비구의 쌀 수량은 각각 4,554와 5,265 kg/ha, 토양검정 화학비료 시용구에서 각각 5,033와 5,440 kg/ha, 토양검정 화학비료와 개량제 혼용구에서 각각 5,206와 5,805 kg/ha이었다. 토양검정에 의한 화학비료 시용구의 3요소 시비량은 옥천과 양평에서 각각 213과 231 kg/ha로 농가관행 시비구의 시비량인 274와 322 kg/ha보다 적었지만 수량은 오히려 3~10% 많았으며, 토양검정 화학비료와 개량제 혼용구의 수량도 농가관행 시비구보다 10~14%가 많았다. 본 연구 결과는 Kim 등<sup>17)</sup>의 연구결과와 비슷하였으며, 양평에 비하여 옥천에서 토양검정에 따른 시비효과가 컸는데, 이는 무비구의 생산량이 옥천지역에서 많은 점으로 보아 토양의 비옥도 차이에 의한 것으로 판단되었다.

옥천지역 시험포장에서 조사된 처리별 토양 침투수중의 NO<sub>3</sub>-N 농도 변화는 Fig. 2와 같다.

**Table 3. Rice yield with different fertilization practices at Ok-Chun and Yang-Pyung regions during 2000~2001**

Practice	Polished rice		Yield index	
	Ok-Chun	Yang-Pyung	Ok-Chun	Yang-Pyung
	———— kg/ha ————			
CF <sup>a)</sup>	4,554	5,265	100	100
STF <sup>b)</sup>	5,033	5,440	110	103
STF+A <sup>c)</sup>	5,206	5,805	114	110
NF <sup>d)</sup>	3,752	3,460	82	66

- a) CF : Conventional fertilization.
- b) STF : Fertilization by prescription with soil testing.
- c) STF + A : Fertilization by prescription with soil testing + added amendment.
- d) NF : No fertilization.



**Fig. 2. Changes of NO<sub>3</sub>-N concentration in infiltration water by fertilization practices in Ok-Chun region.** CF, conventional fertilization; STF, fertilization by prescription with soil testing; STF + A, fertilization by prescription with soil testing + added amendment.

각 처리별 모두 생육 초기에는 NO<sub>3</sub>-N 농도가 높았으나 시간이 경과함에 따라 낮아졌는데, 처리별로는 농가 관행시비구, 토양검정 화학비료 시용구, 토양검정 화학비료+개량제구 순으로 높았다. 이는 小川-貴<sup>18)</sup>와 Kang 등<sup>19)</sup>의 연구결과와 비슷한 경향이였다. 벼 생육기간동안 처리별 토양 침투수중의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 농가 관행시비구 1.6~3.9 mg/L, 토양검정 화학비료 시용구 0.5~2.6 mg/L, 토양검정 화학비료+개량제구 0.1~2.0 mg/L으로 토양검정 화학비료 시용구에 비하여 농가 관행시비구에서 높은 농도의 NO<sub>3</sub>-N가 지하로 유통되었다.

친환경농업을 적용하는 시범마을에서 유출되는 수질을 평가하기 위하여 1999년 영농기간동안 옥천지역 시범마을 농경지의 관개수원인 저수지와 금강에서 유입되는 2개 지점과 시범마을의 농경지를 거쳐 배출되는 5개 지점에서 수질을 조사한 결과는 다음의 Table 4와 같다.

시범마을에서 논의 관개수로 이용하는 저수지의 COD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 18.7, 1.12, 0.72 mg/L이었고, 금강에서 유입되는 용수의 COD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 11.2, 0.22, 2.05 mg/L으로 NO<sub>3</sub>-N를 제외하고는 저수지의 농도가 높았다. Lee 등<sup>20)</sup>은 농업용수 수질기준에서 COD가 10 mg/L 이상이면 수질오염이 심화된 것으로 판단하여 시급히 수질개선대책을 마련해야 하는 저수지로 보고하였는데, 본 연구결과에서도 저수지와 금강에서 유입되는 용수 모두 COD 농도가 10 mg/L을 상회하여 농업용수로 이용함에 있어 대책 마련이 시급한 것으로 판단된다.

또한, 관개수로 이용하는 용수의 COD, NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 11.2~18.7, 0.22~1.12 및 0.72~2.05 mg/L이었고, 시범마을의 농경지를 통과한 배출수의 COD, NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 10.7~16.6, 0.19~0.45 및 1.97~2.82 mg/L이었다. COD와 NH<sub>4</sub>-N 농도는 농경지를 거치면서 감소되는 경향을 보이고 있어 논의 오히려 수질을 정화시키는 기능을 가진 것으로 판단되며<sup>21)</sup>, 배출수의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 비료로 투입된 NH<sub>4</sub>-N가 농경지를 거치면서 산화되어 농도가 높아진 것으로 판단되었다.

친환경농업 시범마을에 대한 생태계의 변화를 알기 위해서 옥천과 양평지역에서 수행된 시험포장에서 처리별로 수서 무

**Table 4. Water quality of Ok-Chun region for the demonstration village applying environmental-friendly agriculture in 1999**

Location		mg/L		
		COD	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
Irrigation	Reservoir	18.7	1.12	0.72
	Kumgang	11.2	0.22	2.05
Stream	A (up)	12.9	0.45	1.97
	B	10.7	0.20	2.20
	C	16.6	0.19	2.47
	D	10.7	0.34	2.82
	E (down)	11.1	0.27	2.65

척추동물의 개체수를 조사한 결과는 다음의 Table 5와 같다.

처리별 수서곤충, 환형동물, 패류 및 갑각류 등의 수서 무척추동물의 개체수는 농가 관행시비구 100을 기준하여 토양검정 화학비료 시용구 293, 토양검정 화학비료와 개량제 혼용구 276, 무비구 90으로 토양검정 화학비료 시용구에서 가장 많았다. 이는 토양검정에 의한 화학비료의 적정시비가 토양양분의 유출방지와 더불어 농경지내 생물상까지도 유지시킨다는 Han 등<sup>22)</sup>의 연구결과와 일치하였다. 또한, 김 등<sup>23)</sup>과 Han 등<sup>24)</sup>의 연구결과에서 시비수준보다는 농약의 과다 투입이 수서 무척추동물의 개체밀도와 다양성을 낮춘다고 보고된 바 있다. 따라서 생물 다양성 유지와 지속적 농업을 위해서 화학비료의 적정시비는 환경 보전 특히 수서생물 밀도 증가에 크게 기여하는 것으로 판단되었다.

시범마을과 인근 일반농가 마을 전체를 대상으로 수서생물을 조사한 결과는 다음의 Table 6과 같다.

시범마을 지역 논에서의 수서 무척추동물의 총 개체수는 옥천과 양평에서 각각 4,171과 540 마리/L였으며, 일반농가의 논에서는 옥천과 양평이 각각 1,723과 122 마리/L로 양평에 비하여 옥천에서 개체수가 많았다. 또한 전체의 평균 개체수

Table 5. Population densities of freshwater invertebrates at Ok-Chun and Yang-Pyung regions on Aug. 3 in 2001

Practice	Insects	Annelida	No./L			Total	Index
			Shells	Crustcea			
CF <sup>a)</sup>	62	1	16	225	304	100	
SIF <sup>b)</sup>	224	15	18	635	893	293	
SIF+A <sup>c)</sup>	155	10	40	636	841	276	
NF <sup>d)</sup>	138	2	12	123	275	90	

a) CF : Conventional fertilization.

b) SIF : Fertilization by prescription with soil testing.

c) SIF + A : Fertilization by prescription with soil testing + added amendment.

d) NF : No fertilization.

Table 6. Comparison of the numbers of freshwater invertebrates in surface water of rice paddies during Aug. 3~Sept. 13 in 2001

Location	Practice	Insects	Annelida	No./L			Total	Index
				Shells	Crustcea			
Ok-Chun	CP <sup>a)</sup>	288	1.3	337	1,102	1,723	100	
	SP <sup>b)</sup>	623	2.6	115	3,431	4,171	242	
Yang	CP	31	5.3	3	83	122	100	
Pyung	SP	127	1.6	21	390	540	443	

a) CP : Conventional paddy field managed with farmer's practices.

b) SP : Sustainable paddy field managed with IPM and INM technology.

는 친환경농업을 수행하고 있는 지역을 100으로 볼 때 인근 일반농가는 34로 INM과 IPM을 실천하는 시범마을에서 생물종이 다양하고 그 개체수가 많은 것으로 나타나 Han 등<sup>24)</sup>의 연구결과와도 비슷한 경향이였다.

친환경농업 시범마을과 인근 일반마을의 지상부 곤충 개체수를 조사한 결과는 다음의 Table 7과 같다.

시범마을은 인근 일반농가 마을에 비하여 해충의 수가 증가하였어도 천적의 수가 증가하여 수량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 일반농가에 비하여 시범마을에서는 정밀 예찰로 적기에 방제를 하기 때문에 농약방제 횟수가 50% 정도 적어 이로 인해 곤충들이 생활하기에 유리했기 때문으로 판단된다.

이상의 결과를 살펴볼 때 필요이상으로 사용되는 비료, 농약을 절감하고자 하는 환경농업의 개념에 따라 농업전문기관에서 추천한 시비기준량 준수 및 예찰에 근거한 방제를 통하여 생산성을 유지하면서 안전한 식량을 생산하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 요 약

1999년부터 2001년까지 3년간 친환경농업 시범마을에 적용되고 있는 INM (Integrated Nutrient Management) and IPM (Integrated Pest Management) 실천에 따른 추진효과를 분석하기 위하여 시범마을로 지정된 옥천과 양평지역의 농가 포장에서 시비량, 양분유실 및 생태계 변화 등을 조사 분석하였다. 3요소 시비량은 토양검정시비로 인하여 농가관행시비와 비교하여 28.6~39.4% 절감할 수 있었으며, 쌀 수량도 시비량이 비교적 적은 토양검정 시비구에서 3~10% 증수하였다. 영농기간동안 토양 침투수중 NO<sub>3</sub>-N 농도는 농가관행 시비구 2.9 mg/L에 비하여 토양검정 시비구는 1.5 mg/L로 감소하였으며, 시범마을 논으로 유입되는 관개수의 COD, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N 농도는 각각 15.0, 0.67, 1.39 mg/L, 시범마을 논에서 배출된 용수는 각각 12.4, 0.29, 2.42 mg/L로 감소되는 경향이였다. 처리별 수서곤충, 환형동물, 패류 및 갑각류 등의 개체

Table 7. Numbers of insects on sustainable paddy field at Ok-Chun and Yang-Pyung during Aug. 3~Sept. 13 in 2001

Location	Practice	Natural enemy	Pest	Others	Total	Index
Ok-Chun	CP <sup>a)</sup>	6	9	8	25	100
	SP <sup>b)</sup>	11	12	12	34	136
Yang-Pyung	CP	7	7	40	53	100
	SP	24	11	53	88	166

a) CP : Conventional paddy field managed with farmer's practices.

b) SP : Sustainable paddy field managed with IPM and INM technology.

수는 농가관행구 100에 대하여 토양검정 시비구 293, 토양검정과 개량제 혼용구 276, 무비구 90으로 토양검정 시비구에서 많았으며 수서 무척추 동물은 관행농업을 수행하고 있는 지역을 100으로 볼 때 친환경농업마을은 242와 443으로 INM과 IPM을 실천하는 시범마을에서 생물종이 다양하고 그 개체수가 많은 것으로 나타났다. 친환경농업 시범마을 조성 후 작물 추천시비량 준수와 적기 예찰을 통하여 필요이상 사용되는 비료와 농약을 절감하여 생태계의 개선과 토양이 건전화된 것으로 평가되었다.

### 참 고 문 헌

1. MacDonald, M. (1998) Agendas for sustainability; Environment and development into the twenty-first century, London, U.K.
2. 농촌진흥청 (1993) 농가시비실태 조사연구 보고서, p.1-36.
3. Bergstrom, L. (1987) Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in tile-drained plots and lysimeters, *J. Environ. Qual.* 16, 11-18.
4. Yoon, I. B. and Kong, D. S. (1990) A systematic study of the dragonfly (*odonata*) Larva from Korea I (superfamily *aeshnoidea*), *Korean J. Entomo.* 20, 55-81.
5. Altman, S. J. and Richard, R. R. parizec. (1995) Dilution of nonpoint source nitrate in groundwater, *J. Environ. Qual.* 24, 707-718.
6. 농림부 농촌진흥청 (1999) 친환경농업 시범마을 조성사업 지침.
7. 한국농촌경제연구원 (2002) 지속가능한 농업 발전전략, C2002-13.
8. 농촌진흥청 (2000) 친환경농업 기술개발 및 실천전략, 연구동향분석보고서, 2000-1.
9. 환경부 (2000) 수질오염공정시험방법.
10. APHA-AWWA-WPCF. (1992) Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th ed., Washington D.C.
11. Bremner, J. M. and Sommers, L. E. (1982) Methods of soil analysis, part 2, 2nd ed., p.595-624, ASA and SSSA, Madison, WI. USA.
12. 농업기술연구소 (1988) 토양화학분석법 (토양, 식물체, 미생물).
13. 川村多實二 (1986) 日本 淡水生物學, p.1-200.
14. Partrick, W. (1981) Aquatic enthomology, p.82-394.
15. 氣賀澤和男 (1989) 土壤害蟲 原色圖鑑, p.148-201.
16. 谷田一三 (2000) 原色川蟲圖鑑, p.10-203.
17. Kim P. J., Yoo, C. H. and Seo, Y. J. (2000) Study on the nutrient of application fertilizer in paddy soils, Research Report of Agro-Environment Research(NIAST), p.83-110.
18. 小川一貴 (1993) 環境保全型 農業의 推進. 國際食糧農業, 35(7), 10-17.
19. Kang, Y. J., Seo, Y. J., Lee, D. H., Choi, C. L., Park, M. and Choi, J. (2001) The effect of rice farming on the shallow ground water quality, *Korean J. Environ. Agric.* 20(4), 262-268.
20. Lee, K. S., Yoon, K. S., Kim, H. J. and Kim H. I. (2003) A program of water quality management for agricultural reservoirs by trophic state, *Korean J. Environ. Agric.* 22(2), 166-171.
21. Seo M. C., Kang, K. K., Yun, H. B. and Eom, K. C. (2001) Assessment of positive function of paddy farming according to agricultural production conditions, Research Report of Agro-Environment Research(NIAST), p.355-378.
22. Han, M. S., Shin, J. D., Na, Y. E., Lee, N. M., Park, M. H. and Kim, S. G. (2002) Changes of invertebrate density in rice paddies of different fertilizer managements in demonstration villages of sustainable agriculture, *Korean J. Environ. Agric.* 21(2), 96-101.
23. 김병석, 박연기, 김선관, 정영호, 정기채. (1996) 농약 사용이 농경지 생물상에 미치는 영향 연구, 농업과학기술원 시험사업보고서, 작물보호부편, p.1112-1122.
24. Han, M. S., Kang, K. K., Kim, S. G., Kim, J. H., Koh, M. H. and Park, H. M. (2000) Evaluation of biodiversity in the rice paddy, Research Report of Agro-Environment Research(NIAST), p.128-137.