

사업구분	경상기본	Code구분: ES0101	농업환경(전반기)
연구과제명 및 세부과제명		연구기간	연구책임자
친환경농업 기술지원		'04~'05	강원도원 환경농업연구과 김승경
친환경농업 육성사업 기술지원 및 농업환경 실태조사		'04~'05	강원도원 환경농업연구과 문윤기, 최준근, 김세원
색인용어	친환경농업, 농업용수 수질, 토양 중금속		

## ABSTRACT

This study was conducted to investigate the water quality and soil heavy metal contents at 17 environment-friendly agricultural area in Gangwon-do during 2004~2005. The samples for survey were collected twice a year, dry(April~May) and rainy(July~August) season. As for the water quality used for the agricultural purpose, the concentrations of EC,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  in dry season were higher than those of rainy season. but the concentration of COD was high in rainy season. It was thought that the organic material concentration was higher by the soil leaching after the rainfall. As the whole, the quality of water was good for the agricultural activity.

Average contents in soils were As 0.04, Cd 0.05, Cu 3.23, Pb 2.20 and Zn 6.59mg/kg respectively. It was much lower than the concern level of the Soil Environment Conservation Act of Korea.

Key words : agricultural water quality, heavy metal contents of the soil, environment-friendly agriculture

### 1. 연구목표

환경과 개발에 관한 리우선언과 그 실천 강령인 21세기 지구환경 실천 강령(Agenda 21)을 의결한 유엔 환경개발회의에서 증가되는 식량 수요는 지속적인 방법으로 충족시켜야 하며, 토양보전 및 복구, 종합 병해충 관리, 식량증산을 위한 식물양분공급 등에 대한 국제협약은 환경과 접목 확대되어 농업부문에서도 환경과 농업의 조화가 불가피한 실정이다.(Mcdonald, 1998)

최근 30년 동안 급속한 산업발달로 국민 생활수준 향상과 국가의 경제는 비약적으로 성장하였지만, 그 결과 환경오염의 수준은 점차 심화되었다. 이러한 결과는 농업 생산 환경에서도 비슷한 양상을 보이고 있다(김 등 2003). 작물생산 증대를 위주로 이루어지고 있는 과다한 화학비료와 농약 및 농기계 등 농자재의 과다한 사용과 집약적 농업활동과 더불어 축산농가의 증가에 따른 폐수와 폐기물 발생 증가 등 농업 비점오염원의 지속적 증가 그리고 도

시화에 의한 생활하수량 증가, 각종 위탁시설의 증가 등 농업외적인 다양한 오염요인 등으로 농업용수 수질관리에 문제가 제기되었고(김, 1996), 농업용 지하수의 오염도 지적되고 있다. (현 등, 1994)

농경지에서는 여러 가지 화학비료 및 농약의 지속적인 사용으로 이들에 함유되어 있는 중금속이 토양에 집적되는 경우도 있다. 이러한 중금속들은 유기물이나 무기염류와는 달리 쉽사리 자연조건에서 제거되지 않은 채 토양에 흡착, 축적되며 토양 중에서 일어나는 여러 가지 반응에 관여하게 된다.(김 등, 2000)

농업환경의 오염은 농업생산성의 안정적 유지와 농산물의 안전성을 저해하게 된다(김 등, 1990, 하 등, 1989). 따라서 농업환경 보전이나 질적 수준의 유지는 농업환경 자체와 외부요인 사이의 상호 연계성에서 파악되어야 하며, 해결책 또한 양자 모두에서 찾아야 한다.

우리나라에도 1992년에 환경농업의 개념이 도입되기 시작되어 1996년에 농림부에서“21세기를 향한 농림수산 환경정책”을 수립하면서 본격적인 친환경농업 육성정책이 추진되었다(농림부 1999, 한국농촌경제연구원 2002). 이에 근거하여 최근에는 환경에 대한 문제가 중요시되어 농업에 있어서도 환경을 고려한 농법을 적용하여 비료와 농약을 적절하게 사용하는 친환경농업의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 이를 실천하기 위하여 농약, 비료의 무분별한 사용을 줄이고 적기적소에 적량을 사용하려는 병해충 종합관리(IPM)과 양분종합관리(INM) 등의 기술을 적용하여 작물과 토양특성에 따라 알맞게 사용함으로써 자원과 에너지의 절약은 물론 안전한 농산물의 생산과 환경의 부담을 최소화시킬 수 있다.(농촌진흥청, 2000)

환경보호에 대한 농업인의 인식전환과 이의 실천기술을 보급 및 농업환경을 유지, 보전하며 고품질 안전농산물 생산체계를 구축하는 등 친환경농업을 확대, 발전시킬 목적으로 정부에서는 친환경농업 육성사업을 추진하고 이에 대한 지원사업의 일환으로 1999년부터 친환경농업 시범마을 및 지구조성사업을 매년 지역여건, 영농규모, 작목 등에 적합한 환경농업을 실천하는데 필요한 시설 및 자재 등을 지원하고 이를 환경농업의 교육장으로 활용하고 있다. 친환경농업지구에는 지역 내에서 발생하는 유기성폐자원을 재활용하기 위한 퇴비화 및 미생물 증식시설, 토양기능을 강화시키기 위한 객토, 퇴비사용, 유기, 자연농업의 활성화 및 정착을 위한 시설 등을 지구 신청 농가들의 지역적 요구에 다양한 메뉴방식으로 지원되고 있다. 환경농업을 실천하는데 있어 가장 중요한 것은 경작자가 영농활동을 하면서 환경을 보호한다는 인식과 이에 대한 기술의 실천이기 때문에 단순히 시설 및 자재 지원에만 머무는 것이 아니라 이에 대한 지속적인 교육과 기술적인 지원이 있어야 하고, 친환경농업지구에 대한 지원이 환경을 얼마나 개선시켰고, 지속적인 농업이 가능한지를 검증하기 위한 농업환경에 대한 영향평가가 필요하다. 농업이 미치는 각 요인들에 대한 종합적인 조사를 통해 이를 정량적으로 분석하고 평가하는 체계를 구축하는 것이 필요하다.

본 연구는 2004~2005년에 걸쳐 강원도내에 조성된 친환경농업지구의 농업용수 수질 및 토양 중금속 등의 조사를 통하여 친환경농업 육성을 위한 기술지원과 친환경농업지구의 토양개량, 시비대책 수립 및 친환경농업의 기반을 구축하고, 안전농산물을 생산할 수 있는 기초자료 및 농촌지도사업 참고 자료로 활용코자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 조사 시기 및 시료채취 방법

조사는 2004~2005년까지 농업용수로 사용되는 하천수 및 지하수를 갈수기(4~5월), 홍수기(7~8월) 2회 채수하였고, 시료는 2리터 용량의 폴리에틸렌통에 채수한 후 얼음상자에 넣어 운반하였다. 토양시료는 농업용수 채수와 같은 시기에 지구별로 3개 지점에서 논과 밭 토양을 0~20cm 깊이에서 채취하였다.

### 나. 수질 및 토양 분석방법

농업용수의 수질분석은 수질오염공정시험법(환경부, 2004)과 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청, 2003)에 의거하여 수행하였다. pH는 pH meter로, 전기전도도(EC)는 Conductivity meter로 측정하였으며, 화학적 산소요구량인 COD는 중크롬산칼륨법,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 은 Indophenol blue법,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ 는 이온크로마토그래피법을 이용하였다.

채취된 토양 시료는 풍건 후 2mm체를 통과한 것을 분석시료로 사용하였다. 중금속 중 Cd, Cu, Pb, Zn은 토양환경보전법상 공정시험법에 따라 풍건토양 10g을 250ml 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 50ml를 넣은 후 용기에 마개를 하고 30℃항온에서 1시간 진탕한 후 Whatman No. 42여과지로 여과하고 여액중 Cd, Cu, Pb, Zn의 농도를 유도결합플라σμα 발광광도기(Inductively Coupled Plasma spectrometer)를 이용하여 분석하였다. As도 공정시험법에 따라 분석용 토양시료 10g을 1N HCl 용액 50ml로 침출하고 여과하여 여액중 As의 농도를 원자흡광광도계(Atomic Absorption spectroscopy)를 이용하여 정량하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 친환경농업지구 농업용수의 수질

농업용수는 2004년부터 2005년 까지 갈수기(4월)와 홍수기(7월)에 채취하였고, 대상지역은 표 1과 같이 5개 시군에 속한 17개의 친환경농업지구이다.

<표 1> 조성 연도별 친환경농업지구 현황

조성년도	조성 지구
2001	춘천 북산(오항리, 추곡리), 평창 진부(거문리, 마평리)
2002	평창 봉평(덕거리, 무이리, 평촌리), 홍천 서면(두미리, 반곡리)
2003	평창 방림(계촌리), 홍천 화촌(장평리)
2004	양구 해안(오유리), 양구 해안(현리), 횡성 둔내(삼교리)
2005	양구 남면(죽리), 양구 해안(만대리), 홍천 두촌(괘석리)

표 2는 2004년부터 2005년까지 친환경농업지구로 지정된 17개 지구에서 채취한 농업용수의 주요 성분함량을 나타낸 것이다. 친환경농업지구에서 조사된 농업용수의 평균 pH는

7.1이었고 우리나라 하천의 농업용수 수질기준 pH 6.5~8.5의 범위에서 크게 벗어나지 않았다. 홍수기(7월)의 최고치가 다소 높게 보였는데 이는 이 기간 중에 조류의 증식이 왕성하여 동화작용에 의해 주간에는 많은 CO<sub>2</sub>를 흡수하였기 때문인 것으로 보인다.

수중의 유기물 지표인 CODcr의 경우, 춘천에 속한 지구에서 갈수기(4월)에 19.2mg/L로 가장 높고, 양구에 속한 지구가 0.4~5.3mg/L로 그 함량이 낮아 수질이 가장 양호하였으며, 춘천, 홍천에 속한 지구에서 각각 1.0~19.2mg/L, 0.2~11.3mg/L로 가장 높았다. 친환경농업지구의 CODcr는 우리나라 환경정책기본법의 하천 및 호소 기준인 8mg/L를 상회하는 곳이 있었으나 수도생육 피해한계기준은 50mg/L로 규정하고 있어 수도재배의 농업용수 사용에는 문제가 없을 것으로 보인다.

EC는 관개수중 용존 되어 있는 이온의 양을 파악하는 지표인자이며, 영양염류의 양을 평가하는 수질항목으로 그 변화를 보면 여름인 홍수기(7월)의 평균치 0.106dS/m보다 봄인 갈수기(4월)에 0.274dS/m로 높았는데 이는 겨울동안 퇴적되어 있던 하천의 퇴적물이 봄철에 강우량이 증가하여 유입되었고, 강우량이 많았던 홍수기(7~8월)에는 빗물에 의한 희석효과를 보여 기존의 김 등의 수계별 농업용수 오염도 조사와 같은 경향을 보였다.

<표 2> 친환경농업지구의 채취시기별 농업용수의 무기성분 함량 (mg/L)

지역	채취 시기	pH	EC (dS/m)	CODcr	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
양구	갈수기	7.0* (5.9~8.2)**	0.09 (0.02~0.2)	2.0 (0.4~5.3)	0.02 (0~0.4)	2.7 (0.4~5.8)	2.1 (0.3~11.4)	6.2 (2.1~23.5)
	홍수기	7.0 (6.3~7.7)	0.09 (0.01~0.19)	2.8 (0.9~5.8)	0.02 (0~0.3)	2.7 (0~6.1)	1.8 (0.3~5.2)	5.3 (1.4~14.9)
춘천	갈수기	7.0 (6.3~7.3)	0.12 (0.02~0.27)	5.5 (1.0~19.2)	0.19 (0~1.6)	2.7 (0.8~5.9)	2.9 (1.0~8.9)	14.5 (1.6~121.3)
	홍수기	7.2 (6.3~8.3)	0.1 (0.05~0.17)	7.6 (2.0~13.2)	0	2.3 (0.6~4.0)	2.2 (0.9~3.9)	3.1 (1.4~5.8)
평창	갈수기	7.4 (7.0~7.9)	0.16 (0.07~0.31)	2.8 (1.0~4.7)	0.03 (0~0.4)	3.8 (1.6~6.2)	3.8 (1.6~11.5)	5.7 (2.3~12.4)
	홍수기	7.3 (6.8~8.1)	0.14 (0.07~0.24)	2.7 (0.9~4.5)	0	3.6 (1.1~6.9)	2.9 (1.6~4.1)	4.0 (2.1~6.6)
홍천	갈수기	6.8 (5.7~7.5)	0.11 (0.04~0.29)	4.0 (0.2~11.3)	0.02 (0~0.15)	2.3 (0~4.4)	2.2 (0.7~5.5)	4.7 (1.4~9.5)
	홍수기	7.1 (6.3~8.1)	0.08 (0.02~0.16)	3.7 (2.8~4.6)	0	2.3 (0.7~4.7)	2.4 (0.8~6.6)	4.0 (1.7~8.8)
횡성	갈수기	6.8 (5.5~7.8)	0.20 (0.03~0.9)	2.7 (0.1~6.9)	0.01 (0~0.07)	2.8 (0.8~5.1)	2.2 (0.6~6.8)	5.0 (1.6~13.9)
	홍수기	7.1 (5.8~8.4)	0.07 (0.02~0.4)	3.9 (1.0~7.3)	0	3.0 (0.4~6.3)	2.3 (0.5~6.0)	4.1 (1.1~9.4)
계	갈수기	7.0 (5.5~8.2)	0.14 (0.02~0.9)	3.4 (0.1~19.2)	0.05 (0~1.6)	2.9 (0~6.2)	2.6 (0.3~11.5)	7.2 (1.4~121.3)
	홍수기	7.1 (5.8~8.4)	0.10 (0.01~0.4)	4.1 (0.9~13.2)	0 (0~0.3)	2.8 (0~6.9)	2.3 (0.3~6.6)	4.1 (1.1~14.9)
수질기준		6.5~8.5	1.0	8.0	5.0	20	50	250

\* : 평균, \*\*: 범위(최소~최대)

USDA Salinity Staff에서는 EC 0.75dS/m의 관개수는 대부분의 작물 재배에서 사용할 수 있다고 하였고, FAO에서는 EC의 평균농도가 0.7dS/m이하이면 작물의 생산에 큰 영향이 없다고 하였다. 우리나라에는 관개수 중의 EC에 의한 농작물의 피해한계 농도를 1.0dS/m 이하로 설정하였다. USDA와 FAO의 기준에 의하면, 조사대상 시료들의 평균 EC수준은 농작물의 생장에 영향을 미치지 않는 매우 안전한 수준인 것으로 나타났다.

농업용수 중에 과다하게 존재할 경우 도복 등을 유발할 수 있는 무기성 질소화합물 질산화의 첫 번째 단계인  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 경우 갈수기(4월)의 평균치 0.052mg/L보다 홍수기(7월)의 평균치가 0.022mg/L로 낮았는데 이는 강우에 의한 유량증가로 인한 희석효과인 것으로 보이며 춘천에 속한 지구가 다른 곳보다 약간 높았으나 이는 생장에 피해를 줄 수 있는 농작물의 피해한계 농도인 5.0mg/L에는 미치지 못하는 매우 낮은 수준이었다.

지하수의 농업용수 사용에 중요한 판단 항목이며, 청색증을 유발할 수 있는  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 경우에는 친환경농업지구별로 큰 차이를 보이지 않았으며 생활용수 수질기준인 10mg/L와 농업용수 수질기준인 20mg/L에 미치지 않아 농업용수로도 매우 양호한 수준인 것으로 판단되었다.

관개수중에 과다하게 존재하게 되면 환원상태에서 난용성 ZnS를 형성하여 아연결핍을 초래하고,  $\text{Ca}^{2+}$  흡수저해와  $\text{Na}^+$  흡수촉진 및 염류체의 광인산화 반응을 저해하는  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 경우 채취시기별 농도변화는 0.3~11.5mg/L를 보였는데 이는 김 등이 보고한 관개수 중  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 유의성 있는 감수농도 54.9mg/L에 미치지 못하는 것이었다.

식물체의 광합성을 감소, 탄수화물 이동저해, 호흡 및 수분 흡수를 저해한다고 알려져 있는  $\text{Cl}^-$ 의 경우 지하수법에서 정한 수질기준을 250mg/L이하로 정하고 있는데 채취시기별 농도변화를 보면 1.1~121.3mg/L로 나타났으나 평균농도는 수질기준에는 훨씬 미치지 못하는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

표 3은 친환경농업지구의 연도별 수질변화 양상을 살펴본 것으로 EC, COD,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  등 오염도를 대표할 수 있는 지표의 값이 '04년에 비해 '05년에 감소한 것으로 나타나 수질이 호전되는 것으로 보인다.

<표 3> 친환경농업지구의 연도별 농업용수의 무기성분 함량 (단위 : mg/L)

지역	연도	pH	EC(dS/m)	COD <sub>Cr</sub>	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
양구	'04	6.9	0.08	2.0	0.07	3.1	2.1	6.3
	'05	7.0	0.09	2.3	0	2.5	1.6	5.6
춘천	'04	7.1	0.13	8.9	0.08	2.3	2.9	3.6
	'05	7.1	0.10	1.1	0	2.7	2.4	3.3
평창	'04	7.5	0.14	3.0	0.03	3.4	4.1	5.5
	'05	7.3	0.15	1.2	0	3.8	2.8	4.4
홍천	'04	7.0	0.09	4.5	0.03	2.3	2.9	4.2
	'05	7.0	0.1	1.6	0	2.4	2.1	4.2
횡성	'04	6.8	0.23	3.3	0.01	3.2	3.1	5.8
	'05	7.0	0.07	1.4	0	2.7	1.8	3.8
평균	'04	7.1	0.13	4.3	0.04	2.9	3.0	5.1
	'05	7.1	0.1	1.5	0.0	2.8	2.1	4.3

**나. 친환경농업지구 토양 중금속의 함량**

표 4는 친환경농업지구에서 채취한 토양의 중금속별 함량의 평균농도 및 분포범위를 환경부가 제정한 토양환경보전법상의 우려기준과 비교한 결과이다.

분석한 중금속 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 평균농도와 분포범위는 각각 0.04(0~0.21), 0.05 (0~0.35), 3.23(0~22.58), 2.20(0~12.59), 6.59(0.27~50.56)mg/kg으로 조사된 토양 중금속의 평균값에서는 환경부가 제정한 토양보전법상의 우려기준을 초과하는 중금속은 없었으며, 우려기준에 비해 As는 약 1/150, Cd는 약 1/30, Cu는 약 1/16, Pb는 약 1/45, Zn은 약 1/46 정도의 매우 낮은 수준으로 토양환경보전법상 우려기준의 이하였다.

<표 4> 친환경농업지구 토양의 중금속 함량 (단위 : mg/kg)

지역	채취시기	As	Cd	Cu	Pb	Zn
양구	갈수기	0.02* (0~0.09)**	0.06 (0~0.23)	1.49 (0~4.81)	2.68 (0~4.21)	3.47 (0.52~18.06)
	홍수기	0.02 (0~0.10)	0.01 (0~0.05)	3.55 (0~22.58)	3.32 (1.39~12.59)	2.78 (0.27~35.90)
춘천	갈수기	0.04 (0.01~0.09)	0.23 (0.19~0.35)	5.27 (1.79~7.61)	1.91 (1.33~2.97)	10.53 (1.07~46.11)
	홍수기	0.05 (0.01~0.10)	0.05 (0~0.15)	4.36 (0.60~8.11)	2.02 (0.91~3.84)	11.02 (1.19~50.56)
평창	갈수기	0.02 (0.01~0.03)	0.00 (0~0.01)	3.27 (2.23~3.96)	2.07 (1.12~3.25)	4.81 (1.01~10.06)
	홍수기	0.04 (0.02~0.07)	0.01 (0~0.04)	3.77 (0.94~6.87)	1.67 (0.34~3.61)	8.37 (1.59~20.96)
홍천	갈수기	0.04 (0.01~0.09)	0.04 (0~0.08)	2.43 (0.64~7.69)	2.43 (1.20~4.35)	4.46 (0.86~20.25)
	홍수기	0.05 (0.02~0.21)	0.02 (0~0.07)	2.89 (0.08~14.05)	1.84 (0.45~5.96)	3.90 (0.86~12.85)
횡성	갈수기	0.05 (0~0.10)	0.04 (0~0.13)	1.70 (0.30~6.19)	2.03 (0.90~3.46)	9.43 (0.88~26.69)
	홍수기	0.05 (0.02~0.10)	0.01 (0~0.10)	3.53 (0~14.37)	2.03 (1.10~4.66)	7.11 (0.43~30.72)
계		0.04 (0~0.21)	0.05 (0~0.35)	3.23 (0~22.58)	2.20 (0~12.59)	6.59 (0.27~50.56)
우려기준		6	1.5	50	100	300

\* : 평균, \*\*: 범위(최소~최대)

이상의 결과를 토대로 볼 때 친환경농업지구의 농업용수의 수질 및 토양은 매우 청정한 것으로 나타났으며, 지속적인 농업용수원의 보전 측면에서 친환경농업지구 수질의 보호를 위하여 지방자치단체는 펜션 등의 위락시설이 난립되지 않도록 힘써야 하고, 가정 내에서는 생활폐수의 오염원 감소와 제거에 노력하고 농가에서는 적정시비를 하여 과비로 인한 수질 및 토양 오염을 근원적으로 방지하는데 노력해야 할 것이다.

#### 4. 적 요

친환경농업지구의 농업용수 수질과 토양을 평가하기 위하여 2004~2005년까지 5개 시,군에 속한 17개 친환경농업지구에서 갈수기(4~5월)와 홍수기(7~8월)에 농업용수 및 토양을 채취하고, 분석을 실시하였다. 전반적으로 농업용수의 수질의 변화를 살펴보면, CODcr를 제외한 갈수기(4~5월)의 수질 EC,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ 의 농도가 홍수기(7~8월)의 수질보다 높았으나, 농업용수 수질기준 및 농작물 피해한계 농도 이하로써 농업용수로 이용하는데 문제가 없는 것으로 나타났다. 홍수기(7~8월)에 CODcr의 수치가 높은 이유는, 강우 후 토사의 유입에 따른 수중 유기물 함량이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다. 분석한 토양 중금속 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 중금속 함량을 분석하여 환경부가 정한 토양환경보전법상의 우려기준과 비교한 결과를 살펴보면, 중금속 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 평균농도는 각각 0.04, 0.05, 3.23, 2.20, 6.59mg/kg으로 토양환경보전법상의 우려기준의 이하였다.

#### 5. 인용문헌

- 강원도 농업기술원. 1999. 1998 강원농업과학기술연구개발 시험연구보고서. pp 187~194.
- 김계훈, 김권래. 2000. 경기도 하남시 토양의 중금속 함량 분포 조사. 한국환경농학회지 19(4) : 345~350.
- 김복영. 1988. 수질오염과 농업. 한국환경농학회지. 7(2) : 153~169
- 김복영, 소규호, 김규직, 조재구, 조일화, 우기대. 1990. 한국 밭토양 및 곡물종의 중금속 자연함량에 관한 조사 연구. 농시논문집(토양비료편)32(2) : 57~68.
- 김진호, 조광래, 임수정, 이경자, 경기천 엄미정, 김희권, 김찬용, 이영한, 이신찬, 윤순강. 2003. 우리나라 논 관개용 지하수 수질 특성. 한국환경농학회지 22(4) : 241~245.
- 김찬용, 김창배, 김중수, 서영진, 윤재탁. 2002. 환경농업조성지구내 용수원 및 채수시기별 수질비교. 한국환경농학회지 21(3) : 165~171.
- 농림부. 1997. 친환경농업육성법.
- 농림부 농촌진흥청. 1999. 친환경농업 시범마을 조성사업 지침.
- 농림부. 2006. 농림사업시행지침서(농촌개발, 임업 및 산촌 구조개선) 총5권중 제4권. p1589~ 1623.
- 농촌진흥청. 2000. 친환경농업 기술개발 및 실천전략, 연구동향분석보고서, 2000-1.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준
- 엄미정, 최정식, 한수근, 김갑철, 문영훈. 2000. 동진강 수계 농업용수 수질평가. 한국환경농학회지 19(2) : 110~115
- 이남종, 고병구, 노기안, 한민수, 김민경, 곽한강, 박문희. 2003. 친환경농업 시범마을에 대한 환경영향평가. 한국환경농학회지 22(4) : 246~250.
- 하호성, 허종수. 1989. 김해평야 관개수 오염도가 벼 영양생리에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 8(2) : 93~102.

한국농촌경제연구원. 2002. 지속가능한 농업 발전전략, C2002-13.

환경부. 2001. 토양환경보전법.

환경부. 2004. 수질오염공정시험방법.

FAO. 1977. Water Quality for Agriculture. FAO/UN 29 Rev. 1:174

MacDonald, M. 1998. Agendas for sustainability; Environment and development into the twenty-first century, London, U.K..

USDA Salinity Staffs. 1953. Saline and Alkaline Soils. USDA HB : pp 160.

## 6. 연구결과 활용제목

- 친환경농업지구의 토양개량, 시비대책 수립 및 친환경농업의 기반을 구축하고, 안전농산물을 생산할 수 있는 기초자료 및 농촌지도사업 참고 자료로 활용