

만경강 수계 농업용수의 시기별 수질변화

이경보, 이덕배, 이상복, 김재덕
호남농업시험장

Change in Agricultural Irrigation Water Quality in Mankyeong River

Kyeong-Bo Lee, Deog-Bae Lee, Sang-Bok Lee and Jae-Duk Kim (National Honam Agricultural Experiment Station RDA, Iksan 570-080)

ABSTRACT : The water quality at Mankyeong River was surveyed 13 sites of main stream for 6 months from April to September in 1995 and 1997. The monthly average value of $\text{NH}_4\text{-N}$, SO_4^{2-} and Cl^- showed the highest peak in April while that of $\text{NO}_3\text{-N}$ showed the highest peak in August. The monthly average value of COD showed the highest peak in September at high temperature season. Concentrations of $\text{NH}_4\text{-N}$ and SO_4^{2-} in Mankyeong River stream exceeded the standard water quality criteria in many sites. The water quality of Mankyeong River stream was not suitable for the irrigation source excepted the sites such as Hari, Gosan stream and Soyang stream. The floodgate of Mokcheon, Yocheon, Jeonju and Samcheon stream were rapidly polluted by the sewage of city, otherwise the Iksan stream was rapidly polluted by the sewage of swine. The sum of ionic concentrations in Mankyeong River stream was the highest at floodgate of Yocheon by influence of the sewage from city and industry. The order of the major anions and cations concentration in Mankyeong River stream were $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{PO}_4^{3-}$ and $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, respectively.

Key words : Pollution, Mankyeong River, Agricultural water

서 론

인구증가와 산업발전으로 인한 환경오염문제, 식량문제, 에너지문제는 자원에 대한 인식과 관심을 지속적으로 증가 시키고 동시에 환경에 관한 인식도 새롭게 바뀌고 있다. 우리가 이제까지 단순히 자유재의 개념에서 보아 오던 공기나 물과 같은 환경자원을 이제는 경제적 가치를 지니는 자원으로서의 환경으로 새롭게 인식하게 되었으며 또한 환경오염이 한정되어 있는 자원을 파괴하고 오손시킴으로써 개인의 복지나 사회복지에 영향을 준다는 사실을 깨닫게 되었다^{1,2)}.

가장 큰 수질오염원은 하루 1만톤 이상 배출되는 생활하수로 전체 하·폐수 배출량의 68%에 달한다. 가정하수와 도시하수는 다량의 미생물, 유기물, 무기물 등을 함유하고 있으며 특히 중성세제는 정수과정에서도 잘 제거되지 않기 때문에 수질 오염의 주요한 요인이 되고 있다. 또한 수질

오염원으로서 산업폐수와 농축산폐수 등이 있는데 산업폐수는 공장의 생산공정에서 냉각, 세정, 칩지, 화학처리 등으로 쓰고 버리는 물로서 그 수량과 수질은 업종과 작업공정에 따라 현저하게 다르다. 공장폐수는 주 오염물질이 화학물질과 무기물인 중금속류가 다량 함유되어 있고, 오염농도가 짙어 수질오염을 심각하게 일으키고 있다³⁾. 우리나라의 산업폐수 방류량은 '86년에 1,165천 m^3 /일에서 연평균 8.4%씩 증가하여 '95년에는 2,375천 m^3 /일로 약 2배 증가되었으며 전체폐수량의 31%를 차지하고 있다⁴⁾. 한편 농축산폐수는 전체폐수에 비하여 1%에 불과하지만 오염부하량이 아주 크다. 축산 폐기물이 직접 하천에 방류되거나 농경지에 과다하게 시용될 경우에는 축산폐수중 유기물질, 질소, 인 등이 맑은 하천과 지하수를 오염시켜 하천수질의 악화 및 호소의 부영양화를 초래하여 농업용수를 오염시킬 뿐만 아니라 쾌적한 생활환경을 해치는 요인이 되고 있다^{3,4,10,13,14)}. 최근 주요하천 및 저수지의 수질조사에 따르면 일부 하천

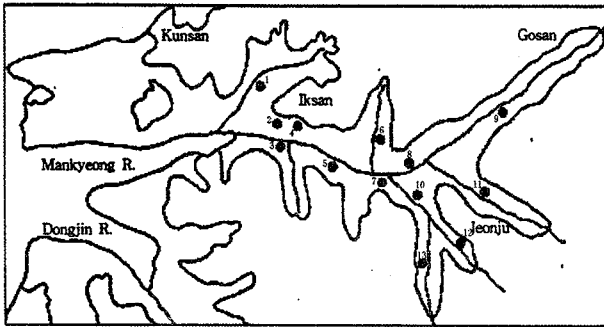


Fig 1. Location map of sampling sites along Mankyong River
 1. Tab stream (Mk-1) 2. Floodgate of Mokcheon (Mk-2)
 3. Floodgate of Youcheon (Mk-3)
 4. Controlgate of Mangkyeong (Mk-4)
 5. Chunpo bridge (Mk-5) 6. Iksan stream (Mk-6)
 7. Samnye bridge (Mk-7) 8. Hari bridge (Mk-8)
 9. Gosan stream (Mk-9) 10. Chucheon stream (Mk-10)
 11. Soyang stream (Mk-11) 12. Jeonju stream (Mk-12)
 13. Samcheon stream (Mk-13)

에서 질소농도가 10mg/l 이상인 경우가 많아져 작물의 생육에 악영향을 줄수있게되어 농업용수 수질관리에 대한 문제가 제기되었고 농업용 지하수의 오염도 지적되고 있다^{15,17)}.

만경강은 동진강과 더불어 호남평야를 이루는 강으로서 고산천, 전주천, 소양천, 삼천천, 추천, 익산천 그리고 탐천 등 7개 지천으로 형성되어 있으며, 유류연장 917km, 유역면적 160,100ha이다. 또한 만경강은 완주군 화산면을 기점으로 삼례읍, 김제시, 익산시, 그리고 전주시를 거치면서 생활하수, 공장폐수 및 농축산폐수 등으로 인하여 수질오염이 심화되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 만경강 수계 농업용수 수질 보전을 위한 기초자료를 얻기 위해서 만경강 수계에 영향을 미치는 주요 지천과 오수 유입지의 오염 성분을 조사 분석하였다.

재료 및 방법

조사시기 및 채수지점

조사시기는 '95년과 '97년도 4월에서 9월까지 매월 하순

에 시료를 채취하였으며, 채수지점은 그림 1과 같이 만경강 13개 지점을 선정하여 수면으로부터 약 15cm 밑에서 1l 용량의 폴리에틸렌 채수통에 시료를 채취한 후 얼음 상자에 넣어 운반하였다.

성분 분석 방법

pH는 Orion EA940 pH meter, EC는 YSI 132 conductivity meter, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ 등 양이온은 ICP(Varian Liberty 110)를 이용하여 분석하였으며, NH₄-N은 Indophenol, Cl⁻은 티오시안산 제 2수은법, SO₄²⁻는 BaCl₂ 비탁법, COD는 K₂Cr₂O₇ 산화법으로 측정하였다^{29,15)}.

결과 및 고찰

1995년 4월에서 9월까지 만경강에 유입된 오염성분의 함량을 보면 표 1과 같이 pH는 7.0~8.7의 범위였으며, NH₄-N은 4월에 13.5mg/l로 가장 높았다. SO₄²⁻와 Cl⁻의 농도는 4월에 각각 223.9mg/l, 270.2mg/l로 가장 높게 나타났으며 NO₃-N은 8월에 3.6mg/l로 가장 높았다.

표 2는 1997년 4월에서 9월까지 만경강의 오염성분을 조사한 결과이다. pH는 6.2~7.8의 범위로 '95년에 비해 낮아졌으며, NH₄-N의 농도도 변화폭이 크지 않았다. EC, Cl⁻, PO₄³⁻, COD 함량은 9월에 높게 나타났으며 SO₄²⁻함량은 4월에 높게 나타났다. 4월에 비하여 9월에 화학적 산소 요구량이 높은 것은 고온기에 물질 생산량이 많고 또한 시료 채취기에 가뭄으로 인한 수계의 유수량이 적었던 것으로 생각된다.

만경강 수질오염 농도를 '95년과 '97년을 비교해 보면 표 3과 같다. 모든 성분 분석치는 최소치와 최대치의 차이가 크게 나타났는데 특히 NH₄-N의 변화폭이 컸다. 수질은 '95년에 비하여 '97년에 전반적으로 개선되는 경향이었는데 만경강의수로 폭은 다른 강에 비하여 좁기 때문에 오염 부하량의 영향이 크다. 따라서 그 원인중 하나로 표 4에 나타낸 바와 같이 '95년에 비하여 '97년에 강수량이 많아 수질 오염의 영향이 적었던 것으로 생각된다.

일반적으로 수질 오염의 근원은 생활하수, 축산폐수, 공

Table 1. Monthly chemical changes of inorganic concentrations in the Mankyong River in 1995.

Month	pH	EC μs/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N	----- mg/l -----				
					Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	COD
Apr.	7.1~8.4	2090	13.5	2.4	270.2	223.9	3.5	105.7	13.8
May	7.0~8.7	780	14.2	3.0	132.0	140.1	0.9	29.7	16.0
June	7.2~8.4	646	3.1	2.6	103.8	150.5	2.3	38.2	19.2
July	7.5~8.1	379	2.8	2.5	46.1	68.5	1.9	30.3	14.2
Aug.	7.0~8.1	213	1.2	3.6	22.4	40.9	0.5	44.3	8.5
Sep.	7.2~7.9	712	7.4	3.1	92.9	123.8	3.2	29.0	12.6

Table 2. Monthly chemical changes of inorganic concentrations in the Mankyong River in 1997.

Month	pH	EC μs/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Cl ⁻	mg/l			COD
						SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	
Apr.	7.0~7.6	297	4.0	3.3	23.0	108.5	0.9	17.3	13.2
May	6.3~7.4	146	2.4	1.2	11.7	35.4	0.3	14.7	14.7
June	6.2~6.9	121	1.8	0.9	9.4	21.1	0.5	15.6	20.1
July	6.2~7.0	151	2.4	1.1	11.8	34.9	0.3	14.5	18.5
Aug.	7.1~7.6	250	2.5	2.4	20.6	89.4	0.7	16.4	20.0
Sep.	6.8~7.8	485	3.5	0.2	47.1	70.8	1.4	25.2	20.4

Table 3. Comparisons of yearly water quality in Mankyong River.

Year	EC μs/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Cl ⁻	mg/l			COD	
					SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺		
'95	Mean	803	7.0	2.9	94.6	124.6	2.1	46.2	14.1
	Min.	160	-	-	11.3	12.6	-	6.7	2.8
	Max.	2746	64.5	7.2	1511.3	601.5	8.7	401.0	45.6
'97	Mean	242	2.8	1.5	20.6	60.0	0.7	17.3	17.8
	Min.	60	-	1.0	2.4	10.2	-	9.3	2.4
	Max.	785	82.1	6.6	88.6	620.5	9.8	34.8	50.7

Table 4. Montly precipitation of sampling sites along the Mankyong River.

(unit : mm)

Region	Year	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.
Jeonju	'95	86.8	64.8	26.4	163.7	321.4	63.6
	'97	6.6	157.2	210.0	415.8	332.4	21
Iksan	'95	56.0	72.5	38.5	88.5	597.5	42.5
	'97	54.5	124.0	192.4	340.9	173.6	21.4
Kunsan	'95	66.3	63.8	36.5	99.4	547.4	45.8
	'97	2.7	137.7	191.0	308.9	132.1	28.5

장폐수 등의 점오염원과 도시와 농촌의 우수 방출수, 쓰레기 매립장의 침출수, 산림녹지의 유출수 등의 특별한 지역이 없는 비점오염원으로 크게 구분할 수 있다^{7,12)}.

표 5는 1995년도 조사지점별 오염성분을 나타낸 것이다. Mk-1(탑천)은 벼 농사를 위주한 지대로 이 지역에 대한 오염 부하는 영농활동과 농가 생활하수 유입에 주로 기인

되는데 NH₄-N와 SO₄²⁻의 농도가 6회 조사 기간중 기준치를 각각 2회, 3회를 초과하였다. 질소형태별로도 암모니아태 질소와 질산태 질소의 농도가 거의 같았는데 이 지역에서는 영농활동과 생활하수의 유입을 통하여 질소의 오염이 유발되어지고 있는 것으로 판단된다.

Mk-2(목천갑문)와 Mk-3(유천갑문)는 생활하수 및 산업

Table 5. Comparisons of water quality from thirteen sites along the Mankyong River in 1995.

Sites	pH	EC μs/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Cl ⁻	mg/l			COD	Na
						SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Ca		
Mk-1	7.2~8.4	304	2.9(2)	2.9	41.0	44.3(3)	0.7	17.4	3.2	21.0
Mk-2	6.9~8.0	1141(4)	9.3(4)	2.3	151.3(1)	162.4(6)	2.2	39.1	25.5	220.2(1)
Mk-3	7.2~7.8	1242(4)	9.6(5)	5.0	217.6(1)	289.0(6)	1.6	133.3	23.8	407.1(2)
Mk-4	7.8~8.3	904(3)	8.1(3)	2.5	89.2	177.0(6)	2.3	50.8	19.3	104.1
Mk-5	7.3~8.1	893(3)	8.2(4)	2.7	86.8	167.5(6)	2.1	53.3	15.0	102.8
Mk-6	7.6~8.1	776(2)	28.3(6)	3.1	59.7	117.8(4)	9.7	37.8	29.1	53.8
Mk-7	7.5~8.4	1131(5)	13.6(4)	2.7	100.2	228.9(6)	2.0	53.4	14.2	153.9
Mk-8	7.3~8.0	235	3.3	1.8	59.7	43.1(1)	9.7	24.1	2.5	12.8
Mk-9	7.5~7.9	145	0.1	2.9	9.7	23.6	-	17.4	3.2	6.7
Mk-10	7.3~8.1	553	10.8(5)	1.7	70.7	63.5(4)	1.5	37.9	14.2	40.2
Mk-11	7.3~8.2	289	1.6	2.9	22.2	24.8	0.6	27.6	4.4	13.9
Mk-12	7.0~7.4	509	11.2(4)	2.1	55.8	44.6(2)	3.1	31.1	17.6	33.8
Mk-13	7.2~7.8	465	9.5(4)	2.1	45.0	38.5(2)	1.7	29.8	14.8	30.7
Standard	6.0~8.5	1000	5	20	250	50	-	-	50	250

(): Times of exceed standard

폐수 유입지로서 하천의 오염도가 매우 심하다. 다른 조사 지역에 비하여 EC, Cl⁻, SO₄²⁻, Na 등이 높았으며 NH₄-N의 농도도 9.3~9.6mg/l으로 농작물 피해 한계농도를 초과하였다. 日高¹³⁾은 관개수중의 질소함량이 3mg/l 수준일때까지는 벼 농사에서 시비대책과 그 외의 재배기술 개량 등에 의하여 대응이 가능하지만 그 이상의 농도에서는 대책 마련이 곤란하며, 5mg/l 이상에서는 수량 감소를 피할 수 없다고 보고하였다. 이와 같은 결과로 볼때 이 지역의 하천수는 농업용수 사용으로 부적절하다고 판단된다.

Mk-4(만경계수문)와 Mk-5(춘포신교)는 만경강 본류와 합류되면서 오염농도가 다소 낮아졌으나 생활하수 및 산업폐수 유입의 영향으로 NH₄-N 및 SO₄²⁻의 농도가 높았다.

Mk-6(익산천)은 양돈오수 유입지로서 타지역에 비해 NH₄-N의 농도가 28.3mg/l로 월등히 높았으며 화학적 산소 요구량도 29.1mg/l로 가장 높았다. 질소 함량을 기준으로 볼 때 익산천은 다른 지역보다 오염도가 심각한데, 수

질의 변화 진행을 세밀히 관찰하여 보다 나은 수질을 보전할수 있도록 강력한 대책을 강구해 나가야 할 것으로 생각된다.

Mk-7(삼례교)은 생활하수와 영농활동에 의한 폐수가 유입되는 지역으로 EC, NH₄-N, SO₄ 이온등이 높았다. 또한 도시생활하수와 산업폐수가 유입된 Mk-10(삼천), Mk-12(전주천) 그리고 Mk-13(추천)에서도 EC, NH₄-N, SO₄ 이온등이 높았다.

Mk-9(고산천)와 Mk-10(소양천)은 다른 지역에 비해 오염도가 낮았지만 질소와 SO₄ 농도가 다소 높았다. 이러한 이유는 하천 상류에 위치한 소규모 음식점 및 위락시설에서 배출된 각종 하수에 의한 영향으로 생각된다.

표 6은 1997년도에 조사한 것으로서 그 경향은 1995년에 조사한 것과 비슷하였지만 수질 오염도는 다소 낮았다. 이는 강우량에 의한 희석 효과 및 환경보전에 대한 의식과 대책 등의 결과로 해석된다.

Table 6. Comparisons of water quality from thirteen sites along the Mankyong River in 1997

Sites	pH	EC μs/cm	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		PO ₄ ³⁻	Ca	COD	Na
						mg/l					
Mk-1	6.3~7.4	260	3.2(1)	1.3	25.6	28.4	0.5	11.2	12.2	12.6	
Mk-2	6.3~7.8	691	4.2(3)	2.8	80.9	180.8(6)	1.0	22.5	21.3	84.8	
Mk-3	6.2~7.5	429	1.8	3.4	45.5	231.0(3)	0.8	15.6	17.5	48.6	
Mk-4	6.4~8.1	816	2.6(1)	3.5	38.1	78.6(2)	1.2	24.6	22.8	44.7	
Mk-5	6.7~8.1	417	2.7(1)	3.5	37.4	81.5(2)	0.9	22.9	23.4	46.6	
Mk-6	6.7~8.1	401	15.8(4)	3.5	22.5	35.5(1)	4.4	15.4	44.5(2)	11.8	
Mk-7	6.9~8.1	437	2.4(1)	3.3	36.4	85.5(2)	0.8	23.4	21.4	46.4	
Mk-8	6.6~7.7	375	0.8	2.9	15.8	34.7(1)	0.1	22.1	9.1	8.4	
Mk-9	6.6~7.8	126	0.2	2.2	6.3	41.4(1)	-	15	4.4	5.6	
Mk-10	7.0~7.8	243	1.6	3.6	29.6	33.1(1)	0.3	20.9	11.1	12.9	
Mk-11	6.5~7.7	220	1.6	3.2	9.1	33.5	-	18.4	7.5	12.0	
Mk-12	6.8~8.0	269	3.7(2)	2.4	23.3	33.7(1)	0.7	19.5	15.9	23.3	
Mk-13	6.4~7.9	274	2.0	2.7	18.3	42.1(3)	0.1	22.7	20.5	12.6	
Standard	6.0~8.5	1000	5	20	250	50	-	-	50	250	

(): Times of exceed standard

Table 7. Ionic composition of sites along the Mankyong River

Sites	Anions (eq.)					Cations (eq.)					
	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Sum	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	Sum
Mk-1	0.15	0.94	1.20	0.02	2.31	0.22	0.72	0.30	0.73	0.19	2.16
Mk-2	0.18	3.27	3.58	0.05	7.08	0.48	1.55	0.96	6.63	0.41	10.03
Mk-3	0.30	3.71	5.42	0.04	9.47	0.41	3.63	0.79	9.91	0.49	15.23
Mk-4	0.22	1.79	2.67	0.06	4.74	0.39	1.89	0.39	3.24	0.31	6.22
Mk-5	0.22	1.75	2.60	0.05	4.62	0.39	1.91	0.37	3.25	0.25	6.17
Mk-6	0.24	1.16	1.60	0.23	3.23	1.58	1.38	0.45	1.93	0.52	5.86
Mk-7	0.22	1.93	3.28	0.05	5.48	0.57	1.92	0.37	4.36	0.55	7.77
Mk-8	0.17	1.07	0.81	0.16	2.21	0.15	1.16	0.32	0.47	0.11	2.21
Mk-9	0.19	0.23	0.68	-	1.10	0.01	0.81	0.17	0.27	0.06	1.32
Mk-10	0.19	1.41	1.01	0.03	2.64	0.44	0.48	0.36	1.16	0.20	2.64
Mk-11	0.22	0.45	0.61	0.01	1.29	0.11	1.15	0.24	0.56	0.08	2.14
Mk-12	0.16	1.12	0.82	0.06	2.16	.53	1.27	0.29	1.24	0.25	3.58
Mk-13	0.17	0.90	0.84	0.03	1.94	0.41	1.32	0.38	0.94	0.18	3.23

조사된 수계의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 양돈 오수 유입지인 Mk-6지점에서 15.8mg/l 로 가장 높았으나 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 지역간 차이가 크지 않았다. Cl-의 농도는 생활하수 유입지와 산업폐수 유입지인 Mk-2와 Mk-3에서 높았으며, PO_4^{3-} 함량은 양돈오수 유입지인 Mk-6지점에서 가장 높았다.

COD는 수중의 전 산화성 물질을 측정하는 것으로서¹⁵⁾ 지역별로 큰 차이를 보이고 있는데 양돈 오수가 유입되는 Mk-6지역에서 44.5mg/l 로 가장 높았으며 생활하수와 산업폐수 유입지에서도 $17.5\sim 23.4\text{mg/l}$ 의 범위를 나타내었다.

만경강의 오염도를 종합적으로 알아보기 위해 총 당량으로 나타낸 결과는 표 7과 같다. 음이온과 양이온 당량의 합이 가장 높은 곳은 생활하수와 산업폐수 유입지인 Mk-2와 Mk-3지역이었다. 음이온의 당량은 SO_4^{2-} , Cl-, NO_3^- , PO_4^{3-} 순으로 많았으며 양이온은 Na^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , Mg^{2+} , K^+ 순이었다.

이상의 결과를 볼때 만경강은 SO_4^{2-} , NH_4^+ 등이 높아 농업용수로 사용시 질소의 농도 수준을 고려한 시비 관리에 세심한 주의를 하여야 할 것으로 생각된다.

요 약

만경강 수계의 농업용수의 수질 변화를 조사 분석하기 위해 '95년과 '97년도 4월에서 9월까지 13개지점을 대상으로 평가하였다.

$\text{NH}_4\text{-N}$, SO_4^{2-} , Cl-의 농도는 4월에 가장 높았으며 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 8월에 높았다. COD 함량은 고온기인 9월에 높게 나타났다. 만경강 주요지천중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 와 SO_4^{2-} 이온이 농업용수 기준을 초과하였으며, 만경강 중류(Mk-8), 고산천(Mk-9) 그리고 소양천(Mk-11)을 제외하고는 만경강 주요 지천은 농업용수로서 부적당하였다. 만경강 하류(Mk-2와 Mk-3)와 전주천(Mk-12) 그리고 삼천천(Mk-13)은 도시 생활하수와 산업 폐수에 의해 오염도가 높았으며, 익산천(Mk-6)은 양돈 오수에 의해 오염도가 증가되었다. 만경강의 이온들의 당량합은 산업폐수와 생활하수가 다량 유입되는 만경강 하류인 유천 갑문(Mk-3)이 가장 높았으며, 음이온의 당량은 SO_4^{2-} , Cl-, NO_3^- , PO_4^{3-} 순으로 많았고 양이온은 Na^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , Mg^{2+} , K^+ 순이었다.

참 고 문 헌

- 김복영(1988). 수질오염과 농업, 한국환경농학회지 7(2) : 153~169.
- 농업기술연구소(1988). 토양화학 분석법 농촌진흥청 : pp 450.
- 백청오, 강상구, 이광식(1996). 우리나라 농업용수 수질오염 현황과 개선대책, 한국환경농학회지. 15(4) : 506~519.
- 이종식, 강종국, 김중구(1993). 섬진강 수계 농업용수의 수질 조사 연구, 한국환경농학회지. 12(1) : 19~25.
- 정영상, 양재의, 주영규, 이주영, 박용성, 최문현, 최승출(1997). 농업형태가 다른 한강 상하류 소유역의 하천수 및 농업용 지하수 수질, 한국환경농학회지. 16(2) : 199~205.
- 정용, 옥치상(1996). 인간과 환경, 환경보전의 이해, 189~221.
- 정종배, 김복진, 김정국(1997). 낙동강 수계 주요 농업지대 소유역의 수질오염, 한국환경농학회지, 16(2) : 187~192.
- 환경부(1996). 지하수 수질현황. 지하수 관리. 환경백서 : 217
- 환경처(1991). 수질오염 공정시험 방법.
- 한강완, 조재영, 김성호(1997). 금강 유역 농업지대의 토양 및 수질오염, 한국환경농학회지, 16(1) : 19~24.
- 日高伸(1993). 水の多重利用と灌溉水質 日土肥誌, 64(4) : 465~473.
- Charles M.C. and M.L. William(1992). Water quality and agriculture Mississippi experiences. J. of soil and water conservation, 47(3) : 220~223.
- John Cobourn and D. Sue(1996). Water quality education for owners of small ranches. J. of soil and water conservation, 51(1) : 41~45.
- Knox, E. and D.W. Moody(1991). Influence of hydrology, soil properties, and agricultural land use on nitrogen in ground water. In managing nitrogen for ground water quality and farm profitability. Soil Sci. Soc. Am. : 19~57.
- William Horwitz(1980). Methods of analysis of the association of official analytical chemists. A.O.A.C : 550~552.