

## 충남 고성천 유역의 하천 수질 평가를 이용한 유역단위 질소와 인 수지 분석

김민경\* · 노기안 · 박성진 · 최철만 · 고병구 · 윤순강<sup>1)</sup> · 이종식<sup>2)</sup>

국립농업과학원 기후변화생태과, <sup>1)</sup>국립농업과학원 기획조정과, <sup>2)</sup>농촌진흥청 첨단농업과  
(2009년 2월 11일 접수, 2009년 3월 18일 수리)

### Assessing Effects of Farming Activities on the Water Quality in a Small Agricultural Watershed

Min-Kyeong Kim\*, Kee-An Roh, Seong-Jin Park, Chul-Mann Choi, Byong-Gu Ko, Sun-Gang Yun<sup>1)</sup>, and Jong-Sik Lee<sup>2)</sup> (Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea, <sup>1)</sup>Planning & Cordination Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea, <sup>2)</sup>High-Tech Agriculture Division, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea)

**ABSTRACT:** This study was conducted to assess the impact of agricultural land use on the water quality in mountain village farmlands. Two soil types, paddy and upland soil were analysed for their chemical properties. Although, pH and organic matter contents were not significantly different to each other, concentrations of available P and exchangeable K and Ca were much higher in upland soil compared with those in paddy soil. The results of water quality analysis indicated that, in Goseong-cheon watershed, the nutrients contents were much higher in downstream area than in upstream area. Particularly, the elevation of COD<sub>Mn</sub> and T-P were significant during rainy season. When paddy fields coexist with upland fields, SS, T-N, and T-P concentrations in paddy fields were lower than those of upland fields. This may indicate that paddy fields possess a water-purifying ability by absorbing nutrients. This effect may reduce excessive nutrients discharged into the neighboring streams which may cause eutrophication problem. The difference between inflow and outflow of nitrogen and phosphorus during the cultivation period were measured as -98.9 kg ha<sup>-1</sup> and -29.7 kg ha<sup>-1</sup>, which means that nutrient outflow was higher than inflow. This may suggest that much nutrient was discharged during the crop harvest period.

**Key Words:** Water quality, Assessment, Nutrient balance, Farming activities, Agricultural watershed

### 서 론

농업활동이 수질에 미치는 영향은 농업에서 발생하는 오염원이 주로 강우로 인해 지표 유출수를 통하여 유출되어 직접 수계로 유입되거나 시비, 물관리, 토양관리 등의 재배형태에 따라 주변 하천에 유입되어 부영양화 등을 일으키는 비점 오염원으로 작용할 수 있다<sup>1,2,3)</sup>.

농업지대 소유역에서 발생하는 비점오염에 대한 연구는 미국에서 1972년 정수법이 통과되면서 본격적으로 시작되었고, 일본에서는 호수 부영양화의 원인을 조사하면서 비점오염원에 대한 연구가 시작되었다. 우리나라에서는 1980년대 초반부터 비점오염 부하량을 산정하기 시작하였고, 현재 환

경부에서는 기존의 여러 조사연구 결과를 종합하여 토지이용에 따른 오염물질 배출 부하량을 원단위법을 이용하여 산정하고 있다<sup>4)</sup>.

그러나, 이는 모두 단일강우나 2~3회의 실측 자료를 이용하기 때문에 각 토지이용에 따른 비점오염 유출 특성을 충분히 반영하지 못하였다. 또한, 강우량의 변화가 큰 우리나라의 경우 강우 특성에 따라 특정 기간동안 과도하게 오염 부하량이 산정될 수 있으므로 이에 대한 개선이 요구되어 왔다<sup>4)</sup>. 특히, 수질오염총량관리제 확대 시행에 따라 농업부문에 대한 비점오염원의 배출 부하량은 환경부의 자료를 대부분 참고하고 있다. 그러나, 이러한 자료는 작물의 생육시기, 시비시기 등의 영농특성과 강우 등으로 인한 배출 부하특성을 고려하지 않고 개괄적으로 산정한 자료이기 때문에 합리적이고 세부적인 배출부하 특성에 대한 정량화가 요구되고 있다.

유역은 토양과 물이 상호작용을 일으키는 지역으로서 토

\*연락처:

Tel: +82-31-290-0223 Fax: +82-31-290-0208

E-mail: mkkim@rda.go.kr

지이용형태가 수질변화에 미치는 영향을 측정하는 기본적인 지형의 단위로<sup>5)</sup>, 농업용수의 수질 변화에 관해서는 유역을 중심으로 한 관리의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 따라서 건전한 농업용수의 관리를 위해서는 농업과 도시발달 등이 수질변화 및 작물생육에 미치는 영향을 측정할 수 있는 유역단위의 농업용수 관리가 필수적이며, 특히 농촌지역의 수질보전을 위해서는 유역단위에서 농촌만이 지니는 자연정화기능을 극대화하는 등 종합적인 환경관리 차원의 수질보전 대책을 세우는 것이 더욱 중요하다<sup>6)</sup>.

따라서, 본 연구는 다른 산업활동이 없는 산촌형 조건불리 지역의 농업 소유역인 충남 고성천 유역에서 영농기간 동안 하천의 수질환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 영농형태별로 농도부하 및 물질수지 방법을 이용하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사유역의 개요

조사유역은 농업외 다른 산업활동이 없는 전형적인 농업 유역으로 충청남도 공주시 정안면 정안천 유역의 지류인 고성천 유역을 선정하였다. 고성천 유역은 유역 상부에 안숙골천이 흐르고 유역 하부에는 고성저수지가 위치해 있으며 유역면적은 514 ha 이었다.

조사유역의 수문 및 수질 모니터링 지점은 Fig. 1과 같다. 고성천 유역의 수질 조사지점은 토지이용형태를 고려하여 5 지점을 선정하였다. 또한, 고성천 유역에서는 유역단위 물질수지 평가를 위하여 유역 말단부에서 유량(Starflow, Unidata Inc.)과 자동기상장비시스템은 CR10X 자료집록기(Campbell Scientific Inc.)를 이용하여 온습도(HMP45C, Campbell Scientific Inc.), 지온(107, Campbell Scientific Inc.), 일사

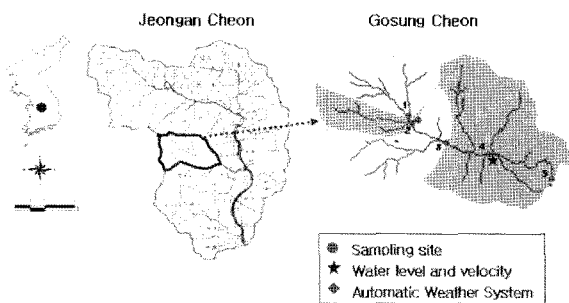


Fig. 1. Location of the sampling sites and measurement points at the experimental area in the study watershed. (Left; Jeongan Cheon, Right; Goseong Cheon).

량(LI200X, Li-COR Biosciences), 강우량(TE525, Campbell Scientific Inc.) 등의 기상요소들을 1분 간격으로 측정하고, 1시간 및 1일 간격으로 기록하였다.

고성천 유역의 토지이용형태와 인구 및 가축사육현황은 Table 1과 같다. 조사유역의 토지이용형태는 국립지리원 1:25,000 지형도 및 토지이용도를 바탕으로 현장 방문을 통해 조사하였는데 논 11.8%, 밭 4.5% 및 산림 73.3% 으로 전형적인 산촌형 조건불리 농업지역이다. 또한, 유역내 오염원인을 분석하기 위해 조사유역별 인구 및 가축사육현황을 통계자료와 현장 방문을 통해 조사하였다. 고성천 유역은 총 인구는 186명이었으며, 농가 비율은 83.7%이었고, 가축사육두수는 소 19두, 돼지 4,827두, 닭 166수 등 이었다.

#### 시료채취 및 분석방법

수질시료채취는 각 조사지점을 대상으로 2005년 5월부터 2007년 10월까지 영농기를 중심으로 실시하였다. 평상시 수질 모니터링은 월 2회 실시하였으며, 강우시 수질 모니터링은 선행강우와 대상강우 사이의 기간이 3일 이상인 강우사상에 대하여 실시하였다<sup>7)</sup>. 또한, 영농형태별 수질 평가를 위해서는 강우가 진행되고 조사대상 논과 밭으로부터 유출이 일어나는 시간대에 시료를 채취하였다.

시료분석은 Standard Methods<sup>8)</sup>와 수질오염공정시험기준<sup>9)</sup>에 제시된 분석법에 따라 pH와 EC 등의 기초항목과 COD<sub>Mn</sub>, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, T-N, T-P, SS 등의 항목을 분석하였다.

토양시료채취는 고성천 유역내 논, 밭, 산림으로 토지이용형태를 구분하여 2005년부터 2007년까지 영농전인 4월에 채취하였다. 토양분석은 농촌진흥청 표준분석법<sup>10)</sup>에 준하여 pH, EC, 유기물, 유효인산, 총질소, 치환성 양이온 등을 분석하였다. 식물체 분석은 고성천 유역내 작물별로 수확 후 채취하여 농촌진흥청 표준분석법<sup>10)</sup>에 준하여 40 mesh로 분쇄한 후 총질소는 습식 분해하여 Kjeldahl 법으로 분석하였고 총인 함량은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 식물체를 완전 분해한 후 ammonium paramolybdate-vanadate 발색법으로 분석하였다.

#### 물질수지기법을 이용한 농업 유역단위 평가

농업유역에서 물질의 유입과 유출은 물의 흐름에 크게 영향을 받는데, 유역에서의 물수지는 아래의 식에 의하여 구하였다.

$$\Delta W = R + I - D - P$$

Table 1. Land use and status of population and livestock of the study watershed

	Land use(ha)				Population (persons)	Livestock(head)			
	Paddy	Upland	Forest	Other		Cattle	Pig	Poultry	Other
Goseong	60.7 (11.8%)	23.0 (4.5%)	376.8 (73.3%)	53.5 (10.4%)	186	19	4827	166	21

여기서,  $W$ 는 저류량 변화,  $R$ 은 강수량,  $I$ 는 관개량,  $D$ 는 지표유출량,  $P$ 는 침투수량이다.

물수지에서 유입량은 강우와 관개량이고, 유출량은 지표 유출량과 침투수량이다. 또한, 물질수지는 농업유역내 물질의 투입(投入)량과 산출(産出)량으로 구분할 수 있으며, 질소와 인의 경우 투입되는 경로는 강우, 관개수, 시비에 의한 부분이 대부분을 차지하고 산출되는 부분은 크게 유역으로 빠져 나가는 유역 말단부의 배출수, 인구 및 축산에 의한 부하량, 작물 흡수에 의한 수확된 바이오매스 등으로 구분할 수 있다. 휘산 및 탈질에 의해 산출되는 부분은 정확한 측정자료가 미비하고 전체에서 차지하는 부분이 크지 않을 것으로 판단하여 본 연구에서는 제외하였다.

따라서, 농업 유역단위의 물질수지에서 투입량은 강우와 관개수에 의한 부하량과 시비에 의한 투입량으로 산정하였고, 산출량은 유역내에서 지표유출에 의한 배출수 및 인구와 축산에 의해 배출되는 부하량과 수확물에 의한 산출량으로 산정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 농업 소유역의 토양 및 수질 모니터링

고성천 유역에서 토지이용형태별 토양의 화학적 특성은 Table 2와 같다. 논토양과 밭토양의 pH와 유기물의 함량은 비슷하였으나, 밭토양은 논토양에 비해 유효인산과 치환성 칼리와 칼슘의 함량이 월등히 높았다. 그러나, 이들 함량은 우리나라 논토양과 밭토양의 적정함량에 비해<sup>11,12)</sup> 다소 낮은 것으로 집약적인 영농형태는 이루어지지 않은 것으로 생각된다. 또한, 농경지 토양에 비해 산림토양은 유기물의 함량이

낮았으나, 유효인산과 치환성 마그네슘의 함량은 높았다.

평상시 고성천 유역의 조사지점별 수질 평균 농도는 Table 3과 같다. 고성천의 수질은 산림과 밭이 주로 분포되어 있는 지점 1에 비해 하부로 내려갈수록 유량이 증가함에 도 불구하고 양분물질의 농도가 높았으며 그 농도의 변화폭도 컸다. 따라서, 다른 산업활동이 없는 고성천 유역의 양분 물질 부하는 주로 영농활동과 농가 생활하수 유입에 기인한다고 생각된다. 지점 5는 고성저수지의 수질을 나타내는 것으로 Forsberg와 Ryding<sup>13)</sup>의 영양단계 분류에 따르면, T-N과 T-P 농도가 각각 0.6과 0.025 mg L<sup>-1</sup>를 부영양호로 규정하고 있는데 이 기준에 의하면 고성저수지는 부영양호 수준을 초과한 것으로 생각된다.

강우시 고성천 유역의 조사지점별 수질 평균 농도는 Table 4와 같다. 고성천의 수질은 하부로 내려갈수록 양분물질의 농도가 높았으며, 특히 COD<sub>Mn</sub>의 농도는 평상시에 비해 훨씬 높았는데 이는 농경지에 축적되었던 양분물질이 강우에 의해 토양이나 하상 퇴적물의 유출과 함께 유입되었기 때문이라는 Yun 등<sup>14)</sup>의 연구결과와 일치하였다.

지점 5인 고성저수지의 강우시 수질은 다른 양분물질에 비해 T-N과 T-P의 농도가 높았는데, 이는 질소함량이 높은 시료에서 대체로 총인 함량이 높은 시료가 많았다는 다른 연구결과와 일치하였으며<sup>15-17)</sup>, Lee 등<sup>18)</sup>이 강우시 유입수량 증가에 따라 비점오염원이 일시에 저수지로 유입되었기 때문이라는 연구결과와 일치하였다.

#### 농업 소유역에서 토지이용형태별 수질 평가

우리나라의 농업 유역은 토지이용형태상 상부는 산이 위치해 있고 그 아래 부분에는 밭이 존재하며 하천으로 유입되

Table 2. Selected properties of soils with different land-use in the studied watershed

	No. of sample	pH (1:5)	O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. Cation(cmolc kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
Paddy	102	5.6 (5.2~6.1)	19 (5~21)	120 (39~389)	0.16 (0.07~0.27)	2.1 (1.5~3.9)	0.6 (0.4~0.8)
Upland	150	5.4 (4.5~7.2)	18 (3~19)	398 (69~1,127)	0.87 (0.20~0.66)	4.5 (0.5~4.6)	0.6 (0.1~1.3)
Forest	30	5.0 (4.8~5.2)	11 (15~19)	541 (4~955)	0.36 (0.17~0.26)	3.6 (0.3~1.6)	0.2 (0.1~0.4)

Table 3. Mean concentrations of selected pollutants at the sampling points during dry season

Sites	No. of sample	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	mg L <sup>-1</sup>		
					T-N	PO <sub>4</sub> -P	T-P
Stream 1	36	1.31±0.90	0.03±0.04	1.35±0.87	2.64±1.38	0.00±0.01	0.01±0.16
Stream 2	36	1.54±0.69	0.05±0.06	2.51±0.76	3.77±1.42	0.00±0.03	0.05±0.51
Stream 3	36	1.85±1.13	0.06±0.08	2.64±0.83	4.17±0.84	0.02±0.18	0.02±0.39
Stream 4	36	2.18±1.22	0.07±0.09	3.18±0.72	4.45±0.80	0.03±0.03	0.08±0.89
Stream 5	36	8.22±4.29	0.33±0.68	1.82±0.84	4.28±1.49	0.02±0.04	0.07±0.53

Table 4. Mean concentrations of selected pollutants at the sampling points during rainy season

Sites	No. of sample	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	mg L <sup>-1</sup>		
					T-N	PO <sub>4</sub> -P	T-P
Stream 1	45	2.69±1.12	0.07±0.07	1.55±0.64	2.53±0.57	0.00±0.00	0.07±0.02
Stream 2	45	3.23±0.08	0.10±0.13	2.66±0.90	3.84±0.96	0.01±0.00	0.19±0.06
Stream 3	45	3.15±1.83	0.10±0.06	2.94±0.64	4.21±0.70	0.02±0.02	0.22±0.04
Stream 4	45	4.55±3.38	0.34±0.39	2.82±0.54	4.20±0.96	0.05±0.03	0.30±0.06
Stream 5	45	5.76±1.42	0.29±0.15	1.80±0.48	4.36±0.92	0.02±0.03	0.23±0.08

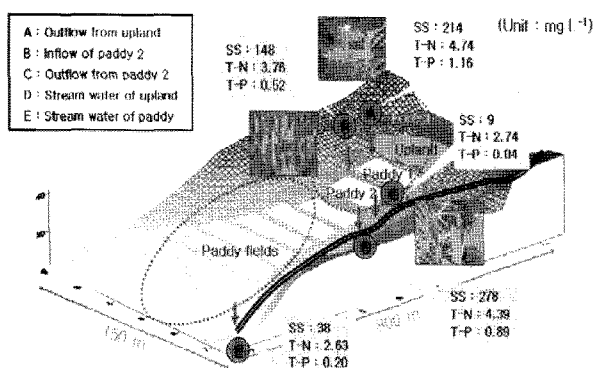


Fig. 2. Pollutants concentrations of water in a small areas with paddy, upland, and forest land-use.

기 전에 논이 위치해 있다. 본 연구에서도 밭이 많이 분포되어 있는 지점과 논을 거쳐 하천에 유입되기 전의 지점에서 수질을 조사하여 토지이용형태별로 SS와 양분물질의 배출 특성을 평가해 보고자 하였다.

고성천 유역내 지류에서 2005년과 2007년에 강우시 SS 및 T-N과 T-P의 농도 부하 특성을 평가한 결과는 Fig. 2와 같다. 밭으로부터 배출되는 유거수 중 T-N과 T-P의 농도는 각각 4.74와 1.16 mg L<sup>-1</sup>였으나, 논을 거치면서 배출되는 유거수 중 T-N과 T-P의 농도는 각각 2.74와 0.04 mg L<sup>-1</sup>로 현저히 낮아졌다. 특히, 하천으로 유입되는 논 유거수 중 SS의 농도는 9 mg L<sup>-1</sup>로 밭의 유거수에 비해 월등히 낮아졌다. 이는 논은 다른 토지이용형태에 비해 양분물질을 흡수하는 특성을 가지고 있어 양분물질의 지표배출 감소 효과 및 유입된 양분물질의 저류 능력을 지니고 있어 수질정화 효과가 있다는 다른 연구자의 연구결과와 일치하였다<sup>1,19,20</sup>.

또한, 밭이 많이 분포되어 상부의 하천수 중 SS 및 T-N과 T-P 농도는 각각 278, 4.39, 0.89 mg L<sup>-1</sup>이었으나, 논을 거치면서 하천수 중 SS 및 T-N과 T-P 농도는 각각 38, 2.63, 0.20 mg L<sup>-1</sup>으로 현저히 낮아졌다. 이는 우리나라 밭토양이 경사지에 전 면적의 70%가 분포되어 있기 때문에 토양유실에 의한 부하량이 컸기 때문이며, 강우시 논으로부터의 저농도의 유거수가 배출되어 하천수 중 양분물질의 농도가 희석되었기 때문으로 생각된다. 그러나, 이는 지형특성, 강우특성,

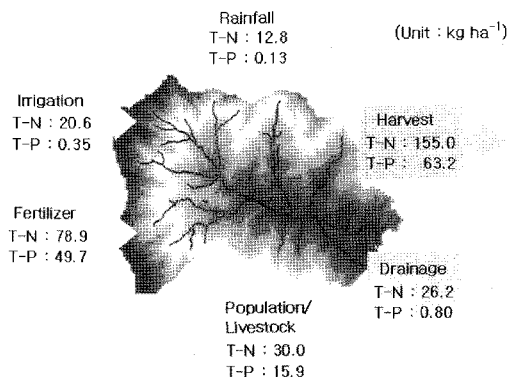


Fig. 3. Nitrogen and phosphorus balance of agricultural watershed in Gosung Cheon.

물관리 및 영농관리 등에 따라 결과가 달라질 수 있다고 보고되고 있다<sup>21,22</sup>.

### 질소와 인수지 기법을 이용한 농업 유역단위 평가

유역에 직접 유입되고 유출되는 부하량을 비교 및 평가하면 유역단위의 평가를 할 수 있을 것으로 생각되어 고성천 유역에서 2005년부터 2007년까지 영농기를 중심으로 유역단위 질소와 인 수지를 비교-평가한 결과는 Fig. 3과 같다.

강우, 관개수, 시비에 의한 질소 투입량은 각각 12.8, 20.6, 78.9 N kg ha<sup>-1</sup>이었고 배출수, 인구/축산, 수확에 의한 질소 산출량은 각각 26.2, 30.0, 155.0 N kg ha<sup>-1</sup>이었다. 또한, 관개수, 시비에 의한 인 투입량은 각각 0.13, 0.35, 49.7 P kg ha<sup>-1</sup>이었고 배출수, 인구/축산, 수확에 의한 인 산출량은 각각 0.80, 15.9, 63.2 P kg ha<sup>-1</sup>이었다. 그러므로, 전형적인 농업유역인 고성천 유역에서 영농기간 동안 질소와 인의 투입량-산출량은 -98.9와 -29.7 kg ha<sup>-1</sup>로 산출되는 양이 많았다. 일반적으로 유역내 영양물질의 투입 및 산출은 지역특성, 강우조건, 시비특성, 토양 및 영농관리 등에 따라 상이하니<sup>23</sup>, 본 연구결과에서 투입 부하량에 비해 산출 부하량이 많은 것은 고성천 유역이 전형적인 농업지역으로 영농활동으로 인한 투입량에 비해 수확물로의 산출량이 많았기 때문으로 생각된다.

따라서, 산촌형 농업 소유역의 수질보전을 위해서는 농업

이 가지는 자연정화 기능을 최대한 살리면서 농촌지역의 생활하수나 축산폐수 등의 점오염원 관리를 소홀히 하지 않아야 한다고 생각된다.

## 요 약

본 연구는 산촌형 조건불리 지역의 농업 소수계에서 영농활동이 주변 수질환경에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 고성천 유역에서 토지이용형태별 토양의 화학적 특성을 비교한 결과, 논토양과 밭토양의 pH와 유기물의 함량은 비슷하였으나, 밭토양은 논토양에 비해 유효인산과 치환성 칼리와 칼슘의 함량이 월등히 높았다. 또한, 고성천의 수질 모니터링 결과, 하부로 내려갈수록 영양물질의 농도는 높았으며, 특히 전 조사지점에서 평상시에 비해 강우시에 COD<sub>Mn</sub>과 T-P의 농도가 높았다. 유역내 논과 밭이 혼재되어 있는 지류에서 토지이용형태별 SS 및 T-N과 T-P의 농도 부하 특성을 평가한 결과, 논은 다른 토지이용형태에 비해 영양물질을 흡수하는 특성을 가지고 있어 영양물질의 지표배출 감소 효과 및 유입된 영양물질의 저류 능력을 지니고 있어 수질정화 효과가 있었다. 산촌형 조건불리 지역인 고성천 유역에서 영농기간 동안 질소와 인의 유입량-유출량은 -98.9와 -29.7 kg ha<sup>-1</sup>로 유출되는 양이 많았는데, 이는 고성천 유역이 전형적인 농업지역으로 영농활동으로 인한 투입량이 적은 반면에 수확물로의 배출량이 많았기 때문으로 생각된다.

## 참고문헌

- Choi, C. H., Han, K. W., Cho, J. Y., Chun, J. C. and Son, J. G. (2000) Runoff loading of nutrients from a paddy fields during non-cropping season. *J. of Korean Soc. Agric. Eng* 42, 63-70.
- Ichiki, A and Yamada, K. (1999) Study on characteristics of pollutant runoff into lake Biwa Japan. *Water Sci. Technol* 39, 17-25.
- Pegram, G. C., Quibell, G. and Hinsch, M. (1999) The nonpoint source impacts of peri-urban settlements in South Africa; implications for their management. *Water Sci. Technol* 39, 283-290.
- Shin, D. S. (2007) Basic monitoring concept for revised unit-load on NPS. *J. of KSWQ* 23, 429-433.
- Monkhouse, F. J. (1972) A dictionary of geography. Edward arnold publishers Ltd. London. p. 370-371.
- Ko, J. Y. (2006) Assessment of water quality and management of Seonakdong river watershed using RS and GIS. Ph.D. Thesis. Yeongnam University. Gyeongsan, Korea.
- U.S. EPA, NPDES. (1993) Storm Water Sampling Guidance Manual. Office of Water. p. 15-33.
- American Public Health Association (1998) Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater, 20th edition. Washington D.C., USA.
- Ministry of Environment (2008) Standard methods of water sampling and analysis. Ministry of Environment, Incheon, Korea.
- Rural Development Administration (2000) Method of soil and plant analysis. Published by National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon, Korea.
- National Institute of Agricultural Science Technology (2001) Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. Published by National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon, Korea.
- National Institute of Agricultural Science Technology (2003) Annual report of the monitoring project on agro-environmental quality. Published by National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon, Korea.
- Forsberg, C. and Ryding, S. O. (1980) Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 swedish waste receiving lake. *Arch Fur Hydrobiol* 89, 189-207.
- Yun, S. G., Lee, J. S., Jung, G. B., Kim, M. K., Kim, S. J., Koh, M. H. and Eom, K. C. (2002) Evaluation of water quality characteristics on tributaries of Mankyeong river watershed. *Kor. J. of Environ. Agric* 21, 237-242.
- Moon, Y. H., Park, J. M., Son, J. G. and Kim, K. H. (2001) Change in water quality on upper stream of Mankyeong river, *Kor. J. Environ. Agric* 20, 252-257.
- Lee, K. B., Lee, D. B., Lee, S. B. and Kim, J. D. 1999. Change in agricultural irrigation water quality in Mankyeong river. *Kor. J. Environ. Agric* 18, 6-10.
- Kim, B. Y. (1988) Water pollution in relation to agriculture. *Kor. J. Environ. Agric* 20, 252-257.
- Lee, S. H., Choi, J. S., Lee, K. Y., Jang, Y. S., Lim, I. S., Heo, W. M., Kim, J. K. and Kim, B. C. (2005) A study of water quality and fish community in lake Doam. *J. of Environ. research* 2, 43-60.
- Kim, M. K., Roh, K. A., Lee, N. J., Seo, M. C. and Koh, M. H. (2005) Nutrient load balance in large-scale paddy fields during rice cultivation.

- 
- Korean J. of Soil Sci. Fert* 38, 164-171.
20. Kim, J. S., Oh, S. Y., Kim, K. S. and Kwon, S. K. (2001) Characteristics of pollutants concentration at paddy field areas during irrigation periods. *J. of Korean Soc. Agric. Eng* 43, 163-173.
21. Jeon, J. H., Yoon, C. G., Hwang, H. S. and Yoon, K. S. (2003) Water quality model development for loading estimates from paddy field. *Korean J. Limnol* 36, 344-355.
22. Yoon, K. S., Han, K. H., Cho, J. Y., Choi, C. H., Son, J. G. and Choi, J. K. (2002) Water and nutrient balance of paddy field irrigated from a pumping station during cropping period. *J. of KSRP* 8, 3-14.
23. Kim, B. Y. and Cho, J. K. (1995) Nutrient effluence by the outflowing water from the paddy field during rice growing season. *Korean Comm. Irrig. Drain* 2, 150-156.
-