

## 수질성분 분포도를 이용한 서낙동강 수계 농업용수 수질평가

고지연\* · 이재생 · 김춘송 · 정기열 · 최영대 · 윤을수 · 박성태 · 강항원<sup>1)</sup> · 김복진<sup>2)</sup>

작물과학원 영남농업연구소 식물환경과, <sup>1)</sup>농촌진흥청 평가조정담당관실, <sup>2)</sup>영남대학교 자연자원대학  
(2006년 3월 28일 접수, 2006년 4월 18일 수리)

### Estimation of Agricultural Water Quality Using Classification Maps of Water Chemical components in Seonakdong River Watershed

Jeeyeon Ko\*, Jaesang Lee, Choonsong Kim, Kiyeol Jeong, Choiyoung Dae, Eulsoo Yun, Seongtae Park, Hwangwon Kang<sup>1)</sup>, and Bokjin Kim<sup>2)</sup> (National Institute of Crop Science, Yeongnam Agricultural Research Institute, Milyang, 627-803, <sup>1)</sup>Officer of director for evaluation and coordination, RDA, Suwon, <sup>2)</sup>School of Biological Resource, Yeungnam University, Gyongsan, 712-749)

**ABSTRACT:** To understand the status of water quality and work out a suitable countermeasures in Seonakdong watershed which has poor agro- environmental condition because of severe point and non-point source pollution by popularized city and near sea, we investigated the pollution sources and water quality from '03 and '05 and the results were mapped with GIS and RS for end-users's convenient comprehense and conjunction of water quality and geological data. The most degraded tributary was Hoge stream which was affected directly by highly popularized Gimhae city, the main pollution source of the watershed. The pollution of tributaries in watershed increased the T-N of main body that reached over 4 mg/L during dry season. Pyeonggang stream and the lower part of main water way were suffered from high salt contents induced near sea and the EC value of those area were increased to 2.25 dS/m. The delivered loads of T-N and T-P were largest in Joman river as 56% and 61% of total delivered loads from tributaries because of lots of stream flow. When Management mandate for irrigation water in Seonakdong river watershed was mapped for estimating integrated water quality as the basis of classification of EC and T-N contents in water, Hoge and Shineo catchments were showed the requiring countermeasures zone against nutrients hazard and Pyeonggang catchment was the vulnerable zone against nutrients and salts hazard. As the results, Seonakdong watershed had very various status of water quality by characteristics of catchments and countermeasures for improving water quality and crop productivity safely should changed depend on that.

**Key Words:** Seonakdong watershed, water quality, classification map, T-N, EC

### 서 론

우리나라 전체 수자원의 50%이상 이용되고 있는 농업용수는 1970년대 이후 지속되어온 산업화가 야기한 환경문제로 인하여 양적인 문제 뿐 아니라 질적인 문제에서도 심각하게 위협받고 있다. 농업용수 수질은 농업생산성의 안정성 확보와 안전한 농산물의 생산에 매우 중요한 요소이므로 꾸준한 모니터링을 통하여 현황을 파악하고 그에 따른 관리 및 대책수립이 필요하다. 따라서 우리나라에서는 주요 하천의 농업용수 수질현황<sup>1-4)</sup>, 환경취약지의 농업용수 수질현황<sup>5)</sup>, 하

천별 오염부하량 평가<sup>6-8)</sup> 등 다양한 분야의 농업용수 수질관련 연구가 수행되고 있으며 농업과학기술원에서는 1999년부터 전국의 농업지대내 소수계를 대상으로 지표수 및 저수지 500지점과 지하수 500지점에 대하여 격년으로 수질 정점조사를 수행 중이다<sup>9)</sup>.

낙동강의 최하류에 위치한 서낙동강 수계는 행정구역상 부산시 강서구와 김해시 및 김해시 대동면, 장유면, 주촌면으로 이뤄져 있고, 길이 18 km, 약 20여개의 지류로 이뤄진 김해평야의 농업용수 공급원 역할을 하는 중요한 하천이다. 그러나 상류의 대저 취수문과 하류의 녹산 배수갑문에 의해 수위가 조절되는 정체형 하천으로 유속이 느려 하천전체가 하천과 호소가 만나는 전이대 지역(Transitional zone)과 같은 특징을 지니고 있어 하천하저에 퇴적물의 증가가 크고 지류

\*연락처:

Tel: +82-55-350-1267 Fax: +82-55-353-3050  
E-mail: kjeeyeon@rda.go.kr

로부터의 오염물질부하에 따른 영향을 많이 받으므로 하천수질이 악화되기 쉽다. 뿐만 아니라 녹산 배수갑문에 의해 바다와 차단되어 있기는 하지만 바다에 따른 영향으로 다른 수계에 비해 염농도가 높고, 유역내 농자재의 투입이 많은 영농형태인 시설재배지가 집중되어 있는 등 여러 가지 입지적 조건이 농업 수질환경에 매우 취약한 수계이다.

이러한 서낙동강 유역의 농산물 안전생산 및 건전한 농업환경의 유지를 위해서는 수계 내 오염원 및 수질현황을 정확히 파악하고 이에 따른 대책수립이 필수적이다. 따라서 2003년과 2005년에 서낙동강 수계의 지류 및 본류의 수질현황 및 오염부하량을 평가하였고, 조사결과는 수질정보의 가시성(Visualization)을 높여 표현력을 증진하고<sup>10)</sup>, 수질현황의 원인파악 및 이해를 증진시키고자 수질정보와 지리정보가 결합된 수질성분 분포도로 작성하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사 및 분석과정

서낙동강 유역의 수질특성을 평가하기 위하여 2003년 서낙동강 수계 주요 오염원 현황, 하천수 수질 및 수량을 조사하였고, 또한 동계 시설재배지에서 사용되는 농업용수 수질을 파악하고자 2005년 시설재배지가 밀집된 김해 대동면 및 부산 평강천 일대에서 수질을 조사하였다.

서낙동강 수계의 인구수, 가축수, 산업체수 등 주요 점오염원 현황은 2003년 김해시 및 부산 강서구 통계연보<sup>11,12)</sup>와 각 구청 담당자의 협조를 얻어 구하였다. 수질조사 시료 채취지점의 위치는 fig. 1과 같이 본류 14지점, 지류 43지점으로 총 58지점에서 이뤄졌으며, 각 채취지점은 GPS로 좌표를 구하여 지도에 삽입하였다. 서낙동강 본류의 수질시료는 상류의 대동수문과 하류의 대저수문 앞 및 주요 지류

들의 합류 이후 강폭의 중앙에서 채취하였으며 지류시료는 주요 지류별로 상류, 중류, 하류로 나누어 채취하였으나 지류의 크기에 따라 상류 및 하류, 혹은 하류만 조사하기도 하였다. 채취시기는 풍수기와 갈수기, 보통기로 나누어 풍수기는 7월 강우로 강물이 불어난 시기, 보통기는 5월, 갈수기는 강우량이 적었던 10월에 조사하였다. 시설재배지 사용 농업용수는 동계 시설작물 재배기간 중인 2월에 채취하였다.

수질분석 방법은 환경부 수질오염 공정시험법과 APHA의 Standard method에 준하였다. 수온 및 pH, EC는 YSI multi probe system을 이용하여 채수지점에서 바로 측정하였고, T-N과 T-P는 분해 후 흡광광도법으로, COD는 중크롬산 칼륨에 의한 화학적 산소요구량을 구하였고, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 등의 음이온은 Ion Chromatography(Dionex 500, Detector: conductivity, Column : AS4A)를 이용하였다. Ca, Mg, Na, K의 다량 양이온과 Fe, Cu, Pb, Zn, Cr 등의 중금속은 ICP(Perkin elmer optima 3300 DV)로 분석하였고, 다량 양이온의 분석결과로는 Na 이온의 상대적 우점 정도를 알 수 있는 SAR(Sodium Adsorption Ratio)을 계산하였다.

또한 수질시료 채취시 Flow meter(Nivus PCM 3)를 이용하여 유속 및 강폭을 실측하고 유량을 계산하여 각각의 지류들이 서낙동강에 미치는 유달 오염부하량을 평가할 수 있도록 하였다.

#### 분포도 작성방법

서낙동강 유역의 수질성분 분포도를 작성하기 위한 기본도로서 인공위성사진과 행정구역도(1:25,000)를 이용하였다. 오염원관련 현황도는 행정구역도를 기본으로 인구수, 축산분뇨 발생량 및 오염원발생총량 자료를 입력하였으며, 하천수 농업용수 수질성분별 주제도는 하천도를 기본으로 속성자료를 입력하여 사용하였다. 사용한 하천도는 기존의 하천망도가 선형태의 vector 자료로 수질자료를 입력할 경우 속성이 잘 드러나지 않으므로 15 m × 15 m의 공간 해상력을 지닌 KISAT-3 인공위성 영상(2000.2.29 촬영)에서 수계를 추출하여 사용하였다. 위성영상으로부터 수계의 추출은 먼저 영상을 1: 25,000 지형도를 기준으로 기하보정하여 Nearest neighborhood의 방법으로 재배열한 후, 주변 경계값을 강조시켜 강이나 도로와 같은 line 형태의 이미지 추출에 효과적인 Sharpening filter를 적용시킨 영상에서 수계를 추출하였다<sup>10)</sup>. 또한 서낙동강 수계 수질을 하나의 분포도로 일목요연하게 파악할 수 있도록 소수계 단위별로 서낙동강 유역의 수질관리 요구도를 작성하였다. 영상처리 및 분포도 작성에 사용된 software는 Arcview image analysis와 Arcview 3.2이었다.

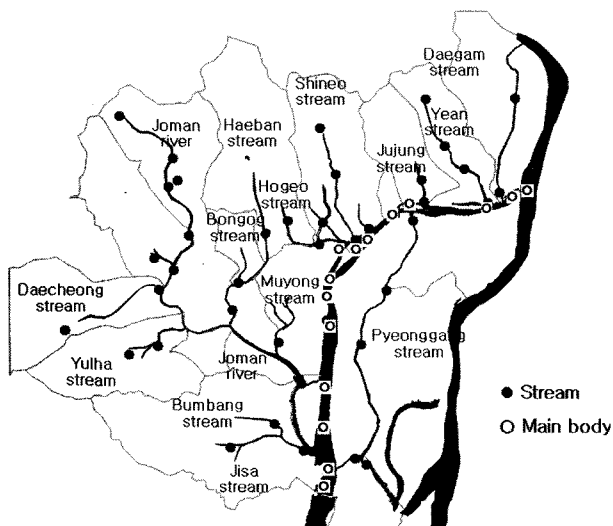


Fig. 1. The sampling sites in Seonakdong river watershed.

**결과 및 고찰**

**서낙동강 수계 강우량 분포**

Fig. 2는 조사기간 중 서낙동강 수계의 월별 강우량분포를 나타낸 것으로 수질조사가 이루어진 2003년 5월과 7월은 평년보다 강우량이 34%~44%정도 많은 편이었고, 10월은 매우 적어 평년의 7.3%에 불과하였으며, 동계작물 재배 농업용수 수질을 조사하기 위해 채취한 시기인 2005년 2월의 강우량은 평년과 유사하였다. 주로 조사가 이뤄진 2003년의 월별 강우 분포 패턴은 평년과 약간 차이가 있었으나 연평균 강우량(1,573 mm)은 평년 강우량(1,492 mm)과 차이가 크지 않았다.

**서낙동강 수계 오염원 분포 현황**

서낙동강 수계 수질에 영향을 미칠 수 있는 인구, 가축 등의 오염원 분포를 동리단위로 조사하여 fig. 3~5에 나타내었다. Fig. 3과 4는 서낙동강 수계의 인구나 축종별 분뇨배출량 분포를 나타낸 지도로서 인구는 유역인구의 대부분이 김해시에 밀집되어 있는데 특히 삼안동, 북부동, 활천동, 내외동의 4개 동에 인구의 61.3%가 살고 있었다. 김해시 인구로부터 발생하는 하수는 하수관을 통해 이동되어 조만강 하류에 설치된 화목하수 종말처리장에서 처리 후 배출되기는 하나 이러한 인구의 집중은 김해시와 바로 연결되어 있는 신어천, 호계천 등의 지류로 상당한 양의 비점오염 부하를 가져올 것으로 예상되었다. 축종별 가축수는 닭>돼지>소의 순이었고, 부산 강서구 녹산동에 가장 많았으나 분뇨배출량은 축종별 원단위를 적용하여 계산한 결과 김해 주변면 원지리와 부산 녹산동에서 각각 서낙동강 수계 내 가축분뇨 총배출량의 36.2%와 16.7%를 차지하였다. 이 지역에서 분뇨배출량이 많았던 것은 돼지의 사육수가 많았던 것에 기인하였다.

Fig. 5은 서낙동강 수계의 오염원 발생량의 분포를 생활하수 발생량, 가축분뇨발생량과 산업 및 농공단지의 산업폐수 발생량을 합하여 동리단위로 나타낸 것이다. 각각의 오염원별 발생량은 환경부 수계오염 총량관리 기술지침에 명시된 원단위 발생량을 기준하여 계산하였는데, 생활하수 발생량은 인구 원단위 분뇨발생량+잡배수 발생량, 가축분뇨 발생량은

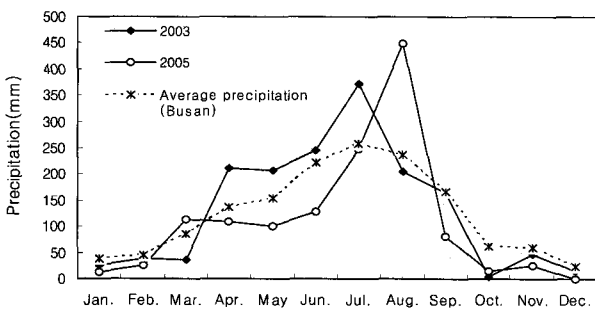


Fig. 2. The changes in monthly precipitation in 2003, 2005 and 30 years of average year at Seonakdong river watershed.

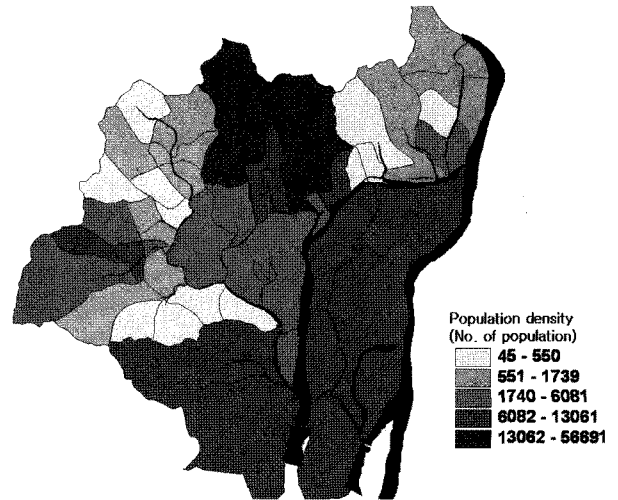


Fig. 3. The distribution of population density in Seonakdong river watershed.

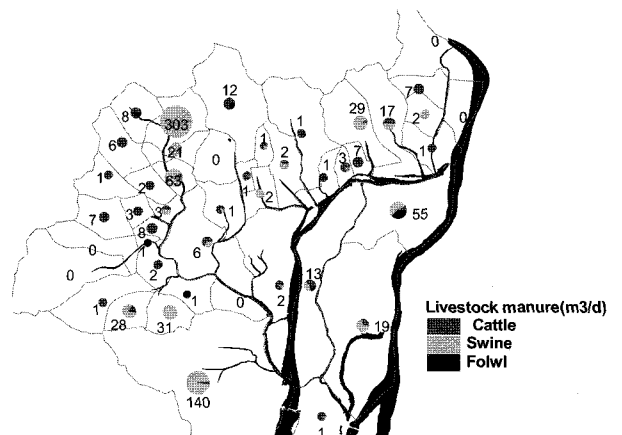


Fig. 4. The distribution of livestock manures in Seonakdong river watershed.

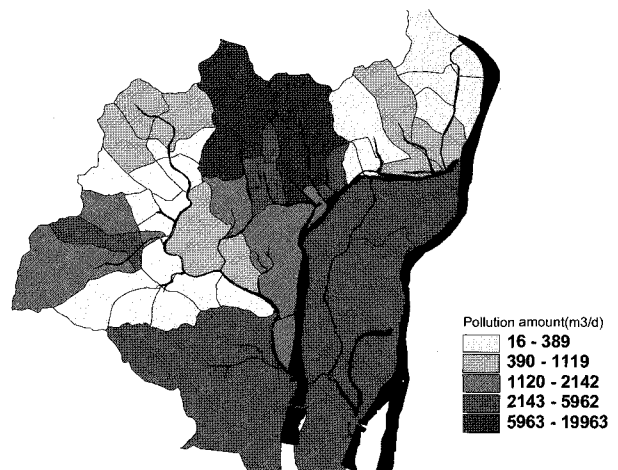


Fig. 5. The distribution of total pollution in Seonakdong river watershed.

축종별 원단위 발생량<sup>13)</sup>(한우 14.6, 젓소 45.6, 돼지 8.6, 닭 0.13kg/두.일)으로 계산하였고, 공장폐수는 서낙동강 유역에 분포하는 산업 및 농공단지 발생량을 부지 면적당 원단위로 계산하였다. 토지계를 제외한 서낙동강 수계의 총오염발생량은 인구에 의한 생활하수 발생량이 많았기 때문에 인구분포와 거의 유사한 분포를 나타내었고 주촌면의 덕암리, 내삼리 등이 리별 총오염발생량 중 산업폐수에 의한 발생량이 많았다.

### 수계 수질상황

Table 1은 서낙동강 수계의 지류별 평균 화학성을 강우시기에 따라 나타낸 것이다. 강우시기별로는 갈수기였던 10월과 풍수기였던 7월의 수질차이가 크게 나타나 갈수기의 EC는 풍수기에 비해 4.8배, COD 및 T-N은 1.8~1.9배 더 높게 나타났다. 강우시기에 따라 수질차이가 컸던 것은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 조사년도인 2003년의 갈수기인 10월의 강우량이 평년에 비하여 매우 적었고, 풍수기인 7월은 평년보다 더 많아 풍수기에 강우에 의한 희석효과가 크게 나타났던 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고 서낙동강 수계 전체적으로는 수질의 오염정도가 심하여 풍수기인 7월에도 수계 평균 COD는 농업용수 수질기준인 8 mg/L을 초과하였는데 이는 서낙동강 수계의 경우 수계 내 오염원이 많을 뿐 아니라 비점오염원발생과 관계 깊은 강우강도도 높았기 때문에<sup>14)</sup>(전국 평균 4,210, 부산 5,496 MJ mm ha<sup>-1</sup>) 점 및 비점오염원

의 발생량이 많았기 때문으로 생각되었다.

지천별로도 수질차이가 뚜렷하였는데 특히 호계천은 지류 중 가장 수질이 악화되어 있어 DO가 농업용수 수질기준인 2 mg/L 이하였으며, T-N 함량도 수계 지류들 중 가장 높았다. 이는 호계천의 상류가 유출계수가 큰 도심지로부터 배출되는 비점오염원으로부터 직접적으로 영향을 받고 있을 뿐 아니라, 치수의 목적으로 하천제방을 콘크리트화하여 하천의 자연정화 효과가 더욱 저하되었기 때문이라고 생각된다. 서낙동강 수계 내 하류에 위치한 범방천, 지사천, 평강천 등의 지류는 갈수기 염농도가 다른 지천에 비해 상당히 높게 나타났는데, 이러한 지천은 분석결과 바닷물 속에 다량 존재하는 Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Mg 등의 양이온 및 음이온의 농도도 매우 높아서 지리적 영향을 받은 것으로 판단되었다.

서낙동강 본류의 수질은 지류의 심한 오염과 인접한 바다의 영향으로 인하여 낙동강 본류의 수질에 비해 EC, COD, T-N 등 모든 성분이 더 높았으며, 서낙동강 수계 수질의 이러한 화학적 특징은 느린 유속이라는 물리적 특징과 함께 수온이 증가하면 수계 내 조류의 급격한 발생(algae bloom)을 쉽게 일으키고 있었다.

Fig. 6에서 11는 지류의 입지적 조건과 수질과의 관계를 파악하기 쉽도록 강우시기별로 서낙동강 수계 본류 및 지류의 T-N, EC, SAR 분포를 등급화하여 나타낸 것을 위성영상 위에 중첩한 것이다. Fig. 6과 7의 강우시기별 T-N 함량을

Table 1. Chemical properties of water in main body and tributary of Seonakdong river watershed

River and stream	May				July				October				
	EC (dS/m)	DO	CODcr -- mg/L --	T-N	EC (dS/m)	DO	CODcr -- mg/L --	T-N	EC (ds/m)	DO	CODcr -- mg/L --	T-N	
Daegam	0.28	4.6	5.2	3.9	0.26	5.9	13.9	3.7	0.29	2.7	13.6	3.8	
Yean	0.08	8.1	5.8	1.6	0.15	5.6	5.2	0.9	0.13	4.8	4.2	4.0	
Jujung	0.07	8.2	8.0	2.6	0.07	7.9	3.4	1.6	0.09	5.1	6.0	5.1	
Shineo	0.17	6.6	20.5	4.2	0.17	6.7	7.5	2.1	0.40	3.8	23.6	11.7	
Hogeo	0.75	0.9	42.8	12.8	0.64	0.5	49.4	11.4	0.74	1.1	56.9	29.4	
Haban	0.29	5.2	16.3	4.2	0.20	6.7	7.5	2.6	0.44	4.5	14.4	6.8	
Tri- butary	Pyeongang	-	-	-	-	0.50	4.7	9.2	3.1	1.89	3.7	25.3	5.7
	Bonggog	0.35	3.2	10.4	5.1	0.41	8.4	12.3	4.5	0.65	4.3	29.8	4.2
	Muyong	0.75	3.8	28.1	3.5	0.54	6.4	9.3	3.5	0.65	4.9	22.7	10.8
Jo- man	Daechyeong	0.10	8.7	10.9	1.2	0.06	8.3	6.4	1.8	0.14	6.7	7.6	2.6
	Yulha	0.19	7.9	32.0	2.3	0.12	7.5	6.4	0.8	0.18	1.5	29.1	3.6
	Main body	0.32	6.1	21.9	4.1	0.28	6.1	10.3	3.3	0.86	5.4	14.0	5.4
	Bumbang	1.15	4.6	23.2	4.7	0.21	3.5	20.2	4.4	2.00	4.5	27.3	6.9
	Jisa	0.18	6.2	22.8	1.2	0.16	5.7	16.4	3.2	1.84	7.0	25.6	4.4
Main body	West-nakdong	2.67	4.8	16.7	4.1	0.32	7.6	10.5	3.2	3.05	7.0	24.9	6.2
	Nakdong	0.17	7.9	4.2	3.0	0.08	6.9	7.7	2.7	0.18	4.5	7.1	4.4
	Average	0.69	5.7	18.9	4.2	0.32	6.3	12.1	3.7	1.52	5.3	21.9	7.1

살펴보면 풍수기에 비해 갈수기에 전체적으로 수질이 악화된 것을 뚜렷이 알 수 있는데, 풍수기 본류의 총질소 함량은 서낙동강의 하류까지 벼 재배에 그다지 지장이 없는 수준으로 알려진 2~4 mg/L 사이였으나<sup>15)</sup> 갈수기에는 서낙동강의 중상류인 신어천 합류부터 감비 등의 재배적 조치가 필요한 수준인 4 mg/L이 넘는 것으로 나타났다.

지천별 수질 중 총질소 함량은 갈수기와 풍수기 모두 김해시와 연결되어 있는 호계천, 신어천에서 가장 높게 나타나 호계천의 갈수기 총질소 함량은 상류 및 하류 모두 농업용수로 직접 사용이 곤란한 8 mg/L의 배인 16 mg/L를 초과하였다. 서낙동강 수계의 높은 T-N 함량은 이물을 양수하여 김해평야에 농업용수로 공급하는 식만 및 봉림양수장 수질과

직접적으로 관련이 있으므로 서낙동강 수계 농업용수의 사용이 작물에 미치는 영향에 대해서는 면밀한 연구가 필요할 것이다. 조만강과 대감천은 지류 내에서 수질변화가 뚜렷하였는데 조만강은 무용천 합류 이전에는 2~4 mg/L 수준이다가 고도정수처리시설이 없는 화목양수장 방류수의 영향을 받는 무용천의 합류 이후 4 mg/L 이상으로 증가하였으며, 대감천은 논 및 밭 등의 농경지가 주로 분포한 상류에 비해 시설재배지가 밀집한 하류에서 T-N 함량이 증가하여 농자재의 투입이 많은 시설재배로부터 배출되는 비점오염이 수질에 영향을 미치는 것으로 생각되었다<sup>16)</sup>.

Fig. 8과 9는 서낙동강 수계 하천의 EC분포로서 풍수기에는 대부분의 지류와 본류의 EC가 관개수로 이용시 작물이

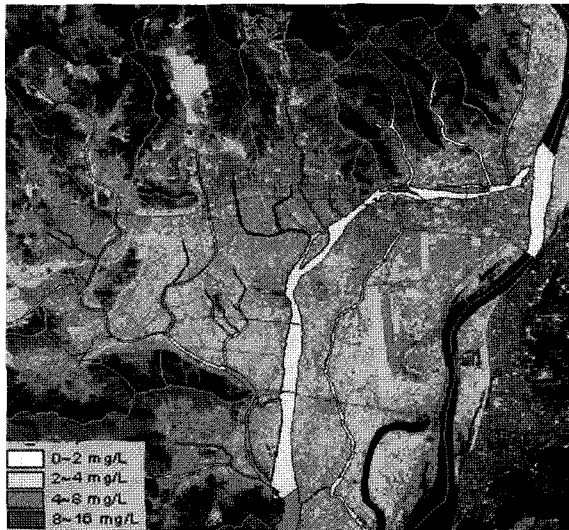


Fig. 6. The distribution of T-N in Seonakdong river watershed during rainy season.

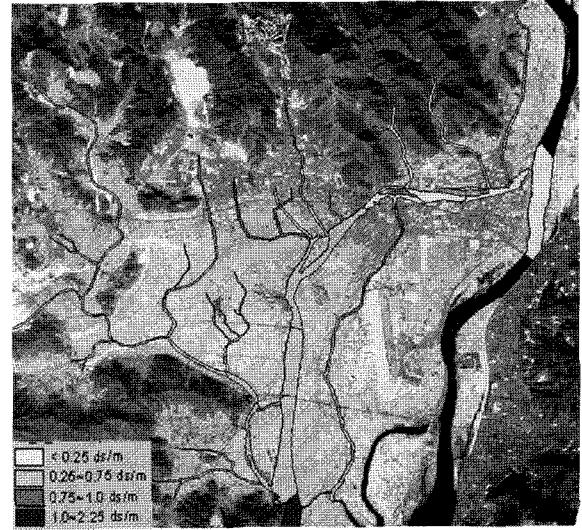


Fig. 8. The distribution of EC in Seonakdong river watershed during rainy season.

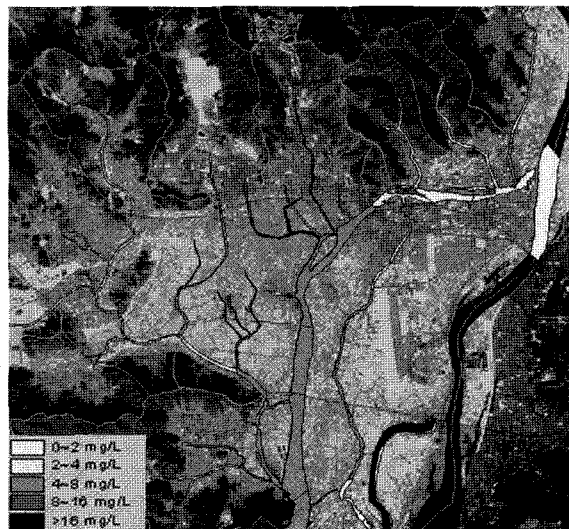


Fig. 7. The distribution of T-N in Seonakdong river watershed during dry season.

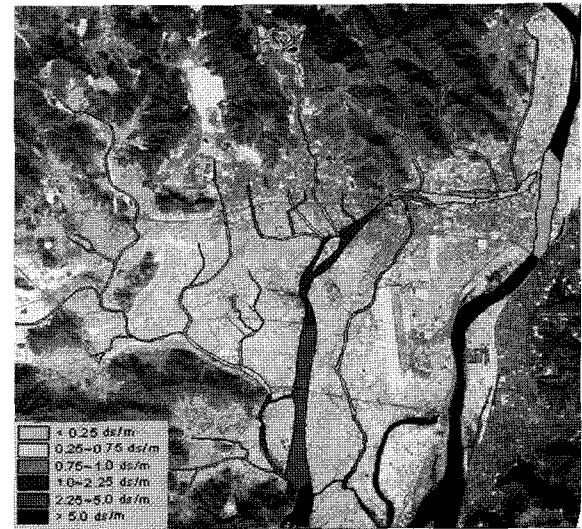


Fig. 9. The distribution of EC in Seonakdong river watershed during dry season.

크게 영향을 받지 않는 수준인 0.75 ds/m 이하로 분포하였다. 그러나 갈수기에는 지류인 조만강, 평강천 하류 및 서낙동강의 중상류까지 2.25 ds/m 이상의 농도로 나타났는데 이러한 높은 염농도는 관개수로 사용할 시 염농도에 민감한 밭작물의 생산에 지장을 초래할 것으로 예상되었으며<sup>17)</sup>, 신동이 보고한 바에 의하면 벼를 재배하는 경우에도 EC 1.58 ds/m 이상이면 대조구와 생육차이가 난다고 하였으므로<sup>18)</sup> 갈수기의 서낙동강 수질은 작물 염장에 발생 및 수량감소의 우려가 컸다.

서낙동강 수계 내 SAR의 분포는(fig. 10, fig. 11) EC와

비슷한 양상으로 갈수기에는 중류 지점까지 FAO 관개수 기준상 작물에 영향이 심하다는 9를 넘는 수준이었다. 또한 관개시 토양의 교환성 Na+ 함량이 증가되므로 토양입자가 분산되어 투수성이 저하되는 등 토양물리성이 악화되고, 분산된 점토는 수계로 유입되어 수질 내 N, P 등의 영양염류를 증가시키므로<sup>19)</sup> 서낙동강 수계는 하류의 높은 SAR로 인하여 토양으로부터 유래되는 영양염류에 의한 수질오염이 더욱 심해질 우려가 있었다.

Fig. 12는 동계 시설재배작물 사용 농업용수 수질분포를 나타낸 것으로 시설재배가 많이 이루어지는 김해 대동면과

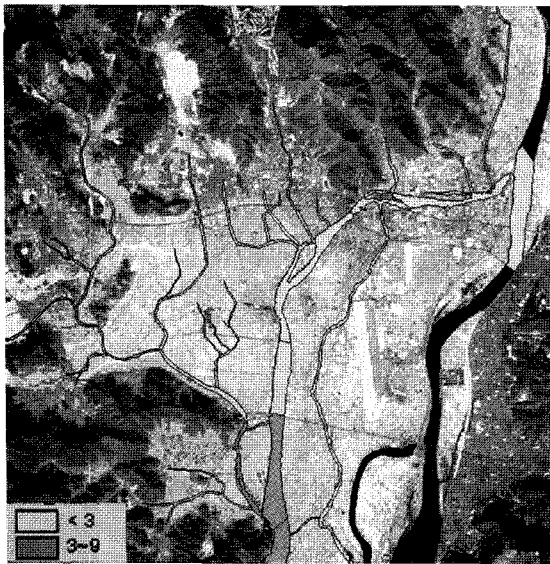


Fig. 10. The distribution of SAR in Seonakdong river watershed during rainy season.

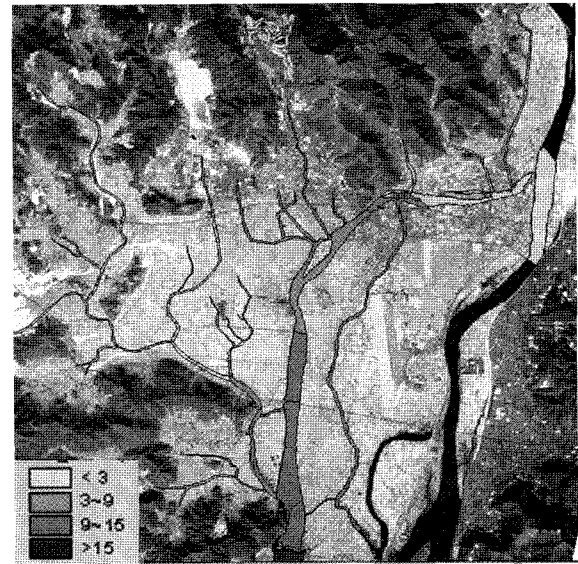
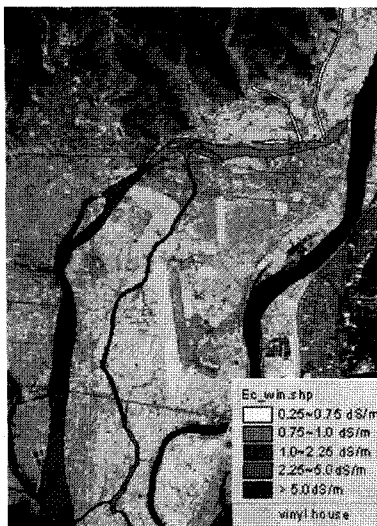


Fig. 11. The distribution of SAR in Seonakdong river watershed during dry season.



(a)



(b)



(c)

Fig. 12. The distribution of EC, SAR and T-N in river at greenhouse area of Seonakdong river watershed during winter(a: EC, b: SAR, c: T-N).

부산 강서구를 중심으로 분포도를 작성하였다. 김해 대동면 지역의 경우 서낙동강 상류 및 대감천을 농업용수로 이용하므로 EC가 0.75 ds/m 이하로 양호하였으나, 강서구 일원 시설재배에서 사용되는 평강천과 서낙동강 하천수의 EC는 서낙동강 중류 이후부터 1.0 ds/m를 초과하여 동계에도 상당히 높은 수준으로 분포하고 있음을 알 수 있었다. SAR의 분포도 EC와 유사한 경향을 나타내었다. Ko 등에 의하면 이 지역은 지하수의 EC 역시 매우 높았으므로<sup>20)</sup> 동계 시설작물 재배시 사용가능한 농업용수의 공급에 차질이 예상되었다.

T-N의 경우 대부분의 지역이 4~8 mg/L 의 수준으로 높았으며, 특히 평강천 일부지역에서 8 mg/L 이상으로 높게 나타났는데 이는 이 지역이 퇴비 등 농자재 투입이 많은 시설재배 밀집지역이고 강수량이 적은 동계에 시료를 채취하였으므로 시설재배 토지이용에 따른 비점오염 배출의 영향을 많이 받은 것으로 예상되었다<sup>16,21)</sup>.

위에 나타낸 바와 같이 수계 수질 모니터링 결과를 GIS를 이용해 공간적인 정보와 함께 나타내면 수계의 수질상황을 파악하기 쉬우며, 이러한 표현력의 증대는 이용자가 보다 편리하게 수질정보에 접근할 수 있도록 도와준다. 뿐 만 아니라 적절한 등급을 나누어 수질분포를 표현함으로써 수질정보 뿐 아니라 분포도 자체로서 농업용수의 이용가능도 혹은 위험등급도로 사용할 수 있을 것으로 생각된다. Ko 등은 경·남북 10개 시군에서 1,370점을 조사한 후 심층과 천층지하수로 나누어서 농업적으로 주요한 성분인 염농도(EC), 질산태질소(NO<sub>3</sub>-N), 철(Fe)별로 분포도를 작성함으로써 염장에 우려지역, 질소 과잉장에 우려지역, 수막재배 부적지 및 철분 과잉해 우려지역을 구별할 수 있도록 한 바 있으며<sup>20)</sup>, Gupponi 등은 수계내 NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>, 토양, 작부체계등과 지리정보를 이용으로 농업에 의한 오염이 수자원에 미치는 위험정도를 지도화하여 보고하였다<sup>22)</sup>.

**지류별 T-N 및 T-P 부하량**

서낙동강 수계의 주요 지류별 T-N, T-P의 유달부하량을 fig. 13에 나타내었다. 지류별 T-N 농도는 Table 1에서 알 수 있듯이 생활하수 및 도시 비점오염으로부터의 유입이 많은 호계천에서 매우 높은 농도를 나타내었으나, 유달부하량은 서낙동강 하류에 위치한 조만강이 지류전체로부터 발생하는 유달부하량의 52%를 차지하였으며, T-P의 유달부하량도 같은 경향(지류전체 부하량의 61%)으로 가장 많은 것으로 나타났다. 조만강에서 T-N, T-P와 같은 영양염류의 부하량이 가장 많았던 것은 다른 지천에 비해 유량이 매우 많았기 때문이었으며 다음으로 수계 중 부하량이 많았던 평강천도 같은 원인이었다. 농도가 가장 높았던 호계천의 T-N 및 T-P 부하량은 모두 지류 중 3번째로 많았다.

**서낙동강 수계 수질 취약도**

서낙동강 수계 수질은 상류에 위치한 도시, 하류의 바다, 수계 내 시설재배 밀집지역 등 다양한 오염원에 의하여 지류별 성분별 수질차이가 뚜렷하게 나타나는 특징을 가지고 있었으므로 서낙동강 수계의 수질 오염부하 경감 및 안전농산물 생산을 위해서는 지류별로 각기 다른 관리가 필요하다. 따라서 수질성분 중 가장 수질 및 작물에 미치는 영향이 큰 성분인 N과 EC 성분분포를 기초로 하여 지류별로 서낙동강 수계수질의 취약분포도를 작성하였다(Fig 14). 수질이 더 취약하였던 갈수기를 기준으로 N 함량이 4~8 mg/L에 해당되는 면적이 많은 지류는 영양염류 우려지역, 8 mg/L를 넘는 면적이 많은 곳은 영양염류 대책지역, EC 1.0~2.25 dS/m에 해당되는 염류장에 우려지역, 2.25 dS/m를 초과하는 비율이 많은 지류는 염류장에 대책지역, 두 가지 인자에 모두 해당되는 지역은 영양염류 및 염농도 우려지역, 나머지는 안전지역으로 제안하였다. 그 결과 김해시로부터 발생하는 비점오염원의 영향을 많이 받아 영양염류의 함량이 높게 나타

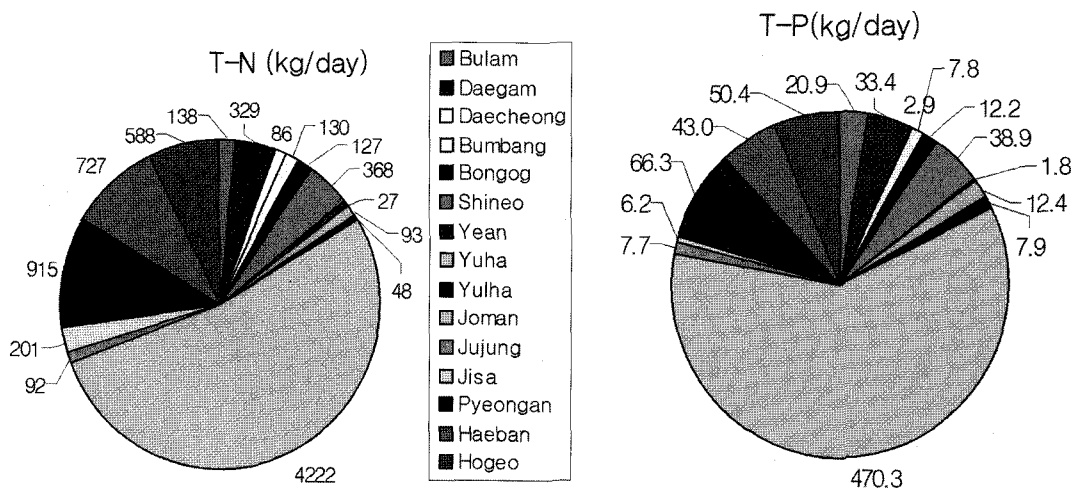


Fig. 13. Average delivered loads of T-N and T-P from major tributary in Seonakdong river watershed.

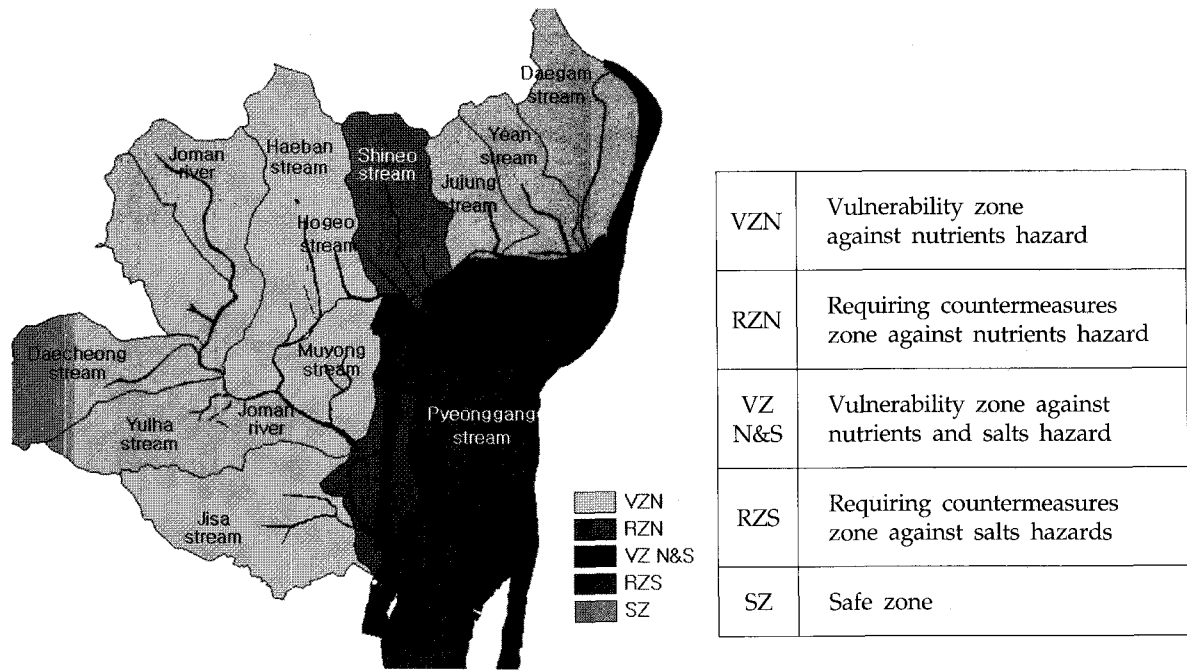


Fig. 14. Management mandate for irrigation water in Seonakdong river watershed.

나는 신어천, 호계천 등은 NCC로 적극적인 영양염류 저감 대책이 수립되어야 할 지역으로 나타났으며, 서낙동강 중류 및 해발고도가 매우 낮은 평강천 일원은 영양염류 및 염류장에 우려지역, 서낙동강 하류는 염류장에 대책지역으로 나타났다.

따라서 오염의 원인에 따라 영양염류 대책지역은 수변지역에 분포하고 있는 식생관리로 영양염류 제거 효율을 강화하고, 오염원관리로 오염발생량 저감, 하천의 자연정화력을 최대한 증가시킬 수 있는 자연형 생태하천으로의 유지 및 개선과 같은 적극적인 영양염류관리가 필요하다. 또한 영양염류 대책지역은 물론 영양염류 우려 지역도 관개수로 이용할 때는 오염의 정도에 따라 수질 중 영양염류량을 고려한 시비로 재배법을 개선하여 작물에 미치는 영향 및 시비로부터의 배출을 최소화하는 것이 바람직할 것이다. 염류장에 우려 및 대책지역은 원할한 배수관리를 통한 바닷물의 역류 방지로 지류의 수질을 유지하여야 하고, 특히 염류장에 대책지역은 염농도에 민감한 시설작물의 재배를 위해서는 강우수와 같은 양질의 대체 농업용수의 이용을 적극적으로 검토해야 할 것이다.

이와 같이 서낙동강 수계의 건전한 수질관리 및 안전농산물 재배를 위해서는 지류별로 특성에 따른 수질관리가 필요하며, 서낙동강 수계 전체적으로는 전국평균에 비해 강우강도가 높다는 특징이 있으므로 도시 유거수 및 농경지 토양침식과 같은 비점오염발생의 관리에도 주의를 기울여야 할 것이다.

요 약

오염부하가 심한 서낙동강 수계에서의 농산물 안전생산 및 건전한 농업환경유지를 위하여 수계내 오염원 및 수질을 조사하고 이를 수질성분 분포도로 작성한 결과는 다음과 같다.

1. 서낙동강 수계의 주요오염원은 인구의 도시집중에 따른 생활하수 발생이 가장 많은 양을 차지하고 있었으며 이는 호계천, 신어천의 수질악화 및 하수종말처리장 방류수로 인한 조만강 하류의 수질 중 T-N, T-P 증가에도 영향을 미치고 있었다. 또한 서낙동강 수계 수질의 또 다른 문제인 염농도는 갈수기에 급격히 증가하여 갈수기의 서낙동강 중·하류 및 하류에 연결된 지천인 조만강과 평강천의 EC는 농업용수로 사용하기 어려운 수준으로 증가하였다. 부산 강서구의 동계 시설재배밀집지에서 사용되는 농업용수 수질 또한 EC가 서낙동강 중류 이후부터 1.0 ds/m를 초과하고 T-N함량도 4~8 mg/L의 높은 수준이었다.
2. 서낙동강 수계 지류 중 T-N 및 T-P의 유달부하량은 조만강이 지류전체 부하량의 각각 56%, 61%으로 가장 많았으며, 이는 조만강의 유량이 많았던 것에 기인하였다.
3. 서낙동강 수계 수질을 N과 EC 성분분포를 기초로 서낙동강 수계 지류별수질 취약분포도를 작성한 결과, 신어천, 호계천 등은 적극적인 영양염류 저감대책이 수립되어야 할 지역으로 나타났으며, 서낙동강 중류 및 평강천 일원은 영양염류 및 염류장에 우려지역, 서낙동강 하류는 염류장에 대책지역으로 나타났다.



4. 수질현황 및 수질환경 관련 인자를 지리정보가 결합된 분포도로 표현하면 정보의 전달이 명료하면서도 그 자체로도 오염 개선기술 개발 필요지 구분과 같은 message를 전달할 수 있었고, 공간적 분포에 따른 수질변화를 오염원의 공간적 분포와 match시켜 이의 원인을 해석하고 그에 따른 대책을 수립하기 쉬운 장점이 있었다.

### 참고문헌

1. Lee, Y.S., Cho, J.S., Lee, H.j., Lee, Y.H., Sohn, B.K., Heo, J.S. (1999) Status of water quality in Nakdong river districts. *Kor. J. Environ. Agric.* 18(2): 126-134.
2. Uhm, M.J., Choi J.S., Han, S.G., Kim, K.C. and Moon, Y. H. (2000) Irrigation water qualities along Dongjin river watershed during 1994-1998. *Kor. J. Environ. Agric.* 19(2):110-115.
3. 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. Environ. Agric.* 21(4): 237-242.
4. Yun, S.G., Kim, W.I., Kim, J.H., Kim, S.J., Koh, M.H. and Eom, K.C. (2002) Evaluation of water quality characteristics on tributaries of Dongjin river watershed. *Kor. J. Environ. Agric.* 21(4): 243-247.
5. Jung, Y.S., Yang, J.E., Joo, Y.K., Lee, J.K., Park, Y.S., Choi, M.H. and Choi, S.C. (1997) Water quality of streams and Agricultural Wells Related to Different Agricultural Practices in Small catchments of the Han River Basin. *Kor. J. Environ. Agric.* 16(23) : 199-205.
6. Lee, K.B. Kim, J.C., Kim, J.G. Lee, D.B., Park, C.W. and Kim, J.D. (2005) Assesment of pollutant loads for water assessment in Mankyeong river. *Kor. J. Environ. Agric.* 24(2): 83-90.
7. Lee, K.B., Kim, J.C., Kim, J.G. Lee, D.B., Park, C.W. and Kim, J.D. (2005) Assesment of pollutant loads in Mankyeong river. *Kor. J. Environ. Agric.* 24(2): 91-97.
8. Lee, K.B., Kim, J.C., Park, J.H., Lee, D.B., and Kim, J.G. (2004) Assessment of pollutant loads for water enhancement in the Jongeupcheon of Dongjin river. *Kor. J. Environ. Agric.* 23(1): 41-46.
9. Annual Report of Agro-environment monitoring. (2003) NIAST, RDA.
10. John R.J. (2000) Remote sensing of the environment. Prentice hall service in geographic information science.
11. Annual report of Kimhae statistics (2003).
12. Annual report of Gangseo-Gu statistics (2003).
13. Management practice for TMDL in watershed. (2004) National institute of environmental research. Ministry of environment.
14. Jung, K.H., Kim, W.T., Hur, S.O., Ha, S.K., Jung, P.K., and Jung, Y.S. (2004) USLE/RUSLE factors for national scale soil loss estimation based digital detailed map. *Korea journal soil science and fertilizer.* 37(4):199-206.
15. Lee, E.J. Development and management of environmental friendly agricultural practice. Research analysis report 2000-1. (2000) Suwon, Korea 1-368 pp.
16. Ko, J.Y., Lee, J.S., Kim, M.T., Kim, C.S., Kang, U.G., and Kang, H.W. (2005) Effects of farming practice and NO<sub>3</sub>-N contents of groundwater with different locations under intensive greenhouse area. *Kor. J. Environ. Agric.* 24(3): 261-269.
17. USDA Salinity laboratory. (1953) Saline and Alkaline soils. USDA HB60: pp. 160.
18. Shin, J.D., Lee, J.S., Kim, W.I., Jung, G.B., Kim, J.H., Yun, S.G., and Lee, M.S. (2004) The establishment of critical level of salt contents in tube well water near sea at dry season using bioassay. The proceeding of *Kor. J. Environ. Agric.*
19. Skene, T. M., and J. M. Oades. 1995. The effects of sodium Adsorption Ratio and Electrolyte concentration on Water Quality : Laboratory Studies. *Soil science.* 159(1): 65-73.
20. Ko J.Y., Lee J.S., Jung K.Y., Kim C.S., Kim M.T 2002. Monitoring of groundwater in intensive greenhouse area in Yeongnam province. Annual research Report. YARI. NICS. RDA. pp. 591-607.
21. Workshop proceeding of the korean society of agriculture and environmental. Non-point source management practice for water quality conservation. (2004) pp. 91-109.
22. Giupponi C., B. Eiselt, and P.F. Ggetti. (1999) A multicriteria approach for mapping risk of agricultural pollution for water resources: The venice lagoon watershed case study. *Journal of environmental management.* 56: 259-269.