

# 김해평야 관개수 오염도가 벼 영양생리에 미치는 영향

— 질소양분 공급과 수량을 중심으로 —

하 호 성\*·허 종 수\*

## Effect of Irrigation Water Pollution on the Nutrition Physiology of Rice Plant in the Kimhae Plain

— Especially on the Nitrogen Supply and Yield —

Ho Sung Ha\*, Jong Soo Heo\*

### Abstract

Water pollution status of the irrigation water, inorganic nutrient contents of rice plant, relationship between water quality of irrigation water and inorganic nutrient contents of rice plant, and nitrogen supply by irrigation water at six sites of pumping stations in Kimhae plain were investigated.

The results were as follows :

1. Average values of water components analyzed at all pumping stations were in the range of 6.5-7.0 pH, 0.6-7.7ppm DO, 4.4-63.5ppm BOD, 7.3-73.9ppm COD, 1.84-16.22ppm  $\text{NH}_4\text{-N}$ , 1.22-15.49ppm  $\text{NO}_3\text{-N}$  and 0.07-1.35ppm  $\text{PO}_4\text{-P}$  respectively.

2. Comparatively heavy polluted sites were Sikman, Bongrim and Noksan, and less polluted sites were Daejeo, Myeongje and Jangyou, judging from BOD, COD and  $\text{NH}_4\text{-N}$  of the irrigation water.

3. Nitrogen supply by irrigated water for a year were 6.82Kg/10a, 5.98Kg/10a, 6.64Kg/10a, 2.31kg/10a, 6.22Kg/10a and 2.54Kg/10a in Daejeo, Sikman, Bongrim, Myeongji and Noksan area, respectively.

4. Positive correlation was observed between ammonium nitrogen of the water and total nitrogen contents of rice plant. Total nitrogen contents of rice plant were higher in Sikman, Borgim and Noksan area than in the other areas.

### 서 언

김해평야의 농업용수는 낙동강 지류의 하천수를 이용하고 있으며 이 하천수는 경북 구미시, 대구시 및 경남 진주시에서 배출되는 공단폐수와 생활하수로 오염

되어 있을 뿐만 아니라 낙동강 하구 해수의 유입을 막기 위하여 지류의 상부와 하부에 수문으로 차단시켜 놓고 있어 김해시의 생활하수와 공장 폐수로 더욱 오염될 가능성이 있는 입지적 조건을 갖고 있다.

김해평야 11,403ha에 관개되는 농업용수는 관개 양

\* 경상대학교 농화학과(Dept. of Agricultural Chemistry, Geongsang University, Chinju, Korea)

수장별 수질오염도 차이가 심하여 지대에 따라서 벼 도복이 매년 발생하는 곳도 있다. 1985년의 경우 김해 평야는 벼 90% 이상이 도복되었으며, 그 원인은 절대적으로 태풍의 피해로 볼 수 있겠지만 김해 농지 개량 조합의 개략조사에서 벼 도복은 관계수계별로 다르다는 것으로 미루어 그 원인은 관계수계별 수질 오염도 차이에 기인된 것으로 추측되기도 하였다.

하 등<sup>12)</sup>의 1981년 김해평야 농업용수의 수질조사에 의하면 시기별 및 지역별로 오염도의 차이가 심하며 그 평균치는 BOD가 4.4-9.1ppm으로 보고 하고 있고, 지역별로는 식만 양수장 부근이 수질오염도가 가장 높다고 보고하였다. 일본의 경우<sup>34)</sup> 농업용수오염에 의한 농업의 피해 면적이 102,000ha로 보고하고 있으며 오염원별로는 도시 오수가 가장 많은 양을 차지 한다고 하였다.

본 조사는 김해평야 일대에 분포되어 있는 양수공급 면적이 가장 큰 6개 양수장 부근의 수질오염도를 시기별로 분석조사하고, 각 시기별 벼의 무기성분 함량을 조사하여 관계수질과 벼의 무기성분 함량과의 관계 및 관계수에 의한 천연질소 공급량을 산출하여 관계수계별 질소질 비료의 합리적 시비법을 모색코자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 농업용수 오염도 조사

#### 1) 조사지점

김해평야에 양수하는 대지, 식만, 봉림, 명지, 녹산, 장유의 6개 양수장과 김해공단 폐수 및 생활 하수 유출 지점의 2개 지점, 총 8개 지점의 수질을 조사 하였다.

#### 2) 조사시기

1988년 6월 14일, 6월 28일, 7월 19일, 8월 6일, 8월 23일, 9월 18일 및 9월 28일의 7회 조사하였다.

#### 3) 분석방법

수질 분석은 공해 공정 시험법과 APHA의 표준법<sup>5)</sup>에 준하였다.

### 2. 양수장 수계별 벼 영양생리 및 수량조사

#### 1) 조사지점

상기 1. 1)항과 동일함

#### 2) 조사시기

벼의 분얼기(1988년 7월 6일), 최고 분얼기(7월 19일), 유수형성기(8월 6일), 출수기(8월 23일) 및 수확기(9월 28일)에 조사하였다.

#### 3) 조사방법

1)의 각 수계별로 10개 포장을 선정하고, 1개 포장당 12m<sup>2</sup>를 선정하여 분석용 식물체 시료를 채취 하고 수량 및 수량구성요소를 조사하였다.

#### 4) 식물체 분석방법

식물체의 분석은 일반 관행법으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 농업용수 오염도

김해평야에 양수하는 대지, 식만, 봉림, 명지, 녹산 및 장유의 6개 양수장과 김해 공단폐수로 및 생활 하수로 2개 지점, 총 8개 지점의 수질을 분석한 결과 pH와 DO는 Table 1과 같다.

pH는 모든 지점이 6.5-7.0으로서 환경보전법상 농업용수 수질기준치<sup>9)</sup>인 pH 6.0-8.5의 범위내에 들었다. 따라서 김해평야 농업용수로 사용하고 있는 낙동강 지류의 수질은 pH로 볼때 농업용수에 지장이 없을 것으로 생각되었다.

DO는 김해평야 6개 양수장 지점간 별차이가 없이 그 시기별 평균치가 6.8-7.7ppm으로써 농업용수기준치인 DO 2ppm이상이었다. 그러나 공장폐수 및 생활하수유출지점은 시기별 평균치가 각각 0.6ppm 및 1.0ppm으로서 농업용수기준치에 미달하였다. DO를 시기 별로 보면 8월 23일의 DO는 6개 양수장이 다른 시기에 비하여 전반적으로 낮았으며 이는 갈수기에 하천수의 고갈때문인 것으로 보며, 9월 18일이 다른 시기에 비하여 전반적으로 DO가 높게 나타난 것은 그 당시 조류의 번식에 기인된 것으로 생각되었다.

수질의 BOD와 COD는 Table 2에서 보는 바와 같다.

BOD는 각 조사지점별 및 시기별로 큰 차이가 있었으며 각 지점의 평균치는 4.4-8.4ppm 범위였다. 지점별로는 봉림과 식만 양수장 부근의 수질이 각각 평균 BOD 7.4ppm 및 8.4ppm으로서 타 지점에 비하여 높게 나타나 BOD로 미루어 볼때 이 지역의 수질오염도 가장 높은 것으로 보였다. 특히 봉림지역의 6월 28일 및 8월 23일의 BOD가 각각 13.1ppm 및 14.9ppm으로 농업용수 수질기준치인 8ppm을 훨씬

Table 1. pH and DO of the irrigation water in Gimhae plain.

Sampling Sites.	pH												DO (ppm)								
	June			July			Aug.			Sept.			June		July		Aug.		Sept.		
	14	28	28	19	06	23	18	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18	28	Ave- rage
1. Daejeo	6.8	6.9	6.9	6.9	6.8	6.9	7.1	7.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.4	8.0	7.7	9.4	6.6	7.1	6.1	7.5
2. Sikman	7.1	6.7	6.8	6.8	6.6	6.5	8.1	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	8.9	7.8	5.9	9.7	3.8	10.2	7.7	7.7
3. Bongrim	7.2	6.5	6.9	6.9	6.6	6.6	8.1	7.0	7.0	6.8	6.8	7.0	7.1	8.5	9.2	5.1	8.2	5.2	10.6	7.3	7.7
4. Myeongji	6.8	6.5	6.9	6.9	6.6	6.8	7.0	7.1	6.8	6.8	6.8	7.0	7.1	2.4	7.1	6.9	7.2	6.8	8.9	7.6	6.7
5. Noksan	6.9	6.8	6.9	6.9	6.5	6.7	7.3	6.9	6.9	6.9	6.9	7.3	6.9	9.7	7.8	5.9	8.6	5.4	9.2	6.1	7.5
6. Jangyou	6.7	6.8	6.8	6.8	6.6	6.9	6.7	7.1	6.8	6.8	6.8	6.7	7.1	6.6	8.6	6.6	6.7	3.4	10.2	5.3	6.8
7. Industrial wastewater	7.0	6.7	6.6	6.6	6.5	7.0	4.5	7.1	6.5	6.5	6.5	4.5	7.1	1.2	1.0	0.7	0.6	0.3	0.3	0.3	0.6
8. Domestic wastewater	7.3	6.7	6.6	6.6	6.5	7.1	6.7	7.6	6.9	6.9	6.9	6.7	7.6	0.5	1.8	1.2	2.9	0.2	0.3	0.3	1.0

Table 2. BOD and COD of the irrigation water in Gimhae plain.

Sampling Sites.	BOD (ppm)												COD (ppm)								
	June			July			Aug.			Sept.			June		July		Aug.		Sept.		
	14	28	28	19	06	23	18	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18	28	Ave- rage
1. Daejeo	0.7	12.6	6.8	6.8	7.6	3.3	3.6	4.9	5.6	6.3	7.2	8.8	11.0	4.3	8.0	5.4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
2. Sikman	5.4	7.8	8.0	8.0	8.2	8.2	7.3	6.8	7.4	7.5	19.2	8.4	15.0	8.5	25.0	11.9	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
3. Bongrim	8.0	13.1	6.1	6.1	8.6	14.9	4.2	4.1	8.4	7.0	22.4	9.2	19.0	5.1	20.0	5.2	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
4. Myeongji	5.2	6.6	3.4	3.4	2.1	4.8	4.4	4.1	4.4	23.6	7.8	13.5	12.5	9.8	7.1	5.3	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
5. Noksan	1.8	4.2	10.3	10.3	5.4	8.6	3.9	7.6	6.0	14.0	12.4	5.6	18.0	12.3	22.0	8.3	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
6. Jangyou	3.2	12.1	6.6	6.6	5.4	4.9	3.4	8.8	6.3	6.0	16.0	8.0	20.0	5.0	13.0	9.1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
7. Industrial wastewater	23.6	20.0	28.9	28.9	44.0	94.0	97.0	134.8	63.2	36.4	68.0	59.0	47.0	100.3	53.3	153.0	73.9	73.9	73.9	73.9	73.9
8. Domestic wastewater	138.8	63.5	34.6	34.6	27.8	110.2	33.2	36.6	63.5	53.6	46.3	40.8	30.0	89.1	24.0	40.1	46.3	46.3	46.3	46.3	46.3

초과하고 있어 이 시기에는 농업용수로서 이용하기 부적당한 것으로 생각되었다. 그리고 공장폐수 유출 지점의 BOD는 63.2ppm, 생활하수 유출지점은 63.5 ppm으로 그 수치가 매우 높게 나타났다. 따라서 식만 및 봉림양수장 부근의 BOD가 타 지점에 비해 높게 나타난 것은 이들 폐수 및 하수의 유입에 기인된 것으로 생각되었다.

COD도 BOD와 마찬가지로 각 조사지점별 및 시기별로 큰 차이가 있었으며 각 지점의 시기별 COD의 평균치는 7.3-13.6ppm범위였다. 지점별로 보면 대저가 평균 COD 7.3ppm이었고, 그의 지점은 모두 11.0-13.6ppm으로 높게 나타나 농업용수 수질기준인 COD 8ppm을 초과하고 있었다. 특히 6월 28일의 식만, 봉림 및 장유의 COD는 각각 19.2ppm, 22.4ppm 및 16.0ppm으로 타 계절에 비해 훨씬 높게 나타났다. 공장폐수 및 생활하수 유출지점의 시기별 COD 평균치는 각각 73.9ppm 및 46.3ppm이었다.

그리고 각 지점의 COD는 전반적으로 BOD에 비해 높게 나타났다. 일반적으로 수중 유기오염물질을 화학적으로 산화시키기 위해 필요한 산소량 즉 COD는 미생물에 의해 산화시키기 위해 필요한 산소량 즉 BOD보다 그 크기가 같거나 커야한다. 같은 경우 수중 유기오염물질을 미생물에 의해서 완전히 분해가능하다는 것을 의미하므로, 본 조사에서 COD가 각 지점 공히 BOD에 비해 높게 나타난 것으로 미루어 이는 특히 공장폐수나 생활하수의 유입으로 인해 수중에 생물학적으로 분해 불가능한 물질을 다량 함유하고 있다고 봐야 할 것 같다. 그러나 생활하수의 경우는 이와 반대로 COD에 비해 BOD가 오히려 높게 나타났는데 이것은 하수중 질소화합물이 존재함으로써 BOD실험중에 탄소화합물외에 질소화합물에 의한 BOD가 발생 된데 기인한 것으로 생각되었다.

관개수중 암모니아태 질소함량은 각 양수장 부근의 시기별 평균치가 1.84-2.95ppm범위였으며, 지점별로 보면 BOD나 COD와 마찬가지로 식만, 봉림 및 녹산 양수장 부근의 수질이 타 지점에 비하여 높게 나타났다. 그리고 공장폐수와 생활하수 유입지점의 암모니아태 질소 함량의 평균치는 각각 11.89ppm 및 16.22ppm으로서 타 지점에 비하여 월등히 높게 나타났다.

질산태 질소함량도 각 지점별로는 암모니아태 질소와 같은 경향이었으며 그 평균치는 1.22-2.37ppm 범위였다. 공장폐수와 생활하수유출지점의 질산태 질소함량 평균치는 각각 10.6ppm 및 15.49ppm이었

Table 3.  $NH_4^-N$  and  $NO_3^-N$  of the irrigation water in Gimhae plain.

Sampling Sites.	$NH_4^-N$ (ppm)										$NO_3^-N$ (ppm)						
	June 14	June 28	July 19	July 19	Aug. 06	Aug. 23	Sept. 18	Sept. 28	Ave- rage	June 14	June 28	July 19	Aug. 06	Aug. 23	Sept. 18	Sept. 28	Ave- rage
	1. Daejeo	3.08	3.78	2.80	2.80	0.42	0.24	2.80	0.70	1.97	3.50	0.21	2.52	1.26	0.28	0.35	2.50
2. Sikman	2.43	1.67	3.36	2.31	1.28	3.64	2.47	2.45	2.45	3.01	1.40	2.52	1.61	1.14	3.15	2.11	2.13
3. Bongrim	1.14	3.34	3.22	1.05	7.15	3.92	0.70	2.93	2.93	1.33	1.68	2.94	1.89	0.94	1.05	3.10	1.85
4. Myeongji	2.49	2.06	0.98	1.54	1.30	3.68	0.84	1.84	1.84	1.49	1.37	0.80	1.14	0.92	1.95	0.90	1.22
5. Noksan	0.84	2.84	4.06	1.40	1.68	8.68	1.12	2.95	2.95	0.98	1.93	3.92	1.40	1.94	1.05	5.40	2.37
6. Jangyou	4.20	4.24	2.24	0.70	0.84	0.70	2.10	2.15	2.15	1.31	3.87	1.66	0.75	0.48	0.63	1.40	1.44
7. Industrial wastewater	1.19	15.89	12.56	12.04	14.13	13.72	13.72	11.89	11.89	1.96	3.36	10.60	12.39	15.42	14.21	16.30	10.60
8. Domestic wastewater	20.20	16.20	10.78	12.95	19.21	13.06	21.12	16.22	16.22	18.40	15.50	13.30	13.30	18.36	10.01	19.60	15.49

다.

그리고 각 수계별 경지 면적, 총 양수량, 10a당 양수량 및 관개수에 의한 질소공급량을 환산한 결과는 Table 4에서는 보는 바와 같다.

10a당 양수량은 1988년 6월, 7월, 8월 및 9월의 수도 재배기간동안 지역별 실제로 양수한 총량을 실제 관개한 면적으로 나눈 값이며, Table 4에 기입된 총 양수량은 10a당 양수량을 지역별 총경지면적으로 곱한, 역계산한 값이며 따라서 총 양수량은 실제 양수한 총량과는 차이가 있다. 즉 1988년을 기준으로 보면 각 수계별 총 경지면적중에서 비닐하우스 재배등으로 실제 양수하지 않은 면적이 상당히 있었으므로 10a당 양수량은 실제 총 양수한 량(유실량 30% 공제)에서 양수하지 않은 경지 면적은 제외하고 실제로 관개한 면적만으로 나눈 값이므로 표에 나타난 총 관개수량은 실제 관개한 총량과는 차이가 있다. 따라서 표의 총 양수량은 전 경지면적을 모두 관개한다고 가정했을 때의 양수량을 말한다.

이렇게 했을때 김해평야 11,403ha에 관개한 총 관개수량은 1억 6980만<sup>3</sup>이며 평균 10a당 관개수량은 1,215<sup>3</sup>이었다. 그리고 관개수에 의한 질소의 천연공급량은 각 수계별 차이가 심하였으며, 그 평균치로 볼때 암모니아태 질소가 2.91Kg/10a, 질산태 질소가 2.18Kg/10a, 그리고 암모니아태 및 질산태 질소의 총량이 5.09Kg/10a이었다. 관개수에 의한 질소의 총 공급량을 지역별로 보면 대저 6.82Kg/10a, 식만 5.98 Kg/10a, 봉림 6.64Kg/10a, 명지 2.31Kg/10a, 녹산 6.22Kg/10a 그리고 장유는 2.54Kg/10a 있었다. 대저가 관개수중 암모니아태 및 질산태질소농도가 타 지역에 비하여 낮았음에도 불구하고 10a당 질소공급량

이 가장 높게 나타난 것은 대저 양수장에서 10a당 관개수량이 타 지역에 비해 월등히 많았기 때문이다.

따라서 김해평야는 전역이 관개수에 의한 천연공급량이 많았으므로 이를 감안할 질소질 비료 사용량을 감비할 필요가 있을 것으로 판단되며, 특히 각 수계별 관개수에 의한 질소 공급량의 차이가 대단히 크므로 수계별로 질소질 비료의 사용량을 달리해야 할 것으로 본다.

관개수중 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>와 K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와 Cl<sup>-</sup> 및 중금속 함량은 Table 5,6 및 7에서 보는바와 같이 각 지점의 시기별 평균치는 PO<sub>4</sub>-P가 0.07-1.35ppm, K<sup>+</sup>: 3.9-14.0ppm, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 26.5-96.3ppm, Cl<sup>-</sup>: 43.3-557.7ppm, Fe: 0.48-4.09ppm, Mn: 0.13-0.77ppm, Pb: 0.15-0.53 ppm, Zn: 0.02-0.37ppm, Cu: 0.02-0.09ppm 및 Cd: 0.005-0.019ppm 범위였다.

2. 양수장 수계별 벼 양분공급 및 수량

김해평야 양수장 수계별 및 수도 생육시기별 수도잎중 T-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 K<sub>2</sub>O 함량은 Table 8에서 보는바와 같다. 수도잎중 전질소함량을 보면 식만, 봉림 및 녹산부근이 대저, 명지 및 장유 부근에 비하여 전생육시기에 있어 약간 증가하는 경향이였으며, 특히 수확기의 수도잎중 질소함량은 봉림과 녹산이 타 지역에 비하여 높은 경향이였다.

그리고 관개수중 암모니아태질소와 무작위로 채취한 김해평야 수도잎중 질소함량과의 관계를 검토한 결과 Fig.1에서 보는바와 같이 고도의 유의적인 정 상관에 있었다.

그의 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, CaO 및 MgO 함량은 Table 8

Table 4. Nitrogen supply by irrigation water in Gimhae plain.

Sampling sites.	Area (ha)	Total irrigation water (m <sup>3</sup> )	Irrigation water per 10a (m <sup>3</sup> )	Nitrogen supply by irrigation (Kg/10a)		
				NH <sub>4</sub> - N	NO <sub>3</sub> - N	Total
1. Daejeo	5309	103,684,770	1953	3.85	2.97	6.82
2. Sikman	1876	24,425,520	1302	3.19	2.79	5.98
3. Bongrim	1315	18,528,350	1409	4.03	2.61	6.64
4. Myeongji	1129	8,501,370	753	1.39	0.92	2.31
5. Noksan	462	5,405,400	1170	3.45	2.77	6.22
6. Jangyou	1312	9,262,720	706	1.52	1.02	2.54
Total (Average)	11403	169,808,130	(1215)	(2.91)	(2.18)	(5.09)

Table 5. PO<sub>4</sub>-P and K<sup>+</sup> of the irrigation water in Gimhae plain.

Sampling Sites.	PO <sub>4</sub> -P												K <sup>+</sup>											
	June 14			June 28			July 19			Aug. 06			Aug. 23			Sept. 18			Sept. 28			Ave- rage		
1. Daejeo	0.09	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.08	0.09	0.12	0.07	4.3	3.0	4.3	4.3	2.7	3.9	5.1	4.2	3.9	4.3	3.0	4.3	
2. Sikman	0.88	0.98	0.28	0.28	2.03	0.30	0.30	0.89	0.78	0.88	0.88	5.4	14.3	4.8	7.1	8.6	11.5	8.6	8.6	8.6	5.4	14.3	4.8	
3. Bongrim	0.45	0.31	0.24	0.24	0.08	0.39	0.74	0.45	0.38	0.38	5.4	14.3	5.6	9.4	12.9	15.3	19.0	11.7	11.7	5.4	14.3	5.6		
4. Myeongji	0.42	0.38	0.45	0.45	0.45	0.38	0.42	0.43	0.42	0.42	7.8	10.8	10.5	7.2	10.3	8.6	8.4	9.1	9.1	7.8	10.8	10.5		
5. Noksan	0.18	0.28	0.10	0.11	0.34	0.36	0.25	0.23	0.23	0.23	16.6	1.5	4.5	8.2	7.9	11.2	14.8	9.2	9.2	16.6	1.5	4.5		
6. Jangyou	0.23	0.28	0.08	0.14	0.21	0.48	0.49	0.27	0.27	0.27	8.7	7.2	4.4	5.6	19.4	7.1	6.3	8.4	8.4	8.7	7.2	4.4		
7. Industrial wastewater	0.82	1.36	1.87	1.27	1.10	1.78	1.28	1.35	1.35	1.35	13.0	12.8	13.1	15.4	10.4	13.6	13.4	13.1	13.1	13.0	12.8	13.1		
8. Domestic wastewater	0.48	0.76	0.73	0.31	0.48	0.37	0.84	0.57	0.57	0.57	20.2	13.8	7.8	14.5	17.2	11.9	12.3	14.0	14.0	20.2	13.8	7.8		

Unit : ppm

Table 6. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and Cl<sup>-</sup> of the irrigation water in Gimhae plain.

Sampling Sites.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>												Cl <sup>-</sup>											
	June 14			June 28			July 19			Aug. 06			Aug. 23			Sept. 18			Sept. 28			Ave- rage		
1. Daejeo	14.4	9.3	17.0	17.0	8.7	13.1	63.0	60.0	26.5	26.5	32.0	40.8	44.7	21.3	30.1	59.0	75.2	43.3	43.3	32.0	40.8	44.7		
2. Sikman	13.9	20.4	51.6	9.2	25.2	61.0	30.0	30.2	30.2	30.2	91.4	328.4	93.6	99.4	198.6	287.0	180.0	182.6	182.6	91.4	328.4	93.6		
3. Bongrim	14.9	32.3	52.0	11.4	36.8	82.0	85.0	44.9	44.9	44.9	114.1	873.3	140.4	200.6	437.6	621.0	1517.0	557.7	557.7	114.1	873.3	140.4		
4. Myeongji	28.1	19.4	64.0	17.2	35.8	68.0	63.0	42.2	42.2	42.2	688.7	180.9	326.0	96.5	286.5	447.0	392.6	345.5	345.5	688.7	180.9	326.0		
5. Noksan	40.7	19.3	46.7	12.8	18.9	78.0	70.0	40.9	40.9	40.9	815.7	337.3	90.8	184.6	219.9	328.0	100.1	296.6	296.6	815.7	337.3	90.8		
6. Jangyou	20.8	15.0	70.0	14.9	19.4	52.0	53.0	35.0	35.0	35.0	190.5	158.0	107.1	85.2	92.2	110.0	151.1	127.7	127.7	190.5	158.0	107.1		
7. Industrial wastewater	16.4	21.5	96.3	19.0	33.9	247.0	240.0	96.3	96.3	96.3	237.8	344.4	231.0	120.7	186.5	223.0	275.0	231.2	231.2	237.8	344.4	231.0		
8. Domestic wastewater	13.1	36.3	49.8	17.8	16.9	51.0	69.0	36.3	36.3	36.3	135.3	96.1	48.9	67.5	88.7	98.0	138.4	96.1	96.1	135.3	96.1	48.9		

Unit : ppm

Table 7. Heavy Metals content of the irrigation water in Gimhae plain.

Unit : ppm

Sampling Sites.	Fe									Mn									Pb														
	June			July			Aug.			Sept.			Ave- rage			June			July			Aug.			Sept.			Ave- rage					
	14	28	19	06	23	18	28	18	28	18	28	18	28	14	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18
1. Daejeo	0.23	0.29	0.49	0.66	0.65	0.61	0.43	0.48	0.07	0.07	0.21	0.08	0.15	0.12	0.23	0.13	0.02	0.05	0.23	0.36	0.18	0.17	0.19	0.17	0.17	0.17	0.02	0.03	0.33	0.25	0.18	0.15	0.17
2. Sikman	0.25	0.18	1.25	1.30	0.57	0.60	0.71	0.69	0.09	0.07	0.17	0.14	0.15	0.12	0.16	0.13	0.02	0.01	0.20	0.25	0.46	0.31	0.19	0.21	0.34	0.04	0.59	0.39	0.23	0.45	0.36	0.32	0.34
3. Bongrim	0.17	1.17	0.48	0.50	0.65	0.61	0.59	0.60	0.10	0.06	0.19	0.17	0.23	0.15	0.17	0.15	0.02	0.04	0.59	0.39	0.23	0.45	0.36	0.32	0.34	0.03	0.05	0.25	0.18	0.43	0.18	0.19	0.15
4. Myeongji	0.73	0.3	0.57	0.32	0.41	0.55	0.78	0.60	0.29	0.19	0.17	0.23	0.17	0.24	0.14	0.20	0.04	0.05	0.25	0.18	0.43	0.18	0.19	0.15	0.15	0.03	0.03	0.10	0.38	0.20	0.12	0.15	0.15
5. Noksan	0.25	0.35	1.16	0.55	0.50	0.50	0.56	0.55	0.33	0.36	0.27	0.12	0.18	0.25	0.18	0.24	0.03	0.05	0.25	0.18	0.43	0.18	0.19	0.15	0.15	0.05	0.03	0.10	0.38	0.20	0.12	0.15	0.15
6. Jangyou	0.46	1.49	1.12	2.63	0.94	0.89	1.33	1.27	0.20	0.12	0.36	0.22	0.23	0.18	0.22	0.05	0.05	0.06	0.51	1.79	0.52	0.63	0.53	0.53	0.53	0.05	0.06	0.51	1.79	0.52	0.63	0.53	
7. Industrial wastewater	1.03	11.00	2.16	1.43	5.10	3.26	4.64	4.09	0.19	0.86	0.22	0.41	1.97	0.86	0.87	0.77	0.04	0.21	0.23	0.18	0.61	0.27	0.29	0.26	0.26	0.04	0.21	0.23	0.18	0.61	0.27	0.29	
8. Domestic wastewater	1.43	2.78	1.94	2.59	2.56	2.45	2.13	2.27	1.10	0.99	0.59	0.36	0.53	0.65	0.66	0.70	0.04	0.21	0.23	0.18	0.61	0.27	0.29	0.26	0.26	0.04	0.21	0.23	0.18	0.61	0.27	0.29	

Sampling Sites.	Zn									Cu									Cd														
	June			July			Aug.			Sept.			Ave- rage			June			July			Aug.			Sept.			Ave- rage					
	14	28	19	06	23	18	28	18	28	18	28	18	28	14	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18	28	14	28	19	06	23	18
1. Daejeo	0.01	0.01	0.09	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.005	0.006	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.010	0.006	0.004	0.002	0.003	0.002	0.008	0.005	0.005	0.010	0.008	0.010	0.007	0.010	0.009	0.009	0.009
2. Sikman	0.01	0.01	0.24	0.08	0.17	0.18	0.10	0.11	0.004	0.004	0.03	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.010	0.008	0.010	0.007	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.014	0.020	0.004	0.006	0.020	0.011	0.012
3. Bongrim	0.01	0.01	0.08	0.06	0.02	0.01	0.04	0.03	0.005	0.004	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.010	0.014	0.020	0.004	0.006	0.020	0.011	0.012	0.012	0.010	0.012	0.014	0.009	0.010	0.013	0.012	0.012
4. Myeongji	0.01	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.010	0.030	0.03	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.010	0.012	0.011	0.009	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.012	0.014	0.009	0.010	0.013	0.012	0.012
5. Noksan	0.01	0.01	0.09	0.16	0.04	0.04	0.06	0.06	0.017	0.002	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.010	0.012	0.011	0.010	0.009	0.010	0.011	0.010	0.010	0.010	0.012	0.014	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010
6. Jangyou	0.01	0.01	0.19	0.03	0.56	0.15	0.16	0.16	0.007	0.006	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.010	0.008	0.008	0.005	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.010	0.008	0.008	0.005	0.010	0.010	0.009	0.009
7. Industrial wastewater	0.01	0.39	0.36	0.29	0.77	0.42	0.37	0.37	0.017	0.092	0.09	0.09	0.18	0.09	0.08	0.09	0.012	0.020	0.020	0.011	0.023	0.021	0.026	0.019	0.019	0.012	0.020	0.020	0.011	0.023	0.021	0.026	0.019
8. Domestic wastewater	0.01	0.09	0.12	0.11	0.15	0.11	0.10	0.10	0.028	0.020	0.12	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04	0.010	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010

원래 : 김해평야관개수 오염도가 표 양상금속의 미초단

Table 8. Total N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O content of rice straw at growing stages.

Sampling Sites.	Total N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			
	Tillering stage	Max. Tillering stage	Young Panicle formation stage	Head-ing stage	Harvesting time	Tillering stage	Max. Tillering stage	Young Panicle formation stage	Head-ing stage	Harvesting time
1. Daejeo	2.99	1.90	1.25	0.82	0.55	0.88	0.88	0.61	0.84	0.24
2. Sikman	3.08	2.03	1.14	0.77	0.55	0.80	0.83	0.59	0.90	0.22
3. Bongrim	2.66	2.03	1.17	0.98	0.59	0.76	0.81	0.59	1.10	0.27
4. Myeongji	3.08	2.00	1.20	0.90	0.51	0.81	0.83	0.58	1.04	0.28
5. Noksan	3.09	2.05	1.20	0.89	0.56	0.79	0.82	0.63	0.95	0.21
6. Jangyou	2.97	1.97	1.23	0.86	0.52	0.75	0.81	0.50	0.82	0.20

연구논문 발표회지

Table 9. CaO, MgO and SiO<sub>2</sub> content of rice straw at growing stages.

Sampling Sites.	SiO <sub>2</sub>			CaO			MgO			
	Tillering stage	Max. Tillering stage	Young Panicle formation stage	Head-ing stage	Harvesting time	Tillering stage	Max. Tillering stage	Young Panicle formation stage	Head-ing stage	Harvesting time
1. Daejeo	4.9	5.9	6.4	7.5	8.8	0.29	0.26	0.28	0.38	0.50
2. Sikman	5.4	6.3	6.8	7.6	8.6	0.25	0.24	0.25	0.32	0.56
3. Bongrim	5.1	6.4	7.1	7.4	8.6	0.25	0.29	0.24	0.30	0.42
4. Myeongji	5.0	6.2	6.8	8.2	9.2	0.29	0.26	0.27	0.36	0.44
5. Noksan	4.7	5.8	6.4	7.5	8.7	0.27	0.24	0.25	0.33	0.50
6. Jangyou	5.3	6.4	7.1	7.7	8.5	0.27	0.29	0.32	0.31	0.40

제9권 제2호 (1989)

Unit : %



및 9에서 보는 바와 같이 수계별 및 생육시기별로 별 차이가 없었다.

그리고 김해평야의 각 양수장 수계별 10개 포장을 임의로 선정하고 1개 포장당 12m<sup>2</sup>를 선정하여 수도의 수량 및 수량구성요소를 조사한 결과는 Table 10과 같다. 각 지역간 수도의 수량은 통계적인 유의성은 없었으나, 녹산이 716Kg/10a로서 가장 높고 그

다음이 봉림 641Kg/10a 이었으며 명지 632Kg/10a 이었으며 식만 부근이 544 Kg/10a로서 가장 낮았다. 식만 부근의 수량이 타지역에 비해 낮은 것은 오염된 관개수를 이용함으로써 질소과다에 기인된 것으로 추측하며, 이 지역은 질소시비량을 절감해야 할 것으로 본다. 수도의 수량 구성요소는 각 지역간 별 차이가 없었다.

Table 10. Yield and Yield components of paddy rice.

Sampling Sites.	Grain Yield (Kg/10a)	No. of panicles per plant	No. of spikelets per panicle	% of filled grain	Weight of 1000 grains(G) (g)
1. Daejeo	605.5	19.7	70.6	86.1	25.7
2. Sikman	544.5	18.2	62.8	89.3	27.2
3. Bongrim	641.5	20.9	71.9	87.9	24.9
4. Myeongji	662.6	19.7	71.5	86.4	26.8
5. Noksan	716.5	20.1	69.3	90.0	26.5
6. Jangyou	628.9	18.3	67.2	88.7	26.4

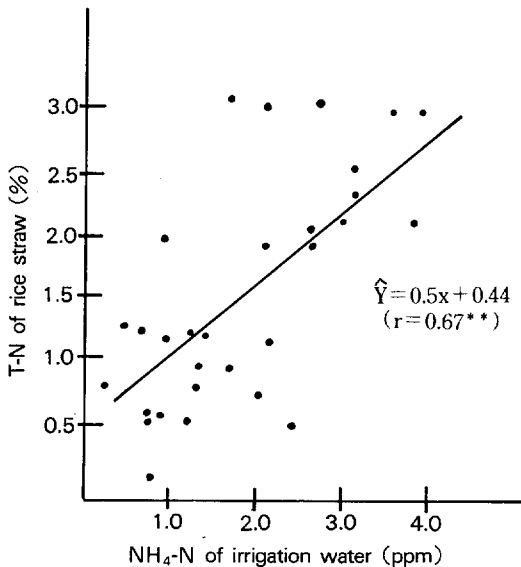


Fig. 1. Relationship between NH<sub>4</sub><sup>+</sup> of the irrigation water and Total Nitrogen of rice straw.

### 요 약

김해평야의 6개 관개 수계별 및 시기별로 농업용수 오염 및 벼의 무기성분 함량을 조사하고, 관개수에 의한 질소 공급량을 산출한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 각 지점의 농업용수의 시기별 평균치는 pH 6.5-7.0, DO 0.6-7.7ppm, BOD4.4-63.5ppm, COD 7.3-73.9 ppm, NH<sub>4</sub>-N 1.84-16.22ppm, NO<sub>3</sub>-N 1.22-15.4ppm, PO<sub>4</sub>-P 0.07-1.35ppm으로서 양수장 수계별로 큰 차이가 있었다. 농업 용수중 중금속 함량은 지역별 및 시기별로 별 차이가 없었다.

2) 지점별로 오염도가 높은곳은 식만, 봉림 및 녹산이었으며, 오염도가 낮은 곳은 대저, 명지 및 장유 양수장 부근이었다.

3) 연간 관개수에 의한 질소공급량은 대저 6.82 Kg/10a, 식만 5.98Kg/a, 봉림 6.64Kg/10a, 명지 2.31 Kg/10a, 녹산 6.22Kg/10a 그리고 장유가 2.54Kg/10a로서 각 양수장 수계별로 관개수에 의한 질소공급

량이 큰 차이가 있었다.

4) 관개수중 암모니아태 질소와 수도잎중 질소합량 간에는 고도의 유의적인 정의 상관성이 있었으며, 수도잎중 전 질소 합량은 전반적으로 식만, 봉림 및 녹산 부근이 타 지역에 비해 약간 증가 하는 경향이 있었다.

5) 각 지역별 수도의 수량은 통계적인 유의성은 없었다.

이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

1). 하호성, 정태명, 조무제, 양민석, 윤한대, 허종수. 19

82. 경남지방의 하천수질 오염에 관한 연구. 제2보 낙동강 및 남강하류의 수질 오염실태. 경상대 논문집 21 : 133-140

2). 하호성, 허종수. 1982. 김해평야의 관개수 오염에 관한 연구. 한국환경농학회지 1(1) : 22-30

3). 松岡義浩, 伊藤信, 渡邊久男. 1985. 第11部門 環境保全. 日本土肥誌 56(6) : 571-581

4). 高村義親, 田淵俊雄, 張替泰. 1979. 水田の物質收支 關に 研究(第3報). 日本土肥誌 50(3) : 211-216

5). APHA, AWWA, WPCF. 1982. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater.

6). 전국환경관리인 연합회. 1989. 환경관계법규. 동화기술 : 95