

## 논농사가 천층지하수의 수질에 미치는 영향

강운주<sup>1)\*</sup> · 서영진<sup>2)</sup> · 이동훈 · 최충렬 · 박 만 · 최 정

<sup>1)</sup>경북도보건환경연구원, <sup>2)</sup>경북농업기술원, 경북대학교 농화학과

(2000년 9월 5일 접수, 2001년 11월 16일 수리)

### The Effect of Rice Farming on the Shallow Ground Water Quality

Yun-Ju Kang<sup>1)\*</sup>, Young-Jin Seo<sup>2)</sup>, Dong-Hoon Lee, Choong-Lyeal Choi, Man Park and Jyung Choi (<sup>1)</sup>Kyungpook Government Institute of Health and Environment, Daegu 702-702, Korea, <sup>2)</sup>Kyungbuk Agricultural Technology Administration RDA, Daegu 702-320, Korea, Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

**Abstract** : This study was conducted to investigate the effect of rice farming on seasonal, regional quality of shallow ground water. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) concentration of paddy soil was found to be the highest in April. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) concentration of soil and the ground water was determined to be lower during the growing period, May to August than any other periods. Seasonal change of K concentration in soils was shown to be in the tendency similar to that of  $\text{NH}_4^+$ . However,  $\text{Cl}^-$  concentration of soils and the ground water was not changed significantly.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , K and  $\text{Cl}^-$  concentration in W-3 ground water was higher than those of W-1 and W-2. It was clear that nutrients ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , K, Cl) should be leached from the adjacent soil to W-3 ground water by water stream. From this study it is apparent that nutrients can be easily leaching from sandy soils and transported into ground water, but rice plant farming is not non point source of groundwater pollution.

## 서 론

근래에 들어 농업에서는 농산물을 대량 생산과 생산비 절감을 위한 화학비료의 과다사용과 집약적 재배 등으로 인해 경작지의 토양오염이 가속화되고 있다. 또한 농업에 의해 발생하는 오염은 비점오염원으로 오염의 제어가 곤란하고 적절한 처리과정을 거치지 않은 고농도의 부하량을 가진 오염물질을 생산하여 토양오염 뿐만 아니라 토양을 통한 지하수마저 오염이 심화되고 있는 실정이다.<sup>1-3)</sup>

지하수는 토양의 아래에 위치하므로 그 수질은 지하수층 위에 존재하는 토양의 특성과 오염정도에 크게 영향을 받을 수 있으며, 농업에 의한 지하수 오염은 지하수 깊이<sup>4)</sup>, 영농형태<sup>5)</sup>, 오염원 종류<sup>6)</sup> 등에 영향을 받는다. 이를 해결하기 위하여 적정 시비량의 결정을 통한 염류축적의 억제, 지하수로의 용탈 방지 및 오염원의 토양 중 이동에 대한 특성 등 다양한 연구가 진행되고 있다. 그리고 지하수는 위치에 따라 지하수위에 변화가 있으며 지하수위의 고저에 따라 이동한다.

외국의 경우 지하수위에 따른 질산태질소의 이동<sup>7)</sup>, 비점오염

원에 의한 오염물의 행동 등에 대한 연구<sup>8)</sup> 등이 활발히 이루어지고 있으나 우리 나라에서는 지하수의 이동방향이나 지하수위에 대한 기초자료가 부족하여 지하수로 용탈된 오염물질의 이동에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 토양 아래에 위치하는 천층지하수질을 지하수위별로 조사하여 논농사가 지하수의 수질에 미치는 영향을 규명하여 오염물질의 이동에 대한 기초자료로 사용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 조사지역 및 현황

조사지역은 경상북도 고령군 고령읍에서 북쪽으로 6 km 지점에 위치한 운수면 대평동일대의 곡간 (谷間) 평야로서 Fig. 1과 같았다.

이 평야의 북으로는 태봉재, 북동쪽으로 칠영재, 동쪽으로 물란봉으로 둘러싸여 있고 수계는 칠영재, 태봉재에서 발원, 합류후 조사지점을 통과하여 낙동강 지류인 대가천으로 유입되며 지하수 관정은 논 토양의 중간에 위치하고 있으며 지하수 층의 높이는 농어촌진흥공사의 보고<sup>9)</sup>를 기초로 하여 조사지점의 지하수를 실측하여 비교하였다.

\*연락처자

Tel : +82-53-950-9717 Fax : +82-53-953-7233

E-mail : choij@bh.kyungpook.ac.kr

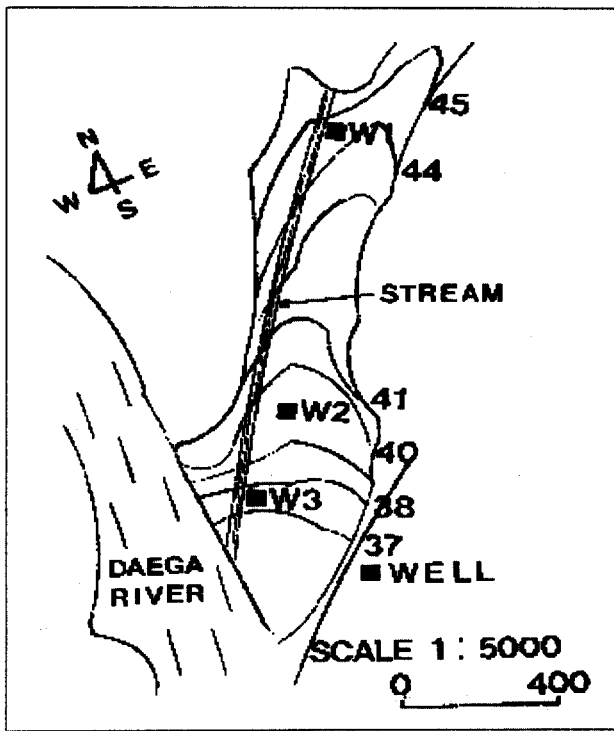


Fig. 1. Contours of ground water table and sampling sites in the study area.

- \* values mean the water table level(m) of ground water
- \* W1, W2, W3 : Sampling site

지하수 채취는 1996년 3월에서 11월까지 1개월 단위로 매월 하순에 실시하였고 채취지점은 지하수위를 고려하여 3곳을 선정 (W1-44 m, W2-40~41 m, W3-37~38 m)하였다.

조사지역은 약 70~80 cm깊이에 자갈층이 있고 약 5 m 깊이에 암반층이 존재하며 지하수층은 5 m 깊이 이내였고 토성은 모래 (sand)가 약 70%정도, 미사 (silt) 16%정도, 점토 (clay) 14%정도의 사양토가 대부분으로 물의 투수가 좋은 토양이었다. 벼재배는 약 5월중순경 토양을 경운하여 5월 하순경 벼를 이앙하였으며 수확은 10월 하순경이었고 실태조사는 농가 청취조사에 의했다.

**실험방법**

토양은 지하수 채취를 위한 지하관정 부근의 3곳을 선정하여 채토기 (Auger)를 사용하여 20, 40 및 60 cm 깊이로 채취한 후 폴리에틸렌 봉지에 담아 4℃에 냉장 보관하면서 분석시료로 사용 하였다. 토양의 수용성 물질은 토양 20 g에 증류수 50 mL를 첨가하고 2시간 동안 진탕하여 여과한 후 여액을 원자흡광분석기 (Perkin Elmer 3300, U.S.A)로 정량하고 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 및 각종 음이온은 이온분석기 (Dionex 120, U.S.A)를 사용하여 분석하였다.

지하수는 지하수위가 각기 다른 3곳을 선정하여 휴대용 진공 펌프를 이용하여 채수 후 보관용기에 담아 운반, 분석 전까지 4℃에서 보관하였다.

지하수의 분석방법은 양이온은 원자흡광분석기 (Perkin Elmer 3300, U.S.A)로 음이온과 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>는 이온분석기 (Dionex 120, U.S.A)로 분석하였다.

**수질지수**

수질지수 (Water quality index)는 Prati's Implicit index of pollution (PI)을 활용하였는데, 각 수질항목별로 Prati's index의 공식에 오염정도를 점수화하여 다음 식[I-1]에 따라 산술 평균하였다.

$$I = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n I_i \dots \dots [I-1]$$

I : Index of pollutant

각 항목별 오염지수(I)의 산출은 항목별 산출식에 의했는데 pH는 0<X<5일 경우 I = -0.4X<sup>2</sup> + 14, 5<X<7일 경우 I = -2X<sup>2</sup> + 14, 7<X<9일 경우 I = X<sup>2</sup> - 14X + 49의 식을 사용하였고 COD (mg/L)는 I = 0.1X, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N (mg/L)은 I = 2[2.1log10X], NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N (mg/L)은 I = 2[2.1log0.25X], Cl<sup>-</sup> (mg/L)는 0<X<50일 경우 I = 0.000228X<sup>2</sup> + 0.0344X, 50<X<300일 경우 I = 0.000132X<sup>2</sup> + 0.0074X + 0.6의 식을 사용하였다.

본 연구에서는 PI지수의 평가항목은 pH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, Cl<sup>-</sup>을 사용하였고 COD는 1 mg/L 이하로써 오염도에 거의 영향을 미치지 않아 PI지수 평가항목에서 제외하였다.

**결과 및 고찰**

**토양 중 암모니아이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

논토양에 함유된 암모니아이온의 토양 깊이 및 계절별 변화는 Table 1과 같았다. 논토양에 함유된 암모니아이온의 농도는 4~5 월경에 높은 편이었고 9월경부터 감소하였는데 이는 암모니아이온의 일부가 토양수의 흐름에 따라 이동, 용탈되었고 또 일부는 벼에 의해 흡수되었으며 또한 9월이후 토양이 산화상태로 되었기 때문으로 생각된다. 비교적 표토에서 암모니아이온의 농도가 높았지만 40 cm, 60 cm깊이까지도 암모니아이온이 검출되었으므로 이는 조사지역이 논이지만 사질토양이므로 토양수의 흐름에 따라 쉽게 하향 이동하였기 때문으로 생각된다.

**토양 중 질산이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

논토양 중 질산이온의 토양깊이에 따른 계절별 변화는 Table 2와 같았다. 논토양 중의 질산이온 질소농도는 4월부터 5월경에 질산이온의 농도가 비교적 높아졌는데 조사시점이 매월 하순경이므로 4월말~5월상순경 사용된 비료성분에 의한 영향인 것으로 생각되며 담수에 의해 비료성분이 용탈되어 담수기간인 6월이후 급격히 감소한 것으로 판단된다.

Table 1. Seasonal changes of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) concentration of paddy soils in vertical distribution

Sampling site	Depth	Month									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	cm	mg/L									
W-1	20	2.02	14.10	12.30	11.78	10.20	10.24	5.52	6.53	4.04	
	40	3.27	5.02	7.89	8.47	8.90	7.81	2.55	4.99	6.54	
	60	1.65	2.11	6.88	8.94	9.22	9.05	4.23	6.22	3.31	
W-2	20	1.92	12.20	11.54	10.21	8.64	7.86	5.05	5.00	3.29	
	40	1.52	4.89	6.97	7.31	7.00	9.78	4.94	5.25	3.05	
	60	1.67	2.77	5.87	7.13	8.31	11.55	13.43	7.75	3.34	
W-3	20	1.88	13.47	12.77	8.48	7.95	10.42	7.06	4.53	3.75	
	40	1.56	4.57	7.22	7.49	9.55	10.20	8.46	6.45	3.09	
	60	1.67	4.17	5.94	7.02	7.23	8.97	7.51	8.10	3.50	

Table 2. Seasonal changes of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) concentration of paddy soils in vertical distribution

Sampling site	Depth	Month									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	cm	mg/L									
W-1	20	5.89	34.20	19.02	3.42	0.93	0.71	0.57	2.35	4.50	
	40	3.39	19.47	22.11	4.02	1.75	0.71	0.97	2.21	2.87	
	60	2.72	16.38	23.40	3.68	1.65	0.79	1.86	1.63	2.80	
W-2	20	4.14	31.28	15.13	4.13	0.59	0.51	2.39	2.75	5.15	
	40	2.94	17.67	17.32	3.01	0.61	0.78	1.74	2.93	4.70	
	60	4.34	15.49	18.02	4.54	0.41	1.21	5.39	4.82	4.63	
W-3	20	3.28	29.87	22.41	6.70	0.40	0.84	0.85	1.05	1.63	
	40	3.34	20.44	20.17	5.83	0.52	0.79	0.53	0.65	0.87	
	60	2.36	19.07	23.44	5.19	0.77	0.70	0.96	0.53	2.35	

심토에서도 비교적 많은 양의 질산이온이 검출되어 조사지역의 투수성이 높으므로 담수시 토양용액과 함께 용탈되어, 하향 이동이 쉽게 이루어지는 것으로 생각된다.

#### 토양 중 칼륨(K)

토양 중 칼륨농도의 토양 깊이에 따른 계절별 변화는 Table 3과 같다. 칼륨의 농도는 이앙전 4월까지 약간 높은 편이고 이앙 후에는 낮아졌는데 우리나라 토양의 주된 구성광물인 장석류에 함유된 칼륨성분이 풍화, 토양반응에 의해 토양용액중으로 계속 공급될수 있으므로 조사지점의 칼륨이온 변화는 비료시용에 의한 것보다 토양에서 공급되는 칼륨이온이 관개수의 공급에 따른 농

도변화가 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

#### 토양 중 염소이온( $\text{Cl}^-$ )

논토양 중 염소이온의 토양깊이에 따른 계절별 농도변화는 Table 4와 같았다. 논토양 중의 염소이온 농도는 벼 생육기간 동안 큰 변화없이 비슷한 농도를 나타내었고 이앙 이후에는 약간 농도가 낮은 편이었다. 담수전인 3~4월에는 표토에서 농도가 높고 담수기간인 5~8월에는 심토에서도 비교적 표토와 유사한 농도를 나타내었는데 염소이온이 토양수분의 흐름에 따라 하층으로 이동한 결과로 생각되어지며 유등<sup>10)</sup>의 보고에 의하면 수분함량이 많을수록 염소이온의 하향이동은 빠르게 진행된다고 보고하였다.

Table 3. Seasonal changes of potassium (K<sup>+</sup>) concentration of paddy soils in vertical distribution

Sampling site	Depth	Month								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	cm	K concentration mg/L								
W-1	20	5.76	43.70	40.10	21.90	8.10	1.69	5.18	4.21	2.95
	40	4.81	12.00	22.00	20.00	4.55	1.67	5.22	4.04	2.74
	60	5.39	10.91	18.78	17.44	4.67	1.95	2.56	2.63	2.81
W-2	20	9.38	39.28	33.22	19.40	8.41	17.29	4.64	1.57	2.08
	40	8.77	19.47	17.04	14.00	5.31	9.55	4.91	2.37	2.85
	60	10.06	16.56	15.44	10.00	4.80	8.09	3.19	2.87	3.23
W-3	20	5.45	37.40	29.71	13.41	10.88	2.54	2.94	2.97	2.54
	40	5.51	19.00	20.41	11.27	9.47	1.89	3.33	2.29	2.97
	60	4.80	14.70	15.60	10.08	8.20	1.88	4.63	2.53	3.47

Table 4. Seasonal changes of chloride (Cl<sup>-</sup>) concentration of paddy soils in vertical distribution

Sampling site	Depth	Month								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
	cm	mg/L								
W-1	20	6.33	6.21	4.30	5.17	3.60	4.11	3.93	5.58	5.86
	40	3.79	4.42	5.10	4.54	5.06	3.51	2.73	3.84	4.98
	60	3.45	3.99	4.12	4.20	5.22	3.42	3.36	3.05	4.08
W-2	20	8.49	8.70	7.93	6.41	4.13	5.95	6.46	5.82	6.75
	40	5.77	5.77	6.57	5.99	4.41	5.87	5.15	6.63	6.19
	60	5.29	5.29	6.19	5.88	3.55	10.70	9.28	5.45	5.49
W-3	20	8.10	8.07	7.28	5.34	2.56	6.33	5.17	4.96	5.04
	40	7.93	7.52	6.41	4.89	3.34	6.23	5.09	5.16	4.47
	60	6.75	6.98	6.50	6.02	3.19	6.45	4.92	3.71	6.05

천층지하수 중 질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

계절별, 지하수위별 농도양 중에 함유된 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 농도의 변화는 Fig. 2와 같다. 지하수위가 낮고 하류에 위치한 W3관정에서 암모니아 및 질산이온의 농도가 가장 높았고 W2>W1의 순이었고 암모니아이온은 재배기간동안 1 mg/L미만의 농도였고 질산이온은 4월경 25 mg/L로 가장 높았고 담수기간인 5월에서 8월까지 감소하다 9월부터 높아졌다. 환경중 존재하는 질소는 대부분이 질산태, 아질산태 및 암모니아태의 3가지의 형태로 존재하며 비교적 질산태질소의 함량이 많고 그 다음이 암모니아태 질소이고 아질산태 질소는 불안정하여 그 양이 아주 적다. 토양중 질산태질소는 수분의 흐름에 따라 확산하여 토양중 다른 이온과 치환하여 흡착되거나 식물에 흡수되지만 상당량은 토양 수분을 따라

지하로 유출된다.

본 조사지역은 질소성분이 토양수의 흐름에 따라 지하수계로 이동하기 쉬운 사질 토양이었으므로 비록 양이온인 암모니아태 질소일지라도 양이온 치환용량이 작아 토양에 흡착되는 양이 적어 포화수분에 의해 쉽게 용탈될 가능성이 크고 윤 등<sup>11)</sup>은 양이온 치환용량이 낮은 사양토의 경우 토양수가 1 pore volume을 넘은 후에는 암모니아태 질소도 용탈된다고 보고하였으므로 따라서 담수 또는 관개수 공급시 암모니아태 질소가 중력수의 이동에 따라 지하수로 유입될 수 있을 것으로 생각되며, 4월경에 비교적 질소의 함량이 증가하는 것은 토양중 유기물등의 질소원이 지온 상승, 경운등에 의한 분해가 용이하여 토양중 암모니아태질소 및 질산태질소의 생성이 증가, 강우등 수분공급에 따라 지하로 용탈

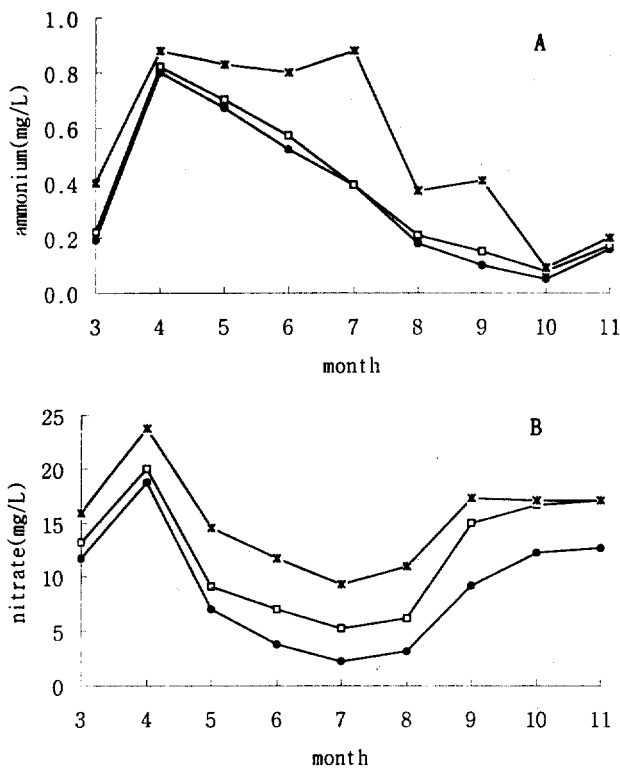


Fig. 2. Monthly changes of the concentration ammonium(A) and nitrate(B) in the shallow ground water with different water tables.  
●—●: W-1, □—□ : W-2, — : W-3

되었을 것이다. 논토양이 담수기간인 5월에서 9월중순까지는 관개수량이 충분하고 비에 의한 질소의 흡수가 이루어지고 강수량이 많아 지하수 중의 질소 농도가 감소한 결과로 고찰되며 이것은 Liang<sup>12)</sup>의 보고와 일치하는 경향을 나타내었으며 9월말부터 질산이온 함량이 증가한 것은 토양의 산화상태로 인한 것으로 생각된다.

Madison 등<sup>13)</sup>은 지하수 수질에 관한 연구에서 NO<sub>3</sub>-N이 3 mg/L 를 초과할 경우 인간의 활동에 의한 오염이라고 정의하였는데 본 연구의 조사지역은 논농사지역으로 지하수가 지표에서 5 m깊이 이내에 대수층이 형성되어 있고 양분의 용탈이 매우 쉬운 토양 특성임을 고려할 때 비재배가 시작되는 5월보다 4월에 질소의 농도가 높으므로 비료등 인간의 활동에 의한 오염이라기 보다 토양중 지력질소에 의한 영향이 더욱 큰 것으로 판단된다.

천층지하수 중 칼륨(K)

논토양 지하수위에 따른 계절별 지하수 중의 양이온 K 함량은 Fig. 3과 같다. 기비로 가리비료를 사용하였음에도 불구하고 지하수 중 칼륨의 함량은 비교적 낮았으며 3월에서 5월까지 지하수 중 칼륨의 함량은 약간 증가하였으나 큰 차이는 없었는데 이것은 우리 나라 토양의 주요모재인 장석류가 풍화되거나 토양용

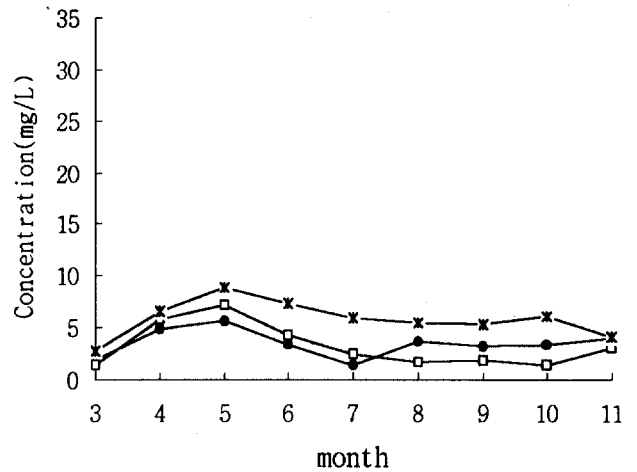


Fig. 3. Monthly changes of the concentration potassium in the shallow ground water with different water tables.  
●—●: W-1, □—□ : W-2, — : W-3

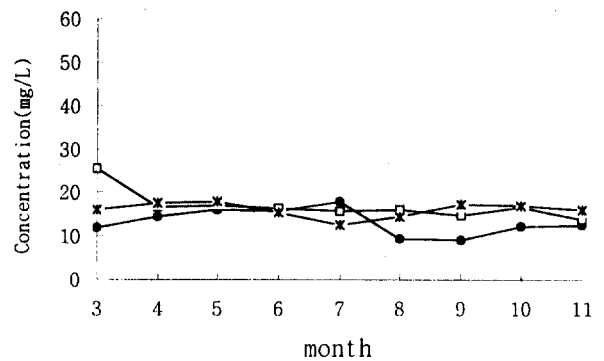


Fig. 4. Monthly changes of chloride concentration in the shallow ground water with different water tables.  
●—●: W-1, □—□ : W-2, — : W-3

액중 각종 반응에 따라 비교적 이온형태로 해리가 용이하여 물의 흐름에 따라 이동이 용이하게 이루어지고 또한 비료로 사용된 칼륨과 음이온은 당량적으로 쌍을 이루어 토양수의 흐름에 따라 이온쌍을 이루어 용탈될수 있다.<sup>12,14)</sup> 하지만 본 조사지점에서는 영농기보다 4, 5월경에 다소 칼륨의 농도가 높은 편이므로 비료의 사용에 따른 지하수의 칼륨농도의 변화라기 보다는 오히려 관개수 공급량, 강우량등에 더 큰 영향을 받는것으로 판단된다.

지점별로는 지하수위가 낮은곳인 W3지역이 약간 칼륨의 농도가 높았다.

천층지하수 중 염소(Cl)

지하수에 함유된 염소이온의 계절별 및 지하수위별 변화양상을 보면 Fig. 4와 같다.

Table 5. Prati's Implicit index of pollution of shallow ground water

Ground water	Month								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
W-1	2.04	2.34	2.01	1.71	1.60	1.03	1.19	1.14	1.19
W-2	1.74	2.37	1.94	1.68	1.19	1.09	1.34	1.32	1.39
W-3	1.36	2.47	2.10	1.77	1.57	1.17	1.38	0.98	1.43

Table 6. Prati's classification system for water quality

	Excellent	Acceptable	Slightly polluted	Polluted	Heavily polluted
Index of quality	1	2	4	8	> 8

지하수에 함유된 염소이온함량은 Fig. 4와 같으며 계절 및 지하수위에 따라 큰 차이는 없었다.

오염지수(Pollution Index)

몇 가지 오염인자를 고려하여 조사한 지하수의 오염정도를 지수로 나타낸 결과는 Table 5와 같다. 지하수위별로는 비교적 W-3 지역에서 지수값이 약간 높았으며 계절별로는 4월에 높았고 6월 이후에는 약간 감소하는 추세였는데 이것은 강우와 관개수에 의한 희석과 비에 의한 양분흡수 때문인 것으로 판단되며 지수값은 2.0이하의 값으로 양호한 수질을 나타내었고 벼농사는 천층지하수의 수질에 크게 영향을 미치지 않았는 것으로 판단된다.

요 약

논농사가 천층(淺層)지하수의 수질에 미치는 영향을 조사하고자 지하수위가 다른 3곳을 선택하여 지하수의 수질과 그 위 논토양의 수용성 성분을 조사하였다. 토양중 암모니아이온은 4월에 농도가 비교적 높았고 그 후 감소하였다. 지하수 중 암모니아이온 역시 4월에 높았으며 그 후 감소하는 경향을 나타내었고 질산이온은 5~8월에 감소되었다.

지하수위 별로는 지하수위가 낮은 W-3지역이 높았다.

토양중 칼륨의 농도는 깊이별로는 뚜렷한 경향이 없었으며 비료의 영향을 크게 받지 않는 편이었다. 지하수중의 칼륨함량은 지하수위가 낮은 W-3지역이 비교적 높았다. 토양 중 염소이온은 조사기간동안 비슷한 농도를 나타내었고 토양의 깊이에 따른 경

향이 없었으며 지하수에서도 비슷한 경향이였다. 지하수에서의 PI지수는 4월에 증가했으나 이양기 이후 감소하였고 지하수위가 낮은 W-3지역에서 높았으나 PI지수 2이하로 양호한 수질을 나타내었으며 논농사가 지하수의 오염에 크게 영향을 주지 않았다.

참 고 문 헌

1. Choi, E. H. and Lee, S. R. (1982) Studies on the water quality along the midstream of Nakdong river in 1978~80. *Korean J. Environ. Agric.* 1(1), 31-38.
2. Choi, E. H. and Lee, S. R. (1982) Assessment of self-purification capacity along the midstream of Nakdong river. *Korean J. Environ. Agric.* 1(1), 39-47.
3. Ha, H. S. and Heo, J. S. (1982) A study on the irrigation water pollution of the Gimhae plain. *Korean J. Environ. Agric.* 1(1), 22-30.
4. Lee, D. B., Lee, K. B. and Rhee, K. S. (1996) Changes of chemical contents in groundwater at controlled horticulture in Honam area. *Korean J. Environ. Agric.* 15(3), 348-354.
5. Chung, J. B., Kim, B. J. and Kim, J. K. (1997) Water pollution in some agricultural areas along Nakdong river. *Korean J. Environ. Agric.* 16(2), 187-192.
6. Hyun, H. N., Oh, S. S. and Koh, S. H. (1994) Studies on pollutant concentrations in ground water and their behavior in soils, Cheju island. *Korean J. Environ. Agric.* 13(1), 19-30.
7. Schischa, E. B., Vergara, L., Schirado, T. and Morales, M. (1979) Nitrate movement in Chilean agricultural area, Irrigated with untreated sewage water. *J. Environ. Qual.* 8(1), 27-30.
8. Altman, S. J. and Richard, R. R. parizec (1995) Dilution of nonpoint source nitrate in ground water. *J. Environ. Qual.* 24, 707-718.
9. Korea agricultural & rural infrastructure corporation. (1984) Contours of ground water table ; Koryung region.
10. Ryu, K. Shig., Yoo, S. H. and Song, K. C. (1994) Movement of applied nutrients through soils by irrigation III. Effect of soils water on the movement of nitrogen. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 27(3), 232-237.
11. Yun, S. G. and Yoo, S. H. (1994) Behavior of NO<sub>3</sub>-N and accompanying cations derived from urea under upland condition II. Change in the pHs of soil and leachate and fate of applied nitrogen. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 27(1), 21-26
12. Liang, B. C. Remillard, and Mackenzie, A. F. (1991) Influence of fertilizer, irrigation and nongrowing season

- precipitation on soil nitrate - nitrogen under corn, *J. Environ. Qual.* 20, 123-125.
13. Madison, R. J. and Brunett, J. O. (1985) Overview of the occurrence of nitrate in ground water in the United State, In : U.S.G.S. Nat'l water summary 1984; U.S. Geol. Surv., water-supplying paper : 2275, 93-105.
14. Yun, S. G. and Yoo, S. H. (1994) Behavior of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and accompanying cations derived from urea under upland condition I. Leaching of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and accompanying cations, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 27(1), 15-20