

경기지방 농업용 지하수 수질 현황

김진호 · 이종식 · 김복영 · 홍승길 · 안승구¹⁾
농업과학기술원 환경생태과, ¹⁾서울시립대학교 환경공학과

Analysis of Ground Water used for Agriculture in Kyonggi Province

Jin-Ho Kim, Jong-Sik Lee, Bok-Young Kim, Seung-Gil Hong, Seung-Ku Ahn¹⁾(*Environment & Ecology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, 441-707, Korea* : ¹⁾*Department of Environmental Engineering, the University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea*)

ABSTRACT : We conducted this survey to find out the quality of ground water used for agriculture. Water samples mainly collected from plastic film houses which were located at Yongin City, Pyungtaek City, Hwasung Kun and Suwon City in Kyonggi Province. We measured EC, COD, ammonium, nitrate, sulfates, chlorite etc., and sampled three times in 1998. According to our survey, the ground water was suitable for irrigation purpose, but nitrate concentrations in ground water used in the intensive plastic film houses were high enough to require a special consideration on the water and fertilizing management. On occasion of Pyungtaek, these results showed us specific. There are many differences among regions but aren't among periods on the part of nitrate concentrations. We found ground water quality got worse as EC and nitrate value were going up. And there was high correlation between them.

Key words : Water quality, ground water, Plastic film house, Kyonggi Province

서 언

우리나라는 지난 30여 년간의 국가 경제 성장에 대한 반대급부로 환경오염의 정도가 심화되어 생태계 및 환경이 균형을 잃어가고 있다. 이러한 환경의 질 악화는 농업환경에도 악영향을 주어 농업생산성 저하를 초래하고 안전한 농산물 생산을 위협하고 있다. 이와 함께 일시적 농업생산성 확대를 위한 농민들에 의한 비료와 농약 등의 과다한 투입과 집약적 농업활동에 의해서 수자원인 지표수 및 지하수의 수질악화는 가속화되어가고 있는 실정이다. 지하수 경우는 지표수와는 달리 토양체를 통과하여 고인 물이므로 그 중성이 지표수와는 다르다. 특히 지하수에는 각종 광물질이 함유되어 있어 지표수보다 경도가 높으며, 지하수 수질은 토양의 여과기능과 지질학적 특성에 따라서도 다르게 된다. 이러한 지하수 자유수면의 높이는 지상의 水文상태에 따라 좌우되며, 지표수로부터 유입되는 삼투수에 의한 오염에 노출되어 있으나, 수질의 변화폭이 지표수보다 적은 편이다.^{1,2)}

최근 지하수는 농업의 생산성 향상을 위한 농민들에 의

한 무분별한 단위면적당 각종 비료 및 퇴비의 시용량 증가 및 연작으로 인해 집적된 토양내 염류의 용탈로 인한 지하수 오염도가 과거에 비하여 급격히 증가하고 있다. 또한 토양내 축적된 성분 중 질산성질소 등과 같이 음전하를 띤 성분은 토양에 흡착되는 양이 매우 적으며 수분과 결합시 토양내에서 빠르게 이동하기 때문에 토양으로 유입되는 질산성질소 중 많은 양이 지하수로 유입되는 것으로 알려져 있다. 이러한 농업활동에 의한 지하수 오염의 가장 큰 요인 중에 하나가 과다하게 투입된 각종 비료 및 퇴비들로, 일단 작물에 흡수가 안된 비료성분들은 대부분 영양물질로써 비점오염원(Non-Point Source)으로 작용하여 지하수오염의 잠재성을 갖게 된다.³⁻⁷⁾

이러한 지하수의 수질악화는 안전농산물생산을 위협하고 있다. 따라서 이번 조사는 경기도에 위치한 주요농업지역의 지하수 수질의 변동을 조사하여 농업용 지하수 사용의 기초자료를 제공하고, 농산물 안전성 확보를 위한 영농자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

Table 1. Locations of sampling sites and their geographical characters

Sampling Location			Geographical character	Number of Samples	
City, Kun	Myon, Dong	Ri			
Yongin	Pogok	Yuwon	Riverside	6	
		Samgye	Riverside	2	
		Dunjeon	Riverside	3	
Pyungtaek	I-dong	Duksung	Local vally	2	
	Namsa	Jinmok	Riverside	7	
		Jinwi	Shinri	Inland plain	4
	Seotan	Habook	Hachwa	Fan Moutain foot	5
			Yamak	Riverside	4
		Kum-am	Inland plain	1	
	O-san*	Dokgok	-	Mountain foot	1
Tap		-	Inland plain	1	
Hwasung	Bibong	Namkyung	Riverside	1	
		Yangro	Mountain foot	1	
		Kupo	Local vally	3	
	Maesong	Ssang-hak	Ssang-hak	Mountain foot	1
			Eo-cheon	Mountain foot	2
		Nae	Mountain foot	1	
		-	-	Mountain foot	1
Suwon	Homaesil	-	Mountain foot, Inland plain	3	
	Kumgok	-	Inland plain	4	
Total				53	

* There is O-san near by Pyungtaek. And it has just one sampling site. So its data are included Pyungtaek's.

조사대상지역

농업용 지하수 수질조사는 경기도 용인시, 평택시, 화성군 및 수원시의 시설재배단지를 대표할 수 있는 농가 53개소를 대상으로 하였다. 표 1은 조사 대상 지역 및 지형과 시료채취지점을 나타낸 것으로 조사지역은 도시근교농업이 집약적으로 이루어지고 있었으며 이들 농가의 주 재배 시설작물은 오이, 호박, 상추였고, 일부는 다른 시설원예작물을 재배하는 농가도 있었다. 시료는 '98년에 영농기를 갈수기, 중간기 홍수기로 구분하여 4월, 6월, 8월에 각 1회씩 채취하였고, 각 농가의 시설 경작년수는 설문용 통해 조사하였다.

분석방법

시설재배단지를 대표할 수 있는 농가를 대상으로 하여 하우스내에 관개하는 지하수를 폴리에틸렌 용기(2L)에 채수하여 Ice Box에 넣어 실험실로 운반 즉시 분석하였다. 채취한 지하수 시료는 수질오염공정시험법⁸⁾과 Standard Methods⁹⁾에 준하여 EC는 EC-meter법(Y.S.I. model-30), COD는 K₂Cr₂O₇산화법, Cl은 Mohr법으로 분석하였다. NH₄-N은 Indophenol-Blue법, NO₃-N은 Ultraviolet Spectrophotometric Screening법, SO₄²⁻는 Tubidimetric법(Beckman, DU-650)으로 분석하였다. 그리고 양이온과 미량성분은 ICP를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

오이, 호박, 상추 및 장미 등을 재배하고 있는 경기도내 53농가를 대상으로 사용하고 있는 지하수의 EC를 98년 4월, 6월 및 8월에 걸쳐 조사한 결과는 표 2와 같다.

EC농도는 조사시기별 평균함량은 최소 389 μ S/cm에서 최대 403 μ S/cm로 차이가 거의 없었으며, 조사지역간 차이는 평택이 평균 568 μ S/cm로 가장 높은 농도로 조사되었다.

USDA Salinity Staff¹⁰⁾는 농업용수를 평가하는 데 있어 가장 중요한 것이 EC라 하면서, EC 250 μ S/cm이하인 관개수는 염해 문제를 전혀 일으키지 않고 사용할 수 있는 양질의 관개수이며, 250~750 μ S/cm인 관개수는 염해에 매우 약한 작물 이외의 대부분 작물의 재배에 사용할 수 있는 관개수이며, 750~2,250 μ S/cm인 관개수는 염해에 강한 일부 작물에 제한적으로 사용할 수 있는 관개수이며, 2,250 μ S/cm이상인 관개수는 특수목적 이외에는 농업용수로 사용할 수 없는 관개수라 하였다. FAO¹¹⁾은 작물에 대한 농업용수중의 EC에 의한 영향을 평가하는 데 있어 700 μ S/cm이

Table 2. EC concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province (unit : μ S/cm)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	394* (235~707)**	634 (145~1066)	318 (115~496)	266 (133~429)	403
Jun.	372 (228~604)	517 (131~992)	404 (216~700)	262 (135~415)	389
Aug.	389 (247~624)	552 (137~1129)	344 (102~596)	274 (145~485)	390
Mean	385	568	353	267	393

* Average concentration

** Min.~Max. concentration

Table 3. COD_{Cr} concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province (unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	18.4* (10.1~28.2)**	15.8 (1.1~44.5)	12.4 (1.9~20.6)	12.5 (7.8~19.0)	14.8
Jun.	17.4 (3.5~32.8)	14.1 (2.9~29.3)	23.0 (7.7~35.4)	17.4 (8.0~27.5)	18.0
Aug.	4.0 (1.0~9.3)	5.6 (0.1~9.8)	5.6 (2.2~9.5)	6.2 (3.8~9.0)	5.4
Mean	13.3	11.8	13.7	12.0	12.7

* Average concentration ** Min.~Max. concentration

하이엔 작물의 생산에 큰 영향이 없다고 하였고, 3,000 μ S/cm 이상이면 악영향이 크다고 하였다. 또한 우리나라에서는 김 등¹²⁾이 조사한 바에 따르면 관개수중의 EC에 의한 농작물 피해농도를 1,000 μ S/cm 이하로 설정하였다. 이번 조사대상지역의 EC 평균농도는 평택에서 4월에 조사된 값인 634 μ S/cm가 최대였는데, 이는 USDA Salinity Staff에서 평가 기준 중 대부분의 작물의 재배에 사용할 수 있는 관개수, 즉 다소 양호한 수준이며, FAO에서의 기준인 700 μ S/cm에 도 미치지 못하는 농도로서 작물의 재배에는 영향이 없는 수준이었다. 그러나 평택지역의 일부지점에서의 EC의 최대 농도가 농작물 피해한계 기준인 1.0mS/cm¹²⁾를 초과하는 경우도 있었다.

표 3은 경기도 조사대상지역의 지하수중의 COD_{Cr}를 나타낸 것이다. COD_{Cr}의 지역별 연평균농도는 화성(13.7mg/l)>용인(13.3mg/l)>수원(12.0mg/l)>평택(11.8mg/l) 순으로 지역적 차이는 적었다. 그러나 조사시기별 연평균농도는 6월(18.0mg/l)>4월(14.8mg/l)>8월(5.4mg/l)으로 시기별 차이는 큰 편이었다. 이러한 COD의 평균농도는 농작물 피해한계농도로 제시된 50mg/l¹³⁾에는 미치지 못했고, 지점별 최대농도도 이에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

COD_{Cr}은 수중의 전 산화성 물질량을 측정하는 방법으로 유기물의 95%정도가 산화되지만, 유기물의 산화량이 60% 내외로 추정되고 대상시료의 특성에 따라 산화율이 일정하지 않은 COD_{Mn}에 비하면 정확도가 더 높은 유기물의 지표이다. 따라서 이번 연구에서 실시한 COD분석법은 K₂Cr₂O₇ 산화법을 이용하였다. 이번 조사에서 실시한 COD농도는 농업용수 수질기준인 8.0mg/l¹⁶⁾보다 높게 조사되었는데,

Table 4. NH₄-N concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province (unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	0.20* (0.07~0.85)**	0.39 (0.08~1.71)	0.23 (0.12~0.44)	0.25 (0.15~0.37)	0.27
Jun.	0.17 (0.04~0.85)	0.20 (0.05~0.40)	0.13 (0.05~0.29)	0.13 (0.07~0.19)	0.16
Aug.	0.08 (nd***~0.27)	0.19 (0.02~1.37)	0.18 (0.04~0.34)	0.03 (nd~0.09)	0.12
Mean	0.15	0.26	0.18	0.14	0.18

* Average concentration ** Min.~Max. concentration *** not dective

이는 COD_{Mn}을 기준으로 설정한 수치이기 때문이다.

관개용수 중에 COD함량이 높으면 물 중에 함유된 많은 양의 분해성 유기물 혹은 무기물이 분해되는 과정에서 물 중의 산소를 소모하게 되므로 관개용수가 산소부족을 일으켜 혐기적 조건으로 되어 H₂, CH₄, NH₃, H₂S 등의 가스와 유기산 및 알코올 등 중간대사 산물을 생성하게 된다. 분해 과정에서 관개용수중의 용존산소를 Fe³⁺, Mn²⁺, SO₄ 등 토양 중 산화물이 소모하게 되고, 산소가 부족하게 되면 토양의 Eh가 저하되며, 따라서 Fe, Mn, 황화물 등을 생성하여 과잉의 Fe, H₂S, 유기산 등이 농작물의 양분흡수와 체내대사를 저해하여 뿌리의 활력이 감소하게 되며 지상부의 생육, 뿌리의 신장, 뿌리의 발달 등을 억제하여 결국은 감수를 가져온다고 한다.¹⁴⁾

표 4는 경기지방 조사지역에서 지하수중의 암모니아성 질소의 농도를 나타낸 것이다. 수원의 암모니아성 질소의 연평균농도는 0.14mg/l로 가장 낮은 경향이였으며, 용인이 0.15mg/l, 화성이 0.18mg/l로 나타났으며, 이 세지역의 지역적 편차는 적은 편이었고, 평택의 경우만이 0.26mg/l로 다소 높은 경향이였다.

조사 시기별 암모니아성 질소의 평균농도는 4월이 0.27mg/l로 가장 높은 경향이였고, 6월은 0.16mg/l과 8월에는 0.12mg/l로 낮아져 조사시기별 편차가 큰 경향을 보였다. 특히 수원의 경우 4월 0.25mg/l, 6월 0.13mg/l, 8월 0.03mg/l으로 조사 대상지역중 조사시기별로 가장 큰 농도의 편차를 보였다. 그러나 일반적인 관개수중에서 암모니아성 질소에 의한 농작물의 피해농도는 5.0mg/l¹⁵⁾인데, 이번 조사에서의 지하수에서는 이 기준에 크게 미치지 못하는 것

Table 5. NO₃-N concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province (unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	13.47* (0.04~44.49)**	29.77 (0.08~57.63)	10.86 (3.81~20.19)	4.49 (0.64~16.28)	14.65
Jun.	12.83 (0.31~35.99)	26.29 (0.03~68.18)	14.95 (1.90~36.48)	5.22 (1.26~17.03)	14.82
Aug.	13.14 (0.15~41.56)	24.61 (0.11~76.92)	12.23 (2.82~30.41)	5.80 (0.21~25.79)	13.95
Mean	13.15	26.89	12.68	5.17	14.47

* Average concentration ** Min.~Max. concentration

Table 6. Cl concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province

(unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	42.59* (26.06~56.02)**	64.36 (17.37~94.65)	36.02 (18.08~49.63)	34.83 (18.08~50.17)	44.45
Jun.	32.40 (14.18~46.79)	48.94 (2.13~89.69)	30.35 (14.18~67.53)	21.80 (5.67~36.69)	33.37
Aug.	12.04 (9.04~15.24)	16.87 (9.39~36.87)	11.76 (9.39~14.54)	11.75 (9.75~14.36)	13.11
Mean	29.01	43.39	26.04	22.79	30.31

* Average concentration ** Min.~Max. concentration

으로 나타났다.

분변성 오염의 지표인 암모니아성 질소는 유기질소를 포함한 화합물의 탈암모니아와 요소의 가수분해에 의해서도 다량 생산된다. 또한 혐기상태하에서 질산의 환원으로 암모니아가 발생할 수도 있다. 이러한 암모니아성 질소는 유기성화합물의 질산화의 첫 번째 단계로서 일반적으로 지하수중에는 다량으로 검출되는 경우가 드물다.

표 5는 조사대상 지역의 지하수중의 질산성질소의 농도를 나타낸 것이다. 우리나라의 지하수법에 의한 농업용 지하수의 질산성질소의 수질기준¹⁰⁾은 20mg/l 이하로 규정되어 있는데, 조사대상 지역의 지하수중의 질산염 농도는 조사시기별로는 6월>4월>8월 순이나, 그 편차는 매우 적었고, 지역별로는 평택(26.89mg/l)>용인(13.15mg/l)>화성(12.68mg/l)>수원(5.17mg/l) 순으로 그 차이가 큰 편이었다. 특히 평택의 경우는 지하수 수질이 지하수법에 의한 수질기준(20mg/l)보다 초과하는 경향을 나타내었다.

농작물의 생산을 위한 활동과 비료의 사용이 지하수의 질산성질소의 오염원의 중요한 부분이라는 점을 부인할 수는 없다. 그러나, 정확한 질산성 질소의 오염경로는 매우

복합적인 것이므로 오염원과 부하량이 명확하게 알려진 바는 아직 없다. 이는 작물의 생산 활동과 함께 가축의 사육, 생활 오수와 산업폐수 등에 의한 인위적인 원인과 지질광물학적 원인 등에 의한 자연적인 원인이 복합되기 때문이다. 더욱이 지하수오염의 위험이 어떤 특정한 활동에 의한 것이라고 일반화시키는 것은 대단히 어려운 데, 그 이유는 지하수위의 깊이, 관정의 위치, 토양과 vadose층의 특성 등 여러 가지 요인이 어떤 특정한 활동에 의한 결과로 나타난 질산성질소의 오염에 영향을 주기 때문이다.⁹⁾

표 6은 농업용 지하수중의 염소의 농도를 나타낸 것이다. 각 지역의 연평균 농도는 평택지역의 조사대상 지점에서 가장 높은 경향(43.39mg/l)을 나타내었고, 용인, 화성, 수원은 22.79~29.01mg/l의 범위로 비슷한 수준을 보였다. 그리고 조사시기별 평균농도는 4월(44.45mg/l)>6월(33.37mg/l)>8월(13.11mg/l) 순이었다. 지하수법에서 규정하고 있는 농업용수로 이용되고 있는 지하수의 수질기준¹⁰⁾은 Cl의 경우 250mg/l 이하로 규정하고 있는데, 이 농도에는 모두 크게 미치지 않는 것으로 조사되었다.

표 7은 경기도내 조사대상 지하수의 황산염농도를 나타

Table 7. SO4 concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province

(unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	41.80* (10.11~81.88)**	65.53 (7.89~98.51)	45.89 (10.92~93.74)	26.43 (10.85~82.03)	44.91
Jun.	36.94 (15.17~55.13)	55.03 (5.53~121.20)	30.66 (5.02~61.89)	22.41 (3.80~54.90)	36.26
Aug.	32.95 (14.28~61.63)	52.50 (3.74~100.22)	26.26 (3.56~57.47)(2.41~38.00)	19.49	32.80
Mean	37.23	57.69	34.27	22.78	37.99

* Average concentration ** Min.~Max. concentration

Table 8. Cu concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province

(unit : mg / l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	0.113* (0.006~1.189)**	0.041 (0.007~0.146)	0.020 (nd***~0.038)	0.010 (0.001~0.018)	0.046
Jun.	0.130 (0.007~0.669)	0.025 (0.004~0.083)	0.038 (nd~0.111)	0.058 (nd~0.386)	0.063
Aug.	0.089 (0.002~0.670)	0.018 (nd~0.039)	0.020 (nd~0.063)	0.005 (nd~0.017)	0.033
Mean	0.111	0.028	0.026	0.024	0.047

* Average concentration ** Min.~Max. concentration *** not dective

Table 9. Fe concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province

(unit : mg/l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	0.845* (nd***~4.246)**	0.947 (nd~4.178)	0.591 (0.117~2.557)	0.173 (nd~0.883)	0.639
Jun.	0.647 (nd~5.805)	1.588 (nd~23.358)	0.557 (nd~1.925)	0.284 (nd~0.760)	0.769
Aug.	0.391 (nd~2.692)	0.769 (nd~5.378)	0.231 (nd~1.736)	0.409 (nd~1.351)	0.450
Mean	0.628	1.101	0.460	0.289	0.619

* : Average concentration ** : Min.~Max. concentration ***nd : not dective

Table 10. Zn concentrations of the ground water for agriculture in Kyonggi Province

(unit : mg/l)

	Yongin	Pyungtaek	Hwasung	Suwon	Mean
Apr.	0.952* (nd***~6.30)**	1.685 (0.065~5.838)	0.669 (0.082~3.273)	0.562 (0.126~0.917)	0.967
Jun.	0.791 (0.187~4.098)	2.375 (0.067~32.50)	4.885 (0.132~24.60)	0.654 (0.015~0.194)	2.177
Aug.	0.305 (nd~0.831)	0.177 (nd~0.864)	0.244 (nd~0.808)	0.096 (0.043~0.199)	0.206
Mean	0.683	1.412	1.933	0.437	1.116

* Average concentration ** Min.~Max. concentration *** not dective

낸 것이다. 황산염의 각 시기별 평균농도 대부분의 지역에서 60mg/l 이하의 수준으로 검출되었고, 평택에서 4월에 조사한 값만이 65.53mg/l 으로 조사되었다. 또한 평택지역의 일부 조사지점에서는 최고농도가 100mg/l 을 초과한 경우도 있었다. 황산염의 조사시기별 농도의 차이는 크지 않았고, 지역간의 차이는 평택(57.69mg/l)>용인(37.23mg/l)>화성(34.27mg/l)>수원(22.78mg/l) 순으로 지역적 편차는 큰 것으로 나타났다.

표 8에서는 경기도내 지하수중의 Cu 농도를 나타낸 것인데, Cu농도의 경우 용인지역의 평균농도가 다소 높은 경향(0.111mg/l)을 나타냈으며, 여타 지역은 비슷한 경향(0.024~0.028mg/l)을 보였다. 시기별로는 다른 이온들과는 달리 6월에 가장 높은 농도인 0.063mg/l 로 조사되었다. 경기지방의 지하수중의 Cu는 관개수중 농작물 피해한계농도인 0.18mg/l¹⁷⁾에는 대부분 미치지 못하는 것으로 나타났으나, 용인지역 경우 일부지점에서 최고농도가 피해한계 농도를 초과하는 것으로 조사되었다.

표 9는 경기도내 조사대상지역 지하수중의 Fe농도를 나타낸 것이다. Fe의 농도는 조사지역에서도 각 지점간의 차이가 매우 큰 것으로 조사되었는데, 평택의 6월에 조사한 값은 최저 nd에서 최고 23.358mg/l 로 매우 큰 편차가 있는 것으로 조사되었다. Fe의 평균농도는 Cu의 평균농도 변화폭과 비슷한 경향으로 6월이 가장 높은 값으로 조사되었고, 그 다음이 4월과 8월로 조사되었다. 조사지역간의 차이는 평택이 1.101mg/l 로 가장 높았으며, 용인(0.628mg/l), 화성(0.460mg/l), 수원(0.289mg/l) 순이었다. Fe는 적수현상의 원인물질로서 포기 및 침전에 의해 쉽게 제거되므로 과다하게 존재하는 지역에서는 이러한 간단한 전처리후에 사용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

표 10은 경기도내 조사대상 지하수의 Zn의 농도를 나타낸 것이다. 조사지점간의 Zn의 농도는 화성(1.933mg/l)>평택(1.412mg/l)>용인(0.683mg/l)>수원(0.437mg/l) 순이었으며, 조사시기별 농도는 6월(2.177mg/l)>4월(0.967mg/l)>8월(0.206mg/l) 순이었다. 조사지역에서 보여준 경향은

Table 11. Correlation coefficients between the ions of ground water in Kyonggi Province in 1998

	EC	COD	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Cl	SO ₄	Cu	Fe	Zn
EC	1	0.1680*	0.0778	0.8451**	0.6171**	0.6459**	-0.0208	-0.0744	-0.0670
COD		1	0.1648*	0.0857	0.4808**	0.0838	0.0548	-0.0134	0.0230
NH ₄ -N			1	-0.0115	0.2396**	0.0816	0.0789	0.1551	0.1441
NO ₃ -N				1	0.5103**	0.5018**	-0.0223	-0.1162	-0.0535
Cl					1	0.5406**	0.0393	-0.0066	0.0310
SO ₄						1	-0.0185	-0.1340	-0.1131
Cu							1	0.0077	0.0401
Fe								1	0.6482**
Zn									1

*, ** : significant at 5% and 1%, respectively

다른 이온들과는 다른 경향 즉 평택지역보다는 화성지역의 Zn농도가 높은 수준을 보였으며, 시기별로 나타난 경향은 조사된 다른 중금속이온들과 유사한 경향이였다.

중금속이온이면서 미량성분이기도 한 Zn의 경우 농작물의 피해한계농도¹⁷⁾¹⁸⁾는 7.4mg/l 인데 조사대상 대부분의 지역에서는 농작물 피해한계농도 이하로 조사되었고, 평택과 화성의 6월의 일부지점에서 피해농도를 넘는 경향이 일시적으로 조사되었다.

표 11은 조사대상 지하수층의 각 이온간의 상관계수를 나타낸 것이다. 수층의 이온의 양과 영양염류의 양을 간접적으로 표시하는 전기전도도인 EC는 NO₃-N>SO₄>Cl>COD 순으로 정의상관을 보였고, NH₄-N을 비롯한 여타 이온과는 상관이 없었다. 이는 지하수층의 EC는 NO₃-N, SO₄, Cl, COD와 고도의 정의 상관을 보인다고 한 기존의 연구 결과⁴⁾와 일치하였다. 또한 지표수에서는 EC가 주로 NH₄-N와 높은 상관을 나타내는 반면 지하수는 이와 다른 형태의 상관을 보이고 있었다. 이는 지하수층의 질소의 존재형태가 지표면의 오염물질이 지하로 침투되면서 질산화과정을 통하여 질산성질소의 형태로의 전환과 토양에서의 질산염의 용출등을 추정할 수 있다. 이러한 NO₃-N는 EC>Cl>SO₄ 순으로 고도의 정의 상관을 나타냈는데, 이는 토양중에 유입된 성분들이 용탈시 동반하여 이동하는 것으로 판단되었다.⁴⁾

요 약

경기도내 농업용 지하수 수질의 현황을 파악하여 영농의 기초자료로 활용하고자 용인시, 평택시, 화성군 및 수원시 등 4개 지역의 시설하우스 53개 지점에서 사용하는 지하수 수질을 1998년에 연 3회에 걸쳐 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 지하수층의 EC, COD, NH₄-N, PO₄ 및 Cl 등의 농도는 각 지점 모두 농작물 생육에는 지장이 없는 안전한 수준이었다.
2. 질산성질소의 경우 지역적 차이는 평택>용인>화성>수원 순이었으며, 특히 평택의 경우 연평균 26.89mg/l로 지하수법에서 정하고 있는 농업용수의 수질기준 20mg/l을 상회하는 것으로 나타났고, 조사시기별 농도변화는 큰 차이가 없었다. 평택의 조사대상지처럼 오염된 지하수를 이용하여 작물을 재배할 때는 물관리와 시비 관리에 세심한 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.
3. 중금속의 경우 대부분의 지역에서 미량 검출되어 큰 문제가 없는 것으로 나타났으며, 일부의 조사대상 지점에서 일시적으로 중금속이 다량 검출되는 경우도 있었다.

참 고 문 헌

1. B. Y. Kim.(1998). Water pollution in Relation to Agriculture

7(2) Korean J. Environ. Agriculture. 7(2):153~169

2. Y.S. Jung., J.E. Yang. and B.Y. Kim.(1997). Current Status of Agricultural Water Quality, Diffuse Pollution Problem and Improvement in Korea, '97. Symposium on Agricultural Environment, The Korean Society of Environmental Agriculture:79~84

3. J.D. Choi.(1996) Effluent Characteristics of Pollutants by Non-Point Sources in Medium-Small Rural Basins, The Research Society of Rural Environment(in Korea)n

4. G.B. Jung., J.S. Lee. and B.Y. Kim(1996) Survey in Groundwater Quality under Plastic Film House Cultivation Areas in Sothem Part of Gyeonggi Province. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 29(4):389~395

5. S.H. Lee.(1992). Ground Water Pollution and Well Management in Japan, Korean J. Ground Water.

6. Bergstrom, L. 1987. Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in tile-drained plots and lysimeters. J. Environmental Quality. 16:11~18

7. S.K. Yun. and S.H. Yoo.(1993). Behaviour of NO₃-N in Soil and Groundwater Quality. Korean J. Environ. Agricltre 12(3):281~197

8. 환경부 수질오염공정시험법, 1995. 동화기술

9. APHA-AWWA-WPCF. 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18th. Washington. DC.

10. USDA Salinity Staffs. 1953. Saline and Alkaline Soils. USDA HB60:160

11. Y.S. Jung., J.E. Yang., Y.K. Joo., J.Y. Lee., Y.S. Park., M.H. Choi. and S.C. Choi(1997). Water Quality of Stream and Agricultural Wells Related to Different Agricultural Practices in Small Catchments of the Han River Basin. The Korean Society of Environmental Agriculture 16(2):199~205

12. FAO. 1977. Water Quality for Agriculture. FAO/UN29 Rev. 1:174

13. 김복영, 1993. 토양오염실태와 개선대책, 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지엄, 한국토양비료학회지:68~97

14. J.H. Kim.(1997). A Study on the Water Quality Management of Medium, Small Rivers in Rural Areas the University of Seoul

15. 戸田光晴. 1969. 窒素過剩과 農作物被害, 農業과 公害. 農業用水의 水質保全, 地球出版株式會社:173~214)

16. 건설교통부, 1995. 지하수법 제 13조 수질기준령 제5조

17. 김복영, 김규식. 1978, 유해물질의 농작물 피해도 기준설정. 농업기술연구소 시험연구보고. 20집(농업기술편):1~9

18. 김규식, 이민효, 김복영 1978. 중금속 원소의 수도에 의한 흡수 및 수량에 관한 연구. 농사시험연구소 시험연구보고서:65~72