

환경농업조성지구내 용수원 및 채수시기별 수질비교

김찬용* · 김창배 · 김종수 · 서영진 · 윤재탁

경상북도농업기술원

(2001년 8월 28일 접수, 2002년 6월 28일 수리)

Seasonal Variation of Water Quality of the Watersheds in the Agricultural Environment Promotion Zone

Chan-Yong Kim*, Chang-Bae Kim, Jong-Soo Kim, Young-Jin Seo and Jae-Tak Yoon (Kyong-Buk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-320, Korea)

ABSTRACT : A study was conducted to investigate the seasonal changes in water quality of watershed in the Agricultural Environment Promotion Zone. Samples collected were 12 GW (ground water), 2 IW (irrigation water), 2 SW (stream water) in An-Dong City, 4 GW, 6 IW, 11 SW in Young-Yang Gun, and sampling was conducted separately during dry and rainy season. In the ground water, EC and ionic species, except pH, were higher than those in stream water, and especially $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration exceeded the limitation of drinking water. Concentration of ions decreased as the sampling depth was far from the soil surface. During a rainy season, the concentrations of $\text{NO}_3\text{-N}$ and K in the stream water were slightly higher than those during dry season. COD was lower during dry season in Yong-Yang, while the trend was contrasted to An-Dong. These results suggest that ground water was polluted by fertilization and compost while streamwater was polluted by loss of soil and organic during the rainy season. Principal chemical components related with changing water quality were EC, NO_3^- , Ca, Mg, Na, Cl^- , SO_4^{2-} in ground water, whereas $\text{NH}_4\text{-N}$, K, Mg, Cl^- , SO_4^{2-} in stream water.

Key words: ground water, irrigation, stream water, quality, ion, NO_3^- , NH_4^+ , COD

서 론

지표수중 하천은 인간생활에 직접 필요한 생활, 공업용수, 농업용수의 공급원으로 이용되고 있으나, 우리나라의 경우 강우량은 여름 우기에 60%로 집중되어 안정적인 수자원 확보에 매우 불리하며, 상류에는 오염이 되지 않는 상태에서 하류로 갈수록 국토개발, 도시영역의 확대, 인구의 집중, 공업단지의 형성 등 인간 활동에 의해 발생하는 오염물질이 과다 유출됨으로써 하천은 본래의 자정능력을 상실하고 또한 각종 용수로서의 이용가치가 하락하고 있다. 따라서 UNDP 자료에 의하면 우리나라는 물부족 국가군에 속해있으며, 앞으로는 물기근 국가군으로 분류될 가능성이 높아지고 있다¹⁾. 더욱이 농업용수의 경우 최근 국민들의 안전농산물 생산의 요구도 점증함에 따라 농업용수의 수질오염이 국가적인 문제로 대두되고 있고, 그 관심도 및 심각성이 점차 커져가고 있는 실정이다.

이러한 지표수의 양적, 질적인 문제에 대처하기 위한 용수원으로 지하수를 개발하게 되었는데, 지하수는 지하의 지층이나 암석사이의 빈틈을 채우고 있는 물로서 그 근원은 강수이다. 지하수는 지표수와 직결되는 함양원으로써 일반적으로 수질이 양호하고, 연중수온과 수량이 비교적 안정되어 있다. 또한 지하수는 자연적으로 재충전되는 유용한 자원이므로 용수 부족 및 오염 등의 물 문제에 처한 우리에게 질적, 양적으로 중요한 위치를 차지하게 되었다^{2,3)}. 하지만 최근 도시화에 따른 하수나 분뇨, 농촌지역 시설재배지의 비료과다 사용 및 지하수의 무분별한 개발로 오염이 가중되고 있는 실정이다. 지하수 오염의 지표로 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 농도를 사용하며 이는 토양으로 유입된 질소가 무기화작용을 받아 생성된 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 토양중에서 거의 Cl 과 유사한 속도로 빠르게 하향이동하여 지하수를 오염시킬 수 있다⁴⁾. 따라서 지하수의 수질은 토지이용뿐 아니라 강우에도 직접적인 영향을 받는다고 할 수 있으며 강유역에서 측정된 질산성 질소의 평균에서 비닐하우스 및 축사지역에서 음용수의 수질기준인 10 mg/L를 초과하고 있음이 이미 보고 되었다⁵⁾. 지하수 중 음용수의 경우 제한농도

*연락처:

Tel: +82-53-320-0230 Fax: +82-53-321-7730

E-mail: kcyong12@hanmail.net

Table 1. Agriculture environment promotion zone representing agricultural practices and numbers of samples

Agriculture area	Agricultural practices	No. of sampling	Type of water sample*
An-Dong	Plastic film house	12	GW
	Paddy and upland	4	IW/SW
Young-Yang	Orchards and upland	4	GW
	Paddy and upland	17	IW/SW

*GW: ground water, IW: irrigation water, SW: stream water

10 mg/L를 초과한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 함량은 유아의 경우 청색증을 발생하게 한다는 보고가 있다^{6,7)}. 그러나 농업용수의 경우 농도를 넘는 물을 관개하면 반드시 나쁜 영향을 주는 것이 아니기 때문에 우리나라의 농업용수에 대한 수질기준은 아직 없으나, 앞으로는 농업용수 중 질소의 경우 하천의 부영양화와 같은 환경오염에 영향을 줄 수 있기 때문에 기준이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

따라서 지속적인 안전농산물 생산을 위한 농업용수의 오염방지를 위하여 친환경농업조성지구내 지표수와 지하수를 시기별로 조사 분석하여 주변유역 수질환경에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

조사지점 및 조사시기

조사지점은 친환경농업조성지구로 농업활동을 주로 하고 있었으며 상수원보호지역이라 비교적 청정한 지역으로 조사지역의 특성은 Table 1에 나타내었다. 두 지역 중 안동지역은 임하댐 하류 입하·천전리를 중심으로 시설재배지 지하수 12점, 관개수 2점, 하천수 2지점 총 16지점을 '98~'00까지 3개년에 걸쳐 채취하였으며, 영양지역은 일월산을 중심으로 한 영양읍 상원리와 하원리 중 지하수 4, 관개수 6, 하천수 11지점 총 21지점을 '99~'00까지 2개년에 걸쳐 채취하였다.

채취시기는 갈수기와 홍수기로 나누어 시료를 채취하였으며, 갈수기는 6~7월중 가뭄이 지속되는 기간 중 2회, 홍수기는 9~10월중 집중호우 및 강물이 많이 불어난 후 2회 채취하여 시료로 이용하였다.

시료채취 및 시험방법

시료채취는 폴리에틸렌채수병 (2 L)에 채수하여 밀봉한 뒤 Ice Box에 넣어 실험실로 운반하여 수질공정분석법⁸⁾과 Standard Method⁹⁾에 준하여 분석을 행하였다. pH와 EC는 각각 pH meter법 (Fisher Scientific model 50), EC meter법 (Conduct meter model CM-2A)을 사용하여 측정하였으며, COD는 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 법, $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 Kjeldahl법, 음이온 (NO_3^- , PO_4^- , Cl^- , SO_4^-)은 Ion Chromatography를 이용하여 분석하였고, 양이온 (Ca^+ , Mg^+ , Na^+ , K^+)은 ICP analyzer를 이용하여 분석하였으

Table 2. Characteristics of watershed in the sampling sites

Sampling Site	Stream width (m)	Sloping	Location	No. of Farmhouse	Area (ha)
An-Dong	100	Slow	Stream	231	295
Young-Yang	30	Steep	Valley	211	430

며, 이러한 조사분석 결과는 시료채취지점 및 채취시기별 각 성분간 상관관계와 수질변화에 영향을 주는 주요성분에 대한 요인분석을 실시하였고, SPSS package 8.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

Table 2는 하천에 대한 안동, 영양 두지역의 수계별 특성을 비교하여 나타낸 것으로 안동지역의 경우 임하댐하류에 위치하고 있어 강폭이 100 m정도로 비교적 넓고 경사가 완만한 지역이 길게 분포하였으며, 주위는 개발지역으로 강우시 토사가 대량 유입되었다. 반면 영양지역의 경우 일월산 주위의 계곡형태로 하천폭이 좁고 경사는 급하였으며 많은 강우에도 토사의 유입이 없는 비교적 청정한 지역이었다.

Fig. 1은 시료채취 전기간동안 지하수와 지표수를 전체 평균하여 화학성 차이를 종합적으로 비교한 것으로 COD, pH의 경우 지표수가 높았고, EC를 포함한 양이온, 음이온의 함량은 지하수가 높았다. COD의 경우 함량이 높은 것은 수중의 유기물이 많은 것을 의미하며 지표수중 유기물의 함량이 높은 것은 지표의 영향이 많은 것을 알 수 있다. pH의 경우 수중 양이온과 음이온에 영향을 많이 받는 항목으로 지하수에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 변형되는 과정 중 H^+ 가 생성되어 pH가 낮아졌고, 또한 모든 이온들과 pH간에는 부의 상관관계를 보여 이온들의 함량이 많은 지하수에서 낮았다.

농업용 지하수

Table 3는 지하수의 각 이온간 상관관계를 나타낸 것으로서 pH와 이온들간에는 부의 상관관계를 나타냈고, 수중 이온의 양을 직접적으로 표시하는 전기전도도 (EC)와 다른 이온들 간에는 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^- > \text{NO}_3^- > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Ca}$ 순으로 정의 상관관계를 나타내었다. 특히 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도와 pH간에는 부의 상관관이 있는데 이는 토양에서 질산화 작용에 의하여 $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 변형되는 과정에서 1 mole의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 당 2 mole의 H^+ 이온이 생성되므로 토양에 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 높을수록 H^+ 의 증가로 pH가 낮아진 것으로 사료된다.

Table 4는 1998~2000년에 우기와 건기로 나누어 두지역의 지하수를 깊이별 지하수의 화학성분량을 비교한 것으로서 EC, $\text{NO}_3\text{-N}$, K, Cl 및 SO_4 이온들의 함량이 깊이별 유의성이 인정되었으며, pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P 및 COD의 함량은 유의성이 없었다. 이러한 결과는 지하수중 인위적인 오염현상이 나타나지 않는 지역은 Ca/Mg비가 높고 Na, Cl 및 SO_4 의 농도가 낮은 경향

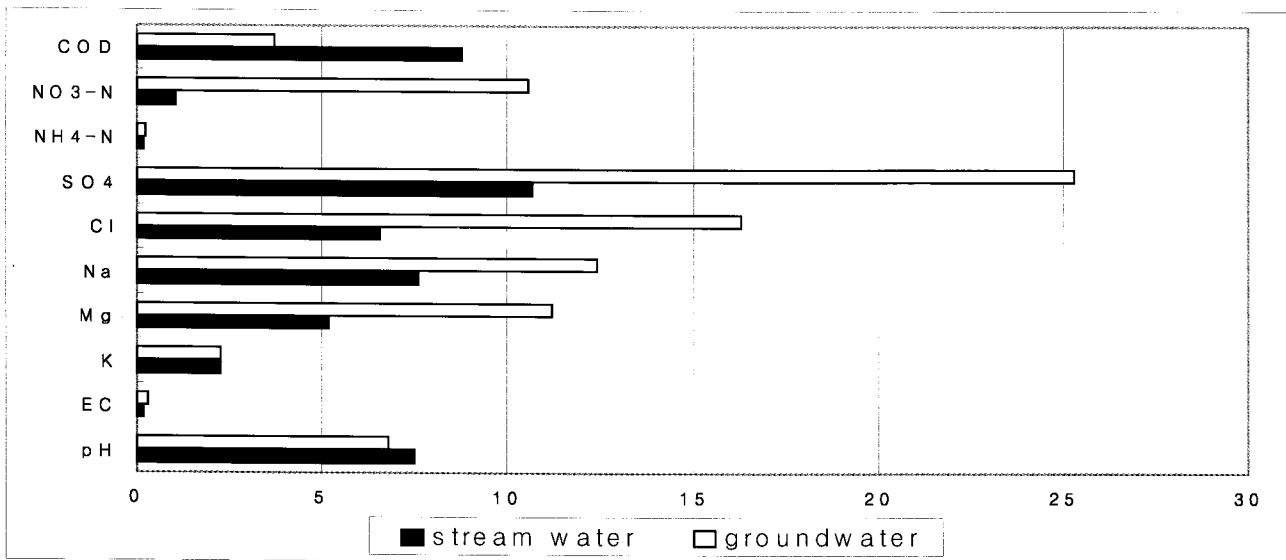


Fig. 1. Comparison of chemical properties between stream and ground water.
(Unit : COD, NO₃-N, NH₄-N, SO₄, Cl, Na, Mg, K: mg/L; EC: dS/m)

Table 3. Relationships among the chemical properties in groundwater

Component	pH	EC	T-P	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₃ -N
EC	-0.16										
P	0.38*	0.32									
K	0.11	0.27	0.55*								
Ca	-0.75**	0.45*	-0.26	0.13							
Mg	-0.33	0.69**	0.03	0.21	0.60**						
Na	-0.14	0.66**	0.36	0.61**	0.40*	0.48*					
Cl	-0.26	0.90**	0.28	0.20	0.45*	0.63**	0.71**				
SO ₄	-0.39*	0.82**	0.11	0.08	0.54**	0.61**	0.46*	0.78**			
NH ₄ -N	-0.29	0.09	-0.14	-0.11	0.15	-0.14	-0.07	0.06	0.42*		
NO ₃ -N	-0.47*	0.79**	-0.01	-0.18	0.59**	0.71**	0.39	0.79**	0.84**	0.19	
COD	0.17	0.14	0.24	-0.01	-0.18	0.08	0.15	0.20	0.22	-0.16	0.17

*, ** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

Table 4. Comparison of the chemical properties by sampling depth

Depth	No. of sample	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	K	Cl	SO ₄	COD
				mg/L						
15 m >	35	6.78	0.40	19.2	0.65	0.13	2.1	24.3	39.1	8.2
30 m	23	6.88	0.34	13.8	0.84	0.02	1.8	15.4	33.0	5.3
50 m <	28	7.03	0.26	5.1	0.48	0.16	1.2	12.1	19.4	5.0
Significancy	86	ns	**	**	ns	ns	**	**	**	ns

을 보이며, 오염현상이 나타나는 지하수에서는 이와 반대의 경향을 보인다는 보고¹⁰⁾와 일치된다. 따라서 지하수의 깊이가 얇은 곳의 이온성분이 높게 나타나 얇은 지하수의 경우 축분 퇴비 및 시비와 같은 인위적인 오염현상이 진행된 것을 알

수 있었다.

Table 5는 시기별 지하수의 화학성분량을 비교한 것으로 NO₃-N의 경우 우기에 그 함량이 많은데 이는 토양으로부터 NO₃-N의 하향운동은 주로 토양수분의 hydraulic gradient 형

Table 5. Comparison of the chemical properties by sampling season

Season	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	K	SO ₄	COD
			mg/L					
Dry	6.98	0.32	11.6	0.24	0.13	3.56	28.2	8.0
Rainy	6.81	0.35	13.4	1.01	0.11	2.93	31.8	4.7
Significancy	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	*

성에 따른 convective transport에 의하여 진행되므로 토양수분 이동량에 직접적으로 영향을 미치는 경우는 NO₃-N 용탈에 가장 크게 관여하는 요인이라 할 수 있으며, 토양으로부터 양분의 용탈은 지상부에서의 증산량에 비하여 강우량이 많을 때 심하게 일어나며 강우량이 많을수록 토양으로부터 용탈되는 물의 양도 많고 따라서 NO₃-N 용탈은 강우량에 따라 정의 상관관계를 나타낸다는 보고와 일치하였다¹¹⁾. 일반적으로 지하수는 깊이가 15 m 이상 되면 각종 Solute가 전달되는 데는 몇 달 혹은 몇 년이 걸리게 되며 강우즉시 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 하지만 본 조사지역 중 안동은 강우역의 하우스 재배지였고, 특히 15 m 이하 깊이가 대부분 이여서 강우 후 강물의 영향을 받았을 것으로 생각되어 우기와 건기의 성분간 차이가 다소 인정되었다.

농업용 지표수

Table 6는 시료채취 전기기간동안 지표수의 각 이온간의 상관계수를 비교분석 한 결과로 수중이온의 양을 간접적으로 표시하는 전기전도도 (EC)는 Cl, Mg, Ca, SO₄는 정의 상관관계를 K, Na는 부의 상관관계를 보였으며, 이들 이온 중 Cl > Mg > Ca > SO₄ > K 순으로 고도의 상관관계를 나타냈으며, 지하수의 경우와는 반대로 EC와 영양염류간에는 상관관계가 나타나지는 않았고, 영양염류 상호간에는 정의상관관계를 보였다. 이러한 영양염류간

Table 6. Relationships among the chemical properties in streamwater

	pH	EC	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₃ -N
EC	0.24										
P	0.21	-0.32									
K	-0.48*	0.67**	-0.35								
Ca	-0.21	0.70**	0.17	-0.13							
Mg	0.06	0.78**	0.26	-0.38	0.86**						
Na	-0.28	-0.45*	-0.44*	0.68**	0.05	0.04					
Cl	0.34	0.79**	0.02	-0.59**	0.32	0.42*	-0.37				
SO ₄	0.34	0.68**	-0.10	-0.31	0.41	0.50*	0.09	0.82**			
NH ₄ -N	-0.21	-0.19	-0.12	-0.09	-0.39	-0.39	-0.05	0.15	-0.02		
NO ₃ -N	-0.15	0.37	-0.25	0.35	0.07	-0.12	0.47*	-0.22*	-0.08	0.29	
COD	0.13	0.00	0.13	-0.21	-0.05	0.11	0.02	0.04	-0.09	0.30	0.21

* ** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

Table 7. Comparison of the chemical properties by sampling season in streamwater

Season	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P	K	COD
			mg/L				
Dry	8.17	0.14	0.87	0.35	0.05	0.01	5.3
Rainy	7.90	0.17	1.39	0.33	-	0.48	5.3
Significancy	*	*	*	ns	ns	**	ns

의 정의상관은 지표수의 부영양화에 따른 조류번식 가능성을 촉진할 가능성이 있는 것으로 알려져 있다.

Table 7은 수질조사 전기기간 동안 채취한 수질을 우기와 건기로 나누어 성분을 비교하여 나타낸 자료로 홍수기의 경우 NO₃와 K의 함량이 높았으며, 갈수기에는 pH, NH₄-N, T-P의 함량이 높았다. 이러한 결과는 시기별 호소수의 NH₄-N 함량을 조사한 결과 갈수기에 조사치가 가장 높게 나타났다는 보고와 일치하였다¹²⁾. 하지만 홍수기의 높은 NO₃-N 함량이 건기에 비해 높았던 것은 안동의 임하댐 유역의 개발로 인해 홍수기 시료채취시 황토색으로 된 것으로 보아 강우역 발의 토사가 다량으로 유입되어 양분의 함량이 높았던 것으로 사료된다.

Fig. 2는 안동지역의 농업용수원별 채수시기에 따른 화학성분을 비교한 것으로 NO₃⁻를 제외한 pH 및 이온들의 함량은 갈수기에서 높았으며, 관개수의 각 이온의 농도가 하천수보다 높았다. 홍수기의 경우 NO₃⁻ 함량과 하천수의 COD의 함량이 높았다. NO₃⁻ 함량이 홍수기에 높은 것은 토사의 유실이 NO₃⁻에서 NH₄-N로 아직 변화되지 않은 형태로 존재하기 때문이고 COD의 경우 강우 후 토사의 유입에 따른 수중 유기물의 함량이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.

반면 Fig. 3은 영양지역의 농업용수원별 채수시기에 따른 화학성분을 비교한 것으로 안동지역과는 달리 모든 이온성분

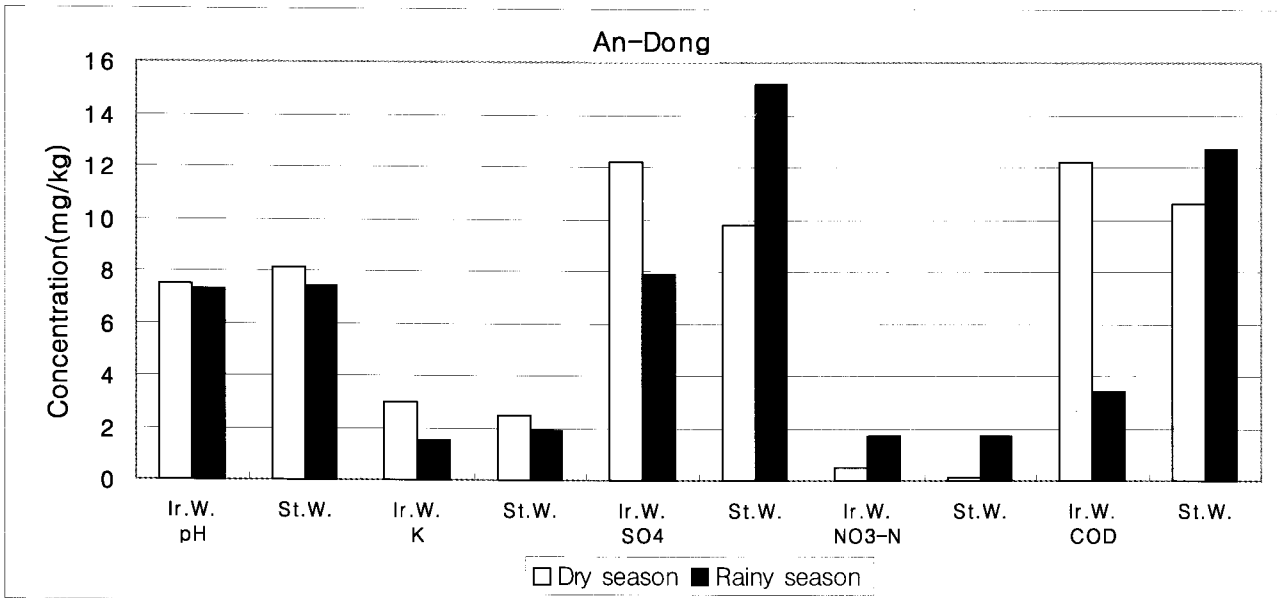


Fig. 2 Comparison of chemical properties at sampling seasons and watershed in An-Dong. Ir.W. : Irrigation water, St.W. : Stream water.

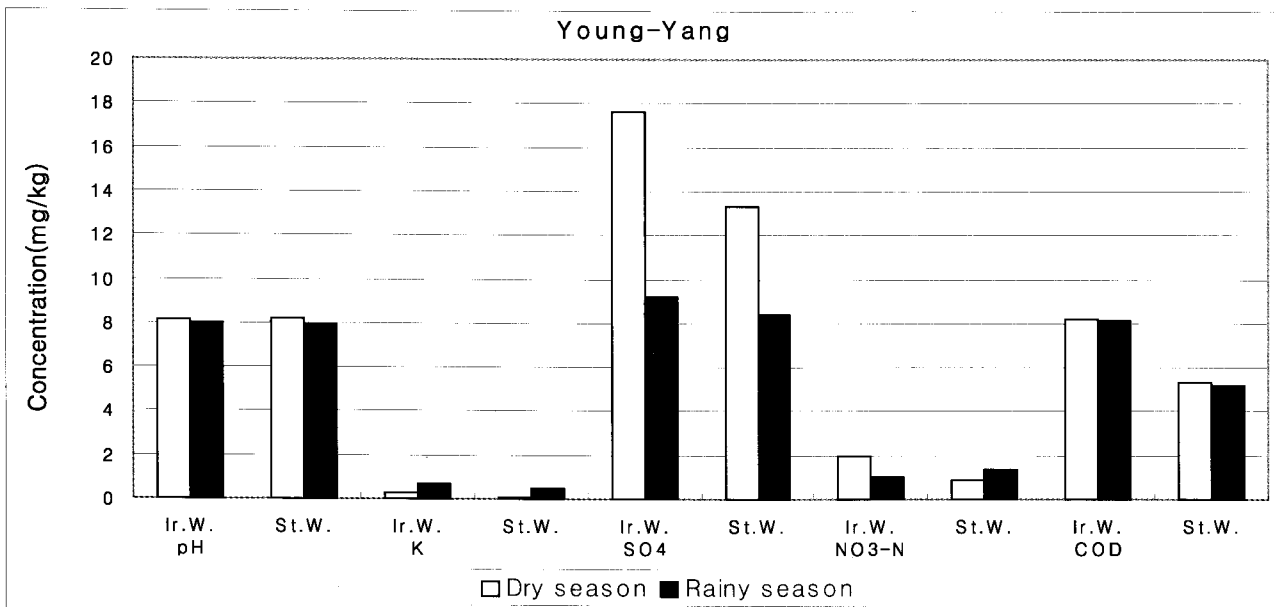


Fig. 3. Comparison of chemical properties at smpling season and watershed in Yong-Yang. Ir.W. : Irrigation water, St.W. : Stream water.

이 갈수기에서 그 함량이 높았으며 이는 영양지역 하천이 안동지역의 하천과는 다른 특성을 가지고 있기 때문이며 특히 COD와 NO₃의 함량이 그러하였다.

Fig. 4는 지역별 채수시기에 따른 COD함량을 나타낸 것으로 관개수의 경우 두지역 모두 갈수기의 COD함량이 높았으며, 하천수는 영양의 경우 갈수기에 안동의 경우 홍수기에 COD함량이 높았다. 홍수기의 COD함량이 두 지역간 상반되는 결과를 나타내었는데 이러한 결과는 하천의 경우 강의 특성에 따라 COD함량이 결정되기 때문인 것으로 사료되며, 안

동의 경우 홍수기에 COD가 높은 것은 하천유역의 개발로 토사의 유실이 많고 유속이 완만하여 강우 후 강물은 황토색이 나타나고 탁도가 나빠지는 것과 관련되는 것으로 사료된다.

Table 8은 지표수와 지하수로 나누어 수질변화에 미치는 화학성분을 다변량 통계분석법을 이용하여 요인 분석한 결과를 나타낸 것이다. 이러한 통계분석 방법은 최근 pattern recognition에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 요인분석, 주성분분석, 판별분석 및 다중회귀분석 등 다변량 통계분석을 통해 그 특성을 요약하고 다른 그룹과 구분하는 것으로

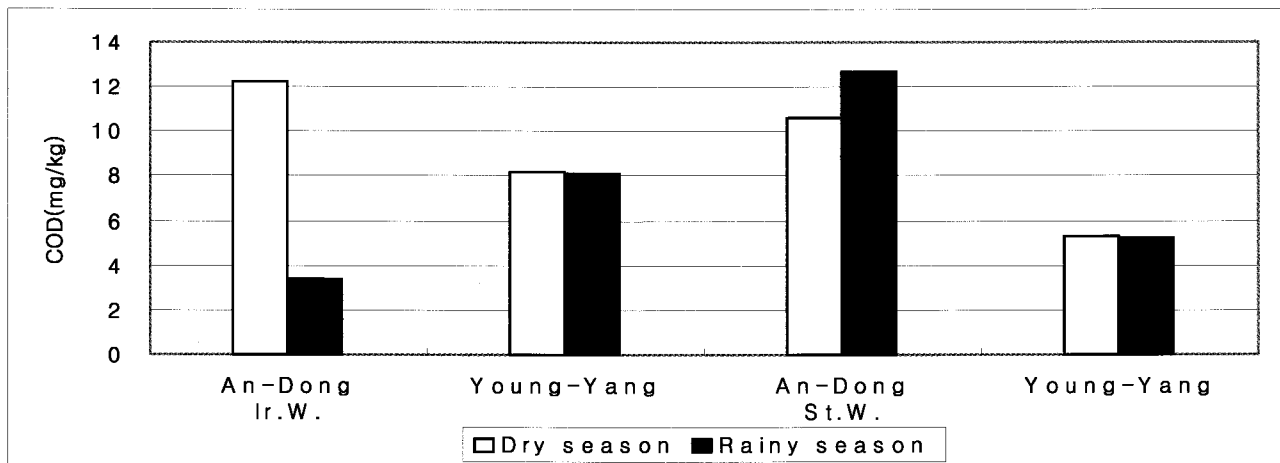


Fig. 4. Comparison of COD by sampling site and season in stream water. IW. : Irrigation water, SW. : Stream water.

Table 8. Principal component analysis of chemical properties in ground water and stream water associated with changing water quality

Component	Ground water			Stream water		
	PC1 [†]	PC2	PC3	PC1	PC2	PC3
pH	-0.45	0.72	-0.19	0.44	-0.36	0.08
EC	0.91	0.25	0.01	0.96	0.23	0.01
NO ₃ -N	0.91	0.15	-0.30	-0.46	0.24	0.53
NH ₄ -N	0.16	-0.31	-0.19	-0.16	-0.42	0.69
P	0.14	0.78	0.24	0.40	-0.24	-0.46
K	0.17	0.50	0.78	-0.80	0.39	-0.07
Ca	0.67	-0.57	0.40	0.52	0.75	-0.16
Mg	0.79	0.02	0.09	0.66	0.64	-0.09
Na	0.67	0.34	0.46	-0.58	0.65	0.27
Cl	0.91	0.21	-0.01	0.82	0.02	0.45
SO ₄	0.89	-0.03	-0.15	0.65	0.37	0.48
COD	0.17	0.44	-0.35	0.04	-0.17	0.39
Variance(%)	40	20	13	39	18	13
Cumulative(%)	40	60	73	39	57	70

[†] PC denotes principal component.

로 이용성이 증대되고 있다¹³⁾.

통계분석결과 지하수의 경우 EC, NO₃, Ca, Mg, Na, Cl, SO₄ 등이 수질변화에 영향을 미치는 주요 요인으로 나타났고, 지표수의 경우 EC, K, Mg, Cl, SO₄, NH₄-N 등이 주요인으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 지하수에 영향을 주는 성분은 NO₃에 의한 것으로 외부의 영향을 많이 받을 수 있는 지하수 깊이가 얇은 시설재배지 부근에서 주로 오염이 많이 되며, 지표수의 경우 NH₄-N 함량이 높은 갈수기와 비교적 토사의 유입이 많은 하천의 양분유입에 의해 오염이 많은 것을 알 수 있었다.

결론

영양, 안동 두지역에 위치한 환경농업조성지구의 농업용수

로 이용되고 있는 지표수와 지하수를 갈수기와 홍수기로 나누어 수질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 1) 농업용수원으로 이용되는 지표수와 지하수의 화학성분을 비교해 보면 COD, pH의 경우 지표수가 높았고, EC를 포함한 양이온, 음이온의 함량은 지하수가 높았다.
- 2) 농업용 지하수의 경우 이온간 상관관계는 pH와 이온들간에는 부의 상관관계를 나타냈고, 전기전도도인 EC와는 Cl > SO₄ > NO₃ > Mg > Na > Ca 순으로 정의 상관관을 나타냈다.
- 3) 지하수 깊이별 화학성분량의 비교는 EC와 이온들의 함량이 깊이별 유의성이 인정되었으며 깊이가 얇은 곳의 이온 성분이 높게 나타나 얇은 지하수의 경우 축분퇴비 및 시비와 같은 인위적인 오염원의 유입현상이 진행된 것을 알 수 있었다.
- 4) 농업용 지표수의 채수시기별 수질의 화학성을 나타낸 자료

로 홍수기의 경우 NO_3^- 와 K의 함량이 높았으며, 갈수기에는 pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P의 함량이 높았다.

- 5) 하천수의 지역별 채수시기에 따른 COD함량은 영양의 경우 갈수기에 안동의 경우 홍수기에 COD함량이 높았다.
- 6) 수질변화에 미치는 화학성분을 요인분석한 결과 지하수는 EC, NO_3^- , Ca, Mg, Na, Cl, SO_4^{2-} 등 이었고, 지표수는 $\text{NH}_4\text{-N}$, K, Mg, Cl, SO_4^{2-} 등이 수질변화의 영향을 미치는 주요인으로 작용하였다.

참고문헌

- 1. Kim, C. K. (2000) Agricultural Prospect 2000, Korea Rural Economic Institute : 101-108.
- 2. Hall, D. W. (1992) Effect of nutrient management on nitrate levels in ground water near Ephrate, Pennsylvania. *Ground water* 30, 720.
- 3. Adriano, D. C., Pratt, P. F. and Takatori, F. H. (1972) Nitrate in saturated zone of an alluvial soil in relation to fertilizer nitrogen rate and irrigation level, *J. Environ. Qual.* 1, 418-422.
- 4. Walker, W. G., Bouma, J., Kenney, D. R. and Magdof, F. R. (1973) Nitrogen transformation during subsurface disposal of septic tank effluent in sand: I. Soil transformations, *J. Environ. Qual.* 2, 475-480.
- 5. Choi, J. D. (2000) The study of monitoring underwater

- quality along Buk Han River Alluvial Plain. *J. Korean Sci. on Water Quality* 16(3), 283-294.
- 6. Ross, J. D. (1963) Deficient activity of DPNH dependent methemoglobin diaphorase in cord blood erythrocytes, *Blood* 21, 51-62.
- 7. National Research Council. (1978) Nitrate : An environmental assessment, *National Academy of Science, Washington, D.C.*
- 8. Minister of Environment (2000) Official Methods for Water Pollutants Analysis.
- 9. APHA-AWWA-WPCF (1992) Standard methods for the examination of water and waster water, 18th, *Washington D.C.*
- 10. Eckstein, Y. (1969) Hydrogeology of a volcanic island Cheju do, Korea, *Bull. of Internat'I Ass. Sci. Hydrol.* 14, 45-60.
- 11. Dancer, W. S. (1975) Leaching losses of ammonium and nitrate in reclamation of sand spoils in corn well, *J. Environ. Qual.* 4, 499-504.
- 12. Kim, J. H. (2000) Variation of water chemical components and estimation of suitability as the source for irrigation water at Seo-lake in Suwon. *Korean J. Environ. Agric.* 19(3), 242-246.
- 13. Strouf, O. (1986) Chemical pattern recognition, *John Wiley & Sons Inc.* 105-136.