

경남지방 시설원예지 농업용 지표수의 수질 현황

허종수·하영래·서정윤*·조주식**·이성태·이홍재
경상대학교 농화학과, 창원대학교 환경공학과* 순천대학교 농화학과**

Quality of Surface Water for Irrigation around Controlled Horticultural Area in Gyeongnam

Jong-Soo Heo, Yeong-Lae Ha, Jeoung-Yoon Seo*, Sung-Tae Lee Ju-Sik Cho** and Hong-Jae Lee (Dept. of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Chin Ju 660-701, Korea, *Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University, 641-773, Korea, **Dept. of Agricultural Chemistry, Suncheon National University, Sunchon 540-742, Korea)

Abstract : To investigate the water quality status of agricultural water source for greenhouse area in Gyeongnam, the surface water quality was examined six times from October in 1995 to March in 1996 at five areas in Gyeongnam.

The pH values of surface water were in the range of 6.6~9.1. pH in Kimhae and Changnyong areas were out of range in 6.0~8.5 which was water quality standard for agriculture.

The DO values of surface water were relatively high with average 10.0mg/l in Kimhae, Changnyong, Sacheon and Chinju areas except for Haman area. The BOD values of surface water exceeded water quality standard for agriculture(8.0mg/l) in three sites and one site in Haman and Sacheon, respectively. The COD values of surface water exceeded water quality standard for agriculture(8.0mg/l) in Kimhae, Changnyong and Haman.

The NH₄⁺-N values in surface water of Changnyong and Haman areas were 1.21mg/l and 2.75mg/l, respectively. The average values of NO₃⁻-N in surface water was appropriate for agriculture.

The values of K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, PO₄³⁻ and SO₄²⁻ in Haman were the highest of those of the others. And Pb was below 0.1mg/l which was water quality standard for agriculture.

The average values of Cu, Cd and Zn were below water quality standard for agriculture.

Between COD and SS in surface water was positively correlated with r=0.799**. BOD in surface water was positively correlated with NH₄⁺-N, PO₄³⁻, SS, K⁺, Na⁺ and Cl⁻.

Surface water pollution status of agricultural water source of greenhouse areas in Gyeongnam was in order of Chinju< Sacheon< Kimhae< Changnyong< Haman area.

서론

국내 용수 수요현황은 생활용수 53억m³, 공업용수 26억m³, 농업용수 154억m³ 및 하천유지용수 57억m³을 사용하고 있는 것으로 보고되고 있으며, 매년 용수 수요량은 증가될 전망이다.¹⁾ 그러나 인구의 증가와 도시집중화로 인한 생활하수의 증가, 산업발달로 인한 산업폐수의 증가 및 가축사육두수 증가로 인한 축산폐수의 증가로 1994년 국내 폐·하수배출량은 생활하수 14,632천m³/일, 산업폐수 7,259천m³/일

및 축산폐수 177천m³/일 이었다¹⁾. 이와 같이 막대한 양의 폐·하수가 4대강을 비롯한 기타 하천에 유입되고 있으며 이들 복합오염된 하천수를 농업용수로 이용하고 있으므로 농산물 안정생산에 큰 문제라 아니할 수 없다.

우리나라 전국 주요 하천수질은 대부분 오염되어 있으며 그간 한강, 낙동강, 영산강, 섬진강, 남강, 대전천, 무심천, 미호천, 대청호 및 진양호등 전국 주요하천 및 호수에 대한 수질실태를 조사한 결과 한결같이 오염되어 있음을 지적하고 있다.^{2~12)}

농업용수로 이용되고 있는 전국 주요 하천의 98 개 지점에 대한 수질조사 결과 수질항목의 평균치는 농작물 피해농도 이하이었으나 EC, COD, NH₄⁺-N, 및 SO₄²⁻의 최고치는 농작물 피해농도 이상으로서 조사지점의 45%인 44개소가 농작물 재배에 부적합한 수질인 것으로 보고되고 있으며¹³⁾, 이러한 수질오염은 직접적인 피해는 물론 동물, 식물을 매개로 하는 2차, 3차적 피해증상도 날로 증가하고 있다¹⁴⁾.

우리나라 시설원예작물 재배면적은 1980년 7,142 ha에서 1994년에는 36,000ha로 증가하였으며 앞으로도 재배면적은 매년 증가될 전망이다.

우리나라 시설원예는 주로 남부지방을 중심으로 발달하기 시작하였으며, 현재 국내 시설재배 단지는 주로 경남을 중심으로한 남부지방에 치우쳐 있다. 그간 시설원예에 관한 연구가 다각적으로 많이 이루어졌으나 시설원예지대의 환경오염방지를 위한 연구는 거의 없는 실정이며, 시설원예지대 농업용수로 직접 이용되고 있는 지표수와 지하수에 대한 수질실태 조차 파악되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 실험은 경남 주요 시설원예지대의 지표수 수질 실태를 지역별 및 시기별로 조사함으로써 지역 농업에 참고자료를 제공코자 하였으며, 동절기(1995년 10월~1996년 3월) 수질실태를 조사한 결과를 보고하는 바이다.

Table 1. Location of surface water sampling sites in greenhouse area of Gyeongnam.

Area	Sample No.	Location of sampling sites
Kimhae	1	대동면 수안리 낙동강 지류하천
	2	대동면 예안리 낙동강 지류하천
	3	대동면 초정리 낙동강 본류하천
	4	대동면 초정리 낙동강 지류하천
Changnyong	5	남지읍 낙동강 본류하천(남지교 500m하류)
	6	남지읍 낙동강 본류하천(남지교)
	7	남지읍 낙동강 본류하천(구남지교)
	8	남지읍 낙동강 본류하천(구남지교 500m상류)
Haman	9	가야읍 산서리 도하마을 하천
	10	가야읍 유현리 유현천 하천
	11	가야읍 웅암리 웅암천 본류
	12	가야읍 웅암리 웅암천 지류
Sacheon	13	남양 1동 입대마을 저수지 하류
	14	용현면 용현 2교 하천
	15	사남면 죽천 부락 하천
	16	배춘리 양동교 하천
Chinju	17	금곡면 홍전교 하천
	18	문산읍 하천
	19	하대동 남강본류(상평교 하류200m)
	20	하대동 남강본류(금산교)

재료 및 방법

1. 수질조사지역 및 지점

수질조사지역은 경남의 대표적 시설원예지대인 김해, 창녕, 함안, 사천, 진주 등 5개지역을 선정하였으며, 조사지점은 각 지역중에서 시설원예작물 재배밀도가 높은 4개지점을 각각 선정하였고, 지표수 수질시료 채취는 시설원예 용수원으로 사용하고 있는 각 지점의 인근 하천수를 채취하였다. 각 지역의 수질시료 채취지점은 Table 1에서 보는 바와 같다.

2. 수질시료 채취시기 및 방법

시료채취는 1995년 10월부터 1996년 3월까지 날씨 맑은 날을 선택하여 6회(1회:1995년 10월 13~15일, 2회:1995년 11월 14~16일, 3회:1995년 12월 14~16일, 4회:1996년 1월 11~13일, 5회:1996년 2월 1~3일, 6회:1996년 3월 11~13일)에 걸쳐 채취하였으며, 채취시기별 기온과 수온은 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Air(water) temperature at the sampling site. °C

Area	Air(water) Temp.					
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Kimhae	26 (21)	14 (12)	6 (7)	-1(2)	0 (3)	7 (7)
Changnyong	26 (20)	20 (12)	11 (7)	5 (3)	5 (3)	14 (9)
Haman	25 (19)	15 (11)	9 (8)	4 (3)	4 (4)	7 (8)
Sacheon	27 (19)	15 (13)	12 (12)	6 (2)	5 (4)	9(10)
Chinju	28 (21)	12 (9)	10 (12)	3 (2)	2 (2)	8 (8)
Average	26 (20)	15 (11)	10 (9)	5 (3)	3 (3)	11 (9)

수질시료 채취는 polyethylene 용기(4 l)와 BOD 병(300 ml)에 현장 수면하 30cm 깊이에서 채수하여 Ice box에 보관하여 실험실로 운반하였다. 또한 수질시료중 NH₄⁺-N, COD등을 측정하기 위하여 황산으로 pH를 2 이하로 조정한 다음 4°C에서 보관하였다.

3. 분석방법

수질분석은 환경오염공정시험법¹⁵⁾과 APHA의 Standard Method¹⁶⁾에 준하였다.

pH는 초자전극법, DO 및 BOD는 Winkler-azide 변법으로 분석하였으며, COD는 산성 KMnO₄법, SS는 GFC를 이용한 중량법으로 분석하였고, Cl⁻은 질산은 적정법, NH₄⁺는 인도페놀법, NO₃⁻는 부루신법, PO₄³⁻는 아스코르빈산환원법, SO₄²⁻는 비탁법으로 분

석하였다. 그리고 K, Na, Ca, Mg와 Cd, Zn등 중금속은 Atomic absorption spectrophotometer(Shimadzu AA-680, Japan) 및 Inductively coupled plasma spectrometer(ICP, Atomscan 25, TJA, U.S.A)로 정량하였다.

결과 및 고찰

1. 수질현황

1) pH

경남 시설원예지대 지표수의 지역별 및 지점별 pH는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전반적으로 농업용수 기준치인 pH 6.0~8.5 범위내였으며, 김해지역 3개지점과 창녕지역 2개지점은 채취시기에 따라 pH가 높게 나타나는 지점도 있었다. 김해 4번지점의 pH가 평균 약 8.4로 가장 높았으며 이 지점의 pH가 높은 것은 해안과 인접한 지역적 특성으로 인한 해수유입과 김해지역 폐·하수의 유입에 영향을 받은 것으로 생각되었으며, 창녕과 함안도 비교적 pH가 높았다.

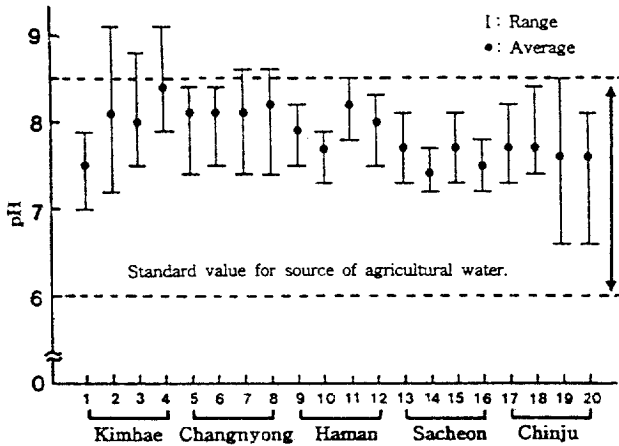


Fig. 1. pH in surface wter at different areas in Gyeongnam. pH was analyzed six times from October in 1995 to March in 1996.

2) DO 및 BOD

각 지점별 DO는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 함안이 평균 8.0mg/l 정도로 타지역에 비하여 낮았으며 시기에 따라서는 DO가 6.0mg/l 이하일 경우도 있었으며, 이러한 이유는 함안지역의 시설원예지에 인접한 쓰레기매립장으로 부터 유출되는 침출수의 유입에 크게 영향을 받은 것으로 생각되었다. 그리고 김해, 창녕, 사천, 진주지역에서는 전반적으로 평균 DO 10.0mg/l 이상으로 비교적 높았으며, 이러한 이유는 DO가 대기압과 온도에 영향을 받는 인자이며 본 수질 조사 시기가 늦가을부터 초봄까지인 점을 고려해 볼때 낮은 온도가 DO의 포화도에 많은 영향을 미친 것으로 사료되었다.

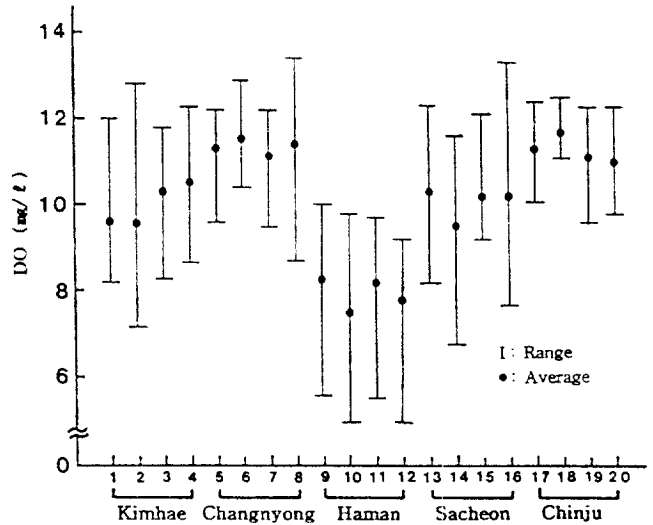


Fig. 2. DO in surface water at differnt areas in Gyeongnam.

DO was analyzed six times from October in 1995 to March in 1996.

수중 DO는 하천의 자정능력을 평가하는데 가장 중요한 인자로서 대부분이 대기로부터 유입되나 조류의 광합성 작용에 의해 생성되기도 하며, 우리나라 환경보전법상 DO는 상수원수 1급은 7.5mg/l 이상, 상수원수 2, 3급은 5.0mg/l 이상, 그리고 농업용수는 2.0mg/l 이상으로 각각 규정³¹⁾하고 있다. 수중에 유기물등 오염물질이 유입되면 미생물의 번식이 활발하여 산소가 결핍되어 궁극적으로 환원상태가 되고 유기물의 혐기성 분해가 일어나 H₂S, 메탄, 암모니아등의 생성으로 악취가 발생하기도 하며, 어류에 대해서는 용존산소 포화치의 50%이하가 되면

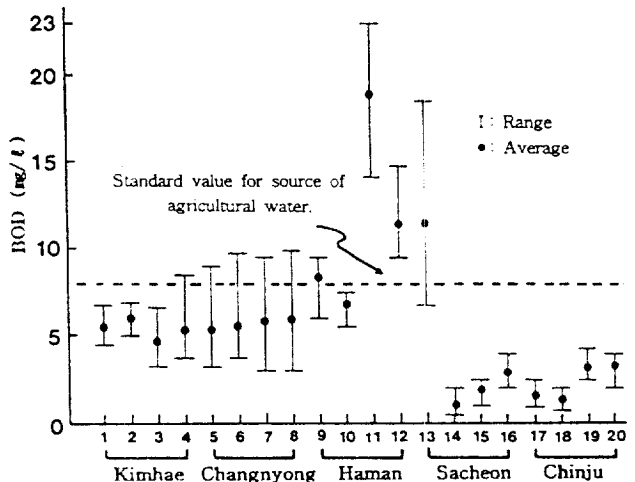


Fig. 3. BOD in surface water at different areas in Gyeongnam.

BOD was analyzed six times from October in 1995 to March in 1996.

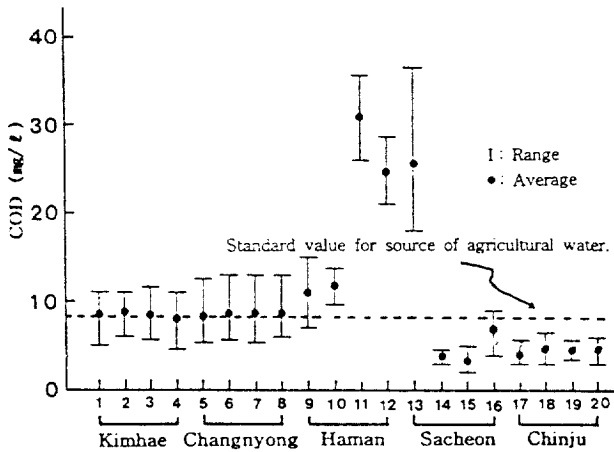


Fig. 4. COD in surface water at different areas in Gyeongnam. COD was analyzed six times from October in 1995 to March in 1996.

생존에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

각 지점별 BOD를 분석한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 진주지역은 BOD가 전반적으로 낮았으며, 사천지역도 13번 지점외에는 비교적 낮은 편이었다. 사천지역 13번 지점의 BOD가 높게 나타난 것은 유량이 적은 하천의 상류에 위치한 군부대와 인근 마을 생활하수의 유입이 주원인인 것으로 생각되었다. 창녕과 함안지역은 시기에 따라서는 농업용수 기준치인 8.0mg/l 을 초과하였으며 함안지역의 BOD가 가장 높게 나타나 23.0mg/l 에 이르는 지점도 있었다.

3) COD 및 SS

각 지점별 COD를 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는바와 같이 사천과 진주지역은 농업용수 기준치³¹⁷⁾인 8.0mg/l 이내로서 낮았으며 김해와 창녕지역은 평균 8.0mg/l 이상으로 농업용수 기준치인 8.0mg/l

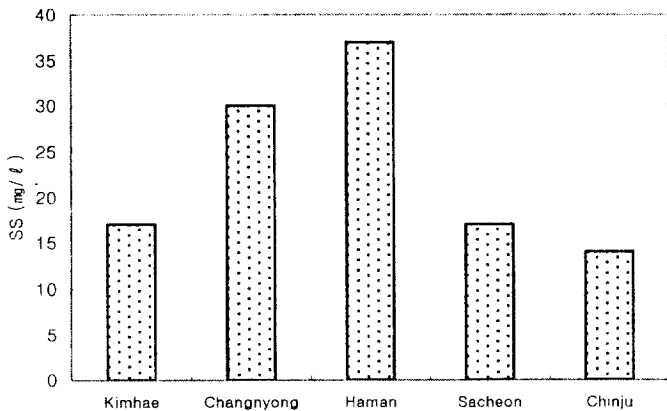


Fig. 5. Average value of SS in the surface water at different areas in Gyeongnam. SS was analyzed six times from October in 1995 to March in 1996.

을 약간 초과하였다. 그러나 함안지역의 COD는 농업용수 기준치인 8.0mg/l 를 훨씬 초과하였으나, 수도피해 한계 기준치인 50mg/l 을 초과하지는 않았다.

본 조사 결과 남강 수계인 진주지역 지표수의 COD는 평균 5.0mg/l 전후로서 1989년 남강댐하류의 평균 수질은 COD가 18.8mg/l 라고 한 전등⁷⁾의 보고에 비하여 COD가 훨씬 낮았으며, 이러한 이유는 그간 진주시 폐·하수종말처리장의 설치 가동으로 폐·하수가 남강으로 직접 유입되지 않고 폐·하수종말처리장에서 처리후 유입되었기 때문인 것으로 생각되었으며, 섬진강 수계인 전남 남원시 생활하수 유입지점 COD 5.4mg/l, 보성강 생활하수 유입지점 본류의 COD 3.6mg/l, 구례군의 생활하수 유입지점 COD 4.3mg/l⁶⁾에 비하여 오염도가 약간 높았다.

각 지역별 SS를 분석한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 창녕과 함안지역의 평균치가 각각 30mg/l 와 37mg/l 로서 김해, 사천 및 진주지역에 비해서 월등히 높았으나 농업용수 기준치인 100mg/l⁵²⁰⁾을 초과하지는 않았으며, SS의 성상은 주로 유기물질, 조류(algae) 및 무기물질류가 주종을 이루고 있었다.

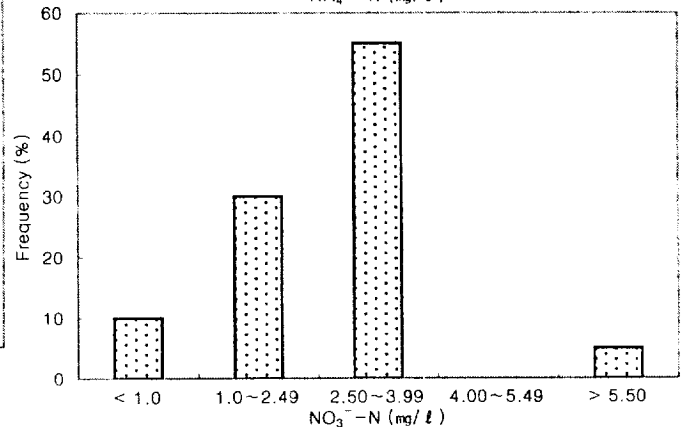
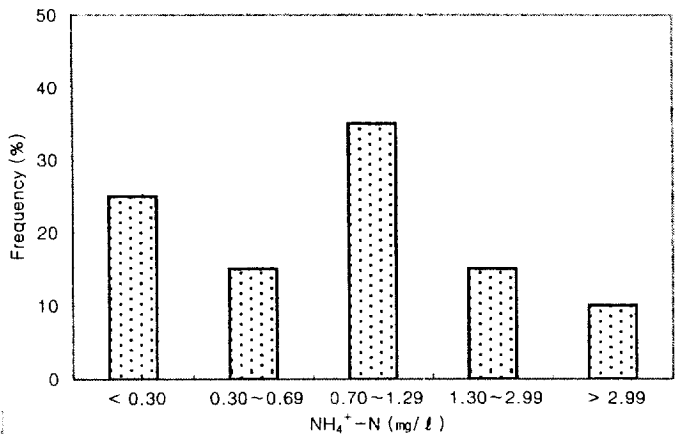


Fig. 6. Frequency distribution of NH₄⁺-N and NO₃⁻-N in surface water

Table 3. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ contents in surface water.

	Kimhae	Changnyeong	Haman	Sacheon	Chinju	
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Range	0.12~2.31	0.18~2.90	0.76~5.55	0.02~4.55	0.01~1.39
	Mean	0.90	1.21	2.75	0.87	0.19
$\text{NO}_3^-\text{-N}$	Range	1.84~3.76	3.10~4.62	0.48~21.1	0.21~3.19	0.41~4.64
	Mean	3.06	3.91	3.90	1.35	1.52

4) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 및 $\text{NO}_3^-\text{-N}$

각 지역별 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (Table 3)은 창녕과 함안지역의 평균치가 각각 1.21mg/l 과 2.75mg/l 로서 타지역에 비하여 월등히 높았으며, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 함량의 분포빈도(Fig. 6)는 0.30mg/l 이하에서 부터 2.99mg/l 이상까지 폭넓게 분포하였으며 $0.70\sim 1.29\text{mg/l}$ 사이가 조사지점의 35% 정도로 가장 많은 빈도분포를 나타내었고, 2.99mg/l 이상도 10%나 분포하고 있었다.

수중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 은 질산화작용에 의해 산화되어 질산이온이 되면서 용존산소를 소비하여 하천의 자정능력을 상실케하고 혐기성 분해를 일으켜 악취를 발생시킨다. 최근 우리나라 하천수의 오염으로 인하여 농업용수의 질소 증가에 의한 비의 질소과다

피해는 새로운 유형의 농업피해인 것으로 알려지고 있으며, 질소의 과다는 식묘시 과잉생육, 뿌리의 부식과 출수기 지연으로 입실불량을 야기시킨다.

농업용수중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 함량은 농가에서 표준시비할 경우 0.5mg/l 정도 허용되는 것으로 알려지고 있으므로¹⁶⁾ 창녕과 함안지역은 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 함량이 0.5mg/l 에 비하여 훨씬 높아 암모니아성 질소에 의한 피해도 일어날 수 있을 것으로 추측되었다.

각 지역별 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 함량(Table 3)은 김해, 창녕 및 함안지역이 각각 평균 $3.06, 3.91$ 및 3.90mg/l 로서 사천 및 진주지역에 비하여 높게 나타나 각 지역의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도와 약간의 상관도 나타나는 경향이 있었다. 그리고 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 빈도분포(Fig. 6)는 1.0mg/l 이하에서부터 5.50mg/l 이상까지 넓게 분포하였으며, $2.5\sim 3.99\text{mg/l}$ 사이가 조사지점의 55% 정도로 가장 많은 빈도분포를 나타내었고, $1.0\sim 2.49\text{mg/l}$ 사이가 약 30%를 차지하였다.

$\text{NO}_3^-\text{-N}$ 은 토양으로 유입된 유기태 질소가 무기화 작용을 받아 생성되며, 토양중에서 거의 Cl과 유사한 속도로 빠르게 하향 이동하여 지하수를 오염시키는 것으로 보고^{19,20)} 되고 있으며, Madison 등²¹⁾은 25년간 지하수질에 관한 연구를 종합한 결과 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 이 3.0mg/l 을 초과하였을 경우에는 인간활

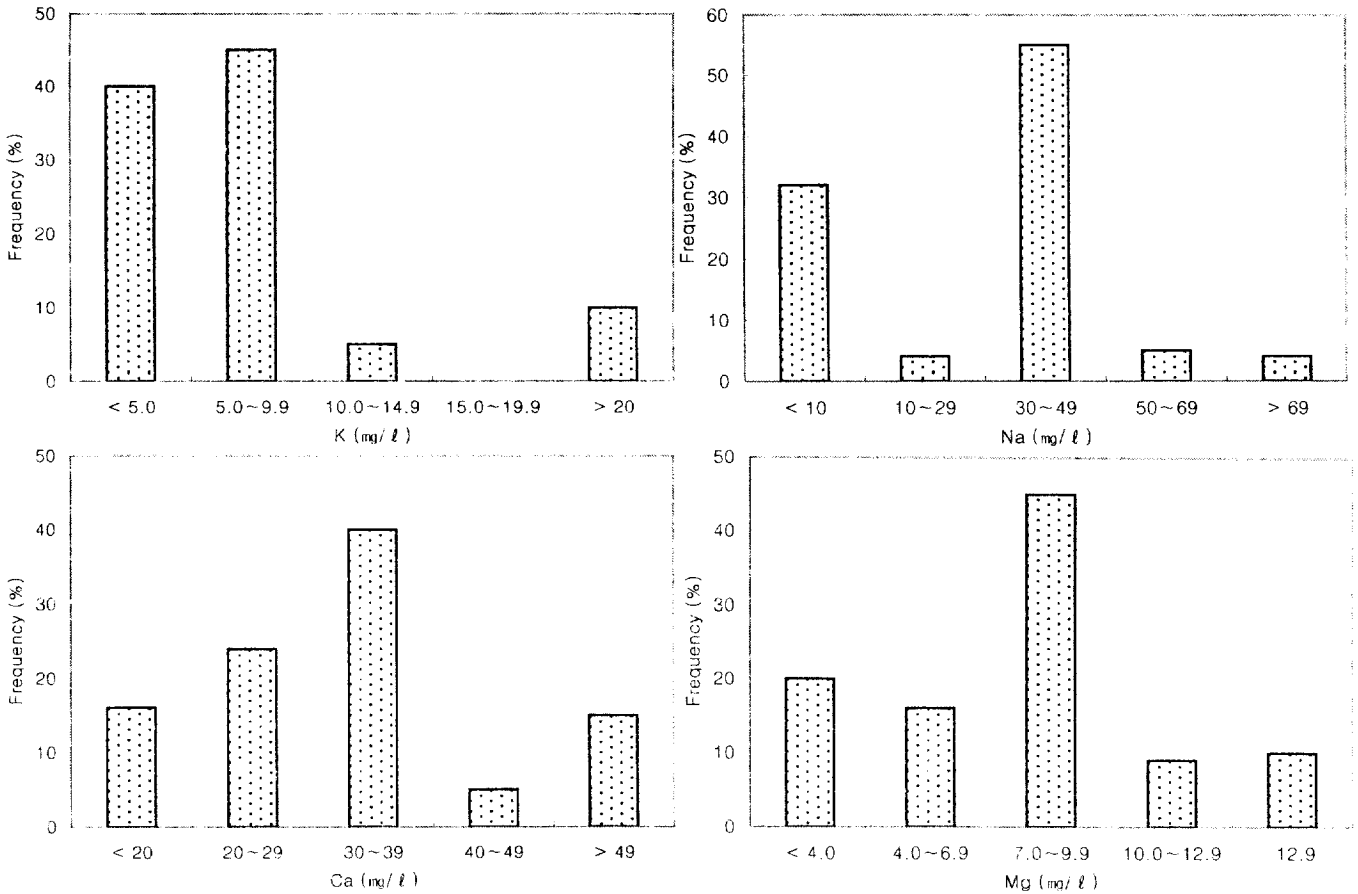


Fig. 7. Frequency distribution of Cations in Surface Water.

동에 의한 오염이라고 하였다.

5) Cations

각 지역별 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 함량 및 빈도분포를 조사한 결과는 Table 4 및 Fig. 7에서 보는 바와 같다.

Table 4. Cation contents in surface water.

	Kimhae	Changnyeong	Haman	Sacheon	Chinju	
K^+	Range	3.97~22.9	3.84~8.09	2.38~63.4	0.41~9.28	1.68~4.38
	Mean	7.31	5.99	24.5	3.20	2.59
Na^+	Range	28.8~49.3	30.4~55.6	24.0~1.45	4.20~27.0	5.28~10.5
	Mean	37.8	43.6	56.1	8.42	7.0
Ca^{2+}	Range	23.3~37.6	23.8~37.8	8.4~86.0	4.0~51.6	9.0~32.6
	Mean	31.3	31.3	57.5	21.1	20.1
Mg^{2+}	Range	6.79~9.43	6.49~7.60	4.62~52.8	1.28~7.79	2.31~5.91
	Mean	8.08	7.08	17.0	4.39	4.04

K^+ 함량은 김해와 창녕지역이 각각 평균 7.31mg/l 과 5.99mg/l 이었고, 함안지역이 평균 24.5mg/l 로 가장 높게 나타났으며, 이러한 이유는 함안지역의 지표수는 하천 인근의 생활 주거지역 생활하수와 마산 (구)쓰레기매립장에서 흘러나온 침출수의 영향을 많이 받았기 때문인 것으로 생각되었으며, 이러한 결과는 부영양화의 원인이 되는 NH_4^+ -N(Table 3)와 PO_4^{3-} (Table 5)가 함안지역에서 가장 높게 나타난 결과로도 추측할 수 있었다. K^+ 함량의 빈도분포는 $5.0\sim 9.9\text{mg/l}$ 사이가 조사지점의 약 45%로서 가장 많은 빈도분포를 나타내었고, 20mg/l 이상은 약 10%를 차지하였다.

Na^+ 함량은 김해, 창녕 및 함안지역이 각각 37.8, 43.6 및 56.1mg/l 로서 사천과 진주지역에 비하여 월등히 높게 나타났으며, Na^+ 함량의 빈도분포는 $30\sim 49\text{mg/l}$ 사이가 조사지점의 약 55%로서 가장 높은 빈도분포를 나타내었다.

Ca 함량은 함안이 평균 57.5mg/l , 김해와 창녕이 평균 31.3mg/l 로서 사천과 진주지역에 비하여 높았으며 특히 함안지역은 양액재배에 있어서 일본의 원수 수질 기준인 40mg/l 을 초과하는 것으로 나타났으며, Ca^{2+} 함량 빈도분포는 조사지점의 약 40% 정도가 $30\sim 39\text{mg/l}$ 사이에 분포하고 있었다. 그리고 Mg^{2+} 함량도 Ca^{2+} 와 마찬가지로 함안지역이 평균 17.0mg/l 로서 타지역에 비해 가장 높았으며, Mg^{2+} 함량의 빈도분포는 조사지점의 45% 정도가 $7.0\sim 9.9\text{mg/l}$ 사이에 분포하고 있었다.

6) Anions

각 지역별 PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 및 Cl^- 함량 및 빈도분포를

조사한 결과는 Table 5 및 Fig. 8에서 보는 바와 같다.

각 지역별 PO_4^{3-} 함량은 함안지역이 평균 1.26mg/l 로 가장 높았으며 이지역 수질에는 조류도 존재하는 것으로 보아 PO_4^{3-} 에 의한 조류의 번식도 일어난 것으로 추측되었으며, 김해, 창녕, 사천 및 진주지역이 각각 평균 0.48, 0.74, 0.40 및 0.38mg/l 였다. PO_4^{3-} 의 빈도분포는 조사지점의 80% 이상이 $0.30\sim 0.79\text{mg/l}$ 사이에 분포하고 있었다.

인은 조류의 성장에 필수성분이며 질소의 농도가 높으면 algal blooming 현상을 일으키는 원인이 되

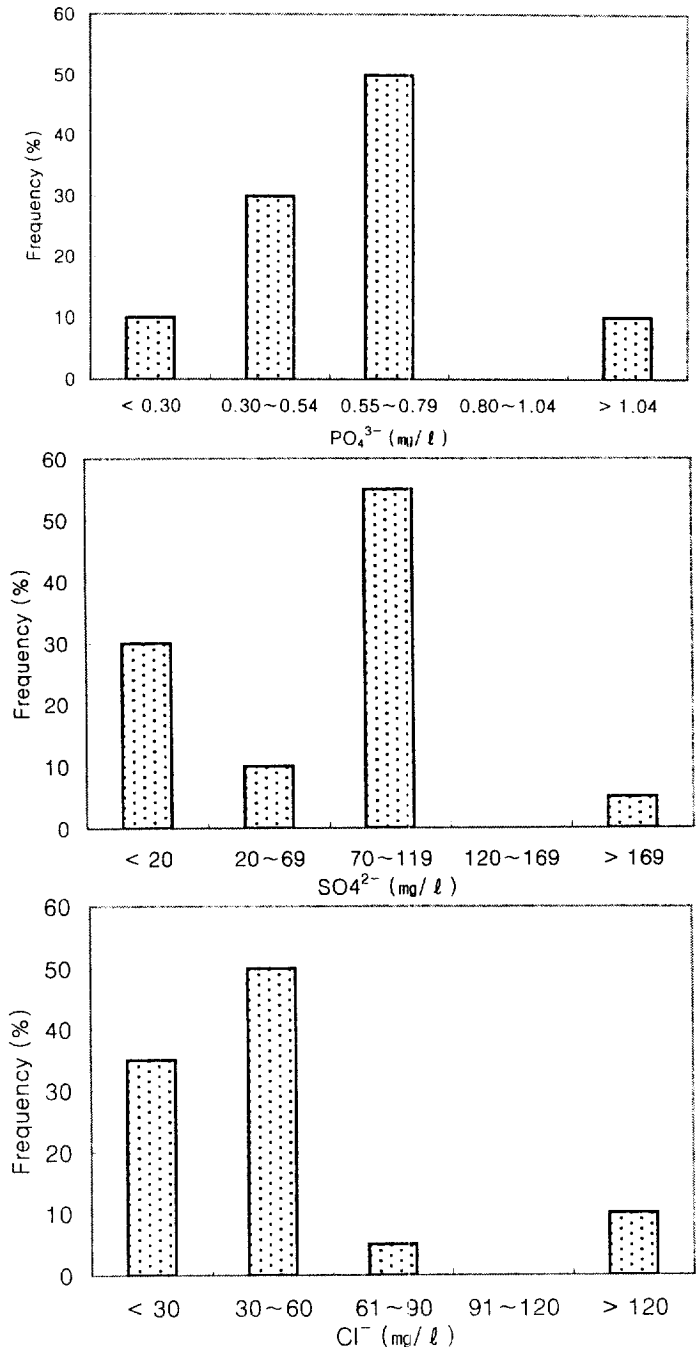


Fig. 8. Frequency distribution of anions in surface water.

Table 5. Anion contents in surface water

	Kimhae	Changnyeong	Haman	Sacheon	Chinju	
PO ₄ ³⁻	Range	0.02~0.88	0.20~1.04	0.38~3.15	0.01~0.82	0.10~0.84
	Mean	0.48	0.74	1.26	0.40	0.38
SO ₄ ²⁻	Range	66.7~124	95.9~121	51.9~453	4.33~25.6	4.72~45.8
	Mean	99.4	108	133	14.3	19.4
Cl ⁻	Range	36.8~78.7	38.7~54.7	45.0~346	10.2~60.3	14.2~37.2
	Mean	56.9	47.1	123	22.6	18.2

며 부영양화를 야기시켜 조류의 탄소동화작용으로 수중 탄산가스가 소비되어 pH는 상승하고 산소가 방출되어 용존산소가 과포화되기도 한다²²⁾.

각 지역별 SO₄²⁻ 함량은 김해, 창녕 및 함안지역이 평균 99.4mg/l 이상으로 사천과 김해지역에 비하여 매우 높았으며, SO₄²⁻의 빈도분포는 조사지점의 약 55% 이상이 70~119mg/l 사이에 분포하고 있었고, 169mg/l 이상도 약 5% 이상 분포되어 있었다.

SO₄²⁻는 지하 토질의 영향을 많이 받는 항목중의 하나이며 SO₄²⁻는 환원상태에서 난용성 ZnS를 형성하여 Zn결핍을 초래하기도 하며, Ca²⁺ 흡수저해와 Na⁺ 흡수촉진 및 엽록체의 광인산화반응을 저해하기도 한다²³⁾. SO₄²⁻에 의한 수도피해는 SO₄²⁻ 100mg/l 이상부터 현저히 감수되며 관개수중 SO₄²⁻의 감수농도는 54.9mg/l 인 것으로 보고²⁴⁾되고 있으며 김해 및 창녕지역의 지표수는 수도 뿐만 아니라 시설원예작물에 있어서도 직접 또는 간접적으로 SO₄²⁻의 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

각 지역별 Cl⁻ 함량은 함안지역이 123mg/l로 타지역에 비하여 매우 높았고, 전반적으로 Na⁺와 비슷한 경향을 보였으며, Cl⁻의 빈도분포는 조사지점의 약 50% 이상이 30~60mg/l 사이에 분포하고 있었다.

Table 6. Heavy metals contents in surface water.

(Unit: mg/l)

	Kimhae	Changnyeong	Haman	Sacheon	Chinju	
Fe	Range	0.07~3.34	0.08~0.34	0.01~1.10	0.02~0.45	0.03~0.16
	Mean	0.44	0.17	0.58	0.17	0.09
Mn	Range	0.05~0.43	0.09~0.90	0.04~0.91	0.02~0.38	0.03~0.24
	Mean	0.18	0.28	0.33	0.11	0.10
Pb	Range	ND~0.031	0.002~0.043	0.002~0.026	ND~0.009	ND~0.018
	Mean	0.008	0.012	0.010	0.004	0.008
Cd	Range	ND~0.007	ND~0.017	ND~0.020	ND~0.004	ND~0.009
	Mean	0.002	0.003	0.006	0.002	0.002
Zn	Range	0.002~0.0044	ND~0.071	0.002~0.102	ND~0.053	ND~0.043
	Mean	0.012	0.018	0.024	0.017	0.008
Cu	Range	0.001~0.013	ND~0.008	ND~0.02	ND~0.014	ND~0.008
	Mean	0.003	0.002	0.005	0.002	0.002

미량원소인 Cl⁻의 과다는 식물체의 광합성을 감소, 탄수화물 이동저해 및 호흡과 수분흡수 저해를 일으키는 원인이 되는 것으로 알려져 있다^{25~27)}. 농업용수중 Cl⁻ 함량이 100mg/l 이상 되면 농업용수로서 장기간 이용이 불가능하다는 견해도 있으며²⁸⁾, 이러한 측면에서 볼때 함안의 지표수는 염소에 의한 장애를 일으킬 가능성이 있을 것으로 생각되었다.

7) Heavy metals

각 지역별 중금속을 분석한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같이 Fe는 김해와 함안지역이 각각 0.44mg/l 과 0.58mg/l로 높았고 Mn은 창녕과 함안지역이 각각 0.28mg/l 과 0.33mg/l로 높게 나타났다. 창녕과 함안지역의 Pb 평균농도는 각각 0.012mg/l 및 0.01mg/l로서 다른 지역에 비해 약간 높았으며 농산물 재배를 제한할 수 있는 오염기준치인 0.1mg/l 이하에 모두 들어 있었다. Cu는 농산물 재배를

Table 7. Correlation coefficient among chemical factors of the surface water. (r=)

	BOD	COD	NH ₄ ⁺	NO ₃	PO ₄ ³⁻	K ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SS	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Cl ⁻	Fe ²⁺
COD	0.972**												
NH ₄ ⁺	0.885**	0.843**											
NO ₃	0.533*	0.394	0.514*										
PO ₄ ³⁻	0.666**	0.698**	0.643**	0.523*									
K ⁻	0.803**	0.792**	0.689**	0.609**	0.876**								
Ca ²⁺	0.441	0.408	0.629**	0.524*	0.587**	0.674**							
Mg ²⁺	0.548*	0.561**	0.550*	0.443	0.887*	0.886**	0.842**						
SS	0.799**	0.751**	0.866**	0.612**	0.669**	0.669**	0.631**	0.586**					
SO ₄ ²⁻	0.310	0.190	0.480*	0.562*	0.263	0.262	0.733**	0.409	0.548*				
Na ⁺	0.603**	0.527**	0.656**	0.805**	0.781**	0.747**	0.799**	0.821**	0.740**	0.699**			
Cl ⁻	0.722**	0.708**	0.627**	0.632**	0.909**	0.972**	0.743**	0.946**	0.647**	0.353	0.844**		
Fe ²⁺	0.457*	0.454*	0.370	0.291	0.444*	0.565**	0.516*	0.606**	0.343	0.404	0.502*	0.587**	
Mn ²⁺	0.050	0.065	0.259	-0.015	0.021	0.018	0.560*	0.177	0.269	0.871**	0.736**	0.486*	0.489*

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

제한할 수 있는 기준치를 0.01mg/l 이하로 규정³⁰⁾하고 있으며, 김해와 사천지역은 지점에 따라서는 그 기준을 약간 초과하는 지점도 있었다. Cd 및 Zn의 지역별 평균값은 농업용수 기준치 이하였으나 지점에 따라서는 기준치를 초과하는 지점도 여러곳 있었다.

2. 수질분석 항목간의 상관관계

각 지역별 수질분석 항목간의 상관관계를 검토한 결과는 Table 7에서 보는 바와 같다. COD는 BOD, SS, NH₄⁺-N 및 PO₄³⁻와 각각 서로 고도의 유의성있는 정의 상관을 나타내었다. COD와 BOD의 상관은 r=0.972**로 고도의 유의적인 정의 상관이 있었으며 이와 같이 COD와 BOD의 상관이 높은 것을 미루어 볼때 각 지역의 산화성 수질오염물질은 주로 미생물이 분해가능한 유기물인 것으로 생각되었다. 오염도를 나타내는 지표중 하나인 SS도 COD와는 r=0.751**로 고도의 유의성이 있었으며 COD는 부영양화를 일으키는 오염물질들인 NH₄⁺-N과 PO₄³⁻와도 각각 r=0.843**과 r=0.698**로 고도의 유의성있는 정의 상관이 있었으며, BOD는 NH₄⁺-N, PO₄³⁻, K⁺, EC, SS, Na⁺ 및 Cl⁻과 고도의 유의성있는 정의 상관이 있었다.

요 약

경남지역 주요 시설원예 용수원의 수질을 김해, 창녕, 함안, 사천, 진주 등 5개 지역에서 각 지역별 4개지점의 지표수의 수질을 동절기인 1995년 10월부터 1996년 3월까지 매월 1회, 총 6회에 걸쳐 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

각 지역별 pH는 6.6~9.1 범위였으며, 농업용수 허용기준치인 pH 6.0~8.5를 초과하는 지역은 김해, 창녕이었다.

DO는 함안을 제외한 지역은 평균 10.0mg/l 이상으로서 비교적 높았으나 함안은 6.4~10.0mg/l 범위로서 타지역에 비하여 낮았으며, BOD는 함안 3개 지점, 사천 1개 지점이 농업용수 허용기준치인 8.0mg/l 을 초과하였다.

COD는 진주를 제외한 4개지역 모두 농업용수 허용기준치 8.0mg/l 을 초과하였고, 함안이 평균 19.8 mg/l 로 타지역에 비하여 가장 높았다.

NH₄⁺-N은 창녕과 함안지역이 각각 1.21mg/l 및 2.75mg/l 로 높았으며, NO₃⁻-N은 양호한 편이었다.

K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, PO₄³⁻ 및 SO₄²⁻는 함안지역이 타지역에 비하여 매우 높았으며, Pb는 각 지역 모두 농산물 재배 기준치인 0.1mg/l 이하였으며, Cu, Cd 및 Zn의 각 지역별 평균은 농업용수 기준치 이

하였으며 지점에 따라서는 기준치를 초과하는 지점도 여러곳 있었다.

수질분석 항목들간의 상관관계를 검토한 결과 COD와 SS는 r=0.799**로 고도의 유의성있는 정의 상관이 있었으며, BOD는 NH₄⁺-N, PO₄³⁻, K⁺, Na⁺ 및 Cl⁻과 유의성있는 정의 상관이 있었다.

경남지역 시설원예지대 농업용수원의 동절기(1995년 10월~1996년 3월)지표수 수질실태는 진주<사천<김해<창녕<함안 순으로 오염도가 높았다.

참 고 문 헌

1. 환경부. 1996. 환경백서.
2. 권숙표, 이수환. 1987. 서울지역의 한강수질에 관한 조사연구. 한강생태계 조사연구보고서. 87~103.
3. Choi, E. H. and S. R. Lee. 1982. Studies on the water quality along the midstream of Nakdong River in 1970~1980. *Kor. J. Environ. Agric.* 1(1) : 31~38.
4. 이춘희, 이한생, 전성건, 장순덕. 1985. 낙동강 하류수계 관개수질이 벼 생육에 미치는 영향. *한국토양비료학회지* 18(1) : 72~77.
5. 주홍규, 박봉헌. 1991. 영산강 주위의 수질 및 생물군집구조에 관한 연구. *한국수질보전학회지* 7(1)
6. 이종식, 강종국, 김종구. 1993. 섬진강 수계 농업용수의 수질조사 연구. *한국환경농학회지.* 12(1) : 19~25.
7. 전성건, 이춘희, 이한생, 신원교. 1991. 오수유입이 남강댐 하류 수질의 동적변화에 관한 조사연구. *농촌진흥청 연구보고서* 33(1) : 86~91.
8. 권득용. 1990. 대전시 관류하천의 수질에 관한 연구. *청주대학교 산업경영 대학원 석사학위 논문.*
9. 이재구, 김학남, 경기성, 광희연. 1991. 무심천 수질오염 실태와 그 방지책. II. 계절별 및 시기별 현황. *한국환경농학회지.* 10(1) : 33~49.
10. 제성직. 1991. 미호천의 수질에 관한 연구. *청주대학교 산업경영대학원 석사학위논문.*
11. 배양재. 1986. 대청호의 수질에 관한 연구. *청주대학교 산업대학원 석사학위논문.*
12. 하호성, 서정윤, 진종석, 이근선. 1994. 진양호의 오염원 및 수질조사. *경상대학교 환경보전 연구소보.* 2 : 43~58.
13. 김복영외 12명. 1989. 농업용수 수계별 오염도조사. *농업수자원의 보존관리종합연구.* 농촌진흥청 농업기술연구소 대형연구과제:27~31.
14. 김태근. 1977. 산업폐수에 관한 고찰. *성균관대*

- 학교 경영행정대학원 석사학위논문.
15. 김종택. 1986. 환경오염공정시험법 해설(수질분야). 신광출판사.
 16. Clesceri, R. S. et al ed. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA-AWWA-WPCF.
 17. 양상현. 1987. 수질공학. 동화기술
 18. 이영한, 김종균, 이한생, 조동진, 신원교. 1995. 경남지역 양액재배 농가의 원수 수질조사. 경남농촌진흥원.
 19. Adriano, D. C., P. F. Pratt, and F. H. Takatori. 1972. Nitrate in saturated zone of an alluvial soil in relation to fertilizer nitrogen rate and irrigation level. *J. Environ. Qual.* 1 : 418~422.
 20. Walker, W. G., and J. Bouma, D. R. Kenney and F. R. Magdoff. 1973. Nitrogen transformation during subsurface disposal of septic tank effluent in sands : I. Soil transformation. *J. Environ. Qual.* 2 : 475~480.
 21. Madison, R. J. and Brunett J. O. 1985. : Overview of the occurrence of nitrate in ground water in the United States, In : U. S. G. S. Nat'l water summary 1984, U. S. Geol. Surv. Water-supplying paper 2275: 93-105. Cited from Follett(ed.). 1989. Nitrogen management and ground water pollution. 38.
 22. 임제빈, 환경화학, 동화기술. 1990.
 23. 박준규, 김영변, 오왕근, 박훈, F. Yazawa. 1969. 근부환경에 따른 수도의 영양 생리적반응에 관한 연구. 한국토양비료학회지. 2(1), 53.
 24. 김정제, 한대성. 1979. 관개수중 황산이 수도의 감수에 미치는 영향. 강원대학교연구논문집 13:99~104.
 25. Helal, H. M. and K. Mengel. 1981. Interaction between light intensity and NaCl alinity and their effects on growth, CO₂ assimilation, and photosynthate conversion in young broad beans. *Plant Physiol.* 67, 999.
 26. Hiroshi Ishizaki and Tatsushi Akiya. 1978. Effect of chlorine on growth and quality of tobacco. *JARQ*, 12(1), 1.
 27. Basslavskaya, S. S. and Syroeshyina, M. 1936. Influence of chloride ion on the content of chlorophyll in the leaves of potatoes. *Plant Physiol.* 11, 149.
 28. 加藤俊博. 1994. 切り花の養液栽培農家への援助の経過と今後の課題. *ハイドポニックス*, 7(1) : 29~31.
 29. 伊達修一. 1994. やさしい養液栽培-水質について. *ハイドポニックス*, 8(2) : 88~91.
 30. 環境關係法規. 1981 : 成文堂.