

오수처리수의 관개가 벼 생육 및 토양 특성에 미치는 효과

Effect of Reclaimed Sewage Irrigation on Paddy Rice Culture and Soil Characteristics

윤 춘 경* · 권 순 국** · 우 선 호***
Yoon, Chun Gyeong · Kwun, Soon Kook · Woo, Sun Ho

Abstract

Effect of reclaimed sewage on the paddy rice culture was examined by field experiment for two consecutive years. The domestic sewage was treated by the constructed wetland, and the effluent of the treatment wetland was used for irrigation water. The reclaimed sewage was diluted before irrigation in the first year, and it was used without dilution in the second year experiment. Growth components and yields were compared against the control plot where conventional method was applied. And also, soil characteristics of the plots before and after reclaimed sewage irrigation were analyzed.

Generally, addition of the reclaimed sewage irrigation didn't affect paddy rice culture adversely, and even enhancement was observed. Fertilization was thought to be important factor for rice culture rather than irrigation water quality. Conventional fertilization and reclaimed sewage irrigation which contained high nutrient concentration resulted in better growth and more yield. Unlike widespread concern, lodging did not happen even in the case of irrigation with average 90mg/L of T-N and conventional fertilization. Soil characteristics changed after irrigation, and significant EC increasing was observed for the reclaimed sewage irrigation plots. From soil analyses, salt accumulation could be a more potential problem than nutrients like nitrogen and phosphorus in the use of reclaimed sewage irrigation. Overall, reclaimed sewage irrigation was thought to be one of practical alternatives for the ultimate disposal of sewage in rural area.

I. 서 론

물은 생명체의 근원이며 인류 역사에서 볼 때 농경의 시작에서부터 물의 중요성과 필요성이 인

식되었으리라 생각된다. 또한 4대 문명의 발상지가 모두 큰 강을 끼고 있다는 점에서도 인간에게 물이란 없어서는 안될 존재이며, 이런 농경의 기반 아래에서 문명의 발달은 시작되었고 현재에 이

* 건국대학교 농업생명과학대학

** 서울대학교 농업생명과학대학

*** 건국대학교 대학원

키워드 : 오수처리수관개, 논벼재배, 인공습지, 토양특성, 염류집적

르게 되었다.

인구증가에 따른 식량자원의 확보, 산업발전과 생활수준의 향상으로 인한 수자원 확보는 인류 스스로가 생존을 위해 해결해야 할 가장 큰 문제임에 틀림없다. 따라서 댐을 건설하고 하천을 정비하는 등 효율적이고 안정된 수자원 확보를 위해 우리나라를 포함한 세계 각국의 노력은 계속되고 있다. 하지만 이와 같은 해결책은 지리적 특성의 한계를 극복하지 못할뿐더러 일부 여론에서는 생태계 파괴라는 이유 때문에 다른 방법을 통해서 수자원을 확보하려고 노력하고 있는데, 그 중의 하나가 물을 재이용하는 것이다.

우리 나라의 경우 연간 강수량이 약 1,200mm에 달하지만 여전히 물부족 국가군에 포함된다.

또한 국토면적이 작고 평야지대보다 산악지대가 많다보니 큰 하천이 발달되지 못한 우리의 현실을 감안할 때, 다른 나라보다 수자원 확보에 다각적인 노력을 기울여야 할 것이다. 이를 위하여 근본적으로 물 소비를 줄이는 한편, 수자원의 오염을 예방하고 저감시키는 노력과 함께 자원으로서의 재이용이 반드시 필요하다. 수자원오염은 생태계 문제와 관련해 이미 많은 관심을 보이고 있지만, 물을 재이용하는 면에서는 그 중요성에 대한 우리의 인식이 아직 부족한 상태이다. 일부 도시의 주거밀집지역과 산업시설에서는 중수도 개념을 도입한 바 있고, 농촌지역은 논이나 밭과 같은 지역적 특성을 고려해 본다면 관개용수에 의한 수자원의 재이용이 가능하다고 생각된다. 그리고 전체 수자원 사용의 50% 이상이 농업용수¹⁾라는 점과 보다 효율적인 수자원 이용이라는 면에서 관개용수로서의 수자원 재이용에 대한 체계 확립이 시급한 실정이며 이에 따른 다각적인 연구가 선행되어야 할 것이다.

최근에 윤²⁾ 등은 오수처리수를 이용한 관개용수로서의 재이용에 대해 연구한 바 있는데, 그 결과 오수처리수가 벼 재배에 있어 질소와 인을 포함한 영양물질 공급원으로서 유의한 역할을 한 것으로 나타났다. 화학비료의 과다 시비는 농경지를 산성화시킬 뿐만 아니라 잉여 영양물질이 수계로 유입

되면 부영양화를 초래할 수 있다. 반면, 오수처리수에 포함된 영양물질을 작물이 이용함으로써 상대적으로 화학비료의 사용량이 감소하게 되고, 농경지를 거치는 동안 물리, 화학, 생물학적으로 정화되어 수계로 유입되기 때문에 수질오염문제를 덜 수 있을 것이다. 하지만 오수처리수에는 다량의 화학성분이 함유되어 있기 때문에 무분별하고 체계적이지 못한 사용은 오히려 작물생육 및 수질오염을 악화시킬 수 있는 요인이 될 가능성도 있다.

본 연구에서는 2년간 연속 오수처리수를 관개용수로 이용하였을 경우 벼의 생육과정과 수확량에 생긴 변화를 비교 분석하며 오수처리수의 재이용이 수도작에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

작물재배시설은 Fig. 1 및 Photo 1과 같으며 실험시설에 대한 전반적인 설명은 윤³⁾ 등의 연구에

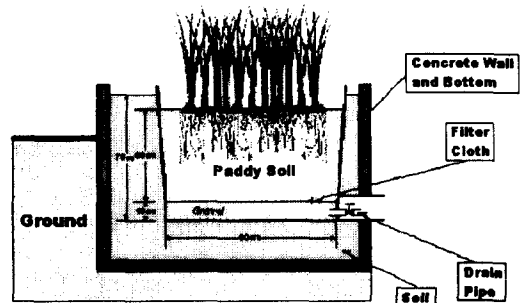


Fig. 1. Section of experiment pot for rice cultivation



Photo 1. Experiment plant for rice cultivation

잘 나타나있다. 실험에 사용한 오수처리수는 전국 대학교 농업생명과학대학 건물의 정화조 유출수를 모래에 갈대를 식재한 인공습지를 통하여 자연정화 처리한 후에 작물재배 실험 처리구에 각각 관개하였다.

1. 1년차 실험방법

이양시기는 1998년 5월 25일이었고 공시품종 일품 벼를 1주 1본씩 포트 당 22개체씩, 대조구 1개와 처리구 4개에 각각 3반복 처리하여 총 15개 포트에 이양하였다.

처리구 조건은 ① 회석하여 농도를 조절한 오수처리수를 관개하고 시비하지 않은 처리구(TWNF), ② 회석하여 농도를 조절한 오수처리수를 관개하고 관행재배법에 의하여 시비한 처리구(TWCF), ③ 회석하여 농도를 조절한 오수처리수를 관개하고 관행재배법의 절반에 해당하는 비료를 시비한 처리구(TWHF), ④ 오수처리수 농도를 조절하지 않고 그대로 사용하고 시비하지 않은 처리구(SWNF), 그리고 ⑤ 수돗물을 관개용수로 사용하고 관행재배법에 의하여 시비한 대조구(CONTROL)의 5가지로 구분하였다. 시비는 중부지방 관행재배법에 의해 N:P:K의 비율이 10a 당 11kg:7kg:8kg이므로 처리구의 표면적이 약 1m²이므로 11g:7g:8g의 비료를 시비하였다. 관개용수는 1회에 20l 씩 15회에 걸쳐 300l를 관개하였으며, 회석수의 경우 관개용수의 TN농도가 25mg/L이하가 되도록 회석하였다.

생장분석은 재배한 벼를 8월 3일부터 7일 간격으로 3개체씩 3반복으로 채취하여 5회에 걸쳐 초장과 분얼수를 조사하고, 기관별로 분리하여 자동엽면적 측정기로 엽면적을 측정한 후, 잎과 줄기로 나누어 종이 봉투에 담아 60°C의 건조기에서 1주일 건조시킨 후 잎과 줄기의 건물중을 측정하였다.

10월 21일에 각각의 개체를 수확하여 수장(穗長) 및 간장(稈長)을 측정하고, 개체 당 이삭수와 이삭 당 영화수(穎花數), 그리고 비중이 약 1.06인 소금물을 이용하여 등숙율을 구하고, 가라앉은 날

알을 60°C에서 3일간 건조 한 후 무게를 달아 수확량을 산정 하였다. 이 중에서 1,000개를 임의로 세어 무게를 확인하여 천립중(千粒重)을 구하였다. 이 결과를 단위면적과 개체수 등을 고려하여 수량구성요소 및 수확량으로 환산하였으며, 2년차에서도 동일한 방법으로 분석하였다.

2. 2년차 실험방법

1년차와 동일품종인 일품 벼를 1주 1본씩 포트 당 19개체씩 대조구 1개와 처리구 4개에 각각 3반복 처리하여 총 15개 포트에 1999년 5월 24일 이양하였다. 1년차와는 달리 오수처리수를 대부분 회석하지 않고 그대로 관개하였으며, 처리구는 ① 오수처리수를 연속관개하고 시비하지 않은 처리구(CSWNF), ② 오수처리수를 회석하여 관개하고 관행재배법에 의해 시비한 경우(TWCF), ③ 오수처리수를 관개하고 관행재배법의 절반에 해당하는 시비를 한 경우(SWHF), ④ 오수처리수를 관개하고 관행재배법에 의해 시비한 경우(SWCF), ⑤ 수돗물을 관개용수로 사용하고 관행재배법에 의해 시비한 경우(CONTROL)의 5가지로 구분하였다.

관개용수는 재배기간동안 CSWNF처리구의 경우 영양물질의 과다 유입으로 인한 수확기의 도복 여부를 관찰하기 위해 강우시를 제외하고 매일 10l 씩 총 540l를 관개하였고, 기타 처리구는 pot의 물 양에 따라 1회 관개시 10l 씩 총 430l를 관개하였으며, TWCF처리구는 오수처리수를 농도에 관계없이 일정하게 5배 회석하여 관개하였다. 관개용수의 평균수질은 Table 1과 같고, Standard Methods⁴⁾에 따라 재배기간동안의 오수처리수를 분석하여 평균농도를 구하였다.

토양분석을 위한 시료채취는 1년차와 2년차 모두 이양하기 전과 수확 후에 각각 채취하였으며 각 포트별로 임의의 3지점을 선정하여 표토층을 제거한 후 식물체의 잔유물이 포함되지 않도록 주의하여 지하 20cm지점에서 채취 후 혼합하였다. 채취한 토양시료를 1주일간 풍건시킨 후 2mm체를 통과시켜 Methods of Soil Analysis⁵⁾에 의해

Table 1. Average concentration and loading of irrigation water

Year	Treatment	COD	SS	TN	TP	
1998	Treated Sewage (No Dilution)	Concentration(mg/L)	65.92	18.56	67.39	6.3
		Loading(g)	19.78	5.57	20.22	1.89
	Treated Sewage (With Dilution)	Concentration(mg/L)	22.38	6.54	25.95	2.27
		Loading(g)	6.71	1.96	7.79	0.68
1999	Treated Sewage (No Dilution)	Concentration(mg/L)	41.24	9.40	90.18	6.71
		Loading(g)	17.73	4.04	38.78	2.89
	Treated Sewage (With Dilution)	Concentration(mg/L)	8.14	1.88	18.06	1.34
		Loading(g)	3.50	0.81	7.77	0.58

분석하였다. 성장분석을 위한 식물체 시료 채취 시기는 Table 2에 요약하였다.

Table 2. Sampling time for plant growth analysis

Analysis	Sampling Time	
	1998 (1 st year)	1999 (2 nd year)
1 st	August 10	July 23
2 nd	August 17	July 30
3 rd	August 24	August 6
4 th	August 31	August 13
5 th	September 7	August 20
6 th	-	August 27

III. 결과 및 고찰

2차년도는 1차년도에 비해 처리구 조건이 다를 뿐더러 관개수량 및 이에 따른 영양물질의 총 유입량도 많았다. 따라서 이와 같은 조건에서 단순히 1차년도와 2차년도의 결과를 비교하기 보다 고농도의 오수처리수를 관개하였을 경우 이에 따른 전반적인 벼의 생육상태와 수확량 및 토양특성 변화에 초점을 맞추는 것이 합리적일 것이라 생각된다.

1. 작물성장조사

초장(plant height)은 작물의 지상부 크기로서 생육정도를 육안으로 쉽게 판별할 수 있는 척도

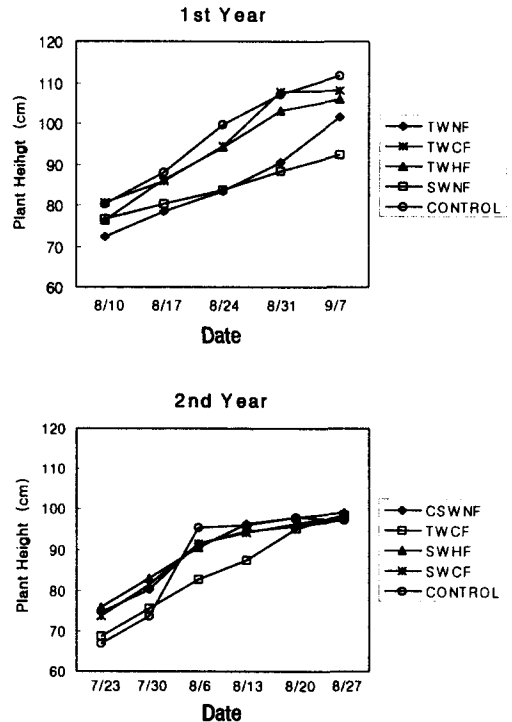


Fig. 2. Comparison of plant heights

가 된다. 처리구별 초장은 Fig. 2에 나타나있으며 성장분석 기간동안 대체로 꾸준히 증가하였다. 1년차의 경우 대조구를 비롯해 시비한 처리구가 성장분석 기간동안 높은 값을 보여 시비에 따른 초장의 차이를 관찰할 수 있었다. 2년차에서는 대조구의 경우를 제외하고 시비에 관계없이 오수처리수를 희석하지 않고 관개한 처리구가 성장이 빠른 것을 알 수 있었다. 이것은 오수처리수 내의 영양물질이 작물의 성장에 긍정적으로 작용하였음을 나타낸다. 희석 처리구는 생장이 상대적으로 느린 편이었으나 끝부분에서 유사하게 나타났다. 1차년도와 달리 2차년도에는 모든 시험구의 초장이 결국에는 같아지는 현상을 나타내었다.

분얼수(tiller number)는 일반적으로 수확량을 결정하고 작물이 건강하게 생육할 수 있는 중요한 요소가 되지만 너무 많으면 수확기에 등숙률과 수확량에 영향을 미칠 수도 있다.²⁾ 1, 2년차 모두 증

가와 감소를 반복하였으며, 1년차에서는 대조구가, 2년차에서는 오수처리수를 희석없이 관개하고 관행재배법에 따라 시비한 처리구가 다른 처리구에 비해 두드러진 값을 나타냈다. 처리구 전체로 보았을 때는 2년차가 1년차보다 분얼이 활발했음을 알 수 있었는데, 1년차와 2년차의 관개수의 농도 차이가 분얼에 영향을 미친 것으로 추정된다.

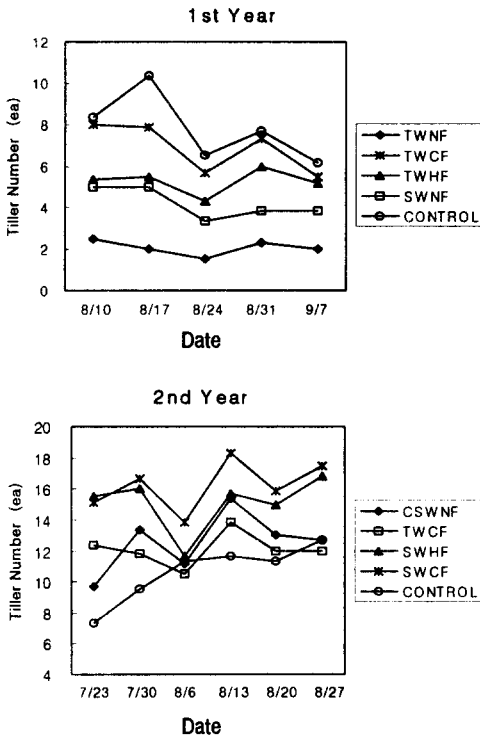


Fig. 3. Comparison of tiller numbers

엽면적(leaf area)은 작물이 일사량을 많이 받을 수 있는가를 측정하는 지표로서 광합성량을 좌우하며 식물생장에 중요한 기본적 지표이다.⁶⁾ 각 처리구별 엽면적은 Fig. 4와 같으며, 높은 값을 보인 처리구들은 분얼수의 경우와 일치하였는데, 그 이유는 분얼이 많으면 잎의 수도 증가한다는 점에서 당연한 결과로 생각된다. 1년차의 최대 엽면적이 2,000cm²에도 미치지 못하는 반면, 2년차에서는 약 4,000cm²로 약 2배 가량 증가한 것으로 나타났

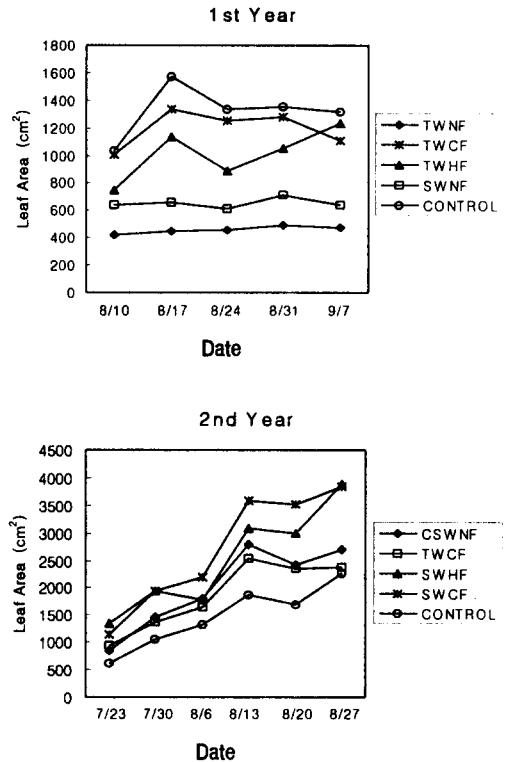


Fig. 4. Comparison of leaf areas

는데 이유는 관개용수의 영양물질 농도차이 때문으로 생각된다.

각 처리구별 건물중(dry weight)은 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 시간이 지나면서 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. 1년차에서는 대조구가 가장 높았으나 2년차에서는 대조구가 가장 낮았고 다른 처리구들이 상대적으로 높았다.

엽면적 지수(LAI, leaf area index)는 단위면적 내에 있는 모든 잎의 면적을 단위면적으로 나눈 값이다. 본 실험에서 조사한 각 처리구별 엽면적 지수를 비교하면 Fig. 6과 같다. 식물의 건물생산량은 동화량(同化量)과 호흡량의 두 가지 조건에 의하여 결정되며, 동화량에는 엽면적, 단위동화력 및 수광능률의 세 가지 요소가 관계된다. 일반적으로 동화량은 엽면적이 넓고 단위동화력이 높으며, 하위의 잎까지 충분히 햇빛을 받게 되어 수광

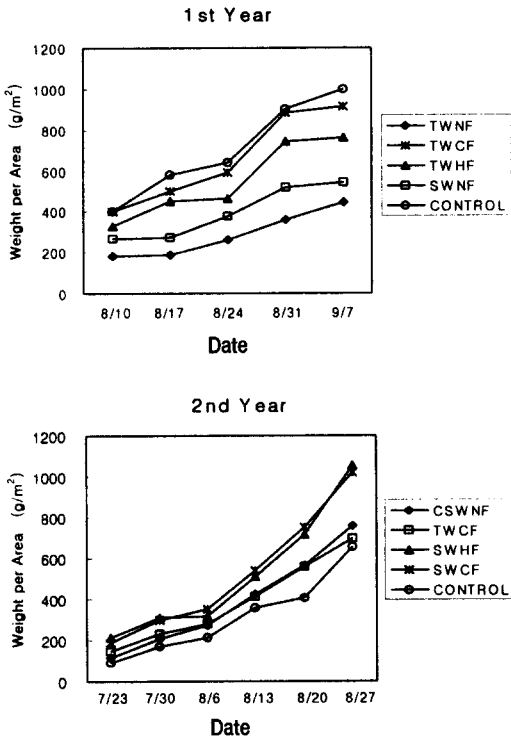


Fig. 5. Comparison of total dry weights

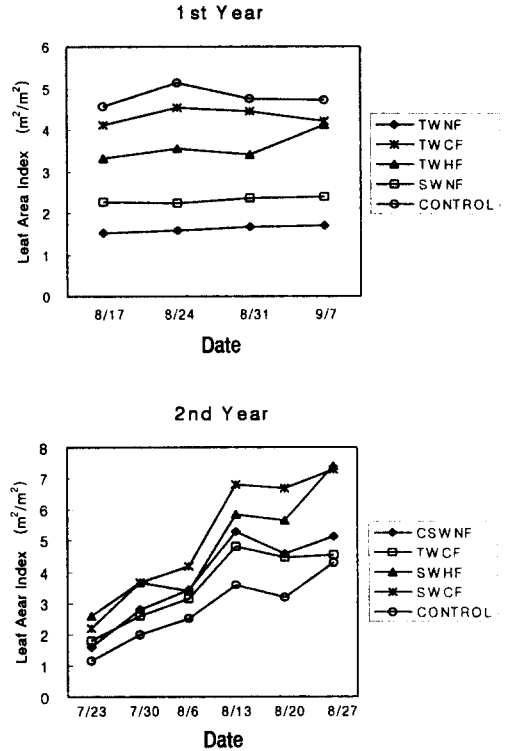


Fig. 6 Comparison of leaf area indices

능률이 높을수록 많아지지만, 어느 이상 커지면 증대되는 정도가 차차 완만해진다. 이것은 엽면적이 커짐에 따라 잎이 서로 겹쳐져 수광능률이 낮아지고, 잎의 호흡작용에 의한 호흡기질의 소모는 엽면적이 커질수록 여 전히 커지기 때문이다. 이와 같은 동화와 호흡과의 관계에서 건물생산을 가장 크게 하는 엽면적이 존재하는데, 벼의 경우 출수기 및 등숙기의 일사량이 $360\sim 380\text{cal}/\text{cm}^2/\text{day}$ 일 때 최대엽면적은 단위면적의 6.5~7.5배(엽면적 지수 6.5~7.5)가 된다고 한다.⁷⁾ 엽면적 지수의 1년차와 2년차의 변화도 건물중의 경향과 유사하였으며, 2년차가 1년차보다 높았다.

1차년도와 2차년도의 전반적인 벼 생육을 비교해보면 오수처리수의 관개가 벼 생육을 저해하는 요인으로 작용한 것으로는 보이지 않는다. 그리고 질소는 작물생육에 중요한 영양인자로 2차년도가 총 질소유입량이 더 많았으며 이로 인해 1차년도에

비해 보다 좋은 생육결과를 보인 것으로 추측된다.

2. 토양특성조사

이앙하기 전과 수확 후 토양을 채취하여 비교 분석한 결과는 Table 3에 요약되어 있다.

1년차 벼 재배 후 토양 pH는 모든 처리구에서 증가하였고, EC와 유효인산은 약 절반이하로 감소하였으며, 기타 항목은 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

2년차의 경우에는 오수처리수를 관개하지 않은 대조구는 pH의 변화가 거의 없었으나 다른 처리구에서는 수확 후 pH가 증가한 것으로 나타났는데, 이러한 경향에 따르면 오수처리수의 특성에 따라서 화학비료에 의한 토양산성화를 막아주는 완충역할을 해줄 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Characteristics of paddy soil

Treatment	pH (1:5)	EC (μ S/cm)	OM (%)	CEC (meq/100g)	TN (%)	TP (mg/kg)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	
First Year (1998)								
Initial Soil Condition	5.47	54.8	0.790	8.7	0.023	472.9	541.93	
TWNF A.H	6.02	20.7	0.890	9.1	0.027	417.0	261.11	
TWCF A.H	6.31	17.7	0.991	11.2	0.025	502.5	280.05	
TWHF A.H	6.34	18.7	0.840	10.6	0.023	483.4	268.10	
SWNF A.H	6.14	18.9	0.974	12.3	0.025	409.3	303.03	
Control A.H	6.32	20.1	1.008	11.8	0.030	493.0	283.17	
Second Year (1999)								
CSWNF	B.T.*	6.58	31.6	0.705	9.5	0.049	652.6	280.34
	A.H.**	7.58	125.7	0.840	13.3	0.050	662.1	101.32
TWCF	B.T.	6.50	26.9	0.806	15.0	0.060	742.9	283.55
	A.H.	7.64	110.0	0.806	13.6	0.050	674.1	94.19
SWHF	B.T.	6.59	22.3	0.739	15.5	0.049	693.7	304.37
	A.H.	7.41	83.7	0.873	12.8	0.046	672.0	134.42
SWCF	B.T.	6.56	20.7	0.672	13.0	0.041	664.4	325.80
	A.H.	7.88	149.0	0.974	14.5	0.053	722.5	94.59
Control	B.T.	6.45	31.2	0.605	12.0	0.048	703.7	304.11
	A.H.	6.48	25.0	0.840	10.5	0.046	638.5	152.68

* B.T. : Before Transplanting

** A.H. : After Harvest

EC(electrical conductivity)를 측정한 결과 1년 차와는 상반되는 양상을 보였는데, 대조구를 제외한 모든 처리구에서 작물을 재배하기 전에 비해 4-7배 증가한 것으로 나타났으며, 그 중 SWCF 처리구가 가장 높은 증가율을 보였다. 이것은 토양에 염류가 쌓인 것을 의미하며 토양에 염류가 과다 집적되면 작물생육에 영향을 미칠 수 있다. 반면 대조구는 다소 감소한 것으로 나타났는데, 수돗물을 관개하면서 토양 중 염류가 씻겨 배출되었기 때문이며, 기타 처리구는 EC가 매우 높은 오수 처리수 및 화학비료의 영향으로 생각된다. 일단 토양에 집적된 염류가 관개가 중단된 겨울을 지나면서 얼마나 감소할 것인가는 아직 확실치 않으며, 만일 이양하기 전의 수준으로 줄어든다면 염류에 의한 작물생육의 장애는 없겠으나 지속적으로 누적된다면 이에 대한 대책이 필요한 것으로 나타났다. 그러나, 최근 간척지를 농경지로 이

용하여 쌀 생산을 하는 사례가 늘고 있는데 상당히 높은 EC에서도 벼 재배가 가능한 것으로 알려져 있다. 2차년도가 1차년도보다 EC가 높은 이유는 오수처리수를 회석하지 않고 관개하였고 총 관개수량도 2차년도가 430L로 더 많았기 때문으로 추측된다. 또한 TN의 유입부하량이 1차년도에 비해 약 2배 정도 많았다는 점을 들 수 있다. 경작지에서 염류 중 질산염의 형태가 가장 많은 부분을 차지하고 있는데, 암모늄이온(NH₄⁺)이 질산화 과정을 통해 질산이온(NO₃⁻)으로 전환되고 양이온과 결합하여 질산염을 형성하게 된다. 따라서 관개에 의한 질소 유입량이 상대적으로 많았던 2년차에서 EC가 더 높았던 것으로 생각된다. 2년차 재배기간동안 측정한 회석전 관개용수의 EC는 Fig. 7과 같으며 관개용수의 평균 EC는 1178 μ S/cm로서 Table 4에 나타난 우리나라와 FAO의 기준과 비교해 볼 때 그리 높은 수치는 아니지만 토양의

염류집적을 예방하기 위해서 오수처리수를 희석하여 관개하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

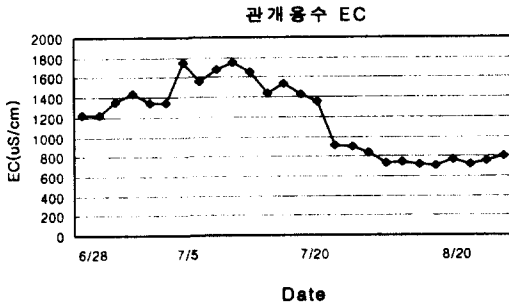


Fig. 7 EC of irrigation water in 2nd year

Table 4. EC of Restriction degree for irrigation water¹⁾
(unit : μ S/cm)

Korea	Degree of Restriction on Use				
	Low	Moderate	Medium High	High	Very High
	100-250	250-750	750-2,250	2,250-4,000	>4,000
FAO	None		Slight to Moderate		Severe
	<700		700-3,000		> 3,000

토양 중 유기물(OM)은 다소 증가하였고, CEC (cation exchange capacity)도 처리구에 따라 변화는 있으나 대체로 증가한 것으로 나타났다.

TN과 TP는 재배 후 특별한 변화를 발견할 수 없었고, 유효인산(available P_2O_5)은 식물이 직접 이용할 수 있는 형태로서 1년차와 마찬가지로 모든 처리구에서 수확 후에 감소한 것을 확인할 수 있었다. 2차년도의 이양 전 TN과 TP농도가 1차년도의 수확 후보다 높게 나타난 것은 토양 중에 남아있던 식물체의 잔유물이 미생물에 의해 부식되었기 때문으로 추측된다.

이상의 토양분석에 따르면 오수처리수를 관개용수로 재이용하고자 할 때 수질기준으로 영양물질인 질소나 인성분보다 오히려 EC와 같은 항목에 더 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

3. 작물 수확량

각 처리구별 수확량 비교는 Fig. 8과 같으며, 1년차의 경우 관행재배법에 의해 시비한 처리구가 많은 수확량을 보여 성장분석결과와 일치한 것으로 나타났다. 이것은 생장의 차이가 수확량으로 연결되며, 이와 같은 현상은 2년차에서도 관찰되었다. 즉, 오수처리수를 희석없이 관개한 처리구에서 대체로 생육이 활발하였으며 그 결과 많은 수확량을 기록하였다. 1, 2년차에서 대조구의 수확량은 유사하였으며, 오수처리수를 희석하여 관개하고 관행재배법에 의해 시비한 처리구는 2년차가 다소 감소한 것으로 나타났다. 2년차가 1년차보다 전반적으로 수확량이 증가 하였는데, 이유는 재배 첫 해에는 벼가 정상적으로 생육할 수 있는 토양의 조건이 아직 조성되지 않았고, 이러한 토양의 이·화학적 성질이 2년 차에 접어들면서 점차 벼 생육에 적합한 논 토양으로 전환되었고 높은 영양

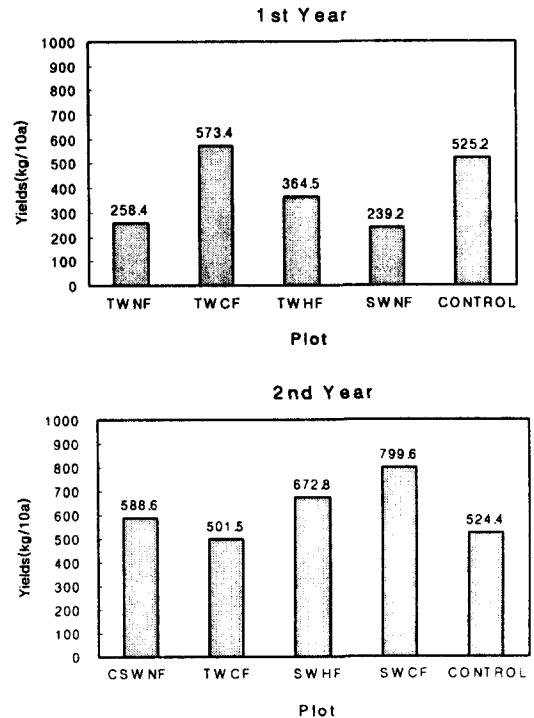


Fig. 8. Comparison of yields per unit area(kg/10a)

물질을 함유한 오수처리수의 관개에 따른 영향으로 판단된다.

본 연구에서 1년차와 2년차에 관개용수로 사용한 오수처리수는 TN농도가 각각 약 26mg/L와 90.2mg/L이었으며, TP농도는 각각 약 2.3mg/L와 6.7mg/L로서 우리 나라 관개용수 수질기준보다 월등히 높은 수치이다. 하지만 이렇게 고농도의 관개용수로 벼를 재배한 결과 작물의 생육에 영향을 미쳐 수확량이 감소하는 현상은 보이지 않았고 이처럼 높은 영양물질 농도는 Fig. 7에 나타나 있듯이 오히려 수확량을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다. 강우시를 제외하고 오수처리수를 매일 10 l 씩 관개한 CSWNF는 질소의 과다 공급으로 인해 도복을 예상했으나 도복은 발생하지 않았다.

이상의 결과에 의하면 1년차보다 높은 영양물질을 함유한 오수처리수를 관개용수로 사용한 2년차에서 수확량의 감소현상은 보이지 않았고 비료를 함께 시비하였을 경우 오히려 상당히 증가한 것으로 나타났으며, SWHF처럼 시비량을 절반으로 감소시켜도 수확량이 대조구에 비하여 증가하였다. 이러한 결과에 의하면 오수처리수를 관개용수로 재이용하면 수자원 재이용 효과와 화학비료의 사용량을 줄여 경작지 토양의 산성화 및 수계로의 영양물질 과다 유입으로 인한 부영양화를 예방할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 실험기간이 2년으로써 길지 않았기 때문에 이상의 결과를 그대로 받아들이기에는 다소 무리가 있으며, 오수처리수 관개에 따른 벼 수확량 및 토양의 이·화학적 변화, 그리고 논 토양내의 영양물질수지 등 추가적이고 상세한 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 인공습지로 처리된 생활오수처리수를 관개용수로 공급하여 5종류의 포트에서 벼 재배 실험을 수행하였으며 재배기간 동안의 성장분석과 수확량 조사에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 1년차와 2년차의 성장분석결과를 종합해 볼 때 오수처리수의 관개가 벼의 성장을 저해한 결과

는 볼 수 없었으며, 대체적으로 비료를 시비한 처리구가 높은 값을 보인 것이 1년차의 특징이라면, 2년차에서는 시비에 따른 영향도 있었으나 오수처리수를 회석하지 않고 관개한 처리구가 모든 항목에서 우위를 차지했는데, 이것은 영양물질 유입의 증가로 인해 상대적으로 벼 생육상태가 양호하였기 때문으로 생각된다. 분얼수는 최고분얼기에서 가장 높은 값을 보였고 전반적으로 증가와 감소를 반복하였으며, 초장을 비롯해 엽면적과 건물중은 시간이 지날수록 증가하는 경향을 보였다. 따라서 오수처리수를 회석없이 관개용수로 사용하여도 벼 생장에 저해되지 않고 오히려 긍정적으로 작용하였음을 확인할 수 있었다.

2. 이양 전과 수확 후의 토양을 채취·분석한 결과 1,2년차 모두 수확 후 pH가 증가하였는데, 이것은 화학비료에 의한 토양산성화에 대해 오수처리수가 일종의 완충작용을 한 것으로 추측된다. EC의 경우 1년차에서는 수확 후 감소하였으나 2년차에서는 대조구를 제외한 기타 처리구에서 약 4-7배 증가하여 토양에 염류집적 가능성을 알 수 있었다. 이것은 관개용수 자체의 EC가 높은 이유도 있지만 1차년도에 비해 관개수량의 증가와 이에 따라 질소유입량이 증가하였기 때문으로 판단된다. 유효인산은 작물이 직접 이용하는 인의 형태로 모든 처리구에서 수확 후 감소한 것으로 나타났다. 토양분석 및 성장분석 결과에 의하면 수질기준에 영양물질보다는 EC와 같은 항목이 더 중요할 수 있다고 생각된다.

3. 1, 2년차의 각 처리구별 수확량을 비교해 보면 성장분석결과와 일치한다. 즉, 오수처리수의 관개에 따른 수확량 감소는 없었으며, 1년차에서는 시비에 의한 영향이 뚜렷하였고 2년차에서는 시비와 함께 오수처리수를 회석하지 않고 관개한 처리구가 높은 수확량을 보였다. 대체로 2차년도에서 수확량이 높은 결과를 보였는데, 이것은 토양조건의 호전과 함께 1차년도보다 영양물질이 증가하였기 때문으로 생각된다.

4. 이상의 결과를 종합해 보면, 오수처리수를 벼 재배에 관개하였을 때 단기적으로는 고농도라 할

지라도 벼의 생육에 크게 장애가 없는 것으로 나타났다. 그러나 과도하게 높은 영양염류를 함유한 처리수를 장기적으로 관개하였을 경우에는 토양의 염류집적이 우려된다. 따라서 작물생육에 지장이 없으며 토양의 지속적인 경작이 가능한 정도의 관개용수의 농도에 관한 상세한 연구가 계속되어야 한다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 환경부, 1998, 환경백서.
2. 윤춘경, 권순국, 김태영, 1999, 벼 재배시 생활 오수 처리수 관개 효과, 18(3), pp. 236~244.
3. 윤춘경, 권순국, 정일민, 권태영, 1999, 오수처리수 관개 벼 재배를 통한 농업용수 수질기준
4. American Public Health Association. (1995). Standard Methods for the Water and Wastewater Examination, 19th ed., Washington, D.C.
5. American Society of Agronomy, and Soil Science Society of America. (1992). Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and microbial Properties, 2th ed., Madison, Wisconsin.
6. 윤상현 외 13명, 1994. 재배학 특론, 향문사, pp. 198~204.
7. 이은웅, 1991, 수도작, 향문사, pp. 92~9.
8. 농림부, 1997, 농업용수수질관리지침.