

관개용수 재이용을 위한 하수처리장 방류수의 이용에 관한 연구

○강문성 · **박승우 · ***김상민

1. 서론

생활하수는 수자원의 지속적 확보 측면에서 많은 국가나 지역에서 하수재이용에 대한 관심과 노력이 계속되고 있다. 하수재이용은 부족한 수자원의 보충, 하천의 건천화 방지, 용수이용효율의 제고 등의 효과 이외에도 농경지의 비료성분의 공급, 양어양식의 영양분 공급 등을 기대할 수 있다. 반면에 처리수의 이용에 따른 비용 문제, 보건위생상의 위협, 주민들의 정서적 저항과 반대 등 경제 사회, 문화적 측면에서 선행되어야 할 과제가 많은 것도 사실이다. 하수의 농업용수 재이용은 기술적, 경제적, 환경적 측면에서 활용가능성이 높음에도 불구하고, 수질기준의 미비와 농업용수로의 활용을 위한 기반기술의 부족으로 인하여 실현되지 못하고 있는 것이 현실이다.

본 연구에서는 하수의 농업용수재이용의 타당성을 제고하기 위하여, 하수처리장을 선정하여 시험포장을 조성하고, 각 처리구에 따른 벼 재배시험을 통하여 수질, 토양 특성, 생육특성, 수량구성요소, 수확량, 그리고 환경 및 보건위생 등을 평가함으로써, 하수의 농업용수 재이용의 활용을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

하수의 농업용수 재이용의 타당성을 제시하기 위한 벼 재배시험포장은 수원시 환경사업소 하수처리장을 선정하여 인근의 논에 대하여 조성하였다. 농업용수 재이용을 위한 시험구의 설계는 난괴법을 적용하였으며, 작물생육시험을 위한 하수재이용처리수는 1) 지하수, 2) 관행 관개수, 3) 하수처리장 방류수, 4) 방류수의 완속모래여과수, 5) 완속모래여과 후 UV살균처리수 등으로 구성하였다. 그림 1은 시험구의 설계도면과 현장에 조성된 시험포장의 전경을 보여주고 있다.

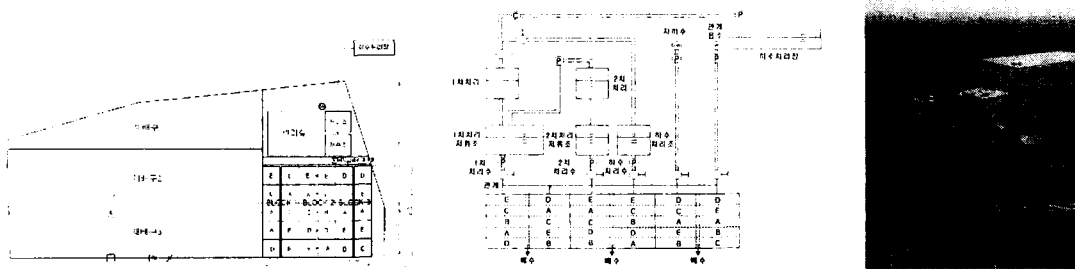


그림 1. 시험포장의 설계도면 및 조성 전경

- * 서울대학교 농업생명과학연구원
- ** 서울대학교 생물자원공학부
- *** 서울대학교 대학원

3. 결과 및 고찰

그림 2와 그림 3은 영양물질인 총질소와 대장균군에 대하여, 기천지구 및 각 처리구별 유입관개수와 논 담수수질을 비교하여 보여주고 있다.

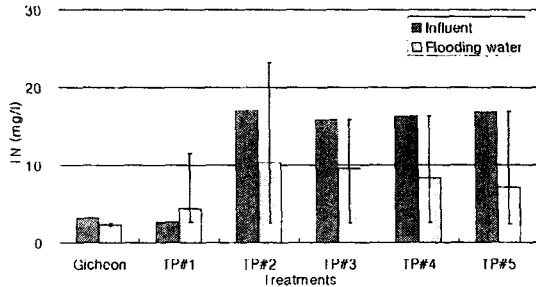


그림 2. Water quality between treatments (TN)

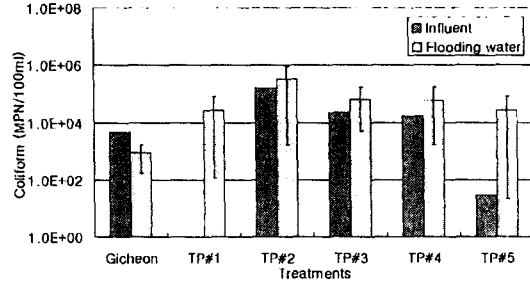


그림 3. Coliform between treatments

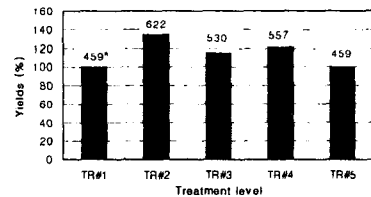
하수재이용을 위한 논 재배시험의 수량 및 수확량 특성은 수량구성요소인, 단위면적당 이삭수 (panicle number per unit area, PU), 영화당 이삭수 (mean of spikelet number per panicle, MS), 천립중 (thousand grain weight, TW), 그리고 등숙률 (percentage of ripened grains, PG)을 조사하였고, 식물체 길이를 나타내는 간장 (clum length, CL), 이삭의 길이를 나타내는 수장 (panicle length, PL)과 수확량 (yields, YD)을 조사하였으며, 표 1에서와 같다.

표 1. The yield component between treatments

Item	TR#1		TR#2		TR#3		TR#4		TR#5		Byungjum	
	Mean	STD ^a	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
PL (cm)	21.5	3.90	22.7	3.06	23.4	3.35	22.4	2.92	22.0	2.79	22.8	3.09
CL (cm)	70.5	6.87	83.6	5.84	79.8	6.35	81.3	6.04	73.4	5.91	69.6	5.22
PU (ea)	8.7	2.11	8.8	1.91	8.9	2.19	8.8	2.06	8.7	1.56	8.0	1.88
MS (ea)	75.6	14.26	92.1	20.14	87.0	18.33	83.5	20.52	81.7	14.90	82.2	12.52
TW (g)	22.3	2.79	22.3	3.67	23.4	3.66	23.7	4.47	22.3	2.73	22.4	4.02
PG (%)	93.5	4.08	92.6	3.90	91.5	3.36	94.0	3.82	92.7	3.59	95.0	1.80

^a STD denotes standard deviation

그림 4는 처리구별 수확량에 대하여 대조구인 TR#1의 수확량을 100%로 하였을 때, 다른 처리구의 수확량을 상대적으로 나타낸 값을 보여주고 있다. Fig. 10의 막대그래프 위의 값은 실제 수확량을 나타내고 있다. 처리구별 수확량은 TR#2>TR#4>TR#3>TR#5의 순으로 나타났고, 459.4~621.9 kg/10a의 범위를 보였으며, 대조구인 TR#1이 가장 작았고 오염된 하천수를 관개한 TR#2 처리구가 가장 큰 값을 나타냈다.



^a means yields (kg/10a)

그림 4. 처리구별 수확량

유의성 검정은 최소유의차 검정과 Duncan의 다중검정을 사용하였다. 유의성 검정의 분석 자료는 간장과 수장, 그리고 수량구성요소를 대상으로 하였다. 현미시료의 화학성분 분석 결과는 대체적으로 일반적인 경향을 보이거나 작은 값을 보였고, 처리구별 뚜렷한 경향을 나타내지 않았기 때문에 유의성 검정은 수행하지 않았다.

표 2는 5% 유의수준에서의 분산분석 결과를 보여주고 있다. 분산분석 결과 수장, 단위면적당 이삭수, 영화당 이삭수, 그리고 등숙률은 5%유의수준에서 유의차가 없는 것으로 나타났으며, 간장, 천립중, 그리고 수확량은 5% 유의수준에서 유의차가 있는 것으로 나타났다.

표 2. ANOVA table

F _{0.05} (4, 20) = 2.87, df=4							
Item	PL (cm)	CL (cm)	PU (ea)	MS (ea)	TW (g)	PG (%)	YD (kg/10a)
SS	12.10	730.70	0.20	900.90	12.10	21.90	114395.80
MS	3.00	182.70	0.10	225.20	3.00	5.50	28599.00
Fs	2.80	11.47*	0.08	1.53	4.02*	2.12	9.85*

* denotes significant at p=0.05

따라서, 유의차가 인정된 항목에 대하여 최소유의차 검정을 수행하였으며, 그 결과는 표 3에서와 같다. 간장과 수확량의 경우에 TR#5 처리구는 대조구인 TR#1과 유의차가 없는 것으로 나타났고, 나머지 처리구에서는 대조구와 5% 유의수준에서 유의차가 인정되었다.

표 3. The results of LSD_{0.05} test

Item	TR#1	TR#2	TR#3	TR#4	TR#5
CL	Control	S	S	S	NS
TW	Control	NS	S	S	NS
YD	Control	S	S	S	NS

처리구간의 처리 평균간 상호 비교를 위하여 수량관련 항목에 대하여 5%와 1% 유의수준에서 Duncan의 다중검정을 수행하였다. 표 4는 Duncan의 다중검정에서의 처리평균간 비교최도인 최소유의범위인 LSR의 값을 나타내고 있다. LSR은 각 처리구별 표준편차 (standard deviation, STD)와 스튜던트화한 범위를 나타내는 SSR의 곱으로 계산하였다. 그림 5는 5%와 1%의 유의수준에서 Duncan의 다중검정 결과를 보여주고 있다.

표 4. Least significant range within groups

Item	STD	LSR _{0.05}				LSR _{0.01}			
		2	3	4	5	2	3	4	5
SSR	-	2.95	3.10	3.18	3.25	4.02	4.33	4.4	4.47
PL (cm)	0.425	1.3	1.3	1.4	1.4	1.7	1.7	1.9	1.9
CL (cm)	1.629	4.8	5.1	5.2	5.3	6.6	7.1	7.2	7.3
PU (ea)	0.318	0.9	1.0	1.0	1.0	1.3	1.4	1.4	1.4
MS (ea)	4.957	14.6	15.4	15.8	16.1	19.9	21.5	21.8	22.2
TW (g)	0.354	1.0	1.1	1.1	1.1	1.4	1.5	1.6	1.6
PG (%)	0.655	1.9	2.0	2.1	2.1	2.6	2.8	2.9	2.9
YD (kg/10a)	21.993	64.9	68.2	69.9	71.5	88.4	95.2	96.8	98.3

Item	LSR _{0.05}					LSR _{0.10}				
	TR#3	TR#2	TR#4	TR#5	TR#1	TR#3	TR#2	TR#4	TR#5	TR#1
PL										
CL										
PU										
MS										
TW										
PG										
YD										

그림 5. The results of Duncan's multiple range test

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 수원 하수처리장을 선정하여 인근 논에 시험포장을 조성하여 벼 생육시험을 실시하였고, 관개수 처리구에 따른 벼의 수량구성요소와 수확량 등을 조사 분석하였으며, 이를 바탕으로 수장과 간장 및 수량구성요소에 대한 분산분석을 실시하여 처리구별 유의성을 고찰함으로써, 하수처리수의 농업용수재이용에 따른 수량구성요소 및 수확량에 미치는 영향을 평가하였다. 하수처리수의 관개용수로의 재이용은 벼 생육이나 그 구성요소 및 수확량에 큰 장애가 없는 것으로 나타났다. 다만, 과도한 영양염류에 의한 토양 집적과 대장균 등의 위생보건 문제 등은 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

사사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 4-5-1)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

1. Chae, Y. A., J. U. Koo, H. S. Seo, and Y. M. Lee. 1991. Basic Biological Measurement. Hyang Moon Co. (in korean).
2. World Health Organization. 1989. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture, WHO. Geneva, Switzerland.