

하수처리수의 농업용수 재이용에 관한 기초 연구

Fundamental Study on the Wastewater Reuses for Agriculture

* 강문성 · 박승우 · 김상민

* Kang, Moon-Seong · Park, Seung-Woo · Kim, Sang-Min

Abstract

The objectives of the paper are to develop the infra-technologies for reclaiming the effluents from wastewater treatment plants and reusing for agriculture water. The Suwon wastewater treatment plant has been selected for wastewater reuse tests and the water quality and treatment efficiencies are investigated. Three levels of wastewater treatments that are the effluent from the plant, sand filtering, and ultra-violet treatment are applied in the pilot system. The randomized block method was applied to wastewater application to paddy rice with five treatments, three blocks, and two replica. The control was the plots with groundwater irrigation, the other treatments are to use polluted stream flow by pumping, in addition to three wastewater treatments. The block test plots and field plots have been monitored for the water quality, soil pollution, and health hazards during the crop stages.

I. 서론

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.

우리 나라에서는 극히 제한된 범위의 하수 재이용 기술이 활용되고 있다. 건설부(1992)는 우리나라 하수재이용과 관련하여 수질기준을 제시하였다. 여기서는 수세식 변기 세척수, 살수용수, 조경용수 등의 수질기준을 포함한다. 2000년 현재 중수도 이용량은 연간 약 2억 m³ 정도로 추정되고 있다. 그밖에도, 하수처리수의 농업용수나 하천유지용수로의 활용을 위한 시도를 하고 있다. 일부 지자체에서 하수처리수를 농사에 이용하도록 하고 있으나, 아직 재이용의 수질기준조차도 마련되지 못한 실정에서 개인적인 취수이용으로 제한되고 있다.

생활하수 방류량은 계절별로 변동이 크지 않다. 4, 5월과 같이, 농업용수 수요량이 집중하고, 하천유량이 작은 건기에는 가뭄의 극복을 위한 생활하수의 재활용의 잠재적 수요가 높다. 다만, 농업용수로서 활용을 위한 전제조건으로 수질기준과의 관계, 농작물의 생육과 수확량에 미치는 영향, 병해충 문제 등 작물과의 관계와 토양환경 및 비점오염 부하량과의 관계 등 환경적 영향 등에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 특히, 농업용수의 재이용에서는 농민과 대중의 보건 위생상의 문제 등에 대한 충분한 고려가 이루어져야 한다 (US EPA, 1992).

이와 같이 하수의 농업용수 재이용은 기술적, 경제적, 환경적 측면에서 활용가능성이 높음에도 불구하고, 수질기준의 미비와 농업용수로의 활용을 위한 기반기술의 부족으로 인하여 실현되지 못하고 있는 것이 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 하수의 농업용수재이용의 타당성을 제고하기 위하여, 하수처리장

을 선정하여 시험포장을 조성하고, 각 처리구에 따른 작물생육과 수확량, 환경영향, 보건 위생 위험도 등을 평가함으로써, 하수의 농업용수 재이용의 활용을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 농업용수 재이용 시험포장 조성

1. 하수처리장 선정

하수의 농업용수 재이용의 타당성을 제시하기 위한 작물생육시험 및 재배시험을 위한 시험포장은 현재 가동중인 하수종말처리장의 방류수를 처리 이용하는 방안이 마련되어야 할 것이다. 또한, 인접한 지점에 양질의 농지를 확보할 수 있어야하는 등 일정한 조건을 충족해야한다. 따라서, 경기도 일원의 후보지를 대상으로 현장답사를 실시하고, 인접한 지점에 시험포장의 조성이 가능한 수원시 환경사업소 하수처리장을 선정하였다.

수원시 하수처리장의 2001년도 방류수의 연평균 BOD는 11.7mg/L로서 환경부하천수질 기준인 V 등급(BOD 10mg/L이하)을 충족하지 못하는 것으로 나타났다. 부유물 농도는 평균 8.4 mg/L로서 외관적으로는 맑은 상태를 보인다.

2. 시험포장 조성

가. 하수 재이용 처리방법과 수준

농업용수 재이용에 따른 작물생육 및 환경영향, 보건위생 영향 등을 조사분석하기 위하여 지하수 관개구를 대비구로 하수처리장 방류수를 이용하는 처리구로 하였다. 논벼에 하수재이용에 따른 생육과 수확량 조사 시험과 병행하여, 일반 포장재배시험을 실시하도록 하고 있다. 재배시험의 목적은 하수재이용 시험결과의 현장 적용을 위한 것으로, 통상적인 영농재배기술 등을 보급할 때 시행하는 바와 같이 하고 있다. 처리방법과 수준은 Table 1과 같다.

Table 1. The contents of the block test plots and field plots for wastewater reuse

구 분	처리내용 및 수준	비 고
처리1(A)-TP#1	○ 지하수를 이용한 관개구 (관행방식)	대비구
처리2(B)-TP#2	○ 현재 이용중인 농업용수 이용 (병점양수장)	오염이 심한 하천수
처리3(C)-TP#3	○ 하수종말처리장 방류수 직접 이용	
처리4(D)-TP#4	○ 하수1차처리수 완속모래여과 (sand filtering)	
처리5(E)-TP#5	○ 완속모래여과 후 살균처리 (UV살균법 적용)	
재배구1-PT#1	○ 하수1차처리수 완속모래여과 (sand filtering)	
재배구2-PT#2	○ 완속모래여과 후 살균처리 (UV살균법 적용)	
재배구3-PT#3	○ 하수종말처리장 방류수 직접 이용	

나. 시험포장 조성

재활용 처리수준별 논벼 생육 영향 시험을 위하여 대상 하수처리장 부근의 농지를 확보하여 시험포장을 조성하였다. 시험포장은 경기도 화성시 태안읍 진안리 소재의 700평 규모의 논이다. 시험포장은 Block 실험설계 방법에 준하여 30개 시험구를 조성하였으며, 3개의 관행 재배구를 배치하였다.

작물생육시험을 위한 하수재이용처리에서는 1) 지하수, 2) 관행 관개수, 3) 하수처리장 방류수, 4) 방류수의 완속모래여과수, 5) 완속모래여과 후 UV살균처리수 등을 이용하여

포장 관개가 이루어진다. 따라서, 시험포장에 관개수를 급수하기 위해서는 처리시설과 급배수시설을 마련하였다.

시험포장 조성을 위한 기타시설에는 관리사무소, 전기시설, 배전판, 자동작동스위치, 각각의 처리수조 및 펌프 설치시설, 유량계 등이 있다.

Fig. 1~Fig. 3은 시험포장의 설계도면과 관배수시설의 계획도면을 보여주고 있다.

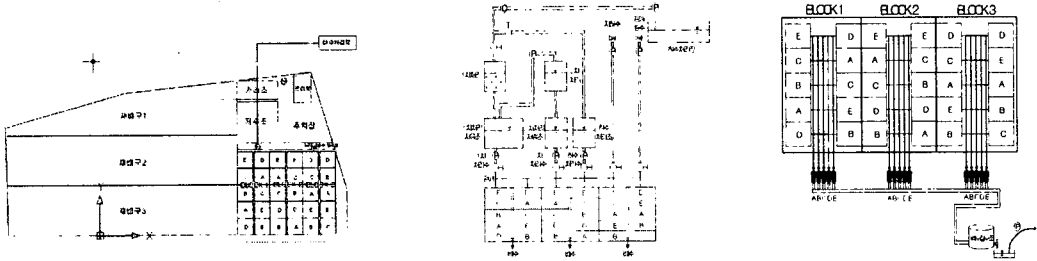


Fig. 1. The pilot system Fig. 2. Irrigation scheduling Fig. 3. Drainage scheduling

III. 논벼 생육 및 재배시험

1. 논벼 생육시험 방법

본 연구에서는 농업용수 재이용에 따른 다양한 수준의 하수 재이용이 논벼의 생육에 어떤 영향을 미치는 지, 생태 및 수질환경에 악영향은 없는지, 재이용에 따른 농작업의 안전성과 보건위생상의 문제는 없는지 등 다양한 측면의 가능성을 살펴보도록 하고 있다.

공시품종은 수원지방에서 널리 재배되는 심추청으로 하였으며, 5월 24일에 인력 이앙을 실시하였다. 재배 및 물관리 방법 등은 작물시험장의 표준영농법을 적용하도록 하고, 병해충 구제 등 필요한 경우는 추가적인 농약살포를 시행하였다.

논벼 재배시험에서 생육조사는 생육시기별 초장, 분얼수 등을 조사하고, 필요한 경우는 건물중량 등을 조사하고 있다. 논벼의 수확량 조사는 예취후 탈곡, 정미 등을 실시하도록 하고, 수확후 건물중량 등을 조사하도록 하였다.

2. 논벼 생육시험 현황

이앙후 지금까지 하수 재배구 등에서 병해충인 물박음병이 발생하여 6월 5일 1차례에 걸쳐 농약을 살포하였다. 이와 같은 병해충이 발생한 원인은 아직 구명되지 않고 있으나, 하수처리장의 방류수의 저수조와 여과기 등에 미생물이 많이 발생되고 있는 것과 관계가 있는 것으로 보여진다. 이와 같은 병해충이 하수재이용의 부작용으로 해석해야 할 것인지 등에 대하여는 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. Fig. 4는 생육시험 전경을 보여주고 있다.

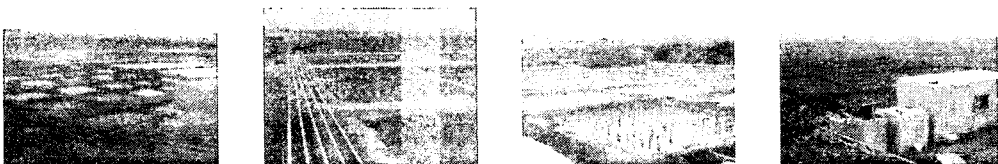


Fig. 4. Constructing wastewater reuse system

3. 시험포장의 오염부하량과 보건위생 위험도 조사

하수 재이용에 따른 환경과 보건위생 등에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 시험포장의 하수처리수준별 수질 및 토양 오염과 농작업 중 인체의 보건위생 등에 미치는 영향, 그리고 농산물의 성분이나 부산물 중에 이상 물질의 검출여부 등을 조사하도록 하였다.

시험포장에 조성된 30개의 시험구와 일반 재배구 포장내에서 샘플링한 수질을 분석한 결과는 Fig. 5에서와 같다. 시험구 및 재배구별 포장내의 수질 변화는 유사한 것으로 나타났다. 시험구별 수질 변화의 양상이 처리수준에 따라 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것은 기존에 토양에 존재하는 수질 농도 및 강우에 의한 혼용으로 생각된다. 이는 작물 수확후까지 지속적인 자료 수집과 분석에 의해 추후에 그 결과를 도출하여야 할 것으로 사료된다.

Fig. 6은 30개 시험구별 포장내 대장균수를 분석한 결과를 보여주고 있다. 대장균수는 TP#2 (하천관개수)가 가장 많은 것으로 나타났으며, TP#1 (지하수)와 TP#5 (모래여과 및 UV살균)의 시험구내에서 비교적 작은 값을 보였다. 이는 각각의 처리 관개수 수질을 분석한 결과, 관개수가 가장 오염이 되었던 것과 관련이 있는 것으로 보인다.

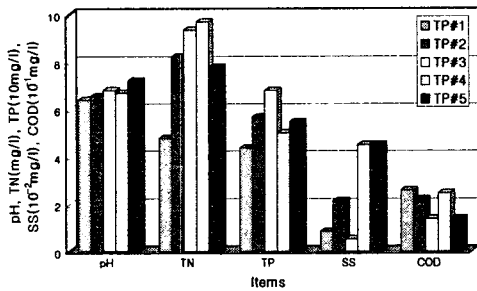


Fig. 5. The water quality in the block test plots

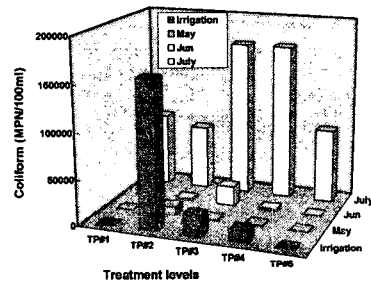


Fig. 6. Coliform

V. 요약 및 결론

1. 시험포장 논벼 생육시험

본 연구에서는 생활하수의 농업용수재이용의 타당성을 제고하기 위하여, 수원 하수처리장을 선정하여 인근에 30개의 시험구와 3개의 재배구를 조성하였고, 각 처리구에 따른 작물생육과 수확량, 환경영향, 보건위생 위험도 등을 조사하였다.

참고문헌

World health Organization. 1989. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture, WHO. Geneva, Switzerland.

사사

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