

휴경논에서의 수질관리 연구

A Study on the Water Quality Management in Fallow Paddy Fields

김형중* · 김선주** · 김필식*** · 안열* · 양용석***

Kim, Hyung Jong · Kim, Sun Joo · Kim, Phil Shik · An, Yeul · Yang, Yong Suck

Abstract

Fallow paddy areas have been increased due to the import of cheap agricultural product, and the unbalance between farming cost and rice price since 1990. The increasing fallow paddy area needs to be protected from the devastation by weed breeding for the re-cultivation.

In this study, two fallow paddy fields managed with different water depth were selected for monitoring and analysing of water quality, water balance and plant body change. The managed fallow paddy fields were more effective in water quality purification and plants growth control than non-managed fallow paddy fields. And the fallow paddy field managed with some degree of water depth was the most effective field in terms of weed control.

Keywords : Fallow paddy fields, Water depth management, Water quality, Water balance, Mass balance

I. 서론

휴경지는 토양 비옥도 증진과 사회 경제적으로 생산량 조절을 위하여 의도적, 일시적으로 농사를 짓지 않고 쉬고 있는 농경지 (Jung et al., 1998)라 정의할 수 있다. 1990년 이전까지는 '주곡의 안정적 확보'라는 정부의 정책기조 아래 우리의 농지를 보호하려는 각종 정책과 농지에 대한 전통적인

애착심 등으로 휴경논지의 발생이 적었기 때문에 사회적인 관심도 적었고 (Garrod and Willis, 1994), 따라서 휴경지는 연구의 대상이 되지 못하였다 (Agus, 2000). 그러나 1990년대부터 외국으로부터 값싼 농산물의 수입과, 농촌 인건비, 제반 영농비와 농산물 가격의 불균형으로 인하여, 영농여건이 불리한 지역에서 경작을 포기하는 경지가 증가하고 있다 (Jung et al., 1998).

휴경지의 발생 추이를 보면 2002년에는 논지 휴경률은 0.5%, 밭은 4배가 많은 2.0%에 이르렀다. 특히, 2003년도에는 논지 휴경률이 2.3%로 전년도에 비하여 4.6배가 증가하였다. 이는 정부에서 쌀의 수급조절 및 쌀 가격의 안정성을 위하여 2003년부터 처음 시행하는 쌀 생산조정제 실시

* 한국농촌공사 농어촌연구원
** 건국대학교 생명환경과학대학
*** 건국대학교 생명환경과학대학 Post Doc.
** Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753
Fax: +82-2-444-0223
E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

다른 인위적인 휴경면적 증가가 원인 이었다 (Yu and Lee, 2003).

농지이용에 대한 규제를 완화하려는 사회적 분위기와 더불어 농지의 경제적 이익을 목적으로 타 산업 용도로 전환하고자 하는 농지 소유자들의 욕구에 의해 휴경면적은 앞으로도 증가될 것으로 예상된다. 또한 농업부문의 환경 및 생태계 보전차원에서 농지의 과다 이용에 대한 제한이 제기되므로 계속적으로 문제될 것이 예상된다. 그러나 이러한 사회적 변화에 불구하고 세계적으로 부족한 식량위기에 대처하기 위해서는 농지를 지속가능한 형태로 보전하기 위한 노력이 필요하다 (Kwon, 2001).

지금까지 휴경지에 관한 연구는 대체로 잡초 생태적 특성과 토양의 물리성 및 미생물 변화에 관한 것으로 주로 잡초생태에 대한 연구가 주로 이루어졌으며 (Kwon et al., 2003), 자연재해 등으로 인하여 쌀 재고량이 부족할 경우 휴경지를 다시 농경지로 이용해야 하나 이에 대한 연구는 미흡한 실정이라고 보고하였다 (Kim et al., 2004).

이와 같이 국내에서 점차로 증가되고 있는 휴경지중 휴경논은 다시 경작지로 활용해야 할 필요성이 있으므로 잡초 등의 번식에 의한 황폐화를 방지하는 것이 바람직하다. 또한 휴경논을 농촌의 환경 변화에 따라 일시적으로 쉬는 농경지의 개념이 아닌 생산량 증대와 환경 보전 차원의 관리가 필요하다고 생각된다.

본 논문은 휴경논의 부착, 여과, 침전 등의 물리적 작용, 산소 공급, 유기물 분해, 질소·인 제거 등의 생물학적 작용에 의한 수질정화기능을 이용한 휴경논의 효과적인 관리 방안을 연구하였다. 충남 당진군 농어촌연구원 시험포를 대상으로 담수심 관리가 다른 두개의 휴경논을 설치하여 수질변화, 물질수지분석 및 식물체의 변화를 실측·분석하였다. 휴경논을 관리로 통하여 경작지로의 전환이 용이하도록 잡초의 생장 방지 방안을 연구하고, 환경적인 면을 고려하여 휴경논의 식생 및 수질개선방안을 마련하고자 한다.

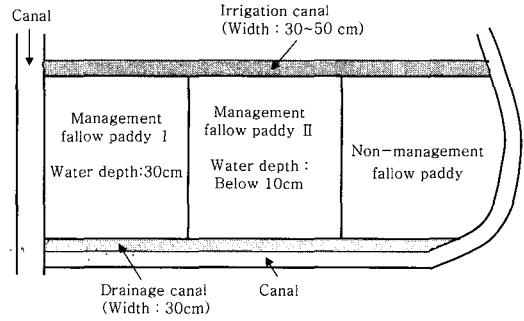


Fig. 1 Experimental fallow paddy fields

II. 재료 및 방법

1. 대상 지구

대상 지구는 충남 당진군 고대면 슬항리 석문간 척지구로 농어촌연구원에서 관리하는 시험포장을 선정하여 실험을 실시하였으며, 주 공급용수는 석문담수호 유입부의 물을 양수하여 공급하였다 (MAF, 2005). 본 연구를 위한 시험포는 Fig. 1과 같이 관리를 실시하는 휴경논 I (3,100 m²)과 휴경논 II (3,100 m²)로 구분하여 조성하였다.

2. 시험 방법

휴경논에서 관리방법에 따른 수질변화특성을 분석하기 위하여 휴경논 I은 수심을 평균 30 cm로 유지하여 인위적인 용수 공급을 실시하였고, 휴경논 II는 평균 10 cm 이하의 수심이 유지되도록 관리하여 수질정화효과 및 식물천이 특성을 조사하였다. 수질조사는 현장에서 유입수 및 유출수를 채취하여 수온, pH, EC, DO를 측정하였고, 실내분석을 위하여 채취한 시료를 전처리 한 후 신속히 실험실로 운반하여 수질오염공정시험법 (APHA, 1998)에 의거하여 수질 항목을 분석하였다.

관리가 이루어지는 시험포의 물질수지를 분석하기 위해 휴경논 I에서는 물수지 분석을 실시하였다. 유입부와 유출부에 웨어 및 부표식 자동측정

수위계를 설치하였으며, 침투량 측정을 위해 침투량계를 두 곳에 설치하였다. 그리고 증발량 측정을 위하여 대형증발계 1기를 설치하였으며, 침투량계와 대형증발계에서 부표식 수위계를 이용하여 증발량과 침투량을 실시간 측정하였다. 또한 강우량 측정을 위하여 자동 Data 관측기가 장착된 우량계를 설치하였다. 물수지와 수질 분석을 위해 휴경논 I 유입구와 유출부의 웨어를 통과 하는 유량과 침투량, 증발량을 시간별로 분석을 하였다.

대상지구의 식물상을 조사하기 위해 휴경논 I 은 6개의 방형구 (1 m×1 m), 그리고 휴경논 II는 8 개의 방형구를 설치하여 피도를 조사하였다. 식물체의 영양물질 흡수를 조사하기 위해 식물체의 화학성분을 분석한 후 이 결과에 건물중을 곱하여 각 지점의 식물별 영양물질 함유량을 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수질 변화 분석

Table 1과 같이 SS 농도는 유입수 평균농도

26.5 mg/L에 비하여 휴경논 I 유출수는 38.7 mg/L, 휴경논 II 유출수는 42.8 mg/L로 농도가 높아졌다. 이는 증발산, 침투 등에 의해 Table 2와 같이 유출수량이 줄어들어 반대로 유출의 농도는 높아진 것으로 판단된다. 또한 석문지구의 토양이 세립질의 미사질 양토이고, 간척지에 조성된 별판으로서 강한 바람 등에 의한 전도현상으로 바닥의 세립질이 부유하여 유출된 것도 하나의 원인인 것으로 판단된다 그러나 EC는 유입수의 평균 농도가 516 μ S/cm였으나 휴경논 I 및 II 유출수는 각각 442 μ S/cm, 464 μ S/cm로 낮아졌다.

BOD는 유입수 농도가 평균 4.5 mg/L였으나 유출수는 각각 3.2, 4.0 mg/L로 낮아졌고, COD도 8.6 mg/L에서 각각 7.7, 8.2 mg/L로 낮아졌다. 습지와 같은 휴경지의 경우 유기물의 제거효율은 체류시간이 5일 이하이면 현저히 낮아진다고 보고 하였다(Wile, 1987). 따라서 휴경지의 담수심이 깊은 휴경논 I 이 휴경논 II에 비해 유기물의 제거효율이 높게 나타난 것으로 판단된다. TN의 경우 유입수의 평균농도가 3.64 mg/L이었으나 유출수는

Table 1 Water quality characteristics in fallow paddy I and II

Contents	Temp. (°C)	pH	EC (μ S/cm)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Chl-a (mg/m ²)
Inflow	23.5	7.8	516	26.5	6.2	4.5	8.6	3.64	0.25	11.1
Ave.	24.5	8.2	442	38.7	6.5	3.2	7.7	1.32	0.11	7.7
Max.	31.1	8.6	847	84.5	11.0	6.7	13.8	4.16	0.24	12.8
Mim.	10.3	7.6	260	3.0	3.4	1.7	5.9	0.40	0.04	3.5
Standard deviation	5.9	0.4	192	27.0	2.8	2.0	2.5	1.26	0.06	3.5
Coefficient of variation	23.9	4.4	43	69.7	43.7	63.1	32.0	95.17	56.89	45.0
Ave.	24.8	8.4	464	42.8	7.5	4.0	8.2	1.33	0.09	10.7
Max.	32.7	9.7	983	94.5	13.6	6.7	10.9	3.15	0.15	21.8
Mim.	11.5	7.8	286	8.0	3.7	2.3	4.4	0.45	0.03	4.0
Standard deviation	5.8	0.7	213	31.0	3.7	1.7	2.0	0.95	0.03	7.1
Coefficient of variation	23.3	8.0	46	72.4	50.2	41.4	24.2	71.48	37.97	66.2

각각 1.32, 1.33 mg/L로 낮아졌다. 휴경지에서의 질소제거의 주요 기작은 유기질소의 침전, 암모니아성 질소로의 분해, 암모니아의 휘발, 식물과 조류(algae)를 포함한 미생물에 의한 용존성 질소의 흡수, 질산화 및 탈질이다 (Kadlec and Knight, 1996). 따라서 침전에 의해 주로 제거되는 유기질소 및 탈질화와 식물의 흡수에 의해 제거되는 질산성 질소로 인하여 유출수 농도가 낮아진 것으로 판단된다. TP도 0.25 mg/L의 유입수에 비해 각각 0.11, 0.09 mg/L로 낮아졌다. 인의 주요 제거기작은 흡착, 침전, 조류(algae) 및 식물에 의한 흡수 등으로 입자성인은 주로 침전하고 용존성인은 식물 및 조류에 의해서 흡수되어 제거되었다고 판단된다.

특히 TN, TP는 유입수에 비하여 유출수에서 지속적으로 낮은 것으로 나타나 영양염류 제거효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 2, 3). 따라서 농지배수 등을 휴경논을 이용하여 수질을 정화한다면 질소와 인이 제거되어 주요 농업용수원인 저수지의 부영양화에 의한 조류발생을 방지하는데 큰 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

유기물 제거율은 BOD의 경우 휴경논 I은 29.6%, 휴경논 II는 11.1%, COD의 경우도 휴경논 I과 II가 각각 9.8%와 4.2%로서 낮게 나타났다. 유기물에 비해 영양염류 제거율은 높게 나타났는데, TN의 경우 휴경논 I과 II가 각각 63.7%와 63.4%로서 비슷하였고, TP는 각각 58.4%와 64.1%로 휴경논 II가 다소 높게 나타났다. 유기물의 제거율이 낮게 나타난 것은 본 지역은 해안가에 위치한 간척지로서 바람이 많고 이에 따라 물결에 의해 입자성 유기물이 부유하여 유출되는 경우가 많았기 때문으로 판단된다. 한편 수표면에서의 채폭기 및 전도현상에 의해 수중이 호기성 상태가 유지되기 때문에 질산화가 이루어져 유기질소가 무기화하여 낮에는 광합성에 의해 조류 및 식물에 흡수되고, 또한 밤에는 조류가 이산화탄소를 방출하여 수중이 혐기성 상태가 조성되기 때문에 탈질이 이루어져 영양염류가 많이 제거된 것으로 판단된다.

이상의 결과 휴경논 I과 II는 수질정화효율 면에서 큰 차이는 나타나지 않았으나 휴경논 I, II 모두 영양염류 제거에 효과가 있는 것으로 나타났다.

2. 물수지 및 물질수지 분석

물수지 분석을 위하여 용수공급이 원활하게 이루어진 2004년 7월 1일부터 11월 30일까지 휴경논 I을 대상으로 153일간 유입량, 유출량, 증발량, 침투량을 실시간 측정하였으며, 결과는 Fig. 4와 같다.

조사기간동안 유입량은 평균 21.7 mm/d (67.27 m³/d)로 거의 일정한 양을 유지하였고 이에 따라 유출량도 평균 18.2 mm/d (56.42 m³/d)로 일정한 값을 나타냈다. 연구기간동안의 체류시간은 휴경논의 총담수량과 총유입량 관계에서 13.8일로 나타났다. 휴경논 I은 수심을 30 cm로 유지하였기 때문에 식물이 자라지 못해 증산은 일어나지 않는 것으로 하여 증발량만을 측정하였다.

대형증발계를 이용하여 증발량을 측정한 결과 평

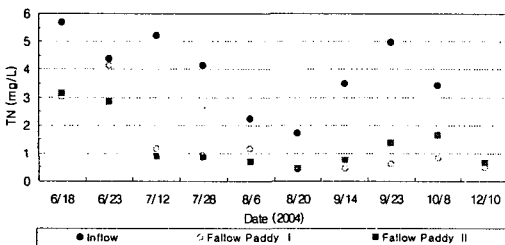


Fig. 2 TN in fallow paddy I, II and inflow

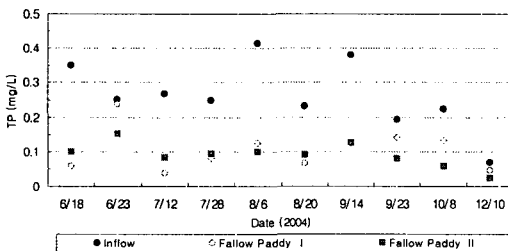


Fig. 3 TP in fallow paddy I, II and inflow

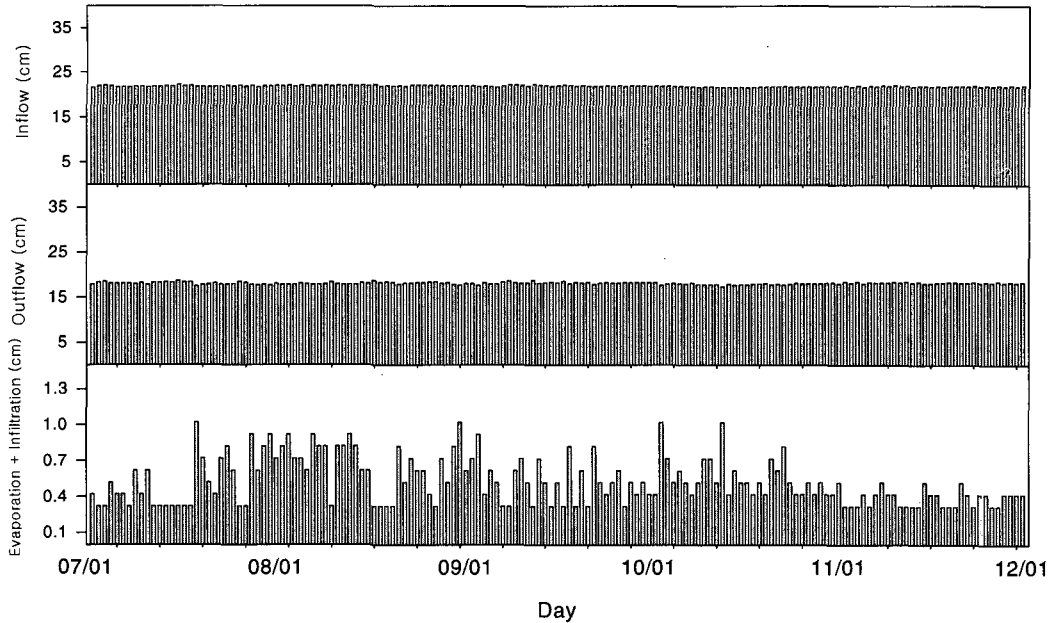


Fig. 4 Results of the water balance analysis in fallow paddy I

균 2.1 mm/d로 나타났다. 동 기간의 예산관측소 일평균 증발량 2.6 mm와 비교하였을 때 유사하게 분석되었다. 침투량 측정을 위해 휴경논 I의 유입부와 유출부 부근에 침투계를 설치하였다. 침투계 자료의 분석결과 유입부와 유출부의 침투량은 큰 차이 없이 평균 2 mm/d를 나타냈다.

총유입량은 10,292 m³에 대해 총유출량은 8,632 m³으로 감소된 유량은 증발량과 침투량에 의한 손실로 판단된다. 유입량 중 웨어를 통한 유출량이 83.9%로 가장 높았고, 증발량과 침투량은 각 9.7%

와 9.2%를 나타냈다. 유입량에 비하여 유출량 및 소비수량(증발량+침투량)이 다소 높게 산정된 이유는 지속적인 용수공급이 이루어지므로 휴경논의 증발량이 실측된 대형 증발계보다 적은 양이 증발되었고, 조사기간 동안의 총강우량 908 mm 중 일부가 유효우량으로 사용되었다고 판단된다. 또한 기타손실은 휴경논두렁을 비닐로 덮어 침투손실을 최소화 하였다.

조사기간의 총 물질수지 분석결과 SS는 Table 2와 같이 272.7 kg이 유입되고, 247.7 kg이 유출

Table 2 Results of the mass balance analysis in fallow paddy I

Contents	Inflow			Outflow		
	Concentration (mg/L)	Total flow (m ³)	Total load (kg)	Concentration (mg/L)	Total flow (m ³)	Total load (kg)
SS	26.5	10,292	272.7	28.7	8,632	247.7
BOD	4.5		46.3	3.2		27.6
COD	8.6		88.5	7.7		66.5
TN	3.64		37.5	1.32		11.4
TP	0.25		2.6	0.11		0.9

되었다. 유출수의 SS농도는 높아졌음에도 불구하고 총 유출된 SS의 양이 적은 것은 Table 2와 같이 침투, 증발산 등에 의해 유입수량에 비해 유출수량이 줄어든 효과가 더 큰 영향을 미쳤기 때문이다.

BOD는 유입량과 유출량이 각각 46.3 kg과 27.6 kg으로 제거율은 40.4%이고, COD는 각각 24.9% 제거되었다. 영양염류의 경우 TN의 제거율은 69.6% 이고, TP는 65.4% 제거되었다.

이와 같이 휴경지는 유기물과 영양염류를 정화하는 기능이 있으므로 수질개선공간으로 활용할 가치가 있다.

3. 식물상조사

휴경논 I은 6개의 방형구 (1 m×1 m)를 대상으로 조사를 실시하였으며, 25~30%의 낮은 피도를 나타내고 있다. 이는 봄부터 수심 30 cm로 담수상태를 유지하여 식물의 성장이 억제되었기 때문으로 판단된다. 대상지에서 발견된 식생종은 갈대, 물피, 부들 등 3종으로 종다양성이 낮았으며, 갈대와 물피가 우점하고 있는 것으로 조사되었다. 담수가 오랫동안 진행된 상태이기 때문에 갈대나 물피 등의 호수성 식생종 이외의 식생은 미미한 것으로 조사되었다.

휴경논 II는 방형구 8곳에 대하여 식물상 조사를 실시하였다. 담수심을 10 cm 로 유지한 상태에서 식생의 피도는 50~55%를 나타내고 있으며, 부들, 갈대, 개구리밥, 세모고랭이, 돌피, 미국개기장, 차풀, 미국가막살이, 고마리여뀌, 나자스말, 물달개비 등 총 11종이 발견되어 휴경논 I보다는 많은 종이 발견되었다. 우점하고 있는 식물은 부들, 갈대, 세모고랭이, 돌피 4종이며, 개구리밥은 전지역에 대해 발견되었으나 그 밀도는 낮은 것으로 조사되었다. 무관리 휴경논은 휴경논 I과 II의 식물중에 강아지풀, 새콩, 사초가 추가되어 14종이 발견되었으며, 식생의 피도는 75~80%를 나타내었다.

쌀생산조정제 농지의 경우 계약기간이 만료되는

3년 후에 농지로 다시 이용하기 위해서는 식물의 생장을 억제할 필요가 있으므로 수위관리를 통하여 논이 황폐화되는 것을 방지할 필요가 있다.

이상의 결과 Fig. 2의 무관리 휴경논의 경우 잡초 및 식물의 생장이 무성한 것과 비교하여 휴경논 I과 II의 피도는 각 25%, 50% 정도를 나타내고 있다. 휴경논 I과 II사이에 수질정화효율에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 식물의 번식에 의한 논의 황폐화를 막기 위해서는 휴경논 I과 같이 일정수위 이상 담수를 유지하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

4. 식물체의 영양물질 분석

식물체의 화학성분을 분석한 후 이 결과에 건물중을 곱하여 각 지점의 식물별 영양물질 함유량을 산정하였다. 2004년 지상부 생산과 지상부에 의한 연간 P흡수량은 건물중 최대생물량을 이용하여 계산하였다. 지상부 생산은 단위면적당 건물중 최대 생물량을 식물 분포면적에 곱하여 산출하였고, 인 흡수량(kg/yr)은 단위면적당 인 함량에 식물 분포면적을 곱하여 산출하였다 (Na et al., 1996).

휴경논 I에서의 식생피도는 전체면적의 20% 내외로 그 중 갈대가 50%로 우점을 차지하였고, 계산 결과 분포면적은 전체 2,850 m² 중 약 363 m²로 나타났다. 휴경논 II의 식생피도는 전체면적의 약 50%로 갈대와 돌피가 차지하는 비율은 각각 15.8%와 21.5%이며, 그 분포면적은 전체 2,400 m² 중 188 m²와 258 m²로 나타났다(Table 3).

갈대와 돌피 간의 연간 지상부 생산량에 대한 연간 인 흡수량을 비교한 결과 동일생산량의 비율로 계산했을 경우 Table 3과 같이 휴경논 I에서는 갈대가 0.024 kg P/yr (0.68 kg P/yr · ha)이었고, 휴경논 II에서는 갈대와 돌피가 각각 0.012 kg P/yr (0.62 kg P/yr · ha), 0.012 kg P/yr (0.48 kg P/yr · ha)를 나타냈다(Table 3).

Table 3 Nutritive substance of plant body

Fallow field	Dominant species	Distribution area (m ²)	P content (mg/g)	Max. biomass of plant body above ground (g DM/m ²)	P uptake (g/m ²)	Max. yield of plant body above ground (kg DM/yr)	Max. annual P uptake of plant body above ground (kg P/yr) (kg P/yr · ha)
I	Reed	363	0.42	161.1	0.068	58.40	0.024(0.68)
II	Reed	188	0.43	147.9	0.062	27.81	0.012(0.62)
	Wild millet	258	0.31	155.3	0.048	40.07	0.012(0.48)

IV. 결 론

세계적으로 쌀생산량 감소에 대한 문제가 제기되고 있는 반면 국내는 2003년부터 시행된 쌀생산조정제 실시에 따른 휴경논의 증가로 생산량이 감소하고 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다. 따라서 휴경논의 경작지로 효율적 전환과 수질정화를 위해 휴경논 관리에 대한 연구를 실시하였다.

수질 변화 분석 결과 SS 농도만이 유입수에 비하여 휴경논 I(담수심 30 cm), II(담수심 10 cm) 유출수의 농도가 높아진 반면, 그 외 EC, BOD, COD, TN, TP, Chl-a는 모두 유출수의 농도가 낮아져 수질개선효과가 있는 것으로 나타났다. 휴경논 I, II의 수질정화효율 면에서 큰 차이는 나타나지 않았으며 유기물 제거율에 비해 영양염류 제거율은 TN은 63.6%, TP는 61.3%로 높게 나타났다.

물질수지 분석결과 휴경논 I의 SS는 272.7 kg이 유입되고, 247.7 kg이 유출되어 SS제거 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 유출농도가 증가된 것보다는 유출유량이 감소된 영향을 더 많이 받았기 때문이다. BOD와 COD는 각 40.4%와 24.9%의 유기물이 제거되었으며, 영양염류의 경우 TN은 69.6%, TP는 65.4% 제거되었다.

식물상 조사 결과 휴경논 I은 3종으로 25~30%의 낮은 피도를 나타내고 있는데, 이는 봄부터 수심 30 cm로 담수상태를 유지하여 식물의 성장이 억제된 것으로 판단된다. 무관리 휴경논의 식생

은 14종이고, 피도는 75~80%로 나타났다. 휴경논 II의 피도는 50~55%로 총 11종이 발견되어 휴경논 I보다는 많은 종이 발견되었다. 휴경논 I이 II보다 약 25% 낮은 피도를 나타내어 일정수위 이상의 관리는 식물 성장을 최소화하여 경작지로의 효과적인 전환을 위해 중요한 것으로 나타났다.

식물체의 영양물질 분석 결과 휴경논 I, II의 갈대의 P 함유량 및 흡수량의 차이는 적은 것으로 나타났으나 연간 지상부 생산량에 대한 연간 인 흡수량을 비교한 결과 동일생산량의 비율로 계산했을 경우 휴경논 I과 II의 갈대가 0.024 kg P/yr과 0.012 kg P/yr로 I의 경우가 약 0.012 kg P/yr 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 휴경논에서 담수심의 유지는 식물 성장을 억제하는 동시에 수질개선효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났으며, 본 연구의 휴경논 I과 같이 담수심 관리가 이루어진다면 그 효과를 최대화 할 수 있다고 판단된다.

References

1. Agus, Fahmudin, 2000. Multifunctional Roles of Lowland Rice Fields in Watersheds in Java, Indonesia. In *Proceedings of the International Seminar on Multifunctionality of Agriculture in Japan*. 81-96. (in English)
2. APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.). American Public Health Association,

- Washington. (in English)
3. Garrod, G. and K. G. Willis. 1994. Valuating biodiversity and nature conservation at a local level. Vol. 3: 555-565. (in English)
 4. Jung, Beung Gan, Guk Hyun Jo and Eul Soo Yun, 1998. Monitoring on Chemical Properties of Bench Marked Paddy Soils in Korea, *Journal of the Korean Society of Soil Science and Fertilize*, Vol. 37(3): 246-252. (in Korean)
 5. Kadlec, R. H. and R. L. Knight, 1996. Treatment Wetlands, CRC press, FL. (in English)
 6. Kim, Sae-Geun, Kee-Kyung Kang, Myung-Chul Seo Hong-Bae and Yun, Pil-Kyun Jung, 2004. Ecological Traits and Environmental Externalities of Abandoned Land, National Institute of Agricultural Science & Technology, 554-553. (in Korean)
 7. Kwon, Oh Do, Yong In Kuk and Sang Uk Chon, 2003. Weed Occurrence and Growth and Yield of Rice Influenced by Re-cultivation of Fallow Paddy Field, *Kor. J. Weed Sci.*, Vol. 23(3): 248-256. (in Korean)
 8. Kwon, Oh Sang, 2001. Development of Trend and Countermeasure Logic of Paddy for OECD Multi-function, *Proceedings of the 2001 Annual Conference*, Korea agricultural economics association. (in Korean)
 9. M.A.F, 2005. Development of Water Quality Management Method using Agricultural Hydraulic System and Fallow Paddy, *Ministrator of Agriculture & Forestry*. (in Korean)
 10. Na, Young Eun, Kee An Roh and Sang Beom Lee, 1996. Changes in Soil Chemical Properties and Vegetation Succession in Abandoned Paddy Ecosystem, *Journal of the Korean Society of Soil Science and Fertilize*, Vol. 29(2): 199-206. (in Korean)
 11. Wile I., 1987. Design and Use of Artificial Wetlands. Van Nostrand Reinhold Co., New York, N. Y. 290. (in English)
 12. Yu, Jin Chae and Hee Chan Lee, 2003. Valuing the Multifunctionality Roles of Less-Favored Agriculture and Rural Areas in Korea, *Korean Journal of Agricultural Economics*, Vol. 44(1): 111-130. (in Korean)