

휴경논의 효율적 관리를 통한 수질개선 효과 연구

The Improvement of Water Quality Purification through the Effective Management of Fallow Paddy Fields

지용근^{*,†} · 김선주^{**} · 김필식^{***}

Jee, Yong Keun^{*,†} · Kim, Sun Joo^{**} · Kim, Phil Shik^{***}

ABSTRACT

A number of fallow paddies field continues to increase because of adverse agricultural circumstance such as upsurge income of foreign products, increase of labor costs in local community, imbalance between productivity and profitability etc. Such fallow paddies are necessary to be protected against weeds and trees. If fallow paddies are not managed, it will be devastated and needed cost for re-cultivation. Therefore, management of gradually increased fallow paddy fields should be conducted. In this study, the effect of plants growth inhibition and water quality purification through the control of flood in fallow paddy were examined in an experimental field. The managed and unmanaged fallow paddies through the control of water depth were constructed in the experimental field. The monitoring was conducted from 2005 to 2007. As the result, the managed fallow paddies were more effective than the unmanaged ones on the growth inhibition and water purification. In addition, when the fallow paddy is managed with regular water depth, it was the most effective in the plants growth inhibition.

Keywords: Fallow paddy fields; irrigation depth management; water quality; water balance; mass balance

1. 서 론

1990년대부터 외국으로부터 값싼 농산물의 수입과, 농촌 인건비 상승, 제반 영농비와 농산물 가격의 불균형 등으로 인하여, 영농여건이 불리한 지역에서 경작을 포기하는 경지가 많아지고 있으며(Jung et al., 1998), 정부에서는 쌀의 수급조절 및 쌀 가격의 안정성을 유지하기 위하여 2003년부터 논벼를 재배한 농지에 앞으로 3년간 벼나 기타 상업적 작물을 재배하지 않는 조건으로 매년 1 ha 당 일정액의 보상을 지급하는 「쌀생산조정제」를 도입하게 되었다(Kim et al., 2006).

휴경지의 발생 추이를 보면 2002년에는 논이 휴경률은 0.5%, 밭은 4배가 많은 2.0%로 조사되었다. 특히, 2003년도에는 밭

의 휴경률은 2.9%로 전년도에 비해 1.5배가량 증가한 반면, 논은 2.3%로 전년도에 비해 4.6배가 증가한 것으로 조사되어 「쌀생산조정제」 실시에 따라 휴경면적이 인위적으로 증가한 것으로 판단되며, 2003년도 이후에는 2.4~2.6%를 유지하고 있다(Ministry of Agriculture and Forestry, 2006).

세계적으로 볼 때 식량의 수급상황은 불안정한 상태이며, 우리나라의 경우 잠재적 불안요인으로 작용하고 있는 북한의 식량수급 불안정에 대비해야 하므로 농경지를 일정면적 이상은 유사시 바로 농지로 활용할 수 있도록 관리할 필요가 있다. 이러한 이유에서 현재 휴경지로 방치해 둔 농경지의 관리가 필요하며(Kim et al., 2006), Kim et al. (2004)은 휴경지를 관리하지 않고 방치할 경우 잡풀뿐만 아니라 관목류가 식생하게 되어 농경지가 황폐화되며 휴경논의 재경작을 위한 비용으로 10 ha 당 793,000원(2000년 불변가격 기준)으로 산출하였다. 또한 세계적으로 부족한 식량위기에 대처하기 위해서는 농지를 지속가능한 형태로 보전하기 위한 노력이 필요하다(Kwon et al., 2003). 호남지역을 대상으로 휴경논의 식생변화를 관찰한 결과, 관리를 하지 않을 경우 2년차부터 버드나무 등의 목본류가 식생하는 것으로 조사되었다(Kang et al., 2005).

* 건국대학교 생명환경과학대학 Post Doc.

** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 교수

*** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학과 Post Doc.

† Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753

Fax: +82-2-444-0223

E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

2008년 12월 24일 투고

2009년 1월 28일 심사완료

2009년 1월 29일 게재확정

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

논 지대에서는 대부분 관개용수가 농업수리시스템을 유하면서 반복 이용되는 광역용수라는 특징을 갖고 있으므로 농촌 지역의 수질관리를 위해서는 이러한 물 흐름 특성을 이해하고, 그 흐름 속에서 휴경논을 관리하고, 수질 또한 관리할 수 있는 기술개발이 필요하다 (Korea Rural Cooperation, 2006).

따라서 휴경지의 관리뿐만 아니라 수질정화 등 다면적으로 이용하기 위한 기술을 개발할 필요가 있으며, 또한 휴경지를 재경작 할 경우를 대비하여 잡초 및 목본류의 활착 등으로 인한 휴경지의 황폐화를 방지하는 것이 바람직하다. 또한 휴경논을 농촌의 환경 변화에 따라 일시적으로 쉬는 농경지의 개념이 아닌 생산량 증대와 환경보전 차원의 관리가 필요하다고 판단된다.

본 논문은 휴경논의 부착, 여과, 침전 등의 물리적 작용, 산소 공급, 유기물 분해, 질소·인 제거 등의 생물학적 작용에 의한 수질정화기능 (Wile, 1987)과 이를 이용한 휴경논의 효과적인 관리 방안을 연구하였다. 충남 당진군에 위치한 석문간척지구 내에 시험포를 구성하여 답수심이 다른 두개의 휴경논에 대한 수질변화, 식물체의 변화를 실측·분석하였으며, 환경적인 면을 고려하여 휴경논의 식생 및 수질개선방안을 마련하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상 지구

휴경지의 물관리에 따른 식생 및 수질변화특성을 조사하고, 수질정화기능 강화방안을 도출하기 위하여 충남 당진군 고대면 슬항리에 위치한 석문간척지구 내의 두 개의 휴경논을 시험포로 선정하였다. 석문지구는 주위 농경지와 분리되어 용·배수로가 정비되어있으며 독립된 양수장이 구비되어 있기 때문에 유역폐쇄가 가능한 단일 시험포로서, 주 공급용수는 석문담수호 유입부의 물을 양수하여 공급하였다 (Korea Rural Cooperation, 2006). 본 연구를 위한 시험포 3지점에서 시료를 채취하여 토성을 분석한 결과, Sand가 평균 32.3% (27.0~41.0%), Silt가 평균 61.7% (54.0~66.0%), 그리고 Clay가 평균 6.0% (5.0~8.0%)를 나타낸 미사질양토 (Silty Loam)로 나타났으며, 유기물 함량은 평균 0.4%로 나타났다. Fig. 1은 답수관리를 실시하는 휴경논-I (3,100 m²)과 휴경논-II (3,100 m²)로 구분하여 나타낸 것이다.

2 시험 방법

휴경논의 관리방법에 따른 수질변화특성을 분석하기 위하여 유입부에 펌프를 설치하여 일정하게 수위가 유지되도록 하였다. 휴경논-I은 수심을 평균 30 cm로 유지하도록 하였으며, 휴경논-II는 평균 10 cm이하로 수심이 유지되도록 하여 수질정화효과를 분석하였다. 수질조사는 현장에서 유입수 및 유출수를 채취하여 수온, pH, EC, DO를 측정하였고, 실내분석을 위하여 채취한 시료를 전처리한 후 실험실로 운반하여 수질오

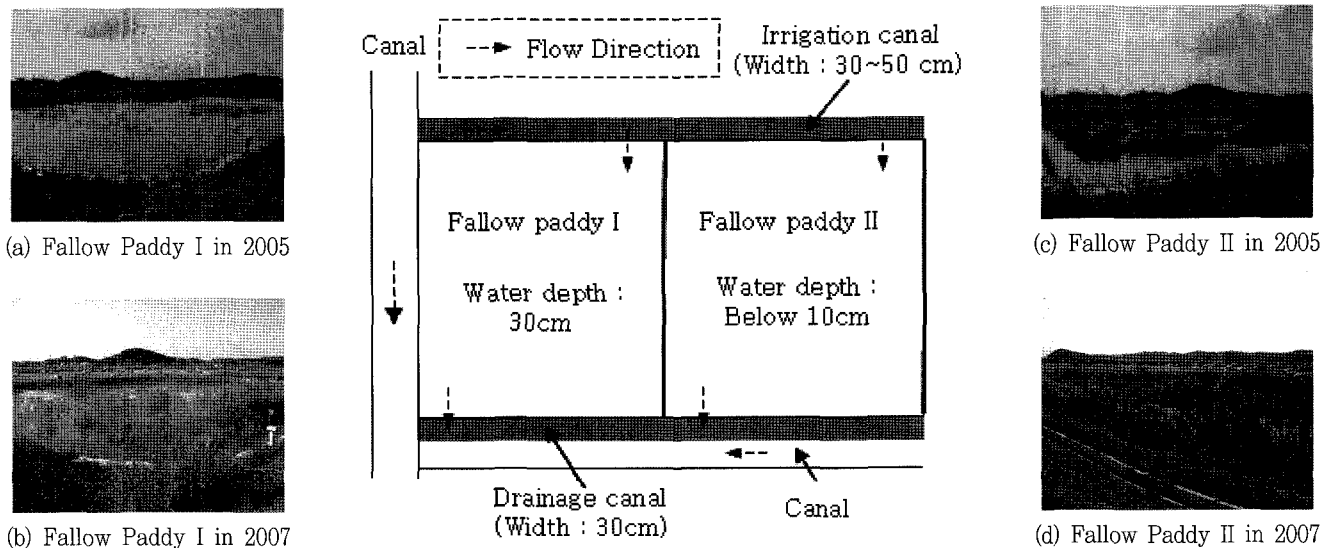


Fig. 1 Experimental fallow paddy fields

염공정시험법에 의거하여 분석을 실시하여 2005~2007년 동안의 수질 항목을 분석하였다. 수질조사는 영농이 본격적으로 시작되는 5월부터 9월까지 월 4회 실시하였으며, 비관개기는 월 1~2회 실시하였다. 수질조사 항목은 SS, BOD₅, TN, TP, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, Chl-a이다 (APHA, 1998).

관리가 이루어지는 시험포의 물수지와 물질수지를 분석하기 위해 휴경논-I 과 -II의 유입부와 유출부에 웨어 및 부표식 자동측정 수위계를 설치하여 시간별로 측정을 실시하였으며, 침투량 측정을 위해 각 휴경논에 침투량계를 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.

대상지구의 식물상을 조사하기 위해 휴경논-I 과 -II에 각각 6개의 방형구 (1 m × 1 m)를 설치하여 피도를 조사하였으며, 식물체의 영양물질 흡수를 조사하기 위해 식물체내의 인 함유량, 최대 생물량, 인 흡수량 등의 화학성분을 분석하였다. 식물상의 조사는 주로 관개기에 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수질 변화 분석

Table 1과 같이 SS 농도는 유입수 평균농도 23.4 mg/L에 비하여 휴경논-I 유출수의 경우는 농도가 15.0 mg/L로 낮아진 것에 반해, 휴경논-II 유출수는 29.3 mg/L로 농도가 높아졌다. 이는 석문지구의 토양이 세립질의 미사질 양토이고, 간척지에 조성된 별판으로서 강한 바람 등에 의한 전도현상으로 바닥의 세립질이 부유하여 유출된 것으로 판단된다. EC의 경우는 유입수의 평균 농도가 514 μS/cm이었으나 휴경논 I 및 II 유출수는 각각 468 μS/cm, 454 μS/cm로 낮아졌다. 간

접적으로 염분농도를 나타내는 EC가 낮아졌다는 것은 간척지를 농경지로 활용할 경우 염해방지에 효과가 있음을 나타내고 있다.

BOD는 유입수 농도가 평균 4.0 mg/L였으나 유출수는 각각 2.6, 3.0 mg/L로 낮아졌으나, COD의 경우는 유입수에서는 8.4 mg/L였으나 휴경논-I 및 -II 유출수에서는 각각 9.6, 8.6 mg/L로 높아졌다. 이는 난분해성 유기물질이 휴경논 내에 축적되었기 때문으로 판단된다.

TN의 경우 유입수의 평균농도가 3.16 mg/L이었으나 유출수는 각각 1.29, 1.30 mg/L로 낮아졌다. 휴경지에서 질소 제거의 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 (Wile, 1987). TP도 0.27 mg/L의 유입수에 비해 각각 0.15, 0.09 mg/L로 낮아졌다. 이는 입자성 인은 주로 침전하고 용존성 인은 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 실시할 경우, 농업수리시스템 내에서 발생하는 오염부하량을 감소시킬 수 있으므로 기타 수질정화시설 등을 설치하지 않고 질소와 인을 제거할 수 있어 주요 농업용수원인 저수지 등의 부영양화 방지에 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

휴경논 I 과 II는 수질정화 면에서 큰 차이는 나타나지 않았으나 영양염류 제거에 효과가 있는 것으로 분석되었고, 이는 휴경논을 농업용수의 수질관리에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1 Water quality characteristics in fallow paddy-I and -II

Contents	Temp. (°C)	pH	EC (μS/cm)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)
Inflow (Avg.)	24.1	7.7	514	23.4	6.5	4.0	8.4	3.16	0.27	10.9
Fallow paddy I	Avg.	24.4	7.7	468	15.0	5.0	2.6	9.6	1.29	5.11
	Max.	29.7	9.1	1,043	66.4	8.7	6.0	23.6	4.22	17.9
	Min.	14.4	7.0	182	0.4	1.8	0.6	4.3	0.21	0.3
	Standard deviation	4.3	0.4	245	16.4	1.9	1.34	5.3	1.20	4.5
	Coefficient of Variation	0.18	0.05	0.52	1.10	0.38	0.52	0.55	0.93	0.76
Fallow paddy II	Avg.	25.6	8.1	454	29.3	5.6	3.0	8.6	1.30	7.2
	Max.	32.7	9.7	983	94.5	13.6	6.7	22.3	3.37	21.8
	Min.	13.6	6.9	182	2.3	2.8	1.0	4.3	0.40	0.3
	Standard deviation	4.3	0.8	234	29.1	2.7	1.7	4.33	1.07	6.4
	Coefficient of Variation	0.17	0.10	0.52	0.99	0.45	0.56	0.51	0.82	0.26

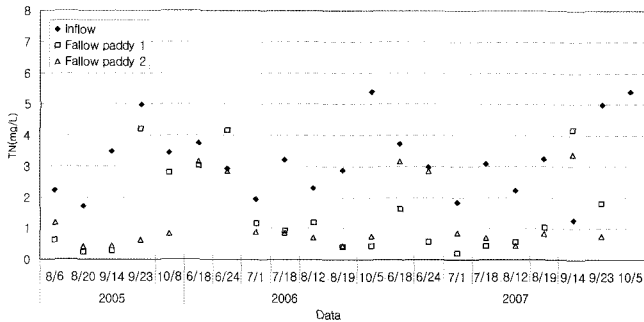


Fig. 2 TN in fallow paddy I, II and inflow

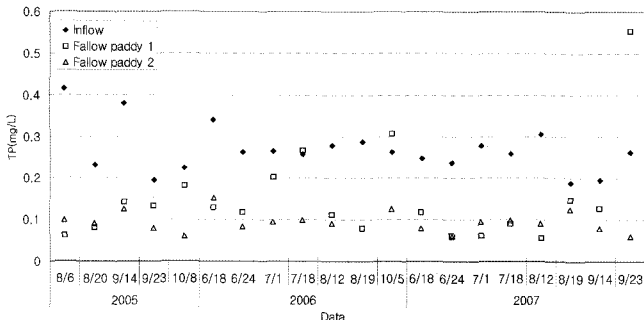


Fig. 3 TP in fallow paddy I, II and inflow

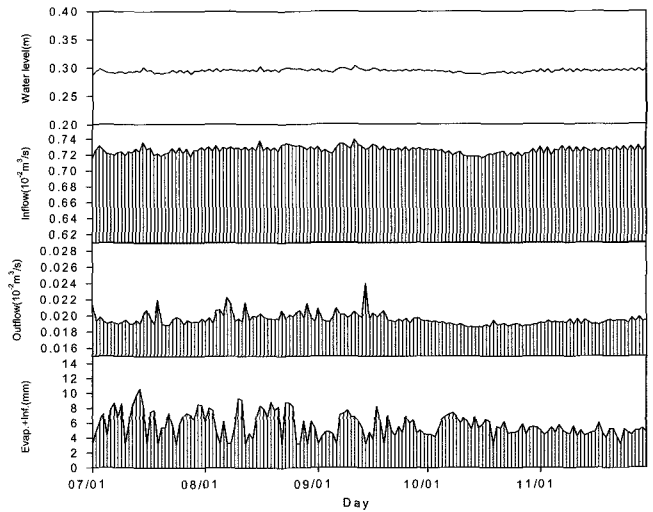


Fig. 4 Water balance analysis in fallow paddy-I

2. 물수지 및 물질수지 분석

물수지 분석을 위하여 용수공급이 원활하게 이루어진 2007년 7월 1일부터 11월 30일까지 휴경논-I을 대상으로 153일간 유입량, 유출량, 증발량, 침투량을 실시간 측정하였다 (Fig. 4).

조사기간 동안 유입량은 평균 25.1 mm/d (77.8 m³/d)로 거의 일정한 양이 유지되도록 하였고, 이에 따라 유출량도 평균 16.4 mm/d (50.8 m³/d)로 일정한 값을 나타냈다. 일정한 담수 심을 유지하도록 시험포를 조성하여 식생이 발달하지 못하는 것으로 판단하여 대형증발계를 이용하여 증발량만을 측정한 결과 평균 2.5 mm/d로 나타났으며, 같은 기간 동안의 서산관측소의 증발량 2.8 mm/d와 비교했을 때 유사한 결과를 나타내었다. 침투량 측정을 위해 휴경논-I의 유입부와 유출부 부근에

침투계를 설치하였다. 침투계 자료의 분석결과 유입부와 유출부의 침투량은 큰 차이 없이 평균 3.2 mm/d를 나타냈다.

조사기간에 대한 총 강우량은 1,022 mm이며, 총유입량 11,903 m³중에서 총유출량은 7,772 m³으로 감소된 유량은 증발량과 침투량에 의한 손실로 판단된다. 유입량 중 위어를 통한 유출량이 65.3%로 가장 높았고, 증발량과 침투량은 각 9.9%와 12.7%를 나타냈다.

조사기간에 대한 물질수지 분석결과 SS는 278.5 kg이 유입되고, 116.6 kg이 유출되었다. SS의 양이 줄어든 이유는 증발, 침투 등의 손실로 인해 유출수량이 유입수량에 비해 감소한 이유도 있지만 휴경논 내에 침전이 이루어졌기 때문으로 판단된다. BOD, TN, TP의 경우 유입수에 비해 유출수에서의 농도는 낮아졌으며, 이는 휴경논 내의 유기물 및 영양염류의 정화 능력이 있음을 나타내는 것으로 판단된다 (Table 2). 그러나 COD의 경우 유입수에 비해 유출수의 농도가 높아지게 된 것은 앞서 언급하였듯이 휴경논 내에 난분해성 유기물질의 축적에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 휴경논을 통해 지속적인 휴경논의 수질정화 효과를 유추하기 위해서는 난분해성 유기물질에 대한 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 2 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	23.4	11,903	278.5	15.0	7,772	116.6
BOD	4.0		47.6	2.6		20.2
COD	8.4		99.9	9.6		74.6
TN	3.16		37.6	1.49		11.6
TP	0.27		3.2	0.15		1.2

Table 3 Nutritive substance of plant body in 2004

Fallow field	Dominant species	Distribution area (m ²)	P content (mg/g)	Max. biomass (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)
I	Reed	482	0.42	161.1	0.068	77.65	0.032
II	Reed	245	0.43	147.9	0.062	36.23	0.015
	Wild millet	333	0.31	155.3	0.048	51.71	0.016

Table 4 Nutritive substance of plant body in 2006

Dominant species	Distribution area (m ²)	P content (mg/g)	Max. biomass (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)
Reed	1,736	0.41	596.5	0.245	1,035.52	0.425
Cattail	1,085	0.53	571.0	0.286	619.53	0.310

3. 식물상 및 식물체 특성

지상부 생산과 지상부에 의한 연간 인흡수량을 2004년과 2006년도의 분석결과를 사용하였다. 연구결과의 통일성을 위해 2007년도 식물체 분석결과를 이용하여야 하지만, 2007년도 분석결과가 정확하지 않은 관계로 2006년도 분석결과를 본고에 적용하였다. 지상부 생산은 단위면적당 건물중 최대생물량을 식물 분포면적에 곱하여 산출하였고, 인흡수량 (kg/yr)은 단위면적당 인 함량에 식물 분포면적을 곱하여 산출하였다 (Na et al., 1996). 측정은 식물이 최대 성장 시기로 보는 8월에서 9월 사이에 각각 측정하였다.

휴경논-I의 2004년 식생피도는 전체면적의 20% 내외로 그 중 갈대가 우점 하였고, 계산 결과 분포면적은 전체 3,100 m² 중 약 482 m²로 나타났다. 휴경논-II의 식생피도는 전체 면적의 약 50~55%로 부들, 갈대, 개구리밥, 세모고랭이, 돌피, 미국개기장, 차풀, 미국가막살이, 고마리여뀌, 나자스말, 물달개비 등 총 11종이 발견되었으며, 이 중 갈대와 돌피가 차지하는 비율은 각각 15.8%와 21.5%로 분포면적은 전체 3,100 m² 중 245 m²와 333 m²로 나타났다.

2006년 휴경논-I의 식생피도는 25~30%의 피도를 나타냈으며 그중 갈대와 부들이 차지하는 비율은 각각 25.3%와 15.4%로써 분포된 면적은 196 m²와 119 m²로 나타났다. 휴경논-II의 경우는 강아지풀, 새콩, 사초, 부들, 갈대, 세모고랭이, 돌피, 미국개기장, 차풀, 미국가막살이, 고마리여뀌, 나자스말, 물달개비, 잡목류 등 총 15종이 발견되었으며, 식생피도가 거의 100%였다. 이 중 갈대와 부들은 85~92%를 점하고 있었으며, 약 8%를 잡목류가 점하고 있는 것으로 조사되었다.

휴경논-I의 경우는 봄부터 담수상태를 유지하여 식물의 성장이 억제되어 식생의 피도변화가 크지 않았지만, 담수가 오랫동안 진행된 상태이기 때문에 갈대나 물피 등의 호수성 식생종이 식생하는 것으로 조사되었다. 휴경논-II의 경우는 일정

한 관리가 이루어지지 않았기 때문에 잡목류 등이 활착하기 시작한 것으로 판단된다. 앞서 언급하였듯이, 재경작을 할 경우 잡목류를 제거하기 위해서는 일정한 소요비용이 발생하므로 쌀생산조정제 후에 농지로 다시 이용하기 위해서는 식물의 생장억제가 필요한 것으로 판단된다.

동일생산량의 비율로 갈대와 돌피 간의 2004년 인 흡수량을 비교한 결과, 휴경논-I에서는 갈대가 0.032 kg·P/yr이었고, 휴경논-II에서는 갈대와 돌피가 각각 0.015 kg·P/yr, 0.016 kg·P/yr를 나타냈다 (Table 3). 2006년 휴경논-II의 경우, 갈대와 부들이 우점을 하고 있었으며 그 비율은 각각 56%와 35%로써 분포된 면적은 1,736 m²와 1,085 m²로 나타났다 (Table 4). 2006년 휴경논-I의 경우, 식물체 내의 인 흡수량이 2004년과 유사한 결과를 나타냈다.

식물체 내의 인 함량을 분석한 결과, 식물체 1g당 인 함량은 휴경논-II의 부들에서 0.53 mg/g DM으로 가장 높았고 휴경논-I에서 돌피의 인 함량이 0.31 mg/g DM으로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 모든 시험포장에서 우점하고 있는 갈대에 대한 인 함량을 분석한 결과 갈대의 식물체 간 인 함량 차이는 나타나지 않았다. 조사된 단위면적당 생물량과 식물체 1g당 인 함량을 곱해 단위면적당 인 흡수량을 계산한 결과, 휴경논-II의 갈대와 부들에서 0.245, 0.286 g/m²로 가장 높았고 휴경논-I의 돌피에서 0.048 g/m²로 가장 낮았다. 또한 휴경논-I과 휴경논-II의 인 흡수량을 볼 때, 단위면적당 피복율이 높은 휴경논-II의 인 흡수량이 휴경논-I보다 높게 나타났다.

IV. 결 론

세계적으로 쌀 생산량 감소에 대한 문제가 제기되고 있는 반면 국내는 쌀생산조정제와 기타 여건의 변화 등으로 인해 휴경논이 증가하고 있는 추세이다. 향후 휴경논을 재경작할 경우

발생할 수 있는 문제점에 대한 연구와 현재의 휴경논을 활용할 수 있는 방안에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있지 못한 실정이다. 본 연구에서는 휴경논의 적절한 관리와 이러한 관리를 통해서 얻을 수 있는 휴경논의 수질정화기능에 대한 연구를 실시하였다.

염분농도를 간접적으로 나타낼 수 있는 전기전도도 (EC)의 분석결과, 유입수의 평균 농도가 514 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었으나 휴경논-I 및 -II 유출수는 각각 468 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 454 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 낮아졌다. 이는 연구대상 휴경논이 위치한 석문지구와 같은 간척을 통해 생성된 농지나 해안가 농지의 염해피해 방지에 휴경논을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

일정 담수심을 유지하여 휴경논을 관리할 경우, 휴경논 내에 발생하는 유기질소의 침전, 암모니아성 질소로의 분해, 암모니아의 휘발, 식물과 조류 (algae)를 포함한 미생물에 의한 용존성 질소의 흡수, 질산화 및 탈질 등의 기작으로 질소의 배출농도를 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 인 또한 침전이나 용존성 인의 식물 흡수 등을 통해 배출농도를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 하천이나 바다로 유출되는 농지배수의 수질을 조절할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 야간에 발생하는 조류의 이산화탄소 방출은 수중이 혐기성 상태를 형성하도록 하여 탈질로 인한 영양염류제거에 도움을 줄 것으로 판단된다. 그러나 본 연구와 같이 일정 담수심을 지속적으로 유지할 경우, 난분해성 유기물질이 휴경논 내에 축적되는 것을 방지하는 것에 대해서는 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

휴경논 내에 식생하는 식물들을 통해 인이 제거되는 것을 확인할 수 있었지만, 담수가 오랫동안 진행된 상태이기 때문에 갈대나 물피 등의 호수성 식생종이 식생하는 것으로 조사되었다. 또한 일정한 관리가 이루어지지 않을 경우 잡목류 등이 활착되어, 재경작을 할 경우 잡목류를 제거하기 위해서는 일정한 소요비용이 발생하므로 휴경논의 식물 생장억제에 대한 방안이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

휴경논을 일정 담수심 유지와 같은 관리방안을 도입할 경우, 식물 생장억제 기능을 통해 재경작시 소요되는 비용을 최소화할 수 있으며, 동시에 영양염류 제거, 질소와 인 등의 수질개선 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 향후 휴경논의 새로운 관리방안에 대한 연구와 이를 통한 수질개선 방안 등의 연구가 진행이 된다면, 보다 효과적이고 효율적인 휴경논의 활용방안이 제시될 것으로 판단된다.

본 논문은 2007년도 하반기 건국대학교 교내학술진흥 연구과제로 연구비를 지원받아 수행되었음

REFERENCES

1. APHA, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater (20th ed). *American Public Health Association*, Washington.
2. Jung, B. G., G. H. Jo, and E. S. Yun, 1998. Monitoring on chemical properties of bench marked paddy soils in Korea. *Journal of the Korean Society of Soil Science and Fertilize* 37(3): 246-252 (in Korean).
3. Kadlec, R. H., and R. L. Knight, 1996. Treatment wetlands. CRC press, FL.
4. Kang, J. G., I. B. Kim, S. Kim, B. S. Kim, S. B. Lee, and J. D. Kim, 2005. Yearly changes in vegetation in fallow paddy fields. *Korean Journal of Weed Science* 25(2): 137-141 (in Korean).
5. Kim, H. J., 2006. Application of fallow agricultural land for conservation of ecosystem and for improvement of water quality. *Rural and Environmental Engineering Journal* 93: 105-114 (in Korean).
6. Kim, S. G., K. K. Kang, M. C. Seo, H. B. Yun, and P. K. Jung, 2004. Ecological traits and environmental externalizes of abandoned land. *National Institute of Agricultural Science & Technology*: 554-553 (in Korean).
7. Kim, S. J., H. J. Kim, P. S. Kim, Y. K. Jee, and Y. S. Yang, 2006. Water quality improvement characteristics in fallow paddy by the shallow pool and shallow. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineering* 48(3): 246-252 (in Korean).
8. Korea Rural Cooperation, 2006. The development of water quality management technology using irrigation-drainage system and fallow paddy. *Ministry of Agriculture and Forestry*: 70-89 (in Korean).
9. Kwon, O. D., Y. I. Kuk, and S. U. Chon, 2003. Weed occurrence and growth and yield of rice influenced by re-cultivation of fallow paddy field. *Korean Journal of Weed Science* 23(3): 248-256 (in Korean).
10. Ministry of Agriculture and Forestry, 2006. Principal statistical book of agriculture and forestry (in Korean).
11. Na, Y. E., K. A. Roh, and S. B. Lee, 1996. Changes in soil chemical properties and vegetation succession in abandoned paddy ecosystem. *Journal of the Korean Society of Soil Science and Fertilize* 29(2): 199-206

(in Korean).

12. Wile I., 1987. Design and use of artificial wetlands. *Van Nostrand Reinhold Co.*, New York.
13. Yu, J. C., and H. C. Lee, 2003. Valuing the multifunctionality roles of less-favored agriculture and rural areas in Korea. *Korean Journal of Agricultural Economics* 44(1): 111-130 (in Korean).