

## 관개수원에 따른 논에서의 영양물질 배출 특성

황하선 · 공동수 · 신동석<sup>†</sup> · 전지홍<sup>\*</sup>

국립환경연구원 수질총량관리센터

<sup>\*</sup>건국대학교 환경과학과

## Characteristics of Nutrient Export from Paddy Rice Fields with Irrigation Practices

Ha-Sun Hwang · Dong Soo Kong · Dong-Suk Shin<sup>†</sup> · Ji-Hong Jeon<sup>\*</sup>

Watershed Management Research Division National Institute Environmental Research

<sup>\*</sup>Environmental Science Department, Konkuk University

(Received 13 August 2004, Accepted 13 September 2004)

**Abstract** : Field experimental study was performed to examine characteristics of nutrient export from paddy rice fields with irrigation practices. Experimental fields with surface-water and ground-water irrigation were monitored and analyzed during rice culture period. The water balance showed that outflow generally balanced the inflow showing that about half (58~68 %) of total outflow was lost by surface drainage. Water and nutrient export are more in surface-water irrigation paddy than in ground-water irrigation paddy. The reasons might be more irrigation water available and easy to use in surface-water irrigation. If irrigation water reduced, it could result in reduction of nutrient export in paddy rice fields, which can save water and protect water quality. However, deviation from conventional standard practices might affect the rice yield and further investigations are necessary.

**keywords** : Paddy field, Surface-water irrigation, Ground-water irrigation, Nutrient export, Water balance

### 1. 서론

우리나라는 1960년대 이후 산업구조의 변화와 팽창, 인구증가 및 도시화, 농업집약화, 축산 및 양식업의 팽창, 공단의 집단지화, 수변 오식업소의 난립 등 오염원의 양적 증가와 지역적 집중화로 환경용량을 초과한 오염물질이 정제된 수체에 유입되어 부영양화가 심화되고 있다. 수계의 수질을 개선하기 위하여 많은 노력을 하였지만 하천의 허용오염부하량을 고려하지 않는 배출허용기준 중심의 농도 규제만으로는 오페수의 양적 팽창에 따른 오염부하의 증가를 통제할 수 없었다. 이에 대응하기 위해 정부는 4대강 물관리종합대책을 수립하면서, 배출허용기준 한도에서 개별 배출원을 제어하는 종래의 농도규제에 더하여 목표수질기준 한도에서 유역배출량을 관리하는 오염총량관리제를 새로이 도입하게 되었으며(공, 2003), 이를 계기로 앞으로의 수질 오염관리는 점오염원 뿐만 아니라 비점오염원을 모두 고려하는 전환점이 마련되었다.

비점오염원으로는 산림 배수, 농경지 배수, 도시지역의 강우유출수 등으로 분류될 수 있는데, 산림으로부터의 비점부하는 상대적으로 농도가 낮으며 도시지역의 강우유출수 부하는 도시의 면적이 상대적으로 작기 때문에 대부분

의 비점오염이 농경지에서 발생하는 것으로 인식되고 있으나, 수질 정화, 공기냉각, 지하수 재충진, 토양침식조절과 같은 논외의 공익적 기능(엄 등, 2001) 등이 발표되는 등 농경지가 수계에 미치는 영향에 대해서 아직까지 논란이 되고 있다.

비점오염원은 강우강도나 지속시간과 같은 강우특성과 지표수의 수리·수문학적 특성과 연계되어 있으므로 이를 파악하기 위해서는 많은 어려움이 있는데(권 등, 1998), 특히 농경지 중 대부분을 차지하는 논외의 경우에는 관개와 낙수라는 특수한 물관리가 이루어지기 때문에 다른 비점오염원보다 유출특성이 상이하며, 같은 논이라 할지라도 비료 사용량, 시비방법, 시비시기, 관개용수 및 강우의 양과 성분 등이 영양물질 유출량에 영향을 미치므로(윤 등, 2003), 수도개배 지역의 논에서 합리적인 영양물질 배출부하량을 산정하기 위해서는 여러 조건의 논에서 영양물질 배출특성을 파악하는 것이 우선되어야 한다고 판단된다.

논은 관개수원에 따라 지표수관개와 지하수관개로 구분될 수 있는데, 관개수를 비교적 많이 흘려보내는 지표수관개지역과 필요에 따라서 관개수를 공급하는 지하수관개지역간의 유출특성은 크게 상이할 것으로 판단된다. 지표수관개논에서의 연구는 최 등(2001)이 마령지구 필지 논으로부터 영농기 영양물질 수지와 유출부하량에 관한 연구를 하였으며, 윤 등(2002)이 양수장 지구 광역논으로부터 영농기

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
sds1965@me.go.kr

간 영양물질의 유출 및 물질수지를 분석하였고, 오 (2004)는 대구획 광역논에서의 영양물질 거동에 관한 연구를 한 바 있으며, 황 (2001)은 지하수관개논에서 수도재배기간동안 물수지와 물질수지를 분석하여 배출부하량을 산정한 바 있다.

본 연구는 2001년 수도재배기간인 4월에서 9월 동안 경기도 여주군 가남면 오산리에 위치한 지하수관개논과 충청북도 청원군 옥산면 소로리에 위치한 지표수관개논의 물수지 및 영양물질 유·출입을 파악함으로써, 관개수원에 따른 논에서의 영양물질의 유출특성을 파악하여 논지역에서의 오염부하관리에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구지역 개요

본 연구에서는 지표수관개논(Groundwater Irrigation, G.I.)과 지하수관개논(Surfacewater Irrigation, S.I.)으로 나누어 조사가 이루어졌는데, 지하수관개논은 경기도 여주군 가남면 오산리에 위치한 광역논으로 총면적은 약 10 ha이고, 지표수 관개논은 충청도 청원군 옥산면 소로리에 위치한 광역논으로 총면적은 약 41 ha 이며 개략도는 Fig. 1과 같다.

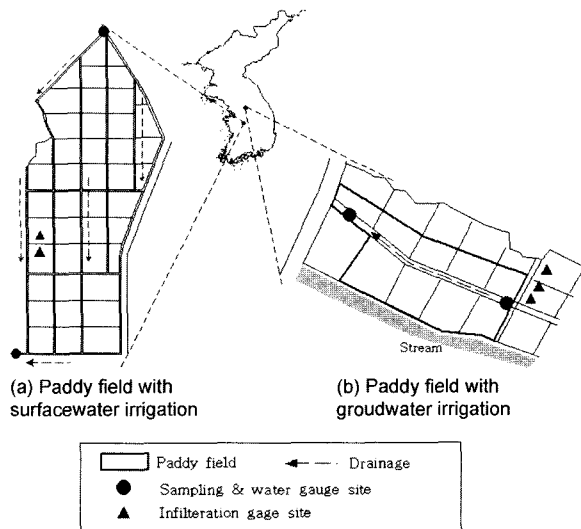


Fig. 1. Schematic layout of the study area.

### 2.2. 영농활동과 시비현황

연구대상지역의 영농활동은 Table 1에 요약되어 있듯이 거의 유사한 시기에 이루어졌다. 5월 말에 경운 후 기비를 투여하고 이앙이 이루어졌으며, 6월 중순에 이삭비 그리고 7월 중순에서 말경에는 분얼비를 각각 투여하였고 10월에 수확하였다. 시비량을 살펴보면, 지하수관개논의 경우 농업과학기술원 고시 표준시비량인 110.0 N kg/ha, 19.64 P kg/ha였으며, 지표수관개논의 경우 각각 166.5 N kg/ha, 18.6 P kg/ha로써 추천시비량보다 질소는 많았으며 인은 적게 시비 되었다.

### 2.3. 분석방법

광역논의 유입구와 유출구지점에 압력식 수위계를 설치하여 논에서 물의 유·출입을 측정하였고, 침투량은 직경 약 20 cm의 간지 침투수량계에 의해 측정되었으며, 증발산량은 지하관개논의 경우 수정 Penman법을 이용하였고 지표관개논의 경우 감수심계와 침투량계를 설치하여 감수심과 침투량의 차이로 산정하였다. 시료채취는 압력식 수위계가 설치된 논의 유·출입 지점과 침투수, 강우에서 이루어졌으며, 수질분석은 Standard Methods(APHA, 1995)에 의해 T-N은 Cadmium Reduction Method(SM 4500-NO<sup>3</sup>-E.)과 T-P는 Stannous Chloride Method(4500-P D)에 의해 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 관개수원에 따른 물수지 비교

본 연구 대상 논에서의 물수지(Table 2)를 보면, 유입의 경우 지하수관개논은 총 유입 중 강우 42%와 관개 58%였으며, 반면에 지표수관개논은 강우 20%와 관개 80%로 관개에 의한 유입이 많았다. 유출의 경우는 지하수관개논은 총 유입 중 침투 6%, 증발산 36%, 지표배출 58%이었는데, 지표수관개논은 침투 8%, 증발산이 24%, 지표배출이 68%로 지표배출이 가장 많은 것으로 나타났으며, 결국으로 인한 물수지의 차는 지하수관개논이 37mm, 지표수관개논이 56mm로 나타났다.

영농기간동안 수도재배 논에서의 물수지는 기상조건, 토양조건, 작물재배조건 및 용수원 등 다양한 요인에 의해

Table 1. Summary of agricultural activities

Agricultural activity	G.I.			S.I.		
	Date	Fertilization(kg/ha)		Date	Fertilization(kg/ha)	
		T-P	T-N		T-P	T-N
Plowing & basal fertilization	May 25	45	19.64	May 20	18.6	19.64
Rice transplanting	May 29	-	-	May 23	-	-
Tillering fertilization	Jun. 9	-	33	Jun. 7	-	69.0
Panicle fertilization	Jul. 17	-	22	Jul. 24	-	45.0
Harvest	Oct. 7	-	-	-	-	-

**Table 2.** Comparison of water balance with irrigation water sources in the paddy rice fields during cultural periods

(unit : mm)

	Input				Output					
	Precipitation		Irrigation		Infiltration		Evapo-transpiration		Runoff	
	G.I.	S.I.	G.I.	S.I.	G.I.	S.I.	G.I.	S.I.	G.I.	S.I.
Apr.	-	5	-	448	-	27	-	83	-	128
May	7	14	86	553	23	42	51	138	19	270
Jun	213	245	456	225	33	38	100	120	535	758
Jul.	202	188	56	148	6	31	161	124	55	231
Aug.	89	90	108	541	11	48	117	123	69	308
Sep.	-	9	-	310	-	40	-	106	-	217
Total*	511 (42)	551 (20)	706 (58)	2,225 (80)	73 (6)	226 (8)	429 (36)	694 (24)	678 (58)	1,912 (68)

\* Numbers in the parentheses are in percent.

지역별로 차이를 보이는 것으로 알려져 있는데(윤 등, 2003), 본 연구지역의 강우량은 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 511 mm, 551 mm로 거의 유사하기 때문에 강우에 의한 영향은 적은 것으로 판단되며, 침투량은 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 73 mm, 226 mm였으며, 증발산량은 각각 429 mm, 694 mm로 차이를 보이지만, 토양 조건, 작물재배조건 등의 특성에 의한 것으로 관개수원에 의한 영향은 적은 것으로 보아진다.

윤 등 (2002)과 최 등 (2001)의 연구 결과에 의하면 관개량과 지표배출수량은 관개수원에 영향을 받을 것으로 판단되는데, 본 연구에서도 강우량이 비슷하고 관개수원이 다른 두 논에서의 관개량과 지표배출수량을 보면, 관개량은 지하수관개논이 706 mm였으며 지표수관개논이 2,225 mm로 지표수관개논의 관개량이 세배 정도 많았으며, 지표배출수량도 지하수관개논이 678 mm이었고 지표수관개논이 1,912 mm로 지표수관개논의 지표배출수량이 세배 정도 많은 것으로 나타났다. 이는 지하수관개지역보다 상대적으로 농업용수가 풍부하고 관개가 용이한 지표수관개지역에서 관개유입이 많았으며, 이로 인해 강우량 중 영농을 위한 필요수량 이상의 강우가 영농에 이용되지 않고 배출되었기 때문에 지표배출

량도 증가한 것으로 판단된다. 결국, 논에서의 관개량은 관개수원에 의한 관개방법의 차이에 영향을 받으며, 그에 따라 지표배출수량도 달라지는 것으로 나타났다.

### 3.2. 관개방법에 따른 영양물질 배출특성 비교

영농기간 수도재배 논에서는 관개, 강우, 시비 등에 의해 영양물질이 유입되고, 이 중 일부는 벼의 성장에 이용되지 않고 물꼬를 통해 지표배출되어 수계의 부영양화 문제를 초래한다. 특히, 질소와 인은 수도생육의 필수 요소이지만 수계로 배출되었을 때는 조류발생에 필요한 영양물질이 된다. 영농기간 동안 지표수관개논과 지하수관개논에서의 영양물질 배출특성을 파악하기 위하여 논에서의 영양물질 유·출입을 분석하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 강우에 의한 유입부하량은 지하수관개논이 T-N 7.97 kg/ha와 T-P 0.01 kg/ha, 그리고 지표수관개논이 T-N 4.05 kg/ha와 T-P 0.12 kg/ha로 T-N은 지하수 관개논이 그리고 T-P는 지표수관개논이 높게 나타났다. 침투에 의한 배출부하량은 지하수관개논이 T-N 1.71 kg/ha와 T-P 0.00 kg/ha, 그리고 지표수관개논이 T-N 6.76 kg/ha와 T-P 0.06kg/ha로 T-N과 T-P 모두 지표수관개논이 높게 나타났는데, 강우와 침투에

**Table 3.** Comparison of nutrient mass balance with irrigation water source in the paddy rice fields during cultural periods.

(unit : kg/ha)

		Total-N		Total-P	
		G.I.	S.I.	G.I.	S.I.
Input	Fertilization	110.00	166.50	19.64	18.60
	Precipitation	7.97	4.05	0.01	0.12
	Irrigation	8.26	50.78	0.42	2.31
	Subtotal	126.23	221.33	20.07	21.03
Output	Runoff	18.57	35.57	1.15	1.44
	Percolation	1.71	6.76	0.00	0.06
	Subtotal	20.28	42.33	1.15	1.50
Export rate(%)		16.07	19.13	5.73	7.13

의한 부하량 차이는 관개수원에 의한 영향보다는 지역적, 토양적 특성에 의한 영향으로 판단된다.

관개에 의한 유입부하량은 지표수관개논이 T-N 8.26 kg/ha와 T-P 0.42 kg/ha, 그리고 지하수관개논이 T-N 50.78 kg/ha와 T-P 2.31 kg/ha로 T-N과 T-P 모두 지표수관개논이 높게 나타났다. 그 이유는 지표수관개논이 지하수 관개논보다 관개량이 많았으며, 관개수원의 차이로 인해 지표수관개논의 관개수 수질이 지하수관개용수보다 높았기 때문으로 판단된다. 결국, 관개에 의한 유입부하량은 상대적으로 용수공급이 어려운 지하수 관개논에서의 관개량이 적고, 지하수를 펌핑하여 관개하기 때문에 지표수에 비해 관개용수의 수질이 양호한 지하수 관개논에서의 유입부하량이 적은 것으로 판단된다.

지표배출부하량은 질소의 경우 지표수관개는 35.57 kg/ha 그리고 지하수관개는 18.57 kg/ha로 지표수관개논에서의 지표배출부하량이 2배 정도 높게 나타났으며, 인의 경우도 지표수관개는 1.44 kg/ha와 지하수관개는 1.15 kg/ha로 지표수관개논에서의 지표배출부하량이 다소 높게 나타났다. 그 이유는 질소의 경우 지표수관개논이 지하수관개논보다 관개와 시비에 의한 유입부하량이 더 많았고, 강우량 중 필요수량 이상의 강우가 영농에 이용되지 않고 더 많이 자연 배출되었으며, 이때 시비(기비, 분얼비, 이삭비)로 인한 배출농도를 함유하기 때문으로 생각되며, T-P의 경우는 지하수관개논의 시비량이 많았으나 인 특성상 논 토양 내 대부분 흡착되었으며 T-N과는 다르게 기비로 전량을 시비하기 때문에 논에서의 토양유실을 제외한 배출 경로가 적기 때문으로 판단된다.

논에서의 유입부하량 중 지표배출과 지하침투로 수계로의 배출되는 배출율을 보면 질소의 경우는 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 16.07%와 19.13%로 지표수관개논에서의 배출율이 약간 높게 나타났으며, T-P의 경우도 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 5.73%과 7.13%로 지표수관개논의 배출율이 큰 것으로 나타났으며 배출부하량도 지표수관개논이 큰 것으로 나타났다.

### 3.3. 관개량과 배출량과의 상관관계

논에서의 영양물질 배출은 강우량이나 선행강우량 및 담수심과 같은 수문조건, 그리고 시비와 비영농기간 중 논토양 관리형태 등에도 영향을 받는 것으로 알려져 있는데 (조 등, 1999), 우리나라에서 영농기간 동안 수도재배 논에서의 연구·발표된 결과(오, 2004; 최 등, 2001; 권 등, 1989; 이 등, 1995; 윤 등, 2001; 윤 등, 2003; 전 등, 2003)와 본 연구의 결과로부터 강우량과 관개수량에 따른 논에서의 배출수량과 영양물질 배출부하량과의 상관성을 분석하였다. 강우량과 관개수량에 따른 지표배출수량과의 관계는 Fig. 2와 같다. 강우량과 배출수량은 상관관계가 낮았으나, 관개수량과 배출수량은 선형적인 양의 상관성( $R^2$ , 결정계수 = 0.95)을 나타내어 영농기간 중 논에서의 배출수량은 관개량이 증가할수록 선형적으로 증가 하는 것으로 나타났다.

상관성 분석을 위한 자료가 부족하고, 논에서의 지표배출은 어느 특정 요인에 의존하는 것이 아니라 여러 요인에 의한 복합적인 현상으로 위 내용을 단정하기는 어렵지만, 강우량이 증가하면 관개량이 대체로 감소하여 강우에 의한 유입수량 증가가 직접적으로 지표배출량에 영향을 미치는 것은 아닌 것으로 판단된다.

관개수량 및 강우량과 영양물질 배출부하량과의 상관성을 분석 하였으며 그 결과는 Fig. 3과 같다. 관개수량과 영양물질 배출부하량과의 관계는 질소( $R^2 = 0.65$ )와 인( $R^2 = 0.70$ ) 모두 양의 상관관계를 나타 내어 관개수량이 증가할수록 논에서의 영양물질 배출부하량은 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 강우량에 따른 영양물질 배출부하량의 관계도 질소( $R^2 = 0.67$ )와 인( $R^2 = 0.49$ ) 모두 지수적인 양의 상관관계를 나타내어 강우량이 증가할수록 질소와 인의 배출부하량은 증가하는 것으로 나타났다.

영농기간동안 수도재배 논에서의 영양물질 배출부하량과 강우량 및 관개수량과의 관계는 앞에서 언급한 바와 같이 상관성 분석을 위한 자료가 부족하고, 논에서의 지표배출은 어느 특정 요인에 의존하는 것이 아니라 여러 요인에 의한

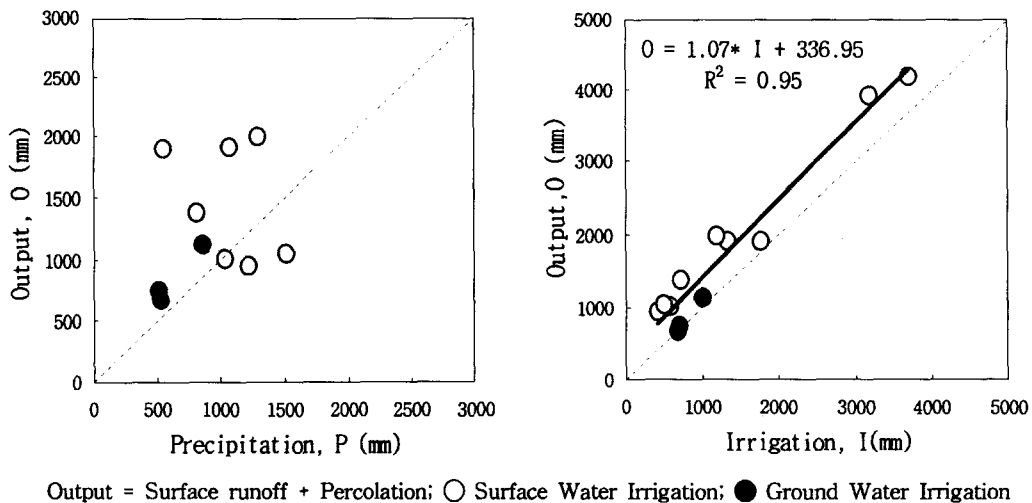


Fig. 2. Relation between surface runoff and precipitation and irrigation in the paddy rice fields during culture periods.

복합적인 현상으로 위 내용을 단정하기는 어렵지만, 대체적으로 강우량과 관개수량이 증가하면 질소와 인의 배출부하량도 증가 하는 것으로 나타났다.

비점오염원 중 논에서의 영양물질 배출은 과잉시비와 농지배수에 많은 영향을 받는 것으로 생각된다. 농지배수에 의한 논에서의 영양물질 배출은 강우량과 관개량에 영향을 받는데, 강우량은 자연적인 현상으로 인위적인 조절이 어려우나 관개량은 영농자의 노력 등에 의해 조절이 비교적 용이하다. 따라서, 관개량을 줄이면 영양물질의 지표배출 감소 효과, 논 시스템 내 저류공간의 확보로 강우저류 효과, 유입된 영양물질의 저류능력의 증대로 수질정화 효과, 그리고 관개용수 절약 효과까지 많은 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

논에서의 관개량을 줄이는 것은 무엇보다 영농자의 수문조작이 중요하므로 농민들에 대한 꾸준한 교육 및 홍보 등이 필요할 것으로 생각되며, 대부분 공동 관개 시스템을 가지고 있는 지표수관개논에서는 관개용수 사용료를 면적단위로 부담하거나, 전혀 부담하지 않기 때문에 관개용수를 절약하려는 노력은 부족하므로, 관개용수사용료의 정책적 변환은 관개수량 감소의 한 방법으로 보인다. 그러나 관개수량 저감을 위해서는 적절한 관개시기 및 방법의 적용, 기상상태와 관개시기와의 연계 등이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구는 2001년 수도재배기간인 4월에서 9월 동안 경기도 여주군에 위치한 지하수관개논과 충청북도 청원군에 위치한 지표수관개논의 물수지 및 영양물질 유·출입을 파악함으로써, 관개수원에 따른 논에서의 배출수량 및 영양물질의 유출특성을 비교 분석하였으며 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구 대상 논에서의 물수지는 지표수관개논과 지하수관개논 모두 유입은 관개에 의한 유입이 가장 많았고 유출은 지표배출이 가장 많았으며, 관개량은 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 706 mm와 2225 mm였으며 지표유출량은 각각 678 mm와 1912 mm로 지표수관개논이 관개량과 지표배출량 모두 약 세배 정도 높게 나타났다. 이는 지하수관개지역보다 상대적으로 농업용수가 풍부하고 관개가 용이한 지표수관개지역에서 관개유입이 많았으며, 이로 인해 강우량 중 영농을 위한 필요수량 이상의 강우가 영농에 이용되지 않고 배출되었기 때문에 지표배출량도 증가한 것으로 생각된다.
2. 관개에 의한 유입부하량은 지하수관개논이 T-N 8.26 kg/ha와 T-P 0.42 kg/ha, 그리고 지표수관개논이 T-N 50.78 kg/ha와 T-P 2.31 kg/ha로 T-N과 T-P 모두 지표수관개논이 높게 나타났는데, 이는 지표수관개논이 지하수관개논보다 관개량이 많았고 관개수원의 차이로 인

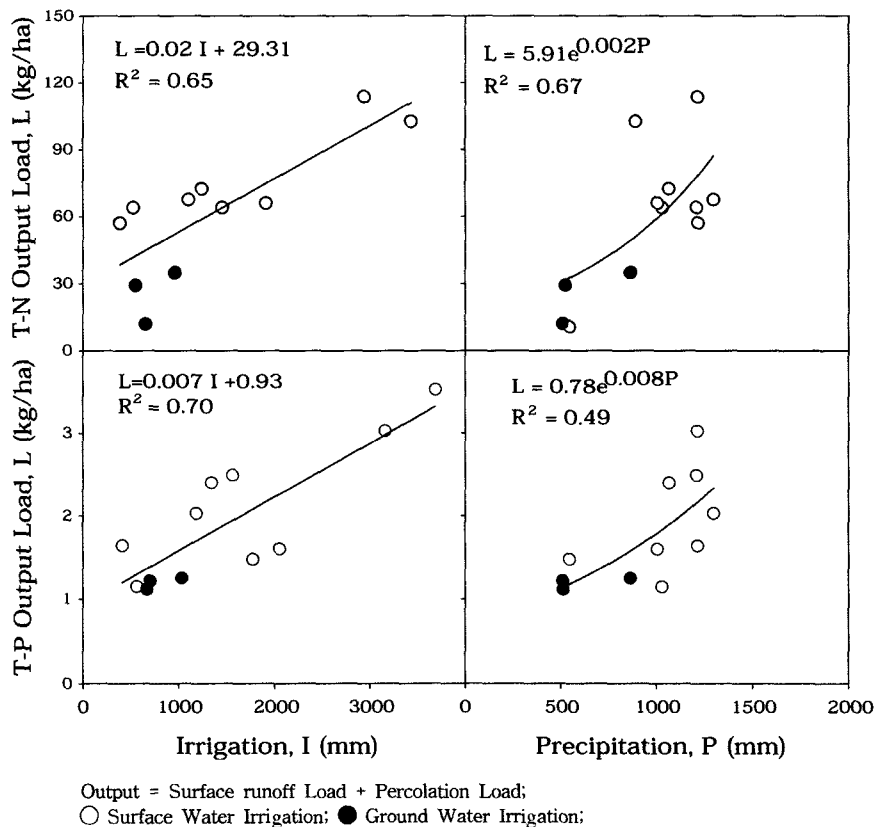


Fig. 3. Relation between output load and precipitation and irrigation in the paddy rice fields during cultural periods.

해 지표수관개논의 관개수질이 지하수관개용수보다 높았기 때문에 판단된다.

3. 영농기간 중 논에서의 영양물질 배출부하량(지표배출부하량 + 침투배출부하량)은 질소의 경우 지표수관개논이 42.33 kg/ha이었으며, 지하수관개논이 20.28 kg/ha로 지표수관개논에서의 지표배출부하량이 높게 나타났다. 인의 경우도 지표수관개논이 1.50 kg/ha, 그리고 지하수관개논이 1.15 kg/ha로 지표수관개논에서의 지표배출부하량이 높게 나타나 지하수관개논에 비해 지표수관개논에서의 영양물질 배출부하량이 높은 것으로 나타났다.
4. 논에서의 유입부하량 중 지표배출과 지하침투로 수계로의 배출되는 배출율을 보면 질소의 경우는 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 16.07%와 19.13%로 지표수관개논에서의 배출율이 높게 나타났으며, T-P 의 경우도 지하수관개논과 지표수관개논이 각각 5.73%와 7.13%로 지표수관개논의 배출율이 큰 것으로 나타나 지표배출부하량은 지표수관개논이 큰 것으로 나타났다.
5. 우리나라에서 영농기간동안 수도제배 논에서의 선행 연구·발표된 결과와 본 연구의 결과로부터 유도된 결과로부터 추정해 보면 관개수량이 증가 할수록 논에서의 배출수량 및 영양물질 배출부하량도 증가하는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보면 관개수원에 따라 관개량이 차이를 보였으며 관개량은 배출수량 및 영양물질 부하량에 많은 영향을 미치므로, 관개수량을 줄임으로서 영양물질의 지표배출 감소 효과 및 논 시스템 내 저류공간의 확보로 강우저류 효과와 유입된 영양물질의 저류능력의 증대로 수질정화 효과를 기대할 수 있을 것이다. 그러나 관개량 저감을 위해서는 적절한 관개시기 및 방법의 적용, 기상상태와 관개시기와의 연계, 농민들에 대한 꾸준한 교육 및 홍보 등이 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 공동수, 수계별 오염총량관리제의 도입 배경과 향후 전망, *춘천 물 포럼 2003 논문집*, “춘천 물 포럼 2003” 조직위원회 (2003).
- 권순국, 유명진, *담수호의 환경오염 및 부영양화 방지대책 수립(II)*, 농어촌진흥공사 (1989).
- 김진수, 오승영, 김규성. 광역논에서의 질소·인의 농도와 오염부하량 특성, *한국농공학회지*, **41(4)**, pp. 47-56 (1999).
- 오승영, *관개기 대구회 광역논에서의 영양물질 거동*, 충북대학교 박사학위논문 (2004).
- 이기상, 허일봉, *벼 재배시 질소양분 행동에 관한 연구 농사시험연구보고서*, pp. 346-349 (1995).
- 윤광식, 한국현, 조재영, 최창현, 손재권, 최진규, 양수장 지구 광역논으로부터 영농기간 영양물질의 유출 및 물질수지, *농촌계획학회지*, **8(1)**, pp. 3-14 (2002).
- 윤춘경, 황하선, 전지홍, 함종화, 수도제배시 논에서의 영양물질 수지 분석, *한국육수학회지*, **36(1)**, pp. 66-73 (2003).
- 전지홍, 윤춘경, 황하선, 윤광식, 논에서의 오염부하 예측을 위한 범용모형 개발, *한국육수학회지*, **36(3)**, pp. 344-355 (2003).
- 조재영, 한강완, 최창현. 논에서 강우크기에 따른 질소와 인산의 유출, *한국환경농학회지*, **18(2)**, pp. 140-147 (1999).
- 최진규, 구자웅, 손재권, 윤광식, 조재영, 마령지구 필지 논으로부터 영농기 영양물질 수지와 유출부하량, *한국농공학회지*, **43(5)**, pp. 153-162 (2001).
- 황하선, *수도제배지역에서 영양물질 수지와 배출부하량 산정*, 건국대학교 석사 학위논문 (2001).
- 황하선, 윤춘경, 전지홍, 김병희, 저장우연도 지하수 관계 필지논에서 수도제배기간 동안의 물질수지, *한국농공학회지*, **44(4)**, pp. 39-50 (2002).
- American Public Health Association. *Standard Methods for the Water and Wastewater Examination*, 19th ed., Washington, D.C. (1995).
- Eom, K. C. Environmentally beneficial function of rice culture and paddy soil, In: *Rice Culture in Asia*. International Commission on Irrigation and Drainage, and Korean National Committee on Irrigation and Drainage, Korea, pp. 28-35 (2001).