

양수장지구 구획논에서의 영양물질 농도특성

Characteristics of Concentration of Pollutants from Paddy Fields district with Pumping Station

김영주*·손재권·구자웅·송재도·최진규(전북대)·윤광식(전남대)

Kim, Young Joo·Son, Jae Gwon·Koo, Ja Woong·Song, Jae Do·Choi, Jin Kyu·Yoon, Kwang Sik

Abstract

This study was carried out to investigate characteristics of concentration of pollutants from paddy fields district with pumping station in Sumjin river basin. The size of paddy fields was 8.06 ha and the fields were irrigated from Nae-wol and Jum-chon pumping station. Total rainfall were 1,206.5 mm from June to December in 2004, and 922.0 mm from January to August in 2005. Total irrigation and drainage water were 1014.5 mm and 968.8 mm in 2004, 655.6 mm and 687.7 mm in 2005, respectively. The measured values of T-N of the irrigation water were ranged from 0.35 mg/L to 7.26 mg/L(average : 2.09 mg/L) and T-P were ranged 0.0486 mg/L to 0.4308 mg/L (average : 0.1583 mg/L). The values of T-N of drainage water were ranged from 0.30 mg/L to 20.31 mg/L(average : 2.99 mg/L) and T-P were ranged 0.1653 mg/L to 0.8847 mg/L (average : 0.3829 mg/L).

I. 서론

우리나라의 비점원 오염원중 하나인 논은 전체 농경지 면적의 60% 이상을 차지하고 있으며, 논 면적은 1,153 천ha로 그 중 76%인 879 천ha 가 수리안전답으로 저수지, 양수장 및 보 등 농업 시설물을 통해서 안정적인 농업용수의 공급을 받고 있다. 그 중 약 17%정도인 150 천ha가 양수장을 수원공으로 농업용수를 공급받고 있다. 우리나라의 농업용수는 전체 용수량 중 50%로 많은 비중을 차지하고 있으며, 농업지대인 농촌의 수도작 재배 지역에서 행해지는 영농활동은 대부분의 경작자들에 의해 관행적이며 매년 비슷한 시기와 방식으로 영농이 이루어지고 있다. 논에서의 유출은 강우뿐만 아니라 경작자들의 물꼬 관리 방식에 의해 다양한 형태로 유출이 일어나고 있다. 농업용수의 공급을 받은 논 지대에서 강우 및 기타 여건에 의해 발생된 다량의 영양물질을 함유한 유출수는 하천이나 호수에 유입되어 부영양화를 일으키며 비점오염원의 주요 원인이 되고 있다. 비점오염원은 주로 강우시 유역으로부터 유입이 되며 농촌유역에서 강우시와 비강우시의 유출량 및 오염물질 부하량은 전체 유량 및 부하량의 80~90%가 강우시 하천으로 흘러들어 호소에 유입된다고 하였다. 논에서의 영양물질의 유출은 비의 양분 수급을 결정하고 주변 수계의 영향을 미치므로 하천의 수질관리 이전에 논에서의 영양물질의 유출을 규명하여 정량적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 양수장을 통해 취수된 용수를 사용하고 있는 전북 순창군 적성면에 위치한 경지정리지구 논 일부 구획을 연구 대상으로 관개량과 구획논의 유출량을 측정하였으며, 양수장에서 농경지에 공급되는 관개수와 경지에서 배수로를 통해 하천으로 유입되는 논배수로의 유출수의 영양물질 농도를 조사하여 논에서의 유출분석을 통한 오염부하의 예측 및 평가에 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

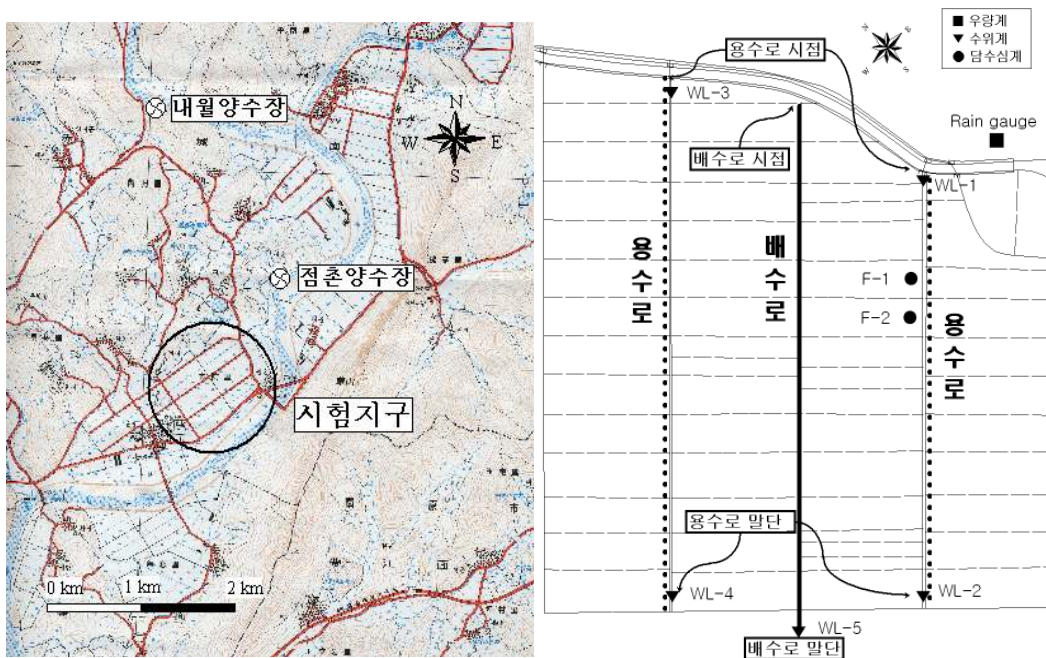
2.1 대상지구

본 연구의 대상지구는 전라북도 순창군 적성면 고원리 일대의 순수한 농업지대로 100% 벼농사가 이루어지고 있는 섬진강 본류에 위치한 점촌 및 내월 양수장을 수원공으로 하는 경지정리지구

이루어진 적성지구 논 구획지구를 선정하였다. <그림 1>은 본 시험지구의 위치도 및 용·배수 계통도를 나타내고 있으며, 전체 관개 물리구역 중 시험지구 면적은 8.06 ha이며 단위구획(1필지)은 1개의 면적은 0.3 ha(30 m × 100 m)이다. 시험지구내의 논 구획은 용·배수가 분리되어 있는 경지 정리지구로서 용수로는 콘크리트 후륜수로로 되어있고, 배수로로는 흙수로로 구성되어 있다. 시험지구의 용수원은 조사구획 논으로부터 섬진강 본류에 위치한 점촌양수장과 내월양수장에서 용수로를 통해 농경지에 관개하며 경지에서 사용된 후 배수로를 통하여 다시 섬진강으로 유입되고 있다. 양수장 제원을 보면 양수용량은 각각 0.3636 m³/s 및 0.3490 m³/s이고, 전체 관개면적은 221 ha 및 148 ha, 펌프의 구경은 450 mm이며, 전동기의 마력은 100 hp으로 총 2대가 가동되고 있다.

2.2 수문 측정 및 수질 분석

조사기간은 2004년 6월부터 2005년 8월까지 용수로 및 배수로에 수위계를 설치하여 수위를 측정하고 유량을 계산하였다. 관개량 및 배수량은 용수로는 4개 지점과 배수로 1개 지점에 압력식 수위계(Valeport 740, UK)를 설치하고 10분 간격으로 측정하였다. 평균 주 1~2회 조사지구에서 전자식 유속계(BFM002, UK)를 이용하여 유속을 측정하고 수위-유량 관계 곡선식으로부터 유량을 산정하였다. 수위 및 유속 측정 지점은 용수로 시점 2개 지점, 용수로 말단 2개 지점, 배수로 말단 1개 지점에서 측정하였다. 강우량 자료는 시험지구의 인근 마을회관 옥상에 우량계(CASELLA, UK)를 설치하여 현장에서 직접 측정하였으며 검증을 위하여 인근 남원관측소의 강우량 자료와 비교 검토하였다. 또한, 2004년 8월부터 2005년 8월까지 시험지구의 관개수와 논에서 배출되는 유출수를 대상으로 매월 1~2회씩 수질시료를 채취하여 분석하였다. 수질시료는 2L를 폴리에틸렌용기에 채수하여 Ice box에 보관하면서 분석시료로 사용하였으며, 시료보관 및 분석방법은 환경처의 수질오염공정시험법(환경처, 1993)에 기준하였다. 조사항목 및 분석항목은 현장 수질측정 항목인 수온, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 전기전도도(EC)는 현장에서 직접 측정하였으며, 이화학적 수질항목인 COD, T-N, T-P는 수질오염공정시험방법(환경처, 1993)에 기준하여 분석하였다.



<그림 1> 시험지구 위치 및 용·배수 계통도

III. 결과 및 고찰

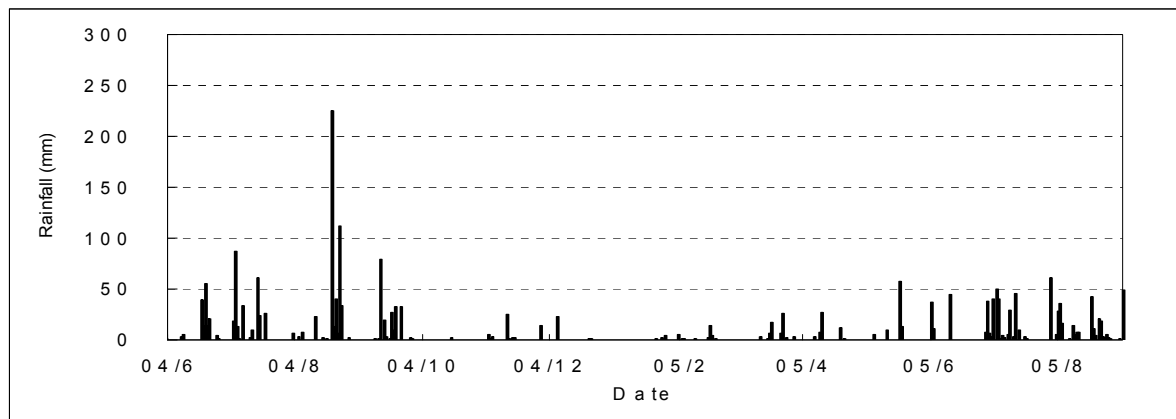
3.1 강우량

조사기간 중 강우량 자료는 시험지구에 우량계(CASELLA, UK)를 설치하여 현장에서 직접 측정하였으며, 실측된 강우 자료의 검증에 위해 시험지구에 인접한 남원 기상관측소의 자료를 수집하여 비교 하였다. 2004년 6월부터 12월까지 현장에서 직접 측정된 강우량은 1,206.5 mm로 우리나라 년평균 강우량인 1264.0 mm와 비교하면 비교적 많은 양을 나타내었다. 벼 재배 기간인 6월 1일~9월 30일까지의 강우량은 1,123.2 mm를 나타내었다. 최대 일 강우량은 2004년 8월 18일에 225.0 mm를 기록하였다. 한편, 2005년 1월부터 8월까지 시험지구에서 측정된 강우량은 922.0 mm를 나타내었으며, 최대 일 강우량은 7월 28일의 61.0mm를 나타내었다. 2004년과 2005년의 월별 강우량은 비슷한 양의 강우량을 나타내었으나 2004년 8월에는 2005년에 비해 태풍 메미의 영향으로 많은 비가 내려 약 2배 정도 많은 강우량을 나타내었다. <그림 2>는 시험지구의 2004년 6월부터 2005년 8월까지의 일별 강우량을 나타낸 것이다.

<표 1> 시험지구 및 남원관측소 강우량

(단위 : mm)

구분	월 년도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계
		시험지구	2004	-	-	-	-	-	156.2	283.6	471.0	212.4	3.0	54.8
	2005	14.0	26.2	65.8	52.4	86.2	148.0	301.8	227.6	-	-	-	-	922.0
남원 관측소	2004	-	-	-	-	-	194.5	304.5	441.0	197.0	3.5	67.0	25.5	1233.0
	2005	14.0	26.2	69.5	75.0	73.0	132.5	297.5	251.0	-	-	-	-	938.7



<그림 2> 시험지구 일별 강우량 (2004. 6~2005. 8)

3.2 관개량 및 유출량

조사기간인 2004년 6월 1일부터 2005년 8월31일까지의 시험구역인 적성지구에서 월별 강우량, 관개량 및 유출량을 산정한 결과는 <표 2>와 같다. 시험지구에서 조사기간인 2004년 6월부터 9월까지의 관개량 및 유출량은 1014.5 mm와 968.8 mm였으며, 일평균 관개량과 유출량은 각각 8.3 mm, 7.9 mm를 나타내었다. 2005년 5월부터 8월까지의 관개량 및 유출량은 655.6 mm와 687.7

mm이며, 일평균 관개량 및 유출량은 각각 5.3 mm, 5.6 mm를 나타내었다.

<표 2> 시험지구 월별 강우량, 관개량 및 유출량(2004. 6~2005. 8)

년	월	강우량 (mm)	관개량 (mm)	유출량 (mm)
2004	6	156.2	305.9	16.2
	7	283.6	200.6	158.8
	8	471.0	409.1	594.5
	9	212.4	99.0	199.3
	10	3.0	-	-
	11	54.8	-	-
	12	25.5	-	-
	소계	1206.5	1014.5	968.8
2005	1	14.0	-	-
	2	26.2	-	-
	3	65.8	-	-
	4	52.4	-	-
	5	86.2	194.7	56.4
	6	148.0	156.5	71.6
	7	301.8	172.2	195.7
	8	227.6	132.2	364.1
	소계	922.0	655.6	687.7

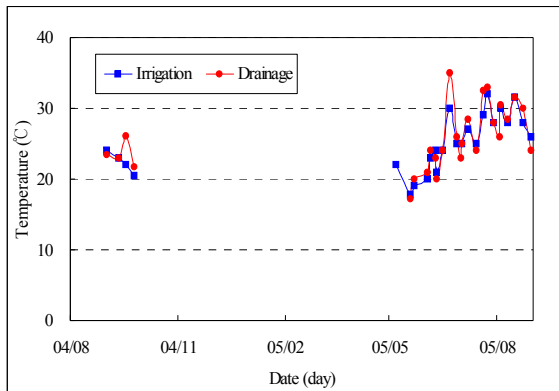
3.3 수질농도특성

가. 수온

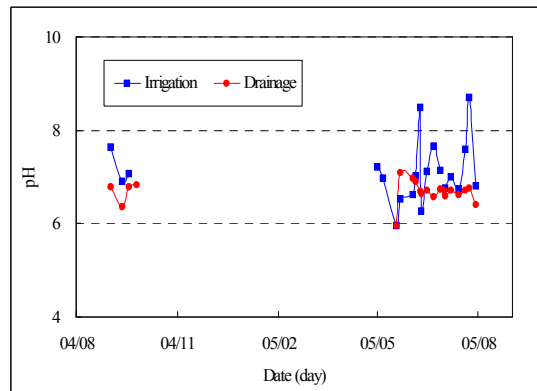
수온은 수질 변화에 영향을 미치는 중요 요소 중 하나이다. 조사기간 동안 수온의 변화를 보면 관개수는 17.8~32.5°C의 범위로 평균은 24.9°C를 나타내었으며, 유출수는 17.2~35.0°C의 범위로 평균은 25.6°C를 나타내었다. 관개수와 유출수의 수온의 변화는 대기의 온도의 변화와 유사한 경향을 보였으며 관개수에 비해 유출수의 수온이 전반적으로 약간 높게 나타났다.

나. 수소이온농도

수중 수소이온농도(pH)는 물의 산성 또는 알칼리성을 나타내는 지표로서 오염에 의한 수질 변화를 예측할 수 있는 하나의 방법이다. 관개수는 5.95~8.70의 범위로 평균 7.11을 나타내었으며, 유출수는 5.96~7.10의 범위로 평균 6.68을 나타내었다. 전반적으로 관개수가 유출수에 비해 높게 나타났다.



<그림 3> 관개수와 유출수의 온도변화



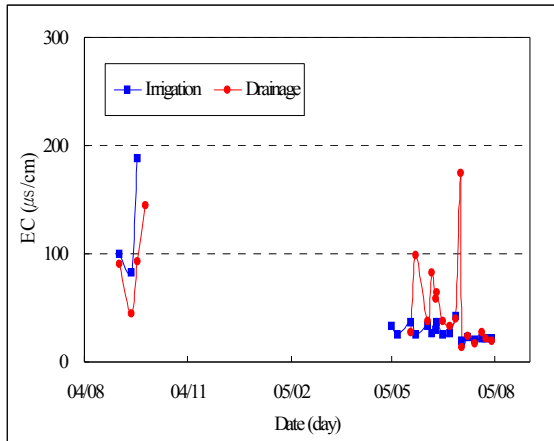
<그림 4> 관개수와 유출수의 pH 변화

다. 전기전도도

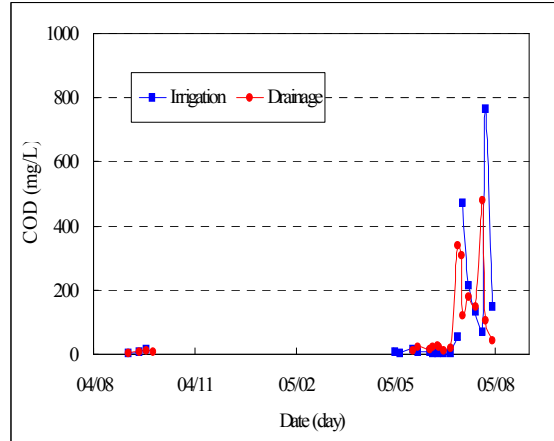
전기전도도(EC)는 물속 전도성분으로 염류를 나타내는 지표이며 삼투압으로 인해 작물의 수분흡수에 큰 영향을 미치는 요소이다. EC의 변화를 조사한 결과 관개수는 20~188 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었으며, 유출수의 경우에는 14~175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 평균 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었다. 조사기간 동안 관개수가 유출수에 비해 전체적으로 높은 값을 나타내었다. 2004년 9월의 관개수와 유출수, 2005년 7월의 유출수의 값이 188 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 144 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 및 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었으며 전체적으로 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하의 값을 나타내었다.

라. 화학적산소요구량

화학적산소요구량(COD)은 수중의 피산화물질을 일정한 산화조건에서 반응시켜 그에 요구되는 산화제의 양을 산소로 환산하여 나타낸 소비산소의 농도를 나타내며 COD가 큰 관개수는 토양환원을 촉진하고 환원에 의한 벼의 생육을 저해하는 원인이 되기도 한다. 관개수는 조사기간 동안 3.2~764.0 mg/L의 범위로 평균 97.9 mg/L를, 유출수는 4.7~480.0 mg/L의 범위로 평균 95.4 mg/L를 나타내었다. 2004년 8월부터 2005년 5월까지의 비슷한 값을 보이다가 2005년 6월 이후에 관개수와 유출수의 COD값이 증가하여 7월에 가장 높은 값을 나타내었다.



<그림 5> 관개수와 유출수의 EC 변화



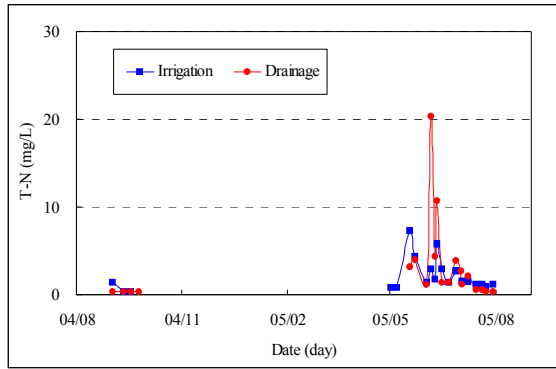
<그림 6> 관개수와 유출수의 COD 변화

마. 총질소

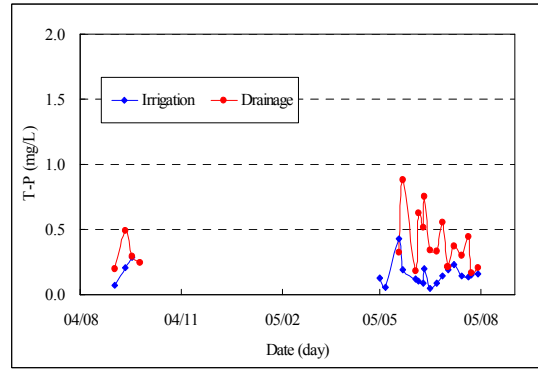
시험지구에 공급되는 관개수의 조사기간 동안 총질소(T-N)의 함량변화는 0.35~7.26 mg/L의 범위로 평균 2.09 mg/L를, 유출수의 함량변화는 0.30~20.31 mg/L의 범위로 평균 2.99 mg/L를 나타내었다. <그림 7>에서 보는바와 같이 2005년 5월 이후에 관개수와 유출수 모두 질소의 함량이 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 이는 영농에 필요한 비료의 공급이 이루어지는 시기로 관개수에 포함된 질소는 그 형태에 따라 벼의 생육에 미치는 영향이 다르지만 질소가 과잉공급되면 질소과잉장애가 발생하여 벼의 생장에 피해를 주게 된다. 시기별로 영농기간인 5월~7월에 T-N의 함량이 다른 시기에 비해 높게 나타났다.

바. 총인

물의 부영화를 일으키는 총인(T-P)의 함량변화를 조사한 결과 관개수는 0.0486~0.4308 mg/L의 범위로 분포하고 있으며 평균 0.1583 mg/L를 나타내었으며, 유출수는 0.1653~0.8847 mg/L의 범위로 평균 0.3829 mg/L를 나타내었다. 조사기간 관개수에 비해 유출수의 농도가 전체적으로 높게 나타내었고 평균농도는 2.4배 정도 높게 나타내었다. 시기별로는 2005년 5월 이후에 농도가 증가하였으며 5월과 6월에 가장 높은 값을 나타내었다.



<그림 7> 관개수와 유출수의 T-N 변화



<그림 8> 관개수와 유출수의 T-P 변화

사. 부유물질

수중에서 물의 탁도를 흐리게 하며 산소의 원활한 공급에 장애를 주어 수중 생물들의 정상적인 생육을 저해하는 부유물질(SS)의 함량을 조사한 결과 관개수는 3.2~850.0 mg/L의 범위로 평균 227.4 mg/L를 나타내었고, 유출수의 함량은 5.0~1,460.0 mg/L의 범위로 평균 232.0 mg/L를 나타내었다. 조사기간 중 1,000 mg/L 이하의 값을 보여주고 있으며, 2005년 6월은 강우시에 농경에서 토사와 유기체의 유출로 인해 일시적으로 높은 값을 나타내었다.

IV. 결론

본 연구는 섬진강 유역 내월양수장과 점촌양수장을 수원공으로 하는 적성지구 논지대에서 2004년 6월~2005년 8월까지 수문 및 수질 모니터링을 실시하였다. 또한, 구획논의 필지에 공급되는 관개수와 논에서 배출되는 유출수의 영양물질 농도를 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 2004년 6월부터 2005년 8월까지의 강우량은 2004년과 2005년에 각각 1, 206.5 mm와 922.0 mm를 나타내었다. 관개기간인 6월에서 9월까지의 강우량은 2004년과 2005년에 각각 1123.2 mm(6월~9월)와 677.4 mm(6월~8월)를 나타내었다. 시험지구 논 구획에서 관개량과 유출량을 보면 2004년(6월~9월)의 경우에는 각각 1014.5 mm(8.3 mm/day)와 968.8 mm(7.9 mm/day)였으며, 2005년(6월~8월)에는 655.6 mm(5.3 mm/day)와 687.7 mm(5.6 mm/day)를 나타내었다.

2. 논구획 지구에 공급되는 관개수의 영양물질의 농도 특성을 살펴보면 수온은 17.8~32.5℃, 평균 24.9℃를, pH의 변화는 5.95~8.70의 범위이며 평균 7.11를 나타내었고, EC는 20~188 μS/cm로 평균 42 μS/cm를 나타내었다. COD의 변화는 3.2~764.0 mg/L로 평균 97.9 mg/L를 나타내었고, T-N의 함량은 0.35~7.26 mg/L의 범위로 변화하며 평균 2.09 mg/L를, T-P는 0.0486~0.4308 mg/L의 범위로 평균 0.1583 mg/L를 나타내었다. T-N과 T-P의 시기별 변화는 영농에 필요한 비료의 시비가 많이 이루어지는 5월~7월에 다른 시기에 비해 함량이 높게 나타났다.

3. 조사기간 동안 논구획 지구에서 배출되는 유출수의 수온 변화는 17.2~35.0℃의 범위로 평균은 25.6℃이고, pH의 변화는 5.96~7.10의 범위로 평균 6.68을, EC는 14~17 5μS/cm의 범위이고 평균 58 μS/cm를 나타내었다. T-N의 함량변화는 0.30~20.31 mg/L의 범위로 평균 2.99 mg/L, T-P의 함량은 0.1653~0.8847 mg/L의 범위로 평균 0.3829 mg/L를 나타내었다.