

단위논에서의 질소, 인 및 COD의 수질 특성

Characteristics of Concentration of Nitrogen, Phosphorous and COD in a Paddy Field

이종진* · 김진수 · 오승영(충북대)

Lee, Jong Jin · Kim, Jin Soo · Oh, Sung young

Abstract

The effect of fertilizer application on ponded and percolation water in paddies were evaluated at the field plots of the Chungbuk National University for irrigation period. The chemical fertilizers were applied to the study plots at an average application rate of 77, 110, 165kgN/ha, respectively. The concentration of T-N, T-P and COD in ponded water was high after fertilizing but greatly decreased with time. The concentration of ponded water greatly depends on the amount and timing of fertilizer applied. Therefore, the decrease in the amount of fertilizer and proper water management may be needed to reduce the runoff loading

I. 서론

논에서의 비료성분의 유출문제는 비점원 오염원의 중요한 과제로 인식되어 왔지만 최근까지도 이에 대한 명확한 실태가 잘 파악되어 있지 않다. 논에서의 오염부하 유출특성은 단위논(필지) 수준과 수십개의 필지로 이루어진 광역논 수준에서 파악할 수 있다. 일본에서는 다부찌(田淵)¹⁾에 의하여 단위논에서의 질소와 인의 유출입에 관한 연구가 진전되었으나 현재 우리나라에서는 단위논에서의 질소나 인의 유출 특성에 대한 자료는 매우 미흡한 실정에 있다. 이에 본 연구에서는 시비조건의 차이에 따른 단위논에서의 질소, 인 및 COD의 수질특성을 규명하고자 한다.

II. 실험포장 및 실험방법

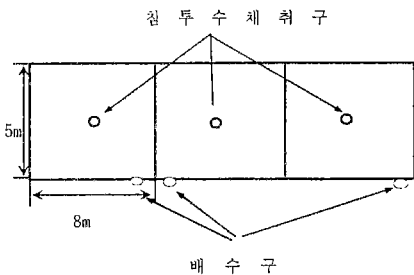


Fig.1. 실험포장의 개요도

1. 실험포장의 개요

본 연구의 실험포장으로서 충북대학교 농과대학 부속농장의 논을 선택하고 Fig.1과 같은 $5 \times 8 m (40 m^2)$ 의 3구획을 만들었다. 이 곳의 용수는 부속농장 근처의 소류지에서 양수기로 공급되었으며, 배수된 물은 다시 소류지로 흘러 들어가고 있다. 각 구획의 가운데 $1.5 m$ 깊이로 파이프를 박아 침투수를 채취하였다. 공급된 용수는 시의 월류를 제외하고 가능한 한 지표유출을 억제시키

고 지하침투에 의해 배수시켰다.

Table 1. 각시험구의 시비량

실험포장	질소(kg/ha)				인(kg/ha)
	기비	분얼비	수비	계	기비
과소시비구	38.9	23.0	15.0	77.0	13.7
표준시비구	55.1	33.4	21.9	110.0	19.5
과다시비구	82.7	50.6	33.4	165.0	29.3

2. 시비조건

실험은 ①과소시비구, ②표준시비구, ③과다시비구의 3개의 구획에서 이루어졌다. 시비조건으로는 과소시비구는 추천시비량(110Nkg/ha)의 70%, 표준시비구는 추천시비량을 시비하였고, 과다시비구는 추천시비량의 150%를 시비했다(Table 1).

벼품종은 중생종인 대진벼로서 6월2일에 모내기를 실시하였고, 시비조건에 따라 6월3일 기비로서 복합비료(21-17-17)를 시비했고, 6월19일에 분얼비로서 요소비료를 시비했으며, 8월3일에는 수비로서 요소비료를 시비하였다. 모내기 전에 짧게 잘린 벳짚이 논에 투입 되었고 농약 살포는 관행적인 방법에 따라 이루어졌다.

3. 침투량 및 수질조사

각시험구에는 침투량계를 설치하여 1999년 6월 초순부터 1~2일 간격으로 침투량을 측정하였다. 수질측정은 1999년 5월 25일부터 6월15일까지의 시비기에는 5일 간격으로 그 외의 기간에는 평균 10일 간격으로 실시하였다. 수질항목은 총질소(T-N)와 총인(T-P) 및 COD로서 총질소와 총인은 흡광광도법²⁾으로 분석하였으며 COD는 Standard Method³⁾에 따라 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 침투량

6월 초순에는 침투량이 7.0mm로 나타났으나 점점 감소하는 경향이 나타났다. 특히 침투량은 일반적으로 강우량과 관련이 있어서 강우량이 많은 시기에는 적게 나타났다. 침투량의 평균값은 3.8mm/d이며 최소값은 8월초에 2.4mm/d로 나타났다.

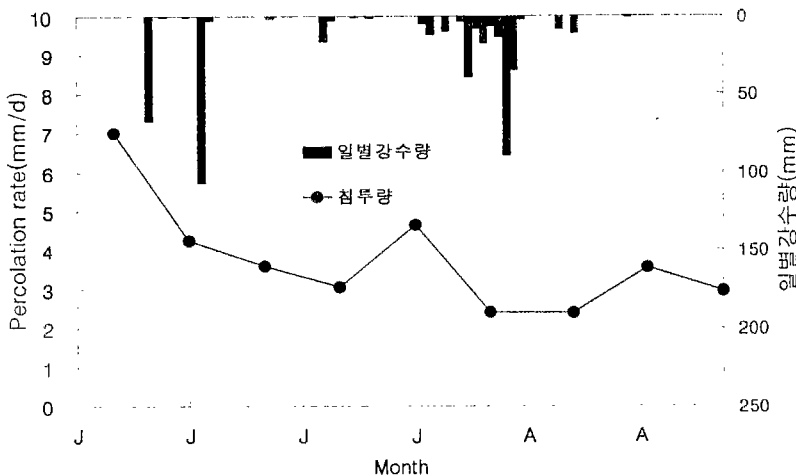


Fig.2. 실험포장의 침투량 및 일별강수량

Table 2. 구획별 T-N, T-P 및 COD농도

구분	표본 개수	T-N(mg/ℓ)					T-P(mg/ℓ)					COD(mg/ℓ)					
		Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	Mean \bar{x}	Max	Min	표준편차 σ	변동계수 $\sigma/\bar{x}(\%)$	
과소시비구	논표 면수	10	2.8	6.8	0.6	2.4	86	0.4	1.6	0.03	0.51	130	30.6	72.8	10.5	18	59
	침투 수	10	1.7	5.9	0.3	1.6	92	0.02	0.04	0.003	0.01	67	7.1	8.8	5.0	1.4	19
표준시비구	논표 면수	11	3.9	12.2	0.8	3.8	99	0.47	1.86	0.03	0.66	141	30.6	75.7	11.1	19.6	64
	침투 수	11	1.8	3.7	1.1	0.7	36	0.02	0.04	0.004	0.01	57	8.7	11.3	5.5	1.8	20
과다시비구	논표 면수	11	4.5	15.8	0.7	4.8	109	0.61	3.04	0.03	0.97	159	34.3	67.9	17.8	16.7	49
용수		9	3.7	5.5	2.2	1.1	30	0.1	0.25	0.04	0.07	65	28.1	43	18.8	7.6	27

2. 표면수의 농도

과소시비구, 표준시비구, 과다시비구에서 T-N의 평균농도는 각각 2.8, 3.9, 4.5 mg/l로 나타났고 T-P의 평균 농도는 0.4, 0.47, 0.61 mg/l로 나타났으며 COD의 평균 농도는 각각 30.6, 30.6, 34.3 mg/l로 나타났다(Fig.3). 이와 같이 표면수의 농도는 전 수질항목에서 과다시비구>표준시비구>과소시비구의 순으로 나타났으며 용수농도보다 높게 나타났다.

T-N의 농도는 기비(6월초), 분얼비(6월말) 수비(8월초)의 직후에 높게 나타났는데 시간의 경과와 함께 저하하는 것으로 나타났다. T-P의 농도는 기비를 뿌린 직후인 6월초에 농도가 높게 나타나지만 이후에는 용수농도보다 작게 나타났다. COD의 농도도 6월초순에는 높으나, 그 후 점점 떨어져서 용수농도 보다도 떨어지는 경향이 나타났다. 6월초순경에는 논표면수의 농도가 높아 배출부하량을 저감하기 위해서는 무효방류와 같은 지표배출을 억제시킬 필요가 있을 것으로 사료된다.

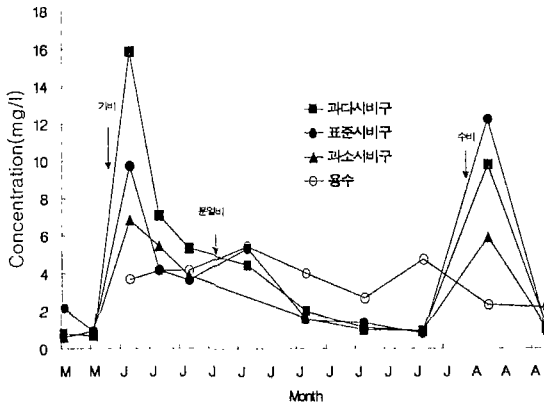
3. 침투수의 농도

과소시비구와 표준시비구에서 T-N의 평균농도는 각각 1.7, 1.8 mg/l 로 T-P의 평균농도는 각각 0.02, 0.02 mg/l , COD의 평균농도는 각각 7.1, 8.7 mg/l 로 나타났다(Fig.4). 침투수의 농도도 논표면수와 마찬가지로 표준시비구가 과소시비구보다 높게 나타났다.

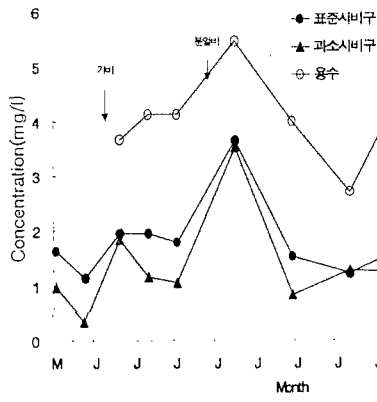
침투수의 T-N, T-P 및 COD의 농도는 논표면수와 달리 거의 일정하게 나타났으며 전반적으로 용수농도보다 낮게 나타났다. 특히 침투수의 T-P농도는 0.02 mg/l로서 T-N농도의 1/100, 용수의 T-P농도의 1/5정도로 매우 낮게 나타났다.

4. 용수

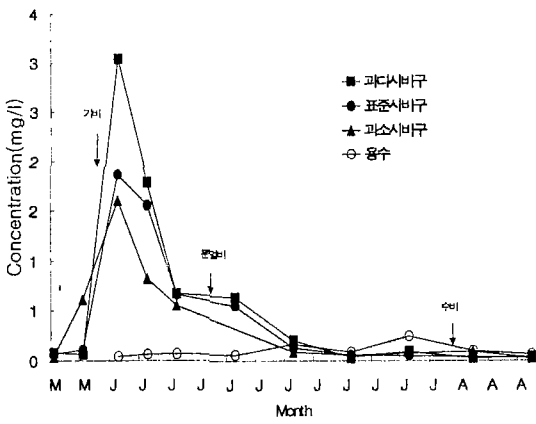
용수의 T-N, T-P 및 COD의 평균 농도는 각각 3.7, 0.1, 28.1 mg/l 로 나타났다. 변동계수는 T-N과 T-P에서는 논표면수나 침투수보다 낮게 나타났으나 COD에서는 논표면수보다 낮았으나 침투수보다는 높게 나타났다.



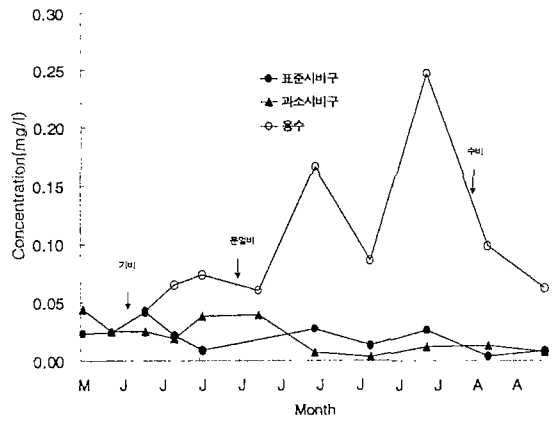
(a) T-N



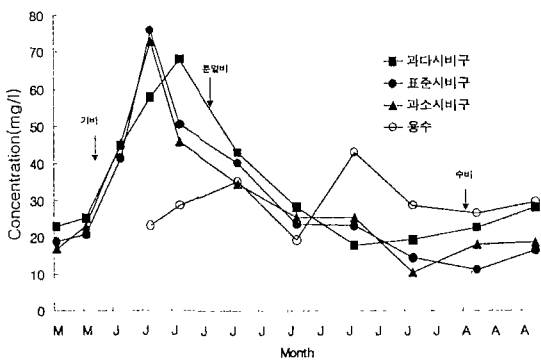
(a) T-N



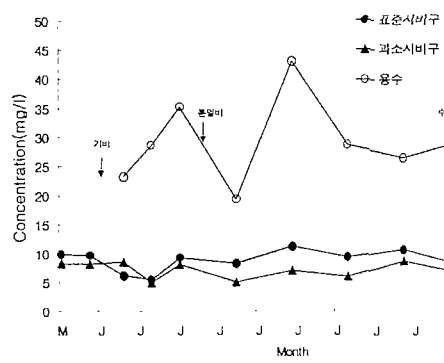
(b) T-P



(b) T-P



(c) COD



(c) COD

Fig.3. 시험구별 논표면수 농도변화

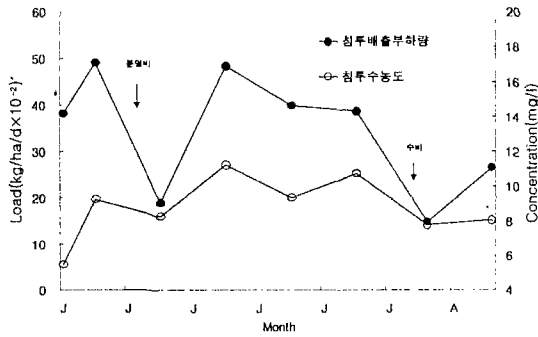
Fig.4. 시험구별 침투수의 농도변화

5. 침투배출 부하량의 추정

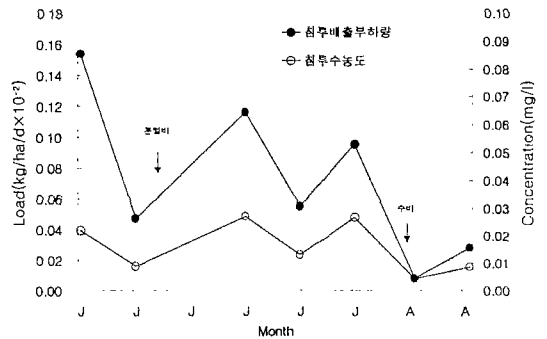
침투배출부하량은 [침투수의 농도]×[침투량]에 의하여 산정된다. 표준시비구의 T-N의 침투배출부하량의 평균값은 $7.3 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 이며 최대값은 $13.7 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로서 관개초기인 6월 상순에 나타났는데 이것은 높은 침투량때문으로 사료된다. 또한 최소값은 $3.7 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로서 7월하순에 나타났다. T-P는 평균값은 $0.07 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$, 최대값은 6월초순에 $0.15 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$, 최소값은 7월하순에 $0.01 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로 나타났다. COD의 평균값은 $34.3 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로 나타났고, 최대값은 6월중순에 $49.1 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$, 최소값은 7월하순에 $14.9 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로 나타났다. 관개기간이 100일이라고 한다면 관개기간 동안의 표준시비구의 침투배출부하량은 T-N의 경우 약 7.3kg/ha T-P의 경우 0.07kg/ha정도 될 것으로 추정된다.

Table 3 표준시비구의 배출부하량 (단위 : kg/ha/d×10⁻²)

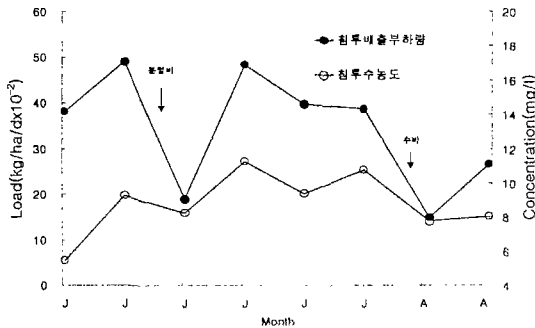
구분	T-N	T-P	COD
Mean \bar{x}	7.3	0.07	34.3
Max	13.7	0.15	49.1
Min	3.7	0.01	14.9
표준편차 σ	3.2	0.05	12.8
변동계수 σ/\bar{x} (%)	43.6	71.9	37.4



(a) T-N



(b) T-P



(c) COD

Fig.5. 표준시비구의 침투배출부하량 및 수질농도

IV. 결론

본 연구는 시비량이 다른 3개의 시험구의 논을 대상으로 관개기 동안의 T-N, T-P 및 COD의 수질특성에 대하여 고찰하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 논표면수의 농도는 전 수질항목에서 과다시비구>표준시비구>과소시비구의 순으로 나타났고, 침투수의 농도도 표준시비구가 과소시비구보다 높게 나타났다.
- 2) 각 시험구에서의 논 표면수의 농도는 시비 직후에 높게 나타났으나 시간의 경과와 함께 강하하여 용수농도보다 낮게되나 침투수의 농도는 거의 일정하게 나타났다.
- 3) 표준시비구에서의 침투배출부하량은 T-N이 $7.3 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로 T-P가 $0.07 \times 10^{-2} \text{kg/ha/d}$ 로서 T-P은 T-N에 비하여 1/100정도로 낮게 나타났다.

이상의 결과로부터 논에서의 수질은 시비량과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있고 시비량의 절감 및 시비직후의 무효방류의 억제와 같은 물관리에 의해 배출부하량을 감소시킬 필요성이 있으리라고 생각된다.

V. 참고문헌

1. 田淵 俊雄·高村 義親·久保田治夫·鈴木 誠治, 1979, 水田における窒素, リン濃度とその出入, 農業土木學會誌 第47卷 第 11号, pp23~28
2. 환경부, 1997, 수질오염공정시험방법, pp.199-204, pp.208-209
3. American Public Health Association, 1995, Standard Methods for the Water and Wastewater Examination, 19th ed., Washington, D. C.