

## 농업용수 수질기준 T-N 항목 설정을 위한 벼생육 실험

최선화 · 김호일 · 윤경섭 · 최이송\* · 오종민\*\*

농업기반공사 농어촌연구원

\*경희대학교 환경응용화학부

## Experiments of Rice Cultivation for Establishment of Total Nitrogen(T-N) Item of Agricultural Water Standards

Sun-Hwa Choi · Ho-il Kim · Kyung-Seup Yoon · I-Song Choi\* · Jong-Min Oh\*\*

Rural Research Institute of KARICO, Sadong, Ansan 425-170, Korea

\*College of Environment & Applied Chemistry, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea

(Received 26 March 2004, Accepted 6 May 2004)

**Abstract :** The present water quality standards for agricultural were established without considering the effects of water quality on the safety, growth, yield and quality of crops. This study was carried out to investigate the effects of irrigation water quality on the growth, yield, and grain quality of rice, and to acquire basic knowledges to set up water quality standards for irrigation. The field and pot experiments were conducted with irrigation water that was previously adjusted four concentrations (control, 5, 10, 20 mg/L) and six concentrations (control, 5, 10, 15, 20, 30 mg/L) by  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  solution and replicated three and four times with randomized block design, respectively. The results of this study showed that the inorganic nutrient of rice plant, rice protein contents and number of panicle tended to increase as the T-N concentration in irrigation water was increased. In addition, grain yield at T-N 10 mg/L and 20mg/L were significantly higher than the control at the field experiment. From the pot experiment at T-N 30 mg/L, the percentage of head rice was slightly lower due to the increase of green kernel and white belly/core kernel.

**keywords :** Agricultural water, Water quality standards, Total nitrogen, Rice culture, Grain yield, Rice grain quality

### 1. 서 론

최근 사회적으로 안전한 농산물에 대한 욕구가 증대되고 있으며, 또한 국제적으로도 농산물에 대한 허용기준이 강화되고 있는 추세로 농산물 생산환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 물은 농업의 가장 중요한 필수 생산요소이나 최근 농어촌의 사회·생활환경 변화 등으로 환경용량 이상의 오염물질이 배출되고 있어 수질오염이 심화되어 가고 있다(Choi et al., 2004; Choi, 2003). 농업용수 수질오염은 농어촌지역 생활환경의 질적 저하를 가져 올 뿐만 아니라 직접적으로 토양성질의 악화, 농업시설물의 훼손 및 농작물의 피해와 우리가 직접 먹는 농산물의 안전성 등에 크게 영향을 미칠 수 있다(Jung et al., 2000; Jung et al., 1997; Yun, 1990). 따라서 농업용수의 수질오염과 오염된 물의 관개용수로 사용여부의 적합성에 대한 국민들의 관심과 논란이 계속되고 있는 실정이다. 그러나 현재 우리나라에는 이수목적의 관개용수 수질기준이 정립되어 있지 않은 관계로 어느 정도의 수질을 관개용수로 이용 가능한가에 대한 객관적 판단기준이 없다.

현행 환경정책기본법의 공공수역(호소, 하천)별 수질환경기준의 IV등급에 분류되어 있는 농업용수 수질기준은 정부가 공공수역을 관리하기 위한 행정적 목표수질기준으로서 지침적 성격을 띠고 있다(Yoon et al., 2001; Kim et al., 2002). 이 수질기준은 다소 엄격하게 규정되어 있어 실제 이수목적의 농업용수 수질기준으로 사용하기에는 다소 무리가 있으며, 필요이상으로 엄격한 수질기준은 수자원 이용 및 관리에 비효율성을 초래할 수 있다.

외국에서는 이미 각 국의 기후 및 자연적 특성, 농업환경 특성을 고려한 이수목적의 농업용수 수질기준을 설정하여 운영하고 있다(Yoon et al., 2001; Kim et al., 2002). T-N 항목을 예로 보면 일본에서는 T-N 1.0 mg/L 이하로, 중국에서는 벼에 대하여 TKN 12 mg/L 이하, 발작물과 채소류에 대해서는 30 mg/L 이하로 규정하고 있으며, 태국에서는  $\text{NH}_3\text{-N}$ 을 0.5 mg/L 이하, 말레이시아에서는 2.7 mg/L 이하로, 미국에서는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 을 3등급(5 mg/L 이하: 피해없음, 5~30 mg/L: 가벼운 피해정도, 30 mg/L 이상: 심한 피해발생)으로 분류하여 설정·운영하고 있다(Choi, 2003, Kim et al., 2002).

농업용수 수질기준을 설정하기 위해서는 장기간동안의 작물 생육실험을 거쳐 작물에 대한 NOAEL(No Observable Adverse Effect Level)이나 LOAEL(Lowest Observable Adverse Effect Level)을 도출하고, 여기에 불확실성에 대한

\* To whom correspondence should be addressed.

jmh@khu.ac.kr

안전계수를 적용하여 산출하여야 한다(CCME, 1999). 우리나라에서는 1970년대 후반부터 농촌진흥청을 중심으로 수질오염 정도에 따른 작물피해 영향 등에 관한 연구가 시작되었으나, 유해물질인 중금속을 대상으로 한 연구가 대부분이었다. 그 후 1980년대 후반부터 관개용수의 유기물질과 질소, 인을 대상으로 한 연구가 다수 이루어졌고, 1997년 이후에는 현행 농업용수 수질기준에 대한 검토와 이수목적의 농업용수 수질기준을 제정하기 위한 연구가 시작되었다(Choi, 2003; Yoon et al., 1999). 그러나 대부분의 연구가 기준에 보고된 문헌 검토와 포트실험 수준에 그쳤으며, 포장에서의 작물 생육실험을 통한 연구는 아주 미미한 상태이다. 따라서 본 연구는 작물 생육실험을 바탕으로 관개용수 수질기준 설정에 필요한 과학적인 기초자료를 확보하고자 수행되었다. 본 논문에서는 T-N 항목에 대한 관개용수의 LOAEL를 도출하고자 벼를 대상으로 T-N농도에 따른 식물체 무기성분, 수확량, 미질 등에 미치는 영향을 조사·분석하였다.

## 2. 연구재료 및 방법

### 2.1. 시험포장 및 실험 설계

시험포장은 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장(경기도 수원시 권선구 서둔동 소재)에 조성하였다(Fig. 1). 시험구는 총질소농도 5, 10, 20mg/L의 3처리구와 대조구를 두었으며, 각 시험구당 3반복으로 하여 총 12개의 시험구를 난괴법에 의해 배치하였다. 1개 시험구의 면적은 16.1m<sup>2</sup>(너비 7.5m × 폭 2.15m)로 시험구의 구획은 견고한 선라이트(높이 30cm, 직경 0.8~1mm)를 땅속 약 20cm 정도로 깊게 매설하여 물의 이동을 차단하였다. 관개수의 농도를 조

절하기 위한 혼화조는 자연유하식 관개가 가능하도록 담면보다 1.5m 정도 높은 둔덕에 설치하였고, 대조구는 지하수를 이용하여 관개하였으며, 시험구에는 모두 유량계를 설치하였다.

### 2.2. 포트실험 설계

포트실험은 시험포장 내 플라스틱하우스에서 실시하였다. 실험에 사용된 포트는 와그너 포트(1/5000a)이고, 포트 내용적밀도(bulk density)는 실험 전에 1.35 Mg/m<sup>3</sup>로 맞추어 준비하였다. 포트실험에 사용된 토양은 시험포장과 동일한 석천통 토양으로 미농무성(USDA) 분류법 기준으로 토성은 양토(Loam)였고, 기타 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

포트실험 설계는 관개수 중의 총질소 농도를 각각 5, 10, 15, 20, 30 mg/L의 5수준으로 하였고, 대조구와 처리수준에 따른 반복은 각각 4반복으로 하여 총 24개의 포트를 조성하였다.

### 2.3. 재배 관리

실험에 이용된 공시품종은 화성벼(중생종, Japonica)로, 2003년 4월 21일 파종하여 2003년 5월 20일에 이앙하였다. 포장실험은 재식밀도를 30cm×15cm로 하여 1주 3본식으로 손이앙을 하였고, 포트실험도 포장과 동일한 1주 3본식으로 포트당 1주씩 이앙하였다.

시비량은 토양검정 후 농촌진흥청 시비처방 프로그램을 이용하여 포장에서는 10a(300평)당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 각각 12.9-6.0-7.7 kg씩을, 포트에서는 동일한 양을 포트크기로 환산하여 포트당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O를 각각 0.28-0.6-0.18 g씩 사용하였다. 관개 및 물관리 방법은 농촌진흥청 작물시험장의 표준재배법에 준하였으며, T-N 처리농도별 관개수는 질산암모늄(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)을 이용하여 조제하였다. 벼 재배 기간동안 관개용수량은 포장실험에서는 총 1,200 mm로 이 중 42.6%인 517 mm가 처리수로 공급되었고, 포트실험에서는 포트당 37.8 L(1,890 mm)의 처리수가 공급되었다. 관개수 공급으로 포장실험에서는 5, 10, 20 mg/L의 처리농도에 따라 각각 2.63, 5.27, 10.46 kg/10a, 포트실험에서는 5, 10, 15, 20, 30 mg/L의 처리농도에 따라 189, 378, 567, 756, 1,134 mg/pot의 질소성분이 공급되었다.

원수(지하수)의 수질은 2003년 5월부터 9월까지 총 6회 조사하였고 평균 수질성적은 Table 2와 같으며, T-N의 평균농도는 1.757 mg/L이었다.

Fig. 1. Field experiments for paddy rice cultivation.

### 2.4. 조사 항목 및 분석 방법

Table 1. Physico-chemical properties of paddy soils used in the pot experiment

Soil series	Particle size distribution(%)			pH	O.M (%)	Exch-cations (cmol <sup>(+)</sup> /kg)			CEC (cmol <sup>(+)</sup> /kg)	Ava.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ava.SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
	Clay	Silt	Sand			Ca	Mg	K			
SEOG-CHEON	16.5	47.0	36.5	5.4	2.0	5.22	1.11	0.23	12.7	35.8	158

\*Ava. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ava.SiO<sub>2</sub> : Available SiO<sub>2</sub>, O.M : Organic Matter

**Table 2.** Water quality characteristics of ground water

pH	EC (mS/cm)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Cl- (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Hardness
6.7	0.320	7.4	1.4	1.757	0.038	31.5	0.005	N.D	30.4	127

**Table 3.** Inorganic nutrients content of rice plant at harvest in field experiment

Treatment	N	P	K	Si
Control	13.20±1.23	2.22±0.22	7.83±1.69	99.08±20.4
T-N 5	13.55±0.72	2.05±0.34	7.49±0.94	100.53±5.47
T-N 10	13.31±0.38	2.26±0.16	8.26±1.54	99.60±6.59
T-N 20	12.83±0.86	2.45±0.35	9.77±1.27	99.70±10.3
F-value	N.S	N.S	N.S	N.S
LSD(0.05)	-	-	-	-

(Unit : g/m<sup>2</sup>)

**Table 4.** Inorganic nutrients content of rice plant at harvest in pot experiment

Treatment	N	P	K	Si
Control	953.8±84.9	297.0±26.9	175.1±16.4	1,409.9±135.2
T-N 5	878.2±44.5	304.2±22.8	187.7±5.6	1,141.1±36.1
T-N 10	1,020.3±64.5	245.8±21.6	211.7±8.5	1,095.2±32.5
T-N 15	1,124.7±23.5	264.9±9.2	213.4±4.3	1,045.6±36.7
T-N 20	1,198.9±32.4	283.6±6.4	239.1±10.0	995.0±52.7
T-N 30	1,384.7±101.6	274.6±26.2	231.7±16.6	982.1±81.8
F-value	31.61*	5.62*	14.70*	16.93*
LSD(0.05)	98.28	27.24	18.20	115.73

(Unit : mg/pot)

식물체 무기성분(N, P, K, Si) 조사는 건물중을 칭량한 후에 시료분쇄기를 사용하여 40 mesh 이하로 마쇄한 후에 분석하였다. 질소는 Kjeldahl 자동분석기(Kjeltec 2035, Foss 사)를 사용하였고, 인산, 칼륨, 규소는 진한황산과 분해촉매(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+Se)를 사용하여 습식분해(420°C) 시킨 후 전처리 과정을 거쳐 ICP를 사용하여 정량 분석하였다.

수량 및 수량구성요소(이삭수, 이삭당 영화수, 등숙률, 천립중)에 대한 조사는 10월 17일에 수확을 하여 각 시험구 당 24주를 3반복으로 수확하여 조사하였고, 수량조사가 끝난 벼씨는 도정하여 9분도인 백미로 만든 후 외관상 특징, 단백질함량, 점도, 식미치, 아밀로스함량 등의 분석에 이용하였다.

외관상 특징은 백미 1000립을 완전미, 쉼미, 심복백미, 피해립, 동할미 등으로 구분하여 조사하였다. 미질의 결정요소인 점도, 식미치, 단백질함량, 아밀로스 함량은 근적외선 분광분석법(NIRS : Near Infrared Spectroscopy)을 이용하였으며, 측정기기로는 FOSS社의 NIRs-6500을 사용하였다. 기타 조사방법은 농촌진흥청의 표준조사방법에 준하였다.

**2.5. 데이터 분석방법**

포장실험의 자료분석은 3반복, 포트실험자료는 4반복의 조사자료를 평균한 값이며, 통계처리는 SAS 통계프로그램을 사용하였다. 먼저 ANOVA 분석을 통하여 95% 신뢰수준에서 F-value를 구했으며, 차이가 유의하게 발생한 경우에는 LSD검정을 하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 무기성분 함량**

식물체내 질소, 인, 칼륨, 규소함량을 분석한 결과 포장실험에서는 모든 시험구에서 질소의 함량이 약 80%이상으로 가장 많았고, 포트실험에서는 처리농도가 증가할수록 질소 함량은 감소하는 반면에 규소의 함량은 증가하는 경향을 보였다. T-N 처리농도에 따른 유의적 차이를 분석한 결과, 포장실험에서는 질소, 인, 칼륨, 규소 모두 시험구간 차이가 거의 없었으며, 통계적 유의성도 없었다(Table 3). 포트 실험에서는 질소와 칼륨함량은 T-N 10 이상의 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 높았다. 인 함량은 시험구 간에 불규칙적이었으며, T-N 10 처리구에서 유의하게 적었다. 규소함량은 T-N 처리농도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 특히, T-N 10 이상의 처리구에서 유의하게 낮았다(Table 4). 포장에서는 실험 환경조건상 강우 등 기상조건으로 인하여 관개수가 희석되거나 배출되어 실질적으로 벼에 흡수된 질소의 양이 주입된 양보다 훨씬 적었을 것으로 판단된다.

**3.2. 수량 및 수량구성요소**

수량 및 수량구성요소에 대한 조사결과는 Table 5~6과 같다. 포장실험 결과, T-N의 처리농도에 따른 단위면적당 이삭수는 처리농도가 증가함에 따라 높게 나타났으며, T-N 10,

**Table 5.** Yield and yield component in field experiment

Treatment	No. of panicle (No/m <sup>2</sup> )	No. of Spikelet per panicle	Ripened grain ratio(%)	1000 grain wt.(g)	Yield (g/pot)
Control	370.9±31.2	84.5±8.3	86.9±0.9	26.3±0.7	702.1±4.3
T-N 5	380.2±15.6	84.2±3.1	86.3±0.6	26.4±0.1	713.4±5.4
T-N 10	415.2±9.0	83.7±1.5	82.7±1.8	25.9±0.2	728.3±13.2
T-N 20	457.6±20.6	82.7±6.7	80.1±4.0	25.0±0.5	734.5±10.0
F-value	8.46*	N.S	5.96*	10.27*	8.31*
LSD(0.05)	46.80	-	4.52	0.68	17.56

**Table 6.** Yield and yield component in pot experiment

Treatment	No. of panicle (No/m <sup>2</sup> )	No. of Spikelet per panicle	Ripened grain ratio(%)	1000 grain wt.(g)	Yield (g/pot)
Control	32.9±2.4	66.7±5.6	89.9±1.4	25.0±0.3	50.2±4.7
T-N 5	34.5±2.9	64.7±6.9	85.6±3.5	25.0±0.7	47.9±4.1
T-N 10	35.8±3.6	66.9±9.4	84.8±1.6	24.2±0.5	49.2±5.1
T-N 15	36.8±1.7	65.5±5.2	87.8±1.5	24.9±0.4	52.9±3.0
T-N 20	37.0±1.4	65.2±3.9	88.3±2.1	24.4±0.3	52.5±1.3
T-N 30	37.5±0.6	67.0±8.5	84.0±3.2	24.4±0.5	52.0±6.1
F-value	4.16*	N.S	3.53*	N.S	N.S
LSD(0.05)	2.59	-	3.67	-	-

**Table 7.** Degree of Grain Quality(%) in field experiment

Treatment	Head	Broken	Whit belly	Damaged	Colored	Cracked
Control	94.3±1.0	2.7±0.5	0.5±0.1	0.6±0.1	0.3±0.2	1.5±0.8
T-N 5	93.7±0.4	2.1±0.6	0.7±0.3	0.6±0.1	0.4±0.2	2.6±0.5
T-N 10	93.0±0.8	2.3±0.6	0.9±0.2	0.6±0.1	0.3±0.1	3.0±0.5
T-N 20	92.7±1.2	3.1±1.4	0.8±0.4	0.6±0.0	0.4±0.3	2.5±0.5
F-value	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
LSD(0.05)	-	-	-	-	-	-

**Table 8.** Grain appearance quality and protein quality of rice in pot experiment

Treatment	Degree of Grain Quality(%)					Protein (%)
	Head	Green-kerneled	Cracked	Whit belly	Immature-opaquet	
Control	91.8±0.5	1.5±0.6	2.3±0.5	2.8±0.5	1.8±0.5	6.79±0.07
T-N 5	93.8±1.5	1.0±0.8	2.3±0.5	1.8±1.0	1.3±0.5	6.84±0.07
T-N 10	92.8±1.5	2.0±1.4	1.8±0.5	2.3±0.5	1.3±1.3	6.94±0.10
T-N 15	92.3±1.3	2.0±0.8	2.3±0.5	2.3±0.5	1.3±0.5	7.03±0.07
T-N 20	91.0±2.2	2.8±1.5	2.0±0.0	2.5±0.6	1.8±0.5	7.05±0.06
T-N 30	87.3±1.9	4.5±1.3	2.5±0.6	3.0±0.8	2.8±0.9	7.16±0.06
F-value	10.01*	4.7*	N.S	N.S	3.73*	12.15*
LSD(0.05)	2.15	1.71	-	-	0.91	0.12

T-N 20 처리구에서는 다른 시험구에 비해 유의하게 많았다. 등숙율은 80.1~86.9%로 처리농도가 높을수록 감소하였고 특히, T-N 20 처리구는 대조구에 비해 유의하게 감소하였다. 천립중은 25.0~26.4g으로 T-N 처리농도가 증가할수록 다소 감소하였으며, T-N 20에서 유의하게 감소하였다. 수량에서는 처리농도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, T-N 10과 T-N 20 처리구에서는 대조구에 비해 유의하게 높았다.

포트실험에서는 포트당 이삭수는 처리농도가 증가할수록 증가하는 경향으로 T-N 10 이상의 시험구에서 유의하게

높았다. 등숙율은 모든 처리구에서 대조구에 비해 감소하였으며, 특히, T-N 30 처리구에서 대조구에 비해 유의하게 감소하였다. 이삭당 영화수와 천립중은 처리농도에 따른 일정한 경향성이 없었으며, 시험구 사이에 유의성도 없었다. 수량조사에서는 T-N 20 > 대조구 > T-N 30 > T-N 10 > T-N 5 순으로 처리농도에 따른 일정한 경향성을 보이지 않았다. 이러한 결과는 질소의 농도가 높을수록 이삭수는 많지만 등숙률이 떨어져 결과적으로 양질의 쌀 수량이 감소함을 알 수 있다(Kim et al., 2003; Kwon, 1999; Sohn, 1995). 이수목적의 농업용수 수질기준 설정시 가장 중요한 작물의

**Table 9.** Eating quality(%) of grain rice in the field experiment

Treatment	Texture	Palatability	Moisture (%)	Protein (%)	Amylose (%)
Control	-2.657±0.161	0.584±0.042	14.68±0.40	9.28±0.18	17.44±0.04
T-N 5	-2.526±0.122	0.601±0.019	14.61±0.07	9.19±0.20	17.60±0.11
T-N 10	-2.551±0.083	0.566±0.062	14.77±0.12	9.28±0.34	17.39±0.39
T-N 20	-2.663±0.129	0.563±0.002	14.77±0.03	9.45±0.14	17.45±0.55
F-value	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
LSD(0.05)	-	-	-	-	-

수량에 영향을 미치는 인자만을 가지고 LOAEL을 산출한다면 이상의 결과에서 포장실험에서의 LOAEL 값은 T-N 농도 20 mg/L이고, 포트실험에서의 LOAEL 값은 T-N 농도 30mg/L로 산출되었다.

**3.3. 쌀의 외관상 품위 및 미질**

쌀의 품위를 완전미, 쇠미, 심복백미, 피해립, 착색립, 동할미로 구분하여 분석한 결과는 Table 7~8과 같다. 포장 실험에서는 완전미의 비율은 T-N 처리농도가 높을수록 감소하였으나, 시험구 사이에 유의성은 없었다. 반면에 쇠미, 심복백미, 착색립, 동할미는 처리농도에 따른 일정한 경향성이 없는 것으로 분석되었다. 포트실험에서는 T-N 처리농도가 증가할수록 완전미 비율은 감소하였으며, 특히 T-N 30 처리구에서는 대조구에 비하여 유의하게 낮았다. 이와 반대로 T-N 30 처리구에서는 청미와 사미의 비율이 유의하게 높았으며, 또한 동할미와 복백미의 비율도 높게 나타났다(Table 8). 미질에서의 LOAEL 값은 포트실험결과 T-N 30 mg/L로 최소한 관개용수중의 T-N 농도가 30mg/L 이하가 되어야 쌀의 외관적 품위에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

미질에 대한 포장실험 조사결과는 Table 9와 같다. 점도는 시험구간에 따른 일정한 경향성이 없었고, 식미치는 처리농도가 높을수록 감소하였다. 단백질 함량은 T-N 처리농도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있으나 시험구간에 유의성은 없었다. 수분과 아밀로스 함량도 처리구간에 따른 차이가 없었다. 포트실험의 단백질 함량은 T-N 처리농도가 높을수록 증가하는 경향이 뚜렷하였고, T-N 10 이상의 처리구에서는 대조구에 비해 유의하게 높았다(Table 8). 이러한 결과는 농진청의 T-N 농도가 높을수록 식미치가 감소하고 단백질 함량은 증가하여 결국 미질이 감소한다는 연구보고와 일치하는 결과를 보이고 있다.

**4. 요약 및 결론**

이수목적의 관개용수 수질기준 설정에 필요한 과학적인 기초자료를 확보하기 위하여 관개용수의 T-N 항목을 대상으로 포장과 포트에서 벼 생육실험을 수행하여 얻은 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 식물체 무기성분(N, P, K, Si) 함량에 대한 조사결과, T-N 처리농도가 높을수록 질소함량은 증가하였고, 요소

함량은 감소하는 경향을 보였으며, 특히 포트실험에서는 T-N 10 이상의 처리구에서 질소와 칼륨함량은 유의하게 높았고 인과 규소함량은 유의하게 낮게 나타났다.

- 수량구성요소에 대한 조사결과 단위면적당(포트당) 이삭 수는 처리농도가 높을수록 증가하였고, 등숙율과 천립중은 처리농도가 높을수록 감소하는 경향으로, 포장실험에서는 T-N 20 처리구에서 등숙율과 천립중이 유의하게 감소하였다.
- 수량조사 결과 포장실험에서는 T-N 처리농도가 높아짐에 따라 수량이 증가하는 경향으로 T-N 10과 T-N 20 처리구에서 유의하게 높았으며, 포트실험에서는 시험구간에 따른 일정한 경향성은 없으나 처리농도가 높아짐에 따라 증가하는 것으로 보여진다.
- 쌀의 외관상 품위에 대한 조사결과 T-N 처리농도가 높을수록 완전미의 비율이 감소하는 경향으로 특히, 포트 실험에서는 T-N 30 시험구에서 대조구에 비해 유의하게 감소하였고 반면에, 청미와 사미의 비율은 유의하게 증가하였다.
- 미질에 대한 조사결과 포장실험에서는 처리농도가 높을수록 식미치가 감소하고, 단백질함량은 증가하였고, 포트실험에서는 T-N 10 이상의 처리구에서는 단백질함량이 유의하게 높았으나 실질적으로 밥맛에 영향을 줄 정도는 아니라고 판단된다.
- 결론적으로 관개용수 질소농도 증가에 따라 등숙률과 천립중, 완전미의 비율은 감소하였고, 단백질의 함량은 증가하여 쌀의 수량 및 외관상 품위, 미질에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 질소농도 20mg/L 이상에서는 수량에, 30mg/L 이상에서는 쌀의 외관상 품위에 영향을 미치는 LOAEL로 판단된다.

따라서 이수목적의 농업용수 수질기준 설정시에는 LOAEL 수준에 안전율을 적용하여 최소 20 mg/L 이하로 설정하는 것이 타당하다고 사료된다. 하지만 벼는 재배기간 동안의 기상추이, 품종, 재배방식, 시비법, 병충해 방제 등의 환경조건과 재배기술에 따라서 벼의 생육과 품질에 미치는 영향은 크게 다를 수 있으므로 용수중의 질소농도 허용한계를 일정하게 일률적으로 결정하기는 매우 어렵다(Lee, 2002; MOE et al., 1999).

그러므로 과학적이고 합리적인 수질기준 설정을 위해서는 작물생육에 대한 장기간의 연구가 선행되어야 할 것이며, 아울러 국내의 농업용수 수질오염 지구에 대한 사례조

사도 병행되어 종합적인 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 농림부 국고지원으로 수행된 “농업용수 수질 오염이 벼생육에 미치는 영향연구(Ⅱ)” 결과의 일부 내용입니다. 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. CCME, *Protocols for deriving water quality guidelines for the protection of agricultural water uses(Irrigation and livestock water)*, Canadian Council of Ministers of the Environment. Ottawa, Canada. (1999).
2. Choi, S. H., H. I. Kim, M. H. Kim, B. W. Lee, and B. H. Lee. An evaluation study on total nitrogen(T-N) item of agricultural water standards. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, **46**(1), pp.99-105. (2004) (in Korean).
3. Choi, S. H. Review on agricultural water standard of countries in Monsoon Asian Regions. *Rural and Environmental Engineering Journal*, **79**, pp.67-76. (2003), (in Korean).
4. Choi, S. H., D. S. Eo, and K. S. Yoon. Irrigation water pollution and water quality conservation in Korea. In *Proc. The 3rd World Water Forum(WWF3) on Agriculture, Food and Water*, S3-1-1-S3-1-10. Kyoto, Japan. (2003).
5. Jung Y. H., B. Y. Kim, and G. H. Han. Survey and current Status of agricultural water pollution, In *AGRO-Environment Research Report 2000*, **15**(P), pp.7-13. Rural development Administrations. Seoul, Korea. (1973) (in Korean).
6. Jung, Y. S., J. E. Yang, and B. Y. Kim. Current status of agricultural water quality, diffuse pollution problems and improvement in Korea. In *'97 Agriculture Environmental Symposium*. pp.65-94. Korean Journal of Environmental Agriculture. Seoul, Korea. (1997) (in Korean).
7. Kim, H. I., S. H. Choi, and Y. I. Kim. *A study on the effect of pollution of agricultural water on rice culture (II)*. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation. Ansan, Gyeonggi. (2003) (in Korean).
8. Kim, H. I., S. H. Choi, and Y. I. Kim. *A study on the effect of pollution of agricultural water on rice culture (I)*. 2002-05-07. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation. Ansan, Gyeonggi. (2002) (in Korean).
9. Kwon, T. Y., *Feasibility study on the reuse of treated sewage effluent for agricultural water*, MSc. diss. Konkuk University. Seoul, Korea. (1999) (in Korean).
10. Lee, Y. Y. *Rice Cultivation*. Hyang-moon Pub. Co. Inc. Seoul, Korea. (2002) (in Korean).
11. Ministry of Environment(MOE) and National Environmental Dispute Resolution Commission(NEDRC). *A study on the settlement of reparation and the examination of causal relation of the water pollution damages*. Ministry of Environment. Gwacheon, Gyeonggi. (1999) (in Korean).
12. Yoon, C. G., H. S. Hwang, and S. H. Woo. Rice growth and nutrient change in paddy soil with reclaimed sewage irrigation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, **43**(6), pp.154-162. (2001). (in Korean).
13. Yoon, C. G., S. K. Kwun, I. M. Chung, and T. Y. Kwon. Review of the agricultural water quality standards through rice culture with treated sewage irrigation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, **41**(2), pp.44-54. (1999) (in Korean).
14. Yun, Y. S. *A study on pollution status of agricultural water and on the effect of polluted irrigation water on the growth of rice*. MSc. diss. Oungnam University. Kyongsan, Gyeongbuk. (1990) (in Korean).
15. Sohn, Y. G. *Effect of nitrogen and phosphorus concentration of the irrigated water on rice growth and yield*. MSc. diss. Konkuk University. Seoul, Korea. (1995). (in Korean).