

建設省土木研究所 正員 谷戸善彦

1. はじめに

地方部における下水道の普及等により、今後、下水処理水が直接あるいは間接に農業利用される機会が増加するものと思われる。この場合、最も大きな問題となるのは、下水処理水中に含まれる窒素化合物の影響によって水稻の稔実不良、倒伏等がおこり収量減となる可能性があることである。本研究は、下水処理水の直接再利用を想定し、「灌漑水中の窒素が稲作に影響を与えない濃度及び施肥方法」並びに「窒素濃度及び窒素の形態による影響の差異」等を圃場実験により検討したものである。

2. 研究方法

表-1 各試験区の実験条件(58年度、59年度)

実験は、1試験区50m²、試験区数10の圃場規模で行った。灌漑水は、水道水(対照区)、茨城県霞ヶ浦浄化センター処理水(二次処理水を急速砂ろ過したもの)、及び処理水に人工的に硝酸ナトリウムまたは硫酸を添加して窒素形態及び窒素濃度を調整したものをを用いた。栽培品種はコシヒカリとし、58年度・59年度とも4月中旬に播種した苗を5月中旬に移植した。栽植密度は、7/10株³、1株4本とした。水管理は中干し期間を除いて、ほぼ一定の水深(30cm前後)になるよう灌漑水の補給を行った。各試験区の設定条件及び実験条件を表-1に示す。

3. 研究結果

58年度及び59年度の実験結果を、表-2に示す。表-2では、倒伏への影響の評価項目として、収穫時の稈長を、稔実不良の評価項目として、稔実歩合($\frac{\text{稔実粒数}}{\text{稔実粒数} + \text{不稔粒数}} \times 100$)、登熟歩合(稔実粒について、比重1.06の塩水選を行い、 $\frac{\text{沈殿粒数}}{\text{稔実粒数}} \times 100$)、精もみ千粒重を、収穫物の量・質評価項目として、玄米収量、品質を取り上げた。

4. 考察

(1) 灌漑水中の窒素が稲作に悪影響を及ぼさない濃度及び施肥方法

項目	試験区	1	2	3	4	5	6	7 (対照区)	8	9	10
		下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 20mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 20mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 20mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	水道水	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l
窒素施肥条件	基肥	慣行量	半量	半量	なし	慣行量	半量	慣行量	半量	なし	半量
	追肥	慣行量	なし	半量	なし	慣行量	半量	慣行量	なし	なし	半量
平均T-N濃度 (mg/l)		12.1	12.0	23.3	23.2	5.1	11.8	0.3	5.0	11.9	6.1
平均NO ₃ -N濃度 (mg/l)		11.6	11.6	22.4	22.6	4.7	11.3	0.2	4.7	11.5	4.7
総給水量 (m ³ /10a)		4494	1488	2081	2083	1164	2182	1364	1495	881	1242
窒素投入量 (kg/10a)		64.4	17.8	48.4	86.4	5.9	26.8	0.4	7.4	10.6	6.4
施肥を含む窒素総供給量 (kg/10a)		82.4	20.3	52.4	86.4	13.9	26.8	8.4	9.9	10.5	10.4

項目	試験区	1	2	3	4	5	6	7 (対照区)	8	9	10
		下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NH ₄ -N 10mg/l	下水処理水 + NH ₄ -N 10mg/l	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	水道水	下水処理水 + NO ₃ -N 10mg/l	下水処理水 + NH ₄ -N 10mg/l	下水処理水 + NH ₄ -N 10mg/l	下水処理水 + NH ₄ -N 10mg/l
窒素施肥条件	基肥	慣行量	半量	半量	慣行量	慣行量	半量	慣行量	半量	半量	半量
	追肥	慣行量	なし	半量	慣行量	慣行量	半量	慣行量	なし	なし	半量
平均T-N濃度 (mg/l)		17.9	18.6	18.0	15.9	8.5	18.3	0.9	8.4	16.0	8.8
平均NH ₄ -N濃度 (mg/l)		0.2	0.2	6.8	6.9	0.5	0.2	0.1	0.4	6.8	0.4
平均NO ₃ -N濃度 (mg/l)		17.0	17.2	6.2	7.8	7.3	17.1	0.3	7.2	7.9	7.3
総給水量 (m ³ /10a)		1238	845	1010	1144	1046	1002	1029	1052	1041	1041
窒素投入量 (kg/10a)		22.2	17.6	16.2	18.1	8.9	18.3	0.9	8.8	16.6	9.2
施肥を含む窒素総供給量 (kg/10a)		30.2	20.0	20.2	26.1	16.9	22.3	8.9	11.4	19.1	13.2

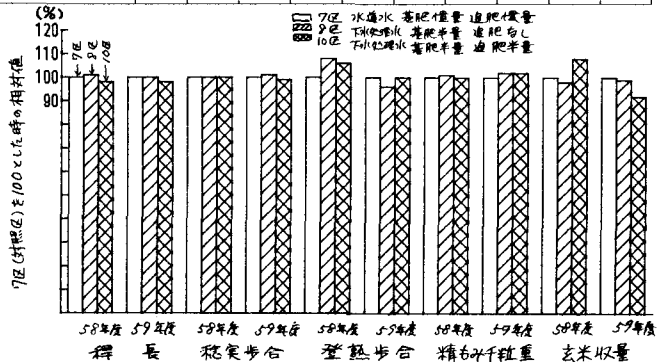


図-1 7区・8区・10区との比較(各々、水口中央、水口、水口南の平均)

対照区(7区)と、下水処理水を灌漑水とし基肥半量・追肥半量とした10区及び基肥半量・追肥なしとした8区の3区について、代表評価項目を比較したものを図-1に示す。図-1より、灌漑水の平均T-N濃度が5~8mg/L(但し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 4~7mg/L)程度以下の下水処理水を用いた場合、基肥を慣行量の半量にすると、灌漑水からの窒素の影響をほとんど受けないことが確認された。

(2) 窒素濃度による影響と施肥方法
 総実歩合と精もみ千粒量を取り上げ、灌漑水平均T-N濃度との相関をとったものを図-2、図-3に示す。同一施肥条件のグループ内では、おおむね平均T-N濃度の上昇に伴って、総実歩合、精もみ千粒量は低下した。しかし、平均T-N濃度が10mg/L程度以下であれば、施肥方法の改良により、影響の吸収が図れるといえよう。

(3) 窒素の形態による影響
 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ による影響の差異を見るため、59年度は、1区対4区、2区対9区、6区対3区を対にして(窒素の形態以外は同一条件; 表-1/参照)実験を行った。その結果、得長、総実不良度、品質とも、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の方が悪影響を受けることが明らかとなった。

(4) 基肥の効果について
 58年度の4区及び9区において、基肥なしの条件で実験した結果、「基肥なし」以外の条件は近似している3区及び2区と比べ、玄米収量が著しく小さい値となった。これは、基肥がない場合、生育初期(栄養成長期)に分けつが十分行われず(特に水尻部等)、莖数が少なくなり、その結果、穂数が確保されないためと思われる。以上より、灌漑水に窒素が含まれていても、基肥を100%なくすることは適切でないといえよう。

5. おわりに
 以上の知見が得られたが、灌漑水として利用可能な下水処理水中の窒素の上限濃度、土壌中への長期的な窒素の蓄積等、検討すべき課題は、数多く残されており、これらについては、今後、ひきつづいて検討する予定である。最後に、本研究を進めるにあたり、貴重な御助言、御指導をいただいた、東北大学工学部土木工学科・野地達也助教授及び能代市役所・棚山孝一氏に感謝の意を表します。

表-2 実験結果 (58年度、59年度)

		項目	試験区	1	2	3	4	5	6	7 (対照区)	8	9	10
				得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)	得長 (収獲率) (%)
58年度	年	生育評価項目	得長 (収獲率) (%)	94.8 (110)	88.0 (100)	92.4 (110)	95.9 (110)	84.1 (104)	92.3 (110)	80.8 (100)	81.0 (101)	82.2 (102)	79.3 (98)
				81.2 (88)	80.0 (88)	85.2 (93)	72.8 (79)	88.8 (97)	81.1 (88)	91.9 (100)	81.5 (100)	88.7 (97)	92.0 (100)
				85.6 (100)	88.2 (104)	72.0 (84)	71.8 (84)	80.7 (90)	77.2 (88)	85.7 (100)	92.7 (108)	82.1 (94)	90.8 (100)
				22.8 (88)	25.3 (88)	24.2 (84)	22.0 (85)	24.8 (97)	23.3 (90)	28.8 (100)	26.0 (101)	26.8 (103)	25.9 (100)
59年度	年	生育評価項目	得長 (収獲率) (%)	89.3 (104)	87.0 (101)	85.8 (111)	97.0 (113)	88.5 (103)	91.9 (107)	88.2 (100)	86.8 (100)	83.3 (100)	84.8 (98)
				88.1 (94)	88.0 (97)	83.8 (91)	81.6 (88)	89.7 (98)	88.9 (98)	91.9 (100)	92.8 (101)	86.0 (94)	81.2 (88)
				91.2 (98)	91.9 (98)	84.1 (90)	77.8 (83)	91.0 (97)	83.1 (88)	93.4 (100)	89.8 (88)	82.5 (88)	92.5 (100)
				25.1 (98)	26.4 (100)	26.4 (100)	26.0 (98)	26.4 (100)	25.5 (100)	26.5 (100)	26.8 (102)	26.0 (102)	28.0 (92)
60年度	年	生育評価項目	得長 (収獲率) (%)	462.3 (98)	471.0 (98)	482.3 (102)	522.9 (108)	475.7 (98)	518.8 (107)	482.5 (100)	476.8 (99)	566.4 (117)	442.2 (92)
				2等	1等	1等下	2等上	1等	1等	1等上	1等上	1等下	1等上
				433.5 (98)	416.1 (94)	518.7 (117)	340.4 (77)	408.2 (92)	474.2 (108)	438.9 (100)	431.7 (98)	380.2 (82)	474.1 (108)
				2等	1等	1等	2等	1等	2等	1等上	1等上	2等	1等上

(注) 1. () は対照区(7区)を100としたときの相対値
 2. 玄米収量は、水口、中央、水尻3カ所の平均値
 3. その他の数値は、水口、中央、水尻3カ所27株(9株×3カ所)の平均値

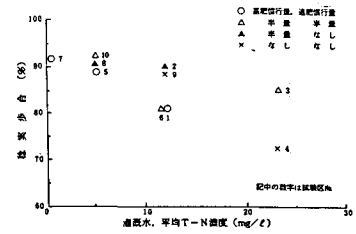


図-2 灌漑水平均T-N濃度と総実歩合 (58年度)

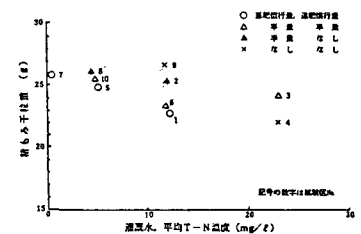


図-3 灌漑水(平均T-N濃度)と精もみ千粒量 (59年度)