

京畿地方의 農業公害에 關한 調查研究

第 1 報 黃口池川流域의 汚水流入畚에서 窒素水準과 土壤 改良劑가 水稻의 生育 및 收量에 미치는 영향

崔榮眞* · 趙光東* · 朴相圭* · 朴俊奎**

(1982년 11월 15일 접수)

Studies on the Agricultural Pollutions in Gyeong Gi Area

1. Effect of Nitrogen Level and Soil Improvements on Growth and Yield of Rice in the Paddy Field Irrigated with Polluted Water of Hwangguji River

Y. J. Choi,* G. D. Cho,* C. G. Park* & J. K. Park**

Abstract

Investigation on the water quality of Hwangguji River and experiment on the effects of nitrogen and soil improvements were carried out in the paddy field irrigated with polluted water of the river. The obtained results are as follows:

- 1) Amount of COD and $\text{NH}_4\text{-N}$ in water of the river were 54 ppm, 65 ppm, during the seeding time, and were 52 ppm, 512 ppm during the transplanting time respectively. Their concentrations were over the standard levels. It seemed that the water pollution was mainly caused by organic waste matters.
- 2) It seemed that the effective nitrogen level was 7~8 kg/10 a in the paddy field irrigated with polluted water of the river.
- 3) The rice yields of potassium twice quantity application plot with N.P.K. fertilizer, the calcium application plot with N.P.K. fertilizer and the combined plot with potassium, wallarstonite, calcium and fresh straw, were increased 4, 5 and 8%, respectively, than that of the N.P.K. fertilizer standard level plot.

序 論

京畿道는 서울의 外廓地域으로 수도권 衛星都市의 膨脹에 依한 都市人口의 集中과 急速한 經濟成長에 따른 産業의 增大 現象으로 各種工場이 急激히 增加하고 있으며 牧畜業의 大規模化로 因하여 環境汚染이 擴大

되고 있다.

더구나 都心地의 公害要因으로 疎開되는 工場들이 道內로 移轉됨에 따라 環境汚染 問題는 날로 深刻해지고 특히 水質汚染이 上水道源은 물론 農作物 生育에 미치는 被害는 더욱 增加되고 있다^(1,2,3).

本道의 汚水流入에 依한 水稻의 低位收量畚 面積이 1,300 ha로 調查 報告된 바 있으며⁽⁴⁾ 農業用 灌溉水質

* 京畿道 農村振興院 (Gyeong Gi Provincial Office of Rural Development, Hwasung, Korea)

** 農業技術研究所 (Institute of Agricultural Sciences, Suweon, Korea)

은 急進的으로 惡化되고 있는 實情이다.

安^(5,6)과 趙⁽⁷⁾ 등은 工場 및 都市 近郊 週邊을 흐르는 河川의 農業用水 調查에서 汚染의 深刻性을 指摘한 바 있다.

鄭等⁽¹⁾은 工場廢水의 主汚染源은 Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Hg等이고 都市污水로 因한 主汚染 要因은 COD, SO₄, Cl等 이라고 하였으며 茅野⁽⁸⁾ 등은 水耕栽培에서 重金屬元素의 影響을 報告한 바 있으며 重金屬元素의 被害限界는 Zn 7.4 ppm, Cr 0.9 ppm, Pb 1.36 ppm, As 0.3 ppm, Cd 0.9 ppm으로 알려져 있다⁽⁹⁾. 이들 汚染源의 被害輕減 方法으로는 石灰를 施用하여 그 濃度를 減少시키며^(11,12) 珪灰石과 有機物의 施用效果가 報告⁽¹³⁾된 바 있다.

污水 流入畚에서는 窒素過多로 根腐現象과 稻熱病 등 各種 病害 유발이 激增하고 있으며 工場廢水 流入畚의 벼 生育 阻害도 漸增하고 있다.

本 試驗은 水原市와 華城郡을 經由해서 振威川으로 흐르는 黃口池川의 農業用水 水質 汚染度를 調查하는 한편 河川邊의 污水 流入畚에서 窒素의 適正 施用量과 土壤 改良劑의 效果를 究明코져 實施한바, 몇가지 結果를 얻었기에 이에 報告하는 바 이다.

材料 및 方法

試驗 1. 水質調查

水質分析 試料은 그림 1 에서 와 같이 黃口池川의 3 個 地點에서 採取하였다.

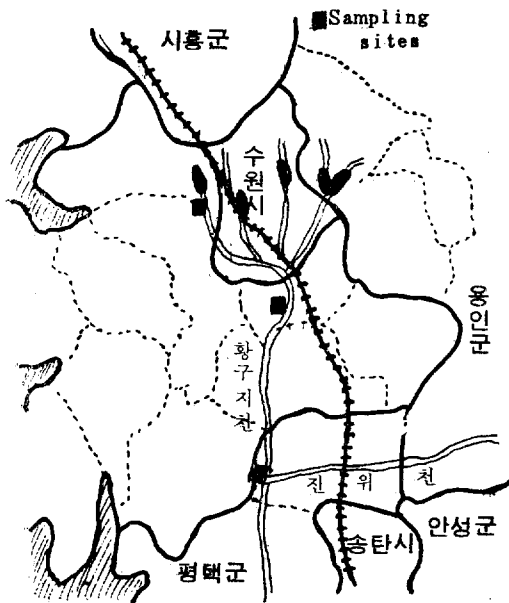


Fig. 1. Sampling sites

採取 時期는 3회로 벼 播種期인 4月 下旬, 移秧期인 5月 下旬, 幼穗形成期인 7月 下旬이다.

採取方法은 河川中心 地點에서 3L를 採取하였고 試料分析은 pH, COD等 16個 成分을 分析하였다.

pH는 TOA-pH Meter로 測定하였고 COD는 0.25N 重크롬산과 농황산으로 分解하여 0.1 N ferrous ammonium sulfate로 滴定하였고 SO₄, Cl, NH₄-N는 灌溉水 一般分析法⁽¹⁵⁾으로 分析, 重金屬은 原子吸光分析器로 測定하였다.

試驗 2. 污水畚에서 窒素施肥量과 土壤改良劑 效果

黃口池川의 中流地域인 華城郡 台安面 安寧里 污水 流入畚에서 供試品種은 眞珠벼로 하였고 主區로 窒素施肥量 0, 8, 16 kg/10a의 3水準으로 하고 加里倍量, 石灰中和量 珪灰石 및 加里倍量+石灰+珪灰石+生藥 500 kg/10a를 複合處理한 綜合改良劑等을 處理하여 分割區 配置 3反覆으로 遂行하였다.

施肥方法은 窒素는 50 : 20 : 20 : 10의 比率로 分施하였고 磷酸은 9 kg/10a을 全量基肥로 加里는 10 kg/10a을 基肥 70% 幼穗形成期 30%로 分施하였으며 改良劑로서 石灰 78, 珪灰石 636 및 生藥 500 kg/10a을 移秧 10日前에 整地作業後 散布하였다.

移秧은 5月 22일에 하였으며 栽植距離는 27×15 cm로 하였고 其他는 當院 標準耕種法에 準하였다.

試驗圃場은 砂質畚의 江西統으로 試驗前 土壤의 化學的 性質은 表 1과 같다.

Table 1. Chemical characteristics of soil before experiment

Depth	pH (1:5)	OM (%)	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. cation (me/100 g)			Avail SiO ₂ (ppm)
				K	Ca	Mg	
Top soil (0~18 cm)	5.6	2.4	82	0.17	4.9	0.9	93

結果 및 考察

試驗 1. 水質調查

水原市의 下水가 流入하는 黃口池川의 河川水質을 調查한 成績은 表 2에서 보는 바와 같다.

pH는 6.2~7.0으로서 環境保全法의 農業用水 水質 基準值인 pH 5.8~8.5⁽¹⁶⁾의 範圍內에 있었다.

COD는 19~61 ppm으로 環境保全法의 基準值인 8 ppm⁽¹⁶⁾ 및 日本의 農業用水 基準值인 6 ppm⁽¹⁷⁾ 보다 3個 地點 各時期 共히 顯著하게 높은 傾向이었다.

SO₄의 含量은 15~44 ppm으로 朴等⁽¹⁸⁾이 提示한 基準值인 50 ppm 보다 적은 含量이나 中流에서 多少 높은 含量을 보이고 있으며 Cl含量은 28~109 ppm의 範圍를

Table 2. Chemical analysis of the irrigated water

Sampling sites	Growth stage	pH	ppm													Ec mmh-os/cm	
			COD	SO ₄	Cl	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Cd	Cu	Zn		Mn
Hwaseong-Gun Maesong-Myeon Gunkok-Ri	Sowing	6.2	45	15	28	1.0	0.2	13.8	9	4.5	8.7	2.1	0.08	0.06	0.04	0.03	0.2
	Transplanting	6.7	30	16	40	0.1	0	11.0	19	4.4	17.7	2.7	0.01	0.01	0.05	0.04	0
	Panicle forming	6.7	40	19	43	0.3	0	9.7	11	2.5	15.8	2.4	0.02	0.01	0.15	0.04	0
Hwaseong-Gun Taeon-Myeon Anneong-Ri	Sowing	6.9	54	34	94	6.5	1.2	7.8	88	5.3	15.9	3.6	0.06	0.04	0.04	0.04	0.5
	Transplanting	7.0	52	44	109	5.2	1.4	7.3	40	11.4	22.1	3.2	0.01	0.01	0.09	0.42	0.4
	Panicle forming	6.9	25	25	90	3.3	0	11.2	39	5.5	24.6	2.4	0.03	0.01	0.03	0.05	0.2
Hwaseong-Gun Yanggam-Myeon Jongmun-Ri	Sowing	6.6	61	28	66	4.0	0.7	12.5	52	8.3	14.6	2.8	0.07	0.03	0.03	0.03	0.3
	Transplanting	6.9	40	37	82	1.2	0.4	4.6	39	3.3	15.6	2.6	0.01	0.01	0.02	0.12	0.2
	Panicle forming	6.8	19	20	53	0.7	0	8.6	22	3.8	17.0	2.4	0.03	0.02	0.02	0.02	0

* April 21 is the sowing stage, May 26 is transplanting stage and July 31 is panicle formation stage.

보이고 NH₄-N은 安寧里에서 3.3~6.5 ppm으로 顯著하게 높은 傾向이다.

P₂O₅는 0~1.4 ppm, SiO₂는 4.6~13.8 ppm, Na는 9~88 ppm, K는 2.5~11.4 ppm, Ca는 8.7~24.6 ppm을 그리고 Mg는 2.1~3.6 ppm의 範圍의 含量을 보이고 있으나 各成分 모두 中流인 安寧里에서 多少 많은 含量을 나타내고 있다.

이들 成分中 特히 COD, SO₄, Cl, NH₄-N 및 Na은 水原市의 外廓을 흐르는 동안 都市下水 및 有機性 廢棄物의 流入에 依한 影響으로 생각된다.

葛⁽¹⁷⁾의 試驗에서 COD가 8 ppm부터 水稻生産量 減收가 發生하며 20 ppm부터 12%의 收量減收를 報告한 바 있다.

따라서 黃口池川의 中流인 安寧里 地域에서 農業用 水質은 朴⁽¹⁸⁾ 등이 報告한바 있는 生育阻害를 유발할 可能性이 있으며 水稻의 安全生産을 爲하여 窒素施用量을 考慮 해야 할것으로 생각된다.

重金屬인 Cd, Cu, Zn, Mn 등은 金⁽¹⁸⁾ 등의 有害限界 濃度보다 낮은 傾向을 보이며 이들 成分中 Zn은 0.02~0.09 ppm의 範圍로 가장 많은 含量을 보이고 있으나 其他 成分의 含量은 아주 적은 含量을 보였으며 本調査 成績으로 보아 工場廢水의 影響을 적게 받는 것으로 생각된다.

黃口池川의 調査 時期別 農業用 水의 水質汚染度는 播種期 > 移秧期 > 幼穗形成期의 順位 인데 이것은 河川

水中 汚染物質의 量이 時期的으로 減小 되었다기 보다는 그림 2에서 보는 바와 같이 降水量의 分布가 播種 期인 4월에 적었으나 幼穗形成期인 7월에 이르면서 顯著히 增加되어 汚染度가 稀釋된 結果라고 생각된다.

上流는 華城郡 梅松面이고 中流는 水原市의 都市 下水가 流入된 地域이고 下流는 平澤郡 振威面의 振威川과 合流地點으로 中流 > 下流 > 上流의 順으로 汚染度가 높은 傾向을 보이고 있다. 따라서 都市 下水의 淨化가 時急한 課題이며 黃口池川의 染汚度 增加가 豫想되어

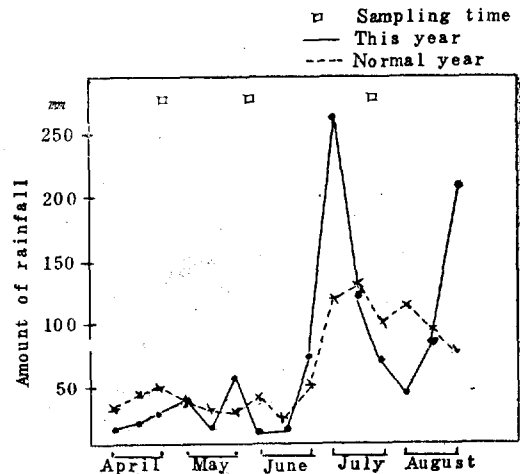


Fig. 2. Distribution of precipitation by month in Suweon area

Table 3. The growth of rice plant along the different growing stage

Nitrogen level (kg/10 a)	Treatments	No. of tiller per hill				Percentage of productive tillers (%)
		June 6	July 6	July 20	August 18	
N-0	1	5.1	19.2	18.3	14.4	84.4
	2	4.9	19.1	18.3	14.7	86.4
	3	4.4	17.3	16.7	14.6	91.9
	4	3.9	17.9	16.6	14.1	84.4
	5	4.2	18.8	17.7	14.2	89.4
	6	4.5	17.9	15.8	14.2	87.2
	Mean	4.5	18.4	17.2	14.4	87.3
N-8	1	5.5	22.1	20.1	18.0	81.9
	2	5.2	20.5	19.0	15.7	85.6
	3	5.2	21.5	19.7	17.2	82.8
	4	5.6	23.1	20.9	20.0	81.0
	5	4.5	19.8	18.0	16.6	88.4
	6	4.6	20.5	19.0	16.8	91.7
	Mean	5.1	21.3	19.5	17.4	85.2
N-16	1	6.3	23.2	20.1	18.8	83.6
	2	5.7	24.5	21.5	18.5	71.4
	3	6.5	23.5	21.6	20.2	81.7
	4	5.2	22.0	20.3	19.0	79.6
	5	5.8	20.2	20.2	21.0	87.7
	6	5.0	20.8	20.8	19.4	74.7
	Mean	5.8	23.6	20.8	19.5	79.8

1 Check
2 K₂O-twice quantity
3 Calcium-hydroxide
4 Wollarstonite
5 Combined treatment
6 Wollarstonite+K₂O-twice quantity

지므로 이에 對한 對策이 要望된다.

試驗 2. 汚水流入畝에서 窒素施用量과 土壤改良劑의 效果

1) 生育狀況

莖數의 變化는 表 3와 같이 全生育 期間동안 窒素水準別로 施用量이 增加할수록 增加하는 傾向이며, 處理別로는 生育 初期에 改良劑 處理區가 標準區에 比하여 多少 減少 하였으나 收穫期에는 加里倍量 및 石灰 施用區에서 株當莖數가 各各 24.5, 24.1個로 가장 많았다. 有效莖比率은 窒素水準別로 窒素의 施用量이 增加할수록 減少 傾向을 보여 無窒素 87.3%에서 窒素 16 kg/10a 施用區 79.8%로 減少하였고 16 kg 施用區에서 현저한 減少는 過繁茂의 影響으로 생각된다. 處理別 有效莖比率은 標準區에 比하여 改良劑 施用區가 有效莖比率의 增加를 보였으며 이는 生育 初期의 無効分蘖의 發生과 過繁茂를 抑制하여 健全한 生育의 結果로 보며

이는 金等⁽⁹⁾의 報告와 同一한 傾向이다.

2) 收量 및 收量構成 要素

收量 및 收量構成 要素는 表에서와 같이 窒素 8 kg/10a 施用區에서 584 kg/10a로 收量이 가장 많았고 無窒素와 窒素 16 kg/10a의 順이었으며 특히 窒素 16 kg/10a 施用區 522 kg/10a 보다 無窒素區에서 收量이 增加된 것은 灌溉水中의 多量의 NH₄-N가 含有되었기 때문으로 보인다. 改良劑 施用時 增收 效果는 窒素 8 kg/10a 施用時 3~10%의 增收를 보였으며 無窒素 및 窒素 16 kg/10a 施用區에서는 다만 綜合改良區가 7~10%의 有意한 增收를 보였다. 이는 綜合改良에 의한 有機物, 石灰, 珪灰石 등에서 各種 養分이 供給되어 增收가 되었을 것으로 생각된다⁽²¹⁾.

穗當粒數는 無窒素區가 穗當 73粒이나 窒素 16 kg 施用區는 84粒으로 窒素水準이 增加할수록 增加하는 傾向을 보이고 있으며, 玄米 千粒重도 無窒素區 21.8g에

Table 4. Yield and yield components by treatments

Nitrogen level (kg/10a)	Treatments	No. of panicles per hill	No. of grains per panicle	% of ripened grain	Wt. of 1000 brown grains (g)	Brown rice yield (kg/10a)	Neck rot (%)	Lodging (0~5)
N-0	1	16.2	77	86.1	21.8	524	0	0
	2	16.5	66	85.2	21.9	509	0	0
	3	15.9	74	90.9	21.7	521	0	0
	4	15.1	76	89.4	22.2	515	0	0
	5	16.8	84	86.3	21.6	561	0	0
	6	15.6	63	88.1	21.8	516	0	0
N-8	1	18.1	66	81.2	21.1	556	1.0	0
	2	17.6	74	84.6	21.5	592	0.2	0
	3	17.8	82	83.2	21.2	598	1.1	0
	4	18.7	79	80.0	21.1	571	1.6	0
	5	17.5	80	86.5	21.7	614	0.7	0
	6	18.8	67	79.6	21.1	571	1.3	0
N-16	1	19.4	75	72.2	21.1	527	1.6	2
	2	17.5	101	66.0	20.6	465	2.3	3
	3	19.7	86	70.6	20.9	513	1.6	2
	4	18.7	71	80.7	21.2	532	1.5	2
	5	19.3	81	74.8	21.0	556	1.4	2
	6	18.0	88	75.3	21.0	537	1.4	2

LSD at 5% between main treatment 25.7
 CV(%) main treatment 5.13
 Sub treatment 7.12

서 窒素 16 kg/10a 施用區 21.0 g로 減少하였다. 改良劑 施用에 依해 收量이 增加된 主要因은 穗當粒數 및 登熟比率의 增加에 依하며, N-16 kg/10a區의 加里倍量은 倒伏에 依해 登熟比率이 현저한 減少를 보였다.

朴等⁽²²⁾, Prateep⁽²³⁾도 低位收量畝 土壤에서 珪灰石 및 石灰施用으로 穗當粒數 및 登熟比率이 增加하여 增收되었다는 報告와 一致한 傾向을 보이고 있다.

3) 窒素 適正施肥量

窒素適正施肥量은 그림 3에서와 같이 改良劑를 無施用하였을 경우 標準區 施肥適量 7.2 kg/10a에 比하여 綜合改良 7.3 kg/10a, 石灰 7.5 kg/10a, 珪灰石 8.2 kg/10a 및 加里倍量 6.9 kg/10a의 順이었으며 污水流入畝에서 窒素의 適正施肥水準은 7~8 kg/10a의 범위를 보였다. 加里倍量의 窒素適量이 낮은 原因은 K⁺와 NH₄-N의 길항作用의 영향으로 생각된다⁽²⁰⁾. 上記 窒素適量은 改良劑에 依해 窒素의 增施效果를 높인다는 朴⁽²¹⁾과 金⁽⁹⁾ 등의 報告와 一致하는 傾向으로 污水流入畝에서는 窒素肥料의 減量 施用이 要望된다.

4) 植物體의 無機成分 含量 및 土壤改良劑 效果

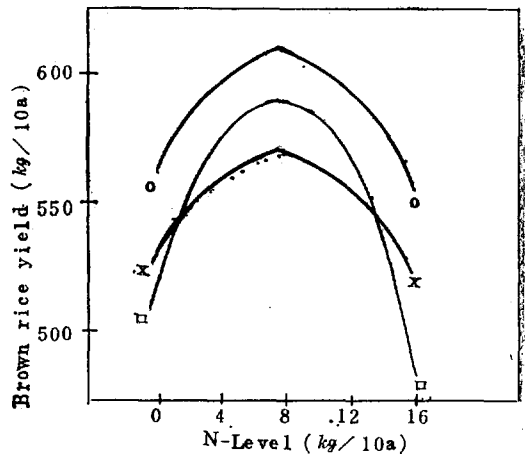


Fig. 3. Relationship between nitrogen level and brown rice yield

- * ○—○ : Combined treatment
 $y = -0.862x^2 + 13.437x + 561.3$
 (Opt : 7.3, 613)
- : K₂O-twice quantity
 $y = -1.645x^2 + 23.583x + 509.0$
 (Opt : 6.9, 593)
- ×—× : Check
 $y = -0.666x^2 + 10.355x + 529.9$
 (Opt : 7.2, 569)

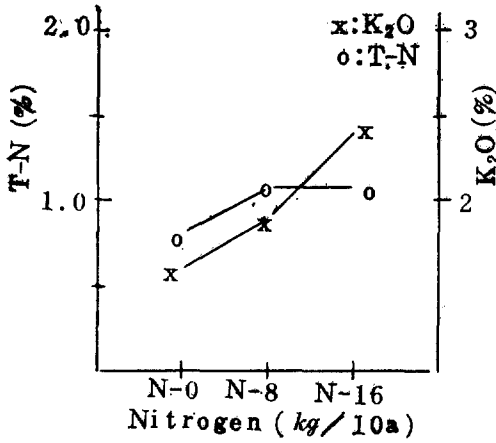


Fig. 4. Content of T-N and K₂O in cornus at harvesting stage

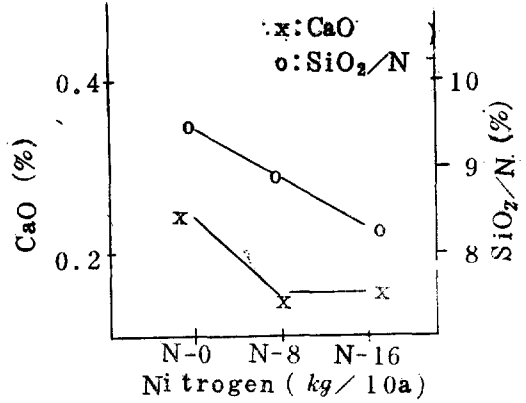


Fig. 5. Content of CaO and SiO₂/N in cornus at harvesting stage

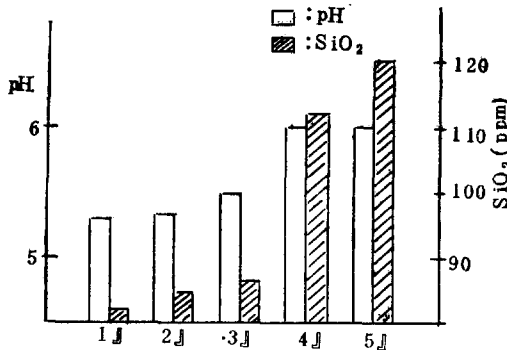


Fig. 6. Content of SiO₂ and pH in soil after experiment

- * 1 Check
- 2 K₂O twice quantity
- 3 Ca hydroxide
- 4 Wallarstonite
- 5 Combined treatment

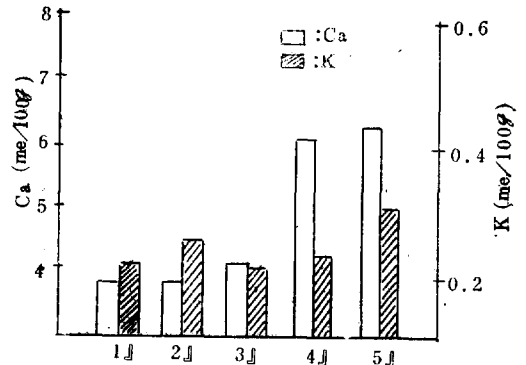


Fig. 7. Content of Ca and K in soil after experiment

- * 1 Check
- 2 K₂O twice quantity
- 3 Ca hydroxide
- 4 Wallarstonite
- 5 Combined treatment

汚水畚의 水稻 收穫期 莖葉中 無機成分 含量은 그림 4, 5에서와 같이 窒素 增施에 依하여 莖葉中 石灰 含量과 SiO₂/N도 減少하는 傾向이며 木口열병 이병수율이 增加하는 傾向을 보였다. N 및 K의 含量은 窒素 增施에 依해 增加하는 傾向을 보이고 있다.

試驗後 土壤의 化學的 性質은 그림 6, 7에서와 같이 標準區에 比하여 改良劑 處理區는 pH가 상승 하였으며 土壤中 珪酸含量은 珪灰石 施用區 및 綜合改良區에서 현저하게 높은 含量을 보이고 있다.

汚水 流入畚에서 土壤 改良劑를 施用할 境遇 單要因의 改良 보다는 加里倍量, 石灰, 珪灰石 및 生藥等의 複合處理에 依한 綜合改良이 効果的인 改良方法의 하나라고 할 수 있다.

要 約

1981年 黃口池川의 水質을 調查하고 아울러 黃口池川 流域의 汚水 流入畚에서 主區로 窒素水準을 달리하고 細區로 土壤改良劑의 種類를 달리하여 收量反應을 檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 黃口池川의 水質은 中流인 安寧里에서 播種期에 COD 54 ppm, NH₄-N는 6.5 ppm이고 移秧期는 COD 52 ppm, NH₄-N 5.2 ppm으로 基準值를 上廻하였다.

水質汚染은 主로 有機性 廢棄物의 流入에 依한 것으로 생각된다.

2) 窒素適量은 NPK 3要素인 標準區 7.2 kg/10a에

比하여 加里倍量+珪灰石+石灰+生糞 500 kg/10a인 綜合改良區는 7.3 kg/10a, 石灰區는 7.5 kg/10a, 珪灰石區에서는 8.2 kg/10a로 增加 傾向이며 黃口池川邊에서 水稻栽培時 窒素量은 7~8kg/10a가 適量이었다.

3) 窒素適正 施用時의 收量은 NPK 3要素인 標準區 569 kg/10a에 比하여 3要素+石灰+珪灰石+加里倍量+生糞 500 kg/10a인 綜合改良區 8%, 石灰區 5%, 加里倍量區에서 4% 增收하였다.

參 考 文 獻

1. 鄭永浩, 金福鎮, 韓基碩 (1973): 우리나라 수질오염 실태 조사, 농사시보 제15집(식물환경편), 7.
2. 朴成宇 (1978): 農業用水 汚染에 關한 調查 및 分析, 京畿道 道政諮價報告書, pp. 317~342.
3. 朴成宇 外 3人 (1980): 都市近郊에 있는 農業用水池의 汚染度 進行에 關한 研究, 서울大 農業開發 研究 報告, 1(1), 1.
4. 農村振興廳 (1978): 벼 농사 저위 수량지 실태 조사 결과, p. 8.
5. 安榮根, 주홍규, 서화중 (1976): 영산강 상류와 상수용 하천수 수질 오락이 염소 요구량에 미치는 영향에 관한 연구, 韓國陸水誌, 9(3~4), 1.
6. 安榮根 (1973): 河川 水質(萬頃江)의 汚染과 底棲生物에 關한 研究, 韓國陸水誌, 6(3~4), 7.
7. 趙成鎮, 李載求, 金昌漢, 李主烈(1979): 無心川 및 美湖川 週邊 地域의 環境汚染 實態와 이의 防止對策에 關한 研究, 農振廳, 產學協同報告書, 79, 16.
8. 茅野充男 (1971): 植物의 重金屬 過剩症, 農業 園藝, 46(1), 137.
9. 金元出 外 4人 (1980): 京畿地方의 農業公害에 關한 調查研究, 京畿農業研究, p. 99.
10. 金正玉 外 2人 (1978): 水稻 品種別 重金屬 吸收抑制에 對한 물 管理 및 石膏의 效果, 韓土肥誌, 11(2), 113.
11. 鄭永浩, 金成謙 (1977): 銅 鎳毒地 土壤改良에 關한 研究, 韓土肥誌, 4(1), 49.
12. 農業技術研究所 (1978): 主要 試驗研究業績과 研究 方向, pp. 418~422.
13. 農村振興廳 (1978): 農事試驗研究事業 年報, pp. 28~29.
14. 農村振興廳 (1978): 土壤化學 分析法.
15. 農業土木學會 編輯委員會 (1975): 農業用水의 水質 汚濁, 日本 農業土木學會誌, 43(8), 510.
16. 보건사회부 (1977): 環境保全法令集.
17. 葛西勳 (1975): 農業用水의 水質汚濁의 現狀と 對策について, 日本 農業土木學會誌, 43(8), 537.
18. 金政炫 (1981): 水質汚染概論, 高文社, pp. 668.
19. 朴俊奎, 李元雨, 朴榮植 (1980): 灌溉水의 汚染이 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響, 京畿農業研究, pp. 103~106.
20. 趙伯顯 (1972): 新制 肥料學, 鄉文社, pp. 41~43.
21. 吳旺根 (1966): 有機物의 施用이 畚土壤의 理化學的 性質에 미치는 영향에 對한 研究, 農試研報, 9(1), 175.
22. 朴永大 (1967): 水稻 生育에 미치는 珪酸의 效果, 農試研報, 10(3), 55.
23. Prateep, K. S. and Sins, J. L. (1972): Response of rice nitrogen and calcium nutrition *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, pp. 36~43.