

벼에 대한 汚染灌漑水 및 地下水 灌漑時 珪酸과 加里의 施用效果

李 基 尚*

Effects of Silicate and Potassium Application on the Yield of Rice Irrigated with Polluted Water and Underground Water

Ki-Sang Lee*

SUMMARY

An experiment was conducted to evaluate the effects of silicate and potassium application on the yield of rice irrigated with polluted water and ground water.

1. The most important component affecting plant growth in polluted water was $\text{NH}_4\text{-N}$.
2. Rice grain yield was increased by silicate and potassium application, and yield increase of silicate and potassium was higher than that of single application of silicate and potassium.
3. The ratios of $\text{SiO}_2/\text{T-N}$ and $\text{K}_2\text{O}/\text{T-N}$ in shoot of rice plant increased with silicate and potassium application, but the absorption of nitrogen by rice plant was decreased.
4. Lodging index was increased by the application of polluted water, and the application of silicate and potassium reduced the lodging.

緒 言

인구의 都市集中화와 生活水準의 向上으로 汚染된 生活下水가 農業用水로 使用되는 農耕地의 面積이 擴大되어 汚水灌漑에 의한 벼의 被害가 增加하고 있어 이에 대한 關心이 높아지고 있는 實情이다^{1, 4, 5, 13)}.

벼 栽培에 있어서 汚水灌漑에 의한 被害는 窒素의 過多流入으로 인한 土壤의 還元이 甚하고, 生育不良, 過繁茂, 到伏, 登熟不良, 病蟲害 誘發 및 米質이 低下된다는 報告가 있으며^{5, 6, 13)} 汚水灌漑에 의한 被害는 氣候, 汚水灌漑時期, 品種 및 土壤의 種類에 따라 그 被害發現 樣相이 다르기 때문에 벼 栽培方法에 의한 被害의 根本的인 防止는 상당히 어려울 것으로 생각된다. 그러나 어느程度 그 被害를 輕減시킬 수 栽培

方法으로는 窒素의 減肥, 石灰施用, 土壤改良劑 施用, 效率의인 물管理 등을 통해서 可能하다는 報告는 있으나 汚染되지 않은 灌漑水와 汚染된 灌漑水를 處理했을 때의 벼 生育狀況에 관해서 比較檢討된 研究結果들이 없는것 같다. 따라서 본 試驗은 汚染되지 않은 地下水와 都市生活汚水를 灌漑하여 벼 生育에 미치는 珪酸 및 加里의 施用效果를 檢討한 試驗結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

供試土壤은 京畿道 華城郡 黃口池川流域에 位置한 주로 都市生活下水에 汚染된 논 表土(0~10cm)를 採取하여 使用하였으며 使用된 土壤의 化學的 性質

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

은 表 1과 같이 有效磷酸 含量은 높은 반면 有機物, 有效珪酸 含量은 상당히 낮은 土壤이었다. 灌溉水는 地下水와 都市生活下水인 西湖川의 汚水를 使用하였으며 處理 表 2와 같이 處理하였다.

改良劑 處理는 供試土壤 12kg에 珪灰石 39.5g을 가하여 珪酸 130ppm 調節區로 하였고, 珪酸 180ppm 調節區는 珪灰石 58.5g을 가했다. 加里 倍量施用區는 鹽化加里 4.8g를 施用하였으며 三要素 施肥量은 尿素 3.75g, 過石 3.84g, 加里는 鹽化加里 2.4g를 土壤과 混合하여 1/2000a Wagener pot에 충전하고 各處理 別로 地下水와 汚水를 灌溉하였다. 分施比率은 窒素는 4회 分施, 磷酸은 全量基肥, 加里는 2회 分施하였으며 供試品種은 一般系 品種인 常豊벼를 pot당 1本씩 2株를 移秧하였고 土壤 및 植物體 分析은 農業技術研究所 土壤化學 分析法¹¹⁾, 到伏指數는 農村振興廳 農事試驗研究調查 基準¹⁰⁾에 準하여 調査하였다.

結果 및 考察

灌溉用水로 使用한 地下水 및 汚水의 化學性를 分析한 成績은 表 3과 같다. 대부분의 化學成分은 地下水보다 汚水에서 높았으며 그중에서도 특히 NH₄-N는 10.9ppm으로 日本에서 벼의 農業用水 基準值^{8,9)}인 0.5~2ppm보다 무려 55~218%나 높은 數値를 보였다. SiO₂는 地下水보다 汚水에서 높았고, Cl은 128ppm으로 216%나 높았고, K, Ca, Mg, Na 등도

Table 1. Chemical properties of the soil used

pH	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. cation (me/100g)				Cl (ppm)	SiO ₂ (ppm)
			K	Ca	Mg	Na		
5.6	1.2	193	0.18	2.05	0.42	0.25	58	27

Table 2. Experimental treatments

1. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O(Control)
2. " + SiO ₂ 130ppm adjustments*
3. " + " 180ppm "
4. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O twice quantity
5. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O twice quantity + SiO ₂ 130ppm adjustments

* Wollastonite adjustment with amount 130% and 180% base on soil SiO₂.

Table 3. Chemical properties of irrigation water

Irrigation water	pH	EC (mS/cm)	NH ₄ -N (ppm)	SiO ₂ (ppm)	Cl (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)
Polluted water	7.2	0.94	10.9	5.6	128	13.9	12.5	4.7	72
Ground water	7.0	0.47	1.4	1.6	63	6.7	8.0	4.1	46

地下水보다 汚水에서 1.5~2배 程度의 높은 數値를 보였다. 이러한 汚水의 特性中에서 NH₄-N, Cl, Na 등의 含量이 높은 것은 使用한 汚水가 都市生活下水로서 이는 食品中 鹽分의 輩出과 水洗式 화장실에서 輩出되는 下水 등에 의해 大量的의 鹽類가 流入된데 起因된 것으로 推定된다.

收量成績을 그림 1에서 보면 地下水 灌溉보다 汚水 灌溉에서 全處理 공히 增收되는 傾向을 보였는데 이는 pot 栽培이었기 때문에 圃場條件보다 벼 栽培 期間中 적은 量의 汚水가 灌溉되어 오히려 汚水中에 含有된 이들 成分들이 벼의 生育을 좋게 하는데 寄與하였기 때문이라 생각된다.

珪酸 및 加里 增施效果는 地下水 灌溉보다 汚水 灌溉時 높았으며 珪酸施用效果는 地下水 灌溉 및 汚水 灌溉時 施用量이 많을수록 增收되는 傾向이었다. 加里施用 效果는 加里 單獨施用時에는 地下水 灌溉보다 汚水 灌溉時 增收效果가 높았으며 또한 加里單獨施用보다는 珪酸과 併用時 그 效果는 더 높았다. 이 結果는 汚水流入畚에서 加里的 增施效果를 認定한 趙 등²⁾의 報告와 一致하였으며 특히 加里的 增施效

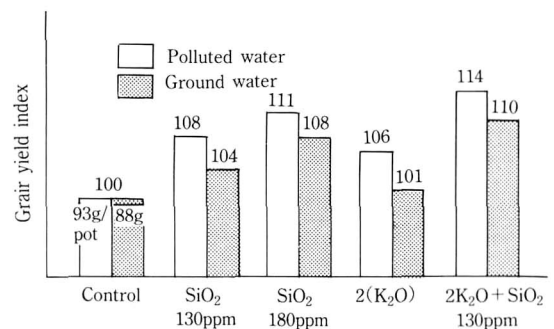


Fig. 1. Effect of silicate and potassium application on rice yield by the irrigation of polluted water and ground water.

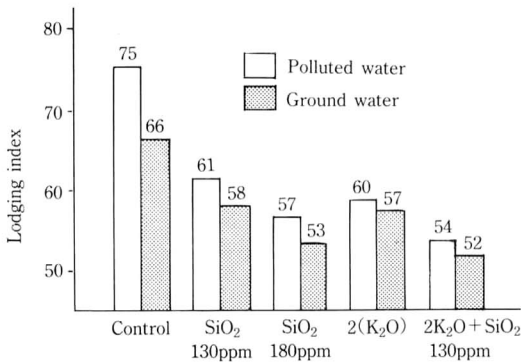


Fig. 2. Effect of silicate and potassium application on lodging of rice plant by the irrigation of polluted water and ground water at harvest.

果는 珪酸과 併用 施用함으로서 增大되며 또한 加里의 過多被害는 珪酸質 肥料施用으로 輕減할 수 있다 고 朴¹²⁾의 報告와도 一致하는 傾向이었다.

그림 2는 收穫期 벼의 到伏指數를 나타낸 成績이다. 到伏指數는 벼의 到伏可能性을 나타내는 指標로서 到伏指數가 높을수록 到伏할 可能性이 높음을 意味한다.

灌溉水源別 到伏指數를 보면 地下水 灌溉보다 汚水 灌溉時 높았는데 이는 汚水中에는 NH₄-N 含量이 높아 벼가 軟弱하게 자랐기 때문으로 생각된다. 珪酸 및 加里肥料 增施는 灌溉水源에 관계없이 到伏指數를 減少시키었고 珪酸은 施用量이 많을수록, 加里는 珪酸과 併用施用 到伏指數의 輕減효과가 더 높은 傾向을 보였다. 이는 珪酸 및 加里 增施로 벼의 稈

굵기를 크게 한다는 報告³⁾와 稈의 澱粉 및 Cellulose의 增加로 挫折重이 增加되었다고 한 앞서의 報告⁷⁾를 볼때 본 試驗에서도 珪酸質肥料 및 加里肥料 增施는 벼의 到伏을 輕減시키는 효과가 있음을 確認할 수 있었다. 특히 都市生活下水中에는 窒素의 含量이 높을 수 있기 때문에 窒素過剩에 의한 벼의 到伏을 輕減시키기 위해서는 珪酸質肥料 및 加里肥料의 增施가 必要하다고 생각된다.

表 4는 收穫期 植物體의 無機成分 含量을 나타낸 成績이다. 植物體中 窒素 含量은 地下水 및 汚水 灌溉時 두水源 모두 三要素區에 비하여 珪酸 및 加里 增施로 減少되는 傾向이었으나 CaO 및 SiO₂ 含量은 모두 增加되는 傾向을 보였고 CaO는 汚水 灌溉時 높았으나 SiO₂는 地下水 灌溉時 높았다. 특히 加里 增施로 植物體中 K₂O의 含量이 增加되었고, 珪酸施用으로 植物體中의 SiO₂의 含量이 增加되었다.

土壤에서의 加里의 供給은 光合成 作用을 원할하게 하고 植物體의 水分吸收力을 增加시켜 體内の 炭水化物 含量을 높여 줄기를 튼튼하게 한다고 알려져 있다. 珪酸의 供給은 加里의 效果를 增大시키는 반면 窒素의 含量은 減少시키고, 加里와 窒素의 均衡施肥로 收量을 높일 수 있으며 窒素을 增施할 때에는 珪酸과 加里를 함께 增施하여야 한다고 하였다¹²⁾. 따라서 汚水流入畝에서 窒素 含量이 높은 汚수로 灌溉할 때에는 加里肥料의 增施가 必要하다고 判斷된다.

水稻體의 強健度를 나타내는 植物體의 K₂O/T-N 및 SiO₂/T-N은 두 灌溉 水源 모두 珪酸質 肥料 및

Table 4. Effect of silicate and potassium application on mineral nutrient in shoot of rice plant at harvest

Irrigation water	Treatments	T-N	P ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	K ₂ O/T-N	SiO ₂ /T-N
	 %							
Polluted water	Control	0.48	0.18	1.39	0.39	0.10	3.27	2.9	6.8
	SiO ₂ 130	0.43	0.17	1.39	0.45	0.09	5.67	3.2	13.2
	SiO ₂ 180	0.40	0.18	1.43	0.42	0.11	6.10	3.6	15.3
	2(K ₂ O)	0.43	0.17	1.80	0.36	0.08	3.93	4.2	9.1
	2(K ₂ O)+SiO ₂ 130	0.40	0.17	2.02	0.39	1.10	5.23	5.1	13.1
Ground water	Control	0.58	0.19	1.59	0.32	0.12	4.60	3.2	9.2
	SiO ₂ 130	0.44	0.18	1.47	0.38	0.12	6.10	3.3	13.9
	SiO ₂ 180	0.38	0.17	1.44	0.41	0.10	7.67	3.8	20.2
	2(K ₂ O)	0.41	0.19	1.91	0.36	0.10	4.87	4.7	11.9
	2(K ₂ O)+SiO ₂ 130	0.40	0.18	2.18	0.35	1.09	5.67	5.5	14.1

Table 5. Effect of silicate and potassium application on chemical properties of soil after harvest

Irrigation water	Treatments	pH (1:5)	Av. SiO ₂ (ppm)	Ex. cations (me/100g)			Cl (ppm)
				K	Ca	Na	
Polluted water	Control	5.5	25	0.09	1.85	0.42	147
	SiO ₂ 130	6.7	80	0.07	3.65	0.33	190
	SiO ₂ 180	7.2	111	0.07	4.87	0.28	193
	2(K ₂ O)	5.6	29	0.17	2.42	0.52	189
	2(K ₂ O)+ SiO ₂ 130	6.9	79	0.10	4.07	0.41	213
Ground water	Control	5.5	24	0.09	1.66	0.36	147
	SiO ₂ 130	6.6	75	0.14	3.68	0.33	173
	SiO ₂ 180	7.0	105	0.11	4.06	0.26	160
	2(K ₂ O)	5.4	26	0.15	2.02	0.39	157
	2(K ₂ O)+ SiO ₂ 130	6.5	78	0.14	3.41	0.37	186

加里肥料의 增施로 높아지는 傾向을 보였고 특히 硅酸質肥料 施用時에는 SiO₂/T-N가 加里肥料 增施時는 K₂O/T-N가 增加되었다.

試驗後 土壤中の 化學的 性質을 表 5에서 보면 pH를 비롯한 모든 成分이 地下水 灌溉時보다 都市生活下水인 汚水를 灌溉했을때 높았으며 이는 汚水가 地下水보다 各 化學成分 含量이 높았기 때문이라 생각한다.

또한 硅酸質肥料施用으로 有效硅酸, pH, Ca 含量이 현저히 높았으며 加里肥料 增施時 土壤中の K 含量이 增加하였다.

摘 要

汚水流入畝에서 벼에 대한 珪酸 및 加里 施用效果를 밝히기 위하여 都市生活污水 및 地下水를 灌溉하여 pot試驗을 隨行한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 灌溉水中 대부분의 化學成分은 地下水보다 都市生活水에서 높았으며 특히 NH₄-N의 경우 地下水의 1.4ppm에 비하여 都市生活污水는 10.9ppm이었다.

2. 벼 收量은 地下水 및 都市生活污水 灌溉時 硅酸質肥料 및 加里增施로 增收되었으며 硅酸質 肥料 및 加里肥料 單用施用보다 이들의 併用施用時 效果가 더 높았다.

3. 收穫期 벼 莖葉中の SiO₂/T-N 및 K₂O/T-N 比는 硅酸質肥料 및 加里肥料 增施로 높아지는 반면 T-N 含量은 오히려 減少하는 傾向이었다.

4. 벼의 到伏指數는 地下水 灌溉보다 都市生活污水 灌溉時 높았으며, 硅酸質肥料 및 加里肥料 增施時는 낮아지는 傾向이었다.

5. 試驗後 土壤中の pH, Ca, SiO₂ 含量은 硅酸質 肥料 施用으로 높아졌으며 pH, Na, Cl, SiO₂는 地下水 灌溉보다 都市生活 汚水灌溉時 더 높았다.

引 用 文 獻

1. 崔營眞, 趙光東, 朴昌圭, 朴俊圭. 1982. 京畿地方의 農業公害에 關한 研究. 韓國環境農學誌. 1(2) : 116~122.
2. 趙光東, 朴昌圭, 崔榮眞. 1985. 炭川邊汚水流入畝에서 窒素水準 및 土壤改良劑가 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響. 京畿農業 研究. 3 : 153~159.
3. 鄭炳官. 1987. 珪酸, 加里 및 Kiatchin-P.G가 벼의 到伏에 미치는 影響. 韓作誌. 32(3) : 336~340.
4. 鄭英浩, 金복영, 한기학. 1973. 우리나라 수질오염의 실태조사. 농시연보. 15(식환) : 7~15.
5. 金福榮. 1988. 水質汚染과 農業. 韓國環境農學誌. 7(2) : 153~169.
6. 金중수, 박경배, 최정. 汚水灌溉水가 벼 生育 및 米質에 미치는 影響. 韓土肥誌. 26(2) : 132~136.
7. Kono M. and J. Takashi. 1961. Studies on the relationship between breeding strength and chemical components of paddy stem. J. Soil Sci. Manure. Jap. 32 : 149~152.
8. 增島 博. 1984. 農業土木技術者のための水質入門(水質と作物生育) 日農土木誌. 52(9) : 51~56.
9. 松崗義湖. 1985. 環境保全. 日土肥誌. 56(6) : 571~581.
10. 農村振興廳. 1983. 農事試驗調查基準.
11. 農業技術研究所. 1976. 土壤化學分析法.
12. 朴英善, 朴天緒, 金泳燮, 高載英. 1970. 水稻에 있어서 加里의 施用이 石灰石의 效果에 미치는 影響. 韓土肥誌. 3(1) : 1~9.
13. 徐胤洙. 1985. 土壤 및 農産物 汚染. 韓國環境農學誌. 4(2) : 126~138.