

石灰 및 澱粉添加에 따른 湛水 土壤의 珪酸吸收量 및 吸着特性 變化

尹 禎 熙,* 黃 氣 性*

The Effect of Additions of Lime and Starch on the Silica Sorption Characteristics in Submerged Paddy Soil

Jung-Hui Yoon* and Ki-Sung Hwang*

Summary

A laboratory experiment was carried out to investigate the effects of the additions of lime and soluble starch on the behavior of silica in submerged soil.

1. Available silica in the submerged soil was increased as pH come up to neutral condition and Eh decreased.
2. Application of soluble starch accelerating the soil reduction nearly doubled the amount of silica sorbed in soil from silica solution.
3. Silica sorption of soil treated with slaked lime was increased to some extent in the low silica solution but was not showed that constancy in high silica solution.
4. The reaction between amount of silica sorbed in soil and silica concentration in solution followed not Langmuir but Freundlich adsorption isotherm.

緒 言

벼 栽培에서 認定하고 있는 珪酸의 重要性에 비추어 볼 때 土壤 中 珪酸의 行動에 관한 研究는 매우 未洽한 實情이다.

McKeague⁹⁾에 依하면 土壤溶液의 珪酸은 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 形態로 存在하며 土壤 中 可溶性珪酸의 濃度는 주로 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 의 吸着에 依하여 決定된다고 하였고 高橋와 日野²⁾는 溶液의 pH가 8 以上으로 높게 變化함에 따라 珪酸의 形態는 H_3SiO_4^- , $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$, HSiO_3^{2-} 및 SiO_4^{4-} 로 變形된다고 하였다.

平衡溶液의 珪酸濃度는 土壤에 珪酸을 添加할 境遇 處理한 溶液의 溫度, 土壤과 溶液의 比, pH 및 其他 土壤特性에 따라 달라지며 土壤의 水溶性 珪酸은 pH와 負의 相關關係를 나타내고 有効珪酸은 pH와 正의 相關關係를 보였다는 報告^{6,7)}가 있으며 또한 湛水에 의한 有効珪酸의 增加는 pH上昇에 基인하는 것으로 解釋하는 傾向^{6,7)}과 한편으로는 湛水한 土壤 中 珪酸의 增加는 還元에 의하여 水酸化鐵과 알루미늄에 吸着되었던 珪酸이 放出되기

때문이라는 報告³⁾ 등이 있다.

한편 珪酸溶液으로부터 土壤에 의한 珪酸의 吸着 樣相은 Langmuir 等温吸着式과 類似하지만 滿足하지 못하였다는 報告⁴⁾가 있으나 大體로 Freundlich 等温吸着式을 따르는 것으로 主張⁵⁾하고 있다.

이와같이 土壤의 珪酸吸着力이 무엇인지에 대하여 아직 不明確한 점이 많기 때문에 土壤 中 珪酸의 有効度 및 施用珪酸의 土壤 中 行動을 理解하는데 複雜性이 있다.

本 報告는 實驗室內에서 土壤에 石灰와 澱粉을 添加하여 土壤의 pH와 還元程度를 다르게 調節하고 이에 따른 土壤 中 有効珪酸 및 水溶性珪酸 含量의 變化를 調査하였고 한편 以上과 같이 處理된 濕土에 濃度가 다른 珪酸溶液을 加하였을 때 土壤의 珪酸吸着樣相과 吸着된 珪酸量이 주로 어떤 要因에 의하여 支配되는가를 檢討한 結果이다.

材料 및 方法

供試土壤은 高平和 德坪統의 表土를 2 mm체에 通

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

過한 것을 使用하였으며 化學的 特性은 表 1에서와 같이 德坪土壤은 高平土壤에 比하여 有機物, 珪酸 및 塩基含量이 높았다.

土壤에 대한 處理로는 土壤 100g에 1) 無處理 2) pH6.5 調節量 石灰施用 3) 土壤무게의 1%에 該當하는 澱粉施用的 3個 處理를 두었고 25±2℃에서 1個月間 湛水恒温한 뒤 濕土의 化學性 變化를 調査하였다.

消石灰 施用量은 緩衝曲線法에 의하여 高平土壤에 0.062g/100g, 德坪土壤에 0.018g/100g씩 添加하였다.

土壤分析에 있어서는 蓆酸抽出鐵⁵⁾은 土壤 1g에 50ml의 0.1M 蓆酸과 0.175M 蓆酸化 암모니움 混合液을 加하고 振盪하여 滌 후 滌液中的 鐵을 原子吸光 分析器에서 測定하였다. 珪酸吸着量은 土壤 2g씩에 CaCl₂를 0.01M含有하고 珪酸濃도가 19.1, 37.2, 71.2, 98.5 및 139.6ppm인 溶液 各 20ml를 加하여 24時間 振盪한 다음 平衡溶液 中の 減少된 珪酸濃도와 最初 溶液의 珪酸濃도 差異로부터 算出하였다. 其他成分의 分析은 農業技術 研究所의 標準法을 따랐다.

結果 및 考察

石灰와 澱粉을 土壤에 添加하여 1個月間 湛水恒温한 濕土中的 化學性은 表 1과 같았다.

石灰와 澱粉處理에 依하여 土壤의 pH, 有效珪酸 및 蓆酸抽出鐵 含量은 增加하였고 Eh와 水溶性珪酸 含量은 낮아졌는데 그 增減幅은 石灰處理보다 澱粉處理에 의한 것이 더욱 컸다.

土壤의 化學的 特性間的 關係를 보면 土壤의 pH가 中性部近으로 높아지면 有效珪酸은 增加하고 水溶性珪酸은 減少하였는데 이는 김⁶⁾, 金⁷⁾ 및 柳와 朴¹³⁾의 報告와 一致하였다. 그러나 土壤의 Eh값이 낮을수록 水溶性珪酸含量이 낮아졌음은 一部 從來의 報告³⁾와 相反되는 結果이었다.

以上과 같은 結果에 대한 原因을 分析하기 위하여 添加物質에 따른 濕土의 珪酸吸收量을 보면 無處理에 比하여 石灰添加에 의한 珪酸吸收量은 珪酸濃度範圍가 一定值(高平 90ppm, 德坪 70ppm) 以下에서만 若干 增加되었으나 澱粉添加에 의한 珪酸吸收量의 增加는 어느 珪酸濃度에서나 매우 顯著하였다. 한편 Eh값이 낮은 高平土壤의 珪酸吸收量이 Eh값이 높은 德坪土壤보다 컸다.

Table 1. Chemical properties of soils used for experiment.

Soil	pH (1:5)	OM (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. me/100g			Av. SiO ₂ (ppm)
				K	Ca	Mg	
Gopyeong	5.8	1.0	38	0.31	2.9	1.3	148
Deogpyeong	6.0	1.8	40	0.38	5.5	3.1	218

Table 2. Chemical characteristics of submerged paddy soils incubated for one month.

Soil	Treatment	pH	Eh (mv)	Av. SiO ₂ (ppm)	W. S. SiO ₂ (ppm)	Oxalate Fe (%)
Gopyeong	No treat.	5.7	-35	167	17.1	1.07
	Lime	6.5	-80	214	9.8	1.12
	Starch	6.5	-214	248	7.5	1.20
Deogpyeong	No treat.	6.2	26	198	8.9	0.84
	Lime	6.4	-42	252	8.9	0.85
	Starch	6.7	-126	341	8.5	1.30

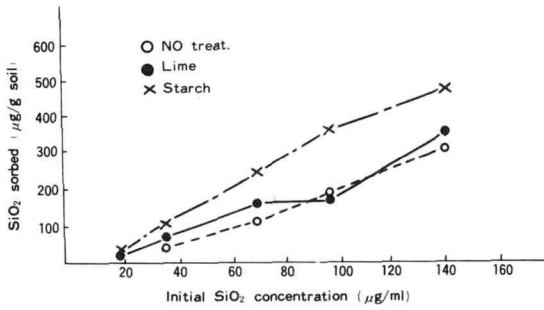


Fig. 1. Silicate sorption in Gopyeong soil under submerged condition.

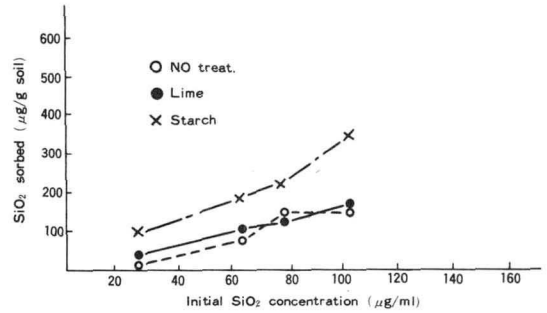


Fig. 2. Silicate sorption in Deogyong soil under submerged condition.

이 결과에서 볼 때 土壤의 珪酸吸收量은 pH增加에 따른 影響보다는 土壤의 還元促進에 의한 影響이 더 크며 土壤別로는 還元이 심한 土壤일수록 크다.

이와같이 土壤에 吸收된 珪酸은 相當部分이 有効珪酸의 形態로 存在한다고 볼 수 있으며 表2에서와 같이 석회 및 澱粉處理에 의해서 水溶性珪酸이 減少되는 傾向은 土壤溶液으로부터 相當량의 有効珪酸이 土壤에 吸收되기 때문일 것이다.

Khalid等⁵⁾의 報告에 의하면 Fe(OH)₃가 還元型인 Fe(OH)₂로 變化함에 따라 珪酸을 吸收할 수 있는 部位가 많아진다고 하였다.

表2에서 蓴酸抽出鉄(oxalate-Fe) 含量은 無處理에 比하여 石灰施用으로 若干 增加되었으나 澱粉施用으로 크게 增加하여 土壤의 珪酸吸收能은 oxalate-Fe의 增加와 關聯이 있음을 볼 수 있다.

oxalate-Fe는 주로 Fe(OH)₃-Fe(OH)₂의 混合物로써 이것과 土壤의 珪酸吸收量과의 關係를 그림 3

에서 보면 그 相關係數는 r=0.858로서 매우 높고 直線回歸式에서 求한 Fe:Si의 物比는 45:1이었다.

한편 土壤의 Eh와 oxalate-Fe와의 關係를 나타낸 그림 4를 보면 土壤還元으로 Eh가 減少함에 따라 oxalate-Fe의 生成量이 크게 增加하고 있다.

이상과 같이 湛水土壤의 有効珪酸增加의 本質은 주로 水酸化鉄의 還元 때문이며 이와 함께 還元에 의한 pH上昇도 影響을 미친다고 볼 수 있다.

土壤의 珪酸吸着樣相을 分明히 하기 위하여 高平土壤에 대하여 土壤의 珪酸吸着量과 添加溶液中 珪酸의 平衡濃度와의 關係를 Plot한 結果 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 Langmuir 等温吸着 樣相과는 전혀 달랐고 Freundlich 等温吸着 Plot를 하면 各點들이 거의 一直線에 놓이는 것으로 보아 Freundlich 等温吸着을 하는 것으로 判斷되었다. 따라서 土壤에서 珪酸의 吸着은 單分子戶吸着을 하는 것이 아니라 膠質性 珪酸鉄이나 알루미늄鉄이 形成되는

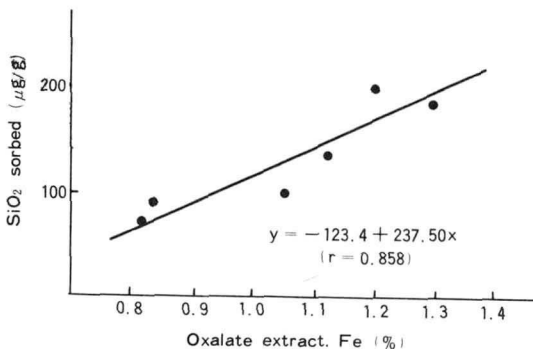


Fig. 3. Relationship between SiO₂ sorbed and oxalate extractable Fe in submerged Gopyeong soil.

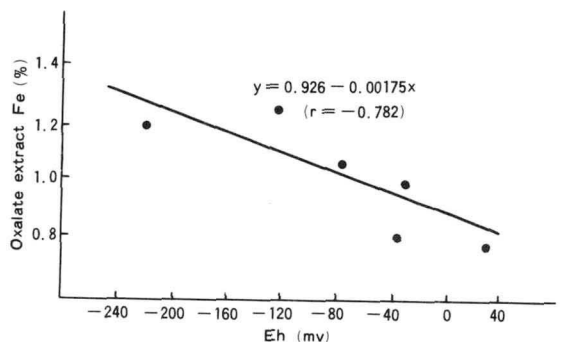


Fig. 4. Relationship between oxalate extractable Fe and Eh in submerged Gopyeong soil.

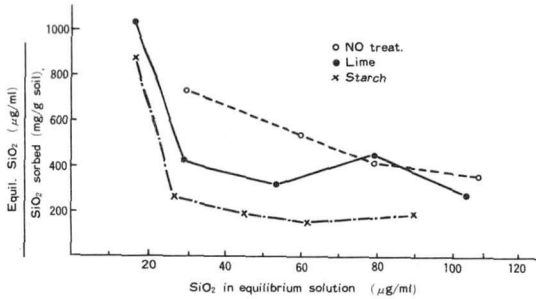


Fig. 5. Plot of adsorption data to test obedience to Langmuir isotherm in Gopyeong soil.

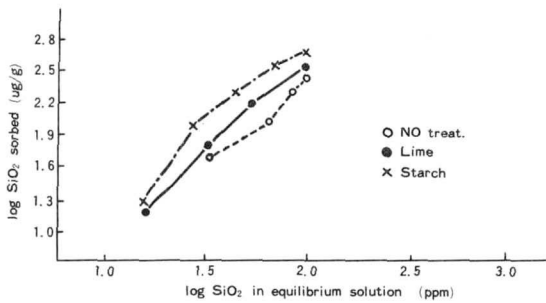


Fig. 6. Plot of adsorption data to test obedience to Freundlich in Gopyeong soil.

것이 아닌가 生覺된다.

摘 要

實驗室內에서 有効珪酸含量이 다른 2個 埴壤質 土壤에 石灰와 澱粉을 添加하고 25℃로 1個月間 湛水恒溫 處理한 뒤 土壤의 有効珪酸과 水溶性 珪酸의 行動을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 湛水土壤 中 有効珪酸含量은 pH上昇과 Eh低下에 의하여 增加되었고 同一 pH條件에서는 Eh가 낮은 土壤에서 높았다.

2. 水溶液 中 珪酸이 土壤에 吸收되는 量은 澱粉處理로 顯著히 增加되었다.

3. 石灰處理에 의한 土壤의 珪酸吸收量 增減은 一定한 傾向을 보이지 않았으나 添加溶液의 珪酸濃度가 낮은 境遇는 石灰施用으로 吸收量이 多少 增加되었다.

4. 畚土壤의 珪酸吸收樣相은 Langmuir 等溫吸着式과는 전혀 달랐고 Freundlich 等溫着式과 類似

하였다.

引 用 文 獻

1. Beckwith, R.S. and R. Reeve. 1963. Studies on soluble silica in soils. I. The sorption of silicic acid by soils and minerals. *Aust. Jour. Soil Res.* 1: 157-168.
2. 高稿英一, 日野和裕. 1978. ケイ酸の 溶存形態がイネの ケイ酸 吸収에 およぼす 影響について. *日土肥誌* 49(5): 357~360.
3. De Datta. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley & Sons: 136-137.
4. Gallez, A., A.J. Herbillon, and A.S.R. Juo. 1977. Characteristics of silica sorption and solubility as parameters to evaluate the surface properties of tropical soils: I. The index of silica reactivity. *Soil Sci. Soc Am. J.* 41: 1146-1150.
5. Khalid, R.A., W.H. Patrick and R.D. DeLaune. 1977. Phosphorus sorption characteristics of flooded soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 305-310.
6. 김봉태. 1974. 토양중에서 규산의 행동에 관한 연구. *농촌진흥청 농업기술연구소 시험연구보고서(토양화학편)*: 373~376.
7. 金元出, 鄭 晔, 韓惠瑩, 鄭奎鎔. 1977. 土壤中 有効珪酸의 增加와 水稻生育에 미치는 石灰의 效果. *農事試驗研究報告* 第19輯(土壤肥料·作物保護·菌相編): 121~126.
8. Mckeague, J.A. 1962. Silica in solutions in the presence of soil related material. Ph. D. thesis. Cornell University Microfilms. Inc., Ann Arbor, Michigan. USA.
9. Mckeague, J.A. and M.G. Cline. 1963. Silican in soils. *Advances in Agronomy*. Vol. 15: 339-396.
10. Melich, A. and M. Drake. 1955. Chemistry of the soil (Ed. F.E. Bear). p. 316.
11. 박천서. 1970. 한국 논토양같이 흙의 유효규산 함량과 규산질 비료의 효과와의 관계. 유효규산 함량분포 및 사용량에 관한 연구 *농시연보(식물환경편)*: 1~30.
12. 朴永大, 金泳燮. 1971. 秋落畚 水稻에 對한 珪酸의 增収效果. *韓土肥誌* 4(1): 1.
13. 柳順昊, 朴理達. 1980. 土壤에 處理한 鉍洋珪酸質 肥料의 粒度別 溶解度 및 移動性. *韓土肥誌* 13(2): 62.