

珪酸이 水稻 幼苗의 溢液에 미치는 影響

諸 商 律 · 崔 章 洙

慶北大學校 農科大學 農學科

Influence of SiO₂ Treatment on Guttation in Rice Seedlings Stage

Jeh, Sang Yull. Choi, Jang Soo

Dept. of Agronomy, Coll. of Agric., Kyungpook Natl. Univ.

Summary

This study was conducted to find out the effect of SiO₂ treatment on the SiO₂ concentration in guttation liquid, the amount of guttation liquid exudated from the margin of rice leaves, and the relationships between SiO₂ concentration in guttation liquid and foliar burn during the rice seedling stage, using two rice varieties; Nagdong-byeo (a Japonica) and Samgang-byeo (a Indica - Japonica hybrid). Seedlings were cultivated in water solution and enveloped in polyvinyl case (50cm×150cm×70cm). SiO₂ treatment increased the amount of guttation liquid, the amount of guttation liquid (Nagdong-byeo: 4.30mg/plant, Samgang-byeo: 4.34mg/plant) treated with 200ppm of SiO₂ was greater than any other level, decreased over 200ppm of SiO₂.

SiO₂ concentration in guttation liquid was increased as application rates of SiO₂ increased, showing the positive correlation, and SiO₂ in guttation liquid/SiO₂ in culture solution ratio decreased over 100ppm of SiO₂.

The highest concentration of SiO₂ (Nagdong-byeo: 172.6ppm/1cc, Samgang-byeo: 199.8ppm/1cc) in guttation liquid was obtained at 12 hrs after SiO₂ applied. Foliar burn seemed to be closely related with SiO₂ concentration in guttation liquid.

緒 論

溢液現象은 葉의 排水組織을 통해 液體狀態로 水分이 排出되는 것으로, 根으로부터 吸收되는 水分과 溶質의 量이 植物體의 貯藏能力과 蒸散에 依한 損失의 合보다 클때 일어나며¹⁾, 根의 能動的 吸收에 依해 發生한 根壓에 起因한다고 알려져 있다.

郭等²⁾은 禾穀類, 토마토, 사탕무우, 양배추, 딸기, 클로우버 등의 草本類에서 溢液現象이 顯著하게 일어난다고 하였다.

이러한 溢液現象은 蒸散作用이 抑制되는 環境條件下에서 導管을 통한 물의 移動에 중요한 役割을 하며³⁾, 溢液量의 增加는 根壓의 增大에 起因되며, 根壓의 增大는 根의 生理的 活力이 크다는 것을 意

味하고, 溢液量이 많다는 것은 根의 生理的 活力과 重要한 關係가 있다고 하였다.⁸⁾

施肥量이 많아지면 溢液量이 크게 增加되며, 또한 葉先端에 塩의 集積도 많아지는데,⁹⁾ Duell 等¹¹⁾은 施肥量이 많은 토양에서는, turfgrass에 塩이 많이 集積되었으나, 降雨나 灌溉 後 塩이 除去된다고 報告하였으며, Minshall⁹⁾은 토마토에 尿素나 KNO_3 를 施肥하면 溢泌量이 크게 增加한다고 報告한 바 있다.

溢液은 純粹한 물이 아니며, 有機物과 無機物의 稀釋溶液으로서, 호밀, 밀, 보리의 幼苗에서 排出된 溢液에는 糖, 아미노산, N, P, K, Mg等이 含有되어 있는데 특히 K의 含量이 많다고 報告한 바 있으며⁹⁾, 水稻의 溢泌中에는 珪酸이 處理 濃도보다 매우 높게 含有되어 있다고 하였다.¹⁰⁾

本 試驗은 水稻 幼苗의 葉先端으로부터 排出되는 溢液中에 珪酸이 어느 程度 含有되어 있으며, 溢液中에 含有되어 있는 珪酸이 水稻 幼苗에 미치는 影響을 調査하였던 바 몇가지 結果를 얻었기에 이에 報告코져 한다.

材料 및 方法

本 試驗은 多收系 品種 삼강벼와 一般系 品種 낙동벼를 供試하여 國際米作研究所 (IRRI)에서 使用하고 있는 水耕液¹²⁾으로 溫度範圍가 29~33°C인 室內의 自然光 狀態에서 50cm×150cm×70cm인 vinyl箱子로 密閉하여 栽培하였으며, 珪素源으로는 $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ 를 使用하였다.

水耕栽培 容器는 Nylon·網絲를 附着시킨 ϕ 13cm, 높이 8.5cm인 plastic 容器이며, 各各의 容器에 蒸溜水를 채운 後 23g의 種子를 催芽시켜 播種한 後 1週日 栽培하였다. 試驗은 모두 3反復으로 遂行하였다.

1. 珪酸 處理濃度別 溢液中 珪酸의 含量과 溢液量의 變化

蒸溜水에 1週日間 栽培한 幼苗를 珪酸 濃度量 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300ppm으로 調整한 水耕液을 處理하여 12時間後 micro-pipette를 使用하여 溢液을 採取하였으며, 蒸溜水로 30倍 稀釋하여 Kolthoff⁹⁾ 方法에 依해 溢液中 珪酸을 分析하였다.

溢液量은 各 試驗區에서 20個體에 달린 溢液을 吸濕紙에 吸收시켰으며, 吸收後의 무게에서 吸濕紙의 무게를 除하여 mg으로 表示하였다.

2. 珪酸 處理 後 時間 經過에 따른 溢液中 珪酸 含量의 變化

蒸溜水에 1週日間 栽培한 幼苗에 珪酸 濃도를 0, 100, 200, 300ppm으로 調整한 水耕液을 處理한 後 6, 12, 18, 24時間마다 溢液을 1cc 採取하여 蒸溜水로 30倍 稀釋하였으며, Kolthoff 方法에 依해 溢液中 珪酸을 分析하였다.

3. 珪酸 處理濃度別 葉燒의 程度

蒸溜水에 1週日間 栽培한 幼苗에 珪酸 濃도를 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300ppm으로 調整한 水耕液을 處理하여 1週日 栽培한 後 幼苗에 나타난 葉燒의 程度를 調査하였다.

結果 및 考察

1. 珪酸 處理 濃度別 溢液中 珪酸의 含量과 溢液量의 變化

水耕液에 處理된 珪酸 濃度別 溢液量의 變化는 表 1과 같다.

Table 1. Amount of guttation liquid from the leaves under the different SiO_2 levels in culture solution

SiO ₂ in culture solution (ppm)	Amount of guttation liquid (mg/plant)	
	Nagdong-byeo	Samgang-byeo
0	2.39 (100.0%)	1.49 (100.0%)
50	2.48 (103.7%)	2.05 (137.5%)
100	3.18 (133.0%)	2.67 (179.1%)
150	3.70 (154.8%)	4.23 (238.3%)
200	4.30 (180.0%)	4.34 (291.2%)
250	3.51 (146.8%)	3.33 (223.4%)
300	3.40 (142.2%)	3.22 (216.1%)

溢液量은 多收系 品種 삼강벼와 一般系 品種 낙동벼 共히 珪酸 處理 濃도가 200ppm까지 增加할수록 溢液量이 많았으며 250ppm 以上에서는 減少하였다.

Kramer⁷⁾에 의하면 一般的으로 過多 施肥는 溢液의 排出을 增大시킨다고 하였으며, 또한 施肥量의 增加에 따라 葉先端에 塩이 많이 集積된다고 하였다. Minshall⁹⁾은 토마토에 尿素나 KNO_3 를 施肥하면 溢液量이 크게 增大되었다고 報告한 바 있는데, 本 試驗에 있어서도 珪酸 處理 濃度가 높을수록 溢液量이 增加하였다.

溢液量이 增加되는 것은 珪酸이 水稻根의 酸化力을 增大시켜 根의 活力을 旺盛하게 하는데,¹⁰⁾ 本 試驗에서도 이로인해 溢液의 排出量이 많아진 것으로 推定된다.

珪酸 處理 濃度別 溢液中의 珪酸 含量의 變化는 그림1과 같다.

珪酸의 處理 濃度가 높을수록 溢液을 통해 排出되

Table 2. Changes in SiO_2 in guttation liquid/treated SiO_2 in culture solution ratio on different SiO_2 levels

Variety	SiO_2 in culture solution (ppm)	SiO_2 in guttation liquid (ppm)	SiO_2 in G. L. *	
			ratio	SiO_2 in C. S. **
Nagdong-byeo	0	12.4		0.00
	50	50.3		1.00
	100	91.4		0.91
	150	119.1		0.79
	200	135.1		0.67
	250	145.2		0.58
	300	177.1		0.59
Samgang-byeo	0	16.0		0.00
	50	48.2		0.96
	100	94.8		0.94
	150	123.2		0.82
	200	143.2		0.72
	250	165.5		0.66
	300	186.2		0.62

*G. L. : Guttation liquid **C. S. : Culture solution

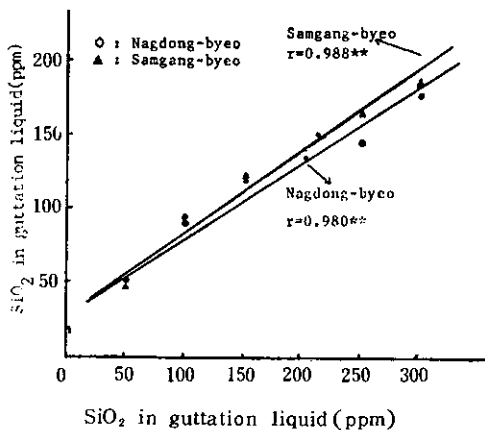


Fig. 1. Relationship between SiO_2 conc. in guttation liquid and SiO_2 levels in culture solution.

는 珪酸의 含量이 많았으며, 處理 珪酸의 濃度와 溢液中 珪酸의 濃度는 正의 相關(삼강벼 $r=0.988^{**}$, 낙동벼 $r=0.980^{**}$)를 나타내었다.

Triplett¹²⁾는 根으로부터 吸收되는 K^+ , NO_3^- 量은 導管液에 含有되어 있는 K^+ , NO_3^- 量과 正의 相關이 있다고 報告한 바 있는데, 本 試驗에서는 水稻 根으로부터 吸收되는 珪酸의 量은 溢液에 含有되어 있는 珪酸의 量과 正의 相關을 나타내었다.

表 2는 溢液中 珪酸의 濃度 對 處理 珪酸의 濃度比를 나타낸 것으로, 珪酸 處理 濃度에 對한 溢液中 珪酸 濃度の 增加率을 意味한다. 表 2에 依하면 溢液中 珪酸의 濃度 對 處理 珪酸의 濃度比는 100ppm 以上에서는 減少하였다.

Okuda 等¹⁰⁾은 珪酸의 處理 濃度가 높을수록 溢液에 含有되어 있는 珪酸의 濃度は 增加하며, 處理한 珪酸의 濃도보다 溢液에 含有되어 있는 珪酸의

Table 3. Changes in SiO₂ in guttation liquid obtained 6, 12, 18 and 24 hrs after SiO₂ treatment

Variety	SiO ₂ in culture solution (ppm)	Time after SiO ₂ application (hrs)				L. S. D. (5%)
		6	12	18	24	
Nagdong-byeo	0	9.6	32.9	10.9	10.6*	5.8
	100	50.4	88.5	79.9	46.9	15.2
	200	114.8	134.1	115.5	117.7	12.8
	300	151.5	172.6	160.2	150.1	12.7
Samgang-byeo	0	12.7	15.8	9.7	12.4*	6.2
	100	90.2	103.9	76.5	61.1	12.3
	200	124.5	191.6	119.1	113.2	9.6
	300	166.4	199.8	177.4	171.8	23.8

*SiO₂ ppm in guttation liquid

濃도가 높다고 하였으며, Kramer⁷⁾에 의하면 一般적으로 溢液中에 含有되어 있는 溶質의 濃度は 溢液에 含有되어 있는 溶質의 濃도보다 낮다고 하였는데, 本 試驗에서는 溢液으로 排出되는 珪酸의 濃度は 處理 珪酸의 濃도보다 낮게 나타났으며, 溢液中 珪酸의 濃도 對 處理 珪酸의 濃도 比는 減少하였다.

2. 珪酸 處理 後 時間 經過와 溢液中 珪酸 含量의 變化

珪酸 處理 後 6, 12, 18, 24時間마다 採取한 溢液中 珪酸의 濃도 變化는 表 3과 같다.

溢液中 珪酸 濃도는 多收系 品種 삼강벼와 一般系 品種 낙동벼 共히 珪酸 處理 12時間 後에 가장 높았다. 그 後에는 差異가 적었다.

朴¹¹⁾에 의하면 낮은 濃도의 珪酸 溶液中에서 生育한 水稻를 높은 濃도의 珪酸 溶液에 生育시키면 短時間內에 培養液中的 珪酸을 거의 全部 吸收하는 힘이 있다고 報告한 바 있는데, 本 試驗에서도 珪酸은 短時間에 吸收되어 溢液을 通해 外部로 排出되었다.

3. 溢液中 珪酸이 葉燒에 미치는 影響

珪酸 處理 濃도에 따라 溢液中 珪酸 含量의 變化와 葉燒와의 關係는 表 4와 같다.

珪酸 處理 濃도가 높을수록 溢液中 珪酸 含量은 增加하며, 溢液中 珪酸 含量이 增加할수록 葉燒現象은 많이 나타났다.

葉燒現象은 葉先端에 排出된 溢液의 水分이 蒸發하면서 溢液中에 含有되어 있는 塩이 葉의 表面을 損傷시키는 것으로서, 主로 calcium塩이나 glutamine塩이 關與한다고 한다⁷⁾.

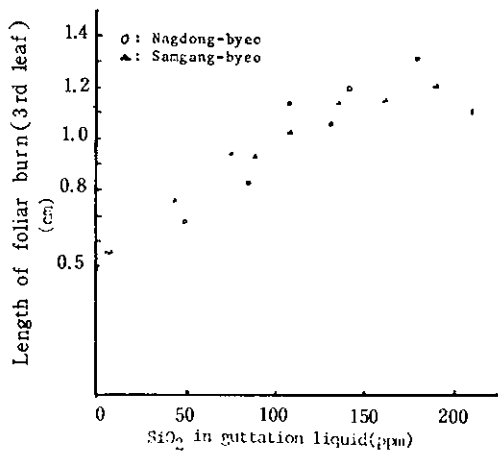
本 試驗에서 나타난 葉燒現象은, 第2葉에서는 珪酸의 處理 濃도에 따른 葉燒의 程度는 差異가 없으나, 第3葉에서는 珪酸의 處理 濃도에 따른 葉燒의 程度는 差異가 認定되었다. 第2葉에서의 葉燒 現象은 珪酸 處理 前에 이미 葉燒된 것이라 생각되며, 이러한 葉燒現象은 珪酸이 間接적으로 關與한 것으로 생각된다. 姜⁹⁾은 水稻 體內에서 珪酸은 一時的으로 Ca와 Mg과 같은 2價이온들과 結合하여 calcium metasilicate (CaSiO₃)나 Magnesium metasilicate (MgSiO₃) 같은 塩을 쉽게 形成한다고 推定하였는데, 本 試驗에서는 溢液量이 增加할수록 溢液中的 珪酸이 많이 檢出되었으며, 또한 塩의 集積이 增加됨을 觀察할수 있으므로 水稻 幼苗의 葉燒 現象은 珪酸과 2價이온이 結合한 塩의 影響이라 생각된다.

그림 2는 溢液中 珪酸의 濃도와 葉燒 사이의 關係를 나타낸 것으로 溢液中 珪酸의 濃도와 葉燒 사이에는 正의 相關(삼강벼 r=0.97**, 낙동벼 r=0.97**) 關係가 있었다.

以上の 結果를 綜合하면 水稻 生育初期에서의 珪酸 處理는 溢液의 排出量을 많게 하였으며, 珪酸 處理 濃도가 높을수록 溢液中 含有되어 있는 珪酸의 濃도는 增加하였다. 또한, 珪酸 處理 後 12時間에 採取한 溢液에 가장 많은 珪酸이 含有되어 있는데,

Table 4. Influence of SiO₂ in guttation liquid on foliar burn

Variety	SiO ₂ in culture solution (ppm)	SiO ₂ in guttation liquid (ppm)	length of foliar burn (cm)	
			2nd leaf	3rd leaf
Nagdong-byeo	0	12.4	0.30	0.55
	50	50.3	0.30	0.64
	100	91.4	0.30	0.81
	150	119.1	0.31	1.13
	200	135.1	0.31	1.01
	250	145.2	0.32	1.16
	300	177.1	0.34	1.28
L. S. D. (5%)		9.8	0.05	0.23
Samgang-byeo	0	16.0	0.34	0.55
	50	48.1	0.39	0.75
	100	94.8	0.38	0.94
	150	123.2	0.38	1.00
	200	143.4	0.37	1.14
	250	165.4	0.37	1.14
	300	186.2	0.30	1.16
L. S. D. (5%)		11.2	0.06	0.14

Fig. 2. Relationship between SiO₂ in guttation liquid and foliar burn.

이것은 水稻 生育初期에 있어 珪酸은 短時間에 吸收되어 溢液을 통해 多量 外部로 排出된 것이라 思料되며, 葉燒 現象은 溢液中의 珪酸 濃度와 正의 相關關係가 있었다.

溢液은 純粹한 물이 아니며 有機物과 無機物의 稀釋溶液으로서, 水稻의 溢液에 含有되어 있는 有

機, 無機 成分의 種類와 이들 成分이 植物體에 미치는 影響은 今後에 明白히 할 必要가 있다고 생각된다.

摘 要

水稻 生育初期에 珪酸을 處理할 때 幼苗의 葉先端으로부터 排出되는 溢液量과 溢液을 통해 어느 程度 珪酸이 外部로 排出되며, 溢液中의 珪酸과 葉燒와 의 關係를 究明하고자 多收系 品種 삼강벼와 一般系 品種 낙동벼를 供試하여, 溫度範圍가 29~33°C 인 室內 自然光下에서 50cm×150cm×70cm인 vinyl 箱으로 密閉하여, 水耕 栽培한 水稻 幼苗에서 採取한 溢液中의 珪酸을 分析 調査하였던 바 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 珪酸 處理 濃도가 200ppm까지 增加할수록 溢液量은 增加하였으며, 珪酸 處理 濃도가 200ppm일 때 溢液量은 낙동벼 4.30mg/plant, 삼강벼 4.34mg/plant 이었으며, 250ppm以上에서는 溢液量이 減少하였다.

2. 珪酸 處理 濃도가 높을수록 溢液中 含有되어 있는 珪酸의 濃도는 增加하였으며, 溢液中 珪酸의

濃度對珪酸處理濃度比는 100ppm 以上에서는 減少하였다.

3. 處理된珪酸은 短時間에 水稻根으로 吸收되어 溢液을 통해 排出되며 處理後 12時間에 排出된 溢液에 珪酸의 含量이 가장 많았으며, 珪酸 處理

300ppm에서의 溢液中 珪酸의 濃度는 낙동벼 SiO_2 172.6ppm/cc, 삼강벼 SiO_2 199.8ppm/cc이었다.

4. 溢液中에 含有되어 있는 珪酸의 濃도와 葉燒의 程度는 正의 相關(낙동벼 $r=0.97^{**}$, 삼강벼 $r=0.97^{**}$)이 있었다.

引用 文 獻

1. Duell, R.W. and Markus, D.K. :1977, Guttation deposits on turfgrass, Agron. J., 69 : 891-894.
2. Goetly, J.L. and Lewis, R.W. :1966, Composition of guttation fluid from rye, wheat and barley seedlings, plant physiol., 41 : 373-375
3. 池泳鱗：新稿 水稻作, 郷文社(1975) pp. 116 - 124
4. 姜良淳：1985, 水稻 生育에 있어서 珪素의 影響, 農事試驗研究 論文集(植環, 菌茸, 農加篇), 27(1) : 57-72
5. Kolthoff, I.M. : Treatise on analytical chemistry, part II, Analytical chemistry of the elements, vol. II, Interscience, New York(1967) pp.200 - 202
6. 郭炳華, 任彬, 孫膺龍：新稿植物生理學, 郷文社(1977) pp. 50-52
7. Kramer, P.J. :Water relations of plants, Academic press, New York(1983) pp. 215 - 234
8. 李種薰, 安淙國：1983,水稻機械移秧箱 殺菌劑處 理가 淸苗 防除 및 生育調節作用에 미치는 影響, 韓作誌, 28(3) : 328 - 333
9. Minshall, W.H. :1968, Effect of nitrogenous materials on translocation and stump exudation in root systems of tomato, Can. J. Bot., 46 : 363 - 376
10. Okuda, A. and Takahashi, E. : The role of silicon, The mineral nutrition of the rice plant, The Johns Hopkins press, Baltimore (1965) pp. 123 - 146
11. 朴永大：1967, 水稻의 生育에 미치는 珪酸의 效果, 農試研報 10(3) : 55 - 61
12. Triplett, E.W., Barnett, N.M. and Blevins, W.G. :1980, Organic acid and ionic balance in xylem exudate of wheat during nitrate or sulfate absorption, plant physiol., 65 : 610 - 613
13. Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H. and Gomez, K.A. : Laboratory manual for physiological studies of rice, 3rd ed., Int. Rice Res. Inst., LosBonas, phil., (1976) p. 38