

珪素가 벼의 葉身 氣孔 크기와 密度에 미치는 影響

姜 良 淳

Effects of Silicon on Stomatal Size and Frequency in Rice Plants

Yang Soon Kang

ABSTRACT : Stomatal frequency and size of rice plant grown in the different silicon levels of the culture solution in phytotron were observed on both side of the 7th leaf blade.

By the application of silicate, stomatal frequency and rates of stoma cell area to the leaf area were remarkably reduced in Milyang 23. It could be considered as favorable characteristics which might be reduced the transpiration rate from leaf surface of rice plant besides presence of cuticle-silica double layer in leaf surface.

植物은 氣孔을 통하여 葉과 大氣間의 水分蒸散 및 擴散抵抗 機能을 調節하므로서 光合成 및 蒸散作用에 影響을 미치며 Gaastra Model 에 의하면 氣孔 抵抗 變化는 光合成 보다는 水分蒸散에 더 影響이 크다.⁹⁾ 氣孔에 관한 研究는 作物生産과 關聯한 水分經濟面에서 주로 이루어졌기 때문에 밭 作物에 대한 報告는 많으나 물에서 栽培되는 벼에 있어서는 氣孔 密度와 關聯하여 光合成面으로의 研究가 되었을 뿐 氣孔密度에 대한 것은 그리 많지 않는 實情이다.

벼의 氣孔數는 300개/mm² 程度로서 대부분의 식물 氣孔數 50~300개/mm² 비하여 相當히 많은 植物이라고 볼 수 있다.^{11,19)} 또한 氣孔 密度는 식물의 種內에서도 品種間 差異가 클 뿐만 아니라^{3,4, 5, 6, 8, 10, 15, 16, 17, 20, 24, 25, 26, 28)} 生育環境에 따른 差異도 크다.^{2, 7, 13, 14, 18, 21, 22, 23, 27, 29, 30, 33, 34)}

Yoshida & Ono³⁵⁾ 는 벼의 止葉中 氣孔數는 日·印交雜種이 가장 많았고 다음이 印度型 品種 그리고 日本型 品種이 가장 적었으며 水稻보다는 陸稻 品種이 적었다고 報告하였다. 또 그들은 窒素 施肥 條件에 따른 氣孔數의 特性을 본 結果 少肥區에서 많았고 追肥에 의하여 增加되었다고 하였다.

Brag¹⁾ 은 植物體中 K濃도가 氣孔數와는 關係가 컸으나 Na濃도는 影響이 없었다고 하였고 植物體中 加里含量이 높으면 氣孔數가 줄어든다고 報告하였다.

Yoshida³¹⁾ 는 벼가 다른 식물과는 달리 特異的으로 珪酸을 다량 吸收하여 葉表面에 集積시킴으로써 水分 蒸散을 抑制시킨다고 하였다. 이리하여 本 研究에서는 珪酸과 加里의 相助 吸收 關係¹²⁾ 를 고려하여 珪酸 供給에 따른 葉面 氣孔 密度 變化를 檢討하였다.

材料 및 方法

生理生態型이 相異한 日本型 品種 “眞珠벼”와 日·印 交雜種인 “밀양 23호”를 溫冷調節 溫室(晝-夜: 25℃ ~ 20℃)에서 冬季에 水耕栽培(國際米作研究所)³²⁾ 하였다. 벼의 제 4엽기까지는 수경액에 珪素를 30 ppm 添加하여 栽培하다가 제 5엽기 以後부터는 珪素 濃도를 0, 30, 60 ppm의 3水準으로 區分 栽培하였다. 使用된 珪素源은 Sodium Silicate(Na₂SiO₃ · H₂O)이었다.

벼의 제 7본엽이 完全 展開되었을 때 處理別 葉身의 크기가 均一한 제 7엽의 中肋 오른쪽을 따라 葉身 先端으로부터 아래로 5cm 部位와 葉身 基部로부터 위로 5cm 部位 및 葉身 中央部の 表裏에 SUMP法¹¹⁾을 응용한 透明 Manicure를 2cm × 1cm 面積으로 塗抹하여 얻은 薄膜을 光學顯微鏡 600倍 下에서 검정하였다. 검정은 薄膜의 3地點中의 氣孔數를 헤아려서 각각 mm²으로 換算하였고 0.1μ eye-piece scale로서 孔邊細胞의 길이와 폭

* 麥類研究所 (Wheat & Barley Research Institute, Suwon, 441-440, Korea <'90. 11. 27 接受)

(兩 副細胞 包含)을 測定하여 兩者를 綜合 數値를 氣孔細胞의 크기로 나타내었다.

結果 및 考察

水耕液中の 珪素 濃度を 달리하여 生育시킨 水稻 品種들의 제 7 葉기 葉身중 氣孔 分布의 品種間 珪素 反應을 보면 그림 1 에서와 같이 日本型인 眞珠 벼는 珪素 濃度 水準에 따른 同一 葉身內 部位別 氣孔數의 分布 變異가 195~239個/mm² 로 작았다. 그러나 日·印 交雜種인 밀양 23 호는 195~447 個 /mm² 로서 대단히 컸는데 특히 낮은 珪素 水準에서 栽培된 葉의 表面에서 보다 裏面에서 氣孔數가 많았고 葉 先端部 쪽일수록 많았으며 높은 珪素 水準에서 栽培된 葉에서는 氣孔數가 顯著히 줄어들면서 葉身別 分布 變異도 均一化 되어 葉身 氣孔 分布에 대한 品種間 珪素 反應이 다르게 나타났다.

밀양 23 호에서와 같이 珪素 濃度 增加에 따른 葉

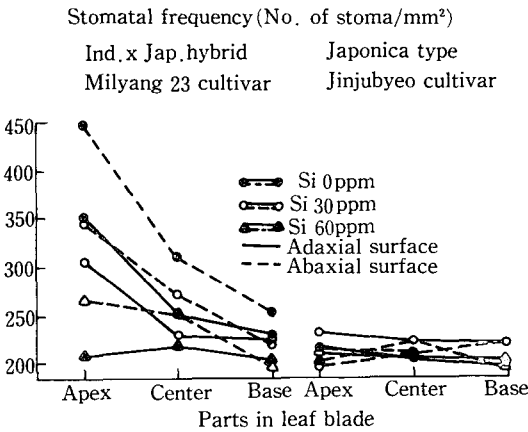


Fig. 1. Stomatal frequency in the 7th leaf of rice plant grown in the different silicon levels.

Table 1. Changes in size of stomatal cell in the 7th leaf of rice plant as affected by silicon application.

Si Conc. (ppm)	Adaxial surface				Abaxial surface			
	Apex	Centre	Base	Av.	Apex	Centre	Base	Av.
μ^2								
Milyang 23								
0	387.5	350.0	341.7	359.7	318.8	329.2	295.8	314.6
30	379.2	366.7	322.5	356.1	326.7	358.3	318.5	334.6
60	356.2	387.5	362.5	362.5	362.5	387.5	350.0	366.7
Jinjubyeo								
0	443.8	493.8	414.6	450.7	354.2	420.8	383.3	386.1
30	460.4	422.9	520.8	468.0	373.3	346.7	460.4	393.5
60	389.6	350.0	513.3	457.0	354.2	354.0	364.6	357.7

身中 氣孔數의 減少는 光合成面에서 不利하지 않는 한 水分經濟面에서 대단히 有利한 特性으로 볼 수 있을 것이다. 벼의 水分蒸散은 葉身 表皮에 Cuticle-silica 2重層의 存在로 알려져 있지만^{3D} 以外에도 珪素 供給에 따른 氣孔數 減少로 水分蒸散이 抑制될 수 있는 可能性도 考慮되어야 할 것으로 보인다. 이 點에 대해서는 水分蒸散과 關聯한 研究를 並行하여 더 檢討가 이루어져야 할 것으로 본다.

본 시험의 結果에서 밀양 23 호는 葉身 先端部 쪽에서 氣孔分布가 많았다. 이 點은 Yoshida & Ono³⁵가 自然圃場 狀態에서 栽培한 벼의 止葉中 部位別 氣孔數 分布 調查 結果 葉身 中央部位가 先端이나 基部보다 10% 많다는 報告와 一致되지 않았다. 그것은 두 시험 條件의 相異에 따른 栽培環境과 또 벼의 葉齡 差異로 보인다. 한편 孔邊細胞와 副細胞를 包含한 氣孔細胞의 크기에 있어서는 두 品種 모두 全般的으로 氣孔數와는 負의 相關을 보여(표 1) 적은 氣孔數를 갖는 眞珠벼가 많은 氣孔數를 갖는 밀양 23 호보다 컸고 두 品種 모두 氣孔數가 적은 表面部에서 컸다. 그리고 珪素 濃度 增加는 氣孔數를 減少(그림 1) 시키나 크기는 增加되면서 同一 葉身內 部位別로 크기가 均一하여졌다.

그러나 同一 葉身內 氣孔數의 變異가 적었던 眞珠 벼에서는 氣孔細胞의 크기에 있어서 큰 變異를 나타내었고 珪素 濃度 增加에 따른 變異는 일정한 傾向이 없었다.

Brown & Rosenberg²⁾는 Sugar beet 에서, Chia & Brun³⁾은 콩에서 氣孔數와 크기가 負의 相關이 있음을 報告한 바 있어 벼에서도 같은 傾向을 보였다. 이러한 關係는 結局 單位 葉面積에 대한 氣孔細胞가 차지하는 分布 面積의 差異를 줄여 葉身內 部位別 氣孔 分布 密度의 均一化를 갖게 될 것이므로 표 2에서는 品種別 珪素 濃度 水準에 따

Table 2. Rates of stomatal cell density to the area of the 7th leaf of rice plant as affected by silicon supply.

Si Conc. (ppm)	Adaxial surface				Abaxial surface			
	Apex	Centre	Base	Av.	Apex	Centre	Base	Av.
%								
Milyang 23 Cultivar								
0	13.6	8.9	7.8	10.1	14.3	10.2	7.5	10.7
30	11.6	8.4	7.4	9.1	11.2	9.7	7.0	9.3
Jinjubyeo Cultivar								
0	9.8	10.1	8.1	9.3	7.6	8.8	9.2	7.9
30	10.7	9.3	11.5	10.5	7.3	7.2	9.1	7.9
60	8.3	7.2	10.6	8.7	7.1	7.8	7.1	7.3

른 葉身 部位別 氣孔 分布 密度를 調査한 結果이다. 밀양 23호에 있어서는 6.8~14.3%, 眞珠벼에서는 7.1~11.5%의 變異를 보였고 同一 葉身內 葉面에 따른 變異를 보면 밀양 23호에서는 氣孔數가 더 크게 關與하여 表面에서 보다는 裏面에서 약간 높은 반면에 眞珠벼에서는 表面에서 높아 벼 品種間 差異가 컸다. 특히 밀양 23호에 있어서는 氣孔數 分布와 같은 경향으로 葉 先端部 쪽일수록 높았다. 그리고 두 品種 모두 珪素 濃度 增加로 氣孔 分布 密度가 減少되는 傾向을 보여 珪素가 벼의 葉面 氣孔 分化에 影響이 있는 것으로 나타났다. 벼의 開孔은 $30 \times 4\mu$ 程度로서 엽의 全 表面積에 대한 開孔面積은 1% 以下¹⁰인데 이것은 순간적인 變化가 크므로 본 시험에서는 氣孔細胞의 分布 面積으로 나타내어 面積率의 差異가 크을 알 수 있었다.

摘 要

벼의 氣孔 分布 密度에 미치는 珪素의 影響을 究明코자 冬季 溫冷調節溫室에서 珪素 濃度를 달리하여 水耕栽培한 벼 제7엽기의 葉身 部位別 氣孔數 및 氣孔細胞 크기를 觀察한 結果 珪素 濃度 增加로 밀양23호 葉身中 氣孔數가 줄어들고 葉의 全 表面積에 대한 氣孔數×氣孔細胞 크기로 나타낸 氣孔細胞의 分布 密度가 낮게 되어 兩面 表皮의 cuticle-silica 2重層의 存在 以外에도 水分經濟面에서 有利한 特性을 갖게 될 것으로 看做되었다.

引 用 文 獻

1. Brag, H. 1972. The influences of potassium on the transpiration rate and stomatal opening in *Triticum aestivum* and *Pisum sativum*. Plant Physiol. 26 : 250-257.

2. Brown K.W., and N.J. Rosenberg. 1970. Influence of leaf age, illumination, and upper and lower surface differences on stomatal resistance of sugar beets (*Beta vulgaris*) leaves. Agron. J. 62 : 20-24.

3. Chia, A.J., and W.A. Brun 1975. Stomatal size and frequency in soybeans. Crop Sci. 15 : 309-313.

4. Clements, F.E., and F.L. Long. 1935. Further studies of elongation and expansion in *Helianthus* phytometers. Plant Physiol. 10 : 637-660.

5. Cole, D.F., and A.K. Dobrenz. 1970. Stomata density of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Crop Sci. 10 : 61-63.

6. 鄭宇珪·金鎮聖·金鄉錫·成敏雄. 1987. Kalanchoe屬의 器官部位別 表皮構造와 氣孔類型. 韓國植物學會誌. 30(2) : 79-94.

7. Dornhaff, G.H. 1971. Net photosynthesis of soybean leaves as influenced by anatomy, respiration, and variety. Ph. D. thesis. Iowa State U. Library.

8. Eckerson, S.H. 1908. The number and size of the stomata. Bot Gaz. 64 : 221-224.

9. Gaastra, P. 1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature, and stomatal diffusion resistance. Medede. Land bowhogesch. Wageningen. 59 : 1-68.

10. Chorashy, S.R., J.W. Pendleton, D.B., Peters, J.S. Boyer, and J.E. Benuerlein. 1971. Internal water stress and apparent photosynthesis with soybeans differing in pubescence. Agron. J. 63 : 764-767.

11. 戶荊義次. 1972. 作物의 光合成と 物質生産. 養賢堂. 東京. p. 17-19.

12. Kang, Y.S. 1975. The influences of silicon on growth of rice plants. Res. Rept. RDA (P. M & U) 27(1) : 57-72.
13. Knecht, G.N., and J.W. O'Leary. 1972. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. Bot. Gaz. 133 : 132-134.
14. 松島省三・藤井義典. 1962. 作物大系. 第1編 稻 I. 水稻生育. 養賢堂. 東京. p.12.13.
15. Miller, E.C. 1938. Plant physiology. McGraw-Hill. N.Y.
16. Miskin, K.E., and D.C. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. Crop Sci. 10 : 575-578.
17. Miskin, K.E., and F.N. Moss. 1972. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. Crop Sci. 12 : 780-783.
18. 永井會三郎・鈴木森次郎. 1932. 稻の葉の氣孔に就て. 朝鮮農會報6 : 338-344.
19. 各津系屯・内藤豊・原田宏・松李忠夫等6人. 1985. 圖解生物學データブック. 丸善(株). 東京. pp 674.
20. Ormrod, D.J., and A.J. Renney 1968. A survey of weed leaf stomata and trichomes. Can. J. plant Sci. 48 : 197-209.
21. Peaslee, D.E. and Moss, D.N. 1968. Stomatal conductivities in K-deficient leaves of maize. Crop Sci. 8 : 427-430.
22. Penfound, W.T. 1931. Plant anatomy as conditioned by light intensity and soil moisture. Ame. J. Bot. 18 : 558-572.
23. Takiguchi, S. 1954. The change in stomatal density of cereals under different environmental factors (2nd report). Proce. of Crop Sci Soc. of Japan : 19(1) : 82-86.
24. Takiguchi, S., and T. Nagai. 1954. An observation on leaf stomate of some cereal crops. Proc. of Crop Sci. Soc. of Japan. 22(2) : 140.
25. Teare, I.D. 1971. Stomata frequency, distribution and guard cell length on 77 lines of *Triticum* and their relation to grain yield, SAI, and soil surface area. 1970. Wheat Newsletter. 17 : 82.
26. Teare, I.D., C.S. Peterson, and A.G. Law. 1971. Size and frequency of leaf stomata in cultivars of *Triticum aestivum* and other *Triticum*. Crop Sci. 11 : 496-498.
27. Teare, I.D. and E.T. Kanemasu. 1972. Stomatal-diffusion resistance and water potential of soybean and sorghum leaves. New Phytol. 71 : 805-810.
28. Wad, K., and S. Mitsuishi. 1949. Distribution of stomata in coleoptile and mesocotyl of several cereal crop plants. Proc. of Crop Sci. Soc. of Japan : 18(4) : 116-119.
29. Yamazaki, K. 1963. Studies on leaf formation in rice plants. II. The development of leaves in relation to their position on a stem. Proc. of Crop Sci. Soc. of Japan. 32(2) : 145-151.
30. Yamazaki, K. 1963. Studies on leaf formation in rice plants. III. Effects of some environmental condition on leaf development. Proc. of Crop Sci. Soc. of Japan. 32 : 81-88.
31. Yoshida, S. 1975. The physiology of silicon in rice. ASPAC. FFTC. 25 : 11-22
32. Yoshida, S., D. Forno, J. Cock, and K. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Los Banos, Philipines. pp 83.
33. Yoshida, Tomohiko 1976. On the stomatal frequency in barley. I. The relationship between stomatal frequency and photosynthesis. Japan. J. Breed. 26(2) : 130-136.
34. Yoshida, T., D.N. Moss and D.C. Rasmusson. 1975. Effect of stomatal frequency in barley on photosynthesis and transpiration. Bul. of Kyushu Agr. Exp. Stn. 18 : 71-80.
35. Yoshida, T., and T. Ono. 1978. Environmental differences in leaf stomatal frequency of rice. Japan. Jour. Crop Sci. 47(4) : 515-528.