

1980 冷害條件下 嶺南地域의 水稻稔實障害와 珪酸 및 磷酸 吸收關係

姜良淳 · 鄭鍊泰 · 朴來敬*

Investigation on Uptake of Silica and Phosphorus and Rice Fertilization Impediment Occured in Yeongnam Area under the Cool Weather of 1980

Kang, Y. S., Y. T. Jung and R. K. Park*

ABSTRACT

To clarify the relationship between rice cool injury and the contents of silica and phosphorus in the soils and the rice plant, the investigation was carried out at ripening stage of rice from the different altitudes with different varieties throughout Yeongnam area.

The rate of fertilized spikelets were decreased with elevation increase and the situation was distintced in the Japonica cross Indica hybrid varieties. The higher rates of SiO_2/P_2O_5 content in the leaves and stems or lower rates of that in the soils show the higher fertilization rates. The result seems to be caused by the different solubility and uptakes of silica and by the different availability and transformation of phosphorus. A positive correlation was observed between the content of silica in rice plant and the fertilization rates. The fertilization rate in Japonica varieties was higher than that of Indica cross Japonica hybrid varieties in the case of the same content of silica in plant as far as observed, but the increasing rate of fertilized grains due to increase of silica content was prominented in the hybrid varieties which probably demand more silica. Within the certain limit of silica and phosphorus content in rice plant, the more uptaking of silica might lessen the cool injury.

緒 言

벼가 穗孕期에 低溫에 遭遇되면 出穗가 遲延되고 稔實障害를 招來하는데 이러한 障害는 벼의 生育期 間中 가장 低溫에 敏感한 減數分裂期를 氣溫이 높은 時期에 오도록 栽培時期를 調節하므로써 輕減시킬 수 도 있겠으나 氣象變化의 長期豫測이 매우 어려워서 實用性이 稀薄하므로 稻體內 營養狀態를 良好케 하여 被害程度를 輕減시키고 그후의 回復도 빠르게 함이 重要하다.

Satake 等²⁰⁾은 冷害生理와 不稔에 대한 總說에서 營養은 不稔機作에 直結되지는 않으나 冷害輕減 效果는 認定하였고 또 그들은 障害型冷害에 대한 雄性 不稔의 直接的인 發生原因을 葯의 裂開不良에 基因 한 不授粉에 있다고 指摘하였으며 不稔發生에 關한 諸條件으로는 溫度, 溫度的 前歷, 後歷의 影響, 光, 肥料 等を 들었는데 그중에서 氣溫이 直接的으로 冷害에 關與하지만 그당시의 稻體內 營養狀態나 그後 條件에 따라 被害를 輕減할 수 있다고 하였다.

柳¹⁸⁾도 水稻冷害에 대한 營養生理的 考察에서 幼苗에 있어서 磷酸은 冷害輕減에 效果的 이었다고 하

* 嶺南作物試驗場

* Yeong-nam Crop Experiment Station, Milyang, Korea 605

었다. 그리고 珪酸이 冷害를 輕減시키한다는 報告는 찾기 어려우나 圃場에서 珪酸含有物의 施用으로 增收效果가 뚜렷하고^{12,15,17)} 出穂도 促進시키며¹⁴⁾ Fe, Mn¹⁰⁾, K¹¹⁾, Ge²²⁾ 등의 過剩吸收 障害를 輕減시키고 植物體內 SiO₂/N 比를 높여 強健한 稻體를 만들므로서 病虫害 抵抗性을 높이고^{2,19)} 生理的으로는 稻體로부터 水分蒸發을 約 30% 絶減시키며²⁴⁾ 벼의 잎을 直立시켜 受光態勢를 良好케 합과 아울러 ethylene 發生을 줄이고 體內 生成量을 줄여 乾物生産을 促進시키는 것³⁾ 등으로 알려져 있다.

低溫下에서는 珪酸과 磷酸이 다같이 吸收가 阻害되는데 短期間 低溫處理(48時間)는 磷酸이 제일 먼저 吸收가 阻害되나 長期間處理(一週~全生育期)로 磷酸은 다른 無機營養보다도 吸收抑制가 적어 오히려 珪酸의 吸收阻害가 더 크다²⁵⁾.

Okuda 等⁹⁾은 代謝阻害物質에 의한 珪酸과 磷酸의 稻體內 吸收樣相을 調査한 結果 두 養分은 吸收樣相이 아주 다르다고 하였는데 珪酸比 1 Mol 比에서는 珪酸이 磷酸의 3倍 0.2 Mol 比에서는 2倍를 吸收한다고 했다. Takahashi 等²¹⁾은 有機物 添加如否에 關係없이 珪酸과 磷酸은 吸收에 있어서 相互競合의 關係이었다고 하였다. Kim⁴⁾도 水稻苗에 施用한 珪酸과 磷酸의 影響에 關한 Pot 試驗에서 土壤中 有效磷酸이 많은 것일수록 植物體內 珪酸含量을 減少하여 SiO₂/P₂O₅ 比가 顯著히 減少하였다고 하였다.

白¹²⁾은 圃場에서의 磷酸施用은 珪酸吸收을 抑制한다고 하였으나 朴¹³⁾은 珪酸이 土壤中에서 有效磷酸含量 增加에 關關한다고 하였다.

이와같이 水稻生育에 미치는 珪酸과 磷酸의 作用이 複雜할 뿐 아니라 그 相互作用에 따라 冷害에 미치는 影響이 큰 것이므로 本調査研究는 統一系品種들에 대한 冷害輕減方案을 摸索코져 1980年 7~9月 繼續된 冷溫條件에서 生育한 水稻에 대해서 標高別, 品種別로 冷害程度를 調査하고 土壤과 植物體 莖葉中 有效珪酸含量과 磷酸含量을 分析하여 이들 養分相互關係와 冷害와의 關係를 밝히고자 農家圃場에서 實態調査를 實施했다.

材料 및 方法

調査分析은 冷害年인 1980年 10月 初에 靑松, 奉化, 迎日, 盈德, 安東, 靑道, 慶山, 居昌, 山淸, 泗川, 晉陽, 咸安 等地를 中心으로 標高別, 品種別로 土壤 및 水稻體 試料를 352 地點에서 採取하였다. 植

物體 試料는 各地點마다 5 株를 採取하여 其中 3 株는 稔實比率 調査에 나머지 2 株는 植物體 無機成分 分析用으로 利用하였으며 土壤試料는 表土의 複合試料를 採取하였다. 不稔粒 調査는 螢光燈箱子 위에 놓고 透視하여 觀察하였고 分析用 試料는 大型熱風乾燥機에서 80°C로 2時間 處理後 60°C에서 乾燥하여 40 mesh로 粉碎하여 分析하되 粗珪酸은 濕式分解後 灰化하여 重量法으로 하였으며 磷酸은 濾液을 Vanadate 法으로 比色定量하였다. 土壤分析은 農村振興廳 土壤化學 分析法에 準하였다. 氣象調査는 慶南北의 中間地點인 密陽을 代表地點으로 하였는데 本 年度 水稻作期內 氣象特徵을 平年과 比較하여 보면 그림 1에서 보는 바와 같이 本畚初期에는 平年보다 높은 氣溫下에서 水稻가 生育하였으나 그 以後부터는 全般적으로 平年보다 낮은 氣溫이 繼續되다가 8月末과 9月初에 다소 回復이 되었으나 그 以後의 全登熟期間은 低溫狀態로 經過되었다. 특히 減數分裂期에 該當되는 8月上旬에는 最高氣溫이 平年보다 6°C나 낮았고 最低氣溫은 20°C 以下로 經過되었다. 또 7月中에는 降雨量이 360.9 mm로서 平年의 2倍 以上이나 많았고 8月中에는 83.3 mm나 많았다. 따라서 日照時間도 8月中에는 平年의 203.8時間에 比하여 105.5時間으로 約 半에 不過하였다.

結果 및 考察

1. 冷害

標高別 稔實比率 變化를 表 1에서 보면 統一系品種에서는 200m 以下에서 34.6%~51.1%이었고 300m 以上에서는 9.5% 以內로서 急激히 떨어졌다. 一般系品種에서는 標高가 높아짐에 따른 稔實比率의 低下는 比較的 緩慢하여 標高가 높은 501~600m 高冷地에서도 27個 調査地點의 ½가 17.5~26.5%의 範圍內에 있었는데 이는 201~300m 標高에서 栽培된 統一系品種보다도 多小 높았다. 따라서 同一標高內에서는 統一系品種이 一般系品種보다 冷害를 甚하게 받았는데 이것은 標高가 높을수록 顯著하였으며 統一系品種이 一般系品種보다 一毛作 地帶에서 早植 栽培되므로 全般의 生育段階가 빠른데 다른 生殖生長期初에 來襲한 一時的 冷溫의 被害일수도 있겠으나 冷溫이 登熟期間까지 繼續된 點과 統一系品種은 一般系品種보다 耐冷性이 弱하여 不稔發生이 많았다고 生覺된다.

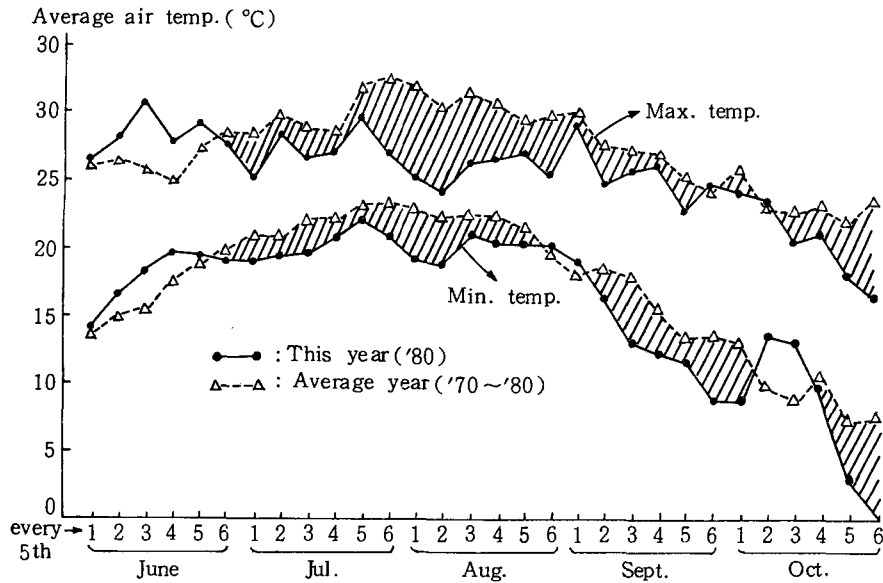


Fig. 1. Comparison of the meteorological data in average year and 1980 during rice growing period.

Table 1. Fertility of spikelets in the different altitudes.

Altitude (m)	Indica × Japonica varieties		Japonica varieties	
	No. of sampling site	Percentage of fertilized spikelet (%)	No. of sampling site	Percentage of fertilized spikelet (%)
0-100	32	46.8 ± 4.3	25	55.0 ± 5.6
101-200	46	38.3 ± 3.7	38	51.9 ± 4.5
201-300	29	19.0 ± 2.7	37	39.2 ± 4.0
301-400	21	7.9 ± 1.6	38	25.1 ± 3.8
401-500	12	8.9 ± 2.1	47	24.8 ± 3.0
501-600	-	-	27	22.0 ± 4.5

2. 土壤 및 稻體內 無機成分含量 帶일수록 顯著히 높았는데 이것은 標高가 높은 地帶
 土壤中 有效磷酸含量은 表 2 에서와 같이 一般系品 일수록 低温下에서 磷酸의 有效化가 늦고 水稻體의
 種 栽培地, 統一系品種 栽培地 共히 標高가 높은 地 吸收利用이 적게 되어 相對的으로 많이 殘留해 있는

Table 2. Contents of available silica and phosphorous remained in soil at ripening stage of rice.

Altitude (m)	Indica × Japonica varieties				Japonica varieties			
	Available P ₂ O ₅		Available SiO ₂		Available P ₂ O ₅		Available SiO ₂	
	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)
0-100	17	117 ± 22.6	17	79 ± 6.4	16	103 ± 15.3	16	82 ± 7.7
101-200	28	106 ± 22.8	28	67 ± 5.0	27	115 ± 22.5	27	69 ± 14.1
201-300	22	143 ± 21.5	22	107 ± 15.8	22	136 ± 19.7	22	106 ± 13.7
301-400	10	180 ± 39.0	10	59 ± 5.9	22	175 ± 58.2	22	71 ± 5.9
401-500	4	113 ± 65.9	3	62 ± 29.2	12	138 ± 16.3	12	74 ± 4.9
501-600	-	-	-	-	13	222 ± 32.4	13	64 ± 6.3

것으로 生覺되며 그 含量이 全國 畚土壤 平均磷酸含量 60ppm⁵⁾에 비하면 約 2倍 以上을 含有하고 있는 셈이 된다. 이것은 嶺南地域에는 二毛作比率이 높고 畚前後作으로 特殊 多肥作物이 많이 栽培되고 있을 뿐 아니라 最近複合肥料의 使用이 늘어남에 따른 磷酸의 蓄積에 起因된 것으로 본다⁶⁾. 有效珪酸含量은 磷酸과 같이 뚜렷한 差異는 없었으나 大體로 標高가 높아질수록 약간 낮아지는 傾向을 보였는데 이것은 植物體의 吸收利用量과 天然供給量 및 施用量 等에 따라 다르겠으나 一般의 高地帶로 올라갈수록 生育量이 적을 뿐만 아니라 植物體內 含有量도 낮았음에도 不拘하고 土壤中에서 殘留된 含量이 낮았는데 이는 氣溫이 낮을수록 珪酸의 溶出量이 줄어들었다고 볼 수 있겠으나 珪酸質 肥料가 農民들의 肉眼으로 뚜렷한 效果를 認定하기 어렵고 重量이 무거워서 運搬施用하기가 힘든 點으로 미루어 高地帶 施用이 忌避된 탓이 아닐까도 生覺해 볼 수 있다. 또 土壤中

含量에 있어서도 100ppm(平均 79ppm) 以下가 大部分으로 全國 畚土壤 平均含量 78ppm⁵⁾과 거의 같은 水準이라 볼 수 있으나 朴等¹⁶⁾은 우리나라 土壤 珪酸含量 調查에서 畚土壤에 珪酸이 缺乏되어 있다고 指摘하였으며 朴¹³⁾은 韓國 畚土壤에 있어서 珪酸含有物質을 施用할 때 1-N醋酸나트륨 可溶珪酸 130ppm 까지는 增收效果가 認定되었으므로 農土培養事業에서 目標值로 定하고 있는 130ppm에 비하면 훨씬 未達된다고 할 수 있다.

한편 植物體 莖葉中에 含有된 有效珪酸과 磷酸을 表 3에서 보면 標高가 높아질수록 統一系品種이나 一般系品種 모두 有效珪酸含量은 적어지고 反對로 有效磷酸은 많아짐을 알 수 있는데 이러한 關係가 低溫條件인 때에 水稻가 두 莖分 相互間에 競合吸收를 하기 때문인지에 대해서는 本 調查에서 解析하기 어려우나 珪酸의 體內 不動性²³⁾으로 보아 植物體 莖葉中 含量이 낮다는 것은 바로 吸收가 적었다고 볼 수

Table 3. Contents of available silica and phosphorous in stem and leaves of rice plants at ripening stage.

Altitude (m)	Indica × Japonica varieties				Japonica varieties			
	Available P ₂ O ₅		Available SiO ₂		Available P ₂ O ₅		Available SiO ₂	
	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)	No. of sampling site	Content (ppm)
0-100	32	0.57 ± 0.04	32	8.9 ± 0.5	23	0.47 ± 0.03	24	8.5 ± 0.4
101-200	48	0.61 ± 0.03	49	8.4 ± 0.4	44	0.46 ± 0.02	44	8.3 ± 0.4
201-300	30	0.61 ± 0.03	30	6.6 ± 0.4	37	0.50 ± 0.02	37	6.8 ± 0.4
301-400	22	0.77 ± 0.05	22	6.9 ± 0.4	38	0.56 ± 0.03	38	6.2 ± 0.4
401-500	12	0.74 ± 0.03	12	6.1 ± 0.4	47	0.50 ± 0.02	47	6.3 ± 0.3
501-600	-	-	-	-	26	0.54 ± 0.03	26	6.2 ± 0.5

있고 吸收에 있어서 阻害를 받았다고 할 수 있다.

Okamoto^{7,8)}는 低溫下에서 珪酸吸收가 阻害되어 高溫處理區나 適溫區보다 낮았으나 磷酸은 莖葉에서는 높았지만 이삭에서는 낮았다고 報告하였다. 品種間에도 統一系品種은 一般系品種보다 磷酸이 莖葉에 많이 分布되어 있으므로 統一系品種이 轉流의 抑制程度가 크며 따라서 耐冷性이 弱한 理由가 될 수도 있을 것이다. 그림 2는 稔實比率을 20% 間隔으로 階級을 만들고 各 階級에 들어가는 土壤 및 稻體의 SiO₂/P₂O₅ 含量比를 圖示한 것인데 稔實比率等級이 增加되면 土壤中에는 珪磷比(SiO₂/P₂O₅)가 적어지는 反面 植物體中에서는 높아짐을 볼 수 있다. 여기에서 注目할만한 事實은 植物體中에서는 珪酸含量이 磷酸含量에 비하여 10.5~20.5倍 程度로 多量 要하

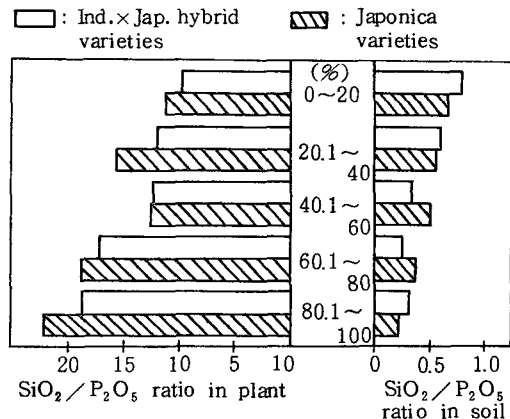


Fig. 2. Relationship between fertility of spikelets and SiO₂/P₂O₅ ratio in paddy rice plant.

는 養分임에도 불구하고 土壤中에서는 珪酸보다도 磷酸含量이 오히려 높아서 珪酸이 磷酸의 約 0.28 ~ 0.73 倍에 不過하였다. 따라서 稔實比率等級이 높을 수록 水稻體는 磷酸에 對한 珪酸比率이 높게 維持되어야 하므로 더 많은 珪酸을 吸收하게 됨에 따라 土壤中에는 殘留量이 적게 된다. 이리하여 稔實比率을 높이는 데에는 土壤中 珪酸의 供給이 充分히 補充되어야 함을 잘 나타내주고 있다.

3. 冷害와 稻體內 無機成分含量과의 關係

標高가 높아질수록 稔實比率이 떨어지고 稔實比率이 떨어지면 珪磷比도 떨어지므로 그림 3에서와 같이 莖葉中 珪磷比와 稔實比率 間에는 正의 有意相關을 보였는데 稔實比率을 높이는 데는 珪酸과 磷酸이 相互關連하여 複合的으로 影響(그림 2)되므로 이 둘 두 養分의 balance가 必要함을 알 수 있다. 이러한

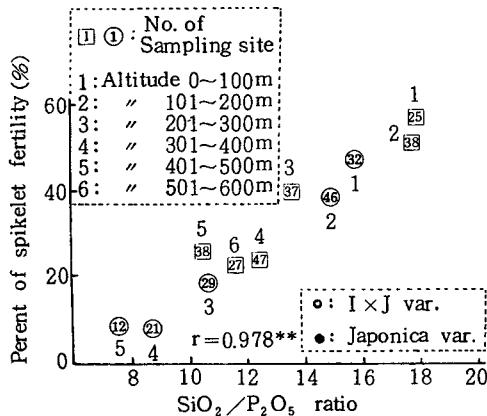


Fig. 3. Relationship between SiO_2/P_2O_5 in stem and leaves of rice plants and spikelet fertility.

關係는 標高가 높을수록 低溫障害를 많이 받아 稔實比率이 低下되고 이렇게 되므로서 磷酸은 移行이 沈滯되어 莖葉內에 高濃度로 維持되고 珪磷比는 낮아지게 되어 珪磷比의 balance가 흐트러지게 되나 反面 稔實比率이 높은 곳에서는 磷酸의 吸收轉流가 圓滿하여 SiO_2/P_2O_5 比가 높게 된 것으로 보인다. 磷酸은 稻體內에서 機官 相互間의 再分配가 쉽게 이루어지므로 어느 一時點에서 莖葉內에 分布된 含量 그 自體만으로서 吸收能力이나 稔實比率에 미친 影響을 直接 評價하기보다는 植物中에서 比較的 不動性인 珪酸으로 稔實比率과의 關係를 檢討해 보았다. 그림 4에서와 같이 植物體 珪酸含量과 稔實比率과의 關

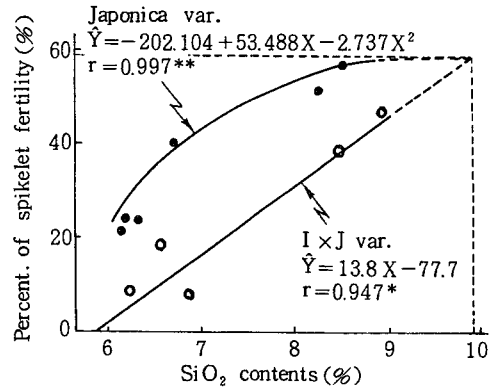


Fig. 4. Relationship between SiO_2 content in stem and leaves of rice plants and spikelet fertility.

係를 單純相關으로 보면 莖葉中 珪酸含量의 增加에 따라 稔實比率도 增加되는 正의 有意相關을 보여 두 品種群이 同一한 稔實比率(57.5%)을 낼 수 있는 珪酸含量은 9.8%로서 莖葉中 珪酸含量의 實測值 範圍內에서의 稔實比率은 統一系品種이 一般系品種보다 낮았으나 珪酸含量의 增加에 따른 稔實比率의 增加效率은 높아서 珪酸要求度가 크고 따라서 統一系品種에는 더 많은 珪酸을 吸收케 하는 것이 바람직 하리라 본다.

摘 要

冷温下(7~9月)에서 生育한 水稻에 대한 栽培條件別(標高別, 品種別) 冷害와 稻體莖葉中 有效珪酸 및 磷酸含量과의 關係를 밝히고져 慶南北 一團에 걸쳐 冷害實態를 調査하여 分析해 본 結果는 다음과 같다.

1. 稔實比率은 標高가 높아질수록 떨어졌으며 統一系品種에서 더욱 顯著하였다.
2. 稔實比率 增加에 따라 土壤中 SiO_2/P_2O_5 含量比는 낮아졌고 稻體莖葉中에서는 높아졌다.
3. 珪酸이 磷酸含量에 비하여 稻體의 莖葉中에서는 10.5~20.5 倍 程度 土壤中에는 0.28~0.78 倍로 含有되어 있었다.
4. 稔實比率과 稻體莖葉中 SiO_2/P_2O_5 含量比와는 正의 有意相關이 認定되었다.
5. 植物體中 珪酸含量 增加에 따른 稔實比率 增加는 一般系品種보다 統一系品種에서 顯著하였다.

引用 文 獻

1. Hayase, H., T. Satake, I. Nishiyama, and N. Ito (1969) Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilized ability of pistils. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 38: 706-711.
2. Ishizuka, Y., and Y. Hayakawa (1951) Resistance of rice plants to the Imochi (rice blast) diseases in relation to their silica and magnesia contents. J. Sci. Soil and Manure, Japan. 21(4):253-260.
3. 姜榮吉(1981) 벼의 生理的 活性에 미치는 珪素의 影響. 海外歸國報告書.
4. Kim, M. K. (1970) Studies on the effects of silicate and phosphate application on the growth of rice seedling. J. Kor. Soc. Soil Sci. and fertilizer. 3(1):17-20.
5. 農村振興廳(1981) '81 當面 重點課題 推進狀況.
6. _____ (1980) '80 農事試驗研究事業 結果指導事業 活用資料.
7. Okamoto, Y. (1969) Physiological studies on the effects of silicic acid upon rice plants. IX. Effects of silicic acid on the growth of rice plant under high and low temperature of culture solution. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan. 38 : 743-747.
8. Okamoto, Y. (1969) Physiological studies on the effects of silicic acid upon rice plants. X. Effects of silicic acid on the growth of rice plant under high and low air temperature. Proc. Crop Sci. Japan. 38 : 748-752.
9. Okuda, A., and E. Takahashi (1962) Effect of various metabolic inhibitors on the silicon uptake by rice plants. part 9. J. Sci. Soil and Manure, Japan. 33 : 453-455.
10. Okuda, A., and E. Takahashi (1964) The role of silicon. The mineral nutrition of the rice plant. IRRI : 123-146.
11. 小野寺伊勢之助・影島準一(1936) 珪酸이 植物生育에 미치는 影響에 關한 研究(第一報). 日土肥誌. 10 : 318-332.
12. Paik, S. B. (1973) The effects of silicate, Nitrogen, Phosphorous and potassium fertilizers on the chemical components of rice plants and on the incidence of blast disease of rice caused by *Pyricularia oryzae cavara*. Kor. J. Pl. Prot. Vol. 14 (3): 97-109.
13. Park, C. S. (1970) Studies on the relation between available silica content and the effect of silicate, the distribution pattern of available silica content and requirement in Korean Paddy Top Soil. Reser. Rep. O. R. D. 18 : 1-19.
14. Park, Y. D. (1967) The effect of silica on the growth of rice plant. Reser. Rep. O. R. D. 10(3): 55-61.
15. Park, Y. D., and A. Tanaka (1968) Studies of the rice plant on an akiochi soil in Korea. Soil Sci. and Plant Nut. 14 : 27-34.
16. Park, Y. S., W. K. Oh, and C. S. Park (1964) A study of the silica content of the rice plant. Reser. Rep. O. R. D. 7(1): 31-38.
17. Rhee, J. Y., Y. D. Park, and I. B. Hur (1974) Effect of silicate on silica uptake by rice plant. Reser Rep. O. R. D. 16 : 65-71.
18. 柳寅秀(1980) 水稻 冷害에 대한 營養生理的 考察. 研究와 指導.
19. 笹本 (1961) 珪酸, 窒素施用と 水稻の ニカメイチユウに 對한 抵抗性と被害. 山梨大學, 學藝學部 紀要. 第3號.
20. Satake, J. (1971) Male sterility of rice plants in cool weather injury. Agric. Hort. 46 : 1534-1538.
21. Takahashi, E. and A. Okuda (1963) Effect of some sugar and organic acids on the silicon uptake by rice plants. J. Sci. Soil and manure. Japan. 34 : 114-118.
22. Takahashi, E., S. Syo, and Y. Miyake (1976) Effect of Germanium on the growth of plants with special reference to the silicon nutrition (Part 1). Comparative studies on the silica nutrition in plant. J. Sci. Soil and manure Japan. 47(5): 183-190.
23. Yoshida, S. (1965) Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Japan. Ser. B : 45-46.
24. 吉田昌一(1960) 植物の 珪酸營養をめぐる 問題. 日土肥誌. 31(1): 43-48.
25. Yoshida, T. (1974) Climate influence on growth and nutrient uptake of rice roots, with special re-

ferences to the growth unit theory. *Climate and* rice. p. 265–277.