韓作誌 26(4) 279~286(1981)　　KJCS 26(4) 279~286(1981)

退化塩土에서 水稻生育에 대한 窒素와 珪灰石의 施用效果

金 奎 眞*·李 主 烈**

Effect of Wollastonite and Nitrogen Application on the Growth of Rice Plant

Kim, K. C.* and J. Y. Lee**

ABSTRACT

This study was conducted to find out the effect of wollastonite application in degraded saline soil condition on the growth of japonica rice variety. The variety, Palgweng was tested with 4 levels of wollastonite (200, 400, 600 and 400/200 kg/10a) and two nitrogen levels (12 and 16 kg/10a).

The effect of wollastonite was higher in 16 than 12 kg of nitrogen application. The wollastonite application reduced rice leaf blast and dead left at lower nodal position, and increased percentage of effective tillers, percentage of ripened grains and 1,000 grain weight. The SiO_2 content of upper leaf was higher than lower leaf in 200 kg of wollastonite application, but there was no difference under high wollastonite application (400 kg/10a). Highly significant positive correlationships were obtained between SiO_2 content of plant at heading and percentage of ripened grains, (r=0.613) and SiO_2 content of flag leaf and percentage of ripened grains (r=0.407).

Wollastonite application did not affect the development and degeneration of primary and secondary rachis branches of panicles, but it increased the number of spikelets. The highest grain yield was obtained with 16 kg of nitrogen and 600 kg of wollastonite.

緒　　言

水稻作에서 全 生育期間을 통한 窒素의 吸收率은 移秋後 最高分蘖期까지에 全吸收量의 50%, 幼穗形成期로부터 出穗期까지에 20% 그리고 出穗期 以後에 30% 程度가 吸收되는 것이 理想的이라고 하는 것은 많은 研究結果에 의하여 이미 밝혀진 바 있다.

그러나 우리나라 條件에서는 窒素의 吸收率이 대체로 最高分蘖期까지에 60% 以上, 幼穗形成期부터 出穗期까지 30%, 出穗後에 10%程度라고 한다.[11]

本谷[6]에 의하면 水稻의 生理的 條件으로 보아 水稻生育을 圓滑하게 하여 目標收量을 올리려면 먼저 營養生長期에 있어서의 蛋白代謝 그리고 生殖生長期의 糖代謝를 圓滑하게 하여야 함을 報告한 바 있다. 窒素의 適量은 葉面積 및 單位同化作用을 增大시켜 炭水化物의 集積을 많게 하지만 過多하면 너무 繁茂하여 受光能率은 떨어지고 葉面積의 增大와 더불어 呼吸作用에 依한 消耗가 많아져 乾物生産, 特히 出穗後의 乾物生産이 적어지고 登熟이 低下된다.

* 作物試驗場, ** 忠南農村振興廳
* Crop Experiment Station, Office of Rural Development, Suweon 170, ** Chungnam Provincial Office of Rural Development, Daejon 300-1, Korea.

그리고 過多한 窒素의 吸收는 體內에 Ammonia 態 窒素 혹은 可溶態 窒素의 含量을 增大시켜 稻熱病에 걸리기 쉽다. 그러나 窒素가 欠乏되면 穗數의 減少와 一次枝梗과 二次枝梗數 및 穎花數의 減少로 收量減少의 原因이 된다.[4,5,6,7,16,17,24] 한편 水稻에 있어서 硅素는 稻體 表皮細胞의 細胞膜을 硅質化시켜 病菌이나 害虫의 侵入을 막게 되므로 특히 稻熱病이나 그밖에 螟虫 等의 被害를 輕減시키는 要素임이 밝혀져 最近에 稻作에 硅酸效果에 대한 많은 研究가 이루어지고 있다.[9,10,14,19,21,23,25,26,27]

金[11]은 우리나라 土壤은 花崗岩, 花崗片麻岩을 母岩으로 하는 土壤이 널리 分布하고 있는데 土壤中의 可溶性 硅酸含量이 比較的 적으므로 畓土壤에서의 硅酸質肥料 施用이 必要함을 밝힌 바 있고 朴[21,22,23]은 水稻 硅酸含量은 品種間 差異가 確實치 않으나 地域間에는 差異가 있고 止葉中 硅酸含量이 11% 以上인 경우에는 硅酸肥料의 施用效果가 있으나 13% 以上에서는 效果가 없다고 報告한 바 있다.

馬場[4,5]에 의하면 稻作에서 硅酸施用은 表皮細胞의 硅質化에 의한 稻熱病 및 胡麻葉枯病菌의 侵入을 막는데 도움이 되고 硅酸과 窒素와는 반대의 作用이 있어 硅窒素率(SiO_2／N)이 重要하고 이 比率이 높은 條件에서 健全한 生育을 하며 窒素施用量이 많을 수록 植物體의 硅酸窒素率이 低下하기 쉬우므로 硅酸의 效果는 窒素가 많은 경우에 顯著하다고 報告한 바 있다. 특히 우리나라 總畓面積의 約 24%를 차지하는 298千ha의 退化鹽土地는 多量의 鹽類가 含有된 海成冲積土가 장기간의 除鹽作業 또는 作物栽培의 계속으로 鹽類가 溶脫되고 土壤斷面에 變化가 생긴 土壤으로서 粘土가 下層에 集積이 되어 不透水層이 생겨 물의 垂直滲透가 적은 경우가 많고 鹽類의 溶脫時에 中性 또는 弱鹽基性의 反應을 나타낼 때 表層으로부터 硅酸이 溶脫이 되고 漸次 酸性化되어 Mn 等이 溶脫되거나 不足을 招來하는 低位生産地 土壤의 하나이다. 이와 같은 土壤은 老朽化畓에서와 같이 水稻의 異常生育을 하거나 土壤의 理化學性이 나쁘므로 이러한 土壤에서의 N 및 硅酸의 效率的인 吸收增大는 多收穫의 要件이 될 수 있으리라 생각되어 退化鹽土地에서 窒素增施에 따른 硅酸 施用量이 水稻生育에 미치는 影響을 檢討하여 몇가지 얻어진 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

栽培法 本 試驗은 裡里 湖南作試 水稻試驗圃場(退化鹽土)에서 2個年에 걸쳐 Japonica 品種 八紘을 供試 5月1日播種 50日苗로서 6月20日에 栽植距離 25×18cm 1株本數 5本으로 移秧하였다.

試驗圃場 作土層의 化學的 組成은 아래와 같다.

Chemical properties of the top soil used for the experiment.

Soil series	pH	OM	Avaiable P_2O_5 (ppm)	SiO_2	Exchange cation (me／100gr)			
					Ca	Mg	K	Na
Buyong	5.4	2.3	67.5	42.0	2.92	3.56	0.16	0.17

試驗区處理 10a當 窒素 12.16kg 2水準, 硅灰石 200, 400, 600, 400+200kg, 無施用의 5水準의 Split plot design 3反覆으로 하여 P_2O_5와 K_2O는 各各 6-4kg로 하였다. 施肥方法은 窒素는 基肥 40%, 分蘖肥 25%, 穗肥 20%, 實肥 15%로 하였으며, 硅酸 및 P_2O_5, K_2O는 基肥 100%로하고 다만 硅酸 400+200kg區의 追肥는 移秧後 20日에 施用하였다.

試驗에 供試된 硅灰石은 Total SiO_2 : 40%, 有效硅酸 : 17.5%, CaO : 38.0%, MgO : 3.38%, Alkalinity : 42.0%였다.

生育調査 및 植物體 分析 生育經過中의 生育調査는 區當 20株 調査를 平均으로 하였으며 其他 生育 및 收量調査에 있어서는 水稻調査 基準에 準하였다. 植物體分析 및 穗相調査試料는 各區 5株를 基準으로 하였고 植物體分析用 試料는 試料 採取後 75℃ Dry oven에 48時間 乾燥시켜 Cutting Mill로 分碎한 다음 이를 一定量씩(0.5gr) 秤量하여 窒素定量用 試料는 Kjeldahl 法에 의해 定量했다. 硅素는 100ml beaker에 넣고 conc. H_2SO_4 : HNO_3 : $HClO_4$를 10 : 1 : 4의 比率로 混合한 混合分解液을 10ml程度 넣어 처음에는 2時間 放置시켜 조금 分解시킨 後 Hot plat에서 서서히 熱을

加하여 無色이 될 때까지 完全分解시켰다. 이것을 冷却 100ml mess flask에 희석 filter paper로 여과하여 filter paper를 crucible에 넣어 550℃의 muffle furance에서 태운 후 desicater內에서 冷却시킨후 그 殘留物을 秤量하여 그 무게의 差로서 粗珪酸의 含量을 求하였다.

結果 및 考察

1. 主要形質에 미치는 影響

水稻는 珪酸을 選擇的으로 吸收蓄積하는 代表的인 植物(Silicicolus plant)로 알려져 있다. 表 1 및 圖 1에서 보는 바 穗長 및 株當 穗數에 있어 窒素의 同一水準에서의 珪灰石 施用量間에는 差異가 크지 않았지만 窒素水準을 높인 N 16kg區에서 無處理에 比하여 珪炭石處理區가 穗長이 길고 株當 穗數가 많은 便이었다. 有效茎比率에 있어서도 그림 1에서 보는 바와 같이 窒素 12kg區에서는 無處理區보다 큰 差異를 認定할 수 없었으나 질소 16kg施用區에서는 珪灰石 施用區가 뚜렷한 效果를 보여 400kg≧600kg〉400/200kg〉200kg〉無處理 順으로 有效茎比率이 높았다. 本 試驗에서 珪酸의 追肥施用 效果를 期待하고서 基肥 400kg, 移秧後 20日에 200kg을 分施한 結果 分施效果가 認定되지 않았다. 이 結果는 秋落畓 水稻에 對한 珪酸의 基肥施用이 追肥施用보다 效果的이라는 朴[22,23] 等의 報告와도 一致하였다.

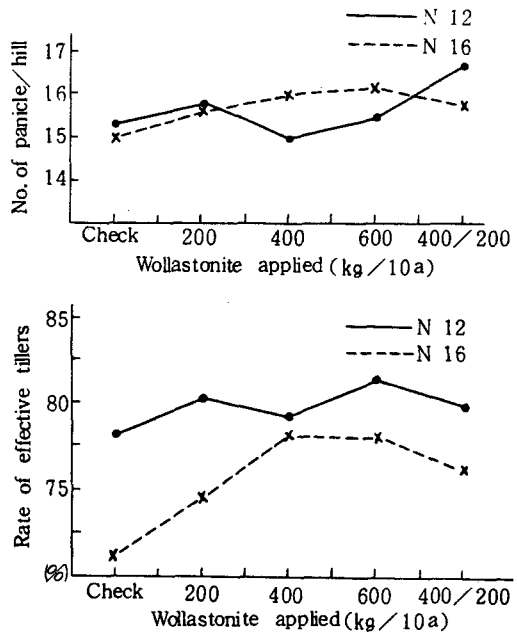


Fig. 1. Effect of wollastonite application on number of panicles and rate of effective tillers.

Table 1. Variation of yield and agronomic characteristics under different nitrogen and wollastonite treatments.

Treatment	Length of panicle (cm)	No. of panicles per hill	Rate of effective tillers (%)	No. of spikelet per panicles	Ripened grains (%)	1000 grain weight of rough rice (g)	Weight brown rice kg/10a	Yield index
Check	18.7	15.3	78.4	83.1	78.7	23.5	387	100
N 12 W 200	19.1	15.8	80.2	83.5	79.8	24.0	430	111
〃 400	18.2	15.0	79.3	85.1	82.9	24.5	425	110
〃 600	18.9	15.5	81.6	85.1	78.4	24.5	431	111
〃 400/200	18.8	16.7	80.0	83.9	78.5	24.0	419	108
Check	17.9	15.1	71.1	88.6	77.2	23.0	395	100
N 16 W 200	19.0	15.7	74.8	86.2	78.1	23.5	449	116
〃 400	18.3	16.0	78.4	86.3	79.3	23.3	453	117
〃 600	19.1	16.2	78.2	85.4	77.7	23.5	466	120
〃 400/200	18.4	15.8	76.3	84.1	78.9	23.0	446	115

* N : Nitrogen (kg/10a)
W : Wollastonite
W 400/200 (Basic/20 day after transplanting)
L. S. D (Brownrice) 5% (kg)
SiO_2 treatment : 30.3
SiO_2 treatment in same N Levels : 42.9

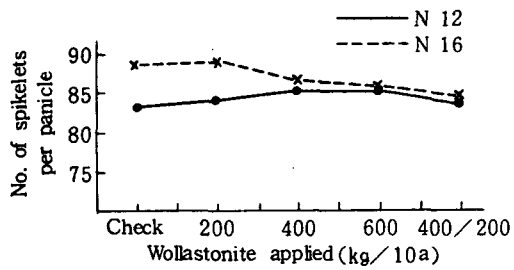


Fig. 2. Effect of wollastonite application on the number of spikelets.

窒素 12kg水準에서는 無處理에 比하여 珪灰石 處理가 一穗類花數를 增加시켰으나 窒素 16kg水準에서 一穗類花數를 增加시키지 못한 것은 N增施에 의한 過繁茂 狀態下에서의 有效茎比率을 높여 株當穗數가 많아진데 起因한 것으로 생각된다. 鈴木[28]의 水稻에서 密植과 過繁茂한 경우 珪酸效果가 크다는 報告와 部分的으로 一致한 結果였다.

한편 登熟比率에 있어서는 窒素 12kg, 16kg處理 共히 無處理區에 比하여 珪灰石 處理區가 登熟率을 높일 수 있었으며(圖 3), 精租千粒重도 높였다(圖 4).

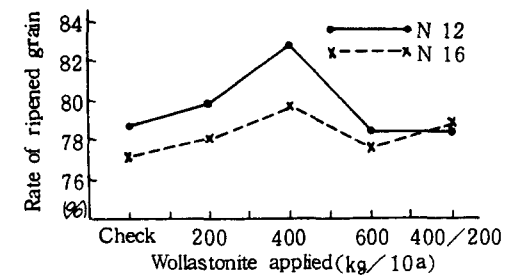


Fig. 3. Effect of wollastonite application on rate of ripened grains.

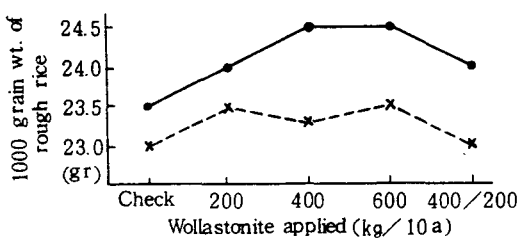


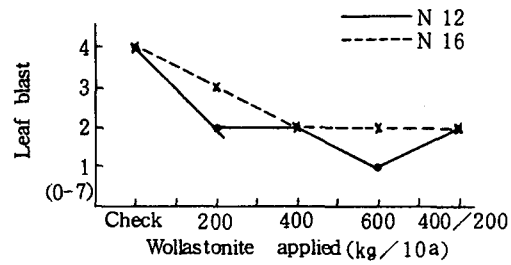
Fig. 4. Effect of wollastonite application on the 1000 grains weight of rough rice.

2. 病虫害發生과 關係

表 2 및 圖 5는 珪灰石 處理에 따른 稻熱病의

Table 2. Effect of wollastonite on the blast and rice stem borer.

Treatment	Blast Leaf(0-7)	Blast Neck(%)	Rice stem borer (2nd) %
Check	4	0.6	1.7
N 12 W 200	2	0.5	2.7
〃 400	2	1.3	1.8
〃 600	1	1.5	1.2
〃 400/200	2	1.5	0.6
Check	4-5	4.9	1.5
N 16 W 200	3	2.4	1.6
〃 400	2	3.0	1.2
〃 600	2	3.2	1.5
〃 400/200	2	2.1	0.5



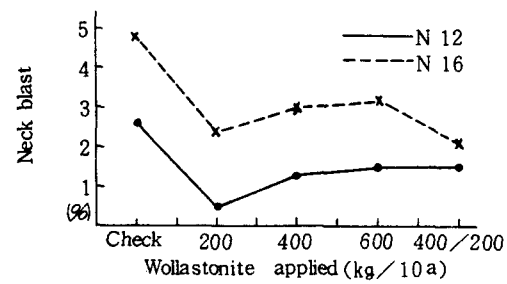


Fig. 5. Influence of wollastonite application on the occurrence of leaf blast and neck blast.

發生 및 二化螟虫의 被害率과의 關係를 보여주고 있다. 窒素增施區에서 葉稻熱病이나 穗首稻熱病의 被害率이 높게 나타나고 있으나 窒素 同一水準에서의 珪灰石處理區는 無處理區에 比하여 현저히 낮은 被害率을 보이고 있었다. 그러나 二化螟虫 二化期 被害에 있어서는 處理間 큰 差異를 보이지 않았다. 本 結果는 朴[21,22,23] 等의 水稻珪酸含量과 葉稻熱病 胡麻葉枯病, 응애 및 멸구의 抵抗性과 負의 相關이 認定된다는 報告와 吉田[33]의 珪酸이 各種 病虫害를 輕減시킬 수 있다는 報告와는 部分的으로 一致하는 結果였다.

3. 出穗期 各葉位別 Nitrogen 및 Silica 含量과의 關係

水稻뿐만 아니라 모든 作物에서도 마찬가지이지만 生育過程에서 有利한 條件의 부여는 最終的으로 收量에 連結시키는 것인데 稻作에서 出穗期 止葉內 N含量은 登熟과 直結되는 主要 要因이다. 그러나 出穗前後의 N過多는 穗首稻熱病 發生이나 登熟期間의 遲延으로 登熟率을 높이지 못하는 條件이므로 많은 硏究들은 N增加와 더불어 SiO_2의 含量을 높일 수 있는 方法을 試圖하여 왔다.[9,10,20,23,24,25] 本 試驗의 結果에서는 表 3에서 보는 바와 같이 N增肥區의 無處理區는 窒素含量의 分布가 止葉이나 次葉에 置中되어 있었으나 珪灰石 處理區에서는 止葉 및 次葉뿐만 아니라 3～4位의 下葉에 이르기까지 比較的 고르게 分布되어 있어서 登熟期 單位同化能力을 最大로 부여할 수 있는 條件이 되었음을 엿볼 수 있었다.

한편 SiO_2의 含量을 살펴보면 表 4에서와 같이 珪灰石 施用量이 낮은 200kg水準에서는 珪酸含量의 分布가 止葉쪽에 많은 傾向이었고 400kg 以上의 높은 水準에서는 止葉으로부터 下位葉에까지 고르게 分布하고 있었다. 이와같이 出穗期 以後의 稻體內의 均衡있는 珪酸의 分布는 登熟期 下葉枯死를 막을 수 있어 이러한 要因들이 登熟率과 直結되어 出穗期 止葉이나, 全 植物體內의 SiO_2 含量과 登熟率間에는 正의 相關關係가 認定되었다 (圖 6).

Table 3. Percentage of nitrogen content in different leaf on the same stem at heading stage of rice plant.

Treatment	Flag leaf(N)	N－1	N－2	N－3	N－4	Mean
Check	2.54	2.23	2.00	1.89	1.32	2.00
N 12 W 200	2.68	2.11	2.51	2.03	1.55	2.18
〃 400	2.62	2.25	1.97	1.49	1.21	1.91
〃 600	2.37	1.92	1.61	1.44	1.32	1.73
〃 400 / 200	3.01	2.51	2.45	1.94	1.89	2.36
Check	2.23	2.03	1.83	1.49	1.38	1.79
N 16 W 200	2.96	2.68	2.54	2.11	2.00	2.46
〃 400	2.96	2.76	2.03	1.67	1.41	2.18
〃 600	2.63	2.03	1.93	1.49	1.58	1.93
〃 400 / 200	2.42	2.44	2.23	1.83	1.69	2.04

* N : Nitrogen (kg/ 10a)
W : Wollastonite (kg/ 10a)

Table 4. Percentage of silica content in different leaf on the same stem at heading stage of rice plant.

Treatment	Flag leaf(N)	N－1	N－2	N－3	N－4	Mean
Check	7.7	7.0	6.9	7.1	6.0	6.9
N 12 W 200	8.0	7.9	6.6	7.0	7.5	7.4
〃 400	6.2	7.9	7.2	7.3	7.0	7.1
〃 600	6.6	8.7	9.6	8.3	6.4	7.9
〃 400 / 200	7.2	8.9	9.0	8.2	8.6	8.4
Check	7.1	7.0	5.8	7.1	6.0	6.6
N 16 W 200	8.0	8.0	6.5	7.6	8.6	7.7
〃 400	6.8	7.9	7.0	9.4	9.8	8.2
〃 600	8.8	8.4	7.8	8.1	7.9	8.2
〃 400 / 200	6.9	6.8	7.4	6.8	8.2	7.2

* N : Nitrogen (kg/ 10a)
W : Wollastonite (kg/ 10a)

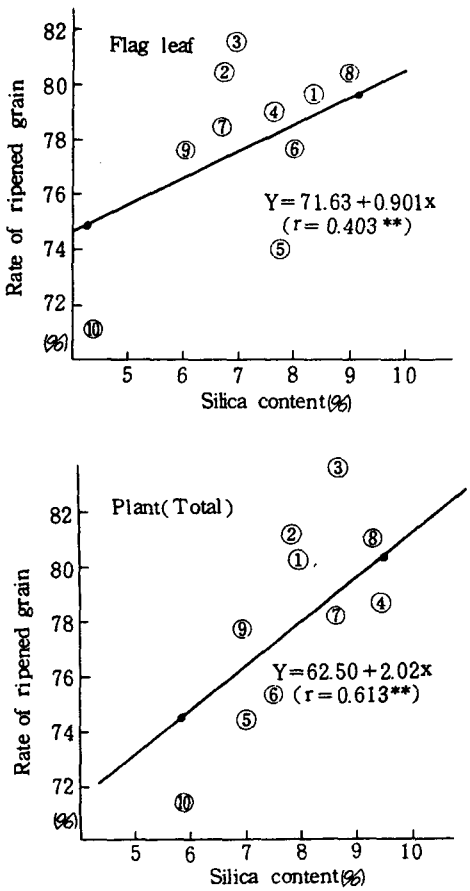


Fig. 6. Correlation between the rate of ripened grain and silica content at heading stage of rice plant.

4. 1, 2次枝梗 및 穎花數의 分化 및 退化에 미치는 影響

Table 5에서 보는 바와 같이 珪灰石處理가 1次枝梗의 分化 및 退化에 그다지 크게 影響하는 것으로 보이지 않았으나 穎花數의 分化 및 退化에는 影響하고 있음을 認定할 수 있었다. 即 穎花의 分化를 많게하고 退化를 적게 하였다.

5. 收量에 미치는 影響

肥沃度가 낮은 退化鹽土地에 있어서 珪灰石의 效果는 크게 認定되었으며 특히 窒素水準을 높인 條件에서 增收效果가 뚜렷하였다(圖 7). 增收要因으로서는 N增施에 의한 過繁茂狀態下에서 有效基比率을 높여 株當穗數를 確保할 수 있었고 SiO_2의 稻體內 均衡的인 分布는 登熟期 下葉枯死를 적게하여 同化 增大에 의한 登熟向上, 稻熱病의 被害輕減 等의 要因들이 收量과 直結되어 窒素 16kg 增施區의 珪灰石 400kg 및 600kg 施用區에서 無

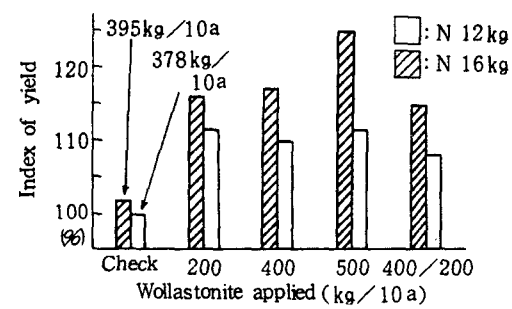


Fig. 7. Comparison of yield under different wollastonite application.

Table 5. Influence of the wollastonite application on the development and degeneration of primary and secondary rachis of panicle and spikelets.

Treatment	1st rachis			2nd rachis			Spikelets		
	Devel.	Degen.	Present	Devel.	Degen.	Present	Devel.	Degen.	Present
Check	9.4	0.3	9.1	30.8	5.3	25.5	87.3	2.3	85.0
N 12 W 200	9.3	0.2	9.1	32.1	5.5	26.5	89.5	1.3	88.2
〃 400	9.2	0.3	8.9	28.5	5.2	23.3	89.2	1.0	88.1
〃 600	9.3	0.4	8.9	29.8	6.3	23.5	87.6	2.0	85.6
〃 400/200	9.2	0.3	8.9	32.3	6.7	25.6	88.4	1.7	86.7
Check	8.9	0.4	8.5	29.4	6.0	23.5	89.0	2.8	86.2
N 16 W 200	9.4	0.3	9.1	31.3	5.9	25.4	97.6	1.1	96.6
〃 400	9.3	0.2	9.1	29.9	5.2	24.7	97.0	0.8	96.3
〃 600	9.5	0.3	9.2	32.1	6.7	25.5	97.7	2.1	95.6
〃 400/200	9.3	0.1	9.2	32.3	6.1	26.2	98.7	1.0	97.7

* N : Nitrogen (kg/10a)
W : Wollastonite (kg/10a)

施用區 收量 395kg／10a에 比하여 各各 17-20 % 增收效果를 보였다.

摘　　要

肥沃度가 낮은 海成冲積土인 退化鹽土畓에서의 窒素水準을 달리한 條件下에서 珪灰石의 施用量을 달리하였을 때 이들이 水稻生育 및 收量에 미치는 影響을 究明코자 試圖한 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 珪灰石의 施用效果는 全般的으로 N 12kg／10a 區보다 窒素量을 增施한 N 16kg／10a 區에서 뚜렷한 效果를 보이고 있었다.

2. 珪灰石 處理區는 水稻生育 經過中의 下葉枯死 및 稻熱病被害의 輕減, 有效茎比率 및 登熟比率의 向上, 精租千粒重을 높일 수 있었다.

3. 出穗期 葉位別 SiO_2의 含量에 있어서는 珪灰石 施用量이 낮은 200kg／10a 水準에서는 止葉으로부터 次葉의 順으로 含量이 낮아지고 있었으나 400kg／10a 以上의 施用區에서는 單位에 따라 含量의 變異가 크지 않았다.

4. 出穗期 稻體內의 SiO_2含量과 登熟率 (r = 0.613) 및 止葉內의 SiO_2含量과 登熟率(r=0.407)과는 正의 相關關係가 認定되었다.

5. 穗相調査結果 珪灰石 處理가 一次枝梗이나 二次枝梗의 分化 및 退化에는 그다지 크게 影響하지 않은 것으로 보였으나 穎花의 分化 및 退化에 影響하고 있음이 認定되었다.

6. 收量과의 關係를 살펴보면 窒素를 增肥한 N 16kg／10a 水準에서 增收效果가 뚜렷하였고 珪灰石 施用量에 있어서는 400／200kg≦200≦400〈600kg／10a 順으로 增收되었다.

引 用 文 獻

1. 青峯金範(1965) 多收穫 水田의 土壤條件. 農業技術 10：210～215.
2. 嵐嘉一(1951) 秋落型 水稻의 外部診斷的 特徵. 農及園 26 (11).
3. 安壽奉(1973) 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한 硏究. 韓作誌 vol. 14：1～40.
4. 馬場赴(1952) 日照か無機成分の吸收に及ぼす影響. 日作紀 22：3～4.
5. _____(1958) 水稻の胡麻葉枯病及び秋落の發生機構に關する營養. 生理的 硏究. 農林省 農技研報 7：1.
6. 本谷耕一. 速水昭彦(1954) 水稻生育の調整に關する營養生理的研究. 東北農試報 30別刷.
7. 木內知美. 石阪英男(1960) 水稻の收量形成過程に及ぼす營養條件の影響. 日土肥誌 31：285～291.
8. 原田登五郎(1951) 水田の窒素的潛在地か農業技術 6：5～6.
9. 石井英之. 三好羊(1960) 水稻に對る珪酸石炭の施用效果に關して(2報) 珪酸石炭及珪酸施用による增收效果と生育との關係に對して. 日土肥學雜誌 30：490.
10. 今泉吉郎. 吉田昌一(1958) 珪酸石炭施用の妥否判定基準. 農林省農技研報 B №8 296.
11. 金泳燮(1965) 水稻栽培의 主要環境要因에 關한 解析的 調査硏究. 韓作誌 vol. 3. 49～82.
12. 金萬壽(1969) 水稻 伸長節位基葉의 形態變異에 關한 硏究. 韓作誌 5：1～36.
13. 金泳燮外 4 (1963) 珪酸鹽肥料의 肥初比較試驗. 農振廳 植環報告.
14. 李善龍外 5 (1979) 退化鹽土地에 있어서 水稻에 對한 暗渠排水 및 深耕多肥 改良劑 施用效果. 農振廳 農試研報 21 (土壤肥料). 39～55.
15. 松尾英俊(1963) 高位收穫田の造成法. 農及園 vol. 37. №9.
16. 松島省三. 和田源七(1959) 水田の炭水化物量. 窒素含量と登熟收量. 農及園 34 (1, 2).
17. _____(1966) 稻作の理論と技術. 養賢堂.
18. 村田吉男(1962) 水稻品種の生産かに關する問題とその生理的考察. 農及園 37 (12).
19. Okuda, A. and E. Takahashi(1964) The role of silicon. symposium on the mineral nutrition of the rice plant, IRRI, Philippines.
20. 奧田索. 高橋英一(1962) 作物に對する珪酸の營養生理學的役割について(第1報). 日土肥誌 vol. 33：65～69.
21. 朴永大. 金泳燮(1976) 秋落畓 水稻에 對한 珪酸의 增收效果. 韓土肥誌 4(1). 1～12.
22. _____外 2 (1964) 水稻胡麻葉枯病 罹病과 水稻健全葉中의 無機成分에 關하여. 韓農化誌 5：49～52.
23. _____(1971) 秋落畓 水稻에 對한 珪酸의 增收效果. 韓土肥誌 vol. 4：1～12.

24. 朴俊奎. 金泳燮外 1 (1965) 水稻에서 窒素施肥量의 差異가 收量構成要素 및 葉中無機要素含量에 미치는 影響. 農振廳 農試研報 8(1).
25. 朴英善. 吳旺根. 朴天緖(1964) 우리나라 水稻의 珪酸含量에 關하여. 農振廳 農試研報7(1).
26. Park, C.S.(1979) Fertility management of flooded rice soil : A proposal to minimize the liological production potential – performance gap of bigh yielding varieties. J. Korean soc. soil sci. Fert. vol. 12, No. 3. 153～167.
27. 盧俊晶(1975) 水稻에 對한 珪酸石炭의 效果研究(I). 重窒素를 利用한 珪酸石炭의 施用效果. 韓作誌 vol. 19. 21～24.
28. 鈴木新一. 前田正男(1948) 水稻の秋落改良に對する考察. 日土肥誌 19. 91～92.
29. Sommer, A.L.(1926) Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for the plant growth. Univ. california public, Agr. sci 5 : 57.
30. 島田尙光(1956) 稻胡麻葉枯病の發生生態 植物防疫 10. 19～229.
31. 高橋英一. 奥日東(1961) 作物に對する珪酸の營養生理的役割に對する. 日本土肥誌 32.
32. Tanaka, A. and Y. D. park(1966) Significance of the alsorption and distribution of silica in the growth of the rice plant. soil sci and plant nutri of Japan. 12 : 191～196.
33. 吉田昌一(1960) 植物の珪酸影響に關聯する 2. 3の問題. 日土肥誌 31.
34. 內山修男(1949) 水田土壤形態論. 96～110.