

## 土壤類型別 三要素 및 粘土鑛物の 全量全層 施用이 水稻生育 및 收量에 미치는 影響

金 相 孝\* · 崔 炅

慶北大學校 農科大學 農化學科 · 農村振興廳\*

### The Effect of Whole Layer Placement of Total Amount of N. P. K. Application with Clay Minerals on the Growth and the Yield of Paddy Rice in Different Soil Types.

Kim, Sang Hyo \* · Choi, Jyung

Dept. of Agricultural Chem., Coll. of Agric., Kyungpook Natl. Univ.

\*Office of Rural Development

#### Summary

This study was carried out to evaluate the effects of whole layer placement of total of N. P. K. application with clay mineral such as Bentonites and Zeolite on the growth and the yield of rice in different sandy soils .

The results obtained were as follows ;

The yield was increased by whole layer placement of total amount of N. P. K. application with clay minerals in both soils examined compared with the treatment of N. P. K. only. In fine sandy loam soil, it was increased significantly at 5 % level at N. P. K. + Zeolite 1.0 M/T and in fine sandy soil, at 5 % and 1 % at N. P. K. + Bentonites 0.5 M/T and N. P. K. + Bentonite 1.0 M/T, respectively .

The nitrogen and silica content of rice straw at heading stage were increased and were tended to increase in phosphate and exchangeable cations such as potassium, calcium and magnesium by whole layer placement of total amount of N. P. K. application with clay mineral .

The chemical properties of both soils were changed slightly after the harvest of rice by the whole layer placement of total amount of N. P. K. application with clay mineral ; pH, C. E. C., exchangeable base and available silica content were increased .

1) A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Kyung Pook National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Agriculture in December 1981.

## 緒 論

主穀인 쌀의 增産을 위하여 많은 研究가 지속되어 왔다. 그 일환으로 多收性 統一系 新品種의 育成과 擴大 普及으로 主穀의 自給自足에 接近하였으나 各種 災害로 인하여 收量이 減少되고 있음으로 單位面積當 生産力 提高 手段으로 近年에는 農土培養事業이 거국적으로 추진되고 있다.

水稻의 收量을 支配하는 要因은 品種의 收量性, 氣象 環境, 土壤의 生産性 및 病虫害 들을 들 수 있겠으나 무엇보다 可變的인 것은 施用한 肥料의 利用效率를 높이는 施肥法改善이 重要課題라 할 수 있다. 慣行的 表層施肥는 肥料의 損失이 크므로 近來에는 全層施肥가 勸奨 普及되고 있다.<sup>20)</sup> 肥料 三要素中 特別히 窒素는 表層施肥의 境遇 脫窒에 의한 損失이 많아 施肥 方法과 時期에 注意를 요한다. 畚土壤은 表層數 mm의 酸化層이 생기고 그 아래 部位에 還元層이 形成되므로 1) 畚土壤의 施肥效率는 施肥量보다 施肥位置가 重要하다.

酸化層에 窒素質肥料를 施用할 境遇 脫窒은 必然的인므로 合理的인 施肥法을 究明하기 위하여 1940年代부터 全層施肥에 관한 研究가 始作되어 全層施肥의 變型, 尿素下層施肥, 灌水局小施肥 및 局地施用等 많은 報告가 있다.<sup>4,6,10,17,18,25)</sup>

우리나라 農耕地 土壤은 大部分이 砂質 乃至 砂礫質임으로 養分과 水分의 保有力이 낮고 作物營養分의 流失이 심해<sup>2,6,12)</sup> 이들 土壤의 改良과 施肥改善에 관

한 研究가 많이 이루어져 왔다. 그중 특히 鹽基置換容量이 높고 粘土含量이 많은 優良粘土鑛物을 砂質系 畚土壤에 施用하면 漏水를 抑制하고 肥效를 增進시킨다.<sup>2,3,14,16,28)</sup>

Numakura<sup>16,17)</sup>는 Bentonite 施用으로 土壤中の 鹽基吸着 機能이 改善되어 土壤에 粘土鑛物을 添加하면 作物生育에 必要한 養分을 吸着保有하였다가 서서히 供給한다고 報告하였다. 지금까지 報告된 大部分의 土壤改良劑 施用 試驗은 改良劑만의 效果를 調査하였으나 施肥方法과 土壤改良劑를 併用한 시험은 거의 없는 形便이다. 따라서 本 試驗에서는 砂質系 畚土壤 類型別로 鹽基置換容量이 높고 粘土含量이 많은 Bentonite 및 Zeolite를 同時에 全量全層施用하여 水稻의 生育과 收量에 미치는 影響을 調査하였다.

## 材料 및 方法

供試土壤은 江西統인 細砂壤土外 長川統인 細砂土로써 常法<sup>1,2)</sup>에 의해 分析한 土壤의 理化學的 特性은 Table 1과 같다.

供試粘土鑛物은 慶北迎日産으로써 Bentonite는 10 mesh, Zeolite는 60 mesh Sieve를 全量 通過한 試料를 使用하였으며 이들의 理化學的 特性은 Table 2와 같다.

水稻는 密陽 23號를 供試하였으며 1980年 4月 15日에 播種하여 保溫甌자리에서 45日間 育苗後 5月 30日 株當 5本씩 坪當 84株(27cm×14.5cm)를 移

**Table 1. Physico-chemical properties of the soil.**

Depth	pH (1:5)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	O.M (%)	Ex-cation (me/100g)			C.E.C (me/100g)	Particle distribution (%)			Texture * Soil series
					K	Ca	Mg		Sand	Silt	Clay	
Top soil	6.4	295	77	1.9	0.38	4.3	2.2	8.8	27.0	59.6	13.4	F. S. L Gangseo
Sub soil	6.6	187	55	1.4	0.25	6.7	1.3	8.1	37.8	50.0	12.2	
Top soil	5.4	95	43	0.5	0.12	2.5	0.7	3.4	90.7	6.4	2.9	F. S Jangcheon
Sub soil	5.3	45	40	0.2	0.08	3.2	0.8	3.3	91.5	5.6	2.9	

\* F. S. L : Fine Sandy Loam      F. S : Fine Sand

**Table 2. Physico-chemical compositions of clay minerals**

Material	Particle size (mesh)	pH (1:5)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	Ex-cation (me/100g)			C. E. C (me/100g)
				K	Ca	Mg	
Bentonite	10	8.6	678	16.00	42.5	8.8	77.5
Zeolite	60	7.5	685	32.83	62.5	12.8	110.5

秧하였으며 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O로 18, 9, 11 kg/10 a의 尿素, 熔性磷肥, 鹽化加里를 各各 施肥하였고 其他 栽培管理는 標準耕種法<sup>20)</sup>에 準하였다.

處理內容은 Table 3에서와 같이 慣行分施區外 5 處理로써 全量 全層處理는 窒素, 磷酸, 加里와 Bentonite 및 Zeolite 全量을 移秧前日 同時에 施用한 다음 作土全層에 高루 섞이도록 耕耘整地하였다.

慣行施肥區의 分施方法은 窒素는 基肥 分蘖肥, 穗肥 및 實肥를 50 : 20 : 20 : 10 %의 比率로 4回 分施, 磷酸은 全量基肥, 加里는 70 : 30 %의 比率로 基肥와 穗肥로 分施하였으며 試驗區 面積은 12.15 m<sup>2</sup>로 하여 亂塊法 三反覆으로 配置하였다.

試驗前後의 土性은 Sodium Hexameta phosphate 를 分散劑로 使用하여 pipette 法, pH는 H<sub>2</sub>O (1 : 5) 에 의한 硝子電極法, 有機物은 Tyurin 法, 置換性鹽基는 1 N-Ammonium acetate 浸出에 의한 原子吸光分光分析法, 珪酸은 1N-Sodium acetate (pH 4.0) 緩衝液으로 60 °C의 water bath 上에서 90 分間 진탕침출하여 Ammonium molybdate 比色法, C.E.C. 는 Schollenberger 法에 의해 各各 定量하였다.

植物體는 中間 정도 크기의 株를 採取하여 蒸溜水로 充分히 洗滌한 後 80 °C dry oven 上에서 乾燥시켜 laboratory mill 로 粉碎한 試料를 濃 HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (18 : 1 : 11)로 濕式分解한 다음 全窒素는 Kjeld-

ahl 法, 磷酸은 Vanado molybden yellow 法, 加里, 石灰, 苦土는 原子吸光分光分析法으로 測定하였다.

結果 및 考察

水稻收量은 表 3에 나타난 바와 같이 砂壤土, 砂土 모두 三要素 全量全層 施用에 비해 三要素와 Bentonite 및 Zeolite 를 同時에 全量全層 施用한 處理에서 增收되었다. 砂壤土에서는 一要素와 Zeolite 1.0 %, 砂土에서는 三要素와 Bentonite 0.5 % 全量全層 施用이 各各 5 % 水準에서 有意性이 있었고 砂土에서는 三要素와 Bentonite 1.0 % 施用이 1 % 水準에서 有意增收되었다.

土壤의 養分保有能力은 鹽基置換容量에 의해 크게 支配되므로 Bentonite 및 Zeolite 를 肥料와 同時에 全量全層 施用함으로써 土壤中 良質粘土 鑛物의 含量이 增加되어 鹽基의 吸着能이 커졌을 것으로 생각된다. 또 保水力이 增加되어 뿌리의 養分吸收를 良好하게 할 뿐만 아니라 植物의 養分을 抱集하였다가 植物이 要求하는 時期에 徐徐히 供給함으로써<sup>7,11)</sup> 增收에 影響을 주었다고 考察된다. 水稻 生育期間中 全量全層施肥가 慣行分施區에 比하여 分蘖期부터 登熟期까지 葉色이 濃綠色을 보였고 同一한 全量全層施肥區 中에서도 粘土 鑛物을 添加 施用한 處理가 더욱 綠色을 띄었으며 出

Table 3. Yield and it's components.

Treatment \ Item		Tillering date	No. of panicle per hill	No. of grains per panicle	Ripening ratio (%)	1000 grain wt (g)	Rice yield (kg/10 a)	Yield ratio (%)
Fine sandy loam soil	Conventional application	8. 9	14. 0	110	74	24. 5	763	97
	W* of N. P. K	8. 12	14. 3	113	66	25. 4	786	100
	" + Ben. 0. 5 (M <sub>4</sub> )	8. 12	14. 3	119	73	24. 6	809	103
	" + Ben. 1. 0	8. 11	14. 4	114	74	24. 6	827	105
	" + Zeo. 0. 5	8. 11	13. 4	112	67	25. 0	831	106
	" + Zeo. 1. 0	8. 12	14. 3	118	73	24. 3	860	109
Fine sandy soil	Conventional application	8. 7	12. 5	93	78	26. 0	600	97
	W* of N. P. K	8. 8	14. 3	85	79	25. 2	616	100
	" + Ben. 0. 5 (M <sub>4</sub> )	8. 8	14. 9	107	75	24. 8	690	112
	" + Ben. 1. 0	8. 8	15. 7	110	80	25. 4	756	123
	" + Zeo. 0. 5	8. 8	15. 2	99	80	24. 2	645	105
	" + Zeo. 1. 0	8. 8	14. 5	86	82	24. 8	636	103

\* Whole layer placement of total amount of N. P. K  
F. S. L            F. S

\*\* L. S. D. (5%) ..... 55.1 ..... 59.7  
(1%) ..... 78.3 ..... 84.9  
C. V (%) ..... 3.7 ..... 5.0

穂가 1~2日 지연되었으나 後期까지 葉色이 짙은 것은 收量增收 傾向과 一致하였다. 收量이增收된 處理를 收量構成要素 面에서 보면增收된 處理는 穂當粒數 및 登熟比率이 增加되었다.

一般의으로 穂當粒數와 株當穗數間에는 負의 相關을 보이나<sup>8)</sup> 本試驗에서는 이 두 要素가 同時에 增加되기는 했으나 株當穗數가 적은 砂壤土에서는 粒數가 增加하고 株當穗數가 많은 砂土에서는 穂當粒數가 減少하는 傾向을 보였다.

前田<sup>13)</sup>들에 의하면 窒素質 肥料을 畚土壤에 施用할 境遇 그 行方은 水稻吸收 55%, 土壤中 有機化가 15~20%, 回收不能이 25~30%라고 報告하였다.

이 回收不能인 窒素를 脫窒量으로 볼 때, 水稻에 窒素 18 kg/10 a 施用時 窒素 4.7~5.4 kg/10 a가 脫窒된다는 것은 결코 적은 양이 아니다. Table 3에서 慣行施肥에 비해 三要素 全量全層施肥區가 多少增收된 것은 水稻 初期生育을 助長하여 早期有效莖 確保에 기여한 것으로 보이며 慣行인 窒素質肥料의 4回分施는 多回分施로 인한 水稻의 施用窒素效率이 減少된 것

로 思料된다.

水稻生育에서 全層施肥의 一般的인 效果는 全層施用으로 窒素質 肥料의 一部分이 表層施用이 됨으로서 脫窒되는 수도 있으나 表層施肥보다는 脫窒量이 적고 窒素 利用效率이 높은 것이다. 表層施肥을 할 境遇에는 벼가 活着前에는 肥料吸收를 거의 못하고 活着後에도 벼가 어려서 吸收量이 적어 肥料의 利用效率이 낮다.<sup>22)</sup>

主要時期別 水稻生育의 經時的 變化는 Fig. 1과 Fig.2에서 보는 바와 같이 砂壤土에서는 Zeolite, 砂土에서는 Bentonite를 三要素와 同時에 全量全層 施用한 處理가 各各 草長은 길고 莖數는 많은 傾向이었다. 特히 收量增大에 決定的 時期인 最高分蘗期와 幼穗形成期에 이들 處理區의 生育이 良好한 것은 水稻의 營養狀態를 좋게 하여 收量에 直接的으로 影響을 미친 것으로 생각된다.

出穗期에 있어서 水稻 葉中의 無機成分 含量은 Table 4와 같다. 砂壤土와 砂土 모두 三要素만의 全量全層施用에 비해 三要素와 Bentonite 및 Zeolite를 함께 全量全層施用함으로써 窒素와 珪酸의 含量은 높았

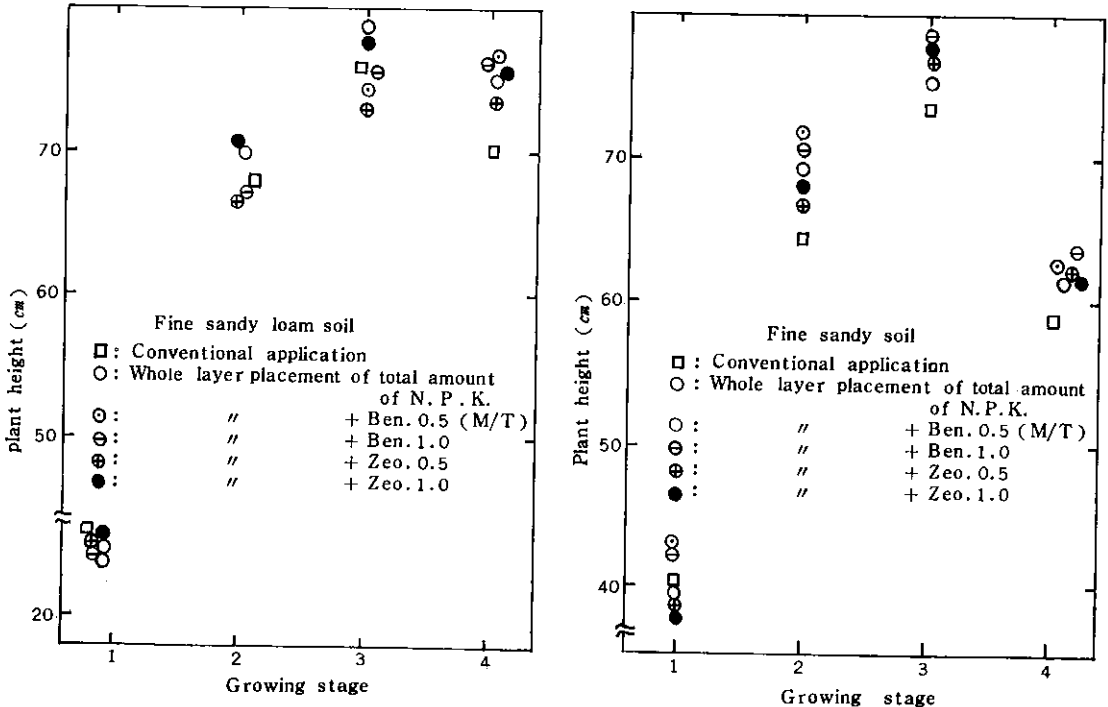


Fig. 1. Changes of plant height on different growing stages (1: 15 days after transplanting, 2: Maximum tillering, 3: Ear forming, 4: Harvesting)

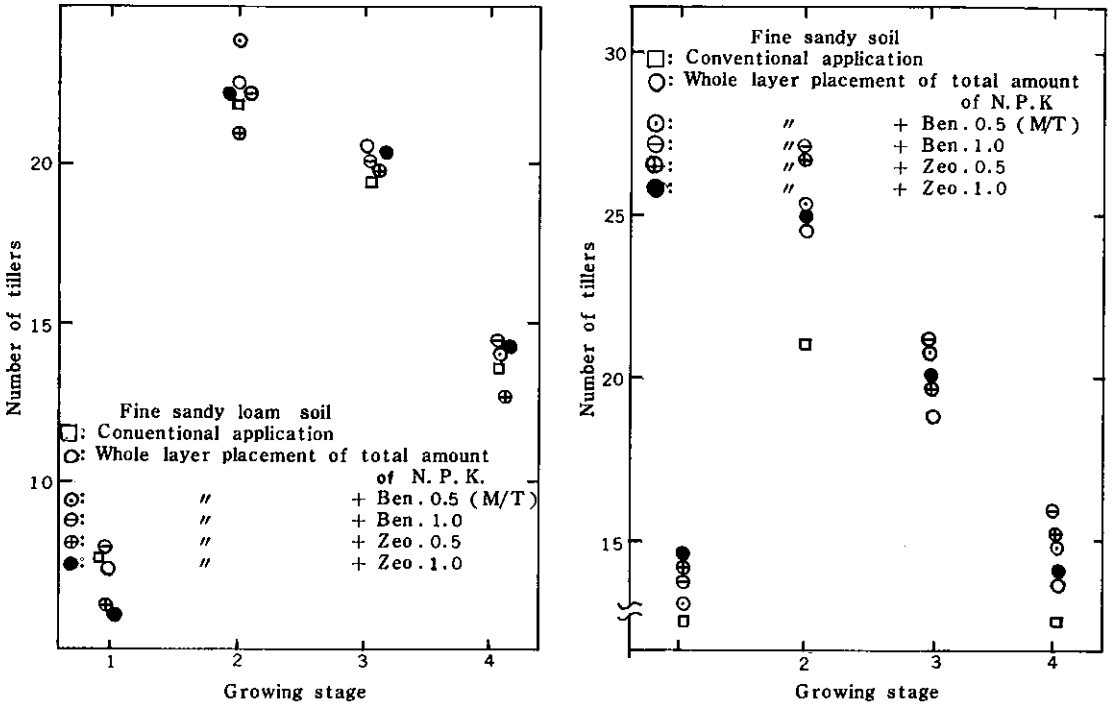


Fig. 2. Changes of tillers on different growing stages (1:15 days after transplanting, 2: Maximum tillering, 3: Ear forming, 4: Harvesting)

Table 4. Nutrient Contents of rice straw at heading stage.

Treatment	Nutrient	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			MgO	SiO <sub>2</sub>
				%				
Fine sandy loam soil	Conventional application	1.75	0.62	2.69	1.82	0.91	7.24	
	W* of N.P.K	1.69	0.55	2.73	1.40	0.10	7.82	
	" + Ben. 0.5 (M/T)	2.64	0.67	2.87	2.80	0.71	9.16	
	" + Ben. 1.0	2.34	0.65	2.78	2.10	0.20	9.26	
	" + Zeo. 0.5	2.75	0.82	2.97	1.80	0.40	9.36	
" + Zeo. 1.0	2.03	0.62	3.02	2.10	1.41	9.48		
Fine sandy soil	Conventional application	0.95	0.17	1.32	0.84	1.41	6.70	
	W* of N.P.K	1.15	0.14	1.84	0.86	1.31	6.66	
	" + Ben. 0.5 (M/T)	1.25	0.23	2.21	0.88	1.41	7.58	
	" + Ben. 1.0	1.50	0.10	2.17	0.87	1.31	8.00	
	" + Zeo. 0.5	1.45	0.27	2.26	0.84	1.61	8.01	
" + Zeo. 1.0	1.10	0.13	1.08	0.70	1.01	8.74		

\* Whole layer placement of total amount of N. P. K.

고 인산 및 가리의 함유도 증가하는 경향이 있다. 출穗期에 벼짚中 窒素含量的 증가는 收量 및 收量構成要素增大에 기여하였을 것으로 생각되며 出穗期 植物體中 加里含量 증가는 炭水化物的 合成이 旺盛하여 幼穗의 退化를 抑制하고 이삭으로의 炭水化物的 轉移가 活發하여 穗當粒數를 增加시켰을 것이다.

木内<sup>9)</sup>는 水稻莖葉中の 加里含量이 1.2~2.0%로 維持되지 못하면 穗當粒數가 떨어질 憂慮가 있고 加里供給의 有無는 粒數確保에 影響을 받는다 하였고 朴<sup>24)</sup> 들도 葉中 加里含量과 穗當粒數와는 正의 相關이 있다고 하였다. 특히 硅酸含量的 증가는 葉身中の 硅化細胞數를 增加시켜 잎과 줄기가 直立하여 受光量을 많게

함으로써 穗首稻熱病의 被害를 줄이고 登熟率을 높여 生育後期 收量增大에 關여하였을 것이다.

Fig. 3은 出穗期 水稻莖葉中の 加里含量과 穗當粒數와의 關係를 나타낸 것이다. 水稻莖葉中の 加里含量과 穗當粒數間에는 正의 有意的인 相關이 認定되었는데 이는 木內<sup>10)</sup> 朴<sup>11)</sup>들의 報告와 一致하였다.

三要素와 Bentonite 나 Zeolite를 同時에 全量全層 施用하고 水稻를 栽培한 후 土壤中에 殘留한 成分含量을 調査한 結果는 Table 5와 같다.

三要素와 粘土鑛物을 同時에 全量全層 施用함으로써 大體로 pH와 鹽基置換容量이 높아졌고 有效硅酸 및 置換性鹽基의 含量이 增加하였다. 砂壤土에서는 Zeolite 1.0%, 砂土에서는 Bentonite 1.0% 施用區가 鹽基置換容量이 가장 높았다.

供試土壤 모두 粘土鑛物 多量施用區가 少量施用區보다 C.E.C.가 높았으나 長川統에서는 Zeolite 施用이 Bentonite에 比해 增加幅이 적었다. 長川統은 漏水가 甚한 砂質土壤으로써 水稻栽培中 粘土의 一部는 心土로 移動되었기 때문일 것이다. 이는 普通番土壤의 하루 減水深이 20~30mm일 때 漏水畝는 이것의 10倍程度 減水하는 것으로<sup>19)</sup> 미루어 짐작할 수 있다. 黃垠<sup>5)</sup>

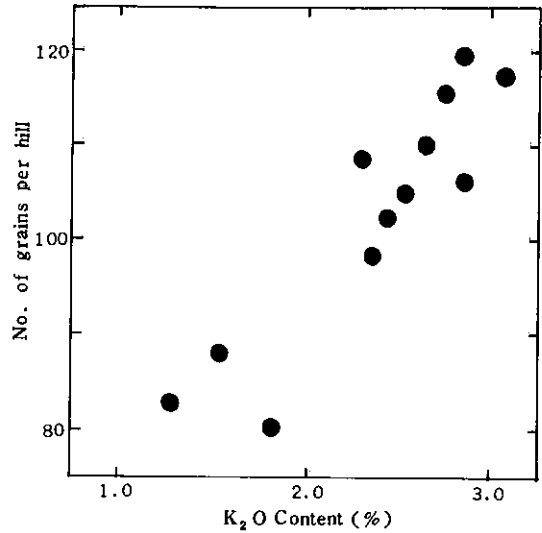


Fig. 3. Relationships between the number of grains per hill and K<sub>2</sub>O content in rice straw at heading stage.

들은 漏水가 甚한 土壤에 Bentonite 施用時 粒度를 5mm 程度로 하면 經濟的이며 10% 增收된다고 하였으며 李<sup>11)</sup>에 의하면 Zeolite 粉末도가 微細한 60mesh가 20mesh보다 增收하였다.

Table 5. Chemical properties of the soil after harvest of rice

Items Treatment		pH (1:5)	O. M (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	Ex-cation (me/100g)			C. E. C. (me/100g)
						K	Ca	Mg	
Fine sandy loam soil	Conventional application	6.40	1.66	248	99	0.20	4.0	1.3	9.3
	W* of N. P. K	6.35	1.57	279	110	0.22	4.4	1.7	9.0
	// + Ben. 0.5 (1/2%)	6.65	1.32	228	146	0.22	3.8	1.5	9.3
	// + Ben. 1.0	6.65	1.74	250	110	0.21	3.6	2.2	10.6
	// + Zeo. 0.5	6.75	1.49	238	121	0.23	3.9	3.6	9.1
	// + Zeo. 1.0	6.60	1.91	194	182	0.21	3.7	1.7	11.6
Fine sandy soil	Conventional application	5.50	1.14	27	26	0.29	1.6	0.6	5.9
	W* of N. P. K	5.65	0.99	46	48	0.26	3.0	0.7	6.0
	// + Ben. 0.5 (1/2%)	5.75	1.16	46	144	0.27	2.9	0.6	6.6
	// + Ben. 1.0	5.85	1.12	46	197	0.49	2.5	0.8	8.4
	// + Zeo. 0.5	5.80	1.20	88	36	0.37	1.8	0.7	6.5
	// + Zeo. 1.0	5.55	0.95	39	49	0.12	1.6	0.3	7.9

\* Whole layer placement of total amount of N.P.K.

摘 要

砂質系 番土壤 類型別로 窒素, 磷酸, 加里 및 Bentonite와 Zeolite를 同時에 全量全層 施用이 水稻生育과 收量 및 土壤改良 效果에 미치는 影響을 圃場 試驗하였다.

水稻收量은 三要素 全量全層 施用에 比해 三要素와 粘土鑛物 同時 全量全層 施用이 增收되었는데 砂壤土에서는 Zeolite 1.0%, 砂土에서는 Bentonite 0.5%, 施用이 各各 5%水準에서 有意性이 있었고 砂土에서 Bentonite 1.0% 施用은 1%水準에서 有意增收되었다. 出穗期 水稻莖葉中の 養分含量은 三要素 全量全層 施用

用에 비해 三要素와 粘土礦物을 同時에 全量全層施用 함으로써 窒素와 珪酸含量은 높아졌고 磷酸 및 鹽基의 含量도 增加하는 傾向이었다. 또 土壤의 pH와 鹽基置

換容量은 다소 높아졌고 有效珪酸 및 置換性鹽基의 含量이 增加하였다.

## 引用文獻

1. 崔征. 1980, 土壤學 實驗Note, 慶北大學校 農科大學 土壤學教室.
2. 江川友治. 1960, 粘土礦物と土壤改良, 農業及園藝, 35(12): 1886-1890.
3. 江川友治. 1963, 제오라이트의 農業利用, 粘土科學 2: 160-167.
4. 小伸郎. 1975, 湛水土壤における 脫窒의 研究, 農業および 園藝, 54(4): 495~500.
5. 黃垠, 金哲圭. 1964, 漏水性畚에 Bentonite를 客土한 效果, 農工學會誌, 創刊號: 40~43.
6. The International Rice Research Institute Annual Report for 1973:12.
7. 張南日, 崔征. 1978. 慶北道內 賦存된 優良粘土의 開發에 관한 研究. 慶北大學校論文集. 26:593~599.
8. 池泳麟. 1973. 新稿水稻作, 鄉文社.
9. 木內和美, 石阪英男. 1961. 水稻의 收量形成過程에 及ぶ 營養條件의 影響(加里), 日土肥誌. 32(5): 198~202.
10. 권태오, 이선용. 1976. 施肥方法에 依한 肥料의 利用效率 增大에 關한 試驗. 湖試研究: 217~234.
11. 李在爽. 1980. 韓國產 Bentonite 및 Zeolite의 特性과 土壤改良 效果에 關한 研究. 建國大學校 博士學位請求論文.
12. 李鍾基, 吳旺根. 1968. 數種類型畚에 있어서 水稻의 低收 原因究明에 關한 研究(第一集). 農試研報. 11(3): 1~8.
13. 前田乾一, 洵安草豐. 1976. 水稻포인트 試驗에 依한 水管理と 施肥窒素收支의 關係, 日土肥誌. 47(5): 99~105.
14. 沼尾林一郎, 山田要. 1961. 팜트나이트의 農業的 利用 水田土壤의 改良效果と 殘效持續性. 粘土科學. 201: 33~40.
15. 沼尾林一郎, 山田要. 1962. 팜트나이트의 特性と 土壤改良への 效果. 農業及園藝. 37(1): 61~65.
16. 沼倉正二, 野岩天, 若生松衛. 1966. 水稻에 對する 제오라이트의 施用 效果에 關する 研究. 宮城縣 農試研報. 37: 45~58.
17. Matsubayashi Minoru, Ito Ryuji, Takase Tsunenich, Nomato Toshio, Yamada Nororu. 1963. Theory and practice of growing rice: 221.
18. 三井進牛. 1978. 水稻의 脫莖現象(發見と波紋). 養賢堂.
19. 日本農林省. 1958. 土壤改良. 27~28.
20. 農村振興廳. 1980. 食糧作物指導教本.
21. 農村振興廳. 1974. 農事試驗研究 調査基準 (植物環境編). 213~293, 319~337.
22. 吳旺根. 1976. 벼多收穫을 爲한 土壤管理. 加里研究會.
23. 朴天緒, 金福鎮, 李允煥, 金文圭. 1968. 基肥窒素의 全層 및 深層施用으로 因한 水稻增收 原因에 關한 研究. 農試研究. 11(3): 13~20.
24. 朴英善, 朴天緒, 金泳燮, 高載英. 1970. 水稻에 있어서 加里의 施用이 珪灰石效果에 미치는 影響. 韓土肥誌. 3(1): 1~9.
25. 鹽入松三郎, 青山奉重範. 1940. 湛水狀態 土壤中における 窒素의 形態變化. 日土肥誌. 14(6): 369~370.
26. 慎鏞華. 1971. 低位生産畚의 土壤類型別 特性과 分布. 韓土肥誌. 4(1): 95~100.
27. Shoji Numakura, Iwao Asano. 1972. Studies on the Improvement of the reclaimed peddy field, Tech.Bull. Miyagi, Agr., Exp., Sta., 44: 7-21.
28. 土壤肥料全編. 1964. 老朽化水田土壤의 改良對策. 309~318.