

3 要素 및 有機物の 連用이 畚土壤의 變化와 水稻生育 및 收量에 미치는 影響

吳 潤 鎮*

Effects of N. P. K. and Organic Matters for 15-years Successive Application on Paddy Soil Properties, Plant Growth and Yield of Rice Plant

Oh, Y. J.*

ABSTRACT

Experiments were conducted to know the effects of 15 years successive application of fertilizers and organic matters on the soil properties, plant growth and yield of rice.

Application of fertilizers and organic matters for 15 years in same plots were increased soil pH, OM, and CEC, but decreased SiO₂ and Ca content in paddy soil. Organic matter application for 15 years was increased OM about 0.5% compare to non-applied plot. Particularily lime application was increased soil pH, SiO₂, Ca and CEC in paddy soil.

NPK+compost and NPK+straw application were increased number of panicles and number of spikelets per unit area, but decreased ripening ratio compare to NPK applied plot.

Average grain yield for 15 years in the non-fertilized, -N, -P, -K, NPK+compost, NPK+straw and NPK+lime applied plot was 47, 51, 88, 95, 113, 117, and 106% of yield compare to NPK applied plot, respectively.

緒 言

벼는 물을 먹고 자라고 밭작물은 肥料를 먹고 자란다는 옛말과 같이 벼는 生育期間中 澁水狀態로 栽培되므로 밭土壤과는 달리 물에 의한 養分の 天然供給량이^{4,15)}, 크고 또 土壤中の 變化가 크기 때문에 土壤中の 養分利用度가 크므로 無肥 栽培에서도 收量을 얻을 수 있다.^{4,6)} 그러나, 最近 印·日遠緣交雜 多收性 新品種이 育成된 以後 品種의 特性이나 多收穫을 目的으로 施肥量이 급격히 增加되었는데 특히 1977 年부터 급격히 增加하는 傾向이었다.³⁾ 畚土壤에 化學肥料만의 連用은 오히려 土壤의 理化學的 性質의 變化를 招來하므로^{8,10)} 土壤改良 問題가 대두될 것이다.

반면 급격한 工業化로 農村에 文化施設이 普及되면서 地畝의 改良, 煉炭으로 燃料의 代치 등 芻藎의 利用度가 낮아지고 또 勞動力 不足으로 인한 機械化의 하나로 콤바인 收穫의 경우 芻藎은 切斷되어 直接 논에 還元되어 土壤의 理化學的 性質이 改良되어^{8,10)} 收量增加를 기대할 수 있다. 또 化學肥料의 連用, 특히 硫安과 같은 酸性肥料의 連用은 土壤을 酸性化하며 Fe, Mg, Mn 과 같은 微量要素의 溶탈을 招來하여 결국은 秋落畝 내지는 老朽化畝으로 되어 水稻 收量의 減收를 가져온다.^{4,7)} 이러한 酸性土壤의 改良은 石灰 珪酸質 肥料 또는 微量要素가 含有된 土壤으로서의 客土 등이 効果的이다.

本 試驗에서는 化學肥料의 3要素와 有機物, 石灰 등을 多年間 連用하여 水稻를 栽培하면서 肥料의 種

*作物試驗場

*Crop Experiment Station ORD, Suweon 170, Korea.

類, 有機物の種類에 따라서 畚土壤의 變化와 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響을 檢討하여 多收穫原理 究明의 基礎資料로 活用코져 1968년부터 1982년까지 15年間の 同一圃場에서 試驗을 實施하고 1972年度에 中間 結果의 報告⁹⁾에 이어 그 15年間の 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

本 試驗은 1968년부터 1982년까지 15年間을 作物試驗場 畚作圃場에서 遂行하였으며 試驗畚의 土壤統은 水北統으로 排水 良好한 砂壤土였다.

施肥量 및 施肥方法은 表 1에서 보는 바와 같이

Table 1. Amount of applied N, P and K with lime and organic matter amendment in each year during 1968-1982 experimental period.

Fertilization	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Com-post	Rice-strew	Lime
	(kg/10a)					
Non-fertilized	—	—	—	—	—	—
-N(P, K)	—	6(5)	9(6)	—	—	—
-P(N, K)	10(8)	—	9(6)	—	—	—
-K(N, P)	10(8)	6(5)	—	—	—	—
N, P, K	10(8)	6(5)	9(6)	—	—	—
N, P, K, +compost	10(8)	6(5)	9(6)	1,000	—	—
N, P, K + Rice Straw	10(8)	6(5)	9(6)	—	750	—
N, P, K+ Lime	10(8)	6(5)	9(6)	—	—	360

(): Amount of fertilizers applied during 1968 to 1972.

1968년부터 1972년까지 5年間은 10a當 N-P₂O₅-K₂O를 8-5-6kg씩 施用하였으며 1973년부터 1982년까지 10年間은 10a當 N-P₂O₅-K₂O를 10-6-9kg씩 施用하였다. 水稻品種은 振興을 供試하였으며 移秧期는 해에 따라서 약간씩 차이는 있으나 6月 1日부터 10日 사이로 하였으며 栽植距離는 30×15cm로 하였다. 窒素의 分施方法은 基肥 50%, 分蘗肥 30%, 穗肥 20%로 하고 堆肥, 生糞 및 石灰는 移秧 30日 前에 施用하였다.

土壤分析은 0~15cm의 作土를 採取하여 陰乾 粉碎한 후 2mm의 체로 쳐서 農業技術研究所 土壤分析法²⁾에 準하여 分析하였다.

水稻의 生育狀況은 移秧後 2週 間隔으로 20株씩

調査하였으며 乾物重 및 植物體의 成分分析을 위해서 試驗區當 平均株 4株씩을 採取하여 80°C 乾燥器에서 48時間 乾燥하여 乾物重을 測定하고 粉碎하여 分析에 使用하였다. 植物體의 全窒素는 micro-Kjeldal法 磷酸은 Ammonium Vanadate Yellow法, 加里와 그 외의 成分은 Atomic Absorption Spectrophotometer로 測定하였다.

其他 栽培法은 作物試驗場 水稻栽培 標準耕種法에 準하였다.

結果 및 考察

1. 畚土壤 理化學性 變化

3要素와 有機物을 15年間 連用하였을 경우 土壤의 理化學性 變化를 究明하기 위하여 試驗實施 5年後인 1972年度의 試驗前 土壤의 分析值와⁹⁾ 역시 試驗實施 15年後인 1982年度의 試驗前 및 出穗期의 土壤을 分析하였다.

表 2에서 1972年과 1982年의 土壤의 理化學的 性質의 變化를 比較해 보면 全 處理가 같은 傾向으로 pH, O.M. CEC 등이 약간씩 增加되고 SiO₂와 Ca는 減少하는 傾向이었다. 또 이들을 處理別로 比較해 보면, PH는 3要素+石灰處理區에서 높았고 土壤 有機物(OM)은 3要素+堆肥區가 1972년에 1.5%, 1982년에 1.9%로 標準인 三要素의 1972年度에 比하여 0.2~0.6% 增加하고 마찬가지로 3要素+生糞區는 0.3~0.6%씩 增加하였다. 全般的으로 보아 堆肥나 生糞와 같은 有機物을 15年間 連用을 하므로서 土壤 有機物을 0.5% 程度 增加시킬 수 있으며 이는 愼等¹⁰⁾이 報告한 것과 같은 結果이었다. 특히 3要素+石灰 連用은 土壤中的 SiO₂, Ca의 含量을 增加시키고 또 CEC의 含量도 增加시키므로 이는 朴¹¹⁾ 등이 報告한 石灰施用은 土壤中 珪酸의 含量을 增加시킬 수 있으며 이는 愼等¹⁰⁾이 報告한 것과 같은 結果이었다. 특히 3要素+石灰 連用은 土壤中的 SiO₂, Ca의 含量을 增加시키고 또 CEC의 含量도 增加시키므로 이는 朴¹³⁾ 등이 報告한 石灰施用은 土壤中 珪酸의 含量을 增加시킨다는 結果와 같았다. 그 외 P, K, Mg 등은 큰 차이가 없었으나 無磷酸區나 無加里區는 3要素 處理區에 比하여 含量이 적었다. 1982年度의 試驗前 土壤의 成分과 出穗期의 成分의 1作期間變化를 比較해 보면, pH, Ca, Mg 등은 減少하는 傾向이고 K와 OM는 增加하는 傾向이었다.

水稻栽培 期間中 土壤中的 有效磷酸과 置換性加里

Table 2. Changes of physico-chemical properties of top soils after 5 and 15 years fertilization.

Fertilization	Year	PH (1 : 1)	OM (%)	Available(ppm)		Ex changeable (m.e./100g)			CEC (m.e./100g)	
				P ₂ O ₅	Si O ₂	K	Ca	Mg		
Non - fertilized	1972	B. E	5.3	1.3	22	114	0.30	5.3	0.7	8.4
	1982	B. E	6.1	1.1	19	97	0.23	4.1	1.0	11.2
		H. S	5.8	1.6	16	72	0.26	3.3	0.7	—
-N(P, K)	1972	B. E	5.0	1.2	41	106	0.40	6.0	0.9	9.2
	1982	B. E	5.9	1.3	49	90	0.32	3.8	0.9	11.9
		H. S	5.4	1.6	49	66	0.37	3.2	0.6	—
-P(N, K)	1972	B. E	5.4	1.2	12	121	0.30	6.3	0.9	9.2
	1982	B. E	5.8	1.5	15	71	0.27	3.8	1.0	11.8
		H. S	5.3	1.6	14	70	0.32	3.3	0.8	—
-K(N, P)	1972	B. E	5.4	1.2	26	122	0.20	6.5	1.0	8.9
	1982	B. E	5.8	1.5	39	71	0.18	3.9	1.0	11.9
		H. S	5.3	1.8	60	76	0.21	3.7	0.8	—
N, P, K	1972	B. E	5.1	1.3	51	119	0.40	6.3	0.9	9.6
	1982	B. E	5.6	1.5	45	66	0.24	3.7	0.8	12.1
		H. S	5.3	1.7	39	72	0.30	3.1	0.7	—
N, P, K+Compost	1972	B. E	5.4	1.5	38	96	0.40	5.8	1.3	9.2
	1982	B. E	5.7	1.9	56	68	0.27	3.8	0.9	12.2
		H. S	5.2	2.2	28	72	0.31	3.2	0.7	—
N, P, K+Rice-straw	1972	B. E	5.2	1.9	50	101	0.60	5.3	0.9	9.5
	1982	B. E	5.4	1.6	54	62	0.27	3.5	0.7	12.3
		H. S	5.1	2.1	28	69	0.32	2.8	0.6	—
N, P, K+Lime	1972	B. E	7.5	1.2	50	300	0.30	17.3	0.7	10.1
	1982	B. E	8.0	1.3	49	259	0.23	12.6	0.8	14.0
		H. S	7.3	1.6	37	195	0.27	9.1	0.6	—

B. E: Before experiment

H. S: Heading stage

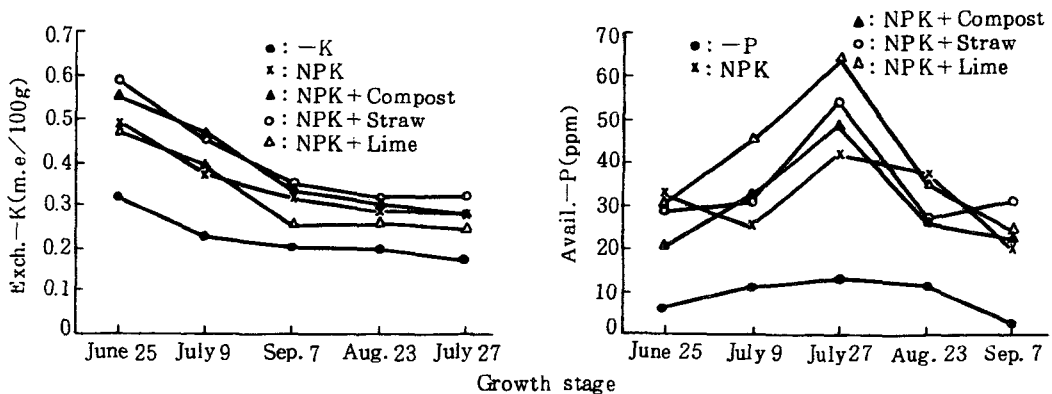


Fig. 1. Changes of available phosphorous and exchangeable potassium in paddysoil at different growth stages for 15 years successive application of N, P and K with organic matter and lime amendment.

의 經時的인 變化를 그림 1에서 보면 加里는 어느 處理에서나 移秧後 日數에 따라서 減少하는 傾向이 나타내고 있으며, 그 중 無加里區는 全 生育期를 通

하여 加里의 含量이 적었고 대체로 堆肥나 生糞 等 有機物 施用에 의하여 土壤中 加里의 含量이 多少 增加하는 傾向이었다. 磷酸의 경우 全 處理 共히 幼

穂形成期경인 7月 下旬에 가장 높은 함유率을 나타낸 후 다시 減少하는 傾向이었다. 磷酸의 경우도 加里와 같이 無磷酸區에서 다른 處理에 比하여 全 生育期間 土壤의 磷酸含量이 줄어드는 傾向이었고 역시 石灰와 有機物의 施用에 의해서 增加되는 傾向을 나타내었다. 이와 같은 有機物의 連用은 약간의 土壤 有機物을 높이는 同時에 有效磷酸, 置換性加里, CEC 등을 增加시키고 특히 石灰施用은 pH, SiO₂, Ca, CEC 등을 增加시키는 傾向이었다. 또 無窒素, 無磷酸, 無加里는 實際로 水稻의 生育過程을 통해서 이들 成分의 缺乏現象이 나타났다.

2. 水稻의 生育狀況

施肥方法을 달리하여 15年間을 連用하였을 경우 單位面積當 分蘗數의 處理間 差異를 徑時的으로 調査한 結果는 그림 2와 같다. 無肥, 無窒素, 無加里區는 生育初期부터 分蘗數가 적은 傾向이었고, 3要素, 3要素+堆肥, 3要素+生糞等 有機物을 施用한 處理區는 分蘗數가 많고 移秧 80日後의 分蘗數는 3要素+生糞, 3要素+堆肥, 3要素+石灰의 順으로 많았다. 특히 3要素+生糞의 경우는 生育初期는 生糞의 分解로 인한 窒素의 기아現象이 약간 보여 初期 分蘗 및 最高分蘗數는 적었으나 最終 穗數는 많았다.

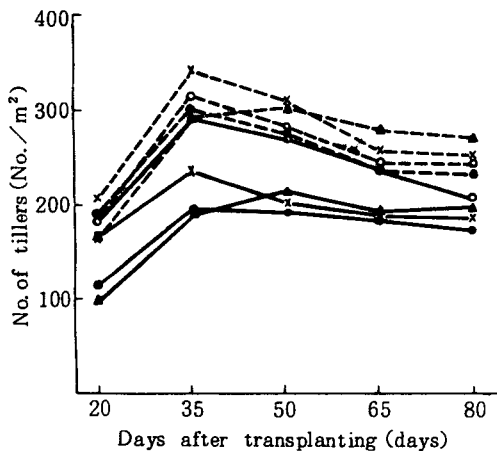


Fig. 2. Changes in number of tillers under different fertilizers applied condition ; Non-fertilization (—●—), -N(—×—), -P(—▲—), -K(—○—), NPK(…●…), NPK+Compost(…×…), NPK+Straw(…▲…), and NPK+Lime(…○…), for 15 years.

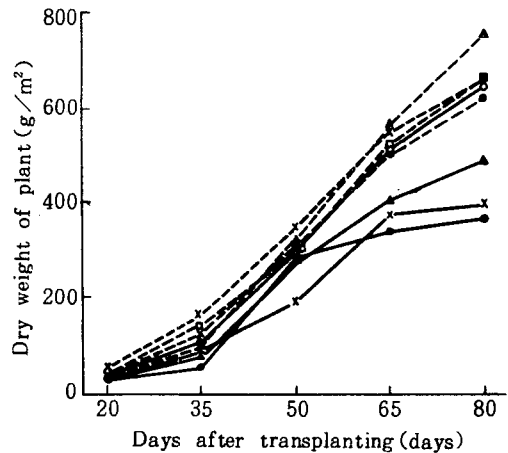


Fig. 3. Changes in dry weight of rice plant at different growth stage under different amount of N,P and K with organic matter and lime amendment ; Non-fertilizer (—●—), -N(—×—), -P(—▲—), -K(—○—), NPK(…●…), NPK+Compost(…×…), NPK+Straw(…▲…), and NPK+Lime(…○…).

水稻 生育期間中 生育時期別 總生産을 究明하기 위하여 地上部 乾物重을 調査한 結果를 그림 3에서 보면 대체로 分蘗數와 같은 傾向으로 無肥, 無窒素, 無磷酸區는 全 生育期間을 통하여 乾物生産量이 적은 반면 3要素+堆肥, 3要素+生糞와 3要素+石灰等 3要素의 均衡施肥에 有機物 및 石灰施用으로 인한 乾物重의 增加가 현저히 높았다. 이러한 結果는 表 2에서 記述한 바와 같이 有機物이나 石灰의 連用은 地力 向上에 效果的이라는 것을 나타내고 있다.

3. 收量構成要素 및 收量의 變化

本 試驗을 實施한 15年後인 1982年 水稻 生育狀態 및 收量構成要素를 表 3에서 보면 出穗期는 3要素施用區에 比하여 無窒素가 4日 빨랐으나 無磷酸에서는 6日, 3要素+堆肥에서는 4日, 3要素+生糞에서는 5日씩 늦어지는 傾向이었으며 磷酸의 缺乏에 의하여 出穗가 지연되는 것은 興味있는 事實이다. 無肥, 無窒素, 無磷酸區의 穗數는 各各 7.1, 8.2, 9.2개로 가장 많은 3要素+生糞에 比하여 6.8, 5.7, 4.7개가 적었다. 그러나 3要素+堆肥는 3要素+生糞와 같은 穗數를 나타내어 池⁴⁾ 등의 報告와 같은 傾向이었다. 穗當 穎花數는 無窒素, 無肥, 無加里等 이 적었고 有機物施用區는 많아 結果의으로 m²當 穎花數

Table 3. Heading date and yield components for 15 years (1968–1982) successive application of N, P and K with organic matter and lime amendment.

Fertilization	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle	No. of spikelet		1,000 grain weight (g)	% of ripened grain
					per panicle	m ²		
						(1000)		
Non-fertilized	Aug. 12	72	20.9	7.1	91	14.3	25.0	92
-N(P, K)	Aug. 7	70	20.0	8.2	83	15.1	25.7	90
-P(N, K)	Aug. 17	80	21.3	9.2	101	20.6	26.1	90
-K(N, P)	Aug. 11	75	21.0	12.3	96	26.2	26.1	84
N, P, K	Aug. 11	82	21.3	11.5	98	25.0	25.9	85
N, P, K + Compost	Aug. 15	82	21.4	13.1	106	30.8	25.5	81
N, P, K + Rice-straw	Aug. 16	85	21.5	13.9	105	32.4	25.2	81
N, P, K + Lime	Aug. 13	78	20.2	11.0	112	27.4	25.5	87

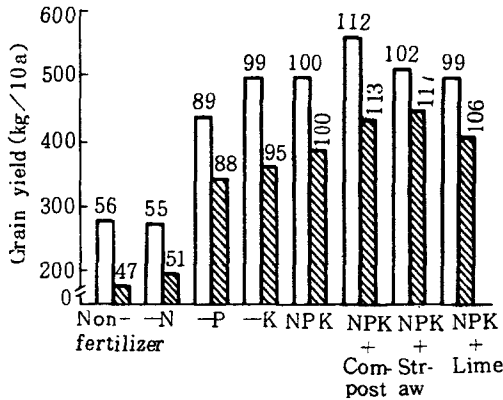


Fig. 4. Comparison of brown rice yield between average of 15 years successive application (▨) and yield obtained in 1982 (□) under different amount of chemical fertilizer with organic matter and lime amendment.

는 3要素에 生糞, 堆肥, 石灰를 첨가한 順으로 많았으며 無加里區도 3要素區와 差異가 없었다. 한편 登熟比率은 無肥가 92%로 가장 높고 3要素+堆肥와 3要素+生糞가 81%로 가장 적었다.

玄米 收量을 1982年과 1968년부터 1982년까지 15年間의 平均値를 比較하여 보면 그림 4에서와 같이, 1982年의 收量이 15年間의 平均收量보다 높았다. 各 處理間의 收量差를 보면 標準인 3要素에 比하여 無肥나 無窒素는 50%를 前後한 收量을 보이고 있어 이는 權⁸⁾ 등의 報告한 結果와 같은 傾向이며, 無磷酸은 80~90%, 無加里는 3要素와 같은 收量을 내어 收量에 가장 크게 影響하는 成分은 窒素, 磷酸, 加里의 順이었으나 加里의 影響은 그리 크지 않다는 것은 權⁸⁾, 金⁹⁾ 등의 報告와도 一致한다. 그러나 3要素의 均衡 施肥에 有機物인 堆肥施用은 '82年度에 12%, 平均値는 13%의 增收을 보이고 生糞

Table 4. Changes in brown rice yield under differently fertilized condition for 15 years (1968–1982).

Fertilization	Brown rice yield (kg/10a)														Average +S. D ^{a)}	
	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81		'82
Non-fertilized	114	117	142	163	144	124	146	176	152	140	277	205	250	260	279	179±59.3
-N(P, K)	113	136	152	180	170	146	165	214	176	169	358	202	251	259	275	197±62.2
-P(N, K)	299	259	238	288	332	315	383	364	388	337	432	320	244	489	444	342±81.6
-K(N, P)	300	280	223	333	368	368	368	352	404	341	489	305	299	498	497	362±81.6
N, P, K	308	280	247	341	369	360	430	418	429	373	490	402	289	540	500	385±82.3
N, P, K + Compost	313	286	337	412	392	453	491	437	468	427	535	495	412	513	558	435±79.7
N, P, K + Rice-straw	304	307	308	396	435	511	550	451	452	412	536	534	453	570	512	449±89.8
N, P, K + Lime	331	370	303	475	405	429	425	306	392	404	519	434	315	521	499	408±74.2

^{a)} Standard deviation.

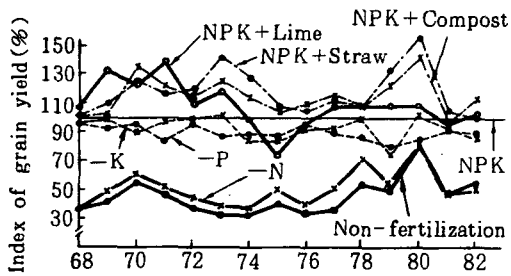


Fig. 5. Yearly variation of brown rice yield index on the 15 years successive application of chemical fertilizers and organic matter amendment.

施用은 82年度는 2%, 平均値는 17%의 增收을 가져왔다. 이와 같은 結果는 水稻栽培에서 有機物의 施用이 重要하다는 것을 池⁴⁾, 權⁵⁾ 등의 報告를 다시 한번 더 立證해 주고 있다.

15年間의 收量變化의 年次間 差異를 表 4에서 보면, 年次에 따라서 收量이 增加하는 傾向이고 특히 1978년부터 급증하는 傾向은 좀더 檢討해야 할 問題라 생각된다. 15年間의 收量의 年次間 差異를 標準 偏差로 나타내 보면 無肥와 無窒素에서는 그 값이 다른 處理에 비하여 적어 收量의 變化가 적었으나 有機物 施用은 年次에 따른 收量의 變化가 컸다는 것을 알 수 있다. 이들의 變化를 3要素를 100으로 하여 收量指數로써 表示해 보면 그림 5와 같다. 無肥 및 無窒素는 前述한 바와 같이 3要素의 40~50%, 無磷酸, 無加里는 90~100%의 變化를, 有機物인 堆肥나 生糞의 施用은 100~140%의 收量增加를 나타냈다. 그러나 3要素+石灰는 試驗實施 3年까지는 높은 收量을 보였으나 점차 감소하는 傾向이어서 石灰의 連用은 畚土壤을 石膏化 하는데 原因이 있지 않나 생각된다. 그러므로 石灰를 連用할 때는 항상 有機物의 並用이 뒤따라야 한다고 생각된다.

4. 植物體의 營養狀態

벼의 本番生育 期間中 各處理間 植物體의 營養狀態를 究明하기 위하여 生育時期別로 試料를 採取하여 葉身中의 窒素, 磷酸 및 加里의 含有率을 分析한 結果를 그림 6에 表示하였다.

窒素含有率의 變化를 보면 一般的으로 生育初期가 높고, 後期로 갈수록 減少하는 傾向을 보이고 있으며, 無窒素는 다른 處理에 비하여 약간 낮은 경향이 나 幼穗形成期以後는 一定한 傾向이 없었다. 그러나 實際로 圃場에서는 無肥나 無窒素의 경우는 窒素

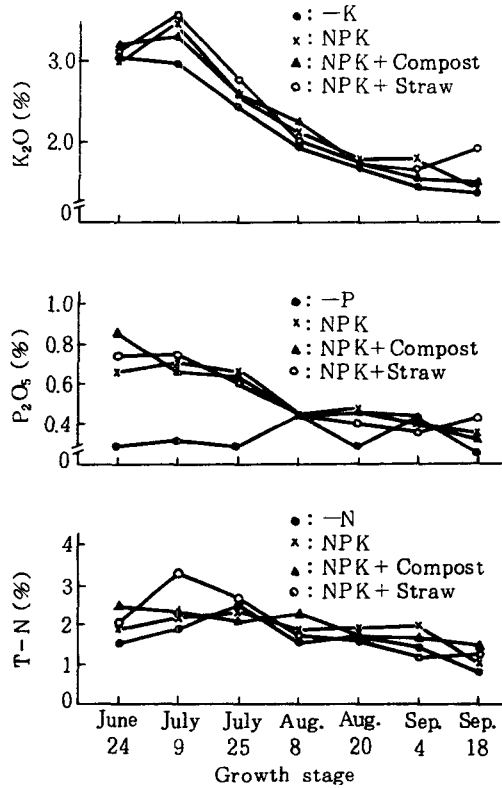


Fig. 6. Changes on concentration of mineral nutrients as T-N, P_2O_5 and K_2O in rice leaf blade at different growth stage for 15 years successive application of chemical fertilizers with lime and organic matter amendment.

缺乏現象이 나타났으며 그림 2에서 보는 바와 같이 分蘖發生이 充分히 抑制되었다. 磷酸은 無磷酸區에서 다른 處理에 비하여 葉身의 磷酸含有率이 적었으며 이러한 傾向은 生育後期까지 지속되었다. 특히 無磷酸區는 벼 生育期間中 葉身은 濃綠色이며 葉幅이 좁고 直立하는 전형적인 磷酸의 缺乏 現象을 나타냈다. 葉身의 加里含有率의 徑時的인 變化는 生育 初期는 3% 以上에서 生育이 경과함에 따라서 급격히 減少하는 傾向을 나타내어 處理間 差異로는 無加里에서 가장 적고 3要素+堆肥나 3要素+生糞 등 有機物 施用에서 높은 含有率을 보였다.

以上 벼 體內의 養分吸收를 綜合하여 出穗期 植物體內에 含有하는 3要素의 含量은 그림 7에 表示하였다. 窒素의 含量은 3要素 또는 3要素+有機物 施用區는 6~7kg 以上の 含量을 나타냈고 無肥나 無窒

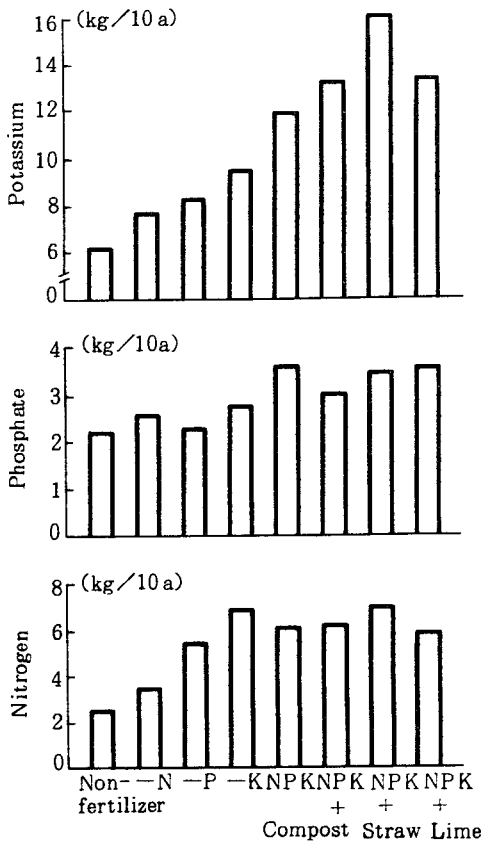


Fig. 7. Amount of mineral nutrients in rice plant at heading stage on the 15 years successive application of chemical fertilizers with lime and organic matter amendment.

素에서는 10a當 2-4kg의 含量을 보여 이 2-4kg의 吸收量은 天然供給에 의하여 吸收된 것으로 추정된다. 磷酸의 경우 無肥나 無磷酸에서 적었고 磷酸의 施用에 의하여 含有量이 높아졌다. 특히 3要素, 3要素+生糞, 3要素+石灰에서 含有量이 많았다. 加里의 경우 無肥에서 가장 적었으나 無加里에서는 窒窒나 磷酸이 施用되어서 乾物重이 많아 結果적으로 加里의 含量이 적어지지 않았다. 또 3要素+生糞에서 最高의 含量을 나타내서 單位面積當 加里의 含量은 乾物重의 大小에 크게 左右되는 것으로 생각된다.

以上の 結果를 綜合하여 보면 15年間 3要素와 有機物의 混合 連用은 土壤의 有機物, 珪酸, Ca, CEC 등의 含量에 影響을 주어(表 2) 地力이 높아졌다. 그 중에도 특히 3要素와 有機物의 並用은 單位面積當 乾物重, 穗數, 穎花數(表 3)의 增加를 가져와 收

量의 增加를 가져왔다(그림 4), 또 稻體內的 3要素 含有率(그림 6) 및 含有量(그림 7)도 3要素에 有機物 並用區가 가장 높아 水稻栽培에서 有機物의 連用 效果가 뚜렷하였다.

摘 要

肥料 3要素의 各各 缺除處理와 3要素와 堆肥, 生糞 等 有機物을 첨가 處理하여 1968년부터 1982년까지 15年間을 連用하면서 水稻品種 振興을 供試하여 土壤의 變化와 그에 따르는 收量의 變化 및 養分 吸收 關係를 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 15年間 3要素+有機物(堆肥, 生糞)의 連用은 土壤有機物을 0.3~0.6% 增加시키고, CEC도 높았으나 珪酸이나 Ca의 含量은 減少하였다.

2. 3要素에 비하여 堆肥나 生糞 등 有機物施用 첨가시용은 株當 穗數, 穗當 穎花數는 增加하였으나 登熟比率는 減少하는 傾向이었다.

3. 玄米收量은 3要素區 100에 대하여 無肥, 無窒素는 40~60%, 無磷酸, 無加里는 90~100%, 有機物 施用區는 110~140%이었다.

4. 植物體內的 3要素 含量도 3要素+有機物區(堆肥나 生糞)에서 3要素區보다 높았다.

5. 3要素中 收量에 가장 크게 影響하는 要素는 窒素, 加里의 順이었으며 有機物을 長期 連用할 경우 堆肥보다는 生糞의 效果가 크게 나타났다.

引 用 文 獻

1. 안수봉·이문희·오왕근(1973) 소석회 및 질소 시용량이 수도의 수량구성요소에 미치는 영향과 그 적정 시비량, 농시연보 15(식물환경편): 73~76.
2. 식물환경연구소(1970) 토양시료 분석법, 농촌진흥청, 식물환경연구소.
3. 韓基燾(1976) 化學肥料의 國內外 需給 事情. 韓土肥誌 9(3): 117~132.
4. 池永麟(1972) 水稻作, 卿文社.
5. 金廣植(1974) 水稻栽培가 畜狀態 土壤의 物理 變化에 미치는 影響에 關한 研究, 韓土肥誌 7(2): 71~97.
6. 金泳燾(1968) 水稻栽培의 主要 還境要因에 關한 解析的 研究, 韓作誌 3號.
7. 朴병화(1969) 추락담에 있어서 소석회가 수도

- 및 동답작 대백의 증수에 미치는 영향, 농시연보 12(3): 63~74.
8. 權容雄·李殷雄(1968) 多年間 施肥條件을 달리 해온 논의 土性 變化와 그가 水稻의 實用形質에 미치는 影響 및 品種間 差異, 서울大論文集(生農系) 19: 63~80.
 9. 李錫淳·安壽奉·李殷雄(1978) 肥料 및 有機物の 連用이 切土地 土壤의 變化와 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響, 서울大 農學研究 3卷1集: 101~110.
 10. 吳旺根(1966) 有機物の 應用이 畚土壤의 理化學的 性質에 미치는 影響에 關한 研究, 農試研報 9(1): 175~208.
 11. _____·李相範·朴讚浩·金聖培(1972) 水稻의 穗數와 分蘖에 미치는 石灰, 加里의 效果, 碑作誌 12: 47~52.
 12. 박내경·박영선·이규하·김영섭(1973) 특이산성토양에서 수도에 대한 석회 및 규회석 시용이 인산의 효과, 농시연보 15(식물환경편): 48~58.
 13. 朴英善·朴天禧·朴來正·尹錫權(1969) 畚土壤의 理化學的 性質과 湛水時 이들의 經時的 變化에 關한 調查研究(高位生産畚 및 低位生産畚인 特殊性分敏乏畚과 重粘土畚을 中心으로) 農試研報 12(3): 1~18.
 14. 慎齊晟·慎鏞華(1975) 畚土壤에서 堆肥 應用이 土壤의 理化學的 性質에 미치는 影響, 韓土肥誌 8(1): 19~23.
 15. Takahashi, J. (1964) Natural supply of nutrient in relation to plant requirement, In IRRI Symposium on the Mineral Nutrition of the Rice plant, pp. 271~293.