

製紙슬러지의 施用이 는 土壤의 化學性과 水縮生育에 미치는 影響

IV. 슬러지施用이 土壤中 揮發性低級脂肪酸變化에 미치는 影響

許鍾秀* · 金廣植** · 河浩成*

(1988. 1. 15 접수)

Effects of Paper Sludge Application on the Chemical Properties of Paddy Soil and Growth of Paddy Rice

IV. Effects of Paper Sludge Application on the Seasonal Variations of Volatile Lower Fatty Acids in Paddy Soil

Jong-Soo Heo* Kwang-Sik Kim** and Ho-Sung Ha*

Abstract

To investigate the effects of paper sludge on seasonal variations of volatile lower fatty acids in paddy soil, paper sludge was applied to pots at the rate of either 300, 600, 900 or 1,200 kg/10a which was either preadjusted at a C/N ratio of 30 : 1 or not adjusted. The decomposition rate of paper sludge, the evolution of CO₂, and the fractions of volatile lower fatty acids in the soil were determined.

The results are summarized as follows:

1. Paper sludge was decomposed to 35~44%, and its C/N ratio was 55~82, respectively, at 120 days after treatment.

2. The evolution of CO₂ in the soil was proportional to the amount of paper sludge added. Significant positive correlations were observed the CO₂ evolution was compared with the decomposition rate of paper sludge, and volatile fatty acid contents in soil.

3. Acetic, propionic, butyric, i-butyric, valeric and i-valeric acids were identified in all the soils investigated. The content of the total volatile fatty acids in the soil increased with as the application of paper sludge increased. The formation of the acids was the highest at 25 days after treatment, and thereafter the contents of the acids decreased as time elapsed.

4. The volatile fatty acids in the soil inhibited the growth of paddy rice in early stages. The contents of acetic, propionic and i-valeric acids in the soil negatively, correlated with the uptake of N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO and SiO₂ in the paddy rice at 25 days after transplantation. In addition, the uptake of P₂O₅ and CaO in the paddy rice negatively correlated with the content of butyric acid in the soil.

5. The content of total volatile fatty acids positively correlated with the content of Fe^h and

* 慶尙大學校 農科大學(College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju, Korea)

** 全南大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju, Korea)

Mn[#] in the soil at 25 days after transplantation. A significantly positive correlation was observed between Fe[#] and acetic acid contents in the soil.

緒 言

有機物の 分解樣相과 土壤中 有機酸에 관한 지금까지의 研究報告는 河本¹⁾의 芻糞埋設 2個月以內에 乾物殘存率이 約 40% 떨어진다고 하였고, 金²⁾은 芻糞中 lignin은 cellulose에 比하여 더 쉽게 分解된다고 報告하였으며, Moore³⁾는 有機物の 分解는 溫度가 높을수록, 有機物中 窒素含量이 높을수록 그리고 쉽게 可溶化될 수 있는 炭素의 含量이 많을수록 增加된다고 하였고, 菅野⁴⁾은 有機物の 分解速度는 有機物の 種類에 따라 다르다고 하였다.

土壤中 有機酸에 관한 研究로서 Takai⁵⁾와 Takijima^{6,7)}의 報告에 의하면 畚土壤中 有機酸은 주로 formic, acetic, butyric, lactic 및 succinic acid 였으며 이들 有機酸은 모두 水縮生育을 阻害한다고 하였다. 有機酸이 土壤中에서의 役割은 明確히 밝혀져 있지 않지만 植物의 生理的 役割에 미치는 影響에 대한 研究는 多數가 있다.^{8,9)} Takijima^{10,11)}는 畚土壤中 30餘種의 有機酸을 檢出하고 土壤中 그들의 蓄積量은 acetic > butyric > formic > fumaric > propionic > valeric > succinic > lactic acid의 順으로 많았다고 하였으며 水縮生育에 미치는 이들의 阻害程度는 butyric > propionic > acetic > formic > oxalic acid의 順으로 크다고 하였다. 또한 土壤中 有機酸의 蓄積은 高溫보다 低溫에서 더 많이 이루어졌다고 하였으며 이는 低溫에서는 高溫보다 有機酸의 分解가 더 지연되기 때문이라고 하였다. Kaminsky¹²⁾는 phenolic acid가 植物生育, 특히 種子發芽를 阻害한다고 하였다. McLaren^등¹³⁾의 報告에 의하면 有機酸은 土壤中 不溶性 磷酸이나 珪酸鹽類物中의 磷酸, 칼리, 石灰, 苦土 및 여러가지 微量元素를 可溶化시키며 이와같은 成分의 可溶化는 微生物의 對謝活動으로도 이루어진다고 하였다.

本報에서는 I~III報에 이어 製紙슬러지를 는 土壤에 施用함으로써 土壤中 揮發性低級脂肪酸의 變化, 土壤中 CO₂ 發生量, 슬러지의 分解率, 그리고 土壤中 揮發性低級脂肪酸含量과 水稻의 無機成分吸收와의 關係 등을 檢討한 結果를 報告코자 한다.

材料 및 方法

1. 供試材料 및 處理內容

供試材料 및 處理內容은 I報와 同一하며,²⁰⁾ 揮發性脂肪酸分析用 土壤試料採取는 移秧後 25日(7月 16日), 有效分蘗期(7月 25日), 最高分蘗期(8月 8日) 및 幼穗形成期(8月 22日)에 實施하였다.

2. 슬러지의 土壤中 分解率調查

粉碎한 製紙슬러지 5g을 供試土壤 50g과 混合하고 polyethylene천으로 묶어 I報의 處理된 各 pot土壤의 5cm 깊이에 埋設하였다. 埋設後 14日, 28日, 60日, 90日 및 120日에 polyethylene천을 採取하여 슬러지의 分解率과 全炭素 및 全窒素를 求하였다. 슬러지의 分解率은 重量法으로 다음과 같이 計算하였다.

슬러지의 分解率(%) =

$$\frac{\text{슬러지 處理區의 減量} - \text{對照區의 減量}}{\text{슬러지 5(g)}} \times 100$$

슬러지의 全炭素와 全窒素의 含量은 各各 다음과 같이 換算하였다.

슬러지中 全炭素 또는 全窒素含量(%) =

$$\frac{\{55(g) \times \text{土壤 50g과 슬러지 5g混合時 炭素 또는 窒素含量}(\%) \} - \{ \text{土壤 50(g)} \times \text{對照區土壤中 炭素 또는 窒素含量}(\%) \}}{\text{슬러지 5(g)}}$$

3. 土壤中 CO₂ 發生量 測定

土壤中 CO₂ 發生量은 田邊^등¹³⁾ Puig-Gimenez^등¹⁴⁾ 및 Nommik¹⁵⁾의 方法에 의하였다. 즉 風乾 供試土壤 50g에 2mm mesh체를 通過시킨 슬러지를 I報의 pot 栽培處理와 同一比率로 混合하여 플라스틱容器에 넣고 pot栽培狀態의 水分으로 維持시켜 容器內에 따로 小形 비커를 裝置하여 거기에 0.2N-NaOH 40ml을 加하여 容器를 密閉시켰다. 다음 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12週 및 14週後 NaOH속에 吸收된 CO₂를 0.2N-HCl로 逆滴定하여 CO₂ 發生量을 求하였다.

4. 土壤中 揮發性脂肪酸 分析

(1) 總揮發性脂肪酸

Shigehiko^등¹⁶⁾ 및 新井^등¹⁷⁾의 方法에 準하여 pot栽培土壤 70g에 280ml의 蒸溜水를 加하여 冷凍室(1°C)에서 때때로 진탕하면서 24時間 保管하였다. 이것을 3,000rpm으로 20分間 원심분리하고 상등액 50ml을 중

류시켜 0.1N-NaOH로 滴定하여 總揮發性脂肪酸을 求하였다.

(2) 揮發性脂肪酸組成

土壤微生物 實驗法¹⁸⁾에 準하여 다음과 같이 分析하였다. pot栽培土壤 70g에 0.5N-H₂SO₄ 200ml을 加하여 유리봉으로 교반하면서 30分間 靜置하였다. 다시 교반하고 3,000rpm으로 원심분리하여 상층액 전부를 取하여 液體 ether連著抽出器로써 24時間 抽出하였다. 抽出液中 그 半은 蒸發시켜 揮發性脂肪酸組成 分析에 使用하고 殘量은 蒸發시켜 V報에서 記述할 高級脂肪酸組成 分析에 使用하였다. 揮發性脂肪酸 分析은 蒸發시키고 남은 液體 約 2μl을 gas liquid chromatograph에 注入시켰다. GLC의 分析條件은 Table 1과 같고 揮

發性脂肪酸의 同定은 標準物質의 RRT(Table 2)와 比較하였다.

結果 및 考察

슬러지의 土壤中 分解率은 Table 3에서 보는 바와 같이 슬러지 埋設後 28日에 13~20%, 60日에 20~27%, 90日에 29~35% 그리고 120日後에는 35~44%로서 分解되었다.尹등¹⁹⁾은 製紙슬러지의 C/N率이 234로서 分解를 촉진시키기 위한 窒素增施 없으면 分解가 거의 不可能할 것이라고 하였으나 本實驗에서는 分解가 쉽게 되었다. 前田²⁰⁾은 製紙슬러지는 土壤中에서의 年間 分解率이 C/N率로 따져서 約 75%程度라고 報告한 바 있으며 이를 미루어 보아도 슬러지는 比較的 쉽게 分解됨을 알 수 있다. 그리고 슬러지의 分解率은 그 施用量이 많을수록 그리고 C/N率을 調節한 區에서 無調節區에 比해 增加되었다. C/N率調節區가 無調節區에 比해 分解率이 높은 것은 C/N率 調節로 土壤微生物 增植에 必要한 窒素供給의 영향 때문인 것이다.

그리고 埋設슬러지中の C/N率은 Table 4에서 보는 바와같이 埋設 120日後 55~82程度였다. 슬러지의 分解率이 埋設 120日後 約 40%程度로 비교적 쉽게 分解된데 比하여 여전히 C/N率이 55~82程度로 높게 나타

Table 1. The operating conditions of GLC for the analysis of volatile fatty acids

Column	PEG-6,000 (glass φ 3mm×2m)
Detector	Flame ionization detector
Column temp.	160°C
Detector temp.	200°C
Carrier gas	N ₂ , 60ml/min
Chart speed	5mm/min

Table 2. Relative retention times of the authentic specimens of volatile fatty acids.

volatile fatty acids	RRT ^a	volatile fatty acids	RRT
Acetic acid	0.54	Butyric acid	1.62
Propionic acid	1.00 ^b	i-Valeric acid	2.22
i-Butyric acid	1.31	Valeric acid	2.95

^a Relative retention time

^b Retention time for propionic acid (6.5min) is taken as 1.00

Table 3. Decomposition rate of paper sludge buried

(Unit : %)

Treatments	Days after burial				
	14	28	60	90	120
300	8.1	15.3	20.9	30.2	37.8
300(C/N)	12.4	18.3	24.8	34.4	41.0
600	9.0	13.9	20.4	29.6	35.4
Paper 600(C/N)	11.9	18.3	25.0	34.3	41.9
sludge 900	8.5	14.3	20.3	29.0	35.5
900(C/N)	10.6	19.6	25.9	34.9	42.2
1,200	8.3	31.4	19.7	28.5	35.2
1,200(C/N)	10.2	19.3	26.6	35.4	43.6

Table 4. C/N ratio of paper sludge buried.

Treatments	Days after burial														
	14			28			60			90			120		
	C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N
300	34.0	0.22	155	31.4	0.23	137	25.0	0.25	100	23.9	0.26	91.9	20.2	0.28	72.1
300(C/N)	31.5	0.24	131	29.1	0.25	116	22.8	0.26	88	20.5	0.26	78.8	16.8	0.28	60.0
600	33.7	0.22	153	31.8	0.23	138	26.9	0.24	112	23.9	0.26	91.9	20.6	0.28	73.6
Paper 600(C/N)	30.3	0.25	121	28.1	0.23	122	23.8	0.25	95	21.5	0.26	82.7	16.5	0.28	58.9
sludge 900	33.9	0.22	154	31.8	0.23	138	25.9	0.24	108	24.3	0.26	93.5	22.8	0.28	81.4
900(C/N)	31.4	0.22	143	28.5	0.26	109	24.4	0.25	98	22.2	0.26	85.4	15.5	0.28	55.4
1,200	34.0	0.22	155	32.2	0.23	140	27.0	0.24	113	25.5	0.26	98.1	22.9	0.28	81.8
1,200(C/N)	32.7	0.28	117	30.1	0.23	133	24.2	0.27	89	22.6	0.27	83.7	17.9	0.29	61.7

C, N : %

난 것은今後 施用上 問題로 남는 것 같다. 따라서 製紙슬러지의 土壤中 施用時에는 어느정도 腐熟시킨 후 에 使用하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

土壤中 CO₂의 發生은 곧 微生物의 活動量 내지 有機物의 分解量을 말하며 Puig-Gimenez 등¹⁴⁾과 Nommik¹⁵⁾는 有機物의 分解樣相을 CO₂發生量으로 測定한 바 있다. 本 調査에서 土壤中 CO₂發生量을 檢討한 結果는 Fig. 1과 같이 슬러지施用量이 많을수록 增加하였으며 處理後初期에 比較的 많이 發生되었다.

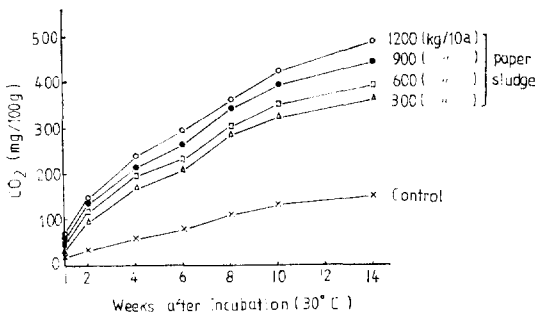


Fig. 1. Cumulative CO₂ generation in soil by application of paper sludge.

그리고 土壤中 時期別 CO₂發生量과 分解率을 各各 後述할 時期別土壤中 總揮發性脂肪酸含量과의 關係를 檢討한 結果는 Table 5와 같다. 各 時期別 CO₂發生量 및 分解率은 時期別 總揮發性脂肪酸含量과 高度의 有意의인 正의 相關이 있었다. 이것은 有機物施用으로 이들이 分解됨으로써 生成하는 揮發性脂肪酸이 많으면 CO₂發生量이 많다는 것을 意味하며, 分解率이 높을수록 揮發性脂肪酸生成이 많은 것을 意味한다.

Table 5. Correlation coefficients between total volatile fatty acid and CO₂ generated in soil, and decomposition rate of paper sludge in soil at various periods (r=)

	Total volatile fatty acid			
	Days after treatment			
	25	34	48	62
CO ₂ generated	0.789**	0.908**	0.910**	0.734**
Decomposition rate	0.790**	0.785**	0.829**	—

또한 土壤中 CO₂發生量과 Ⅲ報의 草長 및 莖數와의 關係를 檢討한 結果는 Table 6에서 보는 바와같이 생

Table 6. Correlation coefficients between CO₂ generated in soil and plant height, and number of tillers of paddy rice at various periods (r=)

	Plant height					
	Days after transplanting					
	25	34	48	62	84	111
CO ₂ generated	-0.759**	-0.847**	-0.691**	-0.599*	-0.264 ^{NS}	0.103 ^{NS}
	Number of tillers					
	Days after transplanting					
	25	34	48	62	84	111
CO ₂ generated	-0.799**	-0.789**	-0.367 ^{NS}	-0.366 ^{NS}	-0.562*	-0.525 ^{NS}

育初期에 高度의 逆의 相關이 있었고 生育後期에는 有意성이 인정되지 않았다. 이와같이 生育初期의 分蘖數 및 草長등 生育狀況이 土壤中 CO₂發生成量과 高度의 逆이 相關이 있다는 것은 初期生育抑制가 直接的으로 CO₂에 基因하기 보다는 오히려 토양중 揮發性脂肪酸 生成 때문인 것으로 생각되는데 이는 토양중 生成되는 揮發性脂肪酸이 CO₂發生成量과 高度의 正의 相關이 있었기 때문이다. 그리고 토양중 時期別 CO₂發生成量과 分解率과도 高度의 正의 相關이 있었다. (Table 7)

土壤中 揮發性脂肪酸의 組成은 Fig. 2에서 보는 바와같이 모든 處理 및 時期 共히 檢出된 揮發性脂肪酸의 種類는 acetic, propionic, *i*-butyric, butyric, *i*-valeric 및 valeric acid의 6種이었으며, 總揮發性脂肪酸 生成量을 Table 8에서 보면 全處理 모두 時期別로는 水稻移秧後 25日이 가장 많았고 그 다음이 有效分蘖期, 最高分蘖期 및 幼穗形成期の 順으로 生育後期로 갈수록 그 生成量이 현저히 減少하였다. 이를 處理別로 보면 3要素區에 비해 슬러지區에서 현저히 生成량이 많았다. 이와같은 結果는 Patrick²¹⁾이 귀리, 보리, 티머디, 옥수수, 밀 및 담배와 같은 植物遺體를 施用함으로써 토양중 揮發性脂肪酸의 生成량이 많으며 이들 生成량은 有機物의 分解初期에 多量生成된다고 보고한 것과 거의 類似한 傾向이었다. 그리고 슬러지區에서 初期의 水稻生育이 不振했던 까닭은 바로 이 揮

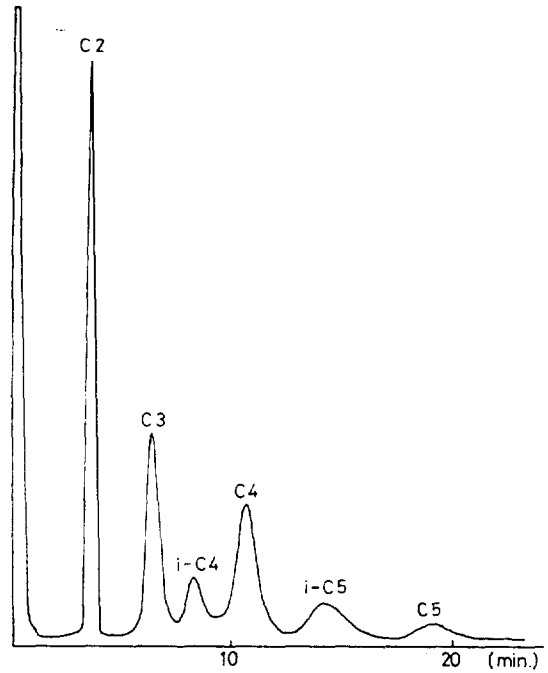


Fig. 2. Gas chromatogram of volatile fatty acid in pappy soil.

發性脂肪酸의 生成에 基因된 것으로 보이며, Taka, i⁹⁾ Takijima^{6,10)} 및 Patrick²¹⁾도 有機物施用으로 인한 水稻의 初期生育抑制의 原因은 有機酸의 多量生成 때문

Table 7. Correlation coefficients between CO₂ generated and decomposition rate of paper sludge in soil at days after treatment (r=)

	Decomposition rate of paper sludge	
	25 days after treatment	34 days after treatment
CO ₂ generated	0.874**	0.617**

Table 8. Volatile fatty acids in paddy soil at various growing stages

(Unit : mg/100g)

Treatments	Acetic acid				Propionic acid				i-Butyric acid			
	25days after transplanting	Effective tillering state	Maximum tillering state	Young panicle formation stage	25days after transplanting	Effective tillering state	Maximum tillering state	Young panicle formation stage	25days after transplanting	Effective tillering state	Maximum tillering state	Young panicle formation stage
N P K	174(54)	163(76)	66(43)	41(27)	25(8)	7(2)	10(6)	19(12)	15(5)	5(2)	11(7)	12(8)
300	349(65)	314(73)	160(45)	64(33)	23(4)	19(5)	23(7)	5(3)	12(2)	12(3)	25(7)	5(3)
Paper	549(72)	333(62)	217(47)	85(36)	29(4)	32(6)	33(7)	29(12)	25(3)	25(5)	36(8)	21(9)
sludge	623(75)	521(68)	230(45)	120(36)	48(6)	23(3)	37(7)	40(12)	15(2)	41(5)	43(8)	30(9)
1, 200	769(74)	486(57)	279(44)	123(31)	78(8)	69(8)	43(7)	45(11)	26(3)	53(6)	52(8)	26(7)

() : %

Continued

Treatments	Butyric acid				i-Valeric acid			
	25Days after transplating	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage	25days after transplating	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage
N P K	57(18)	17(8)	34(22)	41(27)	39(12)	23(11)	27(18)	32(21)
300	45(8)	23(5)	69(19)	40(21)	101(19)	52(12)	58(16)	76(39)
Paper 600	88(12)	76(14)	93(20)	57(24)	73(10)	51(10)	72(16)	35(15)
sludge 900	51(6)	63(8)	97(19)	76(23)	71(9)	115(15)	80(16)	49(15)
1,200	78(8)	122(14)	126(20)	107(27)	75(7)	81(10)	100(16)	74(19)

Treatments	Valeric acid				Total			
	25days after transplating	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage	25days after transplating	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage
N P K	10(3)	tr	7(4)	9(6)	320	215	155	154
300	5(1)	9(2)	21(6)	4(2)	535	429	357	195
Paper 600	tr	17(3)	14(3)	8(4)	764	534	464	234
sludge 900	18(2)	tr	25(5)	14(4)	827	764	512	329
1,200	17(2)	43(5)	35(6)	20(5)	1,042	854	634	395

이라 하였다. 그리고 揮發性脂肪酸의 種類別 生成量은 acetic > butyric > i-valeric > propionic > i-butyric > valeric acid 順으로 많았다. 이와같은 結果는 Takai⁶⁾와 Takijima^{6,7)}가 畚土壤中 有機酸은 주로 formic, acetic, butyric, lactic 및 succinic acid였다고 報告한 것과 그리고 Wang 등²²⁾이 Taiwan 土壤中 揮發性酸은 formic, acetic, propionic, i-butyric, butyric, i-valeric 및 valeric acid였으며 이들 揮發性酸은 後期로 갈수록 점점 減少한다고 한 報告와 類似한 傾向을 나타내었다.

한편 時期別 總揮發性脂肪酸과 Ⅲ報中 水稻의 分蘖 및 乾物重과의 關係를 檢討한 結果는 Table 9에서 보는 바와같이 生育初期인 移秧後 25日 및 有効分蘖期의 토양중 揮發性脂肪酸含量과 分蘖數와는 高度의 有意的인 逆의 相關이 있는 반면 生育後期인 最高分蘖期과 幼穗形成期에는 有意的인 相關이 나타나지 않았다. 이러한 結果는 슬러지施用後 水稻生育初期에는 토양이

強還元되고 有機物の 양성한 分解로 인하여 生成된 揮發性脂肪酸이 水稻의 初期分蘖을 抑制한 것으로 생각하며 後期에 總揮發性脂肪酸과 分蘖數와의 相關이 없는 것은 後期에는 揮發性脂肪酸의 생성이 減少하여 處理間에 별 차이가 없었기 때문인 것으로 생각되었다.

그리고 토양중 生育時期別 總揮發性脂肪酸含量과 Ⅲ報의 植物體中 各種 無機成分吸收量과의 關係를 檢討한 結果는 Table 10에서 보는 바와같이 揮發性脂肪酸은 全時期 모두 植物體中 窒素, 磷酸, 칼리, 石灰, 苦土 및 珪酸의 吸收를 減少시켰으며 이것은 結局 水稻의 生育을 抑制시킨 結果로 해석할 수 있을것 같다. 揮發性脂肪酸이 水稻의 生育을 抑制한다는 많은 報告가 있으며, ^{6,7,8)} 本 實驗結果도 揮發性脂肪酸이 初期에 多量生成됨으로써 水稻의 初期生育抑制에 가장 큰 原因이 되는 것으로 보며 有機物施用에 의한 微生物의 窒素固定 또는 窒素飢餓現象이 가장 큰 原因일 것이라

Table 9. Correlation coefficients between total volatile fatty acids in soil and number of tillers, and dry weight of paddy rice at various growing stages (r=)

	Total volatile fatty acid			
	25days after translating	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage
Number of tillers	-0.935**	-0.949**	-0.551 ^{NS}	-0.027 ^{NS}
Dry weight	-	-0.956**	-0.926**	-0.830**

Tables 10. Correlation coefficients between total volatile fatty acids in soil and absorbed amounts of inorganic nutrients in paddy rice at various growing stages (r=)

Growing stages	Absorbed amount of nutrients in paddy rice					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
25 days after transplanting	-0.949**	-0.956**	-0.954**	-0.957**	-0.888**	-0.944**
Total volatile fatty acid Effective tillering stage	-0.914**	-0.939**	-0.915**	—	-0.919**	—
Maximum tillering stage	—	-0.792**	-0.766**	—	-0.788**	—

고 報告한 吳²³⁾의 견해와는 差異가 있고 初期生育抑制의 主因은 窒素飢餓가 아니라 有機酸生成이라고 報告한 高橋²⁴⁾의 見解와 一致하는 傾向이었다.

또 揮發性脂肪酸과 水稻의 無機成分吸收와의 關係를 좀더 明確히 밝히기 위하여 移秧後 25日의 토양중 各揮發性脂肪酸含量과 Ⅲ報의 植物體中 各成分의 吸收量과의 相關을 檢討한 結果는 Table 11에서 보는 바와같이 acetic, propionic 및 i-valeric acid는 窒素, 磷酸, 칼리, 石灰, 苦土 및 珪酸과 그리고 butyric acid는 磷酸 및 石灰와 各各 有意性있는 逆相關으로 나타나 이들 成分의 吸收를 抑制한 것으로 해석할 수 있을 것 같으며 i-butyric 및 valeric acid는 相關이 나타나지 않아 이들 無機成分吸收를 抑制하지 않은 것으로

볼 수 있을 것 같다. 이와같은 結果는 Prill²⁵⁾이 米의 生育에 미치는 有機酸의 影響에 대한 研究에서 capric > caproic > butyric > propionic > formic > acetic acid 順으로 크게 抑制作用을 한다고 報告한 것과, Takijima^{10, 11)}가 일찌기 畝土壤中 30여種의 有機酸을 檢出하고 토양중 그들의 蓄積量은 acetic > butyric > formic > fumaric > propionic > valeric > succinic > lactic acid의 順으로 많았고 水稻生育에 미치는 이들의 沮害程度는 butyric > propionic > acetic > formic > oxalic acid 順이었다고 報告한 것과 類似한 傾向이었다. 한편 排水不良인 토양중 butyric acid의 過多蓄積이 水稻의 秋落現象을 유발한다는 報告도 있다.⁸⁾ 그리고 Table 12에서 보는 바와같이 移秧後 25日의 토양중 揮發性脂肪酸과

Table 11. Correlation coefficients between volatile fatty acids and some other factors at 25days after transplanting (r=)

Volatile fatty acid	CO ₂ generated	Decomposition rate	Number of tillers	Absorbed amount of nutrients in paddy rice						Fe ⁺ in soil
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	
Acetic	0.729**	0.712**	-0.929**	-0.976**	-0.978**	-0.979**	-0.979**	-0.928**	-0.973**	0.703**
Propionic	0.759**	0.663*	-0.785**	-0.823**	-0.840**	-0.838**	-0.840**	-0.791**	-0.813**	0.682*
i-Butyric	0.208 ^{NS}	0.293 ^{NS}	-0.039 ^{NS}	-0.015 ^{NS}	-0.013 ^{NS}	-0.019 ^{NS}	-0.013 ^{NS}	0.035 ^{NS}	-0.001 ^{NS}	0.349 ^{NS}
Butyric	0.622*	0.700**	-0.609*	-0.544 ^{NS}	-0.564*	-0.545 ^{NS}	-0.558*	-0.450 ^{NS}	-0.540 ^{NS}	0.206 ^{NS}
i-Valeric	0.771**	0.745**	-0.739**	-0.651*	-0.663*	-0.650*	-0.659*	-0.627*	-0.646*	0.508 ^{NS}
Valeric	0.513 ^{NS}	0.453 ^{NS}	-0.404 ^{NS}	-0.302 ^{NS}	-0.315 ^{NS}	-0.309 ^{NS}	-0.299 ^{NS}	-0.290 ^{NS}	-0.306 ^{NS}	0.123 ^{NS}

Table 12. Correlation coefficients between total volatile fatty acids and Fe⁺, and Mn⁺ contents in soil at various growing stages. (r=)

	Total volatile fatty acid			
	25days after transplanting	Effective tillering stage	Maximum illering stage	Yound panicle formation stage
Fe ⁺ content in soil	0.703**	0.328 ^{NS}	0.499 ^{NS}	-0.323 ^{NS}
Mn ⁺ content in soil	0.560*	0.401 ^{NS}	0.362 ^{NS}	0.048 ^{NS}

I 報의 토양중 無機成分과의 關係를 檢討한 結果 揮發性脂肪酸는 토양중 Fe[#] 및 Mn[#]含量을 增加시켰으며 Fe[#]는 특히 acetic acid가 增加됨으로써 그 含量이 增加되는 것으로 나타났다. (Table 11)

摘 要

製紙슬러지의 施用量을 300, 600, 900 및 1,200kg/10a으로 달리하고 各 施用水準別로 C/N率을 30 : 1로 調節하여 pot試驗을 實施함으로써 土壤中 揮發性低級脂肪酸組成을 時期別로 調査하였다. 그리고 製紙슬러지의 分解樣相 및 土壤中 CO₂發生量을 經時的으로 調査하였으며, 土壤中 揮發性脂肪酸含量과 水稻의 無機成分吸收과의 關係등을 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 製紙슬러지 施用後 120日間의 分解率은 35~44%, C/N率은 55~82였다.
2. 土壤中 CO₂發生量은 슬러지의 施用量이 많을수록 增加하였으며 CO₂發生量과 슬러지의 分解率 및 土壤中 揮發性脂肪酸含量과 高度의 有意的인 正의 相關이 있었다.
3. 土壤中 揮發性脂肪酸는 acetic, propionic, *i*-butyric, butyric, *i*-valeric 및 valeric acid의 6種이 同定되었으며, 그 含量은 슬러지의 施用量이 많을수록 增加하였고 슬러지施用後 25日頃이 가장 높았으며 그후 時日이 경과할수록 減少하는 傾向이었다.
4. 土壤中 揮發性脂肪酸는 水稻의 初期生育을 抑制하였으며 벼移秧後 25日의 土壤中 acetic, propionic, *i*-valeric acid 含量과 水稻의 窒素, 磷酸, 칼리, 石灰 苦土 및 珪酸吸收量間에는 有意的인 逆相關이 있었고, butyric acid 含量과 磷酸 및 石灰吸收量間에도 같은 傾向이었다.
5. 移秧後 25日의 土壤中 總揮發性脂肪酸含量은 土壤中 Fe[#] 및 Mn[#] 含量과 有意的인 正의 相關이 있었으며 Fe[#] 含量은 특히 acetic acid 含量과 高度의 有意的인 正의 相關이 있었다.

參 考 文 獻

1. 河本泰, 坂井弘, 1970. 稻わらの分解過程. 分解過程の簡易調査法. 中國地域共同研究成果集錄, 5 : 109~111.
2. 金容雄, 1982. 甌節施用이 논土壤의 化學性과 微生物相에 미치는 影響. 全北大學校 大學院. 博士學位論文 : 1~44.
3. Moore, T.R., 1981. Controls on the decomposition of organic matter in subarctic spruce-lichen

- woodland soils. Soil Sci. 131 : 107~113.
4. 菅野一郎, 久馬一剛, 德留昭一, 有村玄洋譯, 1972. 土壤有機物. たたら書房. 米子市. 日本 : 40~41.
5. Takai, Y., 1958. On quantitative analysis of organic acids in paddy soil. J. Sci. Soil Manure. Japan 28 : 7~10.
6. Takijima, Y., 1964. Studies on organic acids in paddy field soils with reference to their inhibitory effects on the growth of rice plants. 1. Soil Sci. and Plant Nutrition. Japan 10 : 14~21.
7. Takijima, Y., 1964. Studies on organic acids in paddy field soils with reference to their inhibitory effects on the growth of rice plants. 2. Soil Sci. and Plant Nutrition. Japan 10. 5 : 22~29.
8. McLaren, A.D. and Peterson, G.H. 1967. Soil Biochemistry. Marcel Dekker, Inc., New York : 119~146.
9. Prill, E.A., Barton, L.V. and Solt, M.L., 1949. Contrib. Boyce Thompson Inst., 15 : 429.
10. Takijima, Y. 1960. Nippon Dojo-Hiryogaku Zasshi. 31 : 435.
11. Takijima, Y., 1964. Soil Sci. and Plant Nutri. Japan. 10 : 204.
12. Kaminsky, R., 1980. The determination and extraction of available soil organic compounds. Soil Sci., 130 : 118~123.
13. 田邊市郎, 渡邊嚴. 1966. 土壤微生物作用の測定法. 日土肥誌. 37(1) : 46~54.
14. Puig-Gimenez, M.H. and Chase, F.E., 1984. Laboratory Studies of Factors Affecting Microbial Degradation of Wheat Straw Residues in Soil. Can. J. Soil Sci., 64 : 9~19.
15. Nommik, H., 1971. A Technique for Determining Mineralization of Carbon in Soils During Incubation. Soil Sci., 112 : 131~136.
16. Shigehiko Masaki and Yoshinobu Ohyama. 1971. Jap. J. Zootech. Sci., 42(12) : 648~652.
17. 新井守, 福島毅. 1983. 가스 크로마토그래피에 의한 사이클로화 유기酸的 同時定量. 日草誌. 29 (2) : 169~174.
18. 土壤微生物研究會編, 1975. 土壤微生物實驗法. 養賢堂 : 313~320.
19. 윤세영, 임선옥. 1981. 산업폐기물의 분해특성에 관한 연구. 농기연시험연구보고서 : 575~583.
20. 前田乾一. 1978. 水田における 各種施用有機物の 分解過程의 特徵. 農業および園藝. 53(5) : 48~52.

21. Patric, Z.A., 1971. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plant residues. *Soil Sci.*, 111 : 13~18.
22. Wang, S.C., San-Yao Cheng, and Helen Tung. 1967. Extraction and Analysis of Soil Organic Acids, *Soil. Sci.*, 103 : 360~366.
23. 吳旺根. 1978. 有機物の 施用이 土壤의 化學的 性質에 미치는 影響. *韓土肥誌*. 11(3) : 161~174.
24. 高橋和夫. 1980. 水田におけるわら類の 施用をめぐる 諸問題. *日土肥學 會講演要旨集*. 26 : 193~194.
25. 許鍾秀, 金廣植. 1985, 製紙슬러지의 施用이 土壤의 化學性과 水稻生育에 미치는 影響. I. *韓國環境農學會誌* 4(2) : 78~87.