

製紙슬러지의 施用이 논 土壤의 化學性과 水稻生育에 미치는 影響

V. 슬러지施用이 土壤中 高級脂肪酸變化에 미치는 影響

許鍾秀* · 金廣植** · 河浩成*

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

V. Effects of Paper Sludge Application on the Seasonal Variations of Higher Fatty Acids in Paddy Soil

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

Abstract

To investigate the effects of paper sludge on the seasonal variations of higher fatty acids in paddy soil, paper sludge was applied to pots at the rate of either 300, 600, 900 or 1,200kg/10a. Fractions of the higher fatty acids in the soil were analyzed.

1. Twenty-one kinds of higher fatty acids in the soil were detected. Among them, lauric, myristic, myristic, palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, linolenic and arachidic acids were identified. The fatty acid content in the soil of acids, linolenic, myristic, palmitic, and stearic acid increased in ascending order.

2. The total content of higher fatty acids in the soil was increased as the application of paper sludge increased. The formation of the acids was at its highest point at the effective tillering stage. After WARDS the contents of the acids decreased as time elapsed. A positive correlation was observed between the total contents of both higher and volatile lower fatty acids in the soil.

序 論

土壤中 高級脂肪酸에 대한 研究는 많지 않으며, Wang 등⁽¹⁾은 Taiwan의 3가지 畚土壤中 gas chromatography에 의한 高級脂肪酸組成 分析에서 同定된 脂肪酸 14種과 未同定된 脂肪酸 21種을 檢出하였고 同定된 高級脂肪酸組成中에 palmitic, palmitoleic, stearic 및 oleic acid의 含量이 높았으며 土壤의 種類에 따라 脂肪酸含量의 幅이 다양하나 그 範圍는 46.1~53.3 μ g/10g 이었다

고 하였다. 土壤中 高級脂肪酸에 대한 우리나라에서의 研究는 거의 없다.

本報에서는 I~IV報에 이어 製紙슬러지를 논 土壤에 施用함으로써 土壤中 高級脂肪酸組成變化를 調査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 학회지 수재된 年度기재와

*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)

同一하며, 高級脂肪酸分析用 土壤試料 採取는 학회지에 수재된 年度기재와 同一함.

2. 土壤中 高級脂肪酸 分析

(1) 總高級脂肪酸

IV報의 揮發性低級脂肪酸組成 分析時 ether 연속추출기로서 추출된 抽出液中 ether를 蒸發시키고 殘存量의 무게를 總高級脂肪酸으로 하였다.

(2) 高級脂肪酸組成

上記 (1)項의 方法에 의하여 추출된 抽出液中 그 半은 蒸發시켜 IV報의 揮發成脂肪酸組成 分析에 使用하였고 나머지 半은 蒸發시켜 高級脂肪酸組成 分析에 使用하였다. 高級脂肪酸組成 分析은 蒸發시키고 남은 液體 約 2 μ l을 gas liquid chromatography에 注入시켰다. GLC의 分析條件은 1報의 Table 5와 같고 高級脂肪酸의 同定은 標準物質의 RRT(1報 Table 6)와 比較하였다.

結果 및 考察

土壤中 時期別 高級脂肪酸組成의 G.C 크로마토그램은 Fig.1과 같으며 함량은 Table 1,2,3,4와 같다. 토양중 高級脂肪酸의 組成은 Fig.1에서 보는 바와같이 全時期

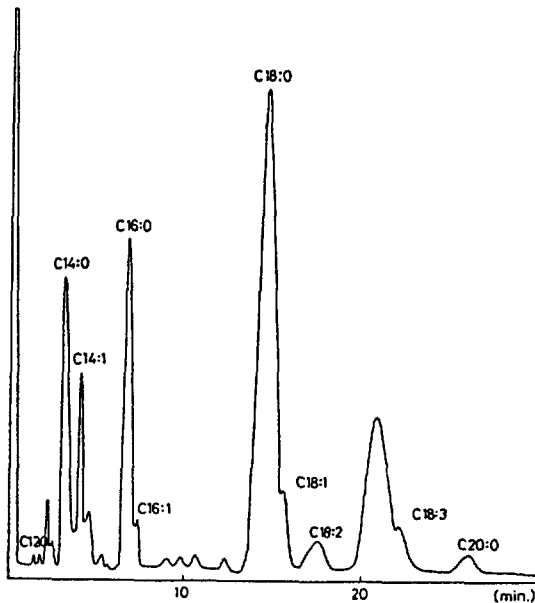


Fig. 1. Gas chromatogram of higher fatty acids in paddy soil.

에 있어서 모든 處理區 共히 檢出된 高級脂肪酸은 모두 21種이었으며 그 중 同定된 高級脂肪酸은 lauric, myristic, myristic, palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, linolenic 및 arachidic acid의 10種이었다. (Fig.1) 總高級脂肪酸含量을 Table 1,2,3 및 4에서 보면 時期別로는 有効分蘗期가 가장 많았고 그 다음이 移秧後 25日이었으며 다음은 最高分蘗期 및 幼穗形成期 順이었다. 揮發性脂肪酸과는 달리 移秧後 25日 보다는 有効分蘗期(移秧後 34日)에 그 含量이 높은 것이 특이하였다. 그리고 全時期, 全處理가 全般的으로 stearic>palmitic>myristic>linolenic>oleic acid 順으로 그 含量이 높았으며 이들 含量은 다른 高級脂肪酸含量에 比하여 월등히 높은 값을 보였다. 이것은 Wang등⁽¹⁾의 토양중 高級脂肪酸中에서 palmitic, palmitoleic, stearic 및 oleic acid의 含量이 비교적 많다고 報告한 것과 全般的으로 비슷한 傾向이었다. 그러나 本實驗에서는 palmitoleic acid에 比하여 linolenic acid의 含量이 월등히 높은 값을 보인것이 Wang등의 報告와 差異가 있었다. 그리고 Wang등은 高級脂肪酸含量은 토양의 種類에 따라 매우 다르나 總高級脂肪酸含量의 범위는 46.1~53.3 μ g/10g 이었다고 하였으나 本實驗에서는 이들 含量範圍에 比하여 훨씬 높은 값을 보였으며 슬러지區에서 3要素區에 比하여 월등히 높았다. 總高級脂肪酸含量이 移秧後 25日에 比하여 34日이 增加한 것과 後期로 갈수록 stearic acid의 組成비가 점점 減少한 것등은 今後 더 研究檢討되어야 할 것으로 본다. (Table 1,2,3,4)

土壤中 總高級脂肪酸과 IV報의 揮發性脂肪酸과의 關係를 檢討한 結果는 Table 5와 같이 全生育時期에 있어서 이들 두 含量間에는 高度의 有意的인 正의 相關이 있었다. (Table 5)

以上 製紙슬러지의 土壤에로의 施用可能性을 說明하기 위하여 슬러지를 논 土壤에 施用함으로써 土壤의 理化學의 特性變化和 水稻生育에 미치는 影響을 綜合적으로 檢討한 結果 슬러지는 水稻生育期間(約120日)동안 約 40%程度가 分解되었고 土壤中 重金屬으로 인한 土壤環境을 汚染시키지 않으면서 土壤中 地力窒素의 增進, 有機物, 腐植 및 CEC등 增加시키는 면에서는 그 效果가 期待되는 것으로 나타났다.

그러나 水稻生育初期의 土壤E.C의 急増과 揮發性脂肪酸의 多量生成으로 인한 水稻의 無機成分吸收 및 分蘗의 抑制등 初期生育抑制가 問題點인 것으로 나타났으며 이는 窒素增施로도 解決되지 않으므로 이 問題를 解決하는 方法으로 施用時期를 調節하여 初期生育과의

Table 1. Higher fatty acids in paddy soil at effective tillering 25 days after transplanting

Treatments	(Unit : $\mu\text{g}/100\text{g}$)															
	C12:0 0.37*	?	?	0.45	?	0.47	C14:0 0.49	C14:1 0.58	?	0.71	?	0.77	?	0.84	C16:0 1.00	C16:1 1.16
NPK	0.6(0.1)	1.7(3.8)	20(3.8)	2.4(0.5)	46.2(8.9)	6.9(1.3)	10.0(1.9)	0.6(0.1)	0.6(0.1)	1.4(0.3)	105.7(20.3)	19.2(3.7)				
300	6.6(0.4)	25.3(1.4)	188.2(10.3)	16.2(0.9)	139.0(7.6)	29.8(1.6)	22.7(1.3)	5.5(0.3)	3.6(0.2)	3.1(0.4)	346.5(15.4)	63.5(2.8)				
600	36.0(1.6)	46.1(2.1)	347.0(15.4)	52.9(2.4)	320.2(15.2)	30.1(1.3)	26.3(1.2)	15.7(0.6)	8.3(0.4)	3.1(0.4)	292.2(15.9)	42.1(2.3)				
900	3.3(0.2)	13.4(0.7)	107.5(5.8)	11.0(0.6)	210.1(11.4)	25.0(1.4)	24.1(1.3)	6.6(0.4)	6.2(0.4)	3.3(0.02)	266.1(12.7)	48.1(2.3)				
1,200	1.9(0.1)	18.6(0.9)	34.3(1.6)	19.2(0.9)	419.99(20.1)	16.5(0.8)	16.5(0.8)	4.2(0.2)	3.3(0.02)	3.00	3.92	Total				
Treatments	1.32	1.44	1.59	1.83	2.03	2.21	2.65	3.00	3.54	C18:2	C18:3	C20:0				
NPK	2.5(0.5)	2.5(0.5)	2.5(0.5)	tr	205.7(39.6)	55.3(10.6)	tr	15.8(3.0)	16.7(3.2)	4.5(0.9)	520(100)					
300	12.7(0.7)	8.9(0.5)	10.7(0.5)	2.5(0.1)	635.4(34.9)	119.4(6.6)	39.7(2.2)	69.5(3.8)	105.0(5.8)	25.3(1.4)	1,820(100)					
600	7.4(0.3)	7.4(0.3)	7.4(0.3)	1.4(0.1)	513.2(22.8)	85.9(3.8)	42.8(1.9)	34.0(1.5)	210.8(9.4)	47.0(2.1)	2,250(100)					
900	13.2(0.7)	10.6(0.6)	16.7(0.9)	8.1(0.4)	815.1(44.3)	53.5(2.9)	40.1(2.2)	42.8(2.3)	77.3(4.2)	20.1(1.1)	1,840(100)					
1,200	6.9(0.3)	6.9(0.3)	8.2(0.4)	13.8(0.6)	871.1(41.7)	154.2(7.4)	55.0(2.6)	30.9(1.5)	70.0(3.4)	24.7(1.2)	2,090(100)					

* : Relative retention time, () : %

Table 2. Higher fatty acids in paddy soil at effective tillering stage

Treatments	(Unit : $\mu\text{g}/100\text{g}$)															
	C12:0 0.37	?	?	0.45	?	0.47	C14:0 0.49	C14:1 0.58	?	0.71	?	0.77	?	0.84	C16:0 1.00	C16:1 1.16
NPK	21.3(4.3)	3.5(0.7)	53.1(10.6)	5.2(1.0)	66.2(13.2)	6.3(1.3)	5.8(1.2)	2.3(0.5)	1.2(0.2)	74.3(14.9)	9.5(1.9)					
300	31.3(1.7)	44.3(2.4)	380.6(20.8)	37.0(2.0)	306.3(16.7)	19.8(1.1)	19.8(1.1)	3.7(0.2)	1.3(0.1)	175.9(9.6)	65.7(3.6)					
600	46.6(1.8)	60.3(2.3)	573.0(21.9)	48.2(1.8)	448.0(17.1)	28.0(1.1)	28.8(1.1)	0.8(0.03)	1.6(0.1)	256.0(9.8)	168.5(6.4)					
900	8.1(0.3)	21.8(0.9)	125.7(5.0)	14.4(0.6)	496.4(19.6)	55.4(2.2)	41.0(1.8)	4.1(0.2)	5.6(0.2)	347.4(13.7)	54.6(2.2)					
1,200	7.2(0.2)	22.2(0.7)	169.2(5.6)	25.8(0.9)	609.3(20.3)	44.1(1.5)	33.6(1.1)	9.3(0.3)	1.8(0.1)	420.3(14.0)	52.8(1.8)					
Treatments	1.32	1.44	1.59	1.83	2.03	2.21	2.65	3.00	3.54	C18:2	C18:3	C20:0				
NPK	2.6(0.5)	1.5(0.3)	2.3(0.5)	0(0)	143.0(28.6)	35.1(7.0)	2.0(1.6)	11.5(2.3)	39.0(7.8)	39.0(1.7)	500(100)					
300	7.3(0.4)	4.9(0.3)	8.6(0.5)	0.7(0.0)	529.8(29.0)	51.88(2.8)	27.1(1.5)	24.6(1.4)	78.9(4.3)	10.6(0.6)	1,830(100)					
600	6.6(0.3)	4.7(0.2)	7.3(0.3)	0(0)	698.8(26.1)	59.5(2.3)	12.1(0.5)	28.8(1.1)	149.1(5.7)	8.1(0.3)	2,620(100)					
900	10.4(0.4)	8.1(0.3)	10.4(0.4)	0.8(0.0)	868.3(34.3)	333.7(13.2)	49.3(2.0)	5.6(0.2)	44.5(1.8)	24.5(1.0)	2,530(100)					
1,200	7.2(0.2)	8.7(0.3)	11.7(0.4)	2.4(0.1)	976.8(32.6)	399.6(14.6)	61.8(2.1)	79.8(2.7)	23.4(0.8)	33.0(1.1)	3,000(100)					

* : Relative retention time, () : %

Table 3. Higher fatty acids in paddy soil at maximum tillering stage

Treatments	(Unit : $\mu\text{g}/100\text{g}$)																
	C12:0 0.37*	?	0.41	?	0.45	?	0.47	C14:0 0.49	C14:1 0.58	?	0.71	?	0.77	?	0.84	C16:0 1.00	C16:1 1.16
NPK	2.8(0.4)	?	7.2(1.1)	?	60.6(9.3)	?	4.6(0.7)	43.6(6.7)	4.4(0.7)	?	4.5(0.7)	?	3.9(0.6)	?	2.0(0.3)	72.1(11.1)	9.6(1.5)
300	0.5(0.1)	?	8.0(1.5)	?	17.0(3.2)	?	2.1(0.4)	53.0(10.0)	7.4(1.4)	?	6.4(1.2)	?	1.6(0.3)	?	1.1(0.2)	72.6(13.7)	6.4(1.2)
600	1.1(0.1)	?	14.5(1.7)	?	18.4(2.2)	?	0.9(0.1)	74.9(8.8)	16.1(1.9)	?	14.1(1.6)	?	1.5(0.2)	?	1.1(0.1)	220.0(25.9)	30.5(3.6)
900	5.5(0.6)	?	22.1(2.3)	?	23.3(2.5)	?	0 (0)	121.8(12.8)	16.6(1.8)	?	7.8(0.8)	?	5.5(0.6)	?	4.5(0.5)	176.0(18.5)	4.5(0.4)
1,200	1.8(0.1)	?	21.5(2.1)	?	29.3(2.9)	?	0.6(0.1)	150.6(14.9)	14.3(1.4)	?	14.9(1.5)	?	2.4(0.2)	?	3.0(0.3)	172.1(17.0)	26.2(2.6)
Treatments	1.32	?	1.44	?	1.59	?	1.83	2.03	2.21	?	2.65	?	3.00	?	3.54	3.92	Total
NPK	0.9(0.1)	?	1.4(0.2)	?	1.6(0.2)	?	0.1(0.0)	77.0(11.8)	21.3(3.3)	?	2.8(0.4)	?	32.2(5.0)	?	295.2(46.4)	2.4(0.4)	650(100)
300	3.1(0.4)	?	2.1(0.4)	?	3.2(0.6)	?	tr	127.2(24.0)	22.3(4.2)	?	11.1(2.1)	?	18.0(3.4)	?	163.8(30.9)	0.5(0.1)	530(100)
600	0.3(0.0)	?	10.7(1.33)	?	10.7(1.3)	?	tr	286.4(33.7)	51.9(6.1)	?	24.8(2.9)	?	5.7(0.7)	?	65.7(7.7)	0.8(0.1)	850(100)
900	6.7(0.7)	?	6.7(0.7)	?	6.7(0.7)	?	tr	336.6(35.4)	26.5(2.8)	?	26.5(2.8)	?	6.7(0.7)	?	99.7(10.5)	46.6(4.9)	959(100)
1,200	10.2(1.0)	?	16.8(1.7)	?	14.3(1.4)	?	tr	343.0(34.0)	35.9(3.6)	?	32.2(3.2)	?	28.7(2.8)	?	92.0(9.1)	0 (0)	1,010(100)

* : Relative retention time, () : %

Table 4. Higher fatty acids in paddy soil at young panicle formation stage

Treatments	(Unit : $\mu\text{g}/100\text{g}$)																
	C12:0 0.37*	?	0.41	?	0.45	?	0.47	C14:0 0.49	C14:1 0.58	?	0.71	?	0.77	?	0.84	C16:0 1.00	C16:1 1.16
NPK	0.4(0.2)	?	0.6(0.3)	?	8.0(3.6)	?	0.3(0.1)	15.3(6.9)	2.0(0.9)	?	1.9(0.9)	?	0.1(0.1)	?	0.4(0.2)	39.5(18.0)	2.8(1.3)
300	tr	?	1.2(0.8)	?	2.2(1.2)	?	0.1(0.1)	23.3(15.6)	4.3(2.9)	?	6.8(4.6)	?	0.2(0.1)	?	0.7(0.5)	33.1(22.1)	3.9(2.6)
600	tr	?	1.6(0.8)	?	5.1(2.6)	?	0.1(0.1)	13.0(6.5)	2.4(1.2)	?	9.4(4.7)	?	0.9(0.5)	?	0.5(0.2)	46.0(23.0)	5.2(2.6)
900	0.4(0.2)	?	2.3(1.2)	?	4.6(2.4)	?	0.4(0.2)	14.5(7.6)	2.3(1.2)	?	7.6(4.0)	?	1.5(0.18)	?	tr	54.9(29.0)	7.6(4.0)
1,200	0.6(0.2)	?	3.7(1.1)	?	7.7(2.2)	?	0.9(0.3)	17.9(5.1)	7.4(2.1)	?	20.3(5.8)	?	0.9(0.3)	?	tr	67.7(19.3)	27.7(7.9)
Treatments	1.32	?	1.44	?	1.59	?	1.83	2.03	2.21	?	2.65	?	3.00	?	3.54	3.92	Total
NPK	0.0(0)	?	0.4(0.2)	?	0.1(0.5)	?	tr	39.0(17.7)	3.9(1.8)	?	1.8(0.8)	?	8.1(3.7)	?	94.5(42.8)	0.0(0.0)	220(100)
300	1.5(1.0)	?	1.5(1.0)	?	2.9(2.0)	?	tr	42.1(28.1)	6.1(4.1)	?	6.1(4.1)	?	4.3(2.9)	?	9.5(6.4)	tr	150(100)
600	0.9(0.5)	?	2.8(1.4)	?	3.3(1.6)	?	tr	55.7(27.9)	2.3(1.2)	?	13.9(7.0)	?	15.4(7.7)	?	21.4(10.7)	tr	200(100)
900	0.8(0.4)	?	0.8(0.4)	?	0.4(0.2)	?	tr	50.0(26.3)	2.3(1.2)	?	3.1(1.6)	?	4.6(2.4)	?	32.1(16.9)	tr	190(100)
1,200	3.7(1.1)	?	3.7(1.1)	?	3.7(1.1)	?	tr	63.4(18.1)	23.7(6.8)	?	16.6(4.8)	?	18.4(5.3)	?	62.1(17.8)	tr	350(100)

* : Relative retention time, () : %

Table 5. Correlation coefficients between total volatile fatty acid and higher fatty acid in soil at various growing stages (r)

	Total higher fatty acid			
	25 days after transplanting	Effective tillering stage	Maximum tillering stage	Young panicle formation stage
Total volatile fatty acid	0.779**	0.942**	0.939**	0.939**

競合을 피하여 施用함으로써 安全한 水稻生育을 維持하면서 地力を 增進시키는 方法이 檢討되어야 할 것으로 보며, 그 施用可能性 여부에 관하여는 施用時期試驗과 아울러 슬러지를 어느정도 腐熟시켜 施用하는 方法 그리고 施用後 土壤中 特性物相의 變化등을 檢討한 後에 綜合的으로 評價해야 할 것으로 생각한다.

oleic acid 順으로 높았다.

2. 土壤中 高級脂肪酸含量은 製紙슬러지 施用量이 많을수록 增加하였으며 有効分蘗期가 가장 높았고 그 이후부터는 時日이 경과할수록 모든 處理 共히 減少하는 傾向이었다. 土壤中 總高級脂肪酸과 揮發性低級 脂肪酸含量間에는 高度의 有意的인 正의 相關이 있었다.

要 約

參 考 文 獻

製紙슬러지가 는 土壤의 高級脂肪酸變化에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 슬러지의 施用量을 300, 600, 900 및 1,200kg/10a으로 달리하여 pot 試驗을 實施함으로써 土壤中 時期別 高級脂肪酸組成變化를 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 土壤中 高級脂肪酸은 全時期에 있어서 모든 處理區 共히 21種이 檢出되었고 그 중 同定된 高級脂肪酸은 lauric, myristic, myristoric, palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, linolenic 및 arachidic acid 의 10種이었으며, 全般的으로 stearic > palmitic > myristic > linolenic >

1. Wang, T.S.C., Yu-Cheng Liang and Wei-Chiang Shem. 1969. Methods of Extraction and Analysis of Higher Fatty Acids and Triglycerides in Soils. *Soil Sci.* 107 : 181~187.
2. 許 種秀. 金 廣植. 1985. 製紙 슬러지의 施用이 는 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.
3. 許 種秀. 金 廣植. 河 浩 成. 1988 製紙 슬러지의 移用 이 는 土壤의 化學性과 水稻生育에 미치는 影響 IV 韓國環境 農學會誌 7(1) :