

土壤中 Phorate의 分解와 代謝

李 海 根 · 洪 鍾 旭¹

農村振興廳 農藥研究所 農藥化學科

1. 慶北大學校 農科大學 農化學科

(1983년 2월 20일 수리)

Degradation and Metabolism of Phorate in Soil

Hae-Keun Lee and Jong-Uck Hong¹

Agricultural Chemicals Research Institute, O.R.D., Suweon, Korea

1. College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu, Korea

Abstract

To get further information on the behavior of phorate(0,0-diethyl S-ethylthiomethyl phosphorodithioate) in soil under the subtropical conditions, a field experiment has been conducted. Phorate granule (10%) was applied to silt loam soil at the rate of 40kg a.i./ha and incorporated to 10cm soil depth. Residues of phorate and its metabolites in soil were determined with GLC and confirmed qualitatively with TLC. Phorate was rapidly oxidized to its sulfoxide and sulfone. Therefore, main metabolic pathway of phorate in soil was the oxidation of phorate to phorate sulfoxide and sulfone. Phorate sulfoxide and sulfone were relatively more persistent than phorate itself. Phoratoxon was detected at low level only up to 30 days after treatment and its sulfoxide and sulfone were not detected during the whole experimental period. Toluene-acetonitrile-nitromethane(40 : 30 : 30, v/v/v) solvent system separated satisfactorily phorate and its five metabolites. Most of the residues was found in the initial incorporation depth (0~10cm). Consequently, insecticides showed a little downward movement.

緒 論

土壤中 phorate, 主要代謝經路는 phorate sulfoxide와 phorate sulfone으로 酸化되는 過程이지만, 少量은 oxon化合物인 phoratoxon으로 酸化되며 이는 다시 phoratoxon sulfoxide와 phoratoxon sulfone으로 酸化되는 過程이라고 알려져 왔다^{1~3)}.

土壤中 phorate의 代謝와 이들 代謝產物의 殘留性에는 土性^{4,5)}, 處理方法^{6~9)} 및 撒布量^{5,6)}, 土壤微生物^{10,11)}, 有機物^{5,6)}, 土壤水分^{12,13)} 및 溫度¹⁴⁾

等 諸要因이 關與하는 것으로 報告되어 왔다

土壤中에서 phorate 그 自體는 迅速히 減少되며 그의 sulfoxide와 sulfone은 比較的 오랜기간동안 土壤에 殘留하지만 그들의 殘留性에는 그 當時 土壤條件에 依해 크게 左右되었다. 즉 土性은 phorate의 揮散에도 影響을 미치며¹⁵⁾, 砂壤土보다는 泥炭土에서 phorate와 그 代謝產物들의 殘留性은 더 길었다⁵⁾. 一般的으로 phorate의 土壤混和處理는 表面處理나 糞處理보다는 殘留性이 더 길었으며^{6~8)} 土壤表面處理時 揮散에 依한 消失이 相當히 크므로 phorate와 같은 多少 揮發性인 農藥은 可能하

던 골처리나 土壤混和處理로 揮散率을 極小化시키야 所期의 藥効를 期待할 수 있다는 報告도 있다^{15,16}. 또한 處理藥量水準과 有機物含量이 높을수록 化合物들의 殘留性은 더 길었으며^{5,6}, 土壤水分含量이 높을수록 農藥의 加水分解를 助長하고 微生物의 活性을 높여 農藥의 分解를 더욱 促進하였다¹⁷. 土壤水分含量의 增加는 또한 農藥의 揮散率을 높여 土壤中 農藥의 減少를 더욱 促進하였다¹⁰.

土壤中 phorate의 行動에 關한 지금까지의 研究는 거의 大部分이 溫帶地方의 氣候條件下에서 遂行되어 왔으며, 氣溫이 높고 降雨量이 많은 熱帶나 亞熱帶地方에서 遂行한 研究報文은 거의 찾아볼 수 없는 實情이다. 또한 大部分의 研究는 實際圃場使用量으로 處理하여 調査하였기 때문에 長期間에 걸쳐 phorate의 行動을 調査하고자 할 때에는 낮은 濃度 樣으로 分析結果에 對한 正確性을 期하기 어려웠다.

本 實驗은 土壤中 phorate의 行動에 關한 보다 많은 情報를 얻기 爲하여, phorate粒劑(10%)를 土深 10cm까지 土壤混和處理한 후 土壤中 phorate의 分解와 代謝를 GLC와 TLC로 調査하여 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 供試土壤의 特性

本 試驗에 供試한 土壤은 pH가 8.5인 微砂質壤土이였으며 이의 理化學의 特性은 Table 1과 같다.

2. 藥劑處理와 무우·당근의 播種

0.02ha의 圃場(自由中國 所在 亞洲菜蔬研究開發센타)을 區사이의 間隔이 0.5m, 1區의 面積이 10m²(1×10m)인 13個區로 나누고, 이를 다시 農藥處理區와 無處理區로 兩分한 후 처음 6個區에는 phorate粒劑(10%, Thimet, Cyanamid, 自由中國)를 40kg a.i./ha의 比率로 1981年 12月 30日에 土壤表面撒布후 土深 10cm까지 土壤混和하였으며, 나

머지 6個區에는 어떠한 農藥도 處理하지 않았다. 農藥處理區中 처음 3區에는 무우(美濃早生)를 2줄로, 나머지 3區에는 당근(Kono Shinkuroda Gosun)을 3줄로 藥劑處理直後에 播種하였다. 農藥處理區와 隣接한 1個區는 어떠한 作物도 栽培하지 않았으며, 農藥無處理 6個區도 上記와 같은 方法으로, 무우와 당근을 各各 3區씩 播種하였다. 모든 試驗區는 播種 즉시 芟질으로 mulching하고 灌水하였다. 灌水時 農藥無處理區가 汚染되지 않도록 灌·排水路를 달리하였다. 處理藥量水準을 이렇게 높은 理由는 土壤中 phorate의 分處와 代謝의 研究에 必要로 하는 充分한 量의 農藥殘留量을 試驗全期間(12週)동안 維持함으로써 分析結果에 對한 信憑性을 높이기 爲함이었다.

3. 試料採取 및 調製

試料採取는 藥劑處理直後 및 處理후 15日 間隔으로 6回 行하였으며, 採取方法은 區의 對角線을 따라 2.5cm 間隔으로 10cm 길이 的 土壤을 區當 20個所의 core를 採取하고 잘 混合한 후 2mm 체를 通過시켜 비닐 봉지에 密封한 다음 分析時까지 -20°C에서 冷凍保管하였다.

또한 土壤中 農藥의 移動을 調査하기 爲해 藥劑處理 45日과 90日에 土壤을 30cm 길이 的 土壤斷面을 만들고 土深別로 10cm씩 區分하여 採取하였으며 區當 採取場所는 10個所이었다.

土壤中 農藥殘留量은 乾土重을 基準하였다.

土壤中 農藥의 行動에는 氣象條件이 크게 影響을 미치므로 試驗期間中의 氣象狀況을 亞洲菜蔬研究開發센타 氣象室에서 調査한 每日의 調査值를 根據로 하여 3日間의 平均值를 그림으로 나타내었다.

4. 農藥分析

가. GLC分析

土壤中 殘留農藥의 GLC分析方法은 前報¹⁸⁾에서 詳述한 바와 같다.

나. TLC分析

Table 1. Characteristics of the soil

Texture	pH ^a	Organic matter (%)	C.E.C. (me/100g)	Sand	Silt (%)	Clay
Silt loam	8.5	1.0	7.4	38	41	20

a. soil : water = 1 : 5

土壤中 殘留農藥에 對한 GLC의 分析結果를 確說하기 爲하여 Blinn의 方法²⁾에 準하여 만든 TLC plate上에서 여러 種類의 展開溶媒로 phorate와 그 代謝產物들의 分離能을 調査하였는데, 調査된 展開溶媒는 toluene-acetonitrile-nitromethane의 組成比가 各各 40 : 40 : 20, 45 : 40 : 15, 40 : 30 : 30 (v/v/v)인 것과 methanol-benzene(10:90, v/v)¹⁰⁾ 등이었다. 分離用 試料는 標準農藥의 母液(1.0 mg/ml)이었으며, 發色은 Blinn의 方法²⁾에 準하여 만든 palladium chloride溶液을 噴霧함으로써 6種 化合物의 檢索이 可能하였는데, 여기에 다시 5N-NaOH溶液²⁰⁾을 噴霧함으로써 化合物들의 發色은 더욱 良好하였다.

土壤試料中에 存在하는 干涉物質을 除去하기 爲하여 먼저 ethylacetate에 溶解된 試料를 40°C 以下에서 減壓濃縮한 후 methanol-acetone(1 : 1, v/v) 混合溶液 50ml로 再溶解하고 여기에 酸處理한 活性炭 約 1g을 加하여 2分間 흔든 다음 whatman No40 濾紙로 濾過하였다. 濾液을 다시 減壓濃縮한 후 5ml程度의 acetone으로 눈금이 새겨진 10ml 容量 試驗管에 씻어 옮기고 N₂ gas로 液量이 0.1ml될 때까지 濃縮하였다. 미리 準備된 TLC plate上에 濃縮試料를 標準農藥과 함께 各各 spotting하고, 豫備試驗에서 分離能이 良好하였던 toluene-acetonitrile-nitromethane(40 : 30 : 30, v/v/v)으로 展開하였으며 展開 후의 spot는 palladium chloride溶液과 5N-NaOH溶液을 차례로 噴霧하여 發色시켰다.

結果 및 考察

1. 土壤中 phorate의 分解와 代謝

土壤中 phorate는 phorate sulfoxide(P=S, SO)와 phorate sulfone(P=S, SO₂)으로 迅速히 酸化되었으며, 母化合物인 phorate는 時日의 經過와 더불어 急激히 減少하였으나, 그 主要代謝產物인 P=S, SO는 30日 까지, P=S, SO₂는 試驗이 完了될 때까지 계속 增加하는 傾向이었다(Fig. 1). 즉 藥劑處理當日에는 23.6ppm의 phorate가 檢出되어 全體殘留量의 大部分(79%)을 차지하였으며 그의 酸化物인 P=S, SO는 6.1ppm이 檢出되었으나 Phoratoxon(P=O, S)은 0.29ppm만이 檢出되었다. 한편 P=S, SO₂는 處理直後에는 檢出되지 않았으며, 時日의 經過와 더불어 母化合物인 phorate는 急激히 減少하는 反面 그의 酸化物인 P=S, SO와

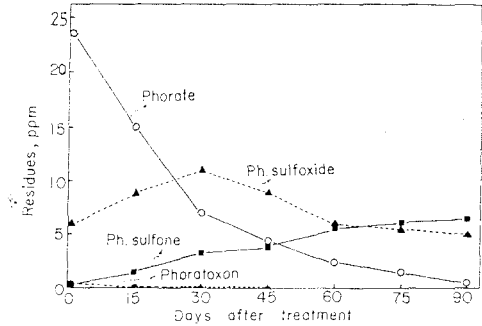


Fig. 1. Degradation and metabolism of phorate in subtropical soil. Phorate granule(10%) was applied to silt loam soil at the rate of 40kg a.i./ha and incorporated to 10 cm soil depth.

P=S, SO₂의 量은 漸次 增加하여 處理 15日에는 8.8ppm의 P=S, SO가 檢出되어 全體殘留量의 35%를, P=S, SO₂는 6%를 차지하였다. P=S, SO는 30日후에 最高濃度인 11.2ppm에 이르러 全體殘留量의 52%를 차지한 反面, P=S, SO₂는 계속 增加하여 最高에 이르는데는 더 많은 時日이 所要되었으나, 90日에는 6.4ppm으로 全體殘留量의 折半 이상을 占有하였다. 그러나 P=O, S는 微量으로 殘留하다가 60日以後에는 檢出되지 않았으며, 이의 酸化物인 phoratoxon sulfoxide(P=O, SO)와 phoratoxon sulfone(P=O, SO₂)은 試驗全期間동안 어느 試料에서도 檢出되지 않았다. 따라서 土壤中 phorate의 主要代謝經路는 thioether의 硫黃(S)이 酸化되는 P=S, S→P=S, SO→P=S, SO₂ 過程이었음이 確認되었다.

處理當日에 採取한 試料에서 6.1ppm의 P=S, SO가 檢出된 것은 phorate의 迅速한 酸化를 意味하였는데, Brown²¹⁾은 phorate의 P=S, SO로의 酸化는 매우 빨라 殘留分析時 正常的인 抽出方法에 依해서도 惹起된다고 報告한 바 있다. 그리고 本試驗에 供試한 土壤은 비록 pH가 8.5인 알카리土壤(Table 1)이나 土壤 pH는 土壤中 phorate의 行動에 影響이 別로 없었던 것으로 思料되었으며, 이는 植物體에 依한 phorate와 그 代謝產物들의 吸收에 미치는 土性의 影響은 크지만 土壤 pH는 重要한 因子가 되지 못했다는 Zaki等의 보고⁹⁾와 關係가 깊다. 또한 土壤中 phorate와 그 代謝產物들의 全體殘留量은 時日의 經過와 더불어 緩慢하게 減少하였으며, 全體殘留量의 半減期는 60日 程度이었다(Fig. 2).

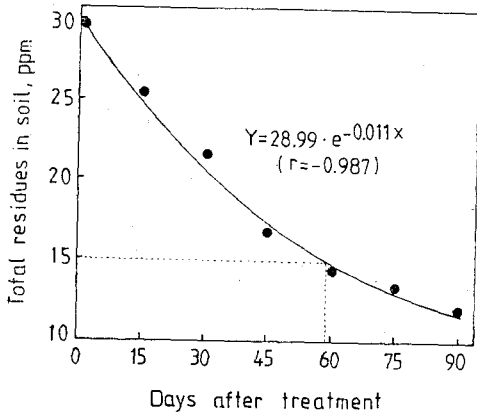


Fig. 2. Decline of the total residues of phorate and its metabolites recovered from soil. Application rate and method: refer to Fig. 1.

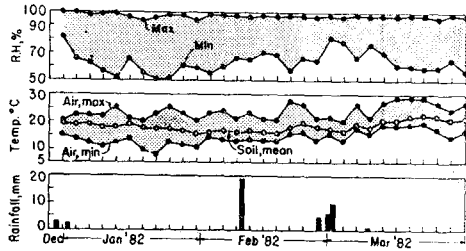


Fig. 3. Relative humidity, temperature, and rainfall during the experimental period.

한편 試驗期間中の 關係溫度, 氣溫, 土深 10cm 까지의 土壤溫度, 降雨量 등을 調査한 結果는 Fig. 3에서 보는 바와 같이, 試驗期間中 平均土壤溫度는 18°C이였으며, 總降雨量은 43.2mm이였다. 藥劑處理直後 3mm의 降雨가 있었으며, 2月 13日에는 19mm의 降雨가 있었고 2月末과 3月初에 약간의 降雨가 있었다.

土壤中 農藥의 全體殘留量(P=S, S+P=S, SO+P=S, SO₂)의 半減期가 60日 程度인 本 試驗의 結果는 ha當 11.1kg a.i.의 比率로 土壤混和處理時 全體殘留量의 半減期가 30日이였다는 Lichtenstein 等의 報告⁶⁾보다는 훨씬 길었으며, 處理藥量의 20~30%가 處理 7個月후에 土壤에서 回收되었다는 Suett의 報告⁵⁾와 比較되었다. 또한 土壤에 處理되는 殺虫劑는 藥量水準이 높을수록 分解率은 낮다는 點과 phorate粒劑의 土壤混和處理는 表面處理나 噴處理보다는 殘留性이 더 길었다는 報告들은 많다^{6~8)}. phorate는 蒸氣壓이 多少 높은 藥劑이므

로²³⁾ 噴處理나 土壤混和로 揮散에 依한 消失을 極大化시켜야 所期의 藥効를 期待할 수 있을 것이라 하였다^{15,16)}.

母化合物인 phorate는 迅速히 減少된 反面, 主要代謝產物인 P=S, SO나 P=S, SO₂는 相當히 높은 水準을 試驗全期間동안 維持한 本 試驗의 結果(Fig. 1)는 phorate粒劑의 土壤混和處理 3週후에는 處理藥量의 40%가, 7週후에는 54%가 P=S, SO₂로 回收되었다는 Suett의 報告⁵⁾와 비슷한 傾向이었다. P=S, SO₂가 最高濃度에 이르는 때는 3個月以上이 所要된 것은 藥劑處理 5個月후에 P=S, SO₂의 濃度가 最高에 이르렀다는 Lichtenstein等⁶⁾의 結果와는 비슷한 傾向이었다. 또한 P=S, SO는 P=S, SO₂로의 轉換이 相當히 느린 便이었는데, 이는 P=S, SO의 極性增加²⁴⁾와 加水分解가 잘 일어나지 않는다는 點²³⁾ 등으로 說明이 可能할 것이다.

本 試驗은 乾期에 遂行하였기 때문에 降雨량이 적었다(Fig. 3). 따라서 土壤水分含量이 낮아 揮散에 依한 農藥의 消失이 減少되었을 것이다. 一般의으로 土壤中 農藥의 揮散은 土壤水分含量과 關係가 깊은데, 土壤中 水分의 含量이 높을수록 農藥의 揮散은 더욱 많이 惹起되었다는 研究報告는 많다^{25~28)}. 또한 土壤水分含量의 增加는 農藥의 加水分解를 助長함과 同時에 微生物의 活性을 높여 農藥의 分解를 더욱 促進하는데, Ahmed等¹¹⁾은 土壤에서 分離한 어떤 微生物은 phorate의 酸化의 代謝와 加水分解에 매우 重要한 役割을 한다고 報告한 바 있다. 亞熱帶地方에서는 phorate와 그 主要代謝產物들이 그 이듬해까지 移越되지 않아 後作物에는 殘留하지 않았으며¹⁴⁾, 土壤中 이들 化合物의 迅速한 分解의 主原因은 아마도 높은 圃場溫度와 降雨라고 指摘하였다.

2. 土壤中 農藥의 移動

土壤中 phorate와 그 代謝產物들의 垂直移動을 藥劑處理후 45日과 90日에 調査한 結果는 Table 2에서 보는 바와 같이, 大部分의 農藥이 處理후(0~10cm)에 殘留하여 藥劑들의 下部로의 移動은 매우 적었다. 즉 處理후 45日에는 殘存하는 phorate의 87%가 0~10cm인, 表土에 나머지는 10~20cm의 土壤에 殘留하였으며, 20cm 以下의 土壤에는 殘留하지 않았다. 이러한 現象은 P=S, SO와 P=S, SO₂의 경우도 비슷하였으나, 이 두 化合物은 20cm 以下의 土壤으로 小量이나마 移動하였다. P=S, SO와 P=S, SO₂는 母化合物인 phorate보다

Table 2. Vertical distribution of phorate and its metabolites in soils taken 45 and 90 days after treatment

Soil depth (cm)	Recovered from soil (ppm)			
	P=S,S	P=O,S	P=S,SO	P=S,SO ₂
45days				
0~10	0.82±0.21 ^a	0.01±0.00	8.15±1.36	3.26±0.76
10~20	0.12±0.04	0.01±0.00	0.52±0.12	0.37±0.07
20~30	ND ^b	ND	0.02±0.01	0.09±0.02
90days				
0~10	0.41±0.15	ND	5.12±1.24	5.27±1.37
10~20	0.02±0.01	ND	0.74±0.21	0.91±0.22
20~30	ND	ND	0.07±0.02	0.18±0.05

a. standard error

b. not detected

더 많은 양이 10cm 이하의 토양에 잔류하였는데 이러한 현상은 90일에도 비슷한傾向이었다. 이는 phorate와 disulfoton (O,O-diethyl S-[2-(ethylthio)ethyl] phosphorodithioate)은 토양中에서의 이동이 거의 없었다는 Menzer等²⁷⁾의 보고와, phorate의 토양混和處理 26週후에 殘存하는 P=S,SO와 P=S,SO₂의 大部分은 表土에 殘留하였다는 Suett의 報告⁵⁾와 그리고 噴處理時 phorate와 그 代謝產物들의 少量은 垂直과 水平으로 移動하였다는 Schulz等²⁹⁾의 報告와는 一致하는 傾向이었다. 調査時期와는 無關係하게 P=S,SO와 P=S,SO₂는 母化合物인 phorate보다 더 많은 양이 10cm 이하의 토양에서 檢出된 것은 그 當時 두 代謝產物의 토양中 殘留濃도가 phorate보다 더 높았던 것도 그 原因이 될 수 있겠으나 그 보다는 이들 두 代謝產物의 물에 對한 溶解도가 母化合物인 phorate보다 훨씬 더 높기 때문에 下部로의 移動이 더욱 容易하였던 것으로 思料된다. 그런데 물에 對한 溶解도는 phorate가 18ppm인 反面 P=S,SO는 >8,000 ppm, 그리고 P=S,SO₂는 860ppm이다³⁰⁾.

結論의으로 토양中 phorate와 그 代謝產物들의 殘留性이 길었던 原因은 아마도 高濃度로 토양混和處理한 驗, 試驗期間中 降雨가 적었던 탓으로 토양水分含量이 낮아 揮散에 依한 이들 農藥의 消失減小와 토양微生物들의 活性低下 및 農藥들의 垂直移動이 적었던 點 그리고 P=S,SO와 P=S,SO₂의 安定性³¹⁾等 여러가지 要因이 單獨 또는 複合의으로 作用하여 나타난 結果로 推論된다.

Table 3. R_f values of phorate and its metabolites on silica gel G plates with different solvent system

Compound	Solvent system ^a			
	A	B	C	D
P=S,S	0.76	0.77	0.78	0.74
P=S,SO ₂	0.77	0.71	0.73	0.67
P=O,S	0.64	0.64	0.61	0.60
P=O,SO ₂	0.62	0.54	0.54	0.43
P=S,SO	0.52	0.52	0.49	0.50
P=O,SO	0.19	0.21	0.14	0.21

a. A : toluene-acetonitrile-nitromethane (40 : 40 : 20, v/v/v)

B : toluene-acetonitrile-nitromethane (45 : 40 : 15, v/v/v)

C : toluene-acetonitrile-nitromethane (40 : 30 : 30, v/v/v)

D : methanol-benzene(10 : 90, v/v)

3. TLC分析

silica gel G TLC plate上에서 phorate와 그 代謝產物들을 分離하기 爲하여 여러가지 展開溶媒의 分離能을 調査한 結果, toluene-acetonitrile-nitromethane(40 : 30 : 30, v/v/v)과 methanol-benzene(10 : 90, v/v)이 良好한 分離能을 보였다 (Table 3, Fig. 4).

Table 3은 4가지 展開溶媒의 分離能을 R_f值로 比較하였는데, solvent system A(toluene-acetonitrile-nitromethane, T : A : N, 40 : 40 : 20v/v/v)는 P=S,SO와 P=S,SO₂의 R_f值가 各各 0.76과

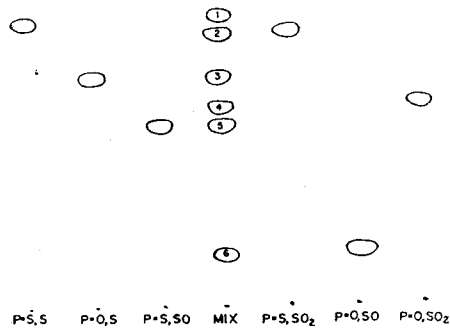


Fig. 4. Separation of phorate and its metabolites on silica gel G plate.

Mobile phase: toluene-acetonitrile-nitromethane (40 : 30 : 30, v/v/v),
Layer thickness : 0.25mm,
Development distance : 12cm.

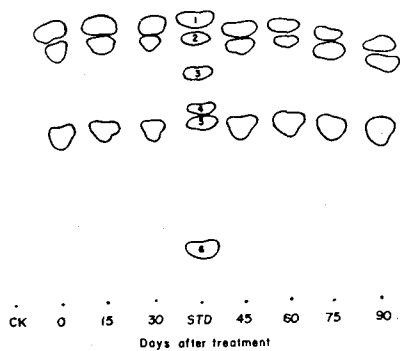


Fig. 5. Thin-layer chromatograms resulting from the extracts of the phorate-treated soil

Solvent system: toluene-acetonitrile-nitromethane (40 : 30 : 30, v/v/v),
Standard mixture : 1. P=S, S, 2. P=S, SO₂, 3. P=O, S, 4. P=O, SO₂, 5. P=S, SO, and 6. P=O, SO.

0.77으로서 分離가 不可하였으며, P=O, S와 P=O, SO₂의 分離도 역시 어려웠다. solvent system B (T : A : N, 45 : 40 : 15 v/v/v)는 P=S, SO와 P=O, SO₂를 分離하지 못하였다. 그러나 solvent system C (T : A : N, 40 : 30 : 30 v/v/v)는 이들 6種化合物을 良好하게 分離하였으며, Mn-Kieselgel G-HR plate上에서 phorate와 그 代謝産物들을 分

離할 수 있었던 methanol-benzene(10 : 90, v/v, solvent system D)¹⁹⁾은 silica gel G plate에서도 良好한 分離를 보였다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 toluene-acetonitrile-nitromethane(40 : 30 : 30, v/v/v) 展開溶媒는 phorate와 그 代謝産物들을 良好하게 分離하였으므로, 土壤中 phorate와 그 代謝産物들의 TLC 定性에는 toluene-acetonitrile-nitromethane(40 : 30 : 30, v/v/v)을 展開溶媒로 使用하였다.

土壤中 phorate와 그 代謝産物들의 GLC分析結果를 確說하기 爲하여 TLC로 定性한 結果(Fig. 5) 土壤試料로 부터 얻은 TLC chromatogram은 GLC의 分析結果와 잘 一致하였다. P=O, S는 微量이어서 어느 試料에서도 檢索되지 않았으나 P=S, S와 P=S, SO 및 P=S, SO₂는 모든 試料에서 檢索되어 그들의 存在가 確認되었다.

要 約

土壤中 phorate의 行動에 關한 보다 많은 情報를 얻기 爲하여, phorate粒劑(10%)를 40kg a.i./ha의 比率로 土壤混和處理한 후 15日 間隔으로 90日 까지 土壤中 phorate의 行動을 GLC와 TLC로 調査하였다.

土壤中 phorate는 phorate sulfoxide와 phorate sulfone으로 迅速히 酸化되었으며, 土壤中 phorate의 主要代謝經路는 測鎖의 sulfide가 phorate sulfoxide와 phorate sulfone으로 酸化되는 過程임이 確認되었다. phorate sulfoxide와 phorate sulfone의 殘留性は 比較的 길었던 反面, phoratoxon은 試驗初期에만 微量으로 檢出되었다. phoratoxon sulfoxide와 phoratoxon sulfone은 試驗全期間동안 어느 試料에서도 檢出되지 않았다. 그러므로 土壤에서 檢出된 農藥은 主로 phorate와 그의 sulfoxide 및 sulfone으로 構成되었으며, 이들을 合친 全體殘留量의 半減期는 60日 程度이었다.

한편 土壤中 phorate와 그 代謝産物들의 下部로 的 移動은 別로 없었으며 大部分의 農藥이 處理후 (0~10cm)에 殘留하였다.

GLC의 分析結果를 確說하기 爲하여 TLC를 利用하였는데, toluene-acetonitrile-nitromethane (40 : 30 : 30, v/v/v)은 silica gel TLC plate上에서 phorate와 그 代謝産物들을 滿足스럽게 分離하였으며, 土壤試料로 부터 얻은 TLC chromatogram은 GLC의 結果와 잘 一致하였다.

參 考 文 獻

1. Bowman, J.S. and Casida, J.E.: J. Econ. Entomol., 51 : 838(1958).
2. Blinn, R.C.: J. Assoc. Off. Analyt. Chem., 46 : 952(1963).
3. Bowman, M.C., Beroza, M., and Harding, J.A.: J. Agr. Food Chem., 17 : 138(1969).
4. Harris, C.R.: J. Econ. Entomol., 62 : 1437(1969)
5. Suett, D.L.: Pestic. Sci., 2 : 105(1971).
6. Lichtenstein, E.P., Fuhreman, T.W. Schulz, K.R., and Liang T.T.: J. Econ. Entomol., 66 : 863(1973).
7. Suett, D.L.: Pestic. Sci., 5 : 57(1974).
8. Read, D.C.: J. Econ. Entomol., 69 : 429(1976).
9. Zaki, M. and Reynolds, H.T.: J. Econ. Entomol., 54 : 568(1961).
10. Kaufman, D.D.: Pesticides in Soil and Water. Soli Sci. Soc. Amer. Inc., Wisconsin USA, 133(1974).
11. Ahmed, M.K., and Casida, J.E.: J. Econ. Entomol., 51 : 59(1958).
12. Walter-Ecohols, G. and Lichtenstein, E.P.: J. Econ. Entomol., 70 : 505(1977).
13. Talekar, N.S., Sun, L.T., Lee, E.M., and Chen, J.S.: J. Agric. Food Chem., 25 : 348(1977).
14. Talekar, N.S., Chen, J.S., and Kao, H.T.: J. Econ. Entomol., in press (1982).
15. Getzin, L.W. and Chapman, R.K.: J. Econ. Entomol., 53 : 47(1960).
16. Harris, C.R.: J. Econ. Entomol., 17 : 80(1969).
17. Lichtenstein, E.P. and Schulz, K.R.: J. Econ. Entomol., 57 : 618(1964).
18. 洪鍾旭, 李海根 : 韓國農化學會誌, 26 : 인체中(1983).
19. Grant, D.S., Sherwood, C.R. and McCully, K.A.: J. Chromatogr., 44 : 67(1969).
20. Lawrence, Fishbein, and Elsevier: Pesticides in Chromatography of Environmental Hazards. Scientific Publishing Company, New York p.497(1975).
21. Brown, M.J.: J. Agric. Food Chem., 23 : 334(1975).
22. Lichtenstein, E.P. and Schulz, K.R.: J. Econ. Entomol., 52 : 124(1959).
23. Melnikov, N.N.: Residue Reviews, 36 : 364(1971).
24. Bowman, B.T. and Sans, W.W.: J. Environ. Sci. Health, Part B. B 14, 6 : 625(1979) in J. Agric. Food Chem., 29 : 773(1981).
25. Harris, C.R. and Lichtenstein, E.P.: J. Econ. Entomol., 54 : 1038(1961).
26. Bowman, M.C., Schechter, M.S., and Carter, R.L.: J. Agric. Food Chem., 13 : 360(1965).
27. Spencer, W.F. and Cliath, M.M.: J. Environ. Quality, 2 : 284(1973).
28. Menzer, R.E., Fontanilla, E.L., and Ditman, L.P.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 5 : 1(1970).
29. Kirk, R.E. and Wilson, M.C.: J. Econ. Entomol., 53 : 771(1960).
30. Anderegg, B.N. and Lichtenstein, E.P.: J. Agric. Food Chem. 29 : 733(1981).
31. Leuck, D.B. and Bowman, M.C.: J. Econ. Entomol., 63 : 1838(1970).