

殺虫劑가 土壤環境中 酵素活性에 미치는 影響

洪鍾旭·金章億

慶北大學校 農科大學 農化學科
(1986년 6월 26일 수리)

Effects of Insecticides on Enzyme Activities in Soil Environment

Jong-Uck Hong and Jang-Eok Kim

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture,
Kyungpook National University, Taegu, Korea

Abstract

The effects of insecticides on biochemical processes in soil were studied by determining the effects of the chemical structure of each insecticides on enzyme activities, pesticide residue and total number of bacteria revealed when soil treated with urea was incubated at $28 \pm 1^\circ$ for 56 days. The inhibition effects of insecticides on enzyme activities in soil decreased in the order: dithiophosphoric acid > thiophosphoric acid > phosphoric acid > carbamate insecticides for urease and phosphatase, thiophosphoric acid > dithiophosphoric acid > phosphoric acid > carbamate insecticides for L-glutaminase and protease. The inhibition effects of organophosphorus insecticides on enzyme activities in soil were maintained longer than those of carbamate insecticides. Carbamate insecticides increased the activities of protease and L-glutaminase at 56 days. When insecticides were treated in soil together with urea, the degradation of insecticides was accelerated. By treatment of insecticides, the total number of bacteria was decreased at the early stage of treatment but thereafter increased according to phosphoric acid and carbamate insecticides.

緒 論

土壤環境中에서 農藥이나 혹은 그의 分解產物들이 直接 또는 間接적으로 土壤肥沃도를 維持하는데 重要한 役割을 하는 微生物의 增殖이나 成長 그리고 生物學的 活性에 影響을 줄이로서 土壤系內의 全體 微生物들 間의 均衡을 破壞하는 境遇가

있다.

따라서 이들 微生物에 依해 維持되고 있는 土壤內의 植物營養分の 生化學的인 轉換過程에 이들 農藥이 混亂을 惹起시킴으로서 結局에는 土壤肥沃도의 維持에 障害를 誘發시키거나 혹은 環境保存上的 여러가지 問題點을 惹起시킬 수가 있을 것이다.¹⁻⁴⁾

土壤內에서 微生物의 成長과 活性을 나타내는

指標로서는 여러가지 因子들이 利用되고 있다. 微生物의 成長을 評價하기 위해서는 土壤內의 菌數 調査, total soil biomass의 測定 등을 들 수 있으며 또한 微生物의 活性을 나타내는 指標로서는 microcalorimetry, 呼吸率, 土壤抽出物中 ATP 및 酵素活性의 測定 등이 利用되고 있다.⁵⁾

이들 가운데서 土壤酵素는 土壤의 肥沃度を 維持하는데 重要한 各種營養素의 生化學的 轉換過程에 關與함으로써 土壤肥沃度の 潜在力을 나타낼 수 있기 때문에 土壤生化學에서는 重要한 分野를 차지하고 있다.^{5,6)}

土壤內에서 窒素化合物의 轉換에 關與⁷⁻⁹⁾하는 urease, L-glutaminase, protease와 有機態磷을 無機化하는 過程에 關與하는¹⁰⁾ phosphatase는 土壤에 加해진 農藥,¹¹⁻¹⁴⁾ 肥料¹⁵⁾ 및 金屬¹⁵⁾ 등에 依해서 活性이 影響을 받는 것으로 報告되어 왔다.

土壤에 撒布된 農藥은 時間이 經過함에 따라 여러가지 要因들에 依하여 分解되는데 이들 分解產物들이 微生物 및 植物體의 營養源으로 利用되어 土壤의 肥沃度を 增進시킬 수 있다면 가장 理想的이라 할 수 있을 것이다. 農藥中 몇가지는 그 效果가 認定되었는데 有機磷系 農藥의 分解產物이 phosphorus source로 利用되고, nitrogen source로서 含窒素農藥인 amitrole과 s-triazine系, carbamate系 農藥이 利用되고 있다는 報告이다.¹⁶⁻¹⁹⁾

그러나 使用量이나 種類面에 漸次的으로 增加一路에 있는 여러 種類의 農藥과 土壤酵素와의 關係를 다룬 報文들은 많지 않은데 그중에서도 特히 藥劑의 化學的인 構造의 特性에 따라 土壤酵素의 活性에 미치는 影響을 體系的으로 研究한 報文은 거의 없는 實情이다.

따라서 本 研究에서는 農藥의 化學構造에 따른 土壤酵素의 活性에 미치는 影響을 料明하기 위한 研究의 一環으로서 有機磷系와 carbamate系 殺虫劑에 屬하는 農藥을 選擇하여 이들이 尿素가 施用된 土壤內에서 酵素活性 및 總細菌數에 미치는 影響과 殘留量의 變化를 調査하여 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 實驗材料

1) 供試農藥

本 實驗에 使用된 有機磷系 및 carbamate系 農藥의 一般名과 化學名은 Table 1과 같다. 使用된

農藥은 標準品 및 原劑이었으며 이를 acetone 혹은 methanol에 溶解하여 使用하였다.

2) 供試土壤

供試土壤은 慶北農村振興院 試驗圃場中 最近 수年間 農藥이 使用되지 않았던 밭土壤을 採取하여 風乾시킨 後 2mm 篩를 通過한 細土를 使用하였 으며 이 土壤의 理化學的 特性은 Table 2와 같다.

2. 實驗方法

1) 農藥處理

供試土壤試料 20g을 100ml의 瓶에 取하여 여기에 urea를 10mg/100g soil 水準으로 施用하고 供試農藥을 10mg(a.i.)/100g soil 水準으로 3反復 處理한 後 土壤을 圃場容水量의 60%가 되게 調節하고 parafilm으로 막아서 28±1°C의 恒溫條件에서 1, 3, 7, 14, 28, 56日間 培養하면서 土壤酵素의 活性과 總細菌數 및 農藥의 殘留量 變化를 調査하였다.

2) 土壤酵素의 活性測定

(1) Urease: 洪 등²⁰⁾의 方法에 따라 10% urea soln.과 citrate buffer (pH 6.7)를 加하여 37°C에서 3時間 恒溫시켜 遠心分離한 上澄液中의 ammonia의 量을 phenol-hypochlorite 反應으로 나타나는 indophenol 色素를 spectrophotometer로 620nm에서 測定하여 urease의 活性으로 나타내었다.

(2) L-Glutaminase: Omura 등²¹⁾의 方法을 약간 變形하여 活性을 測定하였다.

L-Glutamine(Sigma)과 phosphate buffer(pH 7.6)를 加하여 30°C에서 4時間 恒溫시킨 다음 5M HCl 溶液으로 酵素反應을 中止시키고 KCl 溶液으로 生成된 ammonium을 遠心分離시켜 抽出하였다. Ammonium의 分析은 turbidity를 줄이기 위해서 phosphate buffer(pH 7.0)를 加하고 여기에 ammonia color reagent(Sigma)를 加하여 發色시킨 다음 精確히 3分 後에 spectrophotometer로 436nm에서 測定하여 L-glutaminase의 活性으로 나타내었다.

(3) Protease: Speir 등의 方法²²⁾에 따라 2% casein溶液과 tris buffer(pH 8.1)로 30°C에서 4時間 恒溫시켜 遠心分離한 上澄液을 一定量 取하여 calkali reagent와 Folin-Ciocalteau reagent를 加하여 30分 後에 生成된 tyrosine을 700nm에서 測定하여 protease의 活性으로 나타내었다.

(4) Phosphatase: Tabatabai 등²³⁾의 方法을 약

Table 1. Common and chemical name of insecticides used for experiment

Insecticide	Common name	Chemical name
Organophosphorus	Trichlorphon	dimethyl 2, 2, 2-trichloro-1-hydroxyethylphosphonate
	Chlorfenvinphos	2-chloro-1-(2, 4-dichlorophenyl) vinyl diethyl phosphate
	Parathion	0, 0-diethyl 0-4-nitrophenyl phosphorothioate
	EPN	0-ethyl 0-4-nitrophenylphenyl phosphonothioate
	Malathion	S-1, 2-bis (ethoxycarbonyl) ethyl 0, 0-dimethyl phosphorodithioate
	Phenthoate	S- α -ethoxycarbonyl benzyl 0, 0-dimethyl phosphorodithioate
Carbamate	Propoxur	2-isopropoxyphenyl N-methylcarbamate
	Isoprocarb	2-isopropyl phenyl N-methylcarbamate
	Carbaryl	1-naphtyl N-methylcarbamate

Table 2. Physico-chemical properties of the soil.

Particle size distribution(%)			Soil texture	pH (1 : 5H ₂ O)	O.M. (%)	T-N (%)	(C.E.C. me/100g)	Exchangeable cation(me/100g)		
Sand	Slit	Clay						Ca	Mg	K
57	18	25	S·C·L	6.23	1.81	0.14	9.14	7.74	2.02	0.17

간 變形시켜서 活性을 測定하였다. 4-nitrophenyl phosphate disodium salt(Merck) 溶液과 citrate buffer(pH 6.5)를 加하여 37°C에서 1時間 恒溫시킨 後에 生成된 p-nitrophenol의 量을 400nm에서 흡광도를 測定하여 phosphatase의 活性으로 나타내었다.

酵素活性의 沮害率은 다음 式과 같이 計算하였다.

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

여기서 A : 對照區의 酵素活性

B : 農藥이 處理된 土壤의 酵素活性

3) 總細菌數의 調査

總細菌數의 計數는 稀釋平板法으로 colony를 計數하였으며 使用한 培地는 yeast-extract agar 培地이었다.²⁴⁾

4) 農藥의 殘留量 測定

培養시킨 土壤 10g을 秤量하여 acetone 50ml를 加하여 2時間 동안 振盪抽出시킨 後 이를 celite 545層으로 濾過하여 減壓濃縮시켜서 溶媒로 적당히 稀釋하여 GLC分析用 試料로 使用하였다. 이러한 方法으로 分析된 有機磷系 農藥은 gas chromatogram上에 干涉하는 物質이 存在하지 않아서 精製過程은 省略할 수 있었다.

GLC-ECD의 直接分析이 어려운 carbamate系 殺虫劑의 分析은 Jackson 등²⁵⁾과 洪 등²⁶⁾의 方法에 따라 pentafluorobenzyl ether化로 誘導體를 調劑하여 分析하였다.

GLC-ECD(Hatachi, 663-50)의 分析條件 및 carbamate-PFB의 gas chromatogram은 Table 3과 Fig. 1과 같았다.

回收率 試驗은 土壤 10g을 取하여 農藥을 標準溶液으로 0.5ppm과 1.0ppm되게 添加한 後에 溶媒를 揮發시키고 土壤에 남아있는 農藥을 上記의 方法에 따라 分析하여 回收率을 구하였다. 本實驗에서는 殘留量의 計算에 回收率을 保證하지 않았다.

結果 및 考察

1. Urease의 活性에 미치는 影響

有機磷系 및 carbamate系 殺虫劑의 處理가 土壤內에서 urease의 活性에 미치는 影響은 Table 4와 같았다.

有機磷系 殺虫劑는 全般的으로 urease의 活性을 處理初期부터 沮害하기 시작하여 56日째까지도 urease의 活性을 沮害하는 것으로 나타났다. 이

Table 3. GLC-ECD (⁶³Ni) operating conditions for analysis of insecticides

G.C. condition	2% OV-17*		5% OV-101**	
	Propoxur, Isoprocarb Carbaryl	Malathion Phenthoate	Parathion Chlorfenvinphos	EPN
Column temp.(°C)	200	220	200	230
Injector temp.(°C)	230	220	245 250	250
Detector temp.(°C)	250	250	260 270	270
Carrier gas(N ₂)(ml/min)	40	40	40 30	50
Chart speed(mm/min)	2.5	2.5	2.5	2.5

* 2% OV-17 on Chromosorb W, HP(80~100mesh)

** 5% OV-101 on Gas Chrom Q(100~120mesh)

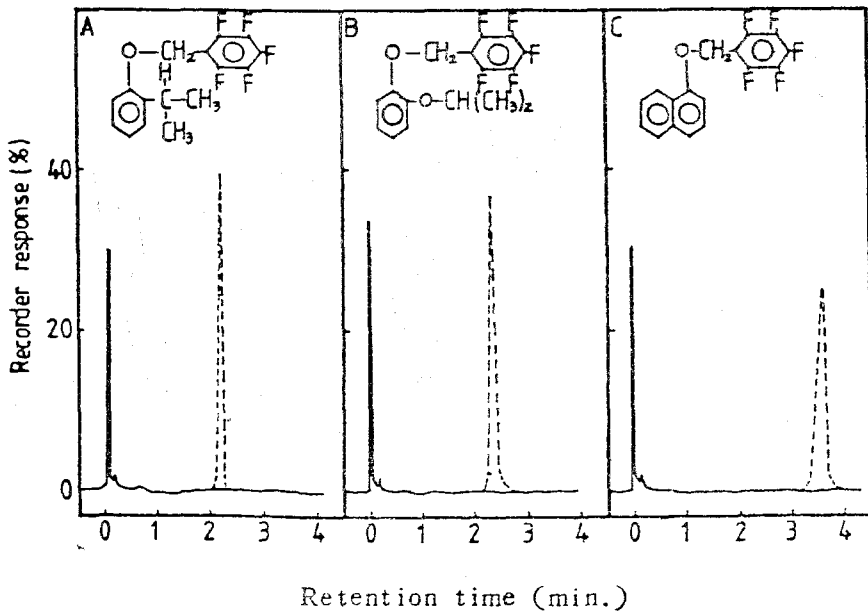


Fig. 1: Gas chromatograms of N-methylcarbamate insecticides and its pentafluorobenzyl ether derivatives

A : Isoprocarb-PFB, B : Propoxur-PFB, C : Carbaryl-PFB

가운데서 dithiophosphoric acid形인 malathion과 phenthoate는 處理後 1日째에 各各 39.8%와 37.3%의 沮害率을 나타내었으며 그 다음은 thiophosphoric acid形인 parathion과 EPN으로 各各 34.9%와 33.7%의 沮害率을 그리고 phosphoric acid形인 trichloprhon과 chlorfenvinphos가 30.1%와 32.5%의 沮害率을 나타내었다. 이와같이 藥劑의 化學構造에 따라 沮害率이 다른 傾向은 56日째 까지 나타나며 處理後 7日째에 가장 높은 沮害率을 全般的으로 보이다가 그後 漸次的으로 減少되

는 傾向이었다. 이러한 現象은 藥劑間의 殘留量의 差異로 因해서 나타날 수 있는데 phosphoric acid形의 半減期가 다소 빨랐는데 原因이 될 수도 있을 것이다. 또한 總細菌數의 變化도 주로 dithiophosphoric acid形과 thiophosphoric acid形에서 減少現象이 크게 나타났는데 이는 時間이 經過함에 따라서 $\begin{matrix} S \\ || \\ -P < \end{matrix}$ type의 農藥은 土壤內에서 毒性이 더욱 強한 $\begin{matrix} O \\ || \\ -P < \end{matrix}$ type으로 分解²⁷⁾되기 때문에

Table 4. Effects of insecticides on urease activity in soil (% inhibition of soil urease activity*)

Insecticide	Incubation day					
	1	3	7	14	28	56
Trichlorphon	30.1	34.4	38.0	24.5	12.3	14.3
Chlorfenvinphos	32.5	30.4	39.3	27.6	13.6	12.1
Parathion	34.9	37.6	46.0	31.8	15.6	16.5
EPN	33.7	39.2	44.8	32.8	16.9	16.5
Malathion	39.8	45.6	47.9	32.8	18.8	19.8
Phenthoate	37.3	44.0	48.5	33.3	18.2	22.0
Propoxur	25.3	29.6	29.4	18.8	7.1	1.0
Isoprocarb	19.3	31.2	26.4	16.1	5.8	1.1
Carbaryl	32.5	36.0	35.6	19.3	8.4	2.2

* Each value is the mean of triplicate

Soil urease activity : mg NH₄-N released/g soil/3hr

處理後期에도 다소 높은 阻害率을 나타내는 것이 아닌가 생각된다. 또한 有機磷系 農藥이 짧은 期間동안의 土壤微生物에 미친 影響은 土壤酵素의 活性에서는 오랫동안 그 影響이 持續된다는 Parr 等의 結果²⁰⁾로서도 理解할 수 있으며 Lethbridge 等¹²⁾의 malathion과 phorate가 fenitrothion보다 urease의 活性을 다소 높게 阻害한다는 結果와도 비슷한 現象을 나타내었다.

Carbamate系 殺虫劑는 有機磷系 殺虫劑보다 全般的으로 阻害率이 낮게 나타났다. Carbaryl이 propoxur와 isoprocarb보다 處理後 7日째까지는 약간 높은 阻害率을 나타내었으나 그 이후에는 비슷한 傾向이었으며 28日째부터는 急速히 阻害率이 줄어들어서 56日째는 影響이 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 現象은 土壤內的 總細菌數가 處理初期에는 減少되었으나 28日째 이후에는 菌數가 다소 增加되어 나타난 結果로 思料된다. 또한 藥劑의 半減期가 다소 有機磷系보다 길었는데도 酵素活性에 미치는 影響이 적은 것은 分解生成物이 濃度가 낮아서 酵素活性에 影響을 미치지 않거나 혹은 毒性이 낮은 物質로 되기 때문으로 推定된다.

2. L-Glutaminase의 活性에 미치는 影響

殺虫劑가 L-glutaminase의 活性에 미치는 影響은 Table 5와 같았다.

有機磷系 殺虫劑의 處理로 L-glutaminase의 活性은 상당히 影響을 받는 것으로 나타났다. 藥劑別로는 處理後 1日째에 thiophosphoric acid形인 parathion, EPN이 각각 49.4%, 48.5%의 阻害率을 나타내었으며 다음으로 dithiophosphoric acid

形인 malathion과 phenthoate가 44.7%와 38.7%의 阻害率을, 그리고 phosphoric acid形이 33% 程度의 阻害率을 나타내었다. 時間이 經過함에 따라 대체적으로 阻害率이 減少되는 傾向을 나타내었는데 56日째까지도 6~9% 程度의 阻害率을 나타내었다. 이러한 現象은 有機磷系 殺虫劑가 urease의 活性에 미치는 影響에서의 考察과 같은 原因으로 推定된다.

Carbamate系 殺虫劑는 有機磷系보다는 全般的으로 阻害率이 낮았으며 處理後 14日째부터 急速히 阻害率이 줄어들었으며 56日째는 isoprocarb와 carbaryl이 약하게나마 活性을 약간 增加시켰다. 이렇게 活性이 增加된 것은 菌數가 增加되었기 때문에 나타날 수 있으며 또한 carbamate系의 分解產物이 L-glutaminase의 活性을 增加시킬 수 있는 基質로 使用될 수 있음을 示唆하고 있으나 더욱 확실한 것은 分解產物別로 究明을 해보아야 할 것으로 思料된다.

3. Protease의 活性에 미치는 影響

殺虫劑의 處理가 protease의 活性에 미치는 影響은 Table 6과 같았다.

有機磷系 殺虫劑의 處理로 1日째부터 28日째까지는 thiophosphoric acid形, dithiophosphoric acid形 및 phosphoric acid形の 順으로 阻害率의 差異를 보였으며 56日째는 역시 $\begin{matrix} S \\ || \\ -P < \text{type} \end{matrix}$ 인 thiophosphoric, dithiophosphoric acid形에서는 4~6% 程度의 阻害率을 보인 반면 phosphoric acid形은 影響이 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 5. Effects of insecticides on L-glutaminase activity in soil (% inhibition of soil L-glutaminase activity*)

Insecticide	Incubation day					
	1	3	7	14	28	56
Trichlorphon	32.5	33.3	27.7	18.9	12.4	5.6
Chlorofenvinphos	33.4	32.6	26.4	20.7	11.1	6.3
Parathion	49.4	39.2	42.1	36.8	21.3	9.2
EPN	48.5	38.5	40.3	39.3	16.7	8.5
Malathion	44.7	35.0	38.0	34.4	15.7	6.7
Phenthoate	38.7	34.7	36.5	35.0	13.9	6.3
Propoxur	34.9	31.3	25.4	16.7	6.3	0.2
Isoprocarb	34.7	32.2	22.6	17.1	7.8	-0.6
Carbaryl	35.3	31.9	26.0	17.1	7.4	-0.2

* Each value is the mean of triplicate
Soil L-glutaminase activity : μ mole $\text{NH}_4\text{-N}$ released/g soil/4hr

Table 6. Effects of insecticides on protease activity in soil (% inhibition of soil protease activity*)

Insecticide	Incubation day					
	1	3	7	14	28	56
Trichlorphon	15.2	14.9	8.4	7.2	7.4	1.7
Chlorfenvinphos	14.6	12.4	9.4	6.7	6.9	1.1
Parathion	29.8	21.1	13.6	14.8	9.7	5.5
EPN	25.1	18.6	13.1	14.4	9.3	4.4
Malathion	18.1	15.5	11.5	11.9	8.9	6.1
Phenthoate	18.1	12.4	11.0	11.0	9.7	5.0
Propoxur	11.7	12.9	5.2	4.3	0.8	-5.5
Isoprocarb	11.1	12.4	4.2	2.4	0.0	-6.6
Carbaryl	15.8	14.4	6.3	4.8	1.2	-5.0

* Each value is the mean of triplicate
Soil protease activity : μ mole tyrosine released/g soil/4hr

Carbamate系 殺虫劑는 有機磷系 殺虫劑보다는 沮害率이 낮았으며 7日째부터 沮害率이急速히 떨어져 28日째는 影響이 거의 없었다. 그러나 56日째에는 오히려 protease의 活性을 약간 增加시키는 것으로 나타났다. 이러한 活性의 增加現象은 carbamate系 農藥의 分解産物이 protease의 基質로 利用될 수 있을 것으로 推定되며 또한 含窒素 農藥이 土壤에 處理되어 分解된 後 土壤의 酵素活性을 增加시킨 것으로 보아 N source로 微生物이 利用할 수 있을 것으로 思料된다.

4. Phosphatase의 活性에 미치는 影響

殺虫劑가 土壤內의 phosphatase의 活性에 미치는 影響은 Table 7과 같았다. 有機磷系 殺虫劑는 dithiophosphoric acid形,

thiophosphoric acid形, phosphoric acid形의 順으로 沮害率이 높았으며 處理 後 1日째에 가장 높은 沮害率을 보이다가 그 이후로 漸次的으로 減少하는 傾向을 나타내었다. 56日째에도 약하게나마 phosphatase의 活性을 沮害하는 것으로 나타났다. P를 含有한 藥劑가 加해졌는데도 後期에 酵素活性이 增加하지 않은 것으로 보아 分解産物을 基質로 利用하지 못했음이라 思料되는데 이러한 現象은 parathion의 處理로 因해 60日째까지 phosphatase의 活性이 增加하지 않았다는 林 等²⁰⁾의 結果와 一致하였다.

Carbamate系 農藥은 대체적으로 有機磷系 農藥보다는 全般的으로 沮害率이 낮았으며 處理 後 14日째부터 影響이 急速히 줄어들어 56日째는 propoxur와 isoprocarb에서는 酵素活性을 약간 增加시키는 것으로 나타났다.

Table 7. Effets of insecticides on phosphatase activity in soil
(% inhibition of soil phosphatase activity*)

Insecticide	Incubation day					
	1	3	7	14	28	56
Trichlorphon	16.8	13.4	12.2	8.1	5.7	1.2
Chlorfenvinphos	17.8	12.6	13.7	6.5	6.6	2.4
Parathion	20.6	17.6	15.3	13.0	9.5	4.8
EPN	21.5	22.7	13.7	11.4	8.6	3.6
Malathion	36.4	31.9	19.8	18.7	11.4	6.0
Phenthoate	29.9	26.1	17.6	16.3	12.4	4.8
Propoxur	18.7	16.8	11.5	6.5	5.7	-1.2
Isoprocarb	14.0	17.6	12.2	4.1	4.8	-2.4
Carbaryl	18.7	18.5	12.2	5.7	4.8	1.2

* Each value is the mean of triplicate
Soil phosphatase activity : μ mole p-nitrophenol released/g soil/hr

5. 農藥의 土壤中 殘留消長

農藥은 土壤內에서 肥料과 함께 存在할 때가 많은데 이러한 境遇에 農藥의 分解樣相은 肥料를 施用하지 않은 土壤과 다를 것으로 생각된다. 따라서 本 試驗에서는 窒素質肥料로 많이 使用되고 있는 尿素의 施用과 無施用時의 分解樣相을 經時的으로 調査하였다.

本 實驗方法에 依해 分析된 殺虫劑의 回收率은 Table 8과 같았다.

0.5ppm과 1.0ppm의 두 濃度에서 有機磷系 殺虫劑는 94% 以上이었으며 Carbamate系 殺虫劑는 誘導體의 調劑로 因해 回收率이 다소 낮은 약85% 程度를 나타내었다.

分析된 有機磷系와 carbamate系 殺虫劑의 分解樣相과 曲線回歸方程式 $Y=A_0e^{-Bx}$ 에 適用시켜서 半減期를 調査한 結果는 Fig. 2,3 및 Table 9와 같았다.

尿素의 施用으로 有機磷系 殺虫劑는 無施用區에 비해 分解가 促進되는 것으로 나타났으며 비체적적으로 半減期가 5日程度 短縮되었다.

Carbamate系 殺虫劑는 尿素의 施用區와 無施用區에서 propoxur의 境遇에는 分解樣相이 거의 비슷하였으며 carbaryl과 isoprocarb에서는 尿素施用區가 分解가 促進되는 것으로 나타났으며 半減期가 carbaryl이 6日 程度, isoprocarb가 5日 程度 短縮되었다. 이렇게 尿素의 處理區에서 分解가 促進되는 것은 土壤의 pH가 6.23에서 8.2로 上乘되어 알칼리로 됨에 따라서 藥劑가 다소 빨리 分解되었기 때문으로 思料된다.

Table 8. Recoveries of insecticides from soil fortified with 0.5ppm and 1.0ppm

Insecticide	Recoveries (%)	
	0.5ppm	1.0ppm
Chlorfenvinphos	95.9	96.3
Parathion	97.4	98.5
EPN	93.9	96.2
Malathion	94.5	95.8
Phenthoate	94.6	95.3
Carbaryl	84.8	86.5
Propoxur	85.0	85.3
Isoprocarb	86.9	87.2

Each value is the mean of triplicate

6. 土壤內의 總細菌數에 미치는 影響

殺虫劑의 處理로 土壤內 總細菌의 變化는 Table 10과 같았다.

殺虫劑를 處理하지 않은 對照區에서의 細菌數는 時間이 經過함에 따라 增加되다가 28日째 가장 많은 數를 나타내었으며 56日째는 減少되는 傾向을 보였다.

有機磷系 殺虫劑는 phosphoric acid形에서는 處理初期부터 沮害를 보이다가 14日째는 對照區 水準으로 회복되었으며 그 이후로는 菌數가 다소 增加되었다. 反面에 thiophosphoric acid와 dithiophosphoric acid形에서는 處理初期부터 56日째까지 對照區보다 菌數가 적게 나타났다. 이러한 現象은

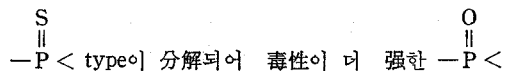


Table 9. Exponential regression equations of insecticides in urea-treated and urea-untreated soil with different incubation days

Pesticide		Exponential regression equation	-r**	Half-lives (day)
Chlorfenvinphos	U ¹	$Y=93.89.e^{-0.0373X}$	0.9635	16.1
	N ²	$Y=88.61.e^{-0.0268X}$	0.9441	21.4
Parathion	N	$Y=87.19.e^{-0.0332X}$	0.9262	16.8
	N	$Y=84.22.e^{-0.0226X}$	0.9060	23.1
EPN	U	$Y=89.56.e^{-0.0273X}$	0.9059	21.4
	N	$Y=87.40.e^{-0.0213X}$	0.9173	26.2
Malathion	U	$Y=93.08.e^{-0.0265X}$	0.9726	23.5
	N	$Y=82.00.e^{-0.0181X}$	0.9084	27.3
Phenthoate	U	$Y=99.16.e^{-0.0296X}$	0.9919	23.1
	N	$Y=84.27.e^{-0.0178X}$	0.9248	29.3
Carbaryl	U	$Y=79.49.e^{-0.0212X}$	0.9613	21.9
	N	$Y=81.04.e^{-0.0178X}$	0.9720	27.1
Propoxur	U	$Y=78.49.e^{-0.0172X}$	0.9479	26.5
	N	$Y=79.19.e^{-0.0165X}$	0.9369	27.9
Isoprocarb	U	$Y=81.63.e^{-0.0221X}$	0.9485	22.2
	N	$Y=80.87.e^{-0.0177X}$	0.9279	27.2

1. urea-treated soil
2. urea-untreated soil

** : significant at 1% level

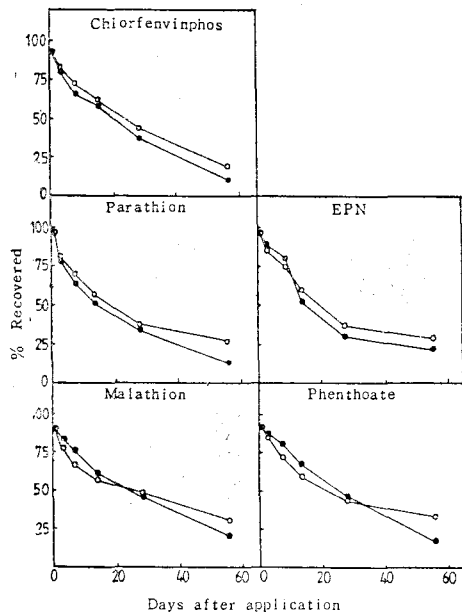


Fig. 2. Degradation of organophosphorus insecticides in soil

●—● : urea-treated soil
○—○ : urea-untreated soil

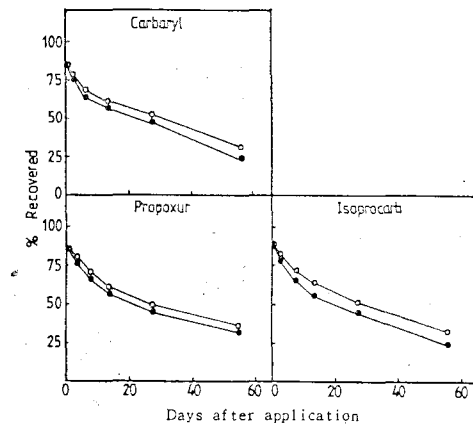


Fig. 3. Degradation of carbamate insecticides in soil

●—● : urea-treated soil
○—○ : urea-untreated soil

type으로 分解되어 菌數가 處理 後期도 減少된 것이 아닌가 思料된다.

Carbamate系 農藥은 處理 後 3日째까지는 菌數가 적었으나 그 이후에는 菌 회복되어 對照區보다

Table 10. Total number of bacteria in soil treated with insecticides
(in millions pergram of soil)

Insecticide	Incubation day					
	1	3	7	14	28	56
Control	35.4	47.5	40.8	59.4	87.0	43.5
Trichlorphon	27.8	39.6	39.4	60.3	92.4	53.2
Chlorfenvinphos	25.7	33.8	40.1	63.2	99.9	60.3
Parathion	28.6	43.2	39.3	59.1	85.6	40.8
EPN	26.4	42.6	37.3	54.3	83.2	39.6
Malathion	29.3	42.1	35.2	55.2	79.3	40.9
Phenthoate	30.2	43.6	34.3	56.3	80.8	41.3
Propoxur	26.2	40.3	41.2	63.8	93.3	56.2
Isoprocarb	30.2	42.3	40.9	63.9	97.7	60.2
Carbaryl	30.2	38.8	38.2	58.6	98.2	55.5

菌數가 다소 增加되는 것으로 나타났다.

要 約

有機燐系 및 carbamate系 殺虫劑의 處理로 尿素가 施用된 土壤內의 酵素活性 및 殘留量의 變化, 總細菌數에 미치는 影響을 糾명한 結果는 다음과 같았다.

殺虫劑가 urease와 phosphatase의 活性에는 dithiophosphoric acid, thiophosphoric acid, phosphoric acid, carbamate系의 順으로 阻害率이 높았으며, L-glutaminase와 protease의 活性에는 thiophosphoric acid, dithiophosphoric acid, phosphoric acid, carbamate系의 順으로 阻害率이 높았다.

대체적으로 有機燐系 殺虫劑는 處理 後 56日째 까지 약하게나마 阻害現象을 나타낸 반면 carbamate系는 28日째 이후에는 影響이 거의 없었다.

Carbamate系 殺虫劑는 protease와 L-glutaminase의 活性을 56日째에 약간 增加시켰다.

尿素的 施用으로 因해 殺虫劑의 分解는 無施用區에 비해서 약간 促進되었다.

土壤內의 總細菌數는 殺虫劑의 處理로 初期에는 對照區보다 減少되었으나 後期에는 phosphoric acid形과 carbamate系에서는 菌數가 약간 增加되었으나 thiophoric, dithiophosphoric acid形에서는 계속 阻害를 받는 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. Sylvestre, G.S. and J.M. Fournier: *Advan. Agron.*, 31 : 1(1979).

2. Johnen, B.G. and E.A. Drew: *Soil Sci.*, 123 : 319(1977).
 3. Wainwright, M.:J. *Soil Sci.*, 29 : 287(1978).
 4. Wainwright, M.:Z. *Pflanzenernaehr. Bodenk.*, 140 : 587(1976).
 5. Frankenberger, W.T. and W.A. Dick: *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47 : 945(1983).
 6. Kiss, M., Dragan-Bularda, M. and D. Radulescu: *Advan. Agron.*, 27 : 25(1975).
 7. Bremner, J.M. and R.L. Mulvaney: *Urease activity in soils*, In R.G. Burns (ed), *Soil enzymes*, Academic Press, New York, p. 149(1978).
 8. Frankenberger, W.T. and M.A. Tabatabai: *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 : 282(1980).
 9. Ladd, J.N. and J.H.A. Butler: *Soil Biol. Biochem.*, 4 : 19(1972).
 10. Cosgrove, D.J.: *Metabolisms of organic phosphates in soil*, In McLaren, A.D. and G.H. Peterson (eds), *Soil biochemistry*, Vol. I, Marcel Dekker, New York, p. 216(1967).
 11. 洪鍾旭 · 趙尙文: *韓國農化學會誌*, 22 : 217 (1979).
 12. Lethbridge, G. and R.G. Burns: *Soil Biol. Biochem.*, 8 : 99(1976).
 13. Lethbridge, G., Bull, A.T. and R.G. Burns: *Pestic. Sci.*, 12 : 147(1981).
 14. Endo, T., Kusaka, T., Tan, N. and M. Sakai: *J. Pestic. Sci.*, 7 : 101(1982).
 15. Juma, N.G. and M.A. Tabatabai: *Soil Sci.*

- Soc. Am. J., 41 : 343(1977).
16. Cook, A.M., Daughton, C.G. and M. Alexander: Appl. Environ. Microbiol., 36 : 668 (1978).
 17. Campacci, E.F., New, P.B. and Y.T.Tchan: Nature London, 266 : 164(1977).
 18. Cook, A.M. and R. Hutter: J. Agric. Food Chem., 29 : 1135(1981).
 19. Rajagopal, B.S., Chendrayan, K., Reddy, B.R. and N. Sethunathan: Plant and Soil, 73 : 35(1983).
 20. 洪鍾旭, 李千洙 : 慶北大學校論文集, 12 : 15 (1968).
 21. Omura, H., Sato, F. and K. Hayano: Soil Sci. Plant Nutr., 29 : 295(1983).
 22. Speir, T.W., Lee, R., Pansier, E.A. and A. Cairns: Soil Biol. Biochem., 12 : 281(1980).
 23. Tabatabai, M.A. and J.M. Bremner: Soil Biol Biochem., 1 : 301(1969).
 24. Stevenson, I.L. and J.W. Rouatt: Can. J. Botany, 31 : 438(1953).
 25. Jackson, M.D. and S.D. Soileau: Bull. Environm. Contam. Toxicol., 26 : 97(1981).
 26. 홍부기, 홍종욱 : 한국환경농학회지 3 : 9(1984).
 27. Chapman, R.A. and C.R. Harris: J. Econ. Entomol., 73 : 536(1980).
 28. Parr, J.E.: Effect of pesticides on microorganisms in soil and water, In Pesticides in Soil and Water, Guenzi, W.D. (ed), Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, p.315(1974).
 29. 林善旭, 姜奎寧, 崔龍洛 : 韓國農化會學誌, 26 : 239(1983).