

湛水土壤중에 있어서 殺蟲劑 fenitrothion의 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響*

文永熙**

Effects of Soil Environmental Conditions on the Decomposition Rate of Insecticide Fenitrothion in Flooded Soils*

Moon, Young-Hee**

Abstract

The effects of soil environmental conditions on the degradation rates of fenitrothion (*O,O*-dimethyl *O*-4-nitro-*m*-tolyl phosphorothioate) in soils under flooded conditions were examined in the laboratory. Fenitrothion was degraded rapidly and the half life period was within 4 days. Furthermore the degradation was more rapid under flooded conditions than under upland conditions. The decomposition rate was varied with soils and soil temperatures. Fenitrothion degraded more slowly at 30ppm than at 10ppm. Repeated applications of fenitrothion in soils accelerated the degradation rates. The degradation remarkably increased with amendment of rice straw. However, degradation rates, were virtually unaffected by the addition of the mixed-fertilizer, the fungicide IBP and the herbicide butachlor. The population of fenitrothion-degrading microbes, which were counted by MPN method, always corresponded with the degradation rates in the soils.

序 論

使用되어진 農藥의 대부분은 土壤중에 浸透하게 된다. 따라서 土壤中 農藥의 分解性을 究明하는 일은 매우 重要한 일이라 하겠다. 一般적으로 土壤중에 있어서 農藥의 分解는 土壤의 特性, 溫度, 水分狀態 등 土壤環境條件을 비롯 微生物의 增殖條件, 農藥의 種類 등에 의하여 크게 影響을 받는

것으로 알려져 있다^{1,2)}. 그러나 우리나라에 있어서 農藥分解에 關한 研究는 先進外國에 比하여 未備한 편이다³⁾.

이에 따라 著者는 우리나라에서 代表的으로 널리 사용되고 있는 殺蟲劑, 殺菌劑, 除草劑中 fenitrothion (*O, O*-dimethyl *O*-4-nitro-*m*-tolyl phosphorothioate), IBP (*S*-benzyl *O, O*-diisopropyl phosphorothioate), butachlor (*N*-butoxy-methyl-2-chloro-2'-6-

*土壤중에 있어서 農藥分解와 農藥分解微生物에 미치는 各種 環境條件의 影響에 關한 研究의 第2 報
임

**全北大學校 農科大學 農化學科 (Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University,
Chonju 560-756, Korea).

diethylacetanilide)을 각 각 選定하여 土壤中 이들 3 農藥의 分解에 미치는 各種 環境條件의 影響을 比較 究明할 目的으로 本 研究에 着手하여, 前報에서는 土壤中 butachlor의 分解性에 대하여 報告하였으며⁴⁾, 本報는 第2報로써 fenitrothion 分解에 미치는 土壤의 水分狀態, 溫度, 肥沃도를 비롯, 農藥의 處理濃度, 反復處理, 他農藥과 混合 등에 의한 影響을 비롯하여, 分解에 미치는 影響과 fenitrothion 分解微生物의 變化와의 關係에 대하여 調査한 結果를 報告한다.

材料 및 方法

供試土壤, 培地 및 農藥

使用한 土壤은 全州土壤(L, 有機物含量; O.M.: 1.40%), 水源土壤(SC, O.M.: 2.54%), 密陽土壤(CL, O.M.: 1.91%), 裡里土壤(CL, O.M.: 2.49%), 界火土壤(SL, O.M.: 0.86%)으로, 土壤 種類別 實驗을 除外하고는 모두 全州土壤을 使用하였다. 土壤試料의 採取場所, 時期 및 土壤特性 등은 前報에⁴⁾ 나타낸 바와 같다.

供試 fenitrothion은 97.5% 標準品이었으며, 10,000 ppm이 되도록 acetone에 溶解시켜 使用하였다.

實驗에 주로 使用한 培地는 egg albumin 培地⁵⁾였으며 그 組成은 egg albumin 0.25g, glucose 1.0g, K_2HPO_4 0.5g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2g, Cysteine 鹽酸鹽 0.3g, 蒸溜水 1L, pH 6.8-7.0였다.

土壤中 農藥分解 實驗

一般的인 實驗方法으로는 全州土壤 10g(乾土重量, 以下 同一)을 試驗管(3×18cm)에 2反復으로 옮기고 蒸溜水 20ml을 加하여 湛水시킨 다음, 알루미늄호일로 試驗管을 막아 25°C에서 2週間 preincubation 시켰다. Preincubation 후 fenitrothion을 10 ppm이 되게 각 각 處理하고, 잘 混合하여 25°C에서 incubation시켰다. 農藥處理후 0, 3, 7, 14일에 試驗管內의 土壤 全量을 分解菌數 測定 및 農藥分析에 供試하였다.

Fenitrothion의 分解에 미치는 各種 環境條件의 影響을 調査하기 위하여 土壤條件을 다음과 같이 變化 시켰다. 土壤水分狀態의 影響을 調査하기 위하여는 非湛水(발狀態, 水分含量 40%)와 湛水條件의 土壤을 供試하였으며, 土壤 特性의 變化에 따른

影響 實驗에서는 全州, 水原, 密陽, 裡里, 界火의 5種의 土壤을 使用하였다. 微生物 影響을 調査하기 위하여는 湛水土壤을 121°C, 1.2 氣壓에서 15분간 殺菌한 土壤을 供試하였다. 土壤溫度의 影響을 알아보기 위하여 土壤을 15, 25, 35°C에서 preincubation 및 incubation하였다. 農藥處理量에 따른 分解 速度를 調査하기 위하여 fenitrothion 處理濃도를 10, 20, 30 ppm로 變化시켰으며 農藥의 混用に 의한 影響을 위하여는 fenitrothion을 비롯 IBP와 butachlor을 각 각, 10ppm씩 同一 土壤에 添加하였다. 反復處理의 影響을 調査코자 1次 處理후 分解가 進行되었을때 同一 土壤에 3回 反復處理하였다. 土壤肥沃도의 影響을 調査하기 위하여는 벼질 粉末을 0.1g/10g土壤으로 添加한 土壤과 尿素 9.6mg, NaH_2PO_4 22.6mg, KCL 7.1mg/10g 土壤으로 添加한 土壤을 供試하였다.

農藥分解菌의 總菌數 測定

土壤中 fenitrothion 分解菌의 總菌數는 2,4-D, MCPA, propanil등의 除草劑 分解菌의 菌數 計測에 應用된 最確值(most probable number, MPN)法에 의거하여 測定하였다⁵⁻¹⁰⁾. 즉, 湛水土壤(20g)을 10 배씩 順次的으로 殺菌수에 5-10段階로 稀釋하여 懸濁液을 만들었다. 稀釋懸濁液 2ml을 fenitrothion 10ppm을 含有한 egg albumin(豫備實驗時 V.L.基本, 펩톤-효모액기스, 옥즙액기스, 根圈微生物, egg albumin의 培地중 가장 適合하였음) 18ml를 넣은 試驗管(18×180mm)에 5反復으로 接種하였다. 試驗管을 고무마개로 막아 25°C에서 28日間(豫備實驗에서 充分한 期間)培養 하였다. 非湛水土壤의 境遇에는 상기 培地에서 cystein 鹽酸鹽을 除外한 培地 9ml에 土壤稀釋液 1ml를 接種하여 10日間 振蕩培養하였다. 培養 후, 各 稀釋倍數에 따른 培地중의 fenitrothion 分解程度를 調査하여 80%以上 分解를 보인 試驗管을 陽性으로 하여 最確值表로부터 分解菌數를 求하였다.

農藥의 定量分析

試驗管中の 土壤을 acetone 30ml로 씻어 公전삼 각플라스크에 옮긴 다음 1時間동안 振蕩하여 濾過(Whatman No.2)한 후 濾過液을 取하였다. 殘渣土壤에 다시 acetone 20ml을 加하여 上記에서와 같이 振蕩 濾過하여 濾過液을 取한후 처음것과 合하였다. 濾過液을 濃縮(43°C以下)하여 分液濾斗에 옮기고 n-hexane 10ml로 3회 抽出하였다. Hexane 抽出液을 모아 濃縮하여 n-hexane으로 10ml가 되게

定容한 다음, 가스크로마토그래프(Philips社의 Pye Unicam Series 304)에 1-2 μ l을 注入 分析하였다. 培地中 fenitrothion의 抽出은 培地를 잘 混合한 다음 3ml를 取하여 n-hexane 3ml로 抽出하여 hexane 抽出液을 상기와 같이 가스크로마토그래프 分析에 供試하였다. 器機分析 條件은 다음과 같다.

使用 detector는 NP-FID였으며, column은 1.95% OV-17/210을 充填한 유리 column(2mm \times 2.1m)이었다. Injection port, column, detector의 操作溫度는 各各, 230, 210, 250 $^{\circ}$ C였다. Carrier gas(N₂ gas)의 流速은 30ml/min였으며, H₂는 30ml/min, air는 300 ml/min였다.

上記의 方法에 의한 fenitrothion의 土壤중 回收率은 0.1-10ppm, 添加에서 89-96%이었다.

結果 및 考察

1. 土壤의 水分狀態 및 殺菌의 影響

土壤 水分狀態를 湛水條件과 非湛水(濕潤)條件으로 調節된 土壤中에 있어서 fenitrothion의 分解速度를 調査한 結果, 그림1에서와 같이 fenitro-

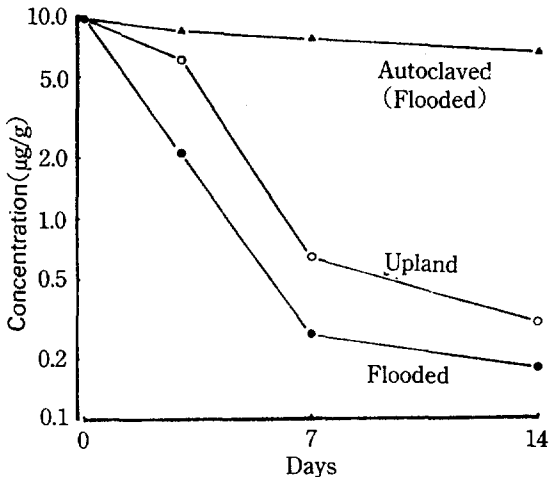


Fig 1. Degradation of fenitrothion in soil under autoclaved, upland, and flooded conditions.

thion의 分解는 濕潤條件에서보다 湛水條件에서 빨랐으며, 回歸線에서 얻은 分解 半減期는 濕潤條件과 湛水條件에서 各各 3.2日($Y=10.004-3.776 \cdot \ln X$, $r=-0.967$)과 1.6日($Y=11.221 \cdot X^{-1.572}$, $r=-0.974$)로

湛水條件에서 2倍 짧았다. 同一有機磷系인 IBP의 土壤中 分解는 濕潤條件에서보다 湛水條件에서 현저히 느렸던데 반하여¹¹⁾, fenitrothion의 分解는 일반적으로 많은 有機磷系의 農藥에서 指摘되었듯이 매우 빨랐으며 특히, 濕潤條件에서보다 湛水條件에서 더욱 빨리 分解됨을 알 수 있었다. 이 結果는 土壤中 fenitrothion의 半減期는 7日以内이며 非湛水條件에서보다 湛水條件에서 빨리 分解된다는 Mikami등의 報告¹²⁾와도 一致하였다.

한편, fenitrothion의 分解는 非殺菌土壤에 比하여 殺菌土壤에서 현저히 遲延되었는데 이는 fenitrothion은 주로 微生物에 의하여 分解되기 때문일 것이다. Fenitrothion의 分解菌으로써 絲狀菌(Fusarium 屬)과 細菌(Bacillus 屬)이 Takimoto등¹³⁾에 의하여 分離되었다.

土壤中 fenitrothion은 微生物에 의하여 分解됨이 指摘되었고 또한, 一般적으로 土壤中 農藥의 分解는 分解微生物의 增殖 및 活性程度에 依存되는 것으로 알려져 있는 바⁶⁾, fenitrothion의 分解速度가 달랐던 湛水條件과 非湛水土壤중에서 fenitrothion 處理 5日 후 fenitrothion 分解菌의 總菌數를 最確值法으로 計測한 結果는 표1과 같다. 檢出된

Table 1. Population of fenitrothion-degrading microbes in Chonju soil under upland and flooded conditions.

Soil conditions	Incubation time(days)	No*. of the microbes/g soil
Upland	5	4.8×10^4
Flooded	5	9.8×10^7

* The number of microbes was counted by MPN method.

分解菌數는 湛水土壤에서 9.8×10^7 , 濕潤土壤에서 4.8×10^4 으로 分解速度가 빨랐던 湛水土壤에서 越等히 많았다. 따라서 많은 農藥分解에서와 같이 fenitrothion 分解速度는 分解菌의 增殖에 存在할수 있었다.

2. 土壤種類的 影響

土壤特性의 다른 5種의 土壤中 fenitrothion의 分解速度를 調査한 結果는 그림2와 같다. 5種의 土

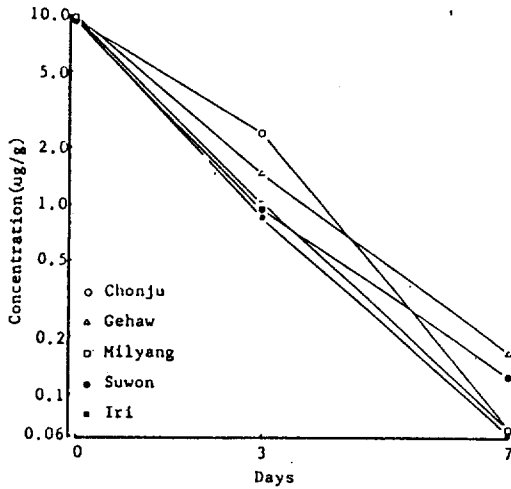


Fig 2. Degradation of fenitrothion in various soils under flooded conditions.

壤中 fenitrothion의 分解는 1次反應式에 따라 分解되었고, 分解速度는 土壤 種類에 따라 달랐으며 全州土壤과 界火土壤에서가 密陽土壤, 水原土壤, 裡里土壤에서보다 느렸다. 回歸線에서 얻은 分解半減期는 全州土壤에서 1.9日($Y=9.20-4.56 \cdot \ln X, r=-0.995$)로 가장 길었고, 裡里土壤에서 0.8日($Y=8.77e^{-0.791x}, r=-0.998$)로 가장 짧아 2.4倍의 差異를 보였다. 土壤中 fenitrothion의 分解速度와 土壤特性과를 比較하여 보면, 대체적으로 有機物含量 및 CEC가 높았던 土壤에서가 낮았던 土壤에서보다 分解가 빨랐다. IBP는 有機物含量이 높은 土壤일수록 分解가 느려¹¹⁾ fenitrothion의 分解와는 對照를 이루었으나, 一般的으로 農藥은 有機物含量, CEC가 높은 土壤에서 빨리 分解되는 것으로 알려져있다¹⁴⁻¹⁶⁾.

한편, 湛水條件中 fenitrothion의 分解는 Eh(酸化還元電位)가 낮을수록 빨리 分解되는 것으로 알려진바¹⁷⁾, 土壤種類에 따른 土壤 Eh의 調査와 더불어 더욱더 檢討되어야 하겠다.

3. 土壤溫度的 影響

15°C, 25°C, 35°C의 土壤中에 있어서 fenitrothion의 分解는 그림3과 같다. Fenitrothion은 土壤溫度가 15, 25, 35°C로 높아질수록 빨리 分解되어 分解半減期가 15°C에서 3.5日, 35°C에서 2.1日로 1.7倍의 差異를 보였다. 一般的으로 微生物은 低溫에서보다 高溫

에서 빨리 增殖되므로 fenitrothion이 低溫에서보다 高溫에서 빨리 分解된 것은 높은 溫度에서 fenitrothion 分解菌의 增殖이 促進되었기 때문으로 사료된다.

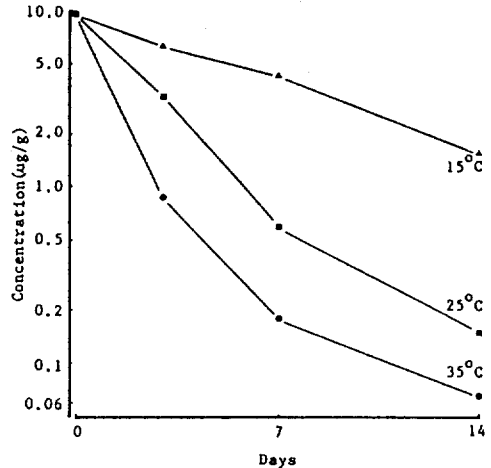


Fig 3. Degradation of fenitrothion in flooded soil at different temperatures.

4. 處理濃度の 影響

Fenitrothion의 土壤添加濃度を 10, 20, 30ppm으로 變化시켜 각 濃度別 分解速度를 調査한 結果는 그림4와 같다. Fenitrothion의 分解는 添加濃도가 10, 20

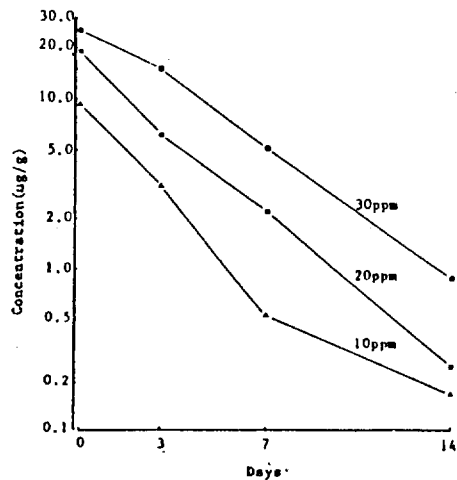


Fig 4. Effects of concentration of fenitrothion on degradation of fenitrothion in flooded soil.

30ppm으로 增加됨에 따라 느려져, 半減期가 10ppm, 添加時 2.1日, 30ppm 添加時 2.6日로 1.3倍의 差異를 보였다. 그러나, 一定期間동안 分解率은 10ppm 添加에서보다 30ppm 添加에서가 높았다. 農藥의 處理濃度에 따른 分解速度는 農藥의 種類나 比較濃度 등에 따라 다르겠지만^{1, 2, 14)}, BPMC와 carbofuran의 半減期는 1ppm보다 10ppm에서 짧은 것으로 報告되어 있으나¹⁸⁾, 本 實驗에서는 butachlor와 IBP도 10ppm에서보다 30ppm에서 半減期가 各各 1.4倍, 1.8倍 길어졌다^{4, 11)}

한편, 10ppm과 30ppm添加 土壤中 fenitrothion 分解菌數를 計測한 結果 分解菌數는 표2에서와 같이

Table 2. Population of fenitrothion-degrading microbes in Chonju soil treated with different concentration of fenitrothion.

Incubaion time(days)	Application rate(ppm)	No. of the microbes/g soil*
5	10	4.5×10^6
5	10	1.2×10^7

* The number of microbes was counted by MPN method

10ppm 添加土壤에서 4.5×10^6 , 30ppm 添加土壤에서 1.2×10^7 으로 30ppm 添加土壤에서가 10ppm 添加土壤에서보다 높았다. 따라서 fenitrothion의 處理濃度가 높아지면 分解菌의 增殖도 많아져 單位時間當 fenitrothion의 分解率이 低濃度添加에서보다 高濃度添加에서 높아졌던 것으로 判斷된다.

5. 反復處理의 影響

Fenitrothion을 土壤에 一次處理하고 分解가 상당히 進行된 狀態의 土壤에 反復的으로 3回 反復處理하여 分解速度를 調査한 結果는 그림5와 같다. Fenitrothion의 分解는 1回 處理에서보다 3回 處理時에 越等히 빨라졌다.

同一條件의 實驗에서 butachlor도 反復處理에 의하여 分解가 促進되었으며⁹⁾, 圃場實驗에서 많은 農藥은 反復處理에 의해 分解速度가 빨라지며¹⁰⁾, 또 還流土壤條件에서 2, 4-D¹⁹⁾, benthicarb²⁰⁾의 分解는 反復處理에 의하여 促進되는데 그 原因인 農藥分解菌의 增殖 혹은, 活性의 增大등을 들고 있는바, fenitrothion 1次處理後 7日과 3次處理後 3日되는

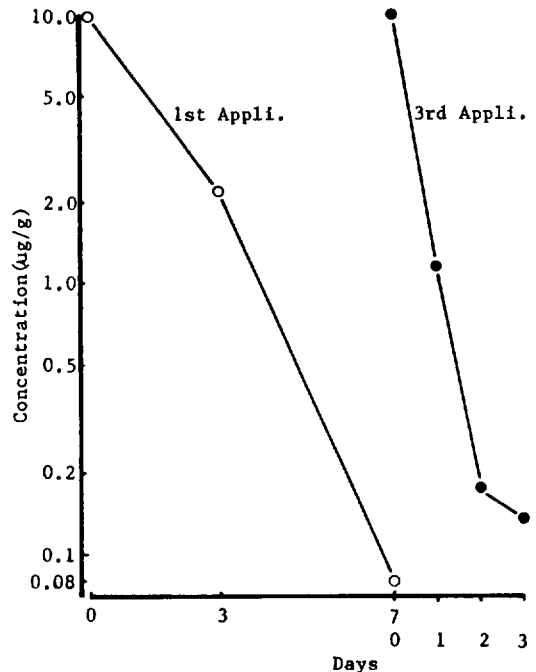


Fig 5. Degradation of fenitrothion in soil through the repeated application of fenitrothion.

土壤中의 fenitrothion 分解菌數를 計測한 結果, 表3에 나타낸 바와 같이 分解菌數는 1次處理후에 $2.8 \times$

Table 3. Population of fenitrothion-degrading microbes in Chonju soil repeatedly amended with fenitrothion.

Application time	Incubation period(days)	No* of the microbes/g soil
1st	7	2.8×10^7
3rd	3	5.6×10^8

* The number of the microbes was counted by MPN method.

10^7 이었으나 3次處理후에는 5.6×10^8 으로 增加되었었다. 따라서 fenitrothion의 分解速度가 反復處理時 促進된것은 反復處理에 의하여 分解菌이 集積되었기 때문에 判斷된다.

6. 化學肥料, 有機物 및 他農藥添加의 影響

化學肥料로써 複合肥料(N+P+K)를, 有機物로

써 볏짚을, 他農藥과 混合으로써는 殺菌劑 IBP와 除草劑 butachlor을 各各 添加한 土壤中 fenitrothion의 分解速度를 調査한 結果는 그림6과 같다.

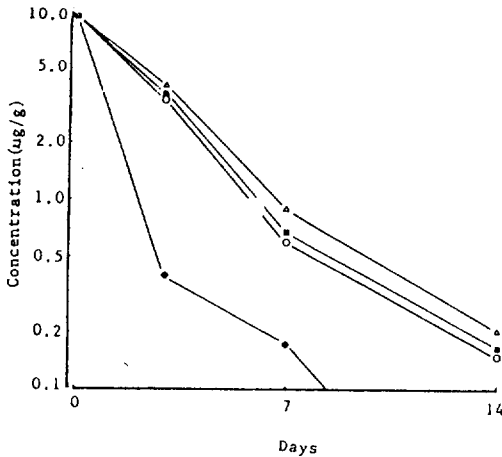


Fig 6. Degradation of fenitrothion in flooded soil amended with rice straw, mixed-fertilizer, and pesticides. ○ : control, ● : rice straw, ■ : mixed-fertilizer, △ : pesticide(fenitrothion + butachlor)

複合肥料添加土壤中 fenitrothion의 分解速度는 無添加土壤中에서의 差異가 없었으며, 他 農藥 IBP와 butachlor의 添加時에는 若干 遲延되었으나 그 差異는 매우 輕微하였다.

土壤中 化學肥料의 添加는 2, 4 -D, MCPA, benthicarb 등의 農藥分解를 促進한다고 報告되어 있으며^{1, 16, 20}, 또 土壤中 農藥은 土壤微生物의 增殖에 影響을 주고^{14, 21}, 殺菌劑 TMTD의 土壤中 添加는 terbutryn의 分解를 抑制시키는 것으로 報告되어 있으나¹⁶ 土壤中 fenitrothion의 分解는 複合肥料나 他農藥 IBP와 butachlor의 處理에 의하여 거의 影響을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나, 實際 圃場에서는 化學肥料나 農藥의 處理 方法이 매우 多樣하므로 이에 대하여는 化學肥料 및 混用農藥의 種類와 添加量, 添加時期등을 달리하여 더욱더 많은 研究가 要求된다.

한편, 그림6에 나타낸 바와 같이 볏짚을 添加한 土壤中에서는 fenitrothion의 分解速度가 현저히 빨라져 半減期가 約 1/2로 減少되었다. 또한, 표4에서와 같이 볏짚添加土壤과 無添加土壤중의 fenitro-

Table 4. Population of fenitrothion-degrading microbes in Chonju soil amended with rice straw.

Incubation period(day)	Rdditioner	No*. of the microbes/g soil
5	vControl	9.8×10^6
5	addition	6.4×10^7

* The number of the microbes was counted by MPN method.

thion 分解菌의 菌數는 各各 9.8×10^6 과 6.4×10^7 으로 fenitrothion의 分解가 빨랐던 볏짚添加土壤中에서가 分解가 느렸던 無添加土壤에서보다 分解菌數가 많았다.

土壤中 有機物添加는 IBP의 分解를 현저히 沮害시켰으며¹³ butachlor의 分解는 낮은 程度로 促進된데⁴ 比하여 fenitrothion分解의 境遇는 현저히 促進되었다. 一般적으로 有機物添加는 微生物의 增殖과 活性을 增大시켜 農藥分解를 促進시키는 것으로 알려져 있는데^{1, 20}, 本 實驗에서도 볏짚 添加에 의하여 fenitrothion 分解菌의 增殖이 促進되어 fenitrothion의 分解가 增大된 것으로 判斷되었다.

또한, 有機物添加는 土壤의 還元狀態를 현저히 促進시키는 것으로 알려져 있으며^{14, 23}, fenitrothion은 非湛水狀態(酸化還元)에서보다 湛水狀態(還元狀態)에서 (그림1), 또 보다 낮은 Eh(酸化還元電位)의 土壤中에서 分解가 더욱 빠르며, 또 還元狀態의 土壤中에서 fenitrothion의 構造中 nitro 基가 amino 基로 還元되는 것으로 알려져 있는 바^{13, 17}, 이러한 근거는 土壤中 볏짚 添加가 fenitrothion의 分解를 促進시킨 또다른 側面에서의 立證이라 하겠다.

前報에서도 指摘한 바와 같이⁴ 土壤中 fenitrothion의 分解速度가 같은 條件일지라도 實驗項目에 따라 差異를 보였으며 一般적으로 土壤採取 후 短期間 保管된 土壤中에서가 長期間 保管된 土壤中에서보다 分解가 빨랐는데, 이는 採取土壤을 密封하여 4-10°C에서 2年間 保管하면서 使用하였던 바, 保管中 微生物의 活性低下에 基因된 것으로 推定된다. 이에 따라 室内實驗時 土壤 保存에 세심한 注意가 要望된다.

以上の 結果에서 指摘되었듯이 土壤中 fenitrothion의 分解는 매우 빨랐으며, 土壤의 種類, 水分

狀態, 溫度, 肥沃度 등 土壤條件의 變化를 비롯 處理濃度, 反復處理 등 農藥 使用條件의 變化에 의한 分解速度의 影響程度는, 半減期에서 2倍程度의 差異로, 同一條件에서 IBP와 butachlor는 半減期에서 각각 最高 5, 10倍 程度의 差異를 보인데^{4, 11)} 比하여, 낮음을 알 수 있었다.

한편, 土壤中 fenitrothion 分解는 重金屬 添加에 의하여 현저히 低下되었고, 室外條件에서는 본 實驗 條件에서보다 쉽게 分解되었는데 이 結果에 對하여는 다음 報告에서 敘述하기로 한다.

要 約

湛水土壤中 fenitrothion의 分解에 미치는 各種 環境條件에 影響에 대하여 研究 檢討하였다. Fenitrothion은 濕潤條件에서보다 湛水條件에서 越等히 빨리 分解되었으며, 土壤中 分解半減期는 4日以内였다. 分解速度는 土壤種類에 따라 差異를 보였으며, 低溫(15℃)에서보다 高溫(35℃)에서 현저히 빨리 分解되었다. Fenitrothion은 低濃度處理(10ppm)에서보다 高濃度處理(30ppm)에서 分解가 느렸다. Fenitrothion의 反復處理는 分解速度를 크게 促進시켰다. 土壤中 fenitrothion의 分解는 芟草 添加에 의하여 현저히 促進되었으나, 複合肥料添加나 殺菌劑 IBP와 除草劑 butachlor의 混合處理에 의하여는 거의 影響을 받지 않았다. 土壤中에 있어서 fenitrothion 分解菌의 增殖과 fenitrothion 分解程度는 比例하였다.

辭 謝

本 研究는 86年度 韓國科學財團 研究費로 遂行되었으며 이에 辭意를 表하며, 實驗 遂行中 많은 助言을 하여주신 全北大學校 農科大學 梁桓承 教授님을 비롯 實驗에 積極 助力하여준 全州紀全女子專門大學 宋明子 助教님과 全北大學校 大學院 金閔泰君에게 깊이 感謝드립니다.

參考文獻

1. 深見順一, 上杉康彦, 石塚皓造, 富澤長次郎 (1983) : 農藥實驗法(4), 소프트サイエンス社, 東京, p. 177.

2. 福永一夫(1981) : 農藥, 白亞新房, 東京, p. 14, 46.
3. 徐胤洙(1985) : 土壤 및 農產物 汚染, 韓國環境農學會誌, 4(2), 126.
4. 文永熙, 梁桓承(1990) : 湛水土壤중에 있어서 除草劑 butachlor의 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響, 韓國雜草學會誌, 10(1), 41.
5. 土壤微生物研究會(1981) : 土壤微生物實驗法, 養賢堂, 東京.
6. Hill, I. R. and Wright, S. J. L.(1978) : *Pesticide microbiology*, Academic Press, London, p. 1, 844.
7. Burns, R. G. and Slater, J. H.(1982) : *Experimental microbial ecology*, Blackwell Scientific Publication, Oxford, p. 84.
8. Loos, M. A., Schosser, I. F. and Mapham, W. R.(1979) : Phenoxy herbicide degradation in soils, Quantitative studies of 2, 4-D and MCPA-degrading microbial population. *Soil. Biol. Biochem.*, 11,337.
9. Burge, W. J.(1972) : Microbial populations Hydrolyzing propanil and accumulation of 3,4-dichloroanilide and 3, 3', 4, 4'-tetrachloroazobenzene in soils, *Soil Biol. Biochem.*, 4,379.
10. Kuwatsuka, S. and Miwa, N.(1989) : Change in population of 2, 4-D degraders in the process of 2, 4-D degradation in soil under upland and flooded conditions, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35(4), 535.
11. 文永熙, 梁桓承(1989) : 土壤中における殺菌劑 IBP の分解速度におよす土壤環境條件の影響, 日本農藥會發表要旨.
12. Mikami, N., Imanishi, K., Yamada, H. and Miyamoto, J.(1985) : Photodegradation of fenitrothion in water and soil surface, and its hydrolysis in water, *J. Pesticide Sci.*, 10,149.
13. Takimoto, Y., Hirota, M., Inui, H. and Miyamoto, J.(1976) : Decomposition and leaching of radioactive sumithion in 4 different soils under laboratory conditions, *J Pesticide Sci.*, 1, 131.
14. 土壤微生物研究會(1981) : 土の微生物, 養賢堂, 東京.
15. Guenzi, W. D.(1977) : *Pesticide in soil and water*, Soil Sci. Soc, Am., New York, p. 133. 562.

16. Hurle, K. and Walker, A.(1980) : *Interactions between herbicide and the Soil*, Academic Press, London, p. 83.
17. Mikami, N., Sakata, S., Yamada, H. and miyamoto, J.(1985) : Further studies on degradation of fenitrothion in soils, *J. Pesticide Sci.*, 10,491.
18. 朴昌奎, 諸年太(1983) : 湛水土壤中 BPMC 및 Carbofuran의 分解性, 韓國環境農學會誌, 2, 65.
19. Audus, L. J.(1979) : *Herbicide behaviour in the soil*, Academic Press, London, p. 163.
20. Duah-Yentumi, S. and Kuwatsuka, S.(1982) : Microbial degradation of benthocarb, MCPA and 2, 4-D herbicide in perfused soil amended with organic matter and chemical fertilizers, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28(1), 19.
21. Burns, R. G. and Slater, J. H.(1982) : Experimental microbial ecology, Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 631.
22. Avidov, E., Aharonson, N., Rubin, B. and Yarden, O.(1985) : Persistence of terbutryn and atrazine in soil as affected by soil disinfestation and fungicide, *Weed Sci.*, 33, 457.
23. 川口桂三郎(1979) : 土壤學概論, 養賢堂, 東京, p. 233.