

室外條件의 湛水土壤中 fenitrothion, IBP, butachlor의 消失*

文永熙 · 梁桓承**

Dissipation of Fenitrothion, IBP, and Butachlor in Flooded Soil Under Outdoor Conditions

Young-Hee Moon, Hwan-Seong Ryang**

Abstract

The dissipation of insecticide fenitrothion (*O,O*-dimethyl *O*-4-nitro-*m*-tolyl phosphorothioate), fungicide IBP (*S*-benzyl *O,O*-diisopropyl phosphorothioate), and herbicide butachlor (*N*-butoxymethyl-2-chloro-2', 6'-diethylacetanilide) in flooded soil planted with rice plants was investigated in outdoor pot conditions. The half lives of IBP, butachlor and fenitrothion in the flooding water treated with IBP at 98g, butachlor at 352.8g, and fenitrothion at 100g ai/10a, were 3.6, 1.7 and within 1 day, respectively. The concentration of fenitrothion at 5 days after application was found to be less than 0.01ppm. In the case of IBP and butachlor after 20 days, the concentration was 0.025 and 0.004ppm, respectively. The concentration of fenitrothion, IBP, butachlor in a soil depth of 0-3cm was 0.07, 1.45 and 3.37ppm on the 3rd day after application, and below 0.05, 0.18, 0.39ppm after 7 days, respectively. However, 27 days after application concentration of IBP and butachlor at 0-5cm soil depth resulted in 0.04 and 0.05ppm, respectively. The disappearance of pesticides was remarkably rapid, compared to those in the some soil under the laboratory conditions. Differences in the concentration of IBP in different soil profiles were few, but amounts of butachlor were remarkably higher at 0-2cm soil depth than below 2cm soil depth.

序 論

著者は 우리나라에서 널리 사용되어지고 있는 殺蟲劑 fenitrothion (*O,O*-dimethyl *O*-4-nitro-*m*-tolyl phosphorothioate), 殺菌劑 IBP (*S*-benzyl *O,O*-diisop-

ropyl phosphorothioate) 除草劑 butachlor (*N*-butoxymethyl-2-chloro-2' 6'-diethylacetanilide)의 土壤中 分解에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響을 比較 究明할 目的으로 本 研究에 着手하여, 前報¹⁻⁴⁾에서는 室內條件의 土壤中에 있어서 이들 3農藥의 分解性에

*土壤中에 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5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).

대하여 報告하였다. Fenitrothion은 非湛水土壤에서 보다 湛水土壤에서 빨리 分解되었으나, IBP의 分解는 이와는 反對였으며, butachlor 分解는 土壤水分의 影響을 比較的 적게 받았다. 또 3農藥의 分解速度는 土壤 種類에 따라 差異를 보였으며 fenitrothion과 butachlor는 有機物含量이 높은 土壤에서 빨리 分解되었으나, 반대로 IBP는 有機物含量이 높은 土壤에서 分解가 越等히 느렸다. 이들 農藥은 低濃度處理에서 보다는 高濃度處理時 半減期가 길었으며 低溫에서 보다는 高溫의 土壤에서 分解가 빨랐으나 特히 butachlor 分解는 溫度的 影響을 크게 받았다. 反復添加에 의하여 이들 農藥의 分解速度는 빨라졌다. 土壤中 芻糞添加에 의하여 fenitrothion의 分解는 현저히 促進되었으나, IBP의 分解는 현저히 低下되었고 butachlor의 分解 경우는 若干 促進되었을 뿐이었다. 重金屬 添加土壤中에 있어서 3農藥의 分解는 현저히 沮害되었으며 分解抑制程度는 添加 重金屬과 種類 및 濃度, 農藥의 種類에 따라 크게 달라졌다. 이와같이 土壤中 3農藥의 分解는 土壤環境條件이나 農藥使用條件에 따라 變化되고 그 影響 程度는 農藥의 種類에 따라 크게 달라짐을 알 수 있었던 바, 本稿에서는 室外 罌斗條件의 湛水土壤중에 있어서 3農藥의 土壤 및 畚面水(湛水液)中 消失速度를 調査하였다.

材料 및 方法

供試土壤 및 農藥

使用 土壤은 全北大學校 農科大學 附屬農場의 는土壤으로, 土性은 壤土(有機物含量: 1.4%, pH: 5.95)였으며 그밖의 土壤特性, 採取方法 등은 前報³⁾에 나타낸 바와 같다.

使用 農藥은 市販用으로, fenitrothion은 50% 乳劑, IBP는 48% 乳劑, butachlor는 58.8% 乳劑였으며, 定量分析을 위하여는 96% 이상의 標準品¹⁻³⁾을 使用하였다.

土壤中 農藥分解實驗

罌斗(82×54×32cm)에 土壤을 채우고 3cm로 湛水시킨 다음 複合肥料(29:17:17)를 10a당 30kg 水準으로 施肥하였다. 罌斗에 定진벼(葉數3.1葉)를

約 15×15cm로 移植한 다음, 市販用 fenitrothion, IBP, butachlor乳劑를 10a當 各各 200, 200, 600ml 水準(推薦使用量의 약 2倍)으로 물에 100倍 稀釋하여 罌斗表面에 高루 處理하였다. 벼 移秧日字는 1988年 6月 14日, 農藥 處理日字는 1988年 6月 23日이었으며 栽培期間中 湛水深은 約 3cm로 調節하였다. 實驗罌斗는 無漏水條件으로 土壤속에 묻어 室外條件에서 管理하였다. 他 農藥의 撒布는 行하지 않았다.

農藥處理 1時間 後부터 經時的으로 10-30ml의 畚面水를 取하여 農藥分析에 供試하였다. 土壤試料는 農藥處理後 3, 7, 14, 27日에 土壤코어(直徑 5cm, 높이 5cm)로 5cm 깊이까지(前年度 豫備實驗에서 대부분의 農藥이 0-5cm 층에 存在하였음) 물층을 除外하고 2反復으로 取하여 1cm 單位로 分取하고 作物의 뿌리를 除去한 다음, 農藥分析에 供試하였다.

農藥의 定量分析

湛水液中 農藥抽出은 水量의 1-10倍의 n-hexane을 加하고 振蕩, 抽出하여 hexane 層을 分取하였다. 土壤中 農藥抽出은 採取土壤에 acetone 50ml를 加하여 2回 振蕩, 抽出하고 濾過한 다음 濃縮(43℃以下)하였다. 濃縮液을 n-hexane 10ml로 3回 抽出하여 hexane 抽出液을 適當量으로 濃縮한 다음 n-hexane으로 5-10ml가 되게 定容하였다. Hexane 抽出液 1-3 μ l를 가스 크로마토그래프(Philips 社의 Pye Unicam Series 304)에 각 農藥의 標準品과 比較하여 定量하였다. 器機分析 條件은 다음과 같다.

使用 detector는 butachlor 測定은 EDC(Ni⁶³)를, fenitrothion과 IBP 測定에는 NP-FID를 使用하였다. Column은 2% OV-17 Chromosorb WAW DMCS 60 mesh(butachlor 測定時)와 1.95% OV-17/210(fenitrothion과 IBP 測定時)를 充填한 유리 column(2mm id, 2.1m)을 使用하였다. Injection port, column oven, detector의 操作溫度는 butachlor 測定時에는 280, 260, 290℃로, IBP 測定時에는 230, 200, 250℃, fenitrothion 測定時에는 230, 210, 250℃ 하였다. Carrier (N₂)gas의 流速은 공히 30ml/min였으며, FID의 境遇 H₂ 30ml/min, air 300ml/min였다.

上記의 方法에 따른 土壤中 3農藥의 回收率은 0.1-10ppm 添加에서 89-98%였다.

結果 및 考察

室內條件의 土壤中 fenitrothion, IBP, butachlor의 分解는 土壤種類 및 農藥處理條件에 의하여 크게 影響을 받았으며 影響程度는 農藥種類에 따라 다름이 前報^{1,4)}에서 밝혀졌다. 한편, 土壤中 農藥의 分解는 一般的으로 室內와 室外條件 사이에 크게 差異가 있는 것으로 알려져 있다^{5, 6)}.

本 實驗에서는 fenitrothion, IBP, butachlor 乳劑를 各各 100g, 98g, 352.8g ai/10a 水準으로 室內 포트條件의 湛水土壤에 水面處理하고 畚面水(湛水液) 및 土壤중에 있어서 3農藥의 消失性을 調査한 結果는 그림1, 표1과 같다. 畚面水中 3農藥의 檢出濃度는 그림1에 나타낸 바와 같이 農藥處理 1時間 후에

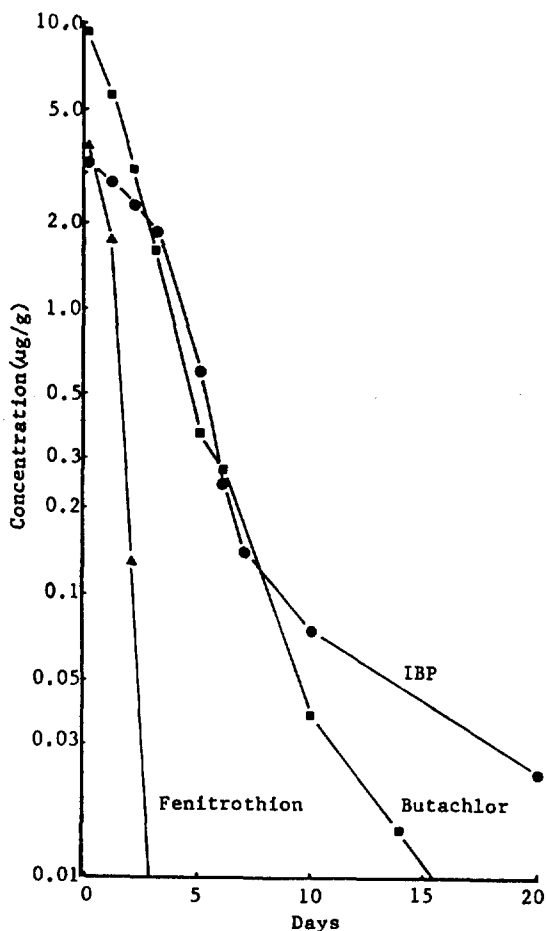


Fig. 1. Dissipation of 3 pesticides in the floodwater under outside pot conditions.

fenitrothion이 3.7ppm, IBP가 3.25ppm, butachlor가 9.1 ppm 이었다. 그러나 畚面水中 fenitrothion은 處理 3日에 0.01ppm以上까지 消失되었으며, IBP와 butachlor는 處理後 10日에 각각 0.073ppm과 0.038ppm 까지 消失되었다. 畚面水中 半減期는 fenitrothion이 1日이내, IBP가 3.6日, butachlor가 1.7日으로 매우 짧았다. 그러나 3農藥 모두 實驗初期와 高濃度에서는 比較的 빨리 消失되었으나, 時間이 經過함에 따라 특히, IBP와 butachlor의 境遇 處理 10日 以後 消失速度는 緩慢 하여 處理 20日후 檢出濃度는 IBP가 0.025ppm, butachlor가 0.004ppm이었다. Mikami등⁷⁾은 水中 fenitrothion의 半減期가 約 1日 정도이며, Chen등⁸⁾은 湛水液中 butachlor(2.16ppm)는 處理 후 4日에 0.1ppm以下로 빨리 消失됨을 報告 하고 있다.

湛水面에 處理한 農藥이 土壤中에 吸着 移動하여 殘留되어진 量을 표1에 나타내었다. 土壤中 3農藥의 殘存量은 全體的으로 높은 量이 存在했던 0.3cm 層位土壤에서 fenitrothion은 處理 3日후에 0.07ppm, 7日후에 0.11ppm, 14日후에 0.05ppm以下였고, IBP는 處理 3日후에 1.45ppm, 7日후에 1.09ppm, 14日후에 0.18ppm, 28日후에 0.05ppm이었으며, butachlor는 處理 3日후에 3.78ppm, 7日후에 3.41ppm, 14日후에 0.39ppm, 27日후에 0.07ppm 이었다.

畚面水中 農藥의 消失은 土壤과 植物에 의한 吸着과 吸收, 揮散, 光分解, 生物學的 分解 등을 들 수 있겠다. 一般的으로 有機磷系 農藥은 쉽게 光分解되는 것으로 알려져 있는 바⁶⁾, 本 研究에서도 有機磷系 fenitrothion은 畚面水中에서 매우 빨리 消失된다는 것을 土壤中 檢出 濃度에 依하여 알 수 있었다. 즉 光分解와 揮散 특히 光分解를 많이 받아, 處理된 農藥이 土壤中에 吸着되기전 95%以上 거의 대부분이 消失됨을 立證할 수 있었다^{6, 9)}. 한편, 畚面水中 IBP는 處理후 3日까지는 比較的 緩慢한 速度로 消失되었고 土壤中에서 檢出된 IBP는 0-3cm 層位에서 處理 3日후에 1.45ppm, 7日후에 1.09ppm 이었다. 또, 湛水液中 butachlor는 fenitrothion과 IBP의 中間程度의 速度로 消失되었으나, 土壤 0-3 cm 層位에서 處理 3日후에 3.37ppm, 7日후에 3.4 ppm이 檢出되었다. 一般的으로 土壤이나 水(比重1로 假定)중에 農藥을 100g/10a水準으로 5cm 깊이에 均一하게 混合處理되었을때 2ppm이 되고, 處理後 3-7日 사이의 湛水液中 2農藥의 濃度가 3-0.3

Table 1. Dissipation of Pesticides in the soil under outdoor pot conditions.

Pesticides	Soil depth (cm)	Concentration($\mu\text{g/g}$)			
		Days after application			
		3	7	14	27
Fenitrothion	0-1	0.180	0.281	0.096	—
	1-2	0.025	0.026	<0.020	—
	2-3	0.017	0.022	<0.020	—
	Average	0.074	0.110	<0.045	—
IBP	0-1	1.852	1.26	0.127	0.074
	1-2	1.322	1.42	0.245	0.041
	2-3	1.169	0.58	0.171	0.034
	3-4	—	0.60	0.160	0.046
	4-5	—	0.45	0.078	0.022
	Average	1.448	0.86	0.156	0.043
Butachlor	0-1	4.585	7.055	0.798	0.051
	1-2	2.966	2.928	0.354	0.133
	2-3	2.551	0.253	0.021	0.025
	3-4	—	0.186	0.026	0.013
	4-5	—	0.154	0.002	0.009
	Average	3.367	2.115	0.240	0.046

ppm이 殘存되었던 것으로 보아 IBP와 butachlor은 光分解나 揮散 등에 의한 消失이 fenitrothion에 比하여 越等히 적은 것으로 判斷된다.

湛水中 處理量은 butachlor가 IBP보다 많았으나, butachlor의 半減期(1.7日)는 IBP의 半減期(3.6日)보다 짧은 반면, 土壤中 檢出量이 靑등히 많았던 것으로 보아(處理 3日과 7日후)butachlor가 IBP보다 土壤中에 빨리 吸着되는 것으로 사료된다.

農藥 處理후 3日과 7日에 測定된 土壤 0-1cm 層位中 3農藥 濃度를 比較하여 보면 fenitrothion이나 butachlor는 3日에서보다 7日에서가 높았고, IBP는 거의 비슷하였는데(표1), 이는 土壤中에서 農藥의 分解量보다 畚面水中의 農藥이 土壤으로 吸着되는 量이 많았기 때문에 判斷된다.

土壤中 IBP와 butachlor의 濃度는 0-5cm 層位에서 處理后 14日에 各各 0.15, 0.24ppm이었고 27日후에는 各各 0.43, 0.46ppm이었다(표1). 이는 前報^{2,3)}의 室內實驗 結果에서 2農藥의 半減期가 同一土壤에서 15-30日인 것에 比하여 越等히 빨리 消失되어 졌다. 室外條件에서 빨리 分解되었던 것은 bu-

tachlor를 비롯 많은 農藥에서 指摘하였듯이 光分解, 揮散, 植物體에의 吸收의 影響 때문일 것이다. 또한 處理 14日후에는 butachlor의 量이 IBP 量보다 많았으나 27日후에는 거의 비슷하였다. 따라서 butachlor가 IBP 보다 빨리 分解됨을 알 수 있었다.

IBP와 butachlor의 土壤 層位別 濃度를 比較하여 보면 處理后 7日과 14日에서 IBP의 土壤 層位別 濃度는 下層으로 갈수록 漸進적으로 減少되었으나 上層과 下層 사이에 差異가 크지 않았던 반면, butachlor의 境遇 表層 濃度는 IBP에 比하여 越等히 높았으나 2cm 를 境界로하여 그 以上에서는 急激히 減少함을 보였다(표1). 따라서 butachlor는 移動幅이 좁아 대부분 0-2cm 層位에 存在하였으나, IBP는 移動幅이 넓음을 알 수 있었다. 農藥의 土壤中 移動性은 農藥의 理化學的 特性과 關係가 있으며 그중 물 溶解度도 하나의 因子로 들고 있는데, 2農藥의 물 溶解도가 IBP 1,000ppm(20°C), butachlor 20ppm(18°C)으로 IBP가 越等히 높았던 점은 butachlor보다 IBP가 이동폭이 넓었던 하나의 原因으로 들 수 있겠다. 이와 같은 特性을 農藥의 效果面에서 볼 때

butachlor는 대부분 表層에 存在하여 殺草效果를 나타내는 반면, IBP는 特히 粒劑로 使用하였을 境遇 뿌리층까지 빨리 移動되어 지는바, 水稻의 뿌리에서도 吸收하여 殺菌效果를 나타내는 農藥이라 하겠다.

한편, 本 實驗은 無漏水條件에서 行下였던 바 漏水土壤條件에서는 畚面水 및 土壤中 移動과 殘留性이 多少 變化될 것으로 사료된다.

또한 以上에서 指摘된 畚面水중 農藥의 消失速度 및 土壤吸着速度, 土壤中 農藥의 移動速度 및 消失速度 등은 劑型側面에서 볼 때 分解가 아주 빨랐던 fenitrothion은 粉劑나 乳劑에 의한 直接 殺蟲效果 만이 可能하나 IBP와 butachlor는 乳劑뿐만 아니라 使用이 便利한 粒劑化가 可能했던 하나의 理由라 생각된다.

要 約

水稻를 栽培한 室外 噴트條件의 湛水土壤에 殺蟲劑 fenitrothion, 殺菌劑 IBP, 除草劑 butachlor 乳劑를 各各 100g, 98g, 352.8g ai/10a水準으로 水面處理하고 畚面水(湛水液) 및 土壤中 3農藥의 殘留性을 調査하였다. 畚面水중 fenitrothion, IBP, butachlor의 濃度는 處理 1시간후에 各各 3.7, 3.2, 9.1 ppm이었다. 그러나 fenitrothion의 濃度는 處理 5日후에 0.01ppm以下였고 IBP와 butachlor의 濃度는 處理 20日후에 各各 0.025와 0.004ppm이었다. Fenitrothion, butachlor, IBP의 畚面水중 半減期는 各各 1日이내, 1.7日, 3.6日이었다. 畚面水로부터 吸着된 土壤中 fenitrothion, IBP, butachlor 濃度는 土壤 0-3 cm 層位에서 處理 후 3日에 各各 0.07, 1.45, 3.37ppm 이었으며 14日후에는 各各 0.05ppm以下, 0.18ppm, 0.39ppm이었다. 그러나 處理 27日후에는 IBP와 butachlor의 檢出 濃도가 0-5cm層位에서 各各 0.04, 0.05ppm으로 同一土壤의 室內條件에서보다 월등히 빨리 分解되었다. 畚面水 및 土壤中 消失速度는 fenitrothion>butachlor>IBP순이었다. 土壤層位別 butachlor의 殘存量은 2cm 以下에서보다 0-2cm層位에서가 顯著히 많았는데 比하여, IBP의 土壤層位別

濃度는 큰 差異가 없이 5cm以下까지 移動되었다.

辭 謝

本 研究은 86年度 韓國科學財團 研究費로 遂行 되었으며 이에 謝意를 表하며, 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. 文永熙(1990) : 湛水土壤中에 있어서 殺蟲劑 fenitrothion의 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響, 韓國環境農學會誌, 9(1).
2. 文永熙(1990) : 湛水土壤中에 있어서 殺菌劑 IBP 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響, 韓國農化學會誌, 33(2).
3. 文永熙, 李王休, 梁桓承(1990) : 湛水土壤中에 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.
4. 文永熙(1990) : 湛水土壤中에 있어서 fenitrothion, IBP, butachlor의 分解에 미치는 重金屬의 影響, 韓國農化學會誌, 33(2)
5. 深見順一, 上杉康彦, 石塚皓造, 富澤長次郎(1983) : 農藥實驗法(4), ソフトサイエンス社, 東京
6. 福永一夫(1981) : 農藥, 白亞書房, 東京.
7. 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, 263.
8. Chen, Y. L. and Chen, J. S.(1979) : Degradation and dissipation of herbicide butachlor in paddy field, *J. Pesticide Sci.* 4,431.
9. 大前利隆, 宇野正清, 岡田 作, 陰地義樹, 寺田育子, 谷川 薫(1981) : 空中に伴うフェニトロチオンおよびその 分解生成物の自然環境中における 舉動, 日本農藥學會誌, 6, 437.