Hanguk Nonghwahak Hoechi
(J. Korean Agric. Chem. Soc.)
33(2), 133-137 (1990)

# 湛水土壤中에 있어서 殺菌劑 IBP의 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響*

文 永 熙
全北大學校 農科大學 農化學科

**抄錄**: 湛水土壤中에 있어서 IBP의 分解에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響에 대하여 硏究檢討하였다. IBP는 非湛水條件에서 보다 湛水條件에서 느리게 分解되었다. 分解速度는 土壤種類에 따라 크게 變化되였으며, 有機物含量이 높은 土壤에서보다 낮은 土壤에서 빨랐다. IBP는 低溫에서보다 高溫의 土壤에서, 高濃度에서보다 低濃度 添加에서 빨리 分解되었다. 土壤中 分解速度는 벗짚첨가에 의하여 현저히 低下되었으나, 複合肥料나 他農藥 fenitrothion과 butachlor의 添加에 의하여는 影響을 받지 않았다. 土壤中 IBP는 好氣的 微生物에 의하여 分解되는 것으로 推定되었다(1990년 4월 16일 접수, 1990년 5월 25일 수리).

土壤中에 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 使用條件 등에 의하여 크게 影響을 받는 것으로 알려져 있는 바[1, 2], 著者는 우리나라에서 가장 널리 使用되고 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*-butoxymethyl-2-chloro-2′, 6′-diethylace-tanilide)을 各各 選定하여 土壤中 이들 3農藥의 分解에 미치는 各種 環境條件의 影響程度를 比較調査할 目的으로 本 硏究에 着手하여, 前報에서[3, 4] butachlor와 fenitrothion의 分解性에 대하여 報告하였다. 土壤中 2農藥의 分解速度는 butachlor보다 fenitrothion이 越等히 빨랐으며, 2農藥은 湛水條件에서가 濕潤條件에서보다 빨리 分解되었으나 水分狀態의 影響 程度는 fenitrothion이 越等히 높았다. 또 이들 農藥은 土壤 種類, 溫度에 따라 分解速度가 달랐으며, 土壤中 有機物添加는 fenitrothion의 分解를 현저히 促進시켰으나, butachlor의 境遇는 그 促進程度가 낮았다. 또 2農藥 모두 高濃度處理에서가 低濃度處理에서보다 分解가 느렸다. 이들 農藥의 分解速度는 反復添加에 의하여 促進됨을 알 수 있었다. 또 이들 農藥 分解菌의 增殖程度는 分解速度에 比例함을 알 수 있었다. 이와 같이 2農藥의 分解速度는 土壤環境條件, 農藥處理條件 등에 따라 變化됨이 指摘되었다.

本 報告는 第3報로서 殺菌劑 IBP의 分解에 미치는 土壤의 水分, 溫度, 肥沃度狀態를 비롯 農藥의 處理濃度, 他農藥과 混合등의 影響에 대하여 報告한다.

## 材料 및 方法

### 使用土壤 및 農藥

實驗에 使用한 土壤은 全州土壤(L, 有機物含量; O.M. : 1.40%), 水原土壤(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%)이었으며, 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 土壤特性分析値는 前報[3]에 나타낸 바와 같다.

使用 IBP는 96.03% 標準品이었으며, 10,000ppm acetone溶液으로 만들어 使用하였다.

### 土壤中 農藥 分解實驗

一般的인 實驗方法으로는 全州土壤 10 g (乾土重量, 以下 同一)을 試驗管(3×18cm)에 2反復으로 옮기고 蒸溜水 20mℓ을 가하여 湛水시킨 다음, 알루미늄호일로 試驗管을 막아 25℃에서 2週間 preincubation시켰다. Preincubation 후 IBP을 10ppm이 되게 處理하고, 잘 混合하여 25℃에서 incubation시켰다. 農藥處理후 0, 7, 14, 28, 56日에 試驗管內의 土壤 全量을 農藥分析

Key words : IBP, degradation, environmental conditions, soil
Corresponding author : Y.H. Moon
*土壤中에 있어서 農藥分解와 農藥分解 微生物相에 미치는 各種 環境條件의 影響에 관한 硏究의 第3報임.

에 供試하였다.

IBP의 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 알아보기 위하여 非湛水(濕潤狀態, 水分含量 40%)와 湛水條件의 土壤을 供試하였으며, 土壤 特性의 變化가 分解에 미치는 影響을 調査하기 위하여는 全州, 水原, 密陽, 裡里, 界火의 5種의 土壤을 使用하였다. 微生物 效果를 調査하기 위하여는 湛水土壤을 殺菌(121℃, 1.2氣壓 15분)한 土壤을 供試하였다. 土壤溫度의 影響을 알아보기 위하여 土壤을 15, 25, 35℃에서 preincubation 및 incubation하였다. 農藥處理量에 따른 分解速度를 調査하기 위하여 IBP 處理濃度를 10, 20, 30ppm로 變化시켰으며, 農藥의 混用에 의한 影響을 알아보기 위하여는 IBP을 비롯 butachlor 및 fenitrothion을 各各 10ppm씩 同一 土壤에 添加하였다. 土壤肥沃度의 影響을 調査하기 위하여는 벗짚 粉末을 0.1 g/10 g 土壤으로 添加한 土壤과 尿素 9.6mg, $NaH_2PO_4$ 22.6mg, KCl 7.1mg/10 g 土壤으로 添加한 土壤을 供試하였다.

### 農藥의 定量分析

試驗管中의 土壤을 acetone 30mℓ로 씻어 250mℓ 공전삼각플라스크에 옮긴 다음 1時間동안 振蕩하여 濾過(Whatman No. 2)한 후 濾過液을 취하였다. 殘渣土壤에 다시 acetone 20mℓ을 가하여 上記에서와 같이 振蕩 濾過하여 濾過液을 취하였다. 濾過液을 濃縮(43℃ 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, 가스크로마토그라프(Philips社의 Pye Unicam Series 304)에 1-2μℓ를 注入 分析하였다. 器機分析 條件은 다음과 같다.

使用 detector는 NP-FID였으며, column은 2% OV-17/210을 充填한 유리 column(2mm×2.1m)이었다. 操作溫度는 injection port 230℃, column 200℃, detector 250℃였다. 使用 gas의 流速은 carrier gas인 $N_2$ gas 30mℓ/min, $H_2$ gas 30mℓ/min, air 300mℓ/min 였다.

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

## 結　果

### 土壤의 水分狀態 및 殺菌의 影響

湛水條件과 非湛水(濕潤)條件의 土壤中에 있어서 IBP 分解速度를 調査한 結果는 Fig. 1과 같다. IBP는 兩條件에서 1次反應式에 따라 分解되었으며 分解速度는 湛水條件에서 보다 非湛水條件에서 빨랐다. 回歸線에서 얻은 分解半減期는 非湛水條件에서 8.6日($Y=8.10\cdot e^{-0.080X}$, $r=-0.98$)이었으며, 湛水條件에서 14.7日($Y=10.86\cdot e^{-0.05X}$, $r=-0.99$)로 湛水條件에서 1.7倍 길었다. 한편, Fig. 1에 나타낸 바와 같이 殺菌土壤에서는 IBP의 分解가 현저히 低下되었다.

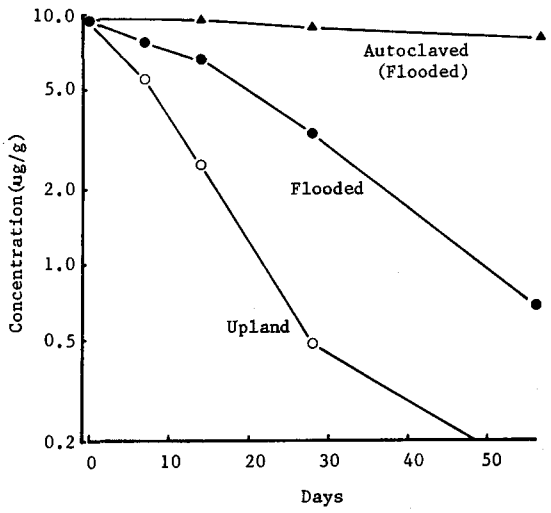


Fig. 1. Degradation of IBP in soil under autoclaved, upland, and flooded conditions.

### 土壤種類의 影響

土壤特性이 다른 5種의 土壤中 IBP의 分解는 Fig. 2와 같다. IBP의 分解는 土壤種類에 따라 현저한 差異를 보였으며, 土壤中 分解順序는 界火土壤에서 가장 빨랐으며, 다음으로는 全州土壤, 裡里土壤, 密陽土壤, 水原土壤이었다. 分解半減期는 分解가 가장 빨랐던 界火土壤에서 12.1日($Y=9.68\cdot e^{-0.06X}$, $r=-0.997$)이었고 分解가 가장 느렸던 水原土壤에서 51.1日($Y=9.04\cdot e^{-0.014X}$, $r=-0.870$)로 4.2배의 差異를 보였다.

### 土壤溫度의 影響

15℃, 25℃, 35℃의 土壤中 IBP의 分解速度를 調査한 結果를 Fig. 3에 나타냈다. IBP는 土壤溫度의 上昇과 더불어 分解速度가 빨라져, 分解半減期가 15℃에서 38.8日, 25℃에서 14.7日, 35℃에서 13.7日로 15℃에서보다 35℃에서 半減期가 2.8배 짧아졌다.

### 處理濃度의 影響

IBP를 10, 20, 30ppm이 되도록 土壤에 添加하여 각

濃度別 分解速度를 調査한 結果는 Fig. 4와 같다. IBP의 分解는 處理濃度의 增加와 더불어 느려져, 分解半減期가 10ppm 處理에서 20.0日, 20ppm 處理에서 32.7日, 30ppm 처리에서 35.9日로 10ppm 添加時보다 30ppm 添加時에는 分解半減期가 1.8배 길어졌다.

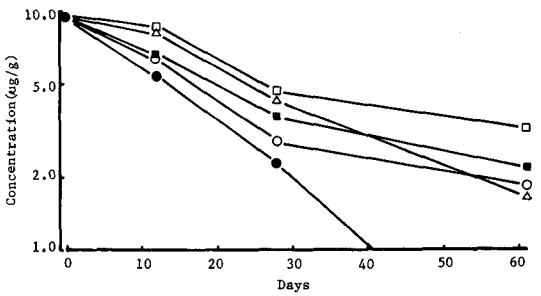


Fig. 2. Degradation of IBP in various soils under flooded conditions.
○ : Chonju, ● : Gehwa, □ : Suwon, ■ : Iri and △ : Milyang

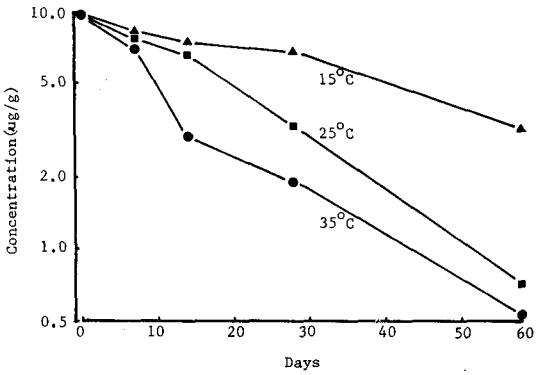


Fig. 3. Degradation of IBP in flooded soil at different temperatures.

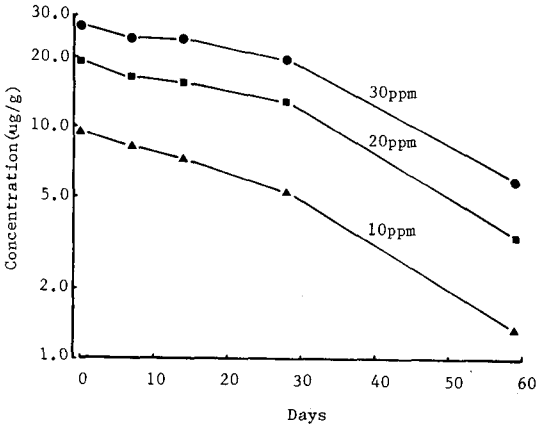


Fig. 4. Effect of concentration of IBP on the degradation of IBP in soil under flooded conditions.

**有機物, 化學肥料 및 他農藥 添加의 影響**

有機物로써 볏짚을, 化學肥料로써 複合肥料(N+P+K)를, 他農藥과의 混合處理로써 殺蟲劑 fenitrothion과 除草劑 butachlor를 添加한 土壤中에 있어서 IBP의 分解를 調査한 結果는 Fig. 5와 같다. 볏짚添加土壤에서 IBP의 分解는 無添加土壤에 비하여 越等히 느렸다. IBP의 分解半減期는 볏짚 添加土壤에서 81.6日($Y=8.65\cdot e^{-0.008X}$, $r=-0.89$)인데 비하여 無添加土壤에서는 14.7日($Y=10.86\cdot e^{-0.047X}$, $r=-0.99$)로 볏짚添加土壤에서 5.6배 길었다 그러나, Fig. 5에 나타낸 바와 같이 複合肥料 添加土壤에서 IBP 分解는 無添加土壤에 비하여 最終 調査日에는 多少 낮았으나 全般的으로 거의 差異가 없었다. 또한, 他 農藥 fenitrothion과 butachlor를 混合處理하였을 境遇 IBP의 分解速度는 無添加土壤中에서의 分解에 비하여 거의 差異가 없었다.

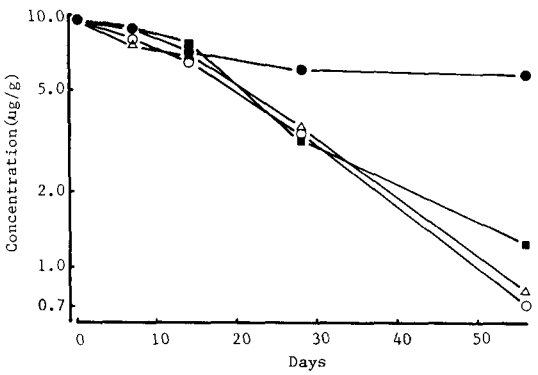


Fig. 5. Degradation of IBP in flooded soil amended with rice straw, mixed-fertilizer, and pesticides.
○ : Control, ● : Rice straw, ■ : Mixed-fertilizer and △ : Pesticide (fenitrothion+butachlor)

## 考 察

土壤中 有機燐系 農藥의 分解는 다른 系의 農藥보다 分解가 比較的 빠른 것으로 알려져 있다. 또 著者의 同一實驗에서도 有機燐系 農藥인 fenitrothion은 分解半減期가 4일 以內임을 報告한 바 있다[4]. 그러나, 본 實驗에서 供試한 有機燐系 殺菌劑인 IBP의 土壤中 分解는 非湛水條件에서 比較的 빨랐으나, 湛水條件에서는 半減期가 10~50日程度로 느리게 分解됨이 指摘되었다(Fig. 1, 2).

農藥의 分解는 土壤水分狀態에 따라 影響을 받는 것으로 알려져 있는데[1, 2], butachlor의 境遇는 水分狀態의 影響이 比較的 적었고[3] fenitrothion은 非湛水(酸化) 狀態에서보다 湛水(還元) 狀態에서 더 빨리 分解되고[4, 5], benthiocarb는 湛水(還元) 狀態에서보다 非湛水(酸化) 狀態에서 현저히 빨리 分解되는 것[6]처럼 土壤水分狀態가 農藥分解에 미치는 影響 程度는 農藥種類에 따라 다르다. 본 實驗에서 IBP는 Tomizawa등[7, 8]의 結果에서 처럼 非湛水(酸化) 狀態에서보다 湛水(還元)狀態에서 分解가 越等히 遲延됨을 알 수 있었다.

土壤特性이 다른 5種의 土壤中에 있어서 fenitrothion과 butachlor의 分解 半減期는 分解가 빨랐던 土壤과 느렸던 土壤 사이에 2배 程度의 差異를 보인데 반하여[3, 4] IBP分解 半減期(Fig. 2)는 4.2배의 큰 差異로, IBP의 分解는 土壤特性의 영향을 크게 받았다. 5種의 土壤中 IBP 分解速度와 土壤特性과의 關係에서 有機物含量과 CEC, 특히 有機物含量이 높은 土壤 일수록 分解가 遲延되었다. 有機物添加土壤에서 IBP分解가 현저히 느렸던 것은(Fig. 5)이를 뒷받침하는 結果라 하겠다. 前報의[3, 4] 結果를 비롯 많은 硏究[9~11]에서 土壤中 農藥의 分解速度는 有機物含量이 높은 土壤일수록 빠른 것으로 밝혀져 있는데, IBP의 分解는 이와 反對의 結果를 나타냈다.

土壤中 IBP分解는 有機物인 벗짚 添加에 의하여 현저히 沮害되었다(Fig. 5). 이는 土壤中 벗짚 添加에 의하여 fenitrothion의 分解가 越等히 促進된 結果[4]를 비롯, 많은 農藥의 分解는 有機物 添加에 의하여 促進되는 報告[12, 13]와는 相反되었다.

土壤中 IBP의 分解가 殺菌條件에서 현저히 느렸고, 湛水條件에서보다 非湛水條件에서 빨랐던 結果(Fig. 1)와 벗짚添加土壤에서 分解가 遲延되었던 結果(Fig. 5), 또 土壤중 有機物은 還元狀態를 促進한다는 점에[1, 4, 15] 비추어 볼 때 IBP는 微生物에 의하여 分解되고 分解微生物은 好氣的微生物로 推定된다. 또, 이와 같은 結果를 基礎로 하여 볼 때 IBP의 分解가 有機物含量이 높은 土壤과 특히 有機物添加 土壤에서 分解가 顯著히 遲延되었던 것은, 土壤中 有機物含量이 높으면 農藥 吸着量이 增大되어 農藥分解가 遲延된다는 報告[14, 16, 17]도 있으나, 이보다는 土壤中 有機物에 의한 土壤還元狀態의 促進으로 IBP를 分解하는 好氣的 微生物의 增殖, 活性에 影響을 주었기 때문으로 사료된다.

많은 農藥의 分解에서 指摘되었듯이[9~11], 土壤溫度上昇은 土壤中 農藥分解 微生物의 增殖 및 活性을 促進하는 것으로 알려져 있는 바, 이러한 理由에서 IBP가 低溫(15℃)에서보다 高溫(35℃)에서 빨리 分解된 것으로 사료된다(Fig. 3). 同一 溫度差異에서 butachlor는 半減期에서 約 10배의 差異를 보였는데 반하여 IBP는 比較的 그 影響이 적어 半減期에서 2.8배의 差異로 fenitrothion과[4] 비슷한 程度로의 影響을 받았다.

IBP의 分解는 低濃度(10ppm) 添加에서보다 高濃度(30ppm) 添加에서가 느려 半減期가 1.8배 길어졌다(Fig. 4). 農藥의 處理 濃度에 따른 分解速度는 農藥의 種類나 比較溫度에 따라 달라져[2, 14, 18] BPMC와 carbofuran의 半減期는 1ppm에서 보다 10ppm에서 짧은 것으로 報告[19]되어 있으나, 同一條件에서 butachlor와 fenitrothion의 半減期도 10ppm에서보다 30ppm에서 各各 1.4倍, 1.3倍 길어졌다[3, 4].

土壤中 化學肥料(N, P, K)의 添加는 2,4-D, MCPA, benthiocarb등 여러 農藥의 分解를 促進하는 것으로 알려져 있으나[1, 12, 20], 本 實驗의 條件에서 IBP는 化學肥料添加에 의하여 거의 影響을 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5). 한편, 農藥은 土壤微生物의 增殖에 影響을 주는 것으로 알려져 있고, 殺菌劑 TMTD의 添加는 除草劑 terbutryn의 分解를 抑制하는 것을 비롯, 많은 境遇 農藥을 混合處理하였때 分解가 抑制되는 것으로 알려져 있다[14, 20, 21]. 그러나 IBP의 分解는 fenitrothion과 butachlor의 添加에 의하여 거의 影響을 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5). 한편, 이 점에 대하여는 混合農藥 및 添加肥料의 種類나 添加量, 添加時期 등의 變化와 더불어 더욱 檢討되어야 하겠다.

前報[3, 4]에서도 指摘하였듯이 土壤中 IBP의 分解速度는 같은 條件일지라도 實驗項目에 따라 差異를 보였으며, 全般的으로 土壤 採取 후 短期間 保存된 土壤에서가 長期間 保管된 土壤보다 分解가 빨랐는데 이는 採取 土壤을 4~10℃에서 2년간 保管하여 使用하였던 바, 保管中 微生物의 活性이 低下되었기 때문으로 推定된다.

以上의 結果를 綜合하여 보면 本 實驗에서 設定된 條件中 IBP의 半減期가 土壤 種類의 變化나 有機物 添加에 의하여 4~6배의 큰 差異를 보였고 土壤溫度 差에서 約 3배, 그리고 水分狀態나 添加濃度에 따라 約 2배의 差異를 보였던 바, IBP의 分解는 土壤環境條件 및 農藥處理條件의 變化에 상당히 크게 影響을 받는 것으로 判斷된다.

또한, 土壤中 IBP의 分解는 重金屬添加에 의하여 현저히 低下되었으나, 室外條件에서는 本 實驗條件에서보다 월등히 빨리 分解되었는데 이 結果에 대하여는 다음 報告에서 敍述하기로 한다.

## 謝 辭

本 硏究는 86년도 韓國科學財團 硏究費로 遂行되었으며 이에 謝意를 표하며, 實驗 遂行中 많은 助言을 하여주신 全北大學校 農科大學 梁桓承 敎授님을 비롯 實驗에 積極 助力하여준 全州 紀全女子專門大學 宋明子 助敎님과 全北大學校 大學院 金閏泰君에게 깊이 感謝드립니다.

## 參 考 文 獻

1. 深見順一, 上杉康彦, 石塚晧造, 富澤長次郎：農藥實驗法(4), ソフトサイエソス社 東京, p. 177 (1983)
2. 福永一夫：農藥, 白亞新房, 東京 (1981)
3. 文永熙, 李王休, 梁桓承：韓國雜草學會誌, 10(1), (印刷中) (1990)
4. 文永熙：韓國環境農學會誌, 9(1), (投稿中) (1990)
5. Mikami, N., Sakata, S., Yamada, H. and Miyamoto, J. : J. Pesticide Sci., 10 : 491 (1985)
6. Ishkawa, K., Nakamura, Y. and Kuwatsuka, S. : J. Pesticide Sci., 1 : 49 (1976)
7. Tomizawa, C., Uesugi, Y., Ueyama, I. and Yamamoto, H. : J. Environ, Sci. Health, Bull, (3) : 231 (1976)
8. 日本化學會：化學總說, No. 2, 化學出版センター, 東京, p. 57 (1973)
9. Kaufman, D.D. and Edward, D.F. : Pesticide Chemistry, 4, ed. by Miyamoto. J. and Karney, P.C., Pergamaon Press, Oxford, p. 17 (1983)
10. Guenzi, W.D. : Pesticide in soil and water, Soil Sci. Am., New York, p. 133, 562 (1977)
11. Hill, I.R. and Wright, S.J.L. : Pesticide microbiology, Academic Press, London, p. 1, 844 (1978)
12. Duah-Yentumi, S. and Kuwatsuka, S. : Soil Sci. Plant Nutr., 28(1) : 19 (1982)
13. 吳秉烈, 梁桓承：韓國雜草學會誌, 4(2) : 154 (1984)
14. 土壤微生物硏究會：土の微生物, 養賢堂, 東京 (1981)
15. 川口桂三郎：土壤學槪論, 養賢堂, 東京 p. 233 (1979)
16. 鈴塚昭三：土壤の吸着現象, 日本土壤肥料學會編, 博友社, 東京, p. 129 (1981)
17. Osgerby, J.M. : Pesticide Sci., 4 : 247 (1973)
18. 梁桓承, 文永熙, 金洛應：韓國環境農學會誌, 7 : 8, 14 (1988)
19. 朴昌奎, 諸年太：韓國環境農學會誌, 2 : 65 (1983)
20. Hurle, K. and Walker, A. : Interactions betwen herbicide and the soil, ed. by Hance, R.J., Academic Press, London, p. 83 (1980)
21. Avidov. E., Aharonson, N., Katan, J., Rubin, B. and Yaden, O. : Weed Sci., 33 : 457 (1985)

---

## Effect of soil environmental conditions on the degradation rate of the fungicide IBP in flooded soils

Young-Hee Moon (Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea)

**Abstract** : The effects of soil environmental conditions on the rate of degradation of fungicide IBP (Iprobenfos, *S*-benzyl *O*, *O*-diisopropyl phosphorothioate) in the soils under flooded condintions were examined in the laboratory. IBP in soil was degraded more slowly under flooded conditions than under upland conditions. The degradation greatly varied among soils, and the degradation rate was negatively correlated with the content of soil organic matter. Degradation of IBP was influenced by the soil temperature and the amount of IBP applied. The rate of degradation in soil was remarkably inhibited by the amendment of rice straw but not affected by the treatment of mixed-fertilizer, and insecticide fenitrothion and herbicide butachlor. The degradation of IBP was assumed to be due to microorganisms, especially aerobic microbes, as no degradation was observed in sterilized soil.