

# 土壤中 除草劑分解에 미치는 水分, 有機物, 石灰의 影響

吳秉烈\*·梁桓承\*\*

## Effect of Water, Organic Matter, and Lime on Degradation of Herbicide in Soil

Oh, Byung-Youl\* and Hwan-Seung Ryang\*\*

### ABSTRACT

The persistence of butachlor and nitrofen in different soil conditions applied organic matter, lime, and other pesticides was studied under submerged and field moisture capacity. Degradation of the herbicides in soil was significantly retarded by autoclaving the soil and half-life of nitrofen was much longer than that of butachlor under this condition. Submerging the soil enhanced degradation of the herbicides, in particular that of nitrofen. On the other hand, half-life of nitrofen under field moisture capacity was twice longer than that of butachlor. Increased amendment of rice straw to the soil shortened the half-life of nitrofen under submerged soil, however it prolonged that of butachlor when the amendment was exceeded 1000kg/10a level. Liming the soil stimulated herbicide decomposition in the soil, which appears to be pH independent. Butachlor degradation in submerged soil was slightly stimulated by simultaneous application of fungicides and insecticides, but nitrofen persistence was not influenced.

*Key words: herbicide degradation, soil moisture, lime, organic matter.*

### 緒 言

作物保護를 위하여 撒布되는 農藥은 蒸發揮散과 飛散에 의하여 그 일부가 使用地點으로부터 移脫되나 대부분은 土壤에 投入된다. 作物體에 附着된 農藥도 降雨에 의하여 約 30%가 土壤으로 流入되며<sup>17)</sup> 粒劑農藥은 撒布量의 거의 全量이 土壤에 落下됨으로서 土壤은 모든 農藥의 分解場所가 되고 있다.<sup>23)</sup>

土壤中에서의 農藥의 行動은 複雜多樣하여 溫度<sup>15, 43, 44)</sup>, 水分<sup>44)</sup>, 光<sup>8, 18)</sup>, 土壤種類와 條件<sup>29, 35, 36)</sup>, pH<sup>4, 5, 12, 16, 26, 41)</sup>, 微生物<sup>19, 20, 21)</sup>, 植生<sup>37)</sup> 등의 環境要因은 물론 農藥의 種類와 撒布方法, 撒布量, 撒布時期<sup>6, 7)</sup> 등에 따라서도 行動樣相이 相違하므로 各 農藥에

對한 自然界에서의 行動을 明確히 把握하는 것은 農藥使用에 隨伴되는 環境汚染의 豫防策으로서 重要視되어 왔다. 特히 土壤에 直接投與되어 殺草效果를 나타내는 發芽前 土壤處理型 除草劑는 環境汚染誘發憂慮 對像이 되어 各種藥劑의 土壤殘留性이 여러가지 要因과 結付하여 研究되어 왔다. 除草劑의 土壤殘留성은 殺草力의 持續性 및 後作物에 미치는 影響 때문에 除草劑의 效果增進과 藥害回避面에서 더욱 重視되고 있다.

Beestman 과 Deming<sup>3)</sup>은 acetamide系 除草劑는 土壤中 分解速度는 Propachlor > Alachlor > Butachlor의 順이며 殺菌土壤에서는 分解가 緩慢한 點에서 이들 除草劑는 주로 土壤 微生物에 의해 分解됨을 밝힌 바 있으며 Chen 과 Wu<sup>10)</sup>로 非殺菌土壤에

\* 農藥研究所, \*\* 全北大學校 農科大學

\* Agricultural Chemicals Research Institute, ORD, Suweon 170, \*\* College of Agriculture, Jeonbug National University, Jeonju 520, Korea.

서는 殺菌土壤에서 보다 Butachlor 의 分解速度가 3 倍 程度임을 報告하였다.

한편, 除草劑의 土壤中 分解는 水分條件에 따라 달라서 Niki 等<sup>30)</sup>은 diphenyl ether 系 除草劑는 湛水狀態가 乾狀態보다 分解가 迅速하며 이들의 分解는 微生物的, 化學的 作用에 依하여 일어남을 報告한 바 있다. 反面 Benthocarb 는 湛水狀態에서는 圃場容水量水準의 水分條件에서 보다 分解가 緩慢하여 還元狀態에서 安全한 藥劑로 밝혀진 바 있다.<sup>29)</sup>

有機物의 種類와 施用量<sup>10)</sup>, 石灰施用에 依한 土壤酸度의 變化<sup>2, 39)</sup>, 他藥劑와의 混用<sup>22)</sup>에 따라서도 土壤中 除草劑의 行動과 分解樣相이 다르게 나타난다.

本報에서는 水稻作에서 一般化되어 있는 有機物施用과 石灰添加에 따른 土壤中 除草劑의 分解樣相을 把握하기 爲해서 室內에서 土壤條件을 달리하여 遂行한 試驗結果를 報告코저 한다.

### 材料 및 方法

本 試驗에 使用한 除草劑는 Butachlor (2-Chloro-2', 6'-diethyl-N-butoxymethyl acetanilide) 標準品(99.8%, Monsanto Co.)과 Nitrofen (2,4-Dichlorophenyl-p-nitrophenylether) 標準品(99.5%, Rhom & Haas Co.)을 使用하였으며 土壤의 理化學的 性質은 表 1과 같다. 有機物 給源으로서는

벗짚과 버그루티기를 熱風乾燥後(60℃) 粉碎하여 2 mm 節目을 通過한 것을 使用하였다. 벗짚은 全炭素 40.4%, C/N率 50.5 이었고 버그루티기는 全炭素 31.3%, C/N率 52.2 이었다. 石灰는 特級用 Ca(OH)<sub>2</sub> (Kanto Chemical 製品)를 使用하였다. 殺蟲劑로는 Diazinon (0,0-Diethyl 0-2-isopropyl-6-methyl pyrimidine-4-yl phosphorothioate) 標準品(99.5%, Ciba-Geigy AG)과 Carbofuran (2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methyl carbamate) 標準品(99.9%, FMC Corp.) 을, 殺菌劑로는 IBP (S-Benzyl 0,0-diisopropyl phosphorothioate) 標準品과 Isoprothiolane (Diisopropyl 1,3-dithiolan-2-ylidene malonate) 標準品(99.5%, Nihon Nohyaku Co.)을 使用하였다.

調製된 有機物을 1,000 kg/10a 水準으로 土壤과 잘 混合하고 混合土壤試料 20g을 直徑 3cm, 길이 20cm의 試驗管에 取한 다음 Butachlor 와 Nitrofen 標準品을 殘留分析用 ethylacetate 에 溶解시켜 試驗管當 200 μg씩 處理하였다. 藥劑處理한 土壤은 窒素가스를 通過시키면서 ethylacetate 를 揮散시켰다. 土壤水分은 最大容水量의 60%인 乾狀態와 表土로부터 水位가 2cm인 湛水狀態로 調節하였다. 試驗期間中 水分維持는 7日에 1回씩 蒸發에 依하여 消失된 量을 添加하여 調節하였다. 벗짚 施用水準別 土壤中 Butachlor 의 分解程度를 調査하기 위

Table 1. Physico-chemical properties of soil used.

Soil	Particle size distribution (%)			pH (1:5)	Org. matter (%)	Exch. Ca (meq/100h)	Avail. SiO <sub>2</sub> (ppm)	Cation Ex. Cap. (meq/100g)
	Sand	Silt	Clay					
Sandy loam	2-0.02	0.02-0.002	<0.002mm	5.4	0.93	3.5	62	10.3

하여 粉碎된 벗짚을 100, 200, 300, 500, 1000 kg/10a 水準으로 添加한 後 藥劑를 處理하고 水分을 調節하였다. 有機物施用水準別 土壤의 Butachlor 吸着量을 調査하기 爲해서 벗짚을 1,000, 3,000, 5,000 kg/10a 水準으로 土壤에 添加, 混合土壤 5g을 試驗管에 取하고 20ppm의 Butachlor 水溶液을 加하여 30分間 振盪하였다. 遠心分離機에서 3,000 rpm으로 10分間 土壤粒자를 分離시킨 後 上澄液을 取하여 n-hexane 으로 Butachlor 을 抽出하고 前報<sup>33)</sup>에서와 같은 條件의 GLC-ECD로 分析하여 吸着量을 逆算하였다.

石灰施用은 土壤 中和量과 中和量의 2배에 相當하는 Ca(OH)<sub>2</sub>를 土壤 100g當 各各 37mg과 74mg씩 混和한 後 試驗管에 넣어 앞에서와 같은 方法으로 水分을 調節하고 吸着量을 調査하였다.

土壤殺菌은 150℃에서 1時間동안 乾熱殺菌한 試驗管에 各 處理의 土壤을 20g씩 넣고 棉全한 後 120℃에서 15分間 2日 間隔으로 3回 殺菌하였다. 最終殺菌後 無菌狀態를 確認하고 除草劑를 處理하였다.

殺菌劑 및 殺蟲劑와의 同時處理는 調製土壤試料 20g을 試驗管에 取하고 表土로부터 2cm의 湛水條

件으로 25℃에서 7日間 前處理한 後 各 農藥을 acetone에 溶解하여 乾燥土壤當 除草劑 20 ppm, 殺菌劑 50 ppm, 殺蟲劑 10 ppm이 되도록 試驗管에 處理하였다.

除草劑 殘留量은 藥劑處理後 3, 7, 15, 30日에 土壤試料를 300 ml erlenmeyer flask에 옮기고 殘留分析用 acetone 150 ml를 加하여 1時間동안 振盪하였다. 振盪液은 Buchner funnel上的 celite層을 通過시켜 吸引濾過하고 殘查土壤을 acetone으로 洗滌한 後 濾液을 混合하여 40℃의 減壓濃縮器(Buchi Rotavapor R 110)로 acetone을 溜去시켰다. 濃縮液은 250 ml의 水液濾斗에 옮겨 飽和 NaCl 溶液 10 ml와 50 ml의 殘留分析用 n-hexane을 加하여 2回 抽出하고 n-hexane層을 無水 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 脫水시킨 後 40℃에서 減壓濃縮시켰다. 濃縮液은 gas liquid chromatograph로 分析할 수 있는 適正濃度로 n-hexane을 添加, 稀釋하여 2.0 μl씩 注入, 分析하였다. 上記 分析法에 依한 土壤中 回收率은 10 ppm 處理水準에서 Butachlor는 98%, Nitrofen은 97%이었으며 column temperature 230℃에서의 retention time은 各各 2.8분과 3.4分이었다.

## 結果 및 考察

### 1. 有機物給源과 水分的 影響

添加有機物의 種類와 水分條件에 따른 土壤中 Butachlor와 Nitrofen의 分解는 表 2에서와 같이 first order kinetic에 準하였으며 土壤處理와 關係없이 分解誘導期(lag period)는 存在하지 않는 것으로 나타났다.

Butachlor는 土壤水分, 有機物施用에 따라 殘留期間에 큰 差異가 없었으나 Nitrofen은 灌水處理에 依한 嫌氣狀態에서 分解가 促進되어 半減期가 1/2以下로 短縮되었다. 이 結果는 CNP(2, 4, 6-Trichlorophenyl-P-Nitrophenylether)의 土壤中 半減期가 還元狀態에서는 酸化狀態의 1/3로 短縮된다는 Oyamada等<sup>35)</sup>의 報告와 같은 傾向을 보인 것이라 하겠다. Diphenylether系 除草劑는 分子內의 NO<sub>2</sub>가 還元狀態에서 NH<sub>2</sub>基로 迅速히 還元되어 殺草力이 喪失되며 이와 같은 現象은 Fluorodifen, Chloroxuron, Bifenox, Chlormethoxynil에서도 確認된 바 있다.<sup>24)</sup>

灌水에 依한 Nitrofen의 分解는 有機物의 添加로 促進되어 無處理의 灌水狀態에서 半減期가 31.4日

인데 反하여 벼짚添加는 26.4日, 벼그루터기의 添加는 27.8日로 4~5日이 短縮되었다. 添加有機物의 種類에 따라 Nitrofen의 分解速度가 多少 差異가 있는 것은 農藥의 土壤中 分解要因이 主로 微生物에 의한 것<sup>14)</sup>이고 土壤微生物의 活性은 有機物의 成分組成에 크게 左右되므로<sup>36)</sup> C/N率이 낮은 벼짚이 微生物의 活性增進에 有利하게 作用한 것으로 보인다. 또한 Diphenylether系 除草劑의 土壤中 分解는 還元狀態에 따라 그 分解程度가 다르고<sup>24)</sup> 灌水還元條件에서 分解期間이 短縮되는 것은 除草劑의 分解過程에서 含鹽素化合物의 脫鹽素, Diphenylether系에서 NO<sub>2</sub>의 NH<sub>2</sub>로의 還元 등에 基因되는 境遇가 많은 것으로 미루어 棲息微生物의 種類 및 量의 差異에서 오는 分解能의 優劣에 由來된 것으로 생각된다.

Butachlor의 分解에 미치는 土壤水分條件 및 有機物添加의 影響은 Nitrofen에 比하여 輕微하였다. 即, Butachlor의 半減期는 灌水狀態에서 밭狀態에 比해 3~6日이 短縮되었을 뿐이다. 水分條件에 따라 Butachlor의 分解速度에 多少 差異가 있었던 것은 밭狀態에서는 土壤粒子나 有機物에 吸着되는 量이 灌水는狀態에서 보다 많아서 生物的 또는 非生物的 分解를 받게 되는 土壤溶液中 主成分의 濃度가 낮았기 때문인 것으로 생각된다. 또한 灌水條件에서 有機物을 添加한 것은 Butachlor의 半減期를 4~7日 短縮시켰고 灌水狀態에서의 有機物의 分解促進效果가 더 큼을 보였다. 一般적으로 土壤中 有機物含量은 微生物의 活力과 正比例 關係가 있고 農藥의 分解遲延效果가 있는 吸着能과도 正의 相關關係가 있으므로 有機物의 添加에 依한 土壤中 農藥의 分解速度를 研究할 때는 結果의 解析에 細心한 注意가 必要하다.<sup>34)</sup>

砂壤土에 벼짚의 施用水準을 100, 200, 300, 500, 1,000 kg/10 a水準으로 添加하고 灌水狀態에서 Butachlor의 半減期를 調査한 結果 그림 1에서와 같이 施用量의 增加에 따라 土壤中 半減期가 短縮되어 分解가 促進되었으나 土壤中 Butachlor의 吸着量 또한 벼짚添加水準의 增加와 더불어 比例하는 것으로 보아(그림 2) 供試土壤의 境遇, 1,000 kg/10 a의 벼짚施用水準에서도 吸着에 의한 分解抑制效果 보다는 微生物의 活力增進에 따른 分解促進效果가 크게 作用한 것 같다. 有機物給源의 種類에 따른 分解促進效果를 보면 벼짚이 벼그루터기에 比하여 더욱 크게 나타났는데 이는 材料間의 成分組織差異에

**Table 2.** Degradation of butachlor and nitrofen in sandy loam soil as affected by water content, organic matter amendment and sterilization.

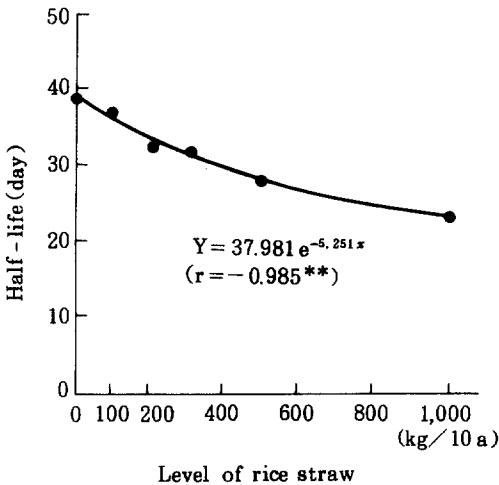
Herbicide	Water content	Organic <sup>b</sup> matter	Nonautoclaved soil			Autoclaved soil		
			-r <sup>c</sup>	k <sup>c</sup>	Half-life <sup>c</sup>	-r <sup>c</sup>	k <sup>c</sup>	Half-life <sup>c</sup>
			(x 10 <sup>3</sup> day <sup>-1</sup> )			(x 10 <sup>3</sup> day <sup>-1</sup> )		
			(day)			(day)		
Butachlor	60% MWHC <sup>a</sup>	None	0.993	7.91 d <sup>d</sup>	38.3	0.970	1.61 b <sup>d</sup>	185.3
		Rice straw	0.998	8.83 cd	34.2	0.969	1.72 b	181.0
		Rice stump	0.999	8.43 c	35.2	0.962	1.67 b	183.0
	Submerged	None	0.995	8.43 c	35.7	0.966	1.95 a	158.6
		Rice straw	0.952	10.61 b	28.5	0.970	1.76 b	180.5
		Rice stump	0.969	10.12 b	30.5	0.958	1.43 c	210.1
Nitrofen	60% MWHC <sup>a</sup>	None	0.975	2.86 fg	78.5	0.983	0.76 ef	396.3
		Rice straw	0.986	4.03 ef	75.4	0.979	0.71 f	426.0
		Rice stump	0.979	3.97 f	76.3	0.997	0.85 e	355.8
	Submerged	None	0.972	9.60 b	31.4	0.944	0.86 de	350.9
		Rice straw	0.988	11.50 a	26.2	0.965	0.85 e	354.0
		Rice stump	0.986	10.81 b	27.8	0.990	0.83 e	364.1

a MWHC : Maximum water holding capacity

b Pulverized organic matter passed through 2 mm mesh was amended at the rate of 1000 kg/10a.

c Correlation coefficient(-r), degradation rate constant(k), and half-life were obtained from linear regression of log herbicide concentration(ppm) in soil with time.

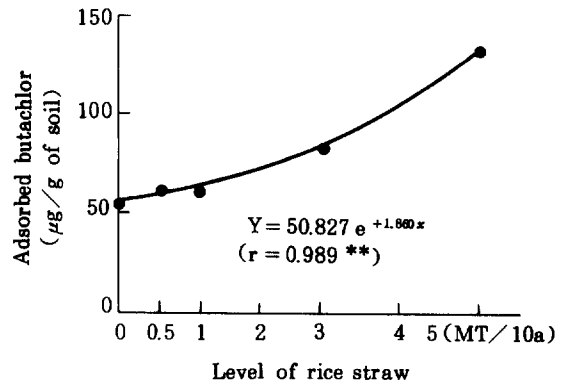
d Means within columns followed by same letter do not differ significantly at the 5% level using Duncan's multiple range test.



**Fig. 1.** Effect of rice straw ammendment on the half-life of butachlor in submerged sandy loam soil.

의하여 Nitrofen의境遇와 같이 炭素와 窒素의 含量이 높은 肥料添加에서 微生物의 活力이 旺盛하였던데 基因한 것으로 推定된다.

圃場容水量에서의 半減期는 Nitrofen이 75~78日인데 反하여 Butachlor는 34~38日로 Nitrofen



**Fig. 2.** Effect of rice straw ammendment on the adsorbed amount of butachlor in submerged sandy loam soil.

의 残留期間이 2倍程度 길었으며, 微生物의 活動이 排除된 無菌狀態에서도 同一한 傾向을 보였다. 이 結果는 前述한 바와 같이 Nitrofen이 化學的 構造特性으로 보아 濕水狀態에서는 還元에 의하여 amino誘導體로의 轉換이 迅速하나 好氣的인 條件에서는 安全하고, 化學的 分解의 主된 經路나 할 수 있는 分分解速度를 보면 Butachlor는 紫外線(254mm)下에서의 半減期가 1.5時間<sup>7)</sup>이나, Nitrofen은 日

光下에서 1週後에도 處理量의 35%가 殘存<sup>29)</sup> 하여 Nitrofen은 Butachlor에 比하여 光分解에 對하여 安全함이 報告된 바 있다. 또한 물에 對한 溶解度面에서도 Butachlor는 23ppm(24℃)<sup>32)</sup> 이나, Nitrofen은 1ppm(25℃)<sup>32)</sup> 으로서 Nitrofen은 물에 難溶性 化合物이며 土壤에의 吸着이 強한 藥劑<sup>23)</sup> 이므로 非生物的 分解인 光, 蒸發에 의한 藥劑의 消失에 安全하여 圃場容水量의 土壤水分條件 및 無菌狀態에서 分解가 緩慢하게 일어난 것으로 思料된다.

土壤의 殺菌處理는 除草劑의 分解를 顯著히 低下시켜 土壤中에서의 除草劑分解는 주로 微生物에 의하여 일어난을 알 수 있었으며 특히 湛水下 無菌狀態에서의 Nitrofen 半減期는 非殺菌土壤에서 보다 10倍 이상으로 길었다. 無菌狀態의 湛水條件에서 有機物의 添加는 오히려 除草劑의 分解를 遲延시켰는데 이는 有機物에 의한 藥劑의 吸着이 光分解나 水蒸氣와의 共蒸留를 抑制하였기 때문으로 생각된다.

## 2. 石灰施用 效果

土壤에 施用하는 石灰가 除草劑의 分解에 미치는 影響을 究明하고자 水分條件을 달리하고 中和量, 中和量 2倍量의 Ca(OH)<sub>2</sub>를 添加한 土壤에서의 Buta-

chlor와 Nitrofen의 分解樣相을 調査한 結果는 表 3과 같다. 本試驗에서도 有機物添加效果에서와 같이 Butachlor는 湛水에 의한 土壤中 分解效果가 輕微한 反面, Nitrofen은 湛水處理로 半減期가 圃場容水量에 比하여 약 1/2로 短縮되었으며 2藥劑 모두 石灰施用에 의하여 分解가 多少 促進되는 傾向을 보였다. 石灰施用에 의한 土壤中 除草劑의 輕微한 分解促進效果는 無菌狀態에서 石灰施用水準別 土壤殘留期間에 一定한 傾向이 없었던 點으로 미루어 非殺菌土壤에서의 石灰效果는 單純한 土壤酸度의 變化와는 無關한 것으로 생각된다.

石灰施用에 따른 除草劑의 土壤中 分解促進 效果가 土壤 pH의 變化에 基因되는 것인지를 明確히 하기 위하여 McIlvaine's citric acid-phosphate buffer 溶液을 使用하여 pH 4, 5, 6, 7, 8에서 處理 30日後의 Butachlor와 Nitrofen 分解率을 調査한 바 酸度와 藥劑의 分解는 關係가 없음이 判明되었다(그림 3).

Chen 등<sup>9)</sup>도 緩衝溶液을 利用하여 pH 1에서 pH 10까지의 相違한 酸度에서 Butachlor의 經時的 分解를 調査한 바 있으나 pH와 Butachlor의 安定性 間에는 關係가 없음을 報告하였다. 그러나 本試驗에 있어 藥劑處理 30日後의 非殺菌土壤의 pH와 除

**Table 3.** Degradation of butachlor and nitrofen in sandy loam soil as affected by water content, lime amendment and sterilization.

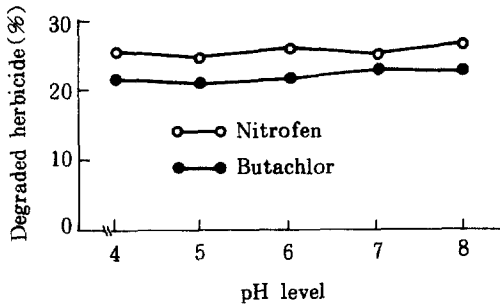
Herbicide	Water content	Level of <sup>b</sup> liming	Nonautoclaved soil			Autoclaved soil		
			-r <sup>c</sup>	k <sup>c</sup>	Half-life <sup>c</sup>	-r <sup>c</sup>	k <sup>c</sup>	Half-life <sup>c</sup>
			(x 10 <sup>3</sup> .day <sup>-1</sup> )			(x 10 <sup>3</sup> .day <sup>-1</sup> )		
			(day)			(day)		
Butachlor	60% MWHC <sup>a</sup>	None	0.993	7.85 c <sup>d</sup>	38.3	0.993	1.63 c <sup>d</sup>	185.4
		L-1	0.997	8.98 b	33.5	0.980	1.60 c	188.4
		L-2	0.993	8.84 b	34.1	0.997	1.75 d	172.0
	Submerged	None	0.992	8.58 c	35.1	0.964	1.80 a	167.6
		L-1	0.996	9.15 b	32.9	0.981	1.66 c	181.0
		L-2	0.997	9.11 b	33.0	0.971	1.73 b	173.9
Nitrofen	60% MWHC <sup>a</sup>	None	0.962	3.82 f	78.9	0.986	0.78 f	386.5
		L-1	0.957	4.04 f	74.4	0.995	0.72 g	417.5
		L-2	0.948	5.82 de	51.7	0.997	0.80 f	378.4
	Submerged	None	0.977	9.36 b	32.1	0.996	0.90 e	336.3
		L-1	0.976	10.53 a	28.6	0.982	0.88 e	340.9
		L-2	0.966	10.30 a	29.4	0.944	0.91 de	332.7

a MWHC : Maximum water holding capacity.

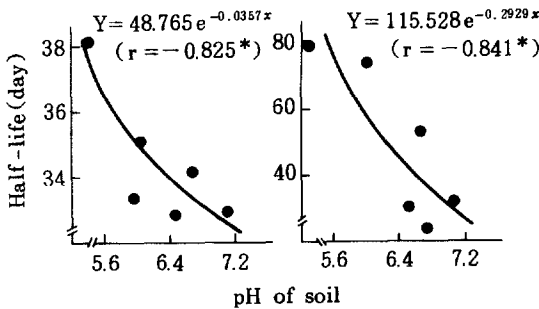
b L-1 and L-2 : Equivalent and twice amounts of Ca(OH)<sub>2</sub> for neutralizing the soil.

c Correlation coefficient (-r), degradation constant(k), and half-life were obtained from linear regression of log herbicide concentration(ppm) in soil with time.

d Means within columns followed by same letter do not differ significantly at the 5% using Duncan's multiple range test.



**Fig. 3.** Effect of pH on the degradation of herbicides. Residual herbicides were determined 30 days after incubation at 25°C in McIlaine's citric-phosphate buffer at 10 ppm level.



**Fig. 4.** Relation between soil pH and half-lives of herbicides in sandy loam soil. Soil pH(1:5) was measured 30 days after Ca(OH)<sub>2</sub> application to the soil.

草劑의 半減期間에는 負의 相關이 있어 Butachlor와 Nitrofen 모두 土壤 pH의 增加와 더불어 半減期가 短縮되었다(그림 4).

한편 石灰施用에 따른 土壤의 除草劑 吸着量을 調査하였던 바 施用量의 增加에 따라 除草劑의 吸着量은 減少하는 結果(表 4)를 얻었다. 土壤膠質과 腐植에 의한 除草劑의 吸着이 土壤酸度의 增加에 따라 減少하는 것은 Simazine<sup>45)</sup>, Atrazine<sup>28)</sup>, Metribuzine<sup>25, 26)</sup> 등에서도 밝혀진 바 있고 石灰施用과 除草劑의 作物에 對한 藥害가 增加하는 境遇도 多數의 藥劑와 作物에서 報告된 바 있다.<sup>1, 27, 39)</sup> 따라서 石灰施用은 土壤膠質이 Ca<sup>++</sup> 이온으로 飽和되므로서 除草劑의 吸着力이 低下하여 土壤溶液中 除草劑 溶存量이 增加하므로서 植物에 對한 除草劑의 反應이 높게 나타나고 土壤中에서의 生物, 無生物的인 分解가 容易한 것으로 判斷된다. 그러나, Corbin과

**Table 4.** Effect of liming on the adsorption of herbicides in sandy loam soil.

Herbicide	Level of liming (mg/kg of soil)	Adsorbed amount (μg/g of soil)
Butachlor	None	49.8 ± 1.2 <sup>b)</sup>
	370 <sup>a)</sup>	39.6 ± 1.4
	740	38.4 ± 1.3
Nitrofen	None	60.2 ± 2.1
	370	52.3 ± 1.8
	740	53.4 ± 1.6

<sup>a</sup> Equivalent amount of Ca(OH)<sub>2</sub> for neutralizing the soil.

<sup>b</sup> Standard error.

Upchurch<sup>11)</sup>는 生物檢定으로 2,4-D의 除草力 喪失은 pH 5.3에서 最大임을 報告한 反面 Smith<sup>42)</sup>는 pH 7~7.4에서 2,4-D의 分解가 가장 迅速함을 報告한 바 있다. 또한 Savage<sup>40)</sup>는 250個 圃場의 土壤을 調査하여 土壤 pH가 낮은 境遇 Nitralin과 Trifluralin의 殘留量이 높음을 發見하여 Nitralin은 pH 6.8보다 4.8에서 殘留期間이 길다고 하였으나 Eiker<sup>13)</sup>가 Bensulide, Nitralin, Trifluralin의 分解는 pH의 增加로 緩慢해 진다고 報告한 事實과는 相反되는 結果이다. 以上の 結果들을 綜合하여 볼 때 土壤 pH와 除草劑의 分解와의 關係는 同一 藥劑의 境遇라 할지라도 使用한 土壤의 種類에 따라 相違한 分解樣相으로 나타나고 土壤 pH變化에 따른 土壤의 理化學的 性質과 微生物相의 差異<sup>16)</sup>가 土壤中 除草劑 行動에 큰 影響을 미치는 것으로 보인다.

**3. 殺菌劑와 殺蟲劑의 混用に 의한 除草劑의 分解**  
殺菌劑와 殺蟲劑를 同時に 處理한 土壤에서의 除草劑 分解樣相을 調査하기 위하여 澆水狀態로 7日間 保存한 土壤에 殺菌劑인 IBP와 Isoprothiolane을 50 ppm, 殺蟲劑인 Diazinon과 Carbofuran을 10 ppm씩 20 ppm의 除草劑와 各各 混用處理하여 試驗한 結果는 表 5와 같다. Butachlor는 殺菌劑 및 殺蟲劑와의 混用に 의하여 單用の 境遇보다 土壤中 分解가 多少 促進되는 傾向이었고 특히, 殺菌劑와의 混용으로 그 效果가 增進되었으나, Nitrofen은 殺菌劑나 殺蟲劑에 의한 土壤中 半減期는 큰 變動이 없었다. 全體의인 除草劑의 半減期는 有機物, 水分, 石灰施用效果試驗에서의 半減期보다 크게 減少하였는데 이는 藥劑處理時期的 相違에서 基因되

**Table 5.** Effect of insecticides and fungicides simultaneously applied with herbicides on the degradation of herbicides in submerged sandy loam soil.

Combination	Butachlor			Nitrofen		
	-r	k ( $\times 10^2, \text{day}^{-1}$ )	Half-life (day)	-r	k ( $\times 10^2, \text{day}^{-1}$ )	Half-life (day)
None	0.985	3.59	19.3	0.928	8.16	8.7
Diazinon (D)	0.984	3.82	18.2	0.980	8.26	8.4
Carbofuran (C)	0.994	4.20	16.5	0.982	8.68	8.0
IBP (I)	0.991	4.13	16.8	0.971	8.26	8.5
Isoprothiolane (F)	0.993	4.02	17.3	0.984	8.36	8.3
D+I	0.992	4.33	16.0	0.973	8.52	8.2
D+F	0.983	3.96	17.5	0.941	8.17	8.6
C+I	0.996	4.08	17.0	0.897	8.26	8.5
C+F	0.994	3.86	18.0	0.951	8.26	8.4

• Concentration of pesticides applied to the soil was herbicide 20ppm, insecticide 10ppm, and fungicide 50ppm on the basis of dry weight of soil.

• Submerged soil was incubated for 7 days at 25°C. prior to application of pesticides.

었다. 即, 風乾土壤에 藥劑를 處理한 後의 土壤水分의 調節은 處理된 藥劑의 大部分이 土壤에 吸着되어 生物的, 化學的 分解가 沮害되므로서 그 分解速度가 遲延되나 藥劑處理前에 土壤水分을 調節하여 一定期間의 培養期間을 維持하면 土壤의 生物的條件이 平衡狀態에 到達된 後에 藥劑가 處理되므로 7日間의 培養期間을 거친 混用試驗에서의 半減期가 짧았던 것으로 보인다. 殺菌劑와의 混用に 依한 Butachlor의 分解促進効果는 殺菌劑에 의하여 土壤中 微生物의 相的 均衡에 變化를 일으켜 特定 微生物의 量的增加가 急増되었던데 基因하는 것으로 推定된다.

以上的 Butachlor 와 Nitrofen 의 여러 土壤條件下에서의 殘留樣相을 考慮할 때 이들 除草劑의 殘留에 의한 後作物에의 藥害는 問題視되지 않을 것으로 보이며 殺菌劑 및 殺蟲劑와의 供存에 依한 除草劑의 行動에도 큰 影響이 없어 混用 또는 近接撒布도 無妨할 것으로 判斷되었다.

### 摘 要

有機物の 種類와 添加水準, 石灰施用水準, 水分, 殺菌劑 및 殺蟲劑와의 混用に 依한 Butachlor 와 Nitrofen 의 土壤中 分解樣相을 究明하기 위하여 室內試驗을 實施하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 土壤의 殺菌處理는 除草劑의 分解를 顯著히 沮害하였고 無菌狀態下에서의 Nitrofen 半減期는 Butachlor 보다 길었다.

2. 土壤의 湛水處理는 圃場容水量狀態에서 보다 除草劑의 分解效果가 컸으며 特히 Nitrofen의 分解에 미치는 湛水의 效果는 顯著하였다. 圃場容水量條件下에서의 Nitrofen 半減期는 Butachlor 보다 2倍 程度 길었다.

3. 有機物給源으로서 벗짚은 버그루터기에 比하여 土壤中 除草劑 分解促進效果가 높았으나 벗짚添加水準이 1,000 kg/10a 를 上廻할 때 土壤中 Butachlor 分解는 遲延되었다.

4. 石灰施用은 土壤中 除草劑의 分解를 促進하였으나 pH와의 直接的인 關係는 없었다.

5. 殺菌劑 및 殺蟲劑와의 混用に 依한 湛水土壤中 Butachlor의 半減期는 單用に 比하여 短縮되는 傾向이었으나 Nitrofen 은 影響이 없었다.

### 引 用 文 獻

1. Abernathy, J. R. and J. M. Davidson. 1971. Effect of calcium hydroxide on prometryne and fluometuron adsorption in soil. Weed Sci. 19:518-521.
2. Anon, J. 1975. Liming improves herbicide action of triazines. Crops and Soils 23:27.
3. Beestman, G. B. and J. M. Deming. 1974. Dissipation of acetanilide herbicides from soil. Agronomy J. 66:308-311.
4. Best, J. A. and J. B. Weber. 1974. Disappearance of s-triazine as affected by soil pH using

- a balance-sheet approach. *Weed Sci.* 22:364-373.
5. Best, J. A., J. B. Weber, and T. J. Monaco. 1975. Influence of soil pH on s-triazine availability to plant. *Weed Sci.* 23:378-382.
  6. Buchholtz, K. P. 1965. Factors influencing oat injury from triazine residues in soil. *Weeds* 13:362-367.
  7. Burnside, O. C., C. R. Fenster, R. A. Wicks, and J. V. Drew (1969) Effect of soil and climate on herbicide dissipation. *Weeds* 17:241-245.
  8. Chen, Y. L. C. C. Chen. 1978. Photodecomposition of a herbicide, butachlor. *J. Pesticide Sci.* 3:143-148.
  9. \_\_\_\_\_ and J. S. Chen. 1979. Degradation and dissipation of herbicide butachlor in paddy fields. *J. Pesticide Sci.* 4:431-438.
  10. \_\_\_\_\_ and T. C. Wu. 1978. Degradation of butachlor by soil microbes. *J. Pesticide Sci.* 3:411-417.
  11. Corbin, F. T. and R. P. Upchurch. 1967. Influence of pH on detoxification of herbicides in soil. *Weeds*. 15:37-377.
  12. Corgin, F. T., R. P. Upchurch and F. L. Selman. 1971. Influence of pH on the phytotoxicity of herbicides in soil. *Weed Sci.* 19:233-239.
  13. Eiker, W. M. 1974. Diss. Abstr. *Int. Bull.* 34:4762.
  14. Guenzi, W. D. 1974. Pesticides in soil and water. p315-337. *Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, Wisconsin.*
  15. Hargrove, R. S. and M. G. Merkle. 1971. The loss of alachlor from soil. *Weed Sci.* 19:652-654.
  16. Hance, R. J. 1979. Effect of pH on the degradation of artazine dichloprop, linuron, and propyzamide in soil. *Pesticide Sci.* 10:83-86.
  17. Hindin, E. and P. J. Bennett. 1970. Occurrence of pesticides in aquatic environments. Part I; Insecticide distribution on agricultural plant. *Wash. State Univ. Tech. Ext Service, Pullman.*
  18. Ishikawa, K., T. Nakamura Y. Niki and S. Kuwatsuka. 1977. Photodecomposition of benthocarb herbicide. *J. Pesticide Sci.* 2:17-25.
  19. Kaufman, D. D. 1977. Biodegradation and persistence of several acetanilide, acylanilide, azide, carbamate, and organophosphate pesticide combinations. *Soil Biol. Biochem.* 9:49-57.
  20. \_\_\_\_\_ and J. Black. 1975. Microbial degradation of several aetamide, acylanilide, carbamate, toluidine and urea pesticides *Soil Biol. Biochem.* 5:297-308.
  21. \_\_\_\_\_. 1975. Degradation of pesticides by soil microorganisms. In *Pesticides in Soil and Water*, ed. W. D. Guenzi p.133-202.
  22. Kaufman, D. D., J. Blake and D. E. Miller. 1971. Methylcarbamate affect acylanilide herbicide residues in soil. *J. Agr. Food Chem.* 19:204-206.
  23. 鉢塚昭三, 1973. 除草剤の土壌における残留と消長, *植物防波*. 29:13-19.
  24. Kuwatsuka, S. 1977. Studies on the fate and behavior of herbicides in soil and plant. *J. Pesticide Sci.* 2:201-213.
  25. Ladline, J. S. and W. F. Meggit. 1972. The relationship between soil pH and Metribuzin activity. *Proc. N. Cent. Weed Control Conf.* 27:51.
  26. \_\_\_\_\_ and D. Penner. 1976. Effect of pH on metribuzin activity in the soil. *Weed Sci.* 24:504-507.
  27. Leefe, J. S. 1968. Effect of soil pH on the phytotoxicity of simazine to strawberries. *Can. J. Pl. Sci.* 48:424-425.
  28. Mackercher, R. B. and W. R. McGregor. 1980. Triallate phytotoxicity and nitrogen fertilization. *Weed Sci.* 23:182-184.
  29. Nakagawa, M. and D. J. Grosby. 1974. Photodecomposition of nitrofen. *J. Agr. Food Chem.* 22:849-853.
  30. Nakamura, Y., K. Ishikawa and S. Kuwatsuka. 1979. Degradation of benthocarb in soil as affected by soil condition. *J. Pesticide Sci.* 2:7-16.
  31. Niki, Y. and S. Kuwatsuka. 1976. Degradation of chlormethoxyyl (X-52) in soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 22:233-245.
  32. 日本雑草學會誌, 1980. 除草剤解説(1). *雑草研究*



33. 吳秉烈, 梁恒承, 慎鏞華. 1984. Butachlor와 珪酸質肥料의 水稻에 對한 相互作用. 韓雜草誌 4(1) : 52-61.
34. Osgerby, J. M. 1973. Processes affecting herbicide action in soil. *Pesticide Sci.* 4:247-258.
35. Oyamada, M. and S. Kuwatsuka. 1979. Degradation of bifenox, a diphenylether herbicide, methyl 5-(2, 4-dichlorophenoxy)-2-nitrobenzoate, in soils. *J. Pesticide Sci.* 3:401-410.
36. \_\_\_\_\_. 1979. Degradation of CNP, a diphenyleter herbicide, in flooded soil under oxidative and reductive conditions. *J. Pesticide Sci.* 4:157-163.
37. Pestemer, W., L. Stadler and B. Eckert. 1980. Availability to plants of herbicide residue in soil. Part II Data for use in vegetative crop rotations. *Weed Res.* 20:349-353.
38. Rajaram, K. P. and N. Sethunathan. 1975. Effect of organic sources on the degradation of parathion in flooded alluvial soil. *Soil. Sci.* 113:296-300.
39. Richardson, W. G. and J. D. Banting. 1977. The phytotoxicity of various herbicide in two sandy loam soils and the effect of liming. *Weed Res.* 17:203-217.
40. Savage, E. K. 1973. Nitratin and trifuralin persistence in soil. *Weed Sci.* 21:285-288.
41. Slack, C. H., R. L. Blevins and C. E. Reich. 1978. Effect of soil pH and tillage on persistence of simazine. *Weed Sci.* 25:145-148.
42. Smith, A. E. 1972. Influence of calcium hydroxide and sulfur on 2, 4-D degradation in soil. *Soil Sci.* 133:36-41.
43. Smith, A. G. and D. R. Cullimore. 1975. Microbiological degradation of the herbicide dicamba in moist soils at different temperatures. *Weed Res.* 15:59-62.
44. Usoroh, N. J. 1974. The effect of temperature and water content on the rate of decomposition of the herbicide linuron in soil. *Weed Res.* 14:19-21.
45. Weber, J. B. 1970. Mechanisms of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability. *Residue Reviews* 32:93-130.