

農藥이 湛水土壤중 微生物相 變化에 끼치는 影響

韓成洙* · 金成朝* · 白承和* · 崔孝正**

Effect of Pesticides on Change of Soil Microflora in Flooded Paddy Soil

Seong-Soo Han*, Seong-Jo Kim*, Seung-Hwa Baek*, and Hyo-Jung Choi**

Abstract

This study was conducted to estimate influences of pesticides such as carbofuran [2,3-dihydro-2,2-dimethyl-benzofuran-7-yl methyl carbamate] as an insecticide, and pyrazolate [4-(2,4-dichlorobenzoyl)-1,3-dimethyl-5-pyrazolyl-1,3-dimethyl-5-pyrazolyl-p-toluensulfonate], pyrazolate + pretilachlor [2-chlor-2,6-diethyl-N-(n-propoxyethyl) acetanilid] as herbicides on change in numbers of soil microorganisms and pH in planted and unplanted flooded rice paddy soils.

The results of weekly investigated change of pH and populations of total bacteria, gram negative bacteria, anaerobic bacteria and fungi after treatments of pesticides were as follows :

The change of pH in rice-planted soil gradually decreased in a matter of weeks after treatment with pesticide and the pH increased again from the sixth week, but no change of pH could be observed in nonplanted soil.

The total number of bacteria in the treated plots were slightly less than in the control plot, and the numbers decreased with increasing application rates of pesticides. But the microbial population increased in a matter of days after treatment with pesticide.

Number of the gram negative bacteria until the sixth week after treatment of pesticide were fewer than control. The number in the carbofuran-treated plot decreased after a weeks after treatment, but numbers in plots treated with pyrazolate and pyrazolate + pretilachlor increased.

The number of anaerobic bacteria in the treated plots were few by comparison with the untreated control, but the number increased after a weeks after treatment with pesticides.

The populations of fungi in the carbofuran-treated plot were similar by comparison with the untreated control. The populations in the plots treated with pyrazolate and pyrazolate + pretilachlor decreased in 4 to 5 weeks with increase of application rate, but afterwards increased.

緒 論

農業生産에 있어서 農藥은 必須資材로써 그 需要는 每年 繼續的으로 增加一路에 있으며¹⁾ 이는

土壤 및 植物體中の 農藥 殘留量을 增加시키는 原因이 되고 있고 生態界의 構成 및 數에 變化를 가져오는 原因이 되고 있다^{2,3,4,5)}. 이들 農藥의 使用은 土壤微生物의 數 및 種類와도 密接한 關係가 있어서

* 원광대학교 농과대학(College of Agriculture, Wonkwang University Iri, Korea 570-749)

** 원광대학교 교육대학원(Graduate of Education, Wonkwang University Iri, Korea 570-749)

除草劑 또는 殺蟲劑의 使用은 微生物의 種類를 變換시키는 結果가 되어 植物의 營養 循環과 植物成 長의 主要 決定因子가 되는 土壤微生物의 機能을 輕減시키는 것으로 알려져 있다⁶⁾. Bollen과 Chandra 등은 除草劑 使用이 土壤微生物의 活性에 影響을 끼쳐서 窒酸化作用 및 窒素固定作用을 選擇的으로 抑制하였다는 報告를 하였고^{7,8,21)}, 除草劑의 使用으로 土壤中 微生物의 數 또한 減少된다고 하였다⁹⁾. 다른 研究者들에 의하면 이와같은 雜草防除效果는 土壤中에 有機物の 試用量을 減少시키는 結果가 된다고 하였다¹⁰⁾.

土壤微生物의 數는 有機物の 添加에 의한 土壤의 物理的 性質의 改善 및 利用 가능한 炭素 및 窒素源의 供給을 통하여 매우 增加하게 된다고 하였다^{11,12,13)}. 그러나 化學肥料 또는 農藥을 獎勵濃度로 使用하면 微生物의 長期的인 增殖 및 活性에는 거의 影響이 없다고 하였다^{10,14,15)}.

이러한 農藥들이 農耕地에 使用된 以後의 自然 環境에서 分解되는 經路를 보면 光分解, 化學的 分解, 生物學的 分解 등으로 나눌 수 있고, 이중에서도 微生物相과 農藥分解와의 關係는 生態界 構成을 左右할 만큼 중요하다¹⁶⁾. 土壤中에 存在하는 微生物은 細菌, 곰팡이, 방선균등 여러가지가 있는 것으로 알려져 있는데 그중에서도 농약의 분해에 주로 관여하는 것으로 세균과 곰팡이류가 있다. 이들이 農藥을 分解시키는 機作으로는 酸化反應(hydroxylation dealkylation, ester結合의 分解, aromatic ring의 酸化, β-oxidation, epoxidation, sulfoxidation) 還元反應, 加水分解 反應, dehalogenation등이 있고, 農藥處理가 土壤中 微生物相의 變化를 가져오는 結果가 되어 이와같은 微生物의 作用機作들에 影響을 미치고 있는 것으로 알려져 있다^{17,18)}.

本 研究는 農藥의 使用이 土壤中 微生物相의 變化에 끼치는 影響을 究明하기 위하여 湛水土壤 狀

態下에 水稻를 移秧한 境遇와 移秧하지 않은 狀態의 pot에 國內에서 使用되고 있는 殺蟲劑 carbofuran과 除草劑 pyrazolate, pyrazolate+pretilachlor합제를 處理하여 土壤의 pH 變化, 總 細菌數, 嫌氣性菌, 絲狀菌등의 數를 調査 分析한 結果를 報告하는 바 이다.

材料 및 方法

實驗 材料

1) 供試 土壤

本 實驗에 供試된 土壤은 圓光大學校 農科大學 農化學科 實驗實習畝의 논 토양으로서 風乾시켜 2 mm체를 통과한 것을 使用하였으며 그 理化學的 性質은 表 1과 같다.

2) 供試 農藥

供試된 農藥은 殺蟲劑인 carbofuran 3EC, 除草劑인 pyrazolate 10G, pyrazolate+pretilachlor 6+1.5G 합제등으로서 市販用을 購入하여 供試하였으며 그 理化學的 性質은 表 2와 같다.

3) 供試 水稻 品種

移秧區의 供試 水稻 品種은 밀양 23號였으며 35日間 生育시킨 移秧箱子苗를 使用하였다.

4) 供試 pot

市販 플라스틱 pot(表面積 : 620cm², 높이 : 20cm)를 使用하여 上記한 風乾 土壤을 pot當 10kg씩 채워 使用하였다.

2. 實驗 方法

1) 藥劑 處理

3日前 湛水한 pot에 有效 成分量으로 carbofuran은 乾土 g당 1μg, 10μg, 20μg, pyrazolate는 2.7μg, 27μg, 54μg, pyrazolate+pretilachlor(6 : 1.5) 합제는 2μg, 20μg, 40μg이 되도록 各各 處理하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of soil used

Texture	Particle size distribution (%)			pH O.M (1:5)	Av.Pv.P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable Cat.(me/100g)			CEC (me/100g)	
	sand	silt	clay			Ca	Mg	K		
Silty xlay loam	19.1	45.4	35.5	6.3	0.8	13	3.7	1.8	0.26	7.06

Table 2. Physico-chemical properties of pesticides treated

Common/trade name	Chemical name	Solubility Use
Carbofuran/Furadan	2,3-Dihydro-2,2-dimethyl-benzofuran-7-yl methyl carbamate	water(25°C) 700ppm I ^a
Pyrazolate/Sanbird	4-(2,4-dichlorobenzoyl)-3-dimethyl-5-pyrazolyl-p-toluensulfonate	water(25°C) 0.5ppm H ^b
Pretilachlor/Solnet, Rifit	2-chloro-2,5-diethyl-N-(n-propoxyethyl) acetanilide	water(25°C) 50ppm H

a : Insecticide, b : Herbicide

2) 微 生 物 의 培 養 및 計 數

濕潤土壤을 乾土量으로 換算하여 10g씩 取하고 生理食鹽水(0.85% NaCl)을 가해, 100ml로 한 後 1 時間 振蕩한 土壤溶液을 使用하여 희석평판법으로 細菌은 Waksman's egg albumin agar¹⁹⁾ (Dextrose 1g, K₂HPO₄ 0.5g, MgSO₄ · 7H₂O 0.2g, FeSO₄ · 7H₂O trace, Egg albumin 0.25g, Agar 15g/l, pH 6.8), gram negative bacteria는 egg albumin agar에 crystal violet 100mg을 가하고, 嫌氣性菌은 egg albumin agar 대신 0.2% 되게 sodium thioglycolate를 가하여 28°C±1에서 3日間 培養하였고 絲狀菌은 Martin's rosebengal agar²⁰⁾ (Dextrose 10g, K₂HPO₄ 1g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5

g, Pepton 5g, Rosebengal 0.033g, agar 15g/l)를 使用하여 28°C±1에서 1週日間 培養한 後 生成된 集락수를 세어 菌數로 하였다.

3) pH 測定

供試 土壤의 pH는 pH meter를 利用하여 土壤에 5배량 중류수를 가하여 均一化 시킨 後 測定하였고 湛水土壤 pH는 pot에 電極을 直接 插入하여 測定 하였다.

3. 統 計 處 理

水稻 移秧區와 非移秧區間의 pH變化, 細菌 및 絲狀菌數의 差異를 t-test하였다.

Table 3. Changes of pH(1 : 5) in flooded paddy soils after treatment of pesticides at transplanted and nontransplanted rice.

Chemical	Conc. (µg/g)	pH in planted soils						pH in non-planted soils					
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	1W	2W	3W	4W	5W	6W*
Control	0	6.44	6.29	6.25	6.14	6.11	6.28	6.35	6.28	6.32	6.38	6.41	6.39
	1	6.24	6.37	6.28	6.14	6.14	6.27	6.33	6.27	6.32	6.34	6.36	6.39
	10	6.45	6.44	6.31	6.41	6.40	6.34	6.21	6.27	6.24	6.37	6.43	6.40
	20	6.37	6.30	6.14	6.14	6.16	6.20	6.15	6.20	6.35	6.38	6.38	6.34
Pyrazolate	2.7	6.30	6.27	6.21	6.15	6.07	6.17	6.38	6.49	6.25	6.26	6.27	6.23
	27	6.48	6.37	6.24	6.29	6.15	6.27	6.45	6.59	6.45	6.48	6.50	6.53
	54	6.25	6.38	6.45	6.45	6.46	6.74	6.28	6.45	6.40	6.42	6.43	6.54
Pyrazolate + pretilachlor	2	6.11	6.22	6.22	6.10	6.07	6.16	6.35	6.34	6.11	6.09	6.07	6.12
	20	6.16	6.10	6.08	6.10	6.12	6.27	6.40	6.40	6.37	6.37	6.37	6.37
	40	6.15	6.21	6.33	6.36	6.39	6.41	6.34	6.48	6.22	6.23	6.23	6.23

* : W=Weeks

結果 및 考察

1. 農藥 處理에 의한 土壤中 pH의 變化

水稻를 移秧한 區와 水稻를 移秧하지 않은 區에서 湛水狀態下에서 殺蟲劑 및 除草劑를 處理한 後의 經時적 pH 變化를 보면 表 3과 같다.

水稻를 移秧한 無處理區에서는 시간이 經過함에 따라 pH가 漸次 減少되어 移秧 5주째에 最低 pH를 나타냈고, 6주째가 되면서 2주째의 pH와 비슷하게 上昇하였다. 그러나 水稻를 移秧하지 않은 對照區에서는 시간의 經過와 關係없이 이와 같은 pH變動이 거의 나타나지 않았다. 農藥處理에 따른 pH變化에서 藥劑의 種類에 關係없이 獎勵濃度의 處理結果는 carbofuran 非移秧區의 例外와 非移秧區가 移秧區에 비해 보다 둔한 減少 現像을 보인점은 있으나 對照區의 pH變化와 같은 傾向의 結果를 나타냈는데 이 傾向은 移秧區와 pyrazolate + pretilachlor 합제를 獎勵濃度로 處理한 非移秧區에서 뚜렷하였다.

藥劑 處理濃度を 獎勵濃度の 10배, 20배로 增量

處理했을 때의 pH의 經時적 變化는 carbofuran 處理區의 10배 濃度處理 移秧區의 例外는 있었으나 移秧 및 非移秧區別로 濃度增量과 關係없이 각각의 對照區와 비슷한 傾向의 pH를 나타냈고, pyrazolate 10배 處理 역시 對照區와 비슷한 傾向을 나타내고 있으나 勸奨濃度에서의 變化보다 둔하였으며 20배 處理濃度 水準에서는 오히려 pH가 上昇하는 趨勢여서 移秧區 6주째에서는 1주째 보다 0.5 정도 pH를 上昇시키는 結果가 되었다. 또한, 移秧區에서의 pyrazolate + pretilachlor 합제 處理는 處理濃度 增加가 pH의 最低值 到達時期를 빨라지게 하는 傾向이 있어서 10배 處理時에는 3주째에, 20배 增量處理時는 1주째에 最低 pH를 나타냈다. 그러나 非移秧區 境遇는 處理藥劑의 增加가 pH의 經時적 變化에 影響을 미치지 못하였다.

2. 總 細菌數에 끼치는 農藥의 影響

農藥 處理에 의한 湛水 土壤中의 總 細菌水의 變化를 經時적으로 調査한 結果는 表 4와 같다.

Table 4. Total populations of bacteria as influenced by pesticides in flooded paddy soil at transplanted or nontransplanted rice.

Chemicals	Conc (µg/g)	Number in planted soil						Number in non-planted soil					
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	1W	2W	3W	4W	5W	6W*
..... × 10 ⁷													
Control	0	28.4	21.4	22.0	28.0	29.5	31.4	29.9	28.7	26.9	28.2	29.3	32.4
	1	22.8	22.3	19.8	27.3	27.0	30.7	24.3	24.1	26.0	28.0	28.1	31.3
Carbofuran	10	21.1	20.5	10.4	23.2	26.7	30.6	22.1	21.5	21.2	28.0	28.0	30.1
	20	19.9	20.5	18.9	22.3	24.1	29.9	15.5	16.7	16.5	22.2	23.7	28.5
Pyrazolate	2.7	24.0	18.4	20.6	26.3	28.9	30.3	27.2	25.8	26.1	27.5	28.0	31.3
	27	22.8	18.4	19.0	22.0	26.7	29.8	24.4	22.7	25.0	26.2	27.2	28.3
	54	20.9	13.1	18.3	21.8	25.1	28.4	22.8	21.5	24.3	25.5	26.8	27.3
Pyrazolate + pretilachlor	2	17.4	16.3	19.6	23.5	27.8	29.3	21.8	18.7	23.7	25.3	25.2	26.5
	20	14.4	15.1	18.9	21.2	22.7	24.1	19.9	16.2	21.3	25.1	25.8	28.8
	40	11.8	14.7	17.1	19.4	20.5	21.9	18.4	15.5	20.1	24.8	24.7	25.5

* : W=Weeks

農藥 無處理 移秧區 및 非移秧區의 湛水 土壤中 總 細菌水는 3.0 × 10⁸ 前後로 湛水 2주 또는 3주째에 減少하였다가 다시 增加하는 微生物의 相을 나타

내고 있었으며, 水稻를 移秧하지 않은 條件에서 微生物의 數가 水稻 移秧區에서 보다 全般的으로 若干 높은 水準으로 나타났다. 또한, 農藥處理는 微生物

相에 影響을 끼쳐서 對照區에 비하여 總 細菌數의 減少原因이 되었고⁹⁾, 이러한 微生物의 繁殖 抑制作用은 處理藥劑의 濃度水準이 增加함에 따라 더욱 커져서 對照區에 비하여 carbofuran은 勸獎濃度の 20배 處理로 水稻 移秧區에서 2/3, 非移秧區에서 1/2까지 微生物의 數가 減少되는 것으로 나타났으며, pyrazolate는 20배 處理로 移秧區 및 非移秧區 모두에서 2/3까지, pyrazolate+pretilachlor 합제 處理는 水稻 移秧區에서 약 1/3, 非移秧區 1/2水準까지 總 微生物의 數가 減少되는 것으로 나타났다.

農藥의 種類差異에 따른 微生物의 數 變化는 이들의 活性程度를 나타내는 것으로 볼 수 있는데 殺蟲劑인 carbofuran은 水稻 移秧區의 勸獎濃度, 10배 및 20배 濃度處理區와 非移秧區의 20배 處理區에서 3주째에 微生物의 活性을 가장 크게 抑制하는 作用을 나타냈는데, 이는 발토양에 대해 總 細菌의 數가 6-10일에서 가장 심하게 抑制된 것을 報告한 김등²²⁾의 研究結果와 比較해 볼 때 還元條件인 湛水土壤에서는 農藥處理에 의한 微生物의 活性抑制가 漸進적으로 일어나고 있음을 示唆하는 것으로 思料된다. 또한 除草劑에 의한 總 細菌數의 抑制結果를 보면 pyrazolate 單劑 處理는 2주째에, pyrazolate+pretilachlor 合劑 處理는 處理直後부터 이들 細菌의 活動을 가장 크게 抑制시켰고, 農藥의 處理濃도에 의한 抑制程度는 carbofuran에서 勸獎濃度の 10배 처리의 3주째에 例外的인 境遇는 있었으나 藥劑의 處理濃도가 勸獎濃度の 10배, 20배로 높아짐에 따라 微生物의 活性이 減少되는 結果를 가져왔다.

Pyrazolate+pretilachlor 合劑의 境遇가 微生物의 活性을 抑制시키는 作用이 가장 높았는데 이 傾向은 非移秧區에서 보다 水稻栽培 狀態에서 더욱 뚜렷하게 잘 나타났다. 이를 經時적 變化로 볼 때 總 細菌數는 湛水 後 가장 抑制作用이 컸던 週日이 지나면 時間이 經過함에 따라 總 細菌은 增加하고 있었고^{5,21,22)}, 藥劑의 種類에 關係없이 處理濃도가 10배, 20배로 增加할 수록 土壤중에서 微生物들이 馴應하는 시간이 길어지고 있었다.

한편, 水稻栽培 有無에 따른 藥劑處理後의 土壤중 總 細菌의 數를 處理濃도에 關係없이 藥劑別 平均으로 본 結果는 그림 1과 같다.

水稻 移秧 또는 非移秧區 모두 對照區가 農藥處

理에 비하여 가장 높은 總 細菌數의 分布를 나타냈고, 藥劑別로는 pyrazolate+pretilachlor의 除草劑 合劑處理區가 水稻栽培 有無에 關係없이 微生物의 繁殖을 가장 크게 抑制시켰고, 殺蟲劑인 carbofuran의 境遇는 다음으로 큰 抑制力을 나타냈는데 이 傾向은 水稻 非移秧區에서 보다 뚜렷하였고, 移秧區에서는 그 傾向이 一定치 않았으며 經過週日數가 3주째에는 오히려 除草劑 合劑區보다도 細菌繁殖 抑制力이 크게 나타나는 特徵을 보였다. 또한 6주 동안의 細菌數 分布 變化를 보면 水稻栽培 狀態에서는 初期의 細菌繁殖活動이 抑制되고 있으나 6週 末末에는 그 分布 程度가 非移秧區의 分布와 비슷하였다.

3. Gram negative bacteria(GNB)에 끼치는 農藥의 影響

土壤處理 農藥의 種類, 濃度 및 水稻栽培 有無 등에 의한 Gram negative bacteria(GNB) 數 變化를 보면 表 5와 같다.

對照區에서의 水稻 移秧의 與否는 水稻를 移秧하지 않은 區에서 水稻를 移秧한 區보다 높은 GNB 數 分布를 나타내었고, 이의 分布 變化를 보면 水稻 移秧 또는 非移秧區 모두 湛水 2주째 뚜렷한 GNB의 數 減少即, 各 對照區의 약 6.0×10^7 의 1/2水準으로 되었다가 시간이 經過함에 따라 漸次 若干씩 增加되는 趨勢였으나 6주째에도 湛水 直後의 水準에는 到達하지 못하였다. 또한 農藥의 處理는 GNB의 分布를 크게 變化시키고 있어서 對照區 分布 數와 比較할 때 carbofuran處理는 湛水 및 藥劑處理 3주째에 水稻 移秧區에서 最低 1/5까지, 非移秧區에서 亦是 3주째에 最低 약 1/3까지 減少시켰고, 이들의 週日 經過에 따른 變化를 보면 移秧區에서는 對照區의 1/2水準을, 非移秧區에서는 對照區의 약 2/3水準을 維持하는 微生物의 數를 나타내고 있었다. 除草劑 單劑處理 pyrazolate와 合劑인 pyrazolate+pretilachlor 處理는 處理 直後의 GNB의 減少가 심하여 1주째에 最低值를 각각 나타냈고, 移秧區에서 單劑 勸獎濃度 處理는 對照區에 대하여 1/3, 勸獎濃度の 10배 處理는 1/4, 20배 處理는 1/5水準까지 이 微生物의 數를 減少시켰으며, 非移秧區에서는 處理濃度 增加에 따라 減少하여 2/5以下水準의 GNB 分布를 나타내었다. 合劑區에서도 對照區에 비하여 移秧區 勸獎濃度 藥劑處理에 의해서

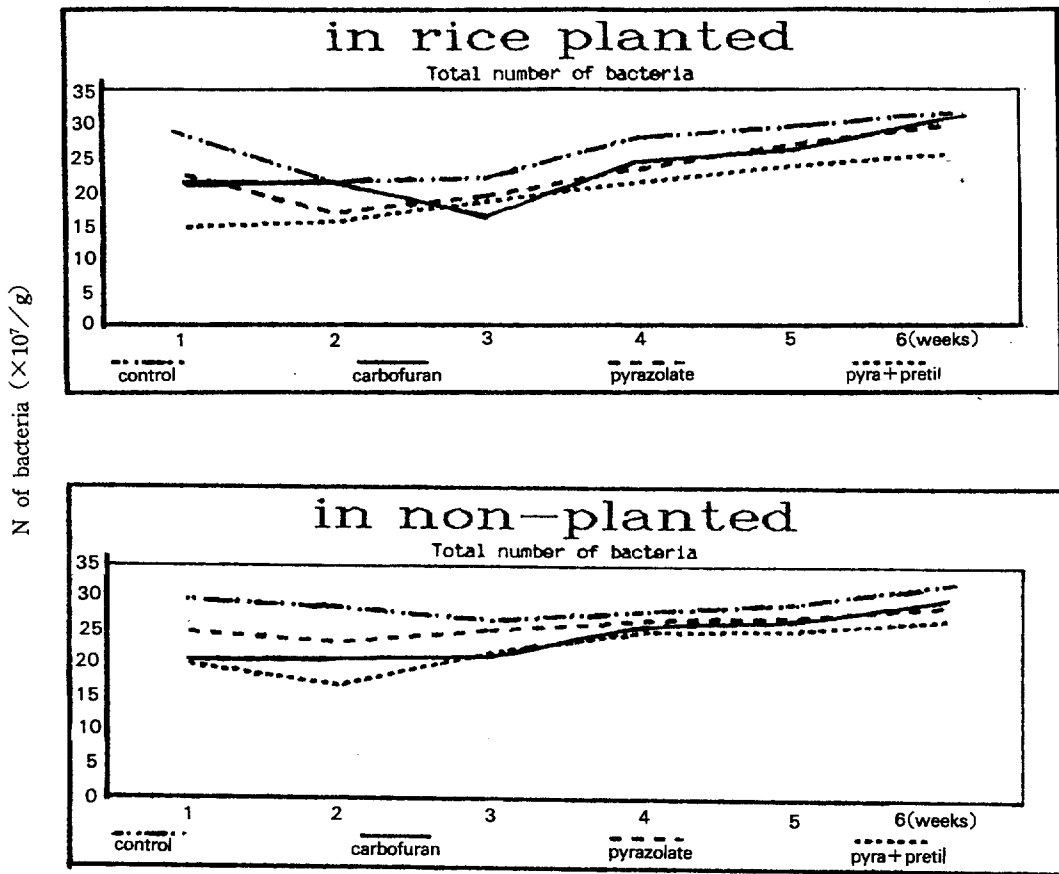


Fig. 1. Average number of bacteria as influenced by pesticides applied in paddy soil of rice transplantation or nontransplantation.

1/4, 勸奨濃度의 10배 處理區에서는 약 1/5, 20배 處理에서는 1/6 水準으로 GNB의 數를 가장 심하게 減少시키는 微生物 活動抑制效果가 있었고, 非移秧 pot에서 이 合劑의 藥劑濃度別 GNB 분포는 對照區의 1/5~2/7의 水準이었다.

處理農藥의 種類에 따른 處理期間 동안의 GNB 數의 經時적 變化를 藥劑處理 濃度間의 平均值로 나타낸 結果는 그림 2와 같다.

對照區 및 carbofuran 處理區에서 GNB 數가 2주 째에 각각 最低值를 나타내면서도 그 後의 增加程 度가 아주 緩慢한 狀態의 變化를 보였는데 除草劑 pyrazolate 單劑處理 및 pyrazolate + pretilachlor 合劑 處理에서는 GNB의 活性에 대하여 初期의 심한 抑制

現象을 보였으나 이 微生物의 活性이 暫次 增加되 어서 移秧區에서는 2주후 부터, 非移秧區에서는 3 주후 부터 殺蟲劑인 carbofuran 處理區 보다도 높은 이 細菌의 數 分布를 나타냈다. 結局 GNB의 活性 抑制作用은 殺蟲劑 carbofuran이 除草劑 單劑 또는 合劑處理 境遇보다 더 큰 것으로 나타났다.

以上の 結果에서 農藥種類가 gram negative bacteria 數 變化에 미치는 全般的인 傾向은 이 微生物의 活性이 殺蟲劑 보다 除草劑에 의하여 쉽게 抑制되 었으나 除草劑에는 쉽게 馴應하는 한편 殺蟲劑에는 馴應이 어려운 것으로 생각되었다.

4. 嫌氣性 細菌에 끼치는 影響

Table 5. Populations of gram negative bacteria as influenced by pesticides in flooded paddy soil at transplanted or nontransplanted rice.

Chemicals	Conc ($\mu\text{g/g}$)	Number in planted soils						Number in non-planted soils					
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	1W	2W	3W	4W	5W	6W*
..... $\times 10^7$													
Control	0	59.3	29.4	30.4	32.5	34.1	38.1	60.9	35.8	37.1	37.0	38.2	41.2
Carbofuran	1	47.4	14.8	14.3	14.8	18.7	19.5	48.5	33.6	26.0	26.3	27.1	28.3
	10	45.3	14.4	13.2	14.5	17.3	18.8	48.0	32.9	22.0	22.1	26.3	27.5
	20	44.1	13.4	12.9	14.4	17.1	18.3	47.3	32.2	21.1	21.5	24.4	27.1
Pyrazolate	2.7	18.9	20.5	24.7	26.1	29.1	29.6	27.3	30.2	32.5	33.1	31.4	31.6
	27	15.7	17.9	22.4	26.0	27.8	28.1	25.8	29.6	30.9	31.4	30.5	30.6
	54	12.7	16.3	21.8	25.5	26.2	27.5	23.1	24.9	26.7	30.5	29.8	30.0
Pyrazolate + pretilachlor	2	15.3	18.9	20.6	21.3	22.2	28.8	17.4	22.3	28.1	27.4	30.4	30.1
	20	13.5	17.8	19.8	20.1	21.4	27.6	15.9	21.6	25.4	28.1	29.9	30.0
	40	10.3	16.3	17.9	18.6	20.4	26.8	11.8	21.3	23.9	27.3	28.2	29.1

* : W=Weeks

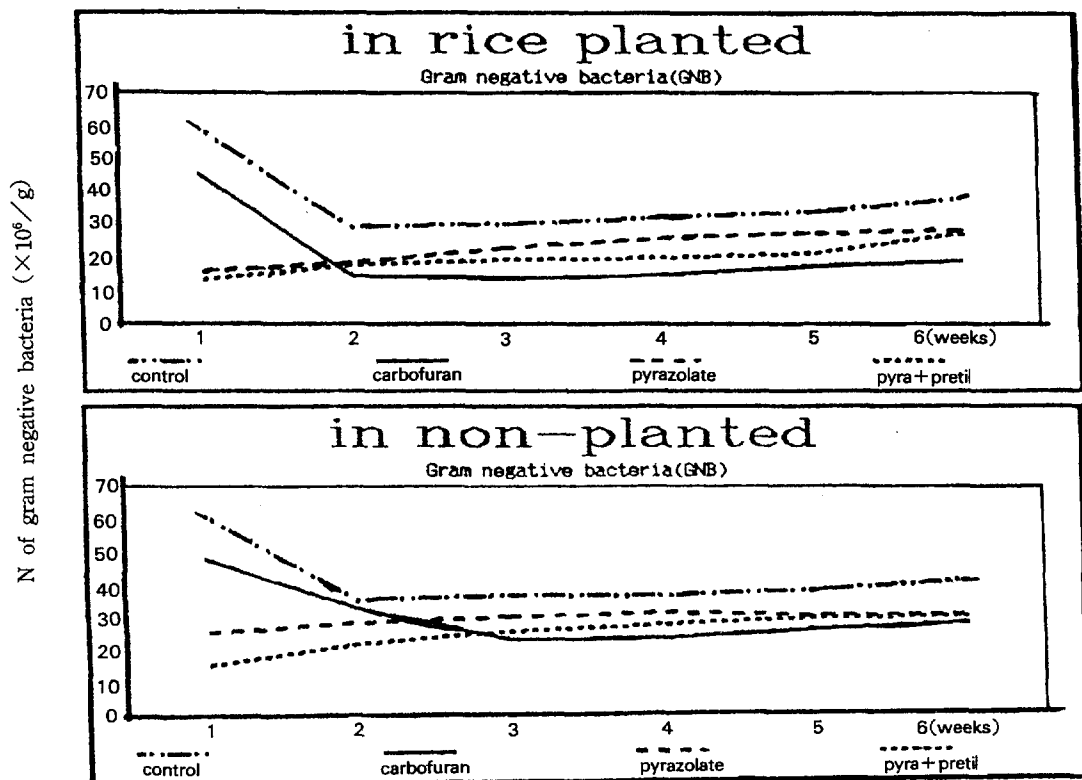


Fig. 2. Average number of gram negative bacteria as influenced by pesticides applied in paddy soil of rice transplantation or nontransplantation.

處理農藥의 種類 및 湛水狀態에서의 水稻 移秧 結果를 보면 表 6과 같다.
有無가 土壤중 嫌氣性 細菌의 分布變化에 끼치는

Table 6. Populations of anaerobic bacteria as influenced by pesticides in flooded paddy soil at transplanted or nontransplanted rice.

Chemicals	Conc ($\mu\text{g/g}$)	Number in planted soils						Number in non-planted soils					
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	1W	2W	3W	4W	5W	6W*
. $\times 10^7$													
Control	0	64.3	55.6	60.0	251	370	440	31.2	30.8	34.0	167	193	231
	1	32.3	21.4	38.1	140	303	410	26.1	22.6	27.0	143	160	172
Carbofuran	10	26.8	14.6	25.0	118	176	406	25.8	19.9	15.9	136	142	169
	20	18.2	12.9	11.0	97	124	330	22.3	17.9	14.4	117	136	146
	2.7	28.4	24.3	80.0	210	260	393	27.2	28.7	40.0	140	187	212
Pyrazolate	27	26.7	24.0	70.0	208	245	357	24.1	19.1	29.0	100	162	207
	54	17.2	13.0	25.0	197	234	330	22.2	13.9	25.0	93	146	201
	2	23.2	42.5	63.2	92	129	148	21.6	10.8	28.0	84	119	140
Pyrazolate + pretilachlor	20	19.3	40.7	59.2	88	121	141	15.4	8.6	25.0	79	103	136
	40	19.1	34.7	57.2	82	119	137	14.7	2.6	20.7	71	101	120

* : W=Weeks

水稻 移秧區와 非移秧區에서의 對照區間의 分布는 總細菌의 數 및 GNB의 數 分布와는 달리 水稻 移秧狀態에서의 이들 嫌氣性菌의 活性이 큰 것으로 나타났고, 數 分布로 볼 때 非移秧區의 약 2배 水準이었다. 藥劑處理 및 處理濃度の 증가는 嫌氣性菌의 活性을 抑制시키는 作用이 뚜렷하였는데 그 程度는 除草劑 合劑處理區가 가장 높았고, 除草劑 單劑處理, 殺蟲劑 處理 順으로 낮아졌다. 그러나 本實驗에서 나타난 結果로 볼 때 嫌氣性菌의 數 變化에 미치는 要因으로 藥劑의 種類 및 處理濃度の 影響도 認定되고 있었으나, 水稻의 移秧與否와 더욱 크게 關係되고 있어서 非移秧區에서의 嫌氣性菌 活性抑制 作用이 顯著하였다. 이는 湛水나 植物體가 生育함으로써 土壤중의 溶存酸素는 漸次 減少하기 때문에 嫌氣性 細菌의 生育이 旺盛하였던 것으로 생각된다. 農藥處理의 影響은 殺蟲劑인 carbofuran보다 除草劑 pyrazolate處理에서 嫌氣性細菌의 阻害는 더욱 顯著하였다. 農藥의 濃度間에는 勸獎 處理 濃

度보다 10배 以上 處理하여도 嫌氣性 細菌의 減少 幅은 적어 總細菌에서와 같은 傾向을 보였다.

水稻栽培 有無에 따른 農藥處理後의 土壤중 嫌氣性 細菌數의 變化를 藥劑別 平均으로 나타내면 그림 3과 같다.

이들 嫌氣性 細菌數의 湛水期間중 變化는 時間이 經過됨에 따라 顯著히 增加되고 있어서 湛水期間중의 微生物의 活性이 주로 이 嫌氣性 細菌에 의해서 이루어지고 있음을 알 수 있었으며, 이는 總細菌의 數에서 水稻 移秧 狀態 또는 藥劑의 種類 및 藥劑 處理 濃度 등을 달리 하였는데도 이 嫌氣性 細菌에서와 같이 差異가 크게 나타나지 않았던 結果로 보아 이 嫌氣性 細菌의 數 增加 要因이 湛水狀態 維持에 있음을 알 수 있었고, 水稻의 非移秧區에서 移秧된 區에서 보다 嫌氣性細菌數 分布가 적었던 原因은 水稻生育으로 인하여 土壤의 還元條件이 더욱 助長되었기 때문으로 생각되었다.

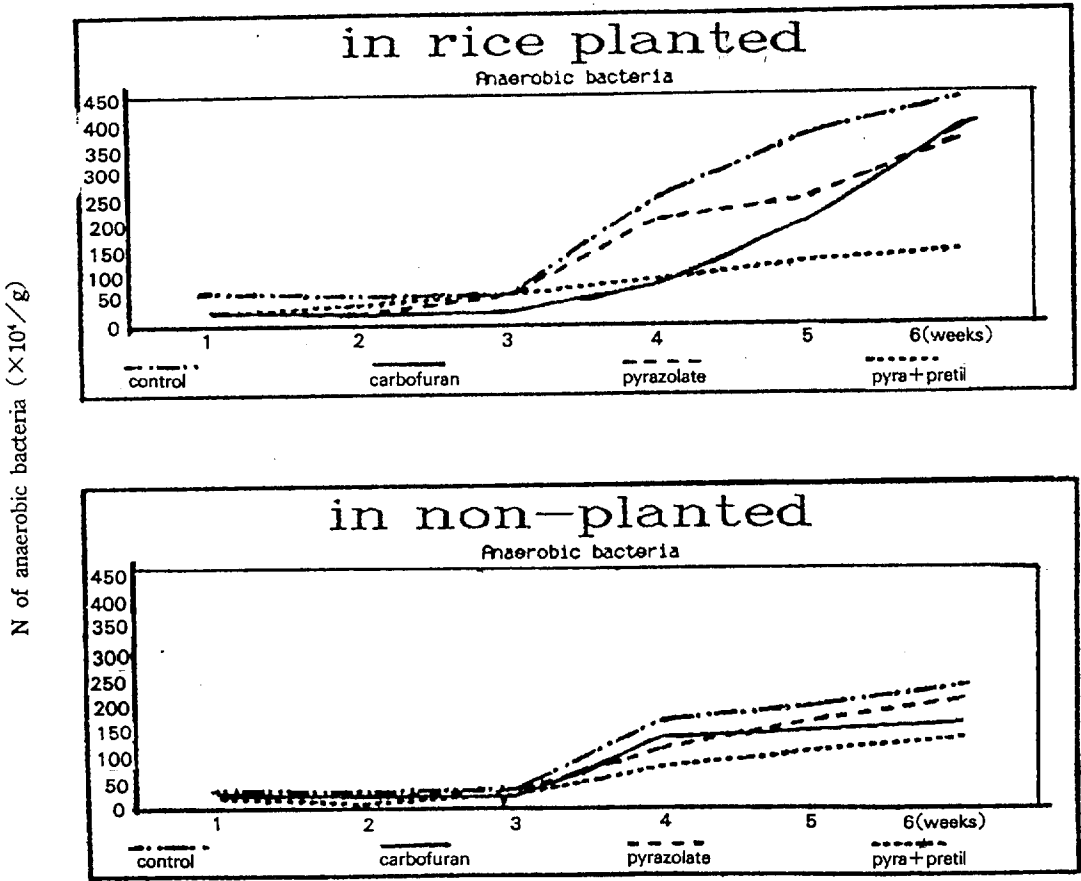


Fig. 3. Average number of anaerobic bacteria as influenced by pesticides applied in paddy soil of rice transplantation or nontransplantation.

5. 絲 狀 菌 에 끼 치 는 影 響

農藥의 處理 및 水稻 移秧 狀態가 湛水 土壤 中 絲狀菌의 分布에 미치는 要因을 分析한 結果는 表 7에 나타낸 바와 같다.

絲狀菌이 水稻栽培 試驗區에서 水稻를 栽培하지 않은 試驗區에 비하여 絲狀菌의 繁殖이 旺盛하였으며 農藥 處理後 經時적인 變化에서도 水稻 栽培區가 絲狀菌이 時間의 經過와 더불어 뚜렷하게 增加하고 있는데 비하여, 水稻를 栽培하지 않은 區에서는 絲狀菌의 增加幅이 輕微한 傾向을 나타내고 있었다. 處理農藥의 種類 및 處理 濃度의 差異에서 오는 絲狀菌의 發生數 變化는 細菌들의 境遇와는 다르게 殺蟲劑인 carbofuran을 권장농도로 處理한

水稻 栽培區에서는 對照區와 거의 같은 絲狀菌의 分布를 나타내었고 水稻를 栽培하지 않은 區에서는 對照區에서 보다도 生育이 旺盛한 數 分布를 나타냈다. 그러나 이 藥劑를 勸獎濃度의 10배, 20배 處理로 이들 絲狀菌의 活性은 심하게 抑制되는 結果를 나타냈다. 특히 除草劑에서는 對照區에 비하여 殺蟲劑 carbofuran보다 絲狀菌의 抑制作用이 크게 나타나고 있었으며, 處理濃度 增加 역시 絲狀菌의 抑制를 增加시키는 結果를 가져왔다.

한편 處理農藥의 種類別 水稻의 移秧狀態에 따른 湛水期間동안의 土壤 中 絲狀菌의 數를 藥劑別 平均으로 보면 그림 4와 같다.

水稻 移秧狀態에서의 絲狀菌의 變化를 보면 處理

Table 7. Populations of fungi as influenced by pesticides in flooded paddy soil at transplanted or nontransplanted rice.

Chemicals	Conc ($\mu\text{g}/\text{g}$)	Number in planted soils						Number in non-planted soils					
		1W	2W	3W	4W	5W	6W	1W	2W	3W	4W	5W	6W*
	 $\times 10^7$											
Control	0	23.5	24.5	30.0	145	115	170	8.0	30.0	20.0	60.0	43.0	48.0
	1	32.5	39.2	28.1	137	119	184	31.5	46.5	30.1	56.5	52.8	54.8
	10	21.8	31.8	19.9	134	111	169	18.9	20.6	19.8	39.5	39.1	43.3
	20	19.3	24.7	17.3	129	105	130	15.8	12.9	19.6	37.9	35.6	38.9
Pyrazolate	2.7	25.3	19.9	29.9	86	88	199	17.0	30.0	22.5	68.1	30.5	42.4
	27	24.7	15.8	28.2	75	83	149	14.1	25.2	18.0	35.4	15.1	18.6
	54	23.9	14.3	26.8	66	71	104	11.6	23.0	17.5	35.1	14.3	16.7
Pyrazolate + pretilachlor	2	23.7	39.7	28.1	50	55	137	14.3	26.9	28.6	60.4	28.8	36.8
	20	21.4	23.2	26.3	49	72	88	7.4	19.5	22.1	50.3	15.3	12.5
	40	20.5	18.8	25.7	39	41	86	7.2	18.2	19.8	48.5	13.8	10.8

* : W=Weeks

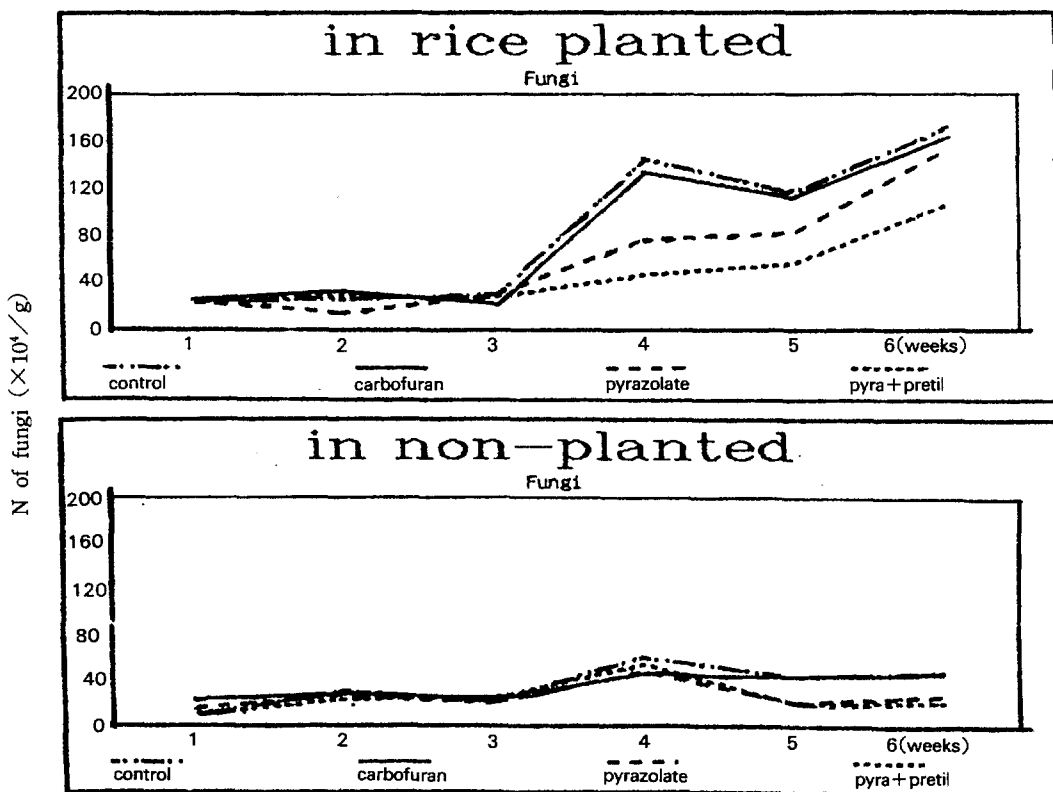


Fig. 4. Average number of fungi as influenced by pesticides applied in paddy soil of rice transplantation or nontransplantation.

3週까지는 藥劑處理區 및 對照區와의 差異가 거의 없었고, 그以後의 時間經過는 藥劑間 絲狀菌의 數變化에 差異를 보였는데 그程度는 除草劑 合劑 處理區, pyrazolate+pretilachlor 區에서 抑制效果가 가장 높았고, 그 다음으로 除草劑 單劑處理 pyrazolate였으며, 殺蟲劑 carbofuran은 對照區와의 差異를 認定하기 어려웠다. 또한 水稻 非移秧狀態의 境遇는 移秧狀態에 비하여 絲狀菌의 分布가 顯著히 적었으며, 藥劑間의 差異는 處理 5週後 부터 나타나서 除草劑 處理區에서 絲狀菌의 發生數가 抑制되고 있었고, 殺蟲劑 處理 影響은 認定할 수 없었다.

6. 水稻 栽培에 따른 pH 및 微生物 變化에 대한 有意性 檢定

湛水土壤중에서 殺蟲劑 및 除草劑를 處理한 後 水稻를 栽培한 狀態와 水稻를 栽培하지 않은 狀態間에 經時적으로 變하는 pH, 總細菌數, gram negative bacteria數, 嫌氣性細菌數 및 絲狀菌數 등에 대한 有意性 檢定을 위하여 t-test한 結果는 表8과 같다. pH 變化에서 보면 pyrazolate 勸獎濃度 및 10배

處理가 17.5%水準에서 水稻 栽培 有無에 따른 差異를 나타냈고, 除草劑 合劑인 pyrazolate+pretilachlor의 10배 處理濃度區에서 2.1%水準의 높은 有意性을 가지고 水稻栽培時와 非栽培時 간의 pH變化가 나타난 것이 특이한 現象이었다.

水稻 栽培集團과 植物의 非栽培 集團間의 全體的인 微生物相 變化에 있어서는 5%以上の 높은 有意性 있는 差異를 認定할 수 없었으나, 處理農藥의 濃도가 勸獎濃度の 10배, 20배로 증가할수록 수도 재배로 인하여 미생물상 變化에 影響을 미칠 確率이 높아가고 있음을 알 수 있었다. 微生物의 種類別로는 gram negative bacteria(GNB)數의 變化를 水稻 栽培狀態와 非栽培狀態間에 7.3%-16.1% 사이의 比較의 높은 確率에서 認定할 수 있었고, 總細菌數에서는 pyrazolate+pretilachlor 除草劑 合劑處理區의 10배, 20배 濃度 處理에서, 그리고 嫌氣性 細菌數에서는 이 除草劑 合劑區 20배 濃度 處理에서 만이 GNB과 같은 差異를 認定할 수 있었다.

Table 8. Results of t-test on changes of soil microflora between rice planted and non-planted in flood paddy soil for six weeks.

Chemicals of treatment	n	Conc. (μg/g)	pH		TPB ^a		PGNB ^b		PAB ^c		DF ^d	
			t*	p**	t	p	t	p	t	p	t	p
Control	6	0	0.010	0.992	0.830	0.444	2.262	0.073	1.131	0.309	0.986	0.369
	6	1	0.813	0.453	0.937	0.392	1.745	0.141	0.349	0.749	0.796	0.462
Carbofuran	6	10	0.621	0.562	0.946	0.388	1.796	0.133	0.445	0.675	0.951	0.385
	6	20	0.421	0.691	1.178	0.292	1.702	0.150	0.294	0.780	0.991	0.367
	6	2.7	1.579	0.175	0.729	0.449	1.902	0.116	0.888	0.415	0.663	0.537
Pyrazolate	6	27	1.585	0.174	0.899	0.410	1.759	0.139	1.098	0.322	0.812	0.454
	6	54	0.379	0.721	1.015	0.357	1.920	0.113	0.859	0.429	0.885	0.416
Pyrazolate + pretilachlor	6	2	0.265	0.802	0.381	0.719	1.644	0.161	1.111	0.317	0.575	0.590
	6	20	3.308	0.021	1.971	0.160	1.894	0.117	1.252	0.266	0.782	0.470
	6	40	0.102	0.923	1.960	0.107	1.804	0.131	1.610	0.168	0.619	0.563

* : t=t-test value, ** : p=probability

a : total populations of bacteria

b : Populations of gram negative bacteria

c : Populations of anaerobic bacteria

d : Populations of fungi

摘 要

農藥이 土壤 微生物의 相變化에 끼치는 影響을 究明하기 위하여 湛水土壤 狀態下 水稻를 移秧한 區와 移秧하지 않은 區에 殺蟲劑인 carbofuran, 除草劑 pyrazolate 및 pyrazolate + pretilachlor 合劑를 處理한 後 pH 變化와 總細菌, 그람 陰性菌, 絲狀菌 등의 數를 經시적으로 調査分析한 結果는 다음과 같다.

1. pH 變化는 水稻栽培 藥劑 處理後 時日이 經過함에 따라 若干 낮아지다가 6週제에는 다시 上昇하였고, 水稻를 栽培하지 않은 境遇 藥劑處理 後의 pH는 거의 變化가 없었다.
2. 供試藥劑 모두 水稻栽培 有無에 關係없이 藥劑 處理 後의 總細菌數는 對照區에 비하여 적었고 處理藥量이 增加함에 따라 減少되었으나 時日이 經過함에 따라 增加되었다.
3. 農藥處理後 6週제까지 그람 陰性菌의 數는 對照區보다 적었고 時日이 經過함에 따라 carbofuran處理區의 그람 陰性菌의 數는 減少되었으나 pyrazolate 및 그 合劑處理의 그람 陰性菌 數는 增加되는 傾向이었다.
4. 藥劑處理區의 嫌氣性 細菌의 數도 對照區보다도 적었으나 時日이 經過하면서 增加되었다.
5. 絲狀菌의 數는 carbofuran 處理의 境遇 對照區와 비슷하였으나 pyrazolate와 그 合劑處理區의 境遇는 處理濃도가 增加하면서 4-5週제까지는 더욱 減少되다가 6週제에는 增加하는 傾向이었다.

參考文獻

1. 朴昌奎(1989) : 農產物 및 農業環境中の 農藥 殘留, '89農振廳 심포지엄 6 : 27-44.
2. Kearney, P. C.(1971) : Herbicides and Environmental-千坂英雄 譯 : 除草劑 環境 : 雜草研究, 12 : 1-6
3. 桐谷圭治·笹波隆文(1972) : 環境汚染生物I-農藥生態系, 生態學講座 33 : 4-19, 共立出版, 東京
4. 遠山輝彦. 玉川重雄(1976) : 除草劑 CNP(MO) * 殘留性, 農藥科學, 3, : 178-184
5. 甲斐秀昭, 蒲田昌治, 河口定生, 金山 擴(1986) : 除草劑施用による 水田土壤의 微生物相의 變化. 日本土壤肥料學會誌, 57(6) : 535-543
6. Fraser, D. G., J. W. Doran, W. W. Sahs, and G. W. Lesoing(1980) : Soil Microbial Populations and Actives under Conventional and Organic Management. *J. Environ. Qual.*, 17(4) : 585-590
7. Bollen, W. B.(1961) : Interactions between pesticides and soil microorganisms. *Annu. Rev. microbiol.* 15 : 69-92
8. Chandra, P.(1964) : Herbicidal effects on certain soil microbial activities in some brown soils of Saskatchewan. *Weed Res.* 4 : 54-63
9. Greaves, M. P., H. A. Davies, J. A. Marsh, and G. I. Wingfield(1976) : Herbicides and soil microorganisms. *CRC Crit. Rev. Microbiol.* 6 : 1-38
10. Wainwright M.(1978) : A review of the effects of pesticides on microbial activity in soils. *J. Soil Sci.* 29 : 287-298
11. Ansoerge, H.(1966) : Investigations on the effect of during in the "static fertillzer trial." Lauchstadt. 4. Changes in microbial activity in soil. *Albrecht-Thaer-Arch.* 10 : 575-583
12. Meiklejohn, J.(1968) : Microbiology of Broadbalk soils. In Rep. Rothamsted Exp. Stn. Part 2. Harpenden, Herts, England p. 175-179
13. Waksman, S. A.(1952) : Soil microbiology. John Willey & Sons, New York
14. Goring, C. A. I., and D. A. Laskowski(1982) : The effects of pesticides on nitrogen transformations in the soils. In F. J. Stevenson(ed.) Nitrogen in agricultural soils. *Agronomy* 22 : 689-720
15. Biederbeck, V. O., C. A. Campbell, and A. E. Smith(1987) : Effects of long-term 2,4-D field applications on soil biochemical processes. *J. Environ, Qual.* 16 : 257-262
16. 農藥工業協會(1983) : 農藥年譜, P. 10
17. Bollage, J. M.(1974) : in Microbial Ecology (A Lask and H. Lechevalier, Eds), p. 34, CRC Press, Cleveland
18. Bollage, J. M.(1974) : in Advances in Applied Microbiology (D. Perlman, Ed.), 18. 75, Academic press, New York
19. Waksman, S. A. and Fred, E. B. (1922) : A tentative outline of plate method for determining the number of organisms in soil. *Soil Sci.* 14 :

27-28

20. Martin, J. P.(1950) : Use of acid, rosebengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soli Sci.*, 69 : 215-232
21. 姜奎寧(1978) : 除 草 劑 Bentazone 이 窒 酸 化 作 用 및 土 壤 微 生 物 의 菌 數 에 미 치 는 影 響, 韓 國 土 壤 肥 料 學 會 誌, 20 (4) : 375-385
22. 金 廣 植, 金 容 雄, 李 明 哲, 金 炫 佑(1987) : 農 藥 이 土 壤 微 生 物 相 에 미 치 는 影 響 에 關 한 研 究.I. 殺 菌, 殺 蟲 劑 가 土 壤 中 의 微 生 物, 酵 素 活 性 및 土 壤 呼 吸 에 미 치 는 影 響, 韓 國 土 壤 肥 料 學 會 誌, 20 (4) : 81-83