

## 환경차이에 따른 발토양 중 살균제 Myclobutanil의 잔류 및 토양미생물상 변화

한성수 · 최찬규 · 정재훈 · 백승화\*

### Residue of Fungicide Myclobutanil and Change of Soil Microflora in Upland Soil at Different Environmental Conditions

Seong-Soo Han, Chan-Gyu Choi, Jea-hun Jeong and Seung-Hwa Baek\*

#### Abstract

Residue level of myclobutanil[2-p-chlorophenyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl-methyl) hexane nitril] and number of soil microorganism were investigated at different environmental conditions such as the sterile and the non-sterile soils, moisture content, pH, temperature, application rate, and soil types under laboratory and field to study the effect of those factors on degradation characteristics of this fungicide and change of microflora in soil.

Decomposition rate of myclobutanil was 3.9 times faster in the non-sterile soil than in the sterile soil, 1.6 times in the field than in the laboratory, 1.4 times in the concentration of 10ppm than in that of 20ppm, and 1.2 times in the clay loam soil than in the silty loam soil. Degradation rate of myclobutanil was the fastest at pH 9.0 among the tested pHs and the latest at pH 5.5. Degradation rate of myclobutanil was in order of  $27^{\circ}\text{C} > 37^{\circ}\text{C} > 17^{\circ}\text{C}$ . Otherwise, the effect of soil water content on myclobutanil degradation was found not clear.

Number of microorganism in the non-sterile soil was remarkably more than that in the sterile soil. Numbers of microbes were not significantly different between treatment plot and non-treatment plot of myclobutanil at the different conditions of soil moisture content, pH, temperature and soil type. Numbers of fungi and total microbes were more in the treatment than in the non-treatment of myclobutanil at field test but the same trends were not found at laboratory test.

Within non-treatment of myclobutanil, numbers of microbes were not significantly different

under the various condition of pH, application rate, and soil type in laboratory and upland field. The number of bacteria were more in 60% moisture content of water holding capacity than in 40% and the number of fungi were more in 17°C of soil temperature than in 37°C.

Within the application plot of myclobutanil, numbers of microbes were not significantly different at various pH in laboratory and upland field. The number of bacteria and total microbes were more in 80% moisture content of water holding capacity than in 40% and 60% and actinomycetes were more at 27°C in the clay loam soil than at 17°C in the silty loam soil.

## 서론

농약에 의한 작물생산성의 향상과 그의 안정적 유지 그리고 생력화에 의한 노동생산성 고양을 위해서는, 병·해충·잡초 방제에 있어 비화학적 수단을 강구하고는 있지만, 농약에 의한 화학적 방제에 대한 신뢰가 증가하고 있기 때문에 농약의 수요증가와 사용증대는 필연적 결과라 생각된다. 농약은 토양에 직접 사용되는 경우든 식물체에 사용되는 경우든 토양중에 투입 또는 이행되어 토양에 존재하게 된다<sup>1,2)</sup>. 농약은 그의 효력이나 경제성이라는 관점에서 그들이 토양에서 지속성을 유지하는 것이 바람직스러우나 부정적인 면이 있다<sup>3,4,5,6)</sup>. 즉, 목적하는 대상생물에 작용한 후의 나머지의 농약은 토양중 다른 미생물에도 부차적인 영향을 미치기도 하고 작물체에 잔류되어 식품연쇄에 의하여 인체에 까지 이행되는 일이 일어날 수 있다. 따라서 토양중 농약의 운명에 관련된 과정을 이해하는 것이 필수적이다.

토양계에 있어서 농약의 운명과정은 변환과정과 운반과정이라는 2가지 내용이 함축되어 있으며 그 중에서 물질변환과정에는 분해소실의 문제와 물질의 화학변화라는 문제가 포함되고 농약의 이행에 의한 소실과 분해에 의한 소실이 농약잔류와 관계하게 된다<sup>7,8,9,10)</sup>. 구체적으로 토양중 농약의 잔류는 농약의 특성, 처리약량 및 방법, 작물재배방법, 기상요인, 토양요인 등 여러가지 인자에 의해서 상호 관련지어 복합적으로 관여하며 토양잔류성에 영향을 미친다<sup>11,12,13)</sup>. 또한 토양중 농약의 잔류성은 농약

의 화학적 안정성과 미생물에 대한 안정성에 의해서 결정되며 특히 토양중 농약의 분해는 주로 미생물에 의하여 일어난다<sup>9,11,14,15)</sup>.

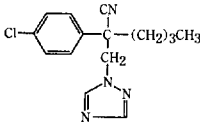
농약의 토양미생물체의 작용에 관해서는 토양미생물의 양적 변화와 질적 변화의 두가지로 나누어 볼 수 있으나 양적 변화에 관한 연구에 비하면 질적 변화를 대상으로 하는 연구는 극히 적으며<sup>16,17,18)</sup>, 그리고 양적 변화를 문제로 한 연구가 많다고 하지만 농약 사용후의 한 시점만의 미생물수를 측정하여 그 영향을 평가하고 있는 계통성이 결여된 보고도 있다<sup>19,20)</sup>.

서로 다른 종의 토양미생물들이 여러 종류의 농약들을 분해시키는 양과 방법을 확인하고 농약들이 토양미생물이나 기타 유기체들에 끼치는 영향을 평가하는 연구가 많이 수행되어 왔으며 토양 중 제초제와 살충제의 분해성이나 토양미생물에 미치는 영향을 평가한 연구<sup>1,3,6,16-34)</sup>는 많은 반면 살균제에 대한 연구는<sup>30,33)</sup> 제초제나 살충제를 대상으로 한 연구에 비하여 그리 많지 않다.

식물에 처리된 많은 농약들은 표준약량에서 미생물수나 활동에 일시적인 영향을 끼치나<sup>3)</sup> 높은 농도에서는 그 영향이 잘 나타날 수 있으며 일부 미생물 종들은 그 수가 현저히 감소 될 수 있으며 한편 어떤 종들은 어떤 농약의 저농도에서 증가되기도 하였다<sup>3,22)</sup>. 또한 농약에 의한 토양미생물의 변화는 동일농약이라도 환경조건이 다르면 다르게 나타난다는 것은 많이 알려져 있다<sup>11,19,20,31,35,36)</sup>.

본 연구에서는 합리적인 농약사용, 환경위생적 측면 및 식품위생적 측면의 중요성을 인식하여 각종

**Table 1. Characteristics of fungicide myclobutanil used.**

Common & trade code name	Chemical name	Formulation type	Structural formula	Solubility in water(ppm)
Myclobutanil Systhane RH-3886	2-p-chlorophenyl -2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)- hexanenitrile	6% WP		142(25°C)

**Table 2. Physicochemical properties of soil used.**

Sampling Soil	Soil texture	pH 1:5(H <sub>2</sub> O)	Organic matter(%)	C.E.C (me/100g)
Soil A	CL	5.9	1.0	10.5
Soil B	SiL	5.7	1.8	6.7

환경차이에 따른 토양중 농약의 분해성과 농약이 토양미생물에 미치는 영향을 검토하기 위하여 최근 많이 사용되고 있는 살균제 myclobutanil에 대하여 토양의 살균유무, 수분함량, 온도, pH, 처리농도, 토성 그리고 실내와 포장조건에서 토양중 잔류량을 조사하여 분해성을 검토하였고, 한편으로는 살균제 myclobutanil이 토양미생물의 양적 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 상기 여러 환경조건에서의 미생물수를 경시적으로 조사하였으며 myclobutanil 처리토양과 무처리토양간 그리고 각 처리내에 있어서 각각의 미생물수를 T-검정하여 비교하였다.

**재료 및 방법**

**1. 공시약제 및 공시토양의 이화학적 성질**

본 실험에 사용된 공시약제 myclobutanil은 6% 수화제로 주식회사 경농으로부터 분양받아 각 실험에 처리하였고 특성은 표 1에 나타낸 바와 같으며, 공시토양은 식양토와 미사질양토로써 이화학적성질은 표 2에 나타낸 바와 같다.

**2. 잔류량 분석절차 및 분석기기 조건**

공시약제의 추출은 토양시료 5g에 methanol과 진한 암모니아수를 8 : 2로 혼합한 용매 80ml를 사용하여, 30분간 가운 진탕 추출하였고 이를 여과하여 최종 100ml가 되도록 정용하였다. 상기 추출액 10ml를 20ml의 증류수와 Dichloromethane 25ml, 포화식염수 1ml를 가한 후 Separatory funnel shaker로 5분간 격렬하게 shaking한 후 Dichloromethane층을 분리하였다. 이에 무수황산나트륨을 가하며 탈수시킨 후 감압농축한뒤 건조된 잔류물을 acetone으로 최종 정용하여 그 중 2μl를 GLC-FTD에 주입하여 표 3과 같은 분석기기 조건하에서 분석하였으며 이때의 최소검출량은 0.2ng, 검출한계는 0.8 ppm이었으며, 회수율은 95%이었고, retention time은 2.33분이었다.

**Table 3. GC condition of residual analysis.**

Instrument:	Simadzu Model GC-14A
Detector:	Flame Thermionic Detector(FTD)
Column:	Glass column, 3.2mm(ID) × 5mm(OD), 2.1m, Column packed with Silicone GE SE-30, 5%
Temperature :	Column oven; 260°C isothermal Injection port; 270°C Detector; 300°C
Gas flow rate:	Column -Carrier(N <sub>2</sub> ); 20ml/min Detector -Hydrogen; 3ml/min -Oxygen; 120ml/min
Chart speed:	0.5cm/min

Table 4. Culture media used for microorganisms.

Microorganism	Medium	Temperature	Period of incubation
Aerobic bacteria	Egg albumin agar	28°C	5 days
Actinomycetes	Soil extract + Egg albumin	28°C	7 days
Fungi	Rose bangal	28°C	5 days

3. 미생물 조사

토양시료 2g을 100ml Erlenmyer flask에 넣고 18 ml의 멸균수를 가하여 30분간 진탕한 후 희석평판법을 이용하여 각 미생물을 표 4와 같은 조건하에서 배양후 발생한 colony를 계수하였다.

4. 환경차이에 따른 토양중 myclobutanil의 잔류량 및 미생물상 변화

공시토양을 2mm토양체로 쳐서 풍건시킨 후 100 ml Erlenmyer flask에 50g씩 넣은 다음 수분함량의 차이에 따른 실험을 제외하고는 포장용수량의 60% 수분함량이 되도록 조절하였고, 이를 27°C에서 2주간 pre-incubation하여 사용하였으며 토양온도의 차이에 따른 실험을 제외한 모든 실험은 27°C 항온실에서 실시하였다.

약제처리는 6% 수화제로 소정의 농도가 되도록 처리하였고, 토양시료 채취는 약제 처리후 경시적으로 채취하여 전술한 방법으로 잔류량 및 미생물수를 조사하였다.

각 환경조건의 차이는 다음과 같은 방법으로 수행하였다. 즉, 살균 및 비살균토양에서의 잔류량 및 미생물상 변화에 대한 실험을 위하여 비살균토양은 100ml Erlenmyer flask에 토양 50g을 넣고 60%수분함량으로 조절한 후, 2주간의 pre-incubation 후 사용하였고 살균토양은 이 토양을 121°C에서 1시간 동안 살균한 다음 이를 27°C에서 1일간 배양 후 간헐살균하여 사용하였다.

토양수분함량의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상

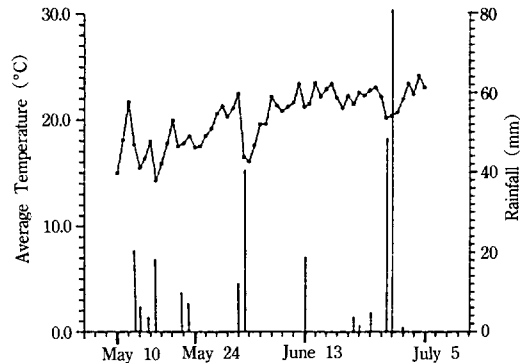


Fig. 1. Fluctuations of average temperature and rainfall during field experiment.

변화에 대한 실험은 토양수분함량을 포장용수량의 40%, 60%, 80% 수분함량이 되도록 멸균수로 조절하여 수행하였고 토양온도의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 대한 실험은 토양 pH를 인산완충액과 1M-NaOH로 pH 5.5, pH 7, pH 9가 되도록 조절하여 1주일 간격으로 변화된 pH를 보정하여 실행하였고 약제처리농도에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 관한 실험은 토양중 myclobutanil처리 최종농도가 10ppm과 20ppm이 되도록 처리하여 수행하였다.

토성의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 관한 실험은 원광대학교 실습 포장내 2종류(표 2)를 선정하여 실시하였고 실내 및 포장토양에서의 잔류량 및 미생물상 변화에 대한 실험은 동일토양에 대하여 27°C의 실내조건과 실외 포장조건에서 약제를 처리하여 수행하였으며 포장실험 기간동안의 기상조건은 그림 1에 나타난 바와 같다.

결과 및 고찰

1. 살균토양 및 비살균토양중 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화

토양미생물측으로부터의 농약의 작용 즉 토양 미생물에 의한 농약의 분해성을 추구하기 위하여 살균토양과 비살균토양에 각각 myclobutanil 10ppm을 처리한 후 경시적으로 조사한 잔류량을 그림 2에 도시하였다.

살균토양과 비살균토양에서의 myclobutanil 잔류량을 보면 약제처리 7일후 부터 서서히 차이가 나기

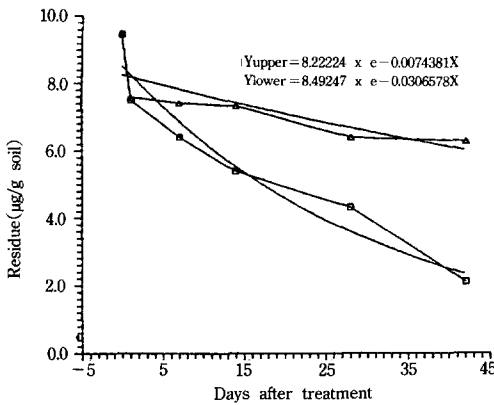


Fig. 2. Degradation of myclobutanil in the sterile and the nonsterile silty loam soils. △ : sterile soil, □ : nonsterile soil

시작하여 처리후 6주후에는 비살균토양에서보다 살균토양에서 2.7배 많았으며 회귀식에 의해 구한 myclobutanil의 분해반감기가 살균토양에서는 74일이었고 비살균토양에서는 19일로서 살균토양에서보다 비살균토양에서 3.9배 정도 빠른 것으로 나타났다. 일반적으로 환경에 투입된 농약의 잔류성은 물리적, 화학적, 광학적, 생물학적 변형과정의 복합적인 상호작용으로 나타나지만<sup>7,8,9,10</sup> 그 중에서 미생물 대사는 농약변형이나 분해에 있어 대부분의 경우에 다른 메카니즘에 의한 것보다 더욱 중요하다고 하였다<sup>9,11,14,15</sup>. 문<sup>19,31</sup>, 한 등<sup>37</sup>과 한<sup>38</sup>은 농약의 분해에 미치는 미생물의 영향을 규명하기 위해 살균토양과 비살균토양에 농약을 처리하여 분해성을 검토한 결과 비살균 토양에서가 살균토양에서 보다 훨씬 분해기간이 짧음을 지적함으로써 농약분해에 끼치는 미생물의 영향이 지대함을 밝힌 바, 본 실험결과로 볼 때 myclobutanil의 분해에 미생물이 크게 관여한 것으로 판단된다. 실제로 약제처리후 살균토양과 비살균토양에서의 미생물 발생수를 경시적으로 조사한 결과(표 5) 살균토양에서는 미생물의 발생수가 매우 적었으나 비살균토양에서는 조사시기에 따라 다소의 차이가 있기는 하나 살균토양에서보다 월등히 많은 수의 미생물이 발생된 것으로 보아 myclobutanil분해에 미생물의 영향이 컸음을 입증한 결과라 사료된다.

Table 5. Change of microorganisms in the sterile and the nonsterile soils treated with myclobutanil. (Unit: CFU/g in soil)

Soil	Microbes	Days after treatment			
		0	14	28	42
Sterile Soil	Bacteria × 10	2.6	0	2.6	2.6
	Actinomycetes × 10	0	139.3	28.4	2.6
	Fungi × 10	0	0	0	5.2
	Total × 10	2.6	139.3	31.0	10.4
Nonsterile Soil	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	22.3	41.6	19.7	29.9
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	24.2	11.7	13.8	14.0
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	13.2	19.2	16.9	28.3
	Total × 10 <sup>5</sup>	46.6	53.5	33.7	44.2

Table 6. Effect of soil moisture content on change of soil microbes in the silty loam soil with and without myclobutanil treatment. (Unit: CFU/g in soil)

Water content (%)	Microbes	Without myclobutanil				With myclobutanil				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
40	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	16.3	52.2	21.9	18.6	15.6	47.2	28.3	17.0	0.034	0.975
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	5.2	17.5	6.8	25.3	6.7	17.0	5.2	17.7	0.524	0.637
	Fungi × 10 <sup>5</sup>	22.4	32.8	24.1	14.2	17.5	18.2	15.3	16.5	0.869	0.449
	Total × 10 <sup>5</sup>	21.7	70.0	28.9	44.0	22.2	64.4	33.7	34.9	0.175	0.872
60	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	21.8	63.2	27.3	18.5	19.0	37.7	25.2	20.0	0.686	0.542
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	7.3	23.7	11.4	14.3	10.1	21.3	9.6	14.6	0.052	0.962
	Fungi × 10 <sup>5</sup>	9.6	30.4	18.7	18.5	16.1	26.5	15.9	20.5	0.252	0.818
	Total × 10 <sup>5</sup>	29.2	87.2	38.9	33.0	29.3	59.3	35.0	34.8	0.587	0.599
80	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	18.4	75.5	21.3	21.0	20.7	42.0	26.2	27.9	0.028	0.979
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	6.6	20.2	26.8	17.3	7.2	23.6	8.1	13.0	0.498	0.653
	Fungi × 10 <sup>5</sup>	12.1	41.2	26.8	18.1	12.4	32.3	21.0	13.8	0.079	0.942
	Total × 10 <sup>5</sup>	25.1	96.1	48.4	38.5	28.0	65.9	34.5	41.0	0.533	0.631

\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

2. 토양수분함량 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화

실험기간중의 토양수분함량을 최대포장용수량의 40%, 60% 및 80%로 조절하여 유지시킨 후 myclobutanil을 처리한 다음 경시적으로 조사한 myclobutanil의 잔류량과 미생물수는 그림 3, 표 6 및 표 7에 나타낸 바와 같다.

먼저 myclobutanil의 잔류에 끼치는 수분함량의 영향을 보면 회귀식에 의해 구한 분해반감기가 40% 수분함량에서 17.3일, 60% 수분함량에서 16.9일, 80% 수분함량에서 17.8일로 토양수분함량의 차이에 따른 분해속도의 차이를 인정할 수 없었다(그림 3). 한편 미생물상 변화에 끼치는 myclobutanil의 영향을 검토하기 위하여 myclobutanil처리구와 무처리구간의 미생물수를 T-검정한 결과를 보면(표 6) 두 처리구간의 미생물수의 차이는 인정할 수 없었다. 또한 수분함량이 미생물상 변화에 끼치는 영향을 비교하기 위하여 미생물수를 T-검정한 결과를 보면(표 7) 유의성은 없었으나, 무처리구내에 있어서는

세균이 60% 수분함량에서 40% 수분함량에서보다 약간의 증가가 있었고, 처리구내에 있어서는 80% 수분함량에서 세균 및 총균수의 증가를 볼 수 있었

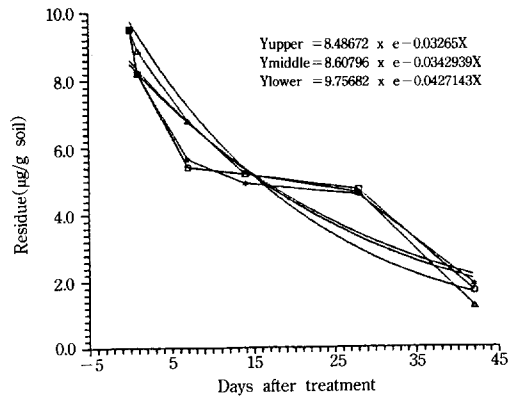


Fig. 3. Effect of soil moisture content on degradation of myclobutanil applied in the silty loam soil. □ : 40% of maximum water holding capacity, △ : 60% of maximum water holding capacity, \* : 80% of maximum water holding capacity.

**Table 7. Statistical analysis of moisture content effect on change of microorganisms appeared on table 5.**

Treatment	Microbes	Soil moisture content (%)	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	40 : 60	1.359	0.267
		40 : 80	0.922	0.424
		60 : 80	0.160	0.883
	Actinomycetes	40 : 60	0.300	0.784
		40 : 80	0.107	0.922
		60 : 80	0.423	0.701
	Fungi	40 : 60	0.490	0.658
		40 : 80	0.228	0.835
		60 : 80	0.204	0.851
Total	40 : 60	0.497	0.654	
	40 : 80	0.802	0.481	
	60 : 80	0.455	0.680	
Treatment	Bacteria	40 : 60	0.056	0.959
		40 : 80	0.520	0.639
		60 : 80	1.058	0.368
	Actinomycetes	40 : 60	0.740	0.513
		40 : 80	0.376	0.732
		60 : 80	0.742	0.512
	Fungi	40 : 60	0.724	0.521
		40 : 80	0.214	0.844
		60 : 80	0.137	0.900
	Total	40 : 60	0.328	0.764
		40 : 80	1.056	0.369
		60 : 80	0.595	0.594

\* T-test and probability for comparison of the number of microorganism between moisture contents

다.

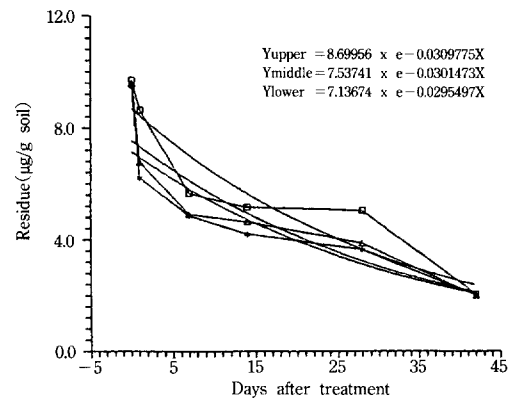
수분결핍이나 수분이 없으면 미생물은 휴면하거나 죽는다<sup>13)</sup>. 토양수분과 토양중 농약의 잔류성과의 관계는 극단적인 건조 또는 습윤상태를 제외하고는 농약잔류성에 크게 영향을 주기보다는 논토양과 밭토양조건에서 농약의 분해속도가 크게 차이를 보이는 것이 수분함량의 차이에 의한 분해가 아니고 호기적·혐기적 토양조건 또는 토양의 산화·환원상태 등에 의한 것이라고 보고<sup>19)</sup>된 바 있다. 한편 문 등<sup>20)</sup>과 문<sup>19,31)</sup>은 살충제 ethoprophos와 fenitrothion, 살

균제 IBP등이 습윤 조건과 담수조건에서의 분해실험결과 습윤조건에서보다 담수조건에서 빨랐다고 하여 수분함량이 분해에 끼치는 영향이 크다고 하였으나, 본 실험 조건에서와 같은 수분함량의 차이에서는 myclobutanil의 분해속도에 수분함량의 영향은 없는 것으로 나타나 전술한 결과와 상이한 것으로서 이는 수분함량의 폭의 차이 그리고 농약 종류의 특성에 원인이 있는 것으로 사료된다.

**3. 토양 pH의 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화**

그림 4는 토양 pH 차이에 따른 myclobutanil의 경시적 잔류량 변화를 나타낸 것으로서 회귀식에 의한 분해반감기는 pH 5.5에서 18.2일로 가장 느렸고, pH 7에서 14.9일 이었으며, pH 9에서 13.4일로 가장 빨랐다.

Ozaki 등<sup>32)</sup>은 토양 pH를 7로 조절하였을때 isouron의 분해속도는 빨라 반감기가 짧아졌음을 알아냄으로써 pH가 농약의 분해에 관여함을 지적하였는바, pH의 차이에 따른 myclobutanil의 분해속도가 차이가 있는 본 실험결과로 보아 myclobutanil의 분해속도에 pH의 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.



**Fig. 4. Effect of soil pH on the change of soil microbes in the clay loam soil applied with and without myclobutanil. □ : pH 5.5, △ : pH 7.0, \* : pH 9.0**

Table 8. Effect of soil pH on the change of soil microorganisms in the clay loam soil with and without myclobutanil treatment. (Unit: CFU/g in soil)

pH	Microbes	Without myclobutanil				With myclobutanil				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
5.4	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	16.8	24.3	25.1	38.2	16.5	22.8	72.4	25.0	0.216	0.843
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	10.1	20.1	4.4	17.8	16.3	11.1	4.4	17.8	0.053	0.961
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	8.8	20.9	17.0	16.0	13.4	28.9	17.5	13.4	0.567	0.1610
	Total × 10 <sup>5</sup>	27.0	44.6	29.7	56.2	32.9	34.2	77.0	42.9	0.265	0.808
7.0	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	36.6	36.8	14.7	23.5	24.0	35.1	20.6	25.0	0.056	0.959
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	13.8	17.5	28.4	17.0	16.0	26.8	25.5	19.4	0.716	0.526
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	12.1	15.0	28.4	29.2	22.7	15.0	26.3	27.1	0.344	0.754
	Total × 10 <sup>5</sup>	50.5	54.6	43.4	40.8	40.2	62.1	46.4	44.7	0.071	0.948
9.0	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	34.8	55.7	26.6	30.7	23.2	39.5	41.0	28.1	0.035	0.974
	Actino-mycetes × 10 <sup>5</sup>	22.4	16.0	5.2	12.1	26.6	25.0	20.9	9.8	0.661	0.556
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	24.0	18.6	16.0	16.5	26.1	13.4	21.4	11.4	0.231	0.832
	Total × 10 <sup>5</sup>	47.4	71.9	32.0	43.0	50.1	64.6	62.1	38.0	0.360	0.743

\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

각 pH조건에서 myclobutanil처리 유무에 따른 미생물수를 조사한 결과는 표 8에 나타난 바 myclobutanil처리구와 무처리구간의 세균, 방선균, 사상균 및 총균수에 있어서 차이를 볼 수 없었다. 또한 myclobutanil처리구내와 무처리구내에 있어서 각 pH간 미생물의수를 T-검정하여 비교한 결과(표 9) 차이가 없는 것으로 나타났다.

토양 세균이나 방선균 등은 중성이나 알칼리성 조건에서 활동이 왕성하고 곰팡이의 활동은 토양 pH가 5.5이하에서 활동이 양호하다 하였으나<sup>13,19)</sup> 각 pH간 미생물수의 차이가 없는 것으로 나타난 본 실험결과와는 다소의 차이를 보이고 있다.

#### 4. 토양온도의 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화

토양중 myclobutanil의 분해성과 미생물수의 변화에 끼치는 토양온도의 영향을 조사한 결과는 각각 그림 5, 표 10 및 표 11에 나타난 바와 같다.

회귀식에 의해 구한 온도 차이에 따른 myclobu-

tanil의 분해반감기는 27°C에서 17.3일로 가장 짧았고, 37°C와 17°C에서 각각 24일과 28.2일이었다(그림 5) 일반적으로 온도가 높을수록 농약의 분해반감기는 빠른 것으로 보고하고 있으나<sup>19,20,31)</sup> 본 실험에서 myclobutanil의 분해는 37°C에서보다 27°C에

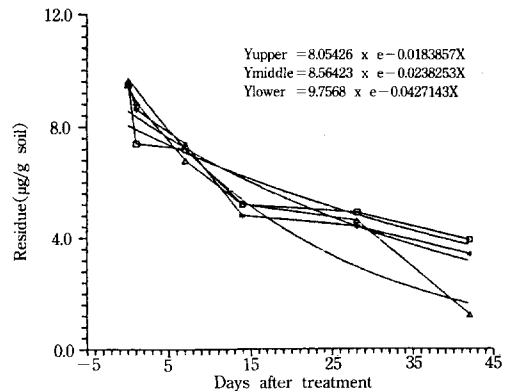


Fig. 5. Effect of temperature on degradation of myclobutanil applied in the silty loam soil. □ : 17°C, △ : 27°C, \* : 37°C.



**Table 9. Statistical analysis of pH effect on change of microorganisms appeared on table 8.**

Treatment	Microbes	pH	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	5.5 : 7.0	0.062	0.954
		5.5 : 9.0	0.579	0.603
		7.0 : 9.0	0.515	0.642
	Actino-mycetes	5.5 : 7.0	0.538	0.628
		5.5 : 9.0	0.172	0.874
		7.0 : 9.0	0.446	0.686
	Fungi	5.5 : 7.0	0.669	0.551
		5.5 : 9.0	0.410	0.710
		7.0 : 9.0	0.102	0.926
	Total	5.5 : 7.0	0.558	0.616
		5.5 : 9.0	0.559	0.615
		7.0 : 9.0	0.024	0.982
Treatment	Bacteria	5.5 : 7.0	0.146	0.894
		5.5 : 9.0	0.223	0.838
		7.0 : 9.0	0.707	0.531
	Actino-mycetes	5.5 : 7.0	0.817	0.474
		5.5 : 9.0	0.628	0.575
		7.0 : 9.0	0.234	0.830
	Fungi	5.5 : 7.0	0.409	0.710
		5.5 : 9.0	0.019	0.986
		7.0 : 9.0	0.615	0.582
	Total	5.5 : 7.0	0.177	0.871
		5.5 : 9.0	0.465	0.674

\*T-test and probability for comparison of the number of microorganism between pHs

서 빨랐고 저온인 17°C에서는 가장 느린 것으로 나타나 다소 차이가 있는데 이는 농약의 종류와 분해하는 미생물의 종류와 활성에 따라서는 온도의 영향이 서로 다르게 나타날 수 있다는 결과라 사료된다.

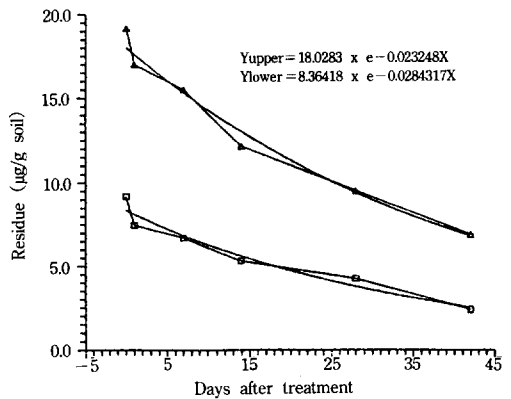
한편 myclobutanil처리구와 무처리구간의 미생물수를 T-검정한 결과는 두 처리구간의 차이가 없는 것으로 나타났고(표 10), 또한 myclobutanil처리구내와 무처리구내에 있어서 각 미생물에 대한 온도간 미생물수를 비교하기 위하여 T-검정한 결과 무처리구내에서는 27°C에서 방선균과 곰팡이의 현저한 증

가를 볼 수 있었다(표 11). 이는 전술한 온도별 분해 실험에서 27°C에서 반감기가 가장 짧았다는 결과와 관련지어 볼 때 27°C에서의 미생물증가와 상관성이 깊다고 판단되었다.

**5. 약제처리농도의 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화**

Myclobutanil처리농도의 차이에 따른 토양중 분해속도와 미생물상 변화에 미치는 영향을 검토한 결과는 각각 그림 6, 표 12 및 표 13과 같다. Myclobutanil의 토양중 분해반감기는 10ppm 처리에서 20.3일 그리고 20ppm에서 27.6일로서 낮은 처리약량에서 일주일 정도 빨랐다. 각 처리농도간 총균수를 보면 myclobutanil무처리구에서보다 처리구에서 약제처리후 2주까지는 다소 감소하였으나 그 이후부터는 증가하여 큰 차이를 볼 수 없었다(표 12).

또한 각 미생물별 처리농도간 미생물수를 비교하였을 때 약제처리 초기 사상균의 감소가 있는 것을 제외하고는 myclobutanil처리구에서 무처리구보다 세균, 방선균 및 총균수는 처리농도간의 차이를 인정할 수 없었다(표 13).



**Fig. 6. Effect of application concentration on degradation of myclobutanil treated in the silty loam soil. □ : 10ppm, △ : 20ppm**

**Table 10. Effect of temperature on the change of microorganisms in the silty loam soil with and without myclobutanil application.** (Unit: CFU/g in soil)

Temperature (°C)	Microbes	Without myclobutanil				With myclobutanil				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
17	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	26.0	7.0	26.5	23.4	34.1	32.5	7.5	3.9	0.207	0.849
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	7.0	2.3	6.5	6.2	6.2	17.2	5.2	5.5	0.359	0.743
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	15.0	22.4	12.2	25.2	14.8	21.3	9.1	29.9	0.232	0.831
	Total × 10 <sup>5</sup>	33.2	9.5	33.1	29.9	40.4	49.9	12.8	9.7	0.040	0.970
27	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	21.8	63.3	27.3	18.5	19.0	37.7	25.1	20.0	0.686	0.542
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	7.3	23.7	11.4	14.3	10.1	21.3	9.6	14.6	0.052	0.962
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	9.6	30.4	18.7	18.5	16.1	26.5	15.9	20.5	0.252	0.818
	Total × 10 <sup>5</sup>	29.2	87.3	38.9	33.0	29.3	59.3	34.9	34.8	0.587	0.599
17	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	38.3	8.6	12.2	14.6	15.1	46.0	16.1	18.2	0.297	0.786
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	6.9	36.4	15.1	3.6	18.2	8.1	3.9	15.3	0.075	0.945
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	8.5	5.5	5.7	27.8	10.9	13.0	7.3	11.7	0.300	0.784
	Total × 10 <sup>5</sup>	45.3	45.0	27.3	18.4	32.4	54.2	20.1	33.6	0.075	0.945

\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

**Table 11. Statistical analysis of pH effect on change of microorganisms appeared on table 10.**

Treatment	Microbes	Temperature (°C)	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	17 : 27	0.398	0.717
		17 : 37	0.307	0.779
		27 : 37	0.584	0.600
	Actinomycetes	17 : 27	0.960	0.408
		17 : 37	0.528	0.634
		27 : 37	0.216	0.843
	Fungi	17 : 27	0.027	0.980
		17 : 37	1.075	0.361
		27 : 37	0.679	0.546
	Total	17 : 27	0.539	0.627
		17 : 37	0.326	0.766
		27 : 37	0.579	0.603
Treatment	Bacteria	17 : 27	0.604	0.588
		17 : 37	0.470	0.670
		27 : 37	0.552	0.619
	Actinomycetes	17 : 27	1.792	0.171
		17 : 37	0.278	0.799
		27 : 37	0.223	0.838

Treatment	Microbes	Temperature (°C)	T-test*	Probability*
	Fungi	17 : 27	0.295	0.787
		17 : 37	0.691	0.539
		27 : 37	1.369	0.265
	Total	17 : 27	0.714	0.527
		17 : 37	0.596	0.593
		27 : 37	0.509	0.646

\*T-test and probability for comparison of microorganism between temperatures

**6. 토성의 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화**

식양토와 미사질양토에서의 myclobutanil의 잔류와 미생물수를 조사한 결과는 각각 그림 7, 표 13 및 표 14에 나타난 바와 같다. 분해반감기는 식양토에서 15.3일 그리고 미사질양토에서는 16.1일로 두 토양간 차이를 인정할 수 없었다(그림 7).

이는 토성의 차이에 따라서는 농약 잔류기간이

**Table 12. Effect of application concentration on change of microbes in the silty loam soil with and without myclobutanil treatment.** (Unit: CFU/g in soil)

Concentration (ppm)	Microbes	Days after treatment			
		0	14	28	42
0	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	22.3	63.3	27.3	18.5
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	24.2	23.7	11.4	14.3
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	13.2	30.4	18.7	18.5
	Total × 10 <sup>5</sup>	46.5	87.3	38.9	33.0
10	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	19.0	37.8	25.1	20.0
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	10.1	21.3	11.6	14.4
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	16.1	26.5	15.9	20.5
	Total × 10 <sup>5</sup>	29.3	59.3	36.9	34.6
20	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	21.8	41.5	22.1	20.9
	Actinomycetes × 10 <sup>5</sup>	7.3	14.6	11.7	16.6
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	9.6	26.5	19.2	14.3
	Total × 10 <sup>5</sup>	29.2	56.4	34.0	37.6

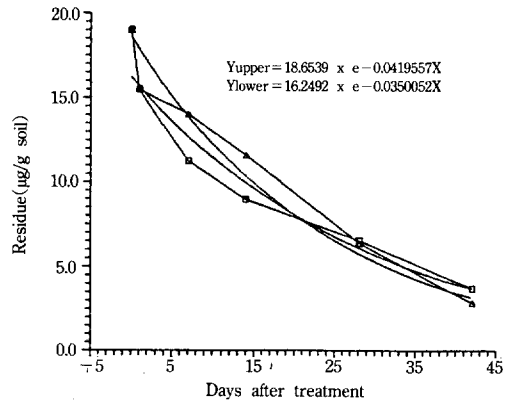
\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

**Table 13. Statistical analysis of dose effect of myclobutanil on change of microorganism appeared on table 12.**

Microbes	Concentration (ppm)	T-test*	Probability*
Bacteria	0 : 10	0.712	0.528
	0 : 20	0.050	0.963
	10 : 20	0.713	0.527
Actinomycetes	0 : 10	0.722	0.522
	0 : 20	0.625	0.576
	10 : 20	0.299	0.785
Fungi	0 : 10	0.538	0.628
	0 : 20	1.144	0.336
	10 : 20	0.533	0.631
Total	0 : 10	0.971	0.403
	0 : 20	0.414	0.707
	10 : 20	0.775	0.495

\*T-test and probability for comparison of microorganism between concentrations

상이라고 하는 다른 연구자의 보고<sup>19,31,32,39)</sup>와 상반된 결과였는데 그 이유는 농약잔류에 미치는 토양 요인중 유기물함량, 점토함량, 토양 pH, CEC 등이 본 실험에 사용된 공시토양(표 2)의 경우 큰 차이가



**Fig. 7. Effect of soil types on degradation of myclobutanil applied in the clay loam and the silty loam soils.** □ : clay loam soil, △ : silty loam soil

없는 데에서 찾아 볼 수 있다고 사료된다.

Myclobutanil처리가 실험기간중 미생물의 양적변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 조사한 myclobutanil처리토양과 무처리토양의 미생물수를 T-검정한 결과(표 13) 토양의 종류에 관계없이 myclobutanil처리토양과 무처리토양간의 차이를 인정할 수 없었다. 또한 표 13에 나타난 미생물수를 근거로

**Table 14. Change of microorganisms in the clay loam and the silty loam soils with and without myclobutanil application.** (Unit: CFU/g in soil)

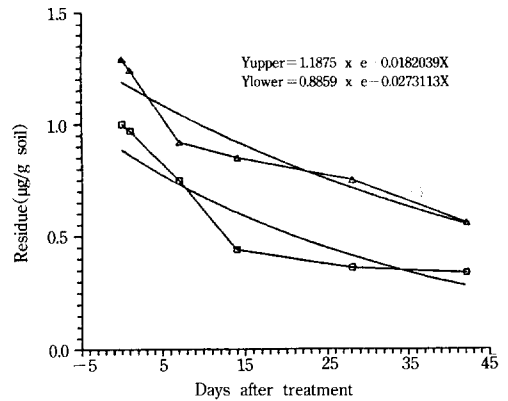
Soils	Microbes	Without myclobutanil				With myclobutanil				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
Clay	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	12.6	54.3	25.1	28.2	16.8	22.0	38.2	21.7	0.641	0.567
	Actino- mycetes × 10 <sup>5</sup>	17.2	20.1	4.4	17.8	10.1	15.7	19.1	20.6	0.403	0.714
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	22.6	20.9	17.0	16.0	8.8	25.0	14.7	21.4	0.477	0.666
	Total × 10 <sup>5</sup>	30.0	74.6	29.7	46.2	27.0	38.0	57.4	42.5	0.547	0.622
Silty loam	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	21.8	43.3	27.3	18.5	21.8	41.5	22.1	25.9	0.152	0.889
	Actino- mycetes × 10 <sup>5</sup>	7.3	23.7	11.4	14.3	7.3	14.6	11.7	16.6	0.259	0.813
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	9.6	30.4	18.7	18.5	9.6	26.5	19.2	14.3	0.281	0.797
	Total × 10 <sup>5</sup>	29.2	67.3	38.9	33.0	29.2	56.4	34.0	42.6	0.046	0.966

\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

미생물별로 두 토양간 차이를 T-검정한 결과(표 14) myclobutanil처리구내에서 방선균이 식양토에서 가 미사질양토에서보다 증가하였음을 알 수 있었다.

**7. 실내·포장 실험의 차이에 따른 myclobutanil의 분해성 및 미생물상 변화**

실내실험에서는 농약의 거동을 잔류분석에 미치는 요인별로 해석을 할 수가 있고 포장실험에서는 상세한 해석을 할 수 없어 토양중 농약의 운명을 조사하는데 있어서는 포장과 실내실험을 병행할 필요가 있다. 따라서 본 실험에서는 포장과실내 조건에 대해 myclobutanil을 처리하여 경시적으로 조사한 myclobutanil의 잔류량과 미생물수를 각각 그림 8, 표 16 및 표 17에 나타냈다. 포장과 실내실험에서의 myclobutanil의 분해양상은 현저한 차이가 나고 있어, 회귀식에서 구한 분해반감기로 볼 때 실내조건에서 33.5일이었고 포장실험에서는 21일로써 분해속도는 포장에서가 실내에서보다 1.6배 빨랐다(그림 8). 이와 같이 분해속도가 실내실험에서보다 포장실험에서 훨씬 빠른 이유는 포장에서는 약제처



**Fig. 8. Decomposition of myclobutanil treated in the silty loam soil under the conditions of upland field and laboratory.** □ : upland field, △ : laboratory

리후 강우(그림 1)에 따른 이동, 용탈에 의한 이행소실과 광에 의한 분해 때문인 것으로 사료된다.

Myclobutanil처리구와 무처리구내에서의 미생물수를 비교한 결과 포장실험에서 사상균과 총균수가 myclobutanil무처리구보다 처리구에서 훨씬 많은 것

**Table 15. Statistical analysis on change of microorganisms in different soils with and without myclobutanil treatment appeared on table 14.**

Treatment bility*	Microbes	Soil Types 7		Proba- T-test*
Nontreatment	Bacteria	CL : SiL	0.170	0.876
	Actinomycetes	CL : SiL	0.015	0.989
	Fungi	CL : SiL	0.106	0.922
	Total	CL : SiL	0.343	0.754
Treatment	Bacteria	CL : SiL	0.345	0.753
	Actinomycetes	CL : SiL	1.654	0.197
	Fungi	CL : SiL	0.214	0.844
	Total	CL : SiL	0.127	0.907

\*T-test and probability for comparison between the clay loam and the silty loam soils

**Table 16. Change of microorganisms in the silty loam soil with and without myclobutanil application in field and laboratory.** (Unit: CFU/g in soil)

Test Condi- tion	Microbes	Without myclobutanil				With myclobutanil				T-test*	Proba- bility*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
Upland	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	12.8	4.9	6.0	1.0	25.7	32.5	8.6	1.0	0.890	0.439
	Actino- mycetes × 10 <sup>5</sup>	2.9	1.3	4.2	0.5	14.6	1.8	2.1	1.8	0.616	0.581
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	7.5	7.0	2.1	4.2	6.8	24.2	4.4	10.1	1.197	0.317
	Total × 10 <sup>5</sup>	24.8	6.3	10.2	1.5	40.4	34.5	10.7	2.9	1.035	0.377
Labar- atory	Bacteria × 10 <sup>5</sup>	9.8	4.0	26.7	6.1	13.1	13.4	11.7	7.6	0.268	0.806
	Actino- mycetes × 10 <sup>5</sup>	1.3	3.6	3.0	5.9	2.8	3.0	1.9	2.3	0.277	0.806
	Fungi × 10 <sup>3</sup>	0.6	66.4	45.8	32.0	3.6	11.2	7.2	12.1	0.411	0.709
	Total × 10 <sup>5</sup>	11.1	8.3	30.2	12.3	15.9	16.5	13.7	10.0	0.018	0.987

\*T-test and probability for comparison between nontreatment and treatment of myclobutanil

으로 나타났고(표 16). 포장실험과 실내실험간의 미생물수의 비교에 있어서 두 처리구간의 차이는 인정할 수 없었다(표 17).

각 환경조건의 실험에서 조사한 미생물수와 myclobutanil의 잔류량간의 상관관계를 분석한 결과(표 18) 식양토에서 방선균이 고도의 부의 상관을 보였고 포장실험에서 사상균이 부의 상관을 보였을 뿐 기타 환경조건에 있어서는 유의성이 나타나지 않았

다.

이상의 실험결과를 종합해 보면 살균토양과 비살균토양에서의 myclobutanil분해속도는 살균토양에서 보다 비살균토양에서 빨랐고 미생물은 비살균토양에서 현저히 많은 것으로 보아 미생물이 myclobutanil의 분해에 관여한 것으로 판단되지만, 각 환경요인에 따라서는 분해속도와 미생물수와의 상관관계에서 유의성이 없는 경우가 많은 것으로 보아 이

**Table 17. Statistical analysis on change of microorganisms affected by the field(F) and the laboratory(L) conditions with and without myclobutanil treatment appeared on table 16.**

Treatment	Microbes	Test condition	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	F : L	0.641	0.567
	Actinomycetes	F : L	0.403	0.714
	Fungi	F : L	0.477	0.666
	Total	F : L	0.547	0.622
Treatment	Bacteria	F : L	0.152	0.889
	Actinomycetes	F : L	0.259	0.813
	Fungi	F : L	0.281	0.797
	Total	F : L	0.046	0.966

\*T-test and probability for comparison between laboratory and field test

**Table 18. Correlation between the residual level of myclobutanil and the numbers of microorganisms observed at various environmental conditions.**

Coefficient of Correlation		Microorganisms			
Factors		Bacteria	Actino- mycetes	Fungi	Total
Soil moisture(%)	40	-0.151	-0.562	0.314	-0.446
	60	-0.067	-0.358	-0.356	-0.218
	80	-0.497	-0.463	-0.244	-0.469
pH	5.5	-0.316	0.064	-0.016	-0.335
	7.0	-0.047	-0.576	-0.187	-0.391
	9.0	-0.577	0.695	0.601	0.113
Temperature (°C)	17	0.718	-0.074	-0.311	0.626
	27	-0.087	-0.358	-0.356	-0.218
	37	-0.305	0.480	-0.071	0.023
Concentration (ug/g)	10	-0.087	-0.358	-0.356	-0.218
	20	0.052	-0.850	-0.416	-0.179
Soil type	SCL	-0.598	-0.995**	-0.798	-0.827
	CL	0.052	-0.850	-0.416	-0.179
Field and Lab. test	Field	0.500	0.522	-0.893*	0.510
	Lab.	0.749	0.924	-0.126	0.836

\* : P<0.05, \*\* : P<0.01

는 각 환경조건에서 잘 적응하는 미생물의 수가 증가하였을 뿐 그 미생물의 자체특성과 활성 그리고 myclobutanil의 분해능력의 차이에 기인한 것으로

추론되어 차후 이에 대한 계속적인 연구가 필요하다.

## 요약

발토양중 myclobutanil의 분해성과 이 농약이 토양미생물상에 미치는 영향을 검토하기 위하여 살균·비살균토양과 수분함량, 토양 pH, 토양 온도, 약제처리농도, 토양종류 및 실내·포장토양등의 조건에 따라 myclobutanil을 처리한후 경시적으로 토양을 채취하여 농약잔류량과 토양미생물수를 조사하였는바 그 결과는 다음과 같다.

회귀식에서 구한 분해반감기로 본 myclobutanil의 분해속도는 살균토양에서보다 비살균토양에서, 실내실험에서보다 포장실험에서, 20ppm처리보다 10ppm처리에서, 그리고 미사질양토에서보다 식양토에서 각각 3.9배, 1.6배, 1.4배 그리고 1.2배 정도 빨랐다.

토양 pH의 차이에 따른 myclobutanil의 분해속도는 pH 9에서 가장 빨랐고 pH 5.5에서 가장 느렸으며, 토양온도의 차이에 따른 myclobutanil의 분해속도는  $27^{\circ}\text{C} > 37^{\circ}\text{C} > 17^{\circ}\text{C}$ 의 순으로 빨랐고, 토양수분함량별 실험에서 myclobutanil의 분해속도는 차이가 없었다.

살균토양에서의 미생물수는 매우 적었으나 비살균토양에서는 많이 발생되었다. 수분함량, pH, 온도, 처리농도 및 토성의 차이에 따른 myclobutanil의 처리구와 무처리구간의 미생물수를 T-검정한 결과 차이가 나지않았다.

포장실험토양에서 사상균 및 총균수는 myclobutanil 처리구가 무처리구보다 많았으나 실내실험토양에서는 차이가 나지 않았다.

Myclobutanil 무처리구내에 있어서 pH, 처리농도, 토성 및 실내.포장조건의 차이에 따른 미생물수는 차이가 나지 않았으나, 포장용수량의 60% 수분함량에서는 40% 수분함량에서 보다 세균이 그리고 토양온도  $17^{\circ}\text{C}$ 에서는  $37^{\circ}\text{C}$ 에서보다 사상균이 각각 많이 발생되었다.

Myclobutanil 처리구내에 있어서 pH 및 포장.실내조건의 차이에 따른 미생물수는 차이가 없었으나, 세균과 총균수가 포장용수량의 80%수분함량에서는 40%와 60%수분함량에서보다 많았으며, 방선균의

수는  $17^{\circ}\text{C}$ 에서보다  $27^{\circ}\text{C}$ 에서 그리고 미사질양토에서보다 식양토에서 각각 많았다.

## 참고문헌

1. Brown, A. W. A. (1978). Ecology of pesticides. John Wiley and Sons, New York.
2. Parr, J. F. (1974). Effect of pesticides on microorganisms in soil and water. In W. D. Guenzi(ed.) Pesticides in soil and water. SSSA, Madison, WI. p. 315-340.
3. Aderson, J. R. (1978). Pesticide effects non-target soil microorganismes, Hill, I. R. and Wright(ed.) S.J.L. Pesticide microbiology. Academic Press, London p. 313.
4. Guenzi, W. D. (1974). Pesticides in Soil and Water, Soil science Society of America, p. 1-562.
5. Skipper, M. D., Muller, J. G., Ward, V. L., and Wager, S.C. (1986). Microbial Degradation of Herbicides in Research Methods in Weed Science, Southern Weed Science Society of America, : 457--475.
6. 土壤微生物研究會, (1981). 土の微生物, 博友社, p. 389-419.
7. Guth, J. A. (1980). "Interactions between Herbicides and the Soil." ed. by R.J. Hance. Academic Press, London, p. 123-158.
8. Hill, I. R., and Wright, S. J. L. (1978). Pesticide Microbiology, Academic Press, London, p. 79-136.
9. Martin, J. P., and Scott, D. E. (1981). Proc. West Soc. Weed Sci, 34 : 39.
10. Torstensson, L. (1980). "Interactions between Herbicides and the Soil," ed. by R. J. Hance. Academic Press, London, p. 159-178.
11. 深見順一, 上杉康彦, 石塚皓造, 富澤長次浪 (1981). 農藥實驗法, 4, 환경화학 분석론, Soft

- Science 社, p. 135-185.
12. 정영호, 박영선 (1990). 농약학, p. 95-102.
  13. 김길용 (1988). 잡초방제학원론, 경북대학교 출판부, p. 218-272.
  14. Cheng, H. H. (1990). Pesticides in the Soil Environment; Processes, Impacts and Modeling, Soil Science Society of America, p. 429-466.
  15. Munnecke, D. M., Johnson, L. M. Talbot, H. W., and Barik, S. (1982). Microbial Metabolism and Enzymology of Selected Pesticides, In A.M. chakrabarty(ed.) Biodegradation and Detoxication of Environmental Pollutants, CRC Press, Boca Raton, FL: 1-32.
  16. 김광식, 김용웅, 이명철, 김현우 (1987). 농약이 토양미생물상에 미치는 영향에 관한 연구, I 살균, 살충제가 토양중의 미생물, 토양호흡 및 효소활성에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, **20**(4) : 375-385.
  17. 김광식, 김용웅, 김지애, 김현우 (1988). 농약의 토양미생물상에 미치는 영향에 관한 연구, II 제초제가 토양중의 미생물과 효소활성에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, **25**(1) : 61-71.
  18. 이경보, 김용웅, 김광식 (1988). 농약이 토양미생물상에 미치는 영향에 관한 연구, III 농약이 담수토양의 질소순환에 관여하는 미생물에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, **21**(2) : 149-159.
  19. 문영희 (1990). 담수토양중에 있어서 살충제 fenitrothion의 분해속도에 미치는 각종 환경조건의 영향, 한국환경농학회지, **9**(1) : 1-8.
  20. 문영희, 김윤태, 김영석, 한수곤 (1993). 토양중 살충제 ethoprophos의 분해성 및 이동성의 측정과 예측에 관한 모델 연구, 한국환경농학회지, **12**(3) : 209-218.
  21. Alexander, M., and Aleem, M. I. H. (1961). Effect of chemical structure on microbial degradation of aromatic herbicides, J. Agric, Food Chem, **9** : 44-47.
  22. Audus, L. J. (1964). Herbicide behaviour in the soil, The physiology and biochemistry of herbicides, Academic Press, London, p. 163-206.
  23. Bollen, W. B., Roberts, J. E., and Morison, H. E. (1968). Soil properties and factors influencing aldrin-dieldrin recovery and transformation, J. Econ. Entomol, **51** : 214-219.
  24. 姜奎寧 (1978). 제초제 Bentazone이 질산화작용 및 토양 미생물의 군수에 미치는 영향, 한국농화학회지, **21**(2) : 81-83.
  25. Katayama, Arata, Hiroshi Isemura, and Shozo Kuwatsuka (1991). Population Change and Characteristics of Chlorothalonil-Degrading Bacteria in Soil, J. Pesticide Sci., **16**(2) : 239-245.
  26. Kaufman, D. D. (1974). In W. D. Guenzi (ed.) Pesticides in soil and water. SSSA, Madison, WI. P. 133-202.
  27. Kaufman, D. D. (1977). Biodegradation and Persistence of Several Acetamide, Acylanilide, Azide, Carbamate, and Organophosphate Pesticide Combination, Soil Biol. Biochem, **9** : 49-57.
  28. Khan, S. U. (1980). Pesticides in the soil environment, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam.
  29. 이재구, 조광래, 오경석, 경기성 (1993). 제초제 Bentazon의 토양 미생물에 의한 분해, 한국환경농학회지, **12**(2) : 121-128.
  30. 이상복, 佐藤 匡, 소재돈 (1994). 토양현탁액중에서 Cellulose와 살균제 Chlorothalonil 연용이 세균의 밀도 변화에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, **27**(1) : 48-53.
  31. 문영희 (1990). 담수토양중에 있어서 살균제 IBP의 분해속도에 미치는 각종 환경조건의 영향, 한국농화학회지, **33**(2) : 133-137.



32. Ozaki Mamoru, Tanaka Yoshimi, and Kuwatsuka Shozo (1986). Degradation of Isouron in Soils, *J. Pesticide Sci.* **11** : 223-229.
33. 양창술 (1985). 농약이 토양미생물상에 미치는 영향; 토양세균 Flora의 구성변화에 대하여-, 한국토양비료학회지, **18**(2) : 221-226.
34. 柳震彰, 蘭道生, 古賀汎 (1984). 농약제의 사용이 비옥성 및 미생물상에 미치는 영향 II, CNP 제조제 사용이 토양미생물 flora에 미치는 효과, 한국 토양비료학회지, **17**(1) : 67-76.
35. 松口龍彦, 石澤修一 (1969). 農藥か土壤の微生物とその作用におよぼす影響 (そ-のこ) クロル IPC (CIPC)의影響, 日本土壤肥料學會誌, **40** : 20-25.
36. Tyunyaeva, G. N., Minenko, A. K., and Penkov, L. A. (1974). The effect of treflan on the biological properties of Soil, *Agro Khimiya*, No. 6: 110-114.
37. 한성수, 김성조, 백승화, 최효정 (1990). 농약이 담수토양중 미생물상 변화에 끼치는 영향, 한국 토양비료학회지, **9**(2) : 83-95.
38. 한성수 (1974). 제조제의 토양중 행동에 관한 연구-제조제의 토양중 분해 불활성화-, 전북대학교 대학원 석사학위논문, p. 1-25.
39. Ozaki Mamoru, Tanaka Yoshimi, and Kuwatsuka Shozo (1986). Reductive Degradation of Isouron in Soils under Anaerobic Conditions, *J. Pesticide Sci.* **11**(3) : 409-413.