

## 환경조건 차이에 따른 밭 토양중 제초제 Napropamide의 잔류 및 토양미생물상 변화

한성수 · 정재훈 · 최찬규\*

### Residue of Herbicide Napropamide and Change of Microorganism in Upland Soil Under Different Environmental Conditions

Han, S.S., J.H. Jeong and C.G. Choi

#### ABSTRACT

Residue of herbicide napropamide [N,N-dimethyl-2-(1-naphthoxy)-propionamide] and change of micro-organism were investigated in upland soil under different environmental conditions.

Half-lives of degradation were 28.3 days in the sterile soil and 14.6 days in the nonsterile soil, respectively. These results suggest that microorganism remarkably affected the decomposition of napropamide. Napropamide was rapidly degraded in order of 60% > 80%  $\cong$  40% soil moisture content of field water-holding capacity. Numbers of bacteria and total microbes in 60% moisture content was more than those in 40% moisture content. The more the napropamide degradation was rapid in lower soil pH. The total number of microorganism increased by lapse of time after treatment of napropamide at pH 5.5.

The decomposition rate of napropamide was rapid in the order of 27°C > 37°C > 17°C. At 17°C of soil temperature actinomycetes in napropamide treatment plot was more than these in nontreatment plot and also at 27°C and 37°C bacteria in napropamide treatment plot was more than those in nontreatment plot. Napropamide degradation was more rapid and number of microorganism was more abundant at the concentration of 10ppm than at that of 20ppm.

The half-life of napropamide was longer in the clay loam soil than in the silty loam soil. The half times in laboratory test than in upland field. Numbers of microbes in the experiment under all the test environmental condition was not significantly different between treatment and nontreatment of napropamide.

Key Words : Herbicide napropamide, residue, degradation, half-lives, decomposition, micro-organism.

\* 원광대학교 농과대학 농화학과(Dept. of Agricultural Chemistry, Wonkwang Univ. Iri 570-749, Korea)

<1994. 10. 28 접수>

## 서 언

토양에 처리된 농약의 행동은 처리부위 및 방법이나 농약제형에 따라 다르고 다소의 차이는 있으나 경엽처리의 경우 식물체에 흡수되거나 대기중에 휘산되기는 하지만 상당량의 농약이 토양에 투입 집적되며, 토양처리 입체의 경우는 거의 100%가 토양에 집적된다. 토양에 투입된 농약은 환경의 영양을 직접 받게 되며 그 중에서 토양의 성질과 토양중 미생물 등의 복잡한 상호작용을 받게 되므로 농약의 행동을 정확히 파악하기는 어려우나 농약이 토양생태계에 미치는 충격의 유무, 강약의 연구는 무엇보다 중요한 과제이며 또한 시급한 문제이다.

또한 잡초방제의 목적으로 토양에 처리된 제초제의 경우 어느 기간 만큼 토양중에 잔류하게 되는가 하는 문제는 살초력의 대소, 후작물의 약해유무에 직접적인 영향이 있는 것이기 때문에 제초제의 효과적이며, 안전한 사용을 위해서도 매우 중요한 과제이다.

더우기 근래에 세계적으로 대두되고 있는 농약의 환경공해면에서도 사용한 농약이 오래 동안 토양에 잔류하여 다른 작물에 영향을 주거나 차기 수확물을 오염시키는 등 장기간에 걸쳐서 만성적으로 인체에 해독을 끼치게 될 것이라는 문제<sup>5,10,37</sup>)와 관련지어 이는 매우 중요한 의미를 갖는다. 따라서 경작지에 많이 사용하고 있는 제초제의 잔류량 구명을 명확히 한다는 것은 공해에 대한 방지책을 세우는 면에서 필연적인 과제이기도 하다.

近内 등<sup>19</sup>)과 Kuwatsuka<sup>20</sup>)는 제초제를 토양에 사용했을 경우에 있어서 토양잔류기간은 토양 미생물에 의한 분해, 화학적 분해, 토양교질에 의한 흡착 불활성화, 식물의 흡수, 물에 의한 유실, 용탈, 휘발성 및 광분해 등 각종 조건의 영양을 받은 결과로서 나타난다고 하여 제초제의 분해인자 전반에 걸쳐 언급하였으며, 제초제가 토양에 잔류하는 정도는 살포약량, 제형, 약제의 이화학적 특성등의 약제요인, 토성,

토양수분, 토양 pH, 유기물 함량, CEC 등의 토양요인, 온도, 수분, 등의 환경요인, 작부체계, 작물종류 등의 경종요인과 같은 여러 요인이 복합적으로 작용하여 나타나게 된다.<sup>8,14,17,29</sup>)

토양중에서 제초제가 소실되어지는 주요 경로는 분해과정이며 이 과정을 거쳐 화합물의 형태를 잃어가면서 대부분 독성이 크게 감소되나, 종류에 따라서는 모화합물 그대로 또는 독성이 활성화된 대사산물이 토양내에서 상당기간 잔류하며 활성을 띄게 되므로 처리된 농약은 소기의 목적을 달성한 후 어떠한 형태로든 분해 또는 불활성화되어 소실되어야 바람직하다.

한편 농약이 토양환경에 들어가면 미생물학적, 화학적, 광화학적 분해<sup>6,11,13,39</sup>)와 같은 수많은 변화과정을 거치게 되는데 그 중에서 미생물 분해가 가장 중요하다.<sup>12,13,16,28</sup>)

미생물의 보고로서의 토양에는 대단히 많은 수와 종류의 미생물이 서식하고 있고, 농약의 미생물에 의한 분해는 이들 미생물의 최적 조건에서 왕성히 일어날 수 있으며 환경요인, 즉 온도, 수분, pH, Eh, 영양분 등의 영향을 받는다. 그리하여 환경조건의 차이에 의해 각기 다른 미생물 군락을 구성하기도 하고 일시적인 조건의 변화에 따라서 미생물 군락의 구성이 변화되기도 한다. 이러한 변화는 구체적으로 미생물의 수와 종류가 변하거나 바뀌는 현상으로 나타난다<sup>8</sup>). 따라서 농약이 농경지에 사용된 이후의 미생물과 농약분해의 관계는 토양생태계구성을 좌우할 만큼 중요하다<sup>40</sup>).

일반적으로 제초제 분해미생물은 제초제를 처리하지 않은 토양중의 미생물 총수의 0.1% 미만이고, 제초제 분해미생물의 군락은 제초제 처리후 증가하는 것으로 알려져 있다.<sup>7,21,36</sup>) 제초제 사용이 토양 미생물의 활성에 영향을 끼쳐서 질산화 작용과 질소고정을 선택적으로 억제하였다고 하며<sup>18,22,33,35</sup>) 제초제의 사용으로 토양중 미생물의 수 또한 감소된다고 하였으나<sup>3,4,15</sup>) 화학비료 또는 농약을 권장농도로 사용하면 미생물의 장기적인 증식 및 활성에는 거의 영향이 없다고 하였고<sup>2,9,40</sup>), 토양미생물의 수는 유기

물이나 Cellulose 첨가에 의하여 토양의 물리성을 개선 또는 이용가능한 탄소 또는 질소원의 공급을 통하여 증가된다고 하였다<sup>1,23,41)</sup>.

농약잔류량조사는 합리적 농약 사용을 위해 필수적이고 또한 농약분해에 미생물이 크게 관여하기 때문에 본 연구에서는 잔효지속성이 긴 것으로 알려진<sup>34)</sup> 토양처리형 제초제 napropamide를 선정, 토양에 처리하여 여러 가지 환경조건의 차이에 따라 토양중 napropamide의 분해특성을 구명하고, 또한 napropamide가 토양중 미생물의 양적변화에 끼치는 영향을 검토할 목적으로 수행한 일련의 실험 결과를 보고한다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시제초제 및 토양

본 실험에 사용된 제초제 napropamide는 50% 수화제 및 99.3% 표준품으로 농약 연구소에서 분양받아 사용하였고, 공시토양은 표 1에 나타낸 바와 같이 토양 특성이 다른 식양토와 미사질양토이었다.

### 2. 제초제 정량 분석

공시약제의 추출은 토양시료 5g에 acetone 20ml를 사용하여, 30분간 가운 진탕 추출하였고 이를 여과하여 최종 25ml가 되도록 정용하였다. 상기 추출액 10ml에 20ml의 증류수와 benzene 20ml, 포화식염수 1ml를 가한 후 separatory funnel shaker로 5분간 격렬하게 진탕한 후 benzene층을 분리하였다. 이에 무수황산나트륨을 가하여 탈수시킨 후 감압농축한 다음, acetone 5ml를 가하여 재차 감압농축하여 건조시켰다. 건조된 잔류물을 acetone으로 최종 정용하여 그 중 2 $\mu$ l를 GLC-FTD에 주입하여 분

석하였다. 이 때의 최소 검출량은 0.5ng, 검출한계는 1ppm이었고, 회수율은 82~90% 범위이었으며, retention time은 2.24분이었다.

### 3. 미생물 조사

토양시료 2g을 100ml 삼각 플라스크에 넣고 18ml의 멸균수를 가하여 30분간 진탕한 후 희석평판법을 이용하여 세균은 egg albumin 한천 배지, 사상균은 Rose bengal한천 배지에서 각각 28°C, 5일간 배양하였고, 방선균은 Soil extract + egg albumin한천배지에서 28°C, 7일간 배양한 후 발생 colony수를 계수하였다.

### 4. 각종 환경차이에 따른 토양중

#### napropamide의 분해성 및 미생물상 변화

공시토양을 2mm토양체로 쳐서 풍건시킨 후 100ml의 삼각플라스크에 50g씩 넣은 다음 수분함량의 차이에 따른 실험을 제외하고는 포장용수량의 60% 수분함량이 되도록 조절하였고, 이를 27°C에서 2주간 preincubation하여 사용하였다. 또한 토양온도의 차이에 따른 실험을 제외한 모든 실험은 27°C에서 실시하였다.

약제처리는 50% 수화제를 사용하여 소정의 약량이 되도록 처리하였고, 토양시료 채취는 약제처리후 0, 1, 7, 14, 28, 42일에 채취하여 잔류량 및 미생물수를 조사하였다.

살균 및 비살균토양에서의 잔류량 및 미생물상 변화에 사용한 토양은 100ml 삼각플라스크에 토양 50g을 넣고 수분을 조절한 후 2주간 preincubation하여 비살균토양은 그대로 사용하였고, 살균토양은 121°C에서 1시간 동안 살균한 후, 이를 27°C에서 1일간 배양하여 간헐살균하였다.

토양수분함량의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 관한 실험은 토양수분함량을 포장용수량의 40%, 60%, 80% 수분함량이 되도록 멸균수를 사용하여 조절하였고, 증발량은 일주일 간격으로 조사하여 멸균수로 보충하였다. 토양 온도의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 관한 실험은 토양 온도를 17°C, 27°C 및 37°C가 되도록 조절된 항온기에서 실

Table 1. Some 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

시하였으며, 토양 pH에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 대한 실험은 토양 pH를 인산완충액과 1M NaOH로 pH 5.5, pH 7.0, pH 9.0이 되도록 조절하였고, 1주일마다 변화된 pH를 조정하여 수행하였다.

약제처리농도와 토성의 차이에 따른 잔류량 및 미생물상 변화에 대한 실험은 각각 약제처리 최종농도가 10ppm 및 20ppm이 되도록 하였고, 토양은 원광대학교 실습포장내 발토양 2종류(표 1)를 선정하여 실시하였다.

실내 및 포장 토양에서의 잔류량 및 미생물상 변화에 관한 실험은 27°C의 실내 항온조건과 야외 포장조건에서 약제를 처리하여 수행하였으며, 포장실험 기간동안의 기상개황은 그림 1에 나타낸 바와 같다.

## 결 과

### 1. 각종 환경조건의 차이에 따른 토양중 napropamide의 분해성

#### 1) 살균토양과 비살균토양

제초제의 미생물 분해는 가장 중요한 수단의 하나이고 토양미생물에 의한 농약의 분해를 추구하기 위해서는 살균토양과 비살균토양에서 농약의 분해능을 비교해 보면 알 수 있다. 따라서 본 실험에서는 토양살균 유무에 따른 토양중 napropamide의 잔류량을 경시적으로

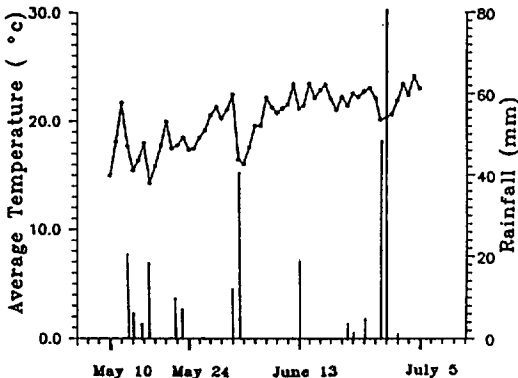


Fig. 1. Fluctuations of average temperature and rainfall during field experiment.

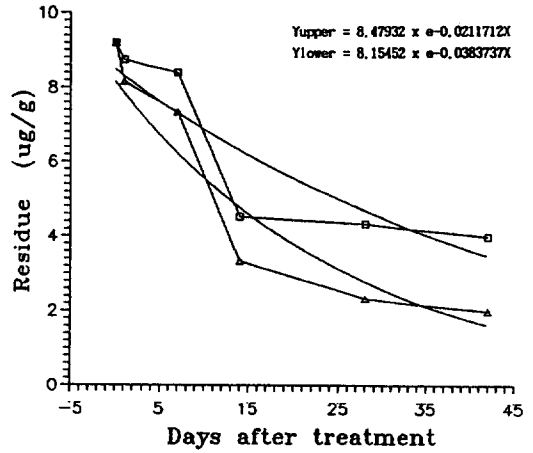


Fig. 2. Degradation of napropamide in the sterile and the nonsterile silty loam soils.

□ : sterile soil, △ : nonsterile soil

조사하여 나타낸 결과는 그림 2와 같다. 약제처리후 잔류량 조사시기가 경과되면서 비살균토양에서나 살균토양에서 분해되어지는 양상은 처리후 일주일부터 급격한 분해속도를 나타냈으나, 그 이후부터는 살균토양에서가 비살균토양에서보다 완만한 분해속도를 나타냈다(그림 2).

회귀식에 의해 구한 분해반감기는 살균토양에서 28.3일 그리고 비살균토양에서 14.6일로 살균토양에서가 비살균토양에서 보다 2배 정도 느림을 알 수 있었다.

#### 2) 토양수분함량

토양수분함량이 napropamide의 분해성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 토양수분함량을 포장용수량의 40%, 60% 및 80%로 조절, 유지하면서 실험한 결과는 그림 3과 같다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 잔류량 조사시기가 경과되면서 비슷한 양상으로 napropamide의 잔류량은 감소되는 경향이나 회귀식에 의해 구한 분해반감기는 60% 수분함량구에서 17일로 가장 짧았으며, 80% 수분함량구에서 19.3일이었고, 40% 수분함량구에서 38.5일로 가장 길었다. 이 결과는 napropamide의 경우 적습상태인 60% 수분함량구와 과습상태인 80% 수분함량구에서의 분해속도는 차이가 거의 없으나 건조상태인 40% 수분함량구에서는 적습이나 과

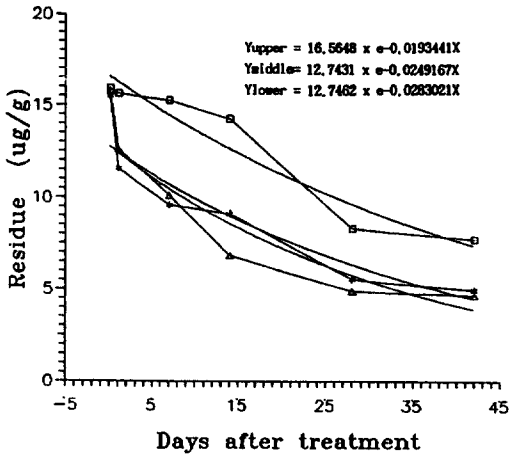


Fig. 3. Effect of soil moisture content on degradation of napropamide in the silty loam soil.

□ : 40%,    △ : 60%,  
 ※ : 80% of field capacity

습상태에 비해 2배 정도 긴 분해속도를 나타냈다.

### 3) 토양 pH

토양 pH가 napropamide의 분해성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 토양 pH를 5.5, 7.0 및 9.0으로 조절, 유지시키면서 제초제처리를 한 후 경시적으로 조사한 잔류량 분석결과는 그림 4와 같다. Napropamide의 토양중 잔류량은 각 pH에서 시간이 경과되면서 감소되었으나, 분해속도를 회귀식에 의해 구한 분해반감기로 보면 pH 5.5에서는 17일, pH 7에서는 25일, 그리고, pH 9에서는 31일이었다.

이 결과로 보아 napropamide는 본 실험 pH 범위내에서 pH가 낮을수록 분해가 빠른 것으로 사료된다.

### 4) 토양온도

토양온도의 차이에 따른 napropamide의 분해성을 조사한 결과는 그림 5와 같다. 각 토양온도에 있어서 napropamide의 잔류량은 조사시기가 경과되면서 비슷한 양상으로 감소되나 그 감소되는 정도는 시험한 각 토양온도에서 서로 다르게 나타났다. 즉, 27°C에서 가장 빠르게 분해되었고 다음은 37°C, 17°C의 순으로,

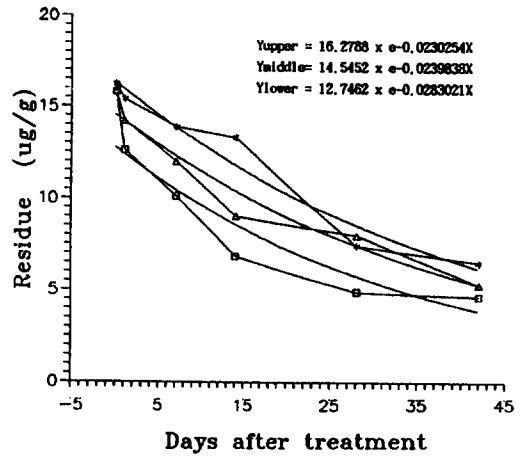


Fig. 4. Effect of soil pH on the change of soil microbes in the clay loam soil applied with and without napropamide.

□ : pH 5.5,    △ : pH 7.0,  
 \* : pH 9.0

분해반감기를 구해보면 27°C에서 17일, 37°C에서는 27일, 17°C에서 34일로써 분해속도는 17°C에서보다 27°C에서 2배정도 빠른 것을 알 수 있었다.

### 5) 약제처리농도

Napropamide처리농도의 차이에 따른 분해특성을 검토하기 위하여 10ppm과 20ppm농도로 처리한 후 경시적으로 조사한 잔류량은 그림

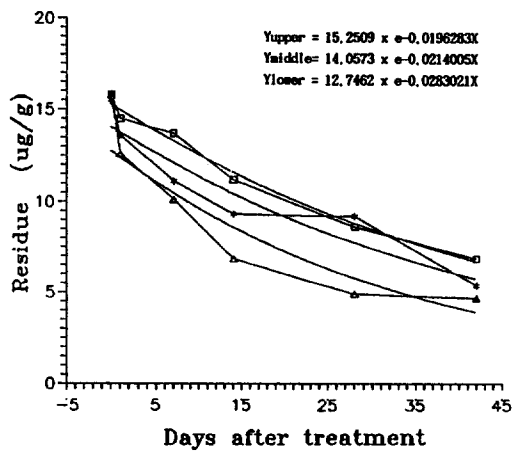


Fig. 5. Effect of temperature on degradation of napropamide in the silty loam soil.

□ : 17°C,    △ : 27°C,    \* : 37°C

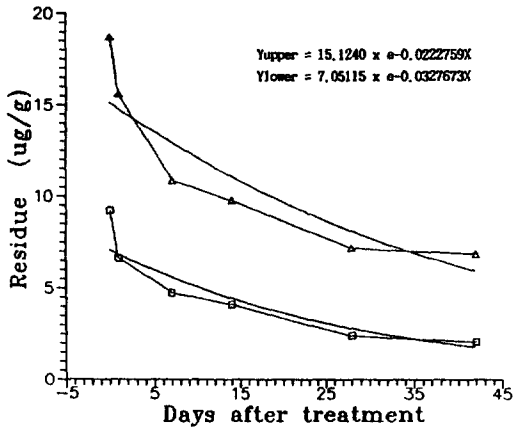


Fig. 6. Effect of application concentration on degradation of napropamide in the silty loam soils.

□ : 10ppm,    △ : 20ppm

6과 같다.

두 처리농도에서의 조사시기별 잔류량은 약제처리후 1주일까지는 급격히 감소되었으나 그 이후에는 완만한 분해양상을 나타냈다. 분해반감기를 보면 10ppm 처리구에서 13.6일 그리고 20ppm 처리구에서는 21.1일로써, 10ppm 처리구에서가 20ppm 처리구에서보다 1.6배 정도 빠르게 분해되었다. 이 결과로 볼 때 처리약량이 높으면 낮은 약량에서 보다 분해속도가 느리기는 하지만 그 분해속도가 처리약량에 비례하지는 않는 것으로 판단된다.

#### 6) 토양종류

토성의 차이에 따른 napropamide의 분해속도를 비교하기 위하여 토성이 서로 다른 두 토양에 동일 약량의 napropamide를 처리하여 조사한 잔류량은 그림 7에 나타낸 바와 같다. 회귀식으로 구한 분해반감기는 식양토에서 27.7일이었고 미사질 양토에서 17일로써 미사질양토에서의 분해속도가 식양토에서 보다 1.6배 빨랐으며 이 결과로 보아 본 약제의 경우 토성의 차이에 따라 분해정도가 다르다는 것을 시사해 준 것이라 사료된다.

#### 7) 실내와 포장조건

포장실험 토양과 동일한 토양에 napropamide를 처리하여 실내에서 행한 잔류분석 결과와 포장에 처리한 잔류분석결과는 그림 8에 나타

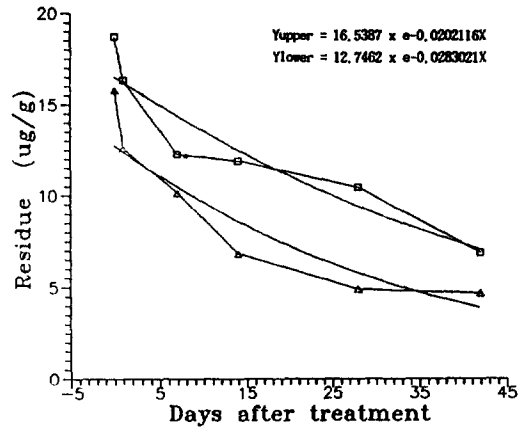


Fig. 7. Effect of soil types on degradation of napropamide in the clay loam and the silty loam soils.

□ : clay loam soil,    △ : silty loam soil

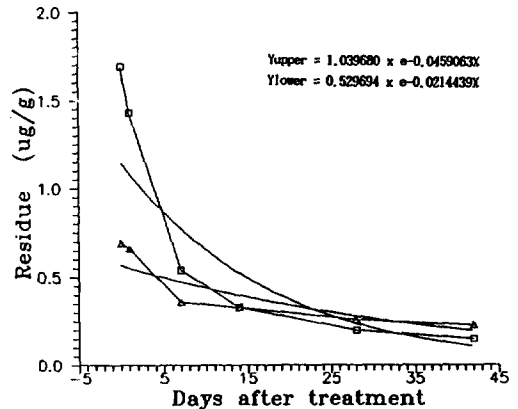


Fig. 8. Decomposition of napropamide in the silty loam soil under the conditions of upland field and laboratory

□ : upland field,    △ : laboratory

낸 바와 같다.

분해반감기는 포장에서 5.4일이었고 실내에서 19.1일로써 포장에서가 실내에서보다 3.5배 정도 빠른 결과이었다. 이와 같이 실내조건에서 보다 포장조건에서의 분해속도가 빠른 것은 포장실험의 경우 광분해, 강우, 온도 등의 환경요인이 작용한 때문이라 사료된다.

## 2. 각종 환경조건의 차이에 따른 토양중 미생물상 변화

### 1) 살균토양과 비살균토양

살균, 비살균 토양에 napropamide를 처리한

**Table 2.** Change of microbes in the sterile and the nonsteril soils treated with napropamide.

Soil	Microbes	Days after napropamide treatment			
		0	14	28	42
Sterile Soil	Bacteria( $\times 10$ )	2.5	0	1.8	0
	Actinomycetes( $\times 10^2$ )	0	29.7	6.5	0
	Fungi( $\times 10^2$ )	0	0	11.6	29.2
	Total( $\times 10^3$ )	0.26	29.7	18.28	29.2
Nonsterile Soil	Bacteria( $\times 10^5$ )	75.2	28.6	16.6	27.6
	Actinomycetes( $\times 10^5$ )	12.4	15.3	17.2	17.9
	Fungi( $\times 10^3$ )	15.7	16.9	10.4	36.4
	Total( $\times 10^5$ )	87.8	44.1	33.9	45.9

**Table 3.** Effect of soil moisture content on change of soil microbes in the silty loam soil applied with and without napropamide.

Water content (%)	Microbes	Without napropamide				With napropamide				T - test <sup>*</sup>	
		Days after treatment								Value	Proba- bility
		0	14	28	42	0	14	28	42		
40	Bacteria( $\times 10^5$ )	16.3	52.2	21.9	18.6	4.2	30.4	25.7	19.8	0.599	0.591
	Actino- mycetes( $\times 10^5$ )	5.2	17.5	6.8	25.3	6.1	12.5	17.2	15.8	0.127	0.907
	Fungi( $\times 10^3$ )	22.4	32.8	24.1	14.2	17.7	24.5	14.9	14.6	1.181	0.323
	Total( $\times 10^5$ )	21.7	70.0	28.9	44.0	10.5	43.1	43.0	35.7	0.542	0.625
60	Bacteria( $\times 10^5$ )	21.8	63.2	27.3	18.5	5.7	79.3	39.8	21.1	0.196	0.857
	Actino- mycetes( $\times 10^5$ )	7.3	23.7	11.4	14.3	10.4	17.9	17.9	13.3	0.357	0.745
	Fungi( $\times 10^3$ )	9.6	30.4	18.7	18.5	10.7	29.1	19.8	15.1	0.020	0.912
	Total( $\times 10^5$ )	29.2	87.2	38.9	33.0	16.2	97.5	57.9	34.6	0.027	0.980
80	Bacteria( $\times 10^5$ )	18.4	75.5	21.3	21.0	4.3	42.9	23.6	39.5	0.357	0.745
	Actino- mycetes( $\times 10^5$ )	6.6	20.2	26.8	17.3	16.9	15.3	10.9	20.4	0.022	0.984
	Fungi( $\times 10^3$ )	12.1	41.2	26.8	18.1	15.6	31.7	16.1	15.8	0.019	0.986
	Total( $\times 10^5$ )	25.1	96.1	48.4	38.5	22.4	58.5	34.7	60.1	0.301	0.783

<sup>\*</sup>T-test value and probability for comparison between nontreatment and treatment of napropamide.

후 2주간격으로 조사한 미생물의 발생수를 보면(표 2) 비살균토양에 비하여 간헐살균한 살균토양에서는 매우 적은 수의 세균, 방선균 및 곰팡이가 발생하였다. 비살균 토양에서의 총균수는 약제처리후 28일까지 감소되었다가 약제처리 42일후 다시 증가하기 시작하였다.

## 2) 토양수분함량

토양수분함량의 차이 및 제초제처리 유무가 미생물수의 변화에 미치는 영향을 보기 위하

여 토양수분함량을 포장 용수량의 40%, 60% 및 80%로 조절한 토양에 napropamide의 처리와 무처리 토양 중 미생물수의 변화는 표 3 및 표 4와 같다.

각 미생물에 대하여 napropamide 처리구와 무처리구간의 미생물수를 비교하기 위하여 T-검정한 결과(표 3) 40% 수분함량구내 사상균에서 napropamide 무처리구와 처리구간에 약간의 차이가 있을 뿐, 기타 처리에서는 napropamide

**Table 4.** Statistical analysis on change of microorganisms affected by moisture content.

Treatment	Microbes	Soil moisture content (%)	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	40 : 60	1.394	0.258
		40 : 80	0.882	0.443
		60 : 80	0.160	0.883
	Actino mycetes	40 : 60	0.263	0.806
		40 : 80	0.467	0.672
		60 : 80	0.434	0.693
	Fungi	40 : 60	0.490	0.658
		40 : 80	0.228	0.853
		60 : 80	0.204	0.851
	Total	40 : 60	0.480	0.664
		40 : 80	0.789	0.488
		60 : 80	0.455	0.680
Treatment	Bacteria	40 : 60	1.149	0.334
		40 : 80	0.687	0.541
		60 : 80	0.347	0.751
	Actinomycetes	40 : 60	0.558	0.616
		40 : 80	0.410	0.709
		60 : 80	0.147	0.893
	Fungi	40 : 60	0.568	0.592
		40 : 80	0.465	0.674
		60 : 80	0.317	0.772
	Total	40 : 60	1.093	0.354
		40 : 80	0.850	0.458
		60 : 80	0.062	0.954

\*T-test and probability for comparison of microorganism among each moisture contents.

**Table 5.** Effect of soil pH on the change of soil microorganisms in the clay loam soil treated with and without napropamide.

Soil pH	Microbes	Without napropamide				With napropamide				T - test*	
		Days after treatment								Value	Probability
		0	14	28	42	0	14	28	42		
5.5	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	21.8	63.3	27.3	18.5	5.7	79.3	39.8	21.1	0.196	0.857
	Actino-mycetes(x10 <sup>5</sup> )	7.3	23.7	11.4	14.3	10.4	17.9	17.9	13.3	0.314	0.774
	Fungi(x10 <sup>5</sup> )	9.6	30.4	18.7	18.5	10.7	29.1	19.8	15.1	0.120	0.912
	Total(x10 <sup>5</sup> )	29.2	87.3	38.9	33.0	16.2	97.5	57.9	34.6	0.027	0.980
7.0	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	61.2	34.1	23.9	20.8	39.3	35.1	20.5	24.7	0.380	0.729
	Actino-mycetes(x10 <sup>5</sup> )	2.7	20.0	4.2	0.3	30.7	18.2	29.6	1.3	1.311	0.281
	Fungi(x10 <sup>5</sup> )	32.8	12.2	23.9	22.6	16.6	25.7	25.7	21.3	0.030	0.978
	Total(x10 <sup>5</sup> )	64.2	54.2	28.3	21.3	70.2	53.6	50.4	26.2	0.902	0.434
9.0	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	52.3	62.4	33.8	1.6	25.7	60.3	60.3	42.1	0.442	0.689
	Actino-mycetes(x10 <sup>5</sup> )	12.7	10.7	19.2	0.31	4.81	5.11	0.7	5.2	0.466	0.673
	Fungi(x10 <sup>5</sup> )	12.1	32.2	24.7	27.6	16.6	19.0	20.3	9.4	0.624	0.577
	Total(x10 <sup>5</sup> )	65.1	73.4	53.3	2.2	40.7	75.6	71.2	47.4	0.457	0.679

\*T-test value and probability for comparison between nontreatment and treatment of napropamide.



처리유무에 따른 미생물발생의 차이를 인정할 수 없었다.

표 3에서 발생된 미생물 수에 대하여 수분함량간 미생물수의 차이를 비교하기 위하여 T-검정한 결과(표 4) napropamide 처리와 무처리 토양 중 세균수에서 그리고 napropamide 처리구내 총균수에서 40% 수분함량구에서보다 60% 수분함량구에서 균 발생수가 많음을 알 수 있었고 기타 처리구에서는 수분함량간 미생물수의 차이를 볼 수 없었다.

### 3) 토양 pH

토양 pH의 차이 및 제초제처리 유무에 따른 미생물수의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 토양 pH를 5.5, 7.0 및 9.0으로 조절하여 실험을 행한 후 경시적으로 미생물수를 조사한 결과는 표 5와 같다. 각 토양 pH에 있어서 각 미생물에 대하여 napropamide 처리구와 무처리구간의 미생물수에 있어서는 토양 pH 7에서 방선균의 수가 napropamide 무처리구에서보다 처리구에서 월등히 많은 것으로 나타난 것을 제외하고는 기타 전 시험구에서 napropamide 처리유무간에 균수의 차이를 인정할 수 없었다(표 5). 그러나 전체적으로 보아 총미생물수는 pH 5.5에서 가장 많았고 pH 9.0에서 가장 낮았으며 약제처리 후 시간이 경과되면서 감소되는 경향이였다.

각 토양 pH간 미생물수를 비교한 결과(표 6) 무처리구내에서 사상균수가 pH 5.5에서 보다 pH 9.0에서 많은 것을 제외하고는 전 시험구에서의 각 pH간 미생물 발생수의 차이는 인정할 수 없었다.

### 4) 토양온도

토양온도의 차이가 미생물상변화에 미치는 영향과 더불어 제초제 처리유무간에 미생물상변화를 조사하여 표 7과 표 8에 각각 나타냈다. Napropamide 처리구와 무처리구간의 미생물수를 비교하기 위하여 T-검정한 결과(표 7) 토양 온도 17℃에서는 방선균이, 27℃에서와 37℃에서는 세균의 수가 각각 무처리구에서보다 처리구에서 많은 것으로 나타났으며, 표 7에서 얻은 각 실험구내의 미생물수들을 토대로 온

**Table 6.** Statistical analysis on change of micro-organisms affected by pH.

Treatment	Microbes	pH	T-test*	Probability*
Nontreat -ment	Bacteria	5.5:7.0	0.141	0.897
		5.5:9.0	0.236	0.828
		7.0:9.0	0.304	0.781
	Actino- mycetes	5.5:7.0	0.930	0.421
		5.5:9.0	0.433	0.694
		7.0:9.0	0.558	0.616
	Fungi	5.5:7.0	0.224	0.837
		5.5:9.0	1.810	0.168
		7.0:9.0	0.056	0.959
Total	5.5:7.0	0.191	0.861	
	5.5:9.0	0.283	0.795	
	7.0:9.0	0.247	0.821	
Treatment	Bacteria	5.5:7.0	0.120	0.912
		5.5:9.0	0.793	0.486
		7.0:9.0	0.695	0.537
	Actino- mycetes	5.5:7.0	0.119	0.913
		5.5:9.0	0.579	0.603
		7.0:9.0	0.122	0.910
	Fungi	5.5:7.0	0.951	0.412
		5.5:9.0	0.256	0.815
		7.0:9.0	0.969	0.404
	Total	5.5:7.0	0.129	0.906
		5.5:9.0	0.619	0.580
		7.0:9.0	0.345	0.753

\*T-test and probability for comparison of micro-organism among each pH.

도간 미생물수를 비교한 결과(표 8) napropamide 무처리구내 세균과 곰팡이의 수는 각각 토양온도 17℃와 37℃ 간에 그리고 방선균수는 17℃와 27℃ 간에서 차이가 나고 있었다. 그러나 napropamide 처리구내 온도간 미생물수의 차이는 볼 수 없었다.

### 5) 처리농도

Napropamide 처리농도가 토양중 미생물상변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 무처리, 10ppm 및 20ppm을 처리한 후 2주 간격으로 조사한 미생물수는 표 9와 같으며, 이 결과를 토대로 각 미생물별로 처리 농도간 미생물수에 대한 유의성 검정을 실시한 결과는 표 10과 같다. 전체적으로 보아 미생물수는 처리 직후

**Table 7.** Effect of temperature on the change of microorganisms in the silty loam soil applied with and without napropamide.

Temperature (°C)	Microbes	Without napropamide				With napropamide				T-test*	Probability
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
17	Bacteria $\times 10^5$	10.2	7.0	26.5	23.4	38.7	36.4	23.4	8.8	0.177	0.870
	Actinomycetes $\times 10^5$	4.5	2.3	6.5	6.2	9.9	15.9	14.3	15.3	2.018	0.137
	Fungix $10^3$	20.1	22.4	12.2	25.2	17.4	10.9	14.0	19.8	0.665	0.554
	Total $\times 10^5$	14.9	9.5	33.1	29.9	48.8	52.4	37.8	24.3	0.793	0.486
27	Bacteria $\times 10^5$	4.36	3.32	7.31	8.5	5.77	9.33	9.82	1.1	2.345	0.101
	Actinomycetes $\times 10^5$	16.9	23.7	11.4	14.3	10.4	17.9	17.9	13.3	0.263	0.810
	Fungix $10^3$	15.6	30.4	18.7	18.5	10.7	29.1	19.8	15.1	0.724	0.521
	Total $\times 10^5$	22.4	87.3	38.9	33.0	16.2	97.5	57.9	34.6	0.196	0.857
37	Bacteria $\times 10^5$	7.2	8.6	12.2	14.6	8.6	18.5	24.2	29.1	2.050	0.133
	Actinomycetes $\times 10^5$	26.4	36.4	15.1	3.6	26.3	31.0	4.2	28.1	0.108	0.921
	Fungix $10^3$	6.3	5.5	5.7	27.8	12.0	19.0	9.1	19.2	0.744	0.511
	Total $\times 10^5$	33.7	45.1	27.4	18.5	35.0	49.7	28.5	57.4	0.598	0.592

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

**Table 8.** Statistical analysis on change of microorganisms affected by temperature.

Treatment	Microbes	Temperature(°C)	T-test*	Probability*
Nontreatment	Bacteria	17 : 27	0.975	0.401
		17 : 37	1.031	0.378
		27 : 37	0.595	0.594
	Actinomycetes	17 : 27	1.654	0.197
		17 : 37	0.867	0.450
		27 : 37	0.065	0.952
	Fungi	17 : 27	0.109	0.920
		17 : 37	1.231	0.306
		27 : 37	0.950	0.412
	Total	17 : 27	0.717	0.525
		17 : 37	0.457	0.679
		27 : 37	0.598	0.592
Treatment	Bacteria	17 : 27	0.052	0.962
		17 : 37	0.211	0.847
		27 : 37	0.360	0.742
	Actinomycetes	17 : 27	0.394	0.720
		17 : 37	0.251	0.818
		27 : 37	0.177	0.871
	Fungi	17 : 27	0.211	0.847
		17 : 37	0.166	0.879
		27 : 37	0.451	0.683
	Total	17 : 27	0.087	0.936
		17 : 37	0.072	0.947
		27 : 37	0.037	0.973

\*T-test and probability for comparison of microorganism among each temperature.

에는 무처리구에 비하여 처리구에서 적었으나 처리후 14일후에는 무처리에 비하여 10ppm 처리에서는 월등히 그리고 20ppm 처리에서는 약간 많아졌고, 이러한 경향은 처리후 6주후까지 계속되었다(표 9).

각 미생물별로 처리농도간 미생무수를 비교한 결과(표 10) 세균, 방선균, 사상균에 있어 10ppm처리에서 보다 20ppm처리에서 균 발생

수가 적은 것을 알 수 있었다.

6) 토성종류

토성의 차이가 토양중 미생물상에 미치는 영향을 검토하기 위하여 두 토양에 napropamide를 처리한 후 경시적으로 조사한 미생물의 수를 근거로 napropamide 처리구와 무처리구간 미생물수의 비교(표 11) 및 토성간 미생물수의 비교(표 12)를 하였다. 그 결과 두 토양에 있

**Table 9.** Effect of application concentration on change of microbes in the silty loam soil treated with and without napropamide.

Concentration (ppm)	Microbes	Days after treatment			
		0	14	28	42
0	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	35.2	47.2	21.2	20.0
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	21.4	23.2	12.9	18.6
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	35.1	44.6	18.9	16.9
	Total(x10 <sup>5</sup> )	60.0	70.8	34.3	38.8
10	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	11.2	196.8	42.6	28.9
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	25.7	22.9	24.9	20.6
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	18.9	28.6	22.0	21.2
	Total(x10 <sup>5</sup> )	37.1	220.0	67.7	49.7
20	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	10.9	93.5	21.7	22.0
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	14.3	20.9	18.9	18.6
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	12.3	14.9	18.6	16.3
	Total(x10 <sup>5</sup> )	25.3	114.5	40.8	40.8

**Table 10.** Statistical analysis on change of microorganism affected by concentration of napropamide.

Microbes	Concentration (ppm)	T-test*	Probability*
Bacteria	0:10	0.308	0.778
	0:20	0.118	0.914
	10:20	1.266	0.295
Actinomycetes	0:10	0.758	0.504
	0:20	0.089	0.935
	10:20	1.135	0.339
Fungi	0:10	0.411	0.709
	0:20	0.923	0.424
	10:20	1.757	0.177
Total	0:10	0.624	0.577
	0:20	0.079	0.942
	10:20	2.490	0.088

\*T-test and probability for comparison of microorganism among each concentration.

**Table 11.** Change of microorganisms in the clay loam and the silty loam soils applied with and without napropamide.

Soils	Microbes	Without napropamide				With napropamide				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
Clay loam	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	16.5	108.5	23.8	24.3	12.6	84.3	25.1	38.2	0.035	0.975
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	19.1	13.4	5.7	27.3	17.2	20.1	4.4	17.8	0.289	0.792
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	18.8	35.9	14.2	16.3	22.6	20.9	17.0	16.0	0.149	0.891
	Total(x10 <sup>5</sup> )	35.7	122.3	29.6	51.8	30.0	104.6	29.7	56.2	0.459	0.677
Silty loam	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	5.7	79.3	39.8	21.1	21.8	63.3	27.3	18.5	0.196	0.857
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	10.4	17.9	17.9	13.3	7.3	23.7	11.4	14.3	0.314	0.774
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	10.7	29.1	19.8	15.1	9.6	30.4	18.7	18.5	0.120	0.912
	Total(x10 <sup>5</sup> )	16.2	97.5	57.9	34.6	29.2	87.3	38.9	33.0	0.027	0.980

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

**Table 12.** Statistical analysis on change of microorganisms affected by different soils.

Treatment	Microbes	Soil Types	T-test	Probability
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	0.403	0.714
	Actinomycetes	CL:SiL	0.020	0.985
	Fungi	CL:SiL	0.339	0.757
	Total	CL:SiL	0.300	0.784

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

어서 모두 napropamide 처리구와 무처리구간에 그리고 각 처리구내에 있어서 미생물별로 식양토와 미사질양토간에 미생물수에는 유의성이 인정되지 않았다.

7) 실내와 포장실험

포장실험 토양과 동일 토양을 가지고 실내 실험과 포장실험을 실시하여 두 조건에서의 미생물상 변화를 조사한 결과는 표 13과 같으

며 이 자료를 근거로 두조건에서의 미생물수를 T-검정한 결과는 표 14와 같다. 포장실험에서는 napropamide 처리구와 무처리구간의 미생물수의 차이는 볼 수 없었으나 실내실험에서는 napropamide 처리유무간에 방선균 발생수에서 유의성이 인정된다. 또한 사상균과 총균수에서도 약간의 차이를 나타내고 있다. 즉 이들 미생물수는 napropamide 처리구에서가 무처리구에서보다 많은 것으로 나타났다(표 13). 두 실험조건간 미생물 발생수는 napropamide 처리구내에서 방선균의 수에 대한 차이가 인정될 뿐 기타 처리구에서는 유의성이 없었다(표 14).

고 찰

제초제 napropamide는 토양처리형 제초제이기 때문에 대부분이 토양에 투입되며, 처리된 식물로부터 유실, 유거, 전이의 상태로 토양에 유입되기도 하고, 식물체에 흡수된 농약도 작물체의 구성분 또는 토양중 동물 잔류로 도입된다<sup>16)</sup>. 또한 처리된 제초제는 소기의 목적인 잡초방제를 수행하고 토양으로부터 분해 소실

**Table 13.** Change of microorganisms in the silty loam soil treated with and without napropamide at upland field and laboratory.

Test Condition	Microbes	Without napropamide				With napropamide				T-test*	Probability*
		Days after treatment									
		0	14	28	42	0	14	28	42		
upland field	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	11.2	7.8	2.3	1.0	21.8	4.9	6.0	1.0	0.455	0.680
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	5.9	3.4	1.8	1.3	2.9	1.3	4.2	0.5	0.609	0.585
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	4.2	10.7	3.9	4.2	7.5	7.0	2.1	4.2	0.203	0.852
	Total(x10 <sup>5</sup> )	16.9	11.3	4.1	2.3	24.8	6.3	10.2	1.5	0.107	0.921
laboratory	Bacteria(x10 <sup>5</sup> )	0.8	5.1	8.5	7.6	9.8	4.0	26.7	6.1	0.609	0.585
	Actinomycetes(x10 <sup>5</sup> )	0.4	1.5	1.5	1.7	1.3	3.6	3.0	5.9	3.849	0.031
	Fungi(x10 <sup>3</sup> )	0.2	18.7	4.2	15.3	0.6	66.4	45.8	32.0	1.952	0.146
	Total(x10 <sup>5</sup> )	1.2	6.8	10.0	9.5	11.1	8.3	30.2	12.3	1.000	0.391

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

\* : P < 0.05

**Table 14.** Statistical analysis on change of microorganisms affected by the field (F) and the laboratory(L).

Treatment	Microbes	Test condition	T-test	Probability
Nontreatment	Bacteria	F:L	0.450	0.683
	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	0.033	0.976
	Actinomycetes	F:L	1.120	0.344
	Fungi	F:L	0.148	0.892
	Total	F:L	0.114	0.917

T-test and probability for comparison between laboratory and field test.

되어야 바람직스러우나 토양중에 잔류되어 후작물에 약해를 일으키거나 환경중의 생태계변화를 초래할 수 있으며 환경오염으로 인해 인축에 대한 만성중독을 야기시킬 수 있다는 점에서 많은 연구 검토가 되어 있는 실정이다.<sup>5,10,14,17,37,42)</sup> 따라서 본 연구에서는 토양중 napropamide의 분해특성을 구명하고, napropamide가 토양중 미생물수의 양적변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 토양중 농약의 잔류에 미치는 여러 가지 인자중에서 토양살균의 유무, 토양수분함량, 토양 pH, 토양온도, 토양종류, 약제처리농도별로 그리고 포장실험과 실내실험을 행하여 경시적으로 조사한 잔류량을 근거로 회귀식에 의한 반감기를 구하여 각 처리별 분해속도를 비교하였다. 한편 전술한 각 조건에서의 napropamide 처리구와 무처리구를 두어 세균, 방선균, 사상균 및 총균수를 경시적으로 조사하여 napropamide 처리가 이들의 양적변화에 끼치는 영향을 비교 검토하였다.

토양살균 유무의 차이에 따른 토양중 napropamide의 잔류량은 매 조사시기마다 비살균토양에서 보다 살균토양에서 많았고, 분해반감기도 살균토양에서보다 비살균토양에서 2배 정도 빨랐다. 이는 미생물조사 실험결과에서 살균토양에서의 미생물 발생수는 비살균토양에 비해서 매우 적었던 결과에서 지적된 것과 같

이 비살균토양에서의 많은 양적 미생물수는 비살균토양에서의 분해속도를 살균토양에서도 보다 빠르게 한 원인이라 사료된다. 본 실험 결과는 토양중 농약의 여러 분해과정중 미생물 분해가 가장 중요하다고 한 다른 연구자들<sup>12,16)</sup>의 견해와 일치한 것이다.

토양수분함량의 차이에 따른 토양중 napropamide의 분해속도는 60%수분함량구 > 80%수분함량구 ≥ 40%수분함량구의 순으로 빠르게 나타났다. 이 결과는 일반적으로 토양 수분함량차이가 농약 분해에 영향을 미친다는 다른 연구자<sup>24,26)</sup>의 결과와 일치한다.

토양 pH의 차이에 따른 토양중 napropamide의 분해속도는 pH 5.5 > pH 7.0 > pH 9.0 처리구 순으로 빠르게 나타나 pH가 낮을수록 분해속도는 빠르다는 것을 알 수 있었다. Ozaki 등<sup>30)</sup>은 urea계 제초제 isouron의 경우 토양 pH가 7이었을 때 신속한 분해가 있다고 하여 본실험 결과와는 다소의 차이가 있으나 이러한 결과는 토양 pH, 약제의 특성 및 각 토양 pH에 있어서의 미생물 증식과 활동의 상호작용 결과<sup>14,17)</sup>로 나타난 것이라 할 수 있다. 농약의 토양 온도의 차이에 따른 토양중 napropamide의 분해속도는 27℃ > 37℃ > 17℃의 순으로 나타나 napropamide의 분해에 온도의 영향이 있었음을 시사한 결과라 할 수 있으나 문<sup>24,25,26)</sup> 등의 살충제 fenitrothion 및 ethoprophos와 제초제 butachlor의 경우 온도가 높을수록 분해가 빠르다고 하였는 바 본 실험결과와는 다소 차이가 있다. 이는 약제에 따라서 이를 분해하는 미생물이 다르고 분해미생물의 생육적온이 달라서 증식하는 미생물의 질적·양적 변화때문에 다르게 나타난 것이라 사료된다.

Napropamide 처리농도의 차이에 따른 분해속도는 10ppm처리구보다 20ppm처리구에서 빠른 것으로 나타났으나, 반감기는 10ppm처리구가 20ppm처리구보다 짧았는데 이는 BPMC와 carbofuron의 반감기가 10ppm처리구가 1ppm처리구보다 짧았다는 보고와 상반되고<sup>31)</sup>, butachlor는 10ppm 처리구보다 30ppm 처리구에서 반감기가 길었다는 보고<sup>26)</sup>와는 일치한다. 그러

나 일반적으로 농약의 처리농도에 따른 분해 속도는 농약의 종류와 처리농도에 따라 다르게 나타날 수 있다<sup>9,27,38)</sup>.

토성의 차이에 따른 분해속도 실험결과 미사질양토에서가 식양토에서보다 빠른 것으로 나타나 본 공시약제의 경우 토성에 따라서 분해반감기가 다르다는 Ozaki<sup>30)</sup> 및 Rancov<sup>32)</sup> 등의 결과와 일치한다. 실내실험과 포장실험에서의 분해반감기는 강우, 온도, 광 등이 분해에 영향이 미쳤을 것으로 판단되는 포장에서가 실내에서 보다 3.5배 정도 빨랐다.

이상으로 napropamide의 분해성을 구명한 결과, 시험된 각 요인들은 정도는 다르지만 분해 속도에 영향을 미친다고 결론지을 수 있다. 한편 각 환경조건의 차이에 따른 napropamide가 처리구와 무처리구간의 조사기간중 미생물의 수는 전체적으로 보아 차이가 인정되지 않았고 각 환경조건의 차이에 따라서는 부분적으로 차이가 있었다. 즉 토양수분함량간에는 총균수에 있어 60% 수분함량구에서가 40% 수분함량구에서보다 많았고, 토양 pH간에는 사상균수가 pH 9.0에서 보다 pH 5.5에서 많았으며, 토양온도간에서는 세균수와 곰팡이수가 17℃와 37℃간에 그리고 17℃와 27℃간에 차이가 있었다. 또한 약제처리 농도간에서의 미생물수는 10ppm처리에서 보다 20ppm처리에서 적었으나, 토성간에는 미생물수의 차이가 없었다. 실내와 포장실험간 미생물수는 방선균의 수에 있어서 차이가 인정되었다. 농약의 미생물에 의한 분해는 이들 미생물의 최적 조건에서 왕성히 일어날 수 있으며 환경요인 즉 온도, 수분, pH, 영양분 등의 영향을 받으며 또한 제초제가 토양에 잔류하는 정도는 크게 나누어 약제요인, 토양요인, 환경요인, 경종요인과 같은 여러 요인이 복합적으로 작용하여 나타나기 때문에<sup>17,24)</sup> 각 환경조건의 차이에 따른 잔류량과 미생물과의 상관관계를 본다는 것은 다소 무리이기는 하나 80% 토양수분 함량구에서 사상균과 총균수가, 37℃ 토양온도에서는 세균이, 실내실험에서 전 미생물수가 잔류량과의 상관관계에서 고도의 정 또는 부의 상관을 나

**Table 15.** Correlation between residual amount of napropamide and microorganisms.

Factors	Microorganisms				
	Bacteria	Actino-mycetes	Fungi	Total	
Soil moisture(%)	40	-0.574	-0.863	0.746	-0.641
	60	-0.775	-0.762	-0.655	-0.725
	80	-0.851	0.176	0.918	0.979
pH	5.5	-0.775	-0.762	-0.655	-0.725
	7.0	0.732	0.677	-0.711	0.874
	9.0	-0.521	0.821	0.429	-0.255
Temperature (°C)	17	0.821	-0.825	-0.123	0.785
	27	-0.775	-0.762	-0.655	-0.725
	37	-0.968**	0.064	-0.466	-0.565
Concentration (ug/g)	10	-0.505	0.613	-0.400	-0.294
	20	-0.456	-0.849	-0.910	-0.451
Soil type	CL	-0.220	-0.001	0.171	-0.182
	SiL	-0.775	-0.762	-0.655	-0.725
Field and Lab. test	Field	0.790	0.550	-0.115	0.825
	Lab	-0.993**	-0.997**	-0.931*	-0.996**

\* : < P0.05      \*\* : P < 0.01

타냈다(표 15).

살균토양과 비살균토양에서 napropamide의 분해속도차이로 보아 미생물이 Napropamid의 분해에 관여함은 알 수 있으나 여러 환경조건에 있어서 분해양상은 각기 다르고 각 환경조건이 napropamide의 분해에 영향을 미치는 것으로 판단되나 각 환경조건에 있어서의 잔류량과 미생물과의 상관관계는 뚜렷하게 나타난다고 볼 수 없다. 이것은 각 환경조건에서의 napropamide분해균의 증식과 그 균의 활성 등에서 원인을 찾아 볼 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

잔효기간이 긴 것으로 알려진 토양처리형 제초제 napropamide를 발토양중 여러 환경조건 하에 처리하여 이 약제의 토양중 분해성을 검

토하고, 이 제초제가 토양미생물 상변화에 끼치는 영향에 대하여 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

살균토양과 비살균토양에서의 napropamide의 분해반감기는 각각 28.3, 14.6일이었다. 수분함량의 차이에 따른 napropamide의 분해 속도는 60% > 80% ≥ 40% 순이었으며 napropamide의 처리와 무처리간의 미생물 발생수는 유의성이 없었고, 처리구내의 60%수분함량구가 40% 수분함량구에서보다 세균수와 총균수가 많았다. pH의 차이에 따른 napropamide의 분해속도는 pH가 낮을수록 빨랐으며, napropamide처리구내 총균수는 pH5.5에서 경시적으로 증가하는 경향을 보였다. Napropamide의 분해속도는 27°C > 37°C > 17°C의 순으로 빨랐으며, 각 온도에 있어서 napropamide 무처리구와 처리구간의 미생물수는 17°C에선 방선균이, 27°C, 37°C에선 세균이 무처리구보다 처리구에서 증가됨을 알 수 있었다. Napropamide의 반감기는 10ppm과 20ppm처리에서 각각 16.6일과 21.1일이었고, 미생물 발생수는 20ppm처리구에서보다 10ppm처리구에서 많았다. 식양토와 미사질 양토에서 napropamide의 반감기는 27.7일, 17일이었으며, 처리구와 무처리구간의 미생물 발생수는 차이가 없었다. 포장 및 실내조건에서의 napropamide의 반감기는 각각 5.4일과 19.1일로 포장에서가 실내에서 보다 분해속도가 3.5배 빨랐다.

### 인 용 문 헌

1. Ansorge H. 1966. Investigations on the effect of during in the "stati fertillzer trial." Lauchstadt. 4. Changes in microbial activity in soil. Albrecht-Thaer-Arch. 10 : 575-583.
2. 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.
3. Bollen W.B. 1962. Interaction between pesticides and soil microorganisms. Annu. Rev. microbiol. 15 : 69-92.
4. Chandra P. 1964. Herbicidal effects on certain soil microbial activities in some brown soils of Saskatchewan. Weed Res. 4 : 54-63.
5. Cheng H.H. 1990. Pesticides in the Soil Environment ; Processes, Impacts and Modeling. Soil Science Society of America : 429-466.
6. Cullimore D.R. 1971. Interaction between herbicides and soil microorganisms. Residue Rev. 35 : 65-80.
7. Cullimore D.R. 1981. The Enumeration of 2,4-D Degraders Saskatchewan Soils. Weed Sci. 29 : 440-443.
8. 深見順一·上杉康彦·石塚皓造·富澤長次浪. 1981. 農藥 實驗法 4, 環境化學及ひ" 分析編. Soft Science 社 : 135-185.
9. 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 agroculural soils. Agronomy 22 : 689-720.
10. Guenzi W.D. 1974. Pesticides in Soil and Water. Soil science Society of America : 1-562.
11. Guth J.A. 1980. "Interactions between Herbicides and the Soil," ed. by R.J. Hance. Academic Press, London : 123-158.
12. Hill I.R. and S.J.L. Wright. 1978. Pesticide Microbial Ecology, Blackwell Scientific Publication, Oxford : 84
13. Hill I.R. and S.J.L. Wright. 1978. "Pesticide Microbiology," Academic Press, London : 79-136.
14. 정영호·박영선. 1990. 農藥學 : 95-102.
15. 姜奎寧. 1978. 제초제 Bentazone이 질산화 작용 및 토양 미생물의 균수에 미치는 영향. 한국농화학회지 21(2) : 81-83.
16. Kaufman D.D. and P.C. Kearney. 1976. Microbial transformations in the soil. : in L.J. Audus, ed. Herbicides-Physiology, Biochemistry, Ecology, 2nd ed., Vol. 2. Academic Press, New York : 29-64.
17. 김길웅. 1988. 잡초방제학원론. 경북대학교

- 출판부 : 218-272.
18. 김광식 · 김용웅 · 김지애 · 김현우. 1988. 농약의 토양미생물상에 미치는 영향에 관한 연구. II 제초제가 토양중의 미생물과 효소 활성에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 25(1) : 61-71.
  19. 近内誠登 · 竹松安智 · 竹松哲夫. 1974. 農業用除草劑の土壤中における残留および移動に関する基礎的研究. 宇都宮大學 農學部 學術報告, 第九編 第1號 : 99-101.
  20. Kuwatsuka S. 1973. 除草劑の土壤中における吸着 移行 分解と除草作用. 植物の化學調節 Vol. 8, No.2 : 73-83.
  21. Kuwatsuka S. and N. Miwa. 1987. Soil sci. Plant Nutr. 35 : 535.
  22. 이경보 · 김용웅 · 김광식. 1988. 농약이 토양미생물상에 미치는 영향에 관한 연구. III 농약이 담수토양의 질소순환에 관여하는 미생물에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 21(2) : 149-159.
  23. 이상복 · 佐藤 匡 · 소재돈. 1994. 토양현탁액 중에서 Cellulose와 살균제 Chlorothalonil 연용이 세균의 밀도 변화에 미치는 영향. 한국 토양비료학회지 27(1) : 48-53.
  24. 문영희. 1990. 담수토양중에 있어서 살충제 fenitrothion의 분해속도에 미치는 각종 환경조건의 영향. 한국환경농학회지 9(1) : 1-8.
  25. 문영희 · 김운태 · 김영석 · 한수곤. 1993. 토양중 살충제 ethoprophos의 분해성 및 이동성의 측정과 예측에 관한 모델 연구. 한국환경농학회지 12(3) : 209-218.
  26. 文永熙 · 梁桓承. 1990. 湛水土壤중에 있어서 除草劑 butachlor의 分解速度에 미치는 各種 土壤環境條件의 影響. 韓國雜草學會誌 10(1) : 41-48.
  27. 福永一夫. 1981. 農藥, 白亞新房, 東京.
  28. 西靜雄 · 足立明郎 · 夏目孝男. 1977. 土壤微生物に對する除草劑の影響, 第1報 ヘンチカ-フ"粒劑および"CNP粒劑について. 雜草研究. 22(別) : 4-6.
  29. 野口勝司 · 中澤秋雄. 1971. 除草劑か"土壤環境に與える影響に關する研究. 日本雜草防除研究會 第10會 講演會要旨. : 111-113.
  30. Ozaki Mamoru, Yoshimi Tanaka and Shozo Kuwatsuka. 1986. Degradation of Isouron in Soils. J. Pesti. Sci. 11 : 223-229.
  31. 朴昌奎 · 諸年太. 1983. 湛水土壤中 BPMC 및 Carbofuran의 分解性. 韓國環境農學會誌 2 : 65.
  32. Rankov V. 1971. Effect of aretit an treflan herbicides on the microflora of different soil types Soil and Fert. 36 : 605.
  33. 양창술. 1985. 농약이 토양미생물상에 미치는 영향 ; 토양세균 Flora의 구성변화에 대하여-. 한국토양비료학회지 18(2) : 221-226.
  34. 양환승 · 문영희. 1991. 주요 채소용 제초제의 토양중에서의 잔효와 후작물에 미치는 영향. 한국과학재단 연구 보고서 : 1-75.
  35. 柳震彰 · 蘭道生 · 古賀汎. 1984. 농약제의 시용이 비옥성 및 미생물상에 미치는 영향 II. ; CNP 제초제 시용이 토양미생물 flora에 미치는 효과. 한국 토양 비료학회지 17(1) : 67-76.
  36. Sandmann E.R.I.C., M.A. Loos and L.P. van Dyk. 1988. The Microbial Degradation of 2,4- Dichlorophenoxyacetic Acid in Soil. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 101:1-45.
  37. Skipper M.D., J.G. Muller, V.L. Ward and S.C. Wager. 1986. Microbial Degradation of Herbicides in Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society of America. : 457-475.
  38. 土壤微生物研究會. 1981. 土の微生物. 博友社 : 389-419.
  39. Torstensson L. 1980. "Interactions between Herbicides and the Soil," ed. by R.J. Hance. Academic Press, London : 159-178.
  40. Wainwright M. 1878. A review of the effect of pesticides on microbial activity in soils. J. Soil Sci. 29 : 287-298.
  41. Waksman S.A. 1952. Soil microbiology. John Willey and Sons, New York.