

Benzoylurea계 살충제 teflubenzuron과 flucycloxuron의 토양환경중 동태

김태화 · 김장익

경북대학교 농화학과

초록 : Benzoylurea계 살충제인 teflubenzuron과 flucycloxuron의 토양환경 중 분해양상, urease 활성에 미치는 영향 및 용탈정도를 조사하였다. 안심과 칠곡지역 토양에서의 분해반감기는 flucycloxuron의 경우 50.1일과 102.3일로 나타났고, teflubenzuron의 경우에는 20.9일과 39.1일로 나타나 두 농약 모두 유기물 함량이 많고 pH가 다소 높은 안심지역 토양에서 더 빨리 분해되었다. 두 약제간에는 teflubenzuron이 flucycloxuron보다 안심지역 토양에서 29.2일 칠곡지역 토양에서는 63.2일 정도 더 빨리 분해되었다. Teflubenzuron과 flucycloxuron의 살균토양에서의 분해율은 120일 경과 후 두 토양에서 24.7~40.1% 정도로 분해가 상당히 지연되었다. 두 약제의 처리에 의한 토양내의 urease 활성에 미치는 영향은 농약처리 직후에는 무처리구에 비해서 두 농약 모두 37.6에서 42.4% 정도로 저해를 나타내었으나 60일 경과 후에는 거의 저해를 나타내지 않았으며 120일 경과 후에는 활성을 약간 증가시키는 것으로 나타났다. Soil column을 이용하여 안심 및 칠곡지역 토양과 유기물을 완전히 제거시킨 모래에서 용출수에 의한 용탈실험을 행한 결과 두 약제의 표준품과 제품 모두 토양에 상관없이 표준으로부터 2.5 cm 이내에 77.6~98.8% 정도로 잔류하였고 표준으로부터 5 cm 이하로는 전혀 용탈이 일어나지 않았다(1993년 10월 28일 접수, 1993년 11월 29일 수리).

서 론

비교적 최근에 개발되어 사용되고 있는 농약들 중에는 대부분 환경 중에서 분해반감기가 짧고 인축에 대한 독성이 낮으면서 적은 약량으로 효과가 확실하게 나타나는 우수한 약제들이 많다. 이러한 약제들 중 benzoylurea계 살충제는 1977년 Duphar사가 diflubenzuron을 생산하면서부터 사용되기 시작한 농약으로 구조가 비교적 단순하면서도 선택성이 높고, 인축에 대한 독성이나 잔류성이 낮아서 안전성이 큰 농약으로 평가 받고 있다.¹⁻³⁾ 이러한 안전성과 살충력의 spectrum이 넓은점 등으로 해서 유기염소계나, 유기인계농약의 사용이 감소 또는 둔화되는 것과는 대조적으로 benzoylurea계 농약은 앞으로 사용량이 계속 늘어날 것으로 전망된다.⁴⁾

Benzoylurea계 농약의 작용특성은 곤충의 탈피와 exoskeleton의 형성에 가장 중요한 역할을 하는 chitin의 생합성을 저해함으로써 곤충의 정상적인 탈피를 억제하는 것으로 알려져 있다.^{1-3,5-6)} 즉 UDP-N-acetylglucosamine의 중합에 의해 poly-N-acetylglucosamine(chitin)의

형성에 관여하는 chitinase의 활성을 저해하는 것으로 추정하고 있으며, 또한 성충의 산란을 억제하는 효과도 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 benzoylurea계 농약은 chitin생성을 필요로 하지 않는 인축에 대해서는 독작용을 거의 일으키지 않아서 실제 사용농도에서는 안전한 농약으로 평가되고 있다. 그러나 이렇게 아무리 안전성이 우수한 농약이라도 환경 중에서 사용되는 빈도가 높아질 때에는 필연적으로 생태계에 영향을 미칠 가능성이 있으므로 이에 대한 연구가 따라야 할 것으로 생각된다. Benzoylurea계 살충제 중 diflubenzuron에 대해서는 작용기작, 독성, 저항성 및 생태계에 미치는 영향에 대하여 다수의 연구보고가 있으나⁷⁻¹⁵⁾ teflubenzuron과 flucycloxuron은 최근인 1983년 및 1988년에 각각 개발된 관계로 주로 합성을 비롯한 작용기작, 독성, 저항성 등에 대해서만 연구가 되었으며^{6,16-19)} 토양환경 중에서의 동태에 관한 연구는 많지 않은 실정이다.

Urea의 유도체에 해당되는 substituted urea herbicide는 토양환경내에서 urease의 활성을 저해하는 것으로 알려져 있어서²⁰⁻²¹⁾ 같은 urea의 유도체에 해당되는

Key words : ey words : Benzoylurea insecticide, degradation, urease activity, leaching
Corresponding author : J. E. Kim

benzoylurea계도 토양환경내에서 urea의 가수분해에 관여하는 urease의 활성에 어떠한 미치는가에 대해서 조사해 볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 benzoylurea계 살충제인 teflubenzuron과 flucyclozuron의 토양환경내에서 분해양상과 urease활성에 미치는 영향을 조사하고 아울러 용출수에 의한 토양내로의 용탈정도를 조사하여 이 약제들의 토양환경내에서의 동태를 파악하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

농약

본 실험에 사용된 benzoylurea계 살충제는 teflubenzuron과 flucyclozuron으로 이들의 화학구조는 Fig. 1과 같다. 이들 표준품은 acetone을 용매로 stock soln.을 조제하여 냉동고(-20℃)에 보관하면서 필요한 농도로 working soln.을 만들어서 본 실험의 표준용액으로 사용하였다.

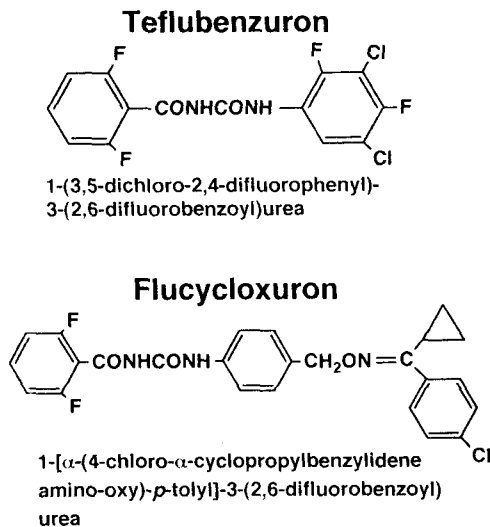


Fig. 1. Chemical structure and name of teflubenzuron and flucyclozuron.

토양

유기물함량이 크게 상이한 지역인 경상북도의 칠곡(경북대학교 시험포장) 및 안심지역의 토양을 채취하여 풍건한 다음 2 mm체로 통과시켜 4℃ 냉장소에 보관하면서 실험재료로 사용하였으며 공시토양의 물리화학적 성질에 대한 분석²³⁾ 결과는 Table 1과 같다.

토양조건에 따른 분해

토양의 조건에 따른 teflubenzuron과 flucyclozuron의 분해양상을 조사하기 위해서 칠곡 및 안심지역의 토양을 살균 및 비살균 토양으로 구분하였다. 칠곡 및 안심토양을 30 g씩 정확히 칭량하여 100 ml 삼각 flask에 넣고 최대용수량의 60%가 되도록 증류수를 가한 후 28±2℃에서 2주간 pre-incubation하여 농약의 분해실험에 사용하였으며, 살균토양은 pre-incubation기간 중 농약의 처리직전까지 3회에 걸쳐 120℃, 1.0 kg/cm²의 고압증기 살균을 하여 농약의 분해실험에 사용하였다. 이상의 조건들로 조제된 토양시료에 teflubenzuron과 flucyclozuron의 표준품을 10 ppm 수준으로 처리하고 용매를 휘발시킨 다음 28±2℃의 항온조건에서 0, 7, 14, 28, 60, 90, 120일까지 보관하면서 teflubenzuron과 flucyclozuron의 분해양상을 조사하였다. 배양기간 동안 증발된 수분을 보충하기 위해 1주일 간격으로 수분이 증발된 만큼의 수분을 보충하였다.

Urease활성 측정

2주간 pre-incubation시킨 토양에 urea 용액을 100 ppm수준으로 처리하고 여기에 농약을 10 ppm 수준으로 처리한 다음 시간의 경과에 따른 토양내의 urease 활성을 측정하였다. Urease 활성은 흥 등²³⁾의 방법을 약간 변형하여 phenylmercuric acetate 용액으로 반응을 정지시키고 12,000 rpm으로 20분간 원심분리한 상등액을 일정량 취하여 반응에서 생성된 ammonia량을 phenol-hypochlorite반응으로 나타나는 indophenol 색소를 620 nm에서 비색정량하였다.

용탈 실험

Table 1. Physico chemical properties of soils

Soil	Texture*	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH** (1 : 5)	O.M. (%)	C.E.C. (me/100g)
Chilgok	HC	59.8	14.4	25.8	5.1	1.8	7.8
Ansim	LC	27.2	43.8	28.9	7.3	7.3	18.1

* HC, Heavy Clay; LC, Light Clay; **Soil, H₂O.

Soil column을 이용하여 teflubenzuron과 flucyclo-xuron의 표준품과 제품에 대한 용탈실험을 행하였다. Donald 등²⁰⁾의 방법에 준하여 glass column(5×3 cm i.d.) 여러개를 연결하여 20 cm까지 조절하고 아래쪽에는 여과지와 가아제로 흘러내리지 않게 고정시킨 다음 칠곡과 안심지역의 토양과 유기물을 완전히 제거한 sand를 각각 17.5 cm 높이까지 가볍게 두세번 두드리면서 채운 후 표층에 농약을 100 ppm, 2 ml 처리하고 용매는 휘산시켰다. 0.1 N-NaOH용액을 이용하여 pH 7.0으로 조정시킨 증류수 1 L를 100 ml/h 속도로 용출시켜 용출액에서의 농약잔류량을 분석하였고, soil column 속의 토양은 층위별로 토양시료를 채취하여 건조시킨 후 잔류량을 분석하였다.

Teflubenzuron과 flucyclo-xuron의 분석법

Teflubenzuron의 잔류분석은 토양시료 30 g을 acetone과 anhydrous sodium sulfate를 가해서 1시간 동안 진탕추출한 후 Büchner funnel에 Celite 545를 깔고 감압여과한 다음 분액여두에 옮기고 증류수 200 ml, 포화 NaCl 용액을 가하고 petroleum ether 80 ml로 2회 추출하여 40°C 수욕상에서 감압농축한 다음 3 ml의 toluene/ethyl acetate(95/5)에 재 용해하였다. Teflon stop-cock가 부착된 glass column(45 cm×17 mm i.d.)에 silica gel 8g을 채우고 그 위에 anhydrous sodium sulfate 5 g을 간 다음 toluene으로 씻어내고 재 용해된 액을 옮겨 붓고서 60 ml의 toluene로 씻어내어 버리고 최종적으로 65 ml의 toluene/ethyl acetate(95/5)로 용출시킨액을 모아서 40°C 수욕상에서 감압농축시킨 후 acetonitrile에 재 용해시켜서 Acro-disc filter로 여과하여 HPLC(254 nm)에 주입하여 잔류량을 결정하였다. Flucyclo-xuron의 분석은 토양시료 30g을 acetonitrile과 anhydrous sodium sulfate를 가해서 1시간 동안 진탕추출한 후 Büchner funnel에 Celite 545를 깔고 감압여과하여 40°C 수욕상에서

감압농축하고 acetone에 재 용해시킨 후에 30 ml의 petroleum ether를 가하였다. 정제를 위해서 SPE(silica cartridge 3 ml, Supelco 사)를 10 ml의 petroleum ether로 씻고 이 cartridge에 재 용해시킨 용액을 옮겨 붓고서 acetone/petroleum ether(3/97) 5 ml, acetone/petroleum ether(1/9) 6 ml 로 각각 씻어서 버린 후, ethanol/petroleum ether(1/3) 10 ml로 용출시켰다. 이 용출액을 40°C 수욕상에서 감압농축한 후 acetonitrile에 녹여 ultrasonic bath에서 30초 동안 진탕시킨 후 Acro-disc filter로 여과하여 HPLC(254 nm)에 주입하여 표준검량선에 의해 잔류량을 결정하였다. 이 두 약제의 잔류분석을 위해서 사용된 HPLC의 column은 μ BondapakTM C₁₈(3.9 mm i.d. ×300 mm)이었으며 시료의 주입량은 20 μ l, chart speed는 5 mm/min.이었다.

결과 및 고찰

회수율

Teflubenzuron과 flucyclo-xuron의 표준품을 이용하여 칠곡 및 안심지역의 토양에 대한 잔류분석시의 회수율 실험 결과는 Table 2와 같다.

칠곡과 안심지역의 토양에 teflubenzuron 및 flucyclo-

Table 2. Recoveries of teflubenzuron and flucyclo-xuron from fortified soils

Soil	Fortification level (ppm)	% Recovered*	
		Teflubenzuron	Flucyclo-xuron
Chilgok	1	96.7± 3.1**	93.1± 3.1
	10	98.8± 3.3	96.9± 4.0
Ansim	1	93.4± 4.2	92.6± 1.9
	10	95.1± 1.4	94.7± 1.6

* Each value is the mean of triplicate: **Standard deviation.

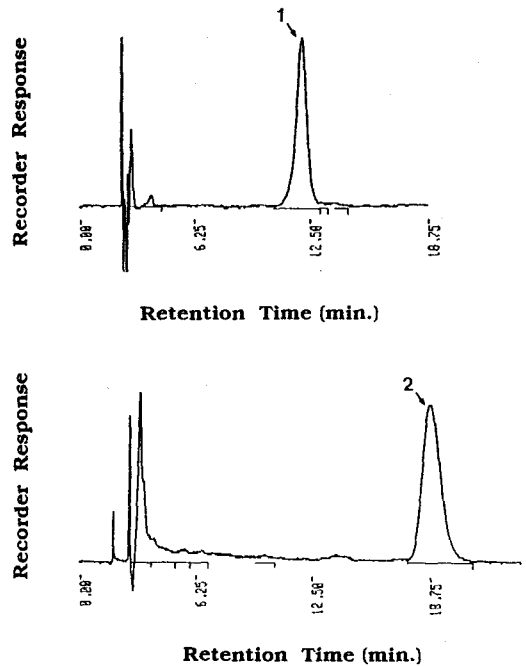


Fig. 2. Typical HPLC chromatogram of teflubenzuron and flucyclo-xuron in soil extracts. 1, Teflubenzuron; 2, Flucyclo-xuron.

xuron의 표준품을 1 및 10 ppm 수준으로 처리하여 확립된 분석방법에 의해 분석한 회수율은 teflubenzuron의 경우에는 93.4%에서 98.8%정도, flucyclooxuron의 경우에는 92.6%에서 96.9% 정도의 회수율을 보였다. 본 분석 조건 하에서의 teflubenzuron과 flucyclooxuron의 retention time은 각각 12.5 및 18.7분이었으며 토양추출물에서의 HPLC chromatogram의 예는 Fig. 2와 같다.

토양조건에 따른 분해

칠곡과 안심지역의 토양을 살균 및 비살균조건으로 구분하여 teflubenzuron의 분해양상을 조사한 결과는 Fig. 3 및 4와 같다.

칠곡지역의 토양시료에 teflubenzuron을 처리하여 분해양상을 조사한 결과 살균조건에서 실험초기에 다소 분해가 이루어 졌으나, 28일 정도 경과 후부터는 분해가

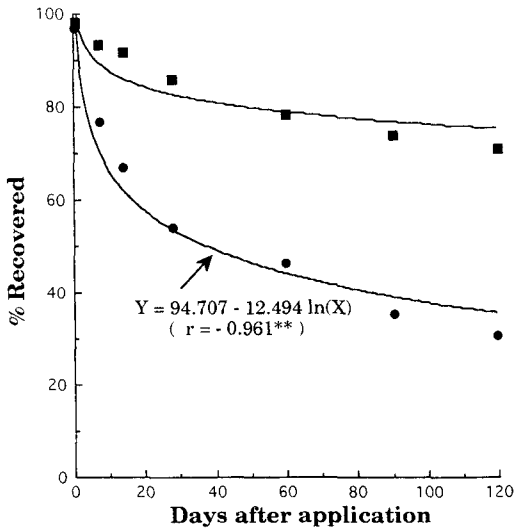


Fig. 3. Degradation of teflubenzuron in Chilgok soil incubated at $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

■—■, Sterilized soil; ●—●, Nonsterilized soil.

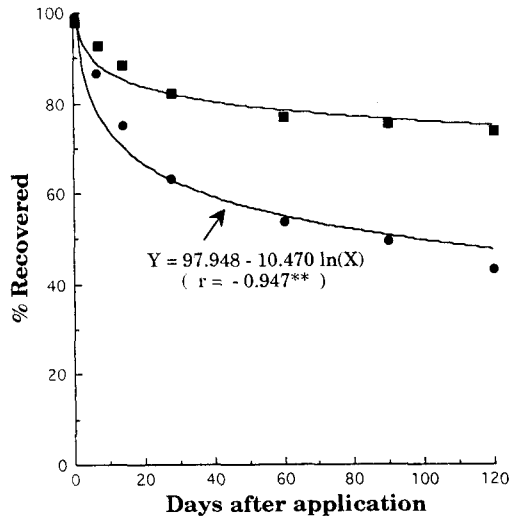


Fig. 5. Degradation of Flucyclooxuron in Chilgok soil incubated at $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

■—■, Sterilized soil; ●—●, Nonsterilized soil.

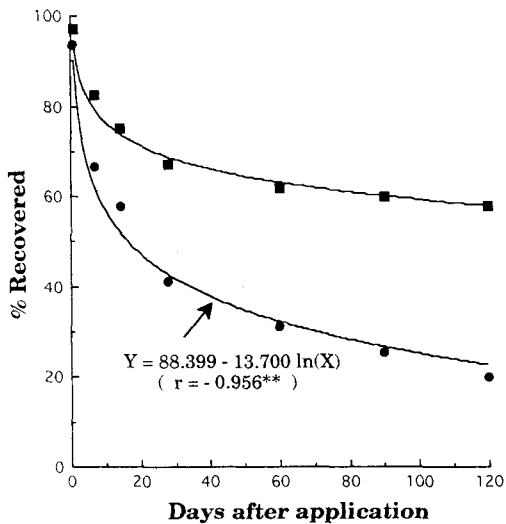


Fig. 4. Degradation of teflubenzuron in Ansim soil incubated at $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

■—■, Sterilized soil; ●—●, Nonsterilized soil.

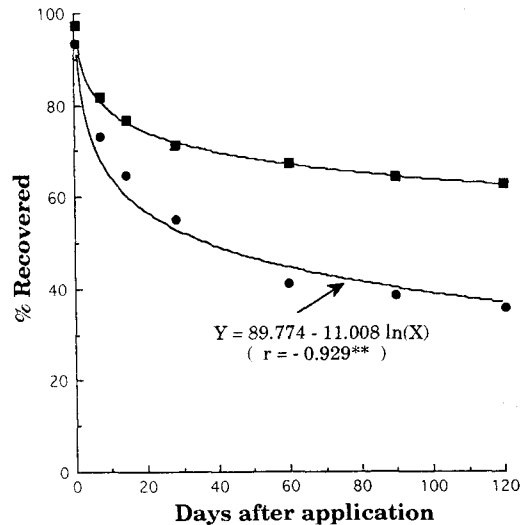


Fig. 6. Degradation of flucyclooxuron in Ansim soil incubated at $28 \pm 2^\circ\text{C}$.

■—■, Sterilized soil; ●—●, Nonsterilized soil.

상당히 지연되어서 120일까지 거의 분해가 이루어지지 않았다. 비살균 조건의 토양에서 teflubenzuron은 살균 조건의 토양에 비해서 전반적으로 분해가 빨리 일어났으며 초기에 살포된 농도를 기준으로 계산된 회귀방정식($Y=9.471-1.249 \cdot \ln X$, $r=-0.961^{**}$)을 이용하여 산출한 teflubenzuron의 분해반감기는 39.1일로 나타났다.

안심지역의 토양에서도 비살균조건의 토양에 비해서 살균조건의 토양에서 분해가 상당히 느리게 일어났으며, 비살균조건 토양에서 teflubenzuron의 분해반감기는 20.9일($Y=8.840-1.370 \cdot \ln X$, $r=-0.956^{**}$)로 나타났다. 이상과 같은 결과로 보아서 칠곡과 안심지역의 토양에서 teflubenzuron의 분해는 비살균조건에 비해서 살균조건에서 상당히 느리게 이루어 졌으며 전체적으로 유기물 함량이 높은 안심지역의 토양이 칠곡지역의 토양보다 비살균된 조건의 토양에서 분해반감기가 18일 정도 더 빨라서 토양 중 유기물의 함량이 teflubenzuron의 분해에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다.

Flucyclozuron도 teflubenzuron의 경우와 같이 칠곡과 안심지역토양에서 살균, 비살균조건으로 구분하여 flucyclozuron의 분해양상을 조사한 결과는 Fig. 5 및 6과 같다.

Flucyclozuron의 두 토양 중에서의 분해양상은 teflubenzuron과 비교하여 전반적으로 느리게 이루어 졌으나, 분해양상은 전체적으로 비슷한 경향을 보였다. 칠곡지역의 토양에서 flucyclozuron은 살균토양 조건에서 28일 이후로는 아주 느리게 분해되어 120일까지 거의 분해가 일어나지 않았으며 비살균토양 조건에서의 분해반감기를 회귀방정식으로 구한결과 $102.3\text{일}(Y=9.795-1.047 \cdot \ln X, r=-0.947^{**})$ 로 나타났다. 안심지역의 토양에서도 비살균 토양조건에서의 분해가 살균조건보다 빨랐으며 비살균조건에서의 분해반감기는 $50.1\text{일}(Y=8.977-1.101 \cdot \ln X, r=0.929^{**})$ 로 나타났다. 이상과 같이 teflubenzuron과 flucyclozuron의 토양조건에 따른 분해양상에 관한 실험 결과를 종합적으로 고찰해보면, 두 농약은 살균 및 비살균토양 조건에서 비살균토양 조건이 살균토양 조건보다 빠른 분해양상을 나타내었으며 살균토양 조건에서 초기에는 두 농약의 분해가 다소 진전되었으나 점차적으로 시간이 경과함에 따라 분해양상이 아주 느리게 일어났다. 이러한 비살균조건 토양에서 실험초기에 일어난 분해는 주로 휘산 등의 물리적인 작용에 의해서 소실된 결과라 생각되며 시간이 경과할수록 분해가 지연된 것은 토양미생물이 살균되어서 활성을 나타내지 못했기 때문으로 생각된다. 이로써 teflubenzuron 및 flucyclozuron의 토양환경내에서의 분해는 주로 토양미생물에 의해 크게 영향을 받는 것으로 생각된다. 이러한

결과는 Ozaki 등²⁵⁾이 urea계 농약인 isouron의 토양조건에 따른 분해실험의 결과와도 유사한 경향으로 나타났다. 토성에 따른 두 농약의 분해양상은 안심지역 토양이 칠곡지역의 토양보다 비살균조건의 토양에서 분해반감기가 teflubenzuron은 18.2일, flucyclozuron은 52.2일 정도로 빨라 졌는데 이는 유기물의 함량이 안심지역의 토양이 칠곡지역의 토양보다 상당히 높았기 때문으로 생각되며, pH에 의한 영향도 어느정도 작용했을 것으로 추측된다. 그리고 동일지역, 동일조건에서 teflubenzuron보다 flucyclozuron의 분해속도가 느리게 나타난 것은 teflubenzuron과 flucyclozuron의 phenylurea치환체의 구조가 상이함으로 인해서, flucyclozuron의 경우에 있어서는 분해가 용이한 urea의 C-N bond가 teflubenzuron보다 가수분해나 미생물에 의해 분해되기가 곤란하기 때문인 것으로 생각된다.

Ivie 등⁷⁾의 water, buffer 그리고 열처리에 의한 benzoyleurea계 살충제인 diflubenzuron의 분해경로 연구에서, 주 분해경로는 diflubenzuron의 urea결합 중의 C-N bond의 절단으로 4-chlorophenylurea와 2,6-difluorobenzoic acid로 대사되며, 산성조건(pH 4.0)에서는 56일 경과 후에도 거의 분해가 일어나지 않았으나, 중류수(pH 6.0)에서의 분해반감기는 7일이고 pH 10의 알칼리 조건에서는 3일 이하로서 알칼리 조건에서의 분해가 더욱 빠르게 이루어 지는것으로 보고하였다. 또한 Nimmo 등⁸⁻⁹⁾은 토양 중에서 diflubenzuron의 대사연구에서도, Ivie 등의 연구결과와 마찬가지로, difluorophenyl group의 C-N bond의 가수분해적 절단에 의한 4-chlorophenylurea와 2,6-difluorobenzoic acid가 주 대사산물인 것으로 보고하였다. 이상의 연구들을 바탕으로 해서 teflubenzuron과 flucyclozuron 모두가 2,6-difluorobenzoic acid를 공통적으로 가지고 있는데도 분해반감기가 큰 차이를

Table 3. Effects of teflubenzuron and flucyclozuron on urease activity in soil

Soil	Application	Incubation days						
		0	7	14	28	60	90	120
Chilgok	Control	6.8	7.2	7.0	8.4	8.9	8.3	9.7
	Tef*	4.2	5.8	6.3	8.0	8.8	8.6	10.2
	Flu**	4.2	5.7	6.1	7.9	8.6	8.1	9.6
Ansim	Control	8.8	9.6	9.0	10.2	10.0	11.8	12.7
	Tef	5.1	7.5	8.1	9.9	10.0	12.3	13.8
	Flu	5.2	7.6	8.0	9.7	9.8	11.8	12.9

Urease activity was expressed with μg of $\text{NH}_4\text{-N}$ released/g soil/3hr, at 37°C .

* Teflubenzuron; **Flucyclozuron.

보이는것은 difluorophenyl group의 C-N bond를 가리게 되는 치환기가 teflubenzuron은 3,5-dichlorophenyl이고 flucycloxuron은 α -(4-chloro- α -cyclopropylbenzylideneamino-oxy)-p-tolyl 이어서 치환기의 크기가 flucycloxuron이 훨씬 크므로 미생물에 의해서 공격을 받기가 어려워 분해가 느리게 일어난 것으로 추정된다.

Urease 활성에 미치는 영향

Teflubenzuron과 flucycloxuron의 처리에 의한 토양 중 urease 활성에 미치는 영향은 Table 3과 같다.

칠곡과 안심지역의 토양에서 urease활성에 대한 teflubenzuron과 flucycloxuron의 영향은 약제 처리직 후에는 urease의 활성을 칠곡지역 토양에서는 각각 41.0%, 42.4% 안심지역 토양에서는 37.6%, 38.1% 정도로 강하게 저해하였으며, 시간이 경과함에 따라서 점차적으로 영향이 감소하여 60일 이후로는 영향이 별로 없었으며 teflubenzuron의 경우에는 처리 후 90일 경과 후에는 urease의 활성이 약간 증가되는 경향이 나타났다. 약제 처리초기에 flucycloxuron이 안심과 칠곡에서 37.6%와 41.0%, teflubenzuron이 38.1%와 42.4%로 높은 저해율을 보이다가 저해율이 급속히 감소하여 120일째에는 약간의 증가추세를 보이는 것은 김 등²¹⁾의 연구에서 linuron과 diuron 등의 urea계 농약이 처리직 후에 urease활성에 대한 강한 저해를 나타내지만, 결국에는 urease의 활성을 증가시킨다는 보고와 일치하는 경향이였다. 이렇게 약제처리 후 초기에 urease의 활성이 강하게 저해된 것은 Cervelli 등²⁰⁾의 substituted urea herbicides에 대한 연구에서와 같이 본 실험에 사용된 urea 치환체인 teflubenzuron과 flucycloxuron도 이들 약제와 마찬가지로 urease의 활성을 저해시켜서 나타난 결과라 생각되며

Table 4. Movement of teflubenzuron in soil column of Chilgok, Ansim soil and sand

Depth (cm)	Recovery (%)					
	Standard		Formulation			
	Chilgok	Ansim Sand*	Chilgok	Ansim Sand*	Chilgok	Ansim Sand*
0~2.5	77.08	82.33	89.56	98.85	97.58	78.54
2.5~5.0	22.92	18.67	10.44	1.15	2.41	21.42
5.0~7.5	ND**	ND	ND	ND	ND	ND
7.5~10.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10.0~12.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12.5~17.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Leachate	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* Organic matter was removed by H₂O₂ treatment.

**not detected.

시일이 경과하면서 농약이 점차적으로 분해됨에 따라 urease의 활성이 점차적으로회복되었다고 추정된다.

용탈 실험

Teflubenzuron과 flucycloxuron의 표준품과 제품을 이용하여, 안심과 칠곡지역 토양 및 유기물을 완전히 제거시킨 모래에서의 용탈실험을 soil column을 이용하여 행한 결과는 Table 4 및 5와 같다.

Table 4 및 5에서 보는 바와 같이 soil column상에서 두 농약 모두 상부로부터 5 cm 이하로는 전혀 용탈이 이루어지지 않았고 용출액에서도 teflubenzuron과 flucycloxuron은 검출되지 않았다. 이처럼 용탈이 잘 이루어지지 않는 것은 teflubenzuron과 flucycloxuron의 물에 대한 용해도가 각각 <0.02 mg/L과 <0.001 mg/L으로서 아주 낮기 때문으로 생각되며 이로 인하여 토양입자에 빠르게 결합되는 것이 아닌가 추정된다. 한편 표준품의 처리시에 column상부 2.5 cm에 77.08~92.93% 정도 잔류되었고, 제품의 처리시에는 78~98.58% 정도 잔류되어 표준품 처리시에 제품의 사용시보다 column하부로의 용탈정도가 약간 증가한것 처럼 보이지만 표준품의 처리시 사용된 용매는 acetone으로서 물을 사용한 제품에 비해서 용매가 약간 더 깊이 내려갔기 때문인 것으로 생각된다. 이상의 결과들로서 benzoylurea계 농약인 teflubenzuron과 flucycloxuron은 농약들은 환경 중에 살포되어 토양에 집적된다고 하더라도 강우나 관개수 등에 의해서 토양하부로 용탈되어 지하수의 오염은 야기시키지 않을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Hassall, K. A.: In 'The Biochemistry and Uses

Table 5. Movement of flucycloxuron in soil column of Chilgok, Ansim soil and sand

Depth (cm)	Recovery (%)					
	Standard		Formulation			
	Chilgok	Ansim Sand*	Chilgok	Ansim Sand*	Chilgok	Ansim Sand*
0~2.5	85.65	92.93	77.99	97.88	98.56	82.75
2.5~5.0	14.34	7.07	22.01	2.12	1.44	17.25
5.0~7.5	ND**	ND	ND	ND	ND	ND
7.5~10.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10.0~12.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12.5~17.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Leachate	ND	ND	ND	ND	ND	ND

* Organic matter was removed by H₂O₂ treatment.

**not detected.

- of Pesticides', 2nd, Ed., p. 208, Macmillan Press Ltd, Hong Kong(1990)
2. 양환승, 이두형, 이승찬: 신농약(3정), p. 249, 향문사 서울(1991)
 3. 정영호, 박영선: 농약학, p. 431, 전국농업기술자협회 출판부, 서울(1990)
 4. The Nat West Investment Bank Group: Agrochemical Service, p. 6, Wood Mackenzie & Co. Ltd. London(1992)
 5. Lee, S. A., Clarke, B. S., Jenner, D. W. and Williamson, F. A.: Pestic. Sci., 28 : 367(1990)
 6. Clarke, B. S. and Jewess, P. J.: Pestic. Sci., 28 : 377 (1990)
 7. Ivie, G. W., Bull, D. L. and Veech, J. A.: J. Agric. Food Chem., 28(2) : 330(1980)
 8. Nimmo, W. B., de Wilde, P. C. and Verloop, A. : Pestic. Sci., 15 : 574(1984)
 9. Nimmo, W. B., Willems, A. G. M., Jourstra, K. D. and Verloop, A.: Pestic. Sci., 17 : 403(1986)
 10. Austin, D. J. and Carter, K. J.: Pestic. Sci., 17 : 73 (1986)
 11. Mutanen, R. M., Siltanen, H. T. and Kuukka, V. P.: Pestic. Sci., 23 : 131(1988)
 12. Soltani, N., Delbecque, J. P. and Delachambre, J.: Pestic. Sci., 14 : 615(1983)
 13. Luteijn, J. M. and Tipker, J.: Pestic. Sci., 17 : 456 (1986)
 14. Walker, A. L. and Wood, R. J.: Pestic. Sci., 17 : 495 (1986)
 15. Neumann, R. and Guyer, W.: Pestic. Sci., 20 : 147 (1987)
 16. Grosscurt, A. C., ter Haar, M., Jongma, B. and Stoker, A.: Pestic. Sci., 22 : 51(1988)
 17. Ismail, F. and Wright, D. J.: Pestic. Sci., 34 : 221 (1992)
 18. Meazza, G., Roma, F., Bettarini, F., Piccardi, P., Massardo, P. and Caprioli, V.: Pestic. Sci., 35 : 137 (1992)
 19. Meazza, G., Roma, F., Bettarini, F., Piccardi, P., Massardo, P. and Caprioli, V.: Pestic. Sci., 35 : 145 (1992)
 20. Cervelli, S., Nanniper, P., Giovannini, G. and Perna, A.: Soil Biol. Biochem., 9 : 393(1977)
 21. 김장억, 홍종욱: 한국농화학회지, 31(1): 79(1988)
 22. 최 정, 김정계, 신영오: 토양학실험, 형설출판사 서울(1992)
 23. 홍종욱, 조상문: 한국농화학회지, 22 : 217(1979)
 24. Kaufman, D. D., Russel, B. A., Helling, C. S. and Kayser, A. J.: J. Agric. Food Chem., 29 : 239(1981)
 25. Ozaki, M., Tanaka, Y. and Kuwatsuka, S.: J. Pestic. Sci., 11 : 223(1986)

Behavior of benzoylurea insecticide teflubenzuron and flucycloxaduron in soil environment

Tae-Hwa Kim and Jang-Eok Kim (Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea)

Abstract: The degradation and leaching pattern of benzoylurea insecticide teflubenzuron and flucycloxaduron in soil environment and their effect on urease activity were investigated. The half-life of teflubenzuron was 39.1 days and 20.9 days in Chilgok and Ansim soil of nonsterilized condition, respectively, and that of flucycloxaduron was 102.3 days and 50.1 days. Teflubenzuron and flucycloxaduron were degraded more rapidly in Ansim soil with rich organic matter than Chilgok soil, and were degraded very slowly under sterilized condition. Their degradation seemed to be mainly mediated by microorganisms in soil. Teflubenzuron was degraded 63.2 days and 29.2 days faster than flucycloxaduron under nonsterilized condition of Chilgok and Ansim soil. The inhibition of urease by the pesticides in two kinds of soil was strongly affected (37.6~42.4%) in the early stage of their treatment but hardly affected or increased a little after 120 days. The teflubenzuron and flucycloxaduron remained in the upper 5 cm of the soil column after elution with 1,000 ml of water, and they were not detected in leachate.