

포장과 실내실험에서 살충제 Cyfluthrin의 토양 중 반감기 차이에 미치는 환경요인 구명

한성수* · 임방현 · 임요섭¹ · 최용화²

원광대학교 생명자원과학대학 농화학과, ¹순천대학교 농과대학 농화학과, ²상주대학교 식물자원학과

초 록 : 포장과 실내실험에서 cyfluthrin의 토양 중 반감기에 큰 차이를 나게 하는데 영향을 끼치는 환경요인들을 구명하고자 여러 가지 환경조건에서의 분해와 이동실험을 수행하였다. 미생물 유무, 온도 및 광도의 차이에 따른 분해실험결과에 의해 회귀식에서 구한 cyfluthrin의 분해반감기는 살균토양에서보다 비살균토양에서 1.9배, 15°C에서보다 25°C에서 1.2배정도 짧았고, 100%차광(압조건)에서 무차광(자연광조건)으로 갈수록 61.4일에서 4.5일로 짧아졌다. 휘발조건에서의 분해반감기는 11.8일이었고 비휘발조건에서는 23.8일로 휘발 유·무에 따라서 차이가 있었다. Cyfluthrin의 표준품과 제품의 분해반감기는 포장에서 각각 15일과 1일이었고, 실내실험에서는 각각 26일과 3일로 포장에서나 실내실험에서 모두 제품이 표준품보다 짧았다. 수분함량의 차이에 따른 분해반감기는 포장용수량의 55% 수분함량에서 28.5일이었고, 포장용수량에서는 2.9일이었으며 전반적으로 수분함량이 많을 수록 짧아졌다. 수용액 pH의 차이에 따른 분해반감기는 산성용액에서보다 알칼리용액에서 짧았으나, 포장실험 토양 pH 6.4와 실내실험 토양 pH 5.6에서의 분해반감기는 차이가 없었다. 약제처리후 강우량과 강우시간별 용탈실험에서는 초기 표면처리량의 81~94% 정도가 토양 쉼 2cm 이내의 층에 존재한 것으로 보아 용탈에 의한 이동은 적었다. 이상의 결과, cyfluthrin의 포장과 실내실험에서 반감기의 현저한 차이에 가장 큰 영향을 끼친 환경요인으로는 토양수분, 광 및 제형이었고, 다음으로는 토양미생물, 휘산이었으며, 온도, pH, 약제처리후 강우량 및 강우시간은 거의 영향이 없는 것으로 판단된다. (2000년 7월 11일 접수, 2000년 9월 7일 수리)

서 론

우리 나라에서 합성 pyrethroid계 농약은 유기인계나 carbamate계 농약에 이어 많이 사용되고 있으며 그 사용량은 계속 증가될 것으로 전망된다.¹⁾ Pyrethroid계 농약은 19세기 초 유럽에서 제충국의 주성분인 pyrethrin이 천연살충제로 사용되면서 천연살충제의 문제점으로 지적되어 온 자원의 제한, 빠른 광분해성 등 여러 가지 문제점들이 보완되어 합성된 pyrethroid계 살충제가 70년대 중반부터 개발되어 지금까지 30여종 이상의 우수한 약제가 개발되어 사용되고 있다.²⁾ 일반적으로 이 계통의 약제들은 토양 중에서 이동성이 거의 없고 토양입자와 유기물에 쉽게 흡착되며, 환경 중에서 쉽게 분해되고 광에 약한 특성을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며,^{3,7)} 조류와 포유동물에 대해서는 비교적 저독성이나 어류와 수생 무척추동물에 대해서는 고독성인 특징이 있다.⁸⁾

본 연구에서 사용된 cyfluthrin은 1978년 독일의 Bayer사가 개발한 새로운 합성 pyrethroid계 살충제로서 극히 미량으로도 살충력이 강한 속효성, 지효성 약제로 주로 접촉독에 의하여 작용하며 나방류, 파리류, 노린재류 방제에 효과가 있는 약제이다.²⁾ 우리 나라에서는 1984년 싸이스린이란 품목명으로 등록되어 주로 사과와 굴나방이나 진딧물 및 감꼭지나방 등의 방제에 사용되고 있다.⁹⁾

한¹⁰⁾은 1998년도 포장과 실내에서 cyfluthrin의 토양 중 잔류 실험을 수행하였는데, 분해반감기가 각각 0.9일과 38일로 현저

한 차이가 있음을 지적하였다. 일반적으로 포장과 실내실험에서 토양 중 농약의 잔류기간에 차이가 있을 것이라는 것은 예상된 결과이겠지만, 이와 같이 분해반감기에 큰 차이가 나는 경우는 흔치 않으며, 따라서 어떤 환경요인이 영향을 끼쳐 그와 같은 결과가 발생했는지를 구명한다는 것은 새로운 농약에 대한 환경 중 농약잔류 문제를 이해하는데 흥미로운 일이며 농약의 분해특성을 이해하는 데에도 기여할 수 있을 것이고, 더욱이 이 약제에 대한 환경 중 분해특성을 연구한 보고는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 농약의 분해와 소실에 영향을 끼치는 것으로 알려진 많은 환경요인들 중 98년도 포장과 실내실험 당시 서로 다르게 분해에 영향을 끼쳤을 것으로 판단되는 미생물 유무, 온도, pH, 수분함량, 광도 및 제품간 차이에 따른 분해와 휘발 유무에 따른 소실, 강우에 의한 이동 등 cyfluthrin의 토양 중 분해와 행동 특성을 구명하여 어떤 환경요인이 포장과 실내에서 토양 중 cyfluthrin의 반감기 차이에 큰 영향을 끼쳤는지 구명하고자 하였다.

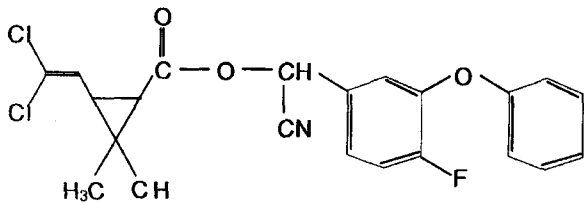
재료 및 방법

실험약제 및 토양의 이화학적 성질

본 실험에 사용된 약제인 pyrethroid계 살충제 cyfluthrin은 표준품(순도 : 92.9%)과 입제(성분량 : 0.1%)를 주식회사 미성으로부터 분양받아 사용하였으며 이 농약의 화학구조와 화학명은 Fig. 1과 같다.

토양은 1998년도 cyfluthrin의 포장 잔류실험에서 사용했던 익산시 신용동 원광대학교내 실험포장의 밭토양으로, 10 cm 깊

찾는말 : 환경요인, 반감기, cyfluthrin, 분해, 용탈, 토양
*연락처 : Tel : 82-63-850-6678; Fax : 82-63-850-6678
E-mail : seshan@wonms.wonkwang.ac.kr



[(RS)- α -cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl(1RS,3RS;1RS,3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate

Fig. 1. Structural formula and chemical name of cyfluthrin.

이로 채취한 토양을 풍건 시킨 후 2 mm체에 통과시켜 사용하였고, 토성은 사질식토(pH 5.9, 유기물 함량 1.2%, CEC 17.44 cmol kg⁻¹)이었다.

실험방법

토양 환경조건의 차이에 따른 분해

각 환경조건에서 cyfluthrin의 분해정도를 조사하기 위한 모든 실험에서 공통적으로 토양은 120°C, 15 psi로 30분간 2회 간헐 살균하여 사용하였고(미생물 유무와 수분함량의 차이에 따른 분해실험은 예외), 수분함량 조절은 멸균수로 포장용수량의 55%가 되도록 하였으며(수분함량의 차이에 따른 분해실험은 예외), 온도는 25±2°C 항온실에서(광량, 휘발 및 온도차이에 따른 실험은 예외), 약제처리는 표준품 또는 입제로 각각 0.5 ppm이 되게 처리하였고, 잔류분석용 토양시료는 약제처리 후 0, 0.5, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 42, 56일에 채취하여 잔류량을 분석하였다. 각 환경조건별로 실험방법을 기술하면, 미생물 유무가 분해에 미치는 영향을 조사하고자 살균토양과 비살균토양을 사용하여 수행하였고, 비살균토양은 포장용수량의 55%에 해당하는 수분을 가하여 2주간 pre-incubation 시킨 후 약제처리하였다. 온도의 차이에 따른 분해실험은 15°C와 25°C에서 수행하였고, 광량의 차이에 따른 분해정도를 조사하기 위하여 실험기간동안의 평균온도가 20°C인 유리 온실내에서 차광막의 겹수를 달리하여 차광정도를 각각 100, 90, 70, 50%차광 및 무차광조건에서 수행하였다. 휘발의 유무에 따른 분해양상을 조사하고자 petri dish에 토양을 일정량씩 넣고 약제처리한 후 비휘발조건은 덮개를 parafilm으로 밀봉하였고, 휘발조건은 덮개를 열어 두어 두 조건 모두 30°C의 환기된 배양기에서 수행하였다. 포장과 실내에서 표준품과 제품간의 잔류성을 비교하기 위한 실험에서 포장실험은 15 cm 깊이의 vat에 토양을 넣고 수분조절 후 약제를 표면처리하여 노지에서 행하였고, 실내실험은 미생물 유·무실험의 비살균토양에서 행한 방법과 동일하게 수행하였다. 수분함량의 차이가 분해에 미치는 영향을 조사하고자 비살균토양에 포장용수량의 10, 55, 70, 85, 100% 및 담수(토양 : H₂O = 1 : 1, w/v)가 되도록 물을 가하여 약제처리후 경시적으로 잔류량을 조사하였으며, 실험기간중 수분은 2주간 격으로 각각의 무게를 측정하여 보충해 주었다.

수용액의 pH 변화에 따른 분해

수용액상에서 pH 변화에 따른 cyfluthrin의 분해양상은 멸균

수에 0.1 NH₂SO₄ 또는 1 NNaOH를 가하여 pH가 3, 5.6(실내실험 토양 pH), 6.4(포장실험 토양 pH), 7, 9, 12가 되도록 조절하고, 여기에 표준품과 제품을 각각 처리한 후 24시간 동안의 경시적 분해정도를 조사하였다.

인공강우에 의한 용탈

약제처리 후 강우량 및 강우시간 차이에 따른 약제의 이동에 의한 용탈정도를 조사하고자 10 cm의 column에 토양을 채웠고, 수분은 포장용수량 측정법¹¹⁾에 따라 포장용수량을 구하여 이에 준하여 조절하였으며, 약제처리는 60 kg ha⁻¹에 해당하는 양을 입제로 표면처리하였다. 강우량은 약제처리 12시간 후에 강우를 하지 않은 것(0 mm), 2, 8, 16 및 32 mm의 인공강우를 하였고, 강우시간별 실험은 약제처리후 0, 3, 12, 24시간에 8 mm와 32 mm의 인공강우를 하였다. 인공강우를 행하고 난 12시간 후에 column을 2 cm간격으로 자르고 각 층의 토양층에 있는 잔류량을 분석하여 용탈정도를 확인하였다.

잔류분석방법

약제처리된 토양시료 20 g에 acetone 100 ml를 넣고 30분간 진탕추출한 다음, 이 추출액을 여과지위에 무수 Na₂SO₄ 10 g을 넣은 glass filter에서 감압여과 하였고 잔사를 acetone 으로 10 ml 2회 씻어 합쳤다. 이 여액을 회전감압농축기로 농축하였고 이 농축액을 n-hexane 15 ml에 녹여 silica gel 1 g을 n-hexane으로 습식충진시킨 Sep-pak filtration column에 옮긴 다음 이 농축액이 상층부에 이를 때까지 용출시킨 것은 버렸다. 이 후 acetonitrile : acetone(1 : 4, v/v) 혼합용액으로 5 ml씩 3회 용출시켜 수기에 받아 농축한 뒤 20 ml acetone으로 재용해하여 그 중 1 µl를 GLC/ECD에 주입하여 얻어진 chromatogram 상의 peak area를 표준검량선에 의해 잔류량을 계산하였다.

수용액 중에서의 잔류량 분석은 시료 20 ml에 acetone 80 ml를 넣고 20분간 진탕하여 여과한 뒤 분액여두에 옮겨 포화 NaCl 5 ml를 넣고 dichloromethane으로 100 ml씩 2회 추출한 액을 감압농축한 다음 acetone으로 재용해하여 토양 중 잔류분석과정과 동일하게 GLC/ECD로 분석하였다.

분석기기는 Hewlett-Packard 6890의 GLC/ECD를 사용하였으며 oven, inlet, detector의 온도는 각각 250, 280, 300°C이었고, column은 Ultra 1(0.32 µm×25 m)을 사용하였으며, carrier gas(N₂)의 유속은 60 ml/min이었다. Cyfluthrin의 토양 중 회수율은 89~96%이었고, 수용액 중의 회수율은 91~98%이었으며, 검출한계는 0.001 ppm이었고, retention time은 3.4~3.6 min이었다.

결과 및 고찰

토양의 환경조건 차이에 따른 분해

포장과 실내실험에서 cyfluthrin의 토양중 반감기 차이에 영향을 미쳤을 것으로 사료되는 환경요인들 중 먼저 미생물 유무에 따른 분해양상을 조사하기 위하여 살균토양과 비살균토양에 cyfluthrin을 각각 0.5 ppm이 되게 처리 한 후 경시적으로 잔류량을 조사하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다. 살균토양과 비살

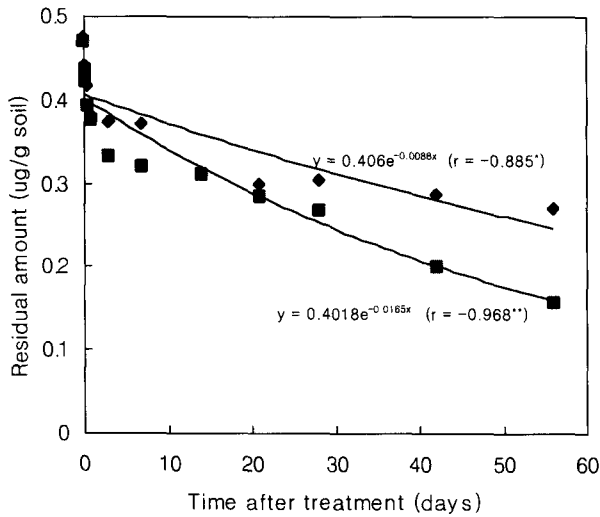


Fig. 2. Degradation of cyfluthrin in soil under the condition with and without sterilization. ◆ - ◆ : sterilized, ■ - ■ : non-sterilized.

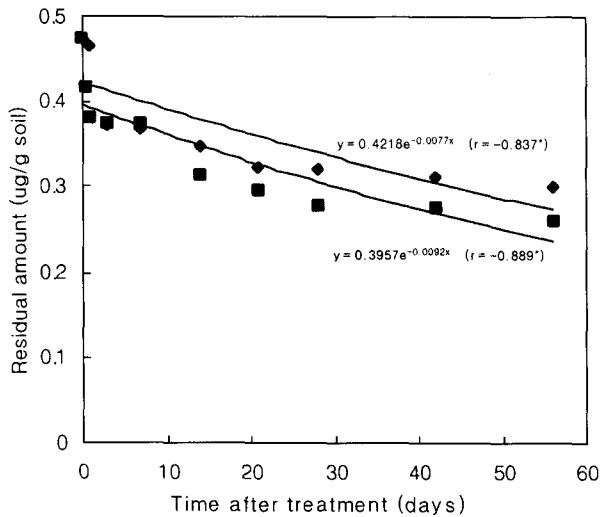


Fig. 3. Degradation of cyfluthrin in soil at different temperatures. ◆ - ◆ : 15°C, ■ - ■ : 25°C.

균토양에서 cyfluthrin의 잔류량은 약제처리 3일 후부터 서서히 차이가 나기 시작하여 28일 후에는 비살균토양에서보다 살균 토양에서 1.7배 정도 많았으며, 살균토양과 비살균토양의 회귀 식에서 구한 분해반감기는 각각 61.4일과 32.6일로서 살균토양 에서보다 비살균토양에서 1.9배 정도 짧았다.

합성 pyrethroid계 농약의 미생물 유무에 따른 분해실험에서 김 등¹²⁾은 bifenthrin 및 cyhalothrin이 그리고 Sakata 등¹³⁾은 fenpropathrin이 혐기적조건 및 살균토양조건에서 매우 느린 분 해양상을 나타낸다고 보고하였고, Demoute³⁾는 pyrethroid계 농 약이 토양중 미생물에 의해 쉽게 분해된다고 하였는 바, 본 실험결과와 유사한 경향으로써 미생물이 pyrethroid계 살충제의 하나인 cyfluthrin의 토양중 분해에 영향을 끼친 것으로 볼 수 있었으며, 또한 98년도 포장과 실내실험에서 미생물 종류와 활 성이 다르게 나타났을 것이었으므로 미생물이 두 실험간의 반 감기에 차이를 가져오게 하는 하나의 요인이라 생각된다.

토양중에서 온도의 차이가 cyfluthrin의 분해에 미치는 영향

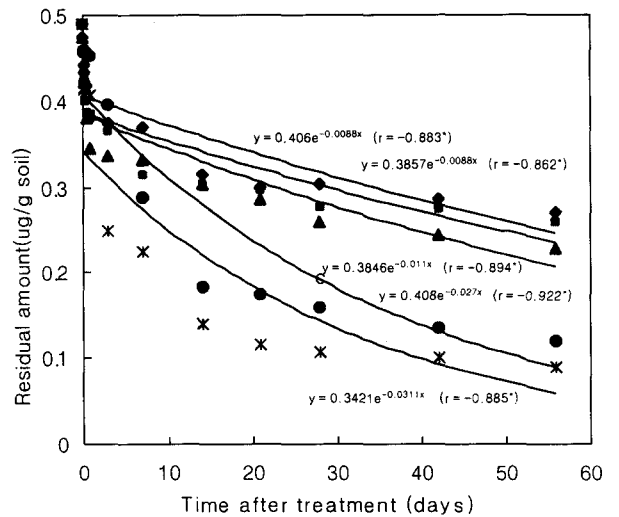


Fig. 4. Effect of light intensity on degradation of cyfluthrin in soil. ◆ - ◆ : dark, ■ - ■ : 90% shading, ▲ - ▲ : 70% shading, ● - ● : 50% shading, * - * : not-shaded.

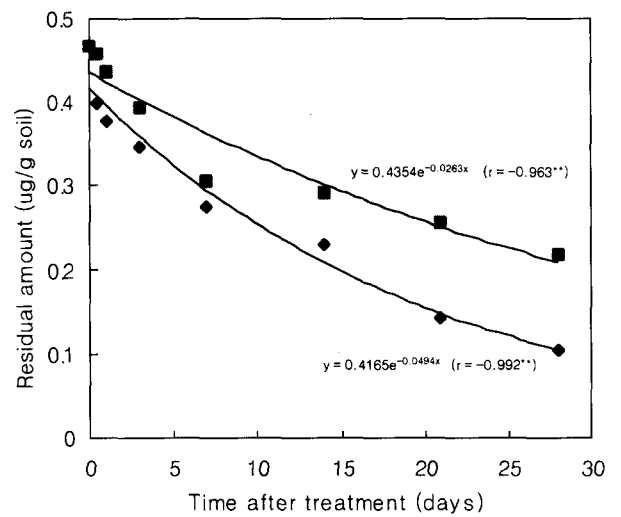


Fig. 5. Degradation of cyfluthrin in soil under the closed and open conditions. ◆ - ◆ : open, ■ - ■ : closed.

을 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 분해속도가 15°C 에서보다 25°C에서 빠른 것으로 보아 cyfluthrin 자체는 온도가 높을 수록 분해가 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 그러나 98 년도 토양잔류 포장실험 당시 약제처리 초기 평균온도는 15°C 내외이었고 실내실험 온도는 25°C로 포장조건의 온도가 오히 려 실내온도보다 낮았으므로 온도가 포장과 실내에서의 반감기 차이를 가져오는데 영향을 끼친 직접적 요인이라고 판단되지 않는다.

Pyrethroid계 농약은 다른 계통의 농약에 비해 일반적으로 환 경 중에서 광에 의해 쉽게 분해가 되는 것으로 보고된 바 있 어 광도의 차이에 따른 cyfluthrin의 분해실험을 하였는 바 그 결과는 Fig. 4와 같다. 차광막의 겹수를 달리하여 차광정도를 100, 90, 70, 50% 차광 및 무차광으로 조절하여 수행한 결과 잔류반감기는 각각 61.4, 59.2, 44.2, 10.8, 4.5일로서 차광정도 가 낮을 수록 짧아 졌고, 100% 차광(암조건)에 비해 무차광에

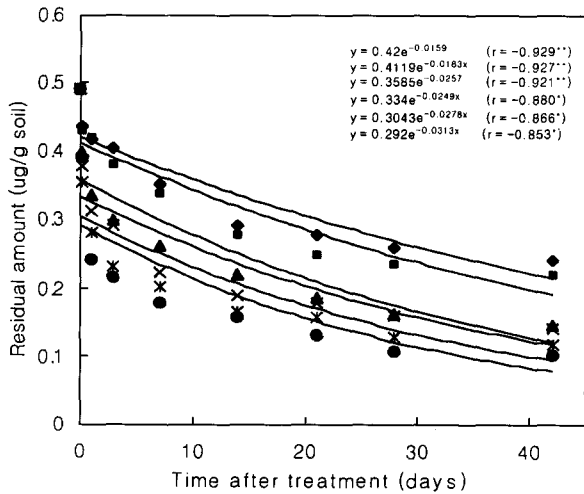


Fig. 6. Effect of moisture content on degradation of cyfluthrin in soil. ◆-◆: 10% of field water capacity, ■-■: 55% of field water capacity, ▲-▲: 70% of field water capacity, ×-×: 85% of field water capacity, *-*: field water capacity, ●-●: submerged.

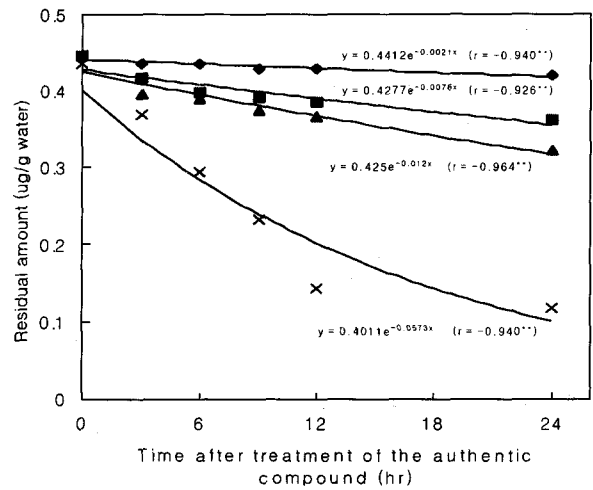


Fig. 7. Comparison of persistence of the authentic compound of cyfluthrin at the various pH levels in water. ◆-◆: pH 3, ■-■: pH 7, ▲-▲: pH 9, ●-●: pH 12.

서의 분해속도는 13.6배 빨랐다.

Takahashi 등¹⁴⁾은 cypermethrin이 그리고 Katagi¹⁵⁾는 fenpropathrin이 자외선에 의한 광화학반응으로 빠른 분해가 일어났다고 하였고, 김 등⁶⁾은 10~100 ppm 농도의 bifenthrin이 광조사시 24시간 만에 거의 분해 소실 되었다고 하였으며, Katagi 등⁵⁾은 합성 pyrethroid계 살충제가 광 유기에 의한 cis/trans 이성질 현상을, 그리고 Demoute³⁾는 광에 의해 탈 할로겐화반응을 일으켜 분해되었다고 하였다. 또한 Miyamoto⁷⁾는 수중이나 식물 잎 표면에서 cyclopropane ring의 이성질 현상이나 αR/αS epimerization에 의해 주로 광분해된다고 하였다. 이러한 연구 결과들은 이들과 유사한 화학구조를 가진 cyfluthrin도 광에 의한 분해가 촉진되었음을 입증한 결과라 할 수 있으며, 98년도 실험 당시 자연 포장조건이 실내 광조건(800 lux)보다 광도가 높았을 것이 확실하기 때문에 포장에서의 반감기가 실내 조건에서보다 짧게 하는데 현저한 영향을 끼쳤을 것으로 보인다.

휘발의 유무에 따른 소실정도를 조사하기 위해 환기된 배양기에서 밀봉한 비휘발조건과 밀봉하지 않은 휘발조건에서 cyfluthrin을 처리하고 잔류된 양으로써 휘발에 의한 소실정도를 검토한 결과는 Fig. 5와 같은 바, 휘발과 비휘발조건에서의 분해반감기는 각각 11.8일과 23.8일로 휘발조건이 비휘발조건보다 2배 정도 짧았다. 이는 cyfluthrin이 휘발에 의한 소실에 의해 반감기가 짧아졌음을 암시하는 결과로 Sakata 등¹³⁾과 Mikami¹⁵⁾가 합성 pyrethroid계 농약이 휘발에 의한 소실이 있

음을 지적한 결과와 유사함을 알 수 있었으며, 따라서 자연포장실험에서보다 알루미늄 포일 덮개를 한 실내실험에서 반감기가 길었던 데 영향을 끼친 한 요인이라 생각된다.

많은 연구자들^{3,4,7,13,15-19)}에 의하면 pyrethroid계 농약이 물에 의한 에스테르결합의 가수분해가 현저함을 지적한 바 있고, 98년도 포장잔류 실험시 약제처리 10일전에 55 mm의 강우량이 있었기²⁰⁾에 포장과 실내실험에서의 반감기의 차이가 수분함량 차이에 있을 것으로 가정하고 토양에 포장용수량의 10, 55(실내실험시 수분함량), 70, 85, 100%(포장용수량), 담수[토양:H₂O = 1:1(w/v)]가 되도록 수분을 가한 후 약제처리하고 잔류 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 회귀식에 의해 구한 반감기는 각각 34, 28.5, 10.9, 5.5, 2.9, 0.8일로 수분함량이 많을 수록 짧았으며, 분해속도는 포장용수량조건이 수분함량 55%조건에 비해 약 10배정도 빨라 수분이 포장과 실내에서의 반감기 차이에 두드러진 영향을 미친 것으로 판단된다.

98년도 cyfluthrin에 대한 토양잔류실험의 약제처리시 포장실험은 제품을, 실내실험은 표준품을 처리하였다. 따라서 이들이 잔류에 얼마나 영향을 끼쳤는지를 알아보기 위하여 포장과 실내실험²¹⁾에서 각각 표준품과 제품을 처리하여 잔류량을 조사한 결과는 Table 1과 같다. Cyfluthrin의 표준품과 제품의 분해반감기는 포장에서 각각 15일과 1일이었고, 실내 실험에서는 각각 26일과 3일로 포장에서나 실내실험 모두 제품처리가 표준품 처리보다 빨랐으며 그 분해속도는 제품이 표준품보다 포장에서 15배, 실내실험에서는 8.7배이었다. 이 실험결과는 표준

Table 1. Comparison of residual amount between the authentic compound and the commercial product of cyfluthrin in the field and laboratory tests (ug g⁻¹, dry soil)

Test site	Types	Time after treatment (days)									Half life (day)
		0	0.25	0.5	1	3	7	14	21	28	
Field	Authentic	0.491	0.382	0.353	0.309	0.301	0.268	0.242	0.208	0.146	12.9
	Commercial	0.491	0.300	0.267	0.200	0.158	0.075	0.033	0.008	0.005	1.1
Laboratory	Authentic	0.493	0.399	0.386	0.384	0.364	0.314	0.303	0.280	0.270	29.3
	Commercial	0.492	0.398	0.306	0.254	0.228	0.206	0.187	0.160	0.109	7.3

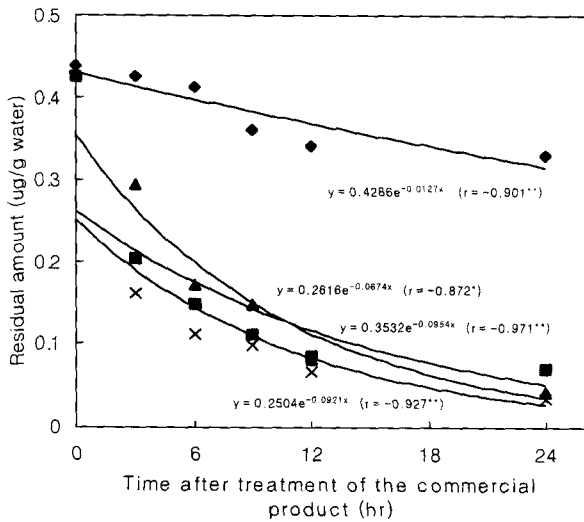


Fig. 8. Comparison of persistence of the commercial product of cyfluthrin at the various pH levels in water. ◆-◆: pH 3, ■-■: pH 7, ▲-▲: pH 9, ●-●: pH 12.

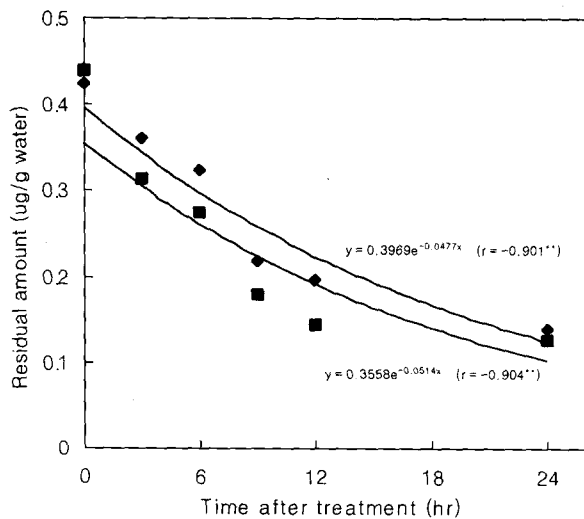


Fig. 9. Comparison of persistence of cyfluthrin at pH 5.6 of the laboratory soil and pH 6.4 of the field soil. ◆-◆: pH 5.6, ■-■: pH 6.4.

품을 처리했던 실내실험에서보다 제품을 처리하였던 포장에서 반감기가 현저히 짧았던 98년도 잔류실험결과¹⁰⁾를 초래한 하나의 요인임을 입증해 주고 있다.

수용액의 pH 차이에 따른 분해

pH 3, 5.6(실내토양 pH), 6.4(포장토양 pH), 7, 9, 12가 되도록 조절된 수용액에 표준품과 제품을 각각 처리한 후 경시적 잔류량을 조사한 결과는 Fig. 7, Fig. 8과 같다. 회귀식에서 구한 pH 3에서 pH 12까지의 분해 반감기는 표준품을 처리한 수용액에서 각각 13.5, 3.1, 4.3, 3.6, 2.2, 0.44일이었고 제품을 처리한 수용액에서는 각각 2.2, 0.55, 0.39, 0.13, 0.22 0.08일로서 제품이 표준품보다 전반적으로 분해반감기가 짧았고, 제품과 표준품 모두 산성에서 알칼리성으로 갈수록 분해속도가 빨랐다. 그러나 포장실험 토양 pH 6.4와 실내실험 토양 pH 5.6

Table 2. Downward movement of cyfluthrin in soil column as caused by different amounts of artificial rainfall 12 hours after the insecticide treatment (μg 400g⁻¹, dry soil)

Amount of rainfall(mm)	Soil column depth(cm)				
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10
0	75.2	4.4	0.4	<0.001	<0.001
2	74.4	3.2	2.4	<0.001	<0.001
8	72.0	3.6	1.6	<0.001	<0.001
16	71.6	0.4	0.8	<0.001	<0.001
32	64.8	6.0	2.4	1.6	0.4

Table 3. Downward movement of cyfluthrin in soil column as caused by different times of artificial rainfall after the insecticide treatment (μg 400g⁻¹, dry soil)

Rainfall time after treatment (hr)	Soil column depth (cm)					Leachate
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	
0	67.6	3.2	3.6	1.2	0.4	0.3
3	69.2	5.2	2.0	2.4	0.4	<0.001
12	71.6	4.0	1.6	<0.001	<0.001	0.2
24	74.0	2.0	0.8	<0.001	<0.001	<0.001

에서는 분해 반감기의 차이가 없어(Fig. 9) 포장과 실내에서의 반감기 차이를 가져오는데 pH가 영향을 끼친 것으로는 보이지 않는다.

인공강우에 의한 용탈

Cyfluthrin 처리후 강우량과 강우시간별 실험을 수행하여 강우에 의한 이동정도를 조사한 결과는 각각 Table 2와 Table 3과 같다. 약제처리후 강우를 하지 않은(0 mm)것과 2, 8, 16, 32 mm로 강우를 하여 이동량을 조사하였는 바(Table 2) 모든 처리에서 초기 처리량의 81~94%정도가 토양 컬럼 2 cm 이내의 층에 존재하였고 10 cm층까지 용탈된 양은 매우 적었으며 10 cm층 이하로 용출된 양은 초기 처리량의 0.003%정도에 그쳐 강우량의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 약제처리 직후, 약제처리후 3, 12, 24시간후에 8 mm 인공강우를 하여 조사한 하방 이동된 cyfluthrin량(Table 3)은 약제처리 직후와 3시간후에 강우를 할 때 10 cm까지 하방이동 되었으나 약제처리 12시간후와 24시간후에는 4~6 cm까지 이동되어 약제처리 후 강우시간이 빠르면 이동정도가 약간 컸으나, 약제처리후 어느 강우시간에서도 그 이동된 양은 초기처리량의 90% 이상이 2 cm이내의 층에 머물렀다. 이러한 결과로 보아 cyfluthrin은 다른 pyrethroid계 농약과 마찬가지로 토양에 빠르게 흡착되어 토양중 이동이 적었다는 결과^{3,6,13,22,23)}와 유사하였으며, 강우가 포장과 실내실험에서의 반감기 차이에 영향을 끼치는 요인으로는 판단되지 않는다.

감사의 글

본 논문은 2000년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구 되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea Agricultural Chemicals Industrial Association (1998) In 'Production and Forwarding of Agrochemicals by Different Item: Agrochemical Year Book,' pp. 104-115, Moonsun Press Seoul.
2. Tomlin, C. D. S. (1997) The pesticide manual. 11th Ed., pp. 293-295, British Crop Protection Council, London.
3. Demoute, J.P. (1989) A brief review of the environmental fate and metabolism of pyrethroids. *Pestic. Sci.* **27**, 375-385.
4. Katagi, T. and Sakata, S. (1993) Effect of moisture content and UV irradiation on degradation of fenpropathrin on soil surfaces. *J. Pestic. Sci.* **18**, 333-341.
5. Katagi, T., Kikuzono, Y., Mikami, N., Matsuda, T. and Miyamoto, J. (1988) A theoretical approach to photochemistry of pyrethroids possessing the cyclopropane ring. *J. Pestic. Sci.* **13**, 129-132.
6. Kim, J. E. and Choi, T. H. (1992) Behavior of synthetic pyrethroid insecticide bifenthrin in soil environment. (II) Identification of degradation product and leaching of bifenthrin in soil. *Kor. J. Environ. Agric.* **11**, 125-132.
7. Miyamoto, J. and Mikami, N. (1983) In 'Degradation of pyrethroid insecticide: Pesticide Chemistry,' Miyamoto, J. and Kearney, P. C., Vol. 2, pp. 193-200, Pergamon Press. New York.
8. Leahey, J. P. (1985) The pyrethroid insecticide, pp. 263-342, Taylor & Francis, London.
9. Korea Agricultural Chemicals Industrial Association (1999) Guide Book of Pesticide Application, pp. 363-364, Samjeong Press, Seoul.
10. Han, S. S. (1998) The Experimental Result on Residue of Cyfluthrin GR in Upland Soil. Bull. MS98-S4, Misung Agrochemicals Co., Korea.
11. Torii, T. (1957) In 'Method and Application: Soil Testing and Fertilizer Experiment,' pp. 65-71, Park Woo Co. Japan.
12. Kim, J. E. and Choi, T. H. (1992). Behavior of synthetic pyrethroid insecticide bifenthrin in soil environment. (I) Degradation pattern of bifenthrin and cyhalothrin in soils and aqueous media. *Kor. J. Environ. Agric.* **11**, 117-124.
13. Sakata, S., Yoshimura, J. Nambu, K., Mikami, N. and Yamada, H. (1990) Degradation and leaching behavior of the pyrethroid insecticide fenpropathrin in soils. *J. Pestic. Sci.* **15**, 363-373.
14. Takahashi, N., Mikami, N., Matsuda, T. and Miyamoto, J. (1985) Photo degradation of the pyrethroid insecticide cypermethrin in the water and on soil surface. *J. Pestic. Sci.* **10**, 629-636.
15. Mikami, N. (1987) Degradation of pyrethroid insecticides in the environment. *J. Pestic. Sci.* **12**, 539-548.
16. Class, T. J., Ando, T. and Casida, J. E. (1990) Pyrethroid metabolism: Microsomal oxidase metabolites of (s)-bioallethrin and the six natural pyrethrins. *J. Agric. Food Chem.* **38**, 529-537.
17. Lee, J. K., Kyung, K. S., Kwon, J. W., Ahn, K. C. and Jung, I. S. (1995) Behavior of the soil residues of the acaricide-insecticide, [¹⁴C] Acrinathrin (I) Behavior during crop(maize) cultivation. *Kor. J. Environ. Agric.* **14**, 186-201.
18. Sakata, S., Mikami, N. and Yamada, H. (1992) Degradation of pyrethroid optical isomers in soils. *J. Pestic. Sci.* **17**, 169-180.
19. Takahashi, N., Mikami, N., Matsuda, T. and Miyamoto, J. (1985) Hydrolysis of pyrethroid insecticide cypermethrin in the aqueous media. *J. Pestic. Sci.* **10**, 643-648.
20. National Honam Agricultural Experiment Station. (1998) Annual Weather Report in Iksan Province. pp. 4-7, National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan, Korea.
21. Hill, B. D. (1981) Persistence and distribution of fenvalerate residues in soil under field and laboratory condition. *J. Agric. Food Chem.* **29**, 107-110.
22. Nambu, K., Ohkawa, H. and Miyamoto, J. (1980) Metabolic fate of phenothrin in plant and soils. *J. Pestic. Sci.* **5**, 177-197.
23. Sakata, S., Mikami, N., Matsuda, T. and Miyamoto, J. (1986) Degradation and leaching behavior of the pyrethroid insecticide cypermethrin in soils. *J. Pestic. Sci.* **11**, 71-79.

Elucidation of Environmental Factors Affecting the Differences in the Half-Life of the Insecticide Cyfluthrin in Soil between Field and Laboratory Tests

Seong-Soo Han*, Bang-Hyun Lim, Yo-Sup Lim¹ and Yong-Hwa Choi²(*Department of Agricultural Chemistry, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 570-749; ¹Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam 540-070; ²Department of Plant Resources, Sangju National University, Sangju, Kyungpook 742-711, Korea*)

Abstract : This study was conducted to find out the environmental factors affecting the differences in the half-life of the insecticide cyfluthrin in soil between field and laboratory tests carried out in 1998. Degradation and leaching of cyfluthrin in soil were examined under various environmental conditions that were considered to affect the residuality. Cyfluthrin was degraded 1.9 times faster in non-sterilized soil than in sterilized soil and 1.2 times at 25°C than at 15°C. The half-lives of cyfluthrin were 61.4 days under the dark condition and 4.5 days under sunlight, and those were 11.8 days under the open condition and 23.8 days under the closed condition. The half-lives of the authentic compound and the commercial product of cyfluthrin were 15 and 1 day in the field test and 26 and 3 days in the laboratory test, respectively. Cyfluthrin was rapidly degraded with an increase in soil moisture content and decomposed faster in the alkaline solution of pH 12 than in the acidic solution of pH 3, but the half-life of cyfluthrin did not make any difference between pH 6.4 of the field test soil and pH 5.6 of the laboratory test soil. Cyfluthrin was immobile in soil from the results that 81~94% of the initial amount remained in the 0~2 cm layer of the soil column regardless of the amount and time of rainfall after the chemical treatments. From viewing the above-mentioned results, soil moisture content, sunlight and formulation type affected greatly, soil microbes and volatilization affected slightly, and temperature, pH and rainfall did not affect the big difference in the half-life of cyfluthrin in soil between the field and laboratory tests in the year of 1998.

Key words : environmental factors, half-life, cyfluthrin, degradation, leaching, soil

*Corresponding author