

토양 중 살균제 Pencycuron의 잔류 특성

안설화* · 안문호¹ · 임일빈 · 이상복 · 강종국

작물과학원 호남농업연구소, ¹전북대학교 환경공학과

요약 : 토양 중 pencycuron의 온도, 수분함량 및 토성에 따른 흡착, 잔류 특성을 구명하고자 실내 및 포장 실험과 환경의 영향에 대하여 실험을 수행하였다. 2종 토양에서 진탕 시간과 약제의 흡착량사이에 높은 유의성이 있는 power function의 상관관계가 인정되었다. 흡착속도는 진탕 1시간 이내에 사질식양토에서 최대 흡착량의 60%가, 미사질식양토에서 65%가 흡착되었고, 12시간 후에는 의사평형에 도달하였다. Pencycuron의 농도별 흡착은 Freundlich 등온식에 부합되었으며, 흡착분배계수 K_d 값은 사질식양토에서 2.31, 미사질식양토에서 2.92였다. 토양 중 유기탄소에 대한 분배계수 K_{oc} 는 사질식양토에서 292.9이었고, 미사질식양토에서 200.5이었다. 흡착강도 및 비선형도를 설명하는 상수값은 사질식양토에서 1.45, 미사질식양토에서 1.68이었다. 실내 실험에 있어서 pencycuron의 잔류는 1차 반응식에 부합되었고, 반감기는 12°C~28°C에서 95일~20일로, 토양 수분함량이 포장용수량의 30~70%인 토양에서 38일에서 21일로 짧아졌다. 토양 종류에 따른 pencycuron의 반감기는 토성이 현저히 달랐음에도 사질식양토에서 25일, 미사질식양토에서 22일로 나타났다. 포장 실험에서도 pencycuron의 반감기는 사질식양토에서 26일, 미사질식양토에서 23일이었다. 포장에서 10%까지 잔류되는 기간은 미사질식양토에서 57일, 사질식양토에서 69일로 나타났다. (2006년 10월 23일 접수, 2006년 12월 23일 수리)

색인어 : Pencycuron, 잔류성, 반감기

서 론

농약은 농작물을 재배할 때 가장 큰 장애요인인 병해충과 잡초로부터 농작물을 보호하여 농산물을 안정적으로 생산하고 농업소득을 증대함은 물론 수확 후 농작물 저장 단계에서도 중요한 역할을 한다. 하지만 농약은 잔류특성을 지니며 만성독성을 야기하는 것으로 알려져 있고 이로 인해 잔류농약 문제가 지적되고 있다(Pyysalo, 1983). 살포된 농약은 처리 대상이나 방법에 관계없이 대부분이 토양에 들어가게 된다. 토양 중 농약의 행동에 영향을 주는 약제의 주요 특성은 일반적으로 용해도, 이온화 정도, 휘발성 및 토양과의 반응성 등이며(Laskowski, 1982), 토양의 특성으로는 점토광물의 종류와 함량, 유기물 함량과 특성, 토양 용액의 pH, 토양 수분함량, 토양 온도 등을 들 수 있다(Green과 Karickhoff, 1990). 이러한 요인들은 토양 환경에서 상호작용을 통하여 복잡한 반응을 거치므로 어느 요인이 농약의 잔류성에 더 중요하게 작용하는지를 결정하기는 매우 어렵다. 때문에 실외 조건에서의 농약 잔류특성은 환경조건을 고정시킨 실내실험을

통하여 잔류성을 확고히 하며 실외 포장에서 이를 정립하여 가는 방법을 취하게 된다.

토양에서의 농약의 행동 중 가장 중요한 점은 투여된 농약이 얼마 동안 잔류되는가 하는 문제이다. 농약의 이동 및 잔류성은 농약의 이화학적 특성, 토양의 특성 및 환경요인 등에 따라 크게 변화된다(Nakagawa 등, 1996; Hance, 1989). 이러한 이유에서 신규농약의 개발이나 기존약제의 사용환경이 변화되는 경우에는 약제의 이화학적 특성 및 약효를 규정하는 것 이외에, 토양 환경 중에서의 행동 특성을 조사하고 이에 따른 영향의 평가가 요구된다. 요소계 살균제인 pencycuron (1-(4-(chlorobenzyl) cyclopentyl)-3-phenylurea)은 현행 한국 식품공전에 잔류허용기준이 설정되어 있는 농약으로, 이는 예방효과가 우수하고 약효 지속기간이 길어 벼의 잎집무늬마름병, 팔기의 눈마름병, 인삼의 잘록병과 잔디밭의 라아족토니아마름병을 방제를 목적으로 널리 사용되고 있다(Pal 등, 2005).

본 연구에서는 토성 및 환경요인에 따른 pencycuron의 잔류 특성을 실내 및 포장조건에서 연구 검토하여 토양환경 조건변화에 따른 pencycuron의 잔류 특성을

*연락처

Table 1. Some characteristics of soils used

Soil texture	Particel size distribution (%)			CEC (me 100g ⁻¹)	Organic carbon (%)	pH (H ₂ O, 1:5)
	Sand	Silt	Clay			
SCL	51.8	22.5	25.7	8.6	1.4	6.2
SiCL	11.2	49.9	38.9	16.1	2.5	5.6

Table 2. Some properties of pencycuron

Common Name	M.p. (°C)	V.p. (20°C, mPa)	Solubility in water (25°C, mg L ⁻¹)	Acute oral LD ₅₀ (rat, mg kg ⁻¹)
Pencycuron	57.6~60.3	<0.21	0.4	5,000

바힘으로써 pencycuron의 안전 사용을 위한 토양 중 행동 특성에 관한 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

토양 및 농약

실험은 pencycuron을 사용하지 않은 사질식양토 (SCL)와 미사질식양토(SiCL) 포장에서 토양 시료를 표층에서 10 cm 길이까지 고루 채취하여 자연조건에서 풍건한 다음 2 mm체를 통과시켜 잘 혼합하여 실험에 사용하였다. 실험 목적에 따라 토양을 채취 직후에 각각 실험을 수행하였다. 토양의 이화학적 특성은 농촌진흥청 표준분석법(1988)에 따라 분석하였으며, 그 결과는 표 1과 같다. 사용한 pencycuron의 제품은 시판용(상품명: 나이샷, 25% 수화제)을 사용하였고, 표준품으로는 99.9%의 pencycuron(Dr. Ehrenstorfer Gm bH사)을 사용하였다. 이 화합물의 특성은 표 2와 같다.

토양 중 Pencycuron의 흡착성

토양 흡착속도

Pencycuron의 토양 흡착속도를 조사하기 위하여 풍건한 사질식양토와 미사질식양토 1 g과 0.01 M CaCl₂에 녹여서 만든 0.2 µg mL⁻¹ pencycuron 수용액 30 mL를 실온에서 0.5, 1, 3, 6, 12, 24, 48시간 진탕하였다. 진탕한 토양은 원심분리하여 상침액을 20 mL 취하여 분석시료로 사용하였으며(문 등, 1993), 용액에 존재하는 pencycuron을 추출하여 HPLC로 분석(최 등, 2005)을 통하여 정량하였다.

시간 경과에 따라 나타난 토양 중 pencycuron의 흡착량 변화는 양 등(1995)이 제시한 여러 반응식 모델 중 가장 신뢰도가 높게 나타난 1차 반응 모델식을 이용하여 평가하였다.

농도별 흡착

Pencycuron의 토양 흡착 특성을 조사하기 위하여 공시 토양 1 g 에 0.01 M CaCl₂ 수용액에 녹인 pencycuron 표준품을 0.02~0.2 µg mL⁻¹ 수준으로 희석하여 30 mL를 처리하고 실온에서 12시간 진탕하였다. 진탕한 시료는 상기와 같은 방법으로 분석하였다. 처리 농도에 따른 약제의 흡착량 변화는 Freundlich 흡착등온식(문 등, 1993; Sparks, 1986)에서 나타난 흡착 계수를 통하여 평가하였다.

토양 중 pencycuron의 잔류 특성

온도의 영향

토양 온도의 영향에 따른 pencycuron의 소실 속도 변화 실험을 하였다. 측정하기 위하여 0~10 cm 층위에서 취한 미사질식양토를 정선한 다음 수분함량을 측정하였다. 시료 토양 1000 g에 pencycuron acetone용액 1000 mg L⁻¹을 2.5 mg L⁻¹이 되도록 첨가하고, 토양 수분은 포장용수량의 70%가 되게 한 다음 2 mm체에 통과시키면서 잘 혼합하여 플라스틱 원통용기(1000 mL)에 옮기고 마개를 느슨히 막았다. 농약을 처리한 시료를 12°C, 20°C, 28°C에서 배양하면서 경시적으로 50 g씩 취하여 실험에 사용하였다.

토양 수분의 영향

미사질식양토에 위의 온도 영향 실험에서와 같은 방법으로 농약을 처리한 다음 증류수를 이용하여 토양 수분함량을 포장용수량의 70%, 50%, 30% 수준으로 조정하였다. 그 다음 잘 혼합하여 원통용기(1000 mL)에 옮김 다음 28°C에서 배양하여 위와 같은 방법으로 시료를 채취하여 분석하였다.

토성별 잔류

토양 특성에 따른 pencycuron의 잔류 특성을 알아보

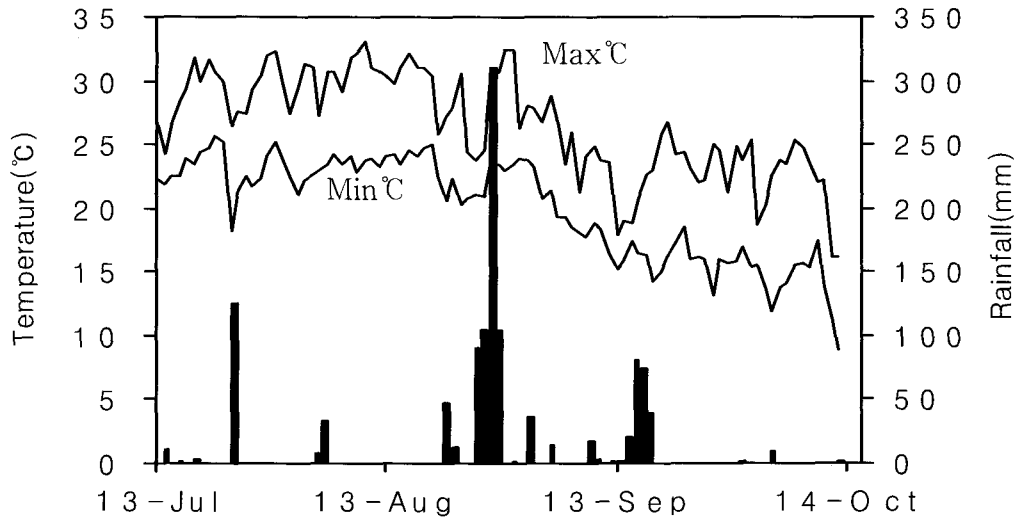


Fig. 1. Air temperature and rainfall (dark bar) during the period of field experiments.

기 위하여 사질식양토와 미사질식양토를 각각 1000 g 씩 정선한 다음 수분은 포장용수량의 70%, pencycuron는 2.5 mg L⁻¹으로 처리한 후 잘 혼합하여 상기와 같이 원통용기에 3반복으로 넣고 배양하였다. 일정한 시간간격으로 토양을 취하여 분석시료로 하였다.

포장에서의 잔류성

포장 조건에서 pencycuron의 소실특성 실험은 사질 식양토 및 미사질식양토의 일반농가 포장에서 수행하였다. 포장을 구획 정리한 다음 25% pencycuron 수화제를 물에 희석하여 1 kg 10 a⁻¹(0.25 kg ai 10 a⁻¹)수준으로 토양 표면에 고루 살포하였다. 농약 처리 직후

부터 경시적으로 토양 코아(3 cm id, 10 cm)로 토양을 취하여 잔류량을 분석하였다. 실험 기간 중 최고, 최저기온과 강우량에 관한 자료는 그림 1과 같다.

결과 및 고찰

토양 중 pencycuron의 흡착성

흡착에 미치는 진탕 반응시간의 영향

수용액 중의 살균제가 토양 흡착에 미치는 진탕 반응시간의 영향을 조사한 결과는 그림 2과 같다. 실험에서 공시한 2종 토양에서 모두 진탕시간과 흡착량 사이에 유의성(상관계수: 사질식양토 r=0.9533, 미사질식양토 r=0.9762)있는 power function(Y=at^b)의 상관관계

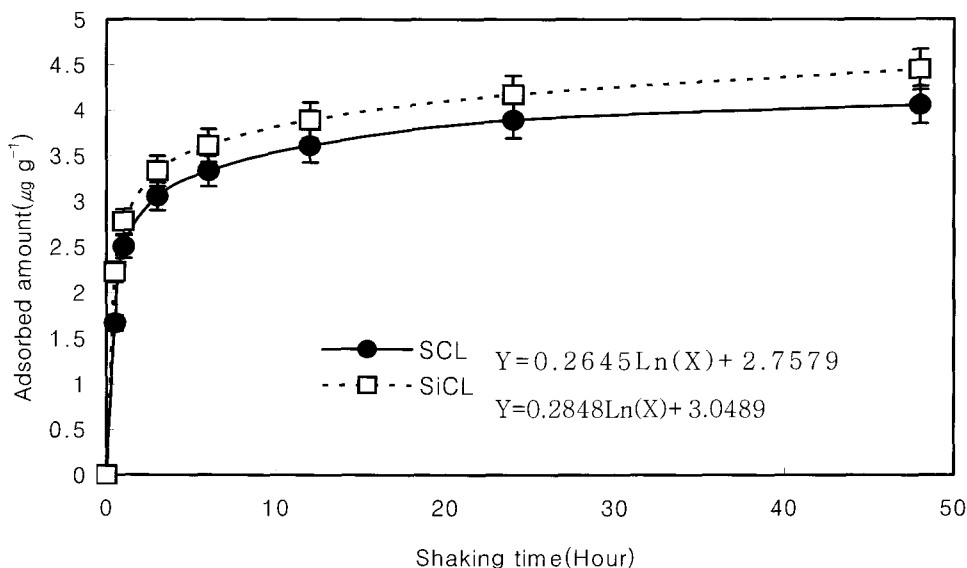


Fig. 2. Absorbed amount of pencycuron to two soils under different shaking times.

가 있었다. 즉 처음 진탕 1시간까지는 매우 빠른 속도로 흡착이 진행되어 미사질식양토는 48시간 진탕에서 65%정도 흡착되었고, 사질식양토에서는 60%정도 흡착되었다. 진탕 3시간 이후부터 흡착속도는 완만하여 진탕 12시간 후에는 의사평형에 도달하게 됨을 알 수 있었다. 토양 중 농약의 흡착 실험에서 진탕 시간을 Kuwatsuka(1982)의 경우와 같이 길게는 2일, Walker 등(1992), 문과 김(1998)의 경우와 같이 짧게는 8시간 진탕하기도 하는 것으로 보고하고 있다. 토양 중 농약의 흡착실험에서 진탕 시간이 길면 농약의 분해와 연결되어지므로 가능한 짧은 것이 좋을 것으로 사료된다. Pencycuron 흡착의 경우에는 12시간 진탕하면 충분할 것으로 판단되었다.

토양 흡착에 미치는 농도의 영향

농약의 토양 행동 중 토양 흡착성은 일반적으로 농약의 토양 중 이동성과 역상관 관계가 있어 농약의 환경유출과 관계가 깊으며 또한 작물 약해와도 밀접한 관계를 가지는 바 아주 중요한 사항이다. Pencycuron의 흡착성을 조사한 결과(그림 3), 흡착평형 농도와 토양 중 흡착량사이의 흡착등온선(관계식 1)은 많은 농약의 토양 흡착(Hance, 1980)에서 지적된 바와 같이 Freundlich 흡착등온선식에 유의성있게 부합되었으며 상관계수는 사질식양토 0.9936, 미사질식양토 0.9984(회귀식: 사질식양토 $Y=1.68X+2.92$, 미사질식양토 $Y+1.45X+2.31$)이었다.

$$\text{Log A} = \log K_d + (1/n)\log C \dots\dots\dots (1)$$

Where A is adsorbed amount (mg kg⁻¹) and C is equilibrium concentration (mg L⁻¹)

토양에 첨가한 pencycuron의 농도범위(0.02~0.2 mg L⁻¹)에서 흡착분배계수 K_d 값, 토양 중 유기물 함량으로부터 계산된 유기탄소 함량을 근거로 산출한 분배계수 K_{oc} 값, 그리고 흡착강도 및 비선형도 즉 흡착지수인 1/n(기울기 값)은 표 3과 같다. Pencycuron의 흡착량이 미사질양토가 사질식양토보다 많았던 것은 유기물함량, CEC, 점토함량 등이 높았기 때문으로 판단된다. 흡착분배계수 K_d 값에 있어서 chlorosulfuron은 0.01~0.35, metsulfuron-methyl은 0.04~0.54, triasufuron은 0.19~0.55, alachlor은 0.53~2.22로 토성에 따라 크게 변화된다(Walker 등, 1992, 1989, Walker and Welch, 1989). 따라서 공시한 2종 토양에서의 pencycuron의 K_d 값은 2.31~2.92이므로 이들 약제에 한하여 비교하여 보면 중간 정도의 흡착력을 갖는 것으로 판단된다. 그러나 농약의 토양 흡착은 토양의 유기물 함량, 점토 함량 및 점토광물의 종류, pH, 온도, 토양구조 등 토양 특성뿐만 아니라 농약의 수용해도와 이온성, 이화학적 특성 등 매우 다양한 요인들에 의하여 변화되는 것으로 알려져 있는데(Hance, 1980, 1989), 본 실험에서도 pencycuron의 흡착성을 심도있게 구명하기 위하여는 토양의 종류 확대, 유기물 함량 변화, pH, 온도 등의 변화와 더불어 더욱 심도있게 연구 검토되어야 할 것이다.

Pencycuron의 토양 잔류성

온도의 영향

토양 중에 있어서 pencycuron의 잔류에 미치는 토양 온도의 영향을 검정하기 위하여 28℃, 20℃, 12℃에서 배양한 다음 시간경과에 따른 약제의 잔류량을 분석

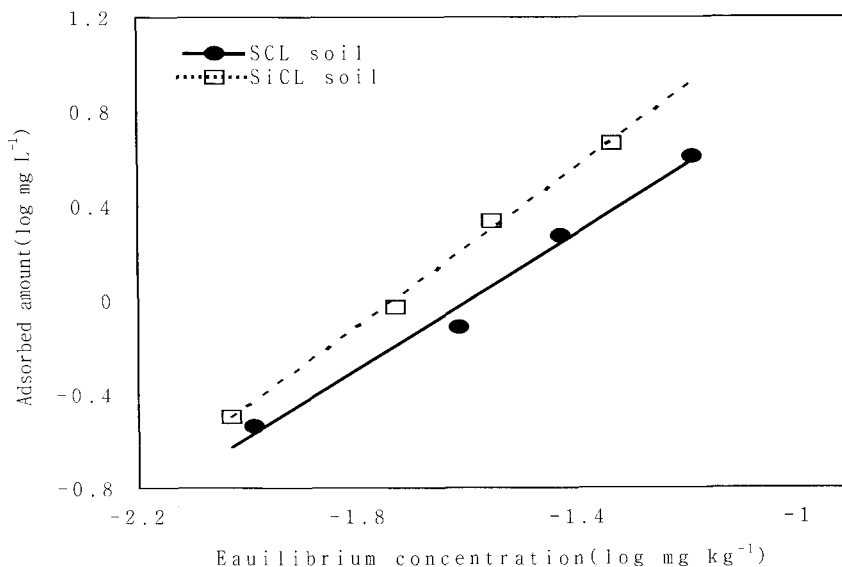


Fig. 3. Freundlich isotherm of pencycuron adsorption in soils.

Table 3. Determination coefficients(r) and distribution coefficients(K_d) of pencycuron for two soils used

Soil texture	Freundlich isotherm		K _d	K _{oc}
	r	1/n		
SCL	0.99	1.45	2.31	292.86
SiCL	0.99	1.68	2.92	200.49

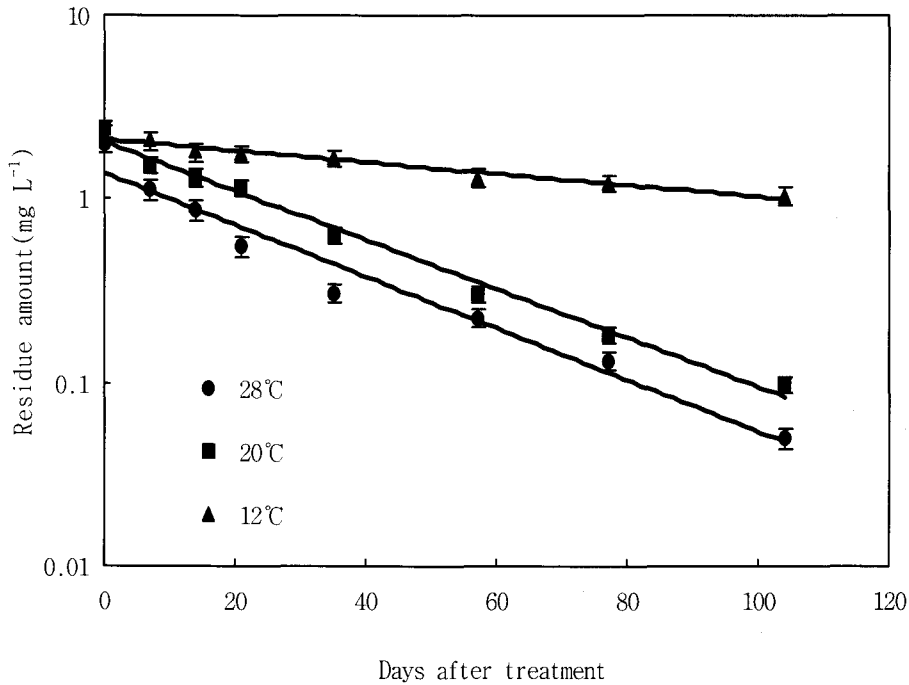


Fig. 4. Effect of soil temperature on dissipation of pencycuron in the soil.

하였다(그림 4). 실험온도 조건에서 모두 약제처리 초기에 빠른 감소가 나타났다. 이러한 감소경향은 log scale로 나타낸 약제의 잔류량과 배양기간 사이의 반응식(표 4)을 보면 온도가 12°C에서 28°C로 상승함에 따라 반감기는 1/4.52정도로 짧았다. 농약의 분해성에 대한 온도의 영향을 검정하는데 있어서 Arrhenius식에 입각하여 Hurle과 Walker(1980)이 규정한 분해상수와 온도의 관계를 조사한 결과, 본 연구의 직선회귀식으로부터 나타난 분해속도 상수와 절대온도의 역수 사이에 높은 부의 상관도($r=0.9555$)가 있었다(그림 5). 따라서 토양 중 pencycuron의 소실속도는 온도의 상승에 비례하는 것으로 나타났다. 또한 Nash(1989)가 제시한 Arrhenius식의 변형식에 의하여 산출된 pencycuron의 소실에 관련된 Arrhenius activation energy는 본 연구의 실험 온도범위에서는 57.8 kJ mol^{-1} 로 나타났다. Acetanilide계 제초제를 대상으로 온도별 분해성을 조사한 연구에서 propachlor, dimetachlor, metazachlor 및 metolachlor에 있어서 Arrhenius activation energy는 $52.0 \sim 60.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ (Walker과 Brown, 1985), 5종의 토양

중 alachlor은(Nash, 1989) $10 \sim 30^\circ\text{C}$ 에서 $68 \sim 78 \text{ kJ/mol}$, simazine(Walker 등, 1983)은 16종의 토양에서 $27 \sim 69 \text{ kJ mol}^{-1}$ 로 보고하였다. 이상의 결과를 종합하면 12°C 에서 28°C 로 온도가 상승함에 따라 나타난 토양에서 pencycuron의 잔류 반감기의 단축정도 및 잔류 속도 상수를 기초로 산출한 activation energy 값은 앞서 예시한 약제들과 비슷한 수치를 나타내므로 pencycuron의 소실속도는 온도의 영향을 상대적으로 약간 크게 받는 것으로 판단된다.

토양 수분의 영향

토양 중 수분함량과 pencycuron 잔류량의 상관관계를 파악하기 위하여 토양에 포장용수량의 30%, 50%, 70%로 수분을 처리한 후 pencycuron의 잔류량을 측정하였다(그림 6). Pencycuron의 잔류량은 약제 처리 초기에 빠르게 감소하였으며, 시간이 지남에 따라 감소되는 것이 완만하였다. 이러한 잔류양상은 온도의 영향에 관한 실험에서와 마찬가지로 log scale로 나타낸 약제의 잔류량과 배양기간 사이에 높은 상관관계

Table 4. Persistence of total pencycuron in the soil

Soil temperature(°C)	Exponential regression		Half-life(day)
	Equation	r	
12	$Y=2.1128e^{-0.0072X}$	-0.9828	95
20	$Y=2.0444e^{-0.0306X}$	-0.9949	23
28	$Y=1.3889e^{-0.0324X}$	-0.9825	20

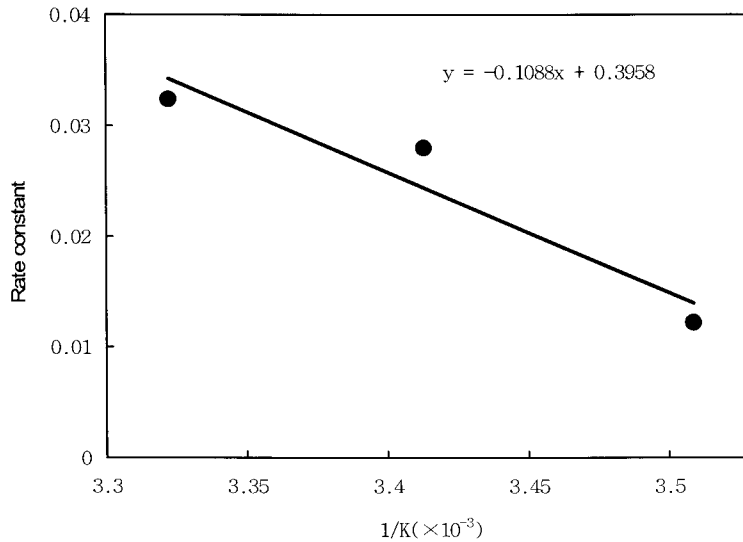


Fig. 5. Arrhenius plot of pencycuron according to soil temperature. Rate constants of dissipation were resulted from log scale linear regression of the dissipation data.

를 나타냈다(표 5). 직선회귀식으로부터 산출된 반감기는 포장용수량의 70% 수분에서는 21일, 50%에서는 30일, 30%에서는 38일로 나타났으며, 수분함량의 증가에 따라 약제의 소실 반감기는 1/1.81배 짧아졌다. Walker 등(1989), Moon과 Walker(1991)은 수분함량별 제초제의 잔류속도를 기초로 하는 경험식을 이용하여 제초제의 잔류 특성을 규정하고 있다. 이 실험식에 따르면 본 연구에서 사용한 토양 수분함량과 pencycuron의 소실 반감기 사이에는 log scale에서 높은 상관도($r=-0.9671$)가 인정되며, 약제의 잔류에 있어서 수분함량의 의존도를 나타내는 상수값은 0.6476로 나타났다(그림 7). 문 등(1993)은 토양 중 수분함량이

7%에서 19%로 증가함에 따라 ethoprophos의 소실 반감기가 1/7로 단축되었으며 수분의존 상수값은 1.67로 보고하고 있다. Walker와 Brown(1985)은 propachlor, dimetachlor, metazachlor, alachlor 및 metolachlor에 있어서 수분의존도 상수값을 0.79~1.54로 보고하고 있다. 따라서 pencycuron의 수분 의존도는 앞에서 보고된 약제들에 비하여 좀 낮은 수치를 나타내므로 pencycuron은 이들 약제에 비하여 상대적으로 토양 수분함량의 영향을 비교적 적게 받는 것으로 판단된다.

토성별 잔류특성

토성별 pencycuron의 잔류에 미치는 영향을 알아보

Table 5. Persistence of total pencycuron in the soil

Soil moisture(%)	Exponential regression		Half-life(day)
	Equation	r	
30	$Y=1.9406e^{-0.0184X}$	-0.9600	21
50	$Y=1.7188e^{-0.0228X}$	-0.9607	30
70	$Y=1.3889e^{-0.0324X}$	-0.9655	38

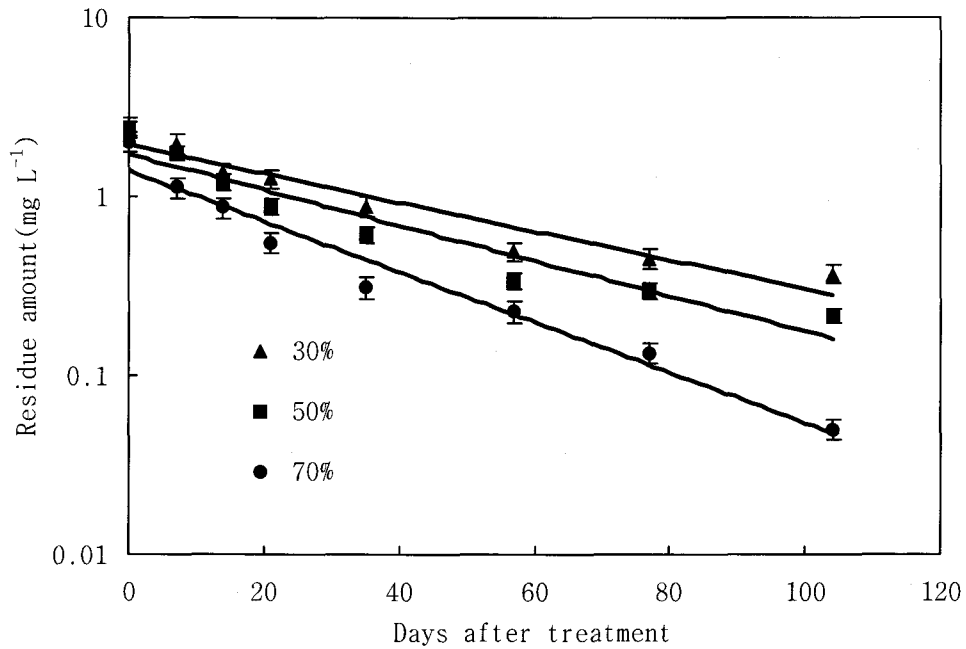


Fig. 6. Effect of soil moisture on dissipation of pencycuron in the soil.

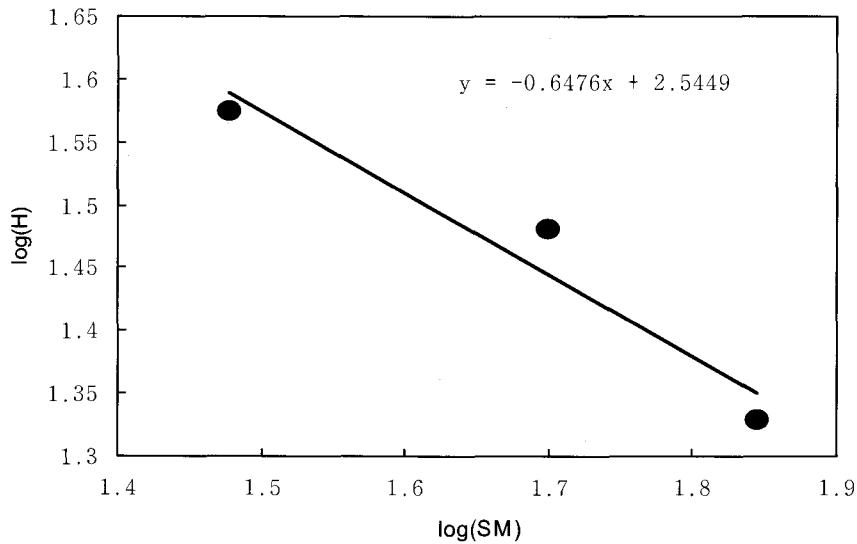


Fig. 7. Empirical plot of dissipation of pencycuron according to soil moisture content. H: half life of pencycuron. SM: soil moisture content.

기 위해서 실험한 결과는 그림 8(A)과 같다. Pencycuron의 반감기는 사질식양토에서는 25일로 회귀식은 $Y=1.9974e^{-0.0286X}$ ($r=-0.9705$)이고, 미사질식양토에서는 22일로 회귀식 $Y=1.4807e^{-0.0319X}$ ($r=-0.9779$)이며, 검출량은 미사질식양토보다 사질식양토에서 많았다. 김 등 (2005)이 보고에서 물과 토양 시료 중 농약 이동성 비교 결과, 미사질식양토에서는 토양, 사양토에서는 물 시료로 더 많이 이동한다고 보고 되어 있지만, 본 실

험에서는 물 이동이 없는 원통내에서 실험하였기 때문에 사질식양토에서 더 많이 잔류된 것으로 생각된다.

포장에서의 pencycuron 잔류성

2개 포장조건에서 pencycuron의 잔류량을 조사하였다(그림 8B). 토양 중 약제 잔류량은 사질식양토와 미사질식양토에서 모두 처리 초기에 빠르게 감소되었으

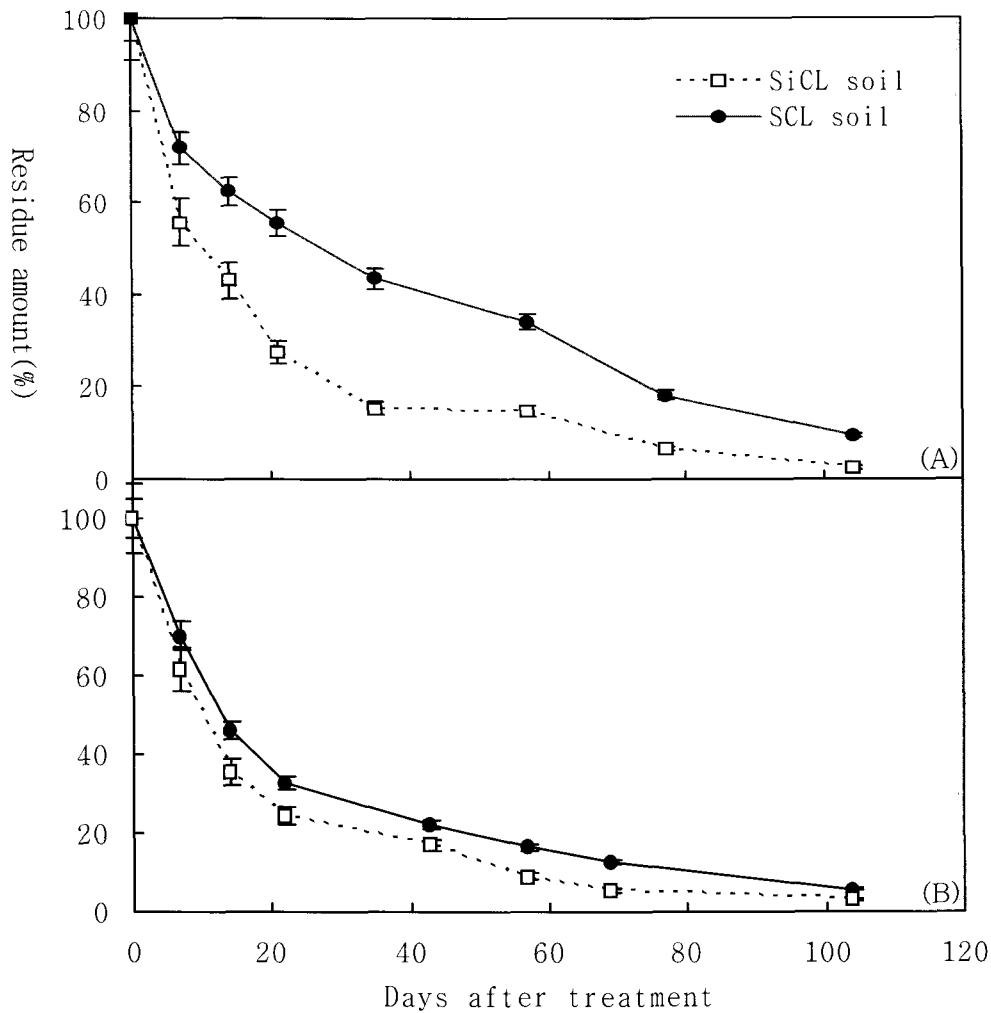


Fig. 8. Changes of pencycuron concentration in soils under the inside(A) and field(B).

며, 시간이 경과함에 따라 완만한 감소를 나타내었다. 사질식양토 회귀식 $Y=69.761e^{-0.0319X}$ ($r=-0.9781$)에서 반감기는 26일로, 미사질식양토 회귀식 $Y=90.611e^{-0.0208X}$ ($r=-0.9905$)에서 반감기는 23일로 나타났다. 2중 토양에서 1차 반감기는 실내조건과 포장조건에서 유사하였으나 그 후 소실속도는 포장조건에서 빨랐다. Pencycuron이 90%까지 소실되는데 미사질식양토는 57일, 사질식양토는 69일이 소요되었다. Pencycuron 처리 104일 후 잔류량은 미사질식양토에서 처음의 3.2%, 사질식양토에서 처음의 5.7%이었다. 본 실험에서 pencycuron의 잔류경향은 토성에 따라 큰 차이는 없었지만, sand 함량이 높은 사질식양토 보다는 clay 함량이 높은 미사질식양토에서 더 높은 잔류량을 보여 토양 중 농약 잔류량은 sand와 clay 함량에 크게 영향을 받는다는 일반적인 이론(van der Werf, 1996)에 일치하는 결론을 얻을 수 있었다. 그러

나 단기적인 실험 수행으로 농약 이동성의 제한이 예상될 수 있기 때문에 향후 다양한 토성 및 토양 환경, 처리기간 연장 등과 같은 연구의 보완이 필요하다고 시료된다.

인용문헌

Green, R. E. and S. W. Karickhoff (1990) Sorption estimates for modeling. In: Pesticides in the soil environment: processing, impact, and modeling(H. H. Cheng, ed). 79~102. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA.

Hance, R. H (1980) Interaction between herbicide and soil. Academic Press. London, UK.

Hance, R. J (1989) Adsorption and bioavailability. In: Environmental chemistry of herbicides(R. Grover, ed).

- Vol I. 1~20. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Hurle, K. and A. Walker (1980) Persistence and its prediction. In: Interactions between herbicides and the soil(R. J. Hance, ed). 83~122. Academic Press. London.
- Kuwatsuka S (1982) Adsorption phenomena of soils. Hakyusya, Tokyo(Japanese).
- Laskowski, D. A (1982) Terrestrial environmental risk analysis for chemicals(R. A. Conway, ed). 198~204. Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY, USA.
- Nakagawa, L. E., L. C. Luchini, M. R. Musumeci, M. Matallo (1996) Behavior of atrazine in soils of tropical zone: Degradation, mobility and uptake of atrazine residues from soils in crop rotation system(Maize/Beans). J. Environ. Sci. Health. B 31(2):203~224.
- Nash, R. G (1989) Dissipation from soil. In: Environmental chemistry of herbicides(R. Grover, ed). Vol I. pp.131~169. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Moon, Y. H. and A. Walker (1991) The degradation and mobility of alachlor in a sandy loam soil. The proceedings of Brighton Crop Protection Conference. 4D-5:499~506.
- Pal, R. Chakrabarti, K. Chakraborty, A. Chowdhury, A (2005) Dissipation of pencyuron in rice plant. Journal of Zhejiang University. 6(8):1220~1223. Zhejiang University Press.
- Pyysalo, H (1983) Pesticide Chemistry, Pergamon New York, 4, pp.123~128.
- Sparks, D. L (1986) Soil physical chemistry. p.308. CRC Press.
- Van der Werf, H. M. G (1996) Assessing the impact of pesticides on the environment. Agric. Ecosys. Environ. 60:81~96.
- Walker, A. et al 16 (1983) EWRS herbicide soil working group: Collaborative experiment on simazine persistence in soil. Weed research. 23:373~383.
- Walker, A. and P. A. Brown (1985) The relative persistence in soil of five acetanilide herbicides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 34:143~149.
- Walker, A., E. G. Cotterill and S. J. Welch (1989) Adsorption and degradation of chlorosulfuron and metsulfuron methyl in soils from different depths. Weed Res. 29:281~287.
- Walker, A. and S. J. Welch (1989) The reactive movement and persistence in soil of chlorosulfuron, metsulfuron methyl, and triasulfuron. Weed Res. 26:375~383.
- Walker, A., Y. H. Moon and S. J. Welch (1992) Influence of temperature, soil moisture and soil characteristics on the persistence of alachlor. Pestic. Sci. 35:109~116.
- 김성수, 김태한, 이상민, 박동식, Zhu yong zhe, 허장현 (2005) 실내 인공강우를 이용한 강원도 고랭지 토양의 토성 및 경사도별 농약 이동특성. 농약과학회지 9(4):316~329.
- 농촌진흥청 (1988) 토양화학분석법 p.215.
- 문영희, 김윤태, 김영석, 한수곤 (1993) 토양 중 살충제 ethoprophos의 분해성 및 이동성의 측정과 예측에 관한 모델연구. 한국환경농학회지 12(3):209~218.
- 문영희, 김영석 (1998) 토양 중 제초제 napropamide의 흡착 및 분해 특성. 한잡초지 18:257~261.
- 양재의, 박동식, 한대성 (1995) 포장조건에서 kinetic models로부터 산출한 benfuresate 및 oxolinic acid의 토양 중 반감기 평가. 한국환경농학회지 14(3):302~311.
- 최재천, 이영자, 김소희, 최수영, 최희주, 정성욱, 박홍재, 김우성 (2005) HPLC를 사용한 쌀 중 잔류농약 동시분석법. 한국환경과학회지 14(4):445~449.

Persistence of Fungicide Pencycuron in Soils

Xue Hua An*, Wen Hao An¹), Il Bin Im, Sang Bok Lee, Jong Gook Kang (*National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan, 570-080, Korea*, ¹*Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea*)

Abstract : The adsorption and persistence of pencycuron {1-(4-chlorobenzyl) cyclopentyl-3-phenylurea} in soils were investigated under laboratory and field conditions to in order to assess the safety use and environmental impact. In the adsorption rate experiments, a significant power function of relation was found between the adsorbed amount of pencycuron and the shaking time. Within one hour following the shaking, the adsorption amounts in the SCL and the SiCL were 60 and 65% of the maximum adsorption amounts, respectively. The adsorption reached a quasi-equilibrium 12 hours after shaking. The adsorption isotherms followed the Freundlich equation. The coefficient (1/n) indicating adsorption strength and degree of nonlinearity was 1.45 for SCL and 1.68 to SiCL. The adsorption coefficients (K_d) were 2.31 for SCL and 2.92 to SiCL, and the organic carbon partition coefficient, K_{oc} , was 292.9 in SCL and 200.5 in SiCL. In the laboratory study, the degradation rate of pencycuron in soils followed a first-order kinetic model. The degradation rate was greatly affected by soil temperature. As soil incubation temperature was increased from 12 to 28°C, the residual half life was decreased from 95 to 20 days. Arrhenius activation energy was 57.8 kJ mol⁻¹. Furthermore, the soil moisture content affected the degradation rate. The half life in soil with 30 to 70% of field moisture capacity was ranged from 21 to 38 days. The moisture dependence coefficient, B value in the empirical equation was 0.65. In field experiments, the half-life were 26 and 23 days, respectively. The duration for period of 90% degradation was 57 days. The difference between SCL and SiCL soils varied to pencycuron degradation rates were very limited, particularly under the field conditions, even though the characteristics of both soils are varied.

Key words : Pencycuron, Persistence, Residual half life.

*Corresponding author : (Fax : +82-63-840-2118, E-mail : axh99@rda.go.kr)