

골프장 그린 토양에서 Metalaxyl의 흡·탈착 특성

유 병 로 · 정 경 희
한밭대학교 토목·환경·도시공학부
(2001년 9월 2일 접수; 2002년 3월 8일 채택)

Characteristics of Adsorption and Desorption of Metalaxyl in the Green Soil of Golf Course

Byong-Ro Ryu and Kyung-Hee Jung

Dept. of Environmental Engineering, Hanbat Univ., Daejeon 305-719, Korea
(Manuscript received 2 September, 2001; accepted 8 March, 2002)

Laboratory experiments were conducted to examine the behavior of metalaxyl in environment, which was used as pesticide in green soil of golf course and as functions of the characteristics of adsorption, desorption and degradation in soil texture and organic matter contents. Acid water containing metalaxyl was conducted to evaluate the effects on adsorption, desorption and degradation.

The adsorption of metalaxyl played more significant role in organic contents than clay contents, and pH increases more pH 2.5 than pH 5.6. The desorption of metalaxyl from contaminants soil decreased higher organic contents LS-soil than S-soil, but the desorption amount of metalaxyl increased more pH 5.6 than pH 2.5.

The rate of degradation of metalaxyl in green soil environmental increased higher organic contents LS-soil than S-soil and decreased more pH 2.5 than pH 5.6.

These results indicated that the behavior of metalaxyl of the green soil was affected the soil texture of the golf course. Increasing of organic contents, the adsorption amount of metalaxyl on soil increased. Moreover, the decrease of the pH of solution increased adsorption amounts and decreased desorption amounts. As the results, the transportation of metalaxyl in soil decreased the acidic rates.

The acidification of soil by the acid rain increased the adsorption amount of metalaxyl, but the degradation of metalaxyl decreased. Therefore, it is possible to sustain contamination in run-off the stream and ground water by residuals in soil.

Key word : metalaxyl, green soil of golf course, adsorption, desorption

1. 서 론

골프장 살포농약이 주변환경에 미칠 수 있는 영향을 정확하게 평가하기 위해서는 이들의 토양과 지하수계에서의 이동 및 행태를 지배하는 과정들을 이해하는 것이 매우 중요하다.

농약의 토양에의 흡착은 van der Waals의 힘, 수소결합, 양이온과 물가교(cation and water bridging), 양이온 치환, 리간드 치환, 양성자화 (pro-

tonation), 공유결합 그리고 물리적 trapping 등 여러 가지 물리, 화학적 mechanism이 단독 또는 복합적으로 작용하여 일어나는 것으로 밝혀지고 있다.¹⁾ 토양에 의한 농약의 흡착은 대개 Langmuir 등온흡착식보다는 Freundlich 등온흡착식에 잘 적용되는 것으로 알려져 있다.

탈착은 흡착의 역반응으로서 지표유출과정 중 액상을 통한 농약유출과 직접적으로 관련되며²⁾ 농약이 흡착된 토양입자가 수계로 유입되어 하천 바닥에 침전되어 있을 경우에는 2차적인 농약오염의 원인이 된다.³⁾ 또한 미생물이 물에 용해된 기질만을 이용할 경우에는 미생물에 의한 농약분해에 커다란 영향을 미친다.⁴⁾ 농약용액의 이온강도(ionic strength)

Corresponding Author : Byong-Ro Ryu, Dept. of Environmental Engineering, Hanbat National Univ., Daejeon 305-719, Korea
Phone : +82-42-821-1259
E-mail : ryub@hanbat.ac.kr

에 따라서도 흡·탈착에 영향을 받으며, 이온강도가 증가함에 따른 흡착이 증가하는 경우도 있고⁵⁾ 반대로 감소되는 경우도 있다.⁶⁾

농약의 토양 및 수중 잔류성은 유출기간과 유실거리 및 용탈 깊이에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 환경 중 농약의 거동을 이해하기 위해서는 흡·탈착 뿐만 아니라 잔류성에 대한 자료가 다른 요인에 대한 자료와 더불어 필수적으로 요구되고 있다. 그러나 흡·탈착 및 잔류 양상은 농약의 관능기, 극성 및 이온적 성질 등의 각 농약이 지닌 특성과 점토광물, 토양유기물, 토양미생물, 토양수분 등의 토양환경에 따라 크게 달라질 수 있다. 따라서 개개의 농약에 대해 그 농약이 사용되는 토양환경 중에서의 흡·탈착 및 잔류양상을 규명하는 것이 살포농약의 주변 수계로의 영향을 예측하여 농약의 사용이 주변 환경의 질에 미치는 잠재적인 영향을 평가하기 위한 기본적인 자료를 제공한다는 점에서 매우 중요한 일이다.

또한 산성비는 그 pH가 낮아질수록 이온강도가 크게 증가한다.⁷⁾ 따라서 산성비는 토양용액의 이온강도를 증가시켜 농약의 흡·탈착에도 영향을 미칠 가능성이 매우 클 것으로 추정된다. 그러므로, metalaxy(methyl N-(2 methoxy acetyl)-N-(2,6 xylyl)-DL-alaninate)의 수계로의 이동은 주로 빗물에 의해 이루어 질 것으로 예상되는데 빗물의 강산성화가 metalaxy의 수계로의 이동성 즉 흡·탈착 및 분해에 미치는 영향에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

본 연구는 대전지역 골프장인 Y와 D 골프장 그린에서 사용하고 있는 농약 중 공통적으로 많이 사용하고 있는 metalaxy에 대해서 Y 골프장의 그린 조성을 위한 토양을 대상으로 토성 및 유기물수준에 따른 흡착 및 탈착 그리고 분해 양상을 규명함으로써 metalaxy의 수계로의 이동성 연구를 위한 기초자료를 도출함과 아울러 흡·탈착에 미치는 pH의 영향을 검토함으로써 산성수가 농약의 흡·탈착에 영향을 미치는 환경 요인 중에 포함되어야 할 필요성이 있는 지를 밝히고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

공시농약은 골프장에서 그린에 사용하고 있는 살균제 농약인 메타락실수화제, metalaxy(purity 99.0%)의 표준품을 사용하였으며, 공시토양으로 대전 Y 골프장의 그린조성을 위한 토양을 공시된 토양으로 사용하였다.

Y 골프장의 그린조성은 USGA방식⁸⁾으로 상토에

는 강모래를 주체로 하고 여기에 소량의 흙(미사, 점토)과 유기물을 혼합하여 보수력과 투수성을 유지시키며, 상토 아래에 지하수를 차단하는 자갈층을 설치하는 구조이다. Y 골프장은 USGA 변형방식을 적용하고 있으며 조성비율은 Table 1과 같다. 토양 표준분석법에 의해 분석한 결과를 Table 2에 나타냈다. 공시토양의 토성(soil texture)은 sand(S)와 loamy sand(LS)로 분류되며, 점토함량(3%)은 동일하였고 유기물 함량은 S토양이 0.8%, LS 토양이 1.1%로 나타났다.

Table 1. Composition of green soil in top layer of Y-golf course

Soil	Component	Sand (0.2~1.0mm)	Isolite	Zeolite	Organic fertilizer
	S		80 %	5.0 %	10.0 %
LS		75 %	6.25 %	12.5 %	6.25 %

Table 2. Physiccal and chemical characteristics of the soils used

Soil	Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	EC	OM (%)	CEC
S	Sand	92.9	4.1	3.0	5.7	101	0.8	6.7
LS	Loamy Sand	87.4	9.6	3.0	5.6	125	1.1	9.0

pH(Soil:H₂O=1:5), EC : electrical conductivity (μ S/cm), OM : organic matter, CEC : cation exchange capacity (meq/100g)

2.2. 흡착실험

물과 토양중의 metalaxy의 농도분석은 농약 잔류량 분석방법⁹⁾에 따라 시험하였다. 토양에 대한 농약의 흡착실험에 있어서 토양 대 용액의 비에 따라 흡착율에 영향을 받는 것으로 알려져 있으나, 흡착율과 관계없이 1 : 10 이상을 추천하고 있는 EPA의 기준에 따라 본 연구에서는 토양 대 용액의 비를 1 : 10으로 하여 흡·탈착실험을 행하였다. 토양 대 용액의 비율은 1:10으로 한 공시토양 5 g에 pH를 5.6과 2.5로 조정하여 metalaxy의 농도를 각각 0.25, 0.50, 1.25, 2.50 ppm로 만든 용액을 각각 50ml씩 가한 후 25℃를 유지하여 항온 진탕기에서 일정시간(2, 4, 6, 12, 24, 36시간) 진탕하였다. 여기서 pH를 5.6과 2.5로 적용한 것은 pH 5.6은 산성우의 한계 조건이고 pH 2.5는 산성우의 극한조건으로 택한 것이

다. 진탕 후 2,500 rpm으로 30분간 원심분리를 하여 상등액 중 잔류 metalaxyl의 농도를 측정하여 토양에 흡착된 metalaxyl의 흡착량을 측정하였다.

Metalaxyl의 토양에의 흡착속도 및 평형시간을 알아보기 위하여 진탕 시간에 따른 흡착량을 측정하여 흡착양상을 파악하고자 하였고, 이로부터 흡착 평형시간을 결정하였다.

2.3. 탈착실험

탈착실험은 Clay 등¹⁰⁾의 방법을 변형하여 행하였다. 공시토양 5g에 0.25, 0.50, 1.25, 2.50 ppm의 농약 용액 50 ml를 첨가하여 24시간 등온 흡착시킨 후 2,500 rpm으로 30분간 원심분리를 하여 상등액 중 metalaxyl의 농도를 측정하여 흡착량을 측정하였다. 그 다음 상등액이 완전히 제거된 토양에 pH를 5.6과 2.5로 조정된 증류수를 50 ml 첨가하여 일정시간 진탕시킨 후 원심분리를 하여 상등액 중 metalaxyl의 농도를 측정하여 탈착량을 결정하였다. 시간에 따른 탈착 양상을 알아보기 위하여 진탕 후 2, 4, 6, 12, 24, 36 시간 후에 원심분리 하여 상등액의 metalaxyl의 농도를 측정하여 탈착된 metalaxyl의 농도를 측정하였다. 그리고 초기 흡착농도로부터 토양에 남아있는 metalaxyl의 흡착량을 계산하였다.

2.4. 분해실험

토양조건에 따른 metalaxyl의 분해양상을 조사하기 위하여 S-soil 및 LS-soil을 20 g씩 정확히 칭량하여 삼각플라스틱에 넣고 최대용수량의 60%가 되도록 pH 5.6과 2.5로 조정된 증류수를 가한 후 전체 무게를 칭량하였다. 25℃에서 2주간 pre-incubation 하여 분해실험에 사용하였다. 조제된 토양시료에 metalaxyl을 2.76 µg/g soil 수준으로 처리한 후에 25℃의 항온조건에서 6, 12, 30, 60일까지 보관하면서 metalaxyl의 분해양상을 조사하였으며, 처리기간 동안 증발된 수분을 보충하기 위해 일주일 간격으로 증발된 만큼의 수분을 첨가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Metalaxyl의 흡착특성

3.1.1. 흡착평형

등온흡착실험을 하기 전에 흡착평형시간을 알아보기 위해 시간에 따른 흡착 양상을 조사하였다.

5g의 공시토양에 pH가 5.6과 2.5로 조정된 0.5ppm의 농약용액을 각각 50ml씩 첨가한 후 진탕기에서 2, 4, 6, 12, 24, 36시간 진탕 후 원심분리하여 상등액의 metalaxyl의 농도를 측정하여 토양에 흡착된 metalaxyl의 농도를 계산하였다.

Metalaxyl용액의 pH가 5.6일 때 시간에 따른 흡착양상을 Fig. 1에 나타내었는데 시간에 따라 흡착량은 급격히 증가하였으며, 흡착속도는 S-soil보다 LS-soil이 빠른 것으로 나타났고, 흡착평형시간은 대략 12 시간 정도인 것을 알 수 있었다. 흡착량도 S-soil보다 LS-soil이 더 큰 것으로 나타났는데, 두 토양의 조성을 비교해보면 점토함량은 같고, 유기물 함량이 큰 LS-soil 이 흡착량이 큰 것으로 보아 유기물 함량의 영향임을 알 수 있다.

Metalaxyl용액의 pH가 2.5인 경우에 대한 흡착양상은 Fig. 2에 나타내었는데 흡착속도가 pH 5.6과 비교하여 두 토양 모두 증가하였으며, 초기 흡착은 급격히 증가한 후 서서히 평형에 도달하였고 평형 도달 시간은 pH 5.6과 유사하였다. 또한, 36시간 경과 후의 흡착량은 S-soil의 경우 2.54 µg/g soil에서 3.0 µg/g soil로 흡착량이 증가하는 경향을 보였고, LS-soil의 경우는 3.1 µg/g soil에서 3.08 µg/g soil로 거의 변화가 없었다. 이것은 pH의 영향으로 추정되는데, 일반적으로 pH가 낮아질수록 용해도의 감소효과로 인하여 흡착량이 증가한 것으로 추정된다.

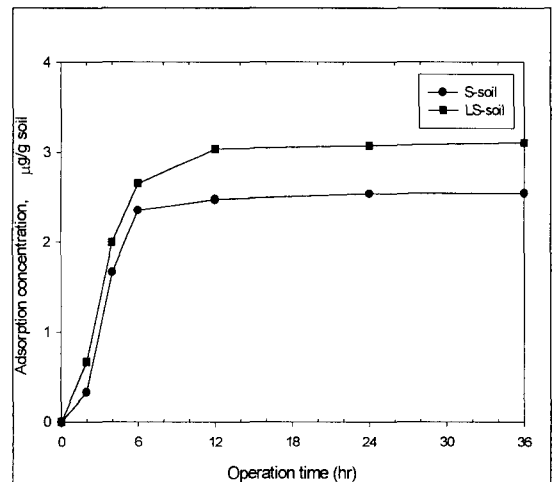


Fig. 1. Change of adsorption amount with equilibrium time at pH 5.6.

3.1.2. 등온흡착

일정온도에 대한 각 토양의 흡착능력을 알아보기 위해 위의 실험 방법에 따라 등온흡착실험을 하였으며 그 결과는 Table 3과 Table 4에 나타내었고 토양의 종류와 pH에 따른 흡착양상을 Fig. 3에 그리고 metalaxyl 농도에 따른 흡착율의 변화를 Table 5에 나타내었다.

Metalaxyl의 농도가 증가함에 따라 흡착율은 감소하는 경향을 보이는데 이는 농약의 농도가 증가

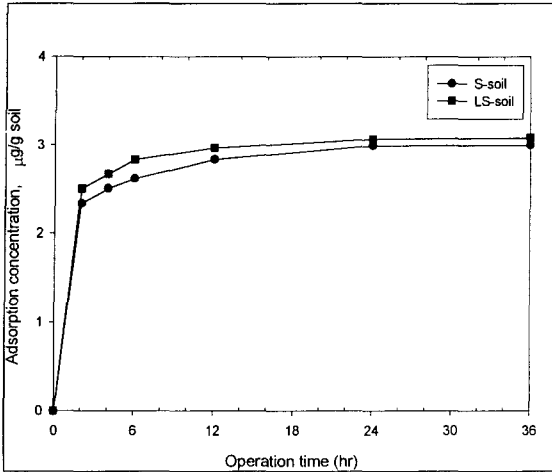


Fig. 2. Change of adsorption amount with equilibrium time at pH 2.5.

함에 따라 토양에 흡착될 수 있는 최대 흡착량에 도달하기 때문이다. 농약용액의 pH가 5.6일 때 흡착량은 S-soil 보다 LS-soil이 큰 것으로 나타났고, pH가 2.5일 때는 pH가 5.6에 비하여 흡착량은 증가하였으나, 토양의 조성에 따른 흡착량은 거의 차이가 없었다.

Table 3. Adsorption of metalaxyl on soils (pH 5.6)

Soils		Initial concentration, mg/l			
		0.25	0.5	1.25	2.5
S	X/M	1.46	2.55	5.70	9.99
	Ce	0.10	0.24	0.68	1.50
	K	14.60	10.63	8.38	6.66
LS	X/M	1.69	3.07	6.70	12.34
	Ce	0.08	0.19	0.58	1.27
	K	21.13	16.16	11.55	9.72

Table 4. Adsorption of metalaxyl on soils (pH 2.5)

Soils		Initial concentration, mg/l			
		0.25	0.5	1.25	2.5
S	X/M	1.64	2.99	6.44	12.39
	Ce	0.09	0.20	0.61	1.26
	K	18.22	14.59	10.56	9.83
LS	X/M	1.69	3.11	6.76	12.44
	Ce	0.08	0.19	0.57	1.26
	K	21.13	16.37	11.86	9.87

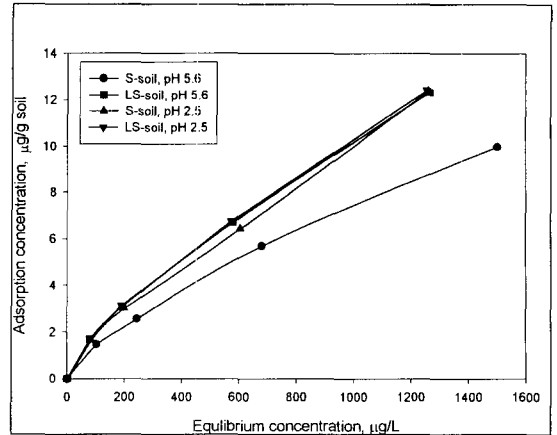


Fig. 3. Adsorption concentration vs equilibrium concentration.

Table 5. Effect of initial concentration on adsorption in different pH

Metalaxyl concentration mg/l	Adsorption ratio, %			
	pH 5.6		pH 2.5	
	S-soil	LS-soil	S-soil	LS-soil
0.25	58.46	67.66	65.69	67.78
0.50	51.04	61.40	59.83	62.14
1.25	45.56	53.61	51.49	54.07
2.50	39.95	49.37	49.57	49.75

각 토양에서 등온흡착실험을 수행한 결과자료를 평형 상태에서 흡착평형농도와 흡착량과의 관계를 나타내는 흡착방정식 중 최근 주로 사용되고 있는 Freundlich식에 적용시켜 보았으며 Freundlich 등온흡착식은 식(1)과 같다.

$$\frac{X}{M} = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \text{ -----(1)}$$

where, X/M = metalaxyl adsorbed [µg/g]

Ce = metalaxyl concentration in equilibrium solution [mg/l]

K = distribution coefficient [(X/M)/Ce]

식(1)에서 X/M은 토양에 흡착된 metalaxyl의 농도 (µg/g soil)이며, Ce 는 용액 중의 metalaxyl 평형농도(mg/l)이다. K와 1/n은 상수이다. 식(1)을 log 형태로 바꾸면 식(2)와 같은 직선회귀식이 된다.

$$\log (X/M) = \frac{1}{n} \log C_e + \log K \text{ -----(2)}$$

등온흡착 실험결과를 Fig 4와 같이 Freundlich 등온흡착식에 적용시킨 결과 골프장 그린토양에의 흡착양상은 Freundlich 흡착등온식을 잘 따르는 것으로

로 나타났으며 식(2)로부터 흡착자료를 이용한 직선 회귀분석에 의해 흡착계수 K와 1/n값을 구하였으며 그 결과를 Table 6과 Table 7에 나타내었다.

일반적으로 K값이 높을수록 흡착이 잘 된다고 알려져 있으며 Hata¹¹⁾ 및 Kuwatsuka¹²⁾ 등이 pipe-ropophos와 halosulfuronmethyl 등으로 행한 시험결과에 의하면 1/n의 값을 농약의 흡착이 유기물에 의해 지배되는가 점토광물에 의한 것인가를 알려주는 지표로 사용하는데 1/n이 1 이상이면 점토광물에 의한 흡착, 1 이하로 나타나면 유기물에 의한 흡착으로 간주하였다.

Table 8에서 나타난 바와 같이 흡착계수 1/n값이 1 보다 작은 것을 알 수 있고, metalaxyl의 흡착이 유기물의 지배를 받는 것으로 간주할 수 있다. 지금까지 흡착시험의 결과는 비이온성 농약인 phenoxyurea계 제초제, N-methylcarbamate계 및 살충제, parathion 및 살균제 fluazinam 등에서의 유기물 함량이 높은 토양에서 흡착량이 높게 나타난 결과¹³⁾와 유사하게 골프장 그린조성 토양에 대한 metalaxyl의 흡착에 있어서도 유기물의 함량이 중요한 요인임을 보여 주었다.

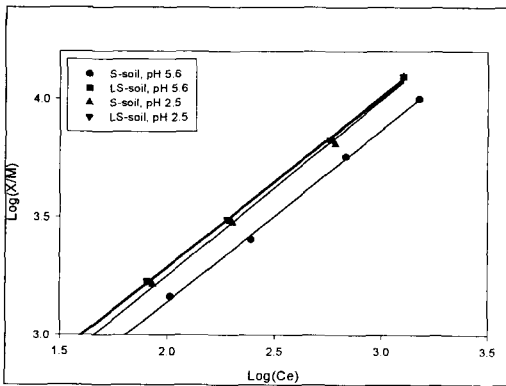


Fig. 4. Freundlich isotherm plots for metalaxyl adsorption.

Table 6. Linear relationship and Freundlich adsorption isotherm constants for metalaxyl adsorbed on soils (pH 5.6)

Soil	Linear relationship	Freundlich constant		Regression coefficient(r ²)
		K	1/n	
S	y=0.7277 · x+1.6870	48.65	0.7277	0.9994**
LS	y=0.7203 · x+1.8468	70.27	0.7203	0.9996**

where, y = log(X/M), x = logCe
 ** : Significant at the 1% level.

Table 7. Linear relationship and Freundlich adsorption isotherm constants for metalaxyl adsorbed on soils (pH 2.5)

Soil	Linear relationship	Freundlich constant		Regression coefficient(r)
		K	1/n	
S	y=0.7425 · x+1.7968	58.86	0.7425	0.9985**
LS	y=0.7219 · x+1.8493	70.68	0.7219	0.9998**

Table 8. Comparison of Freundlich isotherm adsorption constants

Constants	pH 5.6		pH 2.5	
	S-soil	LS-soil	S-soil	LS-soil
K	48.65	70.27	58.86	70.68
1/n	0.7277	0.7203	0.7425	0.7219

3.2. Metalaxyl의 탈착특성

3.2.1. 탈착평형

등온탈착실험에 앞서 탈착평형시간을 알아보기 위해 공시토양 5g에 1.25ppm의 pH가 5.6과 2.5로 조정된 농약용액을 각각 50ml씩 첨가하여 24시간 등온흡착시킨 후 원심분리하여 상등액을 제거하여 흡착평형실험과 같은 조건으로 탈착평형실험을 하였다.

탈착평형실험 결과 탈착용액의 pH가 5.6일 때 시간에 따른 탈착양상을 Fig. 5에 나타내었다. 시간에 따라 탈착량은 급격히 증가하였고, LS-soil보다 S-soil의 경우 더 많은 탈착이 일어났다. 이것은 흡착실험 결과에서 알 수 있듯이 metalaxyl에 대한 흡착강도가 LS-soil이 S-soil보다 크기 때문이다. 그리고 탈착평형 시간은 24 시간 정도인 것을 알 수 있었다. 초기 흡착량은 LS-soil의 경우 6.7 µg/g soil, S-soil의 경우는 5.7 µg/g soil 이었는데 탈착율은 LS-soil이 70 %, S-soil이 84 %로 나타났다.

탈착용액의 pH가 2.5인 경우에 대한 탈착양상은 Fig. 6에 나타내었다. 탈착량은 두 토양 모두 감소하는 경향을 보였고, 탈착율은 LS-soil이 61 %, S-soil이 70 %로 감소하였다.

3.2.2. 등온탈착

위의 실험방법에 따라 등온탈착실험을 실시하였고 그 결과를 Table 9와 Table 10에 나타내었으며 탈착양상을 Fig. 7에, 탈착율은 Table 9에 나타내었다. 탈착율은 초기 흡착된 metalaxyl의 양이 많을수록 증가하였고, LS-soil보다 S-soil이 탈착율이 높

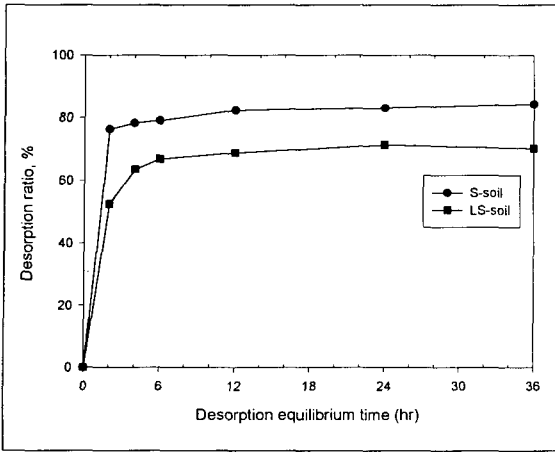


Fig. 5. Change of residual concentration on desorption equilibrium time (pH 5.6).

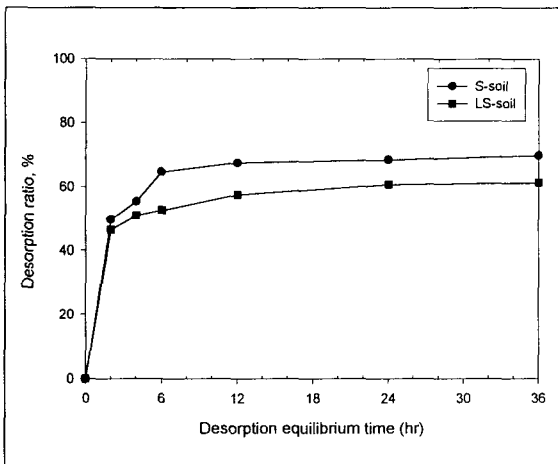


Fig. 6. Change of residual concentration on desorption equilibrium time (pH 2.5).

왔다. 그리고 pH 5.6일 때보다 pH 2.5일 때 탈착율은 감소하는 것으로 나타났다.

Table 9. Desorption of metalaxyl on soils (pH 5.6)

Soils		Initial concentration, mg/l			
		0.25	0.5	1.25	2.5
S	X/M	0.45	0.59	1.00	1.19
	Ce	0.10	0.20	0.47	0.88
	K	4.50	2.45	2.13	1.35
LS	X/M	0.72	1.12	1.92	3.01
	Ce	0.10	0.20	0.48	0.93
	K	7.20	5.60	4.00	3.24

Table 10. Desorption of metalaxyl on soils (pH 2.5)

Soils		Initial concentration of metalaxyl, mg/l			
		0.25	0.5	1.25	2.5
S	X/M	0.75	1.19	2.03	3.66
	Ce	0.09	0.18	0.44	0.87
	K	8.33	6.61	4.61	4.21
LS	X/M	0.89	1.46	2.64	4.32
	Ce	0.08	0.16	0.41	0.81
	K	11.13	9.13	6.44	5.33

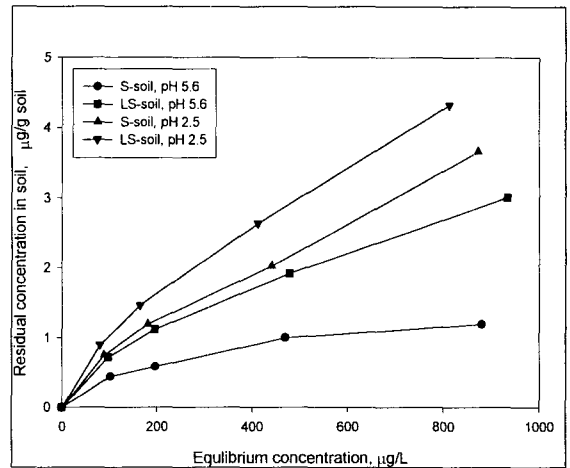


Fig. 7. Residual concentration in soil vs equilibrium concentration.

Table 11. Effect of initial adsorption amount on desorption concentration in different pH

Amount adsorbed µg/g soil	pH 5.6		pH 2.5	
	S-soil (%)	LS-soil (%)	S-soil (%)	LS-soil (%)
7.31	69.54	57.34	54.31	47.22
12.76	76.96	63.60	60.17	52.86
28.48	82.44	71.39	68.51	60.93
49.94	88.05	75.63	70.43	65.25

그린토양에 흡착된 metalaxyl의 등온탈착실험 결과는 흡착과 마찬가지로 Fig 8에 나타난 바와 같이 Freundlich 등온흡착식에 잘 적용되었으며 직선회귀 분석에 의해 탈착계수 K와 1/n값을 구하여 Table 12와 Table 13에 나타내었고 그 결과를 비교하여 Table 14에 나타냈다.

그린토양에서 metalaxyl의 등온탈착 양상은 흡착과 경향이 유사하게 나타났으나 일반적으로 K값이

흡착과는 반대로 그 값이 클수록 탈착이 잘 안되는 것으로 알려져 있다. Table 14의 결과를 볼 때 K값이 S-soil과 LS-soil 모두 pH5.6에서보다 pH2.5에서 크게 나타났으며 S-soil 보다 유기물 함량이 높은 LS-soil에서 높게 나타나 pH2.5에서 보다 pH5.6에서, S-soil이 유기물 함량이 높은 LS-soil 보다 탈착이 잘되는 것으로 나타났다.

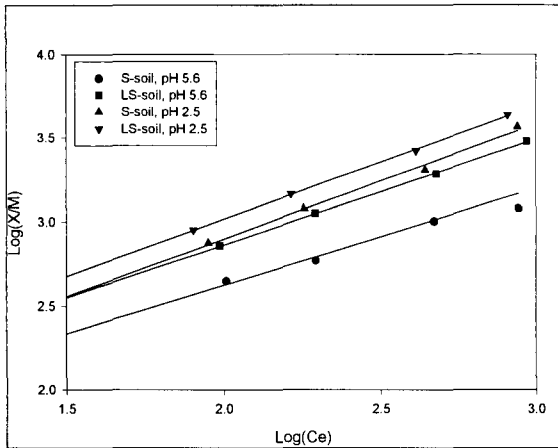


Fig. 8. Freundlich isotherm plots for metalaxyl desorption.

Table 12. Linear relationship and Freundlich desorption isotherm constants for metalaxyl desorption on soils (pH 5.6)

Soil	Linear relationship	Freundlich constant		Regression coefficient(r)
		K	1/n	
S	$y=0.5747 \cdot x+1.4755$	29.89	1.4755	0.9960**
LS	$y=0.6266 \cdot x+1.6117$	40.90	1.6117	0.9998**

where, $y = \log(X/M)$, $x = \log C_e$
 **: Significant at the 1% level.

Table 13. Linear relationship and Freundlich desorption isotherm constants for metalaxyl desorption on soils (pH 2.5)

Soil	Linear relationship	Freundlich constant		Regression coefficient(r)
		K	1/n	
S	$y=0.6814x+1.5377$	34.49	1.5377	0.9969**
LS	$y=0.6747x+1.6673$	46.48	1.6673	0.9997**

Table 14. Comparison of Freundlich isotherm desorption constants

Contents	pH 5.6		pH 2.5	
	S-soil	LS-soil	S-soil	LS-soil
Constant	29.89	40.90	34.49	46.48
1/n	0.5747	0.6266	0.6814	0.6747

3.3. Metalaxyl의 분해양상

토양환경에 따른 농약의 분해는 주변환경으로의 농약의 유출량 및 유출기간에 커다란 영향을 미치게 된다. 골프장 그린토양 환경 중 metalaxyl의 분해양상을 조사한 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

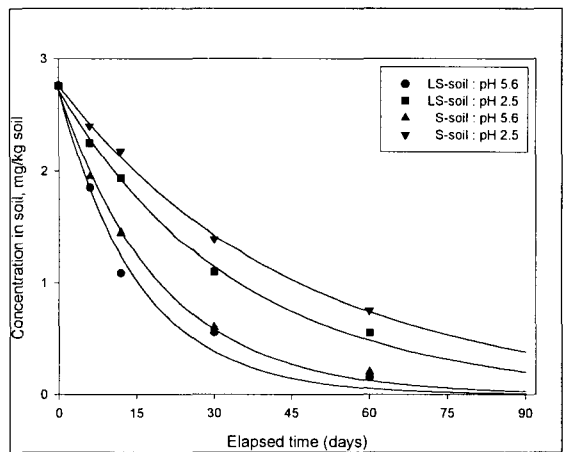


Fig. 9. Change of concentration of metalaxyl in soil with elapsed time.

토양 환경 중 metalaxyl의 분해는 S-soil에서 보다 유기물함량이 높은 LS-soil에서 빠른 분해가 일어났고, 특히 pH가 2.5인 조건에서 pH 5.6과 비교하여 분해가 상당히 지연되는 것으로 나타났다. 시간에 따른 metalaxyl의 분해양상은 지수회귀식($y=a \cdot ebx$)을 따르는 것으로 나타났다(Table 15).

반감기를 조사한 결과, pH 5.6인 토양 환경 중 LS-soil에서 약 15일 그리고 S-soil에서 16일로 크게 차이가 나지 않았지만, pH가 2.5인 토양 환경 중에서는 각각 26일, 32일로 두 토양 모두 분해가 상당히 지연되었고, S-soil에서 더욱 지연되는 양상을 보였다. 그러므로 골프장 그린에 살포된 농약의 거동에 있어서 골프장 토양의 조성뿐만 아니라 산성비가 내릴 경우 흡·탈착, 분해에도 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

Table 15. Half-lives and coefficient for degradation of metalaxyl after soil treatment ($y = a \cdot e^{bx}$)

Contents	Soil	Coefficient			t1/2, day
		a	b	r	
pH 5.6	LS	2.7208	-0.0653	0.9926	14.76
	S	2.7222	-0.0514	0.9964	15.94
pH 2.5	LS	2.7242	-0.0289	0.9974	25.79
	S	2.7649	-0.0219	0.9994	31.72

4. 결 론

골프장 그린에 사용되고 있는 살균제인 metalaxyl의 토양환경 중 거동에 관한 기초자료를 얻기 위하여 그린조성 토양을 대상으로한 흡·탈착 및 분해양상을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 그린 토양에서 metalaxyl의 흡착 평형시간은 약 12시간 정도인 것으로 나타났으며 pH5.6에서 보다 pH2.5에서, S-soil보다 LS-soil에서 흡착속도가 빠르게 나타났다.

2) Metalaxyl의 토양흡착은 그린토양 중 점토보다 유기물의 영향이 지배적이라는 것을 알 수 있었으며, pH가 5.6보다 2.5에서 흡착량이 증가되는 것으로 나타났다.

3) 그린토양에서 metalaxyl의 탈착 평형시간은 약 24시간 정도인 것으로 나타났으며 탈착율과 탈착량 모두 유기물 함량이 큰 LS-soil 에서 보다 S-soil에서 증가하였고, pH가 2.5에서 보다 pH5.6에서 증가하였다.

4) 그린토양에서 metalaxyl의 흡착과 탈착양상을 Freundlich 등온흡착식에 적용하였을 때 잘 따르는 것으로 나타났다.

5) 그린토양 환경 중 metalaxyl의 분해는 S-soil 보다 유기물 함량이 큰 LS-soil에서 분해가 빠른 것으로 나타났으며, pH가 5.6보다 2.5일때 분해가 감소하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로부터 골프장 그린토양에 살포된 metalaxyl 거동에는 그린조성 토양의 유기물 함량이 증가할수록 흡착량은 증가하게 되고 또한, 산성수에서 토양 흡착량이 증가하고 탈착량은 감소하여 이동성이 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 산성수에 의한 토양의 산성화는 metalaxyl의 흡착량을 증가시키는 반면, 분해를 억제하여 지속적으로 토양에 잔류하거나 주변 지하수에 유출될 가능성이 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Koskinen, W. C. and S. S. Harper, 1990, The retention process : mechanisms In H.H Cheng(ed.) Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling, SSSA, Madison, WI. USA, 51-77.
- 2) Bailey, G. W., A. R. Swank, Jr., and H. P. Nicholson, 1974, Prediction pesticide runoff from agricultural land : A conceptual model, J. Environ. Qual, 3, 95-102.
- 3) Peck, D. E., D. L. Corwin, and W. J. Farmer, 1980, Adsorption-desorption of diuron by freshwater sediment, J. Environ. Qual., 9, 101-106.
- 4) Rijnaarts, H. H., M. A. Bachmann, J. C. Jumelet, and A. J. B. Zehnder, 1990, Effect of desorption and intraparticle mass transfer on the aerobic biomineralization of α -hexachlorocyclohexane in a contaminated calcareous soils, Environ. Sci. Technol., 24, 1349-1354.
- 5) Farmer, W. J. and Y. Aochi, 1974, Picloram sorption by soil, Soil. Sci. Soc. Amer. Proc, 38, 418-423.
- 6) Choi, J. and S. Aomine, 1974, Mechanisms of pentachlorophenol adsorption by soils, Soil Sci. Plant Nutr. (Tokyo), 20, 371-379.
- 7) 강종국, 심형권, 이종식, 김종구, 이재길, 소재돈, 1995, 전북 이리지역의 강수 성분 조사, 한국환경농학회지, 14(1), 15-22.
- 8) 한국잔디연구소, 1992, GOLF장 관리의 기본과 실제, 36-39.
- 9) 환경부, 2000, 농약잔류량시험방법, 258-259.
- 10) Clay, S. A., R. R. Allmaras, W. C. Koskinen, and D. L. Wyse, 1988, Desorption of atrazine and cyanazine from soil, J. Environ. Qual., 17, 719-723.
- 11) Hata, Y. and T. Nunoshige, 1982, Adsorption and desorption of piperophos by soil, J. Pesticide Sci., 7, 155-160.
- 12) Kuwatsuka, S. and I. Yamamoto, 1997, Relationships between soil properties and sorption behavior of the herbicide halosulfuron - methyl in selected Japanes soils, J. Pesticide Scie., 22, 288-292.
- 13) Kim, J. E and J. U. Hong, 1985, The adsorption of N-methylcarbamate insecticide on soil, J. Korea Agric. Chem. Soci., 28, 124-130.