

## Alachlor와 Paraquat의 土壤吸着에 關與하는 土壤因子에 대한 研究

임수길\* · 봉원애\*\*

### Studies on the Several Soil Factors Affecting on Alachlor and Paraquat Adsorption by Soils

Soo-Kil Lim, Won-Ae Bong

#### Abstract

In order to illustrate adsorption phenomena of herbicides(alachlor and paraquat) on soils, adsorption equation of herbicides and the relationships between soil properties and adsorption constants were investigated with 22 soils. The results were as follows :

1. The shaking time for approaching equilibrium reaction of herbicides(alachlor and paraquat) with soils were about 30 minutes for paraquat and 4 hours for alachlor, respectively.
2. The distribution coefficients of alachlor were inbetween 0.81-33.83 in 5 ppm and 0.09-15.52 in 50 ppm, respectively.
3. The adsorption of alachlor was positively correlated with organic matter and paraquat was with clay content of soils.
4. Both paraquat and alachlor were highly adsorbed in Chunpo series soil containing low contents of organic matter and clay on account of different mechanism from other soils.
5. Freundlich's adsorption constant(K) was greater than distribution coefficient(Kd), and the differences between K and Kd's were to be increased with increasing equilibrium concentrations.

---

-이 논문은 고려대학교 대학원 특별연구비에 의하여 수행되었음.

\* 고려대학교 자연자원대학 농화학과 교수

Department of Agricultural Chemistry, Korea University, Seoul, Korea

\*\* 농촌진흥청 농업기술연구소 토양화학과

Institute of Agricultural Science, R.D.A., Suwon, Korea

## 緒 言

국내 농업에서 본격적으로 약제를 사용하여 제초 작업을 시작한 것은 1968년 이후부터였으며,<sup>1)</sup> 급진적인 공업화에 따른 농촌노동력의 감소로 인하여 그 수요가 급증하기에 이르렀다. 제초제의 사용증가와 더불어 중요한 연구과제가 되는 것은 환경오염문제이다. 즉, 제초제가 생태계의 破壞과 아울러 인체에 강한 독성을 가지는 것이 있으므로 토양중 잔류독성 및 용탈에 의한 지하수에의 유입등은 심각한 환경문제를 야기하고 있는 실정이다.<sup>2)</sup>

제초제의 토양중 변화에 대한 기작은 1) 화학적 분해 2) 광화학적 분해 3) 미생물에 의한 분해 4) 휘발 및 이동성 5) 식물이나 생물체에 의한 흡수 6) 토양에의 흡착등의 여러가지 요인에 의하여 영향을 받으며,<sup>1)</sup> 이들 요인중 토양에의 흡착은 가장 기초적인 물리화학적 기작으로서 제초효과를 나타내기 위해서는 어느 정도의 흡착성이 요구되지만 지나치면 제초제가 토양내에 잔류·집적되고, 흡착성이 작으면 용탈이 쉬워 수질오염의 원인이 되기도 한다.<sup>1)</sup>

약제의 토양내 흡착은 농도에 따라 약제별 각 등온흡착곡을 유도하여 이 유도된 흡착곡의 계수로써 흡착정도를 추정하거나, 또는 일정농도에서 약제별 분배법칙에 의한 분배계수로써 흡착정도를 추정하며 후자의 경우 많은 약제들에 대해서 그 분배계수가 알려져 있으나,<sup>3)</sup> alachlor에 대해서는 아직 보고된 바 없다. 또한 흡착에 관여하는 인자로서는 토양의 물리화학적 특성으로 점토의 함량 및 종류, 유기물 함량(O.M), 양이온치환용량(C.E.C), pH 등이 알려져 있으며, 제초제의 특성으로는 용해도, 해리상수, 분자의 크기 및 극성등이 중요한 인자로 작용한다.

따라서 본 실험은 22종의 우리나라 토양에 있어서 alachlor의 분배계수를 구하고, 또 농도의 차이에 따른 paraquat와 alachlor에 대한 흡착계수의 범위를 구하여, 토양의 물리화학적 특성들이 alachlor와 paraquat의 흡착에 영향을 미치는 정도를 구명하기 위하여 실시하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試土壤

제초제의 흡착에 영향을 미치는 토양인자를 구명하기 위하여 전국에서 토양의 물리화학적 특성이 상이한 22개토양통을 대상으로 표토와 심토를 채취, 풍건하여 공시토양으로 사용하였으며, 이화학적 성질은 흡착에 영향을 미치는 대표적 특성인 pH, C.E.C., O.M. 함량, 점토함량을 조사하였다.

pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 소자전극 pH meter, O.M. 함량은 Walkley-Black 법, C.E.C.는 1N-Ammonium Acetate(pH 7.0) 치환침출법, 그리고 토성분석은 hydrometer법으로 각각 측정하였으며 이 특성은 표 1과 같다.

### 2. 供試藥劑

공시약제로는 농약연구소에서 제공해 준 99.8% 분자성인 alachlor standard와 I.C.I. Plant Protection Division 한국지부에서 제공해 준 99.3%의 양이온성인 paraquat standard를 사용하였다.

### 3. 方法

250ml 삼각 flask에 5g, 10g의 공시토양을 각각 취한 후, 10g 토양에는 alachlor 5ppm, 10ppm, 30ppm, 50ppm 농도의 수용액 100ml를 가하고, 5g 토양에는 paraquat 100ppm, 200ppm, 300ppm, 400ppm, 500ppm 농도의 수용액 50ml를 가하여, 200rpm rotary shaker로 4시간동안 진탕 후 고속냉동원심분리기(Tomy Seiko Model RS-20II)로 5-10°C에서 15,000rpm으로 15분간 원심분리하여 alachlor는 상등액 5ml를 cap test tube에 넣고, isoctane 5ml를 함께 가하여 1분간 강하게 흔들어 준 다음, 윗부분의 isoctane층을 GLC(model-Hitachi 603)로 분석하였으며 paraquat는 상등액 10ml를 취한 후, 발색시약(0.2% sodium dithionite in 0.1N-NaOH) 2ml를 가하여 30분 이내에 spectrophotometer(Simatzu double beam spectrophotometer UV-210)로 파장 405nm에서 측정하였다.

Table 1. Some properties of the soils used

Soil No	Soil series	Horizon	pH	O.M. (%)	C.E.C. (me/100g)	clay (%)
1	Cheongweon	top soil	5.5	1.46	7.1	9.8
2	Buyong	"	5.4	2.31	13.5	40.0
3	Gimje	"	5.1	3.64	14.4	46.0
4	Chunpo	"	5.5	0.95	8.9	22.0
5	Paju	"	5.4	2.24	12.1	38.0
6	Gagog	"	5.4	2.58	7.5	22.0
7	Yulgog	"	6.3	7.32	19.8	13.0
8	Chilgog	"	5.3	2.89	9.7	26.2
9	Chogye	"	5.7	3.50	11.7	28.0
10	Oggye	"	6.7	2.82	10.9	12.0
11	Ara	"	5.4	3.67	10.7	25.0
12	Ido	"	4.8	7.12	16.8	20.0
13	Suweon	"	5.0	1.19	6.1	12.0
14	Daogpyeong	sub soil	6.7	1.43	11.1	10.0
15	Paju	"	6.0	2.02	13.1	36.4
16	Geugrag	"	6.9	1.19	18.1	45.0
17	Gagog	"	6.8	1.33	8.6	28.0
18	Chunpo	"	7.3	0.29	7.8	14.4
19	Jisan	"	6.1	2.45	10.9	35.0
20	Yeouncheon	"	6.4	2.24	13.0	31.0
21	Chogye	"	6.1	2.38	10.8	26.0
22	Peat soil	"	4.9	46.68	28.6	0

### 結果 및 考察

#### 1. 藥劑別 吸着平衡 時間 比較

토양 1g당 alachlor를 5ppm, paraquat를 200 ppm 처리한 후 200rpm으로 진탕하여 시간별로 나타난 흡착량은 그림 1과 같다. 이에 의하여 양이온성인 paraquat는 약 30분 내에 평형상태에 도달하였으나, 분자성인 alachlor는 약 4시간 소요되어 paraquat에 비해 흡착형성시간이 지연되었음을 보였다. 이는 paraquat가 토양교질이 갖는 음전하와 화학적 결합을 하나, alachlor는 van der waals 결합에 의하거나 토양입자의 물리화학적 성질에 의해 흡착이 결정되는 것에 기인한다고 생각된다.

Hayes 등<sup>4)</sup>은 Na<sup>+</sup>, Li-vermiculite에 의한 paraquat의 흡착이 30분 이내에 완전평형에 도달된다고 보고하였으며, Weber 등<sup>5)</sup>도 Kaolinite나 montmorillonite에 1시간 이내에 흡착평형에 도달

한다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 그러나, Best<sup>6)</sup>나 Khan<sup>7)</sup>은 부식토에서 흡착평형에 도달되는대는 24시간이 소요된다고 보고하였고, Damanakis 등<sup>8)</sup>은 부식산에서 흡착평형을 이루는데 요구되는 시간이 48시간이라고 보고하였다. 또한 Calderbank 등<sup>9)</sup>은 광물질토양보다 유기물이 많은 부식토나 부식산에서 paraquat의 흡착평형이 느리게 도달된다고 하여 이 흡착평형은 토양의 특성마다 약간씩 차이를 보이게 됨을 알 수 있다. 또한 alachlor의 흡착도 임 등<sup>10)</sup>이 실험한 결과인 3시간과 별 차이가 없는 것으로 나타났으며, 그림 1에서 두약제 공히 완전평형이 이루어지는 시간을 고려하여 모든 실험은 진탕을 4시간으로 결정하여 실시하였으며 두약제의 회수율을 조사한 결과 alachlor는 87%, paraquat는 93%의 회수율을 보였다.

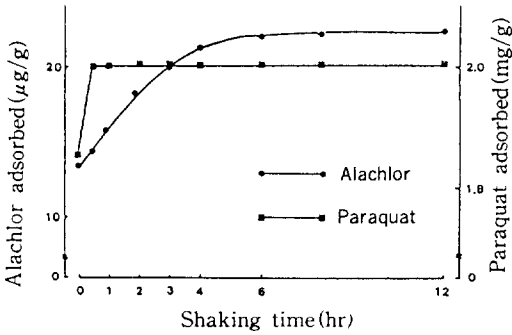


Fig. 1. Effect of shaking time on adsorption of paraquat and alachlor for Suweonn 1.

2. Alachlor의 흡착

그림 2는 양이온치환용량, pH, 점토함량, 유기물함량에서 각각 큰 차이를 보인 7개 토양(C.E.C.: 칠곡통표토, peat 토양, pH: 춘포통심토, 이도통표토, 점토함량: 극락통심토, 청원통표토, O.M.: 춘포통심토, 울곡통표토)을 선정하여 이들의 농도별 흡착량을 log, log함수로 표시한 것이다. 이들은 각기 다른 이화학적 성질을 가지고 있으면서도 alachlor에 대해서는 모두 고도의 직선상관을 보였으며, 다른 15개 토양에서도 같은 직선을 보여

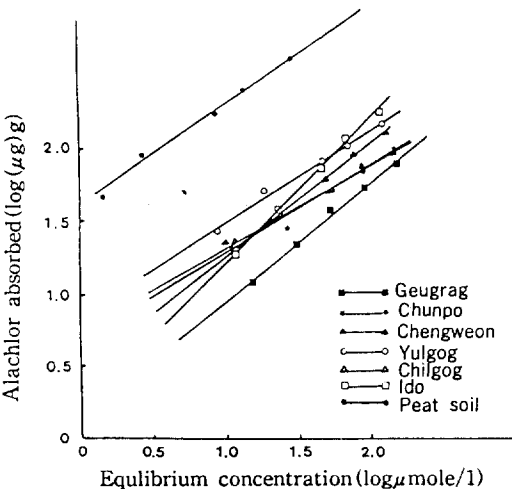


Fig. 2. Freundlich adsorption isotherm for alachlor on 7 soils

임 등<sup>10)</sup>의 결과처럼 alachlor의 흡착은 freundlich 식 ( $x/m = K \cdot Ceq^{1/n}$ ;  $x/m$ =단위당흡착량,  $Ceq$ =용액내 평형농도,  $K$ 와  $1/n$ =각각 결합에너지를 나타내는 흡착상수)과 잘 부합된다고 믿어져 그 흡착 정도를 흡착계수인  $K$ 값으로 비교할 수 있었다.

Alachlor의 각 토양별  $K$ 값은 이탄토(peat soil)를 제외한 모든 토양에서 토양특성에 따라 각기 다르게 나타나 1.35-10.23 사이에 분포하며 그 평균이 4.32를 보였으며, 특히 peat토양은 높은 유기물 함량으로 인해 다른 토양에 비해 대단히 높은  $K$ 값을 보였다. 그러나 춘포통의 심토와 표토는 각기 낮은 유기물함량에도 불구하고 비교적 높은  $K$ 값을 보였는데 이는 춘포통이 회갈색의 미사질양토로서 비교적 염기포화도가 높으며, 불투수층의 존재에 기인되는 것으로 보인다<sup>11)</sup>. 즉, 물이 침투되지 못하므로 물의 흡착에 의한 장애를 받지 않기 때문에 alachlor의 흡착이 높게 나타난 것으로 사료된다.

앞에 언급된 바와같이  $K$ 값은 토양의 물리화학적 성질에 의해 크게 좌우되지만,  $1/n$ 은 토양의 물리학적 특성에 관계없이 이탄토에서까지 모두 차이를 보이지 않아 아마도 오히려 모재와 관련이 있는 것으로 생각된다.

alachlor의 흡착정도는  $K$ 값으로 표시하는 것이 일반적이나, 임 등<sup>10)</sup>의 경우에는 등온흡착식을 구하지 않고 흡착에 영향을 미치는 토양인자를 구명하기 위해 간단히 사용하는 분배법칙의 식( $x/m = Kd \cdot Ceq$ ,  $x/m$ 과  $Ceq$ 는 Freundlich 흡착식에서와 같고,  $Kd$ 는 용액내 평형농도에 대한 흡착된 량의 비로서 나타내는 상수<sup>3,12,13)</sup> 계수인  $Kd$ 값으로 토양간의 인자를 비교하였다. 따라서 본 실험에서도  $Kd$ 값을 계산하여 alachlor의  $K$ 값과  $Kd$ 값을 서로 비교하였다. 이때  $Kd$ 값은 각 농도에서 계산하였으며 ( $Kd_1 = 5ppm$ ,  $Kd_2 = 10ppm$ ,  $Kd_3 = 20ppm$  그리고  $Kd_5 = 50ppm$ ) 농도에 관계없이 동일토양내에서는 항상  $Kd$ 값은  $K$ 값보다 낮았으며 농도가 높을수록  $Kd$ 값은 감소하였다.  $K$ 와  $Kd$ 의 관계는 위의 Freundlich식과 분배법칙의 식에서부터 다음과 같이 유도될 수 있다. 즉,

$$K = Ceq \cdot 1/n \cdot Kd \dots\dots\dots (1)$$

식(1)에서 볼 수 있는 바와같이 K와 Kd값은 1/n과 Ceq함수이므로 Ceq가 1보다 높을수록 K와 Kd값의 차이는 큰 것으로 생각된다. 그러나 n=1인 경우에는 Ceq에 상관없이 K와 Kd값은 같아진다. alachlor의 흡착정도와 관련이 있는 토양의 이화학적 특성을 알아보기 위한 토양의 각 특성들과 K값 및 Kd값의 단순상관관계는 표 2와 같다.

**Table 2.** Correlation coefficients between soil properties and the adsorption constant (K), distribution coefficient(Kd) of alachlor for 22 soils used in the experiment.

soil properties	K	Kd <sub>1</sub> (low conc.)	Kd <sub>5</sub> (high conc.)
clay%	-0.4058*	-0.4211*	-0.3908*
pH	-0.3251 <sup>NS</sup>	-0.3236 <sup>NS</sup>	-0.3476 <sup>NS</sup>
O.M. %	0.9352**	0.9863**	0.9829**
C.E.C.	0.6660**	0.7032**	0.7094**

K값과 Kd값으로 본 alachlor의 흡착은 모두 유기물함량과 C.E.C.와는 고도의 정의 상관성이 있었으나 점토함량과는 부의 상관성이 나타났으며 pH와는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 이것은 유기물함량과 C.E.C.가 높은 토양일수록 alachlor의 흡착

이 증가된다는 것을 보여주는 것이다.

이 토양 22개중 O.M.함량이 많은 이탄토(peat soil), 이도통 및 울곡통을 제외하고 상관관계를 다시 조사한 결과 단지 O.M.함량만 이 유의성있는 상관을 보였으나 상관성이 매우 낮았으며 기타 토양 특성과는 전연 상관성이 인정되지 않았다. 이 결과는 alachlor흡착에 영향을 주는 토양인자는 유기물함량(O.M.)임을 잘 입증하는 것이라 하겠다.

표 3은 다시 alachlor의 흡착정도와 토양의 이화학적 특성들을 정규화하여 stepwise 다중상관으로 분석한 것이다. 토양인자와의 중상관계수는 모두 고도의 유의성을 보였으며 K와 Kd값에 있어서 유기물함량의 편회귀계수가 가장 큰 것으로 보아 역시 유기물함량이 흡착에 영향을 미치는 기여도가 가장 큰 것을 보여주었다. Kd값으로 볼때는 농도별 상관없이 유기물함량, C.E.C. 점토함량과 유의성있는 상관을 보였다. 이로볼때 흡착정도의 기준을 K 또는 Kd값으로 정하느냐에 따라 흡착에 대해 단순상관이 높은 토양의 이화학적 특성은 그 기준에 따른 차이가 없었으나, 네가지 특성에 대한 다중상관으로보면 흡착정도에 영향을 미치는 토양의 이화학적 특성들은 그 기준에 따라 다소 달랐다. 그러나 이상의 결과를 종합하면 alachlor의 흡착에 대한 토양특성들의 영향은 O.M.함량>C.E.C.>점토함량>pH 순이라 하겠다.

**Table 3.** Multiple regression between soil properties and the adsorption constant(K, distribution coefficient(Kd) of alachlor for 22 soils used in the experiment.

Adsorption capacity	Multiple Regression	Multiple correlation coefficient
K	$Kd = 1.1296X_3^{**} - 0.2003X_4^{NS} + 0.0634X_1^{NS} + 0.0383X_2^{NS}$	0.9406**
Kd <sub>1</sub> (low conc.)	$Kd_1 = 1.2277X_3^{**} - 0.2345X_4^{**} + 0.0881X_1^* + 0.0680X_2^*$	0.9934**
Kd <sub>5</sub> (high conc.)	$Kd_5 = 1.2237X_3^{**} - 0.2295X_4^{**} + 0.1176X_1^* + 0.0424X_2^{NS}$	0.9896**

X<sub>1</sub>: clay %, X<sub>2</sub>: pH, X<sub>3</sub>: O.M.%, X<sub>4</sub>: C.E.C. (me/100g),

NS: no significant

3. Paraquat의 吸着

그림 3은 표 1에서 보는 바와같이 점토함량이 유사한 초계, 아라, 그리고 이도통을 선택하여 paraquat를 흡착시킨 흡착곡선이다. Paraquat는 그림 3과 같이 낮은 농도에서는 완전히 흡착되며 농도가 증가할수록 최대흡착량을 보이는 형태를 나타낸다. 본 실험에 사용한 초계통, 아라통, 이도통은 점토광물에 비해 유기물함량에서 큰 차이를 보이는 토양들로서 유기물이 많은 이도통에서는 L-type의 곡선을 보이지만, 유기물질에 비해 점토함량이 많은 초계통에서는 초기에 많이 흡착되는 비교적 높은 흡착력을 보여 H-type을 나타내었다. 이는 paraquat의 등온흡착식을 표시하는데 있어서 Calderbank와 Tomlinson 등<sup>9,11)</sup>은 L-type으로, Weber와 Perry 등<sup>15)</sup>은 H-type의 곡선형태로 묘사하였는데, L-type은 유기질토양에 의한 흡착정도를, H-type은 montmorillonite에 의한 흡착정도를 나타낸 것이다. 즉, 유기물과 montmorillonite는 그들의 구조특성에 따라 전하위치가 달라 친화력의 차이를 보이는데, paraquat에 대해서는 montmorillonite가 더 친화력이 있는 것에 기인된 것으로 사료된다. 또한alachlor에서와 마찬가지로 22개 토양의 Kd값에 의거하여 paraquat의 흡착정도를 살펴본 결과 파주, 극락동의 심토, 부용, 김제, 춘포, 파주, 울곡, 그리고 수원통의 표토는 토

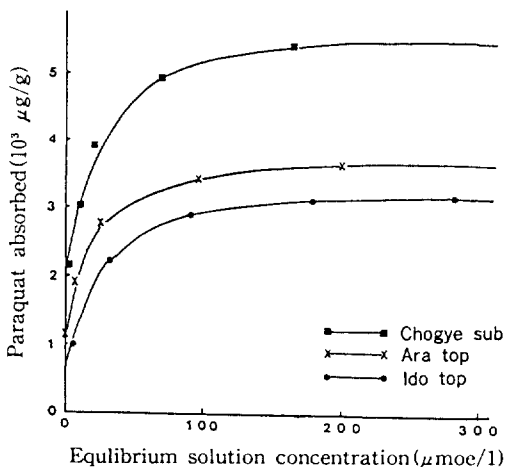


Fig. 3. Adsorption isotherm of paraquat on Chogye, Ara, and Ido soils

양단위 g당  $4.0 \times 10^3 \mu\text{g}$ 을 처리할때까지 완전흡착을 나타내었으며 이중 춘포통은 비교적 낮은 점토함량임에도 불구하고 높은 흡착량을 보인 것은alachlor의 흡착에서 설명한 바와 같이 춘포통이 불투수층으로 물을 흡착하지 않기 때문이며 또 다른 하나는 O.M.함량이 매우 낮은 것에 기인되는 것으로 생각된다.

즉, 점토와 유기물이 complex를 이룰때, 점토내의 전하가 유기물과 우선적으로 결합하여 paraquat가 이온결합을 할 수 있는 자리가 적어지게 되기 때문이며, 이는 organo-clay complex가 montmorillonite보다 흡착력이 감소한다고 보고한 Khan<sup>7)</sup>의 결과와 유사하였다. paraquat의 흡착은 유기물함량이 높은 토양인 초계, 아라, 이도통의 심토와 peat토에서 많은 흡착을 보이지 않았다. 토양의 음전하와 paraquat가 우선적으로 약하게 결합하여 유기물과의 강한 결합을 방해하기 때문에 양이온성인 paraquat는 유기물이 많은 토양에서 흡착평형이 느리게 도달되며, 시간이 지남에 따라 토양음전하와의 약한 결합에서 유기물질내의 음전하로 paraquat이온이 이동되어 유기물과 강하게 결합된다고 Best<sup>6)</sup>와 Khan<sup>16)</sup>이 보고하였다. Burns와 Audus<sup>17)</sup>는 토양유기물에 의해 흡착된 것은 식물에 의해 이용될 수 없을 뿐만 아니라, 이는 미생물에 의해서도 영향을 받지 않는다고 하였다. 본 실험에서 paraquat의 흡착에 유기물의 영향이 없는 것으로 나타난 것은 평형에 도달하는 시간의 차이에서 기인된 것으로 보다더 평형시간을 연장한다면 유기물에 의한 흡착이 있을 수도 있을 것으로 사료된다.

표 4는 우리나라의 토양특성과 paraquat의 Kd 값과의 단순상관관계를 나타낸 것이며, Kd'는 일반적인 토양특성과의 관계를 알아보기 위하여 특이한 토양인 춘포통과 peat토양을 제외시켜 단순상관관계를 나타낸 것이다. 표 4에서 보는 바와 같이, 22개 토양 모두에서 paraquat의 흡착은 점토함량과 유의성있는 흡착관계를 보였고, 다른 토양특성과는 상관을 보이지 않았으나 특이한 토양을 제외시킨 단순상관관계에서는 점토광물과 C.E.C.가 유의성 있는 정의 상관을 보였다. 따라서 paraquat흡착에 영향을 주는 요인은 점토함량과 C.E.C.라고 생각된다.

**Table 4.** Correlation coefficients between soil properties and distribution coefficients of paraquat. Kd is the distribution coefficients for 25 soils and Kd' for 22 soils.

soil properties	Kd	Kd'
clay %	0.6720**	0.6911**
pH	0.1346 <sup>NS</sup>	0.1057 <sup>NS</sup>
O.M. %	-0.1421 <sup>NS</sup>	-0.1665 <sup>NS</sup>
C.E.C.	0.2556 <sup>NS</sup>	0.4739*

NS : no significant

표 5는 paraquat의 분배계수와 토양인자간의 다

중회귀식이며, 22개 토양에 대한 분배계수 Kd값으로 본 다중상관에서 중상관계수는 고도의 유의성이 있었으며, 점토광물의 편회귀계수가 가장 큰것으로 보아 paraquat의 흡착에는 점토광물이 영향을 미치는 기여도가 가장 크다고 생각된다. 그러나, 가장 특이한 토양인 춘포통과 peat토양을 제외시킨 토양의 분배계수 kd'값으로 본 경우에는 점토광물보다 C.E.C.가 기여도가 더 컸으며, 유기물함량이 낮은 유의 수준의 부의 상관관을 보였다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 유기물함량에 의한 평형시간의 재조정이 요구되는 것으로 paraquat에 대한 토양인자들의 기여도는 계속 연구 검토되어야 할 것이다.

**Table 5.** Mutiple regression between soil properties and the distribution coefficients of paraquat. Kd in the distribution coefficient for 25 soils and Kd' for 22 soil.

Distribution Coefficient	Mutiple Regression	Mutiple correlation coefficient
Kd	$Kd=0.6089X_1^{**}+0.3699X_4^{NS}$ $-0.1314X_3^{NS}+0.1243X_2^{NS}$	0.7343**
Kd'	$Kd=0.8257X_4^{**}-0.6353X_3^{NS}$ $+0.3051X_1^{NS}+0.2475X_2^{NS}$	0.8590**

X<sub>1</sub> : clay %, X<sub>2</sub> : pH, X<sub>3</sub> : O.M. %, X<sub>4</sub> : C.E.C. (me/100g)

NS : no significant

### 摘 要

토양에 따른 제초제의 흡착을 구명하기 위하여 alachlor와 paraquat를 사용하여 공시토양 22에 대한 약제별 흡착정도 및 토양특성과 흡착정도의 상관관을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 진탕시간에 따른 토양과 약제의 평형이 이루어지는 시간은 paraquat가 약 30분, alachlor는 약 4시간이었다.

2. 분배법칙에 의한 alachlor의 흡착계수는 5 ppm 농도에서 0.81-33.83이었으며, 50ppm에서는 0.09-15.52의 범위를 나타내었다.

3. 토양특성중 alachlor의 흡착력은 O.M.함량, paraquat의 흡착력은 점토함량과 고도의 정의 상

관을 보였다.

4. 우리나라 토양중 춘포통은 유기물과 점토함량이 낮음에도 특이한 특성 때문에 paraquat와 alachlor 모두 높은 흡착량을 나타내었다.

5. Freundlich의 흡착상수(K)는 분배법칙의 계수(Kd)보다 대체적으로 높으며, 평형농도가 증가함에 따라 K와 Kd값의 차이는 증가하는 경향이었다.

### 引用文獻

1. 梁桓承, 1976. 土壤における除草劑の行動特性に關する研究 日本 京都大學校 博士學位論文.
2. Environmental Protection Agency. Office

- of Pesticide and Toxic substance. 1982. Sediment and soil adsorption isotherm. CG 1710 : 1-23.
3. Green, R.E. 1974. Pesticide-clay-water interaction. J. Series No 1704 of the Hawaii Agr. Exp. Station, Honolulu, Hawaii. Cit. Pesticide in soil and water : 3-36.
  4. Hayes, M.H.B., M.E.Pick, M. Stacey and B.A. Toms. 1972. Microcalorimetric of investigation of the interactions between clay minerals and bipyridylum salts. proc. Interimat. Clay Conf. Madrid : 675.
  5. Weber, J.B. and S.B. weed, 1968. Adsorption an desorption of diquat, paraquat and prometone by montmorillonite and kaolinite clay minerals. Soil Sci. Soc., Amer. Proc. 32 : 485.
  6. Best, J.A., J.W. Weber and S.B. Weed. 1972. Competitive adsorption of diquat<sup>2+</sup>, paraquat<sup>2+</sup>, and Ca<sup>2+</sup> on organic matter and exchange resin. Soil Sci. 114 : 444.
  7. Khan, S.U. 1973. Interaction of bipyridylum herbicides with organo-clay complex. J. Soil Sci. 24(2) : 244.
  8. Damanakis, M., D.S.H. Drennan, J.B. Fryer and K. Holly. 1970. The adsorption and mobility of paraquat on different soils and soil constituents. Weed Res. 10 : 264.
  9. Calderbank, A. 1968. The bipyridylum herbicide, Adv. Pest Control Res. 8 : 127.
  10. Lim, S.U., J.K. Lee, K.H.Han. 1977. Studies on the behaviors of some pesticides in soils. J. Korean Agr. Chem. Soc. 20(3) : 310.
  11. Institute of Plant Environment Office of Rural Development 1971. Official soil series description 1 : 60.
  12. Han, D.S., J.J. Kim and Y.O.Shin., 1984. Pollution of Agricultural Environment. I. Adsorption of several herbicides on soils and theoretical evaluation. Korean J. Environ. Agric. 3(1) : 22.
  13. Harter, R.D. 1975. Reactions of mineral with organic compounds in the soil. Minerals in soil environment : 709-739.
  14. Calderbank, A. and T.E. Tomlison. 1969. The fate of paraquat in soil. PANS 15 : 466.
  15. P.W.Perry and R.P.Upchurch. 1965. Paraquat, diquat, 2,4-D, prometone adsorption on the montmorillonite, kaolinte, charcoal, amberlite-IRA 411. Soil Sci. Amer. Proc. 29 : 678.
  16. Khan, S.U.1973. Interaction of humic substances with bipyridylum herbicides. Can. J. Soil Sci. 53 : 199.
  17. Burns, R.G. and J.L. Audus. 1970. Distribution and breakdown of paraquat in soil. Weed Res. 10 : 49.