

토양중에서 농약의 동태에 관한 연구 (제 1 보)

제조제 Atrazine과 Alachlor의 흡착에 대하여

林善旭 李重吉* 韓基确*

서울대학교 농화학과 · 農村振興廳 農業技術研究所*

(1977년 8월 1일 수리)

Studies on the Behaviors of Some Pesticides in Soils (Part I)

On the Adsorption of Herbicides Atrazine and Alachlor

Sum-Uk, Lim · Joong-Kil, Lee* · Ki-Hak, Han*

Dept. Agri-Chemistry, Seoul National University · Dept. Agri-Chemistry, Inst. of Agr. Sci. ORD*

(Received Aug. 1, 1977)

Summary

The adsorption of 2-Chloro-4-(ethylamino)-6-(isopropylamino)-s-triazine (Atrazine) and 2-Chloro-2' 6' diethyl-N(methoxymethyl)acetanilide(Alachlor) by 21 Korean surface soils is studied and discussed in relation to some properties of soils.

1. Adsorption of Atrazine was correlated positively with content of clay and organic matter, but negatively with extractable potassium content and sand content.
2. Adsorption of Alachlor was correlated positively with organic matter, clay content and CEC, but negatively with sand content.
3. Isothermal adsorption of Alachlor was confirmed to the Freundlich equation.

서 론

토양처리형 제조제의 약효는 토양의 물리, 화학적 성질 차이에 따른 흡착 및 용탈^(1,3,7,8,16,19,23,25,27,29,31) 토양내의 잔효기간 등에 따라 크게 좌우되므로, 적절한 잡초방제를 위하여 약제 자체의 특성과 토양의 물리, 화학적 성질에 따른 제조제의 선택은 중요한 의미를 갖는다고 볼 수 있다.

토양에서의 약제 흡착 및 용탈은 약제의 해리상수⁽²⁾, 물에 대한 용해도⁽³⁾, 해리상태에서 약제의 분자내 전자배치, 분자의 크기 등에 의하여⁽⁵⁾ 지배된다고 하였다. 약제의 해리상수가 흡착에 미치는 영향은 흡착제의 pH가 해리상수에 가까울 때에 흡착이 가장 많이 일어난다고 하였으며 같은

계열의 제조제라도 수용성이 클수록 흡착도 많이 일어난다고 보고 하였다.⁽²⁾ 또한 약제 분자내의 전자배치 및 극성으로 흡착기작을 설명하려 하였으며, 약제의 극성이 흡착에도 영향을 미친다고 하였다.^(5,32) 흡착제로서의 토양특성중 주요인자는 유기물의 함량^(6,21) 및 유기물의 조성차이^(9,14,26) 점토함량 및 점토의 종류,^(10,21,28) pH,^(2,5) CEC,⁽²¹⁾ 온도,⁽¹²⁾ 치환성 양이온의 종류 및 농도^(16,30,34) 등이다.

Atrazine (2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-s-triazine)은 s-triazine계 토양처리형 제조제, Alachlor(2-Chloro-2', 6' diethyl-N-(methoxymethyl) acetanilide) acetanilide계 제조제로서, 전작에 주로 사용되고 있다.⁽¹⁸⁾

Dunigan 등은⁽⁶⁾ 토양유기물의 ethyl ether, ethyl alcohol 및 열수 추출물에 대한 Atrazine의 흡착실험을 Tompkins 등은⁽²⁰⁾ lignin과 cellulose 첨가에 의한 Atrazine 약해감소 실험을 자기 행하여 보고하였는데, 같은 유기물이라 하더라도 각 추출물에 대한 Atrazine의 흡착정도는 다르게 나타났다. Walker⁽³⁴⁾ 등은 Atrazine의 흡착실험에서 유기물 함량이 5% 이상인 경우에는 토양유기물 함량 차이에 따른 흡착의 차이가 별로 없었으며 토양유기물 함량이 5% 이하인 경우 점토함량이 흡착에 더 큰 영향을 미친다고 하였다. 점토별 제조제의 흡착은 kaolinite보다 montmorillonite에 의하여 더 잘 일어나며, 흡착된 제조제의 탈착정도도 점토의 종류에 따라 각기 다르다.⁽²⁾ 점토에 대한 제조제의 흡착량은 점토 현탁액의 pH에 따라서 달라지며, 특히 점토의 표면산도(surface acidity)와 더 깊은 관계가 있다고 하였다.⁽²⁾

토양중의 음이온, 양이온의 종류 및 함량에 따라서 흡착정도가 변하는데 Turner 등은⁽⁸⁰⁾ 자기 다른 이온으로 포화된 이온교환 수지에 의한 Atrazine의 흡착실험에서 K⁺ 및 Na⁺로 포화시킨 경우에는 10~20% 밖의 흡착되지 않는 반면 H⁺로 포화시킨 경우 97%나 흡착되었음을 보여 주고 있으며 Gilmour⁽⁶⁾ 등은 Ca으로 포화시킨 부식산에 의한 Atrazine의 흡착실험에서 Ca의 포화도가 높을수록 Atrazine의 흡착이 저해됨을 보여 주었다.

Parochetti는 acetanilide계 제조제의 활성에 미치는 유기물의 영향에 대한 실험에서 유기물의 증가는 약효를 감소시킨다고 하였으며⁽²³⁾ Eshel은 Alachlor의 토양내 용탈은 점토함량에 따라서 다르다고 보고하고 있다.⁽⁸⁾ 한편 Upchureh 등은 acetanilide계 제조제의 약효는 주로 토양유기물 함량에 의하여 좌우된다고 하였다.⁽³¹⁾ Ballard 등은 점토함량 유기물 함량 및 CEC가 Alachlor의 약효에 미치는 영향등을 보고 하였다.⁽³⁾ Beestman 등은 토양내 Alachlor의 소실은 용탈보다도 미생물에 의한 분해가 주원인이라고 보고하였다.⁽⁴⁾

Hargrove 등은 토양온도에 의한 Alachlor의 분해에 대한 실험에서 폐쇄계내의 상대습도는 22°C에서는 분해에 영향을 미치지 않으나 33°C 이상에서는 크게 영향을 미친다고 하였다.⁽¹²⁾

토양처리형 제조제의 시용에는 대상작물 및 작초에 따른 제조제의 선택도 중요하고 각 토양에 따른 약제의 선택 및 시용량의 결정이 중요하다고 생각되나 우리나라에서는 이러한 기초적인 연구가

되어 있지 않다. 따라서 합리적인 약제 선정 및 시용량을 결정하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 21개 대표 토양종을 선정하여 그 표토에 대한 Atrazine과 Alachlor의 흡착실험을 수행하여 여기서 얻은 결과를 보고 하는 바이다.

실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 공시토양은 전국에서 채취한 21개 토양종의 표토를 선정하였으며, 그 이화학적 성질은 표 1과 같다. 공시토양은 121°C에서 30분간 가압살균하여 사용하였다. 공시약제는 Atrazine과 Alachlor를 사용하였다.

2. 실험방법

가압살균한 토양을 250ml 삼각 후라스코에 5g을 취한후 Atrazine과 Alachlor의 10ppm 수용액 50ml를 넣어 (25±1°C)로 보정된 항온 진탕기로 3시간 동안 진탕하였다. 진탕은 예비실험 결과에 의하였으며 진탕후, 고속냉원심분리기(Hitachi 8PR-2)로 10°C에서 15,000RPM으로 30분간 원심분리하여 그 상등액을 분석시료로 하였다.

Atrazine분석은 상등액 일정량을 취하여 50% 황산으로 가수 분해시킨후 자외선 분광분석기(Perkin Elmer Double Beam Spectrophotometer Coleman 124)로 증류수를 대조로 225, 240, 255nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의하여 농도별 흡광도를 구하였다.⁽⁴⁾

$$\Delta A^{240} - \left(\frac{A^{225} + A^{255}}{2} \right)$$

Alachlor의 분석은 황산 및 과망간산 가리로 제정제한 n-hexane으로 추출하여 Endosulfan을 표준물질로 하여서 ECD (63Ni)가 부착된 GLC (Tracor 550)로 분석하였다.⁽³⁷⁾ 분석 조건은 column oven 및 검출기의 온도는 220°C 이었으며 질소를 carrier gas로 70ml/min의 유속으로 사용하였다. 5% OV-17을 80/100 mesh의 Chromosorb W. HP에 입힌 것을 충전하였다.

약제의 최초농도와 평형농도의 차이를 토양에 의한 흡착농도 로 하였으며, 약제의 흡착정도를 나타내는 분배계수 (Kd)를 다음식과 같이 계산하였다.^(10,22)

$$Kd = \frac{\text{흡착농도(ppm)}}{\text{평형농도(ppm)}} \times \frac{\text{약제의 수용액 용량(ml)}}{\text{토양의 무게(g)}}$$

Alachlor에 대한 정온흡착식을 구하기 위하여 임의로 선정한 4개의 토양시료 5g에 1, 5, 10, 20, 30,

Table 1. Chemical and physical properties of soils.

Series	Org. Matter (%)	CEC (me/100g)	Extractable **Particle Size Distribution.% *Tetxural						Class
			Mg ⁺⁺ (me/100gr)	K ⁺ (me/100g)	Na ⁺ (me/100gr)	Sand (2-0.2mm)	Silt (.02-.002mm)	Clay (.002mm)	
Jangweon	2.10	9.34	2.6	0.20	0.54	37.6	39.0	23.4	CL
Yechon	1.46	10.95	2.28	0.05	0.18	70.9	16.5	13.6	SL
Maegog	2.53	6.50	0.65	0.16	0.15	79.0	12.6	8.4	L
Jisan	3.24	9.50	2.05	0.13	0.28	42.9	34.1	23.0	CL
Hwabong	0.70	4.60	0.80	0.12	0.03	90.8	6.1	3.1	S
Weolgog	2.70	9.60	1.40	0.23	0.13	71.1	19.3	9.6	SL
Saingu	1.08	6.50	1.20	0.50	0.08	82.5	11.3	6.2	CoSL
Seongsan	0.64	7.60	1.45	0.28	0.10	80.8	10.5	8.7	FSL
Ogchon	2.29	9.50	0.93	0.13	0.55	63.8	22.5	14.7	L
Sinheung	1.58	7.65	0.87	0.10	0.15	53.1	31.6	15.3	CL
Gwanghwal	0.50	8.00	7.70	1.36	5.40	81.1	13.0	5.9	FSL
Gangseo	1.83	7.60	1.08	0.15	0.25	64.3	24.5	11.2	FSL
Gyuam	2.32	12.20	1.40	0.20	0.27	32.5	46.4	21.1	SiCL
Seogcheon	2.53	8.30	1.05	0.20	0.20	44.2	38.1	17.7	CL
Mangyeong	1.40	9.80	2.46	0.47	0.37	63.0	25.2	11.8	L
Jeonbug	2.11	8.20	2.12	0.12	0.37	54.3	27.9	17.8	CL
Buyong	2.50	7.75	1.35	0.12	0.20	29.2	43.9	26.9	LiC
Gongdeog	3.75	11.25	2.12	0.15	0.20	26.3	42.7	32.0	LiC
Jungdong	1.23	7.0	1.15	0.40	0.18	82.8	12.9	4.3	FSL
Sacheon	3.80	12.0	1.05	0.33	1.00	46.7	28.1	25.2	LiC
Geumgog	1.85	6.55	0.76	0.16	0.08	64.7	21.5	14.1	CoSL

*: Official Soil Series Description. Vol. I & Vol. II, IAS, ORD, 1971.

** : International system.

40ppm의 Alachlor 수용액 50ml를 가하여 위와 같은 방법으로 분석하여 평형농도에 대한 토양단위 무게당 약제 흡착량을 전 대수그라프로 그려서 상수 K와 기울기 1/n을 각기 구하였다.

결과 및 고찰

1. Atrazine의 흡착

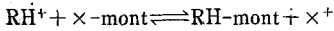
Atrazine의 각토양별 흡착계수는 표 2에서 보는 바와 같이 토양간 분배계수는 서로 달라서 옥천동의 분배계수는 3.12로 가장 높았으며 다음은 공덕동의 2.99이다. 반면 석천동은 흡착이 전혀 일어나지 않았으며, 광활동은 분배계수가 0.2로서 두 번째로 낮았다. 이러한 차이는 각 토양의 유기물 함량, 점토의 함량, CEC의 차이, 치환성 양이온의 종류 및 함량의 흡착인자가 서로 다르기 때문으로 생각된다. 그러나 흡착이 가장 많이 일어난 옥천동과 흡착이 전혀 되지 않는 석천동의 이러한 인자들을 서로 비교하여 보면 차이가 별로 나지 않

아 이외에도 다른 흡착요인이 있을 것으로 추측된다. 광활동의 경우는 이 토양이 가용성 Na⁺와 K⁺ 및 Mg²⁺를 다른 토양보다 많이 함유하고 있으며 양이온 포화도도 상당히 높은 특이 토양이어서 약제 흡착이 거의 일어나지 않은 사실을 잘 설명해 주고 있는 것 같다. 토양별 각성분과 Atrazine의 흡착과의 단순상관계수는 표 3와 같으며 가용성 가리 함량과 Atrazine의 분배계수는 5%수준의 부의 상관관계를 보여주고 있어 광활동의 낮은 분배계수를 잘 설명해주는 것으로 보인다. 가용성 가리 함량이 Atrazine흡착과 고도의 부의 상관관계를 보이는 것은 Turner (1968)⁽³⁰⁾ 등이 행한 양이온과 음이온 교환수지에 의한 Atrazine흡착 실험과 부합되는 것으로 Turner 등의 실험에서 H⁺로 포화된 양이온 교환수지에는 Atrazine이 97%나 흡착된대 하여 K⁺로 포화된 양이온 교환수지에는 11%만이 흡착되었을 따름이다. 또한 이 결과는 Liu⁽²¹⁾가 Puerto Rico토양에 대한 흡착실험에서 가용성 가리

Table 2. Distribution coefficient (Kd) of Atrazine and Alachlor to different soils.

Series	Atrazine	Alachlor
Jangweon	2.60	1.26
Yechon	2.35	2.33
Maegog	2.22	1.98
Jisan	1.51	4.97
Hwabong	2.22	0.08
Weolgog	1.14	2.08
Sanju	0.30	0.28
Seongsan	0.83	0.17
Ogchon	3.12	4.27
Sinheung	2.22	2.98
Gwanghwal	0.20	0.17
Gangseo	0.62	1.21
Gyuam	1.28	0.20
Seogcheon	0.00	1.07
Mangyeong	0.83	2.42
Jeonbug	2.22	1.63
Gongdeog	2.99	4.78
Jungdong	0.83	0.50
Sacheon	2.22	1.95
Geumgog	2.22	1.51
Buyong	1.74	2.00

함량과 부의 상관관계를 보여준 사실과도 일치된다. 이런 사실은 다음과 같이 설명할 수 있다.



R: Triazine compound

RH: Protonated triazine

$\times -mont$: Montmorillonite with \times

\times^+ : Exchangeable cation

즉 치환성 양이온의 농도가 높은 경우에는 흡착된 제초제도 쉽게 탈착이 일어나며 유사 약제간에도 경쟁적으로 흡착과 탈착이 일어나기도 한다. S-triazine계 제초제는 그 분자가 다음과 같이 protonation이 되어서 일부 이온결합을 한다는 보고도 있으며, (63) 특히 1가 양이온과 경쟁적인 흡착반응을 일으키지 않나 생각되는데 본 실험에서도 같은 1가 양이온인 Na^+ 함량과도 거의 비슷한 경향을 보여 주어서 광활통의 흡착계수가 낮은 사실을 잘 뒷받침해 주는 것 같았다.

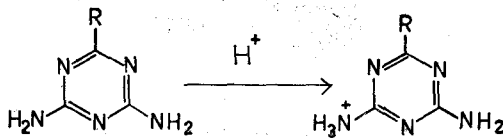


Table 3. Simple correlation coefficients among soil properties and the distribution coefficient (Kd) of Atrazine and Alachlor

	Atrazine	Alachlor
Org. Matter(%)	0.412	0.677**
CEC (me/100g)	0.220	0.492*
Sand(%)	-0.302	-0.526*
Silt(%)	0.206	0.465*
Clay(%)	0.446*	0.603**
Ex. K+(me/100g)	-0.544*	0.398

*: Significant at 5% level.

**: Significant at 1% level.

Table 4. Multiple regression equation of the distribution coefficient (Kd) of Atrazine and Alachlor to some properties of soils.

$$Y_1 = -100.839 - 0.228X_1 + 0.019X_2 + 1.028X_3 + 0.976X_4 + 1.149X_5 - 1.556X_6$$

Multiple correlation coefficient = 0.805**

$$Y_2 = -191.109 + 0.549X_1 + 0.111X_2 + 1.909X_3 + 1.906Y_4 + 1.917X_5 - 0.186X_6$$

Multiple correlation coefficient = 0.800**

Y_1 = Kd of Atrazine

Y_2 = Kd of Alachlor

X_1 = Org. Matter (%)

X_2 = CEC (me/100g)

X_3 = Sand (%)

X_4 = Silt (%)

X_5 = Clay (%)

X_6 = Exchangeable K⁺ (me/100g)

그러나 Hurle 등은 (65) $K^+ NH_4^+$ 등의 이온농도가 높으면 Atrazine의 흡착이 증가되나 이는 이온농도가 높아지면 Atrazine의 용해도가 낮아지기 때문에 상대적으로 흡착량이 증가된 것으로 기탄난 것이라고 보고하였다. 점토함량과 Atrazine의 흡착과는 5%수준의 정의 상관관계를 보여주고 있는데 이는 Lavy가 (17) 토양중의 유기물 함량과 점토함량이 높을수록 흡착이 증가된다고 보고한 것과 일치되며, 또한 Liu 등 (21)이 토양에 의한 Atrazine 흡착 실험에서 Atrazine의 흡착이 점토함량과 5%수준의 정의 상관관계가 있음을 보고한 것과 잘 부합된다. Talbert 등은 (27) 같은 s-triazine계 제초제인 Prometryne의 흡착 용탈실험에서 점토 함량이 2배정도 높은 토양에 대한 흡착이 4배정도나 된다고 보고

하고 있다. 유기물함량과 Atrazine의 흡착은 비교적 높은 수준의 유의성이 있는 경의 상관관계를 보여주고 있다.

Liu 등이⁽²¹⁾ 행한 Atrazine의 흡착실험에서는 유기물 함량이 흡착의 주요인이라고 보고하고 있다. 토양유기물에 의한 Atrazine의 흡착은 제조제 분자가 유기물의 활성기와 복합체를 이루거나 또는 이온교환에 의한 것이라는 보고도 있으며 또한 Sullivan 등은⁽²⁶⁾ s-triazine계 제조제의 부식산에 의한 흡착은 이온 결합이나 수소결합인 것 같다고 보고하였다. 한편 Hilton 등은⁽¹⁴⁾ 하와이의 사탕수수밭 토양과 토양처리형 제조제의 흡착관계에서 쉽게 산화될 수 있는 유기물과 사탕수수의 잎을 태웠을때 생성된 숯이 중요한 역할을 하고 있다고 보고하였다.

토양 pH 및 BEC와 Atrazine의 흡착과는 비교적 상관관계가 낮게 나타났었다. Atrazine의 흡착과 토양 pH와의 관계는 일반적인 토양현탁액의 pH나 1N-KCl pH보다도 표면수소이온농도와 깊은 관계가 있으며, Montmorillonite의 표면산도는 현탁액의 pH보다 3~4단위가 낮은 것으로 보고되고 있다.⁽²⁾

Atrazine의 흡착계수와 유기물함량, 점토함량, 미사함량, 모래함량 및 가용성 가리 함량과의 다중회기 직선식 및 다중상관계수는 표 4에서 보는 바와 같다. 다중상관계수는 고도의 유의성을 보여 주었으나 실제 흡착량과 이식에 의한 이론치에는 약간의 편차가 있었다.

2. Alachlor의 흡착

Alachlor의 각토양별 흡착계수는 표 2에서 보는 바와 같이 Alachlor의 분배계수도 각 토양마다 서로 다르게 나타나 지산통은 4.97인데 대하여 화봉통은 0.08로서 매우 낮았다.

Alachlor의 흡착계수와 토양의 각 흡착인자간의 상관관계는 표 3와 표 4에서 보는바와 같이 비교적 뚜렷한 상관관계를 보여주고 있다.

Parochetti는⁽²³⁾ 생물검정에서 유기물 증가는 GR 50을 증가 시켜준다고 하였으며, 양등⁽²⁰⁾도 이와 비슷한 결과를 보고하였다. Ballard 등은⁽⁸⁾ 몇 종류의 Oklahoma 토양에 대한 Alachlor의 생물 검정실험에서 지표식물의 생장저해는 Alachlor의 흡착에 밀접하게 관련되어 있어 점토함량이 높은 경우에 Alachlor의 활성을 저해시켰으며 유기물함량이나 CEC는 Alachlor를 비교적 높은 농도로 처리한 경우에만 활성저해의 요인이 된다고 하였다.

Upchurch 등은⁽³¹⁾ acetanilide계 제조제의 약효는 주로 토양유기물에 의하여 영향을 받는다고 하였으며, Eshel은⁽⁸⁾ Alachlor의 용탈은 사질토양에서 보다 점토질토양에서 적었다고 보고하여 점토함량이 높을수록 흡착량이 증가되리라는 것을 시사해 주고 있다.

Table 5. Freundlich iso-thermal constants Alachlor for 4 soils

	*K	**N
Congdeog silty clay loam	3.80	1.16
Ogcheon loam	3.90	1.05
Jisan loam	0.49	1.44
Hwabong loamy sand	0.14	1.15

*K: The values of X/M in $\mu\text{g/g}$ at arbitrary soil solution concentration of 1 ppm

**N: The slopes of $\log X/M$ against $\log C$.

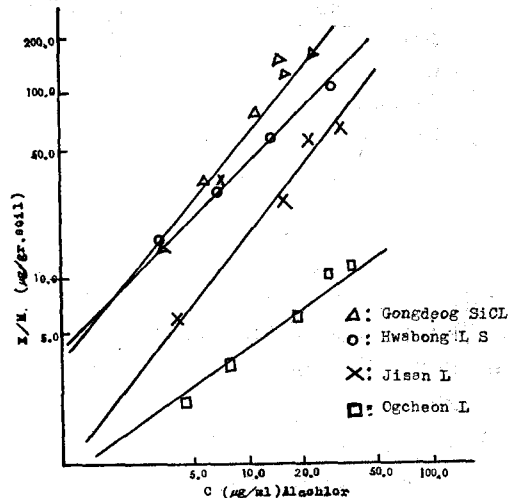


Fig. 1. Freundlich adsorption isotherms for Alachlor on four soils.

Alachlor에 대한 정온흡착실험은 표 5 및 그림 1에서 보는바와 같이 Freundlich정온흡착 방정식 $\log X/M = \log K + \frac{1}{N} \log C$ 에 잘 부합되었으나 Langumir정온흡착방정식에는 일치하지 않았다.

제조제의 선택에는 대상작물이나 잡초에 대한 제조제의 행동도 아울러 추구되어야 적당한 제조제의 선택을 할 수 있으리라 생각된다. 또한 토양 중 흡착에 관여하는 여러가지 인자에 대한 깊은 연구가 이루어져야 될 것으로 믿는다.

적 요

합리적인 제조제 사용에 필요한 기초자료를 얻

기 위하여 21개 대표종의 표토에 대한 Atrazine (2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-s-triazine)과 Alachlor (2-Chloro-2',6'-diethyl-N-(metoxymethyl)-acetanilide)의 흡착 실험을 한 결과는 다음과 같다.

1. Atrazine의 흡착은 점토함량과 유기물 함량과는 정의 상관관계이나 치환성 가리 함량과는 부의 상관관계이었다.

2. Alachlor의 흡착은 유기물 함량, 점 토함량및 CEC와는 정의 상관관계이나 모재함량과는 부의 상관관계였다.

3. Alachlor의 토양흡착은 Freundlich 정은 흡착방정식과 잘 부합되었다.

참 고 문 헌

- Almodovar-Vega, L., and Chavarria, P.L. J. Agr. Univ. Puerto Rico 58 : 379-380(1974)
- Bailey, G.W., Joe L. White, and T. Rothberg, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 222-234 (1968)
- Ballard J.L., and Santelmann, P.W. Weed Sci. Soc. 385-388 (1973)
- Beestman, G.W., and J.M. Deming. Agr. J. 66 : 308-311 (1974)
- Carringer, R.D., and Weber, J.B. Weed Sci. Soc. 397. (1973)
- Dunigan, E.P., and T.H. Mc Intosh. Weed Sci. 19 : 279-282 (1971)
- 사단법인 대한농약공업협회. 1976. 농약연보
- Eshel, Y. Weed Sci. 17 : 441-444 (1969)
- Gilmour, J.T., and N.T. Coleman. Soil Sci. Soc. Amer Proc. 35 : 256-259 (1971)
- Grover, R. Weed Sci. 19 : 417-418 (1971)
- Gunther, Zweig (ed.) 1964. Analytical methods for pesticides, plant growth regulators, and food additives. Vol. IV. Herbicides. Academic Press, New York and London.
- Hargrove, R.S., and M.G. Merkle, Weed Sci. 19 : 652-654.
- Hance, J.R. Weed Res. 11 : 106-110 (1971)
- Hilton, H. Wayne, and Quan H. Yuen. J. Agr-Food Chem. 11 : 230-234(1963)
- Hurle, Karl B., and Virgil H. Freed. Weed Res. 12 : 1-12(1972).
- Koren, E., Foy, C.L., and Ashton, F.M. Weed Sci. 16 : 172-175 (1968)
- Lavy, T.L. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 377-380(1968)
- 이성환, 홍종욱 1975. 개정농약학, 향문사, 서울
- Liu, L.C., and H. Cibes Viade. J. Agr. Univ. Puerto Rico 52 : 269-280 (1968)
- Liu, L.C., and H. Cibes Viade. J. Agr. Univ. Puerto Rico. 54 : 5-18 (1970)
- Liu, L.C., and H. Cibes Viade, and F.K. Koo J. Agr. Univ. Puerto Rico 55 : 451-460 (1971)
- Nearpass, D.C. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35 : 64-68 (1973)
- Parochetti, J.R. Weed Sci. 21 : 157-160 (1973)
- Roeth, F.W., T.L. Lavy, and O.C. Burnside. Weed Sci. 17 : 202-205(1969)
- Scott, D.C. and J.B. Weber. Soil Sci. 104 : 151-158 (1967)
- Sullivan, James D. Jr., and George T. Telbeck, Jr. Soil Sci. 106 : 42-52 (1968)
- Talbert, R.E., D.R. Smith, and R.E. Frans Weed Sci. 19 : 6-10 (1971)
- Tindle, Roger C. J. Agr. Food Chem. 17 : 900-901 (1969)
- Tompkins, G.A., T.H. McIntosh, and E.P. Dunigan Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 373-377(1968)
- Turner, M.A., and R.S. Adam, Jr. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 62-63(1968)
- Upchurch, R.P., and Baird, D.D. In Abstracts Meet. Weed Soc. Amer. 70-71 (1967)
- Vallet, R., Calvet, R., and Chaussidin J. In Symposium on Herbicides and the Soil. European Weed Research Council. 41-50 (1973)
- Weber, J.B. Amer. Mineral. 51 : 1657-(1966)
- Weber, J.B., T.M. Ward and S.B. Weed Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 197-200 (1968)
- Weber O J.B., S.B. Weed and T.M. Ward Weed Sci. 17 : 417-420 (1969)
- 양환승, 이석영, 과학기술처 보고서 R-73-47 (1973)

37. 양환승, 이석영, 전북대학교 농대 논문집, 7
: 67-73 (1976)
38. Gunther, Francis A. 1970.

Residue Review. Vol. 32. The Triazine Her-
bicides. Springer Verlag. New York, Heidel-
berg and Berlin.