

忠北地方 畚土壤에 對한 PCP 흡착에 관한 研究

玉 桓 錫* 李 載 球

* 원자력청, 방사선농학연구소
충북대학, 농화학과

A Study on PCP Adsorption in Various Paddy Soils of the Choongbook Area

Hwan Suk Ok* Jae Koo Lee

* Radiation Research Institute in Agriculture, Office of Atomic Energy
Dept. of Agr. Chem., Choongbook College
(Received April. 10 1972)

Summary

Not only in order to determine reasonable application amounts of PCP in terms of soil texture, but also to get basic data for fish-toxicity-free treatment by estimating fish toxicity, some aspects of PCP adsorption were observed taking various paddy soils with different physico-chemical characteristics in the Choongbook Area as samples. The results obtained are summarized as follows:

1. There was a positive correlation between PCP adsorption and clay contents, total nitrogen, organic matter, cation exchange capacity, exchangeable bases, and phosphorus absorption coefficients, respectively; whereas there was a negative one between PCP adsorption and pH. Although they were not significant, it was remarkable that there was a relatively large amount of correlation between PCP adsorption and clay contents, H^+ , Mg^{++} , and CEC, respectively.
2. PCP adsorption in terms of soil texture was in the order of Clay>Loam>Sandy loam.
3. Although PCP adsorption in the H_2O_2 -treated soils decreased remarkably, it was not proportional to the humus contents.
4. The order of PCP adsorption in the exchangeable base-treated soils was H^+ -exchanged soil> K^+ -soil> Na^+ -soil> Ca^{++} -soil> Mg^{++} -soil.
5. Langmuir's and Freundlich's adsorption isotherms were applicable to the PCP adsorption, and thereby were able to be calculated maximum adsorption amounts of PCP, bond energy, and the depths of adsorption layers.
6. Maximum adsorbed amounts of PCP were 212.14 mg/100gr in Clayey loam, 97.28 to 121.59mg/100gr in Loam, and 32.92 to 91.74mg/100gr in Sandy loam, respectively.
7. The depths of mixed layers of limiting application for fish-toxicity-free treatment were 0.88cm of the Jinchun soil, the shallowest and 4.29 cm of the Naesan-ri Sandy loam, the deepest.

I. 서 론
인류의 생활권이 확대되어 감에 따라 자연의 균형은 인위적인 해독에 의하여 파괴되어 가고 있다. 특히 R.L. Carson⁽¹⁾ 이 그의 저서 "Silent

Spring⁸⁾에서 이를 경고 한 이래 농약의 잔류독성 문제는 심각한 사회문제를 야기하였으며 국제적으로 FAO, WHO 等에서는 물론 세계각국에서 비상한 관심을 갖고 최근 심년간 이에 관련된 다각적인 연구를 행하여 왔으며^(29, 30, 40) 우리나라에서도 李⁽²⁷⁾, 朴^(40, 41) 等에 의하여 유기 수은제와 유기 염소계의 잔류에 관한 연구가 활발히 진행되어왔다. 특히 근년에 낙동강 하류에서 담수어가 다량 번사하는등 그 서식처의 오염, 까마귀, 까치等 조류의 멸종위기에 가까운 수난을 초래하고 있다. 천적곤충, 천적미생물, 유인제, 불입제等을 이용하려는 한편 선택독성을 갖는 무공해 농약의 개발이 활발히 진행되고 있으나 사용효과의 제요인과 작용기구를 구명하고 그 合理的인 사용으로 약효를 높이며 독해를 줄이려는 노력도 병행되어야 할 것이다. 특히 제초제는 같은 식물류에서도 잡초에는 강한 독성을 나타내고 농작물에는 독성을 나타내지 않아야만 된다는 내적모순 때문에 生理, 생태내지는 생화학적 선택성이 요구되며 따라서 잔류독성과 제초효과면이 문제시 되고 있는 것이다. 제초제 살균제로 광범위하게 사용되는 phenol 系 농약인 P CP 製劑(Sodium penta chloro-phenate monohydrate: Na-PCP. H₂O, C₅Cl₅ONa)는 경구독성(Rat. LD₅₀ 210mg/kg)은 비교적 낮다 할지라도 냉혈동물에는 강한 독성을 나타내어 어독성이 강한(淡水魚 LC₅₀ 0.2~0.6 ppm)것으로 알려져 있다.⁽⁵⁷⁾ PCP에 관한 연구는 우리나라에서는 별로 그 예를 들수 없으나 특히 일본에서는 다각적으로 연구되어왔다. 曲井⁽⁶⁸⁾ 等은 水稻의 생육에 미치는 영향을 연구하여 수도의 분얼 최성기에 PCP의 1,000 배액으로 反當 18(1石)정도 사용하는 것이 안전하며 500배액으로 살포하면 잡초는 완전히 고사하나 수량이 격감한다고 하였다. 松中⁽⁶³⁾에 의하면 PCP의 작용은 산화적 인산화 과정에서 ATP의 생성을 저해하여 제초효과를 갖는 것으로서 호흡에 있어 산화적 인산화의 Uncoupling에 있다고 보고하였으며 Gross⁽¹⁰⁾, Simon⁽⁴³⁾ 等の 연구에서도 PCP가 Uncoupler로서 작용한다고 하였다. 麻生⁽⁴⁾는 發芽억제와 토양에서 뿌리의 인산흡수를 억제하고 뿌리에 흡수된 인산도 지상부로의 이동이 저해되기 때문에 제초효과를 나타낸다고 하였다. 近江⁽²⁷⁾ PCP은 토양표면에 약하게 고정되기 때문에 水稻의 성장점 부위의 뿌리는 PCP층보다 하층에 있어 PCP의 영향을 받지않으나 잡초는 발아후 그 성장점을 PCP층에 갖게 되므로 선택성 제초효과를

나타낸다고 하였다. 松口⁽⁶⁴⁾ 等은 화산회토양에 Na-PCP를 사용하고 이에 녹비를 주었을 경우와 그렇지 않은 경우에 있어서 미생물群에 미치는 영향을 살핀바 녹비무침가의 경우는 *Pseudomonas*群을 주체로한 세균중식을 촉진하였고 방선균과 곰팡이에 대해서는 증식억제적인 살균효과를 나타냈으며 녹비를 가했을 경우는 미생물군에 끼치는 영향은 녹비무침가의 경우와 비슷하였지만 토양의 호흡에 끼치는 영향은 억제적이어서 이와같은 경우는 방선균이나 곰팡이균의 변동에서 오는 것으로 보고 있다. 三井⁽³¹⁾ 等은 담토양에서의 탈질에 대한 영향을 연구하여 Na-PCP 50ppm에서 10% 전후의 탈질효과를 나타낸다고 하였다. 또한 PCP의 토양흡착과 토양중에서의 경시변화에 대한 연구도 활발하여 麻生⁽⁴⁾는 PCP를 사용한 위치에서 상하의 이동은 극히 적고 토양中の 수분함량에 따라 PCP의 이동이 크게 영향된다고 하였으며 한편 표면확산에 의한 이동의 가능성이 있다고 하였다. 角田⁽⁴³⁻⁵⁾는 PCP를 함유한 염안비료의 연구에서 PCP 염안중에 4~5%의 PCP 함량 범위에서 원료에 첨가된 Na-PCP의 95% 이상이 phenol型으로 이행한다고 하였으며 이는 pH의 영향으로 pH가 낮으면 phenol型의 농도가 증가한다고 하였다. 能勢^(21, 26) 等은 토양현탁액 중에서의 형태를 pentachloro phenol型, pentachloro phenol anion型과 不溶性의 非解離型(0=<=>)으로 존재한다고 추정하여 UV법을 발표하고 이를 기초로 하여 PCP의 토양에 의한 吸着기구를 구명하려 노력하고 PCP의 吸着은 Van der Waals의 힘에 의한다고 발표하였다. 이와같은 PCP의 기초연구와 병행하여 어독해에 관한 연구도 활발하였는데 Crandall C.A.⁽⁶⁾ 等은 魚類의 종류에 따라 다르지만 TLm (medium tolerance limit)가 0.32~0.35 ppm 이라 하였고 小池⁽¹⁹⁾ 等은 PCP 사용후 5-10日 경과하면 PCP는 토양중에서 분해되어 무독화하므로 이기간중에 관개수의 관리를 피하므로써 하류 어족을 보호할수 있다고 하였다. 그러므로 PCP의 토양중에서의 이행과 어독해 문제는 여러가지 내적 인자와 그때 그때의 환경여건등 여러가지 외적 인자에 따라 다르겠지만 가장 중요한 것은 역시 토양에 의한 흡착이라고 보는 것이다. 저자들은 지질계통별로 토양조성이나 이화학적 성질을 달리하는 충북지방의 토양을 시료로 하여 실험실적으로 PCP 흡착 관계를 구명 검토함과 아울러 토성에 따른 함리적인 사용량의 결정과 어독해의 추정으로 무어독 처리

방법을 강구하는데 기초자료를 얻고자 본 연구를 실시한 바 몇가지 결과를 얻었기에 이에 보고 하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

가) 토양 : 1970년 12월 20일 충북지역 토양을 대상으로 지질계통을 고려하여 북부화강암계 청주, 강서, 원통 3개 지역과 옥천계의 미원천유역, 내산리, 미원의 3개 지역, 제4기 신층계의 진천, 중석리등의 3개 지역, 이상 9개 지역의 토양을 각각 토성별로 0-10cm 깊이의 것을 채취하여 압갈색병에 봉하고 5°C 전후로 보관한 것을 실온에서 풍건하여 세토로 만들었다. PCP 흡착에 사용할 시료는 분쇄하여 100 mesh 이하로 하였으며 치환성 염기처리 토양은 세토 50gr을 HCl, NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂ 각 1N 용액 250 ml에 현탁시켜 왕복진탕기로 분당 150회 2시간 진탕한후 여과 건조한 것을 mortar로 분쇄하였다. H₂O₂ 처리 토양은 세토 50gr에 30% H₂O₂ 용액 50ml을 가하고 water bath 상에서 가열하여 부식을 분해시킨후 분해생성물이 PCP의 흡착에 미치는 영향을 고려하여 80% ethyl alcohol로 2회 세척한 다음 농축 건조시켜 mortar로 분쇄하여 100 mesh 이하의 것으로 하였다.

나) PCP 용액 : Benzene 으로 재결정한 순수한 pentachlorophenol (m.p. 190°C) 0.2 gr을 정확히 평취하여 당량비의 1.5배에 상당하는 1N-NaOH 용액으로 중화 용해시키고 증류수로 희석하여 200, 100, 50, 25, 12.5 ppm액으로 조제하여 냉암소에 보관 사용하였다.

2. 방 법

가) 토양의 이화학적 성질 :

- 1) 粒徑分析……pipette 법⁽¹⁷⁾
- 2) pH……1 : 2.5 토양 현탁액을 초자 진극 pH meter로 측정⁽³⁵⁾ (Yanagimoto RT-4 Type)
- 3) CEC……치환침출법⁽³⁵⁾
- 4) 치환성 염기……
치환성수소……Brown's method⁽¹⁷⁾
치환성 K⁺, Na⁺……Atomic Absorption Spectrophotometer에 의한 炎光분석으로 측정
치환성 Ca[#], Mg[#]……N-NH₄OAC로 침출시켜 EDTA 적정법에 의한⁽³⁵⁾
- 5) 유기물……Turin's method에 의한⁽¹⁷⁾

6) 전질소……Kjeldahl⁽³⁵⁾

7) 인산흡수계수 : 풍건세토 50gr을 250ml erlenmeyer flask에 평취하여 100ml의 2.5% (NH₄)₂HPO₄ 용액을 가하고 가끔 흔들어서 주면서 24시간 실내에 방치후 여과하여 Lancaster 법⁽³⁵⁾으로 비색정량하였다.

8) 점토광물 : 점토를 분리한 다음 KCl, MgCl₂, CaCl₂ 각 1N-용액과 glycerin: ethyl alcohol (1 : 9v/v) 용액을 각각 포화시켜 KCl 포화 점토는 200°C, 500°C에서 각각 2시간 가열한 다음 X-ray diffractometer에 의해 분석하였다.

나) PCP 흡착량의 측정 : 토양시료 2.5gr을 erlenmeyer flask에 평취하고 각농도의 PCP 용액과 증류수를 각각 25ml씩 가하여 21°C에서 왕복진탕기로 분당 150회 2시간 진탕하여 10°C, 9,000 rpm으로 원심 분리한후 상등액을 pH 10.5의 0.025% Na₂CO₃ 용액으로 희석하여 4-amino antipyrin 법에 의하여 액중의 농도를 비색정량하였다.

III. 결과 및 고찰

실험에 사용한 각 지역 토양별 물리화학적 조성을 보면 Table 1.과 같다. 보통 시판되는 제조제 Na-PCP 수화제는 86% 이상의 것으로 C₆Cl₆OH로 환산하면 79.2% 이상이 된다. 또 수심 5cm의 논 10a 당 물의 양을 5×10⁴이라 하고 건조 1gr이 수중에서 차지하는 부피를 1ml로 추정하면 본 실험에서 토양에 처리한 PCP 용액은 수심 5cm의 논 10a 당 0.8~12.8kg를 살포한후 포토 5mm와 잘혼화시켜 흡착 평형시킨 결과와 같다. 따라서 상기 실험방법으로 풍건세토 100gr에 흡착되는 PCP (mg)량은 다음 식으로 계산하였다. PCP 吸着量 (PCP mg/100gr) = 처리 PCP 용액의 농도 (ppm) × 상등액중의 농도 (ppm)

이와같이 하여 구한 각 토양의 PCP 흡착량은 Table 2.와 같으며 각 지역토양별 흡착량은 진천 식양토가 가장 많아 내산리 사질양토보다 약 2~3.5배 더 흡착되었다. 또 농도별 흡착량은 농도가 높아짐에 따라 흡착량은 많아지나 그 흡착율은 비례되지 않았다. Table 1.과 Table 2.에 의한 PCP 흡착과 토양의 이화학적 조성을 비교해 보면 점토 함량과 PCP 흡착과의 상관관계는 유의성은 인정되지 않으나 (Table 3.) 점토함량이 많은 청주의 사질식양토, 중석리의 경식토와 양토는 그밖의 지역

Table 1. Physico-chemical characteristics of sample soils

Sample soils	Geological system	Physical Composition			T-N (%)	Organic matter (1 : 2.5) (%)	pH	Exchangeable Cations (m.e./100gr)					Cation Exchange Capacity (m.e./100gr)	Phosphorus Absorption Coefficient (P ₂ O ₅ mg/100gr. soil)
		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)				Texture	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca [#]		
Chongju	Granitic Alluvial Soils	60.8	14.6	24.5	SCL	0.163	3.07	6.0	0.40	0.30	7.5	1.9	11.2	515
Kangsu		41.8	22.8	25.3	LiC	0.158	2.78	5.9	0.37	0.46	6.8	2.2	11.37	563
Wontong		79.9	12.7	7.4	SL	0.099	1.69	5.5	0.20	0.16	3.5	1.0	6.84	95
Naesan-ri	Metamorphic Alluvial soils	56.9	28.7	14.4	L	0.205	3.05	5.7	0.23	0.27	4.5	1.1	8.30	363
Miwon		55.9	35.1	9.0	L	0.236	4.55	6.1	0.39	0.50	8.9	0.6	12.59	430
Naesan-ri		80.4	12.2	7.4	SL	0.105	1.84	6.0	0.14	0.24	3.0	1.0	5.92	162
Jungbuk-ri	Quaternary Alluvial soils	38.4	35.8	25.8	LiC	0.152	2.79	5.9	0.19	0.26	4.9	1.5	9.05	420
Jinchun		38.4	38.9	22.6	CL	0.200	3.08	5.7	0.22	0.42	5.3	1.6	9.41	353
Jungbuk-ri		67.3	18.9	13.7	SL	0.090	1.37	5.4	0.15	0.25	3.0	0.9	6.94	134

Note: The clay minerals of the Chungbuk area are mainly composed of Kaolinite, Vermiculite and mica, indicating small amounts of Quartz and Chlorite.

Table 2. PCP adsorption by soils.

Concentration Treated(ppm)		PCP Adsorption(mg/100gr)				
		12.5	25	50	100	200
Sample soils	Texture					
Chongju	SCL	9.5	17.0	27.7	45.4	64.5
Kangsuh	LiC	9.6	16.8	27.4	41.6	59.7
Wontong	SL	9.0	16.7	25.8	40.0	58.2
Naesan-ri	L	9.9	17.8	30.3	47.6	71.8
Miwon	L	8.0	14.9	24.7	39.0	57.0
Naesan-ri	SL	5.8	11.2	13.2	18.0	26.0
Jungsuk-ri	LiC	9.7	17.6	29.3	45.4	67.0
Jinchun	CL	10.2	20.2	37.0	62.2	95.0
Jungsuk-ri	SL	8.0	14.5	23.6	35.5	51.0

Table 3. Correlation coefficients between physico-chemical characteristics of sample soils.

Conc. treated(ppm)	PCP Adsorbed				
	12.5	25	50	100	200
Clay contents	0.695	0.638	0.618	0.602	0.160
T-N	0.437	0.376	0.542	0.564	0.160
T-C	0.313	0.316	0.398	0.428	0.119
pH	-0.190	-0.218	-0.217	-0.183	-0.043
H ⁺	0.653	0.622	0.645	0.615	0.488
Na ⁺	0.321	0.221	0.241	0.261	0.062
K ⁺	0.196	0.220	0.317	0.332	0.092
Ca [#]	0.394	0.253	0.301	0.328	0.085
Mg [#]	0.56	0.485	0.419	0.408	0.105
CEC	0.503	0.441	0.464	0.488	0.113
Phosphorus Absorption Coefficients	0.530	0.430	0.445	0.784	0.110

Note: 5%.....0.6664

의 사질양토보다는 더 많이 흡착되어, 그 영향은 식토, 양토, 사질양토의 순으로 되었다. 유기물 및 CEC는 PCP 흡착과 역시 상관은 인정되지 않으며 pH는 다른 요인과는 달리 역상관을 보여주고 있으나 유의성은 인정되지 않았다. 유기물 함량이 많고 CEC가 높은 청주, 미원토양보다 진천, 내산리 토양이 많이 흡착하는 것은 pH의 영향이 강하다는 것을 의미하며 진천, 내산리, 청주토양이 강서 토양보다 많은 것은 유기물 함량이 많은 것으로 해석된다. 角田,⁽⁵³⁾ 能勢⁽²⁴⁾ 등에 의하면 PCP 흡착과 pH, total carbon, CEC의 상관은 매우 높은 것으로 pH의 영향은 pH가 낮은 토양이 높은 토양보다 더 흡착하며 토양에 따라 다르나 pH 5.8 부근이 가장 흡착이 잘되는 것으로 보고하였다. 따라

서 진천, 내산리 토양보다 pH가 낮은 원통, 증서리 사질양토의 흡착량이 적은 것으로 보아 CEC가 높은 토양이 일반적으로 PCP 흡착량이 많은 것은 인정되나 pH의 영향을 고려할때 PCP의 흡착은 CEC가 높고 유기물 함량이 많으며 pH가 낮은진천, 내산리토양이 가장 많은 것은 당연하며, 미원 토양은 CEC가 높고 유기물 함량도 많으나 pH가 높기 때문에 서로 상쇄된 것으로 해석된다. 치환성 양 ion과 PCP 흡착관계는 모두 정 of 상관에서 유의성은 인정되지 않으며 증서리 경식토가 미원 양토보다 흡착이 많은 것은 치환성 양 ion 중의 H⁺ ion의 영향에 기인하는것 같다. PCP 흡착량과 토양의 인산흡수계수와의 관계는 유의성이 인정되지 않았으며 (Table 3.) 이는 PCP가 토양중에서

Table 5. PCP adsorption of exchangeable base-treated soils

Sample Soils		PCP Adsorbed (mg/100gr)																																			
		conc. treated (ppm)						K ⁺						Na ⁺						H ⁺						Ca ⁺⁺						Mg ⁺⁺					
		12.5	25	50	100	200	12.5	25	50	100	200	12.5	25	50	100	200	12.5	25	50	100	200	12.5	25	50	100	200	12.5	25	50	100	200						
Chongju	SCL	*	22.1	32.6	57.7	114	*	21.8	30.0	60.9	108	*	*	*	97.3	172	*	22.4	31.5	72.9	139	10.4	14.2	23.2	41.9	87.2											
Kangsuh	LiC	*	22.1	32.2	56.7	94	*	21.4	29.0	59.8	92	*	*	*	99.0	188	*	23.1	32.9	74.4	135	10.0	15.8	21.0	32.0	39.7											
Wontong	SL	*	22.4	30.3	56.8	136	*	22.4	33.0	55.4	154	*	*	*	98.6	192	*	22.8	23.0	72.5	111	9.6	10.4	37.2	34.0	39.5											
Naesan-ri	L	*	23.3	33.1	60.2	152	*	22.7	34.0	55.6	140	*	*	*	99.0	188	*	23.2	29.0	76.8	147	10.7	16.6	38.7	32.9	108.5											
Miwon	L	*	21.2	34.0	63.9	78	*	20.4	26.0	57.0	68	*	*	47.9	94.8	186	*	22.9	28.0	73.5	134	12.2	18.0	19.3	65.5	134.3											
Naesan-ri	SL	*	20.2	23.0	25.6	28	*	19.4	21.0	24.1	74	*	22.1	39.8	70.5	158	12.2	16.6	21.8	66.5	149	9.6	8.8	10.2	43.3	76.7											
Jungsuk-ri	LiC	*	23.5	33.0	69.8	154	*	22.4	27.0	52.1	122	*	24.6	*	95.4	189	12.3	20.4	31.0	70.6	128	7.4	12.4	26.4	37.6	61.5											
Jinchun	CL	*	23.2	34.0	66.7	148	*	23.1	31.0	53.9	120	*	24.7	*	97.1	190	*	22.4	32.0	71.2	159	10.0	15.4	40.5	44.3	48.4											
Jungsuk-ri	SL	*	22.2	35.0	66.5	168	*	21.6	29.0	51.2	154	*	24.4	46.7	93.4	182	12.4	19.2	38.0	67.2	115	5.9	9.8	25.3	68.1	76.2											

Note : PCP was not detectable in the supernatant.

①식은 흡착방정식이고 ② 식은 이의 적선식이다.

$\frac{1}{b}$ 또는 $\frac{1}{V_m}$ 은 기울기, $\frac{1}{kb}$ 또는 $\frac{1}{kV_m}$ 은 절편이 되며 吸着時의 Energy $k = \frac{\theta}{(1-\theta)c}$...③ 으로 표시된다.

1- θ : PCP 가 흡착된 고체표면적

θ : PCP 가 흡착되지 않았거나 脫離된 표면적 따라서 PCP 흡착량과 농도에서 Table 6와 같은 결과를 얻을수있다. 상기 Table 6.에서 보는 바와 같이 대체로 Langmuir 흡착등온식을 만족시켜 주

Table 6. Linear Relationships from Langmuir's adsorption isotherm

Sample soils	Texture	Linear Relationship between $e/x/m$ and c , from the L-isotherm	r, Regression	Adsorption maximum (PCP mg/100 gr soil)	Bond force (lit./PCP moles $\times 10^{-8}$)
Chongju	SCL	$Y=0.009X+4.748$	(0.996)**	109.89	1.90
Kangsuh	LiC	$Y=0.011X+3.552$	(0.997)**	91.74	3.07
Wontong	SL	$Y=0.011X+4.895$	(0.994)**	91.74	2.27
Naesan-ri	L	$Y=0.008X+4.541$	(0.997)**	121.54	1.81
Miwon	L	$Y=0.01X+5.498$	(0.997)**	97.28	1.87
Naesan-ri	SL	$Y=0.03X+7.152$	(0.982)**	32.92	4.25
Jungsuk-ri	LiC	$Y=0.009X+4.548$	(0.996)**	107.52	2.17
Jinchun	CL	$Y=0.005X+4.280$	(0.977)**	212.13	1.10
Jungsuk-ri	SL	$Y=0.013X+5.446$	(0.999)**	73.37	2.31

Note: $Y=c/x/m$, $X=c$

고있다. 또 여기에서 구한 최대흡착량과 결합 energy 를 보면 흡착이 양호한 진천, 내산리, 청주토양에서는 흡착할수 있는 물은 많고 결합 energy 는 작으므로 적당량의 시용으로 제조효과를 높이고 관개수에 의한 유실을 방지할수 있으나 반대로 흡착이 불량한 내산리, 원통, 강서, 증서리 토양은 흡착할수 있는 물은 적고 결합 energy 는 강하기 때문에 시용량을 늘린다 할지라도 잡초에 대한 약효는 적고 관개수에 의한 유실이 많을 것으로 해석된다. 또한 고체가 용액과 접할때 그 계면에 용질이 흡착되어 평형이 성립된다는 이론을 전제 한 Freundlich 흡착등온식에 적용시키면

$$\frac{x}{m} = kcn \dots \dots \dots \text{④}$$

$$\log \frac{x}{m} = n \log c + \log k \dots \dots \text{⑤}$$

$\frac{x}{m}$: 토양에 의한 PCP 흡착량(p.p.m)

c : 흡착평형후의 용액의 농도

k, n : 흡착제, 흡착질의 고유의 상수($t^\circ C$ 일때)

④식은 흡착등온식이고 ⑤식은 이의 적선식이다. 따라서 PCP의 吸着量과 흡착평형후의 농도를 대입하여 구한 식은 Table 7에서 보는 바와같이 Freundlich 식에 잘 적용된다. 또 최소자승법에 의하여 구한 회귀적선과 관측치는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 극히 잘 일치한다. PCP에 의한 어독해는 수중에 용해된 PCP의 농도에 좌우되고 용해되

지 않는 PCP에는 영향을 받지 않는다고 간주하면 실제 포장에 있어서는 여러가지 요인이 많겠지만 토양에 살포한 PCP가 토양표면에 흡착된다 할지라도 강우에 의한 유실이 없는 것은 아니지만 어독해는 주로 수중의 PCP가 가까운 하천등에 유실되어 일어난다고 생각할수 있다. PCP의 어독성은 여러가지 조건에 따라 다르겠지만 서론에서 언급된 TLm 은 0.32~0.35 ppm으로 여기서는 최대의 안전성을 피하기 위해 0.3 ppm으로 하고 상기 Freundlich 식에 외삽 가능하다. 따라서 어독해가 일어나지 않는 PCP의 한계 시용량을 구할수있다. ⑥ Table 1의 진천토양에서 $c=0.3$ ppm일때의 x/m 을 구하면 88.71 ppm이 되는데 이것을 처리토양의 깊이를 5mm, 수심을 5cm로 간주하여 다 음식에 의하여 약 46gr의 PCP量으로 계산된다.

$$(x/m \times R + TLm) \times W = A$$

$x/m \dots TLm$ (0.3 ppm)일때의 외삽치 即 토양에 의한 PCP 흡착량(ppm)

R : 수심에 대한 처리토양의 깊이의 비

TLm : medium tolerance limit (0.3 ppm)

W : 수심 5cm의 논 1a 當 물의 물량(L)

A : 논 1a 當 PCP 한계시용량(gr)

$$(88.71 \times 1/10 + 0.3) \times 5 \times 10^8 = 45.85(\text{gr}) \dots \dots \text{⑥}$$

이 물은 일반적인 시용량 80gr/a에 대해 매우 작은 수치지만 진천토양에 있어서 PCP 시용토중의 깊이를 0.5mm라 할때 일반시용량의 1/2정도로

Table 7. Relationships from Freundlich's Isotherm

Sample soils	Texture	Freundlich's Isotherm	Linear Relationship	r, Regression	Limiting Application	Depths of mixed layer
Chongju	SCL	X/m=55.87C 0.505	Y=0.505X+1.447	(r=0.985)**	A=30.42L+1.5	L=2.58 (cm)
Kangsuh	LiC	X/m=60.56C 0.470	Y=0.470X+1.783	(r=0.999)**	A=34.44L+1.5	L=2.28 (cm)
Wontong	SL	X/m=53.21C 0.491	Y=0.491X+1.726	(r=0.995)**	A=29.50L+1.5	L=2.66 (cm)
Naesan-ri	L	X/m=62.36C 0.519	Y=0.519X+1.791	(r=0.993)**	A=33.35L+1.5	L=2.35 (cm)
Miwon	L	X/m=37.84 0.560	Y=0.560X+1.578	(r=0.994)**	A=19.32L+1.5	L=4.06 (cm)
Naesan-ri	SL	X/m=26.08C 0.416	Y=0.416X+1.480	(r=0.973)**	A=18.28L+1.5	L=4.29 (cm)
Jungsuk-ri	LiC	X/m=48.25C 0.502	Y=0.502X+1.684	(r=0.998)**	A=26.36L+1.5	L=2.978(cm)
Jinchun	CL	X/m=141.1C 0.389	Y=0.389X+2.151	(r=0.984)**	A=88.71L+1.5	L=0.88 (cm)
Jungsuk-ri	SL	X/m=33.25C 0.522	Y=0.552X+1.600	(r=0.994)**	A=21.26L+1.5	L=3.69(cm)

Note: X/m=PCP amounts adsorbed by soils

Y=log X/m

X=log C, C=solution conc. after adsorption equilibrium

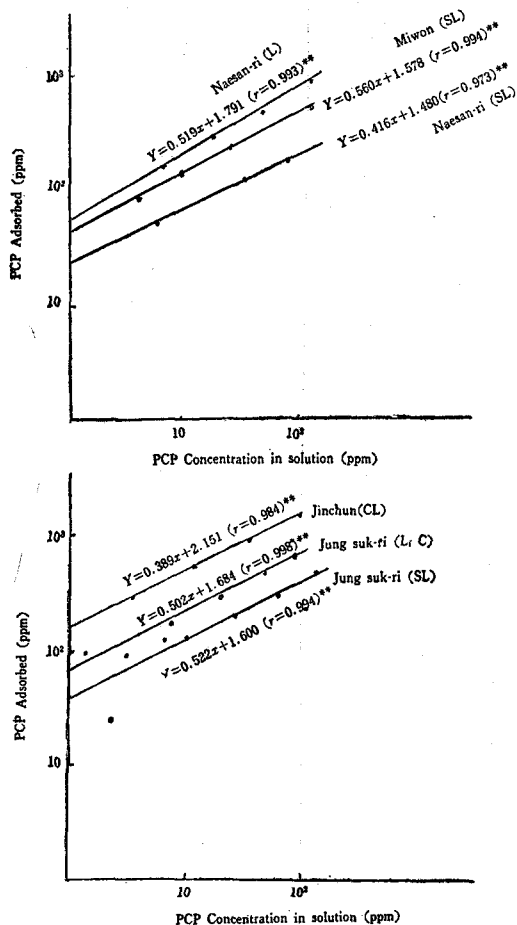


Fig. 1. PCP adsorption by soil

함으로써 어독해를 막을수 있다는 결과를 얻는다. 이를 이용해서 실제시용량 80gr을 사용하기 위해서는 PCP를 시용할때 토층에 깊이 혼합시킬 필요성이 요구되는 것이다. 여기서 PCP를 혼합시켜야 될 토층의 깊이를 계산하려면 PCP의 한계시용량을 A (gr), PCP를 混合시켜야 할 토층의 깊이를 L (cm)라 할때 진천토양에서 다음식이 성립된다.

$$A = (x/m \times L/D + TLM) \times W = x/mL + 1.5$$

x/m : TLM(0.3 ppm) 일때의 외삽치 即 토양에 의한 PCP 흡착량(ppm)

D: 수심(cm)

TLM: medium tolerance limit (0.3 ppm)

W: 수심 5cm 의 논 1a 당 물의량(L)

L: 처리토양의 깊이 (cm)

A: 논 1a 당 PCP 한계시용량(gr)

$$A = (88.71 \times L/5 + 0.3) \times 5 \times 10^3 = 88.71 L + 1.5$$

.....⑦

이 식에서 A=80 (gr)이라 하면 L=0.88 (cm) 이 된다. 즉 진천토양에서 80gr/a 의 PCP를 0.88 cm 이상의 깊이로 잘 혼합시용하면 PCP에 의한 어독해의 염려는 없어 진다는 결론이다. 따라서 각 토양의 혼합시용 깊이를 산출하면 Table 7과 같다. Table 7에서 보는 바와같이 진천토양에 있어서는 그 깊이의 증가에 따라 한계시용량을 상당히 증가시킬수 있으나 내산리 사양토는 그 증가가 완만하며 시용토층의 깊이를 계산하는데 있어 여러 가지 가정이 성립하지 않는다 할지라도 어독해를 추정하고 그 시용대책을 마련하는데는 좋은 자료가 되리라 생각된다. 이로서 PCP를 시용하는데 있어 유기물 함량과 CEC를 높이는 토양관리는 물론 pH를 조절하여 PCP의 흡착을 양호하게 하는 방안을 강구하고 작물뿌리의 위치를 고려하여 토층 깊이 시용혼합하여 줌으로써 약효와 무어독효과를 얻을수 있을 것이다.

IV. 적 요

토성에 따라 합리적인 PCP시용량을 결정하고 아울러 어독해의 추정으로 무어독 처리방법을 강구하기위한 기초자료를 얻고자 물리 화학적 성질을 달리하는 수종의 총복지방 담토양을 시료로 하여 PCP의 흡착관계를 살펴본바 그 결과는 다음과 같다.

1. 토양의 점토함량, 전질소, 유기물, CEC, 치환성염기, 인산수소계수등과 PCP 흡착과의 사이에는 正의 상관인, pH와는 負의 상관을 보여 주었으나 모두 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 점토함량, H⁺, Mg[#] 및 CEC와 PCP 흡착과는 비교적 큰값을 보여주어 주목할만한 일이었다.
2. 토성별로 PCP 흡착은 식토>양토>사질양토의 순이었다.
3. H₂O₂ 처리 토양에서의 PCP 흡착은 현저하게 저하하지만 그 줄어든 비율은 부식의 함량에 비례하지는 않았다.
4. 치환성 염기처리토양에서의 PCP 흡착은 H⁺-토양>K⁺-토양>Na⁺-토양>Ca⁺-토양>Mg[#]-토양의 순이었다.
5. PCP의 흡착관계를 Langmuir's adsorption isotherm과 Freundlich's adsorption isotherm으로

표현가능하며 이로서 PCP의 최대 흡착량과 결합 energy 및 吸着層의 깊이를 산출할수 있었다.

6. 토성별로 PCP 최대 흡착량을 보면 식양토는 212.13mg/100gr, 양토는 97.28~121.59mg/100gr, 사양토는 32.92~91.74mg/100gr 이었다.

7. 무어독처리를 위한 한계시용량의 혼합토층의 깊이는 진천토양이 0.88cm 로 가장 얇은 그리고 내산리 사질양토는 4.29cm 로 가장 깊은 혼합시용을 요한다.

V. 참고문헌

1. Arle, H.F., Miller J.H. & Sheets, T.J.: Weeds 56-59 (1964)
2. 淺野昌司, 長澤純夫: 防虫科學, 28, 8-12 (1963)
3. " : ibid. 38, 13-21 (1967)
4. 麻生未雄: PCP의 土壤肥力學的 研究, 東京農業大學
5. Bliss, C.I.: J. Expt. Biol, 13, 95-110 (1963).
6. Bevenue, A. & H. Beckman: Residue Reviews, 19, 83 (1967)
7. Carson, R.L.: Silent Spring, (1962) Houghton Mifflin Co., New York
8. Casarett, L.J. et al.: Amer. Ind. Hygiene Assoc. J., 360-366 (1969)
9. Crandall, C.A.: Chem. Abstracts, 53, 15384e (1959)
10. Gross, R.J. et al.: J. Biol. Chem., 177, 655 (1949)
11. 趙成鎮: 新制土壤學, 134-142, 201-240 (1959) 文運堂
12. 趙成鎮, 李東碩, 陸昌洙: 新制土壤學, (1969) 鄉文社
13. 橋本康: 農藥生產技術, 8, 59-64 (1961)
14. idem: ibid. 10, 49-53 (1964)
15. idem: ibid. 17, 43-52 (1967)
16. idem: ibid. 18, 35-45 (1967)
17. Jackson, M.L.: Soil Chemical Analysis, 43, 183-190, 389-390, 372-374, 406 (1960)
18. 中央農業技術院: 土性調査報告書(忠清北道) 36, 56, 81, 180, 215, 390-394 (1956)
19. 小池房男: 農業及 園藝, 35, (5) 39-43(1960)
20. 川原哲城, 俊藤直康, 佐藤六郎: 農藥生產技術 7, 19-25 (1962)
21. 能勢和夫, 福永一夫: 農藥生產技術, 6, 27-31

- (1962)
22. idem: ibid. 9, 31-34 (1963)
23. 能勢和夫, 鈴木隆之, 福永一夫: 日本土壤肥料學會誌, 34, 243-246 (1963)
24. idem: ibid. 34, 291-295 (1963)
25. idem: ibid. 34, 368-370 (1963)
26. idem: ibid. 36, 187-190, 191-194 (1965)
27. 近江靜雄: 雜草研究, 5, 138-142 (1966)
28. 李東碩: 韓國農化學會誌, 8, 87-93 (1967)
29. Lester, R. Brown: Development Digest, IX (1), 16-24 (1971)
30. Moore, N.W.: Development Digest, VIII (4) 43-45 (1970)
31. 三井進午, 渡邊嚴, 本間愼: 日本土壤肥料學會誌, 34, 407-408 (1963)
32. 松尾英俊: 日本土壤肥料學會誌, 30, 307-321 (1958)
33. 松中昭一: 日本農學會誌, 39, 135-137 (1965)
34. 松情龍彦, 石澤修一: 日本土壤肥料學會誌, 39, 241-246 (1968)
35. 농촌진흥청 식물환경 연구소: 토양의 화학 분석법, 23, 29 32, 39-40, 49-56, 59
36. 森田修一: 土壤學凡論, 206-212, 296-302 (1969) 養賢堂
37. 長澤純夫, 中山勇, 清水春子: 雜草研究, 5, 142-146(1966)
38. 長澤純夫, 三千代: 農藥生產技術, 16, 13-19 (1967) 21, 2-8 (1970)
39. 粘土研究會: 粘土科學の進歩 (5), 149-159, 169, 176, 197-205 (1965) 技報堂
40. 朴勝熙, 丁京燮: 原子力研究論文集, 8, (1-2) 163-168 (1968)
41. 朴昌圭, 俞在潤: 未發表
42. Shin, Y.O. et al.: J. Agr. Food Chem., 18, 1129-1133 (1970)
43. Simon, E.W. et al.: J. Exptl. Botany, 4, 235 (1953) Prentice Hall Inc.
44. 鈴木照磨, 農藥公定檢查法 註解, 108-111(1967) 南江堂
45. 鈴木隆之, 能勢和夫: 農藥生產技術, 22, 27-30 (1970)
46. U.N. (Secretary General): Development Digest, IX (1) 15-11 (1971)
47. 심상철 이형구: 원자력 학회지, 3, 165-180

- (1971)
48. 近本惟好：農藥生產技術，6，51-53 (1962)
49. 角田博：日本土壤肥料學會誌，35，358-358 (1964)
50. idem: ibid. 35, 359-362 (1964)
51. idem: ibid. 36, 49-52 (1965)
52. idem: ibid. 36, 53-56 (1965)
53. idem: ibid. 36, 195-199 (1965)
54. idem: ibid. 36, 200-202 (1965)
55. 豐田春生，桑原誠：日本土壤肥料學會誌，38，93-97 (1967) 38, 211-214 (1967)
56. 由井重文，山本規保：農業及園藝，30，85-86 (1955)
57. 山本亮：農業學，56，230(1968) 南江堂