

飼料用 벼짚中の 農藥 殘留量

李載球 · 千三榮 · 慶箕性 · 吳慶錫 · 任良彬*

Pesticide residues in rice straw for livestock feed

Jae Koo Lee, Sam Yeong Cheon, Kee Sung Kyung, Kyeong Seok Oh
and Yang Bin Ihm*

Summary

In order to clarify the possible contamination of rice straw used as a crude feed for livestock, Korean native cattle and cow, by pesticides, the samples collected from 21 sites in Korea were analyzed by a multiresidue method for 10 pesticides with GLC to obtain the following results.

1. Detection limits were 0.001ppm in butachlor, 0.002ppm in chlorpyrifos, 0.003ppm in BPMC, pirimiphos-methyl and diazinon, 0.004ppm in fenitrothion, 0.005ppm in phenthoate, 0.009ppm in IBP, 0.015 ppm in carbofuran, and 0.03ppm in carbaryl.
2. In recovery tests, 73-101% of the pesticides applied were recovered, the recovery being low in carbofuran and chlorpyrifos.
3. Butachlor, 2-chloroacetanilide herbicide, and BPMC, carbaryl, and carbofuran, carbamate insecticides, were not detected in any sample.
4. In organophosphorus insecticides, the amounts of fenitrothion in sample No. 1, 2, 4, 5, 7, 12, 20 and 21 were in the range of 0.01-0.05ppm, those of phenthoate detected in sample No. 10 and 12 were 0.4 and 0.17ppm, respectively, and those of IBP in all samples, with the exception of sample No. 7, 12, 16, 17, 20, and 21, were in the range of 0.01-0.20ppm. The residues of chlorpyrifos, diazinon, and pirimiphos-methyl were not detected.

충북대학교 농과대학 농화학과

*농촌진흥청 농약연구소 농약안전성과

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Chung Buk National University, Cheong Ju, 360-763, Korea

*Agricultural Chemicals Research Institute RDA, Suwon, Korea

서 론

현대 농업에서 농약사용을 배제한 營農은 상상할 수 없을 정도로 농약의 사용은 필수불가결하며, 더욱이 병해충의 약제저항성 증가와 영농인구의 고령화로 인한 노동력 절감의 차원에서 그 역할의 중요성이 점차로 고조되고 있는 실정이다. 그러나 농약의 환경에 미치는 영향을 간과할 수 없을 뿐만 아니라 작물에 잔류하는 농약이 인체에 전혀 무해하다고 볼 수 없기 때문에 정부에서는 농약에 대한 안전사용 기준을 강화하고 있다.

벼짚은 현재 많은 축산농가에서 한우 및 젓소의 조사료로 사용하고 있으므로 농약잔류물이 함유된 벼짚을 가축이 지속적으로 섭취할 경우 육류중에 농약이 축적되어 결국 인간이 농약을 섭취하게 될 가능성이 있으나 현재까지 경작지에 살포된 농약중 일부 약제에 대하여 부분적으로 연구되었을 뿐 벼짚중에 잔류하는 제반 농약의 분석에 관한 연구는 전무한 실정이다. 즉 이 등¹⁾은 diazinon 입제의 토양중 잔류소장을 구명하고 약제살포 회수 및 시기별로 수확한 현미 및 벼짚중 diazinon의 잔류량을 조사하였으며, Sethunathan 등²⁾은 담수토양조건에서 diazinon의 벼에 의한 흡수이행에 관하여 보고하였다. Laanio 등³⁾은 ¹⁴C-diazinon의 쌀과 논토양 및 완두중 잔류에 관하여 조사하였으며, 오 등⁴⁾은 수도작에 사용되고 있는 isoprotioline과 chlorpyrifos-methyl의 유제와 입제를 공시약제로 하여 포장에서 수확전 살포시기와 회수를 달리하였을 때 수도계중 잔류량의 변화를 조사하였다. 이 등⁵⁾은 침투성 살충제인 ¹⁴C-carbofuran과 제초제인 ¹⁴C-bentazon을 lysimeter에 처리하고 4년간에 걸쳐 벼를 재배한 후 벼짚과 왕겨 및 현미중 농약잔류물의 분포를 구명하였으며, 또한 이 등^{6,7)}은 ¹⁴C-bentazon과 ¹⁴C-carbofuran이 처리된 토양을 특수하게 제작한 pot에 각각 넣고 벼를 재배하면서 토양중 이들 농약잔류물의 벼에 의한 흡수를 구명하였다. 이 등⁸⁾은 수도계중 IBP(kitazin)와 isoprotioline의 잔류소장에 미치는 살포시기, 수심 및 토성의 영향에 관하여 연구하였다. 또한 Yama-

moto 등⁹⁾도 IBP의 수도계 내에서의 흡수, 이행 및 대사에 관하여 보고하였다. Ferreira와 Seiber¹⁰⁾는 벼에 처리된 3종의 N-methyl carbamate 살충제의 휘발 및 삼출에 의한 손실에 관하여 보고하였다. Brahmprakash와 Sethunathan¹¹⁾은 벼에 처리한 carbaryl과 carbofuran의 대사에 관하여 연구하였다. 그 외에도 벼를 재배하는 기간 중에는 유기인계 농약, carbamate계 농약, 도열병균을 위시한 병해 방제용으로 각종 농용항생제도 사용되고 있으므로 수도계 내에 남아 있는 이들 농약의 잔류량을 분석 평가하는 연구는 가축 및 인간의 건강을 위하여 극히 중요한 일이라 아니할 수 없다. 외국에서는 철저한 통제가 이루어지고 있으나 우리 나라에서는 아직 손이 미치지 못하는 부분이 상당히 있다. 정부에서는 육류내 잔류물질 검사 실시 및 규제 조치를 최근에야 비로소 검토 추진중에 있는 실정이나 생산물에 대한 규제 보다는 근원적인 검토와 해결책이 시급하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 여러 지역으로부터 수집한 벼짚의 농약에 의한 오염 여부를 판단하기 위하여 다중분석법(general multiresidue methods)으로 분석하여 그 진상을 구명하였다.

재료 및 방법

1. 시료채취 및 분석대상 약제

전국의 주요 경작지로부터 경작이 끝난 후 벼짚을 구하여 음건하고 2cm 크기로 세절한 후 Cyclotec (Model 1093, TECATOR, Sweden)를 이용하여 마쇄하고 1mm 체를 통과시켜 분석시료로 사용하였다. 이를 135°C에서 2시간 건조한 후 증량법으로 수분 함량을 측정하였으며, 시료채취지역은 다음 표 1에서 보는 바와 같다. 한편 분석대상 농약은 최근 사용중인 농약중에서 BPMC, butachlor, carbaryl, carbofuran, chlorpyrifos, diazinon, fenitrothion, IBP, phenthoate, pirimiphos-methyl 등 10종의 농약을 선정하였다.

Table 1. Sampling sites for the analysis of pesticide residues in rice straw

Sample No.	Location
1	Kilmyung 2-ri, Ildong-myun, Pocheon, Kyungki
2	Kamam 2-ri, Kasan-myun, Pocheon, Kyungki
3	Koeup-ri, Junae-myun, Yangju, Kyungki
4	Bangjuk-ri, Hyunduk-myun, Pyungtaek, Kyungki
5	Ungyo-ri, Kongro-myun, Ansong, Kyungki
6	Sangno 2-ri, Dongsong-eup, Cheolwon, Kangwon
7	Jokok-ri, Hoingsung-eup, Hoingsung, Kangwon
8	Byukcheol-ri, Namyang-myun, Cheongyang, Chungnam
9	Kunseo-ri, Jiksan-myun, Cheonwon, Chungnam
10	Jungsan-ri, Sangmo-myun, Jungwon, Chungbuk
11	Okkak-ri, Okcheon-eup, Okcheon, Chungbuk
12	Bongchon 1-ri, Habin-myun, Dalseong, Kyungbuk
13	Euikok-ri, Yungsun-myun, Munkyoung, Kyungbuk
14	Noha-dong, Andong, Kyungbuk
15	Yaro-ri, Yaro-myun, Hapcheon, Kyungnam
16	Bonjeon-ri, Yulkok-myun, Hapcheon, Kyungnam
17	Seochang-dong, Kwangsan-ku, Kwangju
18	Kalkok-ri, Sinbuk-myun, Yungam, Cheonnam
19	Jisang-ri, Iro-eup, Muan, Cheonnam
20	Dunnam-myun, Imsil, Cheonbuk
21	Kongduk-myun, Kimje, Cheonbuk

2. 시료의 조제

시료의 추출 및 정제는 Pesticide Analytical Manual¹²⁾과 AOAC¹³⁾의 농약 잔류분석법중 다중분석법(multiresidue method)을 수정 보완하여 농촌진흥청

농약연구소에서 확립한 방법¹⁴⁾을 사용하였으며, 그 세부방법은 다음과 같다.

1) 시료의 추출

마쇄한 시료를 건물중 기준으로 20g을 달아 acetone 200ml를 넣고 1시간 방치하여 10분간 sonicating한 후 감압여과하였으며, 잔사를 50ml의 acetone으로 세척하였다. 이 여액을 2L 분액여두에 옮기고 포화식염수 100ml, 증류수 900ml, dichloromethane 100ml를 넣고 2분간 진탕한 후 정치하여 dichloromethane 층을 회수하는 방법으로 1회 더 추출하였다. 회수한 dichloromethane 추출액을 sodium sulfate로 탈수하고 40℃ 이하에서 감압농축한 후 잔사를 n-hexane-dichloromethane (8:2, v/v) 혼합액 10ml에 용해하였다.

2) 시료의 정제

150℃에서 6시간 활성화 시킨 Florisil 5g을 glass column (10mm I.D., 340mm L)에 충전하고 그 상부에 무수 sodium sulfate를 1.5cm 높이로 채운 다음 n-hexane 50ml로 prewashing하여 버렸다. 충전물 상부의 바닥이 보이기 직전 상기 1)의 용해액 전량을 가하여 n-hexane-dichloromethane (8:2, v/v) 혼합액 45ml로 용출하여 버리고 n-hexane-acetonitrile-dichloromethane(48.5:1.5:50, v/v/v) 혼합액 50ml로 용출(시료 I)하고, 연속적으로 n-hexane-acetonitrile-dichloromethane (45:5:50, v/v/v) 혼합액 50ml로 용출(시료 II)하였다. 이 용출액을 40℃ 이하에서 감압농축한 후 10ml의 n-hexane에 용해하여 gas chromatograph로 분석하였다. 여기서 시료 I은 대부분의 유기염소계와 유기인계 농약들이, 시료 II에는 유기인계 일부와 carbamate계 농약들이 함유되어 있다.

3. 시료분석

시료분석은 유기염소계의 경우 앞서의 시료 I을 GLC-ECD(⁶³Ni)로, 유기인계와 carbamate계 농약은 시료 I과 II를 GLC-NPD로 분석하였으며, 그 분석 조건은 표 2과 3에서 보는 바와 같다.

4. 회수율 시험

Table 2. GLC conditions for the analysis of organochlorine pesticide residues in rice straw

Instrument	HP 5890 A Series II, Hewlett Packard
Column	Glass capillary column, Ultra 2 (Cross-linked methyl silicone gum), 25m(L) × 0.32mm(φ) × 0.15μm(film thickness)
Detector	⁶³ Ni Electron Capture Detector (ECD)
Temperature	Column : Initial temp. 150°C for 1 min., 5°C/min. to 210°C maintained for 0.1 min., 40°C/min. to 280°C maintained for 18 min. Injector : 225°C Detector : 350°C
Flow rate	Carrier(N ₂) : 3 ml/min. Make-up gas(N ₂): 60 ml/min. Split vent : 57 ml/min. Septum purge : 1.5 ml/min.
Injection volume	: 1 μl

Table 3. GLC conditions for the analysis of organophosphorus and carbamate pesticide residues in rice straw

Instrument	HP 5890 A Series II, Hewlett Packard
Column	Glass capillary column, Ultra 1 (Cross-linked methyl silicone gum), 25m(L) × 0.32mm(φ) × 0.17 μm(film thickness)
Detector	Nitrogen Phosphorus Detector (NPD)
Temperature	Column : Initial temp. 130°C for 1 min., 5°C/min. to 200 °C maintained for 10min. Injector : 220°C Detector : 250°C
Flow rate	Carrier(N ₂) : 3.5 ml/min. Make-up gas(N ₂) : 27.0 ml/min. Hydrogen : 3.0 ml/min. Air : 110 ml/min. Split vent : 31.5 ml/min. Septum purge : 2.5 ml/min.
Injection volume	: 1 μl

회수율 시험은 시료 20g에 각각의 표준화합물을 0.1ppm과 1.0ppm되게 처리한 후 앞서의 방법과 동일하게 추출, 정제하여 분석하였다.

5. 검출한계 및 최소검출량 산출

① 최소검출량

최소검출량은 시료분석과 동일한 기기조건에서 분석한 chromatogram상의 표준화합물 peak중 재현성있는 분석치의 최소량을 최소검출량으로 하였다.

② 검출한계

검출한계는 다음의 식으로 부터 구하였다.

$$\text{검출한계} = \frac{\text{최소검출량(ng)} \times \text{분석시료의 총량(μl)}}{\text{분석시 시료주입량(μl)} \times \text{추출시료량(g)}}$$

결과 및 고찰

1. 회수율 시험

회수율 시험결과는 표 4에서 보는 바와 같이 carbofuran(72-83%)과 chlorpyrifos(66-83%)는 약간 낮았으나 나머지 화합물에서는 80%이상의 회수율을 보였다.

2. 검출한계 및 최소검출량

본 실험의 분석법에 의한 분석대상 화합물의 검출한계는 표 5에서 보는 바와 같이 butachlor는 0.001 ppm(0.002ng), chlorpyrifos는 0.002ppm(0.004ng), BPMC와 pirimiphos-methyl 및 diazinon이 0.003 ppm(0.006ng), fenitrothion은 0.004ppm(0.008ng), phenthoate는 0.005ppm(0.01ng), IBP는 0.009ppm(0.018ng)으로써 0.01ppm이하이었으나 carbofuran과

carbaryl은 각각 0.015ppm(0.03ng)과 0.03ppm (0.06 ng)으로써 다른 약제에 비해 높았다.

Table 4. Results of the recovery test with some standard pesticides fortified to rice straw

Pesticide	Fortification		Mean (%)
	level (ppm)	Recovery (%)	
BPMC	0.1	102/101/100	101.0
	1.0	98/97/100	98.3
Butachlor	0.1	92/93/89	91.3
	1.0	94/92/91	92.3
Carbaryl	0.1	97/97/86	93.3
	1.0	81/83/86	83.3
Carbofuran	0.1	81/83/82	82.0
	1.0	72/73/75	73.3
Chlorpyrifos	0.1	73/71/75	73.0
	1.0	77/66/83	75.3
Diazinon	0.1	98/90/93	93.7
	1.0	91/88/89	89.3
Fenitrothion	0.1	95/97/98	96.7
	1.0	93/97/98	96.0
IBP	0.1	98/98/95	97.0
	1.0	97/98/96	97.0
Phenthoate	0.1	88/99/96	94.3
	1.0	91/95/94	93.3
Pirimiphos-methyl	0.1	94/95/94	94.6
	1.0	90/90/91	90.3

Table 5. Detection limits of pesticides used for the residue analysis

Pesticide	Detection limit	
	(ppm)	(ng)
BPMC	0.003	0.006
Butachlor	0.001	0.002
Carbaryl	0.030	0.060
Carbofuran	0.015	0.030
Chlorpyrifos	0.002	0.007
Diazinon	0.003	0.006
Fenitrothion	0.004	0.008
IBP	0.009	0.018
Phenthoate	0.005	0.010
Pirimiphos-methyl	0.003	0.006

3. 농약잔류물의 검출 결과

1) 유기염소계

유기염소계 농약인 DDT, BHC, heptachlor, aldrin, dieldrin 및 endrin 등은 식량 생산과 해충방제를 위하여 많이 사용되어져 왔지만 이들 약제의 환경 오염성 때문에 DDT와 drin제는 1972년, BHC와 heptachlor 등은 1979년에 생산 및 판매가 금지되었다¹⁵⁾. 따라서 현재 유기염소계 살충제는 거의 사용되지 않고 일부 제초제에서 사용되고 있다. 이¹⁶⁾는 1981년 제주도의 밭토양과 채소류에서 BHC, heptachlor, heptachlor epoxide를 검출하였다고 보고한 바 있으나 본 실험에서는 논 잡초약으로 사용되는 butachlor에 대하여 조사한 결과 표 6에서 보는 바와 같이 검출한계 이하였다.

2) 유기인계

유기인계 농약은 1948년 TEPP를 비롯하여 parathion, EPN, malathion, diazinon, edifenphos, phenthoate 등의 개발이 본격화되었는데 이들 유기인계 농약들은 강력한 살충 작용을 보이면서 적용 범위가 넓고, 저항성 유발이 적으며, 환경중에서 쉽게 분해되는 특성을 가지고 있으며, 특히 환경 오염 가능성이 높은 유기염소계의 사용이 금지되면서 유기인계 농약의 사용이 증가하고 있다¹⁷⁾. 분석 결과는 표 6에서 보는 바와 같이 fenitrothion이 시료번호 1, 2, 4, 5, 7, 12, 20, 21에서 0.01-0.05ppm까지 검출되었고, phenthoate는 시료번호 10과 12에서 각각 0.4ppm과

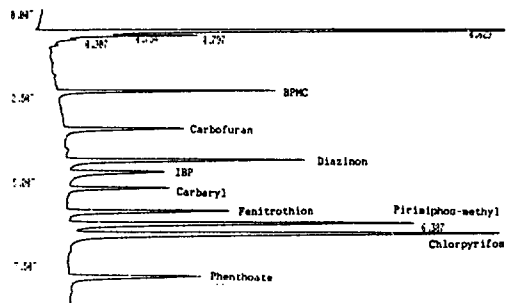


Fig. 1. GLC chromatogram of a mixture of selected standard pesticides.

0.17 ppm, IBP는 시료번호 7, 12, 16, 17, 20, 21을 제외한 모든 시료에서 0.01-0.2ppm 검출되었으나 chlorpyrifos, diazinon, parathion 등은 검출되지 않았다. 그림 1은 표준화합물의 chromatogram이며, 그림 2는 fenitrothion, IBP 및 phenthoate가 검출된 시료의 chromatogram이다.

3) Carbamate계

Carbamate계 농약은 환경 중에서 분해가 용이하며, 적용 대상범위가 넓고 유기염소계 농약으로 방제할 수 없는 특정 해충에 대한 방제가 가능하여 현재 농업용 뿐만 아니라 공중 보건용으로 광범위하게 사용되고 있다¹⁸⁾. 이 중 carbaryl과 carbofuran은 벼 재배지의 벼멸구 방제용으로 다량 사용되며, 특히 포장에 살포된 이 농약들은 가수분해 과정을 거쳐 급속도로 분해되는 것으로 보고되고 있다¹⁸⁾. 분석 결과 carbamate계 살충제중 BPMC, carbaryl, carbo-

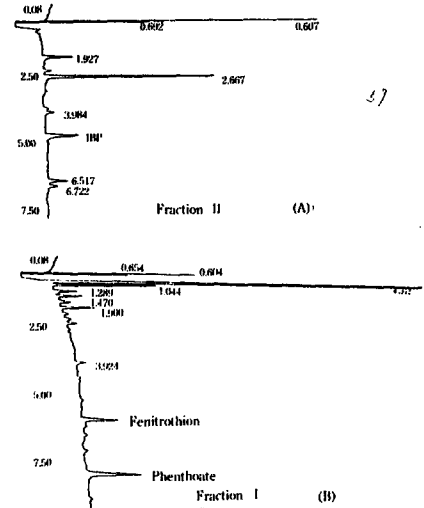


Fig. 2. GLC chromatograms obtained from the analysis of sample No. 10 (A) and No. 12 (B).

Table 6. Amounts of the pesticide residues*(ppm) in rice straw

Sample No.	BPMC	Butachlor	Carbaryl	Carbofuran	Chlorpyrifos
1	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
2	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
3	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
4	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
5	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
6	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
7	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
8	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
9	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
10	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
11	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
12	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
13	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
14	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
15	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
16	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
17	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
18	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
19	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
20	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002
21	<0.003	<0.001	<0.030	<0.015	<0.002

* All data represent averages of 2 replicates

Table 6. Continued

Sample No.	Fenitrothion	IBP	Phenthoate	Pirimiphos-methyl	Diazinon
1	0.02	0.01	<0.005	<0.003	<0.003
2	0.02	0.01	<0.005	<0.003	<0.003
3	<0.004	0.02	<0.005	<0.003	<0.003
4	0.01	0.10	<0.005	<0.003	<0.003
5	0.02	0.02	<0.005	<0.003	<0.003
6	<0.004	0.01	<0.005	<0.003	<0.003
7	0.02	<0.009	<0.005	<0.003	<0.003
8	<0.004	0.09	<0.005	<0.003	<0.003
9	<0.004	0.01	<0.005	<0.003	<0.003
10	<0.004	0.15	0.40	<0.003	<0.003
11	<0.004	0.04	<0.005	<0.003	<0.003
12	0.03	<0.009	0.17	<0.003	<0.003
13	<0.004	0.02	<0.005	<0.003	<0.003
14	<0.004	0.01	<0.005	<0.003	<0.003
15	<0.004	0.02	<0.005	<0.003	<0.003
16	<0.004	<0.009	<0.005	<0.003	<0.003
17	<0.004	<0.009	<0.005	<0.003	<0.003
18	<0.004	0.05	<0.005	<0.003	<0.003
19	<0.004	0.20	<0.005	<0.003	<0.003
20	0.05	<0.009	<0.005	<0.003	<0.003
21	0.01	<0.009	<0.005	<0.003	<0.003

* All data represent averages of 2 replicates

furane은 표 6에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 검출한계 이하이었다. 이는 carbamate계 농약이 일반적으로 환경 중에서 분해가 용이하므로 벼 생육기에 살포된 이들 농약들이 각각의 대사 과정을 통해 소실되었기 때문으로 보인다.

요 약

한우 및 젓소의 조사료로 다량 사용되고 있는 볏짚의 농약에 의한 오염 여부를 판단하기 위하여 전국에서 21지점을 선정하여 시료를 수집한 후 GLC를 이용한 다중분석법으로 10종의 농약에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 검출한계는 butachlor가 0.001ppm, chlorpyrifos는 0.002ppm, BPMC와 pirimiphos-methyl

및 diazinon이 0.003ppm, fenitrothion은 0.004 ppm, phenthoate는 0.005ppm, IBP는 0.009 ppm, carbofuran은 0.015ppm, carbaryl은 0.03 ppm이었다.

- 회수율은 평균 약 73-101%였으나 carbofuran과 chlorpyrifos에서는 낮았다.
- 2-chloroacetanilide계 제초제인 butachlor와 carbamate계 살충제인 BPMC, carbaryl, carbofuran은 검출되지 않았다.
- 유기인계 살충제중 fenitrothion은 시료번호 1, 2, 4, 5, 7, 12, 20, 21에서 0.01-0.05ppm 검출되었고, phenthoate는 시료번호 10과 12에서 각각 0.40ppm과 0.17ppm, IBP는 시료번호 7, 12, 16, 17, 20, 21을 제외한 모든 시료에서 0.01-0.2ppm 검출되었으나 chlorpyrifos, diazinon,

pirimiphos-methyl은 검출되지 않았다.

참고문헌

1. 이 영득, 이 성희, 박 영선(1983) : 담토양 및 수도체 중 Diazinon의 잔류평가, 한국환경농학회지, 2(1), 1.
2. Sethunathan, N., Caballa, S., and Pathak, M. D.(1971) : Absorption and translocation of diazinon by rice plants from submerged soils and paddy water and the persistence of residues in plant tissues, J. Econ. Entomol., 64, 571.
3. Laanio, T. L., Dupuis, G., and Esser, H. O. (1972) : Fate of ¹⁴C-labeled diazinon in rice, paddy soil and pea plants, J. Agric. Food Chem., 20, 1213.
4. 오 병렬, 김 영구, 박 영선(1984) : 농약의 제형이 수도체중 잔류량에 미치는 영향, 한국환경농학회지, 3(2), 1.
5. 이 재구, F. Führ, 경 기성, 오 경석, 김 학남 (1991) : 방사성 추적자에 의한 토양중 농약잔류물의 행방 구명, 한국과학재단연구보고서.
6. 이 재구, 경 기성, F. Führ(1989) : 토양 중 신생 및 숙성 Bentazon 잔류물의 벼에 의한 흡수, 한국환경농학회지, 32(4), 393.
7. Jae-Koo Lee, Kee-Sung Kyung, Willis B. Wheeler(1991) : Rice plant uptake of fresh and aged residues of carbofuran from soil, J. Agric. Food Chem., 39(3), 588.
8. 이 해근, 정 영호, 한 기학, (1982) 수도체 중 IBP와 Isoprothiolane 의 잔류 소창, 한국환경농학회지, 1(2) : 93.
9. Yamamoto, H., Tomizawa, C., Uesugi, Y. and Murai, T.(1973) : Absorption, translocation and metabolism of O,O-diisopropyl S-benzyl phosphorothiolate(Kitazin P) in rice plant, Agric. Biol. Chem., 37, 1553.
10. Ferreira, G. A. L. and Seiber, J. N.(1981) : Volatilization and exudation losses of three N-methylcarbamate insecticides applied systemically to rice, J. Agric. Food Chem., 29, 93.
11. Brahmprakash, G. P. and Sethunathan, N.(1985) : Metabolism of carbaryl and carbofuran in soil planted to rice, Agric. Ecosys. Environ., 13, 33.
12. Pesticide Analytical Manual(1989) : Volume 1, Methods which detected multiple residues, U. S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration.
13. Association of Official Analytical Chemists(1990) : Pesticide and Industrial Chemical Residues, 1, 274.
14. 시험연구보고서(1984) : 농촌진흥청 농약연구소, 80.
15. Sun-Jae You and Chung-Kil Park(1984) : On the organochlorine pesticide residues in downstream area of Nakdong river, J. Korean Agricultural Chemical Society, 27(3), 187.
16. 이 규승(1981) : 제주도의 밭토양 및 채소류 중 유기 염소계 농약 잔류, 한국농화학회지, 24(3), 155.
17. Chang-Kyu Park, Dae-Sung Han and Jang-Hyun Hur(1984) : Organophosphorus pesticide residues in major environmental components of Nakdong river, Korean J. Environ. Agric., 3(1), 36.
18. G. P. Brahmprakash and N. Sethunathan(1985) : Metabolism of carbaryl and carbofuran in soil planted to rice, Agriculture, Ecosystems and Environment, 13.