

肝蛭의 中間宿主인 애기물달팽이에 대한 몇가지 農藥의 毒性試驗

金相基 · 李政吉 · 李採瑢
全南大學校 獸醫科大學
(1993년 4월 16일 접수)

Toxicity of agricultural chemicals on *Lymnaea viridis* the intermediate host of *Fasciola hepatica*

Sang-ki Kim, Chung-gil Lee, Chai-yong Lee
College of Veterinary Medicine, Chonnam National University
(Received Apr 16, 1993)

Abstract : In the present study, the effects of 4 agricultural chemicals commonly used in this country were experimentally assessed on *Lymnaea viridis* the intermediate host of *Fasciola hepatica*, which in non-target organism of these chemicals. The major habitat of the snail is rice paddies in Korea and many agricultural chemicals are used for weed, fungi or insect control in rice paddies and there is a general concern that certain levels of these chemicals could reach the aquatic ecosystem and possible alter the snail life. Agricultural chemicals used in this study included two herbicides, an insecticide and a fungicide. The tenth generation of laboratory reared snails were selected and exposed to the varying concentrations(0-100 ppm) of these chemicals. As concentrations and time of exposure increase, the per cent mortality increases($p < 0.01$). LC_{50} (lethal concentration for 50% mortality) values of these chemicals on snail after 96-hour exposure were variable ; iprobenfos showed the highest acute toxicity(12.6 ppm), while carbofuran showed the lowest acute toxicity(74.5 ppm). Sublethal concentrations of chemicals after 96-hour exposure were also variable ; bentazone showed the highest chronic toxicity(0.81 ppm), while carbofuran showed the lowest chronic toxicity(5.04 ppm).

Key words : *Lymnaea viridis*, *Fasciola hepatica*, bentazone, mefenacet, carbofuran, iprobenfos.

서 론

肝蛭 *Fasciola hepatica*에 관한 연구는 주로 그 예방에 목적을 두고 수행하는 것이므로 생활사와 관련된 연구는 매우 큰 의미를 갖는다. 그런데 간질은 복잡한 생활사를 가졌기 때문에 그에 관한 연구를 하는데는 여러가지의 접근방법이 있다. 發育과 移動의 交代로 표현되는 간질 생활사의 모든 단계는 동등하게 취급되는 것이지만^{1,2} 간질이 생활사를 완성시키는데 중간숙주인 달팽이는 없어서는 안되는 중요한 존재이기 때문에 중간숙주에 관한 연구는 간질연구의 기본이 된다 할 수 있다. 특

히 간질은 중간숙주인 달팽이를 통하여야만 감염력을 획득할 수 있고, 달팽이 안에서의 간질의 발육은 달팽이의 생태에 많은 영향을 받으므로 달팽이의 생태에 관한 연구는 간질증의 역학을 파악하고 예방 및 구제대책을 수립하는데 중요한 지침이 되는 것이다.^{3,4}

달팽이의 생태는 溫度와 濕度 등의 자연적인 조건에 많은 영향을 받는다.⁵⁻⁷ 또한 이 달팽이의 주요 서식지가 논이며^{3,8-10} 그 활동기간이 벼가 성장하는 기간과 일치하기 때문에 벼를 재배하는 동안에 가해지는 인위적인 조건에도 영향을 받는 것으로 나타났다.⁸ 우리나라의 경우 최근 벼의 재배에 농약을 많이 사용하고 있는

실정이어서 눈에 서식하는 이 달팽이는 농약에 상당한 영향을 받을 것으로 생각된다.^{3,8,11-13}

애기물달팽이는 생존에 불리한 서식환경에서 생명을 보존하기 위하여 활동을 정지하는 등 생태에 변화가 일어난다.^{8,14} 이러한 상태에서 이 달팽이는 성장이나 생식을 할 수 없으므로 악화된 환경이 지속되면 서식지의 달팽이 數는 감소하게 된다.² 서식처에 달팽이의 밀도가 높으면 간질의 유충이 달팽이와 조우할 기회가 많아지므로^{15,16} 서식처에 존재하는 달팽이 數의 消長은 간질증 fascioliasis의 발생과 밀접한 관계가 있다. 그러므로 중간숙주인 달팽이가 水稻용 농약에 영향을 받으면 간질증의 역학에 큰 의미를 가지게 되는 것이다. 그래서 본 연구에서는 殺貝의 목적으로 사용되지 아니하는 농약이 눈에 서식하는 달팽이에 미치는 영향을 실험적으로 측정하기 위해 현재 우리나라에서 널리 사용되고 있는 몇 가지 제초제와 살충제 및 살균제를 선정하여 이들의 독성을 조사하였다.

재료 및 방법

애기물달팽이: 실험실에서 계대(10대)사육한 애기물 달팽이중 殼高가 0.6~0.8 cm인 것만을 골라 실험에 사용하였으며, 총 1,200마리의 달팽이를 사용하였다.

농약: 최근 우리나라에서 벼의 재배에 널리 사용되고 있는 농약중 제초제 2종과 살충제 1종 및 살균제 1종 등 4종의 농약을 선정하였다.¹⁷ 실험에 사용한 농약은 農村振興廳 農藥研究所에서 분양받은 90% 이상의 표준품이었으며 사용된 농약의 화학명 및 분류는 Table 1과 같다.

농약의 농도: 실험에 사용된 농약을 종류별로 유기용매인 acetone에 10,000 ppm의 농도로 용해시켜 이를 stock solution으로 사용하였다. 이와같은 방법으로 준비

한 각 농약의 stock solution을 다시 증류수로 희석하여 1 ppm에서 100 ppm까지 10 ppm간격으로 농도를 조절하였다. 실험에 사용한 농약중 iprobenfos는 예비실험의 결과 달팽이들이 20 ppm 이상에서 24시간 이내에 모두 사망하였고, 10 ppm 이하에서는 96시간까지 두마리의 달팽이만이 사망하였다. 그래서 이 약제의 96시간후 中位致死濃度를 구하기 위하여 농약의 농도를 최소농도 10 ppm에서 최고농도 20 ppm까지 1 ppm간격으로 조절하여 본 실험을 실시하였다.

살패시험: 각각의 농약을 농도별로 직경 6 cm인 100ml 플라스틱 표본병에 가득 채운 다음 여기에 달팽이를 5마리씩 옮겨 넣었다. 달팽이가 용액밖으로 기어나오는 것을 방지하기 위하여 철망을 7×7 cm로 잘라 표본병 위에 올려놓고 철망이 농약에 완전히 잠길 때까지 표본병 안으로 밀어 넣었다. 대조군은 같은 방법으로 증류수를 사용하였다. 모든 실험은 5반복으로 처리하였으며, 96시간동안 12시간 간격으로 관찰하여 致死貝의 숫자를 기록하였다. 사망한 달팽이의 부패로 인한 영향을 막기 위하여 사망한 달팽이가 관찰되면 즉시 표본병에서 제거하였다. 실험기간중에는 먹이를 공급하지 않았으며 농약은 최초의 농도를 투여한 후 96시간동안 재처리를 하지 않았다. 실험기간중 수온은 22.7~25.2°C였다.

통계처리: 농약의 농도 및 노출시간에 따른 달팽이의 치사율은 software package PCSAS를 이용하여 analysis of variance(ANOVA)로 비교하였다. 노출 96시간 후 中位致死濃度 (lethal concentration for 50% mortality: LC₅₀)와 1% 치사농도 (lethal concentration for 1% mortality: LC₁)는 Finney法에 의한 probit 分析으로 구하였으며, 準致死濃度는 LC₁치의 1/2로 계산하였다.^{18,19}

Table 1. List of the chemicals used in the experiment

Common name	Chemical name	Purity	Classification
Bentazone	3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiazidin-4(3H)-one 2,2-dioxide	95.3%	Benzothiazinone Herbicide
Mefenacet	2-(1,3-benzothiazol-2-yloxy)-N-methylacetanilide	98.0%	Anilide Herbicide
Carbofuran	2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate	90% UP	Carbamate Insecticide
Iprobenfos	S-benzyl 0,0-di-isopropyl phosphorothioate	96.0%	Organophosphorus Fungicide

결 과

유기용매로 사용한 acetone이 달팽이의 생존에 영향을 미치는가를 조사하기 위하여 실시한 예비실험(0-100 ppm)의 결과 이 약제는 달팽이의 생명에 영향을 미치지 않았다. 제초제인 bentazone에 애기물달팽이를 노출시킨 후 96시간까지 시간의 경과에 따른 농도별 달팽이의 치사율을 Table 2에 나타냈다. bentazone의 농도 1 ppm에서 애기물달팽이는 노출 96시간까지 모두 생존하였으며, 100 ppm에서 노출 12시간 이내에 모든 달팽이가 사망하였다. Bentazone에 노출된 달팽이의 치사율은 노출 시간이 경과하고 bentazone의 농도가 높아짐에 따라 증가하였다($p < 0.01$).

제초제인 mefenacet에 노출된 애기물달팽이의 노출시간별 그리고 약제 농도별 달팽이의 치사율은 Table 3에 나타냈다. mefenacet의 농도 80 ppm에서 노출 12시간에

그리고 농도 1 ppm에서 노출 96시간에 달팽이가 사망하기 시작하였으며, 100 ppm에서 노출 96시간에 모든 달팽이가 사망하였다. Mefenacet에 노출된 달팽이의 치사율 역시 노출시간이 경과하고 mefenacet의 농도가 높아짐에 따라 증가하였다($p < 0.01$).

살충제인 carbofuran에 애기물달팽이를 노출시킨 후 96시간까지 시간의 경과에 따른 약제 농도별 달팽이의 치사율을 Table 4에 나타냈다. 이 약제의 경우 실험에 사용된 모든 농도에서 노출 12시간에는 사망한 달팽이가 없었으며, 100 ppm에서 24시간에 그리고 10 ppm에서 96시간에 달팽이가 사망하기 시작하였다. 100 ppm에서 노출 96시간까지 88%의 달팽이만이 사망하였다. 이 약제에서도 달팽이의 치사율은 노출시간이 경과하고 농도가 높아짐에 따라 증가하였다($p < 0.01$).

살균제인 iprobenfos에 노출된 애기물달팽이의 노출시간별 그리고 약제 농도별 달팽이의 치사율을 Table 5

Table 2. Mortality rate of *Lymnaea viridis* exposed to bentazone

Concentration (ppm)	Mortality rate after exposure(%)							
	12 hour	24 hour	36 hour	48 hour	60 hour	72 hour	84 hour	96 hour
Contorl	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	4	24	36	40
20	0	0	0	4	12	24	40	44
30	0	0	0	4	16	28	32	52
40	4	8	8	24	28	36	40	68
50	32	52	52	68	84	84	84	84
60	52	76	100	100	100	100	100	100
70	52	76	100	100	100	100	100	100
80	76	84	100	100	100	100	100	100
90	90	92	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100
Significance	$p < 0.01$							

Table 3. Mortality rate of *Lymnaea viridis* expose to mefenacet

Concentration (ppm)	Mortality rate after exposure(%)							
	12 hour	24 hour	36 hour	48 hour	60 hour	72 hour	84 hour	96 hour
Contorl	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	4
10	0	0	0	0	0	0	0	4
20	0	0	0	0	0	0	0	8
30	0	0	0	0	0	0	8	8
40	0	0	0	0	0	0	12	12
50	0	0	0	0	0	12	28	32
60	0	0	20	28	32	44	56	64
70	0	0	20	28	40	44	56	64
80	4	12	28	40	60	72	76	80
90	12	20	28	40	60	72	76	80
100	20	32	48	52	60	84	84	100
Significance	$p < 0.01$							

Table 4. Mortality rate of *Lymnaea viridis* exposed to carbofuran

Concentration (ppm)	Mortality rate after exposure(%)							
	12 hour	24 hour	36 hour	48 hour	60 hour	72 hour	84 hour	96 hour
Control	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	8
20	0	0	0	0	0	4	4	8
30	0	0	0	0	0	8	12	12
40	0	0	0	0	0	8	12	12
50	0	0	0	0	0	12	12	16
60	0	0	0	0	0	12	12	36
70	0	0	0	0	0	12	16	36
80	0	0	0	0	4	20	40	60
90	0	0	4	8	32	44	56	60
100	0	8	32	25	52	72	80	88
Significance	p<0.01							

Table 5. Mortality rate of *Lymnaea viridis* exposed to iprobenfos

Concentration (ppm)	Mortality rate after exposure(%)							
	12 hour	24 hour	36 hour	48 hour	60 hour	72 hour	84 hour	96 hour
Control	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	4	4	8	8	8
11	0	0	4	4	8	8	12	12
12	0	4	12	20	20	20	24	36
13	0	8	16	20	28	40	40	44
14	8	28	32	44	44	52	68	68
15	36	44	68	88	88	92	92	92
16	44	56	76	100	100	100	100	100
17	52	68	88	100	100	100	100	100
18	52	76	88	100	100	100	100	100
19	56	84	100	100	100	100	100	100
20	76	100	100	100	100	100	100	100
Significance	p<0.01							

Table 6. Lethal concentration for 50% mortality(LC₅₀) values of each chemical for *Lymnaea viridis* after 96-hour exposure

Chemicals	LC ₅₀ values (ppm)	95% confidence limits of LC ₅₀ (ppm)
Bentazone	16.3	14.0~18.6
Mefenacet	53.3	49.2~57.4
Carbofuran	74.5	68.0~81.0
Iprobenfos	12.6	12.4~12.8

Table 7. Sublethal concentrations of chemicals for *Lymnaea viridis* after 96-hour exposure

Chemicals	LC ₁ (ppm)	Sublethal concentration(ppm)
Bentazone	1.62	0.81
Mefenacet	6.92	3.46
Carbofuran	10.04	5.02
Iprobenfos	9.17	4.59

LC₁ : Lethal concentration for 1% mortality.

에 나타났다. iprobenfos의 농도 14 ppm에서 노출 12시간에 그리고 농도 10 ppm에서 노출 48시간에 달팽이가 사망하기 시작하였으며, 20 ppm에서는 노출 24시간에 그리고 16 ppm에서는 48시간에 모든 달팽이가 사망하였다. iprobenfos에서도 달팽이의 치사율은 노출시간이 경과하고 이 약제의 농도가 높아짐에 따라 증가하였다 (p<0.01).

애기물달팽이에 대한 농약의 독성의 차이를 비교하기 위한 각 농약의 96시간 LC₅₀ 값을 Table 6에 나타냈다. LC₅₀에 의한 독성의 차이는 농약의 종류에 따라 현저하게 나타났는데 살균제인 iprobenfos가 12.6 ppm으로 4가지 약제중 가장 높은 독성을 보여 살충제인 carbofuran 보다 약 6배가 그리고 제초제인 mefenacet 보다는 약 4배가 높은 독성을 나타냈다.

노출 96시간 후 애기물달팽이에 대한 각 농약의 LC₁

值和 準致死濃度는 Table 7에 제시하였다. 준치사농도는 제초제인 bentazone이 0.81 ppm으로 가장 낮았으며, 살충제인 carbofuran이 5.04 ppm으로 가장 높아 bentazone이 carbofuran에 비해 약 6배가 높은 만성독성효과를 보였다.

고 찰

애기물달팽이는 주로 눈에 서식하고 있어서^{3,8-10}이 달팽이는 눈에 살포되는 각종 농약에 많은 영향을 받을 것으로 생각된다.^{11, 12} Watanabe¹³는 일본에서 실시한 간질증에 관한 연구에서 제초제가 눈에 서식하는 *L. olivula*의 수를 감소시킨 실험결과를 발표하였고, 위 등³ 및 金과 李⁸는 우리나라에서 실시한 애기물달팽이의 야외 생태에 관한 연구에서 농약의 殺貝能力에 관한 연구의 필요성을 제시하기도 하였다. 그래서 본 연구에서는 현재 우리나라에서 벼의 재배에 널리 사용되고 있는 농약을 선정하여 애기물달팽이에 대한 이들의 독성효과를 실험실에서 측정하였다. 실험에 사용한 각 농약에 대한 애기물달팽이의 감수성 시험결과 이 달팽이의 치사율은 4가지 약제에서 모두 농약의 농도가 높아짐에 따라 증가하였고, 농약에 노출된 시간이 경과함에 따라 증가하였다($p < 0.01$) (Table 2~5). 이러한 결과는 제초제인 fluometuron과 diuron의 *Lymnaea* spp.에 대한 독성을 관찰한 Christian과 Tate²⁰의 실험결과와 유사하였다.

본 실험에 사용된 4가지 농약의 살패능력을 비교하기 위하여 애기물달팽이를 농약에 노출시킨 96시간 후 각 농약의 中位致死濃度를 산출하여 본 결과 중위치사농도는 농약의 종류에 따라 현저한 차이를 보였다 (Table 6). 따라서 농약의 살패능력은 농약의 종류에 따라 차이가 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 33가지 유기화합물의 살패효능을 비교하였던 바 살패능력은 화합물의 종류에 따라 다양하였다고 보고한 Batte 등²¹의 결과를 뒷받침하는 것이다.

애기물달팽이를 농약에 노출시킨 96시간 후 각 농약의 준치사농도를 산출하여 본 결과 준치사농도 역시 농약의 종류에 따라 차이를 보였다 (Table 7). 준치사농도는 달팽이의 생태에 영향을 미칠 수 있는 만성독성치인데²² 본 실험에 사용된 농약중 bentazone이 0.81 ppm으로 carbofuran과 iprobenfos에 비해 약 6배 그리고 mefenacet에 비해서는 약 4배의 높은 만성독성치를 나타내었다. 이상에서와 같이 달팽이의 생태는 비교적 낮은 농도의 농약에 의해서 영향을 받을 수 있는데 특히 농약은 달팽이의 먹이인 조류의 성장에도 영향을 미치는 것으로 농약에 의한 달팽이 서식처의 오염은 달팽이의 성장과 생존에 지대한 영향을 미칠 것으로 생각된다. 그

러나 달팽이에 대한 농약의 독성은 농약의 종류 및 농도에 의해 결정되는 것이므로 실제 야외에서 농약이 달팽이에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 서식처에서 농약의 토양내 잔류량이나 農水에 희석되어 있는 농도를 측정하여 본 실험의 결과와 비교하여야 하리라 사료된다.

결 론

수도의 재배에 널리 사용되고 있는 농약의 살패효과를 알아보기 위하여 農村振興廳 濃藥研究所에서 분양받은 4종의 농약(90% 이상 표준품)을 각각 농도별로 희석하여 (0-100 ppm) 애기물달팽이에 노출시킨 후 96시간까지 12시간 간격으로 달팽이의 치사율을 조사하였던 바 농약에 의한 달팽이의 치사율은 4가지 약제에서 모두 농약에 노출된 후 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 농약의 농도가 증가함에 따라서도 달팽이의 치사율이 증가하였다($p < 0.01$). 노출 96시간 후 각 농약의 中位致死濃度(LC₅₀)는 농약의 종류에 따라 현저한 차이를 보였는데 iprobenfos가 12.6 ppm으로 4가지 약제중 가장 높은 독성을 나타냈으며, carbofuran이 74.5 ppm으로 가장 낮은 독성을 나타냈다. 노출 96시간 후 애기물달팽이에 대한 각 농약의 準致死濃度는 bentazone이 0.81 ppm으로 가장 높은 만성독성치를 갖는 것으로 나타났으며, carbofuran이 5.04 ppm으로 가장 낮은 만성독성치를 보였다.

참 고 문 헌

- Ollerenshaw CB. The ecology of the liver fluke (*Fasciola hepatica*). *Vet Rec* 1959 ; 71 : 957~963.
- 李政吉. 肝蛭의 生態學. 대한수의사회지 1992 ; 28 : 79~87.
- 魏聖河, 朴承柱, 李政吉. 肝蛭의 중간숙주인 애기물달팽이의 生態. 대한수의학회지 1991 ; 31 : 515~518.
- 李政吉, 金相基, 李採路. 肝蛭의 中間宿主인 *Lymnaea viridis*의 실험실 飼育 및 生態에 관한 研究. 대한수의학회지 1993 ; 33 : 277~283.
- Roberts EW. Studies on the life-cycle of *Fasciola hepatica*(Linnaeus) and of its snail host, *Lymnaea (Galba) truncatula* (Müller), in the field and under controlled conditions in the laboratory. *Ann Trop Med Parasit* 1950 ; 44 : 187~206.
- Ross JG. An epidemiological study of fascioliasis in sheep. *Vet Rec* 1967 ; 80 : 214~217.
- Heppleston PB. Life history and population fluctua-

- tions of *Lymnaea truncatula*(Mull), the snail vector of fascioliasis. *J Appl Ecol* 1972 ; 9 : 235~248.
8. 金相基, 李政吉. 민물에 서식하는 에기물달팽이의 野外生態. 한국패류학회지 1992 ; 8 : ○○○~○○.
 9. 張斗煥, 徐明得, 田桂植. 간질의 생태와 진단액에 관한 연구. 서울대학교 수의대 논문집 1979 ; 4 : 142~157.
 10. 張斗煥, 尹熙貞, 田桂植. 肝蛭被囊幼蟲의 生産에 관한 研究. 대한수의학회지 1987 ; 27 : 291~299.
 11. 박진열, 노용기, 위성하 등. 전남지방 한우의 간질층 감염조사. 대한수의사회지 1982 ; 18 : 44~47.
 12. 강영배, 김용희, 강승원 등. 도축위생검사법에 의한 우간질 전국 감염분포 실태조사. 가축위생 특정연구과제 사업결과보고서 1982 ; 23~46.
 13. Watanabe S. Fascioliasis of ruminants in Japan. *Bull Off Int Epiz* 1962 ; 58 : 313~322.
 14. Kendall SB. The life-history of *Lymnaea truncatula* under laboratory conditions. *J Helminthol* 1953 ; 27 : 17~28.
 15. Wilson RA, Taylor SL. The effect of variations in host and parasite density on the level of parasitization of *Lymnaea truncatula* by *Fasciola hepatica*. *Parasitology* 1978 ; 76 : 91~98.
 16. Smith G. The relationship between the density of *Fasciola hepatica* miracidia and the net rate of miracidial infections in *Lymnaea truncatula*. *Parasitology* 1987 ; 95 : 159~163.
 17. 농약공업협회. '92 농약사용지침서. 동방문화사. 서울. 1992 ; 5~496.
 18. Finney DJ. *Probit analysis*. 3rd ed. Cambridge Univ Press, Cambridge. 1971 ; 21~99.
 19. 朴堯燮. 濃藥에 의한 참잉어 및 이스라엘잉어의 急性 毒性 比較. 전남대학교 대학원 석사학위논문 1991 ; 3~39.
 20. Christian FA, Tate TM. Toxicity of fluometuron and diuron on the intermediate snail host(*Lymnaea* spp.) of *Fasciola hepatica*. *Bull Environ Contam Toxicol* 1983 ; 30 : 628~631.
 21. Batte EG, Swanson LE, Murphy JB. New molluscicides for the control of fresh water snails. *Am J Vet Res* 1951 ; 12 : 158~160.
 22. Christian FA, Thompson JA. Sublethal effects of 2, 2-dichloropropionic acid(Dalapon) on *Fossaria cubensis*, intermediate host of the liver fluke, *Fasciola hepatica*. *Bull Environ Contam Toxicol* 1990 ; 45 : 343~349.