

Heptachlor에 의한 호프식물 및 한삼덩굴의 생육시기별 약해에 관한 연구

한대성* · 박창규** · 손철욱*** · 허장현*

Studies on the Heptachlor-caused Phytotoxicity at the Growing Stage of Hop and Hansam Vine

Dae-Sung Han*, Chang-Kyu Park**, Chul-Uk Son***, Jang-Hyun Hur*

Abstract

This study was conducted to clarify the translocation and the phytotoxicity of soil treated Heptachlor (0.1ppm) and Heptachlor epoxide (0.1ppm) on Hop plants and Hansam vine. Residues in the soils and the plants were analyzed and phytotoxic patterns were investigated at the different growing stages. Photosynthetic rate and chlorophyll contents were measured. The results were summarized as follows:

1. At the second growing stage, 40 days after transplanting, severe damages by Heptachlor were observed on root of Hop. Growth rate on top and root parts of Hop was retarded from the third growing stage, 70 days after transplanting. The damages seemed to be caused by Heptachlor epoxide rather than by Heptachlor.
2. Residues of Heptachlor and Heptachlor epoxide in the plants, Hops and Hansam vine, were high at the second growing stage in comparison with those at the other stages. Residual levels in the plant parts were in order of root > stem > leaf.
3. Inhibition of photosynthetic rate was more serious in Hop plants than those in Hansam vine. The photosynthetic rate was suppressed at the second growing stage by Heptachlor epoxide and greatly reduced at the third growing stage.
4. Chlorophyll contents were not significantly changed in Hops and Hansam vine. Decreasing trends of the chlorophyll contents in both plants treated with the pesticides were similar to those of control plants.

* 강원대학교 농과대학 농화학과, 강원도 춘천시 효자 2동 192-1

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kangweon National University, 192-1 Hyoja-2 dong, Chuncheon, Korea

** 서울대학교 생명과학대학 농화학과, 경기도 수원시 권선구 서둔동

Department of Agricultural Chemistry, College of Agricultural and Life Science, Seoul National University, Suwon, Korea

*** 경상북도 경주시 구황동 동오화학(주)

Dong-O Chemical Co. Ltd., Ku-whang dong, Kyungju, Korea

서 론

1945년을 전후하여 DDT를 비롯한 유기염소계 농약들이 개발된 이래로 농약들은 저렴한 제조원가, 우수한 해충방제효과 등의 장점으로 인하여 한때 많은 각광을 받은 바 있다. 그러나 이 계열 농약들이 화학적으로 대단히 안정하여 살포된 후에도 모화합물이 장기간 자연계에 존재하거나, 생물학적 활성이 강한 유도체로 변형되어 환경 중에 잔류하게 됨으로써 생태계와 여러 생물종에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.^{1,2)} 이러한 유기염소계 화합물들은 1970년대에 들어서면서 사용이 금지된 이후에도 전세계에 걸쳐 농업환경 중의 수질, 토양, 대기 등에서 지속적으로 검출되고 있어, 환경오염 차원에서 많은 주목을 받아왔다.

유기염소계 농약의 하나인 Heptachlor는 Chlordene 제조시 부산물로 발견되어 1949년부터 농약으로 사용되어 왔다. 우리나라에서는 1962년 경부터 주로 아이노각다구, 풍뎅이류, 방아벌레류, 도둑나방, 고자리 파리 및 기타 토양해충 방제에 사용해 왔으며, 토양 잔류성으로 인하여 1979년에 사용이 금지되기 전까지 탁월한 효과와 저렴한 가격 때문에 널리 사용되어 왔다.

맥주제조의 주원료로 사용되는 Hop는 강원도 고랭지에서 재배되는 고소득 작물이나, 일부 신질 재배 농가에서 발생한 약해로 인하여 폐원되는 사례가 빈번하였고, 약해의 원인이 Heptachlor 잔류성분에 의한 것이 아닌가하는 추정하에 여러가지 연구가 진행되어 왔다. 일본 喜多方 Hop 관리센터에서 수행한 실험에서 Hop의 약해가 Heptachlor의 사용전력이 있는 토양에서 일어난다는 것이 보고⁴⁾ 된 이래, 국내에서는 박동이 Heptachlor의 토양 잔류에 의한 Hop의 피해를 추적하였고,^{3,6,7)} Heptachlor에 의한 약해가 Heptachlor 자체보다는 분해산물인 Heptachlor epoxide에 의하여 더욱 심한 약해가 유발됨을 밝혀냈다.

본 실험은 공시 약제로 사용한 Heptachlor와 Heptachlor epoxide가 Hop의 생육에 있어서 어느 시기에 약해를 초래하며, 그 약해의 양상이 어떤것인가를 규명하기 위하여 Hop와 함께 같은 과의 잡초인 한삼당굴을 공시식물로 하여 생육시기 별로 생육조사를 실시하고, 이들 약제의 이행량과

이에 따른 약해의 양상을 비교 검토하였다. 이와 병행하여 두 공시 식물의 약해의 원인을 규명하고자 생육 시기별로 광합성능과 chlorophyll 함량을 조사하였다.

재료 및 방법

가. 포장시험 및 시료조제

공시토양은 춘천군 천전리 소재 강원대학교 농장 부근에서 채취한 산지 사양토이었다. 생육실험의 시작과 종료시에 각 pot에서 토양시료를 채취하여 유기염소계 농약인 Heptachlor(1, 4, 5, 6, 7, 8, 8-heptachloro-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-4, 7-methanoindene)와 Heptachlor epoxide(1, 4, 5, 6, 7, 8, 8-heptachloro-2, 3-epoxy-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-4, 7-methanoindene)의 GLC-ECD 분석을 위한 시료로 사용하였다.

Hop(*Humulus lupulus L*)는 강원도 횡성군 소재, 동약맥주(주) 회사의 Hop 시험포장에서 3년생 신주조생의 지하경 (직경 6.5 ~ 10mm, 길이 10cm)을 분양받아 사용하였으며, 한삼당굴 (*Humulus japonicus sieb. et. Zucc*)은 강원대학교 실험농장 부근에 자생하는 야생유묘를 공시식물로 사용하였다. Heptachlor와 Heptachlor epoxide를 각각 0.1ppm으로 처리한 pot에서 생육된 Hop 및 한삼당굴은 영양생장기에 해당하는 6월 10일(1차시기), 개화 또는 구화기에 해당하는 7월 10일(2차시기), 성숙초기에 해당하는 8월 10일(3차시기) 및 성숙후기에 해당하는 9월 10일(4차시기)에 뿌리, 줄기 및 잎 등을 각 기관별로 채취하여, 비닐봉투에 밀봉한 후, 이들 시료 중의 농약잔류량을 분석할때까지 냉장고(-10℃)에 보관하였다.

광합성능을 측정하기 위한 Hop와 한삼당굴의 시료는 Heptachlor와 Heptachlor epoxide를 0.1ppm으로 처리한 pot에서 Hop와 한삼당굴의 정단으로부터 7번째 잎을 엽병 부분까지 절취한 후 종류수에 꽃아서, 광합성능을 측정할때까지 실온에서 보관하였다. Chlorophyll a,b의 함량을 측정하기 위한 시료는 광합성능을 측정하기 위하여 채취한 시료의 하단 측지의 잎을 채취하였다.

잔류농약분석용 기기로는 GLC-ECD(Varian Vista- 6000)를 이용하였고, 광합성 측정기기로는 The Analyti-

cal Development Model 225-MK3를 사용하였다.

나. 토양시료의 추출과 정제⁷⁾

풍건시킨 공시토양을 2mm체로 쳐서 10g을 250ml 삼각 플라스크에 옮기고 여기에 0.2M NH₄Cl용액 7ml를 가하여 15분간 방치시킨 후, 100ml n-Hexane:Acetone (1:1, v/v) 혼합액을 넣고 12시간 진탕추출하였다. 진탕후 용매층이 분리되면, 10g의 florisil을 채운 정제용칼럼 (내경 22mm)에 상등액을 부었으며, 이때 용출액은 분액깔대기(A)에 받았다. 삼각 플라스크의 토양시료는 n-Hexane:Acetone (1:1) 혼합액 25ml로 두번 씻어 분액깔대기(A)에 합하였다. 다시 분액깔대기(A)에 증류수 100ml를 가하고 포화 Na₂SO₄ 용액 2ml를 가하여 30초간 진탕한 후, 수층을 분액깔대기(B)에 받았고 50ml n-Hexane과 포화 Na₂SO₄ 용액 2ml를 가하여 다시 30초간 진탕한 후 Hexane층을 분액깔대기(A)에 합하였다. 여기에 다시 증류수 100ml 와 포화 Na₂SO₄용액 2ml를 가하고 수층을 버렸다. 용매층은 무수 Na₂SO₄ 층을 통과시켜 수분을 제거하고 감압농축시켰다. 10g의 활성화시킨 florisil과 5g의 무수 Na₂SO₄를 채운 정제용칼럼(내경 22mm)에 petroleum ether 50ml를 가하여 칼럼을 세척한 후 시료를 옮기고 200ml의 6%- ethyl ether/petroleum ether 혼합액으로 용출시켰다. 용출액은 5ml까지 감압농축하여 GLC-ECD를 사용하여 분석을 행하였다.

다. 식물시료의 추출과 정제

잘게 절단한 시료 5g에 200ml의 Acetonitrile을 가하고 Homogenizer로 10분간 마쇄추출한 후, Büchner funnel 위에 여과지를 깔고 그 위에 10g의 Celite 545를 덮어 흡인여과하고 이 여액을 500ml 감압 플라스크에 받았다. 이 여액을 1L 분액깔대기에 옮기고 여기에 100ml의 petroleum ether와 600ml의 증류수 및 10ml의 포화 NaCl을 차례로 가하여 1분간 진탕한 후 정치시켜 층을 분리하였다. Acetonitrile-H₂O층을 제거하고 100ml의 증류수와 10ml의 포화 NaCl용액으로 2회 반복 세척한 후, 10ml의 포화 NaCl용액으로 한번 더 세척하였으며, 이를 15g의 무수 Na₂SO₄를 통과 시켜 수조상에서 5ml로 농축시켰다. 10g의 활성화시킨 florisil과 5g의 무수

Na₂SO₄를 채운 정제용 칼럼(내경 22mm)에 petroleum ether 40ml를 가하여 칼럼을 세척한 후 시료를 옮기고 200ml의 6%-ethyl ether/petroleum ether 혼합액으로 용출시켰다. 용출액은 5ml까지 감압농축하여 GLC-ECD를 사용하여 분석을 행하였다.

라. GLC 분석

GLC 분석 조건은 다음과 같다.

Gas chromatograph: Varian Vista-6000
 Detector: ECD (⁶³Ni)
 Column: 3% OV-210, 2m×4mm(i.d.) spiral glass column
 Temperature: column oven 160°C
 detector block 270°C
 injection port 200°C
 Gas flow rate: carrier N₂ 40ml/min.

마. 광합성능 및 chlorophyll a,b의 함량 측정

Hop와 한삼덩굴의 잎을 채취한 후, 엽병부분을 물속에서 안전면도날로 절단하여, 물을 채운 5ml의 vial에 엽병을 담고 엽병에 온도감지장치를 부착시켰다. 이와같이 잎을 고정시킨 vial을 동화상자 안에 넣고 외부와의 공기 유통을 차단하였다. 동화상자안의 공기중 CO₂ 농도를 균일하게 하기 위하여 상자안에는 소형 fan을 부착시켰다.

공기는 2L/min의 유속으로 공급하였고, 동화상자의 조명은 50Lux로 하였으며 잎의 온도는 열 전대식 기록계와 물 순환식 온도조절기를 이용하여 25°C(+0.1°C)로 유지하였다. 광합성에 의해서 소모된 CO₂의 농도는 적외선 CO₂ 분석기를 이용하여 측정하였다. 잎의 단위면적당 광합성능은 다음식에 의하여 계산하였고 이를 광합성능의 상대적 지표로 삼았다.

$$Pn \text{ CO}_2 \text{ mg/dm}^2/\text{hr} = \frac{(a-b)}{10^5} \times \frac{44}{22.4} \times V \times 60 \times \frac{100}{A} \times \frac{273}{273+T}$$

Pn: 단위면적당 CO₂ 고정속도

V : 공기유입량(2ml/min)

a : 유입된 공기중 CO₂의 농도 (ppm)

b : 유출된(광합성 후) 공기중의 CO₂ 농도(ppm)

A : 광합성 측정에 이용한 시료의 엽면적(cm^2)

T : 실온($^{\circ}\text{C}$)

chlorophyll a 및 b의 함량을 측정하기 위하여 채취한 잎들을 안전 면도날로 100g 내외가 되도록 절취하여 정평하고, 시험관 속에 넣은 후 10ml의 DMSO를 가하고, 65 $^{\circ}\text{C}$ 에서 3시간 동안 추출하였다. 추출액의 흡광도는 UV-vis spectrophotometer를 사용하여 663nm와 645nm에서 각각 측정한 후 Arnon이 제안한 식에 의하여 chlorophyll a, b 및 a+b의 함량을 계산하였다.

$$\text{chlorophyll a } (\mu\text{g/ml}) = 12.7 \text{ A663} - 2.59 \text{ A645}$$

$$\text{chlorophyll b } (\mu\text{g/ml}) = 22.9 \text{ A645} - 4.67 \text{ A663}$$

$$\text{Total chlorophyll } (\mu\text{g/ml}) = 20.29 \text{ A645} - 8.05 \text{ A663}$$

상기식에 의해 추출액 1당 mg으로 계산된 색소함량은 생엽중 1g 당 색소함량으로 환산하여 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 생육 시기별 Heptachlor 및 Heptachlor epoxide의 약해

Hop 및 한삼덩굴의 Heptachlor와 Heptachlor epoxide에 의한 약해를 비교하기 위하여 pot재배를 실시하였으며, 생육시기별로 Hop와 한삼덩굴의 경엽중, 근중을 조사한 결과는 Figure 1과 Figure 2에 나타내었다.

Hop의 경우 Heptachlor와 Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구의 지상부(줄기+잎) 및 지하부(뿌리)의 무게에서 생육저해현상을 뚜렷하게 관찰할 수 있었으나 (Figure 1, 2), 한삼덩굴의 경우 대조구와 약제처리구의 지상부 무게비교에서 생육이 진전됨에 따라 다소의 저해는 관찰되었으나, Hop에서처럼 현저한 약해는 관찰되지 않았으며, 지하부의 무게는 대조구에 비하여 전혀 약해가 인정되지 않았다.

Hop 지하부의 무게는 Heptachlor 0.1ppm 처리구의 경우, 2차시기에서 대조구의 90.5%로 약간의 감소를 보였으며, 3차시기에서는 81.8%로 감소하였고, 4차시기에서도 70%로 무게가 줄어드는 것으로 보아 약제처리후

시간의 경과에 따라 시기별로 10%씩의 감소경향을 보였다. 이로 미루어 토양에 처리된 Heptachlor가 Heptachlor epoxide로 전환되면서 약해를 보이는 것으로 추정되었다. Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구의 경우, 대조구와 비교해 보면 2차시기부터 지상부 무게의 44%로, 3차시기에는 32.4%인 것으로 나타나 생육저해가 Heptachlor 0.1ppm 처리구에서보다 현저함을 보였다. 이러한 현상은 Gannon, Decker 등의 실험에서 Heptachlor epoxide가 그 모화합물인 Heptachlor 보다 더 독성이 강하다는 보고와 일치되는 결과였다.^{2, 8)}

Hop 지하부의 무게는 지상부의 무게와는 현저한 차이를 나타내었다. Heptachlor 0.1ppm 처리구에서 2차시기의 지하부의 무게는 대조구의 34.1%로 지상부의 90%에 비해 더욱 심한 약해를 받았음을 알 수 있었으나, 4차시기에서는 대조구의 51%로 지상부와 비슷한 정도로 생육이 회복되는 것을 볼 수 있었다. Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구의 경우, 2차시기에서 대조구의 31%로 지상부에 비해 약해 증상이 더 진전되었으며, 3차시기에서는 16.6%로 극심한 약해를 관찰할 수 있었다. 이는 지상부에서와 마찬가지로 2차시기부터 약해가 유발되기 시작하여, 생육 후반기에는 심하게 약해가 진전되었음을 보여주는 것이었다.

위에서 본 바와 같이 Heptachlor의 경우, Hop의 지하부는 지상부에 비해 생육 저해가 심하게 나타났으며, Heptachlor epoxide의 경우도 지하부의 무게는 지상부의 무게보다 더욱 심한 감소 경향을 나타내었고, Heptachlor나 Heptachlor epoxide의 잔류에 의한 Hop의 감수성이 담배나 한삼덩굴에 비해 훨씬 크다는 보고³⁾ 와도 일치되었다.

한삼덩굴의 생육은 Hop의 생육과는 차이를 나타내었다. 지상부의 경우 Heptachlor 0.1ppm 처리구에서는 2차시기에서 대조구무게의 64.2%, 3차시기에서 65.2%를 각각 나타내었으나 4차시기에서는 대조구와 비슷한 생육상을 보여주었으며, Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구에서는 2, 3, 4차시기에 대조구 무게의 51.3%, 63.3% 그리고 88.6%를 각각 보여주었다. 이는 Hop의 지상부 생육과 비교할 때, 한삼덩굴이 Hop보다 처리약제에 대한 감수성이 미약하다는 것을 나타내는 것이다. 그러나

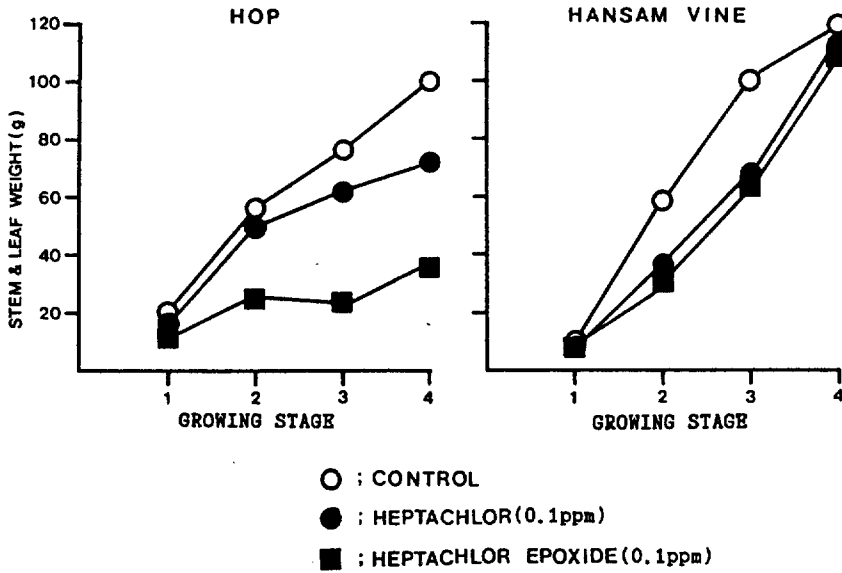


Figure 1. Effect of the soil-applied Heptachlor and Heptachlor epoxide on the stem and leaf weight of Hop and Hansam vine at the growing stages.

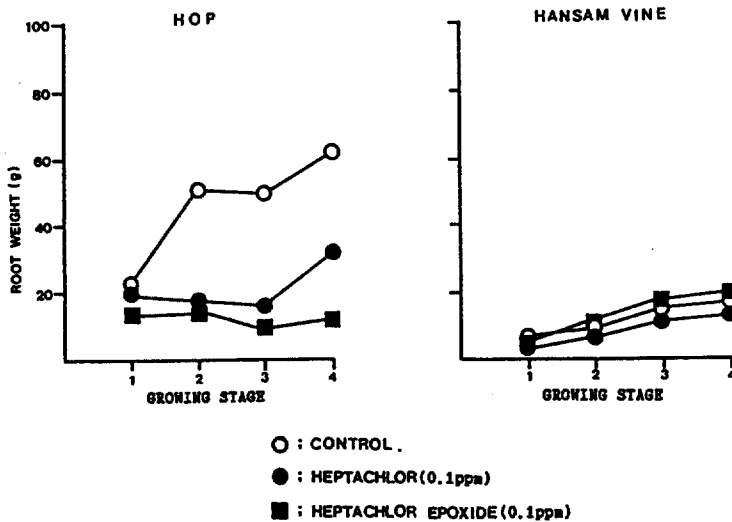


Figure 2. Effect of the soil-applied Heptachlor and Heptachlor epoxide on the root weight of Hop and Hansam vine at the growing stages.

Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구에서 지하부의 경우 2차시기에서는 거의 대조구의 무게와 비슷하다가 3차 시기부터는 대조구보다 더 성장하였다.

2. 생육 시기별 Heptachlor 및 Heptachlor epoxide의 식물체내 분포

Hop와 한삼덩굴의 0.1ppm의 Heptachlor와 Heptachlor

epoxide를 토양처리한후 생육 시기별로 그 잔류량을 조사한 바 100일간의 재배기간중 토양처리한 Heptachlor와 Heptachlor epoxide의 약 69~87%가 토양에 잔류하였으며 (Table 1), 이것은 韓의 보고³⁾와 유사한 결과였다.

Heptachlor를 처리한 경우, 토양과 작물체내에서 에폭시화되어 Heptachlor epoxide가 검출되었다는 보고와 같이 본 실험에서도 Heptachlor 처리구에서 Heptachlor epoxide의 잔류가 확인됨으로써, 당근, 사탕무우, 양파, 감자, 오이, 알팔파, 대두, 옥수수 등의 실험에서와 같이 Hop식물체 내에서도 Heptachlor가 Heptachlor epoxide로 전환되는 것을 관찰할 수 있었다.^{2, 8-15)}

Hop는 1차시기보다 2차시기의 시료에서 Heptachlor

및 Heptachlor epoxide가 월등히 많이 잔류됨을 보였다. 3차시기에서는 Heptachlor의 잔류량은 토양의 잔류량과 비슷한 수준을 보였으나, Heptachlor epoxide의 경우에는 토양내의 Heptachlor로부터 전환된 Heptachlor epoxide의 양이 Heptachlor의 양보다 많았다. 뿌리에 심한 생육저해가 유발된 것도 2차시기 이후 식물체내에 축적된 Heptachlor epoxide의 잔류량과 상관 관계가 있는 것으로 밝혀졌다. Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구의 경우, 2차시기에서 지상부와 지하부에 모두 약해를 보였는바, 뿌리에서 Heptachlor epoxide의 잔류량이 Heptachlor에 비해 월등히 많은 것으로 보아 당연한 결과라고 생각되며, 특히 지상부의 생육에 큰 영향을 준것은 Hepta-

Table 1. Contents of Heptachlor and Heptachlor epoxide in plants in the Heptachlor and Heptachlor epoxide - applied soils at the growing stages.

Plants	Pesticide	Treated Conc.(ppm)	Growing Stage*	Contents and Level (ppm)			
				Stem	Leaf	Root	Soil
Hop	Heptachlor	0.1	1	0.006 (ND)**			0.035 (0.018)
			2	0.031 (0.029)	0.009 (0.010)	0.083 (0.056)	
			3	0.014 (0.016)	0.004 (0.009)	0.048 (0.057)	0.044 (0.025)
	Heptachlor epoxide	0.1	1	0.037	0.037	0.087	
			2	0.015	0.054	0.210	
			3	0.075	0.037	0.192	0.076
Hansam vine	Heptachlor	0.1	1	0.028 (ND)			0.086 (0.055)
			2	0.129 (0.079)	0.011 (0.008)	0.199 (0.159)	
			3	0.033 (0.042)	0.008 (0.012)	0.044 (0.058)	0.049 (0.028)
	Heptachlor epoxide	0.1	1	0.041	0.041	0.094	
			2	0.122	0.046	0.224	
			3	0.115	0.048	0.196	0.087

*: Growing stages ; 1. June 10 2. July 10 3. August 10

** : Not detected

(italic) : Residues of Heptachlor epoxide

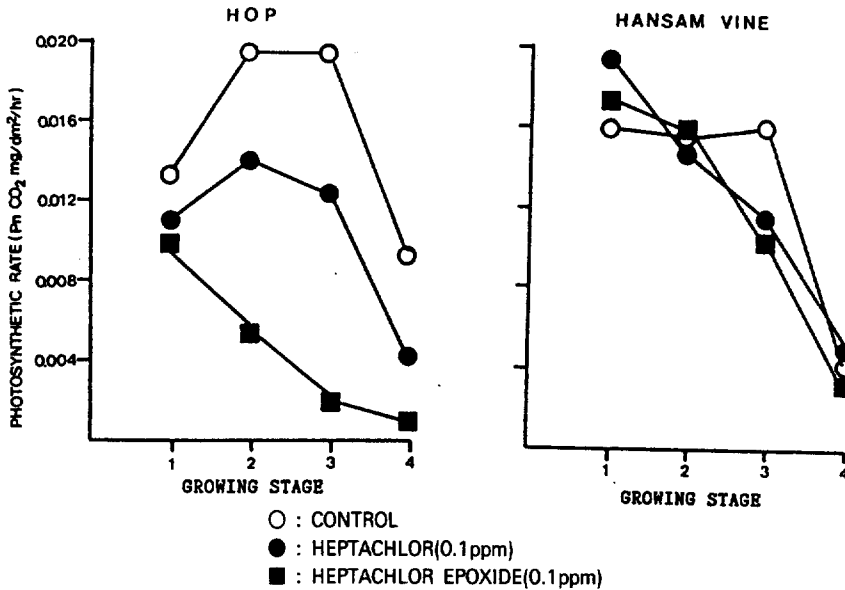


Figure 3. Effect of the soil-applied Heptachlor and Heptachlor epoxide on the photosynthetic rate of Hop and Hansam vine at the growing stages.

chlor의 식물체내 이행이 충분히 일어난 2차시기 이후라는 점이 특이하다.

한삼덩굴의 경우, Heptachlor와 Heptachlor epoxide 공히 2차시기에서 가장 많은 잔류를 보였으며, 3차시기에서도 상당한 잔류량이 검출되었으나 생육저해와는 상관관계를 보이지 않았다.

Hop와 한삼덩굴 공히 공시약제의 잔류량은 뿌리 > 줄기 > 잎의 순서로 나타났으며, 이것은 韓,³¹ Schimide³⁰ 등의 실험에서도 같은 결과였다. Hop의 지하부와 지상부의 무게는 Heptachlor 및 Heptachlor epoxide의 잔류량간에 상관관계를 보이지 않았으나, 2차시기 이후부터 급격히 다량으로 이행된 Heptachlor와 Heptachlor epoxide의 잔류가 Hop의 지하부 및 지상부의 생육에 크게 영향을 준것으로 추정할 수 있다. 한삼덩굴 체내로 이행된 Heptachlor 및 Heptachlor epoxide의 양이 Hop에 비하여 많았음에도 불구하고 한삼덩굴의 생육은 크게 저해받지 않았으며, 지상부와 지하부의 무게도 생육이 진행됨에 따라 두 약제처리구에서 대조구와 비슷한 증가 추세를 보였다. 이러한 결과로부터 Heptachlor와 Hep-

tachlor epoxide에 대한 감수성에 있어서 Hop가 한삼덩굴보다 훨씬 크다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 광합성능과 chlorophyll의 생육시기별 저해

Hop의 Heptachlor 0.1ppm 처리구인 경우, 2차시기에서 대조구에 비해 68.7%로 광합성 저해가 나타났다(Figure 3). 이는 식물체내 잔류분석 결과와 비교해볼때 공시약제의 잔류량이 많았던 2차시기와 상호연관이 있음을 알 수 있었으며, 3차시기에서 대조구의 60%, 4차시기에서 대조구의 44%로 광합성능이 점차로 저하됨을 알 수 있었다. Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구에서는 대조구에 비해 1차시기에는 69.2%, 2차시기에는 25%, 3차시기에는 8.5%, 4차시기에는 11.1%로 광합성능이 저해되었으며, 대조구에 비하여 전생육기간에 걸쳐 저해를 받은 것으로 나타났다. 이는 Hop의 생육이 Heptachlor epoxide처리구에서 가장 심한 약해를 받은 생육실험의 결과와 일치하는 것이다.

한삼덩굴의 경우, Heptachlor와 Heptachlor epoxide 처리구와 각 시기에서 대조구에 비해 약간의 감소는

인정되었으나 Hop에서처럼 현저한 차이는 나타나지 않았으며, 이것은 생육실험에서 확인된 바와 같이 생육저해를 거의 받지 않은 경향과도 같은 결과였다.

Heptachlor와 Heptachlor epoxide의 0.1ppm 처리구에서 Hop의 경우, chlorophyll 함량의 변화는 대조구와 비슷한 경향을 보였고 색소 함량 감소율은 생육실험이나 광합성능 비교 실험에서 현저히 나타나지는 않았다. 그러나 생육시기에 따른 chlorophyll 함량은 공시약제의 종류에 관계없이 생육시기의 진전에 따라 감소되는 경향을 보였다. Hop에서 나타난 광합성능 저해에 대해 韓은 광합성 색소 함량의 감소, 엽록체 막구조의 변화 및 이로 인한 기능의 저해에서 찾을 수 있다고 하였다.³⁾

한삼덩굴의 경우는 광합성능 비교에서와 마찬가지로 공시약제 처리에 따른 약간의 Chlorophyll 감소가 있었을 뿐 현저한 차이를 찾아볼 수는 없었으며 생육시기별로도 대조구와 큰 차이가 없었다.(Figure 4) 이는 생육실험, 광합성능 및 전술한 두 약제에 의한 한삼덩굴의 감수성이 Hop에 비해 저항성이 크다는 추정을 뒷받침해 주고 있다.

적 요

본 연구는 토양에 처리한 Heptachlor (0.1ppm)와 Heptachlor epoxide (0.1ppm)가 Hop와 한삼덩굴에 미치는 약해의 특성을 알아보기 위하여, 토양과 식물체 내의 약제의 잔류량, 생육시기에 따른 약해의 경향, 광합성능, 그리고 chlorophyll 함량에 대한 조사를 수행하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Heptachlor와 Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구에서 Hop의 생육조사 결과 Heptachlor 0.1ppm 처리구에서는 2차시기부터 지하부에서 심한 약해를 유발하였으며, 3차시기에서는 지상부, 지하부 공히 심한 생육저해를 받았다. Heptachlor epoxide 0.1ppm 처리구에서는 2차시기부터 지상부, 지하부 모두 약해가 유발되었으며, 3차시기부터는 생육저해가 지속되었다. 공시약제간에는 Heptachlor epoxide 처리구가 Heptachlor 처리구에 비하여 지하부와 지상부 공히 심한 약해를 나타내었다.

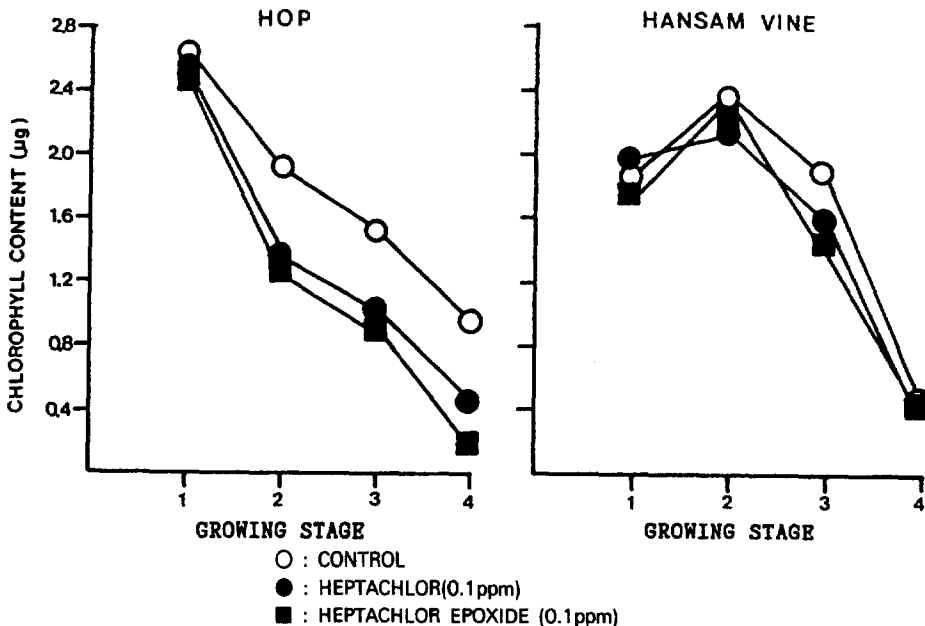


Figure 4. Effect of the soil-applied Heptachlor and Heptachlor epoxide on the chlorophyll content of Hop and Hansam vine at the growing stages.

2. Hop 및 한삼덩굴에서 Heptachlor 및 Heptachlor epoxide의 잔류량은 뿌리 > 줄기 > 잎의 순서이었으며, 공시식물의 각 생육시기별 잔류량도 뿌리 > 줄기 > 잎의 순서이었다. 공시식물의 각 생육시기별 잔류량은 2차시기에 가장 많았다. 공시약제 간에는 Heptachlor에 비하여 Heptachlor epoxide의 잔류량이 많았으며 공시식물간에는 2차시기 이후에 Hop보다 한삼덩굴에서 더 많은 잔류를 보였지만 약해의 양상은 Hop에서 심하게 나타났다.
3. 광합성능에서 Hop는 heptachlor처리구에서 2차시기부터 저해가 나타났으며, Heptachlor epoxide처리구의 경우 1차 및 2차시기에서도 광합성능이 저조했으며, 3차시기에서는 심한 저해를 나타냈다. 그러나 한삼덩굴의 경우 공시약제간, 생육시기별 광합성능의 저해는 거의 나타나지 않았다.
4. Chlorophyll의 함량에 있어서는 Hop의 경우, 공시약제 처리구에서 생육실험이나 광합성능에서 처럼 현저한 차이는 없었고, 생육시기별 Chlorophyll의 함량에서도 대조구에 비하여 큰 차이는 없었다. 한삼덩굴의 경우, 공시약제간 Chlorophyll함량의 감소는 큰 차이가 없었으며 생육시기별로도 같은 경향이었다.

참고문헌

1. Edward, C.A.(Rothamsted Exp.) Environmental pollution by pesticide, plenum Press Inc. Chap. 11. 409, 1973.
2. Gannon, and G.C. Decker, The conversion of Heptachlor to its epoxide on plants, J. Econ. Entmol., 15: 3~7, 1958.
3. 한대성, Heptachlor에 의한 호프식물의 약해에 관한 연구, 서울대학교 대학원 농학박사 학위논문, 1988.
4. Kirin Beer Ltd, 喜多方 ホッフ 管理セソタ. Heptachlor의 解毒, 藥害緩和に關する 基礎試驗. 昭和47年度 ホッフ栽培 試驗 報告書, 70~79, 1972.
5. Kirin Beer Ltd, 喜多方 ホッフ 管理セソタ. Heptachlor의 解毒, 藥害緩和に關する 基礎試驗. 昭和48年度 호ッフ栽培 試驗 報告書, 38~45, 1973.
6. 박경열, 허범량, 한대성, Hop에 대한 Heptachlor 피해양상 조사, 강원도 농진원보고, 403, 1983.
7. 박경열, 이동우, 박창규, 한대성, Heptachlor 토양잔류가 Hop의 생육에 미치는 영향 제 1보 Heptachlor에 의한 Hop피해양상, 한국농화학회지, 제 1권 제 2호, 99~104, 1982.
8. Gannon, N., and J.H. Bigger, The conversion of Aldrin and Heptachlor to their epoxides in soil. J. Econ. Entmol., 51:1~2, 1958.
9. Dawsey, L.H., D.W. Woodham and C.S. Lofgrem, Heptachlor and Heptachlor epoxide residues in truck crop, J. Econ. Entomol., 54:1264, 1961.
10. Allen, W.R., W.L. Askew, and K. Schreiber, Insecticidal control of the sugar-beet root maggot and yield of sugar beet, J. Econ. Entomol., 54:178, 1961.
11. Elmer, H. Marth, Residue and some effects of chlorinated hydrocarbon insecticides in biological material, Residue Reviews., 9:1~86, 1965.
12. Gannon, and G.C. Decker, The conversion of Aldrin to Dieldrin on plants, J. Econ. Entmol., 51:8, 1958.
13. Harris, C.R. and W.W. Sans, Absorption of organochlorine insecticide residues from agricultural soils, J. Agri. Food Chem., 15:861~863, 1967.
14. Lichtenstein, E.P. and K.R. Schulz, Breakedown of Lindane and of Aldrin in soils, J. Econ. Entmol., 5 2:118~123, 1959.
15. Lichtenstein, E.P. and K. P. Schulz, Epoxidation of Aldrin and Heptachlor in soils as influenced by autoclaving, moisture and soil types, J. Econ. Entmol., 53:192~197, 1960.
16. Schimide, K. Rastetter, A., Residue investigations of insecticides on dried tobacco samples from field and green house, Coresta Inform. Spec. 19: 2381, 1968.