

## 뽕잎 및 대기 중 누에영향물질 모니터링 및 독성조사

박경훈 · 박연기 · 이회동 · 박병준 · 주진복 · 손봉희<sup>1</sup> · 강필돈<sup>1</sup> · 김미자<sup>1</sup> · 성수일<sup>2</sup>  
농업과학기술원 농산물안전성부, <sup>1</sup>농업생물부, <sup>2</sup>수원대학교 자연과학대학

## Monitoring of Toxicants Affecting Metamorphosis of Silkworm in Mulberry Leaves

Kyung-Hun Park, Yeon-Ki Park, Hee-Dong Lee, Byung-Jun Park, Jin-Bok Joo,  
Bong-Hee Sohn<sup>1</sup>, Pil-Don Kang<sup>1</sup>, Mi-Ja Kim<sup>1</sup> and Su-Il Seong<sup>2</sup>

Department of Crop Life Safety, <sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, NIAST, Suwon 441-100, Korea,  
<sup>2</sup>College of National Sciences, University of Suwon, Hwasung 445-890, Korea

### ABSTRACT

The current study was performed to clarify the pupation disorder symptoms in silkworm which herbicide, molinate has been regarded as a causal origin. Molinate residues in mulberry leaves was monitored in major rearing area of silkworm; Yeacheon, Sangju and Namwon. Detected range of the molinate in mulberry leaves was 0.002 to 0.013 mg/kg and detection frequency was 30.0 to 81.8%. Molinate concentration in the air of mulberry tree growing area was 0.004 µg/m<sup>3</sup>. Water diluted solution of molinate at the concentration of 1, 10, 100 mg/l gave no abnormal symptoms in silkworm irrespective of spraying to silkworm or spiking to diet. Exposing the silkworm to the air containing 250, 2,500, and 10,000 µg/m<sup>3</sup> also revealed no abnormal symptom. These results illustrated that the abnormal growth of silkworm encountered in the field was not caused by pesticide contamination.

**Key words :** Silkworm, Pupation disorder, Herbicide, Abnormal symptom

### 서 론

1995년 경북 누에사육농가에서 봄누에가 5령 7~8일이 지나도 고치를 짓지 못하고 유충상태로 지속되는 생리 이상의 발생으로 누에를 폐기하는 등 누에에 이상증상이 관찰되었는데, 이런 현상은 1998년 및 1999년까지는 경북 일원 누에사육지에 국한되다가 2002년 봄누에 사육에서 전국 6개도 174농가 558상자에서 생리이상 누에가 발생(41.5%)하여 피해 사실이 보고(농과원, 청장보고, '02.8.9)된 바 있다.

일본의 小林등(1995)은 IGR계 농약 중 fenoxycarb를 100억배 희석하여 살포하여도 누에에 영향이 있다는 보고를 하였으며, 김 등(1995)도 fenoxycarb가 주성분인 fenoxycarb WP를 1000배 희석하고 뽕잎에 처리하여 누에를 사육한 결과 5령기간의 연장과 폐사, 화용비율이 감소한다고 보고한 바 있다. 이에 따라 농업과학기술원에서는 누에 생

리이상 현상의 원인으로 곤충생장조절제 농약을 유력한 원인물질로 추정하고 신 등(2000), 김 등(2001), 경 등(2001)이 IGR 농약의 누에에 대한 독성을 조사하여 IGR 농약이 농가에서 나타나는 누에이상증상의 원인물질일 가능성을 추정하였다.

박 등(2002)은 누에사육농가에서 IGR계 농약 사용실태를 조사한 결과 buprofezin등 키틴합성저해제 12성분이 판매되었고, 그 중 8 성분은 사용시기와 방법에 따라 과수원 등에서 비산을 통하여 뽕잎이나 누에에 노출될 가능성이 있으나, 곤충호르몬유사체 IGR계 농약인 fenoxycarb나 pyriproxyfen은 봄누에 사육시기에는 누에사육농가 지역의 농약상에서는 판매되지 않음을 밝혔다. 또한 키틴합성저해제인 diflubenzuron을 누에사육농가 인근 과수원에서 살포하고 살포지에서 거리별로 배치한 뽕잎을 누에에 먹여 시험한 결과 과수원에서 100 m 이상 떨어진 뽕잎을 먹은 누에에는 영향이 나타나지 않았으며 농가에서 나타

\*Corresponding author. E-mail: sikyale@rda.go.kr

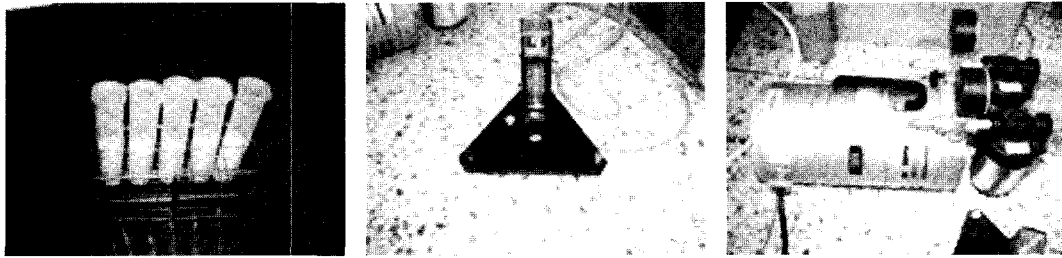


Fig. 1. Air sampling tools. absorbing tube(left), air flow meter(middle) and air pump(right).

나는 이상증세도 관찰되지 않아 IGR계 농약 중 키틴합성 저해제 농약은 농가에서 나타나는 누에이상증세의 원인물질로 추정하는 것은 무리라는 결론을 얻은 바 있다. 또한 IGR계 농약 외 봄누에 사육시기에 판매 및 사용된 농약을 조사한 결과 논제초제인 molinate가 휘산에 의하여 잠실이나 뽕밭에 노출될 가능성이 있어 이 농약에 대한 잔류실태와 독성연구의 필요성을 제기하였다.

이에 따라 본 연구에서는 molinate에 대한 누에의 독성 조사와 아울러 뽕잎 중 잔류와 잠실 및 뽕밭의 공기중 molinate 잔류실태를 조사하고 누에사육농가에 발생하는 이상증상과 비교 관찰함으로써 누에사육농가의 이상증세에 대한 원인을 구명하고자 시험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 모니터링

#### 가. 뽕잎시료의 채취

뽕잎시료는 1점당 100그램씩을 뽕밭 3-4지점에서 채취하였다. 채취장소는 봄누에를 사육하는 지역 중 2002년 봄누에에서 이상증상이 있었던 경북 예천군 보문면 승본리 2농가와 그 주변, 상주시 서곡리 2농가의 뽕밭과 그 주변, 2002년 봄누에에서 이상이 없었던 전북 남원시 산동면 중절리 1농가 및 대량으로 누에를 사육하는 지역의 뽕밭에서 채취하였다. 채취시기는 5월의 경우 누에사육전인 5월 21일~23일에 10점, 사육초기인 5월 27일~30일에 12점, 6월 3일~5일에 20점, 6월 10일~12일에 11점, 사육이 끝난 시점인 6월 18일~21일에 10점을 채취하였다. 채취한 뽕잎은 비닐백에 넣고 이를 다시 얼음이 들어있는 아이스박스에 담아 저온상태로 운반한 후 냉장보관하면서 뽕잎 중 molinate를 분석하였다.

#### 나. 공기시료의 채취

공기시료 채취장소는 뽕잎시료 채취장소와 같은 예천 2농가, 상주 2농가, 남원 1농가에서 채취하였는데, 채취시기는 5월 21일~23일, 5월 27일~30일, 6월 3일~5일 및 6월 10일~12일에 걸쳐 농가당 뽕밭과 잠실에서 각 1점씩

시기별로 10점씩 채취하였다. 6월 10일 예천 시료 1점은 뽕밭 근처에 있는 논둑으로 molinate를 당일 주변 눈에 살포하는 것을 보고 시료를 채취하였다. 시료채취는 그림 1에서 보는 바와 같이 활성화시킨 Amberlite XAD-4 20 g을 충전한 흡착관으로 흡착하였으며, 흡입 4~6시간 후에 흡착관을 새로 교체하여 1지점당 2개의 흡착관을 사용하였다. 분당 공기 20 L를 흡입할 수 있는 에어펌프를 사용하여 1지점당 8~12시간 흡입시켰다. 흡착관은 뽕잎시료와 같이 아이스박스에 담아 저온상태로 운반하여 실험실로 운반한 후 바로 molinate를 분석하였다.

#### 다. 뽕잎 중 molinate 분석

뽕잎 중 molinate의 잔류량은 뽕잎 시료 25 g을 100 mL acetone으로 추출후 50 mL dichloromethane으로 2회 분배추출한 다음 Florisil column chromatography로 정제하였으며 40 mL의 Hexane : Dichloromethane (80 : 20, V/V) 혼합용매는 흘려버리고 40 mL의 Hexane : Dichloromethane : Acetonitrile (48.50 : 50 : 1.50, V/V/V)를 받아 농축하여 HP-5(5% phenyl methyl siloxane, 길이 30 m×내경 0.25 mm×필름두께 0.25 μm)가 장착된 GLC/NPD를 이용하여 정량 분석하였다. 최소검출량 및 검출한계는 각각 0.02 ng, 0.002 ppm이었다.

#### 라. 공기시료 중 molinate 분석

공기 중 molinate의 잔류량은 흡착관에서 꺼낸 Amberlite XAD-4 20 g을 ethyl acetate 90 mL을 넣고 1시간동안 진탕하여 여과한 후 다시 ethyl acetate 60 mL을 넣고 상기의 동일조건으로 진탕 여과하고 마지막으로 ethyl acetate 50 mL을 넣고 같은 방법으로 진탕 여과하여 받은 액을 감압농축하여 GLC/NPD로 분석하였는데 뽕잎 중 molinate 분석과 같은 기기조건으로 분석하였다. 최소검출량 및 검출한계는 각각 0.02 ng, 0.002 μg/m<sup>3</sup>이었다.

#### 마. 농가의 봄누에 작황 및 기상조사

모니터링 지역의 누에작황은 예천, 상주, 남원의 공기시료채취 농가 중 각각 1농가는 100마리의 누에를 별도로

시험 사육하여 조사하였고, 구미, 영천, 영덕, 정읍 및 예산의 10농가의 누에작황은 누에고치를 지은 후에 농가의 사육현장을 방문하여 조사하였다. 기상조사는 공기시료채취 3농가의 잠실 내에 온도 및 습도 검용측정기를 설치하여 5월 20일부터 6월 10일까지 조사하였으며, 시료채취 지역 농업기술센터의 기상자료도 입수 조사하였다.

## 2. 독성시험

### 가. 인공사료를 이용한 molinate 수용액 뽕잎 및 누에 처리에 의한 누에 영향시험

증류수에 molinate 원제를 녹여 만든 molinate 1, 10 ppm 수용액을 소형분무기로 인공사료와 누에(금옥잠)에 매일 1회씩 4령기부터 고치를 지을때까지 농도당 120마리 이상을 처리하였다. 향온기(50×50×50 cm)를 사용하여 온도는  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 조명이 없는 상태로 시험하였으며, 감잠율, 5령경과일수, 화용율 및 중독증상을 조사하였다.

### 나. 인공사료를 이용한 molinate가 휘산처리된 유리상자에서의 누에에 대한 흡입영향시험

그림 2에서 보는 바와 같이 유리상자 (0.125 m<sup>3</sup>, 50×

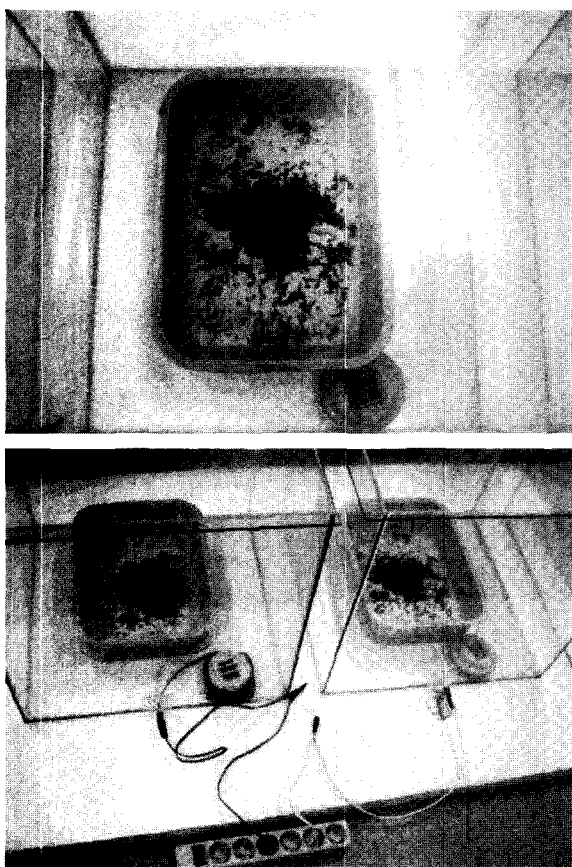


Fig. 2. Silkworm inhalation effects test in glass box.



Fig. 3. Dry of mulberry leaf after soaking in aqueous solution having molinate.

50×50 cm)안에 molinate 농도가 10,000 μg/m<sup>3</sup> 이 되게 누에 3령기부터 고치를 지을때 까지 매일 1회씩 molinate 원제 1.25 μl를 3×2.5 cm의 110°C 열판위에 뿌려 휘산시킨 상태에서 누에(금옥잠) 60마리를 사육하였다. 사육상자내의 온도는  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 조명이 없는 상태에서 인공사료를 먹이로 사용하여 시험하였으며 감잠율, 5령경과일수, 화용율 및 중독증상을 조사하였다.

### 다. molinate 누에 급성독성시험

증류수에 molinate 원제를 녹여 만든 molinate 10, 100 ppm수용액 및 증류수에 농도당 누에(백옥잠) 30마리 3반복으로 넣고, molinate 수용액에 침지하여 그림 3과 같이 건조시킨 뽕잎을 4령기부터 고치를 지을때까지 향온기내에서  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 조명없는 상태에서 시험하였으며, 감잠율, 5령경과일수, 화용율 및 중독증상을 조사하였다.

### 라. molinate 흡입에 의한 누에영향시험

유리상자(0.09 m<sup>3</sup>, 30×60×50 cm)안에 molinate 농도가 250, 2,500 μg/m<sup>3</sup> 이 되게 누에 3령기부터 고치를 지을때까지 매일 1회씩 molinate를 3×2.5 cm의 110°C 열판위에 뿌려 휘산시킨 상태에서 누에(금옥잠)를 농도당 30마리이상 사육하였다. 사육상자내의 온도는  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 조명없는 상태에서 건전한 뽕잎을 먹여 시험하였으며, 감잠율, 5령경과일수, 화용율 및 중독증상을 조사하였다.

### 마. molinate 제품농약의 휘산에 의한 누에영향시험

유리상자(0.09 m<sup>3</sup>, 30×60×50 cm)안에 소형बाट(5×22×30 cm)에 토양과 물을 채우고 누에 4령기부터 고치를 지을때까지 3일에 1회씩 피라조실푸론에칠 · molinate 입제(0.07+5%)를 기준량(5 kg/10a), 배량, 10배량에 해당되는 양을 뿌리고 누에(백옥잠)를 농도당 30마리 3반복으

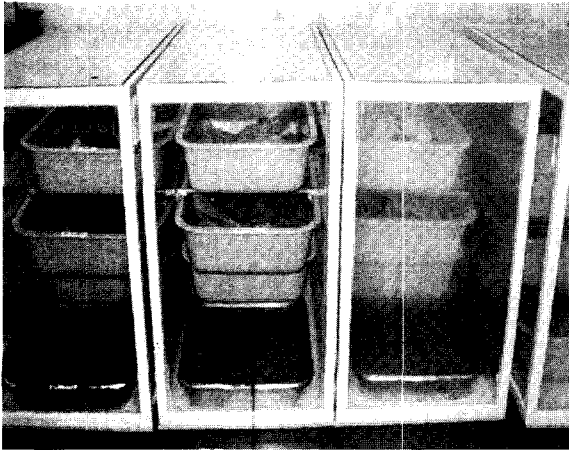


Fig. 4. Simple silkworm toxicity test for the effects of volatilized molinate.

로 사육하였다. 사육상자내의 온도는  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 조명없는 상태에서 건전한 뽕잎을 먹여 그림 4에서 보는 바와 같이 시험하였으며 감잠율, 5령경과일수, 화용율 및 중독증상을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. molinate 모니터링 결과

#### 가. 뽕잎 중 농약분석 결과

표 1에서 보는 바와 같이 예천, 상주, 남원지역 뽕잎 중 molinate 잔류분석결과 검출빈도는 30.0~81.8%로 높았으나, 검출범위는 0.002~0.013 ppm의 낮은 수준이었다. 농가에서 누에사육은 5월 20일 경 시작하여 6월 10일 경이면 고치를 지을 시기이므로 뽕잎 중 molinate가 5월 중순부터 6월 중순까지 검출되어 누에사육 전 기간 동안 뽕잎을 통하여 누에가 molinate에 노출되고 있음을 알 수 있었다.

#### 나. 공기 중 농약분석 결과

표 2에서와 같이 예천, 상주, 남원지역 뽕밭과 잠실의 공기 중 molinate 잔류분석결과 검출빈도는 5%이하, 검출범위는 0.136~0.004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 낮은 수준이었다. molinate의

Table 2. Molinate residues in air collected at different seasons in 2002

Dates	No. of samples	Frequency (%)	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
May 21~23	10	0	Below the detection limit
May 27~30	10	0	"
June 3~5	10	0	"
June 10~12	10	20 (2/10)	0.136, 0.004
Sum	40	5 (2/40)	

검출농도 0.136  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 은 예천군 보문면 승본리 조사지 눈에 molinate를 살포한 상태에서 시료를 채취하였기 때문에 많았고, 검출농도 0.004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 은 상주시 서곡동의 뽕밭에서 채취한 것이다. 눈에서 가까운 거리에 위치한 뽕밭의 뽕잎은 눈에서 휘산된 molinate가 다소 높게 뽕잎에 부착될 가능성이 있는 것으로 나타났으며, molinate의 누에 노출기간은 누에생육후반기인 고치를 지을 시기에는 아주 낮은 농도인 것으로 판단된다.

#### 다. 농가 누에 작황 조사결과

표 3에서와 같이 봄누에의 작황은 조사누에의 90% 이상이 화용하여 정상 화용을 하였으나 상주시 서곡동 1농가 시험누에에서는 5령 14일에 68%의 화용율을 나타내었고 나머지 32%의 누에는 그림 5와 같이 유충상태로 몸체가 크고 색깔이 푸른빛을 내는 등 비정상적이었으며 전년의 비정상적인 누에와 외관이 비슷하였다. 비정상적인 누에가 발생한 옆집의 동충화초용 누에 10상자는 모두 정상 화용을 나타내었다.

#### 라. 모니터링지역 온도 및 습도 조사 결과

표 4에서 보는 바와 같이 누에 사육기간 중의 농가 잠실안 최고온도는  $32.3\sim 38.6^\circ\text{C}$ 였고 최저온도는  $10.2\sim 12.9^\circ\text{C}$ , 평균온도는  $20.5\sim 23.6^\circ\text{C}$ 로 남원지역이 높았으며 평균습도는 70%이상이었다.

누에사육농가의 누에 사육기간 중 기온은 표 5에서 보는 바와 같이 예천지역의 평균기온이  $20.3^\circ\text{C}$ 로 가장 낮았고 습도는 남원지역이 63%로 가장 낮았으며, 강우량은 남

Table 1. Molinate residues in mulberry leaf collected at different seasons in 2002

Dates	No. of samples	Frequency(%)	Range(ppm)	Samplingarea
May 21~23	10	50.0(5/10)	0.004~0.008	Yecheon, Sangju, Namwon
May 27~30	12	75.0(9/12)	0.003~0.008	"
June 3~ 5	20	75.0(15/20)	0.003~0.013	"
June 10~12	11	81.8(9/11)	0.002~0.004	"
June 18~20	10	30.0(3/10)	0.003	Jeongeup, Gochang
Sum	63	65.1(41/63)	0.002~0.013	

**Table 3.** The silkworm condition in spring season at seven localities in Korea

Area	No. of farmer	Scale (×20,000 silkworms)					Silkworm harvest
		Sum	Cordyceps	Yangwonjam	Pure line	Tested farmhouse	
Yeacheon	3	12	5	7	-	100 worms	Normal
Sangju	3	10	10	-	-	"	" *
Namwon	1	16	-	16	-	"	"
Gumi	1	24	12	12	-	-	"
Youngcheon	1	13	-	13	-	-	"
Youngduk	1	17	10	-	7	-	"
Jeongeup	2	57	42	15	-	-	"
Yeasan	1	5	5	-	-	-	"
Sum	13	154	84	63	7	300	

\*Pupation ratios are 68 percentage at 14th day of the 5th instar period.



**Fig. 5.** Abnormal non-pupating symptoms are observed at 14th day of the 5th instar period.

원지역이 141.5 mm로 가장 많았다. 예천이 남원보다 평균기온이 1.9°C 높은데도 농가 잠실 내 온도가 그림 5에서와 같이 오히려 낮은 것은 그림 6에서 보는 바와 같이 예천의 잠실은 간이 천막으로 지어졌으나 남원의 경우 흙벽돌로 지어져 기온이 낮은 야간에 보온이 잘되었기 때문이라 판단된다.

**Table 4.** Temperature and humidity in farmhouse

Area	Temperature (°C)			Humidity (%)
	Max.	Min.	Avr.	
Yeacheon	33.6	10.2	20.5	75.6
Sangju	32.3	12.2	20.9	70.0
Namwon	38.6	12.9	23.6	-

**Table 5.** Weather conditions at monitoring area

Area	Temperature (°C)			Humidity (%)	Rainfall (mm)	No. of rainy days
	Max.	Min.	Avr.			
Yeacheon	26.1	18.7	22.4	78.5	79.0	5
Sangju	26.2	15.2	20.3	74.0	100.5	8
Namwon	27.4	14.3	20.5	63.0	141.5	5

## 2. 누에독성시험 결과

### 가. 인공사료를 이용한 molinate 수용액을 처리한 누에 영향시험

표 6에서와 같이 molinate 수용액을 인공사료 및 누에에 살포하고 시험한 결과 1, 10 ppm 처리구 모두 5령 경과일수와 화용율에서 대조구와 차이가 나타나지 않았다.

### 나. 인공사료를 이용한 molinate의 휘산처리에 의한 누에 흡입영향시험

표 7에서 보는 바와 같이 밀폐된 유리상자안에 molinate 원제를 10,000 µg/m<sup>3</sup>의 농도로 휘산처리한 시험결과 누에에 영향이 나타나지 않았다.

### 다. 누에 급성독성시험 결과

표 8에서와 같이 molinate 수용액에 침지처리(10, 100, 1000 ppm)한 뽕잎으로 누에에 급이한 결과 누에에 영향을 미치지 않았으나 감잠율이 대조구보다 높은 원인은 4령 이전에 백화병과 농병에 걸려 5령기에 주로 치사되어

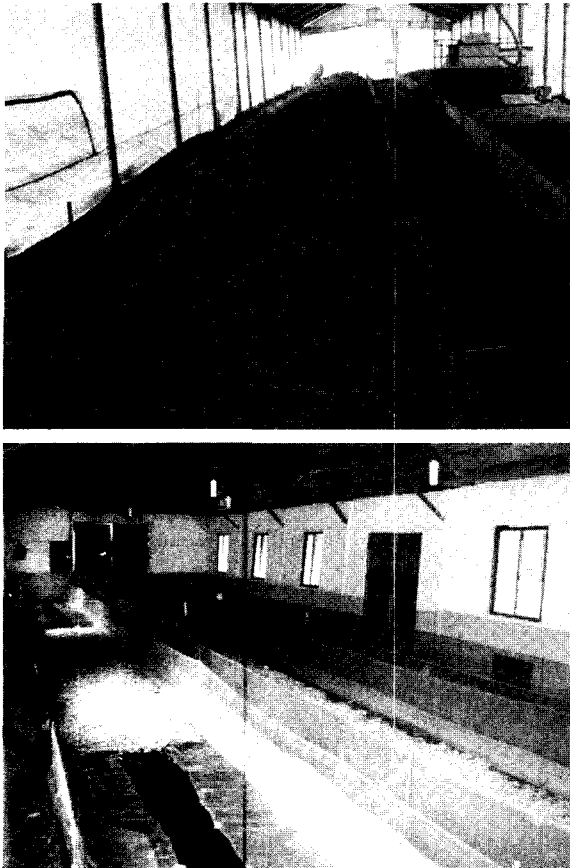


Fig. 6. Silkworm farmhouse. Yeacheon(left), Namwon(right).

Table 6. The molinate effect of silkworm sprayed on silkworm and artificial food

Concentration (ppm)	Mortality (%) <sup>*</sup>	The 5th instar periods (day)	Pupation ratio(%)	Abnormal symptoms
1	0	7-8	100 (148/148)	abnormal cocoon
10	0	7-8	95.5 (128/134)	
control	1	7-9	99.4 (168/169)	

\*pupation ratio(%) : mortality during 4th instar period

Table 7. Simple silkworm toxicity test for the effects of volatilized molinate from active substances at controlled glass box

Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mortality (%)	The 5th instar periods (day)	Pupation ratio(%)	Abnormal symptoms
10,000	3.2	7~8	92	-
control	0	6~8	100	

나타난 결과로 시험결과와는 상관이 없었다.

**라. molinate 흡입에 의한 누에영향시험**

표 9에서 보는 바와 같이 molinate 원제를 휘산처리(250, 2500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )한 흡입영향 시험결과 5령 경과일수에 영향

Table 8. Silkworm acute toxicity test on molinate

Concentration (ppm)	Mortality (%)	The 5th instar periods(day)	Pupation ratio(%)	Abnormal symptoms
10	6.6	7~9	90.1	-
100	4.4	"	90.1	
control	3.3	"	92.8	

Table 9. Silkworm toxicity test for the effects of volatilized molinate from active substances at controlled glass box

Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mortality (%)	The 5th instar periods (day)	Pupation ratio(%)	Abnormal symptoms
250	7.9 (5/63)	7~9	69.8	abnormal cocoon
2,500	10.3 (3/29)	"	86.2	
control	3.3 (3/90)	"	86.7	

Table 10. Silkworm toxicity test for the effects of volatilized molinate from end-use products at controlled glass box

Concentration	Mortality (%)	The 5th instar periods (day)	Pupation ratio(%)	Abnormal symptoms
standard dose <sup>*</sup>	8.9	7~9	86.7	-
double dose	12.8	"	81.9	
10 fold dose	9.6	"	86.2	
control	3.3	"	86.7	

\*standard dose : 5 kg/1000 m<sup>3</sup>.

을 미치지 않았으며 감잠율에서의 대조구와의 차이는 전술한 바와 같이 4령 이전에 백화병, 농병에 걸려 5령기 이후에 치사되어 나타난 것으로 시험결과와는 상관이 없었다.

**마. molinate 제품농약의 휘산에 의한 누에영향시험**

표 10에서와 같이 molinate 제품을 기준량(5 kg/10a), 배량, 10배량 휘산 처리시 5령 경과일수가 대조구와 차이나지 않았고 과도한 습도와 질병으로 인하여 감잠율이 높았다.

**적 요**

봄누에에서 나타나고 있는 누에미화용현상을 구명하고자 누에사육농가에서 실시한 농약사용실태조사 결과 봄누에 사육시기에 molinate의 노출가능성이 있어 뽕잎과 공기중 molinate의 잔류정도를 조사하고 molinate의 누에독성을 조사하였다.

예천, 상주, 남원지역 뽕잎 중 molinate 잔류분석결과 검출빈도는 30~81.8%이었으나, 검출범위는 0.002~0.013 ppm으로 낮은 수준이었고, 예천, 상주, 남원지역 뽕밭과 잠실의 대기중 molinate 잔류분석결과 검출빈도는 5%이하, 검출범위는 0.004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 낮은 수준이었다.

molinate의 누에에 대한 독성시험결과 수용액을 누에와

인공사료에 살포하였을 때 1, 10 ppm 처리구 모두 누에에 영향을 나타내지 않았고, molinate 원제를 250, 2500, 10,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  휘산처리한 시험에서 누에에 영향이 나타나지 않았다 또한 10, 100 ppm수용액에 침지 처리한 뽕잎으로 누에를 사육한 시험에서 누에에 영향을 미치지 않았으며, molinate를 함유한 제품을 기준량(5 kg/10a), 배량, 10배량 휘산시킨 상태에서 누에를 사육한 결과 처리구 모두에서 누에에 영향이 나타나지 않았다.

따라서 molinate는 뽕잎과 공기중에서 미량이 검출되었으나, 누에에 대한 molinate를 경피, 섭식, 흡입의 노출경로별로 모니터링농도보다 높은 수준으로 처리한 시험에서 5령경과일수가 대조구와 차이가 없었으므로 농가의 미화용현상과 molinate의 관련성은 희박한 것으로 판단되었다.

### 인용문헌

- 小林則夫 (1995) 새로운 계통의 농약에 의한 누에의 피해방지. 잠사과학과 기술, 34(7).
- 경기성, 박경훈, 박연기, 김병석, 신진섭, 김중채, 임희봉, 이창태, 이진근, 반문기 (2001) IGR계 농약 비산정도 구명연구.
- 김삼은, 황석조, 김종길, 황재삼 (1995) 곤충성장조절제(IGR)가 누에의 발육생리에 미치는 영향. I Fenoxycarb가 누에의 유충기 발육과 용화에 미치는 영향. 한잠학지 37(2): 121~126.
- 김중채, 신진섭, 경기성, 임희봉 (2001) 경북지역 미화용누에 원인 구명 농가 실증시험. 농업과학기술원.
- 박경훈, 박연기, 주진복, 경기성, 신진섭, 김병석 (2003) IGR계 농약 사용정도 및 실태조사, 미인쇄(보안과제) 작물보호연구. 농업과학기술원.
- 박병준, 박현주, 이병무, 최주현 (2002) 수도용 재초제의 수중잔류성과 분해 및 휘산특성 연구. 작물보호연구. 농업과학기술원.
- 신진섭, 경기성, 박연기, 김중채, 임희봉 (2000) IGR계 농약의 누에에 대한 무영향농도 구명. 농업과학기술원.
- Peter L. deFur, Mark Crance, Lisa J. Tattersfield, Christopher G. Ingersoll, Ralph G. Stahl, Jr. Peter Matthiessen, Gerald A. LeBlanc. (1999) Endocrine disruption in invertebrates : Endocrinology, Testing and assessment. SETAC ISBN I-880611-27-9, Chapter 2.
- 황석조 (1995) 곤충성장조절제(IGR)가 누에의 발육생리에 미치는 영향. II Fenoxycarb가 누에씨의 부화에 미치는 영향. 한잠학지 37(2): 188~190.