

훈증제 sulfuryl fluoride (SO₂F₂)의 켈런벌레(*Lasioderma serricornis*, Fabricius)에 대한 방제효과 및 몇 가지 금속류 성상에 미치는 영향

오명희 · 손진 · 정규희*
한국인삼연구소 수원시험장 *경기대학교
(2001년 12월 17일 접수)

Mortality of Cigarette Beetle, *Lasioderma serricornis*, Fabricius (Coleoptera : Anobiidae) and Corrosion of Metals as Influenced by Sulfuryl fluoride (SO₂F₂)

Myung-Hee Ohh, Jin, Sone and Kyu-Hoi, Chung*
Suwon Experiment Station, Korea Ginseng and Tobacco Research Institute
*Kyung-gi University
(Received December 17, 2001)

ABSTRACT : Insecticidal effect of sulfuryl fluoride (SO₂F₂) to cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* (F.), was studied in two different containers, one was 1m³ (without cardboard block) and the other was 0.5m³ (with cardboard block). Adults and larvae were transferred into a small metal can before placed in the containers. Each can was held for 8, 24, 48, 72, and 96 hours after SO₂F₂ (10, 20, 30, and 40 g/l) treatment. All adults were killed in an 1m³ container. Larval mortality was 99 to 100% when the dosage of SO₂F₂ was 10 and 20 g/l. Cardboard was attached between two 0.5m³ containers; one was fumigation area and the other was insect area. SO₂F₂ penetrated cardboard within 24 hours in most trials. SO₂F₂ could affect all adults and larvae regardless of their susceptibility. All adults were killed at 8 hours in a 0.5m³ container. But low mortality of larvae was recorded at 8 hours when small dosage was treated (30% in 10 g/l, 87.2% in 20 g/l). The mortality was increased as SO₂F₂ dosage increased. Six different metals (stainless, copper, brass, aluminum, iron, and zinc) were also tested to study metal corrosion and discoloration. No corrosion and discoloration was observed in most metals treated with SO₂F₂.

Key words : *Lasioderma serricornis* F., fumigation, sulfuryl fluoride, metal corrosion, metal discoloration

켈런벌레 (*Lasioderma serricornis*, Fabricius)는 원료잎담배 및 제조담배에 피해를 가하여 경제적인 손실을 초래하는 주요 저장해충이다 (Akehurst

1981, Cox 1997, Freeman 1980, TDRI 1984). 담배 제조공장과 원료담배 저장창고에서의 해충군 관리 는 검사, 청결 유지, 물리 및 기계적 방법과 화학

*연락처 : 305-345 대전광역시 유성구 신성동 302 번지, 한국인삼연구소

*Corresponding author : Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, 302 Shinseong-Dong, Yusong-Gu, Daejeon 305-345, Korea

적 방제법이 병행되는 종합적 관리법이 적용되고 있다 (Childs 등 1971, Mills 등 1997).

현재 켈런벌레를 비롯한 대부분의 저장해충 방제에는 aluminum phosphide 같은 PH_3 가스 발생 혼증제를 사용하고 있다(Childs 등 1971, 1973, 오 1994). PH_3 가스는 탁월한 살충효과를 가지고있는 반면, 구리와 같은 금속을 부식시킴은 물론 변색과 부식을 초래 (Bochner 등 1981, Mills 등 1997)하여 누전으로 인한 화재 및 기타 시설물 안전에 영향을 초래 할 수 있다. Aluminum phosphide와 같은 혼증제는 장기간 저장해충 방제약제로 사용되어왔다(Childs 등 1971, 1973, USDA 1972). 단일 약제의 오랜 사용은 저항성계통 해충출현을 야기시켜(Harris 1977, Watson 등 1982, Zettler 1991, Zettler 등 1994, 1989) 보다 높은 농도로 처리되어야만 방제가 가능하도록 하는 부작용을 수반한다. Zettler(1989, 1991, 1994) 등은 곡식류를 가해하는 저장해충 중 일부는 PH_3 가스에 고도의 저항성인 계통이 존재함을 확인하여 보고한 바 있다. 혼증제는 속효성이고 고독성이기 때문에 약제 저항성 문제에 관한 연구가 소홀히 다루어져왔다. 따라서, 단일 약제의 장기간 사용에서 올 수 있는 해충의 약제 저항성 발생에 대비하고, 시설물의 안전에 문제를 발생시키지 않으며 보다 효과적이고 경제적인 저장해충 방제가 가능한 새로운 형태의 혼증제가 개발되어져 이에 대한 해충군 관리 효과를 알아보고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험 곤충 사육 및 관리

켈런벌레(*Lasioderma serricorne*, Fabricius)는 95%의 통 밀가루와 5%의 효모가 혼합된 먹이로 한국인삼연구소 수원시험장 저장해충연구실내 곤충사육실($28 \pm 2^\circ C$, RH 70%, 12L/12D)에서 누대 사육되었다. 혼증효과 시험에 쓰인 곤충은 성충과 유충태로 분리하여 각각을 본 저장해충연구실에서 제작된 직경 2cm 높이가 4.5cm 인 원통 모양의 시험충 보관용기와 20 mesh이상의 망사에 담아 처리하였다. 성충보관 용기는 양면이 20mesh 정도인 철제인 방충망으로 막혀있고, 유충 용기는

20 mesh 이상 되는 나일론 망사로 만들어진 것으로 외부로의 탈출이 전혀 불가능하도록 제작하였다. 실험에 사용한 시험충은 두 종류로 국내에서 누대 사육중인 현장 채집충과 혼증제에 감수성인 충태를 사용하였다. 각각의 시험충은 실험 시작 전에 성장의 균일화를 위하여 위해 $15^\circ C$ 의 배양기에서 처리 전까지 보관되었다.

Sulfuryl fluoride (SO_2F_2 , Vikane)의 켈런벌레에 대한 충태별 살충률 조사를 위하여 밀폐 공간에 각각 10, 20, 30, 40 g/l의 양을 처리하였으며, 처리 후 살충효과는 8, 24, 48, 72, 96 시간이 지난 다음 꺼내어 실험실로 옮겨 곤충사육상($27 \pm 2^\circ C$, 70% RH, 12L/12D)에서 24시간 지낸 후 40배의 실체 현미경하에서 조사하였다.

실험에 사용한 혼증시 살충효과 조사용 혼증상자는 $1m^3$ 이었고, 혼증제의 침투력 검정시험 조사용 상자는 $0.5m^3$ 인 두 개의 상자를 사용하였다 (Fig. 1). SO_2F_2 혼증제의 유효 살충성분 침투효과를 알아보기 위하여 침투력 조사용 상자 사이에 0.3mm 두께의 카드보드 1겹과 2겹을 연결부위 중간에 설치하여 공기 중에 확산된 약제의 침투 후의 살충효과를 조사하였다. (Fig. 2)

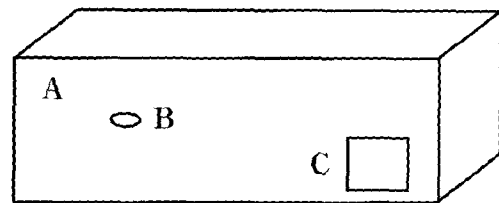


Fig. 1. Diagram of a plastic box ($1m^3$).

- A : Plastic box ($1m^3$).
- B : Fumigation hole.
- C : Entrance for insect place.

Sulfuryl fluoride (SO_2F_2)의 몇 가지 금속 성상에 미치는 영향

혼증제 처리에서 심각한 문제를 야기 시키고 있는 금속성 물질의 변색 및 부식 여부를 가리기 위하여 SO_2F_2 처리 후 표면의 색도 변화를 조사하였다. 금속성 물질의 SO_2F_2 처리시의 금속별 색도

훈증제 sulfuryl fluoride (SO₂F₂)의 켈런벌레(*Lasioderma serricorne*, Fabricius)에 대한 방제효과 및 몇 가지 금속류 성상에 미치는 영향

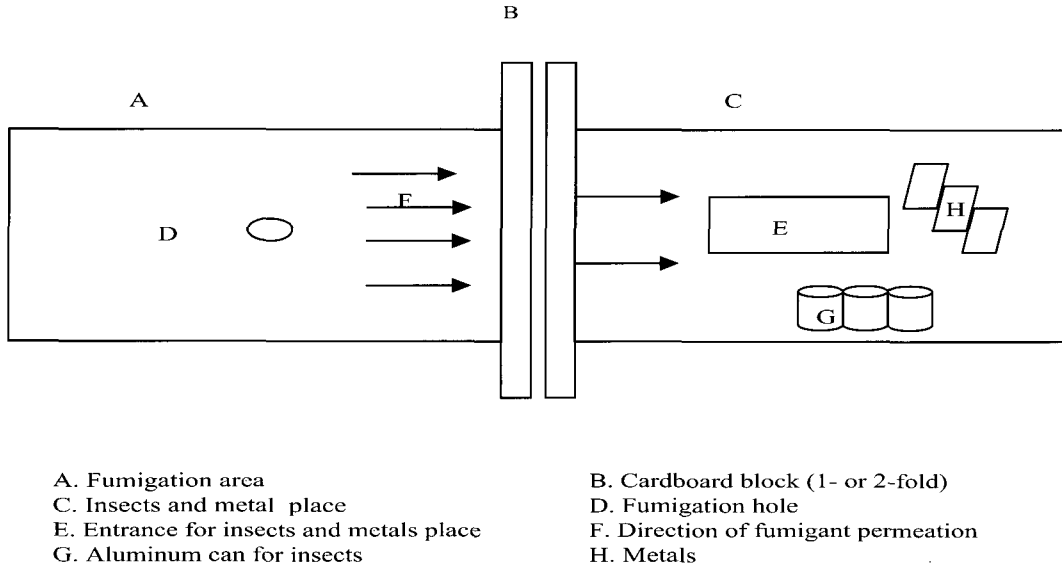


Fig. 2. A lateral-view of plastic box(0.5m³) for fumigant permeation.

변화는 Chromameter (CR-200, Minolta)를 이용하여 명도와 적변지수 및 황변지수로 구분하여 각 6 반복 조사하였다. 훈증제 처리는 1st shot부터 3rd shot으로 구분하여 처리되었다. 즉, 1st shot은 한 번의 약제를 금속에 처리하였을 때를 의미하며, 2nd shot은 두 번, 그리고 3rd shot은 반복하여 세 번을 약제 처리하였을 때를 말한다. 그리고 각 shot 후 금속은 5일간 밀폐상태에 놓아두었다. 변색/부식 실험에 사용한 약량은 SO₂F₂의 경우 10에서 30 g/l까지의 약량을 처리하였다. 각각의 금속은 1m³의 상자에 넣어 훈증 처리하였으며, 실험에 사용된 금속은 아연, 알루미늄, 구리, 스테인레스 스틸, 철, 납쇠로 모두 6종류이었다.

결과 및 고찰

Sulfuryl fluoride (SO₂F₂)의 켈런벌레(*L. serricorne*, F.) 성충 및 유충태에 대한 살충효과

훈증제 처리 후 시험충은 시간대 별로 구분되어 실험실내 곤충사육실(27±2°C, 70 ± 5% RH)로 옮겨져 24시간 경과 시킨 다음 각 충태별 살충 수를 조사하였다. Sulfuryl fluoride (SO₂F₂)를 훈증상

자(1m³)에서 약량 10, 20, 30, 40 g/l 처리시의 살충율을 보면 8시간이 경과되면 시험충의 최근 채집충이나 감수성 켈런벌레에 관계없이 성충 및 유충태에서 100% 살충되었다(Table 1).

곡물류나 원료담배와 같은 저장물을 장기간 보관하고자 할 경우에는 카드보드와 같은 포장자재로 된 일정 크기의 용기로 포장한다. 훈증제는 접촉이나 식독에 의해 살충작용을 하는 살충제들과는 다르게 살충성분을 공기 중에 퍼트리고, 이를 해충들이 호흡하면 호흡기를 통하여 침투, 저장해충들을 죽게 한다. 그러므로 훈증제의 살충성분은 쉽게 포장자재를 통과하여야 한다. Sulfuryl fluoride의 포장자재 침투 살충력을 알아보기 위하여 그림 2와 같은 방식으로 0.5m³의 플라스틱 훈증상자를 이용하여 1겹과 2겹의 카드보드로 나누어 조사한 결과 1겹의 카드보드 처리 시 훈증제 침투효과를 보면 켈런벌레 살충효과의 경우 낮은 농도의 약량(10g/l)을 투입하였을 때 8시간 경과 후에 유충에서 살충제에 전혀 접촉하지 않은 감수성의 경우 40.6%, 원료담배 저장창고에서 채집하여 사용되어진 저항성에서 31.5%의 살충율을 보였다. 그러나 농도가 20, 30, 40g/l로 높아짐에 따라, 살충율

Table 1. Mortality of *Lasioderma serricorne* as affected by different amount of SO₂F₂.

| SO ₂ F ₂ Dosage(g/ℓ) ¹ | Insects | Stages | Mortality (%) | | | | |
|--|-------------|--------|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | Time (hrs.) | | | | |
| | | | 8 | 24 | 48 | 72 | 96 |
| 10 | Susceptible | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 99.0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Resistant | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 20 | Susceptible | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 99.7 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Resistant | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 30 | Susceptible | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Resistant | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 40 | Susceptible | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | Resistant | Adults | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | Larvae | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

¹Unit of SO₂F₂ is converted l/min into g/l using density of air (1.2928 g/l) and specific gravity of SO₂F₂ (3.5 at 1 g/l of specific gravity of air).

도 83.8%에서 100%로 증가하였다. 위 실험에서 SO₂F₂의 살충효과는 10g/l을 제외하고는 대체로 8시간 안에 효과를 발휘하였으며, 감수성과 저항성 필러벌레간의 살충정도는 차이를 보이지 않았다. 2겹의 카드보드에서의 약재 침투는 1겹에 비하여 8시간 안에는 낮은 효과를 보였다. 8시간 동안 훈증 처리된 유충은 20% 이하의 살충률을 보였으며, 성충은 20%-40%의 살충률이 조사되었다. 그러나 24시간만에 유충과 성충 모두에서 100%의 살충률을 보여 카드보드 두께에 따른 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3).

USDA(1972)나 Childs등(1973)은 aluminum phosphide나 methyl bromide로 원료담배내 저장해충을 방제할 경우 유효성분의 침투력은 온도에 따라 다소 차이가 있을 뿐 공기가 유통될 수 있는 정

도의 공간만 존재하면 침투 이행이 가능하다 하였다. 카드보드의 경우 sulfuryl fluoride가 쉽게 통과하여 살충력을 발휘한 것도 공기 중에 휘산된 살충성분의 이동이 다른 훈증제와 차이가 없기 때문이라 생각된다. 그러나, 각종 포장자재에 대한 침투 이행 시험은 광범위하게 수행되어야 할 것이다.

Sulfuryl fluoride(SO₂F₂)가 몇 가지 금속의 성상에 미치는 영향

훈증제를 사용하여 해충을 방제할 때에는 몇 가지 조건이 충족되어야 한다. 현재 널리 사용되고 있는 PH₃ 가스 발생 계통의 훈증제는 앞서 언급한 바와 같이 여러 종류의 금속성분의 변색과 부식을 초래한다. 구리 같이 주로 전선에 사용되는 금속의 변색 및 부식은 시설의 안전에도 많은 문제를 일

훈증제 sulfuryl fluoride (SO₂F₂)의 켈런벌레(*Lasioderma serricorne*, Fabricius)에 대한 방제효과 및 몇 가지 금속류 성상에 미치는 영향

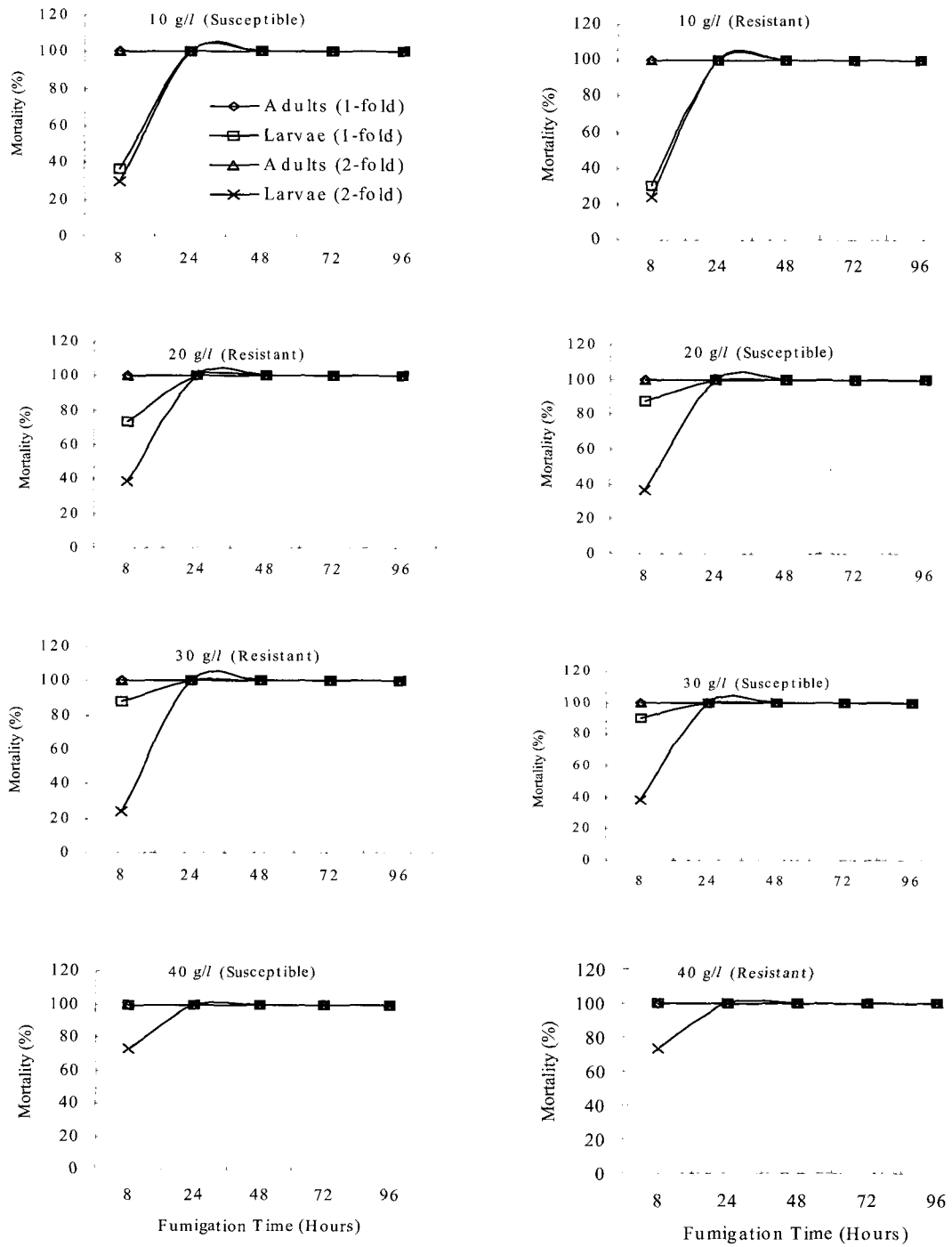


Fig. 3. Mortality of *Lasioderma serricorne* in 1- or 2- fold cardboard boxes (0.5m³) treated by different amount of SO₂F₂.

Table 2. Changes of brightness degree¹ in metals by SO₂F₂.

| Fumigant treated on metals(g/l) ² | Metals | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Aluminum | Stainless | Brass | Iron | Zinc | Copper |
| 10 | 89.53±0.38a ³ | 75.68±0.23a | 61.68±4.75a | 72.31±0.47a | 81.17±0.44a | 77.63±1.56a |
| 20 | 88.66±0.54a | 74.31±1.39a | 58.26±9.42a | 72.95±0.86a | 81.02±0.67a | 77.65±1.08a |
| 30 | 89.40±0.28a | 75.03±1.60a | 53.91±7.72a | 72.58±1.83a | 78.43±2.63a | 77.47±1.67a |
| Control | 89.38±0.42a | 75.58±0.79a | 75.58±0.79a | 73.62±0.31a | 80.83±0.21a | 80.40±0.83a |

¹Brightness degree=+100 → 0.²Unit of SO₂F₂ is converted l/min into g/l using density of air (1.2928 g/l) and specific gravity of SO₂F₂ (3.5 at 1 g/l of specific gravity of air).³Means with same letters within a column are not significantly different (P>0.05).Table 3. Changes of red-color degree¹ in metals by SO₂F₂.

| Fumigant treated on metals (g/l) ² | Metals | | | | | |
|---|-------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | Aluminum | Stainless | Brass | Iron | Zinc | Copper |
| 10 | 0.14±0.02a ³ | 0.57±0.02a | 20.12±1.38a | 0.80±0.08a | -1.10±0.02a | -1.81±0.39a |
| 20 | 0.23±0.06a | 0.63±0.04a | 19.45±2.36a | 0.85±0.11a | -1.11±0.11a | -1.81±0.39a |
| 30 | 0.21±0.08a | 0.54±0.11a | 20.87±6.81a | 0.88±0.32a | 0.89±3.85a | -1.63±0.36a |
| Control | 0.20±0.02a | 0.51±0.05a | 19.88±1.74a | 0.72±0.04a | -1.33±0.06a | -2.48±0.15a |

¹Red-color degree=+100 → -80.²Unit of SO₂F₂ is converted l/min into g/l using density of air (1.2928 g/l) and specific gravity of SO₂F₂ (3.5 at 1 g/l of specific gravity of air).³Means with same letters within a column are not significantly different (P>0.05).Table 4. Changes of yellow-color degree¹ in metals by SO₂F₂.

| Fumigant treated on metals (g/l) ² | Metals | | | | | |
|---|-------------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | Aluminum | Stainless | Brass | Zinc | Iron | Copper |
| 10 | 0.21±0.18a ³ | 0.85±0.05a | 27.78±1.50a | 1.90±0.23a | -0.74±0.11a | 37.07±2.92a |
| 20 | 0.38±0.18a | 1.33±0.42a | 25.80±3.33a | 1.89±0.39a | -0.43±0.40a | 35.72±1.71a |
| 30 | 0.19±0.40a | 0.91±0.36a | 24.79±5.86a | 1.98±0.50a | 0.87±1.70a | 40.59±2.38a |
| Control | 0.01±0.10a | 1.16±0.36a | 27.14±2.95a | 2.17±0.31a | -0.03±0.49a | 35.65±1.21a |

¹Yellow-color degree=+100 → -70.²Unit of SO₂F₂ is converted l/min into g/l using density of air (1.2928 g/l) and specific gravity of SO₂F₂ (3.5 at 1 g/l of specific gravity of air).³Means with same letters within a column are not significantly different (P>0.05).

혼증제 sulfuryl fluoride (SO₂F₂)의 켈런벌레(*Lasioderma serricorne*, Fabricius)에 대한 방제효과 및 몇 가지 금속류 성장에 미치는 영향

으킬 수 있다. PH₃ 가스는 구리나 금과 같은 금속을 변색 부식하며(Yoshihara 등 1961), 장기간 접촉이 있는 곳에서의 철판 등도 쉽게 부식된다고 하였다(Bond 등 1984). 금속 표면의 부식은 색도에 변화를 준다. 따라서, 단기간 부식여부를 색도의 변화정도에 따라 가늠할 수 있다고 생각하여 SO₂F₂ 가스 처리지역에 몇 가지 금속을 처리한 다음 색도 변화 조사 결과는 표 2, 3 및 4와 같았다 (Table 2, 3, 4)

Phosphine 재통의 혼증제는 구리와 같은 금속을 변색시키는 것은 대기중의 습기와 관계한다고 보고되어져 있다(Bochner 등 1981). 그러나, 본 실험은 온/습도가 조정되지 않는 원료 잎담배 저장창고에서 *in-vitro* 실험으로 수행 되었다. 향후 정확한 금속성분의 변색 및 부식 여부를 알아보기 위해서는 온/습도의 변화가 가능한 chamber를 이용한 비교 실험이 이루어져야 할 것이다. 표 2, 3 및 4에서보면 SO₂F₂를 처리하였을 경우 Aluminum을 위시한 5종의 금속에서 명도나 적변 및 황변지수 공히 통계적인 유의성은 없었다. Bond(1984) 등의 Aluminumphosphide 처리 지역내 금속 중 구리는 물론 철도 부식되었다는 보고와는 일치하지 않아 SO₂F₂ 혼증제는 금속에는 안전하다고 할 수 있다. 그러나, 이외의 금속들에 대한 시험은 지속적으로 수행되어져야 할 것이다.

결 론

우리나라의 잎담배 저장에 심각한 양적/질적 피해를 유발시키는 켈런벌레, *Lasioderma serricorne*, F.,의 효과적인 방제를 위하여 새로운 혼증제인 Sulfuryl fluoride (SO₂F₂)를 이용한 방제 실험을 시행하였다. SO₂F₂ (10, 20, 30, 40g/l)에 노출된 상태에서의 성충과 유충의 살충효과는 시험용 상자에서 8시간만에 100%의 살충효과를 보였다. 혼증제의 침투효과 실험을 위하여 사용된 0.5m³의 상자는 연결부위 중간에 카드보드 (두께 0.3mm)를 설치하여 진행되었는데 공기중에 확산된 약제의 침투 살충효과는 1겹에서 농도 10 g/를 투입하였을 때는 8 시간 경과 후 감수성 유충에서 40.6%, 저항성 유충에서 31.5%의 살충률이 조사되었으며,

20, 30, 40 g/의 약량에서는 8시간 안에 높은 살충률(83.8% - 100%)을 발휘하였다. 2겹의 카드보드를 설치한 결과 모든 약량에서 8시간동안 유충의 살충률은 20% 이하 조사되었으며, 성충은 20-40%의 살충률이 조사되었다. 그러나 24시간후에 유충과 성충 모두에서 100%의 살충률을 보여 이 경우 1겹과 2겹의 차이가 거의 없었다. 금속의 변색 및 부식에 대한 조사는 아연, 알루미늄, 구리, 스테인레스, 철, 납의 6 종류의 금속을 대상으로 비교 실험을 수행하였다. SO₂F₂를 처리한 금속의 변색 여부를 조사한 결과 명도나 적변지수 및 황변지수에서 무처리와 통계적 유의성이 확인되지 않았다.

감사의 글

본 연구는 한국담배인삼공사 (KT&G)에서 시행한 담배 저장해충 방제법 개발에 관한 연구의 일환으로서 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Akehurst, B. C.(1981) Tobacco. Longman group Ltd. 2nd edition. 529.
2. Bochner, B. R., D. M. Maron, and B. N. Ames(1981) Detection of phosphate esters on chromatograms : An improved reagent. Analytical Biochemistry, 117 ; 81-83.
3. Bond, E. J., T. Dumas, and S. Hobbs(1984) Corrosion of metals by the fumigant phosphine. J. Stored Prod. Res. 20 ; 57-63.
4. Childs, D. P., E. James Overby, and Dan Niffeneger(1971) Phosphine fumigation of tobacco in freight containers(Part I). Tob. Sci. 15 : 1-6.
5. Childs, D. P., James E. Overby, Edwin L. Cox, and Dan Niffeneger(1973) Toxicity of phosphine at various concentrations and temperatures to the cigarette beetle. ARS-S-16 : 8.
6. Cox, C.(1997) Sulfuryl fluoride. J. Pesticide Reform, 17 ; 17-20.

7. Freeman, P.(1980) Common insect pest of stored food products. British Museum Econ., Series, 15 ; 68
8. Harris. C. R.(1977) Insecticide resistance in soil insects attacking crops : Pesticide management and insecticide resistance. Academic Press : 321-351.
9. Mills, and J. R. Pedersen(1997) Flour mill sanitation manual.
10. Ohh, M. H.(1994) The feeding preference of cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* (F.), on cured tobacco leaves. *J. Korean Soc. Tobacco Science*, 16 ; 122-128.
11. Sone, J., and M. H. Ohh(2001) Seasonal occurrence of cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* F. at tobacco storage warehouses in Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.*, 4 ; 23-36.
12. TDRI(1984) Insect and arachnids of tropical stored products their biology and identification. 272 Storage Dept. Tropical Development and Res., Institute, London.
13. USDA(1972) Stored tobacco insects-Biology and control-Agricultural handbook No. 233 : 43.
14. Watson, D. L., and A. W. A. Brown(1982) Pesticide management and insecticide resistance. Academic Press: 638.
15. Yoshihara, K., and T. Yokoshima,(1961) Studies on the chemical forms of the recoil products in some neutron-irradiated phosphorus compounds. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 34 : 123-130.
16. Zettler, T. L.(1991) Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera:Tenebrionidae) from flour mills in the United States. *J. of Econ. Ent.* 84 : 763-767.
17. Zettler, L. J., and W. Dennis Keever(1994) Phosphine resistance in Cigarette beetle(Coleoptera:Anobiidae) associates with tobacco storage in the Southern United States. *J. of Economic Entomology* 87 : 546-550.
18. Zettler, T. L., W. R. Halliday, and F. H. Arthur(1989) Phosphide resistance in insects infesting stored peanuts in the Southeastern United States. *J. of Econ. Ent.* 82 : 1508-1511.