

절화장미 훈증처리시 Methyl Bromide와 PH₃를 이용한 새로운 살충방법의 개발

손기철^{1*} · 변혜진¹ · 김미경¹ · 윤재길² · 김의영³

¹건국대학교 원예학과, ²경기도농촌진흥원, ³연암축산원에전문대

Development of a New Disinfestation Method Using Methyl Bromide and PH₃ in Cut Rose Fumigation

Son, Ki-Cheol^{1*} · Byoun, Hye-Jin¹ · Kim, Mi-Kyoung¹ · Yun, Jae-Gil² · Kim, Eui-Young³

¹Dept. of Hort. Sci., Kon-Kuk University, Seoul 143-701, Korea

²Kyonggi Provincial RDA, Hwasong 445-970, Korea

³Dept. of Hort., Yonam Junior College of Livestock & Hort., Cheonan 330-800, Korea

*corresponding author

ABSTRACT Fumigation by combination of methyl bromide/phosphide (MB/PH₃) was much more effective in disinfestating the rose insect pests (*Aphis gossypii*, *Tetranychus urticae*, and *Frankliniella occidentalis*) than that by individual MB or PH₃. Fumigation for 2 hours in the chamber using MB/PH₃ at the concentration of 10/3 g · m⁻³ brought about 91.3% and 100% mortality in aphids and thrips, respectively. Fumigation for 3 hrs using MB/PH₃ at the concentration of 5/3 or 7/3 g · m⁻³ showed over 96% mortalities in mites and thrips as well as no phytotoxicity symptoms, e.g. tip burn or bent neck, in cut roses, while mortalities of mites and thrips were not influenced by increasing CO₂ concentration from 0.03% to 10% or decreasing O₂ concentration up to 15% in fumigation chamber.

Additional key words: aphids, carbon dioxide, mites, mortality, oxygen, phytotoxicity, thrips

서 언

농산물의 교류가 국제적으로 활발해짐에 따라 각국은 자국의 농산물을 보호하는 차원에서 수입농산물에 대한 보다 엄격한 검역을 통해 해외로부터 새로운 해충의 유입을 방지하고 있다 (Morschel, 1983). 절화에 있어서도 예외는 아니어서 각 수입국은 공항이나 항만에서 검역을 실시하여 절화에서 해충이 발견되면 methyl bromide (MB)나 청산가스(HCN) 등으로 훈증하여 소독한다(국립식물검역소, 1996). 일단 소독처리를 받은 절화는 약해가 발생하거나, 절화수명이 단축되는 등 상품가치가 크게 떨어져 상품화되지 못하고 폐기처분되는 일이 많다. 1995년의 경우 우리나라에서 일본으로 수출되는 절화의 약 30% 정도가 훈증처리를 당하거나 폐기처분된 것으로 나타났다(손 등, 1998). 따라서 수출시 병충해가 없는 건전한 식물체를 생산하거나 혹은 그렇지 못한 경우에는 사전에 적절한 처리를 행하여 해충을 제거하는 것이 매우 중요하다. 특히, 식물에 피해를 주지 않고 완전한 소독을 할 수 있는 살충제의 종류와 농도를

각 식물종별로 확립하는 것은 중요한 일일 것이다.

현재 국제적으로 절화검역시 이용되고 있는 여러 훈증제 중, 클로로피크린인 없는 MB는 표준 검역처리제로 여러나라에서 사용되어져 왔고 (APHIS, 1992b), 사용농도는 나라와 대상해충에 따라서 차이가 있는데, 일반적으로 미국에서는 40 g · m⁻³(APHIS, 1992b), 호주에서는 32 g · m⁻³(Seaton and Joyce, 1988), 일본에서는 48.5 g · m⁻³(국립식물검역소, 1996)로 사용하고 있다. 또 다른 훈증제로는 청산가스(HCN)과 인화수소(PH₃)를 들 수 있다. HCN은 일본에서 많이 이용되는 훈증제로서(Japaneses Fumigation Engineering Society, 1981), 여러 해충에 대해 살충효과가 있으나 물속에 쉽게 용해되어 약한 산을 형성하기 때문에 표면에 습기가 있는 식물체에는 피해가 생길 수 있으며(APHIS, 1992a; Monro, 1969), 카네이션과 국화는

HCN 훈증에 의해 피해를 받았다는 보고가 있다(Wit and van de Vrie, 1985). 인화수소는 효과적인 살충가스(Lindgren과 Vincent, 1966), 다른 훈증제와 비교하여 노출시간이 길어야 하나(APHIS, 1992b; Wit와 van de Vrie, 1985), 마그네슘 인화수소 16.6 g · m⁻³와 xylene 8.5 ml · m⁻³을 혼용하여 절화국화에 4시간 훈증했을 때, 절화에는 아무런 피해를 주지 않고 총채벌레, 진딧물, 응애에 각각 100, 96.9, 98%의 살충효과가 있는 것으로 보고되었다 (Wang과 Lin, 1984). 그 외에도 감마선조사 (Seaton과 Joyce, 1992), 온탕처리(Soderstrom 등, 1992), 증기열(Spruijt와 Blanton, 1933) 등 다양한 방법으로 해충을 제거하기 위한 방법이 연구되고 있으나, 식물체마다 훈증제의 종류 및 농도에 대한 반응이 다르다. 특히 절화는 외부환경에 매우 민감하고 유통기간이 짧기 때문에 아직 효과적인 살충방법이 확립되어 있지 못한 실정이며, 가장 널리 쓰이고 있는 살충제의 하나인 MB는 오존층을 파괴시키는 문제로 세계적으로 그 사용이 금지되거나 사용량의 절감이 요구되고 있다.

따라서 본 실험에서는 효과적인 훈증 살충제 개발의 일환으로 1) MB의 사용량을 최대한 줄이고도 장미해충에 대한 살충효과를 높일 수 있는 방법과, 2) 훈증시 훈증상내의 공기조성이 살충효과에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

장미에 발생하는 해충의 분류동정 및 준비:

경기도 고양시 장미농가에서 장미 해충을 수집하여 식물검역소에 해충의 분류동정을 의뢰한 결과, 진딧물(*Aphis gossypii*: 목화진딧물), 응애(*Tetranychus urticae*: 점박이응애), 총채벌레(*Frankliniella occidentalis*: 꽃노랑총채벌레) 그리고 *Aphis sp.* 등 4종류의 해충이 동정되었다(Table 1). 본 실험에서는 상기 해충중 진딧물, 응애, 총채벌레 등 3종을 공시충으로 사용하였다. 응애와 총채벌레는 장미농가에서 직접 채집해서 실험에 이용하였고, 진딧물은 서울대 곤충사육실에서 분양받아 이용하였다. 예비실험 결과, 식물체에 서식하는 해충과 petridish에 놓여 있는 잎에 접촉한 층의 훈증결과가 동일하였다. 따라서, 공시충 준비시 응애와 진딧물은 장미잎에 50마리씩 접촉한 뒤 petridish에 넣고, petridish의 윗면을 공기가 잘 통할 수 있는 얇은 종이로 막아서 진딧물이 밖으로 나가지 못하도록 하는 동시에 훈증제의 침투를 용이하게 하였다. 이들은 각각 4반복으로 하

Table 1. Classification of insects collected from the leaves and flowers of roses cultivated in Ko-yang area.

Scientific Name	Common Name
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Western flower thrips
<i>Tetranychus urticae</i>	Two-spotted spider mites
<i>Aphis gossypii</i>	Cotton aphids
<i>Aphis sp.</i>	Aphids

* 본 과제는 1995년도 농림수산 현장애로연구과제 '절화 백합, 장미의 수출시 검역피해 및 품질저하 방지기술 개발'의 연구지원비로 수행된 연구결과의 일부분임.

Table 2. Effect of methyl bromide fumigation at 10°C for 2 hours on mortality of insects and damages of cut roses.

Methyl bromide concentrations (g · m ⁻³)	Mortality (%)			Damages of cut roses (%)
	Cotton aphids (%)	Two-spotted spider mites (%)	Western flower thrips (%)	
10	4.2	10	0	z
20	22	30	0	-
30	16	40	0	25

^zTip burn, bent neck and blueing of roses after fumigation.

Table 3. Effect of PH₃ fumigation at 10°C for 2 hours on mortality of insects and damages of cut roses.

PH ₃ concentrations (g · m ⁻³)	Mortality (%)			Damages of cut roses (%)
	Cotton aphids (%)	Two-spotted spider mites (%)	Western flower thrips (%)	
3	4.8	2.5	50	z
6	40.0	94.7	100	-
9	57.5	92.5	100	-

^zTip burn, bent neck and blueing of roses after fumigation.

었다. 총채벌레는 화기에 붙어있는 해충 그대로를 이용하였으며, 훈증후 화기를 털어 살충물을 구하였다.

훈증방법: MB는 봄베로부터 미량투입기를 이용하여 필요한 농도가 되도록 주입하였고, 인화수소는 훈증제로 고시되어 있는 aluminium phosphide 정제(상품명: 에피흡)를 이용하였다. 사용된 훈증제는 식물검역소를 통하여 구입하였다. 훈증하여 이용할 때는, 물기없는 유리병에 각 농도에 맞는 인화수소정제를 넣은 다음 외부에서 그 유리병내로 물을 공급할 수 있도록 한쪽 끝은 유리병내로, 한쪽 끝은 외부로 연결된 관을 준비한 뒤 훈증상을 밀폐하였다(손 등, 1998). 유리병내로 물을 넣어주어 에피흡을 반응시켜 인화수소가 발생하도록 했고, 마지막으로 MB를 주입하였다. 훈증상 내부의 훈증제 농도를 균일하게 하기 위해 훈증시작 후, 15분 동안은 내부에 부착된 팬을 작동시켰다. 훈증시간은 실험 목적에 따라 2시간에서 4시간까지로 하였다. 훈증후 가스를 제거하기 위해서 30분이 상 배기팬을 가동시켜 잔존된 가스를 완전히 제거 후 실험결과를 관찰하였다. 훈증처리가 절화장미에 미치는 영향을 조사하기 위해서 장미 'Red Sandra'를 공시재료로 하여 훈증하였고, 훈증상에서 꺼낸 후 증류수에 꽃아 훈증에 의한 tipburn과 꽃목굽음과 같은 피해를 경시적으로 조사하였다.

MB/PH₃의 농도측정: MB는 이연식 18형 (Riken社, USA) 농도측정기를 이용하여 농도를 측정하였고, PH₃는 간이형농도측정기[大明理化學工業(株), 일본]를 이용하여 측정하였다.

MB와 인화수소의 단용 및 혼용처리: 실제로 사용되는 MB의 농도는 계절이나 훈증시의 온도에 따라 다르고, 훈증장소에 따라서도 다르게 적용되므로 본 실험에서는 가능한 한 모든 조건

을 국내의 검역상황을 고려하여 농도를 결정하였다. 일반적으로 고온일수록 저농도로 사용되는데, 식물보호 및 검역(Plant Protection & Quarantine: PPQ)의 절화에 관한 규제를 보면 훈증시의 온도가 10°C미만일 때는 50g · m⁻³, 10-15°C에서는 48g · m⁻³, 15-20°C에서는 40g · m⁻³, 20-25°C에서는 32g · m⁻³, 그 이상의 온도에서는 24g · m⁻³의 농도로 규제되고 있다(국립식물검역소, 1996). 따라서 본 실험은 10°C의 저온에서 모든 실험을 행하였다.

MB를 단독으로 사용할 때는, 준비된 공시충을 훈증상에 넣고 밀폐한 뒤 MB의 농도를 10, 20, 30 g · m⁻³로, 인화수소는 3, 6, 9 g · m⁻³ 농도가 되도록 에피흡정제를 넣어 각각 2시간 동안 훈증하였다. 혼용처리의 효과를 보기 위하여는 MB와 PH₃의 농도를 각각 10/3, 10/6, 20/3, 20/6 g · m⁻³가 되게 하여 2시간 동안 훈증처리하였다. 또한 살충효과의 증진을 위해서 훈증시간을 3시간으로 고정하고 MB/PH₃의 농도를 0/3, 5/3, 7/3g · m⁻³로 하여 살충효과를 조사하였다.

훈증상내의 공기조성 및 훈증시간: 이산화탄소 봄베에서 이산화탄소를 훈증상에 흘러 보내어 훈증상내의 이산화탄소 농도를 0.03, 5, 10%가 되게 하였고, MB/PH₃의 농도를 10/3, 10/6, 20/3, 20/6g · m⁻³가 되게 하여 2시간 동안 훈증처리하였다. 실험에 따라서는 질소 가스를 이용하여 산소농도를 15%가 되게 하였다. 훈증시간이 살충효과에 미치는 영향을 보기 위해서 MB/PH₃의 농도를 10/3g · m⁻³로 하고, 훈증시간을 2, 3, 4시간으로 하였다. 이때 공기조성이 살충효과에 미치는 영향을 동시에 보기 위하여, 훈증상내의 산소농도를 15%로 설정한 구와 이산화탄소농도를 5%로 설정한 구를 이용하였다. 이 실험에서는 공시충 중 가장 살충율이

낮은 응애만을 대상으로 하였다.

결과 및 고찰

1. MB와 인화수소 단용 및 혼용처리에 따른 살충효과: MB를 단용으로 훈증했을 때, 진딧물과 응애에 대한 살충효과는 50%이하로 매우 낮게 나타났고, 특히 총채벌레에 대해서는 거의 살충효과가 없는 것으로 나타났다(Table 2). 30g · m⁻³의 농도에서는 장미에 tip burn이나 꽃목굽음등의 약해가 25% 정도 관찰되었다. 인화수소를 단독으로 처리했을 때는 농도가 높아질수록 공시충에 대한 살충율은 증가하는 경향이 있었으며, 6g · m⁻³ 이상에서 응애와 총채벌레는 거의 살충되었다(Table 3). 인화수소 단독처리에서는 절화장미에는 약해가 거의 보이지 않아, 인화수소가 절화장미에 피해를 주지 않으면서 공시충에 대한 살충효과가 높은 것으로 생각되었다. MB는 농도에 상관없이 총채벌레에는 효과가 없는 것으로 나타났다.

두 가지 훈증제를 혼용하여 사용하였을 때, 모든 처리구에서 진딧물에서 70% 이상, 그리고 총채벌레에서 96% 이상의 살충효과가 나타나, 단용에 비해 살충효과가 훨씬 높은 것으로 나타났다(Table 4). 예를들어, 총채벌레에서 MB단용시 10g · m⁻³에서는 살충율이 0%, 인화수소 3g · m⁻³에서는 50%였으나, 두 농도의 조합에서는 96%의 살충력을 나타냈다. 또한 MB의 농도를 10g · m⁻³에서 20g · m⁻³으로 높였을 때 보다는 인화수소의 농도를 3g · m⁻³에서 6g · m⁻³으로 높였을 때 살충력이 높아지는 것으로 보아 MB 보다는 인화수소가 살충력에 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

2. 훈증시 공기조성이 훈증제의 살충효과에 미치는 영향: CO₂의 농도를 0.03%에서 10%까지 높였을 때, 총채벌레에 대한 살충효과에는 영향이 없었으나, 진딧물에 대해서는 고농도(10%)에서 오히려 살충력이 떨어지는 것으로 나타났다(Table 5). 또한 CO₂의 농도가 5%일 때 MB/PH₃ 농도가 10/6 g · m⁻³이상의 모든 처리구에서 장미에 tip-burn과 같은 피해증상이 나타났다. 이러한 결과는 CO₂의 농도를 5%로 하고 MB와 인화수소를 각각 14g · m⁻³와 3g · m⁻³의 농도로 10°C에서 3시간 훈증했을 때 절화에 피해없이 진딧물, 총채벌레, 응애에서 각각 86, 100, 100%의 살충효과가 있었다는 보고(川上, 1995)와, 저온하에서 CO₂의 농도를

Table 4. Effects of the fumigation by combinations of MB and PH₃ at 10°C for 2 hours on mortality of insects.

MB / PH ₃ concentrations (g · m ⁻³)	Mortality (%)	
	Cotton aphids (%)	Western flower thrips (%)
10 / 3	71.3	96
10 / 6	91.3	100
20 / 3	79.0	100
20 / 6	88.0	100

Table 5. Effects of CO₂ levels in fumigation chamber on the mortality of aphid and thrips.

CO ₂ (%) ^z	Concentrations MB/PH ₃ (g · m ⁻³)	Mortality (%)	
		Cotton aphids (%)	Western flower thrips (%)
0.03	10/3	71.3	96.0
	10/6	91.3	100
	20/3	79.0	96.7
	20/6	88.0	100
5	10/3	45.6	99.3
	10/6	91.2	100
	20/3	56.0	99.3
	20/6	79.5	100
10	10/3	14.8	100
	10/6	65.8	100
	20/3	33.0	100
	20/6	48.5	100

^zUnder 0.03% CO₂ conditions, O₂ and N₂ was 21% and 78%; under 5% CO₂ conditions, O₂ and N₂ was 20% and 74.3%; under 10% CO₂ conditions, O₂ and N₂ was 18% and 71%, respectively.

높임으로서 모든 해충의 방제가 가능하였다고 보고한 Seaton과 Joyce(1993)의 실험결과와는 상반되나, 아직 그 원인에 대해서는 정확히 구명되지 않았다.

3. 훈증처리시 산소농도 및 처리시간이 살충 효과에 미치는 영향: 공기조성과 처리시간의 복합적인 효과를 보기 위해서, 산소농도를 15% 또는 이산화탄소 농도를 5%로 한 뒤, 각각 2, 3, 4시간 훈증처리하여 응애에 대한 살충효과를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 공기조성의 변화에 따라 살충효과의 변화는 나타나지 않았다. 그러나 훈증시간에 따른 변화는 크게 나타났는데, 훈증시간을 2시간으로 했을 때는 살충률이 70% 이하였으나, 3시간 이상 처리하였을 때는 모든 공기조성구에서 100% 살충효과가 나타났

Table 6. Effects of fumigation duration and air conditions on mortality of two-spotted spider mite.

Air conditions	Fumigation duration (hrs)	Mortality of two-spotted spider mites (%)
control	2	68
	3	100
	4	100
O ₂ 15%	2	56
	3	100
	4	100
CO ₂ 5%	2	60
	3	100
	4	100

Table 7. Effects of 3 hours fumigations by the combinations of MB and PH₃ on the mortalities of two-spotted mites and western flower thrips and damages of cut roses.

MB/PH ₃ (g · m ⁻³)	Mortality (%)		
	Two-spotted spider mites (%)	Western flower thrips (%)	Damages of cut roses (%)
0/3	13.5	94.6	-
5/3	96	100	-
7/3	100	100	-

위한 방안으로 자국에서 수출전 신선한 상태에서 훈증시간을 연장하는 것은 식물체에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 또한 훈증처리시 온도 및 PH₃을 효율적으로 이용하면 저농도의 MB로도 많은 절화에서 효과적으로 훈증소독을 할 수 있을 것으로 판단된다.

초 록

절화장미 해충(진딧물, 응애, 총채벌레) 살충시 MB와 PH₃을 혼용하여 혼증함으로써 단독으로 사용할 때보다 훨씬 높은 살충효과를 얻을 수 있었다. MB/PH₃농도를 10/3g · m⁻³로 10℃의 훈증상에서 2시간 훈증했을 때, 진딧물과 총채벌레에 대해 각각 91.3%, 100%의 살충율을 나타내었다. 훈증시간을 3시간으로 하고 MB/PH₃의 농도가 5/3g · m⁻³ 또는 7/3g · m⁻³일 때, 식물약해가 전혀 없었을 뿐 아니라 응애와 총채벌레에서 96% 이상의 살충효과를 얻을 수 있었다. 훈증상내의 이산화탄소의 농도를 0.03%에서 5% 및 10%로 높여 주거나, 산소를 20%에서 15%로 감소시켜 훈증처리를 한 결과, 이들 공기조성의 변화가 살충효과에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

추가주요어: 산소, 식물약해, 응애, 이산화탄소, 진딧물, 총채벌레, 치사율

사사: 본 실험 수행시 도움을 주신 식물검역소 김영일 선생님과 김범술 선생님 및 한국인삼연초연구소의 오명희 박사님께 감사드립니다.

인용 문헌

- APHIS. 1992a. Schedules for miscellaneous plant products. T305 - Cut flowers and greenery (treatment manual). USDA, Washington, D.C.
- APHIS. 1992b. Fumigants - methyl bromide. PPQ treatment manual. USDA, Washington, D.C.
- Japanese Fumigation Engineering Society, 1981. The text for chief of plant quarantine fumigation operation, p.171. Japanese Fumigation Engineering Society, Tokyo (in Japanese).
- 川上房男. 1995. 輸入切花の新消毒技術の開発. 植物防疫 第49卷10號.
- Lindgren, D.L. and L.E. Vincent. 1966. Relative toxicity of hydrogen phosphide to various stored product insects. J. Stored Prod. Res. 2:141-146.
- Monro, H.A.U. 1969. Manual of fumigation for insect control. FAO Agriculture Studies No. 79. Food and Agric. Organ., United Nations, Rome.
- Morschel, J.R. 1983. The Australian plant quarantine service, p.150. Australian Gov-

- ernment Publishing Service, Canberra.
- 국립식물검역소. 1996. 외국의 소독처리기준.
- Seaton, K.A. and D.C. Joyce. 1988. Post-harvest insect disinfestation treatments for cut flowers and foliage. W. Aust. Dept. of Agriculture, Farmnote No. 89/88, Agdex 280/56, South Perth, W.A.
- Seaton, K.A. and D.C. Joyce, 1989. Post-harvest disinfestation of cut flower for export. In: Horticultural research and extension update-1989, W. Aust. Dept. of Agriculture, South Perth, W.A.
- Seaton, K.A. and D.C. Joyce. 1992. Gamma irradiation for insect disinfestation damages on native Australian cut flowers. *Scientia Horticulturae* 52:343-355.
- Seaton, K.A. and D.C. Joyce. 1993. Effects of low temperature and elevated CO₂ treatments and of heat treatments for insect disinfestation on some native Australian cut flowers. *Scientia Horticulturae* 56:119-133.
- Soderstrom, E.L., D.G. Grandl, and B. Mackey. 1992. High temperature combined with carbondioxide enriched or reduced oxygen atmospheres for control of *Tribolium castaneum*.(Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 28:235-238.
- 손기철, 변혜진, 김미경, 임기병, 김영일. 1998. 수출전 훈증처리가 절화장미의 품질에 미치는 영향. *원예과학기술지* 16(3):366-369.
- Spruijt, F.J. and F.S. Blanton. 1933. Vapor-heat treatment for the control of bulb pests and its effect upon the growth of narcissus bulbs. *J. Econ. Entomol.* 26:613-620.
- Wang, C.L. and R.T. Lin. 1984. Study on the quarantine treatment of insects pests on chrysanthemum cut flower - fumigation and smoking methods. *J. Agri. Res. China* 34: 88-89.
- Wit, A.K.H. and M. van de Vrie. 1985. Fumigation of insects and mites in cut-flowers for post-harvest control. *Med. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent.* 50: 705-712.