

ヨウ化メチル及びリン化水素くん蒸による花き類の障害調査

宿谷珠美・内藤浩光・山田邦彦

横浜植物防疫所調査研究部

Studies on Injuries of Flowers, Flower Bulbs and Ornamental Plants with Methyl Iodide and Phosphine Fumigation. Tamami Shukuya, Hiromitsu Naito, and Kunihiko Yamada (Research Division, Yokohama Plant Protection Station 1-16-10 Shin-yamashita, Naka-ku, Yokohama 231-0801, Japan; shukuyat@pps.maff.go.jp). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 48: 27-31 (2012).

Abstract: Chemical injuries arising from methyl iodide and phosphine fumigation were examined. Four species of potted flowers, two species of ornamental plants, and two species of flower bulbs were fumigated with 48.5mg/l methyl iodide at 15°C for 2 hours and for 3 hours, and with 2mg/l phosphine at 15°C for 24 hours, respectively. After methyl iodide fumigation, no chemical injury was observed on *Dracaena* sp. and *Gladiolus* sp. After phosphine fumigation, no chemical injury was observed on *Chrysanthemum* sp., *Dianthus* sp., *Dracaena* sp., *Sansevieria* sp. and *Gladiolus* sp.

Key words: flower, fumigation, injury, methyl iodide, phosphine

緒 言

臭化メチルは、「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」においてオゾン層破壊物質に指定され、その製造、消費及び貿易が規制されている。検疫用途の臭化メチルの使用については、植物類の国際貿易に与える影響、臭化メチル代替消毒技術の開発状況などを考慮して、規制対象から除外されているものの、国際植物防疫条約の植物検疫措置に関する委員会（CPM-3）において、加盟国の植物防疫機関に対し、植物検疫措置における臭化メチル代替消毒技術への転換、臭化メチル使用量の削減等を推奨する勧告が採択されている（IPPC, 2008）。我が国では、検疫用臭化メチルの使用量を削減するため、穀類、木材、木材こん包材、青果物等を対象に、ヨウ化メチル、フッ化スルフルル、メチルイソチオシアネート、リン化水素等による臭化メチル代替消毒技術の開発試験を行ってきた（川上ら, 1996; 相馬ら, 2002; 相馬ら, 2004; 相馬ら, 2005; Soma *et al.*, 2006a, 2006b, 2007）ものの、苗類については技術開発が進んでいない。

そこで、臭化メチル代替くん蒸技術として青果物への導入が検討されているヨウ化メチル及びリン化水素くん蒸剤を苗類へ適用することが可能か、その基礎資料とするため、草花苗、観葉植物及び球根の計8属を対象に両薬剤によりくん蒸し、障害の発生状況を調査した。

材料及び方法

1. 供試植物

供試した花き類は、2006年から2008年の植物検疫統計（植物防疫所, 2007, 2008, 2009）をもとに、苗としての輸

入検査数量の多いものから、アザミウマ類、カイガラムシ類、ハダニ類等表面付着害虫による不合格の多いものとして、草花類はキク属（*Chrysanthemum* sp.）、クレマチス属（*Clematis* sp.）、ナデシコ属（*Dianthus* sp.）、リュウキュウベンケイ属（*Kalanchoe* sp.）の4属を、観葉植物はドラセナ属（*Dracaena* sp.）、サンセベリア属（*Sansevieria* sp.）の2属を選定した。また、球根類はグラジオラス属（*Gladiolus* sp.）、チューリップ属（*Tulipa* sp.）の2属を用いた。

供試した形態は、キク属、クレマチス属、ナデシコ属、リュウキュウベンケイ属は花、蕾のあるポット植え又は鉢植えの状態で、ドラセナ属は発芽発根した挿し木の状態で、サンセベリア属は株分け及び葉を切断した挿し葉の状態で、グラジオラス属、チューリップ属は球根の状態で供試した。

供試植物、品種数及び反復（供試）数については、第1表に記載した。

2. くん蒸剤及びくん蒸条件

ヨウ化メチル（CH₃I, 以下, MI）、リン化水素（PH₃, 以下, PH）及び比較対照として臭化メチル（CH₃Br, 以下, MB）を用いてくん蒸した。

くん蒸条件は、PHはこれまでハダニ類で殺虫効果が確認されている相馬ら（2002）の文献を参考に2.0mg/l、24時間とし、MIは、同薬剤の表面付着害虫に対する殺虫効果が不明なため48.5mg/l、2時間又は3時間とし、MBはMIと同じ条件でくん蒸した。くん蒸温度は、いずれも15°Cとした。

第1表 供試植物の種類と供試形態、反復数及び供試数

植物の種類 (属名)	品種数	供試形態	反復数 (供試数)					
			無処理	MI・2h	MI・3h	PH・24h	MB・2h	MB・3h
<i>Chrysanthemum</i> sp.	2	9cmポット	1(2)	2(4)	—	1(2)	2(4)	—
	1	鉢植え	1(1)	—	1(1)	1(1)	—	1(1)
<i>Clematis</i> sp.	2	9cmポット	1(2)	—	2(2)	2(2)	—	2(2)
<i>Dianthus</i> sp.	3	9cmポット	1(2)	2(4)	2(2)	3(4)	2(4)	2(2)
<i>Kalanchoe</i> sp.	1	9cmポット	1(2)	2(4)	—	1(2)	2(4)	—
<i>Dracaena</i> sp.	1	挿し木	1(2)	—	1(3)	1(3)	—	1(3)
	1	株分け	1(2)	—	2(2)	2(2)	—	2(2)
<i>Sansevieria</i> sp.	1	挿し葉	1(2)	—	1(6)	1(6)	—	1(6)
	1	球根	1(10)	—	2(20)	2(20)	—	2(20)
<i>Tulipa</i> sp.	1	球根	1(10)	2(20)	—	2(20)	2(20)	—

第2表 花き類をくん蒸した場合のガス残存率 (%) 及び平均ガス濃度 (mg/l)

植物の種類 (属名)	供試形態	MI 48.5mg/l・2 h		MI 48.5mg/l・3 h		PH 2mg/l・24 h		MB 48.5mg/l・2 h		MB 48.5mg/l・3 h	
		残存率 (%)	平均濃度 (mg/l)	残存率 (%)	平均濃度 (mg/l)	残存率 (%)	平均濃度 (mg/l)	残存率 (%)	平均濃度 (mg/l)	残存率 (%)	平均濃度 (mg/l)
<i>Chrysanthemum</i> sp.	9cmポット	85.6	41.5	—	—	95.7	1.91	100.9	49.0	—	—
	鉢植え	—	—	76.9	37.3	91.2	1.82	—	—	98.8	47.9
<i>Clematis</i> sp.	9cmポット	—	—	83.5	40.5	94.0	1.88	—	—	102.7	49.8
<i>Dianthus</i> sp.	9cmポット	81.3	39.4	80.7	39.1	97.5	1.95	103.4	50.1	100.5	48.7
<i>Kalanchoe</i> sp.	9cmポット	75.1	36.4	—	—	95.2	1.90	97.3	47.2	—	—
<i>Dracaena</i> sp.	挿し木	—	—	77.5	37.6	107.0	2.14	—	—	106.3	51.6
	株分け	—	—	80.1	38.9	103.8	2.08	—	—	105.5	51.2
<i>Sansevieria</i> sp.	挿し葉	—	—	78.1	37.9	103.8	2.08	—	—	106.8	51.8
	球根	—	—	80.4	39.0	104.9	2.10	—	—	114.0	55.3
<i>Tulipa</i> sp.	球根	82.6	40.1	—	—	104.5	2.09	105.3	51.1	—	—

ガス残存率 (%) = 最終ガス濃度 (mg/l) / 投薬量 (mg/l) × 100

平均ガス濃度 (mg/l) = CT 値 (mg・h/l) / くん蒸時間 (h)

3. くん蒸

購入した花き類をくん蒸前日に所定のくん蒸温度に調整したくん蒸実験室に置き温度馴化させてから、内容積約30lのアクリル製くん蒸箱（ガス投薬孔、ガス採取孔、ガス排出孔、かく拌用小型ファン及び温度測定装置装備）に収容し、MIはバイアルビンに入った純度99%以上の液体を、PHはボンベに充填された濃度約10%のガス体を、MBは純度99%以上の液体の入ったバイアルビンからガス体をシリンジにより所定量採取して、くん蒸箱に投薬することによりくん蒸した。MI、MBについてはくん蒸中小型ファンにより、PHについては投薬後4時間程度マグネチックスターラーによりくん蒸箱内をかくはんした。くん蒸中の温度は、データロガー（グラフィックロガー CR：(株)チノー製）により確認した。くん蒸後は、排気装置により約3l/minで1時間排気した。

4. ガス濃度測定

くん蒸中のガス濃度は、MI及びMBは投薬後15、30、60、120分及び3時間くん蒸では180分後に、PHは0.5、1、2、4及び24時間後に、それぞれFID又はTCDを装備した

ガスクロマトグラフ（GC-2014：(株)島津製作所製）により測定した。

測定結果から、ガス残存率 (%)、くん蒸中のCT値 (mg・h/l) 及び平均ガス濃度 (mg/l) を以下の式により計算した。

ガス残存率 = くん蒸終了時のガス濃度 / 投薬量 × 100

MI及びMBくん蒸

CT 値 (2時間) = $(7.5C_{15} + 22.5C_{30} + 45C_{60} + 30C_{120}) / 60$

CT 値 (3時間) = $(7.5C_{15} + 22.5C_{30} + 45C_{60} + 60C_{120} + 30C_{180}) / 60$

C_n : 投薬後 n 分のガス濃度

PHくん蒸

CT 値 = $(15C_{0.5} + 45C_1 + 90C_2 + 660C_4 + 600C_{24}) / 60$

C_n : 投薬後 n 時間のガス濃度

平均ガス濃度 = CT 値 / くん蒸時間 (h)

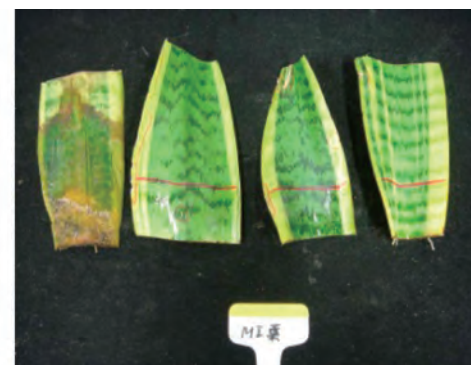
h : 2時間くん蒸1.75、3時間くん蒸2.75、24時間くん蒸23.5

5. 障害調査

排気終了蒸後、草花類は温室に移動し、くん蒸時の状態のまま3～10日間観察した後、一部のポット植えについ



第1図 ヨウ化メチルくん蒸による *Chrysanthemum* sp. の障害発生状況 (くん蒸5日後)
左: 無処理区 右: 処理区



第2図 ヨウ化メチルくん蒸による *Sansevieria* sp. の障害発生状況 (くん蒸36日後)
左: 無処理区 右: 処理区

では鉢に植え換え、1～2カ月栽培した。観葉植物は、ドラセナは水挿しの状態で、株分けのサンセベリアは鉢植えの状態で、挿し葉のサンセベリアは川砂に植えた状態で、1～2カ月室内で栽培した。球根は、くん蒸後1週間程度室内に置き、その後一部の球根を切開し内部の状態を観察するとともに、残りの球根をプランターに植え付けて、3～4カ月栽培した。

障害の発生状況については、栽培期間中に茎葉、花などを観察しその状況を記録するとともに、栽培終了時可能な範囲で根の状況を観察した。

結果及び考察

1. くん蒸中及びくん蒸終了時のガス濃度

各くん蒸において計算されたガス残存率(%)及びくん蒸中の平均ガス濃度(mg/l)を第2表に示す。反復のあるものは平均値とした。

ガス残存率は、MI 2時間くん蒸で約75～86%、3時間くん蒸で約77～84%となったのに対し、MB 2時間くん蒸で約97～105%、3時間くん蒸で約99～114%となり、MBくん蒸で高かった。PHのガス残存率は、ポット植え

又は鉢植えでは約91～98%、植物体のみの状態で約104～107%となった。

くん蒸中の平均ガス濃度は、MI 2時間くん蒸で36.4～41.5mg/l、MI 3時間くん蒸で37.3～40.5mg/lとなったのに対し、MB 2時間くん蒸で47.2～51.1mg/l、MB 3時間くん蒸で47.9～55.3mg/lであり、MIはMBの70～80%の濃度であった。PHの平均ガス濃度をみると、ポット植え又は鉢植えで1.88～1.95mg/l、植物体のみの状態で2.08～2.14mg/lとなった。

くん蒸時の土壌の有無によるガス残存率及び平均ガス濃度への影響は、MBにおいて土壌ありでいずれも低くなる傾向があるものの、MIではあまり明確ではなかった。また、PHは、土壌ありでいずれも低くなり、PHが土壌に収着されたためと考える。

2. 障害の発生状況

(1) MIくん蒸

ドラセナ属及びグラジオラス属は、無処理区と比較して障害の発生は認められなかった。それ以外の6種の障害発生状況については以下のとおりである。



第3図 リン化水素くん蒸による *Kalanchoe* sp. の障害発生状況 (くん蒸6日後)
左: 無処理区 右: 処理区



第4図 リン化水素くん蒸による *Tulipa* sp. の障害発生状況 (くん蒸113日後)
左: 無処理区 右: 処理区

キク属：品種により障害の程度に差があったものの、3時間くん蒸した1品種は、くん蒸4～5日後すべての株で花や蕾が黒く変色し、下位葉も変色し枯死した(第1図)。MBくん蒸も同様の症状がみられたが、その程度はMIに比べ軽度であった。2時間くん蒸した2品種は、障害の発生が遅れたもののほぼ同様の症状を示した。根については、根腐れを起こした1品種を除き、無処理区と変わらなかった。

クレマチス属：供試した2品種のうち1品種は、くん蒸翌日から葉が褐色に変色し、変色は日数とともに進行したが、1週間程度で新芽が伸び始め新葉の展開もみられた。もう1品種は、くん蒸4日後まで目立った変化はなかったことから鉢へ植え替えたところ、2週間程度で枯死した。同様に扱ったMBくん蒸区では植え替え後枯死しなかったことから、MIでは根部にダメージを受けた可能性がある。

ナデシコ属：2時間くん蒸の1品種、3時間くん蒸の2品種ともくん蒸後3～4日で、花、蕾、茎葉に萎れ、変色が認められ、14日後までに一部枯死したものもあった。MBくん蒸区でも花、蕾、茎葉に変色がみられたがその程度は軽く、枯死に至らなかった。ただ、3時間くん蒸した1品種のMI及びMBくん蒸区では、くん蒸後1週間で地際部付近に糸状菌の感染が認められた。

リュウキュウベンケイ属：くん蒸5日後、花はすべて萎れ、下位葉は黒や黄色に変色した。1カ月後、新芽が生

長したものの、根の発育状況は無処理区よりも悪かった。MBくん蒸区も同様の症状を示したが、その程度は軽かった。MI及びMBくん蒸区において、黒色に変色した茎部には、糸状菌の感染が認められた。

サンセベリア属：川砂で栽培した挿し葉はくん蒸4日後、鉢に植えた根付きの株はくん蒸10日後、一部の葉に病気の感染によると思われる萎凋、軟化症状が出たものの、鉢に植えた根なしの株に異常はなかった。くん蒸後1カ月又は2カ月で掘り出したところ、株分け、挿し葉とも根の発達が無処理区と比べ悪かった(第2図)ものの、MBくん蒸区との差は顕著ではなかった。

チューリップ属：くん蒸3日後、一部の球根を切開したが異常は認められず、残りをプランターに定植した。無処理区及びMBくん蒸区は定植後約50日で発芽したが、MIくん蒸区は約2週間遅れ、12球のうち3球で発芽がみられたのみで、その3株についても葉の著しい変形が認められた。くん蒸4カ月後、掘り出して確認したところ、MIくん蒸区については根の発育が著しく阻害された。

(2) PHくん蒸

キク属、ナデシコ属、ドラセナ属、サンセベリア属及びグラジオラス属は、無処理区と比較して障害の発生は認められず、キク属、ナデシコ属及びサンセベリア属の一部は、無処理区に比べ、くん蒸後緑色が濃くなる傾向にあった。

第3表 花き類をヨウ化メチル、リン化水素及び臭化メチルによりくん蒸した場合の障害の発生状況

種類	属名	ヨウ化メチル ^{a)}	リン化水素 ^{b)}	臭化メチル ^{c)}
草花	<i>Chrysanthemum</i> sp.	花、蕾の変色・萎凋	—	花、蕾の変色、 萎凋葉の変色・萎凋 根の発育障害
	<i>Clematis</i> sp.	葉の変色・萎凋	葉の変色（軽度）	
	<i>Dianthus</i> sp.	根の発育障害	—	
	<i>Kalanchoe</i> sp.	(被害程度は、臭化メチルくん蒸よりも大きい)	葉の変色、萎凋	
観葉植物	<i>Dracaena</i> sp.	—	—	—
	<i>Sansevieria</i> sp.	根の発育障害	—	根の発育障害
球根	<i>Gladiolus</i> sp.	—	—	—
	<i>Tulipa</i> sp.	発芽の遅延 根の発育障害	発芽の遅延 根の発育障害	—

a) 48.5g/m³、15°C、2～3時間くん蒸b) 2g/m³、15°C、24時間くん蒸c) 48.5g/m³、15°C、2～3時間くん蒸

それ以外の3種の障害発生状況については以下のとおりである。

クレマチス属：供試した2品種のうち1品種で障害の発生は認められなかったが、もう一方の品種は、くん蒸翌日から一部の葉の葉先が灰色に変色した。この一部の葉の変色を除けば無処理区と変わりなく、くん蒸1週間後には新芽が伸長した。

リュウキュウベンケイ属：くん蒸3日後、下位葉の黄変が始まり脱落した（第3図）。ただ、その後3週間ほど経過しても株全体が枯死することはなかった。

チューリップ属：くん蒸3日後、一部の球根を切開した異常は認められず、残りをプランターに定植した。無処理区は定植後約50日で発芽したが、PHくん蒸区はその6日後であった。12球のうち10球で発芽がみられたものの成長は遅く、そのうち2株では発芽、伸長した葉に変形、変色がみられた。くん蒸4カ月後掘り出して確認したところ、根の発育が無処理区に比べ貧弱であった（第4図）。

各くん蒸剤による障害の発生状況を第3表にまとめた。これらの結果から、MIくん蒸は、多くの草花類と一部の観葉植物、球根に障害を発生する可能性があるものの、今後殺虫試験により適切な投薬量について調査する必要がある。PHくん蒸は、一部の草花、観葉植物に比較的軽い障害症状が認められたものの、多くの草花、観葉植物に障害が発生しない可能性がある。今回、球根を除き鉢植えの状態でくん蒸したが、今後は苗としての輸入形態を考慮し、栽培方法等にも注意する必要がある。

引用文献

IPPC (2008) Replacement or Reduction of the Use of Methyl Bromide as a Phytosanitary Measures. CPM-3 (2008)

/REPORT APPENDIX 6.

川上房男・相馬幸博・岸野秀昭・後藤陸郎・町田真生・井上 亨（1996）大型サイロにおける穀類の二酸化炭素くん蒸実用化試験. 植防研報 **32**: 51-55.

植物防疫所（2007, 2008, 2009）植物検疫統計. 農林水産省植物防疫所（<http://www.maff.go.jp/pps/j/tokei/index.html>）

Soma, Y., H. Komatsu, Y. Abe, T. Itabashi, Y. Matsumoto and F. Kawakami (2006a) Effects of Some Fumigants on Mortality of the Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* Infesting Wooden Packages. 6. Mortality of Pine Wood Nematode and Longhorn Beetles by Methyl Iodide Tarpaulin Fumigation. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **42**: 7-13.

Soma, Y., H. Komatsu, Y. Abe, T. Itabashi, Y. Matsumoto and F. Kawakami (2006b) Effects of Some Fumigants on Mortality of the Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* Infesting Wooden Packages. 7. Fumigation Schedules for Pine Wood Nematode by Mixture Gas of Methyl Isothiocyanate and Sulfuryl Fluoride. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **42**: 15-22.

Soma, Y., H. Komatsu, T. Oogita, Z. Nakamura, N. Nomura, Y. Abe, T. Itabashi and M. Mizobuchi (2007) Mortality of Forest Insect Pests by Methyl Iodide Tarpaulin Fumigation. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **43**: 9-15.

相馬幸博・後藤陸郎・小川 昇・内藤浩光・川上房男・小松 仁・楯谷昭夫・有田 彰・野村直樹・佐藤哲則・森 史雄・阿部豊・板橋 亨・久田芳夫・宮地宏幸（2004）2種混合ガスによる木材天幕くん蒸試験. 植防研報 **40**: 19-23.

相馬幸博・松岡郁子・内藤浩光・土屋芳夫・三角 隆・川上房男（2002）リン化水素による輸出用二十世紀梨の消毒試験2. 投薬機を利用したリン化アルミニウム剤による実用化くん蒸試験. 植防研報 **38**: 9-12.

相馬幸博・三角 隆・小川 昇・内藤浩光（2005）3種くん蒸剤によるクリシギゾウムシ *Curculio sikkimensis* の殺虫効果. 植防研報 **41**: 9-14.