

臭化メチルくん蒸されたりんご果実の

障害発生要因と障害防止*

川上 房 男・相 馬 幸 博

横浜植物防疫所調査研究部調査課

Some Factors Causing Chemical Injury of Apples Fumigated with Methyl Bromide and Injury Protection by Gas-Absorbents. Fusao KAWAKAMI and Yukihiro SOMA (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shinyamashita, Naka-Ku, Yokohama 231, Japan) *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 27: 41-46 (1991)

Abstract: Fuji apples stored at $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ for approximately four months were fumigated with methyl bromide (MB) at a dose of 48 g/m^3 for 2 hrs at 10°C with 50% (v/v) loading. Fruit were then packed in commercial styrofoam box (0.047 m^3) with 40 g per carton of gas-absorbents of active carbon coated with amine compounds (AC), soda lime (SL) and AC+SL, for MB, CO_2 and MB+ CO_2 , respectively and stored for 14 days at 0°C followed by 7 days storage at 15°C . The results showed that no chemical injury was observed on the skin and pulp of fruit packed with absorbents of AC or AC+SL, and the injury of fruit with SL was drastically reduced the number of fruit and the percentage of the skin and pulp areas affected, while brownish blotchy spots on the skin and pulp with severe discoloration were observed in fruit packed without gas-absorbents.

Key words: fumigation, methyl bromide, phytotoxicity, apples, gas-absorbents

はじめに

日本産生果実類の輸出対策の一環として、りんご果実寄生害虫に対する完全殺虫技術を確立するため、臭化メチル(以下MBと略)を用いてくん蒸試験を実施中である。

りんごは低温及びCA貯蔵の普及によって7~8か月間の保管が可能であることから、品質の保持が図られる発泡スチロール箱に梱包して輸出し、長期の保管及び販売が計画されている。そのため、筆者らはMBくん蒸した果実を商業用の発泡スチロール箱に収容し、輸出を想定した条件下に保管して果実の品質を調査したところ、果皮及び果肉に褐変症状が認められた。

りんご生果実は、一般的にMBくん蒸に対して非耐性で、品種によって感受性が著しく異なり、障害の発生に差があることが報告されている(Phillipsら, 1939; 森ら, 1963; Monroら, 1969; O'Loughlinら, 1977; 安部ら, 1980; Ripponら, 1982; Gallettiら, 1987; Drakeら, 1988; Mehoriukら, 1990; Drakeら, 1990)が、果実の障害発生 の要因について詳細に調査された報告は見当たらない。

そこで、MBくん蒸された果実を密閉容器に入れ、保

管中に各種ガスの挙動を調査して障害発生との関係を明らかにするとともに、障害の防止方法について検討したのでその結果を報告する。

試験の実施に当たり、協力をいただいた調査研究部調査課田辺和男技官に厚くお礼申し上げる。

材料および方法

1. 供試果実

1989年11月上旬に収穫された青森県弘前市産有袋栽培ふじ及び同県南津軽郡藤崎町産無袋栽培ふじを約4か月間標準冷蔵下($-1\sim 0^{\circ}\text{C}$)に貯蔵し、果皮に病斑、傷などが無いLサイズ(有袋ふじ平均326g, 無袋ふじ平均357g)を使用した。これらの果実を 0.065 m^3 のプラスチック製の採果ビンに入れ、 10°C に3日間保管した後にくん蒸した。

2. くん蒸

くん蒸は、果実食入性害虫の完全殺虫基準であるMB 48 g/m^3 , 10°C , 2時間, 収容率50% (v/v) により行った。

採果ビン4箱(収容量80kg)を内容積 0.52 m^3 のステンレス製くん蒸箱($0.86\text{ m}^3/\text{分}$ の循環・排気装置, アンブル破砕装置, ガス採取装置及び圧力測定装置付き)に収容した。投薬は予め計量封入したMBアンブルを

* 本報告の一部は、園芸学会平成2年度秋季大会において発表した。

くん蒸箱内で破碎して行った。ガスは投薬後 30 分間連続して循環し、以後は間欠循環(On: 0.5 分, Off: 2.5 分)した。ガス濃度は投薬 10, 30 及び 120 分後にガスクロマトグラフ (FID: GC-8AIF 島津製作所製) を用い、また、くん蒸箱内及び果実温度は多打点式自動温度記録計 (Hybrid Recorder AH チノ社製) を用いて測定した。くん蒸後は強制排気装置を用いて 1 時間排気した。

3. くん蒸後の果実の保管方法

排気終了後 16 果を紙製モールドバックに並べ、① 厚さ 0.05 mm のポリエチレン袋に入れ、内容積 0.03 m³ の発泡スチロール箱内に収容して密封したもの(吸収剤未使用区) ② MB ガスの吸収剤としてアミン化合物をコーティングした顆粒状活性炭(以下活性炭と略)を 40 g パックして入れ、①と同様の方法で梱包したもの(活性炭区) ③ 炭酸ガスの吸収剤として粒状ソーダライムを 40 g をパックして入れ、①と同様の方法で梱包したもの(ソーダライム区) ④ 活性炭 40 g とソーダライム 40 g の両方を入れ①と同様の方法で梱包したもの(活性炭+ソーダライム区) ⑤ 排気後 10℃ に 24 時間果実を放置した後に①と同様の方法で密封したもの(24 時間放置区) ⑥ 未くん蒸の果実を①と同様の方法で梱包したもの(対照区)の 6 区に分け、輸出を想定した輸送、消費条件下の 0℃ に 14 日間密封状態で、次いで 15℃ に 7 日間開封状態で保管した。

4. 保管中のガス濃度及び温度の測定

発泡スチロール密封保管中は、空間及び果実温度を多打点式自動温度記録計を使用して測定した。有袋ふじについては MB, エチレン及び炭酸ガス濃度をガスクロマトグラフ FID (MB 及びエチレン: GC-8AIF 島津製作所製, 炭酸ガス: Ni 触媒付き 163 型 日立製作所製) を使用して経日的に測定した。また、酸素濃度はジルコニア固体電解質方式(LX-750 飯島電子工

業製) を使用して 0℃ 保管最終日に測定した。

5. 果実の障害調査

保管終了後に果皮の斑点・褐変及び果肉の褐変症状について肉眼で調査した。

結果および考察

1. くん蒸中における MB ガス濃度及び温度

くん蒸中の MB ガス濃度及び温度の測定結果は第 1 表のとおりである。

MB ガス濃度は、くん蒸箱内及び採果ビンともに投薬後 10 分以内に均一になった。プラスチック製の採果ビンに対する MB ガスの収着は殆どないため、くん蒸中のガス濃度は高く、2 時間後の残存ガス濃度は 49.1~50.1 mg/l であった。採果ビンに対する MB ガスの収着を 0 とすると、果実の比重が約 0.85 であるため、MB ガスの果実への収着量は 53~58 mg/kg と計算され、1 果当たり約 19.0 mg のガスが収着されたことになる。

くん蒸中の果実温度は 9.81~10.2℃ であった。くん蒸箱内の温度は、ガス循環用のモーターから発生する熱のため 11.5~11.6℃ まで上昇したが、果実温度への影響は殆ど認められなかった。

2. 発泡スチロール密封保管中の温度

設定温度 0±0.5℃ の低温庫内における発泡スチロール密封箱内空間及び果実温度の測定結果は、第 1 図のとおりである。

発泡スチロール内空間部及び果実温度は、1 日後にくん蒸温度の 10℃ から約 3℃ まで低下し、3 日後は 0.5℃、その後は 0.3~0.6℃ の範囲であった。

3. 発泡スチロール密封保管中の各種ガス濃度

有袋ふじの発泡スチロール密封保管中における箱内の MB, エチレン, 炭酸ガス及び酸素濃度の測定結果

Table 1. Methyl bromide concentrations and temperatures during fumigation in 0.52 m³ chamber at a dose of 48 g/m³ for 2 hours at 10℃ with 50% loading.

Fruit*	MB gas conc. (mg/l)			Temperature (°C)	
	10	30	120 min.	Air space	Fruit pulp
Bagged Fuji	57.1	55.1	49.1	9.8-11.5	9.8-10.1
Unbagged Fuji	57.4	55.3	50.1	9.8-11.6	10.0-10.2

* "Bagged Fuji" are cultivated with paper bags until ca. 3 weeks before harvest.
"Unbagged Fuji" are cultivated without bags.

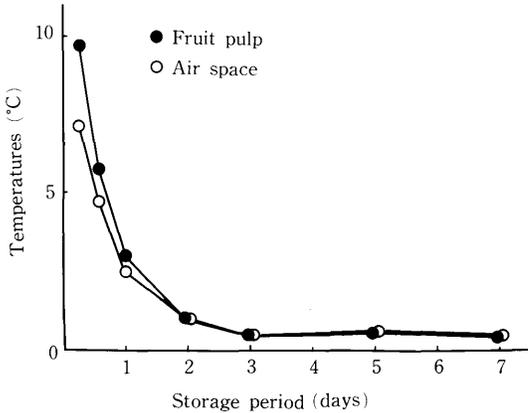


Fig. 1. Changes of temperatures of fruit pulp and air space in commercial styrofoam box during storage for 7 days at 0°C after fumigation.

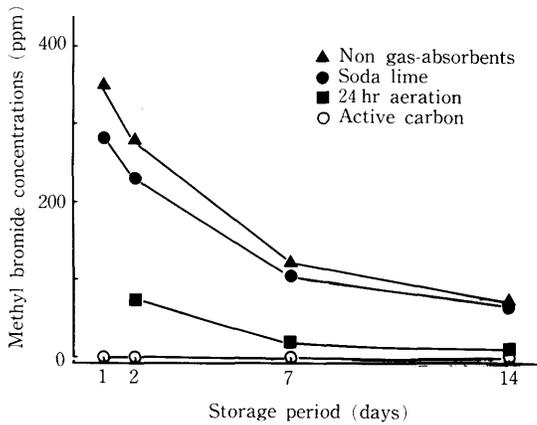


Fig. 2. Changes of methyl bromide concentrations in commercial styrofoam box with or without gas-absorbent during storage for 14 days at 0°C after fumigation.

は、それぞれ第2図、第3図、第4図及び第2表のとおりである。

(1) MB: 活性炭区及び活性炭+ソーダライム区では、MBガスが吸収除去され1日後に6 ppm以下で、その後は殆ど検出されなかった。これに対し、吸収剤未使用区及びソーダライム区では1日後に281~351 ppm、14日後もなお54~64 ppm検出された。24時間放置区は2日後に72 ppmでMBの脱着効果がかなり認められたものの、完全に脱着されなかった。

(2) エチレン: 24時間放置区で発生量が最も低

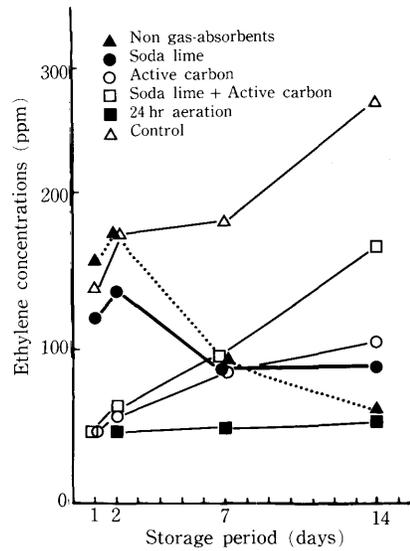


Fig. 3. Changes of ethylene concentrations in commercial styrofoam box with or without gas-absorbent during for 14 days at 0°C after fumigation.

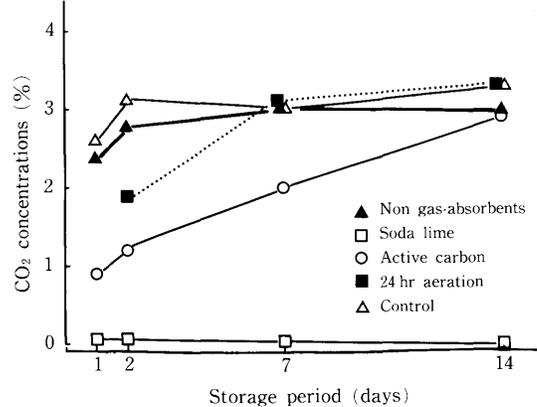


Fig. 4. Changes of carbon dioxide concentrations in commercial styrofoam box with or without gas-absorbent during storage for 14 days at 0°C after fumigation.

かった。また、吸収剤未使用区では保管2日目以降濃度が急激に減少した。これらの結果は、エチレンの発生量がMBくん蒸により影響を受けることを示しており、Drakeら(1988)の試験結果と一致している。活性炭区では1~2日後の濃度は低かったが、以後は増加した。増加の傾向は活性炭+ソーダライム区の方がより大きかった。

Table 2. O₂ concentrations in commercial styrofoam box after storage for 14 days at 0°C.

Fruit	Treatment	Gas-absorbent ¹⁾	O ₂ conc. (%)
Bagged Fuji	MB	—	13.6
	MB	Soda lime	11.3
	MB	Active carbon	12.6
	MB	Active carbon+Soda lime	10.5
	MB	24hr aeration ²⁾	11.1
	Control	—	12.7

1) Each gas-absorbent was used 40 g/carton.

2) Fumigated fruit were aerated for 24 hours at 10°C before packing in styrofoam box.

(3) 炭酸ガス：ソーダライム区では炭酸ガスが吸収除去され殆ど検出されなかった。これに対し、対照区及び吸収剤未使用区では2.6~3.3%の範囲であった。24時間放置区では密封後に吸収剤未使用区と同程度に上昇した。活性炭区では炭酸ガスが吸収され、低めで推移したものの14日後に2.9%まで増加した。

(4) 酸素：くん蒸区と対照区の間に大きな差は認められなかったが、ソーダライム区及び活性炭+ソーダライム区で濃度が低い傾向がみられた。これは、炭酸ガスが吸収されることにより果実の呼吸作用が促進されたものと考えられる。

4. 果実の障害調査

各設定区で保管された果実の障害発生状況は、第3

表のとおりである。

(1) 有袋ふじ：吸収剤未使用区では第5図（写真：有袋ふじの果皮）に示したとおり、果皮に淡褐色~褐色のしみ状斑紋が高い割合で認められ、果皮の感受性が高いことが特徴的であった。これは、有袋栽培されることにより外的影響が少なく、果皮が柔軟であるためと考えられる。果肉では第5図（写真：有袋ふじの切断面）に示したようなスポット状、斑紋状及び放射状の褐変が果梗部、果肉部を中心に高い割合で認められた。これに対し、活性炭区及び活性炭+ソーダライム区では障害の発生が全く認められなかった。ソーダライム区では果肉に放射状の褐変が認められたが、褐変の程度は吸収剤未使用区に比較して極めて軽微であった。また、24時間放置区においては、障害の発生

Table 3. Chemical injuries of Fuji apples packed in commercial styrofoam box with or without gas-absorbent after storage for 14 days at 0°C followed by 7 days storage at 15°C.

Fruit	Treatment ¹⁾	Gas absorbents ²⁾	Fruit injury ⁴⁾	
			Skin	Pulp
Bagged Fuji	MB	—	14/16	9/16
	MB	Soda lime	0/16	1/16
	MB	Active carbon	0/16	0/16
	MB	Soda lime+Active carbon	0/16	0/16
	MB	24hr aeration ³⁾	0/16	2/16
	Control	—	0/16	0/16
Unbagged Fuji	MB	—	0/16	7/16
	MB	Soda lime	0/16	3/16
	MB	Active carbon	0/16	0/16
	MB	Soda lime+Active carbon	0/16	0/16
	Control	—	0/16	0/16

1) Fumigation condition: MB 48 g/m³, 2 hr, 10°C, load factor of 50% (v/v).

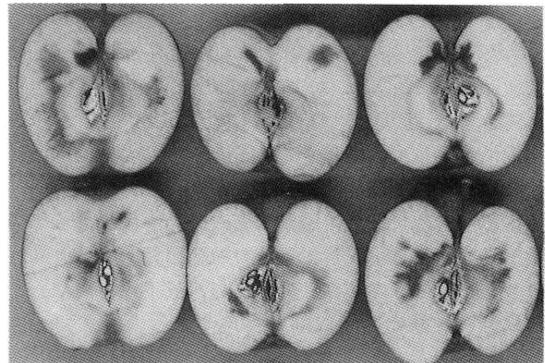
2) A 40 g of each gas-absorbent per carton was used.

3) Fumigated fruit were aerated for 24 hours at 10°C before packing in styrofoam box.

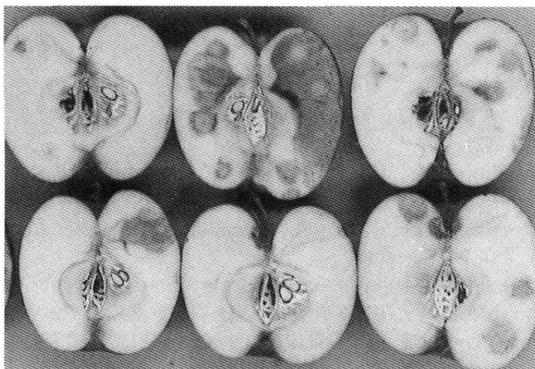
4) Number of fruit injured/Number of fruit tested.



External injury of Bagged Fuji



Internal injury of Bagged Fuji



Internal injury of Unbagged Fuji

果数及び発生程度は軽減されたものの完全には防止できなかった。

(2) 無袋ふじ：吸収剤未使用区では果皮に障害が認められなかったが、果肉では第5図(写真：無袋ふじの切断面)に示したとおり、中果皮及び果肉部分に褐変症状が高い割合で認められ、障害が蜜部分に集中しているのが特徴的であった。これに対し、活性炭区及び活性炭＋ソーダライム区では全く認められなかった。ソーダライム区は、果肉に障害が認められたが、その程度は吸収剤未使用区に比較して極めて軽微であった。

5. 果実の障害発生要因

密封保管中に発生するガスの種類、濃度と障害発生の関係から、MBくん蒸された果実の障害は、①活性炭を使用してMBガスを吸収除去した果実では障害がまったく認められなかったことから、くん蒸中果実に着着されたMBガスが、その後徐々に脱着して密封容器中に滞留し、容器中と果実中のガス濃度が平衡に達するため、その後の果実からのガス脱着が阻害され

Fig. 5. Methyl bromide injuries on the skin and pulp of Bagged and Unbagged Fuji apples by methyl bromide fumigation. Fruit were fumigated with methyl bromide at a dose of 48 g/m^3 for 2 hrs at 10°C with 50% loading and then stored in commercial styrofoam box without gas-absorbents for 14 days at 0°C followed by 7 days storage at 15°C .

ることにより発生すること。②ソーダライムを使用して炭酸ガスを吸収した果実では、容器中の高濃度のMBガスが存在していたにもかかわらず障害の発生は著しく抑制されている。これは炭酸ガスがMB障害を助長していることを示しており、MBガスと炭酸ガスが相互に関与して障害が発生すること。③くん蒸後24時間放置してMBガスを脱着させた果実では、障害を完全に防止することができなかった。これは、保管中のMB濃度が80 ppm以下の低レベルであるのに対し、炭酸ガス濃度が吸収剤未使用区と同程度であったことから、くん蒸された果実は炭酸ガスに対して感受性が高くなり、炭酸ガス濃度が高いときに発生し易いこと等が判明した。

6. 果実障害の防止方法

りんご果実“ふじ”のMBくん蒸による障害は、梱包容器中にMBガス吸収専用活性炭又はMBガス吸収専用活性炭と炭酸ガス吸収剤を挿入し、果実から脱着してくるMBガス及び発生する炭酸ガスを速やかに吸収除去することにより防止することが可能である。

商業用の発泡スチロール箱には通常約10kgの果実が収容されるが、MB 48 g/m³、2時間、10℃の基準でくん蒸された果実から脱着するMBガスを速やかに吸収除去するためには、約80gのMB専用活性炭を必要とする。活性炭のMB吸収能力からみて、シート方式に改良して表面積を増やせば、4分の1以下の活性炭の量で同等のMB吸収除去効果が期待できる。MB専用活性炭は、炭酸ガス吸収能力を併せ持っているが、シート方式にして活性炭の使用量を減少させれば、その分だけ炭酸ガス吸収能力が低下するので、この場合は炭酸ガス吸収剤を併用することが必要である。

摘 要

1. 有袋及び無袋栽培されたりんご“ふじ”を標準冷蔵下(-1~0℃)に約4か月間貯蔵した後、MBくん蒸(MB 48 g/m³, 2 hr, 10℃, 収容率50%)し、くん蒸後1時間排気した。

2. くん蒸済み果実16果を商業用発泡スチロール箱に密封梱包した。この時、ガス吸収剤としてMB用：アミン化合物をコーティングした顆粒状活性炭40g(活性炭区)、炭酸ガス用：ソーダライム40g(ソーダライム区)、両ガス用：活性炭40g+ソーダライム40g(活性炭+ソーダライム区)を挿入した区を設けた。この他、吸収剤未使用区、くん蒸後10℃下で24時間放置(24時間放置区)及び未くん蒸区を設定し、0℃に14日間密封状態で、次いで15℃に7日間開封状態で保管した。

3. 果実密封保管中は容器中及び果実温度を、また、有袋ふじについては容器中のMB、炭酸ガス、エチレン及び酸素濃度をそれぞれ経時的に測定した。保管終了後果皮及び果肉について障害発生の有無を調査した。

4. 吸収剤未使用区では、有袋ふじは果皮・果肉に、無袋ふじは果肉にそれぞれ高い割合で障害が発生した。これに対して、活性炭区及び活性炭+ソーダライム区では、障害はまったく認められなかった。ソーダライム区では、高濃度のMBガスが存在したにもかかわらず障害の程度は吸収剤未使用区に比較して著しく抑制された。24時間放置区では、障害発生果数及び程度は軽減されたものなお障害が認められた。

5. MBくん蒸された果実の障害は、①くん蒸中果実に収着されたMBガスがその後徐々に脱着して密封容器中に滞留し、容器中と果実中のガス濃度が平衡に達するため、その後のガスの脱着が阻害されることにより発生する。②容器中の高濃度のMBガスが

存在しても炭酸ガスを低く抑制することにより障害の発生は著しく軽減されることから、MBガスと炭酸ガスが相互に関与して発生する。③24時間放置区ではMB濃度が低レベルであったが、炭酸ガス濃度は吸収剤未使用区と同程度であったことから、くん蒸された果実は炭酸ガスに対して感受性が高くなり、炭酸ガス濃度が高いときに発生し易いことが判明した。

6. りんご果実“ふじ”のMBくん蒸による障害は、梱包容器中にMBガス吸収剤又はMBガス吸収剤と炭酸ガス吸収剤を挿入して、果実から脱着してくるMBガス及び果実が発生する炭酸ガスを速やかに吸収除去することにより防止することが可能である。

引用文献

- 安部凱裕, 川上房男 (1980) くん蒸による青果物害虫の殺虫効果と薬害に関する試験, 植防研報 16: 11-25.
- DRAKE S.R., H.R. MOFFITT, J.K. FELLMAN and C. R. SELL (1988) Apple quality as influenced by fumigation with methyl bromide. *J. food Sci.* 53 (6): 1710-1712.
- , ——— and J.P. MATTHEIS (1990) METHYL BROMIDE TIME AND TEMPERATURE OF EXPOSURE ON APPLE QUALITY. *J. Food Process preserve* 14(2): 85-92.
- GALLETTI, G.L. and S.H. BERGER (1987) Effects of methyl bromide on apples intended for export. *Simiente* 57(4): 201-206.
- MEHORIUK, M., A.P. GAUNCE and V.A. DYCK (1990) Response of apple cultivars to fumigation with methyl bromide. *Hort. Science* 25(5): 538-540.
- MONRO, H.A.U. (1969) Manual of Fumigation for Insect Control. *FAO. Agri. Stud.* 79: 25-30.
- 森 武雄, 川本 登, 小田 保 (1963) くん蒸による青果物の薬害, 植防研報 2: 51-64.
- O'LOUGHLIN J.B. and J.E. IRESON (1977) Phytotoxicity of methyl bromide fumigation to a range of apple cultivars. *Aust. J. Exp. Agri. Anim. Husb.* 17: 853-857.
- PHILLIPS, W.R. and H.A.U. MONRO (1939) Methyl bromide injury to apples. *J. Econ. Entmol.* 32: 334.
- RIPPON, L.E., G. SINGH, A.N. SPROUL and W.S. GILBERT (1982) Methyl bromide fumigation and cold storage for disinfestation of Granny Smith apples against Queensland and Mediterranean fruit flies. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 22: 116-123.