

富有柿生果実の臭化メチルくん蒸薬害試験

川上 房男・西川 里子*・空 雅雄

横浜植物防疫所調査研究部調査課

The Tolerance of Japanese Persimmon (KAKI) to Fumigation with Methyl Bromide. Fusao KAWAKAMI, Satoko NISHIKAWA and Masao MOKU (Research Division, Yokohama Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 25: 79-85 (1989)

Abstract: The tolerance of Japanese persimmon (Kaki) without packing materials was examined by methyl bromide fumigation schedules (30 g/m³ or 40 g/m³ at 15°C for 2 hrs, load factor 0.1 kg/l) designed to control fruit borers of the Lepidoptera. After fumigation each lot of fruit was stored for 35 days at 2°C for a simulated marketing to be evaluated for the tolerance. No injury was observed on softening or firmness, skin color, pitting or spotting, weight loss, brix, internal color, flesh breakdown and flavor of the fruit at the 2 MB schedules. However, this research showed that the softening of fruit in the both fumigated lots was considerably delayed, and the shelf-life of stored fruit was extended for 2 weeks in comparison to control fruit.

Key words: fumigation, methyl bromide, phytotoxicity, Japanese persimmon (Kaki).

はじめに

わが国で生産される柿生果実の殆どはこれまで国内で消費されてきた。

しかし、富有柿生果実が昭和60年に5.7千t、昭和61年4.4千t主として東南アジア諸国へ輸出されたのを契機に先進農業国への輸出の機運が高まっている。

一方、先進農業国は植物類の輸入に当たって、輸入の禁止や病虫害フリーのための消毒措置をはじめとする厳しい植物検疫制限を設けて病虫害の侵入を警戒している。

柿生果実については、カキノヘタムシガ、チャハマキガ、モモノゴマダラノメイガなどの果実食入性害虫に対する完全殺虫処理が要求されており、この条件が満足されない限り円滑な輸出は期待できない状況にある。

柿生果実に関する消毒試験については、安部・川上(1980)が富有柿を供試して小規模の臭化メチル（以下「MB」と略）くん蒸（MB 20 g/m³・30 g/m³、3時間、20～23.8°C）による薬害調査を行い、その結果、くん蒸3～4日目には果実の軟化が始まり、7日目には熟柿になったと報告しているが、この試験ではくん蒸済みの果実が20°C前後の高温に保管されており、現在の流通過程における保管、輸送温度である2°Cと大きな差がみら

れる。

そこで、くん蒸後2°Cに保管された場合でもMBくん蒸により軟化症状が発生するのか、諸外国が侵入を警戒している果実食入性害虫が殺虫される基準で果実に薬害が発生しないかなどについて調査を行ったので、その結果を報告する。

本試験を実施するにあたり供試果実を提供いただいた奈良県吉野郡西吉野農業協同組合及び奈良県農業試験場小野良允氏に厚く感謝の意を表する。

材料及び方法

1. 供試果実

薬害試験Ⅰ

奈良県西吉野農協から送付を受けた同県産富有柿の中から、果皮に斑紋、斑点、傷などがなるべく認められず、果皮の着色値が6.0前後で硬さ、サイズ、重量が通った果実を選んで供試した。

供試果実は、1薬量区当たり13果で、これを小試験区1（4果、14日目までの調査用）、小試験区2（4果、28日目までの調査用）及び小試験区3（5果、35日目までの調査用）に分けて供試した。

薬害試験Ⅱ

薬害試験Ⅰの供試果を選別する際に除去した果実の中から、①果皮の着色度が高いもの（果色値7.0～8.0）、②果皮の着色度が低いもの（果色値4.0～5.0）

* 現在、横浜植物防疫所業務部国内課

第1表 くん蒸区、くん蒸基準及びくん蒸中の臭化メチルガス濃度

区 分	反復	くん蒸条件					くん蒸ビン 容 積 (l)	ガス濃度 (mg/l)			
		薬量 (g/m ³)	時間 (hr)	温度 (℃)	供試果実数 (個)	収容比 (kg/l)		0.5 hr	1.0 hr	1.5 hr	2.0 hr
薬害試験 I											
果色値が6.0前後、 果皮上に斑紋・斑 点のみられず、硬 さ、サイズ、重量 が似通ったもので 品質がよいもの	1	30	2	15	13	0.1	30	31.4	30.0	29.1	28.4
		40	2	15	13	0.11	29	41.1	39.6	38.3	37.5
	2	対照	—	15	13	—	—				
		30	2	15	13	0.11	30	30.8	29.8	28.8	28.3
		40	2	15	13	0.1	29	40.2	38.7	38.1	37.1
		対照	—	15	13	—					
薬害試験 II											
①果色値が高いも の 果色値 7.0-8.0	1	30	2	15	4	0.1	10	30.7	29.9	29.3	28.7
		40	2	15	4	0.1	9.4	42.1	41.1	40.3	39.5
	対照	—	15	4	—	—					
②果色値が低いも の 果色値 4.0-5.0	1	30	2	15	4	0.1	10	30.4	30.2	29.3	28.7
		対照	2	15	4	—	—				
③果皮上に斑紋、 斑点、傷がある もの	1	30	2	15	4	0.1	9.3	31.3	31.0	30.0	29.3
		40	2	15	4	0.1	10.4	40.2	39.5	38.4	37.6
		対照	—	15	4	—	—				

③ 果皮上に斑紋、斑点、傷が認められるものに分け、1 薬量区当たり 4 果を供試した。

2. くん蒸基準、くん蒸及びくん蒸後の保管方法

くん蒸基準は、第1表のとおり MB 30 g/m³・40 g/m³、2 時間、15°C、収容比 0.1~0.11 kg/l を設定した。設定に当たっては、内外のハマキムン類、メイガ類の MB くん蒸データから算出した CT 値、収穫時期の気温、実用くん蒸における収容量を考慮した。

くん蒸は、MB ガスの収着が殆どないガラス製の攪拌装置付きくん蒸ビンに果実を裸のまま収容し、15°C の恒温室で行った。MB は注射器を用いて気体で投薬した。

くん蒸中はガスを攪拌し、30 分毎に 4 回にわたり FID 付きガスクロマトグラフィーで測定した。

くん蒸後ビンの蓋をとり自然温度下で 30 分間排気を行った。排気後は果実をビニール袋に入れ、商業ベース上の保管温度である 2°C に調節したインキュベーターに 35 日間保管した。ビニール袋を使用したのは、インキュベーター内が非常に乾燥すること及び一般に薬害は高湿度条件下の方が発生しやすいため悪条件下における試験を考慮したことによるものである。

くん蒸は、薬害試験 I で 2 回、薬害試験 II は各 1 回

行った。

3. 薬害調査

調査項目は次のとおりで、薬害試験 I 及び II 共に果実の軟化、果皮上の斑紋・斑点、重量減少率及び果色度については、くん蒸 3, 7, 14, 21, 28 及び 35 日目の 6 回、糖度については薬害試験 I では 14, 28 及び 35 日の 3 回、薬害試験 II は 35 日目の 1 回、果肉・種子の変色、異臭については各試験区の最終調査日に、食味については試験 I のみ 14, 28 及び 35 日目の 3 回それぞれ調査した。

(1) 果実の軟化

熟度が進むと果実は自然に軟化する。ここではくん蒸により軟化がどの程度進行するのか、硬いもの（手で押えても凹みがないもの）“0”，やゝ軟化したもの（手で押えると凹むが弾力性があるもの）“1”，軟化したもの（手で押えると簡単に凹むものから熟柿に近いもの）“2”に分けて調査した。

(2) 果皮上の斑紋、斑点

くん蒸することにより新たに斑紋、斑点が発生するか、また、薬害調査 II-③の供試果でみられた淡黒色の雲形状斑紋、破線状紋、黒色の不規則な斑点が拡大するか調査した。発生か所数、発生面積の程度は、多い

もの“3”，中程度“2”，少ないもの“1”及び無いもの“0”とした。

(3) 重量減少率

果実毎に重量を測定し減少率を調査した。

(4) 果皮の着色度（値）

果実毎に果頂部周辺の果色を農林水産省果樹試験場基準カラーチャート「カキ（富有）普及版」を用いて測定した。

(5) 糖度（Brix 値）

果実の赤道部を1果当たり4ヶ所アタゴ自動補正式屈折計を用いて測定した。

(6) 果肉，種子の変色及び異臭

果実を半分に切開して果肉，種子の変色及び異臭の有無を調査した。

(7) 食味

6～8名で食味し，味がよいもの“3”，中程度“2”，味が落ちるもの“1”に分けて評価した。

結果及び考察

1. MB ガス濃度及び果実への MB 収着量

薬害調査Ⅰ及びⅡにおける MB ガス濃度の経時的測定データは第1表のとおりである。くん蒸終了時のガス濃度は 30 g/m³ 区で 28.3～29.3 mg/l，40 g/m³ 区で 37.1～39.5 mg/l で，果実への MB 収着量は 30 g/m³ 区で投薬量の 5%，40 g/m³ 区で同 6.5% であった。

2. 薬害の発生状況

薬害調査Ⅰ

(1) 果実の軟化

小試験区3における果実の軟化状況は第2表のとおりである。両処理区共に28日目まではくん蒸前と比較して変化はみられなかった。また，小試験1及び2の結果も同様であった。小試験区3において，1回目には軟化した果実がみられたが，2回目ではみられず，40 g/m³ 区でも軟化した果実がみられなかったことから，くん蒸による軟化の進行はないものと考えられる。

これに対し，対照区では21日目頃から全ての果実が

第2表 果実の軟化状況（小試験区3）

区分	反復	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
30 g	1	0	0	0	0	0	0	6
	2	0	0	0	0	0	0	0
40 g	1	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	1
対照	1	0	0	0	0	0	8	10
	2	0	0	0	0	5	5	10

硬いもの「0」，やや軟化したもの「1」，軟化したもの「2」の係数をあて，調査日毎に軟化の程度を加算。

第3表 果皮上の斑紋，斑点の発生状況（小試験区3）

区分	反復	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
30 g	1	2	2	2	3	6	7	8
	2	0	0	0	0	1	1	1
40 g	1	1	1	1	3	5	5	6
	2	0	0	0	1	3	3	3
対照	1	0	0	0	0	5	5	6
	2	0	0	0	1	6	7	10

1. 5果について調査。

2. 果皮上の斑紋，斑点が無いもの「0」，少ないもの「1」，中程度のもの「2」，多いもの「3」の係数をあて，調査日毎に発生程度を加算。

第4表 果実重量(小試験区3)

(単位 g)

区分	反復	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
30 g	1	1,181.3 (100)	1,175.8 (99.5)	1,175.5 (99.5)	1,173.0 (99.3)	1,169.8 (99.0)	1,168.1 (98.9)	1,165.7 (98.7)
	2	1,176.1 (100)	1,171.5 (99.6)	1,170.7 (99.5)	1,169.8 (99.5)	1,168.8 (99.4)	1,166.5 (99.2)	1,164.5 (99.0)
40 g	1	1,181.7 (100)	1,174.7 (99.4)	1,173.6 (99.3)	1,172.3 (99.2)	1,169.6 (99.0)	1,161.3 (98.3)	1,158.2 (98.0)
	2	1,176.5 (100)	1,170.7 (99.5)	1,170.3 (99.5)	1,169.1 (99.4)	1,166.8 (99.2)	1,164.4 (99.0)	1,162.6 (98.8)
対照	1	1,180.7 (100)	1,172.9 (99.3)	1,171.8 (99.3)	1,168.9 (99.0)	1,164.2 (98.6)	1,162.6 (98.5)	1,160.2 (98.3)
	2	1,175.0 (100)	1,169.2 (99.5)	1,168.8 (99.5)	1,167.7 (99.4)	1,167.1 (99.3)	1,165.1 (99.2)	1,163.1 (99.0)

1. 重量は5果の合計。
2. () はくん蒸前日の重量に対する減少割合。

第5表 果実の着色度(果色値)(小試験区3)

(単位 カラーチャート番号)

区分	反復	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
30 g	1	5.8	6.2	6.5	6.8	7.1	7.5	7.7
	2	5.8	6.2	6.6	6.9	7.4	7.8	7.9
40 g	1	5.6	6.0	6.3	6.4	6.9	7.3	7.5
	2	6.2	6.4	6.6	6.7	7.4	7.7	7.8
対照	1	5.5	6.0	6.2	6.4	6.9	7.1	7.6
	2	6.1	6.5	6.5	7.0	7.2	7.3	7.8

数値は5果の平均。

軟化し、28日目には軟化が甚だしく、いわゆる熟柿の一手手前の状態がみられ、処理区との間に明らかな差が認められた。これはMBくん蒸後2℃のような低温に保管することにより果実の軟化が遅延することを示している。安部・川上(1980)は富有柿をMB 20 g/m³・30 g/m³、3時間、20~23.8℃でくん蒸した後自然温度下に保管したところ、3~4日目に軟化が始まり7日目に熟柿になったと報告しているが、本調査により、くん蒸後2℃のような低温下に保管すれば果実の軟化は防止することができることが判った。

(2) 果皮上の斑紋、斑点

小試験区3における調査結果は第3表のとおりで、14日目頃から両処理区及び対照区において、くん蒸前にはみられなかった淡黒色雲形状斑紋、不規則な小斑点が目立ち始め、日の経過と共に黒色となり、発生果実数も増加した。これらの状況は小試験区1及び2の結果も同様であり、全試験区において症状は目立って

拡大するようなことはなく、保管期間の長さ、くん蒸の有無による差は認められなかった。

これは貯蔵期間が長くなるにつれて組織が弱体化し、肉眼では見分けられない栽培中又は収穫時に生じた傷が斑紋や斑点になって自然に現れる症状と考えられる。

(3) 重量減少率

小試験区3における重量測定結果は第4表のとおりで、両処理区共に3日目に0.4~0.7%の範囲で減少したが、それ以後の減少割合は低く、35日目にはくん蒸前日の1.2~2%減少しただけで、F-検定(P=0.01)を行った結果両処理区と対照区との間に有意差は認められなかった。この減少割合は小試験区で1及び2も同様であった。全試験区において3日目までの減少割合が高かったのは、くん蒸1日前からくん蒸終了時までの温度が15℃と高かったこと、3日目以降の減少割合が低かったのは保管温度が2℃と低く、かつ、ビニー

ル袋が使用されたことにより水分の蒸散が少なかったことによるものと考えられる。

(4) 果皮の着色度 (値)

小試験区 3 における平均果色値は第 5 表のとおりで、両処理区及び対照区共に日の経過に伴って果色値は高くなり、いわゆる果実の色付きがよくなったが、果

実によっては果頂部に濃淡がみられ、前の調査日より果色値が低いものがみられた。果色値の変化は小試験区 1 及び 2 の結果も同様であり、反復間、処理区間及び処理区と対照区間に差は認められなかった。

(5) 糖度 (Brix 値)

小試験区 1, 2 及び 3 における Brix 値の測定結果は第 6 表のとおりで、MB くん蒸により Brix 値が高くなる傾向は認められなかった。

両処理区および対照区共に果実の個体により 12.0 ~ 17.6% の幅があり、同一果実でも測定場所により最大 2.4% の差がみられ、また、前の調査日より Brix 値が低くなるなど果実間、測定場所間でバラツキがあり、むしろ栽培中にどの果実のどの部分がより多くの日照を受けたか生育環境の影響の方が大きいものと考えられる。

(6) 果肉、種子の変色及び異臭

両処理区及び対照区の熟柿状以外の果実を調査した結果、果肉、種子の変色及び異臭は認められなかった。

第 6 表 Brix 値 (糖度) (小試験区 1, 2 及び 3)
(単位 %) (単位 %)

区別	反復	14 日目	28 日目	35 日目
30 g	1	14.6	14.8	14.9
	2	13.6	13.8	14.5
40 g	1	15.6	15.1	14.6
	2	14.5	15.2	14.9
対照	1	15.7	14.9	15.8
	2	14.3	14.5	14.4

1. 数値は 1 果当たり 4 か所、4 果の平均値。
2. 小試験区 1 は 14 日目、小試験区 2 は 28 日目及び小試験区 3 は 35 日目に測定。

第 7 表 食味評価結果 (小試験区 1 及び 2)

区別	1 回 目								2 回 目							
	上		中		下		合計		上		中		下		合計	
	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日	14 日	28 日
30 g	15	33	28	36	7	3	50	72	12	30	34	30	11	7	57	67
40 g	27	30	20	18	5	3	52	51	21	6	30	28	10	12	61	46
対照	21	24	28	30	2	9	51	63	33	39	26	24	7	6	66	69

1. 4 果について食味し、味のよいもの (上) 「3」、中程度のもの (中) 「2」、味の落ちるもの (下) 「0」の係数を加算、
2. 小試験区 3 は対照区の軟化が甚だしく食味調査を中止。

第 8 表 果実の軟化状況

試験区	区別	くん蒸 前 日	3 日目	7 日目	14 日目	21 日目	28 日目	35 日目
II-①	30 g	0	0	0	0	0	0	0
	40 g	0	0	1	3	3	3	3
	対照	0	0		3	7	8	8
II-②	30 g	0	0	0	0	0	0	0
	対照	0	0	0	0	5	8	8
II-③	30 g	0	0	0	0	0	2	—
	40 g	0	0	0	0	0	0	0
	対照	0	0	0	1	5	8	8

1. 各区 4 果について調査。
2. 硬いもの 「0」、やや軟化したもの 「1」、軟化したもの 「2」の係数をあて、調査日毎に軟化の程度を加算。

第9表 果皮上の斑紋，斑点の発生状況

試験区	区別	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
II-①	30 g	0	0	0	0	0	0	3
	40 g	1	1	1	1	1	3	6
	対照	0	0		0	3	4	5
II-②	30 g	0	0	0	0	2	3	3
	対照	0	0	0	4	4	7	7
II-③	30 g	3	4	4	4	5	8	8
	40 g	1	1	1	1	1	2	3
	対照	1	2	2	2	4	7	8

1. 各区4果について調査。
2. 果皮上の斑紋，斑点が無いもの「0」，少ないもの「1」，中程度のもの「2」，多いもの「3」，の係数をあて，調査日毎に発生程度を加算。

第10表 果実重量

(単位 g)

試験区	区別	くん蒸 前日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
II-①	30 g	955	946	945	945	945	945	945 (98.9)
	40 g	910	902	902	900	900	900	900 (98.9)
	対照	934	925	925	925	925	925	920 (98.5)
II-②	30 g	950	945	940	940	940	940	940 (98.9)
	対照	900	895	890	890	890	890	890 (98.8)
II-③	30 g	902	894	891	890	890	890	890 (98.7)
	40 g	962	955	955	955	955	955	955 (99.2)
	対照	925	920	920	920	920	920	920 (99.5)

1. 重量は4果の合計。
2. () はくん蒸1日前の重量に対する減少割合。

(7) 食味

小試験区1及び2における果実の食味評価の結果は第7表のとおりである。小試験区3は対照区の果実が熟柿になったため食味評価を中止した。

食味評価はBrix値が低いものほど味が落ちると答えた人が多かったが，両処理区間，処理区と対照区間に差は認められなかった。

薬害調査 II

(1) 果実の軟化

果実の軟化状況は第8表のとおりで，両処理区共に日が経過しても軟化は認められず，果色値が高いからといって軟化が速まる傾向はみられなかったが，対照区は軟化が甚だしく熟柿に近い状態となった。これらの結果は試験Ⅰと同様であった。

(2) 果皮上の斑紋，斑点

果皮上の斑紋，斑点の発生状況は第9表のとおりで，

14～21日目頃から発生果数が増加し，また，これらの症状は日が経過しても拡大しない傾向は試験Ⅰとまったく同様であった。試験区③の斑紋，斑点，傷発生果は，両処理区においてくん蒸により症状が特にひどくなる傾向は認められなかった。また，両処理区において，28日目の調査で傷周辺部が水浸状になるものがみられたが，対照区の果実が熟柿状になったため比較ができず，この症状がくん蒸による影響かどうか不明である。

(3) 重量減少率

重量測定結果は第10表のとおりで，35日目の重量はくん蒸前日に比較して処理区が0.8～1.3%，対照区が0.5～15%減少したが，減少割合及び減少傾向は試験Ⅰとはほぼ同様であった。

(4) 果実の着色度(値)

果実の平均果色値は第11のとおりで，両処理区及び

第11表 果実の着色度（果色値）

（単位 カラーチャート番号）

試験区	区別	くん蒸 前 日	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
II-①	30 g	7.0	7.1	7.3	7.8	7.6	7.6	7.6
	40 g	7.4	7.1	7.3	7.6	7.6	7.6	8.0
	対照	7.5	7.1	7.8	7.8	8.0	8.0	8.0
II-②	30 g	4.3	4.8	5.3	5.4	5.3	5.5	5.6
	対照	4.4	5.3	6.0	5.8	6.8	6.8	6.9
II-③	30 g	5.8	5.9	6.0	6.8	6.5	6.5	7.1
	40 g	6.0	5.9	6.0	6.6	6.6	7.0	7.3
	対照	6.8	6.3	6.8	6.9	7.4	7.3	7.8

数値は4果の平均。

第12表 Brix 値（糖度）

（単位 %）

試験区	Brix 値		
	30 g	40 g	対照
II-①	15.8	15.0	16.5
II-②	14.8	—	14.9
II-③	13.7	16.1	15.0

1. くん蒸後35日目に測定。
2. 1果当たり4か所、4果の平均値。

対照区共に前の調査日より果色値が低くなる例がみられたこと、日の経過と共に果色値は高くなるがくん蒸により果色値が高まる傾向はみられないことなどは試験Ⅰと同様であった。

（5）糖度（Brix 値）

Brix 値の測定結果は第12表のとおりで、果色値が高いほど Brix 値は高い傾向がみられたが、くん蒸により Brix 値が高くなる傾向は認められなかった。これらの結果は試験Ⅰと同様であった。

（6）果肉、種子の変色及び異臭

熟柿状以外の果実を調査した結果、果肉、種子の変色及び異臭は認められず、試験Ⅰと同様の結果であった。

以上、MB 30 g/m³ 又は 40 g/m³、2時間、15℃、収容比 0.1 kg/l の基準でくん蒸し、くん蒸後2℃に35日間保管する条件下における薬害試験Ⅰ及びⅡの通算5反復の試験において、富有柿生果実には40 g/m³ 区でも薬害は認められず、むしろくん蒸することにより果実の軟化が著しく抑制され、かえって商品期間の延長が図られる結果が得られた。

本試験における MB 40 g/m³ は、果実食入性害虫の幼

虫態を完全殺虫する最低の薬量と考えられ、幼虫態を対象とする場合柿生果実の MB くん蒸消毒基準の作成は可能であると言えよう。しかし、鱗翅目害虫の MB くん蒸感受性は幼虫よりも卵の方が低いことが知られているので、収穫期の果実に卵の寄生が考えられる害虫への適用については、更に高薬量区における果実への影響について検討し決定することが必要である。

摘 要

1. 奈良県産富有柿生果実を ① 品質がよいもの ② 果色値が高いもの ③ 果色値が低いもの及び ④ 果皮上に斑紋、斑点、傷があるものに分け、MB 30 g/m³・40 g/m³、2時間、15℃、収容比 0.1 kg/l の基準でくん蒸し、くん蒸後2℃に35日間保管して果実に対する影響について調査した。

2. 果実の軟化、果皮上への斑紋、斑点の発生、着色度等7項目について1週間毎に調査した結果、果実の軟化を除いては処理区と対照区間に差は認められなかった。果実の軟化については、処理区の果実は対照区に比べて1～2週間遅延し、くん蒸によりかえって商品価値の延長が図られることが判った。

3. MB 40 g/m³ は果実食入性害虫の幼虫態を完全殺虫できる最低の薬量と考えられ、また、薬害の発生も認められないことから、柿生果実に対する MB くん蒸消毒基準の作成が可能であると考えられる。

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。