

臭化メチルくん蒸によるレモン生果実の薬害試験

笹井 司・戸谷 研二・角田 幸司
横浜植物防疫所

時広 五朗・佐藤 肅也
横浜植物防疫所東京支所 横浜植物防疫所晴海出張所

米田 雅典・阪村 基・今村 毅
神戸植物防疫所

Phytotoxicity of Fresh Lemons with Methyl Bromide Fumigation. Tsukasa SASAI, Kenji TOTANI, Kouji SUMIDA (Yokohama Plant Protection Station), Goro TOKIHIRO (Tokyo Branch, Yokohama Plant Protection Station), Shukuya SATO (Harumi Sub-Branch, Yokohama Plant Protection Station), Masanori YONEDA, Motoi SAKAMURA and Tsuyoshi IMAMURA (Koube Plant Protection Station). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 24: 73-79 (1988).

緒 言

1986年後半、米国カリフォルニア州産レモンの輸入検査において、ゾウムシ科の一種(幼虫および卵塊)が発見され、輸入植物検疫規程に基づく臭化メチルくん蒸(40.5 g/m³・2 hr・10~15°C)を行ったところ、荷口によって果皮に淡~濃褐色の不規則な斑紋、脱色斑等が認められた。

臭化メチルくん蒸におけるレモンの薬害については、これまでほとんど報告が見られないことから、これら薬害を抑制し得る消毒方法を確立するため調査を行った。

本調査は次の3試験について行い、基礎試験(1)は横浜および神戸植物防疫所、基礎試験(2)は神戸植物防疫所、応用試験は横浜植物防疫所がそれぞれ担当して行った。

本調査にあたり試験設計に有益な御助言をいただいた農林水産省農蚕園芸局植物防疫課輸入検疫第一班、横浜植物防疫所調査研究部調査課および害虫課各位に深く感謝する。また、供試果実の入手にあたって種々御便宜をいただいた社団法人日本青果物輸入安全推進協会、試験実施にあたって施設の使用便宜を図っていただいた株式会社京浜輸入青果センター、東京国際埠頭株式会社、日本通運株式会社晴海支店、株式会社上組神戸支店および三井倉庫株式会社神戸支店の関係者各位に感謝の意を表する。

I. 基礎試験(1)

本試験においては、各種薬量、くん蒸時間、くん蒸温度、くん蒸後の保管温度の要因が薬害に及ぼす影響について調査した。

1. 材料および方法

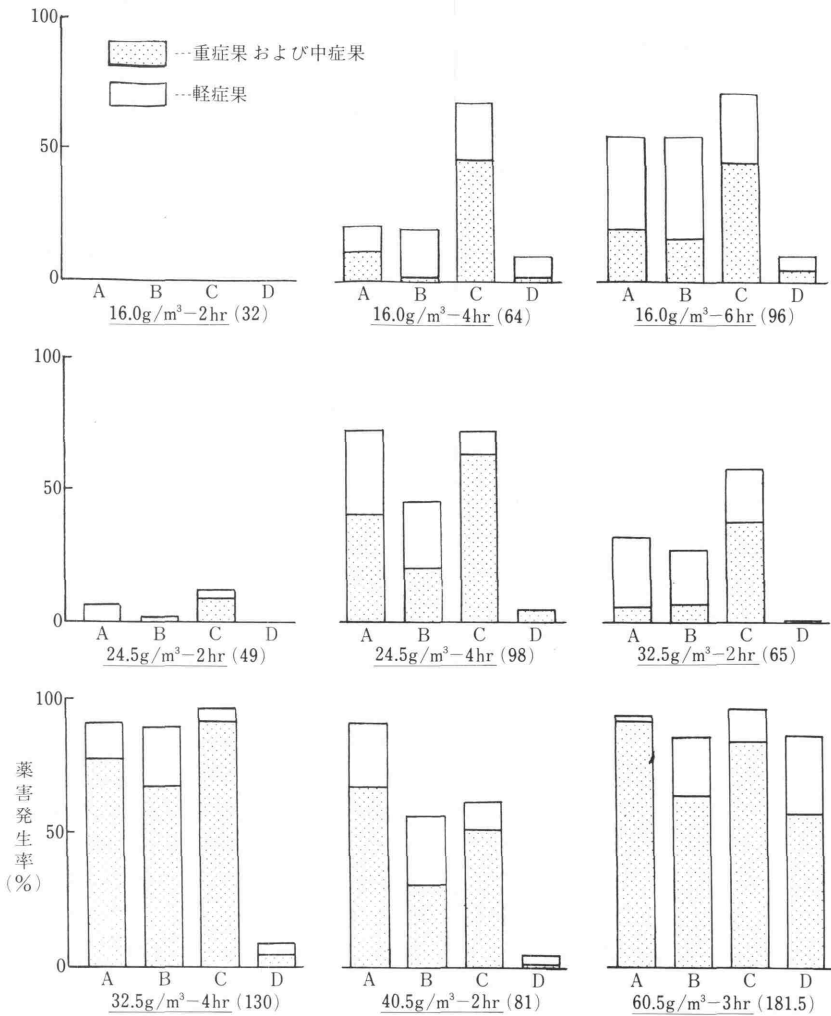
供試果実: カリフォルニア州産レモン

くん蒸およびくん蒸後の果実の保管: くん蒸は内容積1 m³、加温・攪拌および排気装置付きのくん蒸箱を温度調整した部屋に持ち込んで行った。投薬は臭化メチルをアンブル破砕法により第1表に示したとおり、輸入植物検疫規程の基準および種々のCT値を組み合わせた基準によりくん蒸した。果実は輸入時の梱包状態のまま2箱、145~189個(収容比は0.028~0.033 t/m³)用いた。くん蒸中は常時攪拌機を作動させ、くん蒸終了後は約30分間ガスを強制排気した。排気終了後供試果実を20°Cおよび10°C下に28日間保管した。

薬害調査: 薬害調査は、果皮の変色を伴う褐色陥没斑・脱色斑等の程度に応じて、重症(障害がみられる範囲が果実表面の1/2以上)、中症(同1/4~1/2)、軽症(同1/4以下)の3つに分類し、くん蒸後1, 2, 3, 4, 7, 10, 14, 21および28日目に、薬害発生率(薬害発生果数÷調査果数×100)を算出した。

第1表 処理基準およびくん蒸後の保管温度〔基礎試験(1)〕

単位薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (hr)	収容比 (t/m ³)	供試果実数 (果)	くん蒸温度 (℃)	保管温度 (℃)
16.0	2	0.029~31	670	10	20
	4	0.028~31	659	10	20
	6	0.028~33	496	10	20
24.5	2	0.028~30	651	10	20
	4	0.030~32	698	10	20
32.5	2	0.029~30	664	10	20
	4	0.029~32	496	10	20
40.5	2	0.028~31	650	10	20
60.5	3	0.028~32	471	10	20
対照区	—	—	1,228	10	20



第1図 各処理区における薬害発生率(28日目)〔基礎試験(1)〕 ()内はCT値
 A…10℃くん蒸後10℃保管 B…10℃くん蒸後20℃保管 C…20℃くん蒸後10℃保管 D…20℃くん蒸後20℃保管

2. 結果および考察

(1) 薬害発生の有無

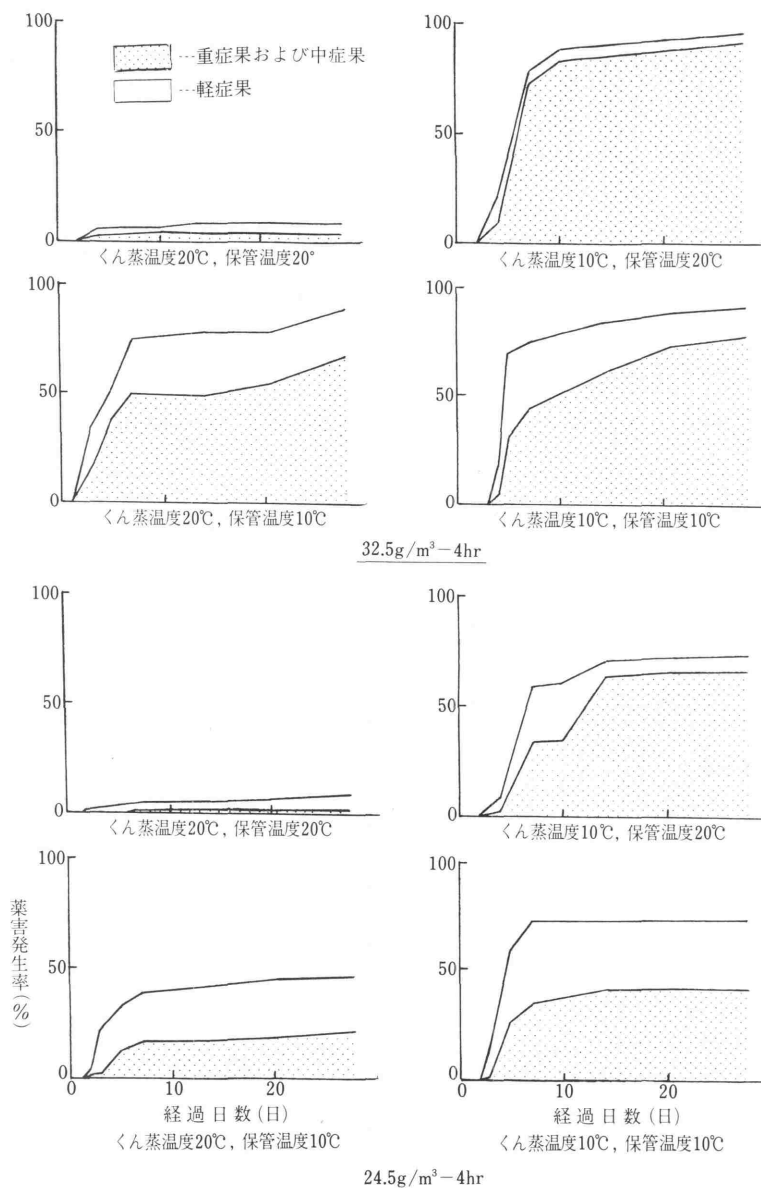
28日目における各処理区の薬害発生率は第1図のとおりである。薬害が認められなかったのは、16 g/m³・2 hr 区（くん蒸温度10°Cおよび保管温度10°C，同10°Cおよび20°C，同20°Cおよび10°C，同20°Cおよび20°C）および24.5 g/m³・2 hr 区（同20°Cおよび20°C）のみで，他の処理区ではすべて薬害が発生した。

(2) CT値と薬害発生率

くん蒸温度及び保管温度が同一であれば，CT値が高くなるほど，薬害発生率は高くなる傾向がみられた。

(3) くん蒸温度およびくん蒸後の保管温度と薬害発生率

10°Cでくん蒸を行った場合，24.5 g/m³・4 hr 区および40.5 g/m³・2 hr 区は10°Cに保管したときより20°Cに保管したときの方が薬害発生率は低かった。その他の処理区は保管温度による薬害発生率の差は認められ



第2図 くん蒸後28日間の薬害発生率の経日変化〔基礎試験(1)〕

なかった。

20°Cでくん蒸を行った場合、20°Cで保管したときは60 g/m³・3 hr区を除いたすべての処理区において、薬害発生率は10%以下であったが、10°Cで保管したときは16.0 g/m³・2 hr区および24.5 g/m³・2 hr区を除けば、薬害発生率は50%以上であった。

このことは、20°Cでくん蒸した後20°Cに保管すれば、薬害の発生を大幅に抑制できることを示している。

(4) 薬害発生率の経日変化

くん蒸温度および保管温度により薬害発生率の差が顕著な区(24.5 g・4 hr区, 32.5 g・4 hr区)の薬害発生率の経日変化は、第2図のとおりである。薬害はくん蒸後2日目ごろ(前記の処理区よりCT値が低い区においては5~7日目ごろ)から発生し始め、7~14日目にかけて急激に増加したが、14日目以降はそれほど大きく増加しなかった。

(5) 薬害症状の変化

薬害症状は、発生初期においては淡褐色で約3~5 mm大の不規則な陥没斑がみられた。14日目ごろには

その陥没斑は茶褐色~濃褐色となり拡大したが、14日目以降はそれ以上の変化はみられなかった。

本試験の結果、CT値が130以下の処理区においては、20°Cでくん蒸を行い、その後20°Cで保管することにより薬害発生率は10%以下におさえられることが判明した。

II. 基礎試験(2)

基礎試験(1)の結果から、くん蒸後の保管温度が薬害に影響を与えていることが明らかになり、20°Cおよび10°Cの間である15°Cについても調査する必要が生じた。そこで、検疫処理基準(32.5 g/m³・2 hrおよび40.5 g/m³・2 hr)および基礎試験(1)で20°Cくん蒸後20°C保管の薬害抑制効果が顕著に認められた基準(32.5 g/m³・4 hr)でくん蒸した後、くん蒸後保管温度15°C(流通過程における倉庫加温能力の上限)における薬害発生状況について調査を行った。

第2表 処理基準およびくん蒸後の保管温度 [基礎試験(2)]

単位薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (hr)	収容比 (t/m ³)	供試果実数 (果)	くん蒸温度 (°C)	くん蒸後15°C 保管日数* (日)
32.5	2	0.032~0.034	800	15	3, 5, 7, 9
	4	0.032~0.033	400	"	" " " "
40.5	2	0.031~0.033	400	"	" " " "
	—	—	400	"	" " " "

*15°C保管終了後引き続き10°Cに保管

第3表 15°Cにおける保管日数別薬害発生率 [基礎試験(3)]

処理基準	15°C保管 日数(日)	くん蒸後経過日数							
		0	3	5	7	9	11	13	
32.5 g/m ³ 2 hr	3	15°C保管期間		10°C保管期間					(%)
	5	0	0	1	1	1	1	1	
	7	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	9	0	1	1	1	1.5	1.5	2	
32.5 g/m ³ 4 hr	2	0	0	1	5	5	5	5	
	5	0	6	7	9	9	9	10	
	7	0	2	3	5	5	5	7	
40.5 g/m ³ 2 hr	9	0	0	2	6	7	7	9	
	3	0	0	0	1	1	1	1	
	5	0	0	0	0	2	2	2	
40.5 g/m ³ 2 hr	7	0	0	0	0	0	0	0	
	9	0	0	3	3	3	3	3	

1. 材料および方法

供試果実：カリフォルニア州産レモン

くん蒸およびくん蒸後の果実の保管：基礎試験(1)に同じ。ただし、処理基準は第2表のとおりで、くん蒸終了後、供試果を4区に分け、それぞれ3, 5, 7および9日間15°Cに保管し、引き続き商業上の保管温度の10°Cで保管した。

薬害調査：基礎試験(1)に同じ。ただし、調査日はくん蒸後1, 3, 5, 7, 9, 11および13日目とした。

2. 結果および考察

(1) くん蒸中のガス濃度

投薬直後からくん蒸終了時までの経時的ガス濃度測定記録は第5表のとおりである。

(2) 各処理基準における薬害発生率

薬害調査の結果は第3表のとおりである。32.5 g/m³・4 hr 区における薬害発生率は5~10%で、32.5 g/m³・2 hr 区および40.5 g/m³・2 hr 区の0~3%に比べて高かった。

(3) 保管日数と薬害発生率

各処理区内においては、15°Cにおける保管日数が3日間とそれ以上の期間を比較すると、両者の間には薬害発生率に明確な差は認められなかった。

(4) 15°Cに保管した場合における薬害発生率

15°Cでくん蒸した後15°Cに3日間保管した場合における薬害発生率は、基礎試験(1)における同一処理基準の20°Cでくん蒸後20°Cに保管した区の発生率(くん蒸14日目の調査)と同様、10%以下であった。このことは、3処理基準ともに、15°Cでくん蒸した後15°C

第4表 処理基準およびくん蒸後の保管温度 [応用試験]

単位薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (hr)	くん蒸温度 (°C)	収容比 (t/m ³)	供試果実数 (果)	箱数 (箱)	くん蒸後保管日数 (日)
32.5	2	15	0.05	4.172	33	1
			~0.11	4.176	33	2
				12.210	96	3

第5表 試験におけるガス濃度測定記録 単位 (mg/l)

処理基準 薬量・時間	くん蒸温度 (°C)	測定時間								収容比	
		10				20					
		30	40	1	2	3	4				
基礎試験 (2)											
32.5 g/m ³ 2 hr	15	上	28.9	—	—	—	27.1	25.9	0.032~0.034		
		下	28.9	—	—	—	27.1	25.9	4反復の平均値		
32.5 g/m ³ 4 hr	15	上	30.5	—	—	—	26.4	26.7	26.0	26.2	0.032~0.033
		下	30.4	—	—	—	26.4	26.7	26.1	26.2	2反復の平均値
40.5 g/m ³ 2 hr	15	上	34.9	—	—	—	34.4	33.2	0.031~0.033		
		下	34.2	—	—	—	34.4	33.2	2反復の平均値		
応用試験											
32.5 g/m ³ 2 hr 反復①	15	上	28.0	28.0	27.5	27.2	27.0	27.0			
		中	28.0	28.0	27.5	27.2	27.0	27.0			
		下	28.0	28.0	27.5	27.2	27.0	27.0			
反復②	15	上	25.0	24.6	24.0	23.6	23.0	25.0			
		中	25.0	24.6	24.0	23.6	23.0	25.0			
		下	25.0	24.6	24.0	23.6	23.0	25.0			
反復③	15	上	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	27.4			
		中	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	27.4			
		下	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	27.4			

* 濃度測定は干渉型ガス検定器 (理研式 18 型) を使用

で3日間以上保管することを条件にすれば、実用的くん蒸基準となり得る可能性を示している。

III. 応用試験

基礎試験(2)の結果に基づき、検疫くん蒸基準(32.5 g/m³・2 hr・15°C)で処理した後、15°Cに保管し、次いで10°Cに保管した場合の薬害発生について、商業規模における調査を行った。また、15°Cにおける保管日数を短縮することが可能かどうか、併せて調査を行った。

1. 材料および方法

供試果実：カリフォルニア州産レモン

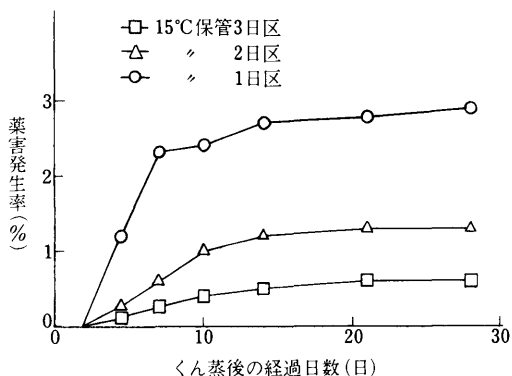
くん蒸およびくん蒸後の果実の保管：くん蒸は、植物防疫所指定の青果物専用倉庫(1,037 m³, 2,139 m³ および 5,055 m³ の3庫、いずれも投薬開始後40分以内にガス濃度が均一になる能力のガス循環装置および温度調整装置付き)において行った。臭化メチルの投薬は第4表に示した基準(32.5 g/m³・2 hr)で気化投薬を行った。果実の収容量は3,078~17,522 c/t [収容比は0.05~0.11 (t/m³)]である。くん蒸中は循環装置を常時作動させ、くん蒸終了後は約1時間強制排気を行った。排気終了後、供試果を3区に分け、15°Cに1, 2 および3日間保管した後10°Cに調整された青果物定温倉庫に保管した。

薬害調査：基礎試験(1)に同じ。

2. 結果および考察

(1) くん蒸中のガス濃度

投薬直後からくん蒸終了時までの経時的ガス濃度測定記録は第5表のとおりである。



第3図 15°Cにおける保管日数別薬害発生率経日変化 [応用試験]

(2) 保管日数と薬害発生率

各保管日数における薬害発生の経日変化は第3図のとおりである。くん蒸後1, 2および3日間15°Cに保管し、その後商業上の保管温度である10°Cに保管した場合の薬害発生率は、調査最終日の28日目において、15°Cにおける保管日数にかかわらず5%以下であった。15°Cにおける保管日数(1, 2および3日)による薬害の発生状況は、保管日数が長くなるにつれて薬害発生率は低くなる傾向がみられた。

(3) 薬害症状

薬害症状は、陥没斑の軽微なものがわずかにみられたが、果皮の褐変等についてはみられなかった。

以上の結果から、応用試験においては基礎試験(1)および(2)で認められた障害の抑制効果が確認され、さらに、15°Cにおける保管日数を3日以内に短縮した場合でも、薬害の発生率は3%以下に抑制できることが判明した。

IV. 総合考察

かんきつ類の臭化メチルクん蒸による薬害について、ARMITAGE *et al.* (1946) および HATTON *et al.* (1979)は、単位薬量またはくん蒸時間を増すと薬害が発生しやすくなると報告している。このことは基礎試験(1)における、CT値の高い処理区ほど薬害発生率が高かった結果と一致した。また、LINDGREEN *et al.* (1952)は、かんきつ類の薬害発生率に影響を与える要因として、薬量、くん蒸時間、くん蒸温度の他に、保管温度、品種の耐性、果実の熟度、栽培環境等をあげている。基礎試験(1)では、処理基準がCT値130以下の場合において、20°Cでくん蒸を行った後20°Cに保管したときは、10°Cに保管したときよりも薬害発生率が低い結果を得た。さらに、基礎試験(2)および応用試験において、検疫くん蒸処理基準(32.5 g/m³・2 hr・15°C)で小規模および大規模くん蒸を行い、くん蒸後15°Cに3日保管した場合も、薬害発生率が低いことを確認した。

本試験の結果から、3処理基準(32.5 g/m³・2 hr, 32.5 g/m³・4 hr および 40.5 g/m³・2 hr, くん蒸温度各15°C)でくん蒸し、くん蒸後15°Cに保管する方法は、薬害発生を低く抑え、実用的くん蒸方法として導入が可能であると考えられる。

しかし、川本ら(1979)は、同一CT値であればくん蒸温度が高いほど薬害が発生しやすいと報告しており、基礎試験(1)の結果と必ずしも一致していない。こ

れは、くん蒸後の保管温度の違いが影響していると考えられるが、この要因がくん蒸後の薬害発生メカニズムとどのような関係にあるのか不明であり、今後生理的あるいは物理的な面について検討する必要がある。

引用文献

ARMITAGE, H.M. and J.B. STIENWEDEN (1946)
Tolerance of citrus fruits to methyl bromide as a fumigant. Calif. Dept. Agri. 35(i): 21-29.

HATTON, T.T. and R.H. CUBBEDGE (1979)
Phytotoxicity of methyl bromide as a fumigant for Florida citrus fruit. Proc. Fla. State Hort. Soc. 92: 167-169.

川本 登・堤 泰孝ら(1979) 青果物のくん蒸試験に関する文献調査。農林水産省横浜植物防疫所植物検疫資料, 第8号, 165 p.

LINDGREEN, D.J. and W.B. SINCLAIR (1952) Tolerance of citrus and avocado fruits to fumigants effective against the oriental fruit fly. J. Econ. Entomol. 44: 980-990.