

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

安部 凱裕・川上 房男

神戸植物防疫所国際第二課

Studies on the Fumigation of Vegetable Insect Pests and Fresh Fruit and Vegetables. Yoshihiro ABE, Fusao KAWAKAMI (Kobe Plant Protection Station)

Abstract: In an effort to contribute to the establishment of disinfection method for fresh fruit and vegetables imported from foreign countries, two studies were carried out with methyl bromide under the atmospheric pressure in the metal fumigation chamber of 1 m³ capacity; (1) efficiency of fumigation against vegetable insect pests which likely to be found in fresh fruit and vegetables. (2) tolerance of fresh fruit and vegetables, that is, the relation between gas injury of plants and dosages of fumigant.

The results of the investigations are summarized as follows.

(1) Efficiency of fumigation against insect pests

All stage of insects (14 species in 7 families) used achieved 100% mortality at 8 to 9 mg/l for 3 hr at 17 to 25°C. LEPIDOPTERA NOCTUIDAE: *Prodenia litura* (eggs, larvae, pupae, adults), *Mamestra brassicae* (larvae, pupae), *Gortyna fortis* (larvae), PLUTELLIDAE: *Plutella maculipennis* (larvae, pupae, adults), *Acrolepia alliella* (adults), PIERIDAE: *Pieris rapae* (larvae, pupae, adults), PYRALIDAE: *Mesographe forficalis* (larvae), *Oebia undalis* (larvae), *Hymenia recurvalis* (larvae), ARCTIIDAE: *Spilosoma lubricipeda* (larvae, pupae), HEMIPTERA APHIDAE: *Myzus persicae* (larvae, adults), *Lipaphis pseudobrassicae* (larvae, adults), *Dactynotus gobonis* (larvae, adults), PENTATOMIDAE: *Nezara viridula* (adults)

(2) Tolerance of fresh fruit and vegetables to fumigant (13 to 25°C)

a) No injury at 40 mg/l for 3 hr

lemon, grapefruit, orange, Japanese summer orange, sour orange, kiwi fruit, tomato, onion, carrot, dasheen, lotus lily, lily, Chinese arrowhead, ginger & sweet potato.

b) No injury at 33 mg/l for 3 hr

apple (Kokko, Kogyoku, Golden Delicious, White Winter Pearmain), pear (Bansei, Niiitaka, Okusankichi), grape (Kyoho, Emperor), mandarin orange, cucumber, pumpkin & welsh onion.

c) No injury at 28 to 24 mg/l for 3 hr

apple (Washingtonstar), pear (Nijyuseiki) & melon (Honeydew).

d) No injury at 18 to 16 mg/l for 3 hr

apple (Starking), grape (Campbell Early), cabbage, parsley, Chinese cabbage, cauliflower, spinach & Kidney bean.

e) Injury at 18 to 16 mg/l for 3 hr

plum, Japanese persimmon (Fuyu), banana, celery, lettuce, eggplant, radish, burdock, pepper & Japanese turnip.

The symptoms of methyl bromide injury were shown considerable differences in each plant or their varieties. Those symptoms may be shown roughly six types; Discoloration and Decay (leafy vegetables), Discoloration and Witheredness (edible root vegetables), Appearance of brown or black spot (fruit & vegetables), Decrease in weight (leafy vegetables), Destruction or Discoloration of the internal tissues (fruit), and Hastening or Delayed of ripening or pigmentation (fruit & green and fruit vegetables).

ま え が き

最近各種の青果物が輸入されるようになり、その種類数は今後増加するものと考えられるが、これらに害虫が発見された場合のくん蒸方法については、一部のものを除き、十分検討されていないのが現状である。それはこれまでの植物検疫でその必要性が少なかったことによるものと考えられるが、青果物の輸入量の伸長に伴い、今後は早急にくん蒸方法の確立をはかる必要がある。

ところで、青果物は現在広く使用されている臭化メチル、青酸、エチレンジブロマイドなどのくん蒸剤に対して一般的に耐性が弱く、薬害が発生しやすいと考えられるため、できるだけ低濃度のガスによる短時間くん蒸が望ましいと思われる。そのためには、まず青果物に付着寄生する害虫類がどの程度の投薬量で殺虫できるかの検討と、それに合せて薬害発生の有無を検討していく必要があると考える。そこで本試験では、上記3種のくん蒸剤により、数種の青果物害虫を選んでガス濃度と殺虫効果との関係を調査するとともに、多数の青果物を供試して薬量と薬害発生との関係をも調査した。

本試験は昭和47年から51年にかけて行ない、その結果をとりまとめたものであるが、一部昭和46年に当所国際第一課細川一伍技官が行なった試験結果も含めた。

この試験の遂行に当り、種々ご援助いただいた当所岩

切 嶺、石田栄一(前)所長、江口照雄(前)国際課長に厚く感謝の意を表する。またこの間当所国際課に在籍し、試験実施に協力いただいた小林 寛、小柳源九郎、溝淵三必、須々木孝男、阪口忠史各技官はか多くの方々にも謝意を表する。

I. 殺 虫 試 験

1. 臭化メチルクん蒸による殺虫試験

材料および方法

試験は昭和47年および48年に行なった。当所の小型くん蒸箱(内容積1m³、加温、強制循環および排気装置付き)を使用して行ない、投薬には臭化メチル10gおよび20g入りのアンプルを用いた。それぞれの試験の実施日、薬量、くん蒸時間、投薬時(10分後)および開放直前のガス濃度並びにくん蒸箱内の温度、供試害虫など試験の概要をまとめて示すと、昭和47年のそれは第1表、昭和48年のそれは第2表のとおりである。なお、ガス濃度の測定は臭化メチル用干渉型ガス検定器によった。

供試害虫のうち、ハスモンヨトウはウズラマメを主材とした人工飼料、コナガはナタネの芽ばえ、モンシロチョウ、モモアカアブラムシ、ニセダイコンアブラムシはダイコン生植物で飼育増殖させたものを、またネギコガはネギに寄生していた幼虫を採集し、同じくネギで飼育

第1表 臭化メチルクん蒸による殺虫効果試験実施概要(昭和47)

番号	実施 月 日	薬 量 (g/m ³)	くん蒸 時 間 (h)	ガ ス 濃 度		くん蒸箱内温度		供 試 害 虫
				投 薬 後 (mg/l)	開 放 前 (mg/l)	投 薬 後 (°C)	開 放 前 (°C)	
①	X . 11	60	3	49.8	44.4	22.8	23.0	ハスモンヨトウ
②	"	50	3	39.5	36.4	23.5	24.5	ハスモンヨトウ、ヨトウガ、キハラゴマ ダラヒトリ、ニセダイコンアブラムシ
③	"	40	3	33.3	32.6	24.6	23.0	ハスモンヨトウ、ヨトウガ、キハラゴマ ダラヒトリ、ニセダイコンアブラムシ
④	X . 20	40	1.5	32.1	29.1	23.0	23.5	ハスモンヨトウ
⑤	"	20	3	15.6	13.3	21.0	23.2	"
⑥	X . 21	30	1	25.1	23.8	25.0	24.2	"
⑦	"	10	3	8.5	8.2	23.2	20.5	"
⑧	X . 27	30	1	25.6	24.2	20.5	19.3	ハスモンヨトウ、モンシロチョウ、ニセ ダイコンアブラムシ
⑨	"	10	3	8.2	7.9	19.3	18.8	ハスモンヨトウ、モンシロチョウ、ニセ ダイコンアブラムシ
⑩	XI . 7	60	1	47.7	44.4	17.5	17.9	ハスモンヨトウ
⑪	"	10	6	7.8	6.0	17.5	17.8	"
⑫	XI . 8	40	1.5	31.1	27.4	16.0	17.0	"
⑬	"	30	2	24.3	22.1	17.5	15.0	"
⑭	"	20	3	17.4	16.6	17.0	17.8	"

第2表 臭化メチルくん蒸による殺虫効果試験実施概要 (昭和48)

番号	実施 月 日	薬 量 (g/m ³)	くん蒸 時 間 (h)	ガ ス 濃 度		くん蒸箱内温度		供 試 害 虫
				投薬後 (mg/l)	開放前 (mg/l)	投薬後 (°C)	開放前 (°C)	
①	X.15	10	3	9.1	8.0	19.8	20.5	ハスモンヨトウ, ヨトウガ, ゴボウトガ リヨトウ, コナガ, ナノメイガ, ハイマ ダラノメイガ, シロオビノメイガ, ゴボ ウヒゲナガアブラムシ, ニセダイコンア ブラムシ
②	X.18	10	3	9.6	8.2	20.2	20.5	ハスモンヨトウ
③	X.22	10	3	8.2	7.2	21.8	21.3	ヨトウガ, モンシロチョウ, ナノメイガ キハラゴマダラヒトリ, モモアカアブラ ムシ, ミナミアオカメムシ
④	XI.1	10	2	9.3	8.1	20.3	20.0	ヨトウガ
⑤	XI.7	10	2	9.1	7.9	18.2	20.3	ハスモンヨトウ
⑥	XI.20	10	3	9.1	8.0	11.5	12.5	ハスモンヨトウ, ネギコガ

羽化させたものを供試し, 他は野外で採集したものをそのまま供試した。供試虫数は種類あるいはその发育態により一定でないが, おおむね20~30頭(卵塊)とした。ふたに円形の穴(直径7cm)をあけ, その部分を金網張りにした円形のプラスチック容器(径15cmまたは22cm), またはふたの4箇所に円形の穴(直径3cm)をあけ, その部分を金網張りにした角形のプラスチック容器(縦23cm, 横34cm, 高さ6cm)に供試虫を餌植物とともに入れてくん蒸した。くん蒸後は容器, 餌とも新し

いものに取り替え, 25°Cの定温器内に収容し, その後の生死状況を調査した。

結果および考察

昭和47年に行なった試験の結果は第3~7表, 昭和48年に行なった試験の結果は第8~10表に示すとおりである。

当初本試験のくん蒸時間を現行の生植物のくん蒸時間である3時間に合せたところから, どの程度の薬量で各種の供試虫を100%殺虫できるかが不明であったため,

第3表 臭化メチルくん蒸による各種野菜害虫の殺虫効果 (昭和47, その1)

番号	薬 量 (g/m ³)	くん蒸 時 間 (h)	供 試 害 虫	供 試 虫 数	開 放 3 時 間 後			
					生虫数	死虫数	殺虫率 (%)	
①	60	3	ハ ス モ ン ヨ ト ウ	卵(卵塊)	20	0	20	100.0
②	50	3	ハ ス モ ン ヨ ト ウ	卵(卵塊)	20	0	20	100.0
			"	中令幼虫	30	0	30	100.0
			"	老令幼虫	30	0	30	100.0
			ヨ ト ウ ガ	中令幼虫	15	0	15	100.0
			キハラゴマダラヒトリ	老令幼虫	15	0	15	100.0
			ニセダイコンアブラムシ	幼 虫	30	0	30	100.0
			"	成 虫	30	0	30	100.0
③	40	3	ハ ス モ ン ヨ ト ウ	卵(卵塊)	20	0	20	100.0
			"	中令幼虫	30	0	30	100.0
			"	老令幼虫	30	0	30	100.0
			ヨ ト ウ ガ	中令幼虫	30	0	30	100.0
			キハラゴマダラヒトリ	中令幼虫	10	0	10	100.0
			"	老令幼虫	15	0	15	100.0
			ニセダイコンアブラムシ	成 虫	30	0	30	100.0
			"	幼 虫	30	0	30	100.0

注 卵に対する殺虫効果の調査は, 開放7日後に実施した。また, 若令, 中令および老令幼虫とは, 供試虫の幼虫发育段階を3分したものである。(以下同じ)

第3表に示すように60~40g/m³の高薬量を選んで殺虫効果を検討したが、40g/m³でも開放3時間後にはハスモンヨトウ、ヨトウガ、キハラゴマダラヒトリ、ニセダ

イコンアブラムシなどの供試虫は全個体死亡していて、効果は完全であった。

そこで次に濃度・時間積を60に定め、第4表に示す

第4表 臭化メチルくん蒸によるハスモンヨトウ幼虫の殺虫効果 (昭和47, その2)

番号	薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (h)	供試害虫	供試虫数	開放3時間後		
					生虫数	死虫数	殺虫率 (%)
④	40	1.5	ハスモンヨトウ 若令幼虫	30	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	0	30	100.0
⑤	20	3	ハスモンヨトウ 若令幼虫	30	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	0	30	100.0

第5表 臭化メチルくん蒸によるハスモンヨトウ幼虫の殺虫効果 (昭和47, その3)

番号	薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (h)	供試害虫	供試虫数	開放3時間後		
					生虫数	死虫数	殺虫率 (%)
⑥	30	1	ハスモンヨトウ 若令幼虫	30	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	0	30	100.0
⑦	10	3	ハスモンヨトウ 若令幼虫	30	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	0	30	100.0

第6表 臭化メチルくん蒸による各種野菜害虫の殺虫効果 (昭和47, その4)

番号	薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (h)	供試害虫	供試虫数	開放3時間後			開放24時間後			
					生虫数	苦悶虫数	死虫数	生虫数	苦悶虫数	死虫数	殺虫率 (%)
⑧	30	1	ハスモンヨトウ 老令幼虫	30	0	2	28	0	0	30	100.0
			モンシロチョウ 中令幼虫	30	0	15	15	0	0	30	100.0
			" 老令幼虫	30	0	19	11	0	0	30	100.0
			ニセダイコンアブラムシ 幼虫	30	10	12	8	0	0	30	100.0
			" 成虫	30	12	9	9	0	0	30	100.0
⑨	10	3	ハスモンヨトウ 老令幼虫	30	0	30	0	0	0	30	100.0
			モンシロチョウ 中令幼虫	30	0	25	5	0	0	30	100.0
			" 老令幼虫	30	0	27	3	0	0	30	100.0
			ニセダイコンアブラムシ 幼虫	30	0	30	0	0	0	30	100.0
			" 成虫	30	0	30	0	0	0	30	100.0

第7表 臭化メチルくん蒸によるハスモンヨトウ蛹の殺虫効果 (昭和47, その5)

番号	薬量 (g/m ³)	くん蒸時間 (h)	供試害虫	供試虫数	開放7日後		
					生虫数	死虫数	殺虫率 (%)
⑩	60	1	ハスモンヨトウ 蛹	20	0	20	100.0
⑪	40	1.5	"	20	0	20	100.0
⑫	30	2	"	20	0	20	100.0
⑬	20	3	"	20	0	20	100.0
⑭	10	6	"	20	0	20	100.0

注 蛹に対する殺虫効果の調査は、開放5~7日後に実施した。(以下同じ)

ように $40\text{ g/m}^3 \cdot 1.5$ 時間および $20\text{ g/m}^3 \cdot 3$ 時間くん蒸の効果についてハスモンヨトウ若令並びに中令幼虫を供試して検討したが、それでも開放3時間後の調査時には

全個体完全に死亡しており、完全な殺虫果効が収められた。

そこで更に濃度・時間積を30に設定し、第5表に示

第8表 臭化メチルくん蒸による各種野菜害虫の殺虫果効（昭和48、その1）

番号	薬量 (g/m^3)	くん蒸 時間 (h)	供試害虫	供試 虫数	開放30分後			開放24時間後			
					生虫数	苦悶虫数	死虫数	生虫数	苦悶虫数	死虫数	殺虫率(%)
①	10	3	ハスモンヨトウ 3令幼虫	30	0	27	3	0	0	30	100.0
			" 4令幼虫	30	13	6	11	0	0	30	100.0
			ヨトウガ 中令幼虫	20	0	2	18	0	0	20	100.0
			" 老令幼虫	10	8	2	0	0	0	10	100.0
			ゴボウトガリヨトウ 中令幼虫	10	0	0	10	0	0	10	100.0
			コナガ 若令幼虫	30	4	25	1	0	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	6	21	3	0	0	30	100.0
			" 老令幼虫	30	0	26	4	0	0	30	100.0
			" 蛹	30	—	—	—	0	0	30	100.0
			" 成虫	30	0	21	9	0	0	30	100.0
			ハイマダラノメイガ 中令幼虫	10	0	2	8	0	0	10	100.0
			" 老令幼虫	5	0	1	4	0	0	5	100.0
			シロオビノメイガ 中令幼虫	10	0	6	4	0	0	10	100.0
			ニセダイコンアブラムシ 幼虫	30	30	0	0	0	0	30	100.0
			" 成虫	30	30	0	0	0	0	30	100.0
			ゴボウヒゲナガアブラムシ 幼虫	20	20	0	0	0	0	20	100.0
			" 成虫	20	20	0	0	0	0	20	100.0
②	10	3	ハスモンヨトウ 5令幼虫	30	0	28	2	0	0	30	100.0
③	10	3	ヨトウガ 老令幼虫	30	0	24	6	0	0	30	100.0
			" 蛹	3	—	—	—	0	0	3	100.0
			モンシロチョウ 若令幼虫	30	10	17	3	0	0	30	100.0
			" 中令幼虫	30	16	11	3	0	0	30	100.0
			" 老令幼虫	30	0	26	4	0	0	30	100.0
			" 蛹	30	—	—	—	0	0	30	100.0
			" 成虫	10	0	3	7	0	0	10	100.0
			ナノメイガ 中令幼虫	11	2	8	1	0	0	11	100.0
			" 老令幼虫	15	4	10	1	0	0	15	100.0
			キハラゴマダラヒトリ 老令幼虫	3	0	2	1	0	0	3	100.0
			ミナミアオカメムシ 成虫	12	12	0	0	0	0	12	100.0
			モモアカアブラムシ 幼虫	30	30	0	0	0	0	30	100.0
			" 成虫	30	30	0	0	0	0	30	100.0

第9表 臭化メチルくん蒸によるヨトウガおよびハスモンヨトウの殺虫果効（昭和48、その2）

番号	薬量 (g/m^3)	くん蒸 時間 (h)	供試害虫	供試 虫数	開放1日後			開放7日後		開放14日後	
					生虫数	苦悶虫数	死虫数	苦悶虫数	死虫数	苦悶虫数	死虫数
④	10	2	ヨトウガ 中令幼虫	250	0	250	0	8	242	0	250
⑤	10	2	ハスモンヨトウ 卵(卵塊)	20	—	—	—	0	20		
			" 若令幼虫	500	0	0	500				
			" 成虫	30	0	0	30				

第10表 臭化メチルくん蒸によるハスモンヨトウの殺虫効果 (昭和48, その3)

番号	薬量 (g/m ³)	くん蒸 時間 (h)	供試害虫	供試 虫数	開放1日後			開放2日後		開放4日後	
					生虫数	苦悶 虫数	死虫数	苦悶 虫数	死虫数	苦悶 虫数	死虫数
⑥	10	3	ハスモンヨトウ 3令幼虫	30	0	4	26	1	29	0	30
			" 4令幼虫	30	0	4	26	2	28	0	30
			" 5令幼虫	30	0	10	20	8	22	0	30
			" 6令幼虫	30	0	0	30	—	—	—	—
			ネギコガ成虫	10	0	0	10	—	—	—	—

ように 30g/m³・1時間および 10g/m³・3時間くん蒸の効果について、同じくハスモンヨトウ若令並びに中令幼虫を供試して検討したが、これらでもなおかつ開放3時間後の調査時には全個体が死亡していた。

このことから、同じ薬量・くん蒸時間の組合せにより、第6表に示すように更に供試虫の種類をふやしてその効果を検討したが、開放24時間後の調査ではやはり殺虫効果は完全であった。なおこの試験では、開放3時間後の調査でニセダイコンアブラムシには生虫が、ハスモンヨトウおよびヨトウガの幼虫には苦悶虫 (異常虫) がかなり認められたが、これはくん蒸時の気温がやや低かったことによるためと考えられ、またニセダイコンアブラムシでは生虫 (正常虫) と苦悶虫の見分けがむずかしく、かなりの異常虫だけを苦悶虫として数えたことにもよっていると考える。

次いで試験時期がやや低温期となったため濃度・時間積を再び60に設定し、各種の濃度とくん蒸時間の組合せによりハスモンヨトウ蛹を供試して試験を行なった。結果は第7表のとおりで、開放7日後の調査で無処理区の蛹は全個体羽化が終了したのに対し、くん蒸区は各区とも成虫の出現は全く認められず、やはり殺虫効果は完全で、高温期との差は現われなかった。

昭和47年度の試験結果から、48年度の試験においては薬量を 10g/m³、くん蒸時間を3時間とし、数種の野菜害虫を供試してその効果を確認した。結果は第8表に示すとおりで、開放30分後の調査では生虫 (正常虫) あるいは苦悶虫 (異常虫) が多く見られ、死虫は少なかったが、24時間後の調査では生存虫は全く見当らず、各供試虫とも完全に死亡していた。このような低濃度、短時間くん蒸では、開放直後の死虫はきわめて少なく、一見正常と見えるもの、あるいは苦悶状態を示すものが多く見られるが、その後次第に死虫が増加し、比較的短時間のうちに死亡に至るもののようであった。

次に薬量 10g/m³ で一定とし、くん蒸時間を2時間に短縮してその殺虫効果を検討した。結果は第9表のとお

りで、ハスモンヨトウの若令幼虫、成虫は開放1日後の調査時に全虫死亡しており、また卵も7日後の調査で無処理区の卵が全数ふ化したのに対して処理区の卵からのふ化幼虫は認められず、いずれも早期に死亡したもののようであった。しかし、ヨトウガ中令幼虫は開放1日後の調査では正常虫は認められなかったものの死亡虫もなく、開放7日後の調査時にもなお若干の苦悶虫が生存しており、これらが全部死亡するには14日間を要した。このように、ヨトウガはハスモンヨトウに比較して臭化メチルに対する感受性が低いようであったが1日後の調査によると、生存虫もすべて苦悶状態に陥っていて、たとえば6令幼虫では不完全ながら部分的に蛹化現象が現われるなどいくらか生育が進むところがみられたが、苦悶状態から正常状態にかえるものは認められず、またその可能性はないと判断された。この期間に摂食した個体も見受けられず、これらのことから、くん蒸後の生存期間は長い、くん蒸効果は十分果していると考えられた。

次いで晩秋の低温期 (気温 11.5~12.5℃) に薬量 10g/m³、くん蒸時間3時間でハスモンヨトウ幼虫を供試してその効果を検討した。結果は第10表に示すとおりである。この試験では6令幼虫は開放1日後で全死しているが、3~5令幼虫では苦悶虫があり、全個体が死亡するには4日間を要した。この場合も苦悶状態から正常に復する個体はなく、またこの間に摂食した個体も見られず、効果という点からは特に問題はないと考えられた。

なお、全くん蒸区に対して同数の供試虫を用いて無処理区を設けて対照としたが、無処理区においては調査期間中に死亡した個体はなく、卵、蛹においても全個体がふ化ないしは羽化しているため、その表示は省略した。

2. エチレンダイブロマイド (EDB) くん蒸による殺虫試験

材料および方法

試験は昭和48年に実施した。臭化メチルくん蒸試験の場合と同じ小型くん蒸箱を使用し、投薬はくん蒸箱内に電熱器を設置し、蒸発皿内に所定の薬量を入れ、加熱

蒸発させた。薬量は 1m^3 当り 5g および 10g の2段階を設け、くん蒸時間は2時間とした。供試虫には人工飼料で飼育したハスモンヨトウ2~4令幼虫を供した。くん蒸試験に使用した供試虫収納容器、くん蒸後の供試虫の取扱いは臭化メチルによるくん蒸試験の場合と同様である。

結果および考察

結果は第11表のとおりである。この結果によると薬量 $10\text{g}/\text{m}^3$ の場合は24時間後、 $5\text{g}/\text{m}^3$ の場合は48時間後には大半の供試虫が死亡し、 $10\text{g}/\text{m}^3$ くん蒸では48時間後、 $5\text{g}/\text{m}^3$ くん蒸では72時間後に全個体が死亡した。生存虫は臭化メチルによるくん蒸試験の場合と同じく苦悶状態に陥っており、その後正常に復するもの、摂食するもの等は見当らず、強度の苦悶状態が継続する中で徐々に死亡に至っている。

以上の結果から、EDB $10\text{g}/\text{m}^3$ ・2時間くん蒸のハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫効果は、臭化メチル $10\text{g}/\text{m}^3$ ・3時間くん蒸の効果とはほぼ同等と考えられ、EDB $5\text{g}/\text{m}^3$ ・2時間くん蒸は苦悶虫が数日間生存したものの、臭化メチル $10\text{g}/\text{m}^3$ ・3時間くん蒸の効果と著しい差はないと考えられた。

II. 薬害試験

1. 臭化メチルくん蒸による薬害試験

材料および方法

試験は昭和46~51年の5年間にわたって行なった。くん蒸は殺虫試験の場合と同じく当所の小型くん蒸箱を使用して行ない、投薬には臭化メチル 10g または 20g 入りのアンブルを用いた。薬量・くん蒸時間の組み合わせは試験結果の表に示すとおりである。また投薬10分後および開放直前のガス濃度を臭化メチル干渉型ガス検定器により測定し、くん蒸箱内の温度とともに、表に示した。

供試した青果物はほとんどが国内産の市販品であるが、果実は一部輸入品を供試した。1区3~5個を裸の状態でくん蒸した。かんきつ類については種類間、リン

ゴ、ナシ、ブドウについては品種間における薬害発生との差の有無も併せて調査した。

薬害の調査は、くん蒸後の青果物を対照区とともにそのままの状態に室内に置き、くん蒸当日から毎日肉眼観察および秤量により薬害の発生状況を調査した。最終調査(約7日後)では切開し、内部の状態を調査し、味についても検討した。

結果および考察

1) 薬害の程度

供試青果物類の薬害発生状況を、その発生程度によって示すと第12~13表のとおりであり、要約すると次のとおりである。

- (1) $50\sim40\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸で薬害の発生が認められなかったもの：タマネギ、ニンジン、サトイモ、レンコン、ショウガ
- (2) 約 $40\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸で薬害の発生が認められなかったもの：レモン、グレープフルーツ、オレンジ、ハッサク、ナツダイダイ、ダイダイ、キウイフルーツ、トマト、クワイ、ユリ、サツマイモ
- (3) 約 $33\sim31\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸で薬害発生が認められなかったもの：リンゴ(国光、紅玉、ゴールデンデリシャス、インドリンゴ)、ナシ(晩清、新高、晩三吉)、ブドウ(巨峰、エンペラー)、ウンシュウミカン、ネギ、キュウリ、カボチャ
- (4) 約 $28\sim24\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸で薬害の発生がなかったもの：リンゴ(ワシントンスター)、ナシ(二十世紀)、メロン
- (5) 約 $18\sim16\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸で薬害の発生がなかったもの：リンゴ(スターキング)、ブドウ(キャンベルズアリー)、キャベツ、ハクサイ、カリフラワー、パセリ、ホウレンソウ、サヤインゲン
- (6) 約 $18\sim16\text{mg}/\text{l}\cdot3$ 時間くん蒸でも薬害の発生が認められたもの：スモモ、カキ(富有)、バナナ、セルリー、レタス、ナス、ピーマン、ダイコン、カブ、ゴボウ

第11表 EDB くん蒸によるハスモンヨトウの殺虫効果(昭和48)

薬 量 (g/m ³)	くん蒸 時 間 (h)	供 試 害 虫	供試 虫数	開放3時間後		24時 間 後		48時 間 後		72時 間 後		
				苦悶 虫数	死虫数	苦悶 虫数	死虫数	苦悶 虫数	死虫数	苦悶 虫数	死虫数	
5	2	ハスモンヨトウ	2令幼虫	300	0	300	0	8	292	0	300	
"	"	"	3令幼虫	300	0	300	0	3	297	0	300	
10	2	"	3令幼虫	300	0	300	—	—	—	—	—	
"	"	"	4令幼虫	300	18	282	8	292	0	300	—	—

注 くん蒸中のくん蒸箱内温度は $17.2\sim20.0^\circ\text{C}$ であった。

第12表 各種生果実の

薬量(g/m ³)・くん蒸時間(h)		60・3		50・3			
ガス濃度 (mg/l)		49.8	(46.4)	39.5	40.6	(41.2)	(42.4)
温度 (°C)		23.0	22.0	24.1	19.0	22.5	22.0
リンゴ	国光						
	紅玉						
	スターキング	+		+			
	ゴールドデンデリシャス						
	インドリンゴ						
	ワシントンスター		++				++
ナシ	二十世紀	++		++			
	晩清				+		
	新高						
	晩三吉						
スモモ	—		+				+
ブドウ	キャンベルズアリー	+		+			
	巨峰	+			+		
	ベリ—A						
	エンペラー						
カキ	富	++		++			
かんきつ類	ウンシュウミカン						
	レモン				—		
	グレープフルーツ				—		
	オレンジ				—		
	ハッサク				—		
	ナツダイダイ				—		
	ダイダイ				—		
バナナ	(エクアドル産)						
	(フィリピン産)					+	
	(台湾産)						
キウイフルーツ	—		+			+	—

注 (1) ガス濃度は投薬後の測定値を示すが、() 内のは開放前のガス濃度を示した。

以上のようになるが、本試験ではそれぞれの供試青果物について、必らずしも各濃度段階を追っての検討が十分でないことを指摘しておきたい。例えばキャベツについてみると、約 33mg/l・3時間くん蒸では薬害の発生が認められ、約 16mg/l・3時間くん蒸では認められていない。しかし、これらの薬量のはば中間に近い約 24mg/l・3時間くん蒸の検討はしていないため、その程度の薬量によるくん蒸の適否を決定しにくい。同様のことがハクサイほか多数の青果物についていえる。

18mg/l 程度の3時間くん蒸で薬害が発生した青果物については、さらに少薬量、短時間くん蒸の検討を行なった。薬量とくん蒸時間の組合わせ、ガス濃度(投薬10分後) およびくん蒸中の温度と薬害との関係は第14表

のとおりである。ダイコン、カブ、ゴボウは約 17mg/l・2時間あるいは 9.6mg/l・3時間くん蒸になると薬害が発生しなくなり、セルリーは 9.5mg/l・1時間くん蒸においてのみ薬害が発生せず、レタス、カキは 9.5mg/l・1時間くん蒸でもなお薬害の発生が認められ、臭化メチルくん蒸の適用は不可能と判断された。

2) 薬害の症状

薬害の症状は青果物の種類によって異なるが、変色腐敗(葉菜類)、変色萎凋(根菜類)、斑点の発生(果実類、果菜類)、重量の減少(葉菜類)、内部組織の変色または破壊(果実類)、それに熟度・着色促進または遅延(果実類、果菜類)などに大別される。それぞれの青果物の薬害の症状について述べるとおよそ次のとおりであ

薬害発生状況

40・3				30・3		20・3			
33.3	31.4	31.6	(33.1)	23.8	(27.9)	16.3	17.7	15.6	(16.5)
23.8	19.0	21.0	22.0	18.0	22.0	13.0	19.8	20.0	22.0
	—			—				—	
	—								
+	—					—	—		
	—								
	—								
			++		—				—
++				—			—		
	—			—				—	
—	—			—				—	
			+		+				+
+						—	—		
	—								
	+								
	—			—					
++							+	+	
	—					—	—		
	—								
	—								
	—								
	—								
	+						+		
	++								
		+							
			—		—				—

(2) 薬害の程度 —: 無, +: 軽微, ++: 中, +++: 重症 (以下同じ)

る。

(1) 生果実

リンゴ：くん蒸3日後頃から光沢が失せ、果皮に淡褐色～褐色の不規則な斑紋を生じ、日の経過とともに濃褐色となり、やや軟化して陥没する。個体によっては花梗、がく部も褐変する。内部は花托部、維管束部が褐色となるが、薬量が多い場合 (49.8mg/l) 変色は果肉にも及ぶ。薬害症状を呈したものは、甘味、酸味が著しく減退する。

ナシ：外観的变化はみられないが、内部は淡褐色～褐色に変色する。薬量が多いほど変色程度が強くなり、変色は果肉全体に拡がり、一部が油浸状になる。

スモモ：くん蒸3日後頃から果皮が赤色～暗赤色とな

り、熟度が著しく進行し、同時に糖度も上昇する。薬量が 46.4mg/l の時は果実特有の光沢が失われ、熟度の進行が著しく遅延する。

ブドウ：外観の変化はみられないが、日の経過とともに脱粒が著しくなる。薬量が 49.8mg/l の時は果実が縮み、雑菌が発生しやすくなる。

カキ：くん蒸3～4日後から果皮が全体に赤褐色になり、軟化する。7日目頃にはいわゆる熟柿状となる。

バナナ：くん蒸2日後頃から果皮に淡褐色の不規則な斑紋が生じ、日の経過とともに拡大し、濃褐色～黒褐色となる。7日目頃には斑紋部分は軟化し、陥没する。

キウイフルーツ：くん蒸5日後頃から軟化し、果実の

第13表 各種野菜の薬害発生状況

薬量(g/m ³)・くん蒸時間(h)		60・3		50・3		40・3		30・3	20・3		
ガス濃度(mg/l)		49.8		39.5	40.6	33.3	31.4	23.8	16.3	17.7	15.6
温度(℃)		23.0		24.1	19.0	23.8	19.0	18.0	13.0	19.8	20.0
葉菜類	キャベツ	+	+	—		+			—	—	
	ハクサイ	≡	≡	≡		≡			—	—	
	カリフラワー	≡	+			+		+	—	—	—
	パセリ				+		+	+			—
	セルリー	≡	≡			≡			+		
	レタス	≡	≡			≡			≡		
	ハウレンソウ				+		+	+		—	—
	ネギ	+	—	+		—			—	—	
	タマネギ	—	—	—		—			—	—	
	キュウリ						—			—	
果菜類	メロン				≡		≡	—			
	カボチャ						—				
	ナス				≡	≡		+			+
	トマト				—						
	ピーマン				+		+	+		—	+
根菜類	サヤインゲン	+	+			+		+	—	—	—
	ダイコン	≡	≡	≡		+			+		
	カブ	≡	≡			≡			+		
	ゴボウ	≡	≡			≡			≡		
	ニンジン	—	—			—			—	—	
	サトイモ	—	—	—		—			—	—	
	クワイ		—								
	レンコン	—	—			—			—	—	
	ユリ				—						
	ショウガ	—	—			—				—	
	サツマイモ				—						

第14表 臭化メチル低濃度短時間くん蒸による薬害発生状況

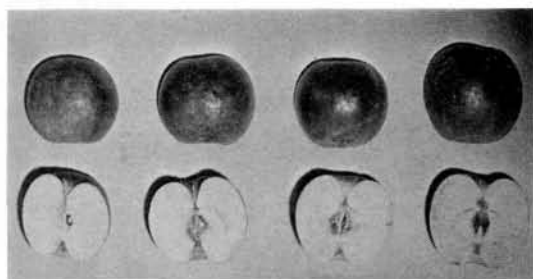
薬量(g/m ³)・くん蒸時間(h)		20・2	20・1	10・3	10・2	10・1
ガス濃度(mg/l)		17.3	17.2	9.6	9.0	9.5
温度(℃)		19.8	20.6	20.1	20.1	20.1
セルリー	—	≡	+	≡	+	—
レタス		+	+	+	+	+
ダイコン		—	—	—	—	—
カブ		—	—	—	—	—
ゴボウ		—	—	—	—	—
カキ		≡	≡	≡	≡	≡

「あたり」とみられる部分が陥没する。薬量が46.4 mg/l の場合には、一部のものにアルコール発酵臭が認められる。

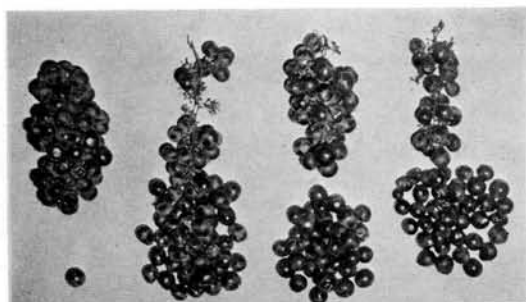
(2) 野菜

キャベツ：外葉3枚目位までが萎凋軟化し、葉脈基部に灰褐色の小斑点を生ずるが、それ以上内部に達することはない。

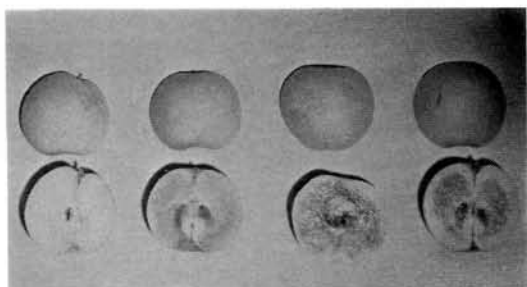
ハクサイ：くん蒸2日後頃から外葉が萎凋し、葉脈



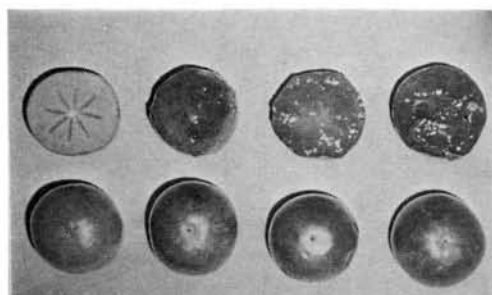
①



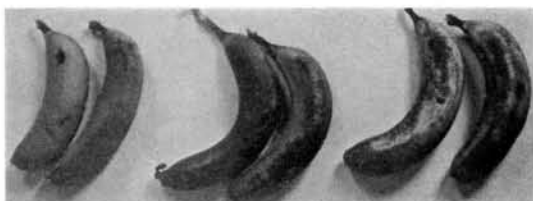
③



②



④



⑤



⑦



⑥



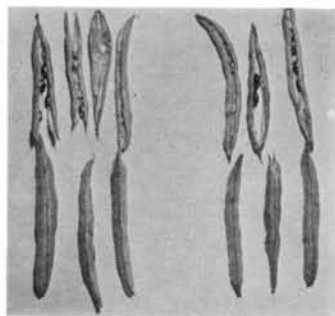
⑧

薬害の症状

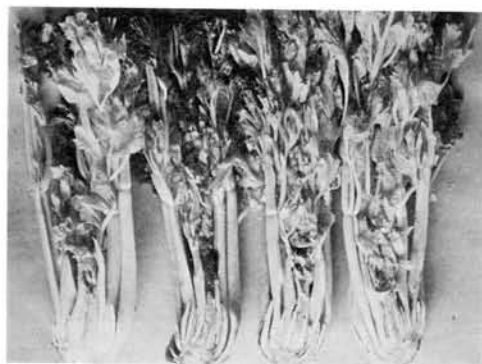
① リンゴ, ② ナシ, ③ ブドウ, ④ カキ (以上左から Control, 49.8 mg/l, 39.5 mg/l, 33.3 mg/l) ⑤ バナナ (左から Control, 40.6 mg/l, 31.6 mg/l), ⑥ キャベツ (左上 49.8 mg/l 左下 Control, 右上 33.3 mg/l, 右下 39.5 mg/l)



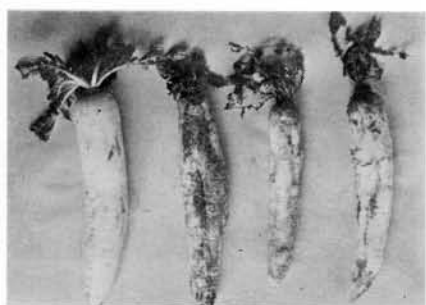
⑨



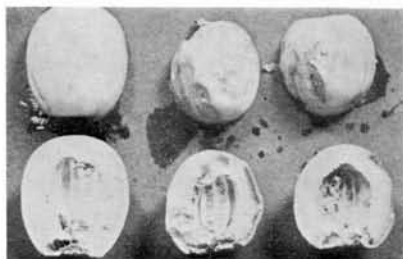
⑪



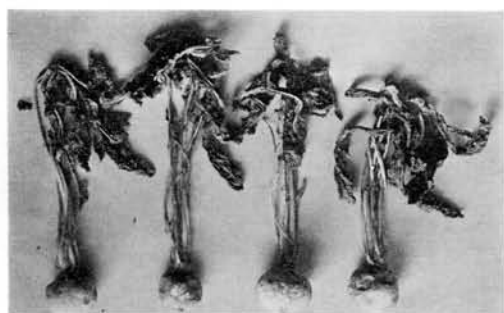
⑩



⑫



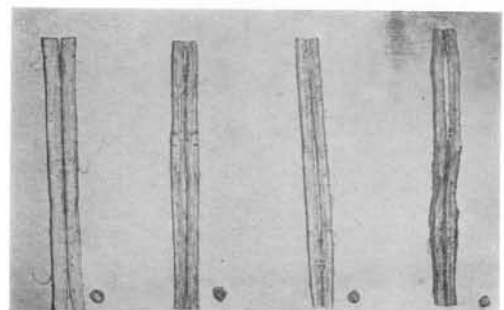
⑬



⑮



⑭



⑯

⑨ レタス, ⑩ セルリー (以上左から Control, 49.8 mg/l, 39.5 mg/l, 33.3 mg/l), ⑪ サヤインゲン (左 Control, 右 23.8 mg/l), ⑫ ダイコン (左から Control, 49.8 mg/l, 39.5 mg/l, 33.3 mg/l), ⑬ メロン (左から Control, 40.6 mg/l, 31.4 mg/l), ⑭ ナシ (左 Control, 右 15.6 mg/l), ⑮ カブ, ⑯ ゴボウ (以上左から Control, 49.8 mg/l, 39.5 mg/l, 33.3 mg/l)

に沿って灰黒色の小斑点を多数生じ、えそ状となり、のち腐敗する。中心部の葉にも灰黒色の斑点が多数生ずる。

カリフラワー：葉は萎凋し、基部から脱落しやすくなる。花の部分は淡黄色となり、えそ斑点を生ずる。

パセリ：くん蒸2日後頃から萎凋が進み、5日目頃には軟化腐敗する。

セルリー：葉、葉柄ともにくん蒸2日後頃から萎凋する。薬量が49.8mg/lの場合は、葉に濃緑色で不規則な斑点を生じ、茎は維管束に沿って濃褐色の斑点を生じ、やがて枯死する。

レタス：くん蒸1日後頃から主葉脈に続いて葉脈全体が淡褐色となり、日の経過とともに褐色～濃褐色となる。症状は内部まで及び、軟化腐敗する。

ホウレンソウ：くん蒸2日後頃から萎凋が急速に進み、軟化腐敗する。

ネギ：最初の頃は変化がみられないが、くん蒸5日後頃から葉の先端部が萎凋し、枯死する。

メロン：くん蒸2日後頃から果皮に淡褐色、円形～楕円形の油浸状の斑紋を生ずる。日の経過とともに斑紋は拡大し、裂け目を生じ、雑菌が発生しやすくなる。

ナス：くん蒸2日後頃から表皮が部分的に萎凋し、やがて不規則な斑紋となる。日の経過とともに斑紋部が陥没し、健全部との境が明瞭となる。薬量が多い場合(40.6mg/l)はあばた状になる。

ピーマン：くん蒸2日後頃から淡緑色～灰緑色の不規則な斑紋が生じ、日の経過とともに軟化し陥没する。薬量が多い場合(40.6mg/l)内部の種子が褐色～黒褐色となる。

サヤインゲン：莢の表面が退色し萎凋する。薬量が多い場合(49.8mg/l)、個体によっては莢および内部の豆に褐色の斑点を生ずるものがある。

ダイコン：葉はくん蒸当日から退色萎凋し、やがて基部から脱落する。根部は3日後頃から灰黒色の斑紋を生ずる。薬量が多い場合(49.8mg/l)は内部は脱水症状を示し、白墨状になる。

カブ：葉はくん蒸当日から退色萎凋し、やがて枯死する。根部は茶褐色の不規則な斑点を多数生ずる。

ゴボウ：外観的にはやや萎凋、軟化がみられる程度であるが、内部は濃褐色～黒褐色に変色し、細胞は死に至っている。

薬量約18～16mg/l・3時間くん蒸でもなお薬害の発生した青果物には、さらに少量、短時間くん蒸の検討を行なった。その薬量とくん蒸時間の組合せ、ガス濃度およびくん蒸中の温度測定結果並びに薬害発生状況を発生程度別に示すと第14表のとおりである。この結果によると、ダイコン、カブ、ゴボウは20g/m³(ガス濃度17.3mg/l)・2時間くん蒸、あるいは10g/m³(ガス濃度9.6mg/l)・3時間くん蒸によると薬害が発生しなくなり、セルリーは10g/m³(ガス濃度9.6mg/l)・1時間くん蒸の場合のみ薬害の発生がみられず、レタス、カキはガス濃度9.6mg/l・1時間くん蒸でもなお薬害の発生が認められている。

2 青酸およびエチレンジイブロマイド(EDB)くん蒸による薬害試験

材料および方法

試験は昭和48年に前試験と同じ小型くん蒸箱を使用して行なった。臭化メチルくん蒸で薬害の発生しやすい青果物数種を供試し、青酸ガスくん蒸は青化ソーダ5.4g/m³(温度約21℃)および10.8g/m³(温度約10℃)・0.5時間くん蒸、エチレンジイブロマイドくん蒸はEDB5gおよび10g/m³・2時間くん蒸(温度はいずれも約20℃)して、その薬害の程度を臭化メチルくん蒸の場合と

第15表 青酸およびEDBくん蒸による薬害発生状況

薬 薬量(g/m ³)・くん蒸時間(h) 温 度(℃)	剤	青 酸		E D B	
		5.4・0.5 21.5	10.8・0.5 11.0	5・2 17.6	10・2 18.5
セ ル リ	—	+	+	—	—
レ タ	ス	+	+	+	+
ナ	ス	+	—	—	—
サ ヤ イ ン ゲ ン	—	—	+	—	—
ダ イ コ ン	—	—	—	—	—
ゴ ボ ウ	+	—	—	—	—
リ ン ゴ (スターキング)	—	—	—	—	—
ナ シ (二十世紀)	—	—	—	—	—
カ キ (富有)	+	+	—	+	+

比較検討した。なお投薬の方法は、青化ソーダはポット法、EDB は電熱器により加熱蒸発させる方法によった。

くん蒸後の青果物の取り扱い、調査方法などは臭化メチルによる試験の場合と同様とした。

結果および考察

結果は第15表のとおりである。青酸ガス、EDB によるくん蒸とも薬量による差はあまりみられず、臭化メチル約18~16mg/l・3時間くん蒸で薬害が発生したセルリー、レタス、ナス、ゴボウ、カキ(富有)などは、青酸くん蒸でもやはり薬害が発生した。これらのうちレタス、ナス、カキなどではEDB くん蒸でも薬害が認められたが、セルリー、ゴボウはEDB くん蒸では薬害が発生せず、またダイコンは青酸、EDB くん蒸とも薬害が発生しなかった。

以上のように、同一青果物でもくん蒸剤の種類によって薬害が発生するものとしなないものがあったが、概して薬剤による違いは少なく、レタス、ナス、カキなどのように、臭化メチルくん蒸で薬害の甚だしいものは、青酸やEDB くん蒸でも薬害の発生が認められている。

なお、臭化メチル、青酸およびEDB くん蒸それぞれの薬害試験において、くん蒸前とくん蒸後の青果物の重量を測定し、くん蒸区と対照区並びにくん蒸区間の比較を行ったが、ハウレンソウ、パセリなどに差がみられたほかは重量の減少率にはくん蒸剤の種類による一定の傾向はみられなかった。

要 約

青果物とくに野菜に寄生する害虫、鱗翅目5科10種、半翅目2科4種について、臭化メチルくん蒸による薬量と殺虫効果との関係を、生果実14種、野菜26種を対象に、臭化メチルくん蒸による薬量と薬害発生との関係について調査した。

(1) 殺虫効果

供試した害虫の範囲では、いずれも9~8mg/l・3時間くん蒸で100%の殺虫効果が収められた。薬量が多いほど開放時の死虫率が高く、9~8mg/l 程度のガス濃度になるとくん蒸直後の死虫は少なく、苦悶状態にあるものが多いが、時間の経過とともに次第に死亡個体が増加し、24時間後の調査では完全に死亡していた。

9~8mg/l・3時間くん蒸で死虫率100%に達した害虫をあげると次のとおりである。

鱗翅目 ヤガ科：ハスモンヨトウ(卵・幼虫・蛹・成虫)、ヨトウガ(幼虫・蛹)、ゴボウトガリヨトウ(幼虫)、クチュサガ科：コナガ(幼虫・蛹・成虫)、ネギコガ(成虫)、シロチョウ科：モンシロチョウ(幼虫・蛹・

成虫)、メイガ科：ナノメイガ(幼虫)、ハイマダラノメイガ(幼虫)、シロオビノメイガ(幼虫)、ヒトリガ科：キハラゴマダラヒトリ(幼虫・蛹)、

半翅目 アブラムシ科：モモアカアブラムシ(幼虫・成虫)、ニセダイコンアブラムシ(幼虫・成虫)、ゴボウヒゲナガアブラムシ(幼虫・成虫)、カメムシ科：ミナミアオカメムシ(成虫)。

(2) 薬害発生状況

生果実、野菜類の臭化メチルくん蒸による薬害の発生状況を、薬量によって区別すると次のとおりである。

40mg/l・3時間くん蒸で薬害が発生しなかったもの：レモン、グレープフルーツ、オレンジ、ハッサク、ナツダイダイ、ダイダイ、キウイフルーツ、タマネギ、トマト、ニンジン、サトイモ、レンコン、クワイ、ユリ、シウガ、サツマイモ。

約33mg/l・3時間くん蒸で薬害の発生がなかったもの：リンゴ(国光、紅玉、ゴールデンデリシャス、インドリンゴ)、ナシ(晩清・新高、晩三吉)、ブドウ(巨峰、エンペラー)、ウンシュウミカン、ネギ、キュウリ、カボチャ。

約28~24mg/l・3時間くん蒸で薬害が発生しなかったもの：リンゴ(ワシントンスター)、ナシ(二十世紀)、メロン。

約18~16mg/l・3時間くん蒸で薬害の発生がなかったもの：リンゴ(スターキング)、ブドウ(キャンベルアーリー)、キャベツ、ハクサイ、カリフラワー、パセリ、ハウレンソウ、サヤインゲン。

約18~16mg/l・3時間くん蒸でも薬害が発生したもの：スモモ、カキ(富有)、バナナ、セルリー、レタス、ナス、ピーマン、ダイコン、カブ、ゴボウ。

薬害の症状は青果物の種類によって異なるが、大別すると変色腐敗(葉菜類)、変色萎凋(根菜類)、斑点の発生(果実類・果菜類)、重量の減少(葉菜類)、内部組織の変色または破壊(果実類)それに熟度・着色の進行または遅延(果実類・果菜類)などであった。

参 考 文 献

安部凱裕、川上房男、小柳源九郎、森田征士、竹森俊彦、崎山健二(1974) 青果物の臭化メチルくん蒸による薬害に関する調査、植防研報 第12号：51~52。

安部凱裕、川上房男、小柳源九郎、小林 寛(1974) 臭化メチルくん蒸による野菜害虫の殺虫効果と野菜に対する薬害について、応動昆虫中国支会報 第16号：49~51。

安部凱裕、合田俊彦(1977) EDB くん蒸による果実

- 野菜害虫の殺虫効果, 応動昆中国支会報 第19号: 58~61.
- Monro H.A.U. (1974) Fumigation Schedules. Manual of Fumigation for Insect Control. (FAO).
- 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 第2号: 51~64.
- Phillips W.R., Monro H.A.U., and Allen C.E. (1939) Methyl Bromide Injury to Apples. J. Econ. Ent. Vol. 32 (2): 344-345.
- ROTH H., and RICHARDSON H.H. (1968) The Tolerance of Imported Commodities to Fumigation with Methyl Bromide. J. Econ. Ent. Vol. 61(5): 1435-1437.
- 梅谷献二, 関口洋一, 川崎倫一 (1966) メチルブロマイドガスくん蒸による日本ナシ (二十世紀) の薬害, 植防研報 第4号: 62~65.
- United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service (1976) Plant Protection and Quarantine Treatment Manual-Schedules for Fruits, Nuts, and Vegetables (U.S.A.). Plant Protection and Quarantine, Treatment Manual.