

天敵微生物による被害防除法

I 試験担当者

浅川実験林天敵微生物研究室：片桐一正，岩田善三，串田保，福泉ヤス，石塚秀樹

保護部昆虫第1研究室：小林富士雄，山崎三郎

北海道支場昆虫研究室：山口博昭，小泉力，古田公人，高井正利，秋田米治，福山研二

木曾分場保護研究室：小沢孝弘

四国支場保護研究室：越智鬼志夫

II 試験目的

新しい森林被害防除の技術開発が強く要請されている現状を背景に，森林害虫，特にトドマツを含むモミ類，カラマツ類のハマキ類，およびマツカレハの被害防除に微生物を利用する方法を開発し，総合的な害虫防除法の技術確立に資することを目的とする。

III 試験の経過と得られた成果

1 利用微生物の選定（天敵微生物研）

対象害虫のうちトドマツの害虫コスジオビハマキの高密度個体群に流行したウイルス病2種が新しく検索された。その1つは核多角体病ウイルス（NPV）であったが他の1つは昆虫ボックスウイルス（EPV）であった。EPVに属するウイルスはわが国では初めて検索されたものである。両ウイルス病は同時に流行した。流行現場からの採集標本によるとEPVによる死亡がNPVをはるかに上まわっていたが，室内接種試験では，NPVの発病が多かった。これらのウイルスは，大発生を終息せしめる時点では極めて有力な天敵微生物として働いているものと思われる。

カラマツ林に大発生したオオチャバネフユエダシャクからも核多角体ウイルス（NPV）が新しく検索された。このNPVはハラアカマイマイのNPVの場合と同様梢頭病症状を呈し，カラマツの先端部に本ウイルス病による病死体塊がみられた。このNPV病発生林も，その後急速に害虫密度が減少した。

その他検索された微生物としては糸状菌*Beauveria bassiana*, (*Isaria* sp., *Verticillium* sp., *Entomophthora* sp. 等があるが，特に*B. bassiana*の検出率は高かった。

以上のようにウイルスは有力な天敵微生物であることが観察されたが，人工培地での培養ができないため増殖に当ってそれぞれの幼虫を感染発病させることに依らなければならず，実用

化に当って前提となる大量増殖が容易でない。このため実用性から考えて細菌 *Bacillus thuringiensis* (以下略して *Bt* とする) の適用を試みた。

Bt は一義的にはその生産する毒素の働きによって殺虫能力をもつものである。したがって微生物による発病作用とちがい速効的効果がある。

トドマツ、モミ類、カラマツ類、マツカレハ等について *Bt* 感受性を調べたところ、種によつて、また令期によつて多少の違いはあるが、*Bt* 茅胞数で 10^8 個/ml 以上の濃度の添食接種で大抵の昆虫が 50% 以上死亡することが判明した。

Bt の増殖は後述 (Ⅲ項) するようにタンク培養による大量増殖が容易なので散布による実用化が可能であるため、主として *Bt* の利用を中心とする防除法について野外の適用試験を進めた。

II 防除方法についての試験

1. トドマツ林のハマキガ類の *Bt* による防除 (北海道支昆虫研・天敵微生物研)

(1) 予備試験

Bt の利用に先だって予備的に室内試験および小規模の野外試験を実行した。試験の概要是表-1 の通りである。

表-1 試験の概要

対象昆虫	野外散布		室内試験					
	コスジオビハマキ 3令	タテスジハマキ 終齢	コスジオビハマキ 3令	コスジオビハマキ 5令	タテスジハマキ 終齢	マイマイガ 1令	マイマイガ 3令	
処理日	5月26日	5月26日	5月25日	6月9日	5月25日	5月25日	6月9日	
試験地	夕張営林署 伊藤の沢	夕張営林署 鏡別採種園						
系統数	3	3	6	3	6	1	3	
処理数	1処理4本	1処理10本	1処理20本	1処理20頭	1処理20茅	100頭	1処理80頭	
処理方法	単木散布	浸積法						
死亡調査	4日目 6日目 13日目 20日目	2日目 4日目 6日目 7日目 11日目 14日目	2日目 4日目 6日目 7日目 12日目 20日目	2日目 5日目 7日目 12日目	1日目 2日目	4日目 5日目 7日目 9日目	2日目 5日目 7日目 9日目 12日目	

供試した *Bt* は天敵微生物研究室保存番号 19, 65, 66, 67, 68, 69 の 6 系統である。

試験結果

① コスジオビハマキ 3 令幼虫を対象にした室内接種試験の結果は表-2 の通りである。殺虫率は極めて低い。

表-2 コスジオビハマキ室内試験 (3 令幼虫)

系統	19	65	66	67	68	69	対照
処理虫数	23	29	34	31	42	27	37
死亡率	0	10.3	5.9	6.5	2.4	0	0

② コスジオビハマキ 5 令幼虫 (終令虫) を対象とした室内接種試験の結果は図-1 の通りである。かなり効果が認められるといえる。

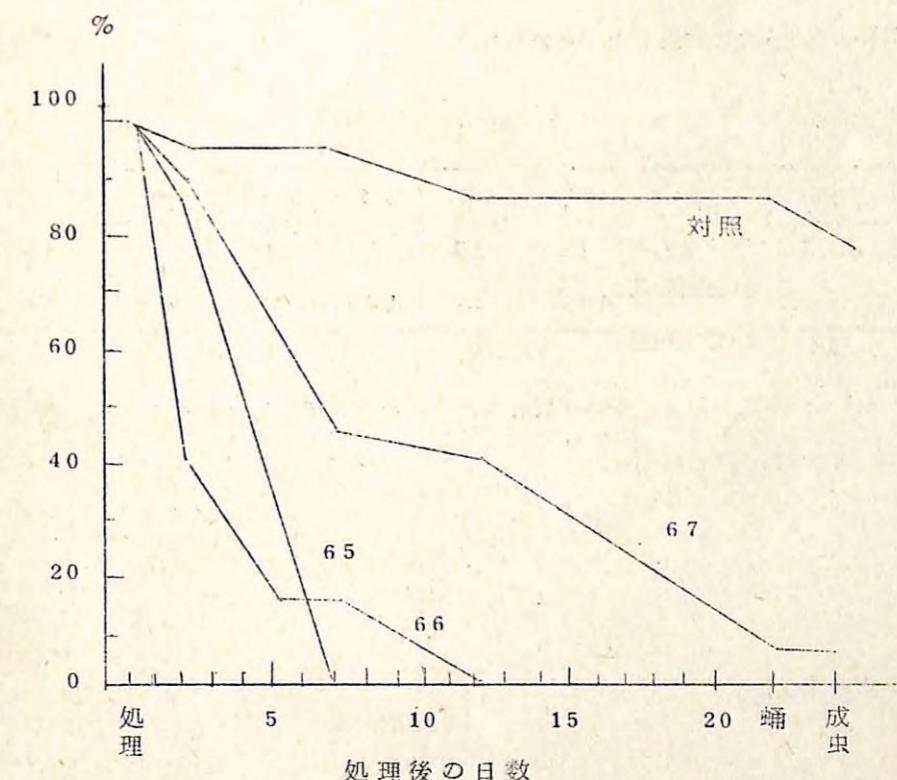


図-1 コスジオビハマキ (5 令) 室内試験

③ コスジオビハマキを対象とした野外試験の結果は表-3に示す通りである。効果は認められなかった。これは幼虫が3令時では新芽の内に入ってしまっているため、表面に少量付着したB_tの不活性化前にこれを摂食する機会が少なかったか、この時季の新芽にB_tが付着しにくかったかによるものであろう。

表-3 コスジオビハマキ野外散布

系 統	調査虫数	死 亡 率
65	29	0
66	35	8.6
69	78	3.8
対 照	42	0

④ タテスジハマキ終令幼虫を対象とした室内接種試験の結果は表-4の通りである。B_t系統によってほかない殺虫効果が認められた。

表-4 タテスジハマキ室内試験(終齡)

系 統	1 9	6 5	6 6	6 7	6 8	6 9	対 照
処理虫数	25	16	17	18	27	13	19
死 亡 率	0	14.3	41.7	12.5	3.8	8.3	5.6

⑤ タテスジハマキを対象とした野外試験の結果は表-5に示した通りである。散布による防除効果が、かなり認められる。

表-5 タテスジハマキの野外散布

系 統	6 5	6 6	6 9	対 照
処理前 平 均 個 体 数	2,600	3,300	1,200	1,600
2 日 目 平 均 個 体 数	1,600	1,800	0,990	1,500
死亡率 (補正)	34.4 %	41.8 %	20.0 %	
11 日 目 平 均 個 体 数	0,500	0,300	0,400	1,900
処理前と11日目の平均値の差	$t=2.601$ ($p>0.5$)	$t=3.605$ ($p>0.1$)	$t=1.611$ ($p>2.0$)	
22日目と11日目の平均値の差	$t=1.631$ ($p>2.0$)	$t=2.567$ ($p>0.5$)	$t=1.151$ ($p>3.0$)	
11日目、処理 対象区の平均値の差	$t=1.794$ ($p>1.0$)	$t=2.149$ ($p>0.5$)	$t=1.265$ ($p>3.0$)	

<注> 処理前の個体数は、処理後すぐかけたケージのなかにまとめられた生存虫と死亡虫の合計である。

以上の結果から、B_tの野外散布は対象ハマキガ類の幼虫の終令時に行なうのがよいことが判明した。

(2) 空中散布による防除試験

トドマツのハマキガ類の防除のために、前項予備試験の結果に基づいてB_t有力2系統(B-65および天敵微生物研での接種試験で有効と認められたB-61)の空中散布を実行した。

試験地は北海道石狩郡のトドマツ林13haで、散布試験は表-6に示す方法で行なった。ハマキガ類のうちコスジオビハマキの密度が極めて高かった。

表-6 空中散布試験方法

試験区	供試B _t	散 布 量 ((ha当り))	散 布 面 積
第1区	B _t 61	60ℓ (茅胞数 1.2×10^{18})	5.00
第2区	B _t -65	60ℓ (茅胞数 1.2×10^{18})	5.00
対照区	無散布	0	3.15

防除効果の調査は対象害虫の密度変動調査、死亡率、Btの土壤中残留等について行なった。密度変動調査はトドマツ枝、先端より50cm長のものをサンプルユニットとして、10日おきのサンプリングによって行なった。死亡率についてはカンレイシャ袋を用いて枝を覆い、各種昆虫類の死亡を調べた。Btの土壤残留については、一定期間おきに散布地から土壤を採取して行なった。

試験結果

① Bt散布による直接殺虫効果

散布直後にカンレイシャ袋で覆ったBt処理区各30本、対象区20本づつの枝先50cm長のサンプルで、散布2日後と7日後に調査した結果は図-2の通りであった。対象区での死亡率が5%以下であったが、Bt処理区では30~35%の死亡率であった。このようにBtの直接の殺虫率が高くなかったのは、散布直後の降雨や気温が低かったことによると推定された。

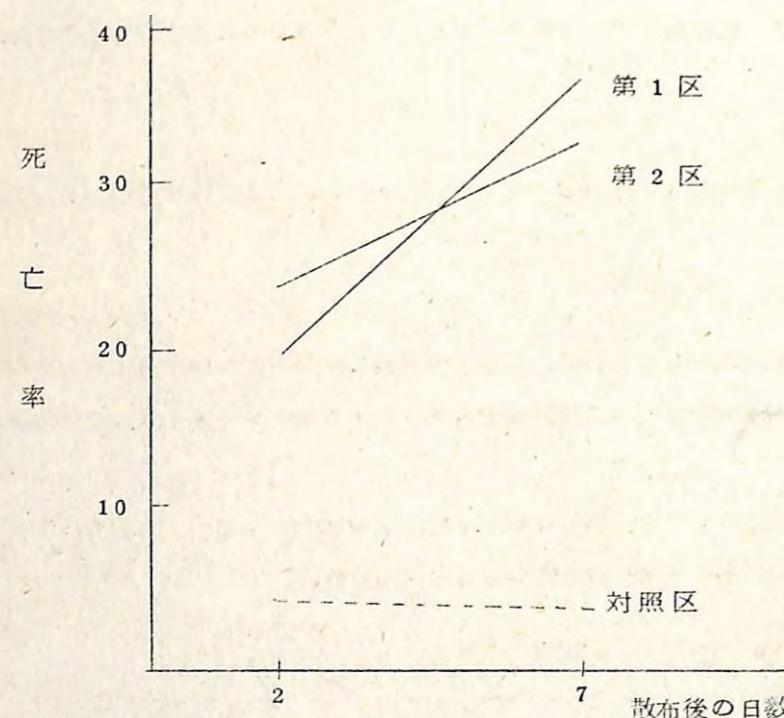


図-2 直接殺虫効果の時間的な変化

② Bt散布が密度変動機構に及ぼす影響

サンプリングによって得られたデータから各区における生存曲線と生命表の作成を行なって、Btの散布が他の死亡要因に及ぼす影響についてみた。

各区における生存曲線は図-3に示す通りであった。Bt散布区におけるコスジオビハマキの個体数は対照区に比較して急激に減少していることがわかる。このような減少は、もちろん他の死亡要因との作用の重なりあいのなかで生じたものであり、直接殺虫率よりも実際の効果は高いことが推察された。

また羽化率、性比について調査した結果は表-7の通りであった。Bt散布によって、羽化率や性化に影響があったとはいえない。

表-7 Bt散布の羽化率、性比におよぼす影響

	第1区	第2区	対照区
調査通数	70	70	77
羽化数	54	52	56
羽化率	72.9	74.3	72.7
調査成虫数	46	41	52
雌 数	22	21	32
雌 率	47.8	51.2	61.5

Btは一般に鱗翅目昆虫に殺虫性をもつ。Bt散布によってコスジオビハマキ以外のハマキガ類の死亡についてみると表-8の通りであった。

サンプルできた標本数が少ないので、各種のBt感受性について結論はできないが、トウヒオオハマキ、トドマツアミメハマキ、トドマツチビハマキ等はBt感受性であるといえる。

一方ハマキガ類その他の昆虫の捕食性天敵の1部分についてBtの殺虫効果をみると表-9の通りであった。

ヒラタアブ類、クモ類にはBtによる死亡はなかったと判断できる。

トドマツ林に生息するハマキガ類以外の昆虫について死亡を調べた結果は表-10に示した。シャクガ類に対して多少殺虫性がある場合があるが、その他に対しては影響がないようである。

表-8 コスジオビハマキ以外のトドマツのハマキガ類の死亡率

種名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
トドマツアミハマキ	第1区	10	0	15	13.3
	第2区	11	0	26	0
	対照区	3	0	8	0
トドマツチビハマキ	第1区	7	0	5	0
	第2区	18	11.1	13	15.4
	対照区	0	—	4	0
トウヒオオハマキ	第1区	1	100.0	2	100.0
	第2区	2	50.0	1	0
	対照区	0	—	1	0
タテスジハマキ等	第1区	2	0	3	0
	第2区	1	0	2	0
	対照区	1	0	0	—
モミアトキハマキ	第1区	0	—	2	0
	第2区	3	0	0	—
	対照区	0	—	0	—

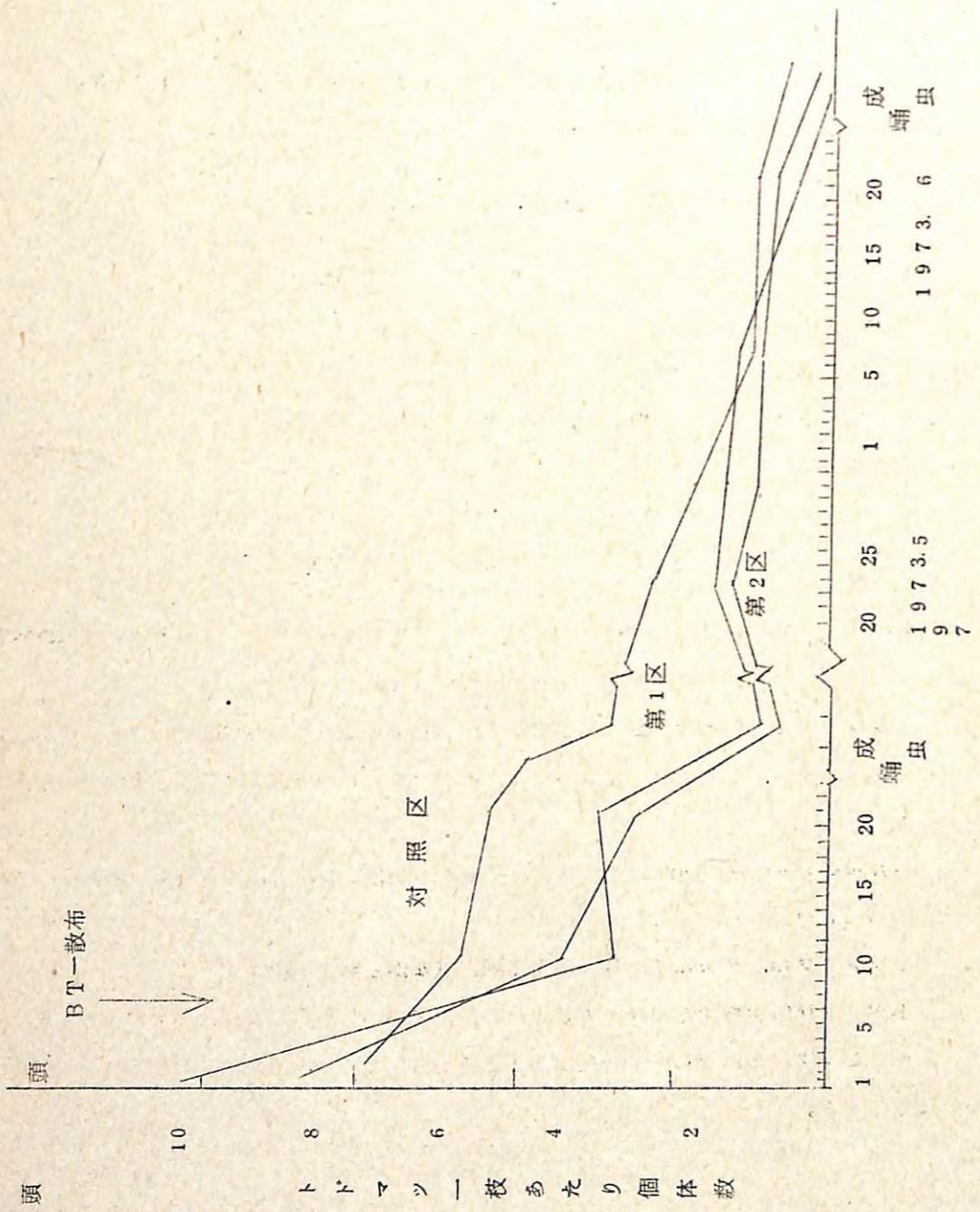


図-3 BT-散布区および対照区におけるトドマツの枝先 50 cmあたりコスジオビハマキ個体数の時間的変化

表-9 ハマキガ類の捕食性天敵の死亡率

天敵名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
ヒラタアブ類	第1区	14	0	37	0
	第2区	11	9.1	21	0
	対照区	12	0	16	0
ゴミムシ類	第1区	0	—	2	0
	第2区	1	0	2	0
	対照区	0	—	0	—
テントウムシ類	第1区	2	0	9	0
	第2区	4	0	2	0
	対照区	0	—	0	—
クモ類	第1区	21	0	12	0
	第2区	22	0	23	0
	対照区	3	0	15	0
ムカデ類	第1区	0	—	2	0
	第2区	1	0	3	0
	対照区	0	—	2	0

表-10 その他の昆虫類の死亡率

昆 虫 名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
シャクガ類	第1区	4	50.0	13	23.1
	第2区	9	11.1	15	13.3
	対照区	1	0	6	0
スガ類	第1区	2	0	16	0
	第2区	3	0	7	0
	対照区	2	0	4	0
キバガ類	第1区	0	—	3	0
	第2区	0	—	3	0
	対照区	0	—	0	—
アワフキ類	第1区	7	0	31	0
	第2区	5	0	42	0
	対照区	2	0	15	20.0
ショウカイポン類	第1区	4	0	5	0
	第2区	2	0	8	12.5
	対照区	4	0	2	0

(3) 散布Btの土壤中での残留

表-11 散布後の土壤中でのBtの消長

散布後の日数	土壤1g当たり芽胞数	
	第1区	第2区
直 前	0	0
直 後	1×10^5	1×10^5
7 日	0	1×10^3
30 日	0	2×10^4
3ヶ月	1×10^3	0
11か月	0	0
12か月	1×10^4	0
16か月	0	0

調査結果を表-11に示す。物分的に約1か年後にごく少量の残存が認められたが、これが散布Btであるか土着のものであるか確認しなかった。

考 察

室内における予備試験の結果ではBt特にB-65はコスジオビハマキ老令幼虫に対してほぼ100%の殺虫力が認められたが、空中散布では直接殺虫率は30%程度であった。種々な理由によって殺虫率の低下がもたらされているであろうが、なかでも幼虫の発育段階や気象条件などは大きな理由であったと推察された。

Btによる直接の殺虫力は、必ずしも量的に大きいものではなかったが、次世代の発生を決定する重要な要因である成虫羽化数に影響を及ぼし、散布区の羽化数は対照区の4分の1以下であった。散布翌年の発生をみても、コスジオビハマキの発生密度は低く、被害の発生はなかった。防除効果は次世代以後での個体群密度の制御の状況にも求められるもので、この点Btの散布効果は永続的な密度制御の可能性を示しているが、散布対象区においても翌年の密度が大きく減少したため、実質的な対照区とはならず、厳正な比較検討は困難であった。

2. カラマツ林のハマキガ類等のBtによる防除(木曾分保護研、天敵微生物研)

(1) 予備試験(室内接種)

カラマツイトヒキハマキ老熟幼虫を対象にBtの数種の亜種を接種試験した結果は表-12の通りであった。

表-12 カラマツイトヒキハマキ(老令幼虫)に対するBtの病原力(

(死亡率±S.D.)

Bt 亜種	Bt.Var. galleriae	Var.aizawai	Var.alesti	Var. thuringiensis
稀釈率原液の倍率 $2^6 \times 100$	% 60±43%	% 55±19	% 25±19	% 35±10
$2^5 \times 100$	40±18	35±10	60±37	65±19
$2^4 \times 100$	55±10	45±34	85±19	40±37
$2^3 \times 100$	35±25	60±16	60±23	55±30
$2^2 \times 100$	75±25	65±25	65±19	70±26

この結果カラマツイトヒキハマキはBtに感受性であることがわかった。いずれのBtも400倍すなわち芽胞数で $10^8 \sim 10^9 / ml$ 液で6.5~7.5%の死亡率であった。若令に対

してはもっと効力があると推察された。

(2) 野外散布試験

(a) 岩村田営林署長倉山国有林109班のカラマツ林に発生したカラマツイトヒキハマキを対象に散布試験を行なった。

供試BtはBt.Var galleriae, Var aizawai, およびVar, alestiの3種で、1区面積10×10m, 調査対象木を各区20本選んだ。

Btはいずれも1,000倍液を用い、400ℓ/haの割合で動噴により散布した。対照としてMEP 1,000倍液を用いた。

調査に当っては枝にカンレイシャ袋をかける方法で死亡率を調べた。また枝のサンプリングによって密度調査も行なった。

試験結果

調査の結果を表-13～15に示す。

表-13 敷布1週間後採取した枝の調査結果(1週間後)

区分	枝数	幼虫数	健全虫	死虫	死虫率
Bt.var.galleriae	38	238	209	29	12.2%
var.aizawai	42	279	247	32	11.4
var.alesti	44	444	372	72	16.2
MEP	40	375	122	253	67.5
対照	38	321	307	14	4.3
MEP (24時間後)	40	199	17	182	91.5

◎ 薬剤散布 4.8.6.6 ◎ 調査月日 1週間後 6.1.2
1週間後 6.1.9

表-14 敷布2週間後採取した枝の調査結果(2週間後)

var~galleriae	38	303	170	133	43.9
var.aizawai	42	345	215	130	37.7
var.alesti	44	243	127	116	47.7
MEP	40	220	86	134	60.9
対象	38	293	265	28	9.5

表-15 (a) 寒冷沙袋による調査結果(1週間後) (b) 同 左(2週間後)

区分 %	一週間後の状況と死虫率						健全幼虫の 更に一週間後			% 調査 幼虫数	健全虫	死虫	蛹化	死虫率
	調 査 幼 虫 数	健 全 幼 虫	死 虫	蛹 化	死 虫 率	死 虫	蛹 化	死 虫 率						
var galleriae 21	73	65	8		10.9	18		27.7	17	90	53	28	9	31.1
22	44	39	5		11.3	23		58.9	18	67	38	25	4	37.3
23	51	46	5		9.8	17		36.9	19	35	20	15		42.8
24	99	85	14		14.1	48	12	56.4	20	47	23	19	5	40.4
var aizawai 29	35	31	4		11.4	11		35.4	33	18	10	5	3	27.8
30	23	21	2		8.7	15	1	71.4	34	34	20	11	3	32.4
31	87	78	9		10.3	36	1	46.1	35	28	13	12	3	42.9
32	19	18	1		5.3	62		66.7	36	22	12	9	1	40.9
var alesti 41	35	29	6		17.1	13		44.8	44	17	8	8	1	47.1
42	32	29	3		9.3	9		31.0	45	32	20	9	3	28.1
43	12	12	1		7.7	5		41.7	46	28	15	13		46.4
47	18	15	3		16.6	3		20.0	48	34	19	12	3	35.3
MEP 53	73	18	55		75.3	12	5	66.7	57	20		20		100.0
54	20	3	17		85.0	0		0	58	12		11	1	91.7
55	77	15	62		80.5	6		40.0	59	17	1	16		94.1
56	46	2	44		95.6	2		100.0	60	19		18	1	94.7
対照 5	68	65	1		1.4	7	20	10.7	6	94	67	17	10	18.1
8	71	68	3		4.2	5	31	73	7	42	30	11	1	26.1
11	27	24	1		3.7	2	13	83	9	46	38	4	4	8.6
12	35	32	1		28	2	16	62	10	33	24	6	3	18.1

◎ 薬剤散布月日 4.8.6.6

◎ 調査月日 1週間後 4.8.6.12

2週間後 4.8.6.19

枝のサンプリングにより調査した結果は1週間後で10～15%の死亡率であり、var.間に大差はみとめられなかった。これに対しM E P（殺虫剤）は1日後で約90%死亡した。2週間後では各var.とも40～50%の殺虫効果を示した。

カンレイシャによる調査結果でも1週間後では10%前後、2週間後で約40%の死亡率しかなかった。以上の結果からBtは合成農薬M E Pのような速効的で高率の死亡をもたらす働きはないことがわかった。

(b) カラマツの害虫イトヒキハマキ、およびツツミノガの防除にBt利用の可否をみるため、岩村田営林署長倉山国有林74林班カラマツ林で散布試験を行なった。

カラマツ林 0.1 kg/a Bt. var. thuringiensis 1,000倍液（芽胞数 $10^8/\text{ml}$ 液）を 200 l/ha の割合で散布し、散布区および無散布区における生存幼虫数の変化を散布直前、1, 2, 3週間後の4回調査した。

調査は各区30本のカラマツを任意にとり、1本から枝先より30cm長のサンプルを、樹冠中央部の東西南北の各部分より1サンプルづつ計4サンプルをとって、そこに見いだされる全昆虫について数と生死をみた。

試験結果

調査の結果は、表-16の通りであった。

表-16 カラマツ1本分(4サンプル)当りの生存幼虫数±S.E.

処理	対象種	直前	1週後	2週後	3週後
Bt. var. thuringiensis	イトヒキハマキ	1.27±0.24 (100)	0.47±0.14 (37)	0.57±0.15 (39)	0.07±0.05 (6)
	ツツミノガ	1.53±0.32 (100)	0.93±0.23 (61)	3.23±0.51 (211)	1.37±0.27 (90)
Cont	イトヒキハマキ	1.33±0.31 (100)	0.73±0.15 (55)	0.73±0.15 (55)	0.43±0.63 (32)
	ツツミノガ	7.00±1.18 (100)	5.73±1.14 (82)	14.57±1.73 (208)	9.00±1.23 (129)

イトヒキハマキはBt散布によって生存密度が下り防除効果がみとめられたが、カラマツツツミノガではBt散布後も生存虫の密度低下はみられず、この昆虫に対して殺虫効果がないようである。

(3) 考察

カラマツの食葉性害虫のうちマイマイガについてはウイルス(C P V, N P V)による防除が研究されてきているが、そのほかの害虫についての微生物防除の試みは、わが国ではなされていなかった。しかしカラマツ林におけるマイマイガ以外の昆虫による被害も大きく、特にイトヒキハマキ、ツツミノガ、オオチャバネフユエダシャク等による被害は、場所により大きい。このためこれら害虫の微生物による防除を試みたが、室内および野外試験の結果から、イトヒキハマキに対してはBtによる防除が可能であることがわかった。防除効果は単にその殺虫によるばかりでなく、Btのもつ食害阻止作用による被害防止効果が大きかった。

オオチャバネフユエダシャクは流行性のウイルスN P Vが検索されたが利用に当っての量産が困難なため実用できなかった。しかしBtに感受性であることが判明した(L U 5 $\geq 10^8 \text{spore}/\text{ml}$)ので、Btによる防除も可能である。マイマイガもBtに対して感受性であるので、カラマツツツミノガの大部分はBtを主体とする防除が可能であることがわかった。ただしカラマツツツミノガはその習性のためか、あるいは感受性がないためか不明であるが散布による防除効果は全くなかった。

3. マツカレハのC P V（細胞質多角体病ウイルス）およびBtの混用による防除 (天敵微生物研・四国支保護研・保護部昆虫1研)

(1) 基礎的実験

マツカレハの防除にC P Vを利用することは速効性を要求されない条件の下では極めて有効であり、密度の変動にも影響を及ぼすものであるが、発生が目立ってきている場合には速効性が要求されるので必ずしも利用に適しているとはいえない。またBtはC P Vに比較してかなり速効的であり、被害発生時の防除手段としては有効であるが、永続的な密度抑制という点では不満足である。したがってこの両者の特性を組み合せる目的として、C P VとBtの種々な濃度の組み合せによる接種試験を行なって、殺虫率を調べた。

C P VとしてマツカレハC P Vを、Btには血清型VとVIに属する2系統を用いた。Btはそれぞれ原液の $4^X \times 100$ 倍、C P Vは 10^4 , 10^5 , $10^6/\text{ml}$ となるような濃度の組み合せの液を接種原とした。

試験結果

試験の結果は表-17の通りである。

表-17 接種後毎日調査最終18日後

10日, 14日, 18日の調査によるBT剤のLC₅₀値は表のとおり
 $\log LC = 2 + x \log 4 LC_{50}$ に相当する $x = m$ とする。
 表には m の値を示す。範囲は 95% 信頼限界。

CPV Bt	var. <i>galleriae</i>	var. <i>aizawai</i>	cont %
10^4 (10)	$Y_0 = -0.41x + 5.70$	$x = 4$ (10) 30 3 2 1 % 22 86 82	(10 ⁴) 16
	$m = 1.69 \pm 0.53$		
(14)	$Y_0 = -0.49x + 6.04$	(14) 40 30 88 100	36
	$m = 2.14 \pm 0.40$	(18) 50 36 90 100	44
(18)	$Y_0 = -0.48x + 6.09$		(10 ⁵)
	$m = 2.26 \pm 0.39$		
10^5 (10)	$Y_0 = -0.30x + 5.32$	(10) 22 22 90 58	8
	$m = 1.10 \pm 0.96$	(14) 22 30 92 84	26
(14)	$Y_0 = -0.45x + 5.93$	(18) 30 40 92 84	58
	$m = 2.09 \pm 0.48$	以上LC計算不能	
(18)	$Y_0 = -0.31x + 6.00$		(10 ⁶)
	$m = 3.24 \pm 0.94$		
10^6 (10)	$Y_0 = -0.40x + 6.01$	$Y_0 = -0.54x + 6.79$	6
	$m = 2.51 \pm 0.45$	$m = 3.32 \pm 0.41$	
(14)	$Y_0 = -0.43x + 6.41$	$Y_0 = -0.53x + 7.25$	22
	$m = 3.32 \pm 0.55$	$m = 4.22 \pm 0.64$	
(18)	$Y_0 = -0.19x + 6.15$	$Y_0 = -0.41x + 7.28$	68
	$m = 6.04 \pm 3.27$	$m = 5.51 \pm 1.53$	(10 ⁷)
計 (10)	$Y_0 = -0.38x + 5.67$	$Y_0 = -0.50x + 6.43$	16
	$m = 1.78 \pm 0.56$	$m = 2.83 \pm 0.39$	
(14)	$Y_0 = -0.49x + 6.10$	$Y_0 = -0.58x + 6.93$	62
	$m = 2.25 \pm 0.38$	$m = 3.33 \pm 0.39$	
(18)	$Y_0 = -0.39x + 6.20$	$Y_0 = -0.60x + 7.23$	90
	$m = 3.08 \pm 0.51$	$m = 3.69 \pm 0.43$	

この試験結果からは、マイマイガの場合とちがってCPVとBtの混用が、それぞれの効果を高めているように思えない。しかしマイマイガの場合とちがって相乗的作用はみられないが、総合の殺虫率は単独の場合よりよい。経過日数が増加するほどCPVの効果が現われてくるので、併用は実用性があることが推察された。

(2) 地上散布による野外試験

高知営林局松山営林署大谷山国有林においてCPVとBtの混合液の散布によるマツカレハ防除効果をみるため、秋の老令期に地上散布を行ない、死亡率、生存率を調べるとともに調査木における生存数の変化を調べ、また被害量の推定のために排糞量を調査した。

供試CPVはマツカレハCPV 10^{11} 個/ha, 200 l/ha散布BtはB-61, 培養原液の200倍 ($10^8 \sim 9$ spores/ml), 200 l/ha散布、散布面積各区2ha, 調査は各区10本の調査木による個体数の推移およびカンレイシャ袋による死亡率、摂食量の調査を行なった。

試験結果

個体数の推移、死亡率、糞量の変化等の調査結果を表-18に示した。

マツカレハ若令期にCPV, Btを単独で、または混合して散布するといずれの場合も生存率や摂食量の減少をもたらすが、特に両者の混合液は効果が大きかった。混合するとCPVの効果もよくなる傾向であった。CPV単独区の密度の減少が遅くに起こるのに反しBt区、BtとCPV混用の密度減少は早くから始まり、いわば速効的であった。また混用区の死亡の発生は、時間が経過するとCPV区と同様になった。すなわちBtとCPVの効果を兼用した様相であった。

またこの地域ではヤドリアメバチが秋に寄生するのが、かなり高率でみられた。ハエの寄生も比較的多かった。これらの天敵昆虫の働きは、微生物の散布によってさまたげられたことはなかった。

(3) 空中散布による野外試験

CPV, Btおよびその混合のマツカレハ防除効果を検討するため、それぞれの水浮遊液を60 l/haの割合で空中散布した。CPVは43.6 ha多角体濃度 10^{11} /ha, CPV, Bt混用区は51.7 ha多角体濃度 10^{10} /ha, Bt 300倍, Bt区は55.6 ha, Bt濃度300倍、周辺林分を無散布対照区とした。

調査は生存、死亡率(要因別、推移)、密度推移、排糞量推移、Bt落下量、状況等について行った。

(a) ○調査木1本当たり個体数の推移(1974.10.17散布)($\bar{x} \pm S.E.$)

区	Cont	Bt	CPV	Bt+CPV	CPV
10月17日	24.6±4.3(1.00)	8.5±1.0(1.00)	16.5±2.5(1.00)	10.8±2.9(1.00)	
10月29日	16.4±5.0(0.67)	6.2±2.0(0.73)	9.5±2.6(0.58)	15.0±4.1(1.39)	
11月20日	21.2±5.0(0.86)	4.2±1.3(0.49)	6.1±0.9(0.37)	10.0±3.1(0.93)	
1975年4.14	18.0±1.5(0.73)	8.2±4.8(0.96)	6.7±1.5(0.41)	12.1±2.9(1.12)	

(b) ○袋かけ法による死亡率調査

区	期	間	袋数	総供試数	生存率	CPV	死亡率	因別死亡率	Misc	死亡率計
Cont	10.1.7-10.2.9	5	146	100%						0%
	10.2.9-11.2.2	5		100						0
	11.2.2-4.2.1	5	159	53.46	0	0	3.14	21.83	22.01	46.54
	(10.1.7-4.2.1)	3	150	63.33	0	0	2.00	14.00	20.67	36.67
Bt	10.1.7-10.2.9	5	475	94.11	0	1.26	0	0	4.63	5.89
	10.2.9-11.2.2	5	295	96.95	0	0	0	0	3.05	3.05
	(累積)			(91.24)	(0)	(1.26)	(0)	0	(7.50)	(8.76)
	11.2.2-4.2.1	5	340	55.00	0.59	0	2.06	19.71	22.65	45.00
	(累積)			(50.18)	(0.53)	(1.26)	(7.88)	(17.98)	28.17	49.82
Bt+CPV	10.1.7-10.2.9	5	502	86.85	1.99	1.00	0	0	10.16	13.15
	10.2.9-11.2.2	5	350	81.43	1.429	0	0	0	4.28	18.57
	(累積)			(70.72)	(14.40)	(1.00)	0	0	(13.89)	(29.28)

区	期	間	袋数	総供試数	生存率	CPV	死亡率	因別死亡率	Misc	死亡率計
Cont	10.1.7-10.2.9	5	344	17.73	3.88	0	2.33	15.70	29.36	82.28
	(累積)			(12.54)	(39.06)	(1.00)	(1.65)	(1.110)	(3.465)	(8.746)
CPV	10.1.7-10.2.9	5	532	97.37	0.38	0.94	0	0	1.32	2.63
	10.2.9-11.2.2	5	402	83.83	1.169	0	0	0	4.48	16.17
	(累積)			(81.63)	(11.76)	(0.94)	0	0	(5.68)	(18.37)
Bt	11.2.2-4.2.1	5	380	18.42	1.816	0	4.47	16.05	42.89	81.58
	(累積)			(15.04)	(26.58)	(0.94)	(3.65)	(1.310)	(4.069)	(8.496)

注: Hym(ヤドリイアメバチ)が主であった。

(c) ○排糞量(乾燥重量 φ) $\pm S.E.$

区	期	間	10.1.7	10.2.9	1.1.2.2	4.2.1	合計
Cont	1頭当り		0.21±0.03	0.21±0.04	0.69±0.14		
	頭初100頭		210	210	690		
	1頭当り		0.10±0.01	0.12±0.01	0.52±0.04		
Bt	頭初1,000頭		100	1151	4896	704.7	
	1頭当り		0.06±0.01	0.13±0.02	0.30±0.05	391.6	
Bt+CPV	頭初1,000頭		600	1141	217.5		
	1頭当り		0.10±0.01	0.14±0.01	0.33±0.03	51.64	
CPV	頭初1,000頭		1000	1380	278.4		

表19

(a) 生存率・要因別死亡率の推移(1975.4.24~25散布)

区と事項	4.25-5.8	5.23	6.6	6.20	7.3	羽化率
Cont	A=B	A	B	A	B	
生存率	86.92%	76.32	51.39	35.36	1.482	7.5
死亡率	13.08	12.20	23.68	32.67	48.61	85.18 (4.7)
CPV	0	0	0	0	0	0
B・b・	0.47	0	0.47	4.95	42.5	62.4
Dip.	7.48	0	7.48	0	7.48	2.75
Hym.	0.47	14.6	1.74	7.92	7.78	0.95
Misc.	4.67	10.73	14.00	19.80	29.11	22.02
Bt						
生存率	71.13	61.19	50.39	4.942	4.376	9.3
死亡率	28.87	13.98	38.81	17.65	49.61	1.146 (4.1)
CPV.	0	0	0	0	0	0
B・b・	0	0	0	0	0	0
Dip.	9.79	0	9.79	0	9.79	0
Hym.	0	0	0	3.53	2.16	0
Misc(+Bt)	19.07	13.98	29.01	14.12	37.65	1.92
Bt+DCV						
生存率	46.08	36.30	29.74	2.613	1.884	4.7
死亡率	53.9	21.23	63.70	18.06	70.26	1.215 (1.6)
CPV.	0.4	3.30	20.1	1.39	2.51	1.87
B・b・	0	0	0	0	0	0
Dip.	4.90	0	4.90	0	4.90	0.93

区と事項	Cont	A	B	C	A	B	C	A	B	C	DCV
Hym.	1.96	0.94	2.39	2.78	3.40	0.93	3.67	0	3.67		
Misc(+Bt)	46.57	16.98	54.39	13.89	5.943	84.1	6.193	1.923	6.695		
DCV.											
生存率	81.69	69.15	50.22	3.840	6.160	54.37	1.752	8.248	6.5		
死亡率	18.31	15.35	27.37	49.78	23.53	2.76	2.91	3.88			
CPV.	0.47	0.99	12.8	0	12.8	0	0	0	0		
B・b・	0	0	0	0	0	0.34	1.082	9.71	1.455		
Dip.	8.92	0.50	9.34	0	2.94	0	0	0	0		
Hym.	0.94	3.47	3.77	7.37	8.87	0	8.87	0	8.87		
Misc.	7.98	10.40	1.648	2.000	3.031	17.65	3.917	41.75	5.520		

注: A: 期間初数に対する率 B: 敷布時(頭初)数に対する率の累積

羽化率は頭初数に対する比, ()内は♀の羽化率

(b) 排糞量, A期初1頭当重量g, B頭初1,000頭幼虫の蛹化までの各期毎の重量, C, Bの累積

区と事項	Cont	A	B	C	A	B	C	A	B	C	DCV
初期											
4.24-5.8	0.88	8.800	8.800	0.37	3.700	3.700	0.18	1.800	1.800	0.84	8.400
-5.2.3	0.97	84.31	172.31	0.69	4.908	8.608	0.51	2.350	4.150	0.96	78.42
6.6	1.17	89.29	261.60	1.77	10.831	19.43.9	1.18	4.283	8.43.3	1.37	94.74
-6.2.0	1.96	100.72	362.32	4.79	24.13.7	43.57.1	2.74	8.14.9	16.58.2	3.03	152.1.7
-7.3	1.15	40.66	402.98	3.32	164.07	59.97.8	2.29	59.84	22.56.6	1.47	56.45

表-20 落下糞量による幼虫数の推定とその推移

	受け枠	推定幼虫数 / m^2					卵塊	
		%	Apr. 18	May 7	May 8	June 17	June 18	
CPV区(1)	64	20.12	12.40	14.87	6.43	9.76	0/13 本 0/13	
	94	9.88	2.12	1.58	0.21	0.55		
	95	29.10	10.51	9.18	1.91	2.15		
	121	14.49	5.46	8.73	4.89	0.47		
	122		11.19	12.33	9.77	4.13		
		$\bar{x} \pm S$	18.40 ± 8.27	8.34 ± 4.37	0.34 ± 5.00	4.64 ± 3.76	3.41 ± 3.85	
CPV区(2)	104	8.21	2.35	2.32	1.58	0.45		
	105	0.54	2.23	1.71	3.62	1.78		
	106	3.89	1.52	3.98	4.81	0.86		
	142	11.38	10.86	10.08	5.38	6.64		
	143	2.46	2.18	2.56	1.97	0.40		
		$\bar{x} \pm S$	53.0 ± 44.2	38.3 ± 3.94	4.13 ± 3.43	34.7 ± 16.8	2.03 ± 2.64	
(Bt+CPV)区(1)	123	10.61	1.01	4.69	2.87	0.96	1卵塊 (78粒)	
	124	14.33	3.46	4.65	3.04	2.31		
	125	17.26	5.53	7.07	0.71	1.06		
	126	20.41	8.99	13.78	2.95	3.72		
	127	11.23	7.19	7.54	3.85	7.35		
		$\bar{x} \pm S$	140.2 ± 41.2	54.9 ± 28.6	7.69 ± 33.5	3.00 ± 13.1	3.50 ± 25.8	
(Bt+CPV)区(2)	62	30.00	7.73	9.20	1.81	1.21		
	65	30.57	8.78	10.37	3.67	1.55		
	66	18.84	5.25	4.03	1.85	1.60		
	69	14.45	4.13	4.37	2.59	1.30		
	70	27.86	11.45	11.22	3.36	1.75		
		$\bar{x} \pm S$	24.33 ± 7.26	74.7 ± 2.90	78.4 ± 3.40	26.6 ± 0.85	14.8 ± 0.22	

表-20につづく

	受け枠	推定幼虫数 / m^2					卵塊	
		%	Apr. 18	May 7	May 8	June 17	June 18	
Bt区(1)	73	30.55	3.65	3.27	24.38	14.35	3卵塊 (644粒) 25本	
	74	0.78	5.05	3.73	11.71	8.15		
	75	140.35	19.97	12.94	63.73	40.30		
	82	16.32	14.30	15.34	6.84	8.99		
	119	76.27	14.15	13.42	8.01	5.32		
	120	14.38	0.89	0.59	11.95	9.93		
		$\bar{x} \pm S$	46.61 ± 53.24	9.67 ± 7.51	8.22 ± 6.37	21.10 ± 21.79	14.51 ± 12.97	
Bt区(2)	83	11.82	2.09	2.99	0.68	0.56	3卵塊 (599粒) 7本	
	111	14.14	6.58	6.32	2.74	0.29		
	112	3.92	1.89	0.99	0.24	0.18		
	113	4.72	4.28	4.41	1.60	0.55		
	114	4.29	2.94	1.49	1.23	0.33		
	$\bar{x} \pm S$	7.78 ± 4.83	35.6 ± 19.4	32.4 ± 21.8	13.0 ± 0.96	0.38 ± 0.17		
对照区(1)	72	9.63	8.77	15.67	10.62	7.98	2卵塊 (710粒) 44本	
	79	29.38	30.11	38.75	6.34	5.91		
	80	79.49	58.45	101.87	43.03	24.63		
	81	70.44	68.62	108.87	4.28	5.05		
	137	61.85	51.17	76.40	18.12	17.24		
	$\bar{x} \pm S$	5016 ± 2951	4343 ± 2398	6831 ± 4025	16.48 ± 15.76	12.16 ± 8.49		
对照区(2)	129	31.44	13.07	18.26	6.92	6.86		
	130	10.83	8.22	9.67	1.73	0.78		
	131	1.65	0.97	1.78	1.49	1.08		
	135	3.00	3.49	3.98	1.37	0.64		
	136	4.50	0.94	1.49	0.28	0.39		
	$\bar{x} \pm S$	10.28 ± 1234	5.34 ± 5.24	7.04 ± 7.08	23.6 ± 2.61	1.95 ± 2.76		

表-21

(a) Bt 落下状況					
平板上のコロニー数 (10cm ² 当り)					
Bt 区			Bt + CPV 区		
区内 10 平板平均±S.D.			84.8.7±25.9.6 (内約18%がBt)		
35.2.1±14.6.3 (内約10%がBt)					
区外上 0m	41.1		87.5 (内10% Bt)		
50m	5.2	区外では Bt 検出	0		
100m	1.5	されず	4		
200m	2		—		
下 0m	2.3		0		
50m	0		1		
100m	0		0		
200m	1.6		0		
300m	—		0		
林木葉上の Bt 検出 CPV					
松葉	Bt 区 25 サンプル中 25	Bt + CPV 区 25 サンプル中 24			
広葉樹	〃 25	〃 25	〃 25	〃 25	
いずれも多数の Bt を検出した。 これらの Bt コロニーを水で洗いカイコに添食すると 2 時間～20 時間で全部死亡した。					
(b) 土壌 1g 中の Bt spore 数の消長					
Bt 区			Bt + CPV 区		
採集日	採取か所別 max	区 max	採取か所別 max	区 max	
4.23 散布前	0 0 0	0	0 0 0	0	
4.24〃後	$1.5.5 \times 10^6$ 2.5×10^5 0.2×10^4	$1.5.5 \times 10^6$	5.0×10^5 5.0×10^5 $1.6.0 \times 10^5$	$1.6.0 \times 10^5$	
5.22	0 10^5 , 5.3×10^5	5.3×10^5	3×10^5 , 10^5 , 0.5×10^5	3.0×10^5	
6.17	0 0 0	0	3.5×10^4 , 10^4 0	3.5×10^4	
10.16	0 $1.0.3 \times 10^3$, 0	1.0×10^4	1.0×10^5 , 0 0	1.0×10^5	

試験結果

調査の結果を表-19～21に示した。

生存率、死亡率、排糞量についての調査結果は次のとおりである。

- ① Bt 単独散布により 2 週間以内の死亡率を高めることができるが、その後は死亡率の増大を認めることができなかった。Cont 区に比較して生存率がよいのは、極めて低密度地帯であったためと思われる。
 - ② CPV 単独散布により 4 週間後までは Cont 区に比較して高い死亡率を示していたが、それ以降は Cont 区の死亡状況と全く同じであった。Cont 区が超高密度で、個体群がハエや軟化病で急激に消滅していくのと同様な生存曲線を描いたことは、それ程高密度部分としては 1 つの散布の効果と考えられるであろう。Cont 区に黄黽病の流行があったのに (10%以上死亡) 対し CPV 区にはこれがなく、この糸状菌病の働きと同じ効果を CPV (率としては低いが、ハエ、Misc. などの率への影響も含めて) が果したと考えてよい。
 - ③ 両者の混用は極めて有効であった。2 週間以内の死亡率も大きく、速効的であり、その後の死亡も各期とも平均 20% 以上であり、Cont 区よりはるかに低密度であるにもかかわらず、大きな死亡率を得た。Bt と CPV の混用はマツカレハ防除に有効であることが確認された。しかも CPV 量は単用の 10 分の 1 で十分である。
 - ④ 死亡率でみられた傾向は排糞量からみても同様であった。
 - ⑤ 微生物の散布は他の天敵の働きにすくなくともマイナス効果は及ぼしてはいないといえる。
- 排糞数から個体数を推定する方法で個体数の推移をみた場合も、袋調査による死亡率から推定される生存率の推移と同様の傾向を示した。
- また落下ドリフトについてみると、両区とも比較的一様に散布されたと考えられる。ドリフトは少なかった。無視できる。特に Bt + CPV 区ではドリフトはなかった。落下 Bt の活性については、葉上および平板上に落下した Bt は活性があり、特に葉上付着 Bt 量が多い。土壌残留についてみると、散布後 1 か月間はあまり量的にも減少せずに残留していた。しかし 2 か月後は激減していた。6 か月後にもごく僅であるが検出されたが、土壌中で増殖更新したものであるかどうかは不明である。
- (4) まとめ
- マツカレハの防除には、CPV, Bt ともそれぞれの特徴のもとに有効であるが、両者

を混用すると、それぞれの特性が組み合されて、防除効果が高まる。すなわち速効性も B.t と同様あるいはやや高くなり、生存率の減少も幼虫期を通じて連続的で、比較的激しく C.P.V の特性を示す。

またこのような効果を示すための C.P.V 濃度が C.P.V 単用の場合の 10 分の 1 でよく、大量増殖の困難なウイルスの節約にもなる。

III B.t の大量培養について(天敵微生物研)

害虫防除のために散布する細菌 B.t はウイルスとちがって人工培地で培養できる 10 リットルを用いての大量培養を試行し、実用化するための見通しを得た。

(1) 培地組成

C.S.L 4.0%

廃糖ミツ 2.0

KH₂PO₄ 0.1

MgSO₄ 7H₂O 0.05

シリコン 0.1

水道水

(2) 基本的操作

培地調製後 1 時間蒸煮し沈降器でろ過し上澄液を使用する。pH 8.5 にて調整 (20% NaOH) タンクのカラ滅菌 (120°C 30 分間) を行ない上澄液を入れて本滅菌をする。

pH 7.0 となる。

種菌は菌体を揃えるため Slant 培養 (普通寒天) 12 時間のものを 100 ml の液体培地に入れ 10 時間培養したものをタンク液量の 0.01% 量を接種する。

培養温度 30°C 液内攪拌 260 P.P.M 通気量 5 l/min 以下 内気圧 0.5 以下

(3) 培養時間と毒素形成

形態 経過時間	菌 体	芽胞のう	芽 胞	毒 素	P H
2 1	卅	—	—	—	8.20
2 2	卅	—	—	—	8.30
2 3	卅	—	—	—	8.40
4.0	士	廿	卅	廿	8.85
4.1	+	廿	卅	廿	8.90
4.2	+	廿	卅	卅	8.98
4.5	+	廿	卅	卅	8.77
4.6	士	+	卅	卅	8.70
4.7	士	+	卅	卅	8.70

培養終了時 6 l

(4) まとめ

4.0 時間で芽胞、毒素とも形成された。毒素は 4.2 時間でピークに達しその後はほとんど変化がなかった。

4.7 時間で培養を停止し総収量を求めた結果、 5.3×10^{12} コの毒素を得た。

培地調製に当っては調製後 PH の補正と 3.000 R.P.M 以上で沈殿物を取りのぞくことが必要で、また通気量を多くすると芽胞の形成が悪く、しかも培地を泡だたせる原因となる。

IV モミ類、カラマツのハマキガ類

(a) ハマキガ類による被害がもっとも顕著にあらわれる 6 月上旬のハマキガ類の種構成を、任意に選定した 80 本のトドマツから 1~3 枝、計 120 枝の枝先より 50 cm 長の部分を切り取って調査した結果を表-22 に示した。この年にはコスジオビハマキが加害の主体であった(北海道支昆虫研)

表-22 トドマツ樹上のハマキガ類の種構成(北海道支昆虫研)

(1972年6月9日 北海道石狩郡)

種名	個体数	百分率%
コスジオビハマキ <i>Choristoneura diversana</i> Hulner	1,162	92.7
トウヒオオハマキ <i>Lozotaenia coniferana</i> Issiki	4	0.3
トドマツアミメハマキ <i>Zeiraphera truncata</i> Oku	49	3.9
トドマツチビハマキ <i>Lobesia</i> sp.	28	2.3
タテスジハマキ等 <i>Archippus</i> sp.	7	0.5
モミアトキハマキ <i>Archippus issikii</i> Kodama	3	0.2
その他	1	0.1

(b) モミ類カラマツにおける被害について(保護部昆虫1研)

従来明らかでない点の多かったモミ類、カラマツ類のハマキ類の加害実態について調べた。

48～50年の3年間、中部地方のカラマツ、ハリモミを加害する小蛾類の分類、検索のため、各地で採集を行なった。その結果、カラマツヒメハマキ、カラマツイトヒキハマキが最も広範囲に採集され、標高1,500m付近でも普通にみられた。カラマツマダラメイガも分布範囲はそれ程広くないが、かなり高い密度で認められ、また、従来群馬県で僅かに採集されていたハイイロアミメハマキが、山梨県、静岡県下でも採集され、かなり広い分布範囲をもつらしいことがわかった。ハリモミ小蛾類としては*Petrova* sp.、ツヅリモンハマキ、ツガコハマキが発生し、このうち新梢内部を加害する*Petrova* sp.の被害が最も著しいことがわかった。

V 摘要

① トドマツのハマキ類の天敵微生物として有力なウイルスが2種類、カラマツ類で1種類、

新しく検索された。またトドマツ、カラマツのハマキ類に対して病原細菌*Bacillus Thuringiensis* (以下Btと略す)が強い殺虫効果をもつことが判明した。Btはマツカレハ、マイマイガ等にも殺虫作用があるが、これらの害虫の病原ウイルスCPVと混用することによって、ウイルス量を大巾に節約できしかも高い効果があることが判った。その他糸状菌*Beauveria* sp.、*Entomophthora* spp.が検索された。これらの微生物の中からBtが取り上げられこれを中心試験をすすめることが決定された。

② カラマツのハマキ類の防除にBtが有効である。トドマツのハマキ類、特にコスジオビハマキの被害防除にBt利用が可能である、マツカレハの防除にBtとウイルスとの混用が有効である。ツガカレハの防除にもBtとウイルスの混用が検討されてよいなどの結果が地上散布による野外適用試験の結果として得られた。室内実験および地上散布試験の結果に基づきトドマツのハマキ類特にコスジオビハマキを対象にBtのヘリコプターによる空中散布試験を行なった結果害虫の個体群密度を無散布対照区の $1/4$ 以下に抑えることができ、これより被害発生を抑制することができたマツカレハに対して、BtとウイルスCPVの混用のヘリ散を行ない、Bt、CPVそれぞれの単用の効果よりも優れた防除効果を得た。しかもCPV量はその単用の場合 $1/10$ でよいことも判明した。いずれの場合もヘリ散では 60L/ha の散布を行なった。以上のことからマツカレハ防除にBtとウイルスの混用が実用化できるといえる。またトドマツ、カラマツのハマキ類についてもBtによる防除が実用化できる。

③ ウイルスは従来どおり対象昆虫を用いて大量増殖を計るが、Btは、Bt用液体培地(CSL、廃糖ミツなどを含む)によるタンク培養が可能である。その場合30°C培養温度で、40～48時間で培養が完了し培養物1Lで1kg分以上のBtが得られた。

④ モミ類、カラマツ等のハマキ類による被害実態が明らかにされた。