

ナシのヒメボクトウ幼虫に対する殺虫剤および 昆虫寄生性線虫剤による防除技術の検証

中西友章・兼田武典*

(徳島県立農林水産総合技術支援センター高度技術支援課, *徳島県もうかるブランド推進課)

Examination for control methods of larvae of carpenter moth, *Cossus insularis* using pesticide and entomopathogenic nematode on pear.

By Tomoaki NAKANISHI, Takemichi KANEDA *

(Advanced Technology Support Division, Tokushima Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries
Technology Support Center; 1660 Ishii, Ishii, Tokushima 779-3233, Japan. *Lucrative Brand Promotions
Division, Tokushima Prefectural Government, 1-1 Bandai, Tokushima, Tokushima 770-8570, Japan.)

We examined effects of larvae of carpenter moth, *Cossus insularis* (Staudinger) (Lepidoptera: Cossidae) using screened pesticide and entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* on pear. In this screening, the organophosphorus insecticides were effective against between hatching and mid-larval instar, the synthetic pyrethroid insecticides were effective against hatching and early larval instar, and flubendiamide was effective against hatching larvae. The application of organophosphorus and diamide insecticides were highly effective against young larvae in the branch. It was shown that insecticidal activity of *S. carpocapsae* is high and rapid at larvae by method of contact on filter paper. Although the application of *S. carpocapsae* was effective against larvae in the branch, effect was 10,000 infective juveniles/ml was higher than 1,000 infective juveniles/ml. And it was shown that control effect of *S. carpocapsae* was reduced according to boring with larval growth. In addition injection of *S. carpocapsae* to trunk had the effect higher than spraying.

緒 言

ヒメボクトウ *Cossus insularis* (Staudinger) はヤナギ, ポプラなどの森林害虫として知られていたが, 2001年頃から徳島県のナシ産地で発生し, 本種による枝幹へのせん孔食入による樹勢低下の被害が確認された (中西, 2005)。その後, 北は秋田県 (秋田県病害虫防除所, 2008), 南は佐賀県 (佐賀県, 2014) まで全国各地のナシあるいはリンゴで本種の被害が確認され, 増加, 拡大の傾向にある。

本種に対しては, 合成性フェロモン (Chen *et al.*, 2006) を用いた性交信かく乱剤の設置により, 被害が軽減されることが報告されており

(Nakanishi *et al.*, 2013), コッシンルア剤 (商品名: ボクトウコン-H) が2015年3月に実用化 (農薬登録) された。しかし, 本技術は成虫期における雌雄間の交信かく乱を目的とした剤であり, 枝幹内にせん孔した幼虫には効果がない。本種は幼虫期が直接被害をもたらす発育ステージであり, 幼虫期間が2年以上とされることから, 早期に被害を軽減するためには幼虫期に対する効果的な防除技術が欠かせない。

枝幹内にせん孔した本種の幼虫の防除剤として, 昆虫病原性線虫剤のスタイナーネマ カーボカプサエ剤 (以下 *S. カーボカプサエ* 剤) が2008年に適用拡大されている。スタイナーネマ属の線虫は化学合成殺虫剤の効力の及ばないせん孔性害

虫に対しても高い殺虫力を有しているとき（山中，2001），イチジクのキボシカミキリやモモのコスカシバなどが適用害虫となっている。ヒメボクトウに対するS.カーボカプサエ剤の防除効果についてはリンゴでは伊藤（2010），星ら（2012），ナシでは田口（2012）によってその効果が報告されている。しかし，これらの報告では効果の安定性に欠けケースがみられ，その要因として発育ステージによる効果の差を指摘しているものの，より詳しい検証を要するとしている。

また，本種の化学防除薬剤としては，現在，ジアミド系のフルベンジアミド剤やクロラントラニプロール剤がある（2015年7月現在の農薬登録）。これらはナシ，リンゴにおいて7月に散布することにより，孵化食入防止効果が認められている（加川ら，2014；羽田・大友，2014）。今後，これらの薬剤による防除技術の普及が期待される。一方，果樹の枝幹せん孔性害虫では，産卵の防止や食入初期の幼虫防除のために樹幹への薬剤散布が行われており，イチジクのキボシカミキリ（山下ら，1999）やカンキツのゴマダラカミキリ（川村，1976）では，比較的樹皮下の浅いところに生息している孵化幼虫や若齢幼虫を対象に有機リン剤を散布すれば，防除効果が高いとされていることから，前出のジアミド系以外の薬剤についてもヒメボクトウに対する殺虫および防除効果についての検討の余地がある。

これらのことから，本稿では，ナシに寄生するヒメボクトウ幼虫に対する効率的な防除技術の確立に資するため，本種の幼虫に対する有効薬剤のスクリーニングとその結果から有効性が認められた殺虫剤の散布による防除効果の検討を行うとともにS.カーボカプサエ剤の処理による防除効果と幼虫の発育ステージの関係について考察した結果，若干の知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 幼虫に対する薬剤のスクリーニング

2015年7月現在，ナシに登録のある薬剤（ただし，DDVPは除く）について，ヒメボクトウ幼虫の発育ステージ別に殺虫効果を調査した。

1) 孵化幼虫に対する殺虫効果

供試虫は2009年7月，鳴門市のナシ樹由来の雌成虫を用い，つなぎ雌法（小山，1974）によって交尾が確認できた個体を回収して，ポリスチレン製シャーレ（直径90mm・高さ20mm）内で産ませた卵塊を25℃の恒温器内（15L：9D）に置き，孵化した当日の幼虫を用いた。

供試薬剤は第1表に示した有機リン系2剤，合成ピレスロイド系3剤，カーバメート系1剤，ネオニコチノイド系4剤，ジアミド系1剤の合計11剤を用いた。実験室内で常用濃度の薬液に縦25mm，横25mmのろ紙小片を5秒間浸漬し，直射日光の当たらない屋外（軒下）で風乾させた。風乾させたろ紙をポリスチレン製シャーレ（直径55mm・高さ17mm）内に入れた後，ろ紙上に孵化幼虫を放飼して，25℃の恒温器内（15L：9D）に置いた。また，餌として昆虫用人工飼料（日本農産工業株式会社製：インセクタLFS。以下，人工飼料）をろ紙上に置いた。なお，薬剤に浸漬したろ紙の風乾期間は1日，3日，4日，6日を設けた。1区20頭の反復なしとした。ただし，無処理区のみ1区20頭の3反復とした。放飼から7日後に孵化幼虫の生死について調査した。ただし，苦悶虫が多数見られたフルベンジアミドのみ放飼12日後まで調査した。

2) 若齢幼虫に対する殺虫効果

供試虫は，鳴門市内のナシ園から寄生枝を採取し，解体して得られた体長約10mmの若齢幼虫を用いた。供試薬剤は有機リン系5剤，合成ピレスロイド系4剤，カーバメート系1剤，ネオニコチノイド系3剤，IGR系1剤，その他の系統の剤1剤，合計15剤（第2表）を用いた。実験室内で各薬剤の常用濃度の薬液をハンドスプレーで虫体全体に十分かかるよう散布した後，ポリスチレン製シャーレ（直径90mm・高さ20mm）内に薬剤処理した供試虫10頭と人工飼料を入れた。これを25℃の恒温器内（15L：9D）に置き，処理30日後まで随時に生死を調査した。生死はピンセットで虫体を軽く触れ，動いて移動した個体を生存としたが，動かない個体や動くものの体が萎縮し移動しない衰弱個体は死亡として計数するとともに，これらを調査毎に取り除いた。1区1シャー

レ10頭2反復とした。なお、古くなった餌は適宜新しい餌と交換した。

3) 中齢幼虫に対する殺虫効果

供試虫は鳴門市内のナシ園の寄生枝を採取し、解体して得られた体長約25~30mmの中齢幼虫を用いた。供試薬剤は第3表に示した有機リン系4剤、合成ピレスロイド系4剤、カーバメート系1剤、ネオニコチノイド系1剤、IGR系1剤、合計11剤とした。薬剤の処理方法および調査方法は前述の若齢幼虫に対する殺虫効果試験と同じとした。

2. 殺虫剤散布による防除効果試験

1) 若齢幼虫に対する防除試験(2009年)

2009年9月2日に板野郡松茂町のナシ園(品種:幸水)において若齢幼虫が排出したと思われる細かい木屑や虫糞(フラス)のみられる直径約3cmの枝を選定し、枝表面の木屑、虫糞を取り除き第4表に示した薬剤を所定濃度に希釈し、ハンドスプレーを用いて、それぞれ200ml散布した。供試薬剤は孵化幼虫あるいは若齢幼虫に対する薬剤スクリーニングで殺虫効果が認められた剤とした。試験は1区1枝3反復とした。散布9日後に処理した枝を切除、解体し、幼虫の生死を調べた。生死はピンセットで虫体を軽く触れ、動いて移動した個体を生存としたが、動かない個体や動くものの体が萎縮し移動しない衰弱個体は死亡として計数した。また、各区約20頭の幼虫を実体顕微鏡下で観察して、デジタルカメラ(OLYMPUS社、FX380)および同社の画像ファイリングソフトウェア(FLVFS-LS, Ver.1.10)を用いて最大の頭幅(以下、頭幅)を計測した。

2) 若齢幼虫に対する防除試験(2010年)

2010年9月7日に板野郡松茂町の前年の試験と同じ圃場から若齢幼虫が排出したと思われる細かい木屑や虫糞(フラス)のみられる直径約3cmの枝を選定し、第5表に示した薬剤を所定濃度に希釈し、ハンドスプレーを用いて、それぞれ200ml散布した。供試薬剤は孵化幼虫あるいは若齢幼虫に対する薬剤スクリーニングで殺虫効果が認められた剤とした。なお、処理前の木屑や虫糞の除去は行っていない。試験は1区1枝3反復とした。調査は散布14日後に前述の2009年の試験に準じて

行った。

3. S. カーボカプサエ剤による防除効果試験

1) 室内におけるS. カーボカプサエ剤2濃度の殺虫効果

供試虫には2004年6月、鳴門市のナシに寄生していた中老齢幼虫を用いた。供試薬剤は昆虫病原性線虫剤S.カーボカプサエ剤(商品名:バイオセーフ)とした。処理濃度は10,000頭/ml, 1,000頭/mlとした。S.カーボカプサエ剤の処理は、石橋ら(1981)のろ紙接種法を用いた。ポリスチレン製シャーレ(直径90mm・高さ20mm)に直径70mmのろ紙1枚を置き、所定濃度の希釈液を1ml滴下して、その上に幼虫を放飼し、餌として人工飼料を入れた。これを25℃の恒温器内(15L:9D)に置いた。区制は1区1シャーレ10~12頭とした。処理4日後に幼虫の生死を調査した。死亡虫は、実体顕微鏡下で解剖し、体内の線虫の有無を調査した。

2) 圃場における防除効果試験

(1) 処理濃度の検討

2005年7月5日14時頃に鳴門市大麻町の一般農家のナシ園において、ヒメボクトウの寄生樹(品種:幸水)の木屑排出孔を中心に所定濃度に希釈した薬液が滴るまで蓄圧式噴霧器を用いて散布した。なお、散布直前に木屑は除去した。1区1樹(1垂主枝~主枝)の4反復とし、S.カーボカプサエ剤の濃度は10,000頭/ml, 1,000頭/mlとした。処理14日後に処理した被害枝を切り取り、これを解体し幼虫の生死を調査した。

(2) 処理方法の検討

S.カーボカプサエ剤の散布および注入について防除効果を調査した。

2007年に、2005年の試験と同じ圃場で実施した。供試樹はヒメボクトウの寄生樹(品種:幸水)とし、薬剤処理区は1樹1垂主枝4反復、水を処理した対照は1樹1垂主枝2反復とした。処理日時は、9月28日17時頃で、処理濃度は1,000頭/mlとした。散布処理は、被害樹から排出している木屑を除去し、ハンドスプレーを用いて木屑排出孔を中心に所定濃度希釈液を薬液が滴るまで散布した。注入処理は、被害樹から排出している木屑を

除去し、スポイトを用いて排出孔に薬液が滴るまで注入した。各区とも処理14日後に処理した枝を解体し幼虫の生死を調査した。

なお、S. カーボカプサエ剤は、その特性から乾燥高温条件での使用を避け、曇天または小雨時に使用することが望ましいとされるため、処理時から当夜にかけての天候の概要を観察するとともに試験期間中の気象データを知るためアメダスのデータ（徳島市）を参考とした。

結 果

1. 幼虫に対する殺虫効果

1) 孵化幼虫接種による試験

アラニカルブ、ジノテフラン、チアメトキサム

および無処理において、死亡虫が見られなかったのに対して、ダイアジノン、クロルピリホス、シベルメトリン、トラロメトリン、シラフルオフェン、クロチアニジン、アセタミプリド、フルベンジアミドでは死亡虫が見られた（第1表）。なかでも、ダイアジノン、クロルピリホス、フルベンジアミドにおける処理6日後までのふ化幼虫の死虫率は85~100%と高かった。

2) 若齢幼虫に対する殺虫効果

各剤に対するヒメボクトウ若齢幼虫の死虫率はダイアジノン、DDVP、マラソン・MEP、シベルメトリン、トラロメトリンが100%と最も高く、次いでMEPの95%、クロルピリホスの75%、ピフェントリンの70%の順に高かった（第2表）。

なお、これらの剤では処理3日後に苦悶虫が見ら

第1表 ヒメボクトウ孵化幼虫に対する薬剤の殺虫効果

薬剤のタイプ	商品名	有効成分	有効成分量 (%)	希釈倍数	薬剤 ^a 処理後 風乾日数	調査虫数	放飼 ^b 7日後の 死虫率 (%)				
有機リン系	ダイアジノン水和剤	ダイアジノン	34.0	1000	1	20	100				
					3	20	100				
					6	20	95				
	ダズバンDF	クロルピリホス	75.0	3000	1	20	100				
					3	20	100				
					6	20	100				
合成ピレスロイド系	アグロスリン水和剤	シベルメトリン	6.0	1000	1	20	85				
					3	20	100				
					6	20	75				
	スカウトフロアブル	トラロメトリン	1.4	2000	1	20	85				
					3	20	15				
					6	20	30				
MR. ジョーカー水和剤	シラフルオフェン	20.0	2000	1	20	90					
				4	20	35					
カーバメート系	オリオン水和剤	アラニカルブ	40.0	1000	1	20	0				
ネオニコチノイド系	スタークル顆粒水溶剤	ジノテフラン	20.0	1000	1	20	0				
					アクタラ顆粒水溶剤	チアメトキサム	10.0	2000	1	20	0
									ダントツ水溶剤	クロチアニジン	16.0
	3	20	95								
	6	20	10								
	モスピラン水溶剤	アセタミプリド	20.0	2000	1	20	55				
3					20	95					
6					20	5					
ジアミド系	フェニックス顆粒水和剤	フルベンジアミド	20.0	4000	1	20	30(100)				
					3	20	60(100)				
					6	20	85(100)				
—	—	無処理	—	—	—	20	0				

^a ろ紙の薬剤処理後から供試虫の放飼までの日数。

^b () 内は放飼12日後の死虫率。

れ、以後死虫率が上がり、剤によっては30日後まで徐々に死虫率が上がった。シラフルオフェン、NACに対する死虫率は、それぞれ20%、40%と低かった。イミダクロプリド、ジノテフラン、チアメトキサム、テフルベンズロン、クロルフェナピルにおいては、死亡虫が認められなかった(第2表)。

3) 中齢幼虫に対する殺虫効果

各剤に対する中齢幼虫の死虫率は、ダイアジノン、クロルピリホス、DDVPで100%、次いでMEPの50%であった(第3表)。一方、トラロメトリン、シラフルオフェンに対する死虫率は10%と低く、イミダクロプリド、テフルベンズロン、シベルメトリン、ピフェントリンおよびNACで

第2表 ヒメボクトウ若齢幼虫に対する薬剤の殺虫効果

薬剤のタイプ	商品名	有効成分	有効 成分量(%)	希釈 倍数	供試 虫数	処理後死虫率(%)		
						3日後	13日後	30日後
有機リン系	ダイアジノン水和剤	ダイアジノン	34.0	1000	20	95	100	—
	ダーズバン水和剤	クロルピリホス	25.0	1000	20	15	25	75
	DDVP乳剤	DDVP	75.0	2000	20	5	20	100
	スミチオン水和剤	MEP	40.0	1000	20	0	15	95
	トラサイドA乳剤	マラソン・MEP	10.0・40.0	200	20	85	100	—
合成ピレスロイド系	アグロスリン水和剤	シベルメトリン	6.0	1000	20	50	100	—
	スカウトフロアブル	トラロメトリン	1.4	1500	20	10	85	100
	テルスター水和剤	ピフェントリン	2.0	1000	20	10	50	70
	MR. ジョーカー水和剤	シラフルオフェン	20.0	2000	20	0	15	20
カーバメート系	マイクロデナボン水和剤	NAC	85.0	1000	20	0	10	40
ネオニコチノイド系	アドマイヤー水和剤	イミダクロプリド	10.0	1000	20	0	0	0
	スタークル顆粒水溶剤	ジノテフラン	5.0	2000	20	5	5	5
	アクタラ顆粒水溶剤	チアメトキサム	10.0	2000	20	5	5	5
I GR系	ノーモルト乳剤	テフルベンズロン	5.0	2000	20	0	0	0
その他の系統	コテツフロアブル	クロルフェナピル	10.0	2000	20	0	0	0
—	—	無処理	—	—	20	0	0	0

第3表 ヒメボクトウ中齢幼虫に対する薬剤の殺虫効果

薬剤のタイプ	商品名	有効成分	有効 成分量(%)	希釈 倍数	供試 虫数	処理後死虫率(%)		
						6日後	15日後	30日後
有機リン系	ダイアジノン水和剤	ダイアジノン	34.0	1000	10	50	80	100
	ダーズバン水和剤	クロルピリホス	25.0	1000	10	20	50	100
	DDVP乳剤	DDVP	75.0	2000	10	60	90	100
	スミチオン水和剤	MEP	40.0	1000	10	50	50	50
合成ピレスロイド系	アグロスリン水和剤	シベルメトリン	6.0	1000	10	0	0	0
	スカウトフロアブル	トラロメトリン	1.4	1500	10	10	10	10
	テルスター水和剤	ピフェントリン	2.0	1000	10	0	0	0
	MR. ジョーカー水和剤	シラフルオフェン	20.0	2000	10	10	10	10
カーバメート系	マイクロデナボン水和剤	NAC	85.0	1000	10	0	0	0
ネオニコチノイド系	アドマイヤー水和剤	イミダクロプリド	10.0	1000	10	0	0	0
I GR系	ノーモルト乳剤	テフルベンズロン	5.0	2000	10	0	0	0
—	水道水	—	—	—	10	0	0	0

は、死亡虫が認められなかった。

MEP, シベルメトリン, トラロメトリン, ビフェントリン, シラフルオフエン, NAC, イミダクロプリドおよびテフルベンズロンにおいては, 処理30日後に生存虫が見られた。これらの区では幼虫の摂食によって人工飼料がフラス状になったものや虫糞が見られ, いずれの幼虫も苦悶しておらず, 健全であった。

2. 殺虫剤による防除効果試験

1) 若齢幼虫に対する防除試験 (2009年)

処理9日後のヒメボクトウの死虫率はダイアジノン, クロルピリホス, マラソン・MEPでは100%であったが, シベルメトリン, トラロメトリンおよびアセタミプリドに対する死虫率はそれぞれ, 21.1%, 2.8%, 0.7%と低く, クロチアニジンでは死亡虫が見られなかった (第4表)。なお, 解体して得られた生死幼虫は各区とも頭幅1mm以下の若齢幼虫であった。

2) 若齢幼虫に対する防除試験 (2010年)

ヒメボクトウ若齢幼虫の死虫率は, フルベンジ

アミドで91.1%となり, 高い防除効果が見られた (第5表)。次いで, ダイアジノンおよびマラソン・MEPでそれぞれ, 54.1%, 50.7%と効果が認められた。一方, シベルメトリンでは死亡虫が認められなかった。なお, 幼虫の頭幅は0.8~2.0mm程度であった。

3. S. カーポカプサエによる防除効果試験

1) 室内におけるS. カーポカプサエ剤2濃度の殺虫効果

10,000頭/ml, 1,000頭/mlの両濃度とも, 処理4日後に全ての供試虫が死亡し, 高い殺虫効果が認められた (第6表)。また, 死亡虫から線虫が検出された。

2) 圃場における防除効果試験

(1) 処理濃度の検討

散布処理において10,000頭/ml, 1,000頭/mlの両濃度とも, 防除効果が認められたが, 死虫率は10,000頭/mlが84.2%と1,000頭/ml (65.8%) よりも高く, 防除効果が優れた (第7表)。若齢幼虫~蛹の各ステージで死亡虫が見られたが, 老齢幼虫

第4表 ナシ枝に寄生したヒメボクトウ若齢幼虫に対する防除効果 (2009年)

薬剤のタイプ	商品名	有効成分	有効成分量 (%)	希釈倍数	調査虫数	処理9日後の死虫率 (%)
有機リン系	ダイアジノン水和剤	ダイアジノン	34.0	1000	188	100
	ダズバンDF	クロルピリホス	75.0	3000	59	100
	トラサイドA乳剤	マラソン・MEP	10.0・40.0	200	226	100
合成ピレスロイド系	アグロスリン水和剤	シベルメトリン	6.0	1000	19	21.1
	スカウトフロアブル	トラロメトリン	1.4	1500	177	2.8
ネオニコチノイド系	モスピラン水溶剤	アセタミプリド	20.0	2000	302	0.7
	ダントツ水溶剤	クロチアニジン	16.0	2000	114	0
—	—	無処理	—	—	191	0

第5表 ナシ枝に寄生したヒメボクトウ若齢幼虫に対する防除効果 (2010年)

薬剤のタイプ	商品名	有効成分	有効成分量 (%)	希釈倍数	調査虫数	処理14日後の死虫率 (%)
有機リン系	ダイアジノン水和剤	ダイアジノン	34.0	1000	98	54.1
	トラサイドA乳剤	マラソン・MEP	10.0・40.0	200	207	50.7
合成ピレスロイド系	アグロスリン水和剤	シベルメトリン	6.0	1000	291	0
ジアミド系	フェニックスフロアブル	フルベンジアミド	18.0	4000	78	91.0
—	—	無処理	—	—	152	0

表6 ろ紙接種法によるヒメボクトウ幼虫に対するS.カーポカプサエ剤の殺虫効果

処理区	処理濃度 (1 mlあたり線虫数)	供試虫数			処理4日後の死虫率 (%)	線虫検出
		中齢	老齢	計		
S. カーポカプサエ剤	10,000	8	4	12	100	+
	1,000	8	3	11	100	+
無 処 理	—	8	2	10	0	

第7表 ナシに寄生したヒメボクトウに対するS.カーポカプサエ剤散布2濃度の防除効果

処理区	処理濃度 (1 mlあたり線虫数)	調査虫数					処理14日後の死虫率 (%)				
		若齢	中齢	老齢	蛹	合計	若齢	中齢	老齢	蛹	若齢~蛹
S. カーポカプサエ剤	10,000	158	151	48	3	360	98.1	86.1	31.3	100	84.2
	1,000	30	408	10	4	452	100	64.0	10.0	75.0	65.3
無 処 理	—	0	102	27	1	130	0	0	0	0	0

第8表 ナシに寄生したヒメボクトウに対するS.カーポカプサエ剤の処理方法と防除効果

処理区 (1 mlあたりの線虫数)	処理方法	調査虫数				処理14日後の死虫率 (%)			
		若齢	中齢	老齢	合計	若齢	中齢	老齢	若~老齢
S.カーポカプサエ剤 (1,000)	散布	154	22	64	240	97.4	18.2	23.4	70.4
	注入	119	52	8	179	84.9	84.6	25.0	82.1
水 処 理	散布	125	1	9	135	0	0	0	0
	注入	79	4	27	110	0	0	0	0

第9表 試験期間中の気象データ (アメダスより)

	2005年7月5日-19日		2007年9月28日-10月12日	
温度	最高	最低	最高	最低
℃	32.9	21.2	30.1	16.4
降雨月/日	7/5-6	7/9-10	9/30	10/9-10
降水量mm	3.5	10.5	2.0	19.5

観測地：徳島市

の死虫率が低かった。処理時およびその後の天候は曇で経過し、17時頃から深夜にかけて降雨があった。

なお、本剤の使用に関する注意事項には、S.カーポカプサエの活動できる温度は15℃以上であり、一方、本線虫の生存のためには希釈液の水温は30℃以下とするとされる((株)エス・ディー・エス バイオテック, 2015)。本防除試験期間中は、一時期、気温が32℃に達することがあったが、線虫の活動に概ね良好な気温であった(第9表)。

(2) 処理方法の検討

ヒメボクトウの若齢~老齢までの死虫率は散布区が70.4%、注入区が82.1%と高い死虫率が見られ、注入区でやや効果が優れた(第8表)。また、注入区では散布区に比べ中齢幼虫の死亡虫が多く認められた。処理時の天候については、処理時お

よびその後は曇で経過した。また、本防除試験期間中は、線虫の活動に良好な気温であった(第9表)。

考 察

1. 幼虫に対する薬剤防除

1) 孵化~若齢幼虫に対する防除

孵化幼虫に対してはダイアジノン、クロルピリホス、シベルメトリン、トラロメトリン、シラフルオフェン、クロチアニジン、アセタミプリド、フルベンジアミドの死虫率が高いことから、これらは孵化幼虫に対して殺虫効果が高いと考えられる。なかでも有機リン系のダイアジノン、クロルピリホス、ジアミド系のフルベンジアミドは薬剤処理6日後まで高い死虫率(95~100%)が認められたことから、他剤に比べ残効期間が長いと考えられる。

また、若齢幼虫に対しては有機リン系のダイアジノン、クロルピリホス、DDVP、MEP、マラソン・MEP、合成ピレスロイド系のシベルメトリン、トラロメトリン、ピフェントリンの死虫率が高いことから、これらは若齢幼虫に対して殺虫効果が高いと考えられる。なお、これらの区におい

て処理3日後に苦悶虫が見られ、死に至るまで30日かかる場合も見られたが、各区とも苦悶虫による餌の摂食は確認されなかったことから、これらの剤は若齢幼虫に対する防除剤としての即効的な被害抑制効果が期待できる。

なお、孵化幼虫に対する室内試験では、ろ紙に付着した薬剤の効果を検討するものであったが、各区とも、孵化幼虫がろ紙を摂食した明らかな痕跡は見られなかった。フルベンジアミドのような摂食により体内に取り込まれて効果が発揮される剤において死虫率が高かったことから、ろ紙に付着していた薬剤がろ紙上に置いた人工飼料に付着し、これを供試虫が経口摂取した可能性が考えられる。今後は餌の薬剤処理による試験方法(伊藤, 2010)などの検討も必要であろう。

これら孵化～若齢幼虫に対して殺虫効果が認められた剤のうち、ダイアジノン、クロルピリホス、マラソン・MEP、シベルメトリン、トラロメトリン、アセタミプリド、クロチアニジン、フルベンジアミドを用いて圃場での若齢幼虫に対する防除試験を行った。その結果から、有機リン系のダイアジノン、クロルピリホス、マラソン・MEP、ジアミド系のフルベンジアミドの散布は防除効果が高いことが明らかとなったが、合成ピレスロイド系のシベルメトリン、トラロメロリンやネオニコチノイド系のアセタミプリド、クロチアニジンについては防除効果が期待できないと考えられる。

ダイアジノンとマラソン・MEPの防除効果が2009年と2010年の試験で異なるのは、2010年の試験では処理前の木屑や虫糞の除去を行わなかったために殺虫剤の効果が十分発揮できなかった可能性がある。一方、フルベンジアミドが有機リン系2剤に比べ防除効果が高い要因としては、これらより本種に対する殺虫活性が高いためかもしれないが、フルベンジアミドと有機リン剤との殺虫活性の比較については、より詳しい調査が望まれる。

なお、マラソン・MEPについては、200倍での散布であり、葉に付着した場合に葉害が生じる恐れがある。使用に際しては柵面に薬液がかからないようにする必要があるため、主幹部のみの処理など、使用場面が限られるため、実用性には難が

ある。

合成ピレスロイド系2剤は室内試験で若齢幼虫に対して殺虫効果が認められたが、圃場での防除試験では効果が見られなかった。これらは植物体での浸透移行性がないため、殺虫効果が発揮されなかったと考えられるが、クロルピリホスやフルベンジアミドも植物体での浸透移行性がないにもかかわらず、高い殺虫効果が認められたことから、合成ピレスロイド剤の防除効果が低い原因の解明は、今後の課題である。

一方、浸透移行性のあるネオニコチノイド系2剤の防除効果は低かったが、室内試験でも別のネオニコチノイド系3剤の死虫率が低かったことから、若齢幼虫まで発育が進むと殺虫効果が劣ると考えられる。今後は孵化幼虫を対象とした防除効果の検討が望まれる。

野外における本種の産卵部位はナシの枝裂傷部や粗皮間隙などの隙間であり(中西ら, 2009)、孵化幼虫はまもなく枝幹に食入する(中牟田ら, 2007)。その後成長するに伴い太い枝の木質部深くへせん孔する。したがって、防除薬剤はせん孔がまだ浅い孵化幼虫期の7月中旬から8月中旬(中西ら, 2015)および若齢期の9月上旬頃までに枝裂傷部や粗皮間隙などの隙間にも薬液が浸達するように十分量を散布することが重要と考えられる。

2) 中齢幼虫に対する薬剤防除

中齢幼虫に対しては有機リン剤のクロルピリホス、ダイアジノン、DDVPのみが死虫率100%に至ったことから、これらが中齢幼虫に対して殺虫効果が高いと考えられる。しかし、中齢幼虫は太い枝の木質部までせん孔しているため、有機リン剤を樹幹散布しても薬液が穿孔内部まで到達しないことから中老齢幼虫の防除は困難である(未発表)。

2. S. カーポカプサエ剤による防除

ろ紙接種法で10,000頭/ml, 1,000頭/mlの両濃度ともに4日後の死虫率が100%であり、死亡虫から線虫が検出されたことから、S. カーポカプサエ剤はヒメボクトウ幼虫に対する殺虫効果が高くかつ即効的であることが示された。

そこで、圃場において寄生枝に対してS. カーポカプサエ剤10,000頭/ml, 1,000頭/mlを散布した結果、枝幹内の本種幼虫および蛹に対して殺虫効果があることが示されたものの、処理14日後に生存虫が見られた。S. カーポカプサエは自らの行動を最小限に抑え宿主昆虫の接近を待つ、待ち伏せ型の感染行動をとる線虫である(山中, 2001)。一方、ヒメボクトウ幼虫の食害したせん孔は枝の木質部中央部に及び、かつ迷路状で複雑である。これらのことから処理液が幼虫に達しない、あるいは幼虫が線虫に接近する機会がなかったために幼虫が生き残ったと考えられる。特に中老齢幼虫の死虫率が若齢幼虫に比べて低いのは、中老齢幼虫が若齢幼虫に比べて木質部中央付近まで深くせん孔しているためであると考えられる。

そこで、深くせん孔した幼虫に対する防除効果の向上を期待し、注入処理の防除効果を検討した。その結果、散布および注入処理ともに木屑を排除し、排出口を中心に散布することにより効果が高まることが明らかとなったが、注入処理では散布処理に比べ中齢幼虫の死亡虫が多く認められた。このことから、散布処理より注入処理のほうが枝幹内のせん孔のより深いところまで線虫が到達すると考えられる。

本試験では、S.カーポカプサエ剤が若齢幼虫に対して、比較的安定した高い防除効果が認められ、伊藤(2010)、田口(2012)の指摘を支持する結果となった。一方、昆虫病原性線虫は紫外線や乾燥に弱いことから処理は晴天時の夕方や曇天、雨天が適している(山中, 2001)とされ、S.カーポカプサエ剤はモモのコスカシバに対して雨天の散布(荒川・岡崎, 2004)、サツマイモのハスモンヨトウに対して晴天時の日没後の散布(中野・喜田, 1995)で防除効果が確認されている。本試験では処理時は曇天で比較的乾き難い条件であったことから、S.カーポカプサエ剤の効果が十分発揮されたと考えられる。今後は、より安定した効果が得られる処理時期の検討や的確な処理に資するための幼虫の活動実態解明などが課題と考える。

本試験の結果からヒメボクトウの防除対策としては、発育ステージに合わせて効果的な防除対策

を講じることが肝要であると考えられる。すなわち、孵化幼虫期から若齢幼虫期に有機リン系のダイアジノン、クロルピリホスやジアミド系のフルベンジアミドの散布を、そして若齢幼虫期から中齢幼虫期にS.カーポカプサエ剤の散布および注入処理を行うとともに、寄生枝の早期発見と除去処分に努める。さらに成虫期に交信かく乱剤による防除を行うことにより、被害の早期軽減、防止が期待できると考える。なお、有機リン系の剤については、現在、ヒメボクトウは適用害虫ではないので、本種への適用拡大は今後の課題と考える。

摘 要

ナシに寄生するヒメボクトウ幼虫に対してスクリーニングで殺虫効果の認められた薬剤による防除および昆虫病原性線虫剤 S.カーポカプサエ剤による防除効果の検討を行った。幼虫に対する薬剤スクリーニングの結果、有機リン剤は孵化幼虫から中齢幼虫に、フルベンジアミド剤は孵化幼虫に効果が高く、合成ピレスロイド剤は孵化幼虫および若齢幼虫に効果が認められた。このうち有機リン剤、フルベンジアミド剤は若齢幼虫の寄生したナシ枝に散布処理することにより、高い防除効果が認められた。S.カーポカプサエ剤は、ろ紙接種法によりヒメボクトウ幼虫に対して即効性で高い殺虫効果を有することが示された。S.カーポカプサエ剤の希釈液10,000頭/mlと1,000頭/mlをヒメボクトウ幼虫寄生枝へ散布することにより、防除効果が認められ、前者が後者より優れた。また、その防除効果は、若齢幼虫に対しては高く安定しているものの、幼虫の発育ステージが進むにつれて低下する傾向が示された。また、散布処理と注入処理では、注入処理のほうが、木質部まで深くせん孔した中齢幼虫に対して効果が優れた。

謝 辞

有益な情報をいただいた長野県南信農業試験場、南島 誠氏、S.カーポカプサエ剤を提供いただいた株式会社エス・ディー・エス バイオテックならびに試験にご協力いただいた徳島県立農林

水産総合技術支援センター農業大学校, 服部弘明氏, 技術支援部高度専門技術支援担当および鳴門藍住農業支援センターの関係諸氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 秋田県病害虫防除所 (2008) : 日本なしでのヒメボクトウによる被害の発生について. 農作物病害虫発生予察情報, 特殊報第2号 : 1~2.
- 荒川昭弘・岡崎一博 (2004) : 昆虫病原性線虫 *Steinernema carpocapsae* のモモのコスカシバ *Synanthedon hector* に対する防除効果. 北日本病虫研報, 55 : 262~263.
- Chen, X., K. Nakamuta, T. Nakanishi, T. Nakashima, M. Tokoro, F. Mochizuki and T. Fukumoto (2006) : Female sex pheromon of a carpenter moth, *Cossus insularis* (Lepidoptera: Cossidae). J. Chem. Ecol, 32 : 669~679.
- 羽田厚・大友令史 (2014) : ヒメボクトウ幼虫に対するフルベンジアミド水和剤のスピードスプレーヤ散布による防除効果. 北日本病虫研報, 65 : 215 (講要).
- 星博綱・佐々木正剛・瀧田克典 (2012) : リンゴのヒメボクトウに対する昆虫病原性線虫剤の防除効果. 東北農業研究, 65 : 115~116.
- 石橋信義・迫間肇・藤條純夫 (1981) : ハスモンヨトウに対する昆虫寄生性線虫 *Neoplectana carpocapsae* (DD-136) の施用効果, 九州病虫研報, 27 : 124~126.
- 伊藤慎一 (2010) : リンゴのヒメボクトウに対する昆虫寄生性線虫スタイナーネマ・カーポカプサエ剤の防除効果. 北日本病虫研報, 61 : 215~219.
- 株式会社エス・ディー・エス バイオテック (2015) : バイオセーフの効果と安全性. http://www.sdsbio.co.jp/products/bioi/21503_3.html.
- 加川敬祐・横山朋也・鹿島哲郎 (2014) : ナシせん孔性害虫ヒメボクトウの防除方法の検討. 茨城県病虫研報, 53 : 22~26.
- 川村 満 (1976) : ゴマダラカミキリの薬剤による防除. 四国植防, 11 : 15~21.
- 中牟田潔・Xiong Chen・北島博・中西友章・吉松慎一 (2007) : 日本産ボクトウガ科 *Cossus* 属3種の生態. 森林防疫, 56 : 5~9.
- 中西友章 (2005) : 日本ナシで初めて確認されたヒメボクトウの発生. 応動昆, 49 (1) : 23~26.
- 中西友章・兼田武典・服部弘明 (2009) : ナシ園におけるヒメボクトウの寄生状況に関する調査. 徳島果研報, 5 : 7~15.
- 中西友章・兼田武典・徳永忠士 (2015) : ヒメボクトウ (チョウ目: ボクトウガ科) の徳島県における孵化時期の推定, 応動昆59(4) : 163~170.
- Nakanishi, T., K. Nakamuta, F. Mochizuki and T. Fukumoto (2013) : Mating disruption of the carpenter moth, *Cossus insularis* (Staudinger) (Lepidoptera: Cossidae) with synthetic sex pheromone in Japanese pear orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16 : 251~255.
- 中野昭雄・喜田直康 (1995) : サツマイモ畑に発生するハスモンヨトウに対する昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* (str. All) の利用の可能性. 四国植防, 30 : 123~130.
- 佐賀県 (2014) : ナシにおけるヒメボクトウの発生について. 平成26年度病害虫発生予察特殊報, 第4号 : 1~2.
- 小山光男 (1974) : ハスモンヨトウの交尾行動に及ぼす処女雌トラップの影響. 応動昆18 : 9~13.
- 田口茂春 (2012) : ニホンナシのヒメボクトウに対する昆虫寄生性線虫 (スタイナーネマ・カーポカプサエ) 剤の改良樹幹注入処理法の防除効果. 北日本病虫研報, 63 : 218~222.
- 山中聡 (2001) : 昆虫病原性線虫スタイナーネマの基礎から応用. 関東病虫研報, 48 : 1~5.
- 山下賢一・清水克彦・森井正弘・真野隆司 (1999) : イチジクを加害するクワカミキリの被害解析並びにペルメトリン・エアゾール剤の防除効果と作物残留. 兵庫農技研報 (農業), 47 : 63~67.