

植物防疫基礎講座

農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル(14)

野菜・花き害虫：ハスモンヨトウ・シロイチモジヨトウ

高知県農業技術センター ひろ 瀬 たく や

I 抵抗性の概況

ハスモンヨトウ：

本種の被害がわが国で問題となりだしたのは1955年ごろからで、その後急速に発生が増加した(内藤ら, 1971)。このため、1960年代に本種に対する有効薬剤の探索が行われ、若齢幼虫に対しDDVP, EPN, PAPなどの効果が高いこと(堀切, 1964; 山口, 1968; 杉野ら, 1968)、メソミルは老齢幼虫にも優れた効果を示すこと(山口, 1968; 清家ら, 1969)などが明らかにされた。

1970年代に入ると、香川県、高知県で採集された個体群がDDVP, PAP, NACなど数種の有機リン剤、カーバメート剤に抵抗性を獲得していることが報告された(葛西・尾崎, 1975)。当時はメソミル, EPNなど有効な薬剤があったこと、また1980年代初めから上市され始めた合成ピレスロイド剤が本種の防除に有効であったことなどから、本種の抵抗性が問題とされることは少なかった。

しかし、1988年ごろから本種の防除に特効薬的に使用されてきたメソミルに対する感受性低下が各地で報告され(西東・小林, 1989; 高井, 1991; 宮園ら, 1991; 市川ら, 1991; 渡邊ら, 1994; 中野・喜田, 1994)、さらに、1989年以降シペルメトリンなども含めた各種ピレスロイド剤に対する感受性低下も顕在化した(高井, 1991b; 宮園ら, 1991; 田中, 1994; 渡邊ら, 1994; 中野・喜田, 1994; 広瀬, 1995; 菊池, 1996)。また、有機リン剤の中では比較的效果の高かったEPNに対しても感受性の低下した個体群が確認されている(高井, 1991b; 中野・喜田, 1994; 広瀬, 1994)。本種の場合、同一地域内においても薬剤感受性の異なる個体群が混在している場合が多く(西東ら, 1991; 広瀬, 1994; 中

野・喜田, 1994)、防除薬剤の選択に苦慮することが多い。現在上市されている薬剤で本種に対し安定した効果が期待できるのは、テフルベンズロンなどのIGR剤およびクロルフェナピルのみである。今後、これらの薬剤に対する感受性の動向に注意が必要である。

シロイチモジヨトウ：

本種は世界的に著名な害虫の一つで、わが国においてもテンサイなどの害虫として以前から知られていた(堀切, 1986)。しかし、1980年以前の発生はきわめて局地的かつ散発的であり、被害が問題となることはほとんどなかった(高井, 1991a)。1970年に徳島県農試で行った防除試験によると、サリチオン, EPNなどの有機リン剤、メソミルは本種に対する防除効果が高く、当時は本種の薬剤感受性は高かったと考えられる。

本種の被害が各地で問題となり始めたのは1983年ごろからである(堀切, 1986; 高井1988a)。この時点では、すでに本種の薬剤感受性は低く、高井(1988b)は、DDVPなど数種の有機リン剤、ペルメトリン、シペルメトリンが1齢幼虫に対して比較的高い効果を示すものの、3齢幼虫に対してはこれらの薬剤も効果がほとんどないことを報告している。本種は長距離移動することが知られており、感受性の低い個体群が海外から飛来した可能性は否定できない。しかし、EPNの使用頻度が高い地域の個体群は、他地域の個体群に比べてEPN感受性が低いことから、国内においても薬剤淘汰による感受性低下が進行している可能性が示唆されている(高井, 1988b)。

なお、香川県では、地域間で本種の薬剤感受性に差が見られるものの、総じて有機リン剤に対する感受性が高いことが報告されており(三浦ら, 1996)、国内にも高感受性の個体群が存在するものと考えられる。

現在、本種の防除薬剤としてはIGR剤が主として用いられている。しかし、現地においてIGR剤の効果が低いとの声があること、オランダではIGR剤に対する感受性低下が報告されていることから(LAECKE et al., 1995)、ハスモンヨトウ同様、感受性の動向に注意が必要である。

Methods for the Measurement of Susceptibility of Agricultural Insect Pests to Insecticides. The Common Cutworm, *Spodoptera litura* (FABRICIUS) and the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (HÜBNER). By Takuya HIROSE

(キーワード：鱗翅目, ハスモンヨトウ, シロイチモジヨトウ, 薬剤感受性, 検定法)

II 薬剤感受性検定法

供試虫の採集：

両種とも休眠性はないが、野外での密度が高くなるのは夏から秋にかけてで、この時期の採集が容易である。発生圃場から卵塊あるいは幼虫を採集するが、幼虫はウイルス病などに感染している場合があるので、卵塊を採集するほうが望ましい。

ハスモンヨトウは大きな卵塊を産下するので、サトイモなどの葉の大きな作物では比較的簡単に見つけることができる。葉裏に産下されている場合が多いが、葉表や茎などにも産み付ける。また、若齢幼虫は集団で食害するので、サツマイモなど卵塊を見つけにくい作物で幼虫を採集する場合は、若齢幼虫に加害され白変した葉が幼虫を探す目印となる。

シロイチモジヨトウの卵塊は小さく目立たないので、多発時でないといつつけにくい。幼虫は卵塊に比べ採集が容易である。特にネギではふ化後まもなく葉身内に食入し表皮を残して食害するため、食害痕が白く見える。これを目印にすれば幼虫を見つけやすい。

供試虫の累代飼育：

ハスモンヨトウの飼育法については川崎 (1991)、シロイチモジヨトウの飼育法については堀切 (1991) に詳しい。筆者らの試験場では小山・釜野 (1976)、香西・若村 (1989) が報告したハスモンヨトウの飼育法および若村 (1988) が報告したシロイチモジヨトウの飼育法に基づき、両種の飼育を行っている。ここではその方法について述べる。

① 人工飼料

ハスモンヨトウの人工飼料については岡本・岡田 (1968) などいくつかの報告がなされている。また、両種とも市販の人工飼料 (インセクタ LF) を用いた飼育も可能なようであるが (西東・小林, 1989; 堀切, 1991 など)、筆者らは川崎ら (1987) が報告したミツモンキンウワバの人工飼料を一部改変したシロイチモジヨトウの人工飼料 (若村, 1988) を用いて、両種の飼育を行っている。

② 採卵

適当な長さに切った角形 (48.5×56.0 cm) の1号沓紙を波状に折り、プラスチック容器 (29.5×22.5×6.0 cm) に立てる。これに羽化当日の雌雄10~15対を入れ、20°Cで7日、25°Cで5日程度産卵させる。雌雄は、ハスモンヨトウの場合、翅の紋様で容易に区別できる。シロイチモジヨトウの場合は、腹部末端の形態の違いで区別する。容器のふたには水を含ませた脱脂綿を付け

る。成虫を採卵容器に移す際、ハスモンヨトウの場合は午前中であればあまり動かないので、麻酔の必要がない。しかし、シロイチモジヨトウの場合は、活動が活発なので炭酸ガスを用いて麻酔する必要がある。この採卵法をとると省力的に供試ペア数を多くできる。

③ 幼虫の飼育

2号沓紙を敷いた直径9 cm、深さ1.5 cmのプラスチックシャーレに、沓紙から切り取った卵塊とともに人工飼料を一切れ入れる。幼虫の逃亡を防ぐため二つ折りにしたキムワイプをはさんでふたをする。人工飼料が乾燥したら新たに追加し、3齢までそのまま飼育する。ふ化率の悪い卵塊由来の幼虫は処分したほうがよい。

3齢に達した幼虫は、次の方法で前述のプラスチック容器に移す。まず、プラスチック容器に約1~2 cmの厚さにおが屑を敷き、その上に約24×14 cmの大きさに切った1号沓紙を1枚入れる。次に、沓紙の上に人工飼料2~3切れとともに幼虫を移し、その上に別の沓紙をかぶせる。蛹化まで人工飼料を適宜追加する。老熟した幼虫はおが屑の中で蛹化する。なお、プラスチック容器内が過湿になるのを防ぐため、ふたにはあらかじめ穴を開け、ポリエチレン製の網を張っておく。

5~6齢時に幼虫が多すぎると、飼育容器の中が過湿状態となり幼虫が死亡する。このため、5~6齢になるまでに幼虫数を調節する。小山・釜野 (1976) によると、前述の容器でのハスモンヨトウの適正密度は100~120頭とされる。また、香西・若村 (1989) は小山・釜野 (1976) の方法を改良した結果、容器当たり250頭の飼育密度でも蛹化率や羽化率の低下が認められなかったと報告している。筆者らの経験では、容器当たり200頭程度までであれば、過湿などによる悪影響はないと考えられる。ただし、飼育密度が高いと朝夕2回の給餌が必要となる。

シロイチモジヨトウの場合、幼虫は5齢を経過して蛹化する。このため、ハスモンヨトウに比べ高密度での飼育が可能である。

なお、飼育室内は除湿器を入れるなどして乾燥状態に保つほうがよい。また、交配試験など雌雄を分ける必要がある場合を除き、蛹は取り出さなくてよい。

④ その他

筆者は上記の飼育法で1対の雌雄からスタートしたハスモンヨトウを30世代以上にわたり累代飼育している。飼育数が少ないと系統維持が難しくなるため、系統維持を行うにはある程度労力がかかっても飼育規模を大きくしたほうがよい。また、飼育容器は次亜塩素酸ナトリウム液 (有効塩素12%) の10倍希釈液に一昼夜以上浸漬

するなどして殺菌する。

検定の種類と特徴：

両種とも3~4 齢幼虫を用いた局所施用法、虫体浸漬法、葉片浸漬法が一般に行われている。局所施用法は最も精度が高いが、マイクロアプリーターが必要で、薬液の調整などにもやや手間がかかる。虫体浸漬法は最も処理が簡便であるが、BT 剤など食毒の強い薬剤の評価ができない。葉片浸漬法は葉片の風乾にやや時間がかかるが、食毒の強い薬剤の検定にも利用できる。

先に述べたように、ハスモンヨトウの場合、同一地域内においても薬剤感受性の異なる個体群が混在していることが多く、幼虫を用いた薬剤感受性のモニタリングには供試卵塊数を多くする必要がある。また、発生初期には、野外密度が低いため、供試虫の採集に労力を要する。このため、性フェロモントラップで捕獲した雄成虫による薬剤感受性のモニタリングが試みられている（広瀬・浜，1996；嶋田・根本，1996）。この方法は処理が簡便で供試虫の採集も容易であるが、前もって薬剤ごとに幼虫と雄成虫の感受性の相関を明らかにしておく必要がある。現在、メソミル、ペルメトリン以外の薬剤については、幼虫と雄成虫との感受性の関係は明らかにされていない。

III 局所施用法

供試虫：

取り扱いの容易な3 齢以降の幼虫を用いる。局所施用法の場合、LD₅₀ 値を体重当たりの薬量に換算して表示することが多いので、脱皮当日か1 日後のできるだけ大きなそろった幼虫を用いる。体重の測定はツマグロココバイ（浜，1996）やニカメイガ（昆野，1996）に準じて行えばよい。

検定手順：

薬液の調整法やシリンジの洗浄法、結果の解析などはツマグロココバイ（浜，1996）、イネドロオイムシ（城所，1997）など他害虫に準じる。具体的な手順について

は様々な方法があると考えられるが、ここでは、筆者らの行っている方法について述べる。

- ① 薬剤の原体をアセトンで希釈し、所定濃度の薬液を調整する。あらかじめ50%前後の死虫率が得られる濃度を調べ、その濃度を中心に4~6 段階の薬液を作る。
- ② 底に汙紙を敷き、人工飼料を一切れ入れたプラスチックシャーレを必要数用意する。
- ③ シリンジに薬液を採り、マイクロアプリーターにセットする。
- ④ 3 齢幼虫をピンセットで汙紙に移し、背面に薬液を処理する。処理量はハスモンヨトウの場合0.5 μl/頭、シロイチモジヨトウの場合0.4 μl/頭とする。対照区としてアセトンのみを処理した区を設ける。いくらか先の尖ったピンセットのほうが幼虫をつかみやすい。
- ⑤ 薬液を処理した幼虫を前述のプラスチックシャーレに入れ、25°Cの恒温器内に静置する。1 容器当たりの幼虫数が多いと苦悶虫や死虫が健全虫に食べられることがあるので、1 容器当たりの虫数は5 頭とする。
- ⑥ 一定時間（通常24 時間）後に生死を調査する。正常な個体以外は死虫として判断するが、判断の基準には個人差が出る可能性があるため、基準を明記する。筆者は正常に歩行できない個体や虫体が萎縮した個体を死虫として扱っている。
- ⑦ 検定日を変えるか、異なる卵塊由来の幼虫を用いるなどの方法で反復を取り、1 濃度当たり30 頭以上を供試する。

この方法により行ったハスモンヨトウ3 齢幼虫の薬剤感受性検定の結果を表-1, 2 に示す。

IV 葉片浸漬法

供試虫：

取り扱いが容易で摂食量のあまり多くない3~4 齢幼

表-1 局所施用法によるハスモンヨトウ3 齢幼虫の合成ピレスロイド剤感受性（広瀬，1995）

供 試 薬 剤	住化(S)			HN 9 P(R)			R/S 比 ^{a)}
	LD ₅₀ (95%信頼区間), μg/g	LD ₉₅ , μg/g	勾配	LD ₅₀ (95%信頼区間), μg/g	LD ₉₅ , μg/g	勾配	
フェンバレート	3.28(2.78-3.84)	6.49	4.379	345(249-483)	2264	2.013	105
エトフェンプロックス	1.85(1.49-2.42)	7.07	2.830	64.5(33.2-157)	315	2.388	35
ペルメトリン	0.678(0.553-0.824)	1.97	3.534	34.3(11.9-56.2)	129	2.863	51
ピフェントリン	0.516(0.420-0.632)	1.61	3.340	13.9(11.1-17.0)	49.1	2.999	27
シペルメトリン	1.15(0.918-1.46)	4.43	2.812	34.2(26.5-42.9)	128	2.862	30

^{a)} 住化個体群(S)のLD₅₀ 値に対するHN 9 P 個体群(R)のLD₅₀ 値の比。

^{b)} HN 9 P 個体群(R)はLC₅₀ 値前後のペルメトリンで3 世代淘汰した個体群。

表-2 局所施用法によるハスモンヨトウ3齢幼虫の薬剤感受性

供試薬剤	LD ₅₀ , µg/g		R/S比 ^{a)}
	住化(S)	N7(R)	
M E P	40.7	144	3.5
サリチオン	4.08	165	40
E P N	4.37	12.0	2.7
メソミル	1.22	1171	960
ベルメトリン	0.67	26.0	39
フェンバレート	3.28	174	53

^{a)} 住化個体群(S)のLD₅₀値に対するN7個体群(R)のLD₅₀値の比。

^{b)} N7個体群はメソミル水和剤500倍液で2世代淘汰した個体群。

虫を用いる。幼虫の日齢が異なると摂食量の違いからデータにふれが出る。このため、脱皮当日か1日後の大きさのそろった幼虫を供試する。

検定手順：

局所施用法と同様に具体的な手順については様々な方法があると考えられる。ここでは、四国地域でハスモンヨトウを対象にキャベツ葉片を用いて行った方法について述べる。なお、検定に用いる植物は通常発生の見られる植物で比較的長持ちするものであれば何を用いてもよいと考えられる。ただし、植物によって薬剤の付着量が異なるので、統一した植物を用いる。

- ① 底に汚紙を敷いた直径6cm、深さ3cmの亚克力容器を必要数用意する。
- ② 市販の薬剤を水道水(展着剤アグラール®5,000倍加用)で希釈し、所定濃度の薬液を調整する。LC₅₀値を求める場合は、あらかじめ50%前後の死

虫率が得られる濃度を調べ、その濃度を中心に4~6段階の薬液を作る。

- ③ 供試植物の葉を6cm四方の大きさに切り、20秒間薬液に浸漬する。
- ④ 浸漬した葉を風乾した後亚克力容器当たり2枚に入れる。
- ⑤ 3齢幼虫10頭をピンセットで亚克力容器に移す。局所施用法の場合と同様、1容器当たりの虫数を多くしすぎないように注意する。
- ⑥ 以後の手順は局所施用法と同様である。

この方法により行ったハスモンヨトウ3齢幼虫の薬剤感受性検定結果を表-3に示す。

V 雄成虫を用いたドライフィルム法 (ハスモンヨトウ)

供試虫：

乾式フェロモントラップで捕獲した雄成虫の中から、胸部背面の鱗毛が多く残り、翅の傷みの少ない個体を選び検定に用いる。雄成虫はフェロモントラップ内の気温が上昇する前にトラップごと回収する。

検定手順：

- ① 薬剤の原体をアセトンで希釈し、所定濃度の薬液を調整する(メソミルの場合4~10µg/シャーレ、ベルメトリンの場合10~20µg/シャーレの範囲を中心に、2~3段階の薬量を設定する)。
- ② マイクロピペットを用いて直径9cmのガラスシャーレの上下両面に薬液を0.5mlずつ処理する。
- ③ 薬液を滴下したら、ガラスシャーレを素早く左右

表-3 食餌浸漬法によるハスモンヨトウ3齢幼虫の薬剤感受性(広瀬, 1995)

供試薬剤 ^{a)}	供試個体群						
	住化(S)	伊野I	伊野II	伊野III	甲原I	甲原II	HN9P
フェンバレート20%乳剤	100	46.7	83.3	96.7	23.3	73.3	0
フルバリネート20%水和剤	90.0	20.0	70.0	86.7	6.7	66.7	0
フルシトリネート5%乳剤	93.3	13.3	30.0	76.7	3.3	50.0	0
エトフェンプロックス20%乳剤	100	86.7	90.0	83.3	30.0	60.0	0
ベルメトリン20%乳剤	100	56.7	66.7	80.0	13.3	70.0	3.3
ピフェントリン2%水和剤	100	80.0	100	96.7	83.3	86.7	3.3
フェンプロパトリン10%乳剤	100	3.3	93.3	76.7	10.0	40.0	0
シペルメトリン6%乳剤	100	86.7	100	93.3	76.7	100	10.0
トラロメトリン1.4%フロアブル	100	40.0	86.7	83.3	26.7	53.3	0
シハロトリン5%乳剤	100	33.3	96.7	93.3	43.3	80.0	0
シフルトリン5%EW	100	96.7	96.7	96.7	93.3	86.7	76.7
E P N 50%乳剤	—	53.3	100	93.3	16.7	—	53.3
メソミル45%水和剤	100	23.3	26.7	6.7	0	30.0	3.3

^{a)} 数値は補正死亡率(%). 希釈倍数はいずれの薬剤とも1,000倍。

^{b)} 住化(S), HN9Pを除く供試個体群はいずれも1992年に採集した。

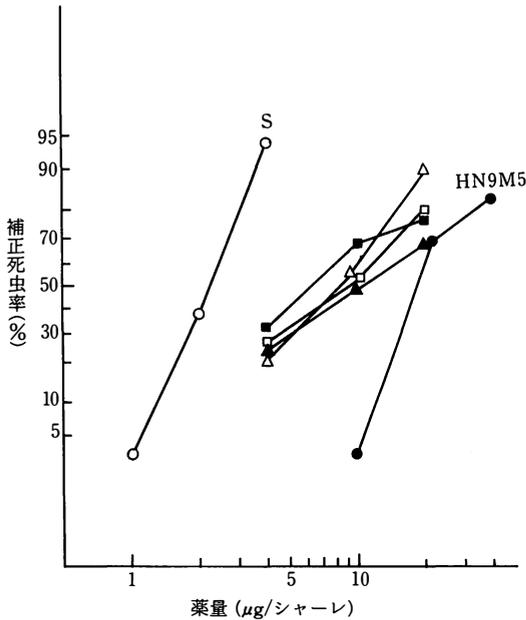


図-1 ドライフィルム法によるハスモンヨトウ雄成虫のメソミル感受性 (広瀬・浜, 1996).
HN9M5(●):メソミル抵抗性系統, S(○):感受性系統, ■:1992年5月中旬採集, □:1992年6月上旬採集, ▲:1992年10月7日採集, △:1993年5月下旬採集.

に振りながら、薬剤が底面全体にまんべんなく付着するようにして乾かす。シャーレの側面には薬液を処理しない。また、対照区として同様の方法でアセトンのみを処理したガラスシャーレを用意する。

- ④ シャーレに雄成虫を3~5頭ずつ入れ、25°Cの恒温器に静置する。
- ⑤ 24時間後に生死を調査する。横転して起き上がれない個体、羽ばたくことのできない個体は死虫に含める。

この方法により行った薬剤感受性検定の結果を図-1

に示す。なお、シロイチモジヨトウでは、薬剤を練り込んだ粘着板をフェロモントラップにセットし、これに捕獲された雄成虫の生死で感受性のモニタリングを行う方法が報告されている (BREWER and TRUMBLE, 1989)。

引用文献

- 1) BREWER, J. M. and J. T. TRUMBLE (1989): J. Econ. Entomol. 82: 1520~1526.
- 2) 浜 弘司 (1996): 植物防疫 50: 385~389.
- 3) 広瀬拓也 (1994): 四国植防 29: 107~112.
- 4) ——— (1995): 応動昆 39: 165~167.
- 5) ———・浜 弘司 (1996): 同上 40: 61~69.
- 6) 堀切正俊 (1964): 植物防疫 18: 269~274.
- 7) ——— (1986): 同上 40: 472~475.
- 8) ——— (1991): 昆虫の飼育法 (湯嶋 健ら編) 日本植物防疫協会, pp. 212~213.
- 9) 市川耕治ら (1991): 関西病虫研報 33: 125~126.
- 10) 葛西辰雄・尾崎幸三郎 (1972): 香川農試研報 26: 25~28.
- 11) 川崎健次郎ら (1987): 応動昆 31: 78~80.
- 12) ——— (1991): 昆虫の飼育法 (湯嶋 健ら編) 日本植物防疫協会, pp. 214~218.
- 13) 城所 隆 (1997): 植物防疫 51: 80~85.
- 14) 昆野安彦 (1996): 同上 50: 523~526.
- 15) 小山光男・釜野静也 (1976): 同上 30: 40~44.
- 16) 香西修治・若村定男 (1989): 四国植防 24: 69~72.
- 17) 菊池克利 (1996): 関東東山病虫研報 43: 223~225.
- 18) LAECKE, K.V. et al. (1995): J. Econ. Entomol. 88: 777~781.
- 19) 三浦 靖ら (1996): 香川農試研報 47: 85~90.
- 20) 宮園 稔ら (1991): 関西病虫研報 33: 123~124.
- 21) 内藤 篤ら (1971): 植物防疫 25: 475~479.
- 22) 中野昭雄・喜田直康 (1994): 四国植防 29: 123~132.
- 23) 岡本大二郎・岡田斉夫 (1968): 中国農試報告 E 2: 111~144.
- 24) 西東 力・小林義明 (1989): 関西病虫研報 31: 73.
- 25) ———ら (1991): 関東東山病虫研報 38: 191~193.
- 26) 清家安長ら (1969): 四国植防 4: 71~78.
- 27) 嶋田友英・根本 久 (1996): 関東東山病虫研報 43: 221~222.
- 28) 杉野多方司ら (1968): 静岡農試研報 13: 51~57.
- 29) 高井幹夫 (1988 a): 高知農林研報 20: 1~6.
- 30) ——— (1988 b): 同上 20: 7~10.
- 31) ——— (1991 a): 植物防疫 45: 239~241.
- 32) ——— (1991 b): 四国植防 26: 67~76.
- 33) 田中 寛 (1994): 今月の農業 37(2): 34~39.
- 34) 山口福男 (1968): 農及園 43: 681~684.
- 35) 若村定男 (1988): 応動昆 32: 329~331.
- 36) 渡邊丈夫ら (1994): 四国植防 29: 113~122.