

2-1 コナガ

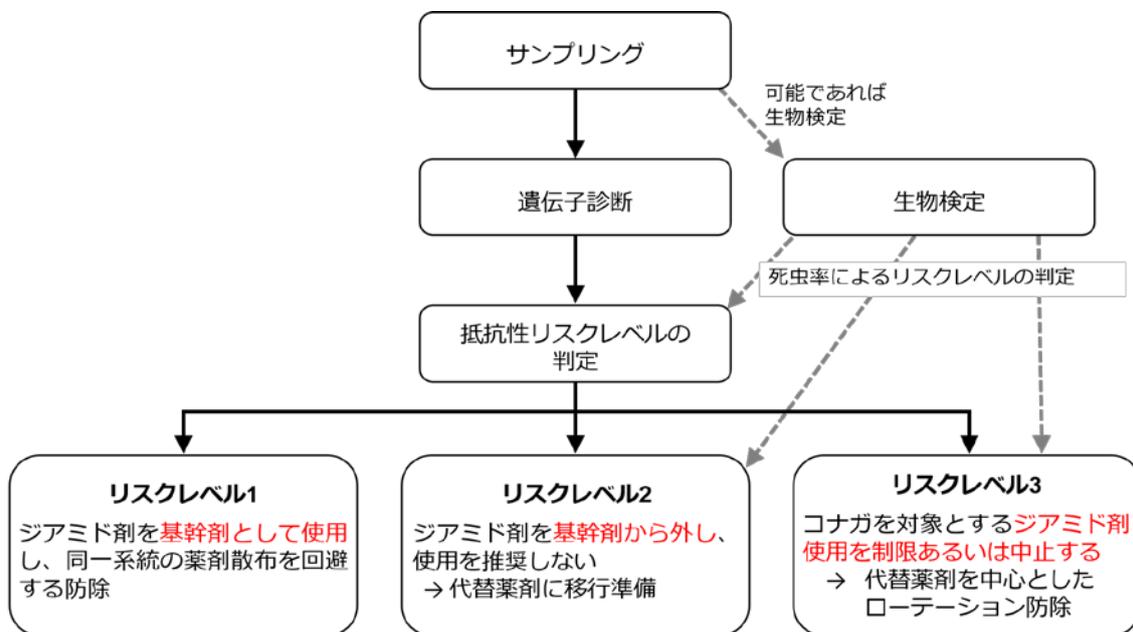
1) コナガの薬剤抵抗性の現状と対策の考え方

アブラナ科作物の最重要チョウ目害虫であるコナガは、インドネシアにおける DDT 抵抗性 (Ankersmit, 1953) を初めとして、ジアミド剤 (28) を含む 95 の化合物に対して抵抗性を発達させており、この数値はナミハダニと並んで最多である。ジアミド剤は 2007 年に上市された、チョウ目を中心とする害虫の筋肉に作用する新しいタイプの殺虫剤であるが、2009 年にタイ国とフィリピンで抵抗性が確認されたのを皮切りに、東南アジアを中心に抵抗性が全世界に蔓延しつつある。わが国においても 2013 年に抵抗性個体群が初めて確認され、全国に分布を拡大させつつある。ジアミド剤に対する抵抗性機構については、作用点変異 (リアノジン受容体のアミノ酸変異: G4946E) が主要因とされている (Troczyka et al., 2012)。しかしながら、国外ではその他のアミノ酸変異が抵抗性に関わっているとの報告もあり (Guo et al., 2014)、今後わが国においても同様の変異を持つ個体群が出現する可能性がある。しかし、先発のジアミド剤 (フルベンジアミドやクロラントラニリプロール) に抵抗性を発達させたコナガに対しても防除効果が高いとされる、いくつかの作用機作の異なる薬剤が存在する。

本ガイドライン案では、近年問題となっているコナガのジアミド剤 (フルベンジアミドやクロラントラニリプロール) 抵抗性への対策として、遺伝子診断や生物検定の結果からジアミド剤抵抗性リスクレベルを判定し、レベルに応じて効果的な薬剤を中心としたコナガ防除体系を構築する手法を解説する。

2) 薬剤抵抗性管理の具体的手順

a) フローチャート



b) サンプルリング

(1) 粘着式トラップ

フェロモンルアー（住友化学、アースバイオケミカル、サンケイ化学）及び粘着式トラップを用いたフェロモントラップ（日本植物防疫協会から購入可能）により雄成虫 16 個体以上を捕獲する。フェロモントラップは各普及所管轄地域等に 1 箇所設置すればよいが、紫外線等による DNA の損傷が比較的少ない 1 週間程度の設置で 16 個体以上の捕獲が難しい場合は、複数箇所に設置して必要個体数を確保する。

(2) 野外サンプルリング

圃場で幼虫（飼育する場合は蛹も含める）を採集する。十分量捕獲できた場合はそのまま生物検定に供試する。個体数が少ない場合は飼育して個体数を増やした上で生物検定に供試する。

c) 薬剤抵抗性検出

c-1) 遺伝子診断法（3-1 参照）

マニュアルに従い、フェロモントラップに捕獲された 16 個体以上の雄成虫を用いて、マルチプレックス PCR によるジアミド剤抵抗性に関わる遺伝子変異（G4946E）のジェノタイピング（遺伝子型判定）を個体ごとに行う。解析した個体群における G4946E の割合から抵抗性リスクレベルの判定を行う。なお一部に、頻度は低い G4946E とは異なる変異による抵抗性も見つかっているため、正確に判断できない場合もあることに留意する。

c-2) 生物検定法（4-1 参照）

マニュアルに従い、ジアミド剤を用いた生物検定を行う。生物検定を行うことにより、遺伝子診断の信頼性がより高まる。また、生物検定はジアミド剤に抵抗性を発達させたコナガ個体群に対する代替剤を選抜する際にも有効である。コナガではひとつの殺虫剤に対する抵抗性についても複数の抵抗性機構が存在し、それらの関与の度合いも国、地域によって大きく異なっている可能性がある。そのため、代替剤の選択は、基本的には各普及所管轄地域に生息する個体群を用いた生物検定の結果を踏まえて行うことが望ましい。

3) 判断基準

遺伝子診断	生物検定	リスク レベル	望ましい対策
抵抗性 遺伝子頻度	補正死虫率		
10%未満	99%以上	1	引き続きジアミド剤を基幹剤として組み入れつつ、同一系統薬剤散布を回避する防除を行う。
40%未満	84%以上	2	ジアミド剤を基幹剤から外し、コナガに対する剤としての使用を推奨しない。
40%以上	84%未満	3	コナガを対象としてのジアミド剤の散布を制限あるいは中止する。生物検定で高い死虫率、摂食停止等が維持されている薬剤を中心としたローテーション防除に切り替える。

野外のコナガ個体群における G4946E の割合は、1) 春から夏にかけて増加し秋に低下すること、2) 晩秋（発生終期）の割合は次年の春先（発生初期）の割合とよく似ていることが示されている。そのため、当該年のリスクレベルの判定は前年のコナガの発生終期、あるいは当該年の発生初期に捕獲された個体を用いて行うのが望ましい。

リスクレベルの判定は、「抵抗性遺伝子頻度」で行う。生物検定による補正死虫率データは、リスクレベル判定の参考とする。

リスクレベル1の判定のためには、40個体（一つのトラップで確保できない場合は8個体×5トラップでも可）のサンプルが必要となる（1-3参照）。十分な虫数を集められずこれ以下の場合は、たとえ抵抗性遺伝子頻度が10%未満でもリスクレベル2の可能性のあることを考慮しておく必要がある。

一方、すでに抵抗性遺伝子の存在が明らかで、リスクレベル2か3の判断をする場合は、16個体の診断で良い。遺伝子診断でリスクレベル2と判定された場合は、可能であれば定植前にもう一度サンプリング・遺伝子診断を行い、リスクレベルを再確認する。

4) 代替防除手段について

a) 代替薬剤の使用

後発ジアミド剤（シアントラニリプロール（28））、BT剤（アイザワイ系、クルスターキ系）（11A）、マクロライド系（6）、スピノシン系（5）は

ジアミド剤抵抗性が発達した地域においても防除効果が高いことが示されている。これらの薬剤を組み合わせ、同世代コナガに対して異なるグループの薬剤が適用される防除体系を構築し、抵抗性発達の遅延を目指す。

b) 混合剤の使用

コナガ以外の害虫防除にジアミド剤を使用せざるを得ない場合は、ジュリボフロアブル（クロラントラニリプロール（28）＋チアメトキサム（4A））、ガードナーフロアブル（イミダクロプリド（4A）＋スピノサド（5））、アベイル粒剤（シアントラニリプロール（28）＋アセタミプリド（4A））などの混合剤を使用すると被害が軽減できるとともに抵抗性発達の遅延効果が期待できる。

5) 地域特性に合わせた抵抗性管理のポイント

コナガのジアミド剤抵抗性は非越冬地と越冬地では抵抗性リスクが異なる（図1）ため、地域ごとの遅延戦略が必要である。その防除体系事例を次に示す。ただし、各普及所管轄地域レベルでは抵抗性リスクの顕著な違いはないと考えられ、必要以上に地域を細分化した戦略は必要ない。なお、非越冬地域の体系は抵抗性遺伝子が冬期死滅により翌年に持ち越されないことが前提のため、越冬可能地域では絶対に用いてはならない。

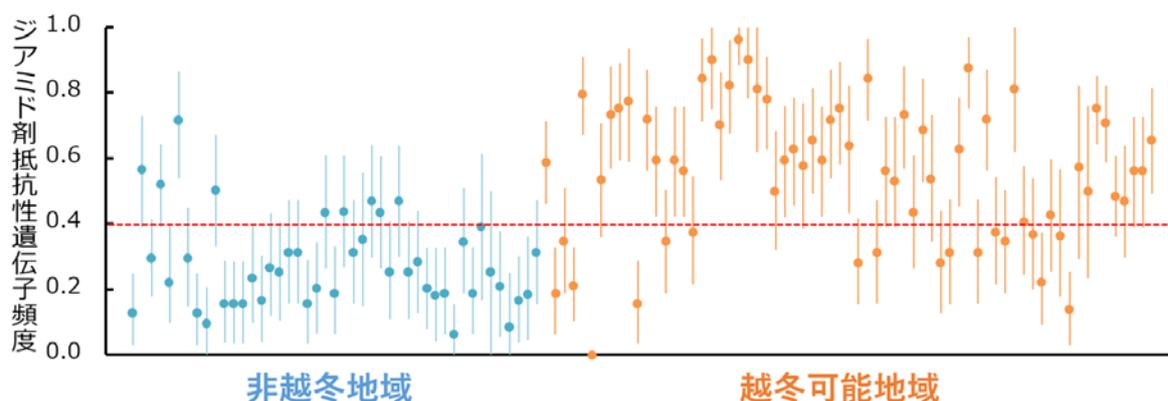


図1 コナガ非越冬地域（青字）と越冬可能地域（橙字）におけるジアミド剤抵抗性遺伝子（G4946E）頻度。越冬可能地域で有意に頻度が高い。

防除体系 例1) 西南暖地におけるキャベツ栽培

- ・西南暖地におけるキャベツの作型は、標高 500 m 以上の高原地域で 4～8 月に定植し 6～11 月に収穫する作型（春～夏まき）と平坦地域で 8～12 月に定植し 10 月～翌年 5 月に収穫する作型（初夏～秋まき）がある。
- ・問題となるチョウ目害虫は、コナガ、ハイマダラノメイガ、大型チョウ目害虫

(ハスモンヨトウ、オオタバコガ等)である。コナガは5~10月、ハイマダラノメイガは8~10月、大型チョウ目害虫は9~11月に発生が多く、防除にあたっては、時期別に問題となるチョウ目害虫に応じた薬剤の選定が重要である。

モデル体系案)

作型	春まき			初夏~秋まき
	4月	5~7月		8月以降
コナガのジアミド剤抵抗性リスクレベル	1~3	1~2	3	1~3
定植前 (灌注処理)	ジノテフラン水溶剤(4A)	チアメトキサム・クロラントラニリブロール水和剤(4A+28)	イミダクロプリド・スピノサド水和剤(4A+5)	チアメトキサム・クロラントラニリブロール水和剤(4A+28)
定植14日後	-	エマメクチン安息香酸塩乳剤(6)	エマメクチン安息香酸塩乳剤(6)	エマメクチン安息香酸塩・ルフェヌロン水和剤(6+15)
定植25日後	スピネトラム水和剤(5)	スピネトラム水和剤(5)	トルフェンピラド水和剤(21A)	スピネトラム水和剤(5)
定植35日後	インドキサカルブ水和剤(22A)	チオシクラム水和剤(14)	チオシクラム水和剤(14)	ピリダリル水和剤(UN)
定植45日後	ピリダリル水和剤(UN)	ピリダリル水和剤(UN)	ピリダリル水和剤(UN)	インドキサカルブ水和剤(22A)
定植55日後	エマメクチン安息香酸塩乳剤(6)	インドキサカルブ水和剤(22A)	インドキサカルブ水和剤(22A)	レピメクチン乳剤(6)
主な防除対象害虫	コナガ、アブラムシ類	コナガ、アブラムシ類、(大型チョウ目害虫(オオタバコガ等))	コナガ、アブラムシ類、(大型チョウ目害虫(オオタバコガ等))	コナガ、ハイマダラノメイガ、大型チョウ目害虫(ハスモンヨトウ等)
防除の留意点	・アブラムシ類の防除にネオニコチノイド系薬剤を灌注処理する。 ・コナガ対象の薬剤は5月から散布する。 ・適宜、アブラムシ類の防除を行う。	・コナガ及びアブラムシ類の防除にネオニコチノイド系とジアミド系の混合剤を灌注処理する。	・コナガ及びアブラムシ類の防除にネオニコチノイド系とスピノシン系の混合剤を灌注処理する。 ・大型チョウ目の発生が認められる場合は、フルベンジアミド水和剤(28)を散布する。	・チョウ目害虫の防除にネオニコチノイド系とジアミド系の混合剤を灌注処理する。 ・大型チョウ目の発生が認められる場合は、フルベンジアミド水和剤(28)を散布する。

防除体系 例2) 高冷地におけるキャベツ栽培

- ・キャベツの生育適温は 15～20℃と比較的低く、25℃以上では生育が抑制される。高冷地とは、標高による冷涼な気候を活かし栽培を行う地域で、地帯別・標高別の産地形成により初夏～秋にかけて連続した出荷を行う。栽培期間中はコナガの寄主となるアブラナ科植物が途切れることなく、防除による薬剤選抜が進みやすい。
- ・長野県におけるキャベツ産地は、標高 900 m 以上の寒地（年間平均気温 9℃以下）、標高 500～900 m の寒冷地（年間平均気温 9～12℃）、標高 500 m 以下の温暖地（年間平均気温 12～15℃）という様に標高と密接に関係している。コナガの発生は、標高 900 m 以下の準高冷地では 4 月ごろから発生が徐々に増え始め 6 月下旬～7 月ごろに最初のピークを迎えるが、900 m 以上の高冷地では発生は 5 月下旬から始まり、8 月下旬から 9 月上旬にピークを迎えるため、地域の発生に合わせた防除が必要である。

防除の基本コンセプト)

	作 型	
	①前半・②中盤	③後半
高冷地 (寒地)	5～6月定植	
準高冷地 (寒冷地)	4～5月定植	
灌注処理剤	早春,コナガ発生前は アブラムシ防除に重点	ジアミド系混合剤防除 スピノサド、シアントラニリプロール 混合剤による防除
定植 14～21日後 ごろ	<低密度の維持> 梅雨時は耐雨性の高いピリダリルを適用 スペクトラムが狭いので、適宜アブラムシ防除 を追加 晴天続けばBT剤も有効 ウワバ類対策注意	
定植 28日後ごろ		
定植 35～45日後 ごろ	<低密度の維持・大型チョウ目対策> ①、② 発生が増える後半に効果の高いマクロライド剤を適用 ③コナガの発生が増加する時期にマクロライド剤を適用 トルフェンピラド、インドキサカルブなどで低密度を維持。薬剤の収穫前日数に注意 発生が多い兆候があれば、効果の高いマクロライド系、スピノシン系薬剤による防除	
定植 55日後 ごろ	若干の発生がある場合はBT剤による防除、マクロライド系、スピノシン系も有効である ので、同系薬剤の多用にならぬよう注意し薬剤選定する	

モデル体系案)

コナガ防除は、効果の高い薬剤選定が基本となる。生産現場における防除の成否は、薬剤自体の殺虫効果のほかに薬剤の残効性・耐雨性、害虫ステージと散布タイミングなどにも大きく影響を受ける。後述の薬剤の残効期間を参考とする。効果の高いマクロライド系、スピノシン系、ネライストキシシン系薬剤は、残効性・耐雨性が比較的強く、多用されがちなので注意する。

近年の薬剤はスペクトラムが狭いものも多く、コナガ防除に偏りすぎると他の害虫の防除を失敗するケースがある。薬剤の特性を見極め、アブラムシ防除、大型チョウ目防除も念頭に防除を組み立てる。フルベンジアミドはコナガへの効果が劣る場合があるが、残効が長く大型チョウ目防除には有効である。

	作 型		
	①前半	②中盤	③後半
高冷地 (寒地)	5月上旬定植	5月下旬～6月定植	7月定植
準高冷地 (寒冷地)	4月定植	5月定植	6月～7月定植
灌漑処理剤	ジノテフラン水溶剤 [4A]	チアメトキサム・クロ ラントラニプロール 水和剤 [4A+28]	イミダクロプリド・スピノサド水和剤 [4A+5] 又は シアントラニプロール・チアメトキサ ム粒剤 [4A+28]
定植21日後	ピリダリル水和剤 [UN] + アブラムシ防除		カルタップ水溶剤 [14]
定植28日後	BT剤 [11A] 又は スピノサド水和剤[5]		エマメクチン安息香酸塩・ルフェヌロン 水和剤 [6+15] + アブラムシ防除
定植35日後	エマメクチン安息香酸塩・ルフェヌロン水和剤 [6+15]		ピリダリル水和剤 [UN] + アブラムシ防除
定植45日後	トルフェンピラド水和剤 [21A]		
定植55日後	BT剤 [11A]		

BT剤、カルタップ水溶剤は、散布後の降雨に注意する。

BT剤は晴天であればどのタイミングでも効果が高い。摂食毒なので3齢以前での使用が基本

防除体系 例3) 非越冬地域のキャベツ栽培

- ・コナガの非越冬地域とは、冬期の寒さでコナガが死に絶える地域である。根雪 60 日以上（日本海側豪雪地域）、または冬期 3 カ月（12～2 月）平均気温 0℃以下（宮城県山間部以北の太平洋側）の地域。
- ・春から初夏にかけて（6 月まで）暖地から飛来するコナガに対してジアミド剤が一定程度有効である。しかし、抵抗性コナガが結球部に残る場合があるので、結球期のジアミド剤連用は避ける。
- ・抵抗性コナガ防除体系では、ウワバ類の問題が顕在化する。外葉部に大きな食害痕が目立つ場合は、葉裏に隠れているウワバ対策に残効性が高いジアミド剤（フルベンジアミド水和剤など）や IGR 剤などを用いる。

モデル体系案 1) 散布ごとに異系統薬剤をローテーションする防除体系

	5月下旬定植	6月下旬定植
灌注処理剤	チアメトキサム・クロラントラニ リプロール水和剤 [4A+28]	イミダクロプリド・スピノサド水 和剤 [4A+5]
定植 14 日後	Bt 剤 [11A]	Bt 剤 [11A]
定植 24 日後	フルベンジアミド水和剤 [28]	トルフェンピラド・メタフルミゾ ン水和剤[21A+22B]
定植 34 日後	スピノサド水和剤 [5]	エマメクチン安息香酸園・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]
定植 44 日後	エマメクチン安息香酸塩・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]	ピリダリル水和剤 [UN]
定植 54 日後	メタフルミゾン水和剤 [22B]	クロルフェナピル水和剤 [13]

モデル体系案 2) 効果の高い系統の薬剤を基幹として 1 ヶ月ごとに系統を変えるブロックローテーション（ウワバ類対策に補完剤としてジアミド系[28]・ベンゾイル尿素系 [15]を組み入れた）

	5月下旬定植	6月下旬定植
灌注処理剤	チアメトキサム・クロラントラニ リプロール水和剤 [4A+28]	イミダクロプリド・スピノサド水 和剤 [4A+5]
定植 14 日後	シアントラニリプロール水和剤 [28]	スピノサド水和剤 [5]
定植 24 日後	シアントラニリプロール水和剤 [28]	スピノサド水和剤 [5]
定植 34 日後	スピノサド水和剤 [5]	エマメクチン安息香酸園・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]

定植 44 日後	エマメクチン安息香酸園・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]	エマメクチン安息香酸園・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]
定植 54 日後	スピノサド水和剤 [5]	エマメクチン安息香酸園・ルフェ ヌロン水和剤 [6+15]

※ ウワバ類対策に補完剤としてジアミド系[28]・ベンゾイル尿素系[15]を組み
入れている。

※ 本防除体系は岩手県農業研究センターによる案を含む。

6) 薬剤抵抗性管理に役立つ生物学的情報と事例集

a) コナガに対する各種系統の殺虫剤の殺虫効果順位

2013～18 年の 22 文献（実用濃度での生物検定データ）にもとづき、順位が
高いものほど殺虫効果が高い。ただし、文献の多くはジアミド剤抵抗性の個体
群を対象にしており、ジアミド剤の効果について過小評価している可能性があ
ることに注意。

作用機作分類名	IRAC コード	オッズ比*	有意差	死虫率	95%信頼区間
スピノシン系	5	1.0	a	0.998	(0.996-0.999)
Bt	11A	3.4	b	0.995	(0.990-0.998)
ピリダリル	UN	21	c	0.858	(0.812-0.893)
アベルメクチン系/ミルベマイシン系	6	26	cd	0.934	(0.912-0.951)
オキサジアジン（イトキカルブ）	22A	31	d	0.806	(0.728-0.863)
ネライストキシン類縁体	14	34	d	0.955	(0.927-0.975)
セミカルバゾン	22B	36	e	0.767	(0.679-0.840)
ピロール（クロルフェナピル）	13	48	f	0.702	(0.632-0.759)
フェニルピラゾール系（フィロロル）	2B	67	g	0.641	(0.559-0.715)
METI 剤（トルフェンピラト）	21A	89	h	0.589	(0.503-0.667)
有機リン系	1B	101	gi	0.671	(0.595-0.740)
ベンゾイル尿素系（IGR）	15	117	gi	0.364	(0.308-0.431)
ジアミド系	28	229	h	0.395	(0.353-0.441)
ネオニコチノイド系	4A	242	hij	0.271	(0.208-0.350)
カーバメート系	1A	643	j	0.184	(0.109-0.288)
ピレスロイド系	3A	1805	k	0.128	(0.093-0.170)

*表の順位が高いものほど（オッズ比が低いものほど）殺虫効果が高い。

b) 交差抵抗性

コナガの交差抵抗性については以下のような報告があるが、いずれも感受性系統や非選抜系統との抵抗性比はそれ程高くない（園田 2015）。

- ・ダイアジノン（2A）とペルメトリン、シペルメトリン、デカメトリン、フェンバレレート（3）
- ・デルタメトリン（3）と Cry1Ac（BT 剤（11A））
- ・フィプロニル（2B）とスピノサド（5）、Cry1Ca（BT 剤（11A））
- ・テブフェノジド（18）とアバメクチン（6）・フフェノジド（18）とヘキサフルロン（15）、ジフルベンズロン（15）
- ・スピノサド（5）とインドキサカルブ（22A）、アセタミプリド（4A）

c) 遺伝様式

各種薬剤に対する抵抗性の遺伝様式については以下のような報告がある（園田（2015）参照）。

- ・有機リン系（1B）：常染色体上の複数遺伝子支配、不完全優性
- ・フィプロニル（2B）抵抗性：常染色体の単一もしくは少数の遺伝子支配、不完全劣性
- ・合成ピレスロイド系（3A）：常染色体上の複数遺伝子支配だが、不完全劣性と不完全優性の報告がある
- ・スピノシン系（5）：常染色体上の単一遺伝子支配であるが、不完全劣性と不完全優性の報告がある
- ・アバメクチン（6）：常染色体上の複数遺伝子支配であるが、不完全劣性と不完全優性の報告がある
- ・BT 剤（11A）：常染色体上の単一あるいは少数の遺伝子支配であるが、不完全劣性と不完全優性の報告がある
- ・ベンゾイル尿素系（15 タイプ 0）：常染色体上の単一遺伝子支配、劣性
- ・ジアシル-ヒドラジン系（18）：常染色体上の複数遺伝子支配、不完全劣性
- ・インドキサカルブ（22A）：常染色体上の単一遺伝子支配、不完全劣性
- ・ジアミド系（28）：常染色体上の（恐らく）単一遺伝子支配、不完全劣性もしくは完全劣性

d) 残効期間

系統/IRAC分類	薬剤名/一般名	効果発現速度	効果持続性	スペクトル(登録のある害虫種)
ジアミド系/28	フェニックス/フルベンジアミド	中	長	チョウ目
	プレバゾン/クロラントニリブロール	中	中	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目
マクロライド系/6	アフーム/エマメクチン安息香酸	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目
	アニキ/レピメクチン	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目
スピノシン系/5	スピノエース/スピノサド	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目
	ディアナ/スピネトラム	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目
セミカルバゾン系/22B	アクセル/メタフルミゾン	遅	中	チョウ目、コウチュウ目
オキサダイアジン系/22A	トルネードエース/インドキザカルブ	遅	中	チョウ目、コウチュウ目
ピラゾールアミド系	ハチハチ/トルフェンピラド	中	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目、カメムシ目
ピロール系/13	コテツ/クワロルフェナビル	中	中	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、ハエ目、カメムシ目
	ゼンターリ/BTアイザワイ	遅	短	チョウ目
BT剤/11A	エスマルク/BTKルスターキ	遅	短	チョウ目
	デルフィン/BT	遅	短	チョウ目
	ノーマルト/テフルベンズロン	遅	長	チョウ目、アザミウマ目
IGR(BPU)剤/15	カスケード/フルフェノクスロン	遅	長	チョウ目、アザミウマ目、ダニ目
	マッチ/ルフェスロン	遅	長	チョウ目、アザミウマ目
	ネオニコチノイド系/4A	モスピラン/アセタミプリド	速	中
ネライストキシシン/14	ハダシ/カルタップ	中	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目
フェニルピラゾール系/2B	プリンス/フィプロニル	速	長	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目
	マブリック/フルバリネート	速	長	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目、他
ピレスロイド系/3A	トレポン/エトフェンプロックス	速	長	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目、他
	アクテリック/ピリミホスメチル	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目、他
有機リン系/1B	オルトラン/アセフェート	速	短	チョウ目、コウチュウ目、アザミウマ目、カメムシ目、他
その他/UN	プレオ/ビダリル	中	長	チョウ目、アザミウマ目

e) コナガの移動分散

成虫の翅長は約 16 mm と短く、飛行速度も 1.9 m/sec であり、自力での飛翔（移動）能力は低いと考えられるが、自然条件によっては長距離移動を行い（園田（2015）参照）、薬剤抵抗性個体を全国的に拡散させている。

f) リスク管理に基づく圃場データ事例

キャベツ圃場で実施した試験事例を紹介する。2015 年～2016 年はジアミド剤の連用により G4946E 頻度が 40% 以上でリスクレベル 3 であったため、ジアミド剤の使用を中止しネオニコチノイド剤を中心とした防除体系に切り替えたところ、2017 年は概ねリスクレベル 2 で推移した（図 2）。



図 2 圃場における抵抗性遺伝子（G4946E）頻度

（執筆代表者：日本典秀 園田昌司）

文献

- Ankersmit, G. W. (1953) DDT-resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lep.) in Java. *Bull. Entomol. Res.* 44(3): 421-425.
- Guo, L., P. Liang, X. Zhou, and X. Gao (2014) Novel mutations and mutation combinations of ryanodine receptor in a chlorantraniliprole resistant population of *Plutella xylostella* (L.). *Sci. Rep.* 4: 6924.
- 園田昌司 (2015) 害虫の殺虫剤抵抗性 アブラナ科作物の害虫コナガの殺虫剤抵抗性 : 海外の事例を中心に. *農業および園芸* 90(4): 446-455.
- Troczka, B., C. T. Zimmer, J. Elias, C. Schorn, C. Bass, T. G. E. Davies, L. M. Field, M. S. Williamson, R. Slater, and R. Nauen (2012) Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the membrane-spanning domain of the ryanodine receptor. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 42(11): 873-880.