

## 2-3 ワタアブラムシ

### 1) ワタアブラムシの薬剤抵抗性の現状と対策の考え方

ワタアブラムシは世界各地に広範に分布し、日本では野菜、畑作物、花卉、庭木、果樹など多くの植物の重要害虫となっている。一般に成虫・幼虫が葉、莖等に寄生し、葉巻き、葉の萎縮及び発育阻害等を引き起こす。高密度発生時には排泄物（甘露）にすす病が発生し、大きな被害が出る。また、キュウリモザイク病をはじめとする多数のウイルス病の媒介者として重要である。

ワタアブラムシの殺虫剤抵抗性は、我が国では1980年以降に問題となり始めた。最初は有機リン剤（1B）およびカーバメート剤（1A）に対する抵抗性が顕在化し始め（浜, 1987）、その後急速に全国に広がった。ピレスロイド剤

（3A）に関しては、1989年に初めて感受性低下が確認され（西東, 1990）、全国に分布が拡大した。その後、イミダクロプリドから始まる一連のネオニコチノイド剤（4A）の登場により、ワタアブラムシの防除も比較的容易なものとなっていた。しかし、使用開始後20年以上を経過した2012年、宮崎県および大分県で栽培されているピーマンやキュウリにおいて、ネオニコチノイド剤の効力が著しく低下したワタアブラムシの発生が確認された（Matsuura and Nakamura, 2014; 岡崎, 2013）。ネオニコチノイド剤抵抗性のワタアブラムシはさらに、和歌山県（岡本ら, 2014）や愛媛県（窪田・武智, 2014）でも発生が確認され、今後も各地で問題となることが懸念されている。一方海外でも、中国（Shi et al., 2012）および韓国（Koo et al., 2014）においてほぼ時期を同じくしてネオニコチノイド剤抵抗性が顕在化しており、世界的な分布拡大も懸念されている。

ワタアブラムシにおけるネオニコチノイド剤抵抗性は、作用点であるニコチン性アセチルコリン受容体 $\beta 1$ サブユニットのタンパク質を構成する81番目のアミノ酸が、アルギニン（R）からスレオニン（T）に変化した作用点変異

（R81T）が主要因であることが明らかとなった（Hirata et al., 2015）。これは、2011年にフランスのモモアカアブラムシで明らかにされたメカニズム（Bass et al., 2011）と同一であった。作用点変異によるネオニコチノイド剤抵抗性が報告されているのは現在までのところ、これら2種アブラムシのみである。

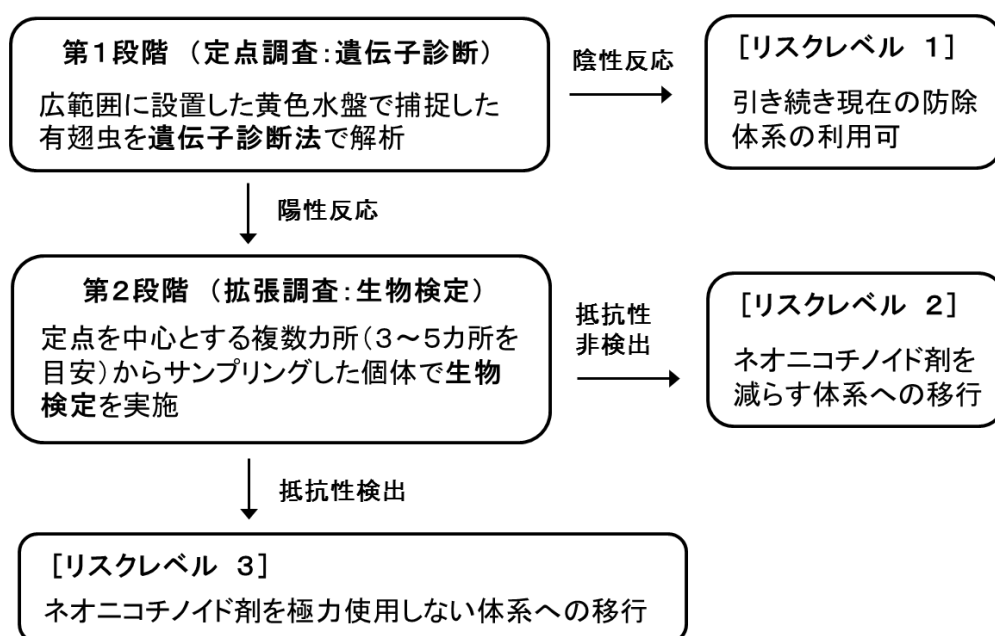
単為生殖により増殖するワタアブラムシでは、作付期間中の交雑による感受性回復が期待できないことから、特に施設栽培においては「入れない、増やさない、出さない」が大原則となる。したがって、これを踏まえた防除システムの構築が必要であり、そのためには高感度なモニタリングの実施が重要となる。また、抵抗性が検出された場合、ガイドライン案に従いネオニコチノイド

剤の使用を制限し、他の防除手段（系統の異なる薬剤、生物的防除法および物理的防除法）を使用する必要がある。

本ガイドライン案では、ワタアブラムシのネオニコチノイド剤抵抗性を対象として、新たに開発された遺伝子診断法（Toda et al., 2017）を改変したもの、および生物検定法（松浦, 2016）を用いた抵抗性リスクレベルの判定のしかた、さらにレベルに応じた防除体系の構築と抵抗性管理法について解説する。

## 2) 薬剤抵抗性管理の具体的手順

### a) フローチャート



### b) サンプリング

調査単位は、2段階での調査を基本とする。第1段階は調査単位（普及所、JA、生産組合等）ごとに1カ所（以上）の定点調査ポイントを設定して、黄色水盤（b-1）によりワタアブラムシをサンプリングし、遺伝子診断（集団単位）する。第2段階の調査（陽性反応が得られた場合）は第1段階の定点ポイントを中心とする複数カ所の圃場から、圃場採集（b-2）によりサンプリングし、生物検定法により診断を実施する。

#### b-1) 黄色水盤

具体的調査法は3-3参照。

調査時期は、ワタアブラムシの発生ピークである春（3～6月）または秋（9～10月）とする。トラップ交換頻度は、DNAの劣化を考慮し、原則3日に一度とする。採集個体数は、1地点あたり累計20個体以上を目

安とする。ただし、ワタアブラムシの選別に不安がある場合は 50 頭以上、アブラムシの選別に不安がある場合は 100 頭以上を目安とする。

サンプルの保存方法は、調査地点ごとにエタノール（99.5%）の入ったサンプルチューブに収容し、遺伝子診断を実施するまでの間、冷蔵もしくは冷凍保存する。

#### b-2) 圃場採集

第 2 段階の調査における生物検定に供試する。第 1 段階の定点ポイントを中心とする地域内の複数カ所（3～5 カ所を目安）でサンプリングを行う。アブラムシは寄主植物とともに採集し、ティッシュペーパーなどに包み、ビニール袋等に入れて持ち帰る。

#### c) 薬剤抵抗性検出

##### c-1) 遺伝子診断法（4-3 参照）

マニュアルに従い、マルチプレックス PCR 法によりネオニコチノイド剤抵抗性に関与する遺伝子変異を識別する。トラップで捕捉された有翅虫を 20～50 頭単位の集団で診断し、抵抗性個体の存在の有無を判定する。

遺伝子診断法によって得られた抵抗性個体の有無に基づいて調査地点の抵抗性リスクレベルを判定する。シミュレーションの結果、単為生殖するアブラムシは、1 個体でも抵抗性が現れれば、その薬剤を使用する限り抵抗性頻度は上昇するため、抵抗性個体がいる／いないで判断する。

##### c-2) 生物検定法（5-3 参照）

マニュアルに従い、キュウリ葉片浸漬法（松浦, 2016）により実施する。遅効性薬剤については補正密度指数を用いて判定する。

##### c-3) 圃場検定法

圃場における防除試験を新農薬実用化試験・殺虫剤圃場試験法（日本植物防疫協会, 2016）に従って実施する。本試験を実施することにより、遺伝子診断及び生物検定の結果と照らし合わせた総合的な判断が可能になる。

### 3) 判断基準

#### 1. 第1段階（遺伝子診断）（定点調査による抵抗性リスクレベルの判定）

遺伝子診断結果	リスクレベル	望ましい対策
抵抗性非検出	1	ネオニコチノイド剤の使用を継続してもよい。ただし、本剤抵抗性の発達を抑制するためにも、抵抗性管理法を積極的に採用する
抵抗性検出		第2段階へ

#### 2. 第2段階（生物検定）（定点周辺調査による抵抗性リスクレベルの判定）

補正死虫率 %	リスクレベル	望ましい対策
95%以上	2	ネオニコチノイド剤の使用回数を減らし、代替薬剤に置き換える。抵抗性管理法を積極的に採用する。
95%未満	3	抵抗性管理法を採用する。ネオニコチノイド剤の使用を極力控える。

### 4) 代替防除手段について

「薬剤を使用する限り薬剤抵抗性の発達を防ぐことはできない」ことを念頭に置き、リスクレベルの高低にかかわらず、下記の代替防除手段（＝抵抗性管理法）の積極的な採用を推奨する。

#### a) 化学的防除法

ネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシに関しては、ネオニコチノイド剤以外の薬剤は代替薬剤として概ね高い効果があり、フロニカミド（29）、トルフェンピラド（21）などの薬剤は極めて有効である（表1）。有機リン剤（2A）、ピレスロイド剤（3A）など、かつてワタアブラムシが高度に抵抗性を発達させた基幹薬剤も有効であるが、生物的防除法を積極的に取り入れた防除体系では、これら非選択性薬剤は天敵に悪影響を及ぼすため使用を控える必要がある。定植時の粒剤処理等、代替薬剤への置き換えが難しい場合、ネオニコチノイド剤粒剤と定植後の代替薬剤の散布を併用する。

表1 ネオニコチノイド剤抵抗性系統の各種薬剤に対する感受性

供試薬剤	希釈倍率	補正死虫率 (%)	
		宮崎系統 <sup>a)</sup>	和歌山系統 <sup>b)</sup>
カーバメート (1 A)			
メソミル45DF	1,000	100	100
アラニカルブ水和剤	1,000	100	—
有機リン (1 B)			
アセフェート水和剤	1,000	100	100
ダイアジノン乳剤	1,000	100	—
合成ピレスロイド剤 (3 A)			
アクリナトリン水和剤	1,000	100	—
フェンプロパトリン乳剤	1,000	100	—
エトフェンプロックス乳剤	1,000	—	100
ネオニコチノイド (4 A)			
イミダクロプリド水和剤	1,000		24.4
	2,000	27.0	
ニテンピラム水溶剤	2,000	23.0	46.2
ジノテフラン顆粒水和剤	2,000	26.0	0
クロチアニジン水溶剤	2,000	7.0	40.3
チアメトキサム顆粒水溶剤	2,000	22.0	0
アセタミプリド顆粒水溶剤	2,000	97.0	91.4
チアクロプリド顆粒水和剤	2,000	90.0	—
ピリジン アゾメチン誘導体 (9 B)			
ピメトロジン顆粒水和剤	5,000	100	86.6
ピリフルキナゾン顆粒水和剤	4,000	100	96.6
METI剤 (2 1 A)			
トルフェンピラド乳剤	1,000	100	100
フロニカミド (2 9)			
フロニカミド顆粒水溶剤	2,000	100	96.7

a) 2012年に検定実施

b) 2013年9月、和歌山県広川町のシシトウで採集し、幼苗法により検定実施

## b) 生物的防除法

### b-1) 生物的防除資材の利用

生物的防除資材の中ではテントウムシ類および寄生蜂類の活用が有効と考えられる。大分県の夏秋ピーマン栽培においてはコレマンアブラムシとヒメカメノコテントウをリレー使用することにより高い防除効果が認められた。

### b-2) 土着天敵を生かした栽培体系

栽培が容易なイネ科植物（オオムギ等）を栽培し、そこで土着寄生蜂（ナケルクロアブラバチ等）の餌となるアブラムシ（トウモロコシアブラムシ等）を増殖させることで、ワタアブラムシの基盤防除として土着天敵を活用する（長坂，2016）。

## c) 物理的防除法

### c-1) 防除資材の利用

防虫ネット等により外部からの侵入防止を図る。アブラムシ類に使用する防虫ネットの目合いのめやすは0.8 mm以下（小松，2005）とされ、ワタアブラムシを通過させない目合いは0.34 mm（Bethke and Paine, 1991）とされている。野外においてワタアブラムシ有翅虫の侵入防止に有効な目合いを調べた結果、1 mmで77～100%、0.8 mmで94～100%、0.6 mmで91～100%、0.4 mmで97～100%の個体の侵入を防止した。したがって、防虫ネットの目合いはできるだけ小さい目合いを選択することが望ましい。

また、光反射シートによるアブラムシ類の飛来抑制技術（木村，1982）や施設栽培では近紫外線除去フィルムによる防除技術（野中・永井，1985）などと併用する。

### c-2) 施設密閉高温処理

夏季に栽培するピーマンでは、晴天日にビニルハウスのすべての開口部（側窓、天窓、ドア、吸気口）を閉め、ハウス内の温度を上昇させることにより、ワタアブラムシやアザミウマ類の密度抑制に効果があることが和歌山県で確認されている。地上高150 cmの気温が46～50℃に達したら（または30分経過したら）、すべての開口部を開けて換気し、常温に戻す。天敵類のヒメハナカメムシ類、スワルスキーカブリダニは処理直後に少なくなるが、時間の経過とともに回復する。高温によるピーマンの日焼け等の障害を避け、かつ安定した防除効果を得るためには気温を精度よく観測する必要があり、強制通風筒と応答性がよい温度計は必須である。簡易な強制通風筒は材料費2千円程度で自作できる。外径89mm×長さ250mmの塩ビパイプ（VU75）の一端にACファンモータ

を、空気が筒内から外へ出るように取り付けて通風する。この筒の内部中央に温度計のセンサー部を固定する。温度計はサーミスタ温度計（センサー外付けタイプ）が取り扱い容易で簡便である。ワイヤレス式の温度計はハウス外から気温を確認できて便利であるが、温度表示の更新間隔が長い製品は即時値をモニターできないことに注意する（高温処理中は1分間で0.5℃以上気温が上昇する）（日本農業気象学会関東支部編，1988）。ピーマンへの高温障害を生じないように行う必要があり、詳細については本節執筆代表者に照会いただきたい。

## 5) 地域特性に合わせた抵抗性管理のポイント

ワタアブラムシは寄主範囲が広く、野菜、畑作物、花卉、庭木、果樹、さらには雑草など多岐にわたる。地域により本種の寄主植物相は異なることが予想されるため、6-b に示す寄主植物別リスク一覧を参照し、地域全体で抵抗性管理に取り組むことが望ましい。

## 6) 薬剤抵抗性管理に役立つ生物学的情報と事例集

### a) 生殖様式

ワタアブラムシの生殖様式は、秋に一度有性生殖を行う完全生活環型、通年単為生殖を行う不完全生活環型、さらに両者の中間型など多様である。完全生活環型では、一次寄主の木本植物上に越冬卵が産み付けられ、翌春ふ化した幼虫は新梢で成虫になる。その後、出現した有翅胎生雌虫が各種作物を含む中間寄主植物上に移住し、世代を繰り返した後、秋に再び一次寄主植物へ移る。この時期にのみ出現する雄虫と産卵雌虫は一次寄主植物で交尾し、産卵する。一方、不完全生活環型は、雑草等の中間寄主植物上で胎生雌虫及び幼虫で越冬する。翌春増殖を開始し、出現した有翅胎生雌虫が農作物等の中間寄主植物に飛来し、増殖・加害する。中間型は両方の生活環型の形質を併せ持つ。

ネオニコチノイド剤抵抗性系統は、低温短日条件に反応して両性型が出現したことから、完全生活環の形質を有することが確認されている。一方、野外の雑草において無翅胎生雌虫の越冬が確認されていることから、不完全生活環の形質も併せ持つ中間型であると推定される。

### b) 寄主選好性

寄主範囲は極めて広い広食性であるが、ナス科植物を選好するナス型系統やウリ科植物を選好するウリ型系統といった選好性の異なる系統が存在することも知られている（西東, 1991）。一次寄主植物はムクゲやカンキツなどの一部の木本植物であり、各種野菜類や雑草類は二次寄主植物である。

ピーマンから採集されたネオニコチノイド剤抵抗性系統が選好する（増殖率

が高い) 栽培作物は、カボチャ、キュウリ、ヒョウタン、ヘチマ、ピーマン (パプリカ) などであり、オクラ、シロツメクサ、ウンシュウミカンなどでも増殖する (表 2)。一方、ナス、イチゴなどでは増殖率が低い (表 2)。ただし、イチゴでは葉の状態により増殖率が高くなる可能性がある。また、これまでに越冬が確認されている雑草は、ホトケノザ、オオイヌノフグリ、オランダミミナグサ、オニタビラコ、ハハコグサ、ナズナである。

表 2 ネオニコチノイド剤抵抗性系統の寄主選好性程度の高低

高	中	低
ウリ科 カボチャ、キュウリ、 ヒョウタン、ヘチマ	アオイ科 オクラ	ナス科 ナス、ジャガイモ
ナス科 ピーマン (パプリカ)	キンポウゲ科 トゲミノキツネノボタン	キク科 ゴボウ、ジニア、 ヒメジョオン、 オオバナノセンダングサ
アブラナ科 ナズナ	オオバコ科 オオイヌノフグリ	バラ科 イチゴ
	マメ科 シロツメクサ	マメ科 ダイズ
	シソ科 ホトケノザ	タデ科 イヌタデ
	ムラサキ科 キュウリグサ	ヒルガオ科 サツマイモ、アサガオ
	ミカン科 ウンシュウミカン	フクロソウ科 アメリカフウロ
	キク科 シュンギク、キク、 ヒマワリ、コスモス	キョウチクトウ科 ニチニチソウ
	バラ科 ナシ	
	スミレ科 パンジー	

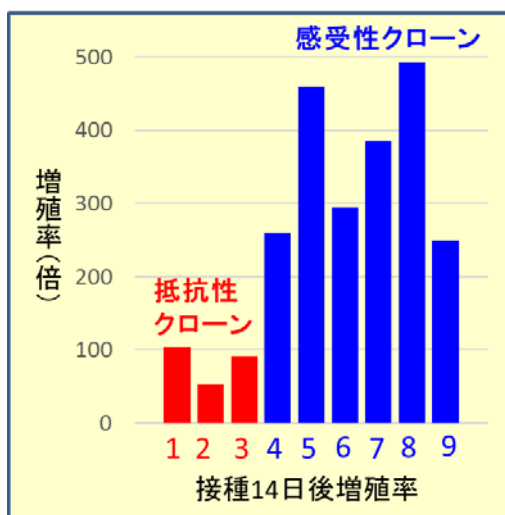
キュウリ苗を用い 20°C16L8D 条件で累代飼育した無翅成虫を、直径 9 cm のビニールポットで栽培した寄主植物に接種し、15 日後の増殖率を調査した。

高：50 倍以上、中：10～50 倍、低：10 倍未満

#### c) 薬剤抵抗性系統の適応度

ネオニコチノイド剤抵抗性系統は感受性系統に比べ、増殖率 (産子数) が低い傾向にあった (図 1)。したがって、抵抗性系統の適応度は低く、ネオニコチノイド剤による防除圧の低い条件下では増殖に不利である可能性がある。ただし、増殖率の違いが抵抗性遺伝子によるものであるのかどうかは不明である。





採集年	供試クローン名	ネオニコチノイド感受性
1	2012 宮崎県きゅうり①	抵抗性
2	2013 宮崎県きゅうり②	抵抗性
3	2013 和歌山県ししとう	抵抗性
4	2008 宮崎県きゅうり①	感受性
5	2013 宮崎県きゅうり②	感受性
6	2013 宮崎県メロン	感受性
7	2014 和歌山県スイカ	感受性
8	2014 和歌山県かぼちゃ	感受性
9	2014 宮崎県きゅうり③	感受性

図1 増殖率のクローン間差異

各クローン産子 24 時間以内の幼虫を 5 日間飼育後に、キュウリ幼苗 1 株に 1 頭接種し、14 日後の虫数から算出

#### d) 遺伝様式

交雑試験の研究結果から、ワタアブラムシにおけるネオニコチノイド剤抵抗性の遺伝様式は次のとおりと推定される。

ネオニコチノイド剤の作用点であるニコチン性アセチルコリン受容体  $\beta 1$  サブユニットにおけるアミノ酸変異 R81T は劣性遺伝する。

R81T 変異をもたない感受性対立遺伝子には、R81T 変異サイトの下流部に数塩基の欠損部位を有するものがある。この欠損は正常な受容体タンパクの合成を妨げると推定される。

その結果、欠損部位を有さない正常な感受性対立遺伝子が R81T 抵抗性対立遺伝子と対になった場合は感受性の表現型を示すが、欠損部位を有する感受性対立遺伝子が R81T 抵抗性対立遺伝子と対になった場合、遺伝子型は抵抗性ヘテロであるものの、表現型は抵抗性となる。

したがって、ネオニコチノイド剤抵抗性の遺伝子診断を行うためには、R81T 抵抗性対立遺伝子および欠損型感受性対立遺伝子それぞれの遺伝子型を明らかにする必要があるが、集団単位での遺伝子診断では個体単位の遺伝子型を知ることができない。そこで、本ガイドラインにおいては R81T 変異の有無の診断のみを行い、抵抗性遺伝子保有個体のスクリーニングを行うこととしている。

#### e) ネオニコチノイド剤間の感受性差異

ネオニコチノイド剤はこれまでに 7 剤が上市されているが、それらは構造の違いによりシアノ基タイプ (2 剤) とニトロ基タイプ (5 剤) に大別される

(図 2)。ネオニコチノイド剤に対するワタバラムシの効力低下は、薬剤間の差異が認められており、イミダクロプリド、ジノテフランなどのニトロ基タイプの剤で効力低下が大きく、アセタミプリド、チアクロプリドのシアノ基タイプでは比較的高い感受性が維持された (表 1; Hirata et al., 2015; Matsuura and Nakamura, 2014)。これは、薬剤に対する受容体の機能を測定できる電気生理学的手法 (2 電極膜電位固定法) を用いた作用点レベルの測定でも同様の結果であった。作用点変異 (R81T) を持つ抵抗性型 nAChR と感受性型 nAChR を比較したところ、シアノ基タイプのアセタミプリドに比べ、ニトロ基タイプのイミダクロプリドの機能が大幅に低下した (Hirata et al., 2015)。

この理由を計算科学的にコンピューターに発現させた作用点 nAChR を用いて薬剤との相互作用の強弱を解析した。その結果、イミダクロプリドのニトロ基は感受性 nAChR ではアルギニンとの相互作用が強いため、トレオニンに変異した抵抗性型 nAChR (R81T) の影響を受け易かった。一方、シアノ基を持つアセタミプリドは、感受性 nAChR でもアルギニンよりもシステインとの相互作用で機能を発揮しているために、作用点変異の影響を受けにくいと推察された。

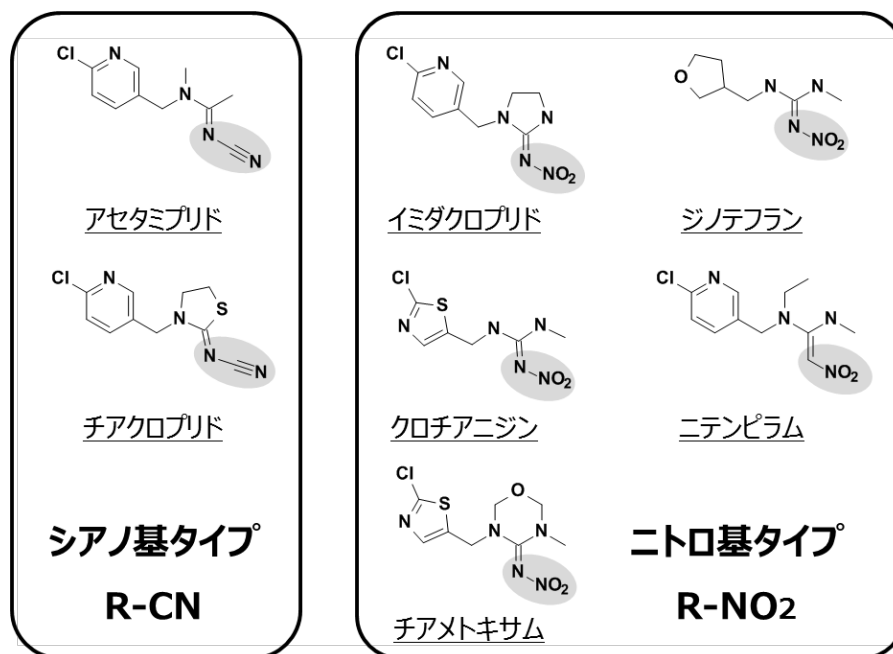


図 2 ネオニコチノイド系殺虫剤の構造

f) 薬剤抵抗性管理を考慮したワタアブラムシの防除体系の事例

防除体系例1) 大分県の夏秋ピーマンにおける防除暦（アブラムシ対象薬剤のみ表示）

ネオニコチノイド剤効力低下前（2011年）		ネオニコチノイド剤効力低下後（2016年）
薬剤名		薬剤名
3月 中旬		ニテンピラム顆粒水和剤（4A）
下旬	ニテンピラム粒剤（4A）	
4月 中旬		スピロテトラマト水和剤（23）
下旬	イミダクロプリド水和剤（4A）	アクリナトリン水和剤（3A）
5月 上旬		
中旬	クロチアニジン水溶剤（4A）	ピメトロジン顆粒水和剤（9B）又はフロニカミドDF(29) マラソン乳剤（1B）
6月 上旬		ピリフルキナゾン顆粒水和剤（9B）
7月 中旬	※アブラムシが発生した場合は	ピメトロジン顆粒水和剤（9B）
8月 中旬	ネオニコ剤を散布して抑える	ピリフルキナゾン顆粒水和剤（9B）
下旬		マラソン乳剤（1B）
9月 上旬	ジノテフラン顆粒水溶剤（4A）	

黄色マーカーはネオニコチノイド剤であることを示す

防除体系例2)

和歌山県の小玉スイカ早熟トンネル栽培（3月上中旬定植、6月収穫）における防除暦（アブラムシ対象薬剤のみ表示）

ネオニコチノイド剤効力低下前（2013年）		ネオニコチノイド剤効力低下後（2017年）
薬剤名		薬剤名
定植時	アセタミプリド粒剤（4A）	アセタミプリド粒剤（4A） またはスピロテトラマトフロアブル（23）
生育期初期	アセタミプリド顆粒水溶剤（4A）	ピリフルキナゾン顆粒水和剤（9B）
交配時以降	アセタミプリド顆粒水溶剤（4A）	（ミツバチ受粉）フロニカミドDF（29） （人工授粉）ピリフルキナゾン顆粒水和剤（9B）

黄色マーカーはネオニコチノイド剤であることを示す

（執筆代表者：土田聡）

文献

Bass C, A. M. Puinean, M. C. Andrews, P. Culter, M. Daniels and J. Elias (2011)  
Mutation of a nicotinic acetylcholine receptor  $\beta$  subunit is associated with  
resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *BMC*

*Neurosci.* 12: 51.

Bethke, J. A. and T. D. Paine (1991) Screen hole size and barriers for exclusion of insect pests of glasshouse crops. *J. Entomol. Sci.* 26:169-177.

浜 弘司 (1987) アブラムシの薬剤抵抗性. 植物防疫 41: 159-164.

Hirata K, R. Kiyota, A. Matsuura, S. Toda, A. Yamamoto, T. Iwasa (2015) A R81T mutation in the nicotinic acetylcholine receptor  $\beta 1$  subunit of *Aphis gossypii* and the differential resistance to acetamiprid and imidacloprid. *J. Pestic. Sci.* 40: 25-31.

木村 裕 (1982) マルチ資材によるアブラムシ類の防除. 植物防疫 36: 469-473.

小松由美 (2005) 耕種的防除法・資材. 防虫ネット (施設栽培). 農業総覧病虫害防除・資材編 10. 防除資材便覧. 農文協, 東京. 993-998

河野 哲 (1992)・田中尚智 (1999) 耕種的防除法・資材. 寒冷紗など (被覆、障壁). 農業総覧病虫害防除・資材編 10. 防除資材便覧. 農文協, 東京. 987-992 の 2.

Koo, H.N., J. J. An, S. K. Park, J. I. Kim and G. H. Kim (2014) Regional susceptibilities to 12 insecticides of melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) and a point mutation associated with imidacloprid resistance. *Crop Prot.* 55: 91-97.

窪田聖一・武智和彦 (2014) ネオニコチノイド系殺虫剤に対して感受性の低下したワタアブラムシの愛媛県における発生. 応動昆大会講要 58: 67.

Matsuura A. and M. Nakamura (2014) Development of neonicotinoid resistance in the cotton aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 49: 535-540.

松浦 明 (2016) ワタアブラムシに対する薬剤感受性検定法の違いが検定結果に及ぼす影響. 九病虫研会報 62: 77-81.

長坂幸吉 (2016) アブラバチ類. 土着天敵. 野菜・畑作物. 保護と強化で高い効果. アブラムシ類の天敵. 天敵活用大辞典. 農文協, 東京. 土着 38-41

日本植物防疫協会 (2017) 新農薬実用化試験・殺虫剤圃場試験法

日本農業気象学会関東支部編 (1988) 農業気象の測器と測定法. 農業技術協会. 東京. 332pp.

野中耕次・永井清文 (1985) 紫外線除去フィルム利用による害虫防除. 農業および園芸 60 (2) :323-326.

岡本 崇・岩橋良典・森下正彦 (2014) 和歌山県におけるネオニコチノイド系薬剤の殺虫効果が低いワタアブラムシの発生. 関西病虫研報 56: 135-137.

岡崎真一郎 (2013) ネオニコチノイド系薬剤に対して感受性低下したワタアブ

- ラムシの初確認. 応動昆大会講要 59: 108.
- 西東 力 (1990) ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover の薬剤抵抗性 III. 合成ピレスロイド剤抵抗性個体群の発生. 応動昆 34: 174–176.
- 西東 力 (1991) ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover の薬剤抵抗性 V. 寄主選好性と有機リン剤抵抗性の関係. 応動昆 35: 145–152.
- Shi, X. G., Y. K. Zhu, X. M. Xia, K. Qiao, H. Y. Wang and K. Y. Wang (2012) The mutation in nicotinic acetylcholine receptor  $\beta 1$  subunit may confer resistance to imidacloprid in *Aphis gossypii* (Glover). *J. Food Agric. Environ.* 10: 1227-1230.
- Toda S., K. Hirata, A. Yamamoto and A. Matsuura (2017) Molecular diagnostics of the R81T mutation on the D-loop region of the  $\beta 1$  subunit of nicotinic acetylcholine receptor gene conferring resistance to neonicotinoids in the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Appl. Entomol. Zool.* 52: 147-151.