

## 2-5 ナミハダニ

### 1) ナミハダニの薬剤抵抗性の現状と対策の考え方

ナミハダニは野菜、花卉、果樹など極めて多くの農作物を加害する重要な農業害虫の一つである。さらに薬剤抵抗性の発達が著しく（例えば、今村・國本, 2016）、世界中で大きな問題となっている。静岡県 of イチゴで平成 26 年度の防除基準に掲載された殺ダニ剤は 11 剤ある（物理防除剤を除く）。しかし、これらの内で、他府県も含めた各地のイチゴ圃場において、現在も比較的安定して高い防除効果を示している薬剤は 3~4 剤程度であり、その他の薬剤については効果が低下している圃場が見られ、バラやキク、落葉果樹においても同様の傾向にある（中村・高倉, 2001; 吉川, 2003; 國本, 2010; 大仲・西野, 2013 など参照）。このため、各薬剤の効果の確認とともに抵抗性発達リスクを勘案した適切な防除法の選択が重要である。

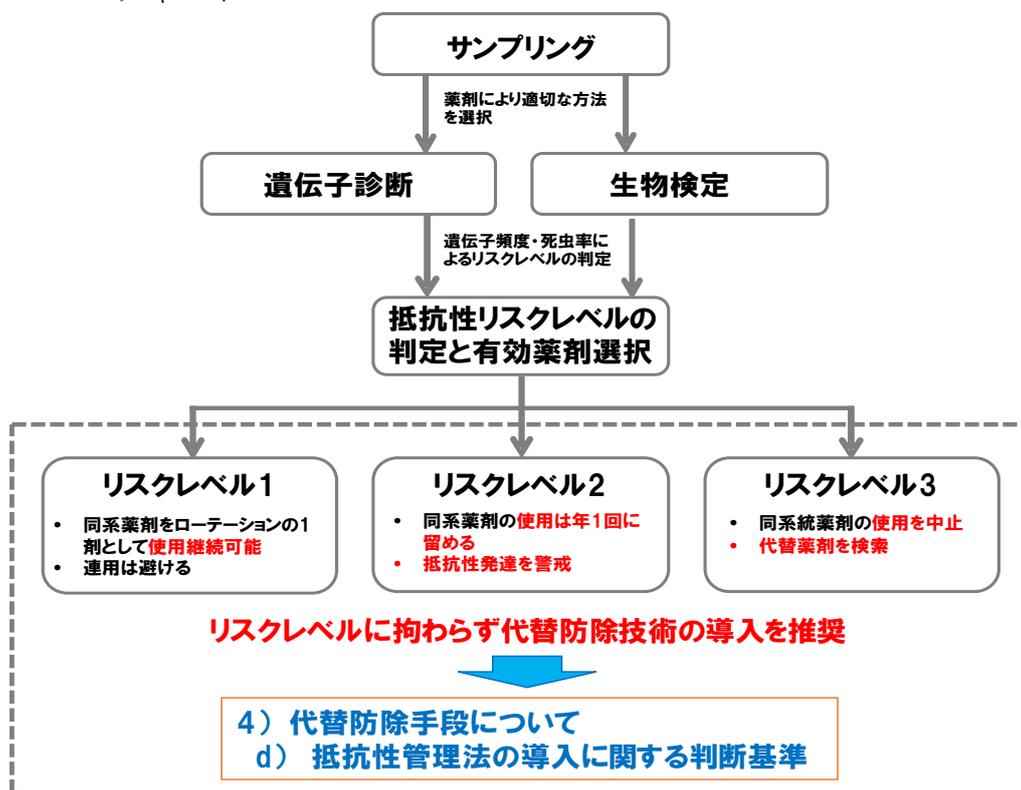
ナミハダニ黄緑型は殺ダニ剤抵抗性が発達しやすいので、殺ダニ剤で防除を行う場合には、感受性検定を実施して抵抗性発達程度のモニタリングを行い、使用薬剤を選択するのが望ましい。これに併せて、抵抗性発達を予防もしくは遅延させるため、可能な限り複数の系統の殺ダニ剤によるローテーション防除を行うとともに、物理的防除、生物的防除等の代替防除技術を活用した抵抗性管理法の積極的な導入に努め、殺ダニ剤使用回数の削減に努める。

また、殺ダニ剤散布を中心とした管理を行う場合には、系統のローテーションが可能な薬剤を多数確保しておく必要がある。効果が高い薬剤であっても、そのみを連用すると、早晚、抵抗性発達を招き、防除体系の崩壊を引き起こす。従って、個別薬剤の効果のみに依拠して薬剤使用の可否を判断するのではなく、系統ローテーションが可能な薬剤数を検討し、効果の高い薬剤数が限られる場合は、むしろその剤を切り札として温存しながら、代替防除技術を中心とした管理体系への積極的な移行を計る必要がある。

本ガイドライン案では、ナミハダニの抵抗性遺伝子診断や生物検定から抵抗性リスクレベルを判定するとともに、レベルに応じた防除体系の構築と抵抗性管理法を解説する。本稿では、遺伝子診断法が開発されたエトキサゾールとその他の薬剤に対する簡易検定法を基にガイドライン案を構成している。

## 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

#### (1) 遺伝子診断用 (4-5 参照)

ハダニの寄生葉を結露防止のための新聞紙を入れたチャック付きビニル袋に入れて持ち帰り、冷蔵庫 (5~10℃) に保管する。ハダニは移動分散性が低く、同一施設内でも場所によって遺伝的に異なった集団がパッチ状に分布するため、1カ所から大量に採集せず、圃場全体の複数の発生箇所から採集するのが望ましい。小型吸虫管ないしは面相筆などをもちいて、保存した葉から直接ハダニの雌成虫を 1.5 mL チューブに集める。雌成虫は 1 本のチューブに 100 頭以内とする。チューブの数はハダニの発生状況やハウスの規模などによって増やすことが勧められるが、基本的に 1 施設当たり 1 本とする。ハダニを集めた後、チューブを氷などで冷却することでハダニの動きを抑制すると DNA 抽出の際にチューブの底にハダニを集めやすく、取り扱いが楽になる。

#### (2) 生物検定用 (5-5 参照)

遺伝子診断用と同様にハダニをサンプリングする。通常は 1 薬剤につき雌成虫約 20 頭×3 反復で実施する。これに無処理区を加えた頭数が必要にな

る。必要な採集個体数は、採集した個体を直接使用するか、実験室で増殖して使用するか、また検定に用いる薬剤数などによって異なる。持ち帰る途中の死亡や検定操作時のロスも考慮して、少なくとも必要頭数の2倍以上を採集しておく。

c) 薬剤抵抗性検出

c-1) 遺伝子診断法 (4-5 参照)

マニュアルに従ってチューブごとに DNA を抽出し、制限酵素とリアルタイム PCR を用いた RED- $\Delta\Delta$ Ct 法 (Osakabe et al. 2017) により、サンプル中に含まれているエトキサゾール抵抗性遺伝子の頻度を診断する。なお、リアルタイム PCR の利用が困難な場合は電気泳動による個体ごとの検出を行うことが可能である。

c-2) 生物検定法 (5-5 参照)

マニュアルに従ってインゲンリーフディスク法により実施する。労力をかけられない場合や散布塔の設備がない場合は簡易検定法により実施する。

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		
優性	劣性			
非検出	非検出	100%	1	当該殺ダニ剤及び同系統の殺ダニ剤の使用を継続しても良い。ただし、できる限り他の系統の薬剤とのローテーションで使用し、連用は避ける。
3%未満	22%未満	95%以上	2	当該殺ダニ剤を使用しても良い。ただし、同系統の薬剤も含めて使用回数は年1回に留める。また、感受性検定を実施して抵抗性発達程度のモニタリングに努める。
3%以上	22%以上	95%未満	3	当該殺ダニ剤及び同系統の殺ダニ剤の使用を中止する。また、感受性検定を実施して代替薬剤を検索するとともに、当該薬剤の抵抗性発達程度をモニタリングする。

ナミハダニの抵抗性遺伝子頻度は雌成虫で検定することを基本とする。雌雄混在の場合は性比により遺伝子頻度と死亡率の関係が変化するので、卵での判定には注意が必要である（本節 6)-c) 参照）。

ハダニは繁殖パッチごとに抵抗性遺伝子頻度が異なり、増殖が速いことからリスクレベル 2 と 3 の境界を抵抗性が優性遺伝の場合と劣性遺伝の場合でそれぞれ 3%（優性遺伝）および 22%（劣性遺伝）とした。また、近接したハウス間であっても抵抗性遺伝子頻度が異なる場合も多いため、ハウスごとに抵抗性の実態を調査することが望まれる。これらの抵抗性遺伝子頻度を推定する場合、制限酵素処理とリアルタイム PCR による頻度推定法（RED- $\Delta\Delta C_t$  法）により 3%（優性遺伝）と 22%（劣性遺伝）の抵抗性遺伝子を検出するために必要な雌成虫数は 130 頭（優性遺伝）および 20 頭（劣性遺伝）である。RED- $\Delta\Delta C_t$  法では 50 個体程度までを 1 つのサンプルとしてまとめて処理できるため、実際に処理するサンプル数は優性遺伝で 3、劣性遺伝では 1 となる。リスクレベル 1 の判定は抵抗性遺伝子頻度が 0% であることが基準である。しかし、必要なサンプル数を理論的に決めることはできない。したがって、前述のサンプル数で検出されなかった場合には「未検出（リスクレベル 1）」と判断するのが実用的である。発生が少なく必要個体数が確保できない場合は確保できたサンプルでの結果をもってハウス内の抵抗性の状況を判定することになるが、実際のリスクレベルよりも低く見積もってしまう可能性があることに留意する必要がある（1-3 参照）。また、発生のごく初期には PCR 産物を制限酵素処理して電気泳動する方法（PCR-RFLP 法）で個体ごとに遺伝子型を検出できる。しかし、抵抗性の発達速度は薬剤によっても異なるため、散布後の観察が重要である。

なお、調べたサンプルで抵抗性遺伝子が非検出の場合においても、抵抗性遺伝子を持つ少数個体の侵入により抵抗性が発達する可能性があるため、引き続き薬剤効果に注視が必要である。

#### 4) 代替防除手段について

地域によっては既に使用可能な薬剤が殆どない例も少なくない。このことは新規に開発される薬剤における抵抗性管理においても重要であり、抵抗性発達の兆しの有無にかかわらず、生物的防除や物理的防除など、他の防除法との組み合わせを検討することを推奨する。

##### a) 土着天敵の保護と天敵製剤の活用

本圃ではカブリダニ製剤を利用した防除が普及しており、公設試等が作成した防除マニュアルが公開されている（例えば、奈良県農業研究開発センター，2018）。また、育苗圃ではハダニアザミウマなどの土着天敵を

活用する方法や、長い育苗期間をカバーするようバンカーシートなどを活用したカブリダニ製剤利用も検討できる。

b) 紫外線による物理的防除法の活用

施設栽培のイチゴをはじめとして、紫外線ランプ（UVB）と反射シートを利用した新たな物理的防除法が開発されつつある（田中 他, 2017）。

c) 気門封鎖剤の活用

化学農薬とは作用機作が異なる気門封鎖剤を活用する。使用に当たっては、ハダニの生息部位である葉裏にしっかりとかかるように散布する。ハダニの移動分散性は高くないため発生初期のスポット散布は有効である。

d) 定植前の苗に対する炭酸ガス（CO<sub>2</sub>）処理（村井, 2018）

e) 抵抗性管理法の導入に関する判断基準

リスクレベル1の殺ダニ剤の系統数	望ましい対策
3 系統以上	当面は殺ダニ剤散布を中心とした化学的防除体系を継続して良いが、同系統の薬剤の連用は避けて、異なる系統の薬剤をローテーションで使用するとともに、感受性検定による抵抗性発達のモニタリングに努める。また、使用可能な薬剤数を確保しておくため、抵抗性管理法の導入を検討する。
2 系統	殺ダニ剤のみによる防除は困難なので、気門封鎖剤を積極的に使用するとともに、使用可能な薬剤がこれ以上減少しないようにするため、生物的防除、物理的防除等の代替防除技術の試験導入を行うなど、抵抗性管理法への早期の移行を図る。
1 系統以下	生物的防除、物理的防除等の抵抗性管理法を本格導入する。使用可能な薬剤が残っている場合は、抵抗性管理に失敗した場合の切り札剤として温存する。

5) 地域特性に合わせた抵抗性管理のポイント

促成栽培イチゴは地域ごとに品種や育苗方法が異なっている。品種特性（立性など）や育苗方法（雨除けハウスで管理するか、露地かなど）により、ハダニ防除のための殺ダニ剤散布回数は異なってくる。栽培品種の特性として、葉柄が短く、匍匐（ほふく）気味で葉の湾曲が大きいなどハダニ寄生部位である葉裏への薬液付着が難しい場合は殺ダニ剤散布回数が増加しやすい。また、炭疽病に弱いため雨除け育苗が必須の場合もハダニが増加しやすいといえる。個々の殺ダニ剤ごとの抵抗性管理手法が確立していない段階

では、全ての殺ダニ剤に共通して散布回数を減らすことで抵抗性の発達を遅延させるようにしたい。

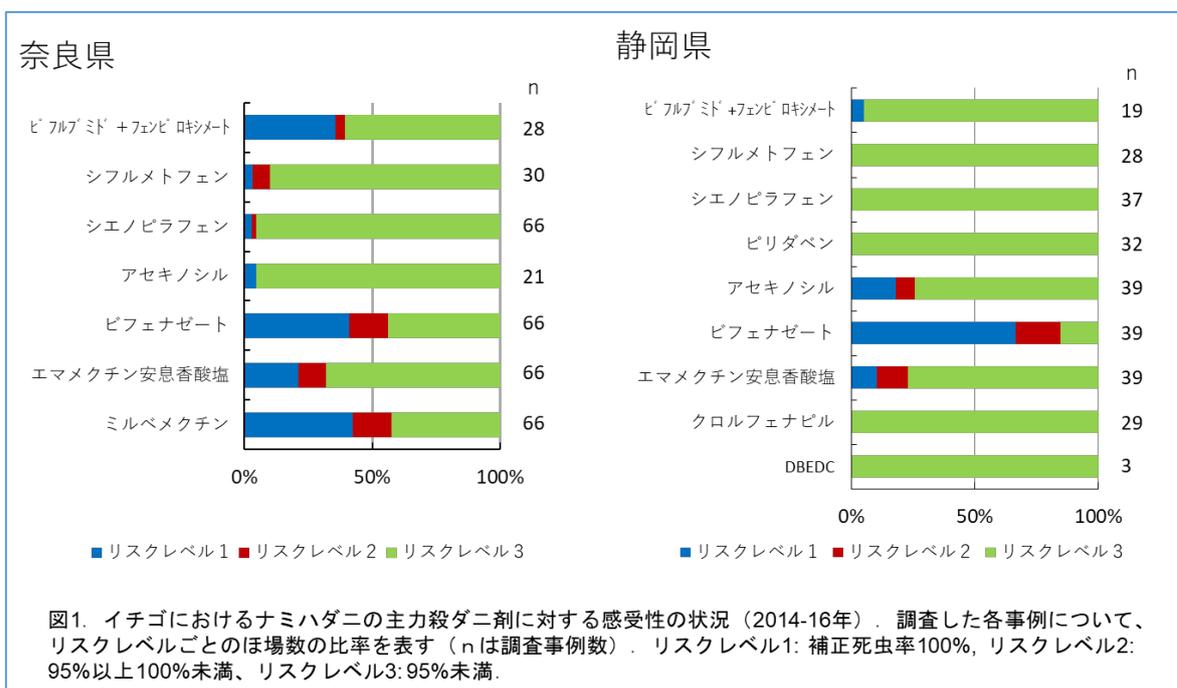
栄養繁殖であるイチゴに寄生するナミハダニは基本的には栽培時にイチゴに寄生して移動する。薬剤による淘汰は栽培者自身によるものである。しかし、例外が幾つかあり、最も重要なのが、育苗期間中の殺ダニ剤散布の影響である。多くの県では増殖事業者等が、生産者団体等に無病苗を配布する取り組みが行われている。育苗がイチゴ生産者とは異なる管理者により行われており、「次に渡すときにはハダニを0にしよう」という意識が働きやすく、ハダニの有無に関わらず殺ダニ剤がスケジュール的に散布されることもある。地域ごとに親株の増殖管理の仕組みは異なると思われるので、一概には言えないが、できるだけ殺ダニ剤散布をしないハダニ管理法に取り組む必要がある。

既に本圃ではカブリダニ製剤による生物的防除が確立しているので、今後育苗での殺ダニ剤使用回数の削減が大きなポイントと言える。将来的には、生物的防除法と共に、現在開発が進められている紫外線を用いた物理的防除法等を組み込んだ総合的害虫管理（IPM）体系が検討可能である。

## 6) 薬剤抵抗性管理に役立つ生物学的情報と事例集

### a) イチゴ圃場における薬剤感受性低下の現状

ナミハダニの薬剤感受性低下の状況は地域や圃場によって異なり、感受性が低下した薬剤の種類とその程度は一様ではない。しかし、感受性の高い薬剤の種類数が十分に確保されている圃場であっても、物流が発達している現



在では、苗などとともに抵抗性遺伝子を持った個体が侵入するリスクが常にある。そこで、現在イチゴで使用されている主力剤に対する感受性低下状況について、静岡県と奈良県で実施した（図1）。その結果、全ての殺ダニ剤でリスクレベル3の事例が大半を占めている。つまり、使用を中止すべきリスクレベル（「3 判断基準」の表を参照）まで感受性が低下しているほ場がほとんどであった。

次に、調査した事例において、リスクレベル1を示した薬剤系統数が圃場ごとに幾つあったかを図2に示す。それによると、殆どの圃場においてリスクレベル1は1系統以下であり、ここでも感受性低下が深刻な状況にあるほ場が大半である実態が読み取れる。なお、「4-c)抵抗性管理法の導入に関する基準」の表に従うなら、系統数1以下のほ場は、残された使用可能な薬剤を抵抗性管理に失敗した場合の切り札剤として温存し、生物的防除、物理的防除等の抵抗性管理法を本格導入する必要があるほ場である。

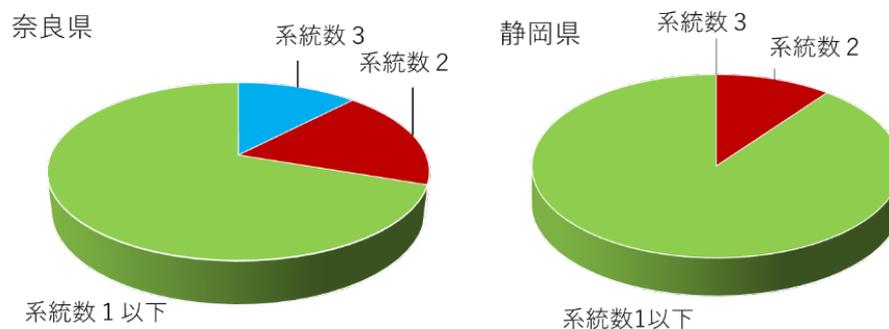


図2. リスクレベル1を示す薬剤系統数ごとのほ場の比率 (2014-16年)

b) 文献に見られるナミハダニの薬剤抵抗性に関する殺ダニ剤間の交差関係

文献中で交差抵抗性が疑われた薬剤間の関係を図3に示す。矢印は、元の薬剤に抵抗性が発達すると矢じり側の薬剤に対する感受性が低下することを意味している。図では、単に薬剤感受性検定結果において共に感受性が見られたというだけのものを破線で示している。特にそれらの薬剤間の交差関係については再検討が必要であるが、警鐘の意味も含め、ここでは敢えてそのような不完全な情報についても含めて表した。全く作用機作が異なる薬剤間でも交差が疑われるデータが得られている点に注意が必要である。

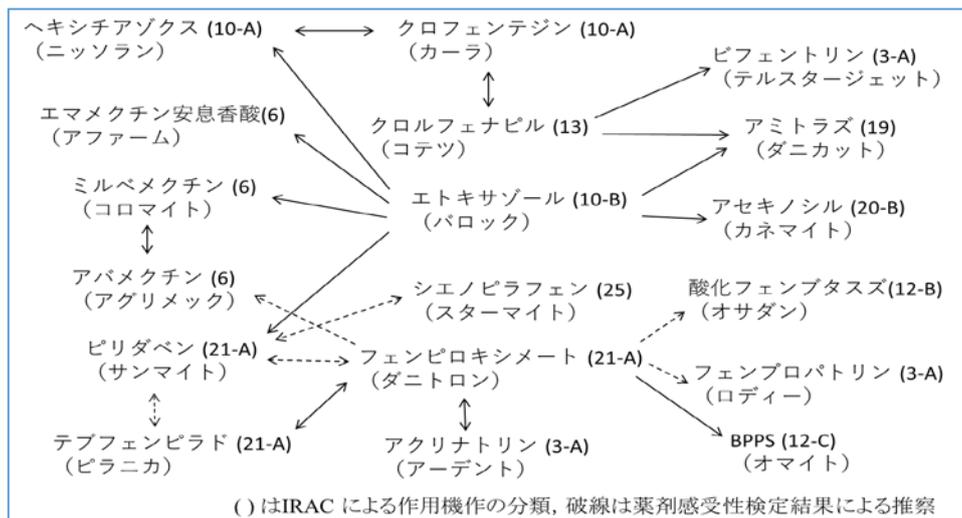
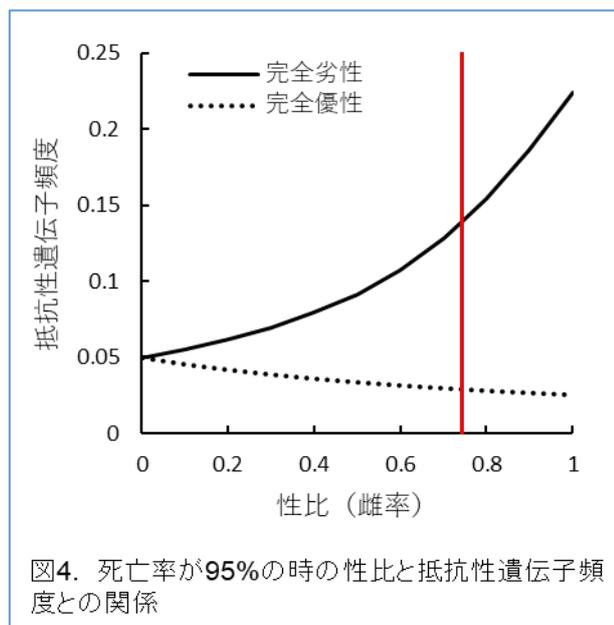


図3. ナミハダニの交配実験あるいは抵抗性実態調査を報告した文献において示唆された薬剤抵抗性の交差関係。( ) はIRAC による作用機作の分類, 破線は薬剤感受性検定結果による推察に基づくもの。刑部・上杉 (2009) より改変。

c) 遺伝様式と死亡率との関係

ナミハダニの雌成虫は受精卵と未受精卵を産み、受精卵は二倍体の雌に、未受精卵は半数体の雄になる。半数体の雄では薬剤抵抗性の遺伝が優性・劣性に関わらず、抵抗性遺伝子を持つか持たないかによって死亡率が決定する (図4の横軸0に相当)。一方、雌では抵抗性と感受性のヘテロの個体は、薬剤抵抗性が優性であれば薬剤散布されても生き残り、劣性では死亡することから、抵抗性の遺伝様式によって死亡率が変化する。図4は死亡率が95%の時の性比(雌率)による抵抗性遺伝子頻度の変化を示したものである。雌成虫での薬剤検定は性比1に当たり、同じ死亡率であっても、優性遺伝と劣性遺伝での抵抗性遺伝子頻度がそれぞれ2.5%および22.4%となり、もっとも大きな差が生じる。特に劣性では性比による変化が大きい。そのため、雌雄が混ざった卵での検定結果から抵抗性遺伝子頻度を推定する場合は注意が必要である。グラフの赤線は平均的なナミハダニの性比(0.743; Kondo and Takafuji, 1985)を示している



ので、卵での判定では平均的にこの程度の差になると考えられる。

d) 薬剤抵抗性の遺伝様式

イチゴで登録のある殺ダニ剤について、文献に見られる抵抗性の遺伝様式を整理して表 1 に示した。

表1 イチゴの主要殺ダニ剤の活性化・作用機構と抵抗性の遺伝様式		
薬剤	活性化・作用機構	遺伝様式
ミトコンドリア電子伝達系複合体I阻害剤 (METI ; 21A)		
フェンピロキシメート	結合部位：ミトコンドリア電子伝達系複合体IのPSSTと49kDaサブユニットとのインターフェース (ウシ)	不完全優性
ピリダベン	0	雌成虫では不完全優性だが、卵では母性効果が認められる
ピリミジフェン	0	0
テブフェンピラド	0	0
ミトコンドリア電子伝達系複合体II阻害剤 (25; $\beta$ -ケトニトリル誘導體)		
シエノピラフェン	エステラーゼ (CCE) による活性化	不完全優性、卵で抵抗性レベルが低い傾向
シフルメトフェン	CCEによる活性化	雌雄間の感受性差
ミトコンドリア電子伝達系複合体III阻害剤 (20B)		
アセキノシル	0	0
ビフェナゼート	ミトコンドリア電子伝達系複合体III cytochrome bのQO阻害、CCEによる活性化	完全母性遺伝
塩素イオンチャネルアクチベーター (6; ミルベマイシン系、アベルメクチン系)		
ミルベメクチン	0	0
エマメクチン安息香酸塩 (アバメクチン)	0	中間
酸化リン酸化脱共役剤 (13)		
クロルフェナピル	0	(不)完全優性
ダニ類成長阻害剤 (10A、10B)		
ヘキシチアゾクス	CHS1膜貫通領域阻害?	(不)完全劣性、複数遺伝子
クロフェンテジン	CHS1膜貫通領域阻害?	(不)完全劣性、単一遺伝子
エトキサゾール	CHS1膜貫通領域阻害?	(不)完全劣性、単一遺伝子
ナトリウムチャネルモジュレーター (3)		
フェンプロパトリン	0	0
ピレスロイド (ビフェントリン)	0	0
アクリナトリン	0	0

優性遺伝するものとしては、フェンピロキシメート、ピリダベン、シエノピラフェン、クロルフェナピルが知られている。しかし、ピリダベンでは卵の時にのみ母性効果が認められている (Sugimoto and Osakabe, 2014)。シエノピラフェンでは雌成虫に比べて卵では感受性の低下が少ないことが報告されて

いる (Sugimoto and Osakabe, 2014) が、静岡県の施設イチゴで見つかった抵抗性系統では、著しい感受性の低下が雌成虫と卵の両方で認められている。シフルメトフェン抵抗性では、雌雄で抵抗性のレベルに差があり、雄の感受性低下は雌に比べて小さいことが明らかになった。ビフェナゼートでは、薬剤抵抗性の要因はミトコンドリア DNA のシトクロム b におけるアミノ酸置換とされており、このため顕著な母性効果が認められる (Van Leeuwen et al., 2006)。

エマメクチン安息香酸塩に対する抵抗性は中間とみられることが明らかになった。エトキサゾールとヘキシチアゾクスに対する抵抗性は劣性遺伝し、いずれの場合もキチン合成酵素 (CHS1) のアミノ酸置換 (I1017F) がこれらの薬剤とさらにクロフェンテジンに対する共通の抵抗性の要因になっている (Demaeght et al., 2014)。しかし、表 1 に 0 で示したものについては、これまでのところ遺伝様式に関する情報が得られていないため、さらなる分析と情報収集が必要である。

#### e) 抵抗性の発達速度

ナミハダニは受精卵が雌に、未受精卵が雄になる産雄単為生殖を行うため、雌は二倍体であるのに対して雄は半数体である。このような単数倍数性の生物では、通常二倍体生物に比べて、生存に不利な遺伝子は集団から急速に排除され、有利な遺伝子 (例えば、薬剤散布下における薬剤抵抗性遺伝子) はより速く集団内で頻度を上昇させる傾向にある (刑部, 2001)。

完全劣性の場合、理論上、抵抗性遺伝子をホモに持つ個体しか生き残れないため、抵抗性遺伝子頻度は 1 回の薬剤散布で一気に 100% 近くに上昇する可能性がある。しかし、抵抗性遺伝子が低頻度の場合は殆どがヘテロの状態で保持されているため、個体数の低下が著しく、抵抗性遺伝子頻度と個体数の増加を総合的に見た場合、一般的には優性遺伝の方が抵抗性の発達はやいと予測されている (Georghiou and Taylor, 1977)。

#### f) 圃場内での移動分散と薬剤抵抗性遺伝子の偏在の可能性

ナミハダニは同一の葉の上で発育した雄雌間で交尾することが多く、また雌では有効な交尾は最初の 1 回だけである。つまり、1 頭の雄の子供のみを次世代に残す。また、ハダニの密度が低い時には、それぞれの葉に最初に侵入した 1 ないし数頭の雌が持つ遺伝子によって、遺伝子頻度が大きく変化する。そのため、低密度時にはイチゴの同一株の小葉間であっても、薬剤抵抗性を含む様々な遺伝子の頻度が異なっている可能性が高い (Hinomoto and Takahuji, 1994)。また、施設栽培されている農家圃場のアーチング栽培のバラでも、わ

ずか 2-3 m 離れるだけでナミハダニの遺伝子の移動はごく限られていることが確認されている (Uesugi et al., 2009)。

静岡県の無加温ビニルハウスの土耕栽培イチゴにおいても、12月にナミハダニを放飼して移動分散を調査したところ、畝方向 2 m 程度の移動に 2~3 カ月を要した。また、生産者圃場において圃場内の複数個所からナミハダニを採集して薬剤感受性を調査したところ、採集箇所間で感受性に違いが認められ、薬剤抵抗性遺伝子が圃場内で偏在していることが確認された。遺伝子診断法と生物検定法を問わず、施設栽培圃場のナミハダニの薬剤抵抗性の状態を調査する際には、このような遺伝子の偏在を考慮して、施設内の個所ごとに調査するか、あるいは全体からまんべんなくサンプリングして調査する必要がある。また、全体をまとめて調査した際に検出された抵抗性遺伝子頻度が低かったとしても、部分的にはその頻度が高いパッチが存在する可能性を考慮しておく必要がある。

(執筆代表者：刑部正博)

## 文献

- Demaeght, P., E. J. Osborne, J. Odman-Naresh, M. Grbić, R. Nauen, H. Merzendorfer, R. M. Clark and T. Van Leeuwen (2014) High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 51: 52-61.
- Georghiou, A. P. and C. E. Taylor (1977) Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70: 319-323.
- Hinomoto, N. and A. Takafuji (1994) Studies on the population structure of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, by allozyme variability analysis. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 259-266.
- 今村剛士・國本佳範 (2016) 奈良県内のイチゴに寄生するナミハダニ黄緑型の薬剤感受性. 奈良農研セ研報 47 : 34-36.
- Kondo, A. and A. Takafuji (1985) Resource utilization pattern of two species of Tetranychid mites (Acarina: Tetranychidae). *Res. Popul. Ecol.* 27: 145-157.
- 国本佳範 (2010) 奈良県におけるナミハダニ黄緑型の殺ダニ剤感受性の推移. 奈良農総セ研報 41: 23-28.
- 村井保 (2018) 高濃度炭酸ガスによる植物の害虫フリー苗生産 —イチゴ苗の処理—. *JATAFF ジャーナル* 6(9): 37-41.
- 中村 淳・高倉 慎 (2001) 福島県におけるイチゴのナミハダニに対する殺ダニ剤の効果. 北日本病虫研報 52: 198-200.

- 奈良県農業研究開発センター (2018) 促成イチゴにおけるカブリダニ製剤を利用したハダニ防除の指導マニュアル.  
<http://www.pref.nara.jp/secure/9176/itigokaburidanimanyuaru.pdf>.
- 大仲桂太・西野 実 (2013) 三重県におけるイチゴのナミハダニの薬剤感受性. 関西病虫研報 55: 113-115.
- 刑部正博 (2001) 遺伝子. ダニの生物学 (青木淳一 編). 東京大学出版会, 東京, pp. 173-193.
- 刑部正博・上杉龍士 (2009) ハダニの薬剤抵抗性. 日本農薬学会誌 34: 207-214.
- Osakabe, M., T. Imamura, R. Nakano, S. Kamikawa, M. Tadatsu, Y. Kunimoto and M. Doi (2017) Combination of restriction endonuclease digestion with the  $\Delta\Delta C_t$  method in real-time PCR to monitor etoxazole resistance allele frequency in the two-spotted spider mite. Pestic. Biochem. Physiol. 139: 1-8.
- Sugimoto, N. and M. Osakabe (2014) Cross-resistance between cyenopyrafen and pyridaben in the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Pest Manage. Sci. 70: 1090-1096.
- 田中雅也・八瀬順也・神頭武嗣・刑部正博 (2017) UVB ランプと光反射シートによるハダニ物理的防除 (UV 法) について-施設イチゴにおける防除事例を中心に-. 植物防疫 71: 229-234.
- Uesugi, R., Y. Kunimoto and M. Osakabe (2009) The fine-scale genetic structure of the two-spotted spider mite in a commercial greenhouse. Exp. Appl. Acarol. 47: 99-109.
- Van Leeuwen, T., L. Tirry and R. Nauen (2006) Complete maternal inheritance of bifenazate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and its implications in mode of action considerations. Insect Biochem. Mol Biol. 36: 869-877.
- 吉川 誠 (2003) 栃木県におけるイチゴおよびニホンナシに寄生するナミハダニの薬剤感受性. 関東東山病虫研報 50: 161-163.