

2-4 ネギアザミウマ

1) ネギアザミウマの薬剤抵抗性の現状と対策の考え方

ネギアザミウマ *Thrips tabaci* Lindeman は、全世界に広く分布する害虫である。本種は、ネギ、タマネギ、ニラ、ニンニク等のネギ属に加えて、キュウリ、メロン、ナス、トマト、イチゴ、キャベツ、ブロッコリー、コマツナ、アスパラガス、エンドウ、ハウレンソウ、カキ、イチジク、カンキツ、カーネーション、キク、トルコギキョウ、ダリアなど、非常に多くの作物を加害することが知られている。また、アイリス黄斑ウイルス (IYSV) やトマト黄化えそウイルス (TSWV) などの植物病原ウイルスも媒介する。

近年、ネギアザミウマの各種殺虫剤に対する感受性低下が顕在化して問題となっている。武田 (2014) が全都道府県を対象に行ったネギアザミウマに関するアンケート調査によれば、カーベメート系 (1A: IRAC による殺虫剤の作用機構分類、以下同様)、有機リン系 (1B)、ピレスロイド系 (3A)、ネオニコチノイド系 (4A) 等の殺虫剤に対する感受性低下が報告されている。北海道では、全地域でピレスロイド剤 (3A) に対する感受性が低下し、タマネギ、ネギ、キャベツ等でネギアザミウマによる被害が発生している。上記グループ以外の薬剤では、レピメクチン (6) (栃木、千葉)、ピリフルキナゾン (9B) (千葉)、クロルフェナピル (13) (栃木、静岡)、トルフェンピラド (21A) (茨城、大阪)、ピリダリル (UN) (栃木、茨城、大阪) などでも感受性低下が報告されている (大井田ら、2012; 柴尾・田中、2012; 春山・松本、2013; 鹿島ら、2013; 土井ら、2014)。

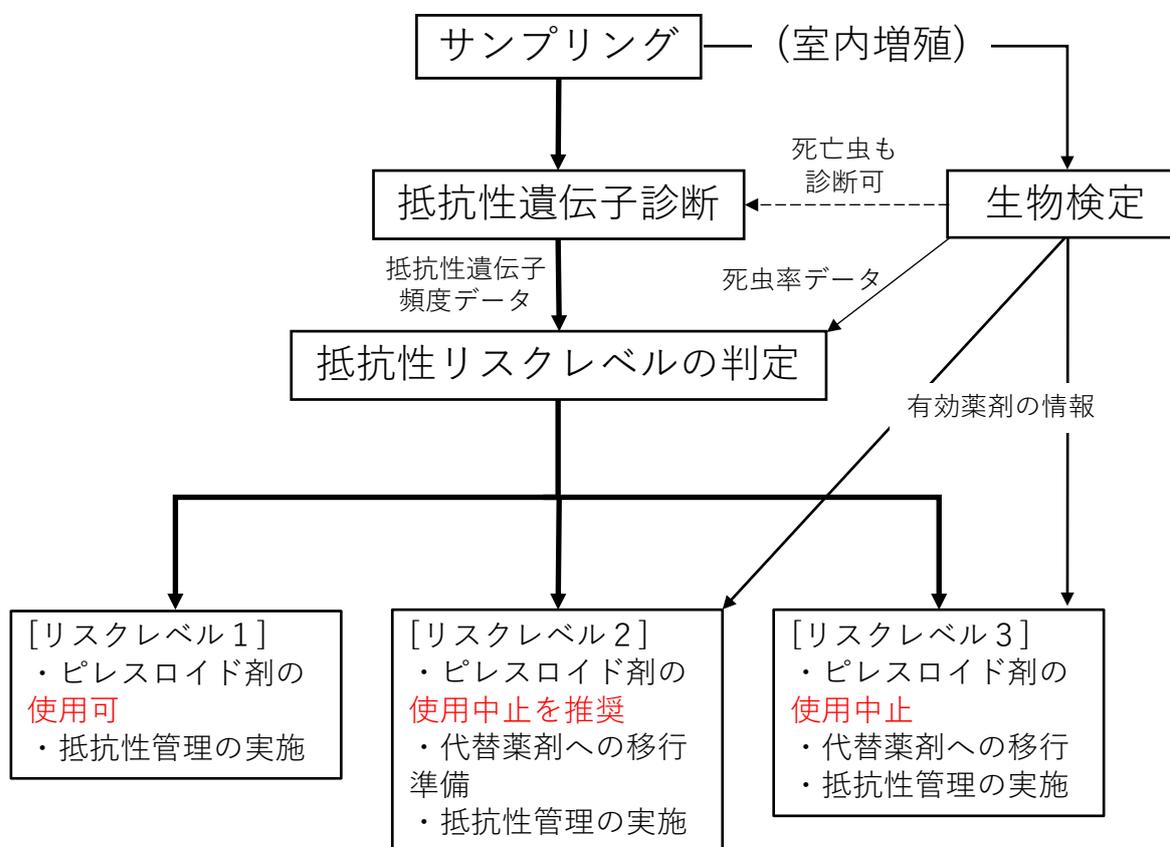
ネギアザミウマには、産雄単為生殖型 (Arrhenotoky) と産雌単為生殖型 (Thelytoky) の2つの生殖型が確認されている。産雄単為生殖型は、雌雄成虫が交尾した後に受精卵 (2倍体) が雌、未受精卵 (単数体) が雄になる生殖様式である。もう一方の産雌単為生殖型では、雄個体は存在せず、雌成虫が雌のみを産む生殖を行う。従来、日本国内では一部の地域を除いて、産雌単為生殖型のみが存在すると考えられてきたが (三浦ら、2013)、近年、15道府県で産雄単為生殖型の発生が確認されており、両生殖型が混在している事例もある (武田、2014)。さらに、産雄単為生殖型のネギアザミウマ個体群では、産雌単為生殖型の個体群と比較して薬剤感受性が低下している事例も報告されている (武澤、2012; 十川ら、2013)。

本ガイドライン案では、ピレスロイド剤 (3A) を対象について、ネギアザミウマ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。なお、ネギアザミウマでは2つの生殖型が混在する地域があること、また、生殖型の正確な

判定には手間がかかることを考慮して、本ガイドライン案に示した抵抗性遺伝子診断や生物検定では、生殖型の厳密な識別は求めている。

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 (3-4 参照)

b-1) 見取り

微小なネギアザミウマを圃場で直接採集することは煩雑であるため、ネギアザミウマ成虫が生息する葉や花ごと採集してチャック付ポリ袋に保存して持ち帰り、実験室で吸虫管などを用いて回収する方法が効率的である。1つの圃場で10か所程度の地点を選定し、後述のリスクレベル1の判定にはネギアザミウマ雌成虫を80個体以上、リスクレベル2か3かの判定には30個体以上を採集する。

b-2) 粘着トラップ

粘着トラップは青色タイプを使用する。黄色タイプも利用できるが、他の昆虫が多数捕獲されると分別に時間を要する。地域における抵抗性の現状を把握するためには、青色粘着トラップを地域内の複数か所に設置する。

また、圃場単位で抵抗性診断を実施する場合には、各圃場にトラップを設置する。捕獲されたネギアザミウマはヘキサンを使用して粘着トラップから引き剥がし、99.5%エタノールを入れた容器に保存する。気温が高い時期は、粘着トラップに捕獲されたネギアザミウマの DNA が損失しやすくなるため、トラップ設置後 1 週間以内に捕獲された個体を使用する。

c) 薬剤抵抗性検出

c-1) 遺伝子診断法 (4-4 参照)

マニュアルに記載したマルチプレックス PCR 法により、ピレスロイド剤 (3A) 抵抗性に関連する 1 つの遺伝子変異を個体別に診断する。抵抗性遺伝子の遺伝子型 (抵抗性ホモ、感受性ホモ、ヘテロ) から抵抗性遺伝子頻度を算出し、リスクレベルを判定する。ここでは、雌個体を診断の対象とする。各個体の生殖型を区別する必要はない。なお、誤って他種のアザミウマ類を PCR 解析した場合、ネギアザミウマのピレスロイド剤 (3A) 抵抗性または感受性遺伝子を示すバンドパターンが検出される可能性があるので留意する (ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマでは検出されないことを確認している)。

c-2) 生物検定法 (5-4 参照)

マニュアルにしたがって、ピレスロイド剤 (3A) に対する感受性検定を実施する。ただし、リスクレベルの判定は、上述の遺伝子診断法で得られた抵抗性遺伝子頻度に基づいて行うため、生物検定法で得られた補正死虫率データは、リスクレベル判定の参考とする。一方、遺伝子診断法が開発されていないピレスロイド剤 (3A) 以外の薬剤の防除効果の確認には、この生物検定法を使用する。

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。

c-4) 生殖型診断法

産雄単為生殖型 (Arrhenotoky) と産雌単為生殖型 (Thelytoky) の識別には、ア) 採集した雌成虫を個体飼育して、その子世代と孫世代の性別から判定する方法と、イ) ミトコンドリア DNA の COI 領域の塩基配列に基づいて判定する方法、の 2 つがある。どちらの方法も相澤 (2018) で解説されている。なお、DNA による判定では、一部の個体群で逆の結果が出る事例も報告されているので留意する。

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		
5%未満	100%	1	ピレスロイド剤（3A）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。
30%未満	70%以上	2	ピレスロイド剤（3A）の使用を推奨しない。抵抗性管理法を積極的に採用するとともに、代替薬剤への移行を準備する。
30%以上	70%未満	3	ピレスロイド剤（3A）の使用を中止する。抵抗性管理法を積極的に採用するとともに、代替薬剤に移行する。

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、雌成虫80頭を採集し、個体別に遺伝子型を判定してピレスロイド剤抵抗性遺伝子頻度を求める。計算式は「4-4 ネギアザミウマのピレスロイド剤抵抗性遺伝子診断法」に記してある。また、「1-3-4 グループテストイング（group testing）」の方法を用いれば、より少ないPCRの回数でピレスロイド剤抵抗性遺伝子頻度を推定できる。なお、80頭以上の雌成虫が採集できなかった場合は、30頭の雌成虫を個体別に抵抗性遺伝子診断を行い、抵抗性遺伝子が“非検出”の場合をリスクレベル1と判定しても差し支えない（参照「1-3-9 抵抗性リスクレベルの判定」）。

一方、すでに抵抗性遺伝子の存在が明らかで、リスクレベルの2か3かを判定する場合には、雌成虫30個体を採集し、個体別に抵抗性遺伝子診断を行って抵抗性遺伝子頻度を求めれば良い。

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) 抵抗性発達リスクの高い薬剤の使用制限

抵抗性遺伝診断や生物検定においてピレスロイド剤 (3A) 抵抗性が検出された場合は (リスクレベル 2 以上)、原則、ピレスロイド剤 (3A) の使用を中止すべきであるが、他の害虫に対してピレスロイド剤 (3A) の利用がどうしても必要な場合には、1 作期 1 回を使用回数の上限とする。また、生物検定において感受性の低下 (補正死虫率 70% 未満) が確認された他の薬剤についても、使用を制限することが望ましい。

b) 系統の異なる薬剤の混合散布

ネギアザミウマに対する登録薬剤のうち、ピレスロイド剤 (3A) とは系統の異なる薬剤を利用することにより、ピレスロイド剤 (3A) に対する抵抗性発達を抑制することができる。

c) 選択性薬剤の使用による土着天敵の保護・利用

ピレスロイド剤 (3A) の他、カーバメート剤 (1A)、有機リン剤 (1B) などの非選択性薬剤は、土着天敵類の生存に強い影響を及ぼすため、基本的に防除体系への組み入れは避ける。一方、キチン生合成阻害剤 (15) やジアミド剤 (28) などの選択性薬剤は土着天敵類に対する影響が小さいため、防除体系への組み入れが可能である。ただし、どのような薬剤も連続使用は抵抗性発達リスクを高めるため、使用回数を厳守する。

d) 物理的防除法の活用

ビニールハウスなどの施設圃場では、紫外線カットフィルム、赤色防虫ネット、光反射シート (タイベック) などが、ネギアザミウマに対する侵入抑制効果が確認されている。

e) 天敵、昆虫病原糸状菌の活用

タイリクヒメハナカメムシ、ククメリスカブリダニ、スワルスキーカブリダニ、リモニカスカブリダニなどの天敵が、アザミウマ類の生物農薬として市販されている。また、昆虫病原糸状菌のポーベリア バシアーナ、メタリジウム アニソプリエも製剤化されている。

タバコカスミカメもアザミウマ類の有力な土着天敵であり、バンカー法も含めた利用法が開発されている。

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/narc/manual/060741.html

5) 地域特性に合わせた抵抗性管理のポイント

ネギアザミウマの薬剤感受性は地域によって異なる場合がある。抵抗性管理の実施にあたっては、地域ごとに抵抗性遺伝子診断や生物検定を行った上で抵抗性リスクレベルを判定し、レベルに応じて防除体系を構築する必要がある。

6) 薬剤抵抗性管理に役立つ生物学的情報と事例集

a) ネギアザミウマの薬剤感受性の現状

表 1 は、2017 年に茨城県内のネギ圃場で採集したネギアザミウマ雌成虫について、各種薬剤に対する感受性を調査した結果である。ピレスロイド剤 (3A) は、県北地域の一個体群を除いてほとんど効かないレベルまで抵抗性が発達している。また、ネオニコチノイド剤 (4A) やスピノシン剤 (5) も、地域によって感受性が低下している事例も確認される。ネギアザミウマの生殖型については、薬剤抵抗性発達が進んでいる県南、県西地域で産雄型が優占しており、これは、他県の事例と同様に、産雄型優占とピレスロイド剤 (3A) 感受性低下の関連が疑われる現象と考えられる。

表 1 茨城県内のネギから採集したネギアザミウマ雌成虫の各薬剤に対する感受性（補正死虫率）－平成 29 年度のデータ－

供試薬剤 ^{a)}	希釈 倍数	県北地域			県南地域		
		常陸太田市A (10月2日) ^{b)}	常陸太田市B (10月2日)	常陸大宮市A (8月1日)	つくば市A (8月1日)	つくば市B (8月1日)	つくば市C (8月1日)
ピレスロイド系 (3A)							
シベルメトリン乳剤	2,000	0	52.0	94.4	2.4	40.3	24.9
ネオニコチノイド系 (4A)							
アセタミプリド顆粒水溶剤	2,000	94.0	94.0	100	68.0	90.0	90.7
イミダクロプリド顆粒水和剤	5,000	97.0	100	100	76.3	100	97.2
ジノテフラン顆粒水溶剤	2,000	62.0	90.0	98.2	51.5	87.2	66.0
クロチアニジン水溶剤	2,000	94.0	95.0	100	54.5	89.5	79.1
チアメトキサム顆粒水溶剤	1,000	97.0	98.0	100	92.0	98.1	96.4
スピノシン系 (5)							
スピネトラム水和剤	5,000	100	100	100	52.0	84.5	83.8
スピネトラム水和剤	2,500	100	100	98.7	96.6	89.5	91.9
スピノサド顆粒水和剤	5,000	100	100	100	72.8	76.6	46.7
その他							
アバメクチン乳剤(6)	500	—	—	—	91.6	87.1	66.1
クロルフェナビル水和剤(13)	2,000	—	—	—	56.3	52.2	44.6
チオシクラム顆粒水和剤(14)	1,500	—	—	97.8	—	—	—
トルフェンピラド乳剤(21B)	1,000	—	—	—	46.5	58.0	21.8
シアントラニプロール水和剤(28)	2,000	—	—	—	—	—	—
ピリダリル水和剤(UN)	1,000	—	—	—	0.4	0	0.6
ピレスロイド ^{c)} 剤抵抗性遺伝子 (T929I) 頻度%		94.0	72.0	48.0	100	100	100
産雄型の比率% ^{c), d)}		90.6	71.9	50.0	93.3	100	100

供試薬剤 ^{a)}	希釈 倍数	県西地域					
		結城市A (9月25日)	結城市B (9月25日)	結城市C (9月25日)	坂東市A (10月24日)	境町A (7月24日)	境町B (7月24日)
ピレスロイド系 (3A)							
シベルメトリン乳剤	2,000	15.0	13.3	4.0	5.2	1.2	9.7
ネオニコチノイド系 (4A)							
アセタミプリド顆粒水溶剤	2,000	89.9	90.2	93.0	80.3	92.3	79.1
イミダクロプリド顆粒水和剤	5,000	96.7	100	99.0	89.2	88.2	62.0
ジノテフラン顆粒水溶剤	2,000	90.0	90.1	77.0	77.3	80.3	64.8
クロチアニジン水溶剤	2,000	63.0	65.2	75.0	29.8	89.8	66.6
チアメトキサム顆粒水溶剤	1,000	94.6	97.6	88.0	66.7	89.7	60.4
スピノシン系 (5)							
スピネトラム水和剤	5,000	87.0	75.3	57.0	77.8	80.2	81.9
スピネトラム水和剤	2,500	94.2	89.6	90.0	91.7	80.0	93.0
スピノサド顆粒水和剤	5,000	70.8	73.8	28.0	55.2	60.5	25.0
その他							
アバメクチン乳剤(6)	500	80.1	100	73.0	—	91.7	97.9
クロルフェナビル水和剤(13)	2,000	—	—	—	—	—	—
チオシクラム顆粒水和剤(14)	1,500	93.5	94.7	100	100	58.3	73.3
トルフェンピラド乳剤(21B)	1,000	—	—	—	—	50.3	29.3
シアントラニプロール水和剤(28)	2,000	95.5	96.0	71.0	100	78.6	28.9
ピリダリル水和剤(UN)	1,000	—	—	—	—	—	—
ピレスロイド ^{c)} 剤抵抗性遺伝子 (T929I) 頻度%		100	100	100	100	100	100
産雄型の比率% ^{c), d)}		100	96.8	100	100	100	100

^{a)} 括弧内の数字はIRACによる殺虫剤の作用機構分類、^{b)} ネギアザミウマの採集日、^{c)} 32個体を供試、^{d)} 産雄型/(産雄型+産雌型)×100

b) 遺伝様式

ネギアザミウマのピレスロイド剤 (3A) 抵抗性の遺伝様式は明らかとなっていないが、本プロジェクトの研究結果において、野外の抵抗性個体のほとんどで、抵抗性遺伝子 (T929I 変異) の遺伝子型が抵抗性ホモ型であり、また、ヘテロ型

の個体のほとんどが感受性であったことから、完全劣性または不完全劣性であることが予想される。相澤（2018）では、すべての抵抗性系統で抵抗性遺伝子の遺伝子型が抵抗性ホモ型であったことが報告されている。

c) 薬剤抵抗性管理を考慮したネギアザミウマ防除体系の事例

ネギアザミウマのピレスロイド剤（3A）抵抗性個体が優占するネギ栽培圃場において、ピレスロイド剤（3A）を複数回散布する「ピレスロイド剤連用区」と、ピレスロイド剤（3A）以外の代替殺虫剤を散布する「代替剤使用区」を設置して（表 2）、ネギに寄生するネギアザミウマの個体数と食害程度を経時的に調査した。

「ピレスロイド剤連用区」では、ネギアザミウマの個体数が収穫 2 週間前から急増し、収穫直前には食害程度が約 3 のレベルまで達した。一方の「代替剤使用区」では、収穫 2 週間前にはネギ株上でネギアザミウマが見られなくなり、収穫直前の食害程度も 0.5 未満となった（図 1）。これらの結果は、作用機作の異なるピレスロイド剤以外の複数の殺虫剤を散布することでネギアザミウマを抑制できることを示している。

表 2 ネギの「ピレスロイド剤連用区」と「代替剤使用区」における殺虫剤の散布歴

試験区	4/17	5/19	7/21	8/3	8/9	8/17	8/24
ピレスロイド剤連用区	シアントラニリプロール [28] (苗灌注)	シペルメトリン [3A]	トルフェンピラド [21A]	シペルメトリン [3A]	ピリダリル[UN]	シペルメトリン [3A]	フロニカミド[29]
代替剤使用区		スピネトラム[5]	イミダクロプリド [4A]	スピネトラム[5]	チオシクラム[14]	チアメトキサム [4A]	シアントラニリプロール [28]

試験地：茨城県農業総合センター園芸研究内のネギ栽培圃場

耕種概要：夏扇 3 号、2017 年 4 月 20 日定植、9 月 1 日収穫、1 区 9×7m（反復なし）

[]内の数字は IRAC による作用機構分類、ピレスロイド剤は黄色セルで示した。

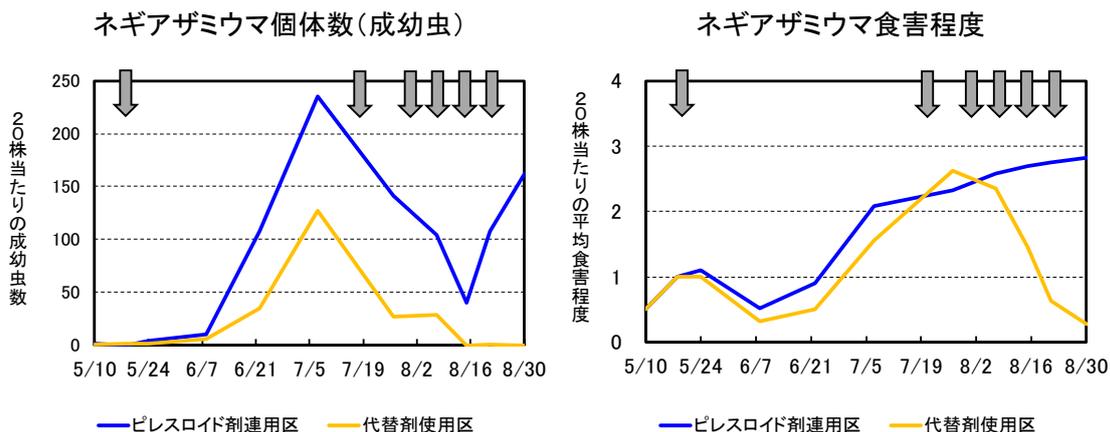


図1 ネギの「ピレスロイド剤連用区」と「代替剤使用区」におけるネギアザミウマ*個体数と食害程度

下向き矢印は殺虫剤の散布日を示す。

食害程度 0：全葉面積に食害なし、食害程度 1：全葉面積の 1～10%の食害、食害程度 2：全葉面積の 11～20%の食害、食害程度 3：全葉面積の 21～30%の食害、食害程度 4：全葉面積の 31%以上の食害とした。

*前年に同試験地で発生していた個体群（2016 年 6 月 24 日採集）のシペルメトリン乳剤（2,000 倍）に対する薬剤感受性は補正死亡率 21.7%であり、“ピレスロイド剤抵抗性個体が優占する圃場”で行われた試験と考えられる。なお、生殖型は、産雌型が 10 個体、産雄型 13 個体の比率で存在していた。

d) 物理的、生物的防除法を活用したネギアザミウマ防除体系の事例

ネギ栽培圃場において、株上に赤色防虫ネット（サンサンネット® e-レッド SLR 2700）を被覆した区、微生物殺虫剤（ボタニガード®ES 1000 倍）を散布した区、防除を行わなかった区の 3 区を設けて、ネギに寄生するネギアザミウマの個体数を調査した。その結果、「赤色防虫ネット被覆区」や「微生物農薬散布区」では、「無処理区」と比較して、ネギアザミウマの個体数は 60%程度になった（図 2）。これは、殺虫剤以外の物理的、生物的防除資材を活用することで、ネギアザミウマをある程度抑制できることを示している。一方、一つの物理的、生物的防除資材でネギアザミウマを完全に抑制することは容易ではなく、殺虫剤も含めた複数の防除手法の組み合わせが実用的である。

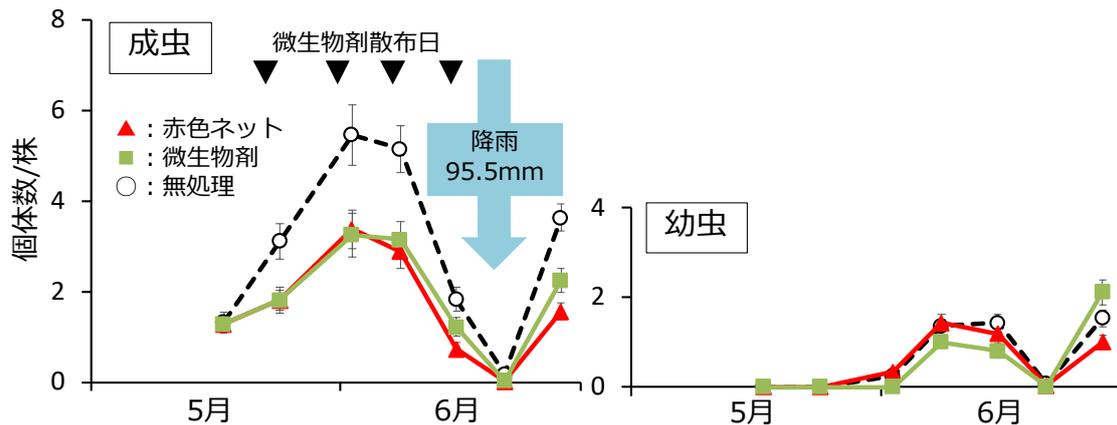


図2 ネギの「赤色防虫ネット被覆区」、「微生物殺虫剤散布区」、「無処理区」におけるネギアザミウマの個体数

(執筆代表者 太田 泉)

文献

- 相澤美里 (2018) ネギアザミウマの異なる生殖系統における合成ピレスロイド剤抵抗性機構と広域的・局所的分布に関する分子生態学的研究. 香川農試研報 69:1-30.
- 土井 誠・土田祐大・片井祐介・多々良明夫 (2014) 静岡県西部地域の露地ネギに発生するネギアザミウマの薬剤殺虫効果. 関西病虫研報 56:111-113.
- 春山直人・松本華苗 (2013) 栃木県の園芸作物に発生したアザミウマ類 6 種に対する各種薬剤の殺虫効果. 関東東海病虫研報 60:121-124.
- 鹿島哲郎・草野尚雄・小西博郷・星野真西・富田恭範 (2013) ネギアザミウマの薬剤感受性およびハウス栽培ニラにおけるネギアザミウマに対する防虫ネットの防除効果. 茨城県農業総合センター園芸研究所報告. 20:35-42.
- 三浦一芸・十川和士・渡邊丈夫・伊藤政雄 (2013) ネギアザミウマのバイオタイプ. 植物防疫 67:662-665.
- 日本植物防疫協会 (2016) <http://www.jppa.or.jp/test/data/tebiki1.pdf> 及び <http://www.jppa.or.jp/test/data/tyousahou-yasai-musi.xlsx>
- 大井田 寛・大谷直樹・中井善太 (2012) アザミウマ類 4 種の千葉県内個体群に対する各種薬剤の殺虫効果. 関東東海病虫研報 59:131-133.
- 武田光能 (2014) ネギアザミウマを巡る諸問題 (寄主植物と被害、生殖型並びに薬剤抵抗性のアンケート調査について). 植物防疫 68:248-254.
- 武澤友二 (2012) 遺伝子診断による北海道空知・上川地方における合成ピレスロイド剤抵抗性ネギアザミウマの発生調査. 北日本病虫研報 63:184-188.

柴尾 学・田中 寛 (2012) 大阪府におけるネギアザミウマ産雄単為生殖系統の薬剤殺虫効果. 関西病虫研報 54:185-186.

十川和士・渡邊丈夫・伊藤政雄・武智和彦・三浦一芸 (2013) 四国におけるネギアザミウマ生殖系統の分布とその薬剤感受性. 植物防疫 67:666-671.