

香川県におけるイチゴに寄生する ナミハダニ (*Tetranychus urticae* Koch) の薬剤感受性

佃 晋太郎・川田 千瑛

キーワード：ナミハダニ，薬剤抵抗性，薬剤感受性

Insecticide Susceptibility of *Tetranychus urticae* Koch on Strawberry in Kagawa Prefecture

Shintaro TSUKUDA and Chiaki KAWATA

Key words: two-spotted spider mite, pesticide resistance, pesticide susceptibility

緒 言

イチゴ栽培において、ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch は、イチゴの重要害虫のひとつである。ナミハダニに被害されたイチゴ葉はカスリ状の食害痕を生じ、密度が高まると生育が阻害され、株全体が萎縮し葉上にはクモの巣状のネットが形成され、収量や品質に影響を及ぼす。また、発育期間が短く増殖率が高いことに加え、化学薬剤に対する薬剤抵抗性の発達が著しいことから難防除害虫とされている（高藤¹⁶⁾）。近年、薬剤抵抗性の発達によりイチゴにおけるナミハダニの各種薬剤に対する感受性低下は、各地で報告されており、全国的に薬剤抵抗性個体群が存在することが示唆されている（衛藤・平田⁴⁾、関根・鈴木¹⁵⁾、今村・國本⁶⁾、西ら¹¹⁾、石川・江口⁷⁾、村上・石田¹⁰⁾、大仲・西野¹³⁾、柳田ら¹⁹⁾、徳丸¹⁸⁾）。本県での薬剤感受性の状況は2015年～2017年に採集した4市町8個体群についての検定結果を報告（相澤ら²⁾）しているが、調査した地点と検定薬剤は限定的である。さらに、前回調査以降に新たな殺ダニ剤が登録され、これら薬剤に対する感受性は不明である。そこで、本県イチゴ栽培におけるナミハダニの薬剤感受性の現状を明ら

かにするために、県内全域のイチゴ施設（圃場）からナミハダニを採集し、主要な薬剤について感受性検定を行ったので報告する。

本文に先だち、アシノナビル水和剤を提供いただいた日本曹達株式会社に謝意を表す。

材料および方法

1. 供試虫

ナミハダニは 2019年および2020年に、9市町（土庄町、小豆島町、高松市、三木町、さぬき市、綾川町、丸亀市、観音寺市、三豊市）のイチゴ栽培施設から19個体群を採集した（表-1）。個体群の採集は、施設内全体から偏りがないように複数のナミハダニ発生箇所から寄生葉をサンプリングした。各個体群は、イチゴ「さぬきひめ」のポット苗により25℃の長日条件（16h明期：8h暗期）で継代飼育を行い、雌成虫を検定に用いた。

2. 供試薬剤

供試薬剤には、主要な9系統（IRAC作用機構のサブグループ分類に基づく）13薬剤を用いた（表-2）。薬剤処理は、供試薬剤を水道水で常用濃度に希釈し、展着剤としてポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル

表－１ 香川県内のイチゴから採集した個体群

個体群 ^{a)}	採集地	採集日	検定日
TIS	土庄町	2019/12/11	2020/3/25
THFZ	土庄町	2019/12/11	2020/3/25
TTFZ	小豆地域	土庄町	2019/12/4
TSE		土庄町	2019/12/18
SMY		小豆島町	2019/12/18
SNK		小豆島町	2019/12/4
TTN	東讃地域	高松市	2020/4/23
TOK		高松市	2020/4/23
MNG		三木町	2020/4/23
SKM		さぬき市	2020/4/23
AIW		綾川町	2020/1/28
ATZ	中讃地域	綾川町	2020/1/28
AIN		綾川町	2020/1/28
AKI		綾川町	2020/4/14
MED		丸亀市	2020/1/28
KRI	西讃地域	観音寺市	2020/5/15
KOK		観音寺市	2020/5/15
MYM		三豊市	2020/5/15
MTG		三豊市	2020/5/15

a) 施設単位で採集したナミハダニを個体群とする。サンプリングは、各施設内全体から偏りがないように複数の発生箇所から採集した。

表－２ 検定に用いた供試薬剤

供試薬剤（有効成分％）	希釈倍率	IRAC作用機構分類	
		主要グループ	サブグループ
エマメクチン安息香酸塩乳剤（1.0％）	2,000倍	6	6
ミルベメクチン水和剤（1.0％）	2,000倍		6
クロルフェナビル水和剤（10.0％）	2,000倍	13	13
アセキノシル水和剤（15.0％）	1,000倍	20	20B
ビフェナゼート水和剤（20.0％）	1,000倍		20D
ピリダベン水和剤（20.0％）	1,000倍	21	21A
フェンピロキシメート水和剤（5.0％）	1,000倍		21A
テブフェンピラド乳剤（10.0％）	2,000倍		21A
シフルメトフェン水和剤（20.0％）	1,000倍	25	25A
シエノピラフェン水和剤（30.0％）	2,000倍		25A
ピフルブミド水和剤（20.0％）	3,000倍		25B
フルキサメタミド乳剤（10.0％）	2,000倍		30
アシノナビル水和剤（20.0％）	2,000倍	— ^{a)}	—

a) —はIRAC作用機構分類未設定を示す。

（商品名：アグラール）を5,000倍となるように加用した。また、無処理区として水道水に展着剤を加用したものを加用した。

3. 検定方法

薬剤感受性検定方法は、浜村⁵⁾の方法を一部改変して、インゲン「すじなし江戸川」の初生葉リーフディス

クを用いて行った。プラスチックシャーレ（直径90mm、高さ20mm）に、ポリウレタン（直径85mm、高さ10mm）と水道水で湿らせた親水性不織布（直径80mm、厚さ2mm、商品名：ジャームガード；東洋紡㈱）を重ねて入れた。その上にインゲン初生葉のリーフディスク（3cm×3cm）を置き、プラスチックシャーレ内に水

道水を満たすことでナミハダニの逃亡を防いだ。ナミハダニ雌成虫は面相筆を用いて、リーフディスクあたり約10頭接種した。薬剤の散布にはエアークンプレッサーに接続したエアブラシ（ノズル口径0.3mm、品番：YOUNG8；オリンポス㈱）を用いた。ターンテーブルの上にプラスチックシャーレを乗せ、リーフディスクから高さ約25cmにノズルを設置し、所定濃度に調整した薬液をシャーレ当たり1ml（2mg/cm²相当）散布した。風乾後、これを25℃の長日条件（16h明期：8h暗期）に置き、処理48時間後に生存虫、死亡虫、苦悶虫を実体顕微鏡下で計数した。面相筆で雌成虫をつつき歩行不能や痙攣する個体を苦悶虫とした（死虫＝死亡虫＋苦悶虫）。なお、リーフディスクから逃亡し、溺死した虫は供試虫から除外した。各薬剤処理区ともに3反復を実施し、Abbott¹¹⁾により補正死亡率を算出した。

結果および考察

各薬剤における補正死亡率を表-3に示した。本試験の殺虫効果の程度については、大野ら¹⁴⁾を参考に、補正死亡率が90%以上のものを「高い」、70%以上90%未満のものを「中程度」、70%未満のものを「低い」として評価した。

エマメクチン安息香酸塩（IRAC作用機構分類：6，以下番号のみ記載）の殺虫効果は、15個体群で高く、2個体群で低かった。ミルベメクチン（6）では、TOKに対しては高い殺虫効果を示したが、その他の個体群は、中程度～低い殺虫効果であった。ミルベメクチン（6）の薬剤感受性は、同じ作用機構分類のエマメクチン安息香酸塩（6）と比べ、いずれの個体群においても低かった。一方、両薬剤は、殺虫効果が低かった個体群においても薬剤処理後から調査までの48時間で産卵した卵数は無処理区と比べ明らかに少なかった（データ未掲載）。これらの傾向は青木ら³⁾の報告と一致し、薬剤による産卵抑制効果であると考えられる。エマメクチン安息香酸塩（6）では、県内の一部で感受性が低下していたが、大部分の個体群が感受性であることが明らかとなった。クロルフェナピル（13）の殺虫効果は、いずれの個体群でも低く、県内のほぼ全ての個体群がクロルフェナピル抵抗性であることが示唆された。ピフェナゼート（20D）の殺虫効果は、18個体群で高く1個体群で中程度であった。アセキノシル（20B）の殺虫効果は、16個体群で高く、2個体群で中程度、1個体群で低かった。ピフェナゼート（20D）およびアセキノシル（20B）では、感受性がやや低下した個体群がわずかに存在した

が、ほとんどの個体群が感受性であることが明らかとなった。ピリダベン（21A）、フェンピロキシメート（21A）およびテブフェンピラド（21A）の殺虫効果は、いずれの個体群も低く、県内のほぼ全ての個体群が薬剤抵抗性であることが示唆された。シフルメフェン（25A）およびシエノピラフェン（25A）の殺虫効果は1個体群（AKI）のみで高く、その他すべての個体群では低かった。両薬剤に対し、県内のほとんどの個体群が抵抗性であると考えられた。ピフルブミド（25B）の殺虫効果は、6個体群で高く、1個体群で中程度、12個体群で低かった。補正死亡率が0～100%と個体群ごとで殺虫効果は大きく異なり、地域で薬剤感受性の傾向は認められなかった。県内の約3分の1の個体群がピフルブミド感受性であることが示唆された。フルキサメタミド（30）の殺虫効果は、いずれの個体群でも高く、県内のほぼ全ての個体群がフルキサメタミド感受性であることが示唆された。アシノナピル（未設定）の殺虫効果は、いずれの個体群でも高く、低感受性の個体群は確認されなかった。

前回（2015年～2017年）実施した薬剤感受性検定結果（相澤ら²⁾）と比較すると、ミルベメクチンおよびシフルメトフェンでは、高い殺虫効果を示した感受性個体群の割合が減少していることから、2～5年間で両薬剤に薬剤抵抗性が発達した個体群はさらに増加したと考えられる。一方で、アセキノシルおよびピフェナゼートでは、前回の検定結果と同様に高い割合で感受性を示す個体群が存在したことから、薬剤感受性は維持されていると考えられる。ただし、両薬剤に対する薬剤感受性低下には複数の報告があることから（関根・鈴木¹⁶⁾、今村・國本⁶⁾、柳田ら¹⁹⁾）、今後も薬剤の使用回数制限の徹底など、薬剤抵抗性の発達を避けるための管理が重要であると考えられる。また、今回の調査結果では、これまでも報告があるように（今村・國本⁶⁾、相澤ら²⁾）、同じ地域内でも施設ごとに薬剤感受性が異なっており、薬剤抵抗性の発達は地域レベルではなく、施設単位で進行していることが示唆された。

薬剤抵抗性のレベルに応じた適切な防除体系の構築を目的に、「薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案」（農研機構¹²⁾）が2019年に作成・公開された。ガイドライン案の中では、農業害虫の薬剤抵抗性の発達を遅延させるために、抵抗性発達状況を3段階のリスクレベル設定により判断し、薬剤ごとの使用の可否や農薬代替技術導入の判断基準を提案している。そこで、県内の主要薬剤に対するナミハダニ抵抗性リスクを考察するために、ガイドライン案に従い本試験で得られたデータを

表－3 各薬剤のナミハダニ雌成虫に対する殺虫効果

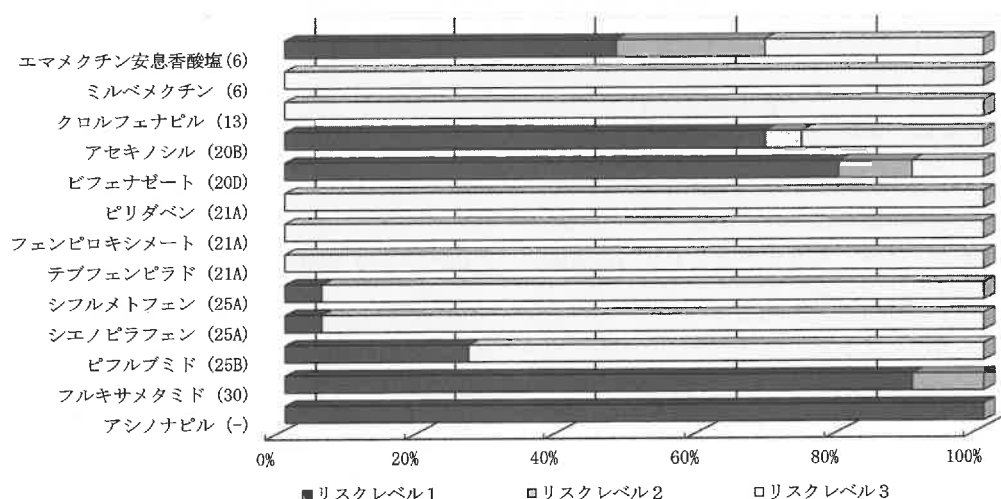
個体群	成分名 IRAC 作用機分類	エマメクチン 安息香酸塩	ミルベメクチン	クロルフェナビル	アセキノシル	ビフェナゼート	ピリダベン	フェンピロキシメート
		6	6	13	20B	20D	21A	21A
TIS		96.8 (31) ^{a)}	72.4 (29)	7.1 (28)	100 (26)	100 (23)	0 (24)	37.0 (27)
THFZ		100 (26)	55.6 (36)	7.1 (28)	100 (35)	100 (26)	0 (25)	0 (28)
TTFZ		96.4 (29)	62.1 (30)	0 (25)	100 (28)	100 (22)	0 (33)	0 (24)
TSE		100 (38)	60.7 (28)	14.3 (35)	100 (34)	100 (34)	9.1 (33)	2.8 (36)
SMY		82.8 (29)	48.3 (29)	0 (26)	100 (38)	96.8 (31)	0 (35)	0 (34)
SNK		100 (34)	82.4 (34)	0 (32)	100 (27)	100 (24)	6.5 (31)	0 (33)
TTN		100 (29)	64.4 (32)	24.0 (34)	100 (35)	100 (30)	3.0 (32)	3.2 (31)
TOK		100 (35)	93.3 (31)	0 (34)	100 (35)	100 (32)	0.2 (30)	0 (35)
MNG		100 (32)	47.1 (33)	16.3 (27)	100 (31)	100 (30)	0.1 (36)	0 (34)
SKM		93.5 (31)	86.2 (29)	10.0 (30)	94.4 (36)	100 (32)	0 (31)	0 (29)
AIW		43.5 (31)	31.3 (30)	0 (29)	100 (23)	100 (31)	71.9 (28)	0.1 (33)
ATZ		83.3 (24)	36.0 (25)	4.2 (24)	54.8 (31)	93.3 (30)	0 (21)	4.0 (25)
AIN		100 (39)	83.3 (30)	0 (31)	100 (30)	100 (34)	2.6 (39)	0 (30)
AKI		100 (31)	80.8 (27)	21.5 (29)	96.8 (32)	100 (30)	0.5 (26)	25.1 (29)
MED		54.2 (24)	30.4 (23)	3.3 (30)	100 (29)	100 (31)	6.1 (33)	0 (34)
KRI		96.6 (29)	54.3 (35)	46.4 (28)	100 (30)	100 (33)	3.3 (30)	0 (28)
KOK		97.0 (33)	11.1 (36)	30.6 (36)	100 (33)	100 (33)	5.6 (36)	6.1 (33)
MYM		100 (35)	71.5 (36)	48.8 (32)	84.0 (30)	100 (34)	3.0 (38)	0.3 (37)
MTG		100 (30)	13.4 (31)	21.1 (34)	73.5 (32)	80.9 (27)	0 (35)	1.1 (24)

系統名	成分名 IRAC 作用機分類	テブフェンピラド	シフルメトフェン	シエノピラフェン	ピフルブミド	フルキサメタミド	アシノナビル	無処理 ^{c)}
		21A	25A	25A	25B	30	－ ^{b)}	
TIS		4.3 (23)	17.4 (23)	8.7 (23)	34.5 (29)	100 (28)	100 (28)	0 (30)
THFZ		0 (24)	0 (29)	0 (33)	37.5 (32)	100 (33)	100 (31)	0 (25)
TTFZ		4.0 (28)	0 (27)	0 (29)	3.7 (27)	100 (29)	100 (34)	0 (31) 3.2 (30)
TSE		6.9 (29)	0 (30)	0 (37)	100 (36)	100 (35)	100 (37)	0 (31)
SMY		0 (27)	0 (37)	0 (28)	78.8 (33)	100 (33)	100 (32)	0 (36)
SNK		6.9 (29)	6.3 (32)	6.7 (30)	92.0 (25)	97.3 (37)	100 (37)	0 (32) 0 (30)
TTN		10.3 (30)	0 (35)	1.9 (39)	23.9 (34)	100 (32)	100 (31)	3.0 (29)
TOK		0 (31)	0 (33)	0.2 (30)	51.8 (30)	100 (36)	100 (33)	3.3 (31)
MNG		0 (29)	50.2 (33)	0 (34)	100 (32)	100 (36)	100 (34)	2.1 (36)
SKM		3.2 (31)	3.0 (33)	6.7 (30)	32.4 (34)	100 (37)	100 (36)	0 (29)
AIW		6.6 (32)	26.4 (26)	49.4 (20)	0 (26)	100 (32)	100 (34)	11.1 (24) 3.0 (33)
ATZ		27.3 (22)	4.3 (23)	0 (20)	8.0 (25)	100 (25)	100 (28)	0 (20) 0 (23)
AIN		6.1 (33)	12.1 (33)	16.1 (31)	100 (32)	100 (31)	100 (33)	0 (30)
AKI		71.5 (29)	100 (36)	100 (29)	100 (30)	100 (34)	100 (29)	3.2 (29)
MED		7.4 (27)	9.1 (33)	18.2 (33)	2.6 (38)	100 (31)	100 (29)	0 (21)
KRI		11.8 (34)	13.0 (31)	31.4 (35)	100 (32)	97.1 (34)	100 (30)	0 (32)
KOK		6.7 (30)	2.9 (35)	3.1 (32)	9.7 (31)	100 (33)	100 (35)	0 (35)
MYM		0.5 (35)	0.3 (38)	3.4 (35)	3.3 (36)	100 (38)	100 (39)	2.4 (33)
MTG		0 (35)	0 (38)	2.7 (35)	8.2 (36)	100 (35)	100 (33)	2.8 (41)

- a) 表中の数値は処理48時間後の補正死亡率(%)、カッコ内の数値は供試虫3反復の合計虫数を示す。
 ただし、無処理の数値は処理48時間後の死亡率(%)。また網掛数値は、補正死亡率90%以上を示す。
 b) －はIRAC作用機分類未設定を示す。
 c) 無処理：水道水に展着剤を加用して散布。
 2回に分けて実施した試験は、各試験の死亡率と供試虫数を示す。

整理した(図－1)。なお、各薬剤の抵抗性リスクレベルは補正死亡率によって判定し、補正死亡率100%をリスクレベル1、補正死亡率95%以上100%未満をリスクレベル2、補正死亡率95%未満をリスクレベル3とした。薬剤ごとのリスクレベルは、フルキサメタミドおよびアシノナビルではリスクレベル1または2の圃場のみで、抵抗性リスクは極めて低いことが明らかである。また、ビフェナゼート、アセキノシルおよびエマメクチン

安息香酸塩は、リスクレベル1および2の圃場が、7割以上を占めていることから、抵抗性リスクは低い薬剤であると考えられる。一方、ピフルブミドは、リスクレベル1の圃場が3割程度であり、抵抗性リスクは高いと考えられる。その他薬剤では、リスクレベル3の圃場がほとんどを占めていることから、抵抗性リスクは極めて高く、薬剤抵抗性が発達している現状が見て取れる。また、圃場ごとにリスクレベル1を示す薬剤系統(IRAC

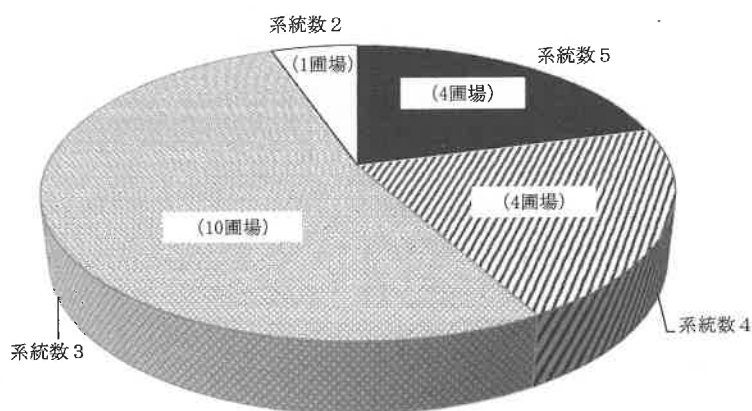


図－1 ナミハダニの主要殺ダニ剤に対する感受性の現状

リスクレベルごとの圃場数の比率を表す。

リスクレベル1：補正死亡率100%，リスクレベル2：補正死亡率95%以上100%未満，

リスクレベル3：補正死亡率95%未満



図－2 リスクレベル1を示す薬剤系統数のほ場の比率リスクレベルごとの圃場数の比率を表す。

リスクレベル1（薬剤感受性検定での補正死亡率100%）を示す薬剤系統数をほ場ごとに計数し、そのほ場比率とほ場数を示す。

系統は、IRAC作用機構の主要グループ番号に基づき分類する。

作用機構の主要グループ分類に基づく）がいくつかあったかを換算し、その圃場比率と圃場数を図－2に示した。リスクレベル1を示す薬剤系統数が3系統以上は18圃場、2系統は1圃場であった。ガイドライン案では、リスクレベル1の殺ダニ剤系統数が3系統以上ある場合、「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」とされている。一方で、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が推奨されており、このことは、新規薬剤における抵抗性管理においても重要である。

2019年以降、ナミハダニに殺虫効果を示す新規殺虫剤としてフルキサメタミドおよびアシノナピルが登録されたことから、感受性を示す薬剤系統はある程度確保された状況にある。当面は、殺ダニ剤散布を中心とした化学農薬防除体系を出来る状況であるが、限られた薬剤でナミハダニ防除体系を組み立てなければならないことには変わりはない。前述したように、主要薬剤に対する感受性低下が進んでおり、大半の施設では、殺ダニ効果が期待できるのは登録薬剤のごく一部に限られる。今後、現在感受性を示す薬剤を継続的に使用していくためにも、化学農薬だけに頼らず、定植前育苗の高濃度炭酸ガス処理（村井⁹⁾）やUV-B照射（田中ら¹⁷⁾）などの物理的防除法、

カブリダニ製剤の利用（柏尾ら⁸⁾）や土着天敵の保護などの生物的防除法といった複数の防除方法を組み合わせ、IPMを実践することが必須であると考ええる。

今回の調査結果は、講習会などを通じて生産者にフィードバックしていく。これにより薬剤感受性の現状を周知し、あわせて薬剤抵抗性リスク管理を指導し実践していく必要がある。また、今後もナミハダニの薬剤感受性検定を定期的の実施し、薬剤感受性の実態を把握することが重要である。

引用文献

- 1) Abbott W.S. (1925) : A method of computing the effectiveness of an insecticide, J. Econ. Entomol. 18 : 265~267.
- 2) 相澤美里・中井清裕・熊野明美・渡邊丈夫 (2018) : 香川県内のイチゴにおけるナミハダニ (*Tetranychus urticae* Koch) の薬剤感受性, 香川農試研報, 68 : 15~18.
- 3) 青木篤・西田剌・安藤満・吉川博治 (1994) : 殺ダニ剤ミルベメクチンの開発, 日本農薬学会誌, 19 (3) : S125~S131.
- 4) 衛藤友紀・平田真紀子 (2017) : 佐賀県の促成栽培イチゴで採集したナミハダニ (黄緑型) の各種殺ダニ剤に対する感受性, 佐賀農セ研報, 39 : 39~46.
- 5) 浜村徹三 (1997) : 野菜・花き害虫：ハダニ類 (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 (15)), 植物防疫, 51 : 547~549.
- 6) 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 : 31~36.
- 7) 石川博司・江口敏弥 (2014) : 愛知県内のイチゴほ場で採取したナミハダニに対する主要殺ダニ剤の殺虫効果, 関西病虫研報, 56 : 139~143.
- 8) 柏尾具俊・嶽本弘之・宮田将秀 (2008) : 施設栽培イチゴにおけるカブリダニを利用したハダニ類のIPMマニュアル, (農研機構)
- 9) 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.
- 10) 村上芳照・石田久美子 (2019) : 山梨県におけるイチゴ, キュウリおよびナスのナミハダニに対する薬剤の効果, 山梨総農セ研報, 11 : 33~36.
- 11) 西優輔・長森茂之・佐野敏広・難波加奈・松岡寛之 (2021) : 岡山県における促成栽培イチゴで発生するナミハダニ黄緑型に対する殺ダニ剤の効果, 関西病虫研報, 63 : 21~25.
- 12) 農研機構 (2019) : 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案, (2019年3月/農研機構)
- 13) 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.
- 14) 大野豪・宮城聡子・喜久村智子・貴島圭介 (2010) : 沖縄に分布する *Tetranychus* 属ハダニ 9 種に対する各種農薬の殺虫効果, 九病虫研会報, 56 : 58~65.
- 15) 関根崇行・鈴木香深 (2016) : 宮城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, 67 : 169~172.
- 16) 高藤晃雄 (1998) : ハダニの生物学—基礎研究から応用へ—, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社, 214pp.
- 17) 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.
- 18) 徳丸晋虫 (2021) : 京都府におけるカンザワハダニおよびナミハダニ黄緑型の雌成虫に対する薬剤殺虫効果, 関西病虫研報, 63 : 119~121.
- 19) 柳田裕紹・森田茂樹・園丸謙二 (2013) : 福岡県内の促成栽培イチゴで発生するナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green form) に対する数種薬剤の殺虫効果, 福岡農総試研報, 32 : 33~36.