

ハウスミカンにおける天敵保護資材「バンカーシート®」を利用したスワルスキーカブリダニ放飼と殺ダニ剤散布の併用によるミカンハダニ防除効果

Evaluation of Augmentative Biological Control with the Predatory Mite (*Amblyseius swirskii* Athias-Henriot) Using a Sheltered Slow-release Sachet (Banker-Sheet®) and Acaricide Spraying against Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (MCGREGOR) for Greenhouse-grown Satsuma Mandarins

神山光子・戸田世嗣*
(果樹研究所)

Mitsuko KOHYAMA and Seishi TODA
(Fruit Tree Research Institute)

要 約

カンキツのミカンハダニは、葉の光合成能低下や果実の着色不良を引き起こす重要な害虫である。施設栽培では露地栽培より発生が多いため、防除回数がかさみ、殺ダニ剤に対する抵抗性が発達しやすいことから、殺ダニ剤の感受性低下が顕在化している。本県では、これまでに化学農薬に代わる技術として、施設栽培カンキツでスワルスキーカブリダニ（以下、スワル）を用いたミカンハダニ防除を試みてきたが、乾燥等のハウス内環境に左右され、安定した防除効果が得られなかった。本研究では、ハウスミカンにおいて、ハウス内環境の影響を受けにくい天敵保護資材「バンカーシート®（以下、バンカー）」でスワルを増殖させ、長期間にわたりスワルを供給すると共に、ミカンハダニの増加に応じてスワルに影響の少ない殺ダニ剤を併用するレスキュー防除を組み合わせたミカンハダニ防除を検討した。試験は、距離の離れた県内の生産者の2園地で、2017年から2019年の3年間、1月中旬から5月下旬まで実施し、バンカー設置前にミカンハダニが発生した状態で試験を開始した。1月中旬にバンカーを設置し、5月下旬まで天敵利用を試みたところ、1園地では試験期間に殺ダニ剤を散布すること無く、5月下旬までミカンハダニは低密度で推移した。もう1園地では、3月上旬までミカンハダニは低密度で推移していたものの、その後増加したため、要防除水準に達した4月上旬と5月下旬にレスキュー防除を行った。その結果、5月下旬までミカンハダニは低密度で推移した。これらの結果は、ハウスミカンにおいて、ミカンハダニの密度が低い状態から、バンカーによるスワル放飼とレスキュー防除を併用することの有効性を示している。

キーワード：ハウスミカン，ミカンハダニ，スワルスキーカブリダニ，天敵保護資材「バンカーシート®」，レスキュー防除

I 緒言

カンキツの重要害虫であるミカンハダニ *Panonychus citri* は、露地栽培より施設栽培で発生しやすいため、施設栽培では殺ダニ剤による防除回数が増加し、薬剤抵抗性が発達しやすいことが指摘されている。県内でも、ハウスミカンにおいて、薬剤感受性の低下が顕著であり、薬剤による防除が困難な園が出てきている（神山，未発

表）。

ミカンハダニは、カンキツの葉や果実の表面を吸汁し、白いカスリ状の加害痕を残す。葉への被害は、多発生が3年間継続すると、光合成能力が低下し、果実収量と糖度の低下を招く³⁾。また、果実被害は着色が始まる前の被害は消失するが、着色開始後の被害は、果皮の色つやが悪化し、商品価値が著しく低下する。ハウスミカン果

*現 熊本県農業研究センター生産環境研究所

実の場合は、着色前の満開 80 日後頃までの被害であれば、大きな問題は生じない(檜原, 私信)。よって、ミカンハダニの密度が増加しても、被害が出始める前までに経済的被害許容水準以下の密度に抑え込めば大きな問題とならないこととなる。

本県では、施設栽培カンキツにおいて、これまでも化学農薬に代わる技術としてスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* (以下、スワル) を用いた試験を実施してきた。杉浦¹⁰⁾ は、2010 年に加温施設栽培「不知火」で行った試験において、9 月上旬にコーヒーフィルターにスワル、三温糖、ビール酵母、ふすまを入れて、ホチキスで樹に設置する天敵放飼法であるコーヒーフィルター法によるスワル放飼により、ミカンハダニを 2 カ月以上にわたり低密度に抑制できたことと報じている。しかし、翌 2011 年に、コーヒーフィルター法と吊り下げ型バック製剤(商品名: スワルスキープラス[®], アリスタライフサイエンス(株)製)を用いて、3 月下旬と 9 月上旬の 2 回放飼し、両方法および両放飼時期を比較検討したが、調査期間中のスワル密度が低く、スワルの定着および効果が判然とせず、3 月下旬放飼は春期の低温が、9 月上旬放飼は放飼 1 ヶ月前に散布したジマンダイセン水和剤の影響があったと報じている¹¹⁾。スワルの温度に対する特性は、低温に弱く、15℃以下では活動が鈍り、活動温度は 17~30℃、最適温度は 28℃とされる。一方、比較的高温には強く、ハウス内温度が 40℃まで上昇しても耐えることが知られている¹³⁾。さらに岡崎ら⁷⁾ は、夏秋ピーマンにおけるスワル放飼試験において、施設内の気温推移が最高 40℃以上を超える時期があっても、スワルの密度は減少せず、スワルに対して高温が及ぼす影響は小さいと報じている。また湿度条件も重要で、相対湿度 60% R.H.以上の高い湿度を好み、乾燥条件では活動及び増殖が鈍る^{7, 13)}。

これらの特性から、スワルをそのまま放飼しても、ハウス内の環境条件で効果が安定しないことがあるため、新たにスワルを保護する天敵保護資材「バンカーシート[®]」が開発された。本資材は、温度や乾燥等の環境変化や散水、化学農薬散布等の影響からスワルを保護し、好適な環境を提供することで、増殖を促進し、長期間にわたりスワルを放出する機能を有する^{9, 12)}。

熊本県のハウスミカンにおけるミカンハダニ防除は、収穫後の剪定を終えたのち、8 月のマシン油乳剤散布から始まり、次に加温開始直後に BPPS水和剤などの殺ダニ剤を散布する。その後は、2 月頃から増加し始めるため、収穫まで殺ダニ剤の散布を繰り返す。このように、ミカンハダニの防除期間は長期にわたるが、アザミウマ

類の防除薬剤がスワルに悪影響を及ぼすものが多いため、スワルの利用が可能な期間は、アザミウマ類が侵入し始める 5 月下旬までである⁸⁾。

本研究は、ハウスミカンにおいて、加温開始後の最低温度が 18℃程度に設定される 1 月中旬からバンカーシート[®]を用いてスワルの放飼を開始し、満開 80 日後までにミカンハダニを低密度に抑え込み、アザミウマ類の防除が必要となる 5 月下旬までスワルの利用が継続可能か否かを検討したものである。なお、「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業: 2016~2017 年度」、及び農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業: 2018 年度」により実施した「土着天敵と天敵製剤 <w 天敵>を用いた果樹の持続的ハダニ防除体系の確立 (28022C)」における連携協定研究機関として実施した。

II 材料および方法

1. 天敵保護資材「バンカーシート[®]」の効果

試験は 2017 から 2019 年の 3 年間実施し、調査地はハウスミカン(主に「宮川早生」)を栽培している熊本市河内町内の直線距離で約 1.5 km 離れた生産者の A 園及び B 園とした。

両園とも試験区として、ミカンハダニに対して、殺ダニ剤を極力使用せず耐水紙の容器に産卵基質である黒フェルト、保湿資材、および天敵バック製剤(スワルスキーカブリダニ剤)を封入したバンカーシート[®](商品名: スワルバンカー[®], 石原バイオサイエンス(株)製、以下、バンカー) (第 1 図)を用いたビニルハウス 1 棟(以下、天敵ハウス)と、殺ダニ剤による防除のみを行ったビニルハウス 1 棟(以下、対照ハウス)を設定し、1 園で 2 棟、計 4 棟使用した。A 園の天敵ハウスは面積約 5 a, 3 連棟、約 60 本植え、対照ハウスは面積約 10a, 6 連棟、約 140 本植えであり、B 園の天敵ハウスは面積約 9 a, 3 連棟、約 130 本植え、対照ハウスは面積約 10a, 5 連棟、約 100 本植えであった。なお、試験期間中、B 園の天敵ハウス内の概ね 1.5m の高さに温湿度計(商品名「ハイグロクロン」、(株)KN ラボラトリーズ製)を設置し、温度と湿度を 1 時間ごとに記録した。また、バンカー内にも設置し、同様に記録した。

バンカーは写真 1 に示すように、直射日光を避け、2017 年と 2018 年は赤道部よりやや低い枝に、2019 年は赤道部の枝(前 2 年よりやや高い枝)に、200 個/10a (2 個/1 樹)を目安に設置した。設置時期については、A 園では、2017 年は 1 月 13 日、2018 年は 1 月 12 日、2019 年は 2 月 8 日とし、B 園では、2017 年は 1 月 13 日、2018 年は 1 月 12 日と 4 月 6 日の 2 回、2019 年は 1 月 11 日と



第1図 天敵保護資材の構造

注1) 保湿資材の数は、2017年と2018年は10個、2019年は5個とした。



写真1 バンカーシート®の設置状況

注1) 設置位置：赤道部の枝で直射日光が当たらない場所

注2) 設置数は、200個/10a換算とした。

した。なお、バンカー内の保湿剤の量がどのような影響を及ぼすかを確認するため、2017年と2018年はバンカー1個当たり10個封入し、2019年は5個に減らして封入した。2018年と2019年の試験終了後にバンカー内部の状態を確認した。

第1表に一般的なハウスミカン管理についてまとめた。調査期間中、ミカンハダニ防除とは別に、チャノホコリダニ防除として、A園では、2018年2月8日（落弁期）に天敵ハウスの約半分の面積に殺ダニ剤シエノピラフェン水和剤3000倍を散布し、B園の天敵ハウスでも、2019年1月19日（落弁期）に殺ダニ剤シエノピラフェン水和剤3000倍を散布した。

第1表 ハウスミカンの栽培管理（11月20日加温タイプの場合）（熊本県果樹対策指針より、一部改変）

月 旬	11			12			1			2			3			4			5			6			7			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上			
(生 育 相)	天井ビニール被覆			発芽・出蕾			開花始め			満開			落弁期			糖度向上			脱色期			着色始め			収穫始め			
	加温開始			花洗い															加温停止 サイドビニール除去 ネット設置									
	0			40			0			30			60			80			90			130			150			180
	最低温度℃			16	22		17			18	19		20			23			24			自然温度						
水管理	十分かん水			適量かん水			十分かん水			水切り			水戻し 糖度8度			少かん水												

注1) 秋期の温度が高く花芽分化が遅れると、加温開始が12月にずれ込み、それに合わせて、生育及び管理作業も遅れる。

露地栽培におけるミカンハダニの要防除水準は、1葉当たり雌成虫数が0.5頭～1頭寄生、または寄生葉率が30～40%に達したときりであるが、ハウスミカンでは未設定であるため、露地栽培より増殖が早いことを考慮して、便宜的に要防除水準を1葉当たり雌成虫数0.4頭とした。満開80日後を目安に、天敵ハウスでミカンハダニが要防除水準に達した場合は、スワルの働きを補い臨機で実施する殺ダニ剤散布としてレスキュー防除⁵⁾を行った。レスキュー防除に用いる殺ダニ剤は、スワルに影響の少ないシエノピラフェン水和剤、アセキノシル水和剤、ピフルブミド水和剤、気門封鎖系剤とした。なお、スワルとレスキュー防除では、ミカンハダニを抑制できなくなった場合は、即効かつ徹底した防除を目的とした殺ダニ剤散布であるリセット防除⁵⁾を実施することとした。リセット防除に用いる殺ダニ剤は、ミカンハダニに対して感受性が高い剤であれば、スワルへの影響は問わない。また、その他の病害虫防除については、スワルに影響の少ない剤を選択して使用した。対照ハウスの防除は園主に一任した。

ミカンハダニおよびカブリダニ類の個体数調査は、1つの試験区につき(各ハウスにつき)任意に5樹を選び、1樹50葉について、ミカンハダニ雌成虫数とカブリダニ類の成虫数および幼虫数を計数し、1葉当たり平均個体数に換算した。なお、カブリダニ類は樹上での同定が困難であるため、土着のカブリダニ類も含まれる可能性がある。調査期間及び調査間隔は、バンカー設置直前から5月下旬まで概ね10日間隔とした。ただし、2017年は設置前にミカンハダニの有無は確認したが、計数はなかった。

2. ミカンハダニの薬剤感受性検定

2018年3月19日にA園とB園の天敵ハウスからミカ

ンハダニ雌成虫を採集し、リーフディスク法による殺卵効果の判定により薬剤感受性検定を行った。採集した当日に3cm角に切りそろえた薬剤無散布の甘夏の旧葉（以下、リーフディスク）上に雌成虫10頭を接種し、3日間産卵させ、1薬剤当たり3反復で合計100卵以上となるよう供試した。3月22日にリーフディスク上の雌成虫を取り除き、供試薬剤を実用濃度の1/3に希釈後、卵をリーフディスクごと約10秒間浸漬した。25℃条件下で7日間静置後、3月29日に実体顕微鏡下で未孵化卵数、生存幼虫数、死亡幼虫数を計数し、補正死虫率により効果を評価した。補正死虫率の算出方法および評価基準は以下のとおりである。

補正死虫率 = $\frac{(\text{コントロールの生存率} - \text{各殺ダニ剤処理後の生存率})}{\text{コントロールの生存率}} \times 100$
 ≪効果の判定方法≫

80%以上：感受性が高い（防除効果有り）

80%未満：感受性が低下（防除効果低下）

供試薬剤は、県内で主にミカンハダニ防除に用いられているアセキノシル水和剤、エトキサゾール水和剤、キノキサリン系水和剤、シエノピラフェン水和剤、スピロジクロフェン水和剤、スピロメシェン水和剤、テトラジホン水和剤、BPPS水和剤、ビフェナゼート水和剤、ピフルブミド水和剤、ミルバメクチン水和剤の11剤とした。

III 結果

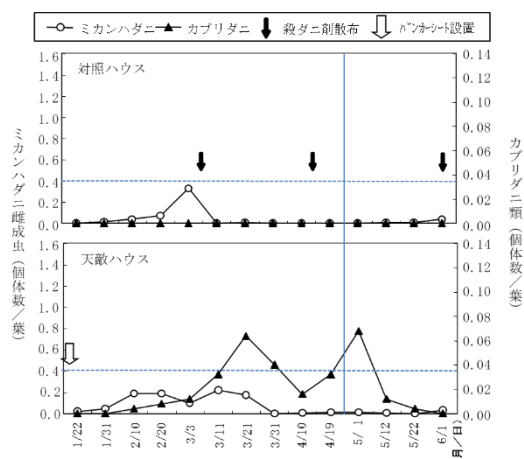
1. A園におけるミカンハダニの抑制効果

2017年の結果を、第2図に示す。天敵ハウスでは、バンカー設置前からミカンハダニが発生していた。バンカー設置後は、ミカンハダニの増加に合わせて、カブリダニ類も増加し、試験期間中、ミカンハダニ密度は要防除水準以下で推移した。一方、対照ハウスは、ミカンハダニが2月下旬から増加し、満開80日後までに2回、その後の試験期間中に1回の計3回の殺ダニ剤防除を行い、要防除水準以下に密度を抑制した。

2018年の結果を第3図に示す。この年も、天敵ハウスではバンカー設置前からミカンハダニが発生した（0.04頭/葉）。ハウス内を2分割し、落弁期にチャノホコリダニ防除で殺ダニ剤を散布した側では、試験期間を通して、カブリダニ類も存在し、ミカンハダニも要防除水準を超えることなく低密度を維持した。一方、散布しなかった側では、2月中旬からミカンハダニが要防除水準を超えて増加し、一部葉の白化が見られ始めたものの、3月からカブリダニ類も急増したため、3月下旬にはミカンハダニが急激に減少した。その結果、殺ダニ剤を散布すること無く、満開80日後までにミカンハダニの密度を要防除水準以下に抑え、その後も低密度を維持した。対照ハ

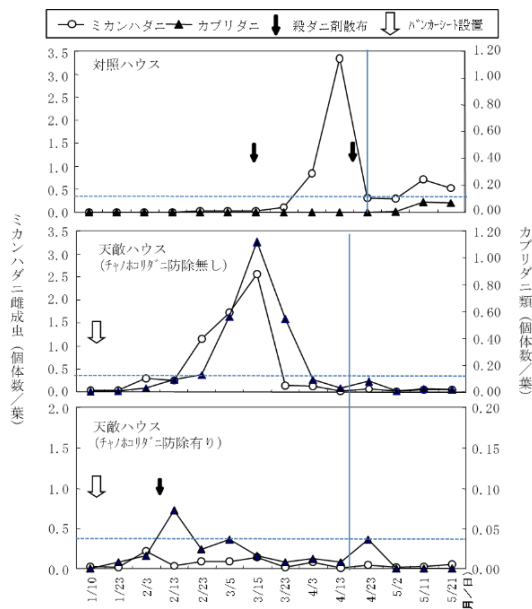
ウスでは、ミカンハダニが3月下旬から増加し、2回の殺ダニ剤散布で満開80日後に要防除水準以下まで密度は下がったが、5月中旬に再び要防除水準を超えた。

2019年は、天敵ハウスも対照ハウスも5月中旬まで全くミカンハダニが発生しなかった（第4図）。天敵ハウスでは、1月中旬にミカンハダニがいなかったため、満開3週間後（2月8日）にバンカーを設置したが、その効



第2図 A園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移（2017年）

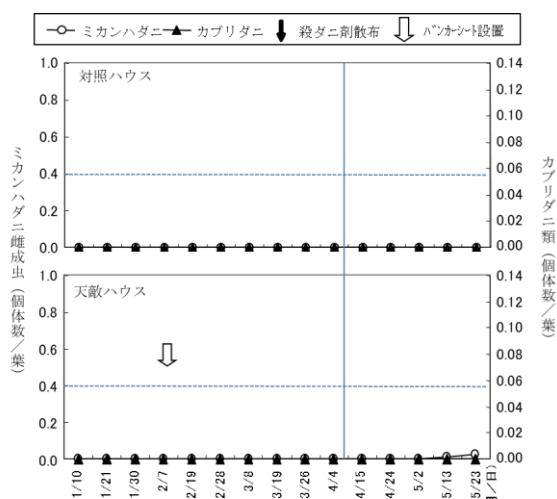
- 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/23、天敵ハウスが12/20であった。満開日は、両ハウスとも2/3（満開80日後：4/24）であった。
- 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、1/13であった。
- 注3) 対照ハウスは、加温直後に殺ダニ剤を散布。試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：*ミベ* / *メチ*水和剤（3/6）、*7ピキ*水和剤（4/14）、*スビ* / *ラ*水和剤（6/1）
- 注4) 対照ハウスは、加温直後に気門封鎖剤を散布。試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：無し
- 注5) 図中の横の破線（0.4頭/葉）は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。



第3図 A園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移（2018年）

- 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/19、天敵ハウスが12/14であった。満開日は、対照ハウスが2/2（満開80日後：4/23）、天敵ハウスが1/25（満開80日後：4/15）であった。
- 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、1/12であった。
- 注3) 対照ハウスについて、加温前後の殺ダニ剤散布履歴：殺ダニ剤（12/21）試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：*7ピキ*水和剤（3/15）、*ビ* / *ラ*水和剤（4/16）5月中旬からカブリダニ類が混入した。
- 注4) 天敵ハウスについて、加温前後の殺ダニ剤散布履歴：気門封鎖剤（12/19）試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：ハウス内を2分割した。一方はチャノホコリダニ対策で落弁期（2/8）に*スビ* / *ラ*水和剤を散布。もう一方は散布無し。
- 注5) 図中の横の破線（0.4頭/葉）は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

果は分からなかった。



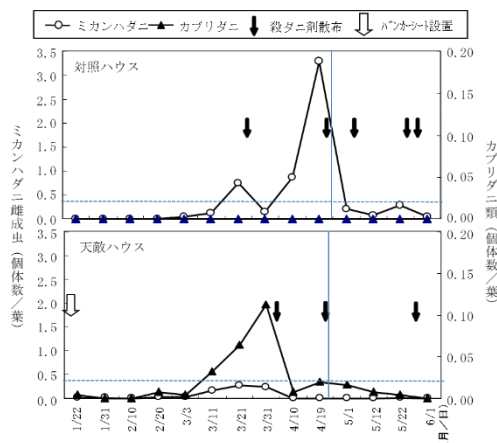
第4図 A園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移 (2019年)
 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/6、天敵ハウスが12/6であった。
 満開日は、対照ハウスが1/17 (満開80日後: 4/8)、
 天敵ハウスが1/18 (満開80日後: 4/9) であった。
 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、2/8であった。
 注3) 図中の横の破線 (0.4頭/葉) は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

2. B園におけるミカンハダニの抑制効果

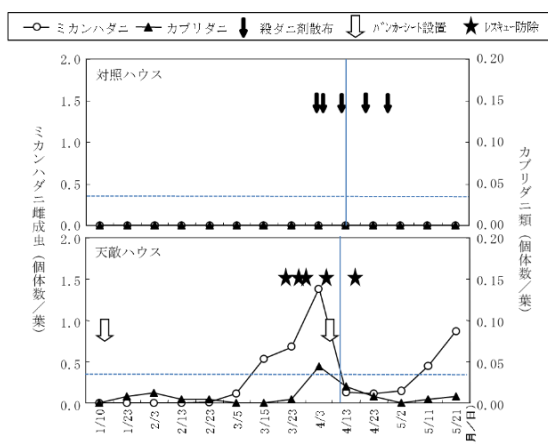
2017年の結果を第5図に示す。天敵ハウスでは、バンカー設置前にミカンハダニは確認できなかったが、1月下旬には発生し始めた。3月始めまで、ミカンハダニもカブリダニ類も低密度で推移し、3月に入ってからは、いずれも密度が増加しながら、ミカンハダニは要防除水準を超えないレベルで推移した。しかし、4月に入り、果実にチャノホコリダニの被害が発生したため、続けて2回の殺ダニ剤散布を行った。それにより、散布以降は、殺ダニ剤によりミカンハダニも抑制されたが、バンカー設置による効果は判然としなかった。5月末の殺ダニ剤散布は、試験終了によりリセット防除を目的に散布した。結果として、ミカンハダニを対象とした殺ダニ剤の散布はなかったが、試験期間中に3回の殺ダニ剤散布を行った。対照ハウスは、3月からミカンハダニが増加し、要防除水準を超えたため、2回の殺ダニ剤防除で満開80日後までに要防除水準以下に抑えた。その後も増加が想定されたため、追加で3回の防除を行い、試験期間中に計5回の防除を実施した。

2018年の結果を第6図に示す。天敵ハウスでは、バンカー設置前にミカンハダニは確認できず、設置後も2月中旬まで全くミカンハダニは確認されなかった。ミカンハダニの初発は2月下旬であり、バンカー設置から1か月半ほど経過していた。ミカンハダニの密度が3月に上昇し始め、要防除水準を超えたが、このときにはカブリダニ類はほとんど確認できない状態となり、果実の白化が広がり始めたため、シエノピラフェン水和剤、アセキノシル水和剤、ピフルブミド水和剤によるミカンハダニ

を対象としたレスキュー防除を3回行った。4月上旬にカブリダニ類はやや増加してきたが、満開80日後を目前にしてミカンハダニの密度が下がらなかったため、気門封鎖剤を散布した後、バンカーの2回目設置を行った。しかし、2回目設置後もカブリダニ類は増加せず、再度気門封鎖剤を散布したが、5月中旬にはミカンハダニは要防除水準を超えた。対照ハウスでは、試験期間中、調査樹ではミカンハダニが発生しなかったが、調査樹以外では発生したため、気門封鎖剤を中心に計5回の散布を行った。



第5図 B園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移 (2017年)
 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/23、天敵ハウスが12/21であった。
 満開日は、対照ハウスが2/2 (満開80日後: 4/23)、
 天敵ハウスが1/31 (満開80日後: 4/21) であった。
 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、1回目1/13であった。
 注3) 対照ハウスについて、
 加温前後の殺ダニ剤散布履歴: 甲PS水和剤 (10月下旬)、フェジチド乳剤 (1/9)
 試験期間中の殺ダニ剤散布履歴: シエノピラフェン水和剤 (3/24)、アセキノシル水和剤 (4/21)、
 シエノピラフェン水和剤 (5/3)、気門封鎖剤部分散布 (5/26)、ピフルブミド水和剤 (5/28)
 注4) 天敵ハウスについて、
 加温前後の殺ダニ剤散布履歴: BPPS水和剤 (10月下旬)、気門封鎖剤 (1/6)
 試験期間中の殺ダニ剤散布履歴: アセキノシル水和剤 (4/2)、シエノピラフェン水和剤 (4/19~20)、
 ピフルブミド水和剤 (5/26)
 注5) 図中の横の破線 (0.4頭/葉) は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

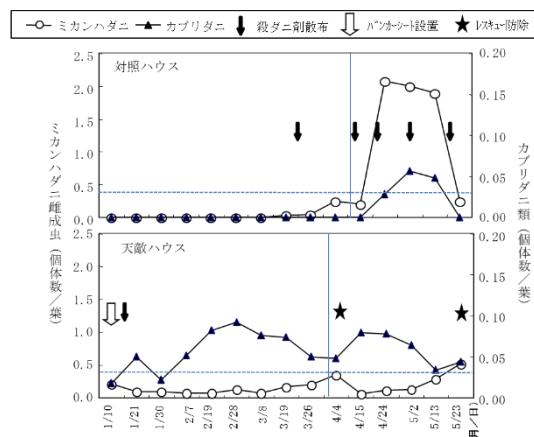


第6図 B園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移 (2018年)
 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/12、天敵ハウスが12/8であった。
 満開日は、対照ハウスが1/23 (満開80日後: 4/13)、
 天敵ハウスが1/19 (満開80日後: 4/9) であった。
 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、1回目1/12、2回目1/16であった。
 注3) 対照ハウスについて、
 加温前後の殺ダニ剤散布履歴: フェジチド乳剤 (10/27)、BPPS水和剤 (12/15)
 試験期間中の殺ダニ剤散布履歴: 気門封鎖剤 (4/2)、アセキノシル水和剤 (4/5頃)、
 気門封鎖剤 (4/12, 19, 26)
 注4) 天敵ハウスについて、
 加温前後の殺ダニ剤散布履歴: BPPS水和剤+シエノピラフェン水和剤 (10/31)、
 気門封鎖剤 (12/18)
 試験期間中の殺ダニ剤散布履歴: シエノピラフェン水和剤 (3/22)、アセキノシル水和剤 (3/30)、
 ピフルブミド水和剤 (3/31)、気門封鎖剤 (4/4, 15)
 注5) 図中の横の破線 (0.4頭/葉) は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

2019年の結果を第7図に示す。天敵ハウスでは、バンカー設置前からミカンハダニが発生した(0.2頭/葉)。なお、設置時点ですでにカブリダニ類も発生していた。本ハウスは、チャノホコリダニの被害が発生する園であるため、落弁期(バンカー設置9日後)に殺ダニ剤を散布し、この防除によりミカンハダニも減少した。その後、3月中旬までカブリダニ類は一定の密度を保ちつつ、ミカンハダニ密度は要防除水準以下で推移した。しかし、3月下旬からカブリダニ類の密度が減少し、ミカンハダニの密度が要防除水準に近づいたうえ、満開80日後に達する時期であったため、4月上旬にレスキュー防除を実施した。それにより、ミカンハダニの密度が低下し、カブリダニ類の密度も増加に転じ、5月上旬までミカンハダニ密度は要防除水準以下で推移した。しかし、5月中旬から再びカブリダニ類の密度が低下し、ミカンハダニの密度が増加し、5月下旬には要防除水準を超えたため、レスキュー防除を実施し、調査を終了した。よって、バンカー設置によるスワル放飼と3回のレスキュー防除(チャノホコリダニ防除をレスキュー防除に含めた)により概ね5月下旬までミカンハダニ密度を抑制した。一方、対照ハウスでは、3月下旬から徐々にミカンハダニが増え始め、4月下旬には一気に要防除水準を超え、5月中旬まで多い状態が続いた。その間に4回の殺ダニ剤防除を行ったが、薬剤の効果は十分に得られず、密度は下がらなかった。5月下旬の気門封鎖剤の散布により、要防除水準以下にミカンハダニの密度が下がり、計5回の防除を要した。

3. 天敵ハウス内及びバンカー内の温湿度の推移

2019年のB園の天敵ハウスにおけるハウス内及びバンカー内の温度を第8図に示す。ハウス内の最高温度は、

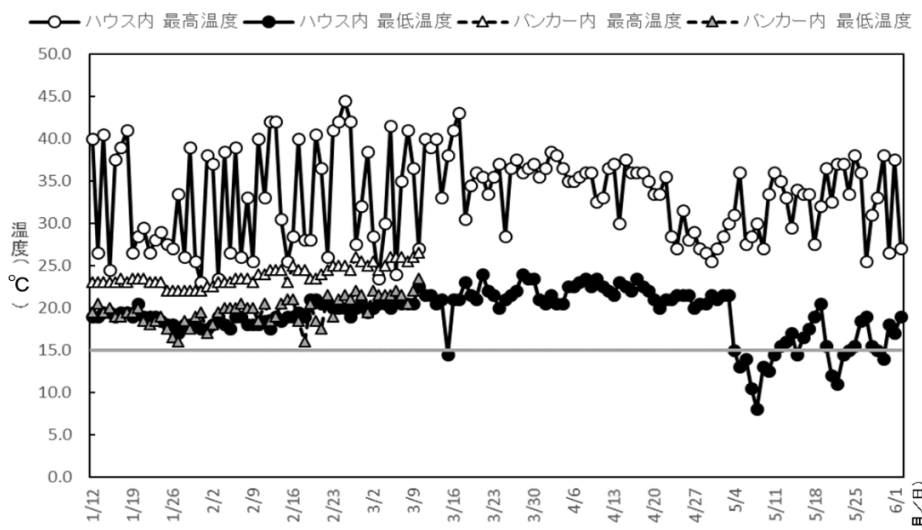


第7図 B園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移(2019年)

- 注1) 加温開始日は、対照ハウスが12/10、天敵ハウスが12/1であった。
満開日は、対照ハウスが1/20(満開80日後:4/10)、
天敵ハウスが1/10(満開80日後:4/1)であった。
- 注2) 天敵ハウスのバンカー設置日は、1/11であった。
- 注3) 対照ハウスについて、
加温前後の殺ダニ剤散布履歴:無し
試験期間中の殺ダニ剤散布履歴:気門封鎖剤散布(3/23)、シバミダ水和剤(4/12)、
アセフェン水和剤(4/21)、シバミダ水和剤+ネトゲル水和剤(5/2)、
気門封鎖剤(5/20)
4月下旬頃より、天敵ハウスから天敵が混入したと思われる。
- 注4) 天敵ハウスについて、
加温前後の殺ダニ剤散布履歴:無し
試験期間中の殺ダニ剤散布履歴:シバミダ水和剤(1/19)、アセフェン水和剤(4/6)、
シバミダ水和剤(5/23)
- 注5) 図中の横の破線(0.4頭/葉)は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

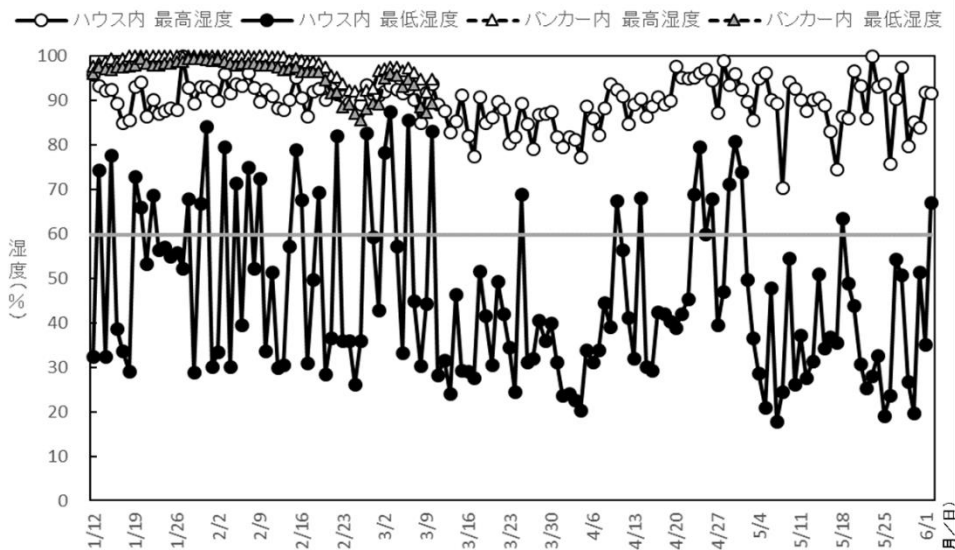
試験期間中、スワルに大きな影響を与える変化は無かった。しかし、最低気温はバンカー設置後から5月のハウス開放前までは15℃以上を保っていたが、ハウス開放後の5月上旬以降に連続してスワルの活動が鈍る15℃以下に低下した日があった。一方、バンカー内の温度は、ハウス内より安定しており、設置後2ヶ月間、スワルの活動温度帯を維持した。

湿度の推移を第9図に示す。バンカー内の湿度は、2ヶ月間高湿度を保ち、スワルの活動及び増殖に好適な環境であった。一方、ハウス内の湿度は、3月からの水切り期で3月中旬から4月上旬まで、また5月のハウス開放により5月上旬から5月末まで、最低湿度が60%R.H.



第8図 B園の天敵ハウス内およびバンカーシート内の温度推移(2019年)

- 注1) 加温開始日:12/1、満開日:1/10、水戻し期:4月始め、ハウス開放:5月上旬
- 注2) バンカーシート内の測定結果は、3/10までを示す。それ以降のデータは異常とみなした。



第9図 B園の天敵ハウス内およびバンカーシート内の湿度推移 (2019年)

注1) 加温開始日:12/1, 満開日:1/10, 水戻し期:4月始め, ハウス開放:5月上旬
 注2) バンカーシート内の測定結果は、3/10までを示す。それ以降のデータは異常とみなした。

以下の日が連続した。

4. 天敵保護資材「バンカーシート®」内部の状態

2018年の試験終了後にバンカーを回収し、内部を確認した。保湿資材を10個封入したが、A園およびB園とも内部はかなりの結露があったと見られ、天敵パック製剤にカビが生えるなど状態が悪かった。1月中旬に設置したバンカーは、回収した時点でパック製剤内部は乾いていたものの、湿っていたと思われ、増量剤(ふすま)は固まり、カビの発生が多かった。パック製剤の外側は、下方に水が染みたような跡があり、カビも見られた(写真2のA, 写真3のA)。また、B園で、水戻し期であった4月6日に2回目設置をしたバンカーは、回収した時点で結露により内部に水滴が残っており、パック製剤内部の増量剤が湿っていた(写真3のB)。

2019年の調査では、バンカー内の保湿資材を5個に

減らした。試験終了後に回収して確認したところ、A園およびB園ともパック製剤内部の増量剤は固まっておらず、カビの発生もほとんど無かった。パック製剤外側も水が染みたような跡がほとんど無かった(写真2のB, 写真3のC)。

5. ミカンハダニの薬剤感受性検定

A園およびB園の検定結果を第10図に示す。

A園は、アセキノシル水和剤、エトキサゾール水和剤、シエノピラフェン水和剤、スピロメシエン水和剤、ミルベメクチン水和剤に対する感受性は高く、キノキサリン



写真2 A園に設置したバンカーシート内の様子(2018, 2019)



写真3 B園に設置したバンカーシート内の様子(2018, 2019)

系水和剤、スピロジクロフェン水和剤、テトラジホン水和剤、BPPS 水和剤、ビフェナゼート水和剤、ピフルブミド水和剤に対する感受性は低下していた。

B 園は、エトキサゾール水和剤、スピロメシエン水和剤に対する感受性は高かったが、アセキノシル水和剤、キノキサリン系水和剤、シエノピラフェン水和剤、スピロジクロフェン水和剤、テトラジホン水和剤、BPPS 剤、ビフェナゼート水和剤、ピフルブミド水和剤、ミルベメクチン水和剤に対する感受性は低下していた。

A 園では 6 剤の感受性低下が確認されたのに対して、B 園では 9 剤の感受性低下が確認された。

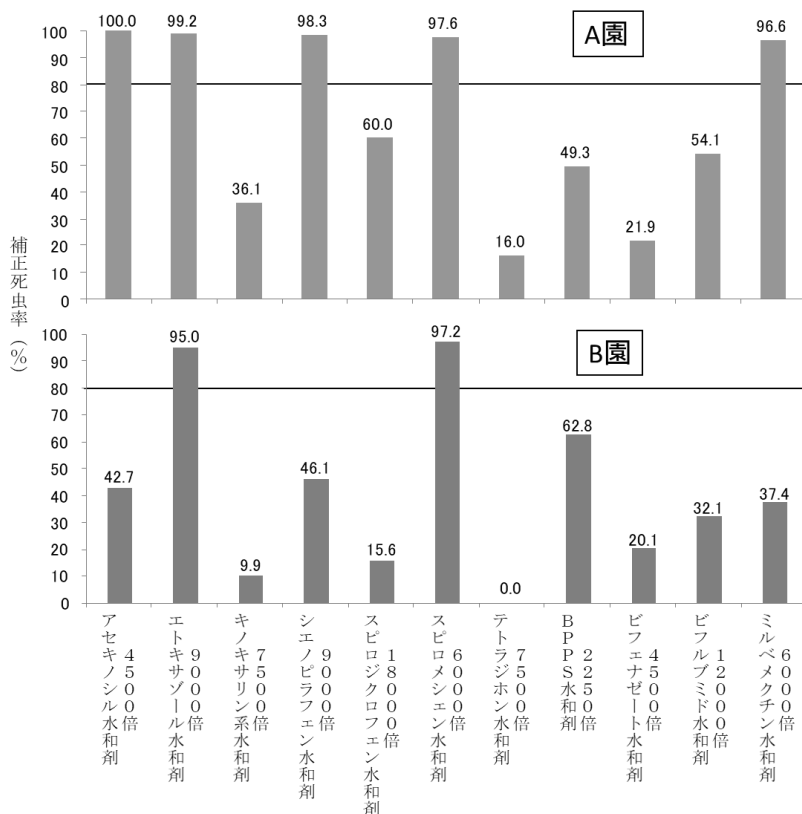
IV 考察

1. バンカー設置によるミカンハダニ抑制効果

バンカー設置の 1 月中旬時点で、ミカンハダニが発生していた 2017 年と 2018 年の A 園では、1 月中旬から 5 月下旬までミカンハダニは低密度で推移した。この期間、殺ダニ剤を散布せず、またミカンハダニの密度に合わせて、カブリダニ類の密度が増加した。このことから、ミカンハダニが低密度に抑えられたのは、カブリダニ類に

よる防除効果であったと考える。また、同期間に対照ハウスは殺ダニ剤を 2～3 剤散布したことから、バンカー設置によるスワル放飼で、殺ダニ剤を 2～3 剤削減できると考えられる。さらに、防除の目的は違ったが、2018 年のように、バンカー設置後間もなく、カブリダニ類が十分増加していない時に、ややミカンハダニが増加した場合、スワルに影響の少ない殺ダニ剤を散布すると、その後安定してミカンハダニを抑制できる可能性も示唆された。

一方、B 園のように、バンカー設置の 1 月中旬時点で、ミカンハダニがいない場合は注意が必要である。バンカーによるスワル放飼の場合、スワルの放出期間が比較的長い場合、2017 年のようにバンカー設置後、半月程度でミカンハダニが発生すれば、スワルが樹上に定着し、活動を始める。しかしながら、2018 年のようにバンカー設置後に、ミカンハダニが 1 か月半も発生しない状況では、スワルの樹上でのエサが無く、例えば、バンカーから次々にスワルが放出されても、樹上には定着できなかったと思われる。果樹類よりスワルの研究が先行している野菜では、スワルは餌である害虫がいなくても、ピーマンな



第10図 A園及びB園におけるミカンハダニの薬剤感受性検定結果(2018)

注1) リーフディスク法による殺卵効果を検定した結果である。
 注2) ミカンハダニ採集及び接種は3月19日、薬剤処理は3月22日、効果の判定は3月29日に行った。
 注3) コントロール(水道水)の生存率: 90.7%
 注4) 殺ダニ剤は、常用濃度の3倍希釈で供試した。
 注5) 補正死亡率(%) = { (コントロールの生存率 - 各殺ダニ剤処理後の生存率) / コントロールの生存率 } × 100
 注6) 効果の判定方法
 補正死亡率 80%以上: 防除効果有り
 80%未満: 防除効果低下

どの花粉を餌として活動・増殖できるため、植物上での定着が非常に良いとされている^{2, 7, 13)}。また、花粉がスワルに適さないサイインゲン²⁾では、代替餌としてホソバヒメガマ *Typha angustifolia* の花粉を供給して、スワルの定着に成功している⁶⁾。そのため、野菜ではスワル放飼前に害虫を徹底防除してから放飼を開始する¹³⁾。一方、カンキツの花粉では、スワルが活動・増殖した事例がない。今回の試験でも、いずれもハウスミカンの開花期にバンカーを設置し、スワルを放飼しているが、ミカンハダニがいない樹上では活動・増殖ができなかったことから、温州ミカンの花粉はスワルの餌として適さないのではないのかと考えられる。また、ハウスミカンでもホソバヒメガマの花粉処理で、スワルの定着促進を試みたが、増殖が確認できなかった(神山, 未発表)。ハウスミカンでの代替餌は、今後検討が必要である。このような状況で、ハウスミカンでスワルを定着させるためには、餌としてのミカンハダニの存在が必要であり、また、乾燥条件でもミカンハダニがいれば、スワルはある程度密度を維持できることから、水分供給源としても必要であろう。ハウスミカンにおけるスワル利用は、放飼後の早い段階からスワルとミカンハダニの密度のバランスをいかにうまく調整できるかが成功の鍵になると考えられる。同じく、ハウスミカンでバンカー設置によるミカンハダニ防除効果を試験した事例では、ミカンハダニが発生していない条件での設置(ゼロ放飼)を基本とする⁴⁾とされているが、第2および3図から設置前にミカンハダニが低密度の発生であれば、必ずしもゼロ放飼である必要はないと示唆された。

むしろ設置時から1か月以内には、低密度でミカンハダニが発生している必要があると考えたため、B園の2019年の試験では、ミカンハダニが発生した状態でバンカーを設置したところ、9日目(落弁期)にチャノホコリダニ防除で殺ダニ剤散布が必要となったものの、ミカンハダニが存在することで、カブリダニ類は2月下旬まで順調に増加して3月中旬まで密度を保ち、ミカンハダニを低密度に抑制したと考えられる。3月下旬以降は、ハウス内の環境条件により、ミカンハダニとカブリダニ類の密度バランスが崩れそうになったため、4月上旬と5月下旬にレスキュー防除を実施し、カブリダニ類と殺ダニ剤の併用で、ミカンハダニ密度を抑えた。よって、1月中旬のバンカー設置によるスワル放飼と3回の殺ダニ剤防除で5月下旬までミカンハダニを抑制したと考えられるが、対照ハウスでは殺ダニ剤を5回散布していることから、2回の殺ダニ剤削減につながったと考える。ハウスミカンにおける農薬散布は手散布となるため、高温のハウス内での作業は非常に重労働である。2回の削

減でも、天敵利用による労力削減効果は十分にあったと考える。

本試験はバンカー設置時期を1月中旬に固定したが、設置後の落弁期に、灰色カビ病防除で殺菌剤を十分量散布した。同じ頃、園によってはチャノホコリダニ防除で殺ダニ剤の散布も行った。これらの防除の前にバンカーを設置しても問題はなかったが、スワルが洗い流されてしまうと考えられるため、満開3週間後にバンカーを設置する試験も行われており、良好な結果が得られている^{4, 5)}。本試験でも2019年のA園で、1月中旬にミカンハダニが発生していなかったため、バンカー設置を満開3週間後に遅らせ、その効果を検証すべきであったが、天敵ハウスおよび対照ハウスともミカンハダニの発生がなく、効果の判断が全くできない結果となった。しかしながら、バンカーの設置時期は、作業性およびミカンハダニの発生状況を考慮し、1月中旬から満開3週間後の間で決定すると良いと考える。

2. ハウス内環境とレスキュー防除

ハウスミカンでは高品質な果実生産を行う管理作業の結果、温度や湿度が低下する時期がある。水切り期とハウス開放がその時期にあたり、特に水切り期後半の湿度の低下とハウス開放後の温湿度の低下は、スワルの活動と増殖を鈍らせる。逆にミカンハダニは乾燥条件を好むうえ、スワルが減るため、増加に転じやすいと考えられる。水切り期後半は、満開80日頃であり、ハウス開放時は満開80日を過ぎているため、果実被害は品質に影響する。そのため、この2つの時期はレスキュー防除実施の判断ポイントと考える。この時期にスワルとミカンハダニの密度のバランスを確認し、要防除水準に迫った場合は、迷わずにレスキュー防除を行うべきであろう。被害を抑制するためには、天敵を手助けするレスキュー防除の要否判断が、天敵利用を成功させるうえで重要であると考えられる。

3. バンカー内の保湿資材について

試験開始当初、バンカー内の保湿資材は多い方が高湿度条件を長く保持し、バンカー内でのスワルの増殖が長く続き、より放出量が増える可能性があると考えられていた。そこで、2017年と2018年は保湿資材を10個封入して試験を実施したが、2018年のB園において、4月6日の2回目設置後に全くと言えるほどスワルがバンカーから放出されなかった。その原因は、2回目設置時期がちょうど水戻し期にあたり、積極的にかん水を実施していたため、ハウス内の湿度が高いうえ、バンカー自体にも水がかかったためではないかと考えられる。バンカー内に保湿資材10個の封入は、数が多過ぎ、バンカー内が結露して、天敵パック製剤が腐敗し、カビが発生したため、ス

ワルの活動及び増殖が妨げられたと思われる。また、1月に設置したバンカー内でもカビの発生が見られたことから、やはり10個は入れ過ぎであろう。一方、2019年では保湿資材を5個封入したところ、パック製剤に固まりが見られず、カビもほとんど発生していなかったため、封入量は5個程度とすることが適当であると考えられる。また、2018年のパック製剤は、下方に水が染みだしたような跡があったことから、保湿資材が直接パック製剤に触れた可能性も考えられる。バンカー内に資材を入れる際、パック製剤をバンカーの上側に詰め、樹に吊したときに、パック製剤が保湿資材に直接触れないようにすることも重要だと思われる。

4. 薬剤抵抗性管理技術としての天敵利用

今回試験を実施した2園でも各種殺ダニ剤に対するミカンハダニの感受性の低下がみられ、特にB園では防除効果が高いと判定された殺ダニ剤は11剤中2剤しか無かった。実際に、2019年のB園の対照ハウスでは殺ダニ剤を連用してもミカンハダニの密度は下がらず、気門封鎖剤の散布により、ようやく密度が低下した。やはり、天敵や気門封鎖剤など、殺ダニ剤に代わる技術の確立は急務であるが、果実に被害が発生しやすいハウスミカンでは、気門封鎖剤も使用できる種類や時期に限られる可能性が高い。天敵の重要性はさらに増すと考えられる。また、天敵利用を考えた場合、感受性が低下した殺ダニ剤は別の使用方法が期待できる。今回の試験で、スワルを定着させるためにミカンハダニの存在が必要と論じているが、レスキュー防除にはある程度感受性が低下した殺ダニ剤が有効であると考えられる。なぜなら、2019年のB園の天敵ハウスにおいて、4月のレスキュー防除で補正死虫率42.7%のアセキノシル水和剤を散布することで、ミカンハダニの密度を下げ、その後増加したスワル(カブリダニ類)で1カ月ほどミカンハダニを低密度に抑えたことから、レスキュー防除はスワルとミカンハダニの密度バランスが崩れたときに使用するため、ミカンハダニの密度がある程度下がれば、再びスワルの防除効果が期待できるからである。感受性が高い剤で、ミカンハダニを一掃してしまうと、かえってスワルが利用できなくなる可能性があるのではないかと考える。ただ、園地ごとに、あるいはハウスごとにミカンハダニの殺ダニ剤感受性低下の程度は異なるうえ、感受性が低下した殺ダニ剤を実際に圃場で使用した場合、どの程度ミカンハダニに効果があるかなど、まだ解明が必要な点は多い。

本研究により、バンカー利用によるスワル放飼は、ハウスミカンのミカンハダニに対して十分な防除効果が得られた。バンカーは、ミカンハダニが発生している場合、

1月中旬から設置し、発生していない場合でも満開3週間後までに設置するとよいと思われ、スワルを定着させるためには、設置時から1カ月以内にはミカンハダニが低密度で発生している状態が必要であると考えられた。また、バンカーを設置してから満開80日までは、スワルでミカンハダニを防除し、満開80日以降にミカンハダニが増加し、要防除水準に近づいた場合は、迷わずレスキュー防除を実施することも重要であることが分かった。さらに、スワルが定着している場合、レスキュー防除剤は多少感受性が低下した剤で効果が得られることも示唆された。今後、スワルの定着促進のために、ミカンハダニ以外の代替餌を検討していく必要はあるが、ハウスミカンにおいて、バンカーシート®によるスワル放飼とレスキュー防除を組み合わせた防除体系により、ミカンハダニの密度抑制は十分可能であると考えられる。

V 引用文献

- 1) 一般社団法人植物防疫協会(2019): 都道府県が設定している要防除水準(果樹). JPP-NET, 一般社団法人植物防疫協会, 東京, http://www.jpnpn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/kaju.pdf (2020年8月28日閲覧)
- 2) 柿元一樹・松比良邦彦・井上栄明・伊藤由香(2017): 異なる作物上における捕食性天敵スワルスキーカブリダニ(ダニ目:カブリダニ科)の定着と増殖の差異. 日本応用動物昆虫学会誌, 61(4), 223-232.
- 3) 金子修二・吉川仁規・杉山泰之(2013): ミカンハダニの夏季の多発生が温州ミカンの樹体生育と果実品質に及ぼす影響. 植物防疫, 67(8), 31-34.
- 4) 川内孝太・田代暢哉・田中義樹・松尾洋一(2020): ハウスミカンにおける天敵を利用したハダニ防除技術. 佐賀県研究成果情報
- 5) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構(2020): 新果樹のハダニ防除マニュアル〜天敵が主役の防除体系
- 6) 松比良邦彦・柿元一樹・徳永太蔵・尾松直志・井上栄明・下田武志・日本典秀・森光太郎・中島哲男・平岡正・蛭原直人(2017): スワルスキーカブリダニの放飼に天敵増殖資材「バンカーシート®」およびホソバヒメガマ花粉処理を組み合わせた場合のサヤインゲンのタバココナジラミに対する防除効果. 九州病害虫研究会報, 63, 86-90.
- 7) 岡崎真一郎・上島慧里子・大坪亮介・神崎悠梨・今村香織・山崎修一・玉嶋勝範(2013): 夏秋ピーマンにおけるスワルスキーカブリダニの微小害虫に対する防除効果およびピーマン花数とスワルスキーカブ

- リダニ密度の関係. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(農業研究部編)第3号.
- 8) 坂野満(2013):カンキツにおける天敵利用を柱とした害虫防除. バイオコントロール, 17(1), 26-30.
- 9) Shimoda, T., Y. Kagawa, K. Mori, H. Hinomoto, T. Hiraoka, and T. Nakajima (2017): A novel method for protecting slow-release sachets of predatory mites against environmental stresses and increasing predator release to crops. *BioControl*, 62, 495-503.
- 10) 杉浦直幸 (2013): 加温施設「不知火」のミカンハダニに対するスワルスキーカブリダニの収穫前防除への利用. 熊本県農業の新しい技術 No.667
- 11) 杉浦直幸 (2014): スワルスキーカブリダニを利用したカンキツミカンハダニの防除～特に, 加温施設「不知火」における9月上旬放飼の効果について～. バイオコントロール, 18 (1), 53 - 60.
- 12) 高嶋庸平(2017): 天敵保護装置「バンカーシート®」を用いた新たなIPM技術. 植物防疫, 71 (3), 51 - 59.
- 13) 山中聡 (2009): スワルスキーカブリダニの特徴と使い方. 植物防疫, 63 (6), 41 - 44.

Summary

Evaluation of Augmentative Biological Control with the Predatory Mite (*Amblyseius swirskii* Athias-Henriot) Using a Sheltered Slow-release Sachet (Banker-Sheet®) and Acaricide Spraying against Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (MCGREGOR) for Greenhouse-grown Satsuma Mandarins

Mitsuko KOHYAMA and Seishi TODA

(Fruit Tree Research Institute)

To explore methods that can effectively control the citrus red mite *Panonychus citri* (MCGREGOR), we examined an augmentative biological control method that uses the predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot along with a sheltered slow-release sachet (Banker-Sheet®) and spraying with Acaricide (which has little effect on *A. swirskii*) as a rescue control method for greenhouse-grown Satsuma mandarins. We conducted a survey in two orchards from mid-January to late May after installing a Banker-Sheet® (equivalent to 200 pieces per 10a) in the middle of January. At the start of the survey, citrus red mites had been observed. In one orchard, citrus red mites were suppressed to a low density until late May without rescue control. In the other orchards, citrus red mites were suppressed to a low density until early March, and then the density gradually increased from mid-March. It was thus necessary to carry out rescue control twice, in early April and late May. The results demonstrated that the combined use of the Banker-Sheet® installation and rescue control controlled the density of citrus red mites to a level that is below the economic injury level until late May. Generally, predatory mites are released after target pests are thoroughly controlled, however, we observed that even when the citrus red mites had already appeared at low density in greenhouse-grown Satsuma mandarins, they could be sufficiently controlled by releasing *A. swirskii* with a Banker-Sheet® and rescue control.

Key words: greenhouse-grown Satsuma mandarins, *Panonychus citri*, *Amblyseius swirskii*, sheltered slow-release sachet (Banker-Sheet®), rescue control