

# 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

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| 誌名    | 九州病害虫研究会報                            |
| ISSN  | 03856410                             |
| 著者    | 大野, 豪<br>宮城, 聡子<br>喜久村, 智子<br>貴島, 圭介 |
| 巻/号   | 56巻                                  |
| 掲載ページ | p. 58-65                             |
| 発行年月  | 2010年11月                             |

## 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

大野 豪<sup>1)</sup>・宮城 聡子<sup>2)</sup>・喜久村智子<sup>1)</sup>・貴島 圭介<sup>1)</sup>  
(<sup>1)</sup>沖縄県農業研究センター・<sup>2)</sup>沖縄県農業研究センター宮古島支所)

**Effect of several commercial pesticides on the survival of nine *Tetranychus* species (Acari: Tetranychidae) inhabiting Okinawa, southwestern Japan.** Suguru Ohno<sup>1)</sup>, Akiko Miyagi<sup>2)</sup>, Tomoko Ganaha-Kikumura<sup>1)</sup> and Keisuke Kijima<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, Itoman, Okinawa 901-0336, Japan, <sup>2)</sup>Miyakojima Branch, Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, Miyakojima, Okinawa 906-0012, Japan)

The insecticidal effect of 28 commercial agrochemicals on nine *Tetranychus* species inhabiting Okinawa was examined under laboratory conditions. The two-spotted spider mite, *T. urticae* (green form), was resistant to the majority of tested agrochemicals including organophosphate insecticides, synthetic pyrethroid insecticides, and pyrazole acaricides. Some new specific acaricides and spiracle-blocking insecticides were effective against this species. Synthetic pyrethroid insecticides, pyrazole acaricides, and several other chemicals were less effective against a local population of the Kanzawa spider mite, *T. kanzawai*, but they were effective against another population of this species. While *T. okinawanus* and *T. piercei* were susceptible to the majority of the specific acaricides, some of the non-specific insecticides were less effective against these species. The other five species (*T. neocaledonicus*, *T. ludeni*, *T. pueraricola*, *T. parakanzawai* and *T. phaselus*), which are not dominant on crops in Okinawa, showed susceptibility to most of the agrochemicals tested, except a few non-specific insecticides. The present results suggest that *T. urticae* (green form) and *T. kanzawai* would be more difficult to control than other *Tetranychus* species in Okinawa using agrochemicals, even though the frequency of occurrence of *T. okinawanus* and *T. piercei* on crops is currently higher than that of the two species.

**Key words :** chemical control, cross resistance, pesticide susceptibility, Ryukyus, spider mites

### 緒 言

*Tetranychus* 属 (ハダニ科) には野菜・果樹・花卉等の農作物を加害する害虫種が多数含まれ、日本本土と台湾においては、この属のハダニとしてナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green form) とカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* Kishida が最も主要な害虫である (例えば、江原・真梶, 1996; Ho, 2000)。一方、両地域の間位置する沖縄においては、これまでに両地域および他地域においては主要害虫とはみなされていなかった 2 種 (ナンゴクナミハダニ *Tetranychus okinawanus* Ehara とミヤラナミハダニ *Tetranychus piercei* McGregor) が、上記 2 種と同等の、あるいはそれらを上回る頻度で野菜類を加害し

ていることが最近明らかにされた (Ohno et al., 2009; 大野ら, 2010)。さらに Ohno et al. (2009) は、日本本土と台湾に分布する重要害虫 2 種、ナミハダニ赤色型 *T. urticae* (red form) とイシイナミハダニ *Tetranychus truncatus* Ehara が沖縄では発見されず、他の同属 4 種が野菜類に寄生していることを示した。このように、沖縄の害虫ハダニの種構成は近隣地域とは顕著に異なるため、本地域独自のハダニ類の防除対策が必要となりうる。このような防除対策の必要性を考慮する上で、個々のハダニ種に対する各種農薬の殺虫効果の徹底した調査が欠かせないが、沖縄の *Tetranychus* 属については、これまでにナンゴクナミハダニ 1 個体群の薬剤感受性が、限られた種類の農薬を用いて調べられたのみである (Goka et al., 1998)。

そこで本研究では、沖縄に分布する *Tetranychus* 属9種を対象に、28種類の市販農薬の殺虫効果を調べた。

本文に入るに先立ち、ハダニの採集に協力して下さった松山隆志・澤峯哲也（沖縄県農業研究センター）・大石 毅（同センター宮古島支所）・安藤緑樹（沖縄県病害虫防除技術センター八重山駐在）、供試個体群の一部を同定して下さった後藤哲雄（茨城大学）、および実験作業を手伝って下さった徳元桐子・来間美紀（沖縄県農業研究センター）の諸氏にお礼申し上げます。

## 材料および方法

### 1. 供試虫, 使用農薬および実験条件

試験に用いた *Tetranychus* 属の採集情報を Table 1 に示す。ハダニは採集後、雌雄成虫の形態（江原・後藤, 2009）に基づいて種同定した。これらのハダニは種ごとに、野外から採集したシマグワ *Morus australis* Poir. (クワ科) のリーフディスク（葉を直径約6 cmの円形に切り出し、水道水を十分に含ませた同直径かつ厚さ15mmのスポンジ上に葉裏を上にして置いたもの）上に置き、これをさらに、逃亡防止および保湿のための水を張った直径9 cmのプラスチック製シャーレに入れた状態で、25±1℃, 14L10Dの条件に設定された室内で累代飼育した。沖縄の作物に寄生する *Tetranychus* 属8種（Ohno et al., 2009）のうち、主要種であるナミハダニ黄緑型、カンザワハダニ、ナンゴクナミハダニおよびミヤラナミハダニについては、それぞれ異なる島由来の2個体群を用い、残り4種（ナンセイナミハダニ *Tetranychus neocaledonicus* André, アシノワハダニ *Tetranychus ludeni* Zacher, ナミハダニモドキ *Tetranychus pueraricola* Ehara & Gotoh, ニセカンザワハダニ

*Tetranychus parakanzawai* Ehara) については1個体群ずつを用いた。ニセカンザワハダニについては、今回は作物を加害している個体群が得られなかったため、クサトベラ *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. (クサトベラ科) に寄生していた個体群（Ohno et al., 2010）を試験に用いた。さらに、これら8種を対象とした試験作業の開始後、琉球列島から初記録となるサガミナミハダニ *Tetranychus phaselus* Ehara が西表島のヤンバルツルハッカ *Leucas chinensis* (Retz.) R. Br. (シソ科, 寄主初記録) から採集された (Table 1)。本種は日本本土においてはマメ科作物に寄生することが知られるため（Ehara, 1960; 森ら, 2008）、沖縄の作物からも今後発見されうる可能性を考慮して、本種に対しても同様に農薬の殺虫効果を調べた。

処理区にはハダニ類に登録のある28種類の農薬を蒸留水で常用濃度に希釈したもの (Table 2) を、対照区には蒸留水を用いた。試験用のハダニの接種には、水道水で洗浄したインゲンマメ（品種：大正金時）の本葉を、コルクボーラーを用いて直径2cmの円形にくり抜いたリーフディスクを用いた。リーフディスクはペーパータオルで葉裏の水気を取り、水道水を十分に含ませたスポンジ上に葉裏を上にして1晩置いたのち、葉裏が湿っていないものを選んで使用した。ハダニの接種、計数および農薬処理は、リーフディスクがスポンジ上に置かれた状態で、主として江原・真梶 (1996) および Goka et al. (1998) に示されている方法を参考にし、卵と雌成虫のそれぞれにつき以下に行った。処理後のリーフディスクは25±0.6℃, 14L10Dに設定された恒温器内に保管した。試験期間中の恒温器内の相対湿度は平均86% (範囲64-95%) であった。

Table 1 Collection information of *Tetranychus* populations tested in the present study

| Species                          | Locality <sup>b)</sup>                            | Date          | Original host (habitat)                             |
|----------------------------------|---|---------------|---|
| <i>T. urticae</i> (green form)   | Okinawa Is. : Ginoza, Ginoza Village              | Apr. 21, 2008 | Strawberry (greenhouse)                             |
|                                  | Miyako Is. : Hirara-Nishizato, Miyakojima City    | Nov. 11, 2008 | Wax gourd (greenhouse)                              |
| <i>T. kanzawai</i>               | Okinawa Is. : Kochinda, Yaese Town                | Apr. 21, 2008 | Kidney bean (open field)                            |
|                                  | Irabu Is. : Irabu-sawada, Miyakojima City         | May 4, 2008   | Papaya (open field)                                 |
| <i>T. okinawanus</i>             | Okinawa Is. : Makabe, Itoman City                 | Jun. 10, 2008 | Eggplant (greenhouse)                               |
|                                  | Ishigaki Is. : Ibaruma, Ishigaki City             | Jun. 13, 2008 | Kidney bean (open field)                            |
| <i>T. piercei</i>                | Okinawa Is. : Sakiyama, Nakijin Village           | Aug. 28, 2008 | Watermelon (greenhouse)                             |
|                                  | Ishigaki Is. : Nosokohigashitahara, Ishigaki City | Mar. 19, 2008 | Eggplant (greenhouse)                               |
| <i>T. neocaledonicus</i>         | Ishigaki Is. : Ibaruma, Ishigaki City             | Mar. 19, 2008 | Eggplant (open field)                               |
| <i>T. ludeni</i>                 | Okinawa Is. : Toyozaki, Tomigusuku City           | Mar. 31, 2008 | Kidney bean (open field)                            |
| <i>T. pueraricola</i>            | Okinawa Is. : Yoza, Yaese Town                    | Aug. 15, 2008 | Winged bean (open field)                            |
| <i>T. parakanzawai</i>           | Okinawa Is. : Nakasone, Nakijin Village           | Apr. 25, 2009 | <i>Scaevola taccada</i> (seashore)                  |
| <i>T. phaselus</i> <sup>a)</sup> | Iriomote Is. : Komi, Taketomi Town                | Jul. 9, 2009  | <i>Leucas chinensis</i> <sup>c)</sup> (forest edge) |

a) This species was newly recorded in Okinawa. b) Is.: Island. c) Newly recorded host.

## 2. 卵に対する殺虫効果

リーフディスク1枚あたり雌成虫8-12頭を筆を用いて接種し、産卵させた。翌日、成虫を除去し、さらに1晩置いた卵に対して農薬を散布した。実体顕微鏡下で卵を数えたのち、容量1,000mlのハンドスプレー(ダイヤスプレー・アルファ、(株)フルプラ)を用い、おおむね30cmの高さから、リーフディスク全体が濡れるように農薬(または蒸留水)を散布した。散布から144時間(6日)後に、リーフディスク上の未孵化卵を実体顕微鏡下で数えた。2009年5月から9月(ただし、サガミナミハダニについては同年8月から9月)の間に、以上の作業を28農薬(および蒸留水)と13個体群の各組み合わせにつき2回または3回繰り返す(各処理区の総リーフディスク数は3-5枚、合計供試卵数は101-283個)、合計供試卵数と合計未孵化卵数から死亡率を算出した。各個体群につき、それぞれの薬剤処理区の死亡率を対照区のそれと対してFisherの正確確率検定で比較したのち、得られた有意確率が、有意水準5%を検定数28で割った値より小さい場合に有意差ありと判定した(Bonferroni法)。対照区より死亡率が有意に高かった処理区については、

Abbott(1925)の補正式を用いて補正死亡率の算出を行った。

## 3. 雌成虫に対する殺虫効果

リーフディスク1枚あたり雌成虫6-10頭を接種し、1晩置いて定着させたのち、死亡あるいは衰弱している個体を除去してから卵の場合と同様に農薬を散布した。散布から72時間(3日)後にリーフディスク上の生存虫と死亡虫(筆で触れても動かない個体)を実体顕微鏡下で数えた。2009年5月から9月(サガミナミハダニについては8月から9月)の間に、以上の作業を28農薬(および蒸留水)と13個体群の各組み合わせにつき2回から4回繰り返す(各処理区の総リーフディスク数は7-16枚、合計供試個体数は54-146頭)、合計生存虫数と合計死亡虫数から死亡率を算出したのち、卵の場合と同様に統計検定と補正死亡率を算出した。

## 結果および考察

Tables 3-5に、今回調べたハダニ9種の卵および雌成虫に対する28種の農薬の殺虫効果を補正死亡率で示した(表中の「-」は、補正前の死亡率が対照区の

Table 2 Pesticides tested in the present study

| Type of pesticide                      | Japanese common name (brand name)             | Active component (%)                          | Dilution |
|--|---|---|----------|
| Organophosphate                        | ジメトエート乳剤(ジメトエート乳剤)                            | Dimethoate (43.0)                             | ×1,000   |
|  | 馬拉ソン乳剤(馬拉ソン乳剤)                                | Malathion (50.0)                              | ×2,000   |
|  | プロチオホス乳剤(トクチオン <sup>®</sup> 乳剤)               | Prothiofos (45.0)                             | ×1,000   |
| Organochlorine                         | テトラジホン乳剤(テデオ <sup>®</sup> 乳剤)                 | Tetradifon (8.0)                              | ×500     |
| Organotin                              | 酸化フェンブタスズ水和剤(オサダン <sup>®</sup> フロアブル)         | Fenbutatin oxide (48.0)                       | ×2,000   |
| Synthetic pyrethroid                   | ビフェントリン水和剤(テルスター <sup>®</sup> 水和剤)            | Bifenthrin (2.0)                              | ×1,000   |
|  | フェンプロバトリン乳剤(ロディー <sup>®</sup> 乳剤)             | Fenpropathrin (10.0)                          | ×1,000   |
| Pyrazole series                        | フェンピロキシメート水和剤(ダニトロン <sup>®</sup> フロアブル)       | Fenpyroximate (5.0)                           | ×2,000   |
|  | ピリダベン水和剤(サンマイト <sup>®</sup> フロアブル)            | Pyridaben (20.0)                              | ×1,000   |
|  | ピリミジフェン水和剤(マイトクリーン <sup>®</sup> )             | Pyrimidifen (4.0)                             | ×2,000   |
|  | テブフェンピラド乳剤(ピラニカ <sup>®</sup> EW)              | Tebufenpyrad (10.0)                           | ×2,000   |
| Quinoxaline series                     | キノキサリン系水和剤(モレスタン <sup>®</sup> 水和剤)            | Quinoxaline compound (25.0)                   | ×2,000   |
| Oxazole series                         | エトキサゾール水和剤(バロック <sup>®</sup> フロアブル)           | Etoxazole (10.0)                              | ×2,000   |
| Macrolide                              | エマメクチン安息香酸塩乳剤(アフアーム <sup>®</sup> 乳剤)          | Emamectin benzoate (1.0)                      | ×2,000   |
| IGR                                    | ミルベメクチン乳剤(コロマイト <sup>®</sup> 乳剤)              | Milbemectin A3 (0.3), milbemectin A4 (0.7)    | ×1,000   |
|  | フルフェノクスロン乳剤(カスケード <sup>®</sup> 乳剤)            | Flufenoxuron (10.0)                           | ×2,000   |
|  | ヘキシチアゾクス水和剤(ニッソラン <sup>®</sup> 水和剤)           | Hexythiazox (10.0)                            | ×2,000   |
| Spiracle blocking                      | 脂肪酸グリセリド乳剤(サンクリスタル <sup>®</sup> 乳剤)           | Decanoyloctanoylglycerol (90.0)               | ×600     |
|  | デンブン液剤(粘着くん <sup>®</sup> 液剤)                  | Hydroxypropyl starch (5.0)                    | ×100     |
|  | マシン油乳剤(アタックオイル <sup>®</sup> )                 | Machine oil (97.0)                            | ×100     |
| Other acaricide                        | プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤(アカリタッチ <sup>®</sup> 乳剤) | Propylene glycol fatty acid monoesters (70.0) | ×1,000   |
|  | アセキノシル水和剤(カネマイト <sup>®</sup> フロアブル)           | Acequinocyl (15.0)                            | ×1,000   |
|  | アミトラズ乳剤(ダニカット <sup>®</sup> 乳剤20)              | Amitraz (20.0)                                | ×800     |
|  | ビフェナゼート水和剤(マイトコーネ <sup>®</sup> フロアブル)         | Bifenazate (20.0)                             | ×1,000   |
|  | クロルフェナピル水和剤(コテツ <sup>®</sup> フロアブル)           | Chlorfenapyr (10.0)                           | ×2,000   |
|  | シエノピラフェン水和剤(スターマイト <sup>®</sup> フロアブル)        | Cyfenopirafen (30.0)                          | ×2,000   |
|  | シフルメトフェン水和剤(ダニサラバ <sup>®</sup> フロアブル)         | Cyflumetofen (20.0)                           | ×1,000   |
| スピロメシフェン水和剤(ダニゲッター <sup>®</sup> フロアブル) | Spiromesifen (30.0)                           | ×2,000  |          |

それより有意に高くなく、したがって補正死亡率を算出しなかったことを示す)。多くの農薬において、殺虫効果はハダニの種間あるいは個体群間で異なった(詳細は以下参照)。以下では、調べたハダニの種ごとに結果を説明し、過去の知見とも関連させて議論する。各農薬の殺虫効果の程度については便宜的に、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」として扱う。

#### 1. ナミハダニ黄緑型 (Table 3)

本種は今回調べたハダニ9種の中で、効果が低いと判定された農薬の種類が最も多かった。有機リン系、有機塩素系、有機スズ系、合成ピレスロイド系、ピラゾール系およびIGR剤の計13剤 (Table 2も参照)は、本種の卵と成虫のいずれかまたは両方に対する効果が低かった。他の地域において、本種は非選択的殺虫剤

から選択的殺ダニ剤に至るまで、さまざまな農薬に抵抗性を発達させていることが明らかにされてきた(例えば、桑原ら, 1983; Goka, 1999; 小林ら, 2001)。本研究の結果は、沖縄の個体群も、他個体群と同様に多種の農薬に対する抵抗性を獲得している可能性を強く示唆する。沖縄においては、本種は今のところナンゴクナミハダニやミヤラナミハダニと同等の、あるいはそれより低い頻度でしか発見されていないものの (Ohno et al., 2009; 大野ら, 2010)、今後、農薬の使用によって他種ハダニの防除が適切になされた場合に、本種の被害が顕在化する可能性がある。

一方、今回調べた2個体群の双方を通じて、卵と成虫のいずれかまたは両方への殺虫効果が高かった農薬は、キノキサリン系、マクロライド系の2剤、気門封鎖型殺虫剤のプロピレングリコールモノ脂肪酸エステル、そして他の殺ダニ剤6剤 (アセキノシル, アミト

Table 3 Corrected mortality rates (%) of *T. urticae* (green form) and *T. kanzawai* after pesticide application<sup>a)</sup>

|  | <i>T. urticae</i> (green form) |              |               |              | <i>T. kanzawai</i> |              |              |              |
|--|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
|  | Okinawa Island                 |              | Miyako Island |              | Okinawa Island     |              | Irabu Island |              |
|  | Egg                            | Adult female | Egg           | Adult female | Egg                | Adult female | Egg          | Adult female |
| Dimethoate                             | 27.6                           | -            | 19.0          | -            | -                  | -            | -            | 41.1         |
| Malathion                              | -                              | -            | -             | -            | -                  | -            | -            | -            |
| Prothiofos                             | -                              | -            | 18.1          | -            | 41.4               | 100.0        | 59.3         | 90.8         |
| Tetradifon                             | 87.3                           | -            | 42.3          | 69.8         | 100.0              | -            | 100.0        | 32.2         |
| Fenbutatin oxide                       | -                              | -            | 69.4          | -            | 48.7               | -            | -            | 78.3         |
| Bifenthrin                             | -                              | -            | 94.3          | -            | 44.1               | -            | 100.0        | 89.0         |
| Fenprothrin                            | -                              | -            | 27.3          | -            | -                  | -            | 57.9         | 92.7         |
| Fenpyroximate                          | -                              | -            | -             | -            | 64.3               | 37.1         | 100.0        | 100.0        |
| Pyridaben                              | -                              | -            | 23.4          | -            | 98.1               | 51.7         | 100.0        | 91.4         |
| Pyrimidifen                            | 47.5                           | -            | 50.6          | -            | 100.0              | 85.9         | 100.0        | 100.0        |
| Tebufofenpyrad                         | 30.5                           | -            | 64.5          | -            | 100.0              | 94.2         | 100.0        | 100.0        |
| Quinoxaline compound                   | 97.8                           | -            | 100.0         | -            | 100.0              | -            | 100.0        | -            |
| Etoazole                               | 97.9                           | -            | -             | -            | 100.0              | -            | 98.6         | -            |
| Emamectin benzoate                     | 45.9                           | 100.0        | -             | 100.0        | 29.5               | 100.0        | 37.5         | 100.0        |
| Milbemectin                            | 100.0                          | 71.0         | 94.9          | -            | 100.0              | 100.0        | 91.3         | 96.2         |
| Flufenoxuron                           | -                              | 46.8         | 19.5          | -            | 28.2               | -            | 49.2         | -            |
| Hexythiazox                            | 34.5                           | -            | -             | -            | 94.6               | -            | 98.6         | -            |
| Decanoyloctanoylglycerol               | -                              | 36.2         | 25.4          | -            | 18.6               | -            | -            | -            |
| Hydroxypropyl starch                   | -                              | 75.3         | -             | 94.5         | -                  | 84.8         | 48.7         | 55.2         |
| Machine oil                            | 65.8                           | -            | 65.9          | -            | 59.0               | 56.2         | 72.7         | -            |
| Propylene glycol fatty acid monoesters | -                              | 100.0        | -             | 100.0        | -                  | -            | -            | -            |
| Acequinocyl                            | 98.4                           | 71.9         | 98.6          | 100.0        | 100.0              | 100.0        | 100.0        | 100.0        |
| Amitraz                                | 82.5                           | 95.2         | 86.3          | 100.0        | 100.0              | 94.1         | 100.0        | 94.7         |
| Bifenazate                             | 62.2                           | 85.3         | 75.3          | 100.0        | 99.4               | 100.0        | 100.0        | 100.0        |
| Chlorfenapyr                           | 99.4                           | 43.7         | 98.7          | 67.3         | 100.0              | 100.0        | 100.0        | 100.0        |
| Cyflumetofen                           | 94.2                           | 100.0        | 98.1          | 100.0        | 100.0              | 100.0        | 98.2         | 100.0        |
| Cyflumetofen                           | 91.8                           | 95.7         | 87.1          | 100.0        | 98.5               | 100.0        | 100.0        | 100.0        |
| Spiromesifen                           | 100.0                          | -            | 98.5          | -            | 100.0              | -            | 100.0        | -            |

a) Mortality in eggs and adults was recorded 144h and 72h after application of pesticides, respectively, at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 14L10D. Abbott's (1925) corrected mortality rate was calculated only when the row mortality was significantly higher than that of the control (distilled water application) (Fisher's exact tests followed by Bonferroni adjustment,  $P = 0.05$ ); "-" indicates that row mortality did not differ significantly from that of control. See Tables 1 and 2 for detailed information on the populations and pesticides used, respectively.

ラズ、クロルフェナピル、シエノピラフェン、シフルメトフェン、スピロメシフェン)の10種類であった。これらの農薬のうち9種類は今回調べた同属他種の大半に対しても同様な高い効果を示したが、プロピレングリコールモノ脂肪酸エステルは、いずれの種においても殺卵効果は弱いものの、雌成虫についてはナミハダニ黄緑型にのみ高い効果を示した (Tables 4, 5および以下参照)。類似した結果は、国内の他地域におけるナミハダニ黄緑型とカンザワハダニに対しても認められている (宮田・増田, 2006)。これらの結果は、今後の本種の防除対策において本剤が重要な位置を占めうることを示唆する。

いくつかの農薬の殺虫効果の程度は、本種の沖縄本島個体群と宮古島個体群との間で顕著に異なり、薬剤感受性の個体群間変異が示された。さらに、異なる農薬の殺虫効果の程度が個体群間で逆転する場合もあった。例えば、エトキサゾールは沖縄本島個体群の卵に対しては高い効果を示したが宮古島個体群の卵には効果が低く、ピフェントリンはその逆であった。このような事実は、これら農薬間に負相関の交差抵抗性 (Chapman and Penman, 1979) が生じている可能性を示唆する。エトキサゾールの例では、ナミハダニ黄緑型を用いて抵抗性系統を選抜すると、同時にピフェナゼートへの感受性が上昇することが知られる (Lee et al., 2004)。本研究においても、ピフェントリンの場合ほど顕著ではないが、宮古島個体群よりも沖縄個体群のほうがピフェナゼートの効果が低かった。負相関の交差抵抗性の存在は薬剤抵抗性管理において重要になりうるため、沖縄の個体群についても今後詳しく調べる必要がある。

## 2. カンザワハダニ (Table 3)

本種はハダニ9種の中で、効果が低いと判定された農薬の種類がナミハダニ黄緑型に次いで多く、また2個体群間でいくつかの農薬の効果が顕著に異なった。すなわち、有機リン系、有機塩素系、有機スズ系、合成ピレスロイド系およびピラゾール系のいくつかの農薬の殺虫効果は、伊良部島個体群よりも沖縄本島個体群で低かった。気門封鎖型殺虫剤については、高い殺虫効果を示したものはなかった。日本本土においては、ナミハダニ黄緑型の薬剤感受性が総じて低いのにに対し、本種は寄主や地域によって感受性が大きく変異することが知られている (例えば、桑原ら, 1983; 浜村, 1984)。本研究により、沖縄においてもこうした個体群間変異があることが示された。沖縄においては、本種はナンゴクナミハダニやミヤラナミハダニと比べ

と発見頻度が同等かあるいはより低いものの (Ohno et al., 2009; 大野ら, 2010)、本研究で明らかにされたように、殺ダニ剤の効果が低い個体群も実際に沖縄に分布しているため、今後本種による被害が顕在化する可能性があるのは、ナミハダニ黄緑型の場合と同様である。

## 3. ナンゴクナミハダニ (Table 4)

今回調べた殺虫剤・殺ダニ剤の多くが、卵と雌成虫のいずれかまたは両方に高い殺虫効果を示した。この結果は、現時点ではこれらの農薬の散布を主体とした防除が本種に対して有効であることを示唆する。Goka et al. (1998) は、サツマイモ由来の本種1個体群の14種類の農薬に対する感受性を調べ、一部の農薬を除いて総じて感受性が高いことを示しており、本研究の結果はこれと合致した。一方で、フルフェノクスロン、ピフェナゼートおよびクロルフェナピルの3剤については、他種に対しては高い殺卵効果を示すことが多かったものの (Table 3, Table 5)、本種の卵には効果が低かった。本種のフルフェノクスロンへの低い感受性はGoka et al. (1998) が既に報告しているが、他の2剤の効果が低いことは本研究で初めて示された。気門封鎖型殺虫剤については、本種に対して高い殺虫効果を示したものはなかった。

## 4. ミヤラナミハダニ (Table 4)

本種もナンゴクナミハダニと同様、気門封鎖型殺虫剤を除く農薬の多くが、卵と雌成虫のいずれかまたは両方に高い殺虫効果を示し、本種の防除におけるこれらの農薬の有効性が示唆された。一方、酸化フェンブタズとピリダベンでは、成虫に対する効果が低いか中程度であり、ナンゴクナミハダニの場合と異なった。本種に対する農薬の効果については、これまで中国において数種の農薬を用いた試験が行われたのみであり (Fu et al., 2004)、多種の農薬について調べたのは本研究が初めてである。また、いくつかの農薬の殺虫効果の程度が個体群間で異なる場合があり、例えばフェンプロパトリンは、沖縄本島個体群には中程度の殺卵効果を示したが石垣島個体群には効果が低かった。この結果は本種の薬剤感受性に個体群間変異が生じていることを示唆するため、今後、他個体群も含めたより詳細な感受性調査や選抜実験によって、本種の感受性変異の実態を明らかにする必要がある。

## 5. ナンセイナミハダニ, アシノワハダニ, ナミハダニモドキ, ニセカンザワハダニおよびサガミナミハダニ (Table 5)

いずれの種についても、気門封鎖型殺虫剤を除く多

くの農薬が、卵と成虫のいずれかまたは両方に高い効果を示したため、前出4種と比べると利用可能な農薬が多く、農薬散布を主体とした防除が有効であることが示唆される。ただし、酸化フェンブタズの効果は、ナンセイナミハダニとサガミナミハダニの成虫を除いて、低いか中程度であった。ナミハダニモドキは、他種では効果が中程度以下であったマラソンの成虫への効果が高く、他種と比べて特異的であった。

## 6. 総論

本研究により、沖縄に分布する *Tetranychus* 属ハダニ類に対する各種農薬の殺虫効果が初めて包括的に調べられ、いくつかの農薬の殺虫効果がハダニの種や個体群によって顕著に異なることが明らかにされた。今後は、個々のハダニの種に対する殺虫効果が高いと判定された農薬が、野外の様々な作物において同様の効果を示すかどうかを確かめる必要がある。今回観察された、ハダニの種によって殺虫効果が顕著に異なる事例のメカニズムについては不明な点が多いが、各農薬

の代謝活性あるいは皮膚や卵殻への浸透性の種間差に起因していることが考えられる。こうした種間差に関する情報は、各ハダニ種における薬剤抵抗性発達のリスクを評価する上でも重要であり、さらなる研究の進展が望まれる。

沖縄に分布するハダニの種によって農薬の殺虫効果が異なるという事実は、本地域の農業現場での実際の防除作業において、ハダニの種を特定した上で使用農薬を選ぶことが必要となる場合があることを示す。とりわけ、ナミハダニ黄緑型では多種の農薬の効果が低いいため、本種が主要種となりうる地域や栽培環境（大野ら、2010を参照）においては、本種と他の同属種を区別した上で、散布する農薬を選択することが最も重要になる。ナミハダニ黄緑型の雌成虫は、その名が示すとおり淡黄緑色の体色を呈するが、国産の同属種には同様の体色を示すものは発見されておらず（主として赤色；江原・後藤、2009）、農業現場における肉眼やルーペによる本種と他種の識別は比較的容易である

Table 4 Corrected mortality rates (%) of *T. okinawanus* and *T. piercei* after pesticide application<sup>a)</sup>

|  | <i>T. okinawanus</i> |              |                 |              | <i>T. piercei</i> |              |                 |              |
|--|----------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
|  | Okinawa Island       |              | Ishigaki Island |              | Okinawa Island    |              | Ishigaki Island |              |
|  | Egg                  | Adult female | Egg             | Adult female | Egg               | Adult female | Egg             | Adult female |
| Dimethoate                             | 76.4                 | 100.0        | 68.8            | 100.0        | 66.3              | 100.0        | 68.4            | 100.0        |
| Malathion                              | -                    | 78.8         | -               | 80.4         | -                 | 75.4         | 54.5            | 60.2         |
| Prothiofos                             | 100.0                | 100.0        | 100.0           | 100.0        | 94.4              | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Tetradifon                             | 98.5                 | 49.9         | 100.0           | 37.8         | 100.0             | -            | 99.1            | -            |
| Fenbutatin oxide                       | 59.3                 | 100.0        | -               | 100.0        | 43.3              | 73.9         | 63.0            | 60.4         |
| Bifenthrin                             | 97.8                 | 96.6         | 99.0            | 100.0        | 93.0              | 82.7         | 82.9            | 93.2         |
| Fenpropathrin                          | 99.2                 | 100.0        | 98.3            | 100.0        | 70.4              | 100.0        | -               | 100.0        |
| Fenpyroximate                          | 100.0                | 100.0        | 100.0           | 100.0        | 97.0              | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Pyridaben                              | 100.0                | 95.0         | 100.0           | 100.0        | 99.0              | 89.5         | 99.3            | 72.1         |
| Pyrimidifen                            | 100.0                | 100.0        | 98.3            | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 98.0            | 95.5         |
| Tebufenpyrad                           | 100.0                | 100.0        | 99.3            | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 99.2            | 100.0        |
| Quinoxaline compound                   | 100.0                | 35.6         | 99.0            | 35.1         | 100.0             | -            | 94.3            | -            |
| Etoxazole                              | 98.1                 | -            | 100.0           | -            | 100.0             | -            | 98.6            | -            |
| Emamectin benzoate                     | -                    | 100.0        | 38.2            | 100.0        | 37.7              | 100.0        | 50.2            | 100.0        |
| Milbemectin                            | 100.0                | 94.7         | 99.1            | 86.0         | 97.8              | 96.4         | 98.3            | 91.5         |
| Flufenoxuron                           | 15.6                 | -            | -               | -            | 100.0             | -            | 97.7            | -            |
| Hexythiazox                            | 100.0                | -            | 100.0           | -            | 100.0             | -            | 98.4            | -            |
| Decanoylectanoylglycerol               | -                    | 42.9         | -               | -            | -                 | -            | -               | -            |
| Hydroxypropyl starch                   | -                    | 80.8         | -               | 76.0         | 26.9              | 82.3         | 55.5            | 79.6         |
| Machine oil                            | 74.1                 | 43.0         | 54.3            | 46.7         | 63.7              | 40.1         | 48.3            | -            |
| Propylene glycol fatty acid monoesters | -                    | 40.4         | -               | 74.8         | -                 | 44.0         | -               | -            |
| Acequinocyl                            | 100.0                | 100.0        | 97.1            | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Amitraz                                | 100.0                | 100.0        | 100.0           | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Bifenazate                             | 45.5                 | 100.0        | 25.6            | 100.0        | 97.4              | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Chlorfenapyr                           | 53.7                 | 100.0        | 58.9            | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Cyfenopryafen                          | 97.8                 | 100.0        | 100.0           | 100.0        | 98.5              | 100.0        | 99.0            | 100.0        |
| Cyflumetofen                           | 100.0                | 100.0        | 98.0            | 100.0        | 100.0             | 100.0        | 100.0           | 100.0        |
| Spiromesifen                           | 100.0                | -            | 100.0           | -            | 100.0             | -            | 98.0            | -            |

a) See Table 3 footnotes for methods and other notes.

と考えられる。ナミハダニ黄緑型が発見された場合は、まずはプロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤等の気門封鎖型薬剤の連続散布による防除を試み、個体群を抑圧できなかった場合には、今回効果が高いと判定された殺ダニ剤のうち当該作物に登録があるものを選んで散布するのが好ましい。次に重要となるのが、いくつかの主要殺虫剤・殺ダニ剤の効果が低い場合があるカンザワハダニと、他の赤色の同属種の区別である。これらの種は、実体顕微鏡下では雌雄成虫等の体色の組み合わせによる識別がある程度可能であるが(江原・後藤, 2009)(ただし、ニセカンザワハダニ沖縄個体群とカンザワハダニの識別は実体顕微鏡下では困難である; 筆者らによる観察), 肉眼やルーペによる農業現場での識別には困難が伴うものと考えられる。このため、暫定的な対処法ではあるが、赤色の本属ハダニの発生が確認された場合、まずは従来の主要殺虫剤・殺ダニ剤散布による防除を試み、効果がみられなかった場合はカンザワハダニであることを疑って別の

農薬を選択することが、現時点では得策である。なお、沖縄の最西端に位置する八重山地域においては、ナミハダニ黄緑型が発見されたことはなく、カンザワハダニも非常に稀であるため(Ohno et al., 2009, 2010; 大野ら, 2010), このような農業現場における種の区別は、本地域においては今のところ必要ないであろう。

## 引用文献

- Abbott, W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Chapman, R. B. and D. R. Penman (1979) Negatively correlated cross-resistance to a synthetic pyrethroid in organo-phosphorus-resistant *Tetranychus urticae*. *Nature* 281: 298-299.
- Ehara, S. (1960) On some Japanese tetranychid mites of economic importance. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 4: 234-241.

Table 5 Corrected mortality rates (%) of five *Tetranychus* species after pesticide application<sup>a)</sup>

|  | <i>T. neocaledonicus</i> |              | <i>T. ludeni</i> |              | <i>T. pueraricola</i> |              | <i>T. parakanzawai</i> |              | <i>T. phaselus</i> |              |
|--|--------------------------|--------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|
|  | Egg                      | Adult female | Egg              | Adult female | Egg                   | Adult female | Egg                    | Adult female | Egg                | Adult female |
| Dimethoate                             | 97.9                     | 100.0        | -                | 100.0        | 74.5                  | 100.0        | -                      | 98.1         | -                  | 93.6         |
| Malathion                              | 33.5                     | 35.3         | 25.6             | 70.5         | -                     | 96.6         | 23.1                   | 88.3         | -                  | 58.3         |
| Prothiofos                             | 97.9                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 78.5                  | 100.0        | 100.0                  | 100.0        | 69.1               | 100.0        |
| Tetradifon                             | 99.0                     | -            | 100.0            | -            | 100.0                 | 54.4         | 100.0                  | 44.1         | 100.0              | -            |
| Fenbutatin oxide                       | 71.0                     | 96.3         | 46.4             | 78.5         | 88.2                  | 89.7         | 69.4                   | 78.3         | 21.7               | 90.1         |
| Bifenthrin                             | 98.5                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 100.0                 | 94.2         | 75.5                   | 95.0         | 100.0              | 100.0        |
| Fenpropathrin                          | 93.7                     | 98.1         | 49.0             | 94.4         | 82.8                  | 100.0        | 59.9                   | 100.0        | -                  | 88.5         |
| Fenpyroximate                          | 92.2                     | 100.0        | 97.3             | 100.0        | 97.3                  | 100.0        | 98.9                   | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Pyridaben                              | 98.6                     | 100.0        | 99.0             | 100.0        | 96.2                  | 98.2         | 100.0                  | 78.5         | 100.0              | 100.0        |
| Pyrimidifen                            | 99.2                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 100.0                 | 100.0        | 99.0                   | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Tebufenpyrad                           | 99.1                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 96.9                  | 100.0        | 99.0                   | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Quinoxaline compound                   | 99.3                     | -            | 100.0            | -            | 98.8                  | -            | 99.0                   | 64.1         | 96.1               | -            |
| Etoxazole                              | 99.2                     | -            | 100.0            | -            | 98.6                  | -            | 98.9                   | -            | 99.2               | -            |
| Emamectin benzoate                     | 10.0                     | 100.0        | 56.8             | 100.0        | -                     | 100.0        | 35.1                   | 100.0        | -                  | 100.0        |
| Milbemectin                            | 99.0                     | 96.1         | 98.0             | 95.3         | 100.0                 | 91.1         | 100.0                  | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Flufenoxuron                           | 97.4                     | -            | 97.5             | 34.5         | 94.5                  | -            | 79.9                   | -            | 95.5               | -            |
| Hexythiazox                            | 98.6                     | -            | 100.0            | -            | 100.0                 | -            | 100.0                  | -            | 100.0              | -            |
| Decanoylectanoylglycerol               | -                        | -            | -                | -            | -                     | 29.5         | -                      | -            | -                  | -            |
| Hydroxypropyl starch                   | 24.0                     | 65.5         | -                | 94.0         | -                     | 70.3         | -                      | 58.1         | 22.8               | 38.1         |
| Machine oil                            | 46.8                     | 45.2         | 45.2             | 52.4         | 29.5                  | 37.3         | 50.3                   | 32.9         | 63.2               | 33.3         |
| Propylene glycol fatty acid monoesters | 11.1                     | 39.4         | -                | 86.5         | 47.4                  | 50.5         | -                      | 62.9         | -                  | 37.4         |
| Acequinocyl                            | 100.0                    | 100.0        | 97.6             | 100.0        | 99.0                  | 100.0        | 100.0                  | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Amitraz                                | 99.1                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 97.4                  | 98.1         | 100.0                  | 100.0        | 99.2               | 100.0        |
| Bifenazate                             | 100.0                    | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 98.6                  | 100.0        | 97.9                   | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Chlorfenapyr                           | 97.4                     | 100.0        | 100.0            | 100.0        | 100.0                 | 100.0        | 100.0                  | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Cyfenoprafen                           | 100.0                    | 100.0        | 97.8             | 100.0        | 100.0                 | 100.0        | 98.1                   | 100.0        | 100.0              | 100.0        |
| Cyflumetofen                           | 99.0                     | 100.0        | 94.4             | 100.0        | 86.6                  | 100.0        | 96.5                   | 100.0        | 99.1               | 100.0        |
| Spiromesifen                           | 97.6                     | -            | 100.0            | 31.4         | 100.0                 | -            | 100.0                  | -            | 98.2               | -            |

a) See Table 3 footnotes for methods and other notes.



- 江原昭三・後藤哲雄(編)(2009)原色植物ダニ検索図鑑. 全国農村教育協会(東京), pp. vi + 349.
- 江原昭三・真梶徳純(編)(1996)植物ダニ学. 全国農村教育協会(東京), pp. 419.
- Fu, Y., F. Zhang, K. Liu, Y. Zhong, Z. Peng and Q. Jin (2004) Observation on bionomics of *Tetranychus piercei* McGregor and determination of toxicities of insecticides to it. Chinese J. Trop. Crops 25 : 66-71 (in Chinese with English abstract).
- Goka, K. (1999) The effect of patch size and persistence of host plants on the development of acaricide resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae). Exp. Appl. Acarol. 23 : 419-427.
- Goka, K., Y. Yoshida and A. Takafuji (1998) Acaricide susceptibility of the spider mite, *Tetranychus okinawanus* Ehara. Appl. Entomol. Zool. 33 : 171-173.
- 浜村徹三(1984)チャとクサギから採集したカンザワハダニ2系統の殺ダニ剤に対する感受性. 茶業技術研究66 : 26-32.
- Ho, C. (2000) Spider-mite problems and control in Taiwan. Exp. Appl. Acarol. 24 : 453-462.
- 小林政信・小林茂之・西森俊英(2001)一部地域で発見されたエトキサゾールに対して感受性の低いナミハダニ. 応動昆45 : 83-88.
- 桑原雅彦・沢田正明・久保田篤男・岩田直記(1983)野菜・花きに寄生するカンザワハダニとナミハダニの薬剤感受性. 応動昆27 : 289-294.
- Lee, S., K. Ahn, C. Kim, S. Shin and G. Kim (2004) Inheritance and stability of etoxazole resistance in twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, and its cross resistance. Korean J. Appl. Entomol. 43 : 43-48.
- 宮田将秀・増田俊雄(2006)ナミハダニおよびカンザワハダニに対する気門封鎖型薬剤の殺虫効果. 北日本病虫研報57 : 177-181.
- 森 克彦・高木一夫・柑本俊樹・後藤哲雄・小林政信(2008)グイズにおけるハダニおよび天敵類の発生活長と殺虫剤散布の影響. 応動昆52 : 215-223.
- Ohno, S., A. Miyagi, T. Ganaha-Kikumura, T. Gotoh, K. Kijima, T. Ooishi, C. Moromizato, D. Haraguchi, K. Yonamine and T. Uesato (2010) Non-crop host plants of *Tetranychus* spider mites (Acari : Tetranychidae) in the field in Okinawa, Japan: Determination of possible sources of pest species and inference on the cause of peculiar mite fauna on crops. Appl. Entomol. Zool. 45 : 465-475
- Ohno, S., A. Miyagi, T. Ganaha-Kikumura, T. Gotoh, Y. Kitashima, T. Ooishi, T. Ando, K. Kijima, K. Futagami, T. Uesato and K. Yasuda (2009) Species composition of spider mites (Acari: Tetranychidae) on vegetables in Okinawa, southwestern Japan. Appl. Entomol. Zool. 44 : 628-633.
- 大野 豪・宮城聡子・後藤哲雄(2010)沖縄県において野菜類を加害するハダニの特異な種構成. 植物防疫64 : 291-294.

(2010年1月28日受領 : 6月18日受理)