土着広食性カブリダニ 4 種 (ダニ目: カブリダニ科) に対する 各種殺菌剤の影響

岸本 英成^{1,*}・柳沼 勝彦¹・降幡 駿介¹・伊藤 伝¹
八重樫 元^{1,†}・外山 晶敏²

¹農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域

²農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門生産・流通研究領域

Effects of Fungicides on Four Native Generalist Phytoseiid Species (Acari: Phytoseiidae). Hidenari KISHIMOTO,^{1,*} Katsuhiko YAGINUMA,¹ Shunsuke FURIHATA,¹ Tsutae ITO,¹ Hajime YAEGASHI^{1,†} and Masatoshi TOYAMA² ¹Division of Apple Research, Institute of Fruit Tree and Tea Science, NARO; 92–24 Shimokuriyagawa Nabeyashiki, Morioka, Iwate 020–0123, Japan. ²Division of Fruit Production and Postharvest Science, Institute of Fruit Tree and Tea Science, NARO; 2–1 Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305–8605, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 64: 175–182 (2020)

Abstract: The toxicity of 29 fungicides was tested against 4 native phytoseiid species, namely, *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski, *Amblyseius tsugawai* Ehara, *Euseius sojaensis* (Ehara), and *Typhlodromus vulgaris* Ehara (Acari: Phytoseiidae), which are abundantly found in fruit tree orchards in Japan. Mancozeb and propineb were toxic to the immature individuals of all 4 species and to the fecundity of adult females of *E. sojaensis* and *A. eharai*. Thiuram was harmless or slightly toxic to *A. eharai*, *A. tsugawai*, and *T. vulgaris*, whereas it was toxic to *E. sojaensis*. Sulphur and polyoxin were toxic to the immature individuals of all four species. Benomyl and thiophanate-methyl reduced the fecundity of *A. eharai*, *A. tsugawai*, and *E. sojaensis*. Fluazinam was toxic to immature individuals and the fecundity of adult females of *E. sojaensis* and moderately toxic to *A. eharai* and *A. tsugawai*. Iminoctadine triacetate was toxic to immature individuals of *E. sojaensis*. Fluoroimide was also moderately toxic to immature individuals of *E. sojaensis*. On the other hand, basic copper sulfate, oxine-copper, captan, chlorothalonil, iminoctadine tris (albesilate), dithianon, difenoconazole, hexaconazole, imibenconazole, tebuconazole, fluopyram, inpyrfluxam, isopyrazam, penthiopyrad, pyraziflumid, cyprodinil, kresoxim-methyl, pyribencarb, and trifloxystrobin were harmless to all 4 species.

Key words: Phytoseiid mite; generalist; fungicide; toxicity; fruit tree

緒 言

果樹の害虫防除において天敵を活用する際には、これらに影響の小さい農薬を用いた病害虫防除体系の構築が必要不可欠である (舟山, 2018; 増井ら, 2018)。これまで、著者らは果樹園における土着天敵を利用したハダニなどの微小害虫防除技術の確立に向けて、日本国内の果樹園で多く観察される広食性カブリダニ類 4 種、ニセラーゴカブリダニ *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski, ミチノクカブリダニ *Amblyseius tsugawai* Ehara, コウズケカブリダニ *Euseius sojaensis* (Ehara), およびフツウカブリダニ *Typhlodromus*

vulgaris Ehara (ダニ目: カブリダニ科) について、各種果樹で使用される主要殺虫剤、殺ダニ剤の影響を明らかにしてきた (岸本ら, 2018)。

一方、殺菌剤についても、慣行殺菌剤散布体系によってニホンナシ *Pyrus pyrifolia* Nakai でカブリダニの種構成が変化する例 (Kishimoto, 2002)、およびリンゴ *Malus pumila* Mill. でフツウカブリダニが低密度となる例 (舟山, 2010) が報告されている。しかし、土着カブリダニ類に対する各種殺菌剤の影響評価の知見は少なく、特に広食性カブリダニ種での報告は柏尾・田中 (1979) などに限られていることから、影響評価の情報を蓄積する必要がある。そこで、

* E-mail: kisimoto@affrc.go.jp

† 現在 富山県農林水産総合技術センター・園芸研究所

†† Present address: Horticultural Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center, 288 Goroumaru, Tonami, Toyama 939–1327, Japan.

2020 年 5 月 25 日受領 (Received 25 May 2020)

2020 年 8 月 7 日登載決定 (Accepted 7 August 2020)

DOI: 10.1303/jjaez.2020.175

本研究では上記広食性カブリダニ類4種を対象に、各種果樹で使用される主要な殺菌剤の影響を調査した。

本研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「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」によって行われた。

材料および方法

実験で使用した広食性カブリダニ4種は岸本ら(2018)で使用した系統で、いずれも農薬散布がない果樹および果樹園近傍の植生から1種あたり雌成虫16個体以上採集し、22~23°C, 16L:8D条件下でKishimoto(2005)の飼育装置を用いてチャ *Camellia sinensis* (L.) Kuntze 花粉を餌として累代飼育したものである。供試薬剤として、各種果樹で登録のある殺菌剤の中から29剤選定した(Table 1)。これらの薬剤の系統分類については、FRACコード日本版(2019年3月)(Japan Fungicide Resistance Action Committee, 2019)に従った。原則として、各薬剤は各種果樹で登録されている常用濃度のうち最も高い濃度に希釈し、展着剤は添加しなかった。対照区には、岸本ら(2018)の蒸留水散布のデータを使用した。

成虫および卵に対する感受性検定方法も岸本ら(2018)と同様とした。成虫については、プラスチックシャーレ(直径9cm, 深さ1.4cm)内に湿らせた脱脂綿と黒色ティッシュペーパーを敷いた上に昆虫飼育容器のメッシュ付き蓋(SPL Life Sciences Co., Ltd., SPL-310050; 直径5cm, 高さ0.8cm)を置き、カブリダニの活動空間(以下、アリーナ)とした。ここに、成虫化後10日以内のカブリダニ各種の肥大した成熟雌成虫を10個体導入し、30分後に國本ら(2017)による模型塗装用エアブラシを利用した薬剤散布装置を用いて、薬液を4mg/cm²散布した。風乾後、アリーナのメッシュ部分に黒色フェルト(5mm×5mm, 厚さ1mm)を設置し、チャ花粉を追加して、25°C, 16L:8D, 90±10% RH条件の恒温器内に移し、処理48時間後に雌成虫の生死と産卵数を調査した。

卵については、岸本ら(2018)の方法で、各種カブリダニの雌成虫約30個体を採卵装置上に導入し、1cm×0.5cmに切った剥離紙付きベルベット布(株式会社大創産業、貼れる布ベルベットタイプ(黒))に、25°C, 16L:8D, 90±10% RH条件下で24時間産卵させた。その後、剥離紙付きベルベット布あたりのカブリダニ卵数を12~13個に調整したのち、ベルベット面を上にして、雌成虫の場合と同じ要領で感受性検定装置のアリーナのメッシュ部分に設置し、薬液を4mg/cm²散布した。風乾後、剥離紙付きベルベット布をベルベット面が下になるように裏返して設置し、25°C, 16L:8D, 90±10% RH条件の恒温器内に移して散布2日後より孵化の有無、幼若虫の生死、および成虫までの発育の有無を毎日観察した。餌のチャ花粉は、散布1

日後から1日おきに追加した。

生死の判定においては、歩行不能個体も死亡とみなし、逃亡個体については死亡率の算出から除外した。1薬剤3反復とし、Abbott(1925)の補正式を用いて補正死亡率を算出した。なお、補正死亡率(以下、死亡率とする)がマイナスの値を示した場合は0%とした。

結果および考察

Table 1a~dに、各薬剤処理におけるカブリダニ4種の雌成虫の死亡率、1区(雌成虫10個体)あたり産卵数、および卵から成虫への発育中の死亡率、さらに死亡率に基づくIOBC/WPRSが定めた室内検定試験での影響区分(Amano and Haseeb, 2001)を示す。各種薬剤を散布した場合の逃亡個体は、各種雌成虫では1薬剤あたり30個体供試したうち9個体(30%)以下、また、卵への散布試験では1薬剤あたり36~38個体供試したうち11%以下であった。

各種雌成虫の生存に対する影響は、コウズケカブリダニが多作用点接触活性化化合物であるジチオカーバメート類(FRACコード:M3)(以下、FRACコード略)のプロピネブとマンゼブに対して90%以上の死亡率を示し、IOBC/WPRSの影響区分で3(中)に分類された。しかし、その他の殺菌剤は4種の成虫に対し死亡率は低い傾向にあり、大部分の殺菌剤で死亡率が30%未満の影響なしに分類された。

一方、卵への散布による成育期間中の死亡率、雌成虫への散布後の産卵数については、殺菌剤間およびカブリダニ種間で影響の大きさに差が見られた。無機化合物である水和硫黄(M2)では、卵への散布でいずれの種も発育中に全ての個体が死亡した。また、ジチオカーバメート類についてはマンゼブおよびプロピネブでは、卵への散布で発育中に全ての個体が死亡した。さらに、産卵数についてもコウズケカブリダニでは大きく減少し、ニセラーゴカブリダニも対照区の半分程度に減少した。チウラムではコウズケカブリダニで発育中の死亡率が96.9%と高く、雌成虫の産卵数も大きく減少した。しかし、他の3種では発育中の死亡率は23.7~67.6%、雌成虫の産卵数は対照区と同程度となり、上記2剤と比較して悪影響は小さかった。

無機硫黄剤およびジチオカーバメート類のカブリダニ類に対する悪影響は多くの報告例があり(Ioriatti et al., 1992; Angeli and Ioriatti, 1994; Bernard et al., 2004; Bostanian et al., 2009)、日本国内についてもニセラーゴカブリダニ(柏尾・田中, 1979)では水和硫黄、マンゼブ、プロピネブ、マンネブに対して、またミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* (McGregor)(片山ら, 2012)ではマンゼブ、マンネブに対して悪影響が大きいことが報告されている。本研究の結果でも、水和硫黄、マンゼブおよびプロピネブがニセ

Table 1. Effects of various fungicides on adult females and immature individuals of four phytoseiid species using the spraying method

a) *Amblyseius eharai*

FRAC code ^a	Fungicides (Formulation, %AI) ^b	Dilution	Adult females				Egg to adult		
			<i>n</i>	Corrected mortality (%) ^c	TC ^d	No. of eggs oviposited by 10 females ^c (Mean±SE) ^e	<i>n</i>	Corrected mortality (%)	TC ^d
M1	Basic copper sulfate (WP, 58.0)	400	30	13.3	1	29.0±4.0	35	2.9	1
M1	Oxine-copper (WP, 40.0)	400	28	0	1	31.0±1.2	37	5.4	1
M2	Sulphur (FL, 52.0)	400	29	27.6	1	20.0±2.1	35	100	4
M3	Mancozeb (WP, 80.0)	400	30	6.7	1	14.3±1.8	36	100	4
M3	Propineb (WDG, 70.0)	500	28	10.7	1	12.7±3.0	36	100	4
M3	Thiuram (FL, 40.0)	500	29	17.2	1	23.3±0.7	34	67.6	2
M4	Captan (WP, 80.0)	500	28	0	1	37.3±2.2	35	2.9	1
M5	Chlorothalonil (FL, 53.0)	1,000	25	4.0	1	16.0±3.0	35	0	1
M7	Iminoctadine triacetate (SL, 25.0)	1,000	27	0	1	29.7±0.7	35	28.6	1
M7	Iminoctadine tris(albesilate) (FL, 30.0)	1,000	21	9.5	1	18.0±1.0	37	10.8	1
M9	Dithianon (FL, 42.0)	600	28	0	1	30.7±3.3	36	0	1
M11	Fluoroimide (WDG, 75.0)	1,500	28	7.1	1	28.3±2.3	34	8.8	1
1	Benomyl (WP, 50.0)	2,000	30	6.7	1	9.0±0.6	35	54.8	2
1	Thiophanate-methyl (WP, 70.0)	1,000	29	10.3	1	10.3±0.3	38	0	1
3	Difenoconazole (WP, 10.0)	2,000	30	3.3	1	29.7±1.2	36	2.8	1
3	Hexaconazole (FL, 2.0)	1,000	25	0	1	30.0±4.0	34	0	1
3	Imibenconazole (DF, 30.0)	2,000	28	0	1	20.0±3.6	35	8.6	1
3	Tebuconazole (FL, 20.0)	2,000	28	10.7	1	28.3±0.7	35	8.6	1
7	Fluopyram (FL, 41.7)	4,000	30	10.0	1	26.0±1.5	36	5.6	1
7	Inpyrfluxam (FL, 37.0)	4,000	30	6.7	1	23.3±0.7	36	8.3	1
7	Isopyrazam (FL, 18.7)	1,500	25	0	1	33.0±1.5	36	5.6	1
7	Penthiopyrad (FL, 15.0)	1,500	28	0	1	27.0±2.1	36	11.1	1
7	Pyraziflumid (FL, 15.0)	2,000	27	0	1	31.3±2.3	36	0	1
9	Cyprodinil (WDG, 50.0)	1,000	30	6.7	1	24.0±1.5	34	2.9	1
11	Kresoxim-methyl (DF, 50.0)	2,000	24	8.3	1	27.0±2.0	36	5.6	1
11	Pyribencarb (WDG, 40.0)	2,000	25	4.0	1	21.7±1.9	36	2.8	1
11	Trifloxystrobin (FL, 25.0)	1,500	29	3.4	1	36.7±3.3	37	8.1	1
19	Polyoxin (WP, 10.0)	500	30	6.7	1	23.3±1.2	36	100	4
29	Fluazinam (SC, 39.5)	2,000	25	12.0	1	15.0±2.9	36	91.7	3
Control									
	Water ^f		28	0		27.0±2.0	35	0	

^aFRAC code number indicates the classification prepared by the Japan Fungicide Resistance Action Committee (2019).

^bDF: dry flowable, FL: flowable, SC: suspension concentrate, SL: soluble concentrate, WDG: water dispersible granule, WP: wettable powder, %AI: percentage of active ingredient.

^c48 h after treatment.

^dIOBC/WPRS categorization of toxicities of pesticides based on their corrected mortalities: 1 (not harmful): <30%, 2 (slightly harmful): 30–79%, 3 (moderately harmful): 80–99%, 4 (seriously harmful): 99%<.

^eThree replicates were tested for each fungicide.

^fData for water were taken from Kishimoto et al. (2018).

ラーゴカブリダニだけでなく他の広食性カブリダニ種についても発育および雌成虫の産卵に対して悪影響が大きいことが示された。一方、ジチオカーバメート類の中でもジラムや metiram ではカブリダニ類に悪影響の小さい例も知られ (Angeli and Ioriatti, 1994; Bostanian et al., 1998; Bernard et al., 2004), 今回の結果では、チウラムがニセラーゴカブ

リダニ, ミチノクカブリダニ, フツウカブリダニに対して比較的悪影響が小さい傾向が示された。

メチルベンゾイミダゾールカーバメート類 (1) のベノミルおよびチオファネートメチルでは, 主に雌成虫の産卵数に悪影響を及ぼす傾向にあり, ニセラーゴカブリダニ, ミチノクカブリダニ, コウズケカブリダニで大きく産卵数

Table 1. Continued

FRAC code	Fungicides (Formulation, %AI)	Dilution	Adult females				Egg to adult		
			n	Corrected mortality (%)	TC	No. of eggs oviposited by 10 females (Mean±SE)	n	Corrected mortality (%)	TC
M1	Basic copper sulfate (WP, 58.0)	400	30	0	1	30.3±1.2	36	35.0	2
M1	Oxine-copper (WP, 40.0)	400	30	3.3	1	31.3±2.9	35	0	1
M2	Sulphur (FL, 52.0)	400	29	0	1	32.0±2.5	36	100	4
M3	Mancozeb (WP, 80.0)	400	30	6.7	1	23.7±2.2	36	100	4
M3	Propineb (WDG, 70.0)	500	26	11.5	1	19.7±1.9	35	100	4
M3	Thiuram (FL, 40.0)	500	29	0	1	30.0±5.0	36	36.1	2
M4	Captan (WP, 80.0)	500	29	0	1	35.6±0.3	36	0	1
M5	Chlorothalonil (FL, 53.0)	1,000	30	0	1	24.3±4.4	34	0	1
M7	Iminoctadine triacetate (SL, 25.0)	1,000	30	0	1	33.7±4.1	36	0	1
M7	Iminoctadine tris(albesilate) (FL, 30.0)	1,000	28	0	1	27.7±2.2	36	5.6	1
M9	Dithianon (FL, 42.0)	600	30	0	1	29.0±1.0	36	13.9	1
M11	Fluoroimide (WDG, 75.0)	1,500	29	0	1	37.7±2.0	37	2.7	1
1	Benomyl (WP, 50.0)	2,000	30	0	1	4.7±0.9	34	94.1	3
1	Thiophanate-methyl (WP, 70.0)	1,000	30	0	1	8.3±2.2	36	5.6	1
3	Difenoconazole (WP, 10.0)	2,000	25	4.0	1	29.3±2.7	36	0	1
3	Hexaconazole (FL, 2.0)	1,000	29	0	1	37.3±5.2	36	2.8	1
3	Imibenconazole (DF, 30.0)	2,000	30	0	1	33.7±3.2	36	2.8	1
3	Tebuconazole (FL, 20.0)	2,000	30	0	1	33.0±3.1	36	0	1
7	Fluopyram (FL, 41.7)	4,000	30	0	1	22.3±0.3	35	2.9	1
7	Inpyrfluxam (FL, 37.0)	4,000	30	0	1	20.7±3.0	36	2.8	1
7	Isopyrazam (FL, 18.7)	1,500	28	0	1	25.3±2.7	36	2.8	1
7	Penthiopyrad (FL, 15.0)	1,500	29	3.4	1	27.0±2.1	34	0	1
7	Pyraziflumid (FL, 15.0)	2,000	28	3.6	1	29.0±1.5	38	5.3	1
9	Cyprodinil (WDG, 50.0)	1,000	29	0	1	24.7±1.9	34	0	1
11	Kresoxim-methyl (DF, 50.0)	2,000	30	0	1	38.3±5.2	36	0	1
11	Pyribencarb (WDG, 40.0)	2,000	26	0	1	29.3±4.9	36	0	1
11	Trifloxystrobin (FL, 25.0)	1,500	30	0	1	39.0±3.2	36	2.8	1
19	Polyoxin (WP, 10.0)	500	30	0	1	34.7±0.7	36	100	4
29	Fluazinam (SC, 39.5)	2,000	30	3.3	1	22.7±0.9	36	11.1	1
Control									
	Water		30	0		28.3±1.9	36	0	

が減少した。また、ベノミルはコウズケカブリダニの発育中の死亡率が100%、ミチノクカブリダニでも94.1%と高かった。本グループについてもカブリダニ類に悪影響を及ぼす例が報告され (Nakashima and Croft, 1974; Alston and Thomson, 2004; Bernard et al., 2010), 日本国内でも柏尾・田中 (1979) がニセラーゴカブリダニにおいて雌成虫の産卵数に悪影響を及ぼすこと、またベノミルについては卵からの発育にも悪影響を及ぼすことを報告している。本研究でもニセラーゴカブリダニに加えてコウズケカブリダニ、ミチノクカブリダニで同様の傾向を示した。一方、ミヤコカブリダニでは、ベノミルに対して発育に悪影響がないことが報告されている (片山ら, 2012)。本研究の結果でも

フツウカブリダニについては2剤とも発育、産卵に悪影響は見られなかった。

ポリオキシシン水和剤 (19) では、いずれの種も雌成虫に対しての悪影響は見られなかった一方で、発育中に全ての個体が死亡した。本剤については、これまで、*Typhlodromus pyri* Scheuten (Sekita, 1986) やケナガカブリダニ *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Park et al., 1996) で成虫の生存に悪影響がないことが知られていたが、発育への影響は調べられていなかった。本研究で供試した4種については、いずれも発育に悪影響が大きいことが示された。

フルアジナム (29) では、コウズケカブリダニの発育中の死亡率が100%、ニセラーゴカブリダニでは91.7%と高

Table 1. Continued

c) *Euseius sojaensis*

FRAC code	Fungicides (Formulation, %AI)	Dilution	Adult females				Egg to adult		
			<i>n</i>	Corrected mortality (%)	TC	No. of eggs oviposited by 10 females (Mean±SE)	<i>n</i>	Corrected mortality (%)	TC
M1	Basic copper sulfate (WP, 58.0)	400	28	7.1	1	28.0±0.6	37	0	1
M1	Oxine-copper (WP, 40.0)	400	30	0	1	28.0±4.7	35	0.2	1
M2	Sulphur (FL, 52.0)	400	24	62.5	2	18.0±3.1	36	100	4
M3	Mancozeb (WP, 80.0)	400	30	90.0	3	2.0±0.5	35	100	4
M3	Propineb (WDG, 70.0)	500	36	94.4	3	2.6±0.7	35	100	4
M3	Thiuram (FL, 40.0)	500	30	33.3	2	7.3±3.2	34	96.9	3
M4	Captan (WP, 80.0)	500	30	0	1	30.0±1.5	34	0.3	1
M5	Chlorothalonil (FL, 53.0)	1,000	29	10.3	1	23.3±1.9	35	24.4	1
M7	Iminoctadine triacetate (SL, 25.0)	1,000	30	33.3	2	20.7±3.7	36	100	4
M7	Iminoctadine tris(albesilate) (FL, 30.0)	1,000	29	6.9	1	29.7±2.3	37	19.9	1
M9	Dithianon (FL, 42.0)	600	29	10.3	1	27.0±4.2	36	0	1
M11	Fluoroimide (WDG, 75.0)	1,500	30	6.7	1	30.7±1.7	35	84.9	3
1	Benomyl (WP, 50.0)	2,000	29	10.3	1	4.7±0.3	36	100	4
1	Thiophanate-methyl (WP, 70.0)	1,000	30	36.7	2	6.7±0.9	35	24.4	1
3	Difenoconazole (WP, 10.0)	2,000	30	6.7	1	37.0±0.6	36	0	1
3	Hexaconazole (FL, 2.0)	1,000	30	3.3	1	32.0±1.7	35	18.3	1
3	Imibenconazole (DF, 30.0)	2,000	29	6.9	1	17.7±1.5	33	7.0	1
3	Tebuconazole (FL, 20.0)	2,000	30	6.7	1	29.7±0.7	36	0	1
7	Fluopyram (FL, 41.7)	4,000	29	0	1	27.3±1.9	36	0	1
7	Inpyrfluxam (FL, 37.0)	4,000	30	3.3	1	20.6±3.0	36	20.6	1
7	Isopyrazam (FL, 18.7)	1,500	30	13.3	1	25.0±1.7	37	0	1
7	Penthiopyrad (FL, 15.0)	1,500	30	3.3	1	25.3±1.5	35	18.3	1
7	Pyraziflumid (FL, 15.0)	2,000	30	6.7	1	21.3±2.3	36	0	1
9	Cyprodinil (WDG, 50.0)	1,000	30	3.3	1	23.3±3.3	36	26.5	1
11	Kresoxim-methyl (DF, 50.0)	2,000	30	13.3	1	24.0±4.9	36	0	1
11	Pyribencarb (WDG, 40.0)	2,000	30	3.3	1	33.3±2.8	37	11.3	1
11	Trifloxystrobin (FL, 25.0)	1,500	29	10.3	1	28.3±2.3	36	29.4	1
19	Polyoxin (WP, 10.0)	500	30	10.0	1	31.7±6.4	36	100	4
29	Fluazinam (SC, 39.5)	2,000	30	33.3	2	13.0±0.6	36	100	4
Control									
	Water		30	0		26.0±1.2	36	5.6	

く、またフツウカブリダニでも73.5%と高い傾向にあった。これらの3種カブリダニでは産卵数も対照区の半分程度とやや少ない傾向にあった。多作用点接触活性化化合物であるグアニジン類(M7)のうち、イミノクタジン酢酸塩ではコウズケカブリダニの発育中の死亡率が100%と悪影響が大きかった。これら2剤はミヤコカブリダニでは悪影響が見られなかったが(片山ら, 2012)、本研究では一部の種で発育に悪影響を及ぼすことが示された。また、本研究ではマレイミド類(M11)のフルオルイミドもコウズケカブリダニの発育中の死亡率が84.9%で影響度中と悪影響を及ぼすことが示された。

一方、多作用点接触活性化化合物のうち、無機化合物で

ある塩基性硫酸銅(M1)、有機銅(M1)、フタルイミド類(M4)のキャプタン、クロロニトリル類(M5)のTPN、グアニジン類のイミノクタジンアルベシル酸塩、キノン類(M9)のジチアノン、また、ステロール生合成阻害剤(以下、DMI殺菌剤)(3)のジフェノコナゾール、ヘキサコナゾール、イミベンコナゾール、テブコナゾール、コハク酸脱水素酵素阻害剤(以下、SDHI殺菌剤)(7)のフルオピラム、インピルフルキサム、イソピラザム、ペンチオピラド、ピラジフルミド、アニリノピリミジン殺菌剤(以下、AP殺菌剤)(9)のシプロジニル、およびQo阻害剤(以下、QoI殺菌剤)(11)のクレソキシムメチル、ピリベンカルブ、トリフロキシストロビンについては、いずれのカブリ

Table 1. Continued

d) *Typhlodromus vulgaris*

FRAC code	Fungicides (Formulation, %AI)	Dilution	Adult females				Egg to adult		
			<i>n</i>	Corrected mortality (%)	TC	No. of eggs oviposited by 10 females (Mean±SE)	<i>n</i>	Corrected mortality (%)	TC
M1	Basic copper sulfate (WP, 58.0)	400	28	3.6	1	32.3±2.3	37	2.7	1
M1	Oxine-copper (WP, 40.0)	400	30	0	1	35.3±2.0	35	5.7	1
M2	Sulphur (FL, 52.0)	400	28	0	1	24.0±1.0	36	100	4
M3	Mancozeb (WP, 80.0)	400	28	46.4	2	14.7±0.7	35	100	4
M3	Propineb (WDG, 70.0)	500	28	3.6	1	18.0±1.5	36	100	4
M3	Thiuram (FL, 40.0)	500	38	28.9	1	28.3±1.9	38	23.7	1
M4	Captan (WP, 80.0)	500	29	0	1	32.0±3.5	35	5.7	1
M5	Chlorothalonil (FL, 53.0)	1,000	28	7.1	1	19.0±2.6	37	5.4	1
M7	Iminoctadine triacetate (SL, 25.0)	1,000	30	3.3	1	23.3±3.2	32	53.1	2
M7	Iminoctadine tris(albesilate) (FL, 30.0)	1,000	30	3.3	1	32.0±1.5	37	29.7	1
M9	Dithianon (FL, 42.0)	600	27	0	1	24.7±1.9	35	2.9	1
M11	Fluoroimide (WDG, 75.0)	1,500	29	0	1	29.7±2.0	33	9.1	1
1	Benomyl (WP, 50.0)	2,000	30	0	1	24.3±0.8	35	2.8	1
1	Thiophanate-methyl (WP, 70.0)	1,000	30	0	1	24.6±1.5	36	5.6	1
3	Difenoconazole (WP, 10.0)	2,000	30	6.7	1	23.3±2.2	36	0	1
3	Hexaconazole (FL, 2.0)	1,000	29	3.4	1	24.0±1.5	36	2.8	1
3	Imibenconazole (DF, 30.0)	2,000	30	0	1	21.0±3.2	36	0	1
3	Tebuconazole (FL, 20.0)	2,000	30	6.7	1	25.7±2.2	36	5.6	1
7	Fluopyram (FL, 41.7)	4,000	30	0	1	26.6±2.0	36	11.1	1
7	Inpyrfluxam (FL, 37.0)	4,000	29	6.9	1	25.0±2.6	36	0	1
7	Isopyrazam (FL, 18.7)	1,500	30	0	1	28.7±1.8	36	8.3	1
7	Penthiopyrad (FL, 15.0)	1,500	30	0	1	20.0±0.6	36	0	1
7	Pyraziflumid (FL, 15.0)	2,000	30	6.7	1	23.0±1.7	35	8.6	1
9	Cyprodinil (WDG, 50.0)	1,000	27	0	1	24.0±4.0	36	5.6	1
11	Kresoxim-methyl (DF, 50.0)	2,000	29	3.4	1	27.3±1.2	36	2.8	1
11	Pyribencarb (WDG, 40.0)	2,000	28	0	1	30.0±5.6	35	8.6	1
11	Trifloxystrobin (FL, 25.0)	1,500	30	0	1	30.3±0.8	36	0	1
19	Polyoxin (WP, 10.0)	500	30	0	1	22.7±1.2	36	100	4
29	Fluazinam (SC, 39.5)	2,000	29	10.3	1	13.0±2.3	34	73.5	2
Control									
	Water		30	0		27.0±1.0	36	0	

ダニ種も発育中の死亡率が低く、産卵数にも悪影響が見られなかった。これまでカブリダニ類に影響の小さい薬剤として、無機、有機銅殺菌剤 (柏尾・田中, 1979; Bernard et al., 2010), キャプタン (Bostanian et al., 1998), TPN (柏尾・田中, 1979; Bernard et al., 2010), イミノクタジンアルベシル酸塩 (片山ら, 2012), ジチアノン (柏尾・田中, 1979; Ioriatti et al., 1992; Angeli and Ioriatti, 1994; Bernard et al., 2004; 片山ら, 2012), DMI 殺菌剤 (Bostanian et al., 1998, 2009; Alston and Thomson, 2004; 片山ら, 2012), SDHI 殺菌剤 (Bernard et al., 2004; Bostanian et al., 2009), AP 殺菌剤 (片山ら, 2012), QoI 殺菌剤 (Alston and Thomson, 2004; Bernard et al., 2004; Bostanian et al., 2009; 片山ら, 2012) が

報告されてきた。これらの殺菌剤は、本研究で供試したカブリダニ 4 種に対しても影響が小さい傾向を示したことから、果樹園の主要な広食性カブリダニ類を保護する病害防除体系に利用可能と考えられた。

本研究の結果から、果樹で多く観察される広食性カブリダニ類 4 種に対する主要殺菌剤の影響度合いが明らかとなり、これらカブリダニ類を天敵として活用するうえでは、殺菌剤の選択にも十分に配慮する必要があると考えられた。一方で、今回悪影響が明らかになった殺菌剤の中には、果樹の重要病害に対する基幹防除剤として利用されているケースも多く、例えば、ジチオカーバメート系殺菌剤は、カンキツの黒点病防除で年に 3~4 回散布されている

(井沼ら, 2010). このため, これら殺菌剤については, 野外散布試験でのカブリダニ各種の動態や残効性など長期的な影響の知見も蓄積し, 散布時期などの検討によってハダニ防除への悪影響が軽減可能か明らかにするとともに, 代替殺菌剤による防除体系の構築 (副島ら, 2015) の検討を進める必要がある.

また, 病害防除において殺菌剤耐性菌対策は重要な課題の1つであり, 例えばリンゴでは2015年以降DMI殺菌剤およびQoI殺菌剤耐性菌による黒星病の多発が深刻な問題となっている (平山ら, 2017a, b; 雪田, 2017). 本研究の結果から, DMI殺菌剤, QoI殺菌剤はいずれのカブリダニ種に対しても悪影響がほとんどなかったが, これらの殺菌剤が防除効果の低下で使用できなくなった際は, 代替する殺菌剤のカブリダニ類に対する影響もあらためて考慮する必要がある. 現在, 代替剤としてAP殺菌剤 (雪田, 2017) やSDHI殺菌剤 (雪田, 2019) が有効であることが報告されているが, 本研究の結果からこれらの殺菌剤はいずれのカブリダニ種にも悪影響がないことが示された. 土着カブリダニ類を保護した病害虫防除体系のさらなる進展には, 殺虫剤, 殺菌剤ともに影響評価情報の充実が重要となることから, 今後も様々な薬剤について室内試験や圃場試験による評価事例の蓄積を進める必要がある.

摘 要

果樹園内で多く観察される広食性カブリダニ類4種, ニセラーゴカブリダニ, コウズケカブリダニ, ミチノクカブリダニ, フツウカブリダニに対する殺菌剤29剤の影響を明らかにするため, 雌成虫に対する散布48時間後の死亡率, 産卵状況, および卵に対する散布後の発育状況を調査した. ジチオカーバメート類のうち, マンゼブおよびプロピネブではいずれの種も発育中に全ての個体が死亡し, 産卵数についてもコウズケカブリダニでは大きく減少し, ニセラーゴカブリダニも対照区の半分程度に減少した. 一方, チウラムはコウズケカブリダニでは発育, 産卵ともに悪影響が大きかったものの, 他3種に対しては比較的悪影響が少なかった. 水和硫黄, およびポリオキシンでは, 発育中に全ての個体が死亡した. メチルベンゾイミダゾールカーバメート類のベノミルおよびチオファネートメチルでは, ニセラーゴカブリダニ, ミチノクカブリダニ, コウズケカブリダニに対して主に雌成虫の産卵数に悪影響を及ぼす傾向にあった. フルアジナムではコウズケカブリダニ, ニセラーゴカブリダニ, フツウカブリダニの発育, 産卵に悪影響を及ぼし, マレイミド類のフルオリミドとグアニジン類のうちイミノクタジン酢酸塩はコウズケカブリダニの発育に悪影響を及ぼした. 一方, 供試した殺菌剤のうちいずれのカブリダニ種にも影響がほとんどなかったものは, 多作用点接触活性化化合物では無機化合物である塩基

性硫酸銅, 有機銅, フタルイミド類のキャプタン, クロロニトリル類のTPN, グアニジン類のイミノクタジナルベシル酸塩, およびキノン類のジチアノンであり, また, DMI殺菌剤のジフェノコナゾール, ヘキサコナゾール, イミベンコナゾール, テブコナゾール, SDHI殺菌剤のフルオピラム, インピルフルキサム, イソピラザム, ペンチオピラド, ピラジフルミド, AP殺菌剤のシプロジニル, およびQoI殺菌剤のクレソキシムメチル, ピリベンカルブ, トリフロキシストロビンであった.

引 用 文 献

- Abbott, W. S. (1925) A method for computing the effectiveness of insecticides. *J. Econ. Entomol.* 18: 265–267.
- Alston, D. G. and S. V. Thomson (2004) Effects of fungicide residues on the survival, fecundity, and predation of the mites *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 97: 950–956.
- Amano, H. and M. Haseeb (2001) Recently-proposed methods and concepts of testing the effects of pesticides on the beneficial mite and insect species: study limitations and implications in IPM. *Appl. Entomol. Zool.* 36: 1–11.
- Angeli, C. and C. Ioriatti (1994) Susceptibility of two strains of *Amblyseius andersoni* Chant. (Acari: Phytoseiidae) to dithiocarbamate fungicides. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 669–679.
- Bernard, M. B., P. A. Horne and A. A. Hoffmann (2004) Developing eco-toxicological testing standard for predatory mites in Australia: acute and sub-lethal effects of fungicides on *Euseius victoriensis* and *Galendromus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 97: 891–899.
- Bernard, M. B., P. Cole, A. Kobelt, P. A. Horne, J. Altmann, S. D. Wratten and A. L. Yen (2010) Reducing the impact of pesticides on biological control in Australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 2061–2071.
- Bostanian, N. J., H. M. A. Thistlewood and G. Racette (1998) Effects of five fungicides used in Quebec apple orchards on *Amblyseius fallacis* (Garman) (Phytoseiidae: Acari). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 73: 527–530.
- Bostanian, N. J., H. M. A. Thistlewood, J. M. Hardman and G. Racette (2009) Toxicity of six novel fungicides and sulphur to *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 47: 63–69.
- 舟山 健 (2010) リンゴにおける殺菌剤散布がフツウカブリダニの発生に及ぼす影響. 北日本病虫研報 61: 236–238. [Funayama, K. (2010) Influence of fungicides spray on populations of the natural predaceous mite, *Typhlodromus vulgaris* (Acari: Phytoseiidae) in apple orchards. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 61: 236–238.]
- 舟山 健 (2018) 北日本のリンゴ園におけるカブリダニ類 (ダニ目: カブリダニ科) を利活用したナミハダニ (ダニ目: ハダニ科) 防除の試み. 応動昆 62: 95–105. [Funayama, K. (2018) Biological control of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) using phytoseiid mites (Acari:

- Phytoseiidae) in apple orchards in northern Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 62: 95–105.]
- 平山和幸・花岡朋絵・新谷潤一・對馬由記子・赤平知也 (2017a) 青森県における DMI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生. 北日本病虫研報 68: 108–114. [Hirayama, K., T. Hanaoka, J. Araya, Y. Tsushima and T. Akahira (2017a) DMIs-resistant strains of *Venturia inaequalis* causing apple scab in Aomori prefecture, Japan. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 68: 108–114.]
- 平山和幸・赤平知也・花岡朋絵 (2017b) 青森県における QoI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生. 北日本病虫研報 68: 115–119. [Hirayama, K., T. Akahira and T. Hanaoka (2017b) QoI-resistant strains of *Venturia inaequalis* causing apple scab in Aomori prefecture, Japan. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 68: 115–119.]
- 井沼 崇・岡佐古将則・増田吉彦 (2010) 農薬の使用回数を削減したウンシュウミカンの栽培体系における銅水和剤による黒点病の防除. 関西病虫研報 52: 61–63. [Inuma, T., M. Kansako and Y. Masuda (2010) Control of citrus melanose by using copper wettable powder in low-input (reduced amount of pesticide use) farming systems of satsuma mandarin. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 52: 61–63.]
- Ioriatti, C., E. Pasqualini and A. Toniolli (1992) Effects of the fungicides mancozeb and dithianon on mortality and reproduction of the predatory mite *Amblyseius andersoni*. *Exp. Appl. Acarol.* 15: 109–116.
- Japan Fungicide Resistance Action Committee (2019) FRAC コード表日本版 (2019 年 3 月). <https://www.jcpa.or.jp/labo/jfrac/> (2020 年 5 月 8 日参照) [Japan Fungicide Resistance Action Committee (2019) Japanese version of FRAC code list (Mar. 2019). <https://www.jcpa.or.jp/labo/jfrac/>]
- 柏尾具俊・田中 学 (1979) ニセラーゴカブリダニに対する殺菌剤の影響. 九病虫研会報 25: 153–156. [Kashio, T. and M. Tanaka (1979) Effects of fungicides on the predacious mite, *Amblyseius deleoni* Muma et Denmark (Acarina: Phytoseiidae). *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 25: 153–156.]
- 片山晴喜・多々良明夫・土井 誠・金子修治・西東 力 (2012) 静岡県のカンキツ園に発生するミヤコカブリダニの薬剤感受性. 関西病虫研報 54: 187–189. [Katayama, H., A. Tatara, M. Doi, S. Kaneko and T. Saito (2012) Pesticide susceptibility of a population of *Neoseiulus californicus* (McGregor) at citrus grove in Shizuoka Prefecture. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 54: 187–189.]
- Kishimoto, H. (2002) Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acari: Tetranychidae) and their predators in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 603–615.
- Kishimoto, H. (2005) A new technique for efficient rearing of phytoseiid mites. *Appl. Entomol. Zool.* 40: 77–81.
- 岸本英成・柳沼勝彦・外山晶敏 (2018) 土着広食性カブリダニ 4 種 (ダニ目: カブリダニ科) に対する各種殺虫剤の影響. 応動昆 62: 29–39. [Kishimoto, H., K. Yaginuma and M. Toyama (2018) Effects of pesticides on four native generalist phytoseiid species (Acari: Phytoseiidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 62: 29–39.]
- 國本佳範・今村剛士・土井 誠・中野亮平・刑部正博 (2017) 回転式散布塔に代わる散布装置の構築. 応動昆 61: 192–194. [Kunimoto, Y., T. Imamura, M. Doi, R. Nakano and M. Osakabe (2017) Construction of a spraying system to replace the rotary distributing sprayer. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 61: 192–194.]
- 増井伸一・片山晴喜・金子修治 (2018) 露地栽培カンキツの IPM における天敵利用の現状と課題. 応動昆 62: 137–148. [Masui, S., H. Katayama and S. Kaneko (2018) Status and use of biological control of insect pests in citrus IPM. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 62: 137–148.]
- Nakashima, M. J. and B. A. Croft (1974) Toxicity of benomyl to the life stages of *Amblyseius fallacis*. *J. Econ. Entomol.* 67: 675–677.
- Park, C. G., J. K. Yoo and J. O. Lee (1996) Toxicity of some pesticides to twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and predator *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 35: 232–237.
- Sekita, N. (1986) Toxicity of pesticides commonly used in Japanese apple orchards to the predatory mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae) from New Zealand. *Appl. Entomol. Zool.* 21: 173–175.
- 副島康義・内川敬介・荒牧貞幸・宮崎俊英 (2015) ウンシュウミカン園に発生する土着天敵を保護するための天然物由来の農薬を利用した体系防除の開発. 長崎農林技セ研報 6: 139–157. [Soejima, Y., K. Uchikawa, S. Aramaki and T. Miyazaki (2015) The development of control system for protection of the native natural enemy in citrus unshu orchard. *Bull. Nagasaki Agr. For. Tech. Dev. Cent.* 6: 139–157.]
- 雪田金助 (2017) 青森県由来のリンゴ黒星病菌にみられた DMI 剤, QoI 剤および MBC 剤への感受性低下. 北日本病虫研報 68: 102–107. [Yukita, K. (2017) Decreased susceptibility of a *Venturia inaequalis* strain derived from Aomori Prefecture to DMI, QoI and MBC fungicides. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 68: 102–107.]
- 雪田金助 (2019) リンゴ黒星病に対する各種 SDHI 剤の治療効果. 北日本病虫研報 70: 84–89. [Yukita, K. (2019) Curative effect of SDHI fungicides on apple scab. *Ann. Rept. Plant Prot. North Japan* 70: 84–89.]