ニホンナシにおけるコウズケカブリダニまたは ニセラーゴカブリダニ (ダニ目: カブリダニ科) による カンザワハダニ (ダニ目: ハダニ科) 発生抑制効果

土田 祐大*・増井 伸一

静岡県農林技術研究所果樹研究センター

Suppressive Effect of *Euseius sojaensis* or *Amblyseius eharai* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) on Japanese Pear. Yuta TSUCHIDA* and Shinichi MASUI Fruit Tree Research Center, Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry; Mobata, Shimizu-ku, Shizuoka 424-0101, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 65: 99–108 (2021)

Abstract: Five phytoseiid mite species: *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Neoseiulus womersleyi* (Schicha), *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski, and *Euseius sojaensis* (Ehara) (Acari: Phytoseiidae) were collected from commercial Japanese pear orchards in Shizuoka Prefecture. To evaluate the suppressive effect of generalist phytoseiid species on the spider mite *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae), we compared four treatments (*E. sojaensis* release, *A. eharai* release, synthetic pyrethroid application, and no-release) performed in a greenhouse. These treatments were conducted when *T. kanzawai* densities were low, and pine pollen was provided as alternative food for predatory mites in all treatments. At late June, the peak densities of *T. kanzawai* were significantly low in *E. sojaensis* release and in no-release compared with in pyrethroid application and in *A. eharai* release. The dominant phytoseiid species in *E. sojaensis* release and in no release was *E. sojaensis*. After July, however, *E. sojaensis* densities became lower in *E. sojaensis* release as well as no-release, and thus *T. kanzawai* densities became higher in all treatments at early August. These results suggest that conservation and augmentative release of *E. sojaensis* prior to *T. kanzawai* population increase, might suppress the outbreak of this spider mite in Japanese pear orchards until early summer.

Key words: Phytoseiid mite; spider mite; Japanese pear; biological control

緒 言

我が国のニホンナシ *Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai (以下、ナシ) には 9 種のハダニ類が寄生するが (日本応用動物昆虫学会, 2006), 経済栽培園ではカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* Kishida やナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch (ダニ目: ハダニ科) が主要な加害種である (中垣, 1968; 内田, 1982; 高橋ら, 2001; 山崎・糸山, 2014). これらハダニ類がナシを加害すると葉やけ症状や落葉が起こり, さらに本害虫の密度が高いほど着色程度や果実糖度が低下するため (内田, 1982), 本害虫はナシ栽培において重要な害虫のひとつである. ハダニ類は著しい薬剤抵抗性の発達のために世界的な難防除害虫であり (刑部・上杉, 2009), ナシ園では種や個体群, 薬剤の散布前歴によっ

て薬剤感受性の程度が異なる (中垣, 1968; 山崎・糸山, 2014). このことから, 薬剤のみに依存しないハダニ類の効果的な防除が望まれ, その方法のひとつとして土着天敵の利用が挙げられる.

我が国のナシ園ではハダニ類の有力な土着天敵として, ダニヒメテントウ類, ケシハネカクシ類, ハダニアザミウマ *Scolothrips takahashii* Priensner, ハダニタマバエの一種 *Fetiella* sp. といった捕食性昆虫と複数種のカブリダニ類が生息している (小池ら, 2000; 高橋ら, 2001; Kishimoto, 2002). これらの捕食性昆虫は主にハダニ類を捕食するが (農山漁村文化協会, 2016), カブリダニ類は食性に基づき Type I の *Tetranychus* 属ハダニのスペシャリスト捕食者, Type II のハダニ科ハダニのスペシャリスト捕食者, Type III のジェネラリスト捕食者, Type IV の花粉のスペ

*E-mail: yuta1_tsuchida@pref.shizuoka.lg.jp

2020 年 9 月 3 日受領 (Received 3 September 2020)

2021 年 1 月 7 日登載決定 (Accepted 7 January 2021)

DOI: 10.1303/jjaez.2021.99

シャリスト捕食者／ジェネラリスト捕食者に分けられる (McMurtry and Croft, 1997). 果樹園ではハダニスベシャリストの土着カブリダニや捕食性昆虫の密度は、ハダニ類の密度上昇と同時にしくはやや遅れて上昇する (高橋ら, 2001; Kishimoto, 2002; Funayama, 2015; Funayama et al., 2015; 山崎・糸山, 2015). 一方, Type III および Type IV の広食性のカブリダニはハダニ類の個体数が増加し始めると密度を抑制できないものの, ハダニ類低密度時に個体数の増加を抑制しているとされる (McMurtry, 1992). これらのことから, ハダニ類の多発を未然に防ぐには, ハダニ類低密度時から広食性カブリダニを植物上に定着させることが有効と考えられる. しかし, ナシにおける広食性カブリダニの有効性は, Kishimoto (2002) によりトウヨウカブリダニ *Amblyseius orientalis* Ehara (Type III) によるオウトウハダニ *Amphitetranychus viennensis* (Zacher) の発生抑制効果が確認されているのみである.

我が国のナシ園における土着のカブリダニ類の種構成は, 地域や栽培方法, 使用される薬剤, 発生する害虫種によって異なる (小池ら, 2000; Amano, 2001; Kishimoto, 2002; Ishii et al., 2018). このことから, 本研究では静岡県内で土着広食性カブリダニの利用を検討するため, 一部の経済栽培ナシ園でハダニ類とカブリダニ種の発消長を明らかにした. また, 害虫低密度時に天敵の密度を維持する方法のひとつとして代替餌の提供が挙げられ (Landis et al., 2000; Wade et al., 2008), 本県のナシ園で発生することが明らかとなったコウズケカブリダニ *Euseius sojaensis* (Ehara) およびニセラーゴカブリダニ *Amblyseius eharai* Amitai and Swirski (ダニ目: カブリダニ科) は両種ともにクロマツ *Pinus thunbergii* Parl. の花粉のみを餌とした場合も増殖可能である (増井・片山, 2019). そこで, 本研究では, カンザワハダニ低密度時から好適な代替餌であるクロマツ花粉をナシ樹上に提供し, コウズケカブリダニもしくはニセラーゴカブリダニの放飼による本害虫の発生抑制効果を明らかにした.

本文に入るに先立ち, 調査園地の提供にご協力いただいた生産者および JA 大井川営農指導員各位, カブリダニ類の同定や花粉の提供方法についてご教示いただいた農研機構果樹茶業研究部門の岸本英成博士に深謝申し上げる.

材料および方法

1. 静岡県の経済栽培ナシ園におけるカブリダニ類とハダニ類の発消長

島田市 (品種: 喜水, 幸水および豊水の混植, 面積約 15a, 樹数約 120 本) および焼津市 (品種: 幸水および豊水の混植, 面積約 5a, 樹数 25 本) の露地栽培園各 1 園地について, 2018 年 4 月から 10 月上旬まで 1~2 回/月の間隔で調査した. 事前に任意の各 10 樹 (樹齢: 20~30 年) を

マークし, 任意の 40 葉 (果そう葉 30 葉+新梢葉 10 葉)/樹についてカブリダニ類成虫およびハダニ類雌成虫を見取り調査した. カブリダニ類は計数後 MA80 液に回収し (Saito and Osakabe, 1992), ホイヤー氏液にマウントしてプレパラート標本を作製した. このうち, 雌成虫は位相差顕微鏡 (Olympus BX51) で外部および内部の形態から種を同定した (Toyoshima et al., 2013). いずれの圃場も一般管理および薬剤散布は生産者慣行とした (Table 1). なお, 下草管理は雑草の草生栽培であった.

2. 2 種広食性カブリダニによるカンザワハダニ発生抑制効果

(1) 供試虫および代替餌

本研究に供したコウズケカブリダニは, 2014 年 6 月に静岡県農林技術研究所果樹研究センター (静岡市清水区駒越西) 内のナツダイダイ *Citrus natsudaidai* Hayata (品種: 川野夏橙) から採集した個体群である. また, ニセラーゴカブリダニは 2014 年 6 月に浜松市北区三ヶ日町のカンキツ園周囲に植栽されたイヌマキ *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) D. Don から採集した個体群である. これら個体群を $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 14L:10D の恒温室内でそれぞれ累代飼育した. 飼育には, 直径 90mm, 高さ 20mm のプラスチック製シャーレ内に水を含ませた脱脂綿上にインゲンマメ *Phaseolus vulgaris* L. の初生葉を置いて作製したリーフディスクを用い, 餌として両種の増殖に好適なクロマツの花粉 (増井・片山, 2019) を与え, 産卵基質として毛糸を用いた. 2 回/週の間隔で新たな花粉を与えるとともに毛糸を交換して増殖した.

代替餌としてナシ樹上に散布した花粉は, 2017 年 4 月に静岡県農林技術研究所森林林業研究センター (浜松市浜北区根堅) 内のクロマツから花序ごと採集し, 50°C の恒温下に 2 日間静置して開葯させた後, 0.25mm メッシュの篩に通過させたものを使用した. 花粉は使用するまで -20°C で保管した.

(2) 試験区

2018 年に試験を実施した. 風雨による天敵および害虫密度の低下を避けるため, 静岡県農林技術研究所果樹研究センター (静岡市清水区茂畑) の無加温ガラス施設 (間口 15m×奥行 14m×高さ 5m) に定植されたナシ 16 樹 (樹齢 6 年, 品種: 幸水 8 樹, 静喜水 8 樹, 植栽間隔: 樹間 2.7m×列間 3~4m) を用い, 4 処理区 (コウズケカブリダニ放飼区, ニセラーゴカブリダニ放飼区, 天敵排除区, 無放飼区) を 1 区 1 樹 2 反復/品種として同一処理が隣接しないよう設置した.

カンザワハダニの自然発生条件下で試験を実施した. コウズケカブリダニ放飼区およびニセラーゴカブリダニ放飼区では各種カブリダニの雌成虫を 30 頭/樹の密度で 4 月 12 日と 5 月 9 日の計 2 回放飼した. 放飼には細筆を用い, 産卵開始 10 日以内の雌成虫をリーフディスクから取り出

Table 1. Pesticide^a use histories in two Japanese pear orchards during investigation

Time of application	Shimada	Yaizu
Early April	TMTD 40.0% FL ^b (500) ^c	Mandestrobin 40.0% FL (2,000)
Mid-April	Difenoconazole 10.0% WDG (2,000) Alanycarb 40.0% WP (1,000) Dithianon 42.0% FL (1,000) Acetamiprid 20.0% SP (2,000)	Alanycarb 40.0% WP (1,000) Imidacloprid 50.0% WDG (5,000)
Early May	Pyribencarb 40.0% WDG (3,000) CYAP 40.0% WP (1,000) Polyoxin-complex 10.0% WP (1,000) Dinotefuran 20.0% SG (2,000)	Thiophanate-methyl 70.0% WP (1,000) Clothianidin 16.0% SP (2,000)
Mid-May	Mixture of captan 20.0% & oxine-copper 30.0% WP (500) PAP 40.0% WP (1,000)	Mixture of pyraclostrobin 6.8% & boscalid 13.6% WDG (2,000) Dinotefuran 20.0% SG (2,000)
Late May	Iminoctadine-albesilate 40.0% WP (1,000) Chlorfenapyr 10.0% FL (2,000)	Iminoctadine-albesilate 40.0% WP (1,000)
Early June	Fluazinam 39.5% SC (2,000) DMTP 36.0% WP (1,500)	Iminoctadine-albesilate 40.0% WP (1,000) Bifenthrin 2.0% WP (1,000)
Mid-June	Polyoxin-complex 10.0% WP (1,000) Thiacloprid 20.0% WDG (2,000)	
Late June	Cyprodinil 50.0% WDG (2,000) Imidacloprid 20.0% FL (5,000)	Thiophanate-methyl 70.0% WP (1,000) Milbemectin 1.0% WP (2,000)
Early July	Mixture of pyraclostrobin 6.8% & boscalid 13.6% WDG (2,000) Thiamethoxam 10.0% SG (2,000) Mixture of tebuconazole 17.7% & fluopyram 17.7% FL (3,000) Bifenthrin 2.0% WP (1,000)	Kresoxim-methyl 50.0% DF (2,000)
Mid-July	Acetamiprid 20.0% SP (2,000) Cyantraniliprole 10.2% SE (2,500)	Bifenazate 20.0% FL (1,000)
Late July		Thiophanate-methyl 70.0% WP (1,000) Clothianidin 16.0% SP (2,000)
Early August	Acequinocyl 15.0% FL (1,000) Cypermethrin 6.0% WP (1,000)	Dinotefuran 20.0% SG (2,000)
Mid-August		Acequinocyl 15.0% FL (1,000) Cypermethrin 6.0% WP (1,000)
Late August	Fenpropathrin 10.0% WP (1,000) Pyflubumide 20.0% FL (2,000)	
Early September	Thiophanate-methyl 70.0% WP (1,000) Permethrin 10.0% FL (1,500)	
Early October	Dithianon 42.0% FL (1,000) CYAP 40.0% WP (1,000)	Iminoctadine-albesilate 40.0% WP (1,000) Dinotefuran 20.0% SG (2,000)

^a Fungicides, insecticides and acaricides.

^b DF: dry flowable, FL: flowable, SC: suspension concentrate, SE: suspo emulsion, SG: water soluble granules, SP: water soluble powder, WDG: water dispersible granules, WP: wettable powder.

^c Numbers in parentheses indicate dilution rate.

し、任意の果そう葉上に接種した。天敵排除区では5月14日にフェンプロパトリン 10.0% 乳剤 1,000 倍液を、6月15日にビフェントリン 7.2% フロアブル 3,000 倍液をそれぞれ約 1L/樹の水量で散布した。

害虫低密度時の広食性カブリダニのナシ樹上への定着と増殖を促すため、4月12日、5月9日、5月24日、6月7日の計4回、上述のクロマツの花粉を水道水で1,000倍に希釈した花粉溶液を約500ml/樹の水量ですべての処理区に散布した。

すべての試験樹の肥培管理は一般慣行としたが、枝葉は隣接する樹と互いに触れ合わないよう適宜剪定した。また、アブラムシ類がすべての処理区に発生したため、5月9日にチアメトキサム 10.0% 顆粒水溶剤 3,000 倍を約 1L/樹の水量で全樹に散布した。さらに、8月9日の調査時にハダニ類の多発生を確認したため、同日にシエノピラフェン 30.0% フロアブル 2,000 倍液を約 1L/樹の水量で全樹に散布した。なお、施設内は防草シートの被覆と手除草により常に清耕条件とした。

(3) 調査方法

4月から9月まで1~2回/月の間隔で、果そう葉30葉/樹に生息するカブリダニ類成虫およびカンザワハダニ雌成虫数を全樹について計数した。カブリダニ類は前述と同様の方法で計数後に回収し、種同定した。

(4) 統計解析

処理がナシ樹上に発生するカブリダニ類に及ぼす影響について、5月から6月下旬（カンザワハダニの1回目の発生ピーク）および7月から8月上旬（本害虫の2回目の発生ピーク）までの30葉あたりの累積捕獲数にそれぞれ0.5を加算して対数変換した値を応答変数とし（Yamamura, 1999）、処理と期間を説明変数とした二元配置分散分析を行った。交互作用が認められた場合は期間別に単純主効果検定を行い、Tukey-HSD検定により処理間の差を解析した。処理がコウズケカブリダニおよびニセラーゴカブリダニの発生個体数に及ぼす影響について、5月から6月下旬までの30葉あたりの各種雌成虫の累積捕獲数に0.5を加算して対数変換した値を応答変数とし、処理を説明変数として、種別に一元配置分散分析を行った。有意差が認められた場合はTukey-HSD検定により種別に処理間の差を解析した。

処理がナシ樹上に発生するカンザワハダニに及ぼす影響について、本害虫の1回目の発生ピークである6月下旬および2回目の発生ピークである8月上旬の30葉あたりの個体数にそれぞれ0.5を加算して対数変換した値を応答変数とし、処理と時期を説明変数とした二元配置分散分析を行った。交互作用が認められた場合は時期別に単純主効果検定を行い、Tukey-HSD検定により処理間の差を解析した。

検定には JMP version 12 (SAS Institute, 2015) を用いた。いずれの検定でも品種は説明変数に含めなかった。

結 果

1. 静岡県の経済栽培ナシ園におけるカブリダニ類とハダニ類の発生活長

静岡県内の経済栽培ナシ園におけるカブリダニ類とハダニ類の発生活長を Fig. 1 に、カブリダニ類の種構成を Fig. 2 に示した。また、薬剤の散布履歴を Table 1 に示した。カブリダニ類は両園地ともに5月下旬から最終調査日である10月上旬まで確認された。捕獲されたカブリダニ類はチリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Type I)、ミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* (McGregor) およびケナガカブリダニ *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Type II)、ニセラーゴカブリダニ (Type III)、コウズケカブリダニ (Type IV) の5種であった。いずれの園地でもハダニ類が発生し、島田市では5月下旬と8月上旬の2回ピークがみられたが、焼津市では9月上旬にピークがみられた。調査期間中に発生したハダニ類は主にカンザワハダニであった。チリカブリダニ、ミヤコカブリダニ、ケナガカブリダニは6月以降のカンザワハダニが発生した際にそのコロニー内で多く確認された。ニセラーゴカブリダニは調査期間を通じて優占し、特に8月から9月にかけて多く捕獲された。コウズケカブリダニは7月以降の発生が少なかった。なお、カブリダニ類以外の天敵は、焼津市で7月下旬の調査時にハダニアザミウマがわずかに確認されたのみであった（データ略）。

Fig. 1. Mean number of phytoseiid mites and spider mites per 40 leaves in two commercial Japanese pear orchards in Shizuoka Prefecture in 2018: (a) Shimada and (b) Yaizu. Error bars indicate $\pm$ SE.

Fig. 2. Species composition of phytoseiid mites captured in two commercial Japanese pear orchards in Shizuoka Prefecture in 2018: (a) Shimada and (b) Yaizu. Numbers in parentheses indicate the number of identified adult females.

Fig. 3. Mean number of phytoseiid mites and *Tetranychus kanzawai* per 30 leaves in four treatments in a Japanese pear greenhouse in 2018: (a) *Euseius sojaensis* release, (b) *Amblyseius eharai* release, (c) synthetic pyrethroid application and (d) no-release. Error bars indicate $\pm$ SE. Gray arrows indicate the release of 30 adult phytoseiid females per tree. White, black and striped arrows indicate application of a neonicotinoid, synthetic pyrethroid and acaricide, respectively. Pine pollen was provided as alternative food for predatory mites in all treatments at 12 April, 9 May, 24 May and 7 June.

2. 2種広食性カブリダニによるカンザワハダニ発生抑制効果

4 処理区 (コウズケカブリダニ放飼区, ニセラーゴカブリダニ放飼区, 天敵排除区, 無放飼区) におけるカブリダ

ニ類とカンザワハダニの個体数の推移を Fig. 3 に示した。カブリダニ類の累積捕獲数は処理と期間の交互作用のみが検出された (Table 2)。単純主効果検定により期間別に処理間の差を解析した結果, 5 月から 6 月下旬までのカブリ

ダニ類の累積捕獲数はコウズケカブリダニ放飼区が天敵排除区よりも有意に多かった (Tukey-HSD 検定, $p < 0.05$; Table 3). 一方, 7月から8月上旬のカブリダニ類の累積捕獲数は処理間に有意な差は認められなかった (Tukey-HSD 検定, $p > 0.05$; Table 3). カンザワハダニの個体数は処理

Table 2. Result of two-way ANOVA to determine the effects of treatment, duration and their interaction on the cumulative number of phytoseiid mites on pear trees

Factor ^a	df	SS	F-value	p-value
Treatment	3	2.31	2.71	0.07
Duration	1	0.31	1.09	0.31
Treatment $\times$ duration	3	2.57	3.02	<0.05
Residuals	24	6.82		

^a In ANOVA, the cumulative number of captured phytoseiid mites per 30 leaves during May to late June and July to early August were used in analysis.

および時期の効果が認められ, これらの交互作用も検出された (Table 4). 単純主効果検定により時期別に処理間の差を解析した結果, 6月下旬のカンザワハダニ個体数はコウズケカブリダニ放飼区および無放飼区がニセラーゴ放飼区および天敵排除区よりも有意に少なかった (Tukey-HSD 検定, $p < 0.05$; Table 3). 一方, 8月上旬のカンザワハダニ個体数は処理間に有意な差が認められず (Tukey-HSD 検定, $p > 0.05$; Table 3), すべての区でカンザワハダニが多発した (Fig. 3).

カブリダニ類の種構成を Fig. 4 に示した. コウズケカブリダニ放飼区と無放飼区では6月下旬まで主にコウズケカブリダニが優占したが, 7月以降は本天敵の発生は少なかった. ニセラーゴカブリダニ放飼区と天敵排除区では主にニセラーゴカブリダニが優占した. いずれの処理区でもカンザワハダニが多発した際にはチリカブリダニやミヤコカブリダニの割合が高くなった. 各処理区における5月か

Table 3. Cumulative number of phytoseiid mites and the number of *T. kanzawai* per 30 leaves in each treatment

Treatment	Phytoseiid mites (mean $\pm$ SE)		<i>T. kanzawai</i> (mean $\pm$ SE)	
	May to late June	July to early August	Late June	Early August
<i>E. sojaensis</i> release	159.3 $\pm$ 27.9 a	59.3 $\pm$ 18.4 a	22.5 $\pm$ 14.0 a	97.3 $\pm$ 51.2 a
<i>A. eharai</i> release	90.0 $\pm$ 24.3 ab	92.0 $\pm$ 18.3 a	169.8 $\pm$ 36.8 b	175.0 $\pm$ 12.1 a
Synthetic pyrethroid application	44.0 $\pm$ 12.9 b	66.5 $\pm$ 19.0 a	372.3 $\pm$ 80.8 b	300.3 $\pm$ 56.9 a
No release	61.0 $\pm$ 7.2 ab	51.5 $\pm$ 7.6 a	10.25 $\pm$ 3.5 a	158.5 $\pm$ 54.4 a

In each mites, values with the same letter in each experimental duration or time are not significantly different by Tukey-HSD test, $p > 0.05$.

Fig. 4. Species composition of phytoseiid mites captured from four treatments in a Japanese pear greenhouse in 2018: (a) *E. sojaensis* release, (b) *A. eharai* release, (c) synthetic pyrethroid application and (d) no-release. Numbers in parentheses indicate the number of identified adult females.

Table 4. Result of two-way ANOVA to determine the effects of treatment, time and their interaction on the number of *T. kanzawai* on pear trees

Factor ^a	df	SS	F-value	p-value
Treatment	3	38.25	14.50	<0.01
Time	1	6.89	7.84	<0.01
Treatment×time	3	8.68	3.29	<0.05
Residuals	24	21.11		

^a In ANOVA, the number of *T. kanzawai* per 30 leaves at late June and early August were used in analysis.

Table 5. Cumulative number of adult female of two generalist phytoseiid species per 30 leaves from May to late June

Treatment	Phytoseiid species (mean±SE)	
	<i>E. sojaensis</i>	<i>A. eharai</i>
<i>E. sojaensis</i> release	84.3±27.9 a	3.3±13.6 b
<i>A. eharai</i> release	2.3±24.3 c	20.5±1.1 a
Synthetic pyrethroid application	1.0±12.9 c	5.3±0.7 ab
No release	11.5±7.2 b	7.5±1.6 ab

Values with the same letter in each species are not significantly different by Tukey-HSD test, $p>0.05$ following ANOVA.

ら6月下旬までの30葉あたりの2種広食性カブリダニ雌成虫の累積捕獲数をTable 5に示した。両種の累積捕獲数には処理の効果が認められた(一元配置分散分析, コウズケカブリダニ: $F_{(3, 12)}=27.62$, $p<0.01$, ニセラーゴカブリダニ: $F_{(3, 12)}=4.25$, $p<0.05$)。コウズケカブリダニの累積捕獲数はコウズケカブリダニ放飼区が最も多く, 次いで無放飼区が多くなった(Tukey-HSD検定, $p<0.05$; Table 5)。ニセラーゴカブリダニの累積捕獲数はニセラーゴカブリダニ放飼区がコウズケカブリダニ放飼区よりも有意に多かった(Tukey-HSD検定, $p<0.05$; Table 5)。なお, 調査期間を通してカブリダニ類以外の天敵は確認されなかった。

考 察

本研究で調査した静岡県内の経済栽培ナシ園では5種のカブリダニの発生が観察され, これらのうち広食性カブリダニとしてニセラーゴカブリダニとコウズケカブリダニの2種類が確認された。これら2種は他の地域の露地栽培のナシ園でも共通して発生する(小池ら, 2000; Amano, 2001; Kishimoto, 2002)。ニセラーゴカブリダニとコウズケカブリダニはカンザワハダニの個体数が増加し始めた場合には, 本害虫が造網する糸に絡まるなど行動が制限されるため, 密度を抑制できない(Osakabe et al., 1987; Osakabe, 1988; 柿元ら, 2004)。しかし, 広食性カブリダニはハダニ類低密度時に重要な役割を果たしており(McMurtry, 1992), 例えばコウズケカブリダニはヤブガラシ *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. の真珠体を代替

餌として利用することで, カンザワハダニが寄生する前に植物上に定着し, 本害虫の発生を抑制できる(Ozawa and Yano, 2009)。また, 害虫低密度時の広食性カブリダニの代替餌として, 花粉の利用が提案されている(Toyoshima et al., 2008; 園田ら, 2017; Tsuchida and Masui, 2020)。そこで, 本研究ではカンザワハダニ低密度時から好適な代替餌であるクロマツ花粉がナシ樹上に人為的に提供される条件下で, コウズケカブリダニもしくはニセラーゴカブリダニを放飼し, 本害虫に対する発生抑制効果を検討した。コウズケカブリダニ放飼区では, 6月下旬までのカブリダニ類の累積捕獲数は天敵排除区よりも多くなり, 1回目のカンザワハダニの発生ピークは天敵排除区およびニセラーゴカブリダニ放飼区よりも低くなった(Fig. 3, Table 3)。この期間はコウズケカブリダニ放飼区ではコウズケカブリダニが優占し(Fig. 4a), その個体数は他の処理区と比較して有意に多くなった(Table 5)。一方, ニセラーゴカブリダニ放飼区では, 6月下旬まではニセラーゴカブリダニが優占し(Fig. 4b), その個体数はコウズケカブリダニ放飼区よりも多くなったものの, 無放飼区や天敵排除区との有意な差はなく(Table 5), 1回目のカンザワハダニの発生ピークは高くなった(Fig. 3b)。これらの結果から, ナシのカンザワハダニに対しては, 個体数が増加する前にコウズケカブリダニを保全および放飼増強することで, 本害虫の発生を抑制できる可能性が示唆された。ニセラーゴカブリダニ放飼区でカンザワハダニの発生を抑制できなかったのは, 本種雌成虫は他種カブリダニよりも同種の卵や幼虫を好んで捕食する可能性がある(Ji et al., 2015)ことから, 代替餌を提供しても共食いが頻繁に起こり, 個体群密度を高められなかったことが原因のひとつと考えられる。一方で, 7月以降は無放飼区だけでなくコウズケカブリダニ放飼区でもコウズケカブリダニの密度が低くなり(Fig. 4), 8月上旬にはすべての処理区でカンザワハダニが多発した(Fig. 3)。コウズケカブリダニは非選択性薬剤の使用の有無にかかわらず7月下旬以降の発生が少なく(Fig. 2, 4), 8月から9月にハダニ類の密度が上昇する傾向があり(Fig. 1, 3), ナシ園でのこのような広食性カブリダニとハダニ類の発生活長はKishimoto (2002)でも確認されている。また, 他の果樹や樹木でもコウズケカブリダニの発生は6月にピークとなるが, 7月以降は個体数が急激に減少する(Kasai et al., 2002; 増井・片山, 2017; Tsuchida and Masui, 2020)。これらのことから, 栽培期間を通してハダニ類を常に低密度に管理するためには, 今後, 夏季のコウズケカブリダニの密度低下要因を明らかにするとともに, 7月以降も人為的に花粉等の代替餌を提供するなど, 本天敵の密度維持技術を開発する必要がある。コウズケカブリダニはハダニ類のみならず果樹を加害するフシダニ類やアザミウマ類も捕食する(Kondo and Hiramatsu, 1999; Shibao et al.,

2004; Tsuchida and Masui, 2020). ナシ栽培ではチャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis* Hood やニセナシサビダニ *Eriophyes chibaensis* Kadono による被害も問題となるため、今後は本天敵を利用したハダニ類とこれら微小害虫の同時防除を検討する余地が残されている。

果樹園では使用する薬剤の違いによって発生するカブリダニ類の種やハダニ類の密度が異なることが知られており、非選択性の殺虫剤を多用した場合は広食性カブリダニの発生が少なくハダニ類が多発するが、選択性の殺虫剤を利用した場合は複数種の広食性カブリダニが発生してハダニ類を低密度に抑制する (Amano, 2001; Kishimoto, 2002; Funayama, 2015; Funayama et al., 2015). 本研究でも、6 月下旬までは、合成ピレスロイドを散布した天敵排除区では広食性カブリダニの発生は少なくカンザワハダニが多発したが (Fig. 3c, 4c), 無放飼区では天敵排除区と比較してコウズケカブリダニの発生が多く (Table 5), 本害虫は低密度に維持された (Fig. 3d, Table 3). このことから、静岡県のナシ園においても春から初夏の非選択性殺虫剤の散布はコウズケカブリダニを排除し、カンザワハダニのリスクを引き起こす可能性がある。実際に、本研究で調査した経済栽培園でも、6 月下旬までにナシヒメシキイ *Grapholita molesta* (Busck) やチャパネアオカメムシ *Plautia crossota stali* Scott, ナシ黒斑病 (病原名: *Alternaria kikuchiana* Tanaka) などの病害虫を対象に広食性カブリダニに影響のある薬剤 (岸本ら, 2018, 2020; 土田・増井, 2019) が散布されており (Table 1), 特にコウズケカブリダニの占める割合は低かった (Fig. 2). 以上のことから、経済栽培園でコウズケカブリダニによるハダニ類の発生抑制効果を得るためには、本天敵に影響の少ない薬剤を利用した防除体系を構築する必要がある。

チリカブリダニ、ミヤコカブリダニおよびケナガカブリダニは *Tetranychus* 属ハダニのスペシャリスト捕食者であり (McMurtry and Croft, 1997), ハダニ類が食害した葉を選好する (Sabelis and Van de Baan, 1983; Maeda et al., 1999; Maeda and Takabayashi, 2001; Shimoda et al., 2005). このことから、これらカブリダニ類はハダニ類が食害する葉に定着してコロニー内で増殖したため、本害虫の多発時に捕獲された割合が高くなったと考えられる。このうち、チリカブリダニの分布は地中海沿岸および北アフリカやチリの地中海性気候に限られている (Takahashi and Chant, 1993). また、本種は休眠性を持たないため、我が国では亜熱帯気候の地方以外では土着化できないと考えられていた (森ら, 1993). しかし、2009 年には静岡県の一部の茶園でチリカブリダニの生息が確認され (Ozawa et al., 2010), その分布は拡大しており、現在では本県の茶園に広く定着していると推測されている (小澤・内山, 2019). さらに、2014 年には神奈川県の一部のナシ園でもチリカブリダニの生息が確認

されていることから (山崎・糸山, 2015), 静岡県のナシ園でも本種が定着している可能性が高い。今後はナシ樹上および園内外におけるチリカブリダニの生活環を明らかにするとともに、ハダニ類の密度および被害の抑制にどの程度貢献しているかを検討する必要がある。

摘 要

静岡県の経済栽培ニホンナシ園では、5 種のカブリダニ類 (チリカブリダニ、ミヤコカブリダニ、ケナガカブリダニ、ニセラーゴカブリダニ、コウズケカブリダニ) が生息している。ハダニ類の多発を未然に防ぐには本害虫が低密度時から広食性カブリダニを利用することが有効である。そこで、無加温ガラス温室内のニホンナシにおいて、カンザワハダニ低密度時にコウズケカブリダニ放飼区、ニセラーゴカブリダニ放飼区、天敵排除区、無放飼区を設け、広食性カブリダニによる本害虫の発生抑制効果を評価した。すべての処理区に広食性カブリダニの増殖に好適な代替餌としてマツの花粉を提供した。6 月下旬に天敵排除区やニセラーゴカブリダニ放飼区ではカンザワハダニが多発したが、コウズケカブリダニ放飼区および無放飼区ではコウズケカブリダニが優占し、これら 2 処理区における本害虫の密度は有意に低かった。しかし、7 月以降は無放飼区だけでなくコウズケカブリダニ放飼区でも本天敵の密度が低下し、8 月上旬にはすべての処理区でカンザワハダニの密度が高くなった。これらの結果は、ニホンナシ園においてカンザワハダニの個体数が増加する前からコウズケカブリダニを保全および放飼増強することで、初夏まで本害虫の発生を抑制できる可能性を示唆している。

引 用 文 献

- Amano, H. (2001) Species structure and abundance of invertebrate natural enemies in sustainable agroecosystems. In *Structure and Function in Agroecosystem Design and Management* (M. Shiyomi and H. Koizumi, eds.). CRC Press, Boca Raton, pp. 167–182.
- Funayama, K. (2015) Outbreaks of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) are caused by broad-spectrum insecticide spraying in apple orchards. *Appl. Entomol. Zool.* 50: 169–174.
- Funayama, K., M. Komatsu, S. Sonoda, I. Takahashi and K. Hara (2015) Management of apple orchards to conserve generalist phytoseiid mites suppresses two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 65: 43–54.
- Ishii, H., Y. Mikawa, Y. Murase, S. Sonoda, N. Hinomoto, H. Kishimoto, S. Toyoshima and M. Toyama (2018) Species composition and arthropod pest feeding of phytoseiid mites in a Japanese pear greenhouse. *Appl. Entomol. Zool.* 53: 463–474.
- Ji, J., Y. Zhang, J. Wang, J. Lin, L. Sun, X. Chen, K. Ito and Y. Saito (2015) Can the predatory mites *Amblyseius swirskii* and *Amblyseius eharai* reproduce by feeding solely upon conspecific or

- heterospecific eggs (Acari: Phytoseiidae)? *Appl. Entomol. Zool.* 50: 149–154.
- 柿元一樹・井口拓士・井上栄明・櫛下町鉦敏 (2004) アザミウマ類に対するニセラーゴカブリダニの捕食能力. 九病虫研究会報 50: 82–87. [Kakimoto, K., T. Iguchi, H. Inoue and K. Kushigemati (2004) Predatory ability of *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski (Acari: Phytoseiidae) on thrips. *Kyushu Pl. Prot. Res.* 50: 82–87.]
- Kasai, A., S. Yano and A. Takafuji (2002) Density of the eriophyid mites inhabiting the domatia of *Cinnamomum camphora* Linn. affects the density of the predatory mite, *Amblyseius sojaensis* Ehara (Acari: Phytoseiidae), not inhabiting the domatia. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 617–619.
- Kishimoto, H. (2002) Species composition and seasonal occurrence of spider mites (Acari: Tetranychidae) and their predator in Japanese pear orchards with different agrochemical spraying programs. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 603–615.
- 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.]
- 岸本英成・柳沼勝彦・降幡駿介・伊藤 伝・八重樫元・外山晶敏 (2020) 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. 応動昆 64: 175–182. [Kishimoto, H., K. Yaginuma, S. Furihata, T. Ito, H. Yaegashi and M. Toyama (2020) Effects of fungicides on four native generalist phytoseiid species (Acari: Phytoseiidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 64: 175–182.]
- 小池 朗・根本 久・天野 洋 (2000) カブリダニ捕獲トラップ (Phyto trap) の開発およびその利用によるナシ樹上のカブリダニ種構成と発生消長の調査. 応動昆 44: 35–40. [Koike, A., H. Nemoto and H. Amano (2000) New trap for survey of species structure and seasonal dynamics of phytoseiid mites on Japanese pear trees (Acari: Phytoseiidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 44: 35–40.]
- Kondo, A. and T. Hiramatsu (1999) Predatory ability of two species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on the peach silver mite, *Aculus fockeui* (Nalepa et Trouessart) (Acari: Eriophyidae). *Appl. Entomol. Zool.* 34: 485–487.
- Landis, D. A., S. D. Wratten and G. M. Gurr (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 175–201.
- Maeda, T. and J. Takabayashi (2001) Production of herbivore-induced plant volatiles and their attractiveness to *Phytoseius persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with changes of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) density on a plant. *Appl. Entomol. Zool.* 36: 47–52.
- Maeda, T., J. Takabayashi, S. Yano and A. Takafuji (1999) Response of the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae), toward herbivore-induced plant volatiles: variation in response between two local populations. *Appl. Entomol. Zool.* 34: 449–454.
- 増井伸一・片山晴喜 (2017) カンキツ園の下草と周辺樹木におけるカブリダニ類 (Acari: Phytoseiidae) の発生実態. 静岡農林研報 10: 27–36. [Masui, S. and H. Katayama (2017) Occurrence of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on underbrush and trees in the area surrounding citrus orchards. *Bull. Shizuoka Res. Inst. Agric. For.* 10: 27–36.]
- 増井伸一・片山晴喜 (2019) ニセラーゴカブリダニとコウズケカブリダニ (ダニ目: カブリダニ科) の餌としての樹木花粉の有効性. 応動昆 63: 207–214. [Masui, S. and H. Katayama (2019) Effectiveness of different types of tree pollen as food for *Amblyseius eharai* and *Euseius sojaensis* (Acari: Phytoseiidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 63: 207–214.]
- McMurtry, J. A. (1992) Dynamics and potential impact of ‘generalist’ phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. *Exp. Appl. Acarol.* 14: 371–382.
- McMurtry, J. A. and B. A. Croft (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291–321.
- 森 樊須・齋藤 裕・古橋嘉一・中尾弘志・芦原 亘 (1993) 天敵農薬—チリカブリダニその生態と応用—(森 樊須編). 日本植物防疫協会, 東京. 130 pp. [Mori, H., Y. Saito, K. Huruhashi, H. Nakao and W. Ashihara (1993) “*Biological Pesticide: Ecology and Application of Phytoseiulus persimilis*” (H. Mori, ed.). *Jpn. Plant Prot. Assoc.*, Tokyo. 130 pp.]
- 中垣至郎 (1968) ナシのハダニ類の薬剤抵抗性と種類別感受性差異について. 千葉農試研報 8: 27–41. [Nakagaki, S. (1968) Acaricide resistance of some red spider mites in pear orchards with special reference to the species difference in susceptibility. *Bull. Chiba Agric. Exp. Stn.* 8: 27–41.]
- 日本応用動物昆虫学会(編) (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版. 日本植物防疫協会, 東京. 387 pp. [Jpn. Soc. Appl. Entomol. Zool. (ed.) (2006) *Major Insect and Other Pests of Economic Plants in Japan*. *Jpn. Plant Prot. Assoc.*, Tokyo. 387 pp.]
- 農山漁村文化協会(編) (2016) 天敵活用大辞典. 農山漁村文化協会, 東京. 824 pp. [Rural Culture Association Japan (ed.) (2016) *Encyclopedia of Natural Enemies and Their Use for Biological Control in IPM*. Rural Culture Association Japan, Tokyo. 824 pp.]
- Osakabe, M. (1988) Relationships between food substances and developmental success in *Amblyseius sojaensis* Ehara (Acari: Phytoseiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 23: 45–51.
- 刑部正博・上杉龍士 (2009) ハダニの薬剤抵抗性. 日本農薬学会誌 34: 207–214. [Osakabe, M. and R. Uesugi (2009) Acaricide resistance in spider mites. *J. Pestic. Sci.* 34: 207–214.]
- Osakabe, M., K. Inoue and W. Ashihara (1987) Effect of *Amblyseius sojaensis* Ehara (Acarina: Phytoseiidae) as a predator of *Panonychus citri* (McGregor) and *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acarina: Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 22: 594–599.
- 小澤朗人・内山 徹 (2019) 静岡県内のチャ園に自然発生したチリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot の周年動態. 関東病虫研報 66: 100–105. [Ozawa, A. and T. Uchiyama (2019) Seasonal population dynamics of the exotic predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae)

- estimated to have colonized tea fields in Shizuoka Prefecture, Japan. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 66: 100–105.]
- Ozawa, M. and S. Yano (2009) Pearl bodies of *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. (Vitaceae) as alternative food for a predatory mite *Euseius sojaensis* (Ehara) (Acari: Phytoseiidae). *Ecol. Res.* 24: 257–262.
- Ozawa, A., T. Uchiyama and S. Toyoshima (2010) Studies of the predatory mite fauna (Acari: Phytoseiidae) on tea trees in Shizuoka prefecture, Japan. <https://www.ocha-festival.jp/archive/english/conference/ICOS2010/files/PROC/pr-p-50.pdf> (2020 年 7 月 1 日参照).
- Sabelis, M. W. and H. E. Van de Baan (1983) Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Entomol. Exp. Appl.* 33: 303–314.
- Saito, Y. and M. Osakabe (1992) A new method for preparing mite specimens for optical and SEM microscopic observations. *Appl. Entomol. Zool.* 27: 427–436.
- SAS Institute (2015) *JMP: Statistic and Graphics Guide, version 12*. SAS Institute, Cary, NC.
- Shibao, M., S. Ehara, A. Hosomi and H. Tanaka (2004) Seasonal fluctuation in population density of phytoseiid mites and the yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on grape, and predation of the thrips by *Euseius sojaensis* (Ehara) (Acari: Phytoseiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 39: 727–730.
- Shimoda, T., R. Ozawa, K. Sano, E. Yano and J. Takabayashi (2005) The involvement of volatile infochemicals from spider mites and from food-plants in prey location of the generalist predatory mite *Neoseiulus californicus*. *J. Chem. Ecol.* 31: 2019–2032.
- 園田昌司・山下 純・岸本英成 (2017) モモ圃場におけるカブリダニの植物餌資源の利用. 植物防疫 71: 92–98. [Sonoda, S., J. Yamashita and H. Kishimoto (2017) Utilization of plant resources by phytoseiid mite species in peach orchards. *Plant Prot.* 71: 92–98.]
- Takahashi, F. and D. A. Chant (1993) Phylogenetic relationships in the genus *Phytoseiulus* Evans (Acari: Phytoseiidae). I. Geographic distribution. *Int. J. Acarol.* 19: 15–22.
- 高橋英夫・高藤晃雄・高林純示 (2001) 粘着トラップによるハダニ天敵昆虫類調査法—ハダニ低密度圃場における有用性評価と合成植物揮発成分が捕獲数に与える影響—. 応動昆 45: 189–194. [Takahashi, H., A. Takafuji and J. Takabayashi (2001) Efficiency of a sticky trap for censusing the natural enemy fauna of spider mites. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 45: 189–194.]
- Toyoshima, S., F. Ihara and H. Amano (2008) Diversity and abundance of phytoseiid mites in natural vegetation in the vicinity of apple orchards in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 43: 443–450.
- Toyoshima, S., H. Kishimoto and H. Amano (2013) Phytoseiid mite Portal. <https://phytoseiidae.acarology-japan.org/> (2020 年 7 月 1 日参照).
- 土田祐大・増井伸一 (2019) 静岡県のカンキツ園に生息する 2 種土着広食性カブリダニに対する各種薬剤の影響. 関西病虫研報 61: 99–104. [Tsuchida, Y. and S. Masui (2019) Effect of pesticides on two native generalist phytoseiid species inhabiting citrus orchards in Shizuoka Prefecture. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 61: 99–104.]
- Tsuchida, Y. and S. Masui (2020) Effects of providing pollen to *Euseius sojaensis* or *Amblyseius eharai* (Acari: Phytoseiidae) on populations of the pink citrus rust mite, *Aculops pelekassi* (Acari: Eriophyidae). *Appl. Entomol. Zool.* 55: 241–248.
- 内田正人 (1982) ナシ園におけるハダニ類の発生と被害に関する研究, 特に休眠性の生態的特性. 鳥取県果試特報 2: 1–63. [Uchida, M. (1982) Ecological studies on the abundance and diapause of spider mites and the damage caused by the spider mites in Japanese pear orchards. *Spec. Bull. Tottori Fruit Tree Exp. Stn.* 2: 1–63.]
- Wade, M. R., M. P. Zalucki, S. D. Wratten and K. A. Robinson (2008) Conservation biological control of arthropods using artificial food sprays: current status and future challenges. *Biol. Cont.* 45: 185–199.
- Yamamura, K. (1999) Transformation using $(x+0.5)$ to stabilize the variance of populations. *Res. Popul. Ecol.* 41: 229–234.
- 山崎大樹・糸山 亨 (2014) 地域ブランド「多摩川ナシ」におけるハダニ類の薬剤感受性. 関東病虫研報 61: 153–154. [Yamazaki, D. and K. Itoyama (2014) Acaricide susceptibility of spider mite in orchard with local brand of Japanese pear Tamagawa-nashi. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 61: 153–154.]
- 山崎大樹・糸山 亨 (2015) 都市農業ナシ園におけるカブリダニ類の発生活長. 関東病虫研報 62: 153–155. [Yamazaki, D. and K. Itoyama (2015) Seasonal occurrence of phytoseiid mites in urbanized Japanese pear orchards. *Ann. Rept. Kanto Pl. Prot. Soc.* 62: 153–155.]