

ハウレンソウケナガコナダニ防除における 捕食性ヤドリダニ類利用の可能性

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 中央農業試験場 齊 藤 美 樹

はじめに

ハウレンソウケナガコナダニ *Tyrophagus similis* Volgin (ダニ亜綱：コナダニ科；以下コナダニと略) (口絵①) はハウレンソウ *Spinacia oleracea* L. の地上部，特に新芽部分を加害し，芯止まりや奇形症状(図-1)を引き起こす難防除害虫である(中尾・黒佐，1988；春日，2005)。本邦では施設栽培が盛んになり始めた1970年代に北海道において初めて被害が確認され(中尾・黒佐，1988)，現在では全国的に被害が発生し大きな問題となっている(春日・天野，2000)。本種は通常，主に有機物を餌にして土壤中で生息するが(KASUGA and AMANO, 2005；松村ら，2009)，土壤環境の変化によって好適な環境を求めて地上部へ移動してくることから(春日・天野，2000；松村ら，2009；増田，2010)，茎葉散布による防除適期の特定が難しい。化学農薬や熱を用いた土壤消毒には効果が認められるが(松村ら，2005；浜崎，2006)，本種は移動性が高いため，土壤消毒が実施されなかった隣接圃場，薬剤や熱が到達しなかった圃場の縁や土壤の深い部分等から速やかに移動してくると考えられ，わずか数回の作付けで元の密度に戻ってしまうことも報告されている。このため，多くの生産者が対応に苦慮している。

I 生物農薬を利用した防除の現状

化学農薬や土壤消毒の利用等効果の持続期間が短い防除法に比較して，生物的防除法は長期的な害虫密度の抑制が可能であることから，各種作物で利用されている(梅川ら編，2005；黒木，2011)。ハウレンソウ圃場のコナダニに対しても，根本的に密度を制御する手段の一つになる可能性がある。しかし，現在本種に対して登録のある生物農薬は防除効果が不安定であることから，ほとんど利用されていないのが現状である。このため，これまでも既存の生物農薬の中からコナダニに適用可能な

天敵種の探索が行われ，海外において主にロビンネダニ *Rhizoglyphus robini* Claparède (コナダニ科) の防除に利用されてきた土壤生活性の捕食性天敵 *Hypoaspis* (*Gaeolaelaps*) *aculeifer* (Canestrini) (トゲダニ科) にコナダニ捕食能力があることが確認された(KASUGA et al., 2006)。しかし，本種は比較的高温条件を好むダニであり，コナダニの増殖が活発となる25℃以下の温度範囲では増殖能力や捕食能力が低いことが明らかになったため，実用化には至らなかった。したがって，ハウレンソウ栽培において生物的防除を実施するためには，新たに天敵を探索する必要がある。

II 土壤生活性の土着天敵ヤドリダニ類への着目

現在，本邦において農薬登録されている生物農薬のほとんどは海外からの移入種であるが，近年では在来生物群保全の観点から，生態系をかく乱する心配が少ない日本国内産の土着天敵を生物農薬として採用する動きが見られている(大井田ら，2007；NAKAHIRA et al., 2010；NISHIKAWA et al., 2010)。この動きに準じ，コナダニに対する生物農薬も国内産の土着天敵から探索すべきであると考えた。ダニ類の生活場所では微小動物間の多様な食物連鎖関係が成り立っていることが知られており(青木，1973；金子，2007)，コナダニが多発している施設栽培ハウレンソウ圃場の土壤においても，本種を捕食する土着天敵類が存在すると予想された。筆者は捕食性ダニ類の1グループであるヤドリダニ類(ダニ亜綱：ヤドリダニ団)に着目した。現在，施設栽培野菜などで生物農薬として利用されている捕食性ダニ類は，ミヤコカブリダニ *Neoseiulus californicus* (McGregor) (カブリダニ科) やスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (カブリダニ科) 等に代表されるように，すべてカブリダニ科に属している(安倍ら，2009；KRANTZ and WALTER, 2009)。カブリダニ科もヤドリダニ団に含まれるが，植物体上に見いだされるグループであるため比較的分類が進んでおり(江原，2009)，食性や飼育法まで確立している種が多い(天野・後藤，2009)。しかし，4亜団10上科もの分類群に分けられるヤドリダニ団のうち(KRANTZ and WALTER, 2009)，多くの種については落葉や腐食層，堆肥等の有機物の多い環境や土壤中で自由

Availability of Indigenous Predatory Mites (Acari : Gamasina) for Control Agent of *Tyrophagus similis* Volgin (Acari : Acaridae) in the Spinach Greenhouses. By Miki SARO

(キーワード：ハウレンソウケナガコナダニ，ヤドリダニ類，捕食性ダニ類，生物的防除)

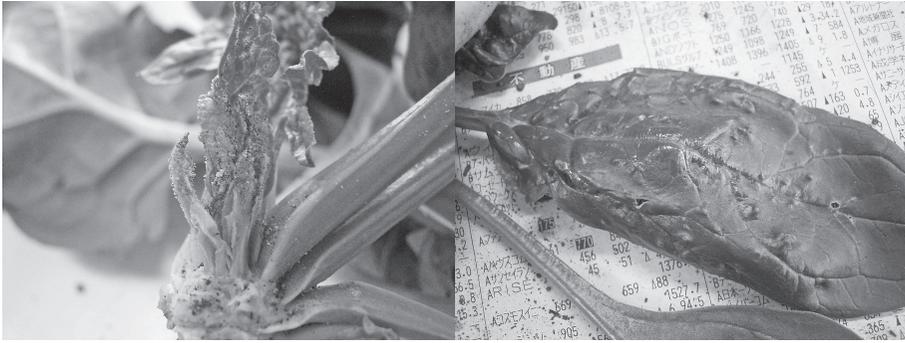


図-1 コナダニによるハウレンソウの新芽(左)および展開葉(右)の被害

生活を営むため (Iro, 1970), カブリダニ科ほど分類が進んでおらず, 捕食習性も明らかになっていない未活用の生物資源である。このような土壌生活を行うヤドリダニ類の中からコナダニ捕食種を見いだすことで, 地上生活性のカブリダニ類では困難であった, 土壌中でのコナダニ個体群密度のコントロールに活用できる可能性がある。このため, ハウレンソウ圃場におけるヤドリダニ類の種構成, コナダニ捕食者としての能力を明らかにし, 生物農薬としての適性について検討を行った。

III ハウレンソウ圃場のヤドリダニ相

2009年10月に予備調査として北海道内5市町の施設栽培ハウレンソウ圃場15箇所(15箇所)に生息するヤドリダニ類をリストアップした。各圃場から深さ0~5cmの表層土壌を採取し, 光と熱により土壌中の微小な動物を抽出するツルグレン装置を用いてヤドリダニ類を集め同定したところ, 計11種の存在が確認された。2010~11年には, この調査をもとに6圃場において4月から9月まで約7日間隔で継続した調査を行ったところ, 採取できたヤドリダニ類のほとんどが2009年の予備調査において発見された種と同一であった。特に出現頻度や発生頭数が多かった種は *Ascidae* sp.1 (マヨイダニ科; 口絵④A), クビレマヨイダニ *Protogamasellus mica* Karg (マヨイダニ科; 口絵④B), タンカンホソトゲダニ *Hypoaspis (Gaeolaelaps) praesternalis* Willmann (トゲダニ科; 口絵④C), トゲダニモドキ *Hypoaspis (Gaeolaelaps) queenslandics* (口絵④D), ニセハエダニ *Macrocheles similis* Krantz & Filipponi (ハエダニ科; 口絵④E) および *Cycetogamasus diviortus* (Athias-Henriot) (ヤドリダニ科; 口絵④F) であった。さらに, これらの種は2011年に岩手県, 福井県, 岐阜県, 奈良県, 山口県および鹿児島県のハウレンソウ圃場において実施したヤドリダニ相調査において少なくとも1箇所以上で発生が確

認されている (天野ら, 未発表)。このため, ハウレンソウ圃場に発生するヤドリダニ類は, 全国的にある程度共通していることが明らかになった。一方で, 直近にハウレンソウの栽培履歴がない圃場においても同様の調査を行ったところ, 得られた計14種のヤドリダニ類のうち9種はハウレンソウ圃場で未確認の種であったことから, ハウレンソウ栽培の有無でヤドリダニ相が大きく異なることが明らかになった。

この要因として, ハウレンソウ栽培下の土壌条件が強く影響していることが推察された。ハウレンソウ圃場においてはコナダニが高密度で発生すること, 1作の栽培期間が30~40日程度と短く, 頻繁な耕起によって個体群がかく乱されがちであること, 土壌水分含量が1作の間で大きく変化すること等, 土壌条件が他作物栽培下と大きく異なる。このため, ハウレンソウ圃場のヤドリダニ類は, 土壌に共通して存在するコナダニを餌として利用する可能性が高く, また, ハウレンソウ圃場特有の土壌条件下において生存に適した種であると考えられた。

IV コナダニ捕食種の絞り込み

コナダニを捕食するヤドリダニ類を生物農薬として利用するためには大量増殖法の確立が必須であり, 餌資源の安定的な確保は重要な課題である。コナダニは通常, 土壌中に生息するため好適な温湿度条件の範囲が狭く (KASUGA and AMANO, 2000), 室内での飼育には相応の環境制御施設を要し, 個体群の維持管理に係る人的労力も多大である。また, コナダニの生育に最も適した乾燥酵母も飼料としては高価であることから, 本種はヤドリダニ類を大量増殖させるための餌資源としては不適であると考えられた。コナダニ捕食能力が高い種であっても, 大量増殖にコストがかかりすぎるとは実用化が期待できないと考えたため, 小麦ふすまなどの安価な飼料で容易に飼育可能なケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae*

(Schrank) を代替餌として利用できるヤドリダニ類を絞り込むことにした。

ホウレンソウ圃場やその周辺から採取した土壌または作物残渣約 400 ml を腰高シャーレ (直径 120 mm × 高さ 75 mm) に充てんし、ケナガコナダニを増殖させたふすま培地を 15 ml 程度加えて温度 20℃、日長 16L8D の条件下で静置した。およそ 7 日おきにケナガコナダニ培地を追加し、3 日おきに霧吹きで水分を補給しながら飼育したところ、ホウレンソウ圃場の主要種である *Ascidiae* sp.1、クビレマヨイダニ、タンカンホソトゲダニ、トゲダニモドキ、ヤマウチアシボソトゲダニ、ニセハエダニおよび *C. diviortus* の密度を実体顕微鏡下で観察可能な程度まで高めることができた。また、新たにヤマウチアシボソトゲダニ *Hypoaspis (Euandrolaelaps) yamauchii* Ishikawa (図②, ③) が作物残渣から見いだされた。

V コナダニ捕食能力

ケナガコナダニを用いて増殖させた前述のヤドリダニ類 7 種について、コナダニに対する捕食能力を調査した。直径 8 mm の穴をあけたアクリル板 (縦 26 mm × 横 76 mm、厚さ 3 mm) 2 枚で黒色ろ紙 (縦 26 mm × 横 76 mm、分析用ろ紙を墨汁で染色し風乾) を挟み、蓋としてスライドガラス (縦 26 mm × 横 76 mm、厚さ 0.9 ~ 1.2 mm) を重ねて両端をバインダークリップで止めた飼育容器を用いた (図-2)。この飼育容器底面のろ紙を蒸留水で軽く湿らせてからヤドリダニ類雌成虫を 1 頭放飼し、蒸留水で湿らせた紙製ウエス (JK ワイパー 150-S、日本製紙クレシア) 2 枚を敷いたスチロール製丸形密閉容器 (直径 150 mm × 高さ 90 mm) 内に静置して温度 20℃、暗黒条件下で絶食させた。各ヤドリダニ類を雌成虫の背板長で、小型種 (0.25 ~ 0.3 mm 程度) ; *Ascidiae* sp. 1 およびクビレマヨイダニ、中型種 (0.5 ~

0.6 mm 程度) ; タンカンホソトゲダニおよびトゲダニモドキ、大型種 (0.7 ~ 0.8 mm 程度) ; ヤマウチアシボソトゲダニ、ニセハエダニおよび *C. diviortus* に区分し、小型種および中型種の飼育容器には絶食開始から 24 時間後にコナダニ卵 20 個、幼虫 50 頭、第 1 若虫 40 頭、第 3 若虫 40 頭または雌成虫 20 頭を、大型種には卵 20 個、幼虫 150 頭、第 1 若虫 120 頭、第 3 若虫 40 頭または雌成虫 20 頭についてそれぞれ小筆を用いて導入した。前述の丸形密閉容器内で温度 20℃、暗黒条件下で 24 時間静置後、コナダニ生存虫を実体顕微鏡下で計数し、与えた頭数から生存頭数を差し引いた数を捕食頭数とした。

いずれのヤドリダニ類も、供試した個体の成熟度によると考えられる捕食量のばらつきがあったものの、コナダニを捕食可能であることが明らかになった。幼虫に対する 24 時間当たりの捕食頭数は、小型種で平均 3.0 ~ 7.0 頭、中型種で 10.3 ~ 16.2 頭、大型種で 78.4 ~ 123.7 頭であった (表-1)。大型種ほどコナダニ捕食能力が高く、齢期の進んだコナダニも捕食可能であった。小型種 2 種については供試雌成虫の確保が困難だったため、コナダニの第 1 若虫または第 3 若虫以降のステージに対し試験を実施できなかった。また、幼虫に対する捕食量もごくわずかであり、中型種のタンカンホソトゲダニであっても第 1 若虫に対する捕食頭数が平均 3.3 頭であったことから、これを上回る捕食量は期待できないと推察された。

このため、捕食量が多くコナダニの全生育ステージ (卵を除く) を利用できる中型種トゲダニモドキおよび大型種ヤマウチアシボソトゲダニ、ニセハエダニおよび *C. diviortus* が、コナダニ防除に利用できる可能性があると考えられた。いずれの種もコナダニの齢期が若いほど一定時間内に捕食できる頭数が多いことが明らかとなった (表-1)。成虫と幼虫が混在する条件下で同様の調査をしたところ、幼虫に対して高い選好性を示した。このことから、好適な条件下においてはコナダニを効率

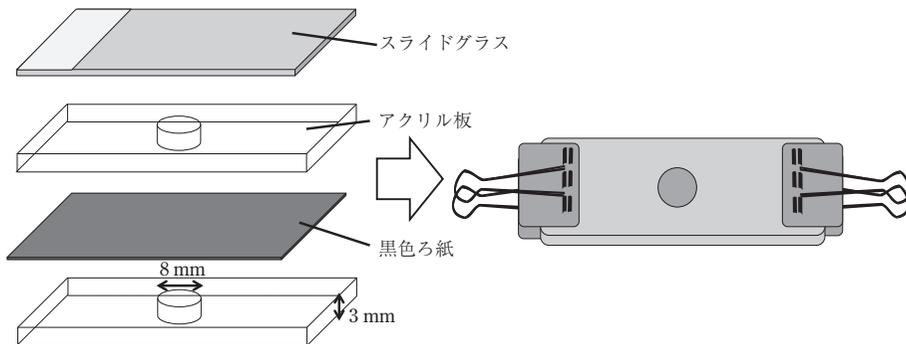


図-2 捕食試験に用いた飼育容器

表-1 ヤドリダニ類雌成虫のコナダニ各生育ステージに対する捕食量

ヤドリダニ類種名	コナダニ 生育ステージ	供試 雌成虫数	捕食量 (頭/24時間/1雌)				
			最小	最大	平均	±	標準 偏差
Ascidae sp.1	卵	3	0	—	0		
	幼虫	3	5	9	7.0		
クビレマヨイダニ <i>P. mica</i>	卵	6	0	—	0		
	幼虫	9	0	8	3.0	±	2.3
	第1若虫	4	0	3	1.3		
タンカンホソトゲダニ <i>H. (G.) praesternalis</i>	卵	6	0	—	0		
	幼虫	6	6	17	10.3	±	4.1
	第1若虫	6	1	6	3.3	±	2.0
	第3若虫	6	0	1	0.3	±	0.5
	成虫	6	0	—	0		
トゲダニモドキ <i>H. (G.) queenslandics</i>	卵	6	0	—	0		
	幼虫	6	5	28	16.2	±	8.9
	第1若虫	6	14	17	14.8	±	1.2
	第3若虫	6	1	5	2.8	±	1.7
	成虫	13	0	3	0.8	±	1.1
ヤマウチアシボソトゲダニ <i>H. yamauchii</i>	卵	8	0	—	0		
	幼虫	8	62	98	78.4	±	16.2
	第1若虫	8	4	38	20.9	±	11.6
	第3若虫	10	8	24	16.1	±	5.3
	成虫	10	1	8	4.5	±	2.4
ニセハエダニ <i>M. similis</i>	卵	8	0	—	0		
	幼虫	10	107	147	123.7	±	16.1
	第1若虫	10	30	90	68.0	±	21.9
	第3若虫	10	6	17	10.0	±	3.5
	成虫	10	1	5	2.9	±	1.3
<i>C. diviortus</i>	卵	6	0	—	0		
	幼虫	6	68	143	111.7	±	32.9
	第1若虫	6	69	115	83.5	±	20.8
	第3若虫	8	5	24	11.5	±	6.3
	成虫	8	1	8	4.5	±	2.7

供試雌成虫の不足により *Ascidae* sp.1 は第1若虫以降、クビレマヨイダニは第3若虫以降のステージについて試験未実施である。

供試雌成虫数が4頭以下の場合には標準偏差を算出しなかった。

よく捕殺し、増殖を抑制する可能性があると考えられた。また、捕食行動に適する温度帯はトゲダニモドキおよびニセハエダニで20～30℃、ヤマウチアシボソトゲダニで20～25℃、*C. diviortus*では15～30℃であったことから(図-3)、過去に実用化が断念された*H. (G.) aculeifer*の適温である30℃(KASUGA et al., 2006)と比較して低い傾向が見られた。この温度帯はコナダニの増殖に好適な25℃と至近であるため(Kasuga and Amano, 2000)、施設栽培ハウレンソウにおいてコナダニの被害が深刻となる春期および秋期に、これらのヤドリダニ類も捕食行動が活発になるものと推測された。

VI 大量増殖の試み

前章でも述べたように、コナダニ捕食種を生物農薬として製剤化するためには効率的な大量増殖法の確立が必須である。コナダニ捕食種を絞り込む際には採取土壤または作物残渣そのものに餌を混和したが、実際の生産時には入手が容易で安価な資材を増殖培地として用いる必要がある。このため、北海道内だけでも年間約14万トン発生し、20%程度は廃棄や焼却処分されている初穀に着目し、これを培地として大量増殖を試みた。

他の土壤動物の発生を抑制するため天日で十分に乾燥

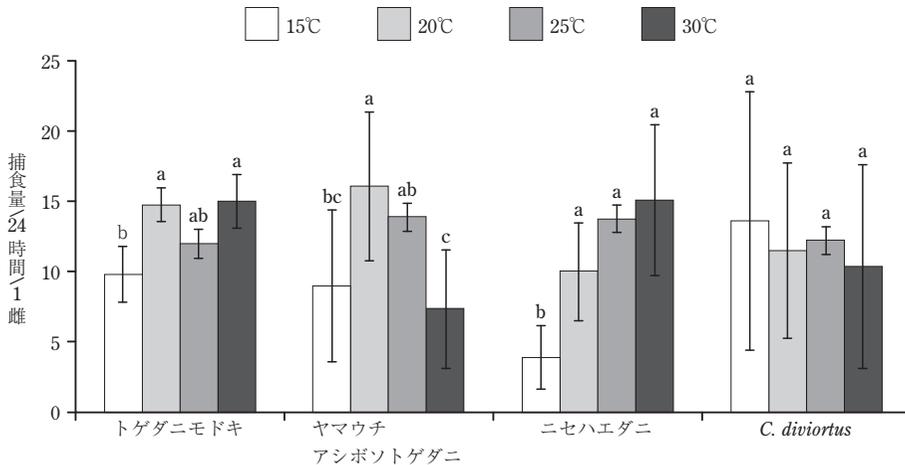


図-3 異なる温度条件下でのコナダニ捕食能力
 トゲダニモドキはコナダニ第1若虫, それ以外の種はコナダニ第3若虫に対する捕食量を示す。
 バーは標準偏差を示す。
 同一種内の異なるアルファベット間で Tukey-Kramer の HSD 検定において 5%水準の有意な差があることを示す。

させた粉殻に、水道水を重量比 10 : 1 の割合で混和し、ビニール袋内において温度条件 20°C で 2 週間程度静置して粉殻培地を作成した。粉殻培地 100 ml を小型腰高シャーレ（直径 90 mm × 高さ 90 mm）に充てんし、各ヤドリダニ類雌成虫をそれぞれ 10 頭程度放飼した。この容器に、ケナガコナダニを増殖させたふすま培地を約 15 ml 加えて混和し、温度 20°C、湿度 99%、日長 16L8D の条件下で静置した。およそ 7 日おきにケナガコナダニを追加し、霧吹きを用いて適宜水分を補給しながら飼育した。コナダニに対する捕食量が多かった大型ヤドリダニ類 3 種のうち、ヤマウチアシボトゲダニは容易に大量増殖することが可能であり、放飼時に 7 頭であった個体数が 29 日後には成虫・若虫合計で 149 頭まで増殖した。一方、ニセハエダニおよび *C. diviortus* は、採取土壤に直接ケナガコナダニ培地を混和した場合は増殖が可能であったにもかかわらず、粉殻培地においては飼育をすることができなかった。また、中型種トゲダニモドキは飼育自体は可能であったが、水分の多い飼育容器の底面付近でしか生息できないようであり、安定的な大量増殖には至らなかった。

おわりに

低コストの資源である粉殻培地およびケナガコナダニを用いた大量増殖が可能であったヤマウチアシボトゲダニは、捕食行動に適する温度帯も 20 ~ 25°C であったことから飼育の好適温度も比較的低いと推測された。したがって、飼育環境制御にかかるコストも低く抑えられ

ると考えられた。さらに、本種の雌成虫に対し絶食試験を行ったところ、15 ~ 25°C の温度条件下で 21 日間という長期間にわたって餌がない状態に耐えられたことから、将来的に生産者へ製剤を配布する際も取り扱いに格別の注意を要さないと考えられ、生物農薬としての適性が非常に高い有望種に位置づけられる。今後、圃場におけるコナダニ密度抑制能力を評価し、生物的防除法確立の取り組みを実施したい。

トゲダニモドキは大型種に比較して捕食量が少なかったものの（表-1）、本種は圃場において、他種に比較して土壌の深層に多く分布することがわかっているため、大型種と併せて利用することで圃場の垂直方向へより広範囲にコナダニ密度を抑制できる可能性がある。また、ヤマウチアシボトゲダニと同様に絶食状態に非常に強いことから、安定した大量増殖法が確立できれば生物農薬として利用する可能性があると考えられた。

ニセハエダニおよび *C. diviortus* は粉殻培地において大量増殖ができなかったものの、ホウレンソウ圃場の主要種であり、コナダニ捕食量も非常に多く、コナダニと活動適温が重複するなど、非常に有望な特性を複数持つ種である。培地の種類、水分条件、餌種などを検討して大量増殖法を開発し、製剤化の道を開きたいと考えている。

引用文献

- 1) 安倍 弘ら (2009): 日本ダニ学会誌 18: 99 ~ 104.
- 2) 天野 洋・後藤哲雄 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑, 江原昭三・後藤哲雄 編, 全国農村教育協会, 東京, p. 301 ~ 311.
- 3) 青木淳一 (1973): 土壤動物学, 北隆館, 東京, 814 pp.
- 4) 江原昭三 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑, 江原昭三・後藤哲雄 編, 全国農村教育協会, 東京, p. 260 ~ 277.

- 5) 浜崎健司 (2006): 岐阜県中山間農業技術研究所試験研究成績概要書平成18年度: 1 ~ 6.
- 6) Ito, Y. (1970): *Med. Entomol. Zool.* **21**: 205 ~ 208.
- 7) 金子信博 (2007): 土壤生態学入門—土壤動物の多様性と機能—, 東海大学出版会, 神奈川, 212 pp.
- 8) KASUGA, S. and H. AMANO (2000): *Appl. Entomol. Zool.* **35**: 237 ~ 244.
- 9) ———— (2005): *ibid.* **40**: 507 ~ 511.
- 10) ———— et al. (2006): *J. Acarol. Soc. Jpn.* **15**: 139 ~ 143.
- 11) 春日志高・天野 洋 (2000): *日本ダニ学会誌* **9**: 31 ~ 42.
- 12) ———— (2005): *今月の農業* **49**: 56 ~ 61.
- 13) KRANTZ, G. W. and D. E. WALTER (2009): *A Manual of Acarology*, 3rd Edition. Texas Tech University Press, Texas, 807 pp.
- 14) 黒木修一 (2011): *植物防疫* **65**: 404 ~ 408.
- 15) 増田俊雄 (2010): *北日本病虫研報* **61**: 186 ~ 188.
- 16) 松村美小夜ら (2005): *関西病虫研報* **47**: 1 ~ 8.
- 17) ————ら (2009): *奈良県農総七研報* **40**: 1 ~ 7.
- 18) NAKAHIRA, K. et al. (2010): *Appl. Entomol. Zool.* **45**: 239 ~ 243.
- 19) 中尾弘志・黒佐和義 (1988): *応動昆* **32**: 135 ~ 142.
- 20) NISHIKAWA, H. et al. (2010): *Appl. Entomol. Zool.* **45**: 313 ~ 318.
- 21) 大井田 寛ら (2007): *関東東山病虫研報* **54**: 139 ~ 142.
- 22) 梅川 學ら編 (2005): *総合的病害虫管理技術*, 養賢堂, 東京, 236 pp.