トンネル栽培ニンジンに発生したホモノハダニの薬剤感受性

兼田 武典^{1*}・亀代 美香¹・中野 昭雄¹・米本 謙悟¹・南 利夫²・青木 一彦³・
後藤 哲雄⁴

¹ 徳島県立農林水産総合技術支援センター農業研究所, 〒776-0010 徳島県吉野川市鴨島町鴨島88

² 徳島県立農林水産総合技術支援センター鳴門藍住農業支援センター, 〒771-1220 徳島県板野郡藍住町東中富字舩傍示29

³ 徳島県立農林水産総合技術支援センター吉野川農業支援センター, 〒779-3304 徳島県吉野川市川島町宮島736-1

⁴ 茨城大学農学部応用動物昆虫学研究室, 〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央3-21-1
(受領: 2012年2月22日; 登載決定: 2012年4月6日)

ABSTRACT

Susceptibility of the brown wheat mite, *Petrobia latens* (Müller) (Acari: Tetranychidae) to agricultural chemicals in carrot crops. Takemichi KANEDA, Mika KAMESHIRO, Akio NAKANO, Kengo YONEMOTO (Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Agriculture Research Institute, Yoshinogawa, Tokushima 776-0010, Japan), Toshio MINAMI (Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Naruto-Aizumi Agricultural Support Center, Itano, Tokushima 771-1220, Japan), Kazuhiko AOKI (Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Yoshinogawa Agricultural Support Center, Yoshinogawa, Tokushima 779-3304, Japan) and Tetsuo GOTOH (Ibaraki University, Ami, Ibaraki 300-0393, Japan)

An outbreak of the brown wheat mite, *Petrobia latens* (Müller), occurred on carrot cultivated in greenhouses of Tokushima Prefecture, Shikoku Island, southern Japan, in early spring of 2011. It caused a serious reduction of yield, because effective methods to control this mite were lacking. The present study determined the susceptibility of *P. latens* to 22 agricultural chemicals, including three physical control agents (thought to block the target organism's spiracles) and two granulates, because chemicals will be used as the first line of pest control. When adult females of *P. latens* were treated with recommended concentrations of the chemicals, seven out of 17 pesticides and fungicides – i.e., bifenazate, DBEDC, emamectin benzoate, lepimectin, methomyl, milbemectin and pyridaben – caused 95-100% mortality after 96 h (lepimectin, methomyl and mibemectin caused 90-100% mortality even after 24 h). The three physical control agents had no effect on the adult females. The two granulates were also tested for an ovicidal effect against diapause eggs of *P. latens*. It appeared that only diazinon had a negative effect on egg hatching (ca. 45% reduction relative to control). These results suggest that this species could be controlled, in principle, with any of seven effective chemicals as a first method. Two of these seven chemicals – emamectin benzoate and methomyl – are registered as pesticides for carrot crops.

* 連絡先著者: e-mail: kaneda_takemichi_1@pref.tokushima.lg.jp

DOI: 10.2300/acari.21.21

Key words: *Petrobia latens*, brown wheat mite, acaricide, insecticide, carrot

緒言

ホモノハダニ *Petrobia latens* (Müller) は、1776年にデンマークで発見されて以来、欧州、北アフリカ、インド、オーストラリア、アジア、日本、北米にも分布することが報告されている。本種はコムギやオオムギ、ソルガムなどのイネ科植物の他、タマネギ、ニンニク、ニンジン、レタス、メロンなどの野菜類、ワタやクローバー、グラジオラス、アイリスなどにも寄生する広食性のハダニである (Menon and Ghai, 1968; Jeppson et al., 1975)。ホモノハダニの卵期間は6～11日 (21.7℃～26.7℃)、幼虫から成虫までは8～11日 (20～24.4℃) である (Fenton, 1951; Cox and Lieberman, 1960; Khan et al., 1969; Nogia and Sharma, 2003; Sharma and Srinivasa, 2004)。産卵数は夏卵が57～90卵/雌、休眠卵が30～34卵/雌である (Fenton, 1951; Cox and Lieberman, 1960; 今林, 1971)。夏卵と休眠卵のいずれも寄生植物上に産下されることはなく、土塊や硬い構造物に産下される (今林, 1971; Jeppson et al., 1975)。日本では、北海道のダイズやクローバー、ムギ類、タンポポ、イチゴへの寄生が知られている (Ehara, 1956; 今林, 1971)。北海道のダイズでは5月から9月まで発生が見られ、この間5世代を経過するが、7月上～中旬に発生する第2世代目の加害が最も深刻である。しかし、この第2世代目の成虫が休眠卵を産下するため、それ以降の発生量は少なくなる (今林, 1971)。ハダニでウイルス媒介が知られている例は少ないが、本種は Barley yellow streak mosaic virus (BaYSMV) を媒介する (Robertson and Carroll, 1988; Smidansky and Carroll, 1996; Blodgett and Johnson, 2002)。また、ホモノハダニは一度多発してしまうと薬剤防除以外に有効な防除法はないとされている (Blodgett and Johnston, 2002)。諸外国における薬剤防除では、有機塩素系の dicofor や有機リン系の dimethoate, ethion, monocrotophos, parathion, phosphamidon, thiometon, 有機硫黄系の sulfur dust 等が使用されており、いずれも本種の防除には有効であることが分かっている (Fenton, 1951; Sharma and Srinivasa, 2004)。

日本では、今林 (1971) を除いて、本種の発生や被害に関する報告はなかったが、2011年3月に徳島県のトンネル栽培ニンジンハウスに多発していることが確認された (徳島県, 2011)。その後、茨城県のトンネル栽培ニンジンでも発生が認められている (茨城県, 2011)。しかし、前述した通り、日本における本種に関する報告が少なく、有効な防除法が不明であったため、徳島県の2011年の発生最盛期であった春季に本種への十分な防除を実施することができなかった。そこで、本報告では本種の防除に有効な薬剤を明らかにするため、各種薬剤に対する感受性レベルを検討した。

材料および方法

試験に供試したホモノハダニは、2011年4月に徳島県板野郡板野町のトンネル栽培ニンジン圃場から、実験スケジュールに併せて適宜採集した。

雌成虫に対する薬剤試験 (気門封鎖系薬剤を除く)：当初、リーフディスク法による薬剤感受性検定を検討したが、予備試験の結果、リーフディスク外に逃亡して水死する個体が多

数発生して効果判定ができなかったので、ドライフィルムと食餌浸漬法を併用して試験を実施した。直径25 mm×高さ50 mmのプラスチック容器をpolyoxyethylene nonylphenol ether 20.0%とpolynaphthyl sodium methanesulphonate 6.0%を含有した展着剤が5,000分の1の濃度になるように添加した所定濃度の薬剤で満たした後に、薬剤を捨てて風乾した。この容器に、インゲンマメ (*Phaseolus vulgaris* L.) の展開葉を同薬液に10秒間浸漬した後、風乾して直径20 mmのコルクボーラーで打ち抜いて作ったリーフディスクを静置するという方法で試験を行った。1容器につきホモノハダニ雌成虫を10個体導入した後に、開口部を薄膜フィルム（パラフィルム®）で封入し、25℃、16L:8D条件の恒温室に静置した。薬剤の効果は、処理24時間および96時間後の死亡率によって判定した。対照区には、水道水を処理した。試験は、供試した17薬剤（Table 1A）と対照区について3反復ずつ行った。

雌成虫に対する気門封鎖系薬剤の試験：本試験は、200メッシュのゴース（150 mm×150 mm）でホモノハダニの雌成虫（17～54個体）を包み込んだ後、前述と同じ展着剤が5,000分の1の濃度になるように添加した所定濃度の各薬剤に10秒間浸漬する方法で実施した。風乾後、直径25 mm×高さ50 mmのプラスチック容器に成虫を移して、開口部をパラフィルム®にて封入し、25℃、16L:8D条件の恒温室に静置した。プラスチック容器には餌を入れなかった。薬剤の効果は、処理24時間後の死亡率で判定した。対照区では、雌成虫を水道水に浸漬した。試験は、供試した3薬剤（Table 1B）と対照区について3反復ずつ行った。

休眠卵に対する粒剤の効果試験：2011年4月1日～5月6日まで、徳島県板野町のホモノハダニの多発圃場に農業用支柱（直径7 mm、長さ90 cm）を設置して支柱の凹凸部に休眠卵を産下させた。産下された支柱の凹凸部（以下、卵塊チップ、Fig. 1）を切り出して、直径25 mm×高さ50 mmのプラスチック容器内に入れて開口部をパラフィルム®で封入した後、9℃、暗黒条件下に静置した（5月3日）。静置121日後（9月1日）に、200 mlのパーミキュライトで満たした直径124 mm×高さ96 mmの800 ml円筒形タッパーに所定量（タッパーの底面積に換算した処理量）の薬剤を投入した後、5 mlの水道水を滴下した。対照区には、水道水のみを滴下した。容器内のパーミキュライト上に卵塊チップ5個を静置して蓋をした後、15℃、暗黒条件下で4日間処理した。その後、卵塊チップを1個ずつ1.5 mlのプラスチック製コニカルチューブに移して、25℃、16L:8D条件に設定した恒温室で20日間観察し、孵化率を調査した（各薬剤5反復）。供試薬剤は、Table 1Cに示したとおりである。

統計検定：17薬剤における処理24時間後と96時間後の死亡率の差は、 χ^2 —検定またはFisherの正確確率検定によって比較した（Sokal and Rohlf, 1995）。気門封鎖系薬剤における雌成虫の死亡率の差は、値をアークサインルート変換後に一元配置分散分析（ANOVA）を行い、Tukey's HSD testによって多重比較した（Sokal and Rohlf, 1995）。休眠卵に対する粒剤の効果試験に供試した休眠卵の数が試験区間で差がないことを確認するために、供試卵数を自然対数（log）で変換した後、また薬剤間のふ化率の差はふ化率をアークサインルート変換した後、一元配置分散分析を行い、Tukey's HSD testによって多重比較した（Sokal and Rohlf, 1995）。検定は、PASW ver. 18 for Windows（SPSS, 2009）を用いて行った。

結果および考察

気門封鎖系薬剤を除く散布剤による雌成虫への殺ダニ効果は、死亡率の補正を行わずに

Table 1. Chemicals tested in this study

Active ingredient	Formulation ^a	Concentration treated (mg/l)	Company	# MoA ^b
A. Pesticide/fungicide				
Acetamiprid	18.0% SL	45	Nippon Soda Co.	4A
Bifenazate	20.0% WP	200	Nissan Chemical Industries	UN
Chlorfenapyr	10.0% WP	50	Nippon Soda Co.	13
Cyenoxyrafen	30.0% WP	150	Nissan Chemical Industries	25
Cyflumetofen	20.0% WP	200	Otsuka AgriTechno Co.	25
Cypermethrin	6.0% EM	30	Sumitomo Chemical Co.	3A
DBEDC	20.0% EM	400	Otsuka AgriTechno Co.	-
Emamectin benzoate	1.0% EM	5	Syngenta Japan K. K.	6
Imidacloprid	50.0% WP	50	Bayer CropScience	4A
Lepimectin	1.0% EM	5	Mitsui Chemicals Agro, Inc.	6
Malathion	50.0% WP	167	Nihon Nohyaku Co.	1B
Methomyl	45.0% WP	450	Kumiai Chemical Industries	1A
Milbemectin	1.0% EM	5	Mitsui Chemicals Agro, Inc.	6
Polioxin	10.0% EM	200	Kumiai Chemical Industries	-
Pyridaben	20.0% WP	200	Nissan Chemical Industries	21A
Thiodicarb	33.5% WP	335	Bayer CropScience	1A
Tolfenpyrad	15.0% EM	75	Otsuka AgriTechno Co.	21A
B. Physical pest control agent				
Decanoyl/octanoyl-glycerides	90.0% EM	1800	Sankei Chemical Co.	-
Hydroxypropyl starch	5.0% SL	500	Sumitomo Chemical Co.	-
Sodium oleate	20.0% SL	2000	Otsuka AgriTechno Co.	-
C. Granulate				
Diazinon	5.0%	6kg/10a	Kumiai Chemical Industries	1B
Tefluthrin	0.5%	4kg/10a	Syngenta Japan K. K.	3A

^aEM: emulsifiable concentrate; SL: solution; WP: wettable powder.

^bMoA number means Mode of Action (MoA) Classification prepared by IRAC International MoA working group.

比較した。その理由は、対照区の死亡率が処理24時間後と96時間後にそれぞれ0%と3.3%であり、極めて低く、かつ処理後の経過時間の間に有意差がなかったからである ($p>0.05$, Fisherの正確確率検定)。供試した17剤中10剤では、処理24時間後より96時間後の方が高い死亡率を示した (Fig. 2; $p<0.001$, χ^2 —検定またはFisherの正確確率検定)。処理96時間後に95%以上の死亡率を示した薬剤は、bifenazate, DBEDC, emamectin benzoate, lepimectin, methomyl, milbemectin, pyridabenの7剤であった。このうち, lepimectin, methomyl, milbemectinの3剤は、処理24時間後にも高い殺ダニ効果が認められ、処理96時間後との間に有意差がなかった ($p>0.05$)。

高い殺ダニ効果が認められた7剤のうち3剤 (emamectin benzoate, lepimectin, milbemectin) は、マクロライド系の殺虫剤であり、塩素イオンチャネルを活性化することによって殺ダニ効果をもたらすとされている (MoA no. 6; IRAC, 2011)。カーバメート系で、アセチルコリンエステラーゼ阻害によって殺ダニ効果を発現する methomyl (MoA no.

Fig. 1. Agricultural pole (a) and a pole chip (b) with diapause eggs (the white dots) used for an experiment with the two granulates. The inset in b shows a close up of diapause eggs.

1A) では、ホモノハダニの死亡率が高かった。これとは対照的に、同じカーバメート系の thiodicarb (MoA no. 1A) はホモノハダニに対する殺ダニ活性が低かった。この原因は不明であるが、オオタバコガ (*Helicoverpa armigera* (Hübner)) では、methomyl と thiodicarb の抵抗性が交差しないこと (Ahmad et al., 2001) が知られていることから、本種におけるこれら2剤に対する反応の違いも抵抗性が交差しないことによる可能性が考えられる。同様に共にヘテロ環をもちミトコンドリア電子伝達系酵素複合体 I に作用する pyridaben (MoA no. 21A) はホモノハダニに有効であった一方、tolfenpyrad はほとんど効果がなかった。この作用機構をもつ剤では、未知の付加的な抵抗性因子の存在が示唆されているので (Van Leeuwen et al., 2010)、これらの因子の有無や多寡が薬剤間の死亡率の差として現れているのかも知れない。この他に、有機銅剤の DBEDC とミトコンドリア電子伝達系酵素複合体 III に作用すると考えられている bifenazate (Van Nieuwenhuyse et al., 2009) がホモノハダニに有効であった。これに対して、有機リン剤 (malathion) やアンカプラー (chlorphenapyr)、ネオニコチノイド剤 (acetamiprid, imidacloprid) の殺ダニ効果は低かった。従来報告では有機リン剤はホモノハダニに対して効果的であるとされているので (Fenton, 1951; Sharma and Srinivasa, 2004)、本研究の結果とは異なるものであったが、その原因は不明である。

雌成虫に対する気門封鎖系薬剤の試験では、処理24時間後の死亡率が22.4～41.0%であった (Fig. 3)。decanonyl/octanoyl-glyceroides の死亡率 (41.0%) は、対照区 (14.9%) に比べて有意に高かった ($p < 0.05$, Tukey's HSD test; ANOVA, $F_{3,8} = 5.332$, $p = 0.026$)。しかし、他の2剤は対照区との間に有意差がなかった。最も殺ダニ効果が高かった decanonyl/octanoyl-glyceroides の死亡率が41%に留まったことから、気門封鎖系3薬剤の殺ダニ効果は全体的に低いことが分かった。気門封鎖系薬剤は、虫体に薬剤が確実に付着しないと効果がないので、

本種の体表には薬液が付着しにくい可能性が考えられる。この点については、今後詳細な外部形態の観察が必要である。

休眠卵に対する粒剤の殺ダニ効果は、有機リン系の diazinon 粒剤 (MoA no. 1B) 処理におけるふ化率が 35%, つまり対照区に較べて約 45% のふ化率の低下が認められたことから、一定の効果があると考えられた (Table 2)。これに対してピレスロイド剤の tefluthrin 粒剤 (MoA no. 3A) 処理におけるふ化率は対照区と類似していたため ($p>0.05$), 殺ダニ効果はないと考えられた。しかし, diazinon 粒剤を処理しても 35% の卵が孵化したことから, 粒剤による防除は現場には適用できない可能性があるため, 今後はより広いスペースにおいて再検討する必要がある。

本研究の結果から, 供試した 22 剤のうち 7 剤がホモノハダニの防除に有効であると考えられた。7 剤のうちの 2 剤 (emamectin benzoate, methomyl) は既に「ニンジン」に他種害虫対象として登録がある (2012 年 3 月 19 日現在) ので, 他種害虫対象の同時防除薬剤としてすぐに現場で利用できる。残る 5 剤については, 農薬登録を拡大することによって, 現場への普及を図っていくことが今後の課題である。

摘要

2011 年早春に徳島県板野郡のトンネル栽培ニンジンにホモノハダニが大発生し, 収穫量が減少した。しかし, 本種に有効な薬剤に関する情報がなかったため, 2011 年には本種への十分な防除を実施することができなかった。そこで本研究では, 即効的に害虫密度を抑制できる殺虫剤, 殺菌剤, 気門封鎖系薬剤, 粒剤 (合計 22 剤) について, 実用濃度に対する本種の感受性を検討した。その結果, 供試した殺虫剤と殺菌剤 17 剤のうち, 処理 96 時間後の雌成虫の死亡率が 95 ~ 100% であった 7 剤 (bifenazate, DBEDC, emamectin benzoate, lepimectin, methomyl, milbemectin, pyridaben) では殺ダニ効果が高かった。気門封鎖系の 3 剤は, 雌成虫に対する殺ダニ効果が低かった。休眠卵に対する殺ダニ効果を検討した粒剤 2 剤のうち, diazinon 粒剤は, 対照区に較べて, 生存率が約 45% 低下したため, ある程度の効果が認められた一方, tefluthrin 粒剤処理における死亡率は対照区と変わらなかったため, 効果が認められなかった。これらの結果から, 供試した 22 剤のうち 7 剤についてホモノハダニに対する殺ダニ効果が認められた。さらに 7 剤のうち 2 剤 (emamectin benzoate, methomyl) は既にニンジンに登録があるので, 本種が多発した場合には登録のある 2 剤を密度抑制のために使用できることが分かった。

謝辞

本論文をまとめるに当たり, 薬剤に関する文献の紹介と助言をいただいた国立環境研究所 五箇公一博士, 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所 土`田 聡博士および九州大学 野村久子博士に厚く御礼申し上げる。

Fig. 2. Effects of 17 agricultural chemicals on natural mortality of adult females of *P. latens* after 24 h and 96 h of treatment. Horizontal lines indicate standard errors. Three asterisks indicate $p < 0.001$ (χ^2 -test or Fisher's exact probability test); ns, not significantly different at $p > 0.05$.

Fig. 3. Effects of the three physical control agents on natural mortality of adult females of *P. latens* after 24 h of treatment. Horizontal lines indicate standard errors. Horizontal columns followed by the different letters are significantly different at $p < 0.05$ (Tukey's HSD test).

Table 2. Effects of two granulates on diapause eggs of *P. latens*

Granulate	Treatment amount	N ¹	No. of diapause eggs tested	% Hatch
			Average $\pm$ S.E.	Average $\pm$ S.E.
Diazinon	6kg/10a	5	52.4 $\pm$ 3.25	35.43 $\pm$ 5.12 a
Tefluthrin	4kg/10a	5	60.2 $\pm$ 3.20	70.75 $\pm$ 6.29 b
Control	-	5	47.6 $\pm$ 4.81	66.57 $\pm$ 3.57 b
F-value ²			$F_{2,12} = 2.417$ ns	$F_{2,12} = 12.100$ ***

¹Number of pole chips treated.

²Mean values differ significantly at *** $p < 0.001$ (analysis of variance); ns, not significantly different at $p > 0.05$. Values followed by the same letters are not significantly different at $p > 0.05$ (Tukey's HSD test).

引用文献

- Ahmad, M., M. I. Arif and Z. Armad (2001) Resistance to carbamate insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Crop Protection*, 20:427–432.
- Blodgett, S. and G. D. Johnson (2002) Brown wheat mite. Montana State University Extension Service 'Montguide' (HP): <http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200212AG.pdf>
- Cox, H. C. and F. V. Lieberman (1960) Biology of the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 53:704–708.
- Ehara, S. (1956) Some spider mites from northern Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 6, Zoology*, 12:244–258.
- Fenton, F. A. (1951) The brown wheat mite *Petrobia latens*. *Journal of Economic Entomology*, 44:996.

- 茨城県 (2011) ホモノハダニの発生について. 平成23年度農作物病害虫発生予察特殊報第1号.
- 今林俊一(1971)北海道におけるホモノハダニ *Petrobia latens* (Müller) について. 北日本病害虫研究会報, 25: 35–37.
- IRAC (2011) Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) Mode of Action Classification [Internet]. [cited 2012 Jan 15]. Available from: <http://www.irac-online.org> (ver. 7.1; June 2011).
- Jeppson, L. R., H. H. Keifer and E. W. Baker (1975) Mites Injurious to Economic Plants. 614 p., University of California Press, Berkeley.
- Khan, R. M., S. L. Doval and H. C. Joshi (1969) Biology of brown wheat mite, *Petrobia latens* (Müller). *Indian Journal of Entomology*, 31:258–264.
- Menon, R. M. G. and S. Ghai (1968) Further records of distribution of *Petrobia latens* (Muller). *Indian Journal of Entomology*, 30:77–79.
- Nogia, V. K. and A. Sharma (2003) Biology of the brown wheat mite *Petrobia latens*. *Indian Journal of Entomology*, 65:393–398.
- Robertson, N. L. and T. W. Carroll (1988) Virus-like particles and a spider mite intimately associated with a new disease of barley. *Science*, 240:1188–1190.
- Sharma, A. and N. Srinivasa (2004) Brown wheat Mite *Petrobia latens* (Muller)(Acari: Tetranychidae).1–12p., Network Co-ordinator All India Network Project (Agricultural Acaralogy), Department of Entomology, University of Agricultural Sciences, Bangalore.
- Smidansky, E. D. and T. W. Carroll (1996) Factors influencing the outcome of barley yellow streak mosaic virus-brown wheat mite-barley interactions. *Plant Disease*, 80:186–193.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf (1995) Biometry 3rd ed. 887 p., W. H. Freeman & Company, New York.
- SPSS (2009) Manual of PASW® Statistics Base 18. 331p., SPSS 日本, 東京.
- 徳島県 (2011) 平成22年度農作物病害虫発生予察情報について. 平成22年度農作物病害虫発生予察特殊報第3号.
- Van Leeuwen, T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauw and L. Tirry (2010) Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40:563–572.
- Van Nieuwenhuyse, P., T. van Leeuwen, J. Khajehali, B. Vanholme and L. Tirry (2009) Mutations in the mitochondrial cytochrome b of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) confer cross-resistance between bifenthrin and acequinocyl. *Pest Management Science*, 65:404–412.