

ナス科植物の重要害虫である侵入種ミツユビナミハダニ

茨城大学農学部 後 藤 哲 雄

はじめに

ミツユビナミハダニ *Tetranychus takafujii* Ehara & Ohashi は、2001 年に大阪のイヌホオズキから採集した個体に基づいて 02 年に記載されたナス科に特化した種である (EHARA and OHASHI, 2002)。本種は、同じくナス科の重要害虫であり 1990 年代以降世界的に分布を拡大している *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard に雄の挿入器の形態が酷似していることから、記載された当初からその分類学的位置に関する詳細な検討が望まれていた。つまり、この 2 種を分ける唯一の識別点は雄の第 II 脚爪間体の形態のみであり、ミツユビナミハダニの爪間体が 3 対の明瞭な爪に分岐するのに対し、*T. evansi* のそれは 1 対の爪 (各々 2 本のとげを付属する場合がある) で構成されている。そこで本研究では、日本産のミツユビナミハダニおよび *T. evansi* と同定されている海外の個体群を対象として、DNA 塩基配列情報、交配試験、および爪間体の形態を比較・検討し、ミツユビナミハダニと *T. evansi* の関係について考察する。

I ミツユビナミハダニの現状

本種は 2001 年に大阪府と京都府の港湾や河川敷等に生えているナス科植物 (ワルナスビ、イヌホオズキ、ナス) から発見された後、兵庫県や東京都等でもナス科雑草への寄生が確認されている (大橋ら, 2003)。現在では福岡県や鹿児島県のナス科雑草や家庭菜園のミニトマトとナス、沖縄県伊良部島の野生ナス科植物からも見つかったので (池島ら, 2009 a)、休眠性がないことや発育零点などを考慮すると関東以西の太平洋沿岸を中心とした広い地域に分布しているものと思われる (MIGEON et al., 2009)。本種の寄主範囲はナス科植物に限られており、ナス葉上における卵から成虫までの発育期間 (25℃) は 8.9 日 (雌) と 8.3 日 (雄)、総産卵数は 190.7 卵、雌成虫の寿命は約 25 日である。また産下卵のふ化率は 92.9%、雌比は 0.88 であり、これらの値に基づいて算出された内的自然増加率 (r_m) は 0.321/日で、

Tetranychus 属の中でも非常に高い増殖率をもつ (小坪ら, 2004)。さらに、鹿児島県の個体群を対象として現在農業現場で使われている 18 種の薬剤に対する感受性試験を行った結果、いずれの薬剤についても成虫、幼虫または卵のいずれかのステージで高い感受性を有していたことから、本種が農家圃場において発見されないのは、ハモグリバエ類やサビダニの防除に用いられている薬剤によって、同時防除されているためであろうと考えられている (池島ら, 2009 b)。

II *Tetranychus evansi* の現状

本種は、1960 年にモリシヤス諸島のトマトから採集された個体に基づいて、BAKER and PRITCHARD (1960) によって記載されたが、もともとは南アメリカ起源であると考えられている。本種の分布は、1980 年代中ごろまではインド洋上の島々 (レユニオン島、ロドリゲス島、セイシェル諸島)、ブラジル等の南アメリカ、プエルトリコ、北アメリカ、ジンバブエに限られていた。ところが、その後、欧州やアジアに急激に分布を拡大している。つまり、アフリカ諸国のモザンビーク (1987)、モロッコ、チュニジア、ザンビア (1988)、コンゴ (1999)、ケニヤ (2003)、ニジェール、セネガル (2005)、南ヨーロッパ諸国のポルトガル (1995)、スペイン (1999)、フランス (2005)、イタリア (2006)、ギリシャ (2007)、そしてアジアの台湾 (2005) に侵入したのである。ヨーロッパでは、2004 年に欧州地中海植物検疫機構 (EPPO) がリスク解析報告書を出すなど、本種への警戒を強化している。この背景には、現在農業現場で広く使われているミヤコカブリダニ剤やチリカブリダニ剤が *T. evansi* の個体群を抑制できないという現実がある (ESCUDERO and FERRAGUT, 2005; KOLLER et al., 2007)。そのため、原産地と考えられる南アメリカにおいて有力な天敵を捜す事業が 2000 年代前半から実施され、いくつかの有力な天敵候補 (カブリダニ科の *Phytoseiulus longipes* とテントウムシ科の *Stethorus tridens* 等) が発見されている (FURTADO et al., 2006; 2007; FERRERO et al., 2007; FIABOE et al., 2007; BRITTO et al., 2009)。本種は休眠性を示さず、またトマト、ナス、ピーマン等のナス科植物に特化しており、これらの植物の葉裏に寄生し、寄生部位を著しく白化させるため、植物がしばしば枯死する。ジンバブ

Co-specificity between *Tetranychus evansi* and *T. takafujii*. By
Tetsuo GOTOH

(キーワード: ミツユビナミハダニ, ナス科植物, 侵入種, 生殖的隔離, COI, ITS, 形態)

エでは90%以上の減収になる作物もあるという (SAUNYANA and KNAPP, 2003; FURTADO et al., 2007)。ナス科植物における発育期間には個体群間変異があるものの25～26℃で9.8～13.6日(雌), 総産卵数が111.1～243卵, r_m が0.200～0.243である (de MORAES and McMURTRY, 1987; BONATO, 1999)。しかし被害報告が多い割には, その生物学的特性についての情報が少ない。

III ミツユビナミハダニと *Tetranychus evansi* の関係

体サイズが小さく, 利用できる形態的特徴が限られていることに加え, 同定に用いる形態的特徴に種内変異があるハダニなどでは, 複数の形態的酷似種を形態のみによって正確に同定することはかなり困難である。そこで最近, 形態的特徴による分類・同定を補完する形で他の生物学的な特性, 例えばDNA情報や生殖和合性等を総合して, 対象種の分類学的位置を検討するという研究手法が採用され始めている (NAVAJAS and RODERICK, 2008)。ミツユビナミハダニと *T. evansi* が同種であるか, あるいは別種であるかという問題もこのような研究手法を使って検討された (GOTOH et al., 2009)。表-1に示したように本研究で供試した8個体群は, ミツユビナミハダニの大阪 (JO) と東京 (JT) 個体群および *T. evansi* と同定されている海外の6個体群である。

1 DNA塩基配列

ハダニで広く使われている分子情報は, 核リボソームDNAのITS領域とミトコンドリアDNAのCOI領域の塩基配列である。本研究では, ITS領域の1,137bp (ITS1, 5.8S, ITS2) を調査した結果, 供試した8個体群間で見られた変異はわずか2塩基であった。これに対

し, COI領域(868bp)では25の変異サイトが見つかり, これに基づいて二つのグループに分けられた。グループIはブラジル (BP) とフランス (FT) 個体群, グループIIは日本産のミツユビナミハダニ2個体群 (JO, JT) を含む残りの6個体群である (表-1)。COI領域で見られた供試個体群間の塩基配列の変異は, 0～2.96%までであり, 従来から知られている種内変異の範囲に入るものであった。例えば, ハダニの一種 *Mononychellus progresivus* の南アメリカとアフリカの個体群間で見られた塩基配列の変異は, 0～2.1%である (NAVAJAS et al., 1994)。同様に, 強い生殖不和合性があるものの2世代目でも雌子孫が産出されるオウトウハダニの日本とフランスの個体群間では, 3.8～4.1%の変異が認められている (NAVAJAS et al., 1999)。このように同じ種でも個体群によって不均質な, また大きなDNA塩基配列の変異が知られていることから, DNA塩基配列を利用して種の分類学的位置を考察する場合には, 他の方法 (交配試験や形態的検討) と併用することが望ましいとされている (GOTOH et al., 2009)。

2 生殖和合性

ハダニの生殖和合性の研究を行う場合, 事前に宿主の性を操る体内共生微生物である *Wolbachia* や *Cardinium* 等への感染の有無を調査しておく必要がある。それは, これらの微生物に感染している雄と非感染の雌とを交配するとふ化率や雌率が低下する一方向不和合性を誘導するからである。また異なる系統の微生物に感染している個体同士の交配では, 両方向で細胞質不和合性を誘導する (後藤, 2009)。そこで, 本研究で用いた各個体群についてそれぞれの微生物に特有なプライマーを用いて調査した結果, いずれの個体群も体内共生微生物には感染

表-1 供試個体群とミトコンドリアDNAのCOI領域(868bp)における塩基配列の変異

採集地 ^{a)}	個体群 略号	COI グループ ^{b)}	変異率 (%)							
			BP	FT	JO	JT	TW	KM	SC	SV
ブラジル	BP	I	—	—	—	—	—	—	—	—
フランス	FT	I	0.46	—	—	—	—	—	—	—
大阪	JO	II	2.47	2.96	—	—	—	—	—	—
東京	JT	II	2.47	2.96	0	—	—	—	—	—
台湾	TW	II	2.47	2.96	0	0	—	—	—	—
ケニア	KM	II	2.35	2.84	0.12	0.12	0.12	—	—	—
カナリア諸島	SC	II	2.35	2.84	0.12	0.12	0.12	0	—	—
バレンシア	SV	II	2.35	2.84	0.12	0.12	0.12	0	0	—

^{a)} 日本の2個体群がミツユビナミハダニ, その他の個体群は *Tetranychus evansi*。

^{b)} COIの塩基配列に基づいて, 二つのグループに分けられた。(GOTOH et al., 2009を改変)

表-2 ミツユビナミハダニと *T. evansi* の個体群内交配における生殖和合性 (抜粋)

組み合わせ			ふ化率 (%) ^{a)}	生存率 (%) ^{a)}	雌率 (%) ^{a)}
♀	×	♂			
JO	×	JO	99.9 ± 0.2 a	99.6 ± 0.4 a	88.7 ± 1.2 ab
BP	×	BP	99.8 ± 0.1 a	97.1 ± 1.0 ab	89.4 ± 0.8 ab
SC	×	SC	99.5 ± 0.2 a	94.5 ± 1.6 b	88.3 ± 0.8 b
(JO × JO)	×	JO	99.9 ± 0.1 a	98.5 ± 0.7 ab	91.9 ± 0.8 a
(BP × BP)	×	BP	99.5 ± 0.2 a	98.6 ± 0.5 ab	90.9 ± 0.7 ab
(SC × SC)	×	SC	99.2 ± 0.2 a	98.0 ± 1.0 ab	90.5 ± 0.8 ab

^{a)} 同列の同一英文字間には有意差がない ($p > 0.05$; Tukey's test). (GOTOH et al., 2009 を改変)

表-3 ミツユビナミハダニと *T. evansi* における COI 塩基配列に基づいて分けられた各グループに属する個体群間交配における生殖和合性 (抜粋)

組み合わせ			ふ化率（％） ^{a)}	生存率（％） ^{a)}	雌率（％） ^{a)}
♀	×	♂			
グループⅠ					
BP	×	FT	99.0 ± 0.3 a	97.5 ± 0.8 a	87.9 ± 0.8 b
FT	×	BP	98.9 ± 0.4 a	94.5 ± 1.1 a	91.1 ± 0.8 a
(BP × FT)	×	BP	98.9 ± 0.3 a	97.6 ± 0.9 a	76.8 ± 0.6 d
(BP × FT)	×	FT	99.6 ± 0.2 a	97.3 ± 0.7 a	75.4 ± 0.9 d
(FT × BP)	×	FT	98.4 ± 0.6 a	97.0 ± 0.9 a	83.1 ± 0.8 c
(FT × BP)	×	BP	98.2 ± 0.7 a	95.8 ± 1.3 a	82.1 ± 1.2 c
グループⅡ					
JO	×	SC	99.8 ± 0.2 A	97.7 ± 0.9 A	89.6 ± 1.2 A
SC	×	JO	99.0 ± 0.2 A	96.8 ± 1.0 A	90.3 ± 0.7 A
(JO × SC)	×	JO	99.5 ± 0.2 A	97.4 ± 0.8 A	82.1 ± 1.3 B
(JO × SC)	×	SC	99.8 ± 0.1 A	94.0 ± 1.3 A	79.8 ± 1.3 B
(SC × JO)	×	SC	99.0 ± 0.3 A	97.9 ± 0.8 A	79.8 ± 1.3 B
(SC × JO)	×	JO	99.2 ± 0.4 A	98.4 ± 0.5 A	83.7 ± 0.8 B

^{a)} 各組み合わせにおける同列の同一英文字間には有意差がない ($p > 0.05$; Tukey's test). (GOTOH et al., 2009 を改変)

していないことがわかったので、抗生物質などの処理によって微生物を除去するという操作は行わずに交配試験に供試した。

個体群内交配では、卵のふ化率、幼若虫の生存率、成虫まで発育した個体の雌率がいずれも高い値を示した (表-2)。COI の塩基配列に基づいて分けられた各グループに属する個体群間交配では、F₁ 世代のふ化率、生存率、雌率が一部の組み合わせでやや低い値を示したが、個体群内交配の値にはほぼ匹敵した (表-3)。またこれらの交配から得た F₁ 雌に対する戻し交配でもそれぞれの値がほぼ F₁ 世代のそれに匹敵する高いものであり (表-3)、生殖的隔離はなかった。ところが、COI の塩

基配列に基づいて分けられたグループ I に属するブラジル (BP) およびフランス (FT) 個体群とグループ II に属する六つの個体群との交配から得られた F₁ 雌の戻し交配 (B₁ 世代) では、すべての交配組み合わせにおいてふ化率だけが極端に低下し (表-4)、グループ間の交配には生殖不和合性が認められた。しかし、さらに次世代 (B₂) を検討したところ、B₂ 世代のふ化率が B₁ 世代のものよりも改善したことから (GOTOH et al., 2009)、別種と断定できるほどの生殖的隔離はないと考えられた。このように、交配試験の結果から、日本産のミツユビナミハダニ 2 個体群 (JO, JT) と *T. evansi* の 6 個体群は生殖的に和合することがわかった。

表-4 ミツユビナミハダニと *T. evansi* における COI の塩基配列に基づいて分けられたグループ I (BP) とグループ II (JO) の個体群間交配における生殖和合性 (抜粋)

組み合わせ			ふ化率 (%) ^{a)}	生存率 (%) ^{a)}	雌率 (%) ^{a)}
♀	×	♂			
JO	×	BP	98.3 ± 0.5 a	91.5 ± 1.7 ab	67.5 ± 3.1 b
BP	×	JO	98.0 ± 0.4 a	90.2 ± 1.7 b	88.4 ± 1.2 ab
(JO × BP)	×	JO	5.4 ± 0.8 b	95.6 ± 2.5 a	81.5 ± 5.1 ab
(JO × BP)	×	BP	5.8 ± 0.7 b	95.5 ± 2.2 a	79.4 ± 6.1 ab
(BP × JO)	×	BP	6.9 ± 0.7 b	94.1 ± 2.4 ab	81.3 ± 3.5 a
(BP × JO)	×	JO	4.8 ± 0.6 b	91.3 ± 3.1 ab	82.5 ± 5.2 a

^{a)} 同列の同一英文字間には有意差がない ($p > 0.05$; Tukey's test).

(GOTOH et al., 2009 を改変)

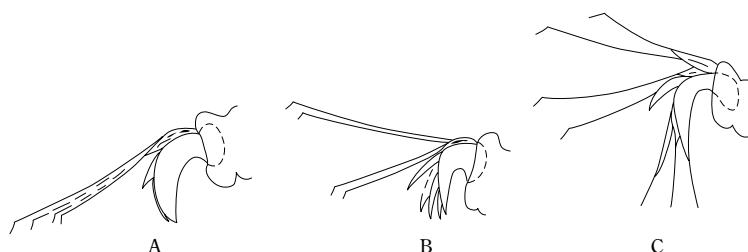


図-1 ミツユビナミハダニと *T. evansi* の雄成虫第 II 脚爪間体の変異

タイプ分けは, EHARA and MASAKI (2005) に従った. A: タイプ 1 (SV);

B: タイプ 2 (BP); C: タイプ 3 (JT). (GOTOH et al., 2009 を改変)

3 形態的特徴

EHARA and OHASHI (2002) による記載後, ミツユビナミハダニの雄の第 II 脚爪間体の変異について検討が行われ (EHARA and MASAKI, 2005), 三つのカテゴリーが提唱された。つまり, タイプ 1 は *T. evansi* 型と呼ばれる爪間体が 1 対の爪で構成されているもの, タイプ 2 はミツユビナミハダニ A 型と名付けられている 3 対の爪からなるもの, そしてタイプ 3 はミツユビナミハダニ B 型と呼ばれる 3 対の毛からなるものである (図-1)。いずれの型も正中背部に爪状突起を付属する。

供試した 8 個体群におけるこれら三つのタイプの出現頻度を検討したところ, 左右で爪間体のタイプが異なる個体も見られた (表-5)。例えばケニア (KM) 個体群では 14 個体中 6 個体 (43%) が, スペインのカナリア諸島 (SC) 個体群では 15 個体中 6 個体 (40%) が, 大阪 (JO) 個体群では 14 個体中 5 個体 (36%) がそのような非対称性を示す個体であった。日本の 2 個体群 (JO, JT) と台湾 (TW) の個体群ではタイプ 3 の個体の割合が他の個体群より多かったものの, ケニア (KM),

表-5 ミツユビナミハダニと *T. evansi* の雄成虫第 II 脚爪間体のタイプとその出現頻度

個体群	タイプ ^{a)}						供試 個体数
	1	2	3	1 + 2	1 + 3	2 + 3	
BP	0	13	0	1	0	0	14
FT	10	2	0	2	0	0	14
JO	0	4	5	0	0	5	14
JT	0	2	8	0	0	4	14
TW	0	1	11	0	0	3	15
KM	0	7	1	0	0	6	14
SC	1	8	0	3	1	2	15
SV	4	9	0	1	0	1	15

^{a)} 爪間体のタイプ分けは, EHARA and MASAKI (2005) に従った (図-1 参照). (GOTOH et al., 2009 を改変)

カナリア諸島 (SC) そしてスペインのバレンシア (SV) 個体群でもこのタイプが見られ, 決して日本の個体群に固有のものではないことがわかった。またスペインの 2 個体群 (SC, SV) では三つのタイプのすべてが見られたほか, タイプ 1 の個体はブラジル (BP), フランス

(FT), スペインの SC と SV の 4 個体群で認められた。ミツユビナミハダニと *T. evansi* を分ける特徴とされていたタイプ 2 はすべての個体群で見られたことから、雄の第 II 脚爪間体の形態に基づいて、日本の個体群を他国の個体群から識別すること、つまりミツユビナミハダニと *T. evansi* を識別することは不可能であると結論された (GOTOH et al., 2009)。

おわりに

本研究では、DNA (COI 領域) の塩基配列に基づいてブラジル (BP) とフランス (FT) 個体群がグループ I, 日本産のミツユビナミハダニ 2 個体群を含む他の 6 個体群がグループ II を構成し、グループ間にやや強い生殖不和合性が認められたものの、両方向で和合し、生殖的隔離がないことを明らかにした。また、グループ間の COI 塩基配列の違いが種内変異の範囲であることに加え、両種を分ける唯一の特徴である雄の第 II 脚爪間体には個体間変異が大きく、ミツユビナミハダニと *T. evansi* を識別できる形態的な差もないことがわかった。このように三つの異なる手法を有機的に結合して実施した本研究では、いずれの試験においてもミツユビナミハダニと *T. evansi* を分けることができなかったため、ミツユビナミハダニ *Tetranychus takafujii* Ehara & Ohashi, 2002 は *T. evansi* Baker & Pritchard, 1960 のシノニムであると結論された (GOTOH et al., 2009)。この結果を踏まえて、*T. evansi* の和名をミツユビナミハダニとしたい。なお、本稿で述べたように *T. takafujii* が *T. evansi* のシノニムと判定されたことから、本種は明らかに海外から

の侵入種であり、本種が欧州やアジアに分布を拡大していた 1990 年代後半～2000 年代前半に日本に侵入したものと考えられる。本種が侵入した欧州各国や台湾等において本種による大きな被害は報告されていないが、鹿児島県では露地栽培のミニトマトが枯死する被害が知られていることから (池島ら, 2009 b), ナス科作物の栽培、特に減農薬栽培圃場では十分な警戒が必要であろう。

引用文献

- 1) BAKER, E. and A. E. PRITCHARD (1960): Hilgardia 29: 455 ~ 574.
- 2) BONATO, W. (1999): Exp. Appl. Acarol. 23: 11 ~ 19.
- 3) BRITTO, E. P. J. et al. (2009): BioControl 54: 363 ~ 368.
- 4) de MORAES, G. J. and J. A. MCMURTRY (1987): Exp. Appl. Acarol. 3: 95 ~ 107.
- 5) EHARA, S. and M. MASAKI (2005): J. Acarol. Soc. Jpn. 14: 123 ~ 125.
- 6) ——— and K. OHASHI (2002): Acta Arachnol. 51: 19 ~ 22.
- 7) ESCUDERO, L. A. and F. FERRAGUT (2005): Biol. Cont. 32: 378 ~ 384.
- 8) FERRERO, M. et al. (2007): Exp. Appl. Acarol. 41: 45 ~ 53.
- 9) FIABOE, K. K. M. et al. (2007): J. Appl. Entomol. 131: 355 ~ 361.
- 10) FURTADO, I. P. et al. (2006): Exp. Appl. Acarol. 40: 157 ~ 174.
- 11) ——— et al. (2007): Biol. Cont. 42: 139 ~ 147.
- 12) 後藤哲雄 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑 (江原昭三・後藤哲雄編), 全農教, 東京, p. 296 ~ 300.
- 13) GOTOH, T. et al. (2009): Internat. J. Acarol. 35: 485 ~ 501.
- 14) 池島香奈美ら (2009 a): 九病虫研会報 55: 136 ~ 140.
- 15) ———ら (2009 b): 同上 55: 141 ~ 145.
- 16) KOLLER, M. et al. (2007): Entomol. Exp. Appl. 125: 297 ~ 305.
- 17) 小坪 遊ら (2004): 日本ダニ学会誌 13: 71 ~ 76.
- 18) MIGEON, A. et al. (2009): Exp. Appl. Acarol. 48: 199 ~ 212.
- 19) NAVAJAS, M. and G. K. RODERICK (2008): Encyclopedia of Entomology (J. L. Capinera, ed.), Springer, New York, p. 191 ~ 196.
- 20) ——— et al. (1994): Exp. Appl. Acarol. 18: 351 ~ 360.
- 21) ——— et al. (1999): Entomol. Exp. Appl. 90: 113 ~ 122.
- 22) 大橋和典ら (2003): 日本ダニ学会誌 12: 107 ~ 113.
- 23) SAUNYANA, I. G. M. and M. KNAPP (2003): Afr. Crop Sci. J. 11: 269 ~ 277.

発生予察情報・特殊報 (22.2.1 ~ 2.28)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：発生病害虫 (発表都道府県) 発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://www.jpnpn.ne.jp/>) でご確認下さい。

- マンゴー、ハウスミカン：チャノキイロアザミウマ (鹿児島県) 2/1
- キュウリ：退緑黄化病 (高知県：初) 2/1
- ショウガ、クルクマ：青枯病 (鹿児島県：初) 2/3
- スイカ：退緑えそ病 (仮称) (高知県：初) 2/5
- ホウレンソウ：ハコベハナバエ (埼玉県：初) 2/9

- ダリア：ポテトスピンドルチューバーウィロイドによる病害 (山梨県：初) 2/12
- マンゴー：チャノキイロアザミウマ (宮崎県：初) 2/16
- トマト：萎凋病レース 3 (岐阜県：初) 2/17
- ホウレンソウ：ハコベハナバエ (群馬県：初) 2/19