ホソヘリカメムシ合成フェロモンに誘引された イチモンジカメムシの生理状態

遠藤 信幸^{1,*}・松倉 啓一郎¹・和田 節¹・佐々木 力也²

¹九州沖縄農業研究センター

²富士フレイバー株式会社

Physiological Conditions of *Piezodorus hybneri* (Heteroptera: Pentatomidae) Attracted to Synthetic Pheromone of *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae). Nobuyuki ENDO,^{1,*} Keiichiro MATSUKURA,¹ Takashi WADA¹ and Rikiya SASAKI² ¹National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region; Koshi, Kumamoto 861–1192, Japan. ²Fuji Flavor Co., Ltd.; Hamura, Tokyo 205–8503, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 50: 319–323 (2006)

Abstract: To understand the significance of the cross-attraction of *Piezodorus hybneri* to *Riptortus pedestris* pheromone, we investigated the physiological conditions of *P. hybneri* attracted to the synthetic pheromone of *R. pedestris*. More than 95% of *P. hybneri* females caught during the non-diapause period (from August to September) had already been mated. The adults were also attracted by the pheromone in late autumn, when they are likely to be in reproductive diapause. Fat-body development and the appearance of the stomach of the attracted adults varied from season to season, and no clear tendency was found. The function of *R. pedestris* pheromone for conspecifics has been demonstrated to be communication for food searching. Considering this function in *R. pedestris* and that nymphs and diapausing adults of *P. hybneri* are also attracted by the pheromone, *P. hybneri* possibly utilizes the *R. pedestris* pheromone for host searching (as a kairomone), rather than for mate finding.

Key words: Physiological conditions; *Piezodorus hybneri*; *Riptortus pedestris*; pheromone; cross-attraction

緒 言

西南暖地におけるダイズ栽培では、子実吸汁性カメムシ類による被害が大きく、中でも最重要種としてはホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris* (= *R. clavatus*: 参照 Kikuhara, 2005) とイチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri* があげられる (瀬戸口ら, 1986; Wada et al., 2006). これまでホソヘリカメムシに関しては雄成虫の放出する集合フェロモンが同定され、3成分の混合物であることが明らかとされた (Leal et al., 1995). 現在その合成物が製剤化され、利用化に向けた様々な研究が行われている (例えば、水谷ら, 2002; 西本ら, 2003; 田淵ら, 2005). その中で、遠藤ら (2003) はホソヘリカメムシ合成フェロモンが同種ばかりではなく、イチモンジカメムシを誘引することを明らかとした. その後の研究で、ホソヘリカメムシ合成フェロモン 3成分の中で (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate のみがイチモンジカメムシに対し誘引性を示すことが明らかとなった (遠

藤ら, 2003; Endo et al., 2006). しかしながら、イチモンジカメムシ自体は (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate を放出しない (Endo et al., 2006) ので、イチモンジカメムシがなぜホソヘリカメムシ集合フェロモン成分に誘引されるのか、その適応的意義や誘引機能については未だ不明な点が多い.

ホソヘリカメムシ集合フェロモンの同種に対する誘引機能に関しては、摂食条件下でのみフェロモンを放出して (Leal et al., 1995) 同種個体が誘引される (森島ら, 2005) こと、餌条件の悪化により卵母細胞が退化した個体が誘引される (沼田, 1990) ことから、餌の探索と密接な関係があると考えられている. また、Leal et al. (1995) は、同フェロモンが雌雄成虫ばかりではなく 2 齢幼虫も誘引することに注目し、非寄主植物に産下された卵から孵化した幼虫が、寄主植物に到達する際にフェロモンが利用されているとの仮説を述べている. いずれにせよ、ホソヘリカメムシフェロモンの同種に対する機能に関して、餌探索などの摂食行動に関与している可能性が高いことが指摘されて

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

2006 年 5 月 31 日受領 (Received 31 May 2006)

2006 年 8 月 1 日登載決定 (Accepted 1 August 2006)

DOI: 10.1303/jjaez.2006.319

いる。

カメムシ類のフェロモンの誘引機能については、誘引される側の生理状態を調べることににより、その機能の推定を行っている例がいくつか報告されている。例えばチャバネアオカメムシ *Plautia stali* では、雄成虫の放出するフェロモンに対し、性成熟や栄養蓄積の程度が低い個体が誘引されることから、フェロモンがホソヘリカメムシと同様に好適な寄主植物への到達手段として利用されると推察されている(志賀・守屋, 1989; 守屋, 1995)。ミナミアオカメムシ *Nezara viridula* においては、雄成虫がフェロモンを放出し雌雄成虫および5齢幼虫を誘引するが、休眠雌はフェロモンに反応しないことや未交尾雌の方が既交尾雌に比べフェロモンに対する反応性が強い(Brennan et al., 1977) こと、誘引される個体の性比が圧倒的に雌に偏っている(Harris and Todd, 1980) ことなどから、配偶行動への関与が指摘されている。

これらのことから、ホソヘリカメムシのフェロモン成分にイチモンジカメムシが誘引されるという特異な現象においても、誘引される個体の生理状態を調べることににより、誘引される側の適応的意義を推定することが可能かもしれない。そこで本試験では、ホソヘリカメムシ合成フェロモンに誘引されたイチモンジカメムシの生理状態を調査し、本現象の意義の解明を試みた。なお、本研究の遂行にあたり、イチモンジカメムシの解剖法をご教示頂いた中央農業総合研究センターの水谷信夫氏に厚く御礼申し上げる。

材料および方法

1. ホソヘリカメムシ合成フェロモンによる誘引消長調査

2005年8月1日から11月30日まで、九州沖縄農業研究センター内の約300m離れたダイズ圃場2カ所(圃場A, B)で調査を行った。圃場Aはフクユタカを中心に7月7日に播種し、開花期は8月17日であった。圃場Bは開花期の異なる数品種(フクユタカ, Bay, ヒメシラズなど)を7月7日に播種した。圃場A, Bそれぞれに合成フェロモン((*E*)-2-hexenyl(*Z*)-3-hexenoate:(*E*)-2-hexenyl(*E*)-2-hexenoate:tetradecyl isobutyrate=1:5:1) 50mgを誘引源とする水盤トラップを設置した(トラップA, B)。水盤として青色のたらい(直径40cm, 深さ12cm)を用い、水盤には逆性石けん液(塩化ベンザルコニウム液)を少量加えた水を張った。誘引源としてホソヘリカメムシ誘引剤(富士フレーバー(株)製)を拡散用の穴を開けた直径3.3cm, 高さ4cmのプラスチックボトル(富士フレーバー(株)製)に入れ、水盤上約15cmの所に吊るした。誘殺されたイチモンジカメムシの成・幼虫数を毎日計数し、誘引源は2週間ごとに新しいものと交換した。

2. 誘引個体の生理状態

誘引個体の生理状態を調べるため、2005年9月1日からダイズ圃場Aに上記調査と同様なトラップを新たに1カ所設置した。誘引消長調査の2カ所を加えた、計3カ所のホソヘリカメムシ合成フェロモントラップに捕獲されたイチモンジカメムシ成虫を実体顕微鏡下で解剖し、脂肪体の発達度、消化管の膨らみ具合、また雌成虫に関しては卵巣の発育程度および交尾の有無を調べた。脂肪体の発達度と消化管の膨らみ具合は、森島ら(2005)のホソヘリカメムシでの基準に従った。すなわち、脂肪体の発達度はよく発達している(++), 発達が見られる(+), 発達が見られない(-)の3段階に、消化管の膨らみは内容物がありよく膨らんでいる(++), 膨らみが認められる(+), 膨らみが認められない(-)の3段階とした。卵巣の発育程度は、野田・石井(1981)のシラホシカメムシでの基準に従い、卵巣内に成熟卵が見られる(++), 明らかに卵形成が認められる(+), 卵形成が認められないか、明瞭でない(-)の3段階とした。交尾の有無は受精嚢内の精子の有無で判断した。

結 果

1. ダイズ圃場における誘引消長

九州沖縄農研センター内のダイズ圃場2カ所での誘引消長(3日毎の積算値)をFig. 1に示した。期間(122日)を通した誘引数はトラップAで111頭(雄56頭, 雌53頭, 幼虫2頭), トラップBで87頭(雄55頭, 雌30頭, 幼虫2頭)であった。圃場Aでは雌雄ほぼ同数であったが、圃場Bでは雄の方が有意に多かった(χ^2 検定, $p<0.01$)。両トラップともダイズ栽培期間中に明瞭な誘引ピークは認められなかったが、圃場Aでは9月, 圃場Bでは8月の誘引数が多かった。10月に入り両トラップとも誘引数が減

Fig. 1. Seasonal trends of *Piezodorus hybneri* caught in traps baited with the synthetic pheromone of *Riptortus pedestris* in soybean fields.

Table 1. Physiological condition of *Piezodorus hybneri* adults attracted to the synthetic pheromone of *Riptortus pedestris*

Date	No. dissected	Fat-body development ^a			Appearance of stomach ^b		
		++	+	—	++	+	—
8/1–8/31	59	15	30	14	10	31	18
9/1–9/30	89	21	44	24	33	39	17
10/1–10/31	34	19	11	4	12	14	8
11/1–11/30	34	13	15	6	10	13	11
Total	216	68	100	48	65	97	54

^a ++, well developed; +, partially developed; —, undeveloped.^b ++, expanded with food; +, containing food but not expanded; —, empty.Table 2. Ovarian development and mating status of *Piezodorus hybneri* females attracted to the synthetic pheromone of *Riptortus pedestris*

Date	No. dissected	Degree of ovarian development ^a			Mating status	
		++	+	—	Mated	Unmated
8/1–8/15	14	2	5	7	—	—
8/16–8/31	12	7	1	4	3	0
9/1–9/15	14	9	1	4	14	0
9/16–9/30	20	18	1	1	19	1
10/1–10/15	9	2	0	7	3	6
10/16–10/31	6	0	0	6	0	6
11/1–11/15	12	0	0	12	0	12
11/16–11/30	5	0	0	5	0	5
Total	92	38	8	46	39	30

^a ++, female with mature eggs; +, female with developed ovary; —, female with immature ovary.

少ししたが、圃場 A では 11 月に入り誘引数が再び増加した。

2. 誘引個体の生理状態

ホソヘリカメムシ合成フェロモンに誘引されたイチモンジカメムシ雌雄成虫の脂肪体の発達程度および消化管の内容物の量を Table 1 に、雌成虫の卵巣発達程度および交尾の有無を Table 2 に示した。8 月から 9 月に誘引された個体の脂肪体の発達程度に偏りは認められなかったが、10 月以降に誘引された個体については脂肪体が発達しているものが多かった。消化管の内容物の量は、8 月に誘引された個体は少ないものが多かったが、9 月に誘引された個体は消化管がよく膨らみ、摂食直後と考えられる個体が多かった。10 月以降に誘引された個体については消化管の内容物の量について一定の傾向は認められなかった。また、脂肪体の発達程度と消化管の内容物の量については雌雄での違いは認められなかった（データ省略）。雌成虫の交尾に関しては、8 月から 9 月に誘引された個体のほとんど（36 個体中 35 個体）が既交尾であり、その多くが蔵卵していた。10 月以降、誘引された雌成虫の蔵卵率や既交尾雌の割合は急速に低下し、10 月 16 日以降に誘引された雌成虫（23 頭）はすべて卵巣が未発達で未交尾であった。

考 察

筆者らは、イチモンジカメムシがホソヘリカメムシ集合フェロモン成分に誘引される現象に関し、イチモンジカメムシやダイズ植物体から誘引成分が検出されないことや、両種の寄主範囲が似通っていることから、イチモンジカメムシがホソヘリカメムシのフェロモン成分を寄主探索のためのカイロモンとして利用しているのではないか、という仮説を提唱している（遠藤ら, 2003; Endo et al., 2006）。

本試験で、8 月から 9 月に誘引された個体のほとんどはすでに交尾をしていた（Table 2）ことや、10 月以降で卵巣が発達していない休眠状態と考えられる個体（樋口・水谷, 1993）に対しても誘引性を示した（Fig. 1）ことから、ホソヘリカメムシ合成フェロモンに対する誘引現象がイチモンジカメムシの配偶行動に関わっている可能性は低いものと考えられる。一方、誘引個体の脂肪体発達程度や腸内容物の量は誘引時期によって異なっており、一定の傾向が認められず（Table 1）、餌探索や摂食行動との関連については明確に示されなかった。ホソヘリカメムシのフェロモンの機能に関しては、緒言で述べた通り、餌探索との関連が

指摘されていることや、ホソヘリカメムシ合成フェロモンはイチモンジカメムシ幼虫や休眠個体も誘引することから、この種間を越えた誘引現象は好適な寄主植物の探索などの摂食行動に関与している可能性が考えられるが、詳細については今後さらに検討する必要がある。

誘引個体の性比に関して、遠藤ら（2003）の試験や本試験での圃場 A では偏りが認められなかったが、圃場 B では性比が雄に偏っていた。この様な差がなぜ生じたのかは現時点では分からないが、今後は性比を含めた圃場でのイチモンジカメムシの発生動態と誘引個体との関係を調べることにより、本偏りの解明、さらにはイチモンジカメムシのモニタリングや発生予測への利用が可能になるものと思われる。

イチモンジカメムシに関しては雄成虫が放出し、雌雄成虫に対し誘引活性のあるフェロモンの存在が明らかとなっている（Leal et al., 1998; 樋口, 1999）。しかし、これら合成物に対する野外での誘引性は未だ確認されていない。今後は自種フェロモンとホソヘリカメムシフェロモン成分である (E)-2-hexenyl(E)-2-hexenoate に対する誘引特性を比較することにより、本現象の生態学的意義あるいは多くのカメムシ類で発見されている集合フェロモンの機能についての理解がより一層進むものと思われる。

摘 要

イチモンジカメムシがホソヘリカメムシフェロモン成分に誘引される現象を理解するために、合成フェロモンに誘引されたイチモンジカメムシの生理状態を調べた。8月から9月の間に誘引された雌成虫の95%は既交尾であった。また、10月以降には休眠状態と考えられる雌雄成虫に対しても誘引性を示したことから、本誘引現象が配偶行動に関与している可能性は低いと思われた。一方、誘引個体の脂肪体発達程度や腸内容物の量は季節により異なっており、一定の傾向を見出せなかった。ホソヘリカメムシ合成フェロモンの同種に対する機能に関して餌探索に関与していることが推察されていること、また、フェロモンがイチモンジカメムシ休眠個体や幼虫を誘引することなどを考慮すると、イチモンジカメムシがホソヘリカメムシ合成フェロモンに誘引される現象は、好適な寄主植物の探索などの摂食行動に関与している可能性が考えられた。

引 用 文 献

Brennan, B. M., F. Chang and W. C. Mitchell (1977) Physiological effects on sex pheromone communication in the southern green stink bug, *Nezara viridula*. *Environ. Entomol.* 6: 169–173.
 遠藤信幸・和田 節・千葉三男 (2003) ホソヘリカメムシ集合フェロモンに含まれるイチモンジカメムシ誘引成分。九病虫研究会報 49: 88–91. [Endo, N., T. Wada and M. Chiba (2003) An attractant for *Piezodorus hybneri* (Heteroptera: Pentatomidae) con-

tained in the aggregation pheromone of *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae). *Kyushu Pl. Prot. Res.* 49: 88–91.]
 Endo, N., T. Wada, Y. Nishiba and R. Sasaki (2006) Interspecific pheromone cross-attraction among soybean bugs (Heteroptera): Does *Piezodorus hybneri* (Pentatomidae) utilize the pheromone of *Riptortus clavatus* (Alydidae) as a kairomone? *J. Chem. Ecol.* 32: 1605–1612.
 Harris, V. E. and J. W. Todd (1980) Male-mediated aggregation of male, female and 5th-instar southern green stink bugs and concomitant attraction of a tachinid parasite, *Trichopoda pennipes*. *Entomol. Exp. Appl.* 27: 117–126.
 樋口博也 (1999) イチモンジカメムシ成虫の同種他個体に対する誘引作用。応動昆 43: 205–206. [Higuchi, H. (1999) Attraction of conspecific individuals by adults of *Piezodorus hybneri* (Gmelin) (Heteroptera: Pentatomidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 43: 205–206.]
 樋口博也・水谷信夫 (1993) ダイズ畑に飛来侵入したイチモンジカメムシの卵巣発育と産卵特性。応動昆 37: 5–9. [Higuchi, H. and N. Mizutani (1993) Ovarian development state and oviposition of adult females of *Piezodorus hybneri* (Heteroptera: Pentatomidae) collected in soybean field. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 37: 5–9.]
 Kikuhara, Y. (2005) The Japanese species of the genus *Riptortus* (Heteroptera, Alydidae) with description of a new species. *Jpn. J. Syst. Entomol.* 11: 299–311.
 Leal, W. S., H. Higuchi, N. Mizutani, H. Nakamori, T. Kadosawa and M. Ono (1995) Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae): conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue. *J. Chem. Ecol.* 21: 973–985.
 Leal, W. S., S. Kuwahara, X. Shi, H. Higuchi, C. E. B. Marino, M. Ono and J. Meinwald (1998) Male-released sex pheromone of the stink bug *Piezodorus hybneri*. *J. Chem. Ecol.* 24: 1817–1829.
 水谷信夫・守屋成一・本多健一郎 (2002) ホソヘリカメムシのダイズ圃場における発生消長と合成フェロモントラップによる誘殺消長の差異。関東東山病虫研報 49: 105–107. [Mizutani, N., S. Moriya and K. Honda (2002) Difference between seasonal abundance of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) in a soybean field and seasonal prevalence of the number of bean bugs caught by synthetic pheromone traps. *Ann. Rep. Kanto Plant Protect. Soc.* 49: 105–107.]
 森島正二・田淵 研・伊藤健二・水谷信夫・守屋成一 (2005) 摂食の有無がホソヘリカメムシ雄成虫の同種他個体に対する誘引性に及ぼす影響。応動昆 49: 262–265. [Morishima, M., K. Tabuchi, K. Ito, N. Mizutani and S. Moriya (2005) Effect of feeding on the attractiveness of *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) males to conspecific individuals. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 262–265.]
 守屋成一 (1995) チャバネアオカメムシの生態、特に成虫の個体数変動と移動に関する研究。沖縄農試特報 5: 1–135. [Moriya, S. (1995) Ecological studies on the brown-winged green stink bug, *Plautia stali* Scott, with special reference to its occurrence and adult movement. *Bull. Okinawa Agric. Exp. Stn. Suppl.* 5: 1–135.]
 西本佳子・水谷信夫・守屋成一 (2003) ホソヘリカメムシ合成集合フェロモントラップに捕獲されるホソヘリカメムシと他種

- 昆虫に及ぼすトラップ色の影響. 九病虫研究会報 49: 92–95. [Nishimoto, Y., N. Mizutani and S. Moriya (2003) Effect of trap color on the number of bean bugs, *Riptortus clavatus* (Thunberg), and other insects caught in traps baited with synthetic aggregation pheromone of the bean bug. *Kyushu Pl. Prot. Res.* 49: 92–95.]
- 野田博明・石井卓彌 (1981) シラホシカメムシの卵巣発達と日長・温度. 応動昆 25: 33–38. [Noda, H. and T. Ishii (1981) Effect of photoperiod and temperature on the ovarian development of the white-spotted stink bug, *Eysarcoris ventralis* (Heteroptera: Pentatomidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 25: 33–38.]
- 沼田英治 (1990) カメムシ類成虫による同種成虫の誘引. 植物防疫 44: 308–311. [Numata, H. (1990) Attraction of conspecific adults by adults in Heteroptera. *Plant Prot.* 44: 308–311.]
- 瀬戸口脩・仲川政市・吉田典夫 (1986) 鹿児島県における秋大豆のカメムシ類による被害と防除対策. 九病虫研究会報 32: 130–133. [Setokuchi, O., M. Nakagawa and N. Yoshida (1986) Damage and control of stink bugs on autumn soybean in Kagoshima Prefecture. *Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu* 32: 130–133.]
- 志賀正和・守屋成一 (1989) チャバネアオカメムシ野外個体群における成虫体内諸器官の時間・空間的な変化. 果樹試報 A 16: 133–168. [Shiga, M. and S. Moriya (1989) Temporal and spatial difference in the conditions of the internal organs of adults of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Bull. Fruit Tree Res. Stn.* A16: 133–168.]
- 田淵 研・守屋成一・水谷信夫 (2005) ホソヘリカメムシ合成誘引物質を用いたトラップによる誘殺消長. 応動昆 49: 99–104. [Tabuchi, K., S. Moriya and N. Mizutani (2005) Seasonal catches of the bean bug, *Riptortus clavatus* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae), in water-pan traps with synthetic attractants. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 99–104.]
- Wada, T., N. Endo and M. Takahashi (2006) Reducing seed damage by soybean bugs by growing small-seeded soybeans and delaying the sowing time. *Crop Prot.* 25: 726–731.
-