アオクサカメムシ *Nezara antennata* Scott (カメムシ目: カメムシ科) 雄成虫に誘引された 同種成虫の生理状態

清水 信孝*・堤 隆文

福岡県農業総合試験場

Physiological Status of *Nezara antennata* Scott Attracted to Conspecific Adult Males. Nobutaka SHIMIZU* and Takafumi TSUTSUMI Fukuoka Agricultural Research Center; 587 Yoshiki, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 56: 16-18 (2012)

Abstract: To understand the biological functions of male-produced pheromone of *Nezara antennata* Scott, we investigated the physiological status of *N. antennata* attracted to conspecific adult males. Most females captured in traps baited with adult males had immature ovaries and were unmated. Males attracted in July had entirely undeveloped ectodermal accessory gland, which are involved in reproduction. Many adults were attracted from June to July, when the bugs were considered to be in summer diapause. It is suggested that *N. antennata* use the volatiles emitted by adult males for reasons other than as mating cues. The nutritional status of most *N. antennata* adults captured in traps was poor. These results suggested that *N. antennata* use the volatiles emitted by adult males as cues to find food.

Key words: Stink bug; *Nezara antennata*; pheromone; physiological status

アオクサカメムシ *Nezara antennata* Scott (カメムシ目: カメムシ科) は福岡県における主要なダイズ加害性カメムシ類の1種である(山中ら, 1990)。これまで、同じダイズ加害性カメムシであるホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris* (Fabricius) (ホソヘリカメムシ科) やイチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri* (Gmelin) (カメムシ科) では、雄成虫が放出するフェロモンが同定され(Leal et al., 1995, 1998)、その合成物の発生予察への利用が検討されている(例えば、田渕ら, 2005; Endo et al., 2010)。アオクサカメムシのフェロモンに関しては、これまでに雄成虫の揮発物から4成分が同定されており(Aldrich et al., 1993)、近年、著者らはアオクサカメムシ雄成虫が同種の雌雄成虫を誘引することを明らかにした(清水・堤, 2011)。カメムシ類のフェロモンについては、放出者の多くが雄成虫であることや誘引対象が雌雄成虫や幼虫であることから、それらは集合フェロモンと呼ばれることが多いが、その機能については統一的な見解が得られていない。チャパネアオカメムシ *Plautia stali* Scott (カメムシ目: カメムシ科) では雄成虫に誘引される個体の多くが栄養蓄積の不十分な個体であることから、本種のフェロモンが季節的・場所的に局在する餌資源の探索・利用システムに機能していると考えられている(志

賀・守屋, 1989; 守屋, 1995)。一方、アオクサカメムシの近縁種であるミナミアオカメムシ *Nezara viridula* (Linnaeus) (カメムシ目: カメムシ科) では、雄成虫に誘引されるのが主に雌成虫であること(Mitchell and Mau, 1971)、生殖休眠状態の雌成虫はフェロモンに反応しないこと(Brennan et al., 1977)、誘引後に求愛行動を行うこと(Borges et al., 1987)から、性フェロモンとしての機能が指摘されている。同属のアオクサカメムシにおいても類似の機能が推察されるが、アオクサカメムシの雄成虫は雌雄成虫をほぼ同数誘引すること(清水・堤, 2011)など、ミナミアオカメムシとは異なる誘引機能を持つ可能性も考えられる。また、アオクサカメムシは長日条件により夏期に休眠状態になるという、特異な性質を有している(Noda, 1984; Numata and Nakamura, 2002)。もし、アオクサカメムシのフェロモンが配偶行動のみに関与しているのであれば、生殖行動とは無縁と考えられる夏休眠状態の成虫は雄成虫の放出するフェロモンに対し反応しないことが予測される。Endo et al. (2010) はイチモンジカメムシの誘引成分について、誘引個体の性成熟度や腸内容物の量から機能の推定を行っている。アオクサカメムシにおいても誘引個体の生理状態を調べることで、その機能を推定できる可能性がある。そこで、本試験では、アオクサカメムシ雄成虫に誘引された同種個体の生理状態を調べることで、本種のフェロモンの機能解明を試みた。

本文に入るに先立ち、中央農業総合研究センターの守屋成一博士、九州沖縄農業研究センターの水谷信夫博士並びに遠藤信幸博士には貴重なご助言、ご指導を賜った。また、生物資源研究所の小滝豊美博士にはカメムシ類の解剖手法についてご教示いただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

材料および方法

1. 誘引源および水盤トラップ

誘引源のアオクサカメムシ雄成虫は2008年に福岡県内のダイズ畑から採集後、飼育室(23°C, 成虫: 14L10D, 卵および幼虫: 16L8D)内で生ピーナツ、乾燥および芽出しダイズを餌として累代飼育しているものを用いた。羽化後10日以上経過したアオクサカメムシ雄成虫を自作の容器に収容した。容器は2種類の塩化ビニール製カップ(A: 上径12cm, 高さ7cm, B: 上径10cm, 高さ5cm)を上下に重ねて接着し、中央に直径1cmの穴を空けて円筒形に巻いた濾紙を立てた。上のカップAには雄成虫20頭と餌(生ピーナツおよび乾燥ダイズ、各10粒程度)を入れ、通風のため側面4か所に3×4cm、蓋2か所に2×4cmの窓を開け、4mm目合いの網(ナイロン製)を取り付けた。下のカップBには水を入れて給水源とした。この容器を約10cmの深さで水を満たした水盤トラップ(直径50cm, 深さ18cmのプラスチック製のタライ)

の中央部に、容器の底面が水面から約3 cm上にくるように針金で固定した。落下したアオクサカメムシの逃亡を防ぐため、水盤内に少量の逆性石けん液（ベンザルコニウム塩）を添加した。アルミ箔を貼った紙皿（直径18 cm）で容器の上部を覆い、容器内のアオクサカメムシに直射日光が当たるのを避けた。

2. 誘引試験

誘引試験は福岡県農業総合試験場（福岡県筑紫野市）内のクズ等が繁茂する雑草地で行い、同種の雄成虫20頭を誘引源とした水盤トラップを2台設置した。水盤トラップは高さ50 cmの台の上に設置し、それぞれの水盤トラップは互いに20 m以上離して雑草地の南端に一列に配置した。誘引源の雄成虫が死亡した場合には適宜補充した。水盤トラップは2010年6月1日から7月28日までの間設置し、1～3日間隔で水盤内に落下した同種成虫を回収した。なお、2009年については、清水・堤（2011）の誘引試験によりアオクサカメムシ雄成虫を誘引源として6月12日から9月17日までの間に上記と同様の方法で行った。

3. 捕獲個体の生理状態

水盤トラップに捕獲された個体は実体顕微鏡下で解剖し、性成熟度と栄養状態を観察した。なお、腐敗により生理状態の観察が困難な個体は調査から除外した。性成熟の指標として、雌成虫については卵巣の発達程度を、雄成虫については生殖と関わりが深いとされる外胚葉性付属腺の発達程度を調べた。卵巣の発達程度の指標は野田・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（+）、卵形成が見られないか明瞭でない（-）の3段階とした。外胚葉性付属腺の発達程度の指標はEsquivel（2009）のミナミアオカメムシでの基準を参考に、よく発達している（++）、発達しているが十分でない（+）、発達が見られない（-）の3段階とした。併せて雌成虫については、受精嚢内の精子の有無により交尾の有無を調査した。栄養状態の指標として、脂肪体の発達程度と胃内容物の充実程度を調べた。両指標は森島ら（2005）のホソヘリカメムシでの基準に従い、脂肪体の発達程度については、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段階とし、胃内容物の充実程度については、

内容物があり膨らんでいる（++）、内容物があるが膨らんでいない（+）、内容物が見られない（-）の3段階とした。

結果および考察

2009年の誘引試験（清水・堤，2011）により得られたアオクサカメムシの調査個体数は雌成虫16頭、雄成虫22頭で、これらの半数は7月に誘引された個体であった。2010年に設置した水盤トラップでは、雌成虫5頭、雄成虫3頭のアオクサカメムシが得られたが、これらは全て7月に誘引されたものであった。本種は年2世代で、成虫態で越冬し、第1世代成虫は7～8月頃、第2世代成虫は9～11月頃発生する（小林，1959）ことから、調査したアオクサカメムシは主に第1世代成虫であると考えられた。

誘引されたアオクサカメムシ雌雄成虫の性成熟度と交尾の有無をTable 1に示した。調査した雌成虫21個体のうち、卵巣内に成熟卵が見られる個体は3個体（14.3%）と少なく、12個体（57.1%）が卵巣の未発達なものであった。交尾の有無に関しては、21個体中18個体（85.7%）が未交尾であった。7月に誘引された12個体に関しては、卵巣内に成熟卵が見られる個体は1個体（8.3%）のみであった。調査した雄成虫25個体のうち、外胚葉性付属腺がよく発達している個体は全く見られず、17個体（68.0%）が未発達なものであった。アオクサカメムシは長日によって夏休眠が誘導され、長日から短日への切り替えによって夏休眠が覚醒する（Noda, 1984; Numata and Nakamura, 2002）。夏至は6月下旬であることから、少なくとも6月に発生した第1世代成虫は夏休眠状態にあると考えられる。隣県の熊本県では2009年7月にライトトラップに捕獲されたアオクサカメムシのほとんど（85%程度）は性成熟の進んでいない個体であった（遠藤，私信）。本試験で7月に誘引されたアオクサカメムシも卵巣や外胚葉性付属腺が未発達、未交尾の、性的に未成熟な個体が多かったことから、そのほとんどが夏休眠状態、あるいは覚醒直後の個体であることが示唆された。ミナミアオカメムシのフェロモンに関しては休眠雌がフェロモンに反応しないこと（Brennan et al., 1977）等から性フェロモンとしての機能が強く示唆されているが、本種に関しては夏休眠状態と考えられる成虫に対しても誘引性が認められたこ

Table 1. Reproductive conditions and mating status of adults of *N. antennata* captured in traps baited with adult males

Periods		Female						Male			
		No. of dissected	Ovary development ^a			Mating status		No. of dissected	Ectodermal accessory gland development ^b		
			++	+	—	Mated	Unmated		++	+	—
2009	June	1	1	0	0	1	0	8	0	6	2
	July	7	0	2	5	0	7	12	0	0	12
	August	7	1	3	3	1	6	2	0	2	0
	September	1	0	1	0	0	1	0	—	—	—
2010	June	0	—	—	—	—	—	0	—	—	—
	July	5	1	0	4	1	4	3	0	0	3
Total		21	3	6	12	3	18	25	0	8	17

^a ++, Mature eggs observed; +, mature eggs not observed, but oogenesis obvious; —, undeveloped.

^b ++, Well developed; +, incompletely developed; —, undeveloped.

Table 2. Nutritional conditions of adults of *N. antennata* captured in traps baited with adult males

Periods		No. of adults dissected	Fat-body development ^a			Appearance of stomach ^b		
			++	+	—	++	+	—
2009	June	9	3	2	4	0	6	3
	July	19	0	1	18	1	8	10
	August	9	0	4	5	0	6	3
	September	1	0	1	0	0	1	0
2010	June	0	—	—	—	—	—	—
	July	8	1	0	7	0	3	5
Total		46	4	8	34	1	24	21

^a ++, Well developed; +, partially developed; —, undeveloped.

^b ++, Expanded with food; +, containing food but not expanded; —, empty.

とから、フェロモンが配偶行動以外に関与している可能性が考えられる。

誘引されたアオクサカメムシ雌雄成虫の栄養状態を Table 2 に示した。雌雄間で明瞭な差異が認められなかったため、雌雄をまとめて示した。調査した46個体のうち、脂肪体がよく発達しているものは4個体(8.7%)で、34個体(73.9%)が未発達なものであった。胃内容物に関しては、胃が内容物で膨らんでいるものは1個体(2.2%)のみで、21個体(45.7%)で胃に内容物が見られなかった。チャバネアオカメムシでは雄成虫に誘引された個体の栄養蓄積が劣ることから雄成虫から放出されるフェロモンが摂食行動に関与していると考えられており(志賀・守屋, 1989; 守屋, 1995)、アオクサカメムシにおいても同様にフェロモンが摂食行動に関与している可能性が推察される。今後は、野外生息虫やライトトラップに誘引された成虫との栄養状態を比較することにより、摂食行動への関与について詳細が明らかになっていくものと思われる。

ホソヘリカメムシのフェロモンでは、摂食した雄成虫のみが同種個体を誘引することから摂食行動への関与が指摘されているが(森島ら, 2005)、その一方で、生殖休眠状態にある雄成虫がフェロモンを生成・放出しないことから配偶行動への関与が指摘されており(Mizutani et al., 2008)、本種のフェロモンが複数の機能を併せ持つ可能性が考えられる。本試験ではアオクサカメムシのフェロモンが摂食行動に関与している可能性が示唆されたが、今後、フェロモンを放出する雄成虫の生理的特性を解明し、フェロモンの配偶行動への関与についてもさらに検討する必要がある。

引用文献

- Aldrich, J. R., H. Numata, M. Borges, F. Bin, G. K. Waite and W. R. Lusby (1993) *Z. Naturforsch.* C48: 73–79.
- Borges, M., P. C. Jepson and P. E. Howse (1987) *Entomol. Exp. Appl.* 44: 205–212.
- Brennan, B. M., F. Chang and W. C. Mitchell (1977) *Environ. Entomol.* 6(1): 169–173.
- Endo, N., R. Sasaki and S. Muto (2010) *Environ. Entomol.* 39: 1973–1979.
- Esquivel, J. F. (2009) *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102: 303–309.
- 小林 尚 (1959) 応動昆 3: 221–231. [Kobayashi, T. (1959) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 3: 221–231.]
- Leal, W. S., H. Higuchi, N. Mizutani, H. Nakamori, T. Kadosawa and M. Ono (1995) *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) *J. Chem. Ecol.* 24: 1817–1829.
- Mitchell, W. C. and R. F. L. Mau (1971) *J. Ecom. Entomol.* 64: 856–859.
- Mizutani, N., T. Wada, T. Yasuda, N. Endo, T. Yamaguchi and S. Moriya (2008) *Appl. Entomol. Zool.* 43: 585–592.
- 森島正二・田淵 研・伊藤健二・水谷信夫・守屋成一 (2005) 応動昆 49: 262–265. [Morishima, M., K. Tabuchi, K. Ito, N. Mizutani and S. Moriya (2005) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 262–265.]
- 守屋成一 (1995) 沖縄農試特別研報 5: 1–135. [Moriya, S. (1995) *Bull. Okinawa Agric. Exp. Stn. Suppl.* 5: 1–135.]
- 野田博明・石井卓彌 (1981) 応動昆 25: 33–38. [Noda, H. and T. Ishii (1981) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 25: 33–38.]
- Noda, T. (1984) *Appl. Entomol. Zool.* 19: 119–120.
- Numata, H. and K. Nakamura (2002) *Eur. J. Entomol.* 99: 155–161.
- 志賀正和・守屋成一 (1989) 果試研報 A16: 133–168. [Shiga, M. and S. Moriya (1989) *Bull. Fruit Tree Res. Stn.* A16: 133–168.]
- 清水信孝・堤 隆文 (2011) 応動昆 55: 43–48. [Shimizu, N. and T. Tsutsumi (2011) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 55: 43–48.]
- 田淵 研・守屋成一・水谷信夫 (2005) 応動昆 49: 99–104. [Tabuchi, K., S. Moriya and N. Mizutani (2005) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 99–104.]
- 山中正博・嶽本弘之・高崎登美雄 (1990) 福岡農総試研報 A10: 47–52. [Yamanaka, M., H. Takemoto and T. Takasaki (1990) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* A10: 47–52.]