育粉に対する食品害虫の嗅覚反応

田村正人*・兵藤恭平*・宮嶋弘衛

Olfactory Responses to Milk Powder on Foodstuff Pests

Masato TAMURA*, Kyohei HYODO* and Hiroe MIYAJIMA*

(*Tokyo University of Agriculture: 1-1, Sakuragaoka 1-chome, Setagaya-ku, Tokyo)

The chemotaxis to milk powder on principal foodstuff pests were examined using the Y-tube olfactometer (Fig. 1).

The samples tested were 14 species (*Periplaneta fuliginosa*, *Blattella germanica*, *Trogoderma granarium*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Cryptolestes minutus*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae*, *Cadara cautella*, *Ephesia kuhniella*, *Plodia interpunctella* and *Bracon hebetor*).

The experimental results were as follows: Attractive species was *Bracon hebetor* alone, and the other all species were ineffectiveness.

はしき

嗅覚が昆虫の行動を支配し、または重要な役割を担っている事実が、今日までに数多く明らかにされている^{1)~20),*1}。

貯蔵食糧・食品の害虫（以下便宜的に食品害虫と呼ぶことにする）の種類はきわめて多いが、乳業（育粉工場）における害虫としては、わずかにゴキブリ、チャタテムシなどが記されているにすぎない^{21),22)}。

堤²³⁾によれば1960年7月29日に長野県において育粉からツヤコチャタテ (*Lepinotus reticulatus* Enderlein) 2♀ が採集記録され、また中尾²⁴⁾、原田²⁵⁾、川城²⁶⁾によれば、ツヤコチャタテは日本各地で育粉から採集されているという。

素木^{26),27)}は、チャバネゴキブリ (*Blattella germanica* Linné) は牛乳などを加えた食料品などを食することが普通であると述べている。しかし鈴木²⁸⁾はいろいろの餌を使ってバタートラップを作り、チャバネゴキブリについて比較したところ、ショ糖や固型飼料にはよく入り、育粉には少なかったと記している。

長谷川^{29),30)}は北海道における食品の混入昆虫18種を記録したが、その中では、ノシメマダラメイガ (*Plodia interpunctella* Hübner) の検出件数が最も多かった。

食品害虫類は一般に広食性で、分布区域も全世界的であり、低水分含量の食物で生活可能なこと、および体軀が小型で潜入可能なことなどから屋内害虫としての適応

性を備えている^{28),31),32)}。したがって、二次的にも他の食品を加害または侵入する危険性が皆無とは断言できない。

著者らは主要食品害虫14種を選び、嗅覚反応に関して若干の基礎的な実験を試み、育粉への侵入の可能性などについて考察し、併せてどこに問題があるのかを科学的に追求しようとした。

材料および方法

1. 供試昆虫

本実験に供試した昆虫は、当研究室で常法により累代飼育中のものから選んだ4目11科14種である (Table 1)。実験には健康で均一な個体を供試するよう配慮した。

ゴキブリ類の分類学的位置は朝比奈^{33)~35)}によった。コクゾウ類の学名は原田³⁶⁾の意見もあるが桐谷^{37),38)}に従った。マダラメイガ類の学名は山中浩氏の教示によった。他に農林病害虫名鑑³⁹⁾も参照した。

2. 実験方法

嗅覚計は McIndoo^{40)~42)} の Y 字管型嗅覚計を少し改変したものを使用した (Fig. 1)。実験方法は、径約 3 cm のガラス製 Y 字管 (D) 内の空気が、真空ポンプ (E) によって吸引管を伝って流れるため、育粉 (森永乳業 (株) 製) (A) の香気成分もその方向に向かって流れ、C 点に放った昆虫が反応を示し移動するようにした。B 点には対照として三角フラスコの底部に水分を含んだ脱脂綿を置いた。

実験はすべて暗室内で行い、実験中の温度は 26~29°であった。Y 字管は毎回洗剤で十分洗浄した。

* 東京農業大学：東京都世田谷区桜ヶ丘 1-1-1

*1 代表的な総説を掲げた

Table 1. The Foodstuff Pests in this Experiment

Order BLATTARIA

Fam. *Blattellidae**Periplaneta fuliginosa* Serville (Smoky-brown cockroach)Fam. *Blattellidae**Blattella germanica* Linné (German cockroach)

Order COLEOPTERA

Fam. *Dermestidae**Trogoderma granarium* Everts (Khapra beetle)Fam. *Silvanidae**Oryzaephilus surinamensis* Linné (Saw-toothed grain beetle)Fam. *Cucujidae**Cryptolestes minutus* Oliver (Flattened grain beetle)Fam. *Tenebrionidae**Tribolium castaneum* Herbst (Rust-red flour beetle)Fam. *Anobiidae**Lasioderma serricorne* Fabricius (Cigarette beetle)Fam. *Bostrichidae**Rhizopertha dominica* Fabricius (Lesser grain borer)Fam. *Curculionidae**Sitophilus zeamais* Motschulsky (Rice weevil)*Sitophilus oryzae* Linné (Small rise weevil)

Order LEPIDOPTERA

Fam. *Pyrallidae**Cadra cautella* Walker (Tropical warehouse moth)*Ephestia (Anagasta) kuehniella* Zeller (Mediterranean flour beetle)*Plodia interpunctella* Hübner (Indian meal moth)

Order HYMENOPTERA

Fam. *Braconidae**Bracon hebetor* Say

3. 効果の判定

平尾ら^{43)~45)}の方法により、実験開始より2時間後の昆虫の移動によって反応率(育粉の方向に移動したものを陽性、育粉の無い方向に移動したものを陰性、どちらにも移動しなかったものを不反応とした)、および反応指数

$$I = \frac{(A-R) \times 100}{N}$$

(I : 反応指数, A : 育粉の方の昆虫数の合計値, R : 新鮮空気の方の昆虫数の合計値, N : 供試昆虫数)などを求め、一応の効果の判定の基準とした。さらに χ^2 検定を行い統計学的に評価した。

Fig. 1. Y-tube olfactometer

A: flavour vessel (milk powder)

B: control vessel (water)

C: insect room

D: Y-tube

E: aspirator

F: water

実験結果

実験の結果は Table 2 のとおりである。正の反応指数を示したものは、クロゴキブリ (*Periplaneta fuliginosa* Serville) チャバネゴキブリ, タバコシバンムシ (*Lasioderma serricorne* Fabricius), ナガシクイムシ (*Rhizopertha dominica* Fabricius), ココクゾウ (*Sitophilus oryzae* Linné), スジコナマダラメイガ (*Ephestia (Anagasta) kuehniella* Zeller) および、シマメイガコマユバチ (*Bracon hebetor* Say) の7種で、負の反応指数を示したものは、ヒメアカカツオブシムシ (*Trogoderma granarium* Everts) の成虫と幼虫, カクムネヒラタムシ (*Cryptolestes minutus* Oliver), およびスジマダラメイガ (*Cadra cautella* Walker) の3種であった。残りの4種, ノコギリヒラタムシ (*Oryzaephilus surinamensis* Linné), コクヌストモドキ (*Tribolium castaneum* Herbst), コクゾウ (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) およびノシマダラメイガは反応指数ゼロであった。

以上の結果をさらに統計学的手法によって χ^2 検定をしたところ、シマメイガコマユバチのみが1%の危険率で有意となり、他はすべて危険率が10%以上もあり有意とはならなかった。したがって今回実験した供試昆虫14種の中ではシマメイガコマユバチのみが育粉に対してきわめて顕著な正の誘引性を示し、他の13種の昆虫の誘引、忌避反応は顕著でないが、さらに今後の検討にまきたい (Table 3)。

考 察

今回の著者らの実験結果により、育粉に誘引性を示した昆虫はシマメイガコマユバチただ一種のみで他の食品害虫13種はすべて無反応であった。

シマメイガコマユバチが育粉に誘引される主たる原因は、育粉中に多量 (約60%) に含有する糖質⁴⁷⁾に関係があるのではないかと考え、糖質にも種々あるが、さしあ

Table 2. Attractivity Test on Foodstuff Pests to Milk Powder

Species	Response (%)			
	+	±	-	Index*
<i>Periplaneta fuliginosa</i> Serville (1st instar nymph)	20	75	5	15
<i>Blattella germanica</i> Linné (1st instar nymph)	20	70	10	10
<i>Trogoderma granarium</i> Everts (Adult)	0	85	15	-15
<i>Trogoderma granarium</i> Everts (Larva)	10	70	20	-10
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> Linné (Adult)	20	60	20	0
<i>Cryptolestes minutus</i> Oliver (Adult)	10	75	15	-5
<i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Adult)	20	60	20	0
<i>Lasioderma serricorne</i> Fabricius (Adult)	30	60	10	20
<i>Rhizopertha dominica</i> Fabricius (Adult)	20	70	10	10
<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky (Adult)	20	60	20	0
<i>Sitophilus oryzae</i> Linné (Adult)	50	30	20	30
<i>Cadra cautella</i> Walker (Last instar larva)	25	35	40	-15
<i>Ephestia (Anagasta) kuehniella</i> Zeller (Last instar larva)	45	40	15	30
<i>Plodia interpunctella</i> Hübner (Last instar larva)	15	70	15	0
<i>Bracon hebetor</i> Say (Male adult)	70	30	0	70

+: positive -: negative ±: indifferent

*: $I = \frac{(A-R) \times 100}{N}$ (I: index A: odorous (milk powder) side R: odorless side N: total)

Table 3. χ^2 -test

Species	χ^2	a from χ^2 -table	Effectiveness*
<i>Periplaneta fuliginosa</i>	1.80	0.2 > a > 0.1	
<i>Blattella germanica</i>	0.33	0.7 > a > 0.5	
<i>Trogoderma granarium</i> (Adult)	3.00	0.1 > a > 0.05	
<i>Trogoderma granarium</i> (Larva)	0.33	0.7 > a > 0.5	
<i>Cryptolestes minutus</i>	2.00	0.2 > a > 0.1	
<i>Lasioderma serricorne</i>	2.00	0.2 > a > 0.1	
<i>Rhizopertha dominica</i>	0.33	0.7 > a > 0.5	
<i>Sitophilus oryzae</i>	2.57	0.2 > a > 0.1	
<i>Cadra cautella</i>	0.35	0.7 > a > 0.5	
<i>Ephestia (Anagasta) kuehniella</i>	1.50	0.3 > a > 0.2	
<i>Bracon hebetor</i>	7.00	0.01 > a > 0.001	A

* A: attractant

たり精製白糖を用いてシマメイガコマユバチ成虫(合)の嗅覚反応を、同様の方法で追試した。実験結果は、精製白糖に対して正の反応を示したもの35%、負の反応を示したのも同じく35%、不反応30%となり、本種は精製白糖には誘引されることが分かった。したがってシマメイガコマユバチの誘引物質は精製白糖以外の物質であることになるが、目下検討中であるので、詳細は今後に待ちたい。

松沢⁴⁶⁾ はアオムシサムライコマユバチ (*Apanteles*

glomeratus Linné) 成虫の寿命と各種糖類との関係を調べた結果、精製白糖20% 溶液給与区が最も長命であった。シマメイガコマユバチ成虫も精製白糖溶液を給与すると長命になる⁴⁶⁾。このことは、昆虫の行動を支配する要因と栄養物質とは関連性はあっても異質、かつ独立的であることによると考える。

ともあれ、本種はマダラメイガ類の幼虫に外部寄生して生活する^{46)~48)}、いわゆる天敵昆虫であるので、マダラメイガ類が存在しない所では問題がないと思われる。

桑木^{20),27)}はチャバネゴキブリは牛乳を混和した食糧品などを食することが普通であると追べているが、鈴木²⁸⁾は実験的にバタートラップを使って調べた結果では、ショ糖や固型飼料に比べて育粉では少なかったという。また鈴木²⁸⁾はゴキブリ類の食物選択性に有意な差があるかどうかは明らかでなく、このことはゴキブリ類の食物嗜好範囲が非常に広いことを示すものであろう。しかし、ある場所に限ってみると、特別に好むものを指摘できる場合が多いようだから、ゴキブリ類の嗜好性は、住んでいる環境との相対的關係ででき上っているような傾向がみられる。とも述べている。また同じく鈴木²⁹⁾がクロゴキブリに対して実験的にいくつかの餌を与えてその摂食量（誘引ではない）を比較した結果ではショ糖が一番よく好み、次いでカゼイン、穀類+ショ糖、穀類、デンプンの順であった。

その後 Tsuji³⁰⁾⁻³⁵⁾の一連の研究により、雑食性のゴキブリ類でも食物に誘引と摂食促進に関する物質のあることが明らかにされた。すなわちゴキブリの誘引作用の強いものは *n*-カブロン酸、*n*-カブリン酸、*n*-カブリン酸、ラウリン酸、オレイン酸、ミリスチン酸メチル、ミリスチン酸エチル、パルミチン酸メチル、パルミチン酸エチル、*n*-オクタールアルコール、*n*-デシルアルコール、*n*-ドデシルアルコール、*n*-テトラデシルアルコール、オレイルアルコールであった。摂食行動誘起作用は *n*-カブリン酸、ミリスチン酸メチルで特に強く、オレイルアルコールは、チャバネゴキブリに対してのみ強い作用を示した。またチャバネゴキブリを用いた実用的なベイトによる試験結果ではグリセロールが最も強力な効果を示した。

しかし著者らの実験結果では、育粉に対する反応指数は+10、 χ^2 検定値 $0.7 > a > 0.5$ 、クロゴキブリの反応指数+15、 χ^2 検定値 $0.2 > a > 0.1$ で両種とも育粉に対しては無反応に等しく、誘引・忌避いずれの反応もまったく認めがたい。これは Tsuji³⁰⁾ のいうゴキブリ類の誘引物質が育粉には含有されていない⁴⁷⁾ので当然のことである。にもかかわらずゴキブリ類が育粉中より検出されることがある^{20),30)}のは、このグループのもつ、活発に動き回る生活様式によるものと推察される⁶⁴⁾。

鈴木⁶⁷⁾はT字管型嗅覚計を用いて主要貯穀害虫8種（コクゾウ、コクゾウ、ナガシクイムシ、コクヌストモドキ、ノコギリヒラタムシ、カクムネヒラタムシ、カシノシメイガ *Pyralis farinalis* Linné、およびシメマダラメイガ）について実験した結果、これら貯穀害虫の穀物への加害には嗅覚的因子が関与している可能性を示唆した。

Honda^{55),59)}、Yamamoto⁶⁰⁾は、コクゾウの誘引物質は玄米中に含有される、おそらくは水溶性のカルボキシル基をもつ酸の類であるところまでつきとめることができた。

著者ら⁶¹⁾はさきにノシメマダラメイガの幼虫に対してプロピオン酸イソamil、シトラール、酢酸エチルが誘引効果のあることを報告した。しかし今回の著者らの実験では、鱗翅目に属する昆虫類は育粉に対してはまったく誘引的反応を示さなかった。にもかかわらずシメマダラメイガが育粉から検出される^{20),30)}のは本種のドウ幼虫（主に終令）の移動性と潜入性などによるものと思われる^{28),32)-35)}。

また食品害虫としての鞘翅目昆虫類は一般に小型であり⁶⁶⁾⁻⁶⁸⁾、成虫は飛翔能がある^{21),22),37),62)}が、川城⁷⁰⁾は育粉は近代的生産方式の製品であるから、製造室や包装室での作業中に侵入することはない、といい、Kiritani⁷¹⁾は1956年、京都市とその周辺部のおもに消費者を対象として163か所を調べ多数の貯穀害虫を発見した。これらは消費者レベルでの混入の可能性を示唆していると考えられる。

要 約

主要食品害虫4目11科14種を用いて育粉に対する嗅覚反応を実験した結果、マダラメイガ類の天敵であるシメイガコマユバチだけが強い正の誘引性を示し、他の13種には統計的な有意差が認められなかった。昆虫類の育粉への侵入は今回の実験に関する限り、少なくとも嗅覚反応の面からは否定的ないしは消極性を示唆しているものと考えられる。

稿を終るに臨み、ご指導とご校閲の労を煩わした東京農業大学教授、澤田玄正博士、ならびにスジマダラメイガ、スジコナマダラメイガの学名についてご教示いただいた山中浩氏に深謝します。

なお、本研究は日本食品衛生学会の研究費によって行われたものである。ここに記して謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 斎藤哲夫：植物防疫，13，385 (1959)。
- 2) 平野千里：生物科学，12，104 (1960)。
- 3) 平野千里，他：応動昆虫第4回シンポジウム講演・討論要旨，p. 25 (1960)。
- 4) 石井象二郎：“新農薬研究法”，p. 500 (1960) 南江堂。
- 5) 松本義明：植物防疫，19，1 (1965)。
- 6) 林屋慶三：防虫科学，31，137 (1966)。
- 7) 林屋慶三：植物防疫，23，344 (1967)。
- 8) 和田弘次郎：化学と生物，5，698 (1967)。
- 9) 井上雄三：“新農薬創製法”，p. 356 (1970) 南江堂。
- 10) Beroza, M.: “Chemicals Controlling Insect Behavior”, p. 1 (1970) Academic Press.
- 11) Wood, D., et al.: “Controll of insect behavior by natural Products”, p. 1 (1970) Academic press.

- 12) 山根明臣: 森林防疫, 19, 303 (1970); 20, 16 (1971).
- 13) Dethier, V. G.: "The Physiology of Insect Senses", p. 1 (1971) Chauser press.
- 14) 深海 浩: 化学と生物, 9, 350 (1971).
- 15) 平野千里: "昆虫と寄生植物", p. 24 (1971) 共立出版.
- 16) 石井象二郎: "衛生動物学の進歩", 第1集, p. 191 (1971) 学術書出版社.
- 17) 高橋信孝, 他: "生理活性天然物化学", p. 103 (1973) 東京大学出版会.
- 18) Browne, L. B.: "Experimental Analysis of Insect Behavior", p. 1 (1974).
- 19) 菊池俊英: "昆虫の行動と適応", p. 87 (1974) 培風館.
- 20) 鈴木健二: "フェロモン", p. 1 (1974) 三共出版.
- 21) 川城 巖, 他: "菓子食品害虫要覧", p. 10 (1963) 全国菓子協会.
- 22) 川城 巖, 他: 同上
- 23) 堤 千里: 衛生動物, 13, 190 (1962).
- 24) 中尾舜一: "食品害虫", p. 38 (1969) 光琳書院.
- 25) 原田豊秋: "食糧害虫の生態と防除", p. 326 (1971) 光琳書院.
- 26) 森木得一: "昆虫の分類", p. 126 (1955) 北隆館.
- 27) 森木得一: "衛生昆虫", p. 45 (1962) 北隆館.
- 28) 鈴木 猛, 緒方一喜: "ゴキブリとその駆除", p. 34 (1961) 日本厚生通信社.
- 29) 長谷川恩: 北海道立衛生研究所所報第18集, 89 (1968).
- 30) 長谷川恩: 食衛誌, 11, 臨時増刊号, 101 (1970).
- 31) 桐谷圭治: 生物科学, 特集号, p. 55 (1956).
- 32) 吉田敏治: 同上, 10, 60 (1968).
- 33) 朝比奈正二郎: "動物系統分類学", 7 (下A) p. 203 (1970) 中山書店.
- 34) 朝比奈正二郎: 同上, 7 (下B), p. 67 (1971) 中山書店.
- 35) 朝比奈正二郎: "衛生動物学の進歩" 第一集, 177 (1971) 学術書出版会.
- 36) 原田豊秋: "菓子食品害虫要覧", p. 付1 (1974) 全国菓子協会.
- 37) 桐谷圭治: ミチュエーリン生物学研究, 2, 224 (1966).
- 38) 桐谷圭治: "熱帯等における貯穀害虫に関する調査研究", p. 1 (1971) 岡大農生研.
- 39) "農林病害虫名鑑", p. 246 (1965) 日本植物防疫協会.
- 40) McIndoo, N. E.: J. Econ. Ent., 19, 545 (1926).
- 41) 杉山章平: "昆虫実験法", p. 325 (1959) 日本植物防疫協会.
- 42) 斎藤哲夫: "農薬の生物検定", p. 204 (1960) 南江堂.
- 43) 平尾常雄, 石川誠男: 日蚕誌, 33, 277 (1964).
- 44) 平尾常雄, 石川誠男: 同上, 34, 15 (1965).
- 45) 石川誠男, 平尾常雄: 蚕試報, 20, 21 (1965).
- 46) 松沢 寛: 香川大農紀要, 第3号, p. 41 (1958).
- 47) 長沢太郎: "育児用調整粉乳の現状について", p. 3 (1972) 森永乳業(株).
- 48) 田村正人: 未発表.
- 49) 渡辺千尚: 昆虫, 7, 245 (1933).
- 50) Watanabe, C.: J. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ., 52, 31 (1937).
- 51) 高岡市郎: 桑野たばこ試報, 41, 43 (1956).
- 52) 小嶺新幸, 他: 大阪植物防疫, 87, 17 (1963).
- 53) Tsuji, H.: Jap. J. Sanit. Zool., 16, 225 (1965).
- 54) H. Tsuji: *ibid.*, 17, 89 (1966).
- 55) Tsuji, H., Ōno, S.: *ibid.*, 21, 149 (1970).
- 56) Guthrie, D. M. & Tindall, A. R.: "The Biology of the cockroach", p. 215 (1968).
- 57) 鈴木信輔: 松虫, 3, 115 (1949).
- 58) Honda, H., *et al.*: Appl. Ent. Zool., 4, 23 (1969).
- 59) Honda, H., *et al.*: *ibid.*, 4, 32 (1969).
- 60) Yamamoto, I., Yamamoto, R.: "Control of Insect Behavior by Natural Products", p. 331 (1970) Academic press.
- 61) 田村正人, 宮嶋弘衛: 食衛誌, 11, 臨時増刊号, p. 45 (1970).
- 62) 藤本重広: 大阪府大農出版, 2, p. 19 (1956).
- 63) 辻 英明: 応動昆, 2, 17 (1958).
- 64) Tzanakakis, M. E.: Hilgardia, 29, 205 (1959).
- 65) Metcalf, C. L. & Flint, W. P.: "Destructive and Useful Insect", p. 931 (1962) Kogakusha, Tokyo.
- 66) Herrick, G. W.: "Manual of Injurious Insects", p. 377 (1925) Henry Holt.
- 67) Busvine, J. R.: "Insect & Hygiene", p. 278 (1966) Methuen.
- 68) Munro, J. W.: "Pests of Stored Products", p. 1 (1966) Hutchinson.
- 69) Johnson, C. G.: "Migration & Dispersal of Insects by Flighe", p. 1 (1969) Methuen.
- 70) 川城 巖, 他: "お菓子につく虫の話", p. 1 (1962) 全国菓子協会.
- 71) Kiritani, K., *et al.*: Japanese J. Appl. Ent. Zool., 7, 49 (1963).