酵母と果実由来の香気成分に対する アカマダラケシキスイの誘引反応

貴 志 学

Manabu Kishi: Response of the sap beetle, '*Phenolia (Lasiodites) picta*' (Coleoptera: Nitidulidae) to different flavor components derived from a yeast and fruits

Abstract

We observed the behavioral activity of adult females and larval sap beetles *Phenolia (Lasiodites) picta* (MacLeay) in response to several potential attractant odors. We observed the arrival rates within 15 min of females and larvae to flavor components derived from yeast and fruits as attractants. All adult females and 93% of larvae arrived at the banana within this time frame. Adults were attracted to banana-flavored castella but displayed little attraction to other odor sources. Larvae showed attraction to the mixture, the essence, and pure ethanol. Larvae also showed lower activity in response to the castella than did adult females. Differences in adult and larval behavioral responses to various odor sources may reflect changes in feeding habits during progressive life stages.

Key words: flavor components, attractant activity, *Phenolia (Lasiodites) picta*

緒 言

アカマダラケシキスイ *Phenolia (Lasiodites) picta* (以下、アカマダラ) は国内では北海道を除く本州、四国、九州などに、また国外ではアジア全域、オーストラリア、アフリカに広域分布する(久松, 1985; Kirejtshuk and Kvamme, 2002; 森本, 2007)。本種は幼虫、成虫ともに熟した果実を好むため、完熟落下果実を原料とした梅干しでは本種が異物混入の原因となる(中・間佐古, 2009)。しかし、本種はコスモポリタンな種にも関わらず生態の多くは不明で、効果的な防除法は確立されていない。

他のケシキスイ類では「一般臭(フェロモン以外の餌や植物等が発する一般的な匂い)」に対する誘引活性について様々な報告がある。トマトやトウモロコシの加害種 *Carpophilus lugubris* および貯穀害虫のクリヤケシキスイ, *Carpophilus humeralis* 等については、酵母の出す香気成分に対する誘引活性が報告されており(Lin and Phelan, 1991; Phelan and Lin, 1991; Bartelt and Wicklow, 1999), このうちクリヤケシキスイは酵母の香気成分にバナナの香気成分が加わることでより強い活

性を示す(Phelan and Lin, 1991)。さらに、イチゴ加害種マルキマダラケシキスイと *Glischrochilus fuscatus* はアクリル系の自動車塗料(Jantz et al., 1967)に、またモンチビヒラタケシキスイはパイナップルやレモンの果物香料で誘引できたという報告がある(久松, 1973)。一方でアカマダラの雌は熟したバナナ果実の揮発物質に高い誘引活性を示すが、性フェロモンの誘引活性は高いとの報告があり(貴志・岸, 2019), フェロモンを用いた防除法の実用化は難しいと考えられる。

そこで本研究では、ウメ園場内のアカマダラ駆除を目的にフェロモンではなく「一般臭」による誘引剤開発の可能性を検討した。本種の誘引活性を有する香気成分の探索にあたり、久松(1973)は「穀物を加害するケシキスイの全種は腐熟した果実によく集まる」と特記しているため、貯穀害虫種で誘引活性が確認された酵母が発する香気成分(アルコール類、酢酸エチルおよびアセトアルデヒド)を候補物質とした。また本種の嗜好性が高いバナナの主要香気成分の酢酸イソアミル、さらに酢酸イソアミルを含むバナナ香料及びバナナカステラを誘引源として、アカマダラ成虫及び幼虫の誘引活性を調査した。

なお、本試験では匂い物質等の誘引実験にしばしば用いられる Y 字管オルファクトメータは使用せず、簡易的な放虫実験により誘引源への到達率および到達時間を比較した。これは放虫実験でのアカマダラ成虫の誘引反応が Y 字管オルファクトメータを使用した場合よりも明らかに強く、比較が容易であった（貴志・岸, 2019）こと、また放虫実験による誘引試験のほうが Y 字管オルファクトメータの実験よりも想定される誘引剤の使用形態と近いためである。

材料および方法

1 材料

供試したアカマダラ成虫は、2019年6月10日と29日に和歌山県みなべ町（和歌山県果樹試験場うめ研究所）の研究圃場において、自然落下したウメ果実と2日前に予め設置していたバナナ果実に定着していた個体をそれぞれ採集した。採集した個体は雌雄別に腐葉土を3分の2満たした昆虫飼育容器（幅17.5×奥行11.8×高さ11.8 cm）で、室内の自然条件下で保持した。餌としてシャーレ（直径38×高さ10 mm）上にバナナ果実10 gを与え、2日おきに交換した。なお、雌は雄よりも餌に対する嗜好性が高い（貴志・岸, 2019）こと、また産卵を行う雌を駆除対象としたほうが雄よりも高い防除効果が見込めるため、試験には雌成虫のみを用いた。また供試した幼虫は、雌成虫が飼育容器内で産卵し、孵化した個体を採集した。採集した幼虫は別の飼育ケースに移動し、3齢（終齢）幼虫までバナナを給餌し、飼育した。

2 誘引源

先行研究よりアカマダラが高い誘引活性を示す既知の誘引源として、熟したバナナの果実片（以下、バナナ果実）3.0 gを用いた（雌成虫：貴志・岸, 2019；幼虫：貴志・高梨, 2019）。また酵母由来の香気成分である99.5%エタノール（以下、エタノール）、酢酸エチル、アセトアルデヒドに、バナナ果実の主要香気成分である酢酸イソアミルを混合したもの（以下、香気成分）を作製した（酢酸エチル及びアセトアルデヒドそれぞれの原液1 mlにエタノール4 mlを溶媒として希釈し、酢酸イソアミルは原液0.2 mlにエタノール4 mlを加え希釈した。これら3種類の溶液を1 mlずつの割合で混合した。エタノールは原液を使用した）。また果物香料として、酢酸イソアミルが香料の主成分であるバナナ香料（エタノール46%, Dolce バナナエッセンス家庭用；以下、バナナ香料）の原液を用いた。さらに、餡（原材料：白餡、砂糖、バナナピューレ、水あめ、濃縮還元レモン果汁、レモン）を含むバナナ香料入りカステラ1.5 g（敷島製パン社製；

第1図 アカマダラケシキスイの雌成虫及び幼虫の誘引活性実験模式図

以下、バナナカステラ）を誘引源に用いた。

3 実験方法

上面蓋を取り外したポリプロピレン（PP）製容器（長さ30.6×幅8.5×高さ7.6 cm）の片側底面中央にシャーレ（直径38×高さ10 mm）を両面テープで固定し、誘引源を配置した（第1図）。バナナ果実及びバナナカステラは直接シャーレ上に設置した。香気成分、エタノールまたバナナ香料は、内側にペーパーディスク（抗生物質検定用、厚手8 mm）を2枚敷いたバイアルキャップ（直径11 mm×高さ5.5 mm）に、パスツールピペットで0.05 mlを試験毎に滴下し誘引源とした。

24時間餌を与えない状態で保持した雌成虫及び幼虫をそれぞれ誘引源ごとに15個体ずつ用意した。雌成虫は1頭ずつ誘引源を配置したシャーレの反対側からそれぞれ放虫した。また幼虫については衝突等による他個体の影響がほとんど見られなかったため、それぞれ5頭ずつ放虫を行った。放虫した個体が誘引源に到達した時間を個体ごとに1分刻みで計数した。このとき1頭ずつ放虫した雌成虫は誘引源に到達したときに実験を打ち切った。ただし5頭ずつ放虫した幼虫については、誘引源に到達した個体を別容器に移し、5個体全てが誘引源に到達するか、15分を経過するまで観察を継続した。なお、容器側面を這い上がった個体は外部に逃げ出さないようにピンセットを用いて落下させた。また誘引源を単に通過しただけの個体は誘引源に到達した個体と見なさず、観察を継続した。

試験は曇りガラスの窓が1つの部屋において、窓とは逆側の場所で直接PP製容器に光が当たらないようパーティションを立てた裏側の机上で、照度100 lx、気温27±2°Cの環境条件で行った。

4 統計解析

雌成虫、幼虫それぞれの誘引源に対する誘引活性の差異を検出するため、放虫後に誘引源に移動した個体数÷放虫した全個体数を応答変数とし、ステージ（成虫、幼虫）、誘引源（5種類）またステージと誘引源との交互

作用を説明変数とし、2項分布を仮定した一般化線形モデル (GLM) にあてはめた。また雌成虫と幼虫それぞれで、誘引源への到達時間について Kaplan-Meier 法による生存時間分析を行い、その後誘引源間で Holm 法による多重比較を行った。

なお、本研究の全ての統計解析には統計ソフト R version 3.4.1 (R Core Team, 2017) を用い、パッケージには EZR ver. 1.37 (Kanda, 2013) を使用した。

結 果

誘引源に到達した雌成虫及び幼虫の割合において、ステージ、誘引源、また交互作用による有意な違いが検出された (GLM, ステージ: $z = -2.68$, $p < 0.0001$, 誘引源: $z = -4.58$, $p < 0.0001$, 交互作用, $z = 3.77$, $p < 0.0001$)。

雌成虫では、バナナ果実に対しては全ての個体が、またバナナカステラに対しては 67% の個体が 15 分後までに到達した (第 2 図 A)。しかし、香気成分、エタノール、バナナ香料の到達率はそれぞれ 20%、13%、7% とバナナ果実より有意に低かった。

幼虫は雌成虫と同様にほとんどの個体 (93%) がバナナ果実に 15 分後までに到達した (第 2 図 B)。香気成分、エタノール、バナナ香料の到達率はそれぞれ 73%、53%、60% とバナナ果実より低かったが、有意差は見られなかった。しかし、幼虫のバナナカステラへの到達率は 27% であり、バナナ果実に比べ有意に低かった。

考 察

雌成虫はバナナ果実への到達率が 100% と最も高い誘引活性を示したが、香気成分及びバナナ香料、またエタノールに対する活性はほとんど見られなかった (第 2 図 A)。一方、雌成虫はバナナ果実に劣るものの、バナナ香料を含むバナナカステラに誘引活性を示した。これら

の結果から、雌成虫のバナナ果実に対する高い活性は、バナナ特有の香気成分のみに起因するのではなく、砂糖や水飴を含む餡やカステラ生地 of 香気成分に活性を示していることが示唆された。地表徘徊性昆虫でしばしば用いられるベイトトラップ (オサムシトラップ) には、黒ビールや日本酒等のアルコール類以外に、酢、黒砂糖、ネクター、カルピス、果物等を混合した「糖蜜」が誘引源として用いられる (平嶋ら, 2000)。これらを勘案すると、今後のアカマダラ雌成虫駆除を目的とした誘引剤開発は、酵母由来成分よりも黒糖に含まれるフェノール類 (和田ら, 1990) や糖生成物のマルトール化合物 (伊藤・出来, 1978) 等の糖由来の香気成分を候補成分とした探索と複数成分の組み合わせによる活性強化が必要と考えられた。さらに誘引剤によるアカマダラ駆除の実用化には防除効果を高める設置法やトラップ形状の工夫等、実際のウメ圃場での検証が必要である。

幼虫に関しては、雌成虫と同様にバナナ果実に対する高い誘引活性を示した。しかし、幼虫は雌成虫とは異なり、バナナカステラに対する誘引活性は雌成虫よりも低く、エタノール、またエタノールを溶媒とする香気成分及びバナナ香料に高い活性を示した (第 2 図 B)。なお幼虫のバナナカステラへの活性は低く、カステラの発する甘い香気成分に対する活性は雌成虫に比べ低いことが推察される。幼虫はエタノールを溶媒とした香気成分や香料だけでなく、エタノール単体でも誘引活性を示すことから、幼虫は酵母由来成分の中でも特にエタノールに反応していることが推察された。実際、ウメやバナナ果実などの果実に含まれるタンパク質は少なく、幼虫が成長に要するタンパク源を酵母等の微生物から積極的に摂取する必要があると考えられる (100 g あたりのタンパク質量, ウメ及びバナナ 0.7 g, 酵母 16.5 g: 文部科学省, 2019)。したがって、幼虫は酵母等の発するエタノール

†: エタノールを溶媒とした酢酸エチル、アセトアルデヒド、酢酸イソamilの混合物

第 2 図 アカマダラケシキスイの各誘引源への到達率 (A. 雌成虫, B. 幼虫)

折れ線右端の文字が同じ場合, Holm 法により補正された生存時間分析で各条件間に有意差がないことを示す ($p > 0.05$)。

を目印として移動し、タンパク源の1つとして利用しているものと考えられた。

摘 要

アカマダラケシキスイ *Phenolia (Lasiodites) picta* (MacLeay) の雌成虫及び幼虫それぞれについて、酵母および果実の香气成分に対する誘引率を放虫試験により比較した。その結果、雌成虫と幼虫は共にバナナ果実に対し高い誘引活性を示した。雌成虫はバナナカステラに対し誘引活性を示したが、他の誘引源に対する活性はほとんど見られなかった。一方、幼虫は全ての誘引源に活性を示したが、バナナカステラに対する活性はエタノールを含む他の誘引源に比べ最も低かった。雌成虫と幼虫に見られた誘引活性の差異は、本種の生育段階における食性の変化を示唆するものと考えられる。

引用文献

- Bartelt, R. J. and D. T. Wicklow (1999) J. Agr. Food Chem. 47: 2447–2454.
- 平嶋義宏・馬場金太郎・直海俊一郎・野村周平 (2000) バイトトラップ. 新版昆虫採集学 (馬場金太郎・平嶋義宏編). 九州大学出版会, 福岡市, pp. 400–411.
- 久松定成 (1973) インセクタリウム 10 : 196–199.
- 久松定成 (1985) ケシキスイ科. 原色日本甲虫図鑑 (Ⅲ) (黒澤良彦・久松定成・佐々治寛の編著). 保育社, 東大阪市, pp. 174–197 (pts. 28–31).
- 伊藤 汎・出来三男 (1978) 食品工業学会誌 25 : 549–555.
- Jantz, O. K., R. F. Gerts and M. T. Wells, Jr. (1967) Science 156: 946–947.
- Kanda, Y. (2013) Bone Marrow Transpl. 48: 452–458.
- Kirejtshuk, A. G. and T. Kvamme (2002) Mitt. Zool. Mus. Berl. 78: 3–70.
- 貴志 学・岸 茂樹 (2019) 応動昆 63 : 175–180.
- Lin, H. and P. L. Phelan (1991) J. Chem. Ecol. 17: 1273–1286.
- 貴志 学・高梨琢磨 (2019) 応動昆 63 : 150–154.
- 文部科学省 (2019) 食品成分データベース. URL : <https://fooddb.mext.go.jp/> (2019年11月アクセス)
- 森本 圭 (2007) ケシキスイ科. 新訂 原色昆虫大図鑑第Ⅱ巻 (甲虫編). 北隆館, 東京, pp. 223–231 (pts. 98–100).
- 中 一晃・間佐古将則 (2009) 農業および園芸 84 : 1106–1110.
- Phelan, P. L. and H. Lin (1991) J. Chem. Ecol. 17: 1253–1272.
- R Core Team (2017) URL: <http://www.R-project.org/> (2019年11月アクセス)
- 和田浩二・渡邊 守・仲宗根洋子 (1990) 琉球大学農学部学術報告 37 : 41–47.