

令和 5 年 6 月 11 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06070

研究課題名(和文) 必須脂肪酸類がガ類性フェロモンの産生量と比率に及ぼす影響の検証

研究課題名(英文) Verification of essential fatty acids effect on the sex pheromogenesis of moth

研究代表者

藤井 毅 (Fujii, Takeshi)

摂南大学・農学部・講師

研究者番号：30730626

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、クワと単位重量当たりに含まれる脂肪酸量がクワの約10倍多い人工飼料で飼育したカイコガとアメリカシロヒトリの性フェロモン生産量を食餌間で比較し、(1)両種とも性フェロモン生産量は人工飼料育が桑葉育と比べて2-3倍にとどまり上限があること、(2)カイコガのフェロモン腺中に見られる油滴がフェロモン原料となる脂肪酸量の調整に関与する可能性が高いこと、(3)アメリカシロヒトリのフェロモン成分の一つであるリノール酸由来のアルデヒド成分は、人工飼料を与えた個体と比較してクワを与えた個体ではほとんど生産されないこと、の3点を明らかとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、カイコガではフェロモン腺の油滴が性フェロモンの前駆体となる脂肪酸量を制御している可能性を見出した。また、顕微鏡観察の結果より、この油滴は小胞体から出芽していることが分かった。もしそうだとすると、フェロモン腺内の油滴の形成過程は菌類や植物類や哺乳類と共通性が高いこととなる。また、哺乳類と同様に、特定の必須脂肪酸のみを過剰に摂取した幼虫は致死となることが実験の過程で分かった。本成果より、ガの性フェロモン生合成系で得た油滴とその周辺の生化学的な知見は、生物分類群を超えて広く共有できることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：The following three points have been demonstrated by comparing sex pheromone amounts between moths fed on mulberry and artificial diet. The artificial diet contains ca.10-fold higher fatty acids level than mulberry. Silk moths and fall webworms were used in this study. (1)Nevertheless a difference in fatty acid between mulberry and artificial diet, increment of the sex pheromone fed on artificial diet confined to a couple of fold the amount as an upper limit in both species; (2)Lipid droplet in pheromone gland of silk moth can regulate the amount of long-chain fatty acid to the pheromogenesis; (3)Amount of sex pheromone component originated in linoleic acid of fall webworm fed on mulberry significantly decreased by compare fed on artificial diet.

研究分野：昆虫生理・生化学

キーワード：性フェロモン生合成 脂質代謝 ガ類性フェロモン交信系 油滴 フェロモン生産量 必須脂肪酸

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ガ類の性フェロモンは、後代を残すための重要な化学信号であり、その成分は脂肪族型と炭化水素型に大別できる。前者の型はアセチル CoA を、後者の型では幼虫時に摂食した必須脂肪酸を原料に性フェロモンが生産されるが、どちらの型のフェロモン生合成系も脂質代謝経路と深く関わり合いがある点が共通している。研究開始当初までは、性フェロモン生合成酵素によるフェロモン生産の分泌比制御に着目される研究が多かった。その一方で、ガの性フェロモン腺の分泌量は、種ごとに異なり、おおそ数 ng ~ 1 μ g までと幅があるが、分泌量を制御するメカニズムについては、これまでに着目され議論されることがなかった。

また、カイコガ(*Bombyx mori*)のフェロモン腺には油滴と呼ばれる長鎖脂肪酸を貯蔵する細胞小器官が存在している。この油滴に含まれる長鎖脂肪酸にはカイコガの性フェロモンの原料となる前駆体が含まれているから、フェロモン生産と重要な結び付きを持つ。このフェロモン腺内に含まれる油滴の存在は長らくカイコガからの報告にとどまっていたが、最近になってカイコガの最近縁野外種であるクワコ(*Bombyx mandarina*)のフェロモン腺からもカイコガの油滴と相同な細胞小器官が確認された。このため、フェロモン腺内の油滴の存在は家畜化とは無関係であることが示唆されていた。

2. 研究の目的

ガの性フェロモンは生物に普遍的な脂質代謝経路からメスフェロモン腺で発現する特異的な酵素の競争反応により生合成される、後代を残すための重要な化学信号であるため、その分泌量は種の適応度に関わる重要因子と考えられる。そこで、本研究課題では、ガの性フェロモン分泌量の制御に直接関わる「酵素」とフェロモンの原料となる「脂肪酸」のうち、後者に注目して幼虫期に摂食した脂肪酸量が成虫期のフェロモン分泌量に及ぼす影響を評価することを目的とした。また、フェロモン前駆体となる長鎖脂肪酸を貯蔵するフェロモン腺中の油滴の獲得について進化的考察を深めるため、カイコガやクワコと異なるフェロモンを生合成するイチジクカサン(*Trilocha varians*)や炭化水素型性フェロモンを生産するアメリカシロヒトリ(*Hyphantria cunea*)のフェロモン腺を調査した。

3. 研究の方法

研究開始当初、アセトンに溶かした必須脂肪酸を含む長鎖脂肪酸をクワの葉に塗布し、供試昆虫の幼虫期に食下させ成虫時の性フェロモンを測定することを計画した。しかし、任意の必須脂肪酸(リノール酸や リノレン酸)を単独摂取した幼虫は発育不良、ないしは致死となることが分かった。そこで単位重量当たりの脂肪酸類の含有量がクワの約 10 倍となる人工飼料インセクター-LFS を用いて飼育したカイコ(脂肪族型性フェロモン)とアメリカシロヒトリ(炭化水素型性フェロモン)に与え、成虫時の性フェロモン量を質量分析装置で測定し評価した。クワの飼育区は M 区、人工飼料の飼育区は AD 区と名付けた。

フェロモン腺の油滴の観察は、羽化 3 日以内のメス成虫から切除したフェロモン腺を LipiDye で染色後、蛍光顕微鏡で油滴を観察した。

4. 研究成果

カイコガとアメリカシロヒトリのいずれも蛹と成虫の個体重量及びフェロモン量は、AD 区が M 区の約 2~3 倍となった。このことから、性フェロモンの型は異なるが、両種どちらも正常な生育環境では、幼虫期に大量の脂質を摂食しても性フェロモン量は約 2-3 倍の範囲に留まることが分かった。またアメリカシロヒトリの性フェロモンにはリノール酸と リノレン酸由来のアルデヒド 2 成分が含まれるが、M 区で飼育した個体では、リノール酸由来のアルデヒド成分がほとんど検出されなかった。このことから、食餌中の脂肪酸量が性フェロモン成分の分泌量、ひいては比率まで影響を与える可能性は高い。

このリノール酸由来のアルデヒド成分はカキ葉など数種の生葉を与えた区では M 区同様ほぼ検出されないが、ブドウ葉を与えた区のみ一定量検出された。このリノール酸由来のアルデヒド成分量には生葉の種類によって浮動があることが示されたため、現在交尾に必須ではない成分であると考えている。

AD 区と M 区で摂取する食餌に含まれる脂肪酸量に約 10 倍の開きがあることを考えると、ガ類の性フェロモン分泌量には種ごとに上限値があると思われる。カイコガでは AD 区の油滴が M 区の油滴と比べて径が大きくなることを顕微鏡観察により確かめた。一般に高濃度の性フェロモンは、匂い源への定位を困難にすることが知られているため(交信攪乱)、油滴には、適切な量の性フェロモン原料(長鎖脂肪酸)を下流の酵素系へ送る「調節」の役割も考えられた。更に、本研究課題ではカイコガやクワコと異なる性フェロモンを分泌するイチジクカサンのフェロモン腺から油滴を発見した。また、蛍光顕微鏡下の観察からフェロモン腺の油滴が小胞体より出芽することが示唆された(図)。小胞体はユビキタスなオルガネラのため、油滴が予想より多くの種のフェロモン腺に存在する可能性が高まった。

但し、現在ではアメリカシロヒトリのように炭化水素型性フェロモンを分泌する種のフェロモン腺ではカイコガのような顕著な油滴は発見されていない。このような種のフェロモン分泌量の制御メカニズムを解明するためには、電子顕微鏡などで油滴の存在を追跡確認するべきである。

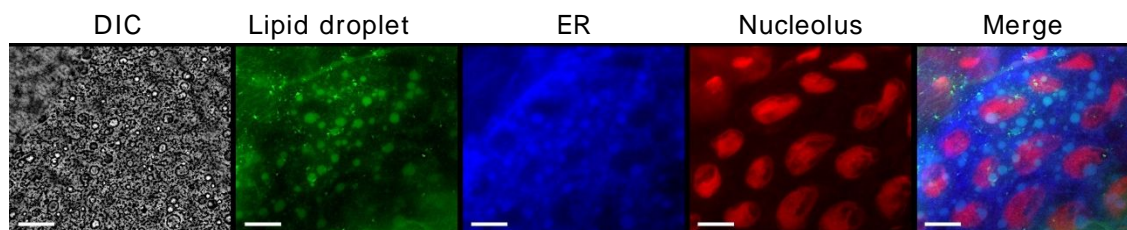


図:カイコガのフェロモン腺細胞の染色写真. 脂質、小胞体、核をLipiDye, ER-Tracker Blue-White DPX, DRAQ5で染色した.ER-Trackerで小胞体と油滴が同時に染まっているため、小胞体から油滴が出芽することが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 藤井 毅、 櫻井 健志	4. 巻 5
2. 論文標題 カイコガの性フェロモン腺における微量成分を考える	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 44-48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujii Takeshi, Kodama Sayo, Ishikawa Yukio, Yamamoto Masanobu, Sakurai Takeshi, F?nagy Adrien	4. 巻 142
2. 論文標題 Lipid droplets in the pheromone glands of bombycids: Effects of larval diet on their size and pheromone titer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Insect Physiology	6. 最初と最後の頁 104440 ~ 104440
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jinsphys.2022.104440	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤井 毅
2. 発表標題 カイコガ上科のフェロモン腺中にみられる油滴とフェロモン量の関係
3. 学会等名 日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------