

令和5年8月25日

文部科学記者会、科学記者会、
静岡県社会部記者室 御中

国立大学法人静岡大学

昆虫細胞内共生細菌を活用して害虫防除 — オス殺し細菌を制御する2種類の方法を開発 —

静岡大学大学院農学領域の田上陽介准教授の研究グループは、岐阜大学、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）との共同研究で昆虫の体内に生息する共生微生物の密度を人為的に制御する2つの新技術を開発しました。

【研究のポイント】

- ・地球上でもっとも繁栄している昆虫にはその約半数の種に細胞内共生細菌ボルバキア (*Wolbachia*) が感染すると見積もられています (図1)

- ・アズキノメイガ (*Ostrinia scapulalis*) という蛾は豆類などに被害を及ぼすヨーロッパからアジアに分布する大害虫です (図2)

- ・アズキノメイガはボルバキアに感染しており、宿主のオスを選択的に胚子発育から幼虫期に殺す、オス殺しという現象をひき起こします

- ・宿主側が持つ細胞内の異物や老廃物を除去する仕組みとしてオートファジー機構があります

- ・細菌側が持つ細菌同士のコミュニケーション手段としてクオラムセンシング機構があります

- ・オートファジーやクオラムセンシングを特定の化学物質投与を通じて攪乱することで、昆虫体内におけるボルバキア密度を制御する手法の開発に成功しました

- ・さらにボルバキアによる宿主のオスを殺す働きを弱くさせ、オスを産ませることに成功しました

- ・昆虫の餌にオートファジーやクオラムセンシングを攪乱する化学物質を混和して経口投与するという簡易的な操作により、自在に共生細菌の密度を上昇・減少させる技術は、新規害虫駆除技術や天敵などの益虫の効率的生産技術、さらには、昆虫間で細胞内共生細菌を移植し、定着させる技術の開発につながることが期待されます

なお、本研究成果は、2023年2月24日と4月15日に国際雑誌「Applied Entomology and Zoology」に2報掲載されました。

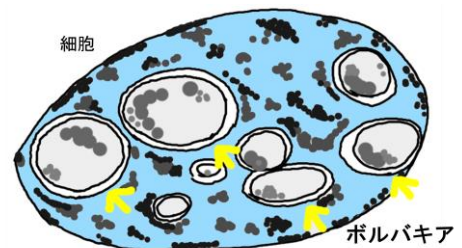


図1 細胞内のボルバキア



図2 アズキノメイガ

【研究概要】

静岡大学は、岐阜大学、農研機構と共同で、宿主昆虫にオス殺し現象を引き起こすボルバキアに、宿主のオートファジーを促進・抑制する物質、および細菌によるクオラムセンシングを促進・抑制する物質を投与することで、ボルバキア密度およびオス殺し活性にどのような影響が生じるかを、幼虫期および成虫期においてそれぞれ解析しました。その結果、オートファジーを促進するラパマイシン処理でボルバキアの密度が減少、抑制する 3-MA で処理すると増加させることに成功しました (図 3)。クオラムセンシング制御剤による処理では、促進剤の 3O-C12-HSL 処理で密度を増加、抑制剤の 4-phenyl butanol 処理で密度を減少させることに成功し、4-phenyl butanol 処理区でのみオス殺し効果の低下が検出されました。この結果は、オートファジーの操作は体細胞組織では共生細菌密度に負の影響を与える一方で、次世代への伝播に重要な働きを持つ生殖組織では正の影響を与えるという既報の結果を裏付ける重要なデータと位置付けられます。また、クオラムセンシングの操作はボルバキアの密度に影響を与えただけでなく、その抑制効果によってオス殺し強度に負の影響を与えることを明らかにしたこれまでにない研究成果となります。

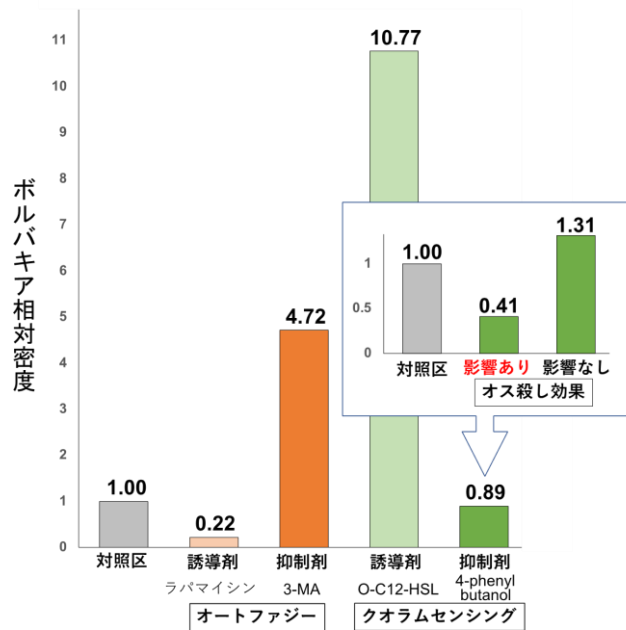


図3 オートファジー・クオラムセンシング制御剤の経口投与によるアズキノメイガ成虫におけるボルバキア密度変化

【研究背景】

昆虫の細胞内共生細菌ボルバキアは、宿主の生殖を様々な手法で操作しています。この生殖操作機構やボルバキア感染を利用した害虫防除技術は、標的となる害虫以外に影響を与えないことから、環境負荷が低い手法としてデング熱やジカ熱等を媒介する蚊の防除に利用される等、世界的に注目を集めています。また、オス殺しのように性比を極端にメスに偏らせる生殖操作は、天敵昆虫や受粉媒介昆虫の高効率化に資する技術として注目されています。一方で、これらの手法を利用するためには、多くの場合、防除・利用対象となる昆虫に人為的に共生細菌を移植・定着させる必要がありますが、共生細菌の移植・定着には多くのハードルがあり、ボルバキアの利活用に向けた研究は、一部のモデル昆虫や人に病気を媒介する衛生害虫に限られてきました。また、ボルバキアをはじめとする共生細菌は、宿主との相互作用により安定した密度を保つ傾向があるため、そのバランスを人為的に崩すことで、宿主昆虫の生育や寿命に影響を与えることがわかっており、新規害虫防除手法の重要な候補と位置付けられます。細胞内共生細菌の宿主体内における密度を人為的に自由自在に操る技術は、これらの課題のブレイクスルーとなりうる重要かつハイインパクトな挑戦課題と位置付けられます。

静岡大学大学院農学領域の田上陽介准教授らによる研究グループでは、アズキやインゲンマメ等、様々な作物を加害する害虫アズキノメイガに感染し、感染することでオスのみを選択的に殺す細胞内共生細菌ボルバキアを研究対象として、昆虫宿主と共生細菌の相互作用に関する研究を進めてきました。

また、本研究グループは昆虫—細胞内共生系のメカニズム、多様性、進化について害虫や天敵を用い研究に取り組んできました。オートファジーやクオラムセンシングにはすでに様々な促進・抑制物質が明らかとなっており、共生細菌を操作する物質として重要な候補と考えられますが、これまで、これらを制御する物質を用いた解析は非常に限定的で、特にボルバキアにおける制御剤の影響に関する報告は、本研究グループによる報告のみでした。

【研究の成果】

本研究ではボルバキア-アズキノメイガ系を材料に用い、オートファジーやクオラムセンシングの促進・抑制剤をエサに混ぜ与えました。その結果、オートファジー促進剤のラパマイシン処理によりボルバキア密度が減少、抑制剤の 3-MA 処理により増加することを明らかにしました (図 3)。また、クオラムセンシング促進剤の 3O-C12-HSL 処理により密度が増加し、抑制剤の 4-phenyl butanol 処理により減少することを明らかにしました。その中で、抑制剤処理区では、一部のオスが致死とならずに成虫まで発育しました。

ボルバキア密度やオス殺し強度を簡易に操作することができることを明らかにした本成果は、ボルバキアによるオス殺し誘導機構の理解に大きく貢献する発見と位置付けられます。また、ボルバキアの害虫防除への応用には、ボルバキア他種への移植技術が重要となりますが、本研究成果は移植したボルバキアの定着率向上に効果を発揮できると考えられる重要な発見となり、今後の展開が期待されます。

【今後の展望と波及効果】

本研究の成果は、昆虫の細胞内共生細菌の密度を自在に操る技術の基盤と位置付けられます。今後は、最適な処理方法を検討し、効率のよい共生細菌操作手法の構築を進めつつ、細胞内共生細菌の密度を人為的に任意に操作する技術を利用することで、①共生細菌が宿主の生存に必須となっている害虫を、共生細菌操作を通じて駆除する手法、②ボルバキアのように任意に感染する共生細菌の宿主体内における密度を急激に増加させ、致死させたり、寿命を短くさせる手法、③共生細菌密度の増加を促進させることで、昆虫種間での共生細菌移植の成功率を向上させる手法、等への応用を進めていきたいと考えています。

研究者コメント

静岡大学農学部 准教授・田上陽介 (たがみようすけ)

昆虫と共生細菌間の相互作用について研究を始めてから、オートファジーとクオラムセンシングについては非常に興味を持ち、まずは制御を試みる研究から始めました。今回基礎的な研究とはなりますが重要な発見が得られました。今後はオートファジーやクオラムセンシングに用いている分子の伝達経路や関わる遺伝子の解明に加え、より効率がよく安心・安全な害虫防除法を確立することを目標としています。また、内部共生によるまとまった生物機能の獲得や新規な遺伝因子の獲得は、その要因を探ることで生物に必要な機能をひとまとめに与えるための技術開発につながると考えています。

【論文情報】

掲載誌名: Applied Entomology and Zoology 58, 161-169 (2023)

論文タイトル: Autophagic chemicals effect for male-killing Wolbachia, Atg8 and TOR genes in *Ostrinia scapulalis* (Lepidoptera:Crambidae)

著者: Achmad Gazali, Takafumi N. Sugimoto, Ardhiani Kurnia Hidayanti, Yohsuke Tagami

<https://doi.org/10.1007/s13355-023-00818-9>

掲載誌名: Applied Entomology and Zoology, 58, 229-236 (2023)

論文タイトル: Effect of quorum sensing inducers and inhibitors on male-killing Wolbachia, the endosymbiont of the adzuki bean borer, *Ostrinia scapulalis* (Lepidoptera: Crambidae)

著者: Ardhiani Kurnia Hidayanti, Takafumi N. Sugimoto, Achmad Gazali, Yohsuke Tagami

<https://doi.org/10.1007/s13355-023-00825-w>

【研究助成】

科学研究費助成事業 19K06069

【用語説明】

アズキノメイガ: 野菜や花きの世界的重要害虫

ボルバキア: 昆虫を中心に様々な生物の細胞内に感染している細菌

オス殺し: 細菌などによって誘導されるオス致死現象

オートファジー: ここでは細胞内の異物除去を示す

クオラムセンシング: 微生物間の化学物質を介したやりとり

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

静岡大学農学部

准教授 田上陽介

TEL : 054-238-4825 E-mail : tagamiy@shizuoka.ac.jp

(報道に関すること)

静岡大学 広報・基金課

TEL : 054-238-5179 E-mail : koho_all@adb.shizuoka.ac.jp

国立大学法人 静岡大学 ウェブサイト <https://www.shizuoka.ac.jp/>

○広報・基金課 〒422-8529 静岡県静岡市駿河区大谷 8 3 6 TEL : 054-238-5179 FAX : 054-238-4450