

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02092

研究課題名（和文）微生物がつなく土壌と昆虫の関係性の解明とその制御技術基盤の開発

研究課題名（英文）Elucidation of the relationship between soil and insects linked by microorganisms and development of a technological basis for their control

研究代表者

伊藤 英臣（Itoh, Hideomi）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・主任研究員

研究者番号：70748425

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：農業害虫カメムシが土壌から特定の共生細菌を獲得して強靱化する現象に着目して、この共生系成立がどのような土壌環境要因で規定されるのか明らかにした。まず、カメムシが共生細菌を獲得できる土壌とできない土壌の理化学性と共生細菌の密度を比較解析して、共生細菌の密度に影響を与える土壌環境因子を明らかにした。さらに、その土壌環境因子を改変することにより、カメムシが土壌から共生細菌を獲得することを阻害できることを見出した。これらのことから、土壌が昆虫の分布を規定する直接的な要因になり得ることを示唆されたとともに、従来体系とは全く異なる新たな害虫防除技術の基盤情報が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動物の分布に及ぼす土壌の影響は主に植物が介在した間接的なものとして考えられてきたが、本研究から土壌が昆虫の分布を直接的に規定することが初めて明らかとなった。また、昆虫の分布は気候条件や餌や捕食者相で規定されると考えられてきたが、昆虫生態における土壌の重要性を発見した。これらのことは土壌学および昆虫学の盲点であり、どちらの学問においても新しい学術領域を切り拓く意義を有する。また、害虫自身ではなく、害虫の生存や繁殖に重要な土壌微生物を制御するという新たな害虫防除技術コンセプトが得られ、殺虫剤の使用量を削減して環境保全性と農作物の持続的安定生産の両立に貢献できる可能性が見出された。

研究成果の概要（英文）：Focusing on the phenomenon where agricultural pests acquire symbiotic bacteria from the soil and become more resilient, we have identified the soil environmental factor that determine the establishment of this symbiosis. First, we compared the physicochemical properties and density of symbiotic bacteria in soils where pest stinkbugs can or cannot acquire their symbionts, and clarified the soil environmental factors that affect the density of symbiotic bacteria. Furthermore, we discovered that modification of such soil factor can inhibit stinkbugs from acquiring symbiotic bacteria from the soil. These findings suggest that soil can directly influence the distribution of these insects and provide fundamental information for developing new pest control technique that differs from conventional methods.

研究分野：土壌微生物学

キーワード：土壌 微生物 農業害虫 害虫防除 共生

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

土壌が陸域環境の保全性や植物生態に及ぼす直接的な機能は古くから見出され、基礎から応用に至る様々なステージの研究が進められてきている。この一方で、陸域生態系で最大の種数を誇る昆虫に対する直接的な影響力はほとんど分かっていない。

これまでに、農業害虫カメムシにおいて、土壌から特定の腸内細菌バークホルデリア属細菌を獲得できないと生残率が低下し体サイズが矮小化するといった成長停滞が観察された。また、成虫になれたとしても交尾行動が減衰して産卵数が減少するといった繁殖力の著しい低下も確認された。さらに、カメムシがそうした成長や繁殖力を高めるバークホルデリア属細菌を獲得できる土壌とできない土壌があることを発見した。これらのことは、農業害虫カメムシの生存や分布を土壌微生物が規定することを示唆する。しかしながら、どういった土壌環境要因が農業害虫カメムシと土壌中のバークホルデリア属細菌の共生系成立の成否に影響を与えているのかわかっていない。

害虫防除には殺虫剤の使用は不可欠であるが、抵抗性害虫の発生やミツバチ等非防除対象の益虫への悪影響が深刻な問題となっている。さらに最近、陸域生態系のみならず水圏生態系における深刻な悪影響も指摘されており、水圏に流れ込んだ殺虫成分が甲殻類やプランクトン類の減少を招き、それらを餌とするウナギ等天然水産物の漁獲高が下落するといった、極めて甚大な生態的・産業的ダメージも報告されており、殺虫剤に対する規制強化が求められている。「持続可能な開発目標 (SDGs)」においても、殺虫剤の使用量削減による環境保全型農業の推進が設定されており、今まさに環境安全性とバイオマスの持続的安定生産を両立できるような害虫防除技術革新が渴望されている。農業害虫カメムシと、その成長や繁殖力を高める土壌微生物との共生系の制御に着目することで、従来技術とは異なる害虫防除技術コンセプトの創出につながる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、微生物が介在する土壌と農業害虫の関係性に着目し、獲得できる土壌とできない土壌のどういった性質の違いが農業害虫の有益な腸内細菌の獲得の成否に影響を与えているのか明らかにすることを試みた。また、関係性の制御にも取り組み、土壌環境の改変により土壌中のバークホルデリア属細菌を減らして、農業害虫カメムシと重要なパートナーであるバークホルデリア属細菌の共生系成立を阻害する技術の基盤情報を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 共生系成立に影響を与える土壌環境要因の特定

全国 50 ヶ所の様々な地域や土質 (黒ボク土、灰色低地土、グライ土、赤黄色土など) の土壌を用いて、農業害虫カメムシ類を飼育して各土壌からの腸内細菌の獲得率を調べた。また、感染実験に用いた複数項目の土壌の理化学性を測定した。また、土壌微生物叢の質的・量的解析によって、土壌中のバークホルデリア属細菌の密度を推定した。これらの相関性を解析することにより、どの土壌理化学性が土壌中のバークホルデリア属細菌の密度に影響を与えているのか調べた。

(2) 土壌理化学性の改変による共生系成立の制御

上記の解析結果から相関の見られた土壌理化学性について、カメムシがバークホルデリアを獲得しやすい土壌を、獲得しづらい土壌のレベルに改変した。定期的に土壌を採取して、土壌中のバークホルデリア属細菌を測定するとともに、採取した土壌を用いて害虫カメムシの感染実験を行ってバークホルデリア属細菌の獲得率を調べた。

4. 研究成果

全国 50 ヶ所の農耕地や雑草地から採取した様々な土壌サンプルについて、14 項目の土壌理化学性と土壌中のバークホルデリア属細菌の密度を測定するとともに、ホソハリカメムシ (ヘリカメムシ科)、ホソヘリカメムシ (ホソヘリカメムシ科)、オオモンクロナガカメムシ (ヒョウタンナガカメムシ科) を飼育してバークホルデリア属細菌の獲得率を調べた。

その結果、土壌中のバークホルデリア属細菌の密度に対して相関を示す土壌理化学性が明らかとなった。そこで、カメムシが腸内細菌を獲得しやすい土壌の理化学性を、獲得しづらい土壌のレベルに改変したところ、土壌中のバークホルデリア属細菌の密度が減少して、カメムシが土壌から腸内細菌を獲得する頻度が下がった。これらのことから、土壌環境が微生物との共生系を

介して害虫の成長や繁殖の制限要因になること、また土壌環境の改変が害虫の防除につながる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 伊藤 英臣	4. 巻 93
2. 論文標題 農耕地の窒素循環と農業害虫に関わる土壌微生物の研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 250 ~ 251
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20710/dojo.93.5_250	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Hideomi Itoh
2. 発表標題 Soil microbiota regulates pest prosperity
3. 学会等名 The 13th Asian Symposium for Microbial Ecology（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤英臣
2. 発表標題 農耕地の窒素循環と農業害虫に関わる土壌微生物の研究
3. 学会等名 日本土壌肥科学会2022年度大会（招待講演）
4. 発表年 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
---------	---------