

腸内細菌をねらった害虫防除技術の基盤創出

研究代表者

伊藤 英臣 産業技術総合研究所 主任研究員



1. 研究の背景と達成目標

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、作物や周辺環境の汚染、さらにはミツバチ等非防除対象生物への悪影響が深刻な問題となっている。特に、米の商品価値を著しく損なう斑点米カメムシ対策には大量の殺虫剤が使われており、殺虫剤から脱却した代替技術開発が喫緊の課題となっている。これまでに研究代表者は、斑点米カメムシ類の1種が生存や繁殖に必須な腸内細菌を土壌から獲得していること、そしてその重要な腸内細菌を獲得できる土壌とできない土壌があることを見出した。これは土壌が害虫の発生を左右する要因になることを示す。そこで本研究では、本現象の普遍性を調査するとともに、害虫の腸内細菌の獲得に影響を与える土壌理化学性を明らかにする。さらにその土壌理化学性を改変することにより、「土壌中の腸内細菌を減らすことで宿主害虫の発生を抑制する」という新規な害虫防除技術基盤を開発する。研究項目と目標は次の通りである。

- ① 農業害虫カメムシ類における土壌細菌との腸内共生系の多様性の解明：2科5種類のカメムシ類の腸内細菌の多様性や獲得経路、腸内細菌獲得による成長や繁殖力への影響を明らかにする。
- ② 土壌細菌-カメムシ腸内共生系成立に及ぼす土壌理化学性の解明：カメムシが腸内細菌を「獲得できる土壌」と「できない土壌」を特定し、それら土壌中の腸内細菌の密度と土壌理化学性を比較解析し、どのような土壌理化学性が土壌中の腸内細菌の密度に影響を与えるのかを明らかにする。
- ③ 土壌環境の改変による土壌細菌-カメムシ腸内共生系の阻害技術の開発：②で明らかにした土壌理化学性に着目し、ラボスケールで「土壌理化学性の改変によるカメムシの腸内細菌の獲得阻害」を実現する。

2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

- ・研究成果1：土壌が昆虫の生き死にを規定することを発見
 - ・研究成果2：土壌の理化学性の矯正が害虫防除につながることを発見
 - ・研究成果3：害虫そのものではなく、害虫の腸内細菌をねらった新機軸な害虫防除コンセプトを提唱
- 社会や学術へのインパクト

これまでの土壌学研究は環境や植物に対する影響にのみ、そして昆虫学研究は宿主昆虫と腸内細菌の個体レベルの相互作用にのみ焦点が当てられ、両研究が接点を持つことは全くなかった。本研究成果は土壌学と昆虫学の融合分野の開拓と同義であり、両学問をこれまでにない視点から基礎学術的かつ応用農学的に発展させる意義を有する。また、「持続可能な開発目標（SDGs）」に掲げられるように殺虫剤の使用量削減による環境保全型農業の推進が世界的に求められている。この点において、本研究で創出した殺虫剤フリーな害虫防除技術シーズは、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と考えられる。

3. 研究成果

飼育系が確立できた4科6種のカメムシ類について調べたところ、ほとんどの種のカメムシは土壌から特定の分類群の腸内細菌を獲得できないと生残率が有意に低下することが明らかとなった。生残率が低下しなかった種についても、腸内細菌を獲得できないと体サイズの矮小化、交尾行動の減衰、産卵数の減少が確認された。また、農耕地や雑草地で採取した複数の土壌を用いてカメムシを飼育したところ、カメムシの腸内細菌の獲得率および土壌中の腸内細菌の密度と極めて強い相関を示す土壌理化学性が明らかとなった。この土壌理化学性に着目して、カメムシが腸内細菌を獲得しやすい土壌の理化学性を改変したところ、カメムシが土壌から腸内細菌を獲得できなくなった。この獲得阻害の効果は土壌理化学性の改変直後から1年間持続した。

4. 今後の展開

土壌理化学性の改変により害虫が土壌から重要な腸内細菌を獲得できなくなる現象について、その短期的および長期的な阻害効果の詳細なメカニズムを解明する。また、試験規模をスケールアップして土壌理化学性の改変が最終的に害虫の発生量に与える効果を圃場レベルで検証するとともに、生態系全体への影響を評価する。土壌と害虫の関係性に着目した新機軸な手法の効果を実証的に裏付け、殺虫剤の使用量を減らしても安定した品質と生産量が得られる害虫防除技術を発信することにより、低環境負荷な農業技術体系の構築につながると期待できる。また、昆虫だけでなく多種多様な動物において腸内細菌の重要性が報告されているが、その腸内細菌の獲得源である生息環境との関係性はほとんど見過ごされてきた。本研究がもたらした知見がきっかけとなって、昆虫のみならず様々な動物の腸内細菌研究においても生息環境との関係性が注目され、腸内細菌研究が新たな広がりを見せるであろう。

5. 発表実績

【招待・依頼講演】

1. 伊藤英臣. 動物をタフにする土壌微生物：土と動物のあいだには？. 微生物ウィーク 2019, 東京大学, 2019/07/23
2. 伊藤英臣. 環境微生物と動物の関係を解く-現象の理解と産業への活用を目指して-, 第6回熱帯生物研究セミナー, 琉球大学, 2019/11/08
3. 伊藤英臣. 土と虫の関係性からみえた新たな害虫防除技術コンセプト：土壌微生物を制して害虫を制す, 第72回北陸病害虫研究会, アオーレ長岡, 2020/02/13
4. 伊藤英臣. 土壌微生物と農業害虫の関係を解く-現象の理解と産業への活用を目指して-, 第100回日本土壌肥料学会中部支部会, オンライン, 2020/11/16
5. 伊藤英臣. 微生物の生き様を理解して利用する, The 38th Scienc-ome, オンライン, 2021/01/27

【学会発表】

1. 伊藤英臣, 木原稔. 環境微生物と動物の関係を紐解く-現象の理解と産業への活用を目指して-, 東海大学マイクロ・ナノ啓発会第11回学術講演会, 東海大学, 2019/08/24
2. 伊藤英臣, 菊池義智. 土壌微生物が昆虫に及ぼす生態系サービスの解明, 日本土壌肥料学会 2019年度大会, 静岡大学, 2019/09/03
3. 伊藤英臣, 菊池義智. 土壌微生物が昆虫に及ぼす生態系サービスの解明, 日本土壌肥料学会北海道支部会 2019年度大会, 道民活動振興センター, 2019/12/03 〈優秀ポスター賞受賞〉