

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06063

研究課題名（和文）「あきらめが悪い」天敵の生物的防除における有効性の評価

研究課題名（英文）Effectiveness of a biocontrol agent which was improved by selective breeding for extended patch residence time

研究代表者

世古 智一（SEKO, Tomokazu）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・植物防疫研究部門・上級研究員

研究者番号：00360446

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：天敵の圃場での定着性を向上させるため、タイリクヒメハナカメムシを対象に餌場を去るまでの時間（Giving-up time: GUT）が長い系統（以下、選抜系統）を育成した。天敵のGUT延長による有効性を総合評価するため、選抜系統の各生態パラメータを調査し、非選抜系統と比較した。その結果、幼虫期の生存率、発育日数、体サイズ、産卵数は系統間で違いは検出されなかったが、害虫が低密度下での捕食効率および飢餓耐性については、選抜系統の方が高い傾向が見られた。本研究の結果は、本種において、育種によってGUTを延長することによる大きなデメリットは生じないことを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ABSによって国家間での遺伝資源の受け渡しが困難な昨今において、育種によって天敵の機能を強化することに注目が集まっている。しかし、どのような特性をターゲットにして改良すれば良いかが不明である事が多い。本研究では、放飼後の初期定着が不安定なタイリクヒメハナカメムシを対象に、餌場に長く滞在して害虫を探索する特性を付与することにより、定着性が向上するだけでなく、捕食効率や絶食耐性が高まることを解明した。一方で、本特性の改良に伴う生存、発育、繁殖にかかるデメリットは検出されなかった。本研究は、今後の天敵の育種戦略を定める上で重要な知見をもたらす。

研究成果の概要（英文）：Biocontrol agents often disperse rapidly from crop fields with very low densities of pest. In *Orius strigicollis*, which often establishes poorly after release during periods of low prey density, selected lines were established by artificial selection for a longer giving-up time (GUT) to improve the early establishment in crop fields. We compared life history and behavioral characteristics between the selected and the wild-type lines to evaluate the effectiveness as a biocontrol agent comprehensively. There were no differences in viability during immature stages, developmental period, body size and fecundity between the selected and wild-type lines. On the other hand, the predation efficiency in a low prey density and starvation resistance of a selected line tended to be higher than those of a wild-type line. Our study did not detect the demerit which was relevant to the biocontrol by extending the GUT of *O. strigicollis* by artificial selection.

研究分野：作物保護

キーワード：生物的防除 放飼増強法 育種 人為選抜 GUT タイリクヒメハナカメムシ 歩行活動パターン

1. 研究開始当初の背景

生物的防除において、天敵は害虫の発生初期に放飼されるが、餌が少ないため定着に失敗しやすい (Bielza et al. 2020; Yano 2021)。生産者にとって天敵を放すタイミングの判断は難しく、害虫密度が低い環境で天敵をいかに長期的に定着・維持させるのかが、放飼増強法における重要な課題となっている。近年、ABS によって国家間での遺伝資源の受け渡しが困難となっていることから、育種によって在来天敵の機能を強化することに注目が集まっているが、どのような特性をターゲットにして改良すれば良いかが不明である事が多い (Leung et al. 2020)。

害虫が少発生の状況、すなわち害虫が小規模に圃場内に点在する環境では、天敵はすぐに圃場 (パッチ) を去ってしまい、餌を発見できないまま死亡もしくはビニールハウスの開口部や防虫ネットの隙間などから逃亡していると予想される。もしパッチ内で餌密度が下がってもすぐに去らずに採餌行動を続ける性質を育種によって付与することができれば、天敵が圃場外に分散するタイミングは遅れ、初期定着を改善できると考えられる。

そこで害虫アザミウマの天敵で、放飼後の初期定着が不安定であるとの報告があるタイリクヒメハナカメムシを対象に、餌探索をあきらめてパッチを去るまでの時間 (giving-up time: GUT) が長い特性、すなわち「あきらめが悪い」特性を持つ系統を育成した。本系統は作物上での定着性が向上し、アザミウマに対し高い防除効果を示したが、人為選抜に伴う近親交配の影響や、高餌密度下での捕食効率の低下等、害虫防除において負の要因が生じている可能性がある。

2. 研究の目的

そこで本研究課題では、育種によって天敵の GUT を延長させることによる有効性を総合的に評価するため、人為選抜や餌密度が探索行動に関する特性に及ぼす影響を調査した。

3. 研究の方法

本研究課題では、主に以下の3項目について検証した。全ての実験は、日長および温度条件が LD16:8, 25 °C の下で行った。

1) 人為選抜が生存、発育、繁殖に及ぼす影響

人為選抜によって育成したタイリクヒメハナカメムシ系統 (以下、選抜系統) は、歩行活動量との負の遺伝相関を利用して、1時間あたり歩行活動量の低い個体を選抜することで GUT を延長させているが、近親交配の影響によって歩行活動量が低下している可能性もある。それを検証するため、選抜系統の幼虫期の生存率、発育日数、産卵数を測定し、選抜を行わずに維持している系統 (非選抜系統) と比較した。選抜系統は、選抜開始から 71~72 世代目、非選抜系統は系統を確立してから 74~75 世代目のものを使用した。

2) 人為選抜が採餌行動にかかる特性や飢餓耐性に及ぼす影響

1頭のタイリクヒメハナカメムシ成虫が1頭のアザミウマ成虫を捕食してからパッチを出るまでの歩行時間や歩行速度などの行動パラメータを動画解析ソフトで算出し、人為選抜が採餌行動にどのような変化をもたらしているのかを調査した。またコクヌストモドキでは、歩行活動量の異なる系統間では足のサイズが違っていることや飢餓耐性が異なることが報告されている (Matsumura and Miyatake, 2018)。本研究課題の選抜系統においても同様の事が生じている可能性があるため、体や足のサイズ、および飢餓耐性に及ぼす影響も調査した。

3) 餌密度が採餌行動に関する特性に及ぼす影響

選抜系統は非選抜系統よりもパッチ滞在時間が長く、捕食効率が良いなど、天敵として優れていると予想されるが、パッチの質 (餌密度の違い) によってパフォーマンスが異なる可能性がある。そこでナスのリーフディスク上にアザミウマ幼虫を異なる密度で寄生させ、各パッチに定着する割合 (放飼後すぐに去るか、留まるか)、パッチ滞在時間、パッチ滞在中における異なる餌密度に対する一定時間あたり捕食数を測定し、非選抜系統と比較した。

4. 研究成果

1) 人為選抜が生存、発育、繁殖に及ぼす影響

選抜系統および非選抜系統を個体飼育して生存、発育、繁殖に関連する特性を調査した。個体飼育を開始する前に、選抜系統の歩行活動量を測定したところ、非選抜系統よりも雄で4分の1、雌で5分の1ほど低い状態であった。タイリクを個体飼育し、羽化するまでの発育日数、生存率、産卵数 (10日分) および孵化率を計測した結果、調査した特性のいずれも系統間で明確な違いは見られなかった。本研究の結果は、人為選抜が近親交配を進行させ、生存、発育、繁殖に影響を及ぼしていないこと、また歩行活動量が低下したのは近親交配の影響によるものでは

ないことを示唆する。選抜系統において生存率や繁殖能力が低下している場合は、複数の選抜系統同士を交雑させて雑種強勢を引き起こし、交雑系統の歩行活動量や GUT を選抜系統および非選抜系統のものと比較する予定であったが、近親交配の影響が検出されなかったため実施しなかった。

2)人為選抜が採餌行動にかかる特性に及ぼす影響

選抜系統は GUT の延長が確認されているが、歩行活動量という間接的指標を使って選抜したため、実際に目的の特性(餌密度が低くてもパッチをすぐに去らず採餌行動を続ける)が付与されているかどうかを確認する必要がある。また GUT の内訳は不明で、どのように動き回っているのか、その実態を把握する必要がある。そこで、選抜系統のタイリク成虫にアザミウマ成虫1頭を捕食させた後、歩き出してエリア外に到達するまでの行動を解析した。その結果、選抜系統は非選抜系統に比べて歩行時間が長く、ゆっくり非直線的に歩行し、静止している時間が長いという特徴が確認された。静止時間が長いことが目的に合致するかは不明であるが、ゆっくり非直線的に動く採餌行動は地域集中探索にみられる特徴である。周辺をくまなく探索することで害虫が低密度条件でも発見しやすいと考えられ、歩行活動量を指標とする選抜でも目的とする特性は付与されていることが示唆された。また、人為選抜がタイリクの体や足のサイズに及ぼす影響を確認するため、全胸背板、全長、前脚、中脚、後脚の長さを測定したが、いずれも選抜系統と非選抜系統間で違いは見られなかった。これらの結果は、歩行活動量の低下は形態以外の要因によって引き起こされていることを示唆する。

また、選抜系統の成虫を餌であるスジコナダグラメイガ凍結卵を与えずに個体飼育し、死亡するまでの日数を非選抜系統と比較したところ、雌で2日、雄で1日ほど、選抜系統の方が非選抜系統よりも生存日数が有意に長かった。選抜系統は、非選抜系統よりも歩行活動量が低い分エネルギーの消耗が抑えられ、その分生存日数が長くなったと考えられる。本研究の結果は、歩行活動量の低い個体を選抜することによって、GUT を延長させるだけでなく飢餓耐性が高まることを示唆するものであり、選抜系統が害虫発生初期の環境においても高い定着性を示す要因の1つとして考えられる。

3)餌密度が採餌行動に関する特性に及ぼす影響

ナスのリーフディスクにミカンキロアザミウマ孵化幼虫を低密度区と高密度区で寄生させ(コントロールとして0頭区も設置)、タイリク雌成虫1頭を放飼した直後のパッチに定着する割合(リーフディスク上に放飼して30分以上リーフディスクの外に出なかった割合)、パッチ滞在時間(最大30分間測定)および捕食数を測定した。その結果、選抜系統は非選抜系統に比べて、0頭区および低密度区ではパッチに定着した割合が高く、パッチ滞在時間が長くなった。また低密度区では選抜系統の捕食数が多かったのに対し、高密度区では非選抜系統の方が多い傾向を示した。これらの結果はいずれも統計的な差は検出されていないが、サンプル数が少ないために有意な違いが検出されていない可能性が高く、今後も調査を継続する必要がある。

本研究課題において、育種によって天敵の GUT を延長することで、1)生存、発育、体サイズ、繁殖にかかる特性に及ぼす影響は低いこと、2)ゆっくり非直線的に寄主探索を行うよう行動が変化すること、3)飢餓耐性が向上すること、4)アザミウマ低密度条件ではパッチに定着する割合、パッチ滞在時間および捕食効率が向上することが明らかになった。これらの調査結果は、GUT を延長することで天敵の機能を向上させることができ、人為選抜に伴う大きなデメリットはないことを示唆する。

<引用文献>

Bielza P, Balanza V, Dina C et al. (2020) Challenges facing arthropod biological control: identifying traits for genetic improvement of predators in protected crops. *Pest Manag Sci* 76:3517-3526.

Leung K, Ras E, Ferguson KB et al. (2020) Next-generation biological control: the need for integrating genetics and genomics. *Biol Rev* 95: 1838-1854.

Matsumura K, Miyatake T (2018) Costs of walking: differences in egg size and starvation resistance of females between strains of the red flour beetle (*Tribolium castaneum*) artificially selected for walking ability. *J Evol Biol* 31: 1632-1637.

Yano E (2021) Augmentative biological control in greenhouses in Japan. CAB Reviews
16: 1-12.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 世古智一・村上理都子・勝野智也
2. 発表標題 タイリクヒメハナカメムシにおいて採餌行動に関連する遺伝子の探索
3. 学会等名 第67回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 世古智一
2. 発表標題 タイリクヒメハナカメムシにおいて、歩行活動量に対する人為選抜が生存や繁殖に及ぼす影響の評価
3. 学会等名 第65回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 世古智一
2. 発表標題 タイリクヒメハナカメムシにおいて、歩行活動量に対する人為選抜が生存、発育、繁殖に及ぼす影響の検証
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 世古智一・三浦一芸
2. 発表標題 「あきらめが悪い」タイリクヒメハナカメムシの生物防除における有効性の評価
3. 学会等名 第24回農林害虫防除研究会沖縄大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 世古智一・村上理都子・勝野智也
2. 発表標題 「あきらめが悪い」タイリクヒメハナカメムシ系統における有効性の評価とさらなる改良
3. 学会等名 関東東山病害虫研究会第69回研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 タイリクヒメハナカメムシにおいて、歩行活動量に対する人為選抜が採餌行動に及ぼす影響の解析
2. 発表標題 世古智一・三浦一芸
3. 学会等名 第66回日本応用動物昆虫学会大会
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
---------	---------