

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04463

研究課題名(和文) 導入種コレマンアブラバチにおいて夏季に世代継続を阻害する要因の解明

研究課題名(英文) Primary factor inducing the population crash of the introduced species *Aphidius colemani* in summer season

研究代表者

長坂 幸吉 (NAGASAKA, Kouichi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・グループ長

研究者番号：50355137

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,200,000円

研究成果の概要(和文)：要因解明の基盤的手段としてDNA解析による種識別法をアブラムシの一次寄生蜂11種と二次寄生蜂8種について確立した。二次寄生蜂相を土着種と比較したところ、回避できていたと考えられる二次寄生蜂種数はナケルクロアブラバチが3種、ダイコンアブラバチが2種だったのに対し、コレマンアブラバチは1種と少ないことがわかった。内的自然増加率はコレマンアブラバチが優位であるが、アブラバチ間での同一の寄主個体をめぐる競争では土着種に対して劣勢となる場合があり、ビニールハウス内ではコレマンアブラバチと土着種の共存が観察された。以上から、二次寄生蜂がコレマンアブラバチの個体群の崩壊を招いている可能性が高いと考えられた。

研究成果の概要(英文)：As a basic tool to analyze the primary factor inducing the population crash of *Aphidius colemani*, we developed the method of species identification using DNA sequences for 11 species of primary parasitoids and eight species of secondary parasitoids. Comparison of species composition of secondary parasitoids among *A. colemani* and domestic primary parasitoids revealed that *A. colemani* can escape from only one species of secondary parasitoids, while *Ephedrus nacheri* and *Diaeretiella rapae* can escape from three and two species, respectively. Intrinsic rate of population growth of *A. colemani* is higher than domestic species, but *A. colemani* is inferior to some of domestic species when they compete for identical host individuals. Actually, *A. colemani* and domestic species coexisted in greenhouses for several months. Therefore, secondary parasitoids can be the primary factor inducing the population crash of *A. colemani*.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：天敵 コレマンアブラバチ アブラバチ類 アブラムシ 二次寄生蜂 競争

1. 研究開始当初の背景

コレマンアブラバチは、重要農業害虫アブラムシ類の寄生性天敵であり、1998年に我が国に初めて導入された。本種は現在、年間で推計274万頭(平成22年度農薬出荷量680Lより)市販されており、減農薬栽培におけるアブラムシ防除に重要な位置を占めている。本種は、54種のアブラムシに寄生可能である上(Takada, 1998)に、増殖率も高いことから、導入当初は、日本への定着や生態系の攪乱を懸念する意見もあった。しかし、この天敵の利用開始から10年以上経過した現在まで、こうした問題は持ち上がっていない。それは、夏季において本種の定着が見られないためである。本種は我が国の夏季の環境に適応できていない可能性が高いが、その主要因は明らかになっていない。

海外からの導入種あるいは侵入種には比較的短時間で分布を広げる例が知られている。セイタカアワダチソウなどが有名な例である。農業害虫でもこうした侵入種はタバココナジラミやミナミキイロアザミウマなど、近年でも続々と問題となっている。天敵昆虫類でも、ヨーロッパではナミテントウが分布拡大し深刻な生態的影響を与えていることは有名である。侵入種は土着種より繁殖力が強く、日本の生態系に大きな影響を与えるのではないかと懸念されているが、コレマンアブラバチは、これには該当しないようである。

研究代表者は、代替餌を用いて圃場内で天敵コレマンアブラバチを涵養することにより、長期継続的に放飼するシステム(以下、バンカー法と呼ぶ)の普及を図ってきた(長坂ら, 2010)。この防除法は、冬季には有効に働くものの、夏季には十分な効果が得られないことが分かってきた。実際に、年間を通してバンカー法を実施している有機栽培農場でのアブラムシの寄生蜂を調査したところ、バンカー上で冬季に増加したコレマンアブラバチが、夏になると消滅してしまうことが確認された。つまり、導入種コレマンアブラバチは日本の夏を越すことができず、日本の生態系に定着できないと考えられる。

このことは、施設野菜でのアブラムシ防除に対しては致命的な欠陥である。この要因を探ることは、外来生物の拡散定着リスクの評価と、今後の天敵の有効活用への技術につながる。

2. 研究の目的

日本の農業環境において導入種コレマンアブラバチの世代継続を阻害する要因を解明する。この要因について、二次寄生蜂による寄生圧、同じ栄養段階の土着一次寄生蜂との競争に着目し、この導入種が日本の生態系に定着できない要因を、野外データ、実験室内における操作実験から、形態学的・生態学的・分子生物学的手法を用いて解明する。

アブラムシの寄生蜂群集については、アブラムシに寄生する複数の寄生蜂(一次寄生

蜂)に加えて、その一次寄生蜂に寄生する二次寄生蜂も複数種存在する。一次寄生蜂はアブラムシへの寄生に成功した後は、今度は二次寄生蜂の攻撃を受ける側となるのである。

導入種コレマンアブラバチが日本の生態系に定着できない要因として、この二次寄生蜂による寄生圧をあげることができる。実際、日本においてコレマンアブラバチが本格的に利用され始めた時期においても、二次寄生蜂が多い圃場では防除効果が低下した(Nagasaka et al., 2010)。一方、日本の畑地にはアブラムシに寄生する一次寄生蜂が19種存在しており(Takada, 2002)、こうした一次寄生蜂相の多様性も、コレマンアブラバチの定着を妨げている可能性がある。

3. 研究の方法

(1) 一次寄生蜂と二次寄生蜂のDNAマーカーによる種識別技術

一次寄生蜂と二次寄生蜂の調査と実験を迅速に進めるために、DNAマーカーによる種識別技術を開発した。サンプルは関東地域および九州地域から採集し、形態から同定を確定させたサンプルについて代表的なもの計179個体について非破壊でDNAの抽出を行い、mtCOI領域の塩基配列を解析した。

(2) 野外における二次寄生蜂群集の把握
ビニールハウスでの野菜栽培において、アブラムシ類の防除のためにバンカー法を実施する圃場において、寄生蜂相を調査した。バンカー法ではムギ類やソルゴーなどで、害虫とはならないアブラムシを維持し、それを寄主として天敵アブラバチを維持する。ここに導入種コレマンアブラバチあるいは土着種ナケルクロアブラバチ、その両方を放飼した。定期的にマミーをサンプルし、羽化してきた寄生蜂種を同定した。

(3) 一次寄生蜂種間での二次寄生蜂種構成の比較

土着3種のアブラバチ類(ギフアブラバチ、ダイコンアブラバチ、ナケルクロアブラバチ)に寄生させたアブラムシを野外で1週間暴露した後、羽化した寄生蜂を調査した。また、同様に、コレマンアブラバチと土着2種(ナケルクロアブラバチ、フツウアブラバチ)で比較した。

(4) 一次寄生蜂の生活史パラメータ

コレマンアブラバチの生涯産卵数、寿命、世代間増殖率といった生態学的パラメータは幾つかの知見が存在する(例えば、van Steenis, 1995)が、土着アブラバチ類のパラメータはほとんど知られていない。そこで、土着アブラバチ類の生涯産卵数、寿命、増殖率を測定し、コレマンアブラバチのそれと比較することにより、生態学的置換が起こる可能性について検討を加えた。アブラバチ類の増殖率はアブラバチ自身の性質だけではなく、寄主となるアブラムシの種類や寄生時の年齢期によっても大きく影響される。そこで、

野外圃場などでよく観察される6種類のアブラムシについて測定した。

(5) 一次寄生蜂間の直接的種間競争

アブラバチ類は単寄生性の寄生蜂であるため、同一寄主個体に複数回産卵した場合には、寄主体内で同種・異種を問わず幼虫間で勝ち残り型競争が生じ、結果として1個体しか成長できない。したがって、種間競争の勝敗がアブラバチ種間の組み合わせによって決まっている場合には、コレマンアブラバチが定着を阻害される要因になりうると思われる。

勝ち残り型競争を行う昆虫では、競争に負けた個体による資源の浪費を防ぐために、幼虫初期に戦闘専用の形態を持つものが多く見られる。単寄生性の内部寄生蜂の場合、1齢幼虫は摂食をすることなく、寄主体内を索敵して競争候補者を発見すると殺し合いをすることに特化した形態になることが知られている。したがって勝ち残り型競争では、卵期が短く、早く1齢幼虫になった個体が競争者を殺して資源を独占すると考えられる。

そこでコレマンアブラバチ及び土着寄生蜂類について寄主アブラムシに産卵された卵が、寄主体内でどのくらいの速度で成長するかについて調査した。調査は寄生蜂の産卵後、一定時間ごとに寄主を解剖し、寄主内部で寄生蜂がどのくらい成長しているのかを直接観察した。

次にコレマンアブラバチ及び土着アブラバチ類を用いて、①すでに同種、あるいは異種に寄生されたアブラムシ幼虫を寄主として受け入れるのか、②受け入れた場合、コレマンアブラバチは土着寄生蜂との競争に勝利しやすいのか、について実験室内で観察・検討した。

4. 研究成果

(1) 一次寄生蜂と二次寄生蜂のDNAマーカーによる種識別技術

日本の農業環境でよく見られる一次寄生蜂種11種と二次寄生蜂種8種のmtCOI遺伝子の塩基配列を解析したところ、一次寄生蜂については、*Aphidius absinthii*, *A. colemani*, *A. gifuensis*, *A. transcaspicus*, *Ephedrus nacheri*, *Diaeretiella rapae*, *Lipolexis gracilis*, *Lysiphlebia japonica*, *Aphelinus asychis*, *A. gossypii*, *A. varipes* を識別し、二次寄生蜂については、*Dendrocerus laticeps*, *Asaphes suspensus*, *Pachyneuron aphidis*, *Alloxysta* sp. nr *brevis*, *Alloxysta* sp. nr *victrix*, *Phaenoglyphis villosa*, *Syrphophagus tachikawai*, *Syrphophagus* sp. を識別した。これらについてDNAデータベース(INDS)への登録を行った。

(2) 野外における二次寄生蜂群集の把握

夏季から秋期にかけての野菜栽培ハウスのバンカー上の寄生蜂相の例(図1)では、初期から二次寄生蜂 *Syrphophagus tachikawai*

が侵入する状況だった。このため、コレマンアブラバチは急速に減少した。一方、土着種のナケルクロアブラバチは細々と存在し続けた。

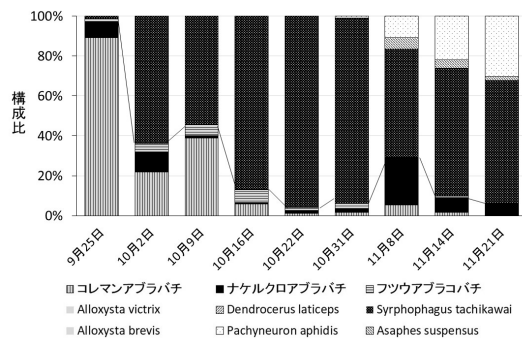


図1 ビニールハウス内に設置したバンカー上での寄生蜂種構成推移の例(夏季)

秋期から冬季の野菜栽培ハウスのバンカー上の寄生蜂相の例(図2)では、比較的二次寄生蜂が少ない状況であった。この事例では、コレマンアブラバチとナケルクロアブラバチは6カ月にわたり共存した。

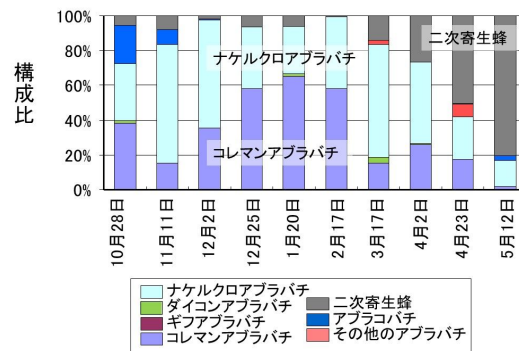


図2 ビニールハウス内に設置したバンカー上での寄生蜂種構成推移の例(冬季)

(3) 一次寄生蜂種間での二次寄生蜂種構成の比較

日本でよく見られる二次寄生蜂のうち、コレマンアブラバチおよび代表的な一次寄生蜂4種を比較して、回避できていたと考えられる二次寄生蜂種を判定したところ(表1)、その種数は、ナケルクロアブラバチが3種、ダイコンアブラバチが2種だったのに対し、コレマンアブラバチは1種と少なかった。

表1 コレマンアブラバチおよび代表的な土着寄生蜂種による二次寄生蜂の回避

	アブラバチが二次寄生蜂の寄生を回避できる(○)かどうか					
	種①	種②	種③	種④	種⑤	種⑥
コレマンアブラバチ	×	○	×	×	×	×
ギファブラバチ	×	○	×	×	×	×
ダイコンアブラバチ	○	○	×	×	×	×
ナケルクロアブラバチ	○	○	○	×	×	×
フツアブラバチ	○	×	×	×	×	×

(4) 一次寄生蜂の生活史パラメータ

例として、主要な土着アブラバチ類であるナケルクロアブラバチの場合をみると、その生涯産卵数(図3)、寿命、増殖率(表2)は寄主となるアブラムシによって大きく異なった。

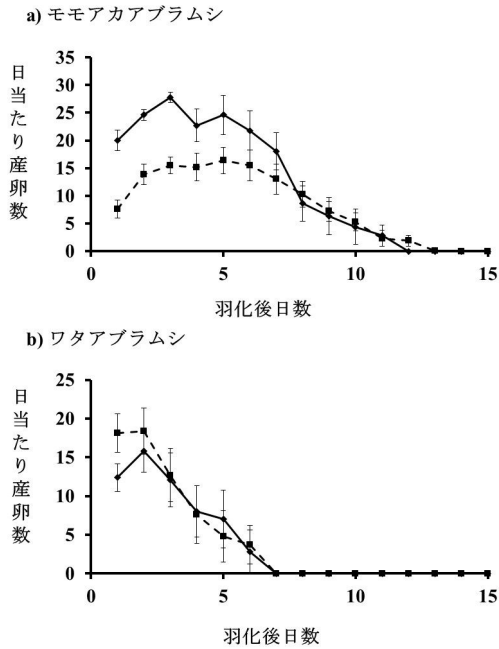


図3 ナケルクロアブラバチ雌成虫の寄主アブラムシの種類及び齢期による生涯産卵数及び寿命の違い。実線は寄主が1齢、破線は寄主が4齢幼虫の場合を示す。

表2 ナケルクロアブラバチの寄主アブラムシに応じた内的自然増加率(寄主齢期は1齢)

寄主となったアブラムシ種	寄生蜂増殖率
モモアカアブラムシ	0.254
ワタアブラムシ	0.164
チューリップヒゲナガアブラムシ	0.131
ジャガイモヒゲナガアブラムシ	0.251
マメアブラムシ	0.272
トウモロコシアブラムシ	0.251

しかし、コレマンアブラバチの推定増殖率($r=0.438$, van Steenis, 1995)よりはどの寄主アブラムシ類でも小さかった。この結果は、ギフアブラバチ、ダイコンアブラバチなど他の土着アブラバチ類でも同様であった。したがって、種間の増殖率の違いがコレマンアブラバチの定着を阻害しているとは考え難いことがわかった。

(5) 一次寄生蜂間の直接的種間競争

コレマンアブラバチ及び土着アブラバチ類について寄主に産卵された後、寄主内部での成長速度を調べた結果(図4)、ナケル>コレマン>ダイコン>ギフアブラバチの順で卵

期が短いことが確認された。したがって、異種間の競争ではこの順番で勝ちやすさが決まることが予想された。

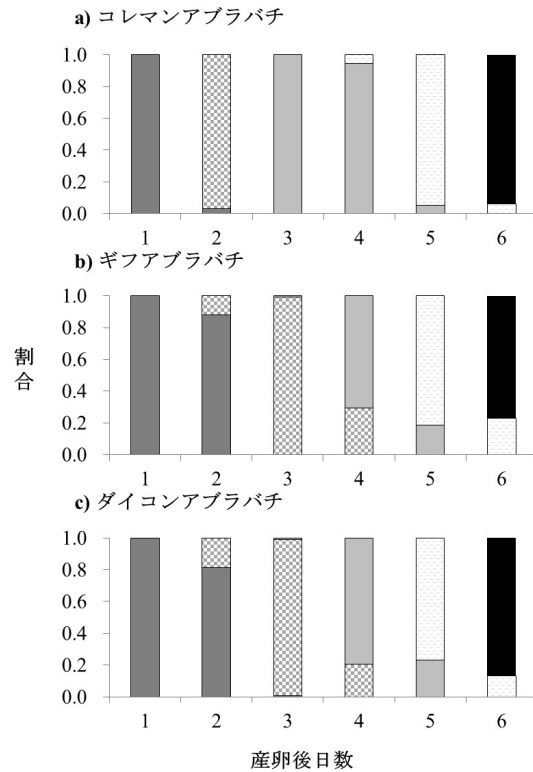


図4 コレマンアブラバチ及び土着アブラバチ類(ナケルを除く)の寄主体内での成長速度の比較。棒グラフの色は■卵, □1齢, □2齢, □3齢, ■4齢幼虫を示す。

次に実験室内での観察の結果、アブラバチ類は同種・他種を問わず、他メスがすでに寄生したアブラムシを全く避ける事なく産卵する事がわかった、つまり、同種・他種を問わず幼虫間競争は起こり得る事がわかった。

さらに、2種のアブラバチ種が実際に同一寄主アブラムシに寄生した場合、その勝敗はどちらの産んだ卵が先に孵化するかで決まる事がわかった。つまり仮説同様に、卵期が短い種ほど有利になると考えられた。コレマンアブラバチは土着アブラバチ類のうち、ギフアブラバチやダイコンアブラバチよりは卵期間が短いので競争に有利だが、ナケルクロアブラバチよりは卵期間が長い為、この種との競争は不利になることが予想された。

結論

以上の結果より、内的自然増加率(コレマンアブラバチ優位)、アブラバチ間での同一の寄主個体をめぐる競争(同時産卵だとナケルクロアブラバチに負ける)、二次寄生蜂との関係を考慮したとき、二次寄生蜂がコレマンアブラバチの個体群の崩壊を招いている可能性が高いと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

Uesugi R. and K. Nagasaka (2017) Mitochondrial COI sequences to identify species of primary and secondary parasitoid wasps of aphids in the agricultural environment in Japan. 関東東山病害虫研究会報 64:143-145. (査読有)

Mitsuaga T., K. Nagasaka and S. Moriya (2016) Differences in the reproductive durations of *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae) parasitized by three Aphidiid parasitoids. Applied Entomology and Zoology 51:297-304. (査読有)

〔学会発表〕(計 2件)

Mitsunaga T., K. Nagasaka and I. Ohta. Simultaneous Release Programs for Two Aphid Parasitoids using a Banker-Plant System in Japan. The fifth International Entomophagous Insects Conference. 2017年.

長坂幸吉, 光永貴之, 勾坂晶 コレマン アブラバチと土着3種アブラバチの寄主範囲の比較. 関東東山病害虫研究会第64回大会 2017年.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長坂 幸吉 (NAGASAKA, Koukichi)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・グループ長
研究者番号：50355137

(2) 研究分担者

上杉 龍士 (UESUGI, Ryuji)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・研究員
研究者番号：10423005
(平成29年度より、所属変更：東北農業研究センター)

光永 貴之 (MITSUNAGA, Takayuki)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・研究員
研究者番号：50569506

後藤 千枝 (GOTO, Chie)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター・領域長
研究者番号：60355550
(平成27年度まで)

日本 典秀 (HINOMOTO, Norihide)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合

研究機構・中央農業研究センター・上級研究員

研究者番号：80370675