



生物的防除部会ニュース No.37

平成21年3月10日発行

目 次

- 1. ポリジニアアブラムシ-アブラバチの3者関係とオルファクトメーター 頁1~2
 (平成20年度第2回講演会、平成20年10月9日講演)
 筑波大学生命環境科学研究所 戒能洋一・藤沼正博
- 2. 天敵昆虫チャバラアブラコバチの生態と防除への利用可能性 頁3~7
 (平成20年度第2回講演会、平成20年10月9日講演)
 住化テクノサービス株式会社 巽 えり子
- 3. 平成20年度第3回講演会のお知らせ 頁8



ポリジニアブラムシ-アブラバチの3者関係とオルファクトメーター

戒能洋一・藤沼正博
筑波大学生命環境科学研究所

1. コンパニオンプランツとしてのポリジ

Borago officinalis L.は、地中海沿岸・北アフリカが原産のムラサキ科植物である。ヨーロッパでは古くから葉や花を食用とするハーブとして使われてきた。

現在、イチゴと共に植えることでイチゴの生育を良くしたり、花にミツバチやマルハナバチなどの花粉媒介昆虫が集まり受粉を補助することから、イチゴのコンパニオンプランツとして利用されている。

埼玉県農林総合研究センター園芸研究所では、「天敵誘引植物を用いたイチゴのアブラムシ生物的防除体系の確立」(代表：根本久氏)というタイトルのプロジェクトを開始し、平成18年~20年の3年間研究を行ってきた。その研究分担者である著者のグループでは、「天敵誘引植物の誘引因子の解析」という課題の下に天敵アブラバチの誘引行動についての研究を行ってきた。

2. コレマンアブラバチ

今回、天敵アブラバチのモデルとして、コレマンアブラバチ(*Aphidius colemani*)を使用した(図1)。コレマンアブラバチはユーラシアやアフリカなどに広く生息しており(Takada, 1998)、すでに天敵製剤として製品化され、日本でもイチゴでのアブラムシ防除に利用されている(福岡農総研,2002)。



図1. ムギクビレアブラムシに産卵しようとするコレマンアブラバチ

ミツバチなどと同様、花に誘引されている可能性も考えられるが、このハチは植物がアブラムシに食害されたときに放出する植食者誘導性揮発物質(HIPV)を寄主探索に利用している点に着目し、今回はポリジのHIPVによる誘引性について調査した。

コレマンアブラバチは、マミーから羽化する際にマミー表面の植物成分を学習し、学習した成分に対して誘引性を示すという特徴がある(Douloupaka *et al.*,2003; Helmut *et al.*, 2008; Storeck *et al.*, 2000)。この現象に着目して、コレマンアブラバチは学習条件に関係なくポリジのHIPVに誘引されると仮定し、ポリジ以外の植物で飼育したアブラムシのマミーから羽化したアブラバチでポリジのHIPVに対する反応を観察した。

3. 4方向オルファクトメーターによる試験

今回、コレマンアブラバチの嗅覚応答を調査する実験器具として4方向オルファクトメーター(図2)を使用した。これはオランダのルイーズ・ヴェット博士が1983年に考案したもので、微小な昆虫の嗅覚反応を調べる際によく用いられている。

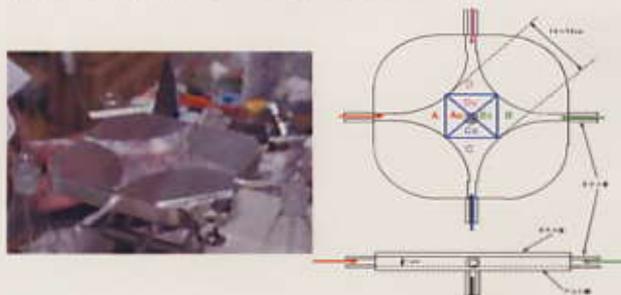


図2. 4方向オルファクトメーター

4本のアームのうち、2本を植物の揮発成分を流す区画とし、残り2本は空気のみを流すコントロール区画とした。それぞれの区画でのコレマンアブラバチの滞在時間を計測することで、誘引性を検証した。滞在時間の計

測は、ノルダス社の' The Observer' を用いて、歩行、静止の2種類の行動を記録した。

アブラバチはダイコン-モモアカアブラムシ、コムギ-ムギクビレアブラムシ、ポリジ-モモアカアブラムシの3系統を用いた。植物成分としては、アブラムシに加害させたダイコン、コムギ、ポリジ、未加害のポリジ、機械傷をつけたポリジの5種類を使用した。その結果、一部のものは誘引成分を放出することが示された。

ただし、4方向オルファクトメーターではごく狭い空間内での歩行行動しか確認することができない。温室での天敵誘引植物としての使用に当たっては、長距離からの飛翔行動の確認が不可欠である。そのため、風洞装置による誘引性の検証が必要であると考えられた。

4. 風洞装置

いわゆる風洞と呼ばれる装置はただの箱の左右に網を付けた物である。空気を押しこむか空気を引くかで風流を作り、匂いの流れに対する昆虫の飛翔行動を観察する装置である。性フェロモンの研究では従来からよく利用されているが、植物揮発性物質にも用いられている。我々は、ポリジに対するアブラバチの行動を観察する目的で新たな風洞を製作した(図3)。



図3. 空調室に設置した風洞装置

右側からシロッコファンの圧力で活性炭フィルターを通した空気を流し、左は空調施設の排気ダクトにつないだものである。シロッコファンの風量と排気ダクトの排気量を調節することで適度な風速(20~30cm/秒)を作り出すことが出来た。上部は、40W 蛍光灯を6本装備して、さらにその上のフードは

熱せられた空気の排気ファンを2カ所に備えている。昆虫の飛翔スペースは高さ50cm、間口150cm、奥行き50cmである。

白色系の背景の絵はロールスクリーンの模様で、黒色がかった虫用のものである。ロールスクリーンをあげればブラインドがあり、白と黒の背景に切り替えることができる。黒い背景は、線香の煙で整流が得られていることを確認するためのものである。風洞内部の温湿度、風速は自動的にモニターし、データロガーを介してノートパソコンに記録できるようになっている。

著者らは、この風洞を用いてコレマンアブラバチが、加害コムギや加害ダイコンの匂いに対して定位飛翔を行うことを確認しており、今後4方向オルファクトメーターの結果と風洞装置の結果を比較し、アブラバチの飛翔行動を解析しようとしている。

- Douloumpaka, S. et al. (2003) A maternal on the conditioning to plant cues of *Aphidius colemani* Viereck, parasitizing the aphid *Myzus persicae* Sulzer. *Physiological Entomology* 28:108-113
- Du, Y. et al. (1998) Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology* 24:1355-1368
- Helmut, F. et al. (2008) Plant chemistry and aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae): Imprinting and memory. *European Journal of Entomology* 105:477-483
- Storeck, A. et al. (2000) The role of plant chemical cues in determining host preference in the generalist aphid parasitoid *Aphidius colemani*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 97:41-46
- Takada, H. (1998) A review of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) and closely related species indigenous to Japan. *Applied Entomology and Zoology* 33:59-66
- 福岡県農業総合試験場 (2002) 促成栽培イチゴでの寄生性天敵コレマンアブラバチによるワタアブラムシの防除

天敵昆虫チャバラアブラコバチの生態と防除への利用可能性

巽 えり子

住化テクノサービス(株)

施設栽培野菜では、従来、ワタアブラムシ(以下、ワタ)とモモアカアブラムシ(以下、モモアカ)が主要害虫アブラムシでしたが、害虫防除に天敵農薬を使用するようになった圃場では、チューリップヒゲナガアブラムシ(以下、チューリップヒゲ)やジャガイモヒゲナガアブラムシ(以下、ジャガヒゲ)の被害が問題になることがあります。現在、アブラムシの天敵農薬として最も広く使われているコレマンアブラバチは、ワタとモモアカには有効性が高いのですが、チューリップヒゲやジャガヒゲには寄生できません。このような背景から、ワタ、モモアカだけではなく、チューリップヒゲやジャガヒゲの防除素材としても利用できる在来の捕食寄生バチを探索しました。

アブラムシの捕食寄生バチには、コマユバチ科のアブラバチと、ツヤコバチ科のアブラコバチがいます。ともに、内部単寄生性です。アブラムシ体内で孵化した幼虫は、まず、寄主の生存に影響のない脂肪体や生殖器官を食べて発育し、続いて消化管や背脈管、気管などを食べ、寄主を死亡させます(図1)。寄主体内を食べ尽くした幼虫は、アブラムシの外皮を口器からの分泌液によって硬化させ、その中で蛹化します(図1)。この、硬くなったアブラムシ死骸を「マミー」といいます。羽化成虫はアブラムシに孔を開け、脱出します(図1)。また、アブラコバチの雌成虫には、産卵管を挿入した部位からアブラムシの体液を吸い取って栄養源とする習性があります。

圃場調査の結果、チューリップヒゲからチャバラアブラコバチ *Aphelinus asychis*(以下、チャバラ)とキアシアブラコバチ *A. albipodus*(以下、キアシ)が採集されました。そこで、この2種アブラコバチの生態的特性(害虫アブラムシに対する適性、発育お

よび増殖能力、休眠性)を調査し、生物的防除素材としての利用可能性を検討しました。結果、チャバラに生物的防除素材としての利用可能性があると考え、施設栽培における放飼試験を、徳島県立農林水産総合技術支援センター農業研究所および高知県農業技術センターにおいて実施していただきました。ここでは、これらの結果について紹介させていただきます。

本文に入るに先立ち、放飼試験を実施して下さった徳島県立農林水産総合技術支援センターの中野昭雄氏、高知県農業技術センターの下八川裕司氏に厚く御礼申し上げます。

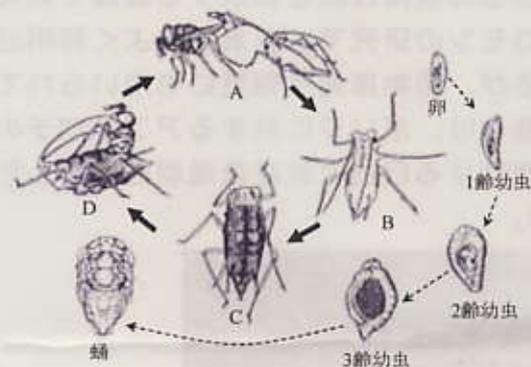


図1. アブラコバチの生活史。A: 雌成虫がアブラムシに産卵。B: 孵化幼虫がアブラムシ体内の組織・器官を食べて成長。C: 終齢(3齢)幼虫がマミーを形成し、その中で蛹化。D: 羽化成虫がマミーに丸い孔を開け、脱出。雌成虫は、寄主体液摂取の習性もある。

1. 3種害虫アブラムシに対する適性

チャバラとキアシが、害虫アブラムシの生物的防除素材として利用できるのかどうかを検討する第一段階として、3種害虫アブラムシ(ワタ、モモアカ、チューリップヒゲ)に対する適性を15L-9D、20°C条件下で調査しました。一般に、捕食寄生者の寄主に対す

る適性（適応度）は、対象寄主で飼育したときの捕食寄生者の生活史形質を指標にして測定されることから、本研究では、6形質（寄生率、寄主体液摂取数、次世代虫の雌比率、発育期間中の生存率、産卵から羽化までの発育所要日数、体サイズとして前翅幅）を指標として適性を調査しました。しかし、これらの形質が適性にどのように関わっているのかを判断することは難しく、多くの生物学的、生態学的知見が必要であるため、本研究では、調査した6形質の適性に対する寄与率は等しいと仮定し、適性を評価しました。また、海外においてチャバラがモモアカの捕食寄生者として一般的であることを根拠に、「チャバラのモモアカに対する適性は高い」ことを前提として、チャバラーモモアカの実験値を基準値としたときの、ハチーアブラムシの各組み合わせにおける6形質の相対値を求めて適性を評価しました（図2）。その結果、チャバラーワタ、キアシーモモアカ、キアシーチューリップヒゲの実験値は、すべての形質において基準値と大差なく、チャバラーチューリップヒゲでは、寄生率の値が基準値より小さいが、その他5形質では基準値と同程度となり、キアシーワタでは、寄生率と捕食数の値が基準値より非常に小さくなりました（図2）。以上の結果から、チャバラは3種アブラムシすべてに、キアシはモモアカとチューリップヒゲに適性が高いと評価しました。

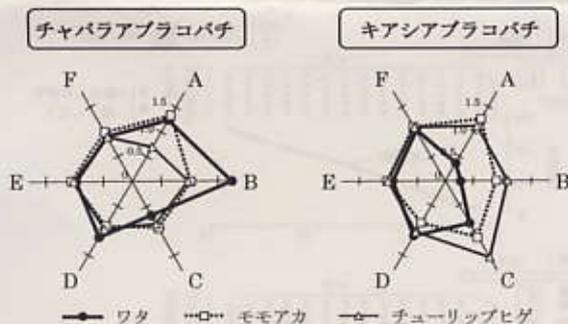


図2. 3種アブラムシにおける2種アブラコバチの6形質の相対値：(A) 寄生率、(B) 寄主体液摂取数、(C) 次世代雌比率、(D) 発育期間中の生存率、(E) 発育率（1/発育所用日数）、(F) 次世代雌成虫の前翅幅。各相対値は、モモアカにおけるチャバラアブラコバチの実験値を1として求めた。（Tatsumi and Takada, 2005a より引用）

2. 発育と増殖

2種アブラコバチの発育と増殖に関する知見を得るため、発育におよぼす温度の影響、ならびに成虫の寿命、産卵数および寄主体液摂取数を調査しました。

2種アブラコバチを15L-9D、5温度（10、15、20、25、30°C）条件下で飼育したときの発育所要日数から求めた発育零点は、チャバラ、キアシでそれぞれ8.7、9.5°Cであり、3種害虫アブラムシの発育零点（2.8～6.0°C）より高いことがわかりました。また、2種アブラコバチでは、3種害虫アブラムシの高温限界と考えられる30°Cでも、生存率が高く発育遅延も起こらないことがわかりました。

また、15L-9D、20°C条件における雌成虫の平均寿命は、チャバラ、キアシでそれぞれ41、27日、平均日当たり産卵数は6.5、5.9個、平均日当たり寄主体液摂取数は1.1、1.4匹でした（図3）。この条件下での内的自然増加率は、チャバラで0.14、キアシで0.16となり、3種害虫アブラムシの内的自然増加率（0.19-0.45）より低いことがわかりました。

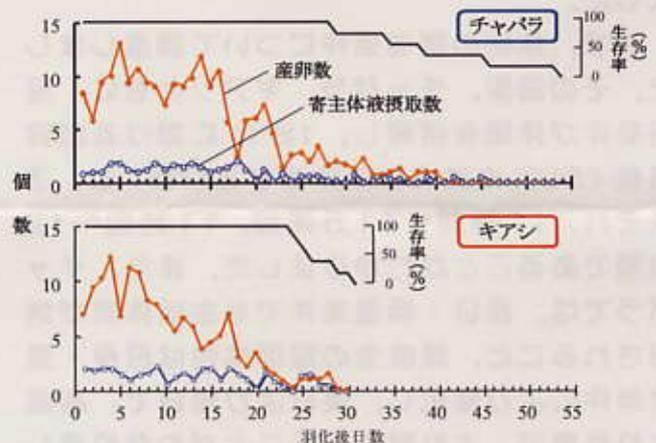


図3. 2種アブラコバチ雌成虫の生存率、産卵数および寄主体液摂取数（20°C、15L-9D）。

3. 休眠性と越冬

天敵を生物的防除素材として利用する場合、その種が休眠性をもつかどうかによって、秋季から冬季の施設栽培での利用可能性が決まります。予備実験として、チャバラとキア

シを 10L-14D, 18°C 条件下で飼育したところ, キアシはマミー内終齢幼虫で発育を停止し, チャバラでは体色の黒っぽい成虫が羽化しました. このことから, キアシはマミー内終齢幼虫で休眠するのに対し, チャバラは成虫で休眠するのではないかと考え, 羽化当日の雌成虫を解剖して卵巢発育状態を確認しました. 長日条件で発育した雌は, 羽化当日に成熟卵を保有していますが, 短日条件で発

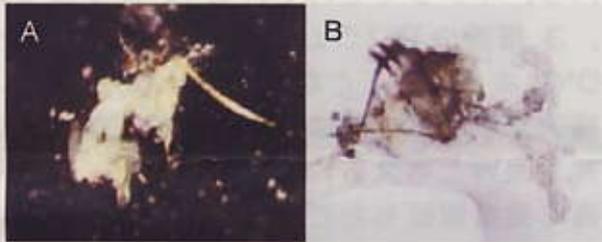


図 4. チャバラアブラコバチの卵巢小管. 飼育条件:(A) 18°C, 15L-9D, (B) 18°C, 10L-14D.

育した雌の卵巢は未成熟でした (図 4).

捕食寄生バチで成虫休眠が確認されている種は少なく, 休眠誘導や終了条件について調査された例はほとんどありません. そこで, 本研究では, チャバラの休眠誘導, 維持, 終了におよぼす日長と温度の影響を調査し, 終齢幼虫で休眠するキアシと比較することにしました.

まず, 休眠の誘導条件について調査しました. その結果, チャバラ, キアシともに, 短日条件が休眠を誘導し, 18°C における臨界日長 (50%の雌成虫が休眠する日長) は, それぞれ, 11 時間~11.5 時間, 11 時間~12 時間であることがわかりました. また, チャバラでは, 長日・低温条件でも生殖休眠が誘導されること, 雌成虫の腹部体色は日長・温度条件により変化し, 長日より短日で, 高温より低温で, より黒くなることがわかりました.

次に, 休眠の維持・終了条件について調査しました. キアシの休眠幼虫は, 休眠する多くの昆虫と同様, 一定期間 (約 6 週間) 低温を経験しなければ発育を再開しませんでした. 一方, チャバラの生殖休眠は非常に覚めやすく, 10L-14D, 15°C または 18°C 条件下で発育し休眠が誘導された雌成虫を同条件下で

飼育すると, 15°C では羽化後 8 日または 9 日目に, 18°C では羽化後 6~17 日目に産卵を開始し, いずれも, その後断続的に産卵を続けました (図 5). また, 10L-14D, 15°C または 18°C 条件下で発育した雌を羽化後 15L-9D, 20°C 条件下に移して飼育すると, 15°C で発育した雌成虫は羽化後 1 日目または 2 日目に, 18°C で発育した雌成虫は 1~3 日目に産卵を開始しました (図 6).

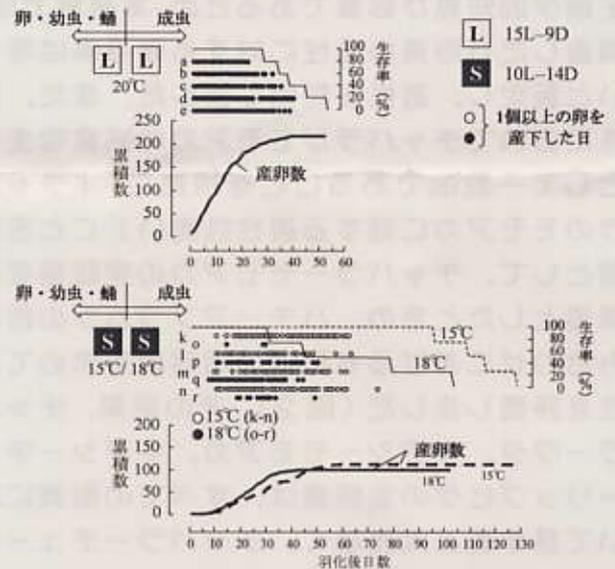


図 5. チャバラアブラコバチ雌成虫の生存率, 個体別産卵期間および累積産卵数. (上) 15L-9D, 20°C 条件下で生涯飼育したとき, (下) 10L-14D, 15°C または 18°C 条件下で生涯飼育したとき, 長日条件では羽化 1 日目から産卵を開始するが, 短日条件では 6~17 日目から産卵する. その後の産卵も断続的で, 産卵数も長日発育個体より少なくなる. (Tatsumi and Takada, 2005b より引用)

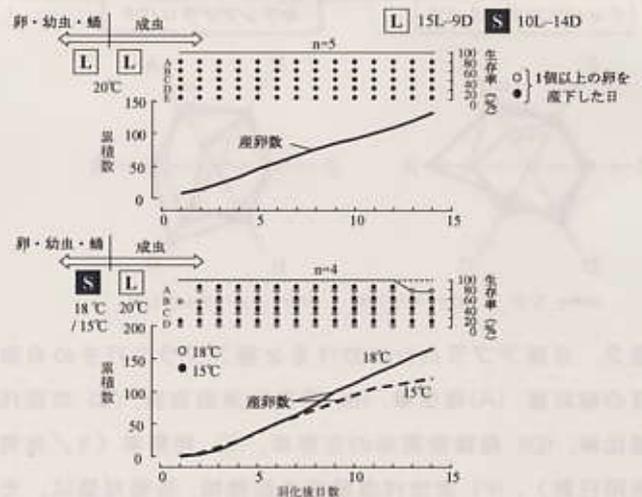


図 6. チャバラアブラコバチ雌成虫の生存率, 個体別産卵期間および累積産卵数. (上) 15L-9D, 20°C 条件下

で生涯飼育したとき、(下) 10L-14D, 15°C または 18°C 条件下で发育させ、羽化後、15L-9D, 20°C 条件に移したとき、短日发育个体は移動後 1~3 日目から産卵をはじめ、その後の産卵数は長日发育个体と変わらない。(Tatsumi and Takada, 2005b より引用)

これらの結果から、チャバラの休眠性は浅く、非常に覚めやすいという性質があることがわかりました。文献を調べてみると、ヒメバチ科の *Phytodietus vulgaris* (Coop and Croft, 1990)、オオカバマダラ (James, 1982)、キイロショウショウバエ (Saunders et al., 1989) において、長日または高温条件に移動後休眠が速やかに終了したと報告されており、各著者はこれらの休眠を、oligopause と表現していました。Oligopause は、Mansingh (1971) の定義によると、休止 quiescence と休眠 diapause の中間に位置するもので、oligopause と diapause の主な違いは、「不応期 refractory phase」が oligopause では短く単純 (simple) であるが、diapause では長く絶対不可欠であるということです。Oligopause という用語を使うべきかどうかは研究者により意見が分かれるところですが、本研究におけるチャバラの休眠は、Mansingh (1971) の定義での oligopause に適合する、弱い休眠であると考えました。

では、この 2 種アブラコバチは、野外条件下ではどのように越冬しているのでしょうか。野外における越冬実態を明らかにするため、秋から春にかけて野外条件下で飼育をおこないました。チャバラでは、秋に羽化した成虫をケージ飼育し、時々新しいケージに移し変えて、どのケージにマミーができたかによって、産卵時期を確認しました。キアシでは、秋に取れたマミーを管瓶に入れて放置し、羽化時期を確かめました。

チャバラの生殖休眠は 10 月中下旬から誘導され、10 月下旬から 11 月上旬に羽化した世代の雌は、少なくとも 11 月末から 1 月末まで産卵せず、2 月上旬から第一世代の卵を産下しはじめました (図 7)。

18°C の室内実験条件下では、短日条件であっても、1 週間から 2 週間しか休眠は維持されませんでした。野外では、おそらく低温のため (10 月下旬~1 月末の気温は、日平均で 10°C 以下、最高気温でも 15°C 以下)、2 か月以上維持されることがわかりました。また、チャバラでは雌は越冬しますが、雄は 1 月中旬までにすべて死亡することも確認されました (図 7)。一方キアシでは、10 月中旬からはじまる世代がマミー内終齢幼虫で越冬し、成虫は 4 月中下旬に羽化しました (図 8)。このことから、キアシの幼虫休眠は 10 月中旬から誘導され、6 週間以上の低温経験

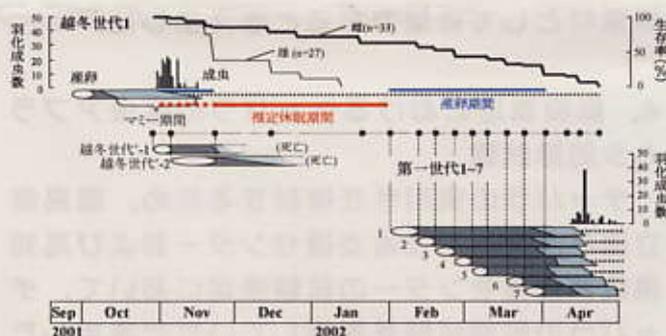


図 7. 京都市下鴨におけるチャバラアブラコバチの越冬 (2001~2002 年)。●は越冬世代成虫を新ケージに移した日。(Tatsumi and Takada, 2006 より引用)

により 1 月末に終了し、その後、気温が发育零点 (約 10°C) 以上に上昇した間に徐々に发育したと考えました。

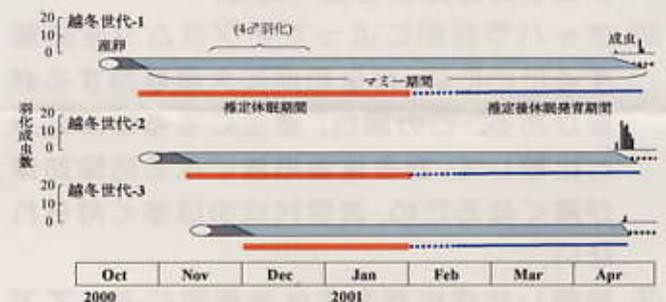


図 8. 京都市下鴨におけるキアシアブラコバチの越冬 (2000~2001 年)。(Tatsumi and Takada, 2006 より引用)

このように、チャバラは、野外での休眠維持期間は実験室内より長かったものの、2 月という極寒期に休眠を終了し産卵を開始することがわかりました。チャバラは比較的広食性であり、寄主の中には、単為生殖を続けながら越冬するものもあります。したがって、

早春に休眠が終了したとしても、好適な寄主を見つけることができる可能性があります。チャバラは、弱い休眠性と広い寄主範囲を持つことで、冬という不適な季節に適應してきたのではないかと思います。

以上の結果から、チャバラは3種害虫アブラムシ(ワタ、モモアカ、チューリップヒゲ)に適性が高く、休眠性も弱い(冬季施設で利用できる可能性がある)という、生物的防除素材としての利点をもつことがわかりました。また、その後の観察結果により、チャバラはジャガヒゲにも適性が高いことがわかりました。これらのことから、チャバラは生物的防除素材として有望であると考えました。

4. 施設栽培におけるチャバラの害虫アブラムシ防除試験

チャバラの実用性を検討するため、徳島県立農林水産総合技術支援センターおよび高知県農業技術センターの試験圃場において、チャバラの放飼試験を実施していただきました。

いくつかの試験例から、次のような傾向が明らかになりました。

- ① チャバラは4種害虫アブラムシすべてに寄生できるが、増殖率が低いことから、増殖率の高い種(ワタ、モモアカ)に対する防除効果は低い。ジャガヒゲ、チューリップヒゲの防除は可能である。
- ② チャバラ放飼によってアブラムシを防除するためには、発生初期に大量放飼する必要がある。この場合、寄生による防除効果と比較して、寄主体液摂取による防除効果が高くなるため、次世代成虫は多く得られない。
- ③ 放飼した成虫が寄主体液摂取によってアブラムシを防除することから、放飼後すぐに防除効果があらわれる。温度が高ければ

産卵が始まることから、加温施設内であれば、冬季でもアブラムシを防除できる。

- ④ チャバラの分散能力は低いため、ハウス内の1箇所ではなく、アブラムシの発生箇所に放飼する必要がある。
- ⑤ チャバラの休眠性は弱く、短日条件下でも現在のところ、ピーマン、ナス、トマト施設において、チャバラ成虫放飼によるジャガヒゲとチューリップヒゲの防除効果が確認されています。

以上のことから、天敵昆虫チャバラアブラコバチは、ジャガヒゲ、チューリップヒゲの防除素材として実用化できると考えました。ワタ、モモアカにはコレマンアブラバチを、ジャガヒゲ、チューリップヒゲにはチャバラを利用すれば、4種害虫アブラムシすべてが防除可能になります。現在、当社ではチャバラアブラコバチの農薬登録を目指し、開発を続けています。

主な引用文献：

Coop, L. B. and B. A. Croft (1990) *Ann. Entomol. Soc. Am.* 83: 1148-1151.

James, D. G. (1982) *J. Aust. Entomol. Soc.* 21: 31-35.

Mansingh, A. (1971) *Can. Entomol.* 103: 983-1009.

Saunders, D. S., V. C. Henrich and L. I. Gilbert (1989) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86: 3748-3752.

Tatsumi, E. and H. Takada (2005a) *Appl. Entomol. Zool.* 40: 379-385.

Tatsumi, E. and H. Takada (2005b) *Appl. Entomol. Zool.* 40: 447-456.

Tatsumi, E. and H. Takada (2006) *Appl. Entomol. Zool.* 41: 139-144.

講演会のお知らせ

下記の日程にて生物的防除部会の平成20年度第3回講演会を開催致します。
会員の皆様のご参加をお待ち致します。

日時 平成21年3月26日(木) 午後3時～5時

場所 東京農業大学世田谷キャンパス2号館3階

国際農業開発学科会議室

演題1 「雑草および病害虫を制御する被覆植物「ヒトラーク」の提案とその利用について

藤井 義晴 農業環境技術研究所 生物多様性研究領域
外来生物生態影響リサーチプロジェクトリーダー

植物に含まれる病害虫・雑草への抵抗性因子のひとつであるアレロパシーに関して、これまでに農環研で検索した物質とそれを含む植物について紹介する。このような成分を含む植物を被覆植物として利用する方法について、有力な植物「ヒトラーク」を提案したい(ヒトラークは、人を楽にする植物の意味です)。

演題2 「夢の実現一きっかけは浅間山の噴火」

内藤 篤 東京農業大学総合研究所特別会員、生物的防除部会幹事

私のばあいは、興味あることに成果の上がった研究のほとんどが、全く予想していなかった出来事がきっかけとなっている。たとえば、卵寄生蜂によるシロイチモジマダラメイガの防除、昆虫による雑草の生物的防除、除草によるアワヨトウの防除、貯蔵穀物害虫マメゾウムシの防除、おとり作物による大豆マメムシ防除などである。それらを通して、研究のチャンスをつかむことの大切さをお話ししてみたい。

なお、講演会終了後には、講演者を囲んでの懇親会を予定しています。
是非、ご参加ください。

