

学 位 論 文 要 旨

| | |
|---|---|
| 氏 名 | グスタボ レオネル バエサ ラリオス |
| 題 目 | Liriomyza 属ハモグリバエ類の生物的防除資材としてのプビコルニスヒメコバチの生態学的特性評価 (ASSESSMENT OF ECOLOGICAL FEATURES OF <i>Chrysocharis pubicornis</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AS BIOLOGICAL CONTROL AGENT OF <i>Liriomyza</i> LEAFMINERS (DIPTERA: AGROMYZIDAE)) |
| <p>プビコルニスヒメコバチ <i>Chrysocharis pubicornis</i> (Zetterstedt) は内部単寄生性の蛹寄生蜂であり、ナモグリバエ <i>Chromatomyia horticola</i> Goureau の天敵群集において優占的な種として知られている。本種は、1990年代にわが国に侵入したマメハモグリバエ <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess) やトマトハモグリバエ <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard から記録されているが、これら侵入害虫ハモグリバエは葉を加害した幼虫が潜孔から脱出し、土中で蛹化するという点で、葉の潜孔内で蛹化するナモグリバエと大きく異なっている。このため、蛹寄生蜂である本種は <i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類を利用できないと考えられる。本研究では、このような寄主ハモグリバエ類の生態学的特性の違いを考慮しながら、生物的防除資材としてのプビコルニスヒメコバチの有効性を明らかにするため、生態学的特性に関する評価を行い、以下の結果を得た。</p> <p>1) 発育と夏休眠：寄主ナモグリバエにおける本種の発育零点は雄で 7.4℃、雌で 7.2℃、有効積算温量は雄で 297.4 日度、雌で 307.5 日度であった。また、本種の休眠光周反応は短日型反応を示した。休眠個体の割合は日長および気温の増加とともに高くなり、休眠誘起の臨界日長は 25℃で 12～14 時間の間であった。日長に関わらず、ほとんどの個体が 15℃では休眠から覚醒したが、25℃では休眠からの覚醒は認められなかった。</p> <p>2) 夏休眠誘導感受期：卵幼虫期間の 22 日間でさまざまな日齢の個体を休眠覚醒条件 (15℃、12L12D) から休眠誘導条件 (25℃、16L8D) に移したところ、休眠誘導感受性は幼虫の日齢とともに低下することが明らかとなった。15 日齢またはそれより若い個体では 60% 以上の休眠率となった。また、低温処理期間が長いほど、休眠覚醒率は高くなり、羽化までの日数は長くなることが明らかとなった。</p> <p>3) <i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエに対する寄主発見能力および寄生能力：雌蜂は葉の潜孔内の幼虫あるいは蛹化のため潜孔から脱出した直後の幼虫に対しては高い割合で寄生した。しかし、葉から脱出し、土中で蛹化した個体に対しては寄生できなかった。ナモグリバエのように葉で蛹化する寄主に対しては、蛹に寄生できることから、本種はこれまで考えられていた蛹寄生蜂的な寄主利用様式に加え、<i>Liriomyza</i> 属のような葉で蛹化しない寄主に対しては、幼虫に寄生できる幼虫蛹寄生蜂としての能力も有していることが明らかとなった。</p> <p>4) <i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類での発育：マメハモグリバエ <i>L. trifolii</i> およびトマトハモグリバエ <i>L. sativae</i> 幼虫での発育期間はナモグリバエ幼虫での発育期間に比べ長く、特に 22.5℃および 25℃では発育が遅延することが明らかとなった。成虫体サイズの指標とした後脚脛節は、雌雄、寄主の種類および発育温度によって有意に影響を受けたが、<i>Liriomyza</i> 属 2 種の寄主間での差は認められなかった。</p> | |

| 学 位 論 文 要 旨 | |
|---|---|
| 氏 名 | Gustavo Leonel Baeza Larios |
| 題 目 | <p style="text-align: center;">ASSESSMENT OF ECOLOGICAL FEATURES OF <i>Chrysocharis pubicornis</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AS BIOLOGICAL CONTROL AGENT OF <i>Liriomyza</i> LEAFMINERS (DIPTERA: AGROMYZIDAE). (<i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類の生物的防除資材としてのプビコルニスヒメコバチの生態学的特性評価)</p> |
| <p>The eulophid <i>Chrysocharis pubicornis</i>, is a solitary pupal endoparasitoid of agromyzid leafminers. It has been known as a dominant species in the parasitoid complex of the garden pea leafminer, <i>Chromatomyia horticola</i>. <i>C. pubicornis</i> has been occasionally recorded even from the adventive species <i>Liriomyza trifolii</i> and <i>L. sativae</i>, unintentionally introduced into Japan in the 1990' s. The <i>Liriomyza</i> species larvae exit the mines and drop to the ground to pupate, while the garden pea leafminer pupates in the leaves. Hence, it is not clear whether it can attack <i>Liriomyza</i> species. In the present study, I evaluated several ecological features to asses the potential ability of <i>C. pubicornis</i> as biological control against <i>Liriomyza</i> species.</p> <p>The developmental thresholds were higher than those reported for its major host , <i>C. horticola</i>. The larval development showed a short-day type photoperiodic response that was affected by temperature. Diapause was terminated at low temperatures or a combination of moderate temperatures and short daylengths. These results suggest that summer diapause allows <i>C. pubicornis</i> to synchronize its occurrence with <i>C. horticola</i>, disappearing from the fields during summer.</p> <p>Next, I examined the sensitive stage to induction of summer diapause and the effects of cooling treatment on diapause termination. Sensitivity is high in the younger larval instars but it is lost towards the end of the last one. The percentage of diapause termination increased with the cooling period, but once diapause terminated in most individuals cooling was no longer necessary but instead, warm temperature decreased the time needed for emergence of the postdiapausing adults. Based on these results, the rearing conditions in the laboratory can be manipulated so that it is possible to minimize the occurrence of diapause without delaying the development time. Similarly, the period needed for diapausing individuals to terminate diapause and emerge could be shortened by environmental manipulation. These findings have potential applications in a mass rearing program because individuals can be stocked and then prompted to emerge in response to market demands, which in turn can help to greatly reduced the cost of parasitoids. Next, I examined <i>C. pubicornis</i> ability to locate and parasitize immature stages of <i>Liriomyza</i> leafminers. Although <i>C. pubicornis</i> was able to parasitize host pupae remaining on leaves, most pupae form in the ground and the wasps were unable to attack them even on the ground surface. Nevertheless, <i>C. pubicornis</i> could attack a significant number of host larvae that eventually exited the mines and pupated, inflicting a high percentage of overall host mortality. This prompted the next study, an examination of <i>C. pubicornis</i> ability to complete development at different temperatures in <i>L. trifolii</i> and <i>L. sativae</i>. Both male and female <i>C. pubicornis</i> could complete development at all temperatures and host species tested, but an extremely protracted development time at warm temperatures suggests its role in suppressing <i>Liriomyza</i> leafminers is limited. Notwithstanding, the findings in this study suggest that <i>C. pubicornis</i> is well adapted to its main host <i>C. horticola</i> and therefore could play a significant role in controlling recently reported outbreaks of this leafminer throughout Japan.</p> | |

| 学位論文審査結果の要旨 | |
|--|--|
| 学位申請者 氏 名 | グスタボ レオネル バエサ ラリオス |
| 審査委員 | 主査 宮 崎 大学 教授 赤尾 勝一郎 |
| | 副査 宮 崎 大学 教授 位田 晴久 |
| | 副査 佐 賀 大学 教授 鈴木 信彦 |
| | 副査 鹿 児 島 大学 教授 津田 勝男 |
| | 副査 鹿 児 島 大学 教授 曾根 晃一 |
| 審査協力者 | |
| 題 目 | Assessment of ecological features of <i>Chrysocharis pubicornis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agent of <i>Liriomyza</i> leafminers (Diptera: Agromyzidae). (<i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類の生物的防除資材としてのプビコルニスヒメコバチの生態学的特性評価) |
| <p>プビコルニスヒメコバチ <i>Chrysocharis pubicornis</i> (Zetterstedt)は内部単寄生性の蛹寄生蜂であり、ナモグリバエ <i>Chromatomyia horticola</i> Goureau の天敵群集において優占的な種として知られている。本種は、1990年代にわが国に侵入したマメハモグリバエ <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)やトマトハモグリバエ <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard においても記録されている。しかし、侵入害虫ハモグリバエ類は葉を加害した幼虫が潜孔から脱出し、土中で蛹化するという点で、葉の潜孔内で蛹化するナモグリバエと大きく異なっている。このため、蛹寄生蜂である本種は <i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類を効率的に利用できないと考えられてきた。本研究では、このような寄主ハモグリバエ類の特性の違いを考慮しながら、<i>Liriomyza</i> 属ハモグリバエ類に対する生物的防除資材としてのプビコルニスヒメコバチの有効性を明らかにするため、生態学的特性に関する評価を行い、以下の結果を得た。</p> <p>1 発育特性と休眠機構</p> <p>本種の発育零点は雄で 7.4℃、雌で 7.2℃、有効積算温量は雄で 297.4 日度、雌で 307.5 日度となった。また、日長と温度の組み合わせが幼虫の発育に及ぼす影響を調べたところ、</p> | |

本種は短日型の休眠光周反応を示した。休眠個体の割合は日長および気温の増加とともに高くなり、休眠誘起の臨界日長は 25°C で 12~14 時間と推測された。日長に関わらず、ほとんどの個体が 15°C では休眠から覚醒したが、25°C では休眠からの覚醒は認められなかった。さらに、さまざまな日齢の個体を休眠覚醒条件 (15°C、12L12D) から休眠誘導条件 (25°C、16L8D) に移し、夏休眠の誘導感受期を検討したところ、休眠感受性は若齢幼虫 (15 日齢以下) で高く、終齢幼虫 (18 日齢以上) で有意に低下し、夏休眠機構を明らかにしたことにより、これまで不可能とされてきた常温での天敵の長期保存 (5 ヶ月間) が可能と考えられた。

2 *Liriomyza* 属ハモグリバエに対する寄主発見能力および寄生能力

葉に潜孔中の幼虫や葉から飛び出した幼虫、土中の蛹を雌蜂が利用できるか否かを実験的に検討した。その結果、葉から脱出し、土中で蛹化した寄主に対して雌蜂は寄生できなかったが、葉の潜孔内の幼虫に対しては高い割合で寄生した。本種は従来考えられていた蛹寄生蜂としての寄主利用様式に加え、*Liriomyza* 属のように幼虫のみが葉にとどまる寄主に対しては、幼虫蛹寄生蜂としてふるまうことが明らかとなった。寄主発見能力や寄生能力から判断して、*Liriomyza* 属ハモグリバエを効率的に利用できると考えられた。

3 侵入害虫 *Liriomyza* 属ハモグリバエ類での発育特性

マメハモグリバエおよびトマトハモグリバエでの発育期間はナモグリバエでの発育期間に比べ長く、特に 22.5°C および 25°C で発育遅延が認められたが、ほとんどの寄生蜂幼虫は成虫まで発育した。成虫体サイズの指標とした後脚脛節長は雌雄および発育温度によって有意に影響を受け、*Liriomyza* 属 2 種で育った寄生蜂の体サイズはナモグリバエ幼虫で育った個体に比べ有意に小さかったが、体サイズの減少は 10% 程度であった。

以上のように、本研究は、プビコルニスヒメコバチの発育特性や寄主利用様式などの生態学的特性を解明し、本種が *Liriomyza* 属ハモグリバエ類の幼虫を効率的に利用できること、またナモグリバエの天敵として優れた特性を有していることを明らかにした。

本論文は、ヒメコバチ科での夏休眠誘導の機構を明らかにした最初の研究であり、本研究で得られた知見は天敵の長期保存という新しい生物的防除技術の展開につながるものとして応用昆虫学上の貢献は大きいと思われる。したがって、審査委員一同は、本論文が博士 (農学) の学位論文として十分な価値があるものと判定した。

| 最終試験結果の要旨 | |
|---|--------------------|
| 学位申請者 氏名 | グスタボ レオネル バエサ ラリオス |
| 審査委員 | 主査 宮崎大学 教授 赤尾 勝一郎 |
| | 副査 宮崎大学 教授 位田 晴久 |
| | 副査 佐賀大学 教授 鈴木 信彦 |
| | 副査 鹿児島大学 教授 津田 勝男 |
| | 副査 鹿児島大学 教授 曾根 晃一 |
| 審査協力者 | |
| 実施年月日 | 平成 19年 8月 7日 |
| 試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) 口答・筆答 | |
| <p>主査および副査は、平成19年8月7日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が博士(農学)の学位を受けるに必要な十分な学力ならびに識見を有すると認めた。</p> | |

| | |
|---|--------------------|
| 学位申請者 氏名 | グスタボ レオネル バエサ ラリオス |
| <p>[質問1] <i>Liriomyza</i>属ハモグリバエ類でのプビコルニスヒメコバチの発育期間は大きくばらついているが、これは実験方法の問題なのか？</p> <p>[回答1] その可能性も否定できないが、寄生蜂のなかには寄主が変わることで、異なった休眠反応を示す種も報告されている。発育期間のばらつきは、蛹期では小さく、幼虫期で非常に大きかった。今回明らかとなったように、本種は幼虫期に休眠感受性が高く、成熟幼虫期に休眠するので、休眠に関連した特性の変化が幼虫期の発育期間のばらつきを大きくしている可能性も考えられる。光周反応を含め、今後さらに検討が必要と思われる。</p> <p>[質問2] 生物的防除素材としてプビコルニスヒメコバチの有効性を高める方法として考えられることがあるか？</p> <p>[回答2] 現在、宮崎大学で開発した地域天敵資源利用技術が農家に普及しつつある。地域農家はナモグリバエに加害されたエンドウ被害葉を3～4月に集め、野菜栽培施設に設置することで、このナモグリバエから羽化する寄生蜂群集による <i>Liriomyza</i>属ハモグリバエ類の生物的防除を続けている。本研究で明らかにしたように、本種は高温長日条件下で休眠するので、エンドウ被害葉を農家軒先で夏場保存し、涼しくなった秋に野菜栽培施設に設置することで、休眠から覚醒したプビコルニスエンドウ被害葉のナモグリバエから多数羽化する状況を作ることができると考えている。</p> <p>[質問3] プビコルニスヒメコバチの体サイズは寄主の種類で変わるということだが、1匹のハモグリバエ幼虫で通常は何匹寄生蜂が育つのか？また、幼虫間の種内競争はどのようなものと考えるか？</p> <p>[回答3] 本種は単寄生性であり、1匹の寄主では寄生蜂は1匹しか発育できない。したがって、体サイズの違いは寄主体サイズの違いを反映したのと考えている。雌蜂に攻撃されたハモグリバエ幼虫や蛹を実体顕微鏡下で解剖したところ、過寄生つまり1匹の寄主体内に複数頭の寄生蜂卵や幼虫を確認した。具体的なメカニズムについては調べていないが、一般的に良く知られている物理的除去あるいは生理的抑圧機構等の幼虫間の種内競争機構によって過剰個体が除去されると考えられる。このため、種内競争の結果、羽化する蜂の体サイズが小型化する可能性はないと考えている。</p> <p>[質問4] <i>Liriomyza</i>属ハモグリバエ類からプビコルニスヒメコバチが記録された例は少ないと述べたが、その報告は限られた場所だけのものなのか？</p> <p>[回答4] 日本では愛媛やその他の県で記録がある。世界的には、イスラエルでアシゲロハモグリバエから、ニュージーランドでも <i>Liriomyza</i>属の別の種で記録されている。また、宮崎大学で続けてきた圃場実験では、おとりトラップとして設置したインゲンマメのトマトハモグリバエやマメハモグリバエでも寄生を確認している。</p> <p>[質問5] 低温条件では日長は休眠覚醒に影響しないとのことであるが、寄生蜂の羽化消長は短日と長日で大きく異なっている。この違いをどのように考えるか？</p> <p>[回答5] 12L12Dの短日条件でのゆっくりとした羽化消長は論文の考察部分でも触れたように、寄主（ナモグリバエ）個体群の出現パターンとの同調性との関連から説明できると思うが、16L8Dの長日条件で雌蜂が一斉に羽化していることは、低温長日の組み合わせが自然条件では実際に存在しないので、特にコメントしなかった。日長の違いが羽化消長を変化させているとすると、休眠と切り離して、短日および長日条件下での寄生の存在様式との関連性から今後考えていく必要があるかもしれない。</p> | |

[質問6] 休眠覚醒に関する図で、日長の影響は中間的な温度でのみ明瞭であり、15℃や25℃では直線となっている。しかし、現実には直線ではないと思うが、この点をどのように考えているのか？

[回答6] ご指摘の通り、実際は直線ではないと考えられる。休眠覚醒に関するグラフは16時間明期近くで急激に低下するか、または12時間を過ぎたあたりで急激に低下すると考えられる。しかし、そのような結果を得るためには、今回報告した値の間の日長でさらに実験を重ねる必要がある。

[質問7] プビコルニスヒメコバチがナモグリバエと *Liriomyza* 属の寄主の双方に遭遇するような条件下では、どちらかを特に選好するということがあるのか？

[回答7] 本研究では扱っていないが、実際はナモグリバエを好むと思われる。研究室での過去の実験で、*Liriomyza* 属のハモグリバエ2種の幼虫がそれぞれ潜孔したインゲン株をオトリトラップとしてエンドウ圃場に設置したところ、ナモグリバエ幼虫が十分量存在していた期間はマメハモグリバエやトマトハモグリバエ幼虫への寄生は低く、ナモグリバエ幼虫が不足し始めた時点つまりほとんどの個体が寄生された時点で、2種のハモグリバエでの寄生率が上昇した、つまり寄主転換が生じたというデータが得られている。連合学習的な要素も含めて、おそらく高い適応度が得られるナモグリバエに好んで産卵すると考えられる。

[質問8] 日長条件の違いによる休眠反応は、実際にハモグリバエ類の被害が多いと考えられる時期に近い日長で行うべきはないか？

[回答8] 16時間日長という自然界（宮崎）ではあり得ない条件での実験は確かに野外の実態を反映していないかもしれない。しかし、一般的に多くの昆虫の飼育条件は16L8Dで行われるので、この日長条件で検討した。指摘はもっともであり、今後の研究の参考にさせていただきたい。