

タイリクヒメハナカメムシの生殖休眠に及ぼす温度の影響

古林 優子^{1)*}・柿元 一樹²⁾・野田 隆志³⁾

(¹⁾鹿児島大学農学部・²⁾鹿児島県蚕業試験場・³⁾農業生物資源研究所)

Effect of temperature on reproductive diapause of *Orius strigicollis* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae). Yuko Furubayashi¹⁾, Kazuki Kakimoto²⁾ and Takashi Noda³⁾ (¹⁾Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima-shi, 890-0084, Japan.

²⁾Kagoshima Prefectural Sericultural Experiment Station, Higashi-ichiki, Kagoshima 899-2201, Japan. ³⁾National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, Ibaraki, 305-8634, Japan)

The effect of rearing temperature on the reproductive diapause of *Orius strigicollis* (Poppius) was examined under 11L13D and natural photoperiodic conditions from October to February in Kagoshima. The incidence of the diapause diminished as the temperature increased under 11L13D. At 20 °C, most individuals did not enter diapause. Accordingly, we inferred that the critical temperature for diapause induction under 11L13D was around 18 °C. Under natural photoperiodic conditions, although the incidence of diapause at 18 and 20 °C during November (12L12D-11L13D) and at 18 °C during December (11L13D) was high, cohorts reared at 22 °C did not enter diapause. The difference between the results from 11L13D and natural photoperiodic conditions suggests that not only the absolute values of photoperiod and temperature but also the pattern of photoperiodic change influence the diapause induction of *O. strigicollis*.

Key words : *Orius strigicollis*, photoperiod, reproductive diapause, temperature

緒 言

ヒメハナカメムシ類 *Orius* spp. はアザミウマ類に対する有力な捕食性天敵として知られている (永井ら, 1988; 永井, 1990; Kawai, 1995)。日本の温帯域に生息する主要種はナミヒメハナカメムシ *O. scauteri* (Poppius), コヒメハナカメムシ *O. minutus* (Linnaeus), タイリクヒメハナカメムシ *O. strigicollis* (Poppius), ツヤヒメハナカメムシ *O. nagai* Yasunaga の4種である (Yasunaga, 1997a; 1997b; 1997c)。これら4種は短日条件下で雌成虫が生殖休眠に入ることが報告されているが (Kohno, 1997; Ito and Nakata, 1998; Shimizu and Kawasaki, 2001), タイリクヒメハナカメムシは休眠性が最も弱いことから, 冬季の施設作物においてアザミウマ類に対する生物的防除資材として有望視されている (Shimizu and Kawasaki, 2001; 柿元ら, 2003)。タ

イリクヒメハナカメムシの沖縄系統は休眠性を持たないが, 離島を除く鹿児島県以北に生息する個体群は弱いながらも休眠性を持っている (Shimizu and Kawasaki, 2001; 柿元ら, 2003)。昆虫の休眠誘起には感受ステージの日長以外に温度が修飾要因として働くことが多くの種で調べられており (Tauber et al., 1986), Kohno (1998) はナミヒメハナカメムシは同じ短日条件下でも温度が高いほど休眠に入る個体が少ないことを報告している。もしタイリクヒメハナカメムシの生殖休眠の誘起が短日条件とともに温度によっても影響されるとすれば, 休眠性を持つタイリクヒメハナカメムシ個体群を冬季施設作物で利用する場合に, 施設内の温度条件によって本種の休眠誘起を阻止することが可能になるかもしれない。

そこで本研究では, まず短日条件下で本種の休眠誘起に温度が影響するかどうかを調べた。次に, 秋 (10月) ~ 初春 (2月) における自然日長条件下で, 飼育温度と休眠誘起との関係を調べて, 夜間の管理温度が異なる4種の作物 (Table 1) での本種の導入法について考察した。

なお, 本研究の遂行にあたり貴重なご指導, ご助言を

*現在 山口県周南農林事務所

*Present address : Syunann agricultural forestry administration office, Yamaguchi, 745-0841, Japan

頂いた鹿児島大学農学部の高下町鉦敏教授、津田勝男助教授、坂巻祥孝助手、ならびに実験に多大なご協力を頂いた鹿児島大学農学部の井口拓士氏（現在、JA 神戸六甲）に厚く感謝の意を表する。

Table 1. Minimum temperatures at night during winter in greenhouses of vegetable crops in Kagoshima.

Vegetable crops	Temperature (°C)
Cucumber	12-13
Eggplant	12-13
Green pepper	18-20
Melon	18

These crops are damaged by *Thrips palmi* Karny or *Frankliniella occidentalis* (Pergande).

材料および方法

1. 供試虫

タイリクヒメハナカメムシは、2001年8月に鹿児島県日置郡東市来町の蚕業試験場（北緯31度40分、東経130度20分、標高40m）内の野外桑園から採集し、その後実験室内（25°C, 16L 8D）でスジコナマダラメイガ *Ephestia kuehniella* Zeller の冷凍卵を餌として累代飼育した個体を供試した。

2. 飼育方法と雌成虫の休眠率調査

タイリクヒメハナカメムシの卵を得るために、25°C, 16L 8D 条件下で産卵中の本種成虫が入ったプラスチック製飼育容器（15×10cm, 高さ5cm）に産卵用植物の *Othonna capensis* L. H. Bailey の茎葉を入れ、2～3日間産卵させた。この植物体と餌のスジコナマダラメイガ卵および水で湿らせた脱脂綿を、底にナイロンメッシュ（15×10cm）を敷いたプラスチック製飼育容器（15×10cm, 高さ5cm）に収容した。この飼育容器を後述の各条件下の恒温器へ入れ、餌と水を2～3日毎に補給した。容器内の環境が特に悪化しない限り、卵から雌成虫を解剖に供試するまでの全ての期間を同じ飼育容器内で集団飼育した。また、ヒメハナカメムシ類は植物体からも水分を補給するため、容器内には常に新鮮な *O. capensis* を補給した。

タイリクヒメハナカメムシの産卵前期間は20°C, 長日条件の場合およそ10日であるが、個体によってはばらつきがある（野田、未発表）。本実験では、雌成虫に十分な卵巣発育期間を与えるために、供試虫の最後の個体が羽化してから、原則として14日後に雌成虫を回収し、休眠率の調査へ供試した。本実験における成虫の羽化時期

にはいずれの温度条件下においても最大6日のばらつきがあったことから、羽化後14～20日齢の雌成虫を休眠率調査へ供試したことになる。回収した雌成虫を実体顕微鏡下において解剖し、成熟卵を持つ個体を非休眠雌、持たない個体を休眠雌と区分した。

3. 異なる温度条件下における雌成虫の生殖休眠

(1) 生殖休眠に与える温度の影響

鹿児島市（北緯31度33.1分）において日長が最も短くなるのは12月17日～12月25日で、薄明薄暮時間を合計1時間として加算した最短日長時間は、11時間6分である（Fig. 1）。そこで、休眠誘起のための光周期は11L13Dの一定とした。温度をそれぞれ14, 16, 18, 20°Cの4段階に設定した各恒温器内で2002年6～9月に飼育を行い、休眠率を調査した。また、対照として25°C, 16L 8Dで飼育された個体群中に存在する成熟卵を持たない個体の割合を調べた。

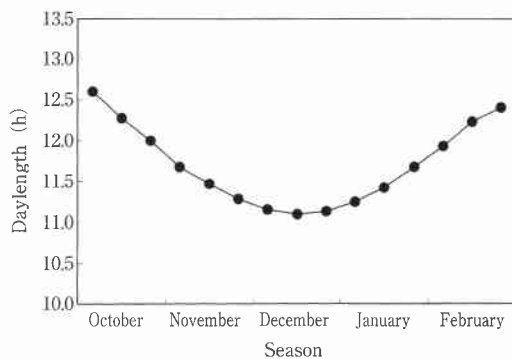


Fig. 1 Seasonal changes of natural photoperiod in Kagoshima city.

(2) 自然日長下における異なる温度条件下での休眠誘起実験

上の(1)の実験においてタイリクヒメハナカメムシの休眠が十分に誘起されたと思われた温度を最低温度とし、その温度からそれぞれ2°Cおよび4°C高い計3段階の温度区を設けた。実験は鹿児島県日置郡東市来町（北緯31度40.0分）の蚕業試験場内に行い、恒温器はドアの部分に自然光を取り込むことのできる窓がついたものを使用し、各温度条件に設定されたそれぞれの恒温器を直射日光が当たらず、夜間灯火の影響を受けない明るい室内へ設置した。2002年10月から2003年1月までの4カ月、それぞれ各月の初め（1日ないし2日）から卵の飼育を開始し、休眠率を調査した。

4. 休眠率の統計解析

各飼育条件間の休眠率の比較は、逆正弦変換後 Tukey の多重比較法によって行った。

結 果

1. 11L13Dにおける異なる温度条件下での休眠誘起実験

Fig. 2に光周期11L13Dでの、各温度条件下におけるタイリクヒメハナカメムシ雌成虫の生殖休眠率を示した。本種の休眠率は温度が低いほど高く、14℃ ($n = 32$; 100.0%)と16℃ ($n = 30$; 93.3%)とでは互いに有意な違いはなかったが ($p > 0.05$), 18℃ ($n = 34$; 52.9%)および20℃ ($n = 41$; 26.2%)では14, 16℃に比べて有意に低くなった ($p < 0.05$)。25℃, 16L8D条件下で飼育された個体群の中にも成熟卵を持たない個体が7.9% ($n = 38$)存在しており、14~18℃の休眠率はこの存在比率よりも有意に高かったが ($p < 0.05$), 20℃の休眠率は有意に異ならなかった ($p > 0.05$)。

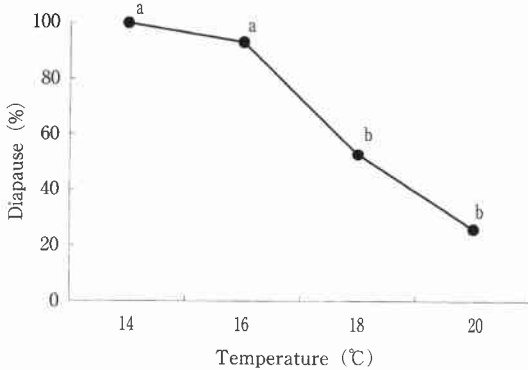


Fig. 2 Effect of temperature on the diapause of *O. strigicollis* under 11L13D.

Percentage values of diapause with the same letter do not differ significantly among temperatures (Tukey's multiple comparison test after arcsine transformation, $p = 0.05$).

2. 自然日長下における異なる温度条件下での休眠誘起実験

実験に供試したタイリクヒメハナカメムシの卵~羽化までの発育期間は、18℃および20℃では約30日、22℃では約20日であった。10月、11月、12月、1月の各月の初めより飼育を開始した個体群 (以下、10月、11月、12月、1月個体群と呼ぶ) は、18, 20℃では翌月の中旬~下旬に、22℃では翌月の月上旬に雌成虫を回収し、休眠率を調べた。休眠率の季節的变化は各温度条件によって異なった (Fig. 3)。まず、同じ温度条件下における休眠率を各月個体群間で比較すると、18℃での休眠率は11月個体群 ($n = 38$; 76.3%) および12月個体群 ($n = 42$;

47.6%) が10月個体群 ($n = 34$; 17.6%) および1月個体群 ($n = 33$; 9.1%) よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。20℃における休眠率の季節的变化も18℃での結果に近いパターンを示した。すなわち、休眠率は11月個体群 ($n = 35$; 71.4%) と12月個体群 ($n = 35$; 31.4%) で高く、11月個体群は10月個体群 ($n = 25$; 24.0%) および1月個体群 ($n = 23$; 17.4%) よりも有意に高かったが ($p < 0.05$), 12月個体群は10月および1月個体群と有意に異ならなかった ($p > 0.05$)。22℃での休眠率は7.1~12.0%で、各月個体群間で有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。次に同じ月の個体群の休眠率を温度区間で比較すると、10月および1月個体群の休眠率は、温度区間で有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。一方11月個体群では18℃と20℃での休眠率が22℃よりも有意に高く ($p < 0.05$), 12月個体群では18℃での休眠率が22℃よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。

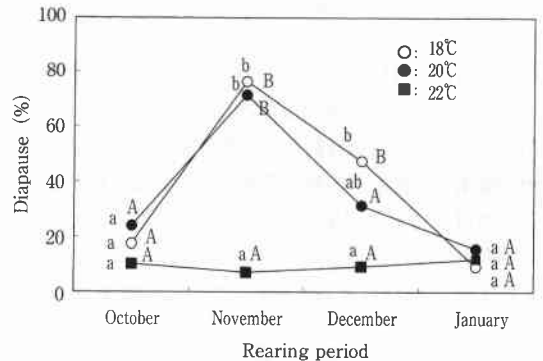


Fig. 3 Effect of temperature on the diapause of *O. strigicollis* under natural photoperiodic conditions. Percentage values of diapause with the same letter did not differ significantly among temperatures under the same rearing period (lower case letter) and among rearing periods (capital letter) at the same temperature, (Tukey's multiple comparison test after arcsine transformation, $p = 0.05$).

考 察

11L13D条件下における休眠率が温度が低いほど高かったこと (Fig. 2), そして11~1月の短日条件下で飼育された個体群の休眠率も温度が低いほど高かった結果 (Fig. 3) から判断すると、タイリクヒメハナカメムシの生殖休眠誘起には、短日条件とともに温度が複合的に関与していることが考えられる。しかし、非休眠性

である沖縄産タイリクヒメハナカメムシでも、成熟卵を持たない個体が低い割合で出現することが報告されている (Shimizu and Kawasaki, 2001)。また、本実験でも長日条件で飼育されたにもかかわらず成熟卵を持たない個体が7.9%存在しており、20℃, 11L13D 条件下での休眠率とこの値との間に有意な差はなかった ($p > 0.05$)。したがって、20℃は本種の生殖休眠を誘起するには高過ぎると考えられ、非休眠条件下でも卵巣が発達しないのは、日長と温度による生殖休眠とは別の生理的要因が原因であると思われる。一方、18℃での休眠率が50%以上であることから、11L13D 条件下では本種の休眠誘起に必要な臨界温度は18℃付近にあると考えられる。

さらに本種の休眠誘起に関与するもう一つの要因の存在が、本実験における以下の3つの現象によって示唆された。まず1つは、光周期が11L13D 一定の18℃ (52.9%) および20℃ (26.2%) の休眠率 (Fig. 2) と自然日長条件で飼育された11月個体群の18℃ (76.3%) と20℃ (71.4%) の休眠率 (Fig. 3) の違いである。11月個体群は卵～成虫羽化まで光周期が12L12D～11L13D (Fig. 1) と、11L13D 一定の場合よりも長い日長条件下で育っているにもかかわらず、はるかに休眠率が高かった。次に、自然日長条件で飼育された11月個体群と12月個体群の休眠率の違いである。12月個体群が育った光周期は全発育期間を通してほぼ11L13D であった。ここでもやはり、18℃および20℃の両温度区とも長い日長条件下で育った11月個体群の方が、短い日長条件下で育った12月個体群 (18℃ 47.6%, 20℃ 31.4%) よりも休眠率が高い傾向にあった。さらに、1月個体群 (飼育中の光周期11L13D～11.5L12.5D) は10月個体群 (飼育中の光周期13L11D～12L12D) よりも短い日長条件下で飼育されているが、その休眠率は10月個体群と有意な差はなかった ($p > 0.05$)。

なぜ、長い日長条件下で育っている個体群の休眠率がそれよりも短い日長条件下で育っている個体群よりも高いか同等なのであろうか。昆虫の休眠反応は、日長の絶対値に限らず、ある日長範囲内での相対的な日長の増減によっても左右される (正木, 1999)。日長の変化は、タイリクヒメハナカメムシの休眠誘起にも影響しているようである。すなわち、本実験における11月個体群は日長が短く変化していく時期に育っており、一方、12月個体群は卵～中齢幼虫までは日長が短く変化していく時期に育ったことになる。さらに、休眠率が最も低かった1月個体群は全ステージを通して日長が長く変化していく時期に育っていた。一方、11月個体群と同様に日長が

短く変化していく時期に育った10月個体群ではいずれの温度区でもほとんど休眠する個体はいなかった。これは日長が臨界日長よりも長かったためと考えられる。以上のことから、本種の休眠誘起にはまず臨界日長と温度が関与し、その臨界日長付近では日長変化のパターンも修飾要因として働くものと考えられる。

施設栽培における夜間の最低管理温度が18℃以上であるピーマンやメロン (Table 1) では、ほとんどの日で平均気温が22℃を超える。このため、鹿児島産のタイリクヒメハナカメムシであればいつ導入しても、栽培期間中を通して繁殖を期待することができると考えられる。一方、管理温度が12～13℃とピーマンやメロンよりも低いキュウリやナスでは、特に野外の気温が低い11月～1月には平均気温が18℃に満たない日も多い。休眠誘起を支配する因子をタイリクヒメハナカメムシが感受する具体的ステージは未だ明らかにされていない。しかし、ナミヒメハナカメムシとコヒメハナカメムシの性的に成熟した雌成虫は休眠誘起因子を感受せず (Ito and Nakata, 1998)、北米産ヒメハナカメムシの *O. insidiosus* の感受期が4～5齢 (主に5齢) と報告されていることから (Ruberson et al., 2000)、タイリクヒメハナカメムシの感受期もおそらく幼虫期後半であると考えられる。タイリクヒメハナカメムシ成虫を放飼するとすれば、雌成虫の生殖休眠が問題となるのは、放飼コホートの次世代以降である。今回の自然日長条件下における実験結果は、施設内の温度が低い秋定植のキュウリやナスで年内に本種成虫を放飼すると、次世代以降に休眠雌成虫が多く出現することを示唆している。一方、1月以降に放飼すれば、その次世代は18℃でも休眠しないため、その後の個体群の繁殖が期待できる。高井 (2002) は、高知県の促成栽培ナスで10月上旬にタイリクヒメハナカメムシ成虫を放飼した場合、11月下旬～12月にかけて本種の個体群密度が著しく低下し、12月31日に放飼した場合、その後タイリクヒメハナカメムシは高密度を維持できたことを報告しており、この原因として11月に休眠個体が出現したことによって、その後の繁殖ができなかったことを論じている。今回の実験は、温度が一定の条件下で行っており、昼間温度と夜間温度の日較差が大きい施設内での変温条件とは異なる。しかし、実験結果から得た著者らの推察はこのような現地での事例と一致する。

今回の実験では、鹿児島産のタイリクヒメハナカメムシしか用いていない。ヒメハナカメムシ類の休眠性には地理的変異が存在することが知られているが (Ito and Nakata, 2000; Shimizu and Kawasaki, 2001)、今後短日条件下での休眠率や臨界日長だけでなく、短日条件下

での温度の影響についても地域個体群間の比較を行う必要がある。

摘 要

タイリクヒメハナカメムシの生殖休眠の誘起に及ぼす温度の影響を11L13Dおよび鹿児島県の秋(10月)~初春(2月)における自然日長条件下で調べた。11L13D条件下では温度が低いほど休眠率が高く、本種の生殖休眠は短日条件とともに低温によって促進されることが分った。また、11L13D条件下では本種の生殖休眠を誘起するのに必要な臨界温度は18℃付近であると推定された。10月~翌年2月の自然日長条件下では、22℃ではどの時期に育っても本種は休眠しなかった。18℃では11月(光周期12L12D~11L13D)と12月(光周期11L13D)に、20℃では11月に育つと休眠個体が多く出現することが示された。光周期が11L13D一定の場合と自然日長条件下での実験結果の違いから、本種の休眠誘起には臨界日長および温度とともに、日長の変化も関与しているものと推察された。

引用文献

- Ito, K. and T. Nakata (1998) Effect of photoperiod on reproductive diapause in the predatory bugs, *Orius sauteri* (Poppius) and *Orius minutus* (Linnaeus) (Heteroptera: Anthocoridae). Appl. Entomol. Zool. 33: 115-120.
- Ito, K. and T. Nakata (2000) Geographical variation of photoperiodic response in the females of a predatory bugs *Orius sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae). Appl. Entomol. Zool. 35: 101-105.
- 柿元一樹・日本典秀・野田隆志 (2003) 鹿児島産ヒメハナカメムシ類3種の飼育温度と日長に対する反応. 応動昆 47: 19-28.
- Kawai, A. (1995) Control of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) by *Orius* spp. (Heteroptera: Anthocoridae) on greenhouse eggplant. Appl. Entomol. Zool. 30: 1-7.
- Kohno, K. (1997) Photoperiodic effect on incidence of reproductive diapause induction in *Orius sauteri* and *O. minutus* (Heteroptera: Anthocoridae). Appl. Entomol. Zool. 32: 644-648.
- Kohno, K. (1998) Thermal effects on reproductive diapause induction in *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). Appl. Entomol. Zool. 33: 487-490.
- 正木進三 (1999) 昆虫の光周反応と測時機構. 環境昆虫学(日高敏隆・松本義明監修, 本田計一・本田洋・田付貞洋編). 東京大学出版会(東京), pp. 9-26.
- 永井一哉 (1990) 露地栽培ナスにおけるハナカメムシ *Orius* sp. によるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果. 応動昆 34: 109-114.
- 永井一哉・平松高明・逸見 尚 (1988) ハナカメムシ *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) によるミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) の密度抑制について. 応動昆 32: 300-304.
- Ruberson, J. R., Y. J. Shen and T. J. Kring (2000) Photoperiodic sensitivity and diapause in the predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 1123-1130.
- Shimizu, T. and K. Kawasaki (2001) Geographic variability in diapause response of Japanese *Orius* species. Entomol. Exp. Appl. 98: 303-316.
- 高井幹夫 (2002) 促成栽培ナスにおけるタイリクヒメハナカメムシを利用したアザミウマ類の防除. 農薬ガイド 101: 8-10.
- Tauber, M.J., C.A. Tauber and S. Masaki (1986) Seasonal Adaptation of Insects. Oxford University Press (New York), pp. 411.
- Yasunaga, T. (1997a) The flower bug genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae) from Japan and Taiwan, part I. Appl. Entomol. Zool. 32: 355-364.
- Yasunaga, T. (1997b) The flower bug genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae) from Japan and Taiwan, part II. Appl. Entomol. Zool. 32: 379-386.
- Yasunaga, T. (1997c) The flower bug genus *Orius* Wolff (Heteroptera: Anthocoridae) from Japan and Taiwan, part III. Appl. Entomol. Zool. 32: 387-394.

(2003年4月30日受領; 7月4日受理)