

ムラサキツバメの発育に対する温度周期の影響

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
著者名	麻生,秀徳 井上,大成 小山,達雄
発行元	日本応用動物昆虫学会
巻/号	50巻3号
掲載ページ	p. 241-246
発行年月	2006年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ムラサキツバメの発育に対する温度周期の影響

麻生 秀徳^{1,†}・井上 大成^{2,*}・小山 達雄^{1,‡}

¹ 宇都宮大学農学部応用昆虫学研究室

² 森林総合研究所

Effect of Thermoperiod on Immature Development of Powdered Oakblue, *Narathura bazalus* (Hewitson) (Lepidoptera: Lycaenidae). Hidenori ASOU,^{1,††} Takenari INOUE^{2,*} and Tatsuo KOYAMA^{1,‡‡} ¹Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University; 350 Mine, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan. ²Forestry and Forest Products Research Institute; Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 50: 241-246 (2006)

Abstract: Eggs, larvae and pupae of *Narathura bazalus* (Hewitson) were reared at constant (17, 20, 23, 25 or 28°C) or fluctuating (14-20, 17-23, 20-26, 22-28 or 25-31°C) temperatures superimposed on a photoperiod of 12L:12D (12 h light: 12 h dark) and 15L:9D. When insects were reared under lower temperature conditions (mean temperature of 17, 20, 23 and 25°C under 12L:12D, and 17°C under 15L:9D), the developmental period (egg to adult emergence) was significantly shorter than that at constant temperatures corresponding to the mean of fluctuating temperatures. This mechanism permits rapid development completion even at low temperatures during autumn, helping to increase the number of adults in the overwintering stage in this species. Based on the developmental zero and the total effective temperature for development obtained in this study, the number of generations per year in *N. bazalus* in Tsukuba, central Japan, was estimated to be four on the assumption that oviposition by overwintered females takes place in early April.

Key words: *Narathura bazalus*; thermoperiod; developmental zero; total effective temperature; number of generations

緒 言

ムラサキツバメ *Narathura bazalus* (Hewitson) は、マテバシイ *Lithocarpus edulis* とシリブカガシ *L. glabra* を主な食樹とする多化性のシジミチョウである (福田ら, 1984)。本種は従来東日本には分布していなかったが、1990年代後半から2000年代前半までの間に、東海地方東部と関東地方全域に分布を拡大した (井上, 2005)。

多くの昆虫が、日長や温度などの様々な環境要因に反応することによって生活史を制御している (Tauber et al., 1986; Danks, 1987)。多くのチョウでも、休眠についての光周期反応や季節型の環境支配が知られている (正木・矢田, 1988)。アメリカシロヒトリ *Hyphantria cunea* では日本への侵入後、一部の地域で2化性から3化性にシフトし、休眠を誘導する臨界日長や有効積算温量が増加したと考えられている (五味, 1993, 2004; Gomi and Takeda, 1990, 1991)。

そのため、新しい地域に侵入した昆虫について、侵入直後の発育・休眠特性を明らかにして今後の比較材料を得ておくことは重要である。我々は既に、ムラサキツバメの関東地方における発生経過や卵巣発育におよぼす温度と日長の影響について報告してきた (小山・井上, 2004, 2006)。また井上・小山 (2003) は、本種を様々な定温条件で飼育することにより、発育日数や実験的に推定された世代経過について報告した。しかし、井上・小山 (2003) の実験は、主として野外から採集した卵を用いて行われたため、特に卵の供試数が少なく発育零点と有効積算温量の値が正確ではなかった可能性が高い。また、光周期、気温、日射、湿度などの様々な要因によって、野外と室内における観察結果は矛盾するかもしれない (Dingle, 1985; Hasegawa and Tanaka, 1996)。Beck (1983) は、温度の日変化に対する発育反応が種ごとに異なることを示した。ウリハムシモドキ *Atrachya menetriesi* では、定温条件で飼育した場合よりも

* 連絡者

† 現在 株式会社ユニカス

‡ 現在 横浜植物防疫所東京支所

†† Present address: UNICAS Co., Ltd., 2-5-2 Kandasuda-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0041, Japan

‡‡ Present address: Yokohama Plant Protection Station, Tokyo sub-station, 2-56 Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

2006年4月20日受領 (Received 20 April 2006)

2006年5月24日登載決定 (Accepted 24 May 2006)

DOI: 10.1303/jjaez.2006.241

変温条件で飼育した場合に産卵前期間が短くなり、その差は平均温度が低いほどより大きかった (Yamashiro et al., 1998). このように、昆虫の発育には温度周期が影響することが知られている。従って、野外での世代経過をより正確に推定するためには、気温の日較差がムラサキツバメの発育に与える影響について検討する必要がある。本研究では、ムラサキツバメの卵、幼虫、蛹を定温条件と変温条件で飼育し、発育特性を比較した。また、その結果を利用してつくば市での世代経過を推定した。

宇都宮大学農学部の稲泉三丸教授 (当時) および高橋滋講師には、麻生と小山に対して終始丁寧なご指導を頂いた。本文に先立ち厚く御礼を申し上げる。

材料および方法

1. 日長と温度周期が発育期間と前翅長におよぼす影響

2003年および2004年に茨城県つくば市の野外で採集した雌成虫を円柱形の吹き流し (直径約30cm, 高さ約35cmの網状容器) 内に入れ、約20~28°Cの室温で日長は特に制御せずに飼育して産卵させた。産まれた卵を24時間以内に、底にろ紙を敷いたプラスチックカップ (口径約8cm, 底面直径約6.5cm, 高さ約3.5cm) に入れ、日長と温度が異なる20種類の条件に保たれたインキュベータ (日本医化機器製作所製のバイオマルチンキュベータ (LH-30-8CT); 温度制御の精度は $\pm 1^\circ\text{C}$) 内で飼育した。日長として、12L:12D (短日条件) または15L:9D (長日条件) を用いた。飼育温度として、17°C, 20°C, 23°C, 25°C, 28°Cの5つの定温条件、または平均温度がこれらと同じ5つの変温条件を用いた。変温条件では、平均温度より3°C低い温度と、3°C高い温度を用い、定温条件と平均温度を同じにするために12時間ごとにタイマーで温度を切り替えた。この際、温度切り替えの中央時刻と明暗切り替えのそれとを一致させた。即ち、例えば17°C変温条件では、暗期の中央時刻を中心とする12時間は14°Cに、明期の中央時刻を中心とする12時間は20°Cになるように切り替えた。以下、飼育条件を表現する場合には、平均温度、定温・変温の別、短日・長日の別を組み合わせた名称 (例: 17°C定温短日条件, 20°C変温長日条件) を用いる。幼虫の餌にはマテバシイの新葉を用い、毎日新鮮な餌と交換した。各個体の産卵日、孵化日、蛹化日および羽化日を記録した。羽化した成虫の前翅長を電子ノギスで測定した。各個体の前翅長として、左右の平均値を用いた。また、外見的に前翅が完全に伸びきっていない個体では、前翅長を測定しなかった。

2. つくば市における世代経過の推定

実験で得られた各ステージの発育零点と有効積算温量の値を用いて、茨城県つくば市における世代経過を推定した。水戸地方気象台ホームページの電子閲覧室 (<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/mito>)

によって、つくば市における4月から12月までの毎日の平均気温を1996年から2005年について抽出した後、日付ごとに10年間の値を平均して使用した。井上・小山 (2003) は、関東地方周辺での第1世代の卵や幼虫の発見時期に関する文献記録から、越冬後成虫は4月上旬~5月上旬に産卵すると仮定した。本報ではこの仮定に倣って、越冬後成虫が、4月5日、4月15日、4月25日、5月5日に産卵した場合を想定して世代数を推定した。

結 果

1. 各ステージの発育期間

同じ飼育条件における卵期間、幼虫期間 (前蛹期間を含む)、蛹期間、産卵から羽化までの全発育期間を雌雄間で比較した結果、幼虫期間の20°C変温短日条件と蛹期間の28°C定温短日条件を除き、雌雄間で有意差はなかった (t -検定, $p>0.05$)。このため、雌雄を区別せずに発育期間を計算した。

卵期間は、平均温度17, 20, 23, 25, 28°Cの順に、7.1~8.6日, 5.4~5.8日, 4.2~4.5日, 3.7~4.0日, 3.3~3.4日の間にあった (Table 1)。卵の発育零点は7.6~9.6°C、有効積算温量は59.9~69.2日度だった (Table 2)。卵期間を短日条件と長日条件で比較すると、短日条件の方が短い場合が多かったが、いずれの場合も有意差はなかった (t -検定, $p>0.05$)。また定温条件と変温条件で比較すると、定温条件よりも変温条件の方が短い場合と長い場合とが半々だった。しかし、短日条件、長日条件ともに17°Cでは有意差があり、変温の方が短かった ($p<0.05$)。

幼虫期間は、平均温度17°Cから28°Cまで順に、34.0~37.2日, 26.6~30.3日, 21.0~24.5日, 18.0~21.3日, 16.4~17.1日の間にあった。幼虫の発育零点は6.4~8.9°C、有効積算温量は325.8~359.5日度だった。幼虫期間を短日条件と長日条件で比較すると、25°C以下の温度では短日条件の方が短く、定温条件、変温条件ともに17°C, 20°C, 23°C, 25°Cでは有意差があった ($p<0.05$)。また定温条件と変温条件で比較すると、変温条件の方が短い場合が多く、短日条件の17°C, 23°C, 25°Cでは有意差があった ($p<0.05$)。

蛹期間は、平均温度17°Cから28°Cまで順に、21.5~24.5日, 15.3~17.4日, 12.7~13.1日, 11.1~11.8日, 9.3~9.5日の間にあった。蛹の発育零点は8.3~10.3°C、有効積算温量は166.5~185.2日度だった。蛹期間を短日条件と長日条件で比較すると、定温条件の28°Cを除いて長日条件よりも短日条件の方が短く、定温条件では17°Cと20°Cで、変温条件では17°C, 20°C, 25°Cで有意差があった ($p<0.05$)。また定温条件と変温条件で比較すると、変温条件の方が短い場合が多く、短日条件では17°Cと20°Cで、

Table 1. Developmental period of *N. bazalus* at different temperature and photoperiod conditions

Mean temperature (°C)	Duration (mean±SD (n), d)			
	Constant temperature		Fluctuating temperature	
	12L : 12D	15L : 9D	12L : 12D	15L : 9D
Egg				
17	8.16±1.39 (58)	8.64±1.25 (55)	7.12±0.83 (49) [#]	7.18±0.86 (55) [#]
20	5.45±0.94 (20)	5.41±0.94 (17)	5.48±0.75 (21)	5.82±0.50 (22)
23	4.20±0.77 (20)	4.42±1.07 (19)	4.24±0.54 (21)	4.52±0.81 (21)
25	3.86±0.71 (22)	3.96±0.77 (23)	3.65±0.67 (20)	3.88±0.60 (17)
28	3.40±0.51 (15)	3.27±0.59 (15)	3.33±0.77 (18)	3.42±0.69 (19)
Larva				
17	35.74±3.09 (58)	37.20±3.30 (55)*	33.92±2.49 (49) [#]	36.13±3.19 (55)*
20	27.65±2.25 (20)	30.29±2.71 (17)*	26.57±1.66 (21)	29.09±1.95 (22)*
23	22.35±1.42 (20)	24.53±2.34 (19)*	21.00±1.18 (21) [#]	24.00±1.34 (21)*
25	19.18±1.71 (22)	20.78±1.44 (23)*	18.00±1.86 (20) [#]	21.29±1.36 (17)*
28	17.13±1.41 (15)	16.40±1.59 (15)	17.00±1.03 (18)	16.95±1.27 (19)
Pupa				
17	23.55±1.21 (58)	24.55±1.03 (55)*	21.49±1.39 (49) [#]	23.07±1.39 (55)* [#]
20	16.70±1.08 (20)	17.41±0.80 (17)*	15.29±0.96 (21) [#]	16.86±0.99 (22)*
23	12.70±0.92 (20)	12.95±0.71 (19)	12.81±0.87 (21)	13.14±0.96 (21)
25	11.41±0.96 (22)	11.57±1.12 (23)	11.10±0.64 (20)	11.76±0.75 (17)*
28	9.53±0.64 (15)	9.33±0.62 (15)	9.33±0.49 (18)	9.47±0.70 (19)
Oviposition to adult emergence				
17	67.41±3.59 (58)	70.38±3.26 (55)*	62.63±2.81 (49) [#]	66.38±3.69 (55)* [#]
20	49.80±1.82 (20)	53.12±2.93 (17)*	47.33±1.71 (21) [#]	51.77±2.16 (22)*
23	39.25±1.97 (20)	41.89±2.75 (19)*	38.05±1.43 (21) [#]	41.67±2.29 (21)*
25	34.45±2.15 (22)	36.30±2.24 (23)*	32.75±1.65 (20) [#]	36.94±1.30 (17)*
28	30.07±1.33 (15)	29.00±2.04 (15)	29.67±1.57 (18)	29.84±1.17 (19)

*: significantly different between 12L : 12D and 15L : 9D with the same temperature regime ($p < 0.05$).[#]: significantly different between constant and fluctuating temperatures with the same photo-regime ($p < 0.05$).Table 2. Parameters of regression lines of $1/D$ on T , developmental zeros (T_0) and the total effective temperatures (K) of *N. bazalus* for each developmental stage

Developmental stage	Photoperiod	Slope	Intercept	R^2	T_0	K
Constant temperature						
Egg	12L : 12D	0.0156	-0.1328	0.980	8.52	64.16
	15L : 9D	0.0167	-0.1599	0.990	9.59	59.94
Larva	12L : 12D	0.0028	-0.0202	0.995	7.12	352.81
	15L : 9D	0.0031	-0.0274	0.974	8.93	325.77
Pupa	12L : 12D	0.0057	-0.0533	0.998	9.41	176.46
	15L : 9D	0.0060	-0.0619	0.998	10.31	166.55
Oviposition to adult emergence	12L : 12D	0.0017	-0.0138	0.997	8.14	589.51
	15L : 9D	0.0018	-0.0174	0.992	9.54	548.94
Fluctuating temperature						
Egg	12L : 12D	0.0152	-0.1164	0.987	7.67	65.89
	15L : 9D	0.0145	-0.1104	0.993	7.63	69.16
Larva	12L : 12D	0.0028	-0.0181	0.975	6.40	353.49
	15L : 9D	0.0028	-0.0209	0.981	7.52	359.48
Pupa	12L : 12D	0.0054	-0.0446	0.997	8.26	185.16
	15L : 9D	0.0056	-0.0520	0.996	9.33	179.61
Oviposition to adult emergence	12L : 12D	0.0017	-0.0120	0.998	7.22	602.58
	15L : 9D	0.0016	-0.0128	0.991	7.86	615.50

長日条件では 17°C で有意差があった ($p < 0.05$).

産卵から羽化までの全発育期間は、平均温度 17°C から 28°C まで順に、62.6~70.4 日、47.3~53.1 日、38.0~41.9 日、32.8~36.9 日、29.0~30.1 日の間にあった。発育零点は 7.2~9.5°C、有効積算温量は 548.9~615.5 日度だった。産卵から羽化までの期間を短日条件と長日条件で比較すると、定温条件の 28°C を除いて、長日条件よりも短日条件で短く、定温条件、変温条件ともに 17°C、20°C、23°C、25°C で有意差があった ($p < 0.05$)。定温条件と変温条件で比較すると、長日条件の 25°C、28°C を除いて、定温条件よりも変温条件で発育期間が短く、短日条件では 17°C、20°C、23°C、25°C で、長日条件では 17°C で有意差があった ($p < 0.05$)。

卵、幼虫、蛹の発育零点は、短日・長日条件を問わず、いずれも定温条件の方が変温条件よりも約 1~2°C 高かった (Table 2)。

2. 前翅長

同一飼育条件で比較した場合、どの条件でも雄の前翅長が雌のそれよりもやや長く、20 種類の実験条件のうちの 7 つ (17°C 定温短日条件、17°C 変温長日条件、20°C 変温長日条件、23°C 定温短日条件、23°C 定温長日条件、23°C 変温短日条件、23°C 変温長日条件) で有意差があった (t -検定, $p < 0.05$)。このため、雌雄を区別して前翅長を計算した。

長日条件と短日条件を比較した場合には、17°C 定温で飼育した雄を除いて、長日条件で飼育した個体の前翅長の方が短日条件で飼育した個体のそれよりもやや長かった (Table 3)。雄では 17°C 変温、20°C 定温、20°C 変温、

23°C 変温、雌では 23°C 変温において、日長条件間に有意差があった ($p < 0.05$)。定温条件と変温条件で比較した場合には、飼育条件と前翅長との間に特定の傾向は見られなかった。しかし、雄では 17°C 短日と 23°C 短日、雌では 17°C 短日では有意差があり ($p < 0.05$)、これらの条件では変温条件で飼育した個体の前翅長の方が定温条件で飼育した個体のそれよりもやや短かった。飼育温度の上昇 (下降) に伴う前翅長の変化には、特定の傾向は見られなかった。日長と温度周期 (変温であるか定温であるか) が同じ条件において、5 つの平均温度間で前翅長を比較した場合、雄では定温短日条件 (17°C と 20°C の間) および変温長日条件 (23°C と 28°C の間) で有意差がみられた (Table 3; Tukey の HSD テスト, $p < 0.05$) が、これら以外では有意差はなかった。

3. つくば市における世代経過の推定

各発育ステージの発育日数は、定温条件と変温条件で異なったため、定温条件で得られた発育零点と有効積算温量の値を用いた場合と、変温条件で得られたそれらの値を用いた場合のそれぞれで世代経過を推定した。日長条件によっても各ステージの発育日数が異なったため、第 1 世代から第 3 世代については長日条件で、第 4 世代については短日条件で得られた発育零点と有効積算温量の値を用いた。ムラサキツバメの卵巣発育には日長と温度が影響し、日長が短日になるほど、また 25°C と 20°C では 20°C の方が卵巣を発育させにくい (小山・井上, 2006)。小山・井上 (2006) の実験結果をもとに、第 1 世代、第 2 世代、第 3 世代成虫の産卵前期間を、それぞれ 5 日、3 日、7 日と仮定した。

Table 3. Length of forewing of *N. bazalus* reared under different temperature and photoperiod conditions

Mean temperature (°C)	Forewing length (mean±SD (n), mm)			
	Constant temperature		Fluctuating temperature	
	12L:12D	15L:9D	12L:12D	15L:9D
Male				
17°C	22.47±0.50 a (12)	22.12±0.59 a (10)	21.17±1.47 a (11) [#]	22.70±0.76 ab (8)*
20°C	21.30±1.39 b (11)	22.54±0.70 a (9)*	21.78±0.53 a (13)	22.99±0.55 ab (9)*
23°C	22.66±0.54 ab (6)	23.17±0.37 a (7)	21.93±0.62 a (11) [#]	23.34±0.63 a (8)*
25°C	21.68±1.09 ab (9)	22.78±1.46 a (11)	22.24±0.75 a (7)	22.85±0.95 ab (12)
28°C	21.82±0.73 ab (7)	22.39±1.33 a (7)	21.67±0.61 a (9)	22.03±0.89 b (10)
Female				
17°C	21.79±0.63 a (15)	21.88±0.64 a (7)	21.07±0.39 a (9) [#]	21.43±1.54 a (13)
20°C	21.16±0.80 a (8)	22.08±0.92 a (7)	21.96±0.52 a (6)	22.39±0.49 a (11)
23°C	21.57±0.82 a (13)	22.09±0.45 a (10)	20.77±1.21 a (10)	22.15±1.08 a (13)*
25°C	20.71±0.65 a (11)	22.48±1.13 a (11)	21.72±0.85 a (12)	22.20±0.42 a (4)
28°C	21.30±0.92 a (8)	21.48±1.16 a (5)	20.96±0.94 a (8)	21.61±0.82 a (9)

*: significantly different between 12L:12D and 15L:9D with the same temperature regime ($p < 0.05$).

[#]: significantly different between constant and fluctuating temperatures with the same photo-regime ($p < 0.05$).

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p > 0.05$; by Tukey's HSD test).

越冬後成虫が4月5日から5月5日に産卵した場合、第1世代が6月中・下旬に、第2世代が7月下旬から8月上旬に、第3世代が9月上・中旬に羽化すると推定された。第3世代の推定羽化日は、変温条件では定温条件よりも1~3日早かった。また、第4世代はいずれの場合も蛹化はできると推定され、変温条件では定温条件よりも推定蛹化日は5~11日早かった。第4世代は、越冬後成虫が4月5日に産卵して変温条件に基づいて発育した場合にだけ羽化でき、羽化時期は11月下旬であると推定された。

考 察

井上・小山(2003)は、ムラサキツバメの定温条件下での発育期間は、低温では短日条件の方が短く、高温では長日条件の方が短くなることを示した。本研究でも有意差はなかったものの、28°Cの定温では長日条件の方がどのステージでも発育期間は長かった(Table 1)。しかし平均温度25°C以下では、発育期間は短日条件の方が短く、特に変温条件では温度が低くなるにつれて日長条件間の差が大きくなった(Table 1)。また、全てのステージで発育零点は定温条件よりも変温条件で低かった(Table 2)。ゴキブリ *Blatta orientalis* は36°Cに20時間置かれた後には9.5°Cで活動できなくなったが、12~14°Cに暴露された後には2°Cまで下がっても活動できた(Mellanby, 1939)。他のいくつかの昆虫でも低温麻痺に陥る温度が順化温度に影響されることが知られており、Yamashiro et al. (1998)は、温度周期における低温相の間に発育零点がそれらのような低温順化と類似した変化をするなら、有効温量が増加して、結果として発育が早まるという仮説を立てた。本研究では変温条件の日較差を一律に6°Cとしたが、野外の日較差は6°Cより大きい場合も多く、平均温度は同じでも実験に用いられた最低温度より低い温度を経験することもあるだろう。もし上記の仮説が本種にも当てはまるのであれば、自然条件ではさらに早く発育することができのかもしれない。気温の低い10月下旬から11月下旬に野外から幼虫または前蛹の状態で採集され、25°Cの定温条件(16L:8D)に移して飼育された個体の平均蛹期間は9.6日であった(田中・井上, 2001)。これは今回の実験の25°Cにおける蛹期間よりも約2日短く、28°Cでのそれとほぼ同じである。このことは、上記の推定を裏付ける傍証となるかもしれない。

タマナヤガ *Agrotis ipsilon* では、温度周期は幼虫の体サイズに影響した(Beck, 1986)。ムラサキツバメの前翅長には、定温条件と変温条件の間でほとんど差はなかった。しかし、短日条件よりも長日条件でやや長かった(Table 3)。井上・小山(2003)も同様に、短日条件より長日条件で飼育した個体の前翅長の方が長いという結果を示した。本種の体サイズは温度周期よりも日長に強く影響されている可能性が高い。

ムラサキツバメの野外での成虫個体数には、6月中旬から7月中旬、7月下旬から8月中旬、8月下旬から9月上旬にピークが見られた(小山・井上, 2004)。食樹であるマテバシイの新芽は、都市環境では人為的な剪定によって秋までの間連続して存在するため(小山・井上, 2004)、世代経過の制限要因にはならない。定温条件下で得られたパラメータを用いた場合、第4世代は羽化できないと推定されたが、変温条件下で得られたパラメータを用いた場合には、越冬後成虫が早い時期に産卵した場合に限り羽化できると推定された。特に低温・短日になる秋に、温度の日較差を利用して発育を早め、羽化する成虫数を増加させることは、成虫越冬する本種にとって適応的であるといえる。10月から11月につくば市付近の野外で採集された前蛹および蛹はその約半数しか、12月までに羽化しなかった(小山・井上, 2004)。またつくば市の野外の網室での2001年の飼育実験では、10月17日以前に蛹化した個体の中には羽化するものが見られたが、10月19日以降に蛹化した場合には、羽化できなかった(井上・小山, 2003)。このことから、本種の第4世代は羽化できても少数であると思われる。これは、今回の推定結果とほぼ一致する。このようにつくば市での本種の発生生態をよりよく推定し得たのは、変温条件下で得られたパラメータを用いた場合であった。井上(2005)は主要な食樹であるマテバシイの植栽分布から、ムラサキツバメの発生北限は現在と同じ関東地方北部から東北地方南部までとなり、それが東北地方北部にまでおよぶことは近い将来にはないだろうとした。今後の分布拡大の様相を予想するためには、成虫が越冬可能な温度条件等を明らかにしなければならない。また、発育零点や有効積算温量などの発育特性に地理的な違いがあるかどうかを調べる必要がある。

摘 要

ムラサキツバメの卵、幼虫、蛹を、短日(12L:12D)または長日(15L:9D)と、定温(17, 20, 23, 25, 28°C)または平均温度がこれらと同じになるように調節した変温(14-20, 17-23, 20-26, 22-28, 28-31°C)を組み合わせた様々な条件で飼育した。産卵から羽化までの全発育期間は、平均温度17~28°Cにおいて、それぞれ、定温短日条件で67.4, 49.8, 39.3, 34.5, 30.1日、定温長日条件で70.4, 53.1, 41.9, 36.3, 29.0日、変温短日条件で62.6, 47.3, 38.0, 32.8, 29.7日、変温長日条件で66.4, 51.8, 41.7, 36.9, 29.8日であった。全発育期間を長日条件と短日条件で比較した場合、定温・変温条件ともに平均温度17, 20, 23, 25°Cにおいて長日条件より短日条件で有意に短かった。全発育期間を低温条件と変温条件で比較した場合、短日では平均温度17, 20, 23, 25°Cにおいて、長日では平均温度17°Cにおいて定温条件より変温条件で有

意に短かった。即ち、変温による発育期間の短縮は短日・低温下においてより顕著であった。この反応は、特に秋の気候条件のもとで、幼虫や蛹の発育を早め、越冬ステージである成虫になる可能性を高くすると考えられる。越冬後成虫が4月上旬頃に産卵した場合、本種は茨城県つくば市において4世代を完了できると考えられた。

引用文献

- Beck, S. D. (1983) Insect thermoperiod. *Annu. Rev. Entomol.* 28: 91-108.
- Beck, S. D. (1986) Effects of photoperiod and thermoperiod on growth of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 821-828.
- Danks, H. V. (1987) *Insect Dormancy: An Ecological Perspective*. Biological Survey of Canada, Ottawa. 439 pp.
- Dingle, H. (1985) Migration. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology 4* (G. A. Kerkut and L. I. Gilbert eds.). Pergamon Press, Oxford, pp. 375-415.
- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之 (1984) 原色日本蝶類生態図鑑 (III). 保育社, 大阪. 373 pp. [Fukuda, H., E. Hama, T. Kuzuya, A. Takahashi, M. Takahashi, B. Tanaka, H. Tanaka, M. Wakabayashi and Y. Watanabe (1984) *The Life Histories of Butterflies in Japan III*. Hoikusha Publishing Co., Osaka. 373 pp.]
- 五味正志 (1993) アメリカシロヒトリにおける分布の拡大と化性の変化. 昆虫の季節適応と休眠 (竹田真木生・田中誠二編). 文一総合出版, 東京, pp. 44-53. [Gomi, T. (1993) Expansion of the distribution range with a shift in voltinism in the fall webworm, *Hyphantria cunea*. In *Seasonal Adaptation and Diapause in Insects* (M. Takeda and S. Tanaka eds.). Bun-ichi Sôgô Shuppan, Tokyo, pp. 44-53.]
- 五味正志 (2004) 侵入昆虫アメリカシロヒトリの適応と分布拡大. 休眠の昆虫学 (田中誠二・楡垣守男・小滝豊美 編). 東海大学出版会, 秦野, pp. 105-128. [Gomi, T. (2004) Adaptation and expansion of the distribution range in an introduced insect, *Hyphantria cunea*. In *Insect Diapause: Mechanisms and Evolution* (S. Tanaka, M. Higaki and T. Kotaki eds.). Tokai University Press, Hadano, pp. 105-128.]
- Gomi, T. and M. Takeda (1990) The transition to a trivoltine life cycle and mechanisms that enforce the voltinism change in *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) in Kobe. *Appl. Entomol. Zool.* 25: 483-489.
- Gomi, T. and M. Takeda (1991) Geographical variation in photoperiodic responses in an introduced insect, *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 26: 357-363.
- Hasegawa, E. and S. Tanaka (1996) Sexual maturation in *Locusta migratoria* females: laboratory vs. field conditions. *Appl. Entomol. Zool.* 31: 279-290.
- 井上大成 (2005) ムラサキツバメの茨城県における分布拡大. 蝶と蛾 56: 287-296. [Inoue, T. (2005) Spread of the distributional range of *Narathura bazalus* (Hewitson) (Lepidoptera, Lycaenidae) in Ibaraki prefecture, central Japan. *Trans. Lepid. Soc. Japan* 56: 287-296.]
- 井上大成・小山達雄 (2003) 茨城県産ムラサキツバメの幼虫・蛹の発育における温度・日長反応および蛹越冬の可能性の検討. 蝶と蛾 54: 163-176. [Inoue, T. and T. Koyama (2003) Effects of photoperiod and temperature on development of immature stages and the potentiality of pupal overwintering in the Ibaraki population of *Narathura bazalus* (Hewitson) (Lepidoptera, Lycaenidae). *Trans. Lepid. Soc. Japan* 54: 163-176.]
- 小山達雄・井上大成 (2004) 関東地方北部におけるムラサキツバメの発生経過. 昆虫 (ニューシリーズ) 7: 143-153. [Koyama, T. and T. Inoue (2004) Seasonal development of *Narathura bazalus* (Hewitson) (Lepidoptera: Lycaenidae) in the northern Kanto district, central Japan. *Jpn. J. Ent. (N.S.)* 7: 143-153.]
- 小山達雄・井上大成 (2006) 関東地方産ムラサキツバメの卵巣発育に及ぼす温度・日長の影響. 蝶と蛾 57: 43-48. [Koyama, T. and T. Inoue (2006) Effects of temperature and photoperiod on ovarian development in the northern Kanto population of *Narathura bazalus* (Hewitson) (Lepidoptera, Lycaenidae). *Trans. Lepid. Soc. Japan* 57: 43-48.]
- 正木進三・矢田 脩 (1988) 蝶の季節適応と光周性. 日本鱗翅学会特別報告 6: 341-383. [Masaki, S. and O. Yata (1988) Seasonal adaptation and photoperiodism in butterflies. *Spec. Bull. Lep. Soc. Japan* 6: 341-383.]
- Mellanby, K. (1939) Low temperature and insect activity. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* 127: 473-487.
- 田中健一・井上大成 (2001) 茨城県南部におけるムラサキツバメの発生. やどりが 188: 54-57. [Tanaka, K. and T. Inoue (2001) Occurrence of *Narathura bazalus* in the south part of Ibaraki prefecture. *Yadoriga* 188: 54-57.]
- Tauber, M. J., C. A. Tauber and S. Masaki (1986) *Seasonal Adaptation of Insects*. Oxford University Press, New York. 411 pp.
- Yamashiro, C., Y. Ando and S. Masaki (1998) Thermoperiod reduces the thermal constant required for oviposition in the leaf beetle *Atrachya menetriesi*. *Entomol. Sci.* 1: 299-307.