

매미나방(*Lymantria dispar*) 발육에 미치는 온도의 영향

조아해* · 김효정 · 이진희 · 김지인

전라남도농업기술원 친환경농업연구소

Effects of Temperature on the Development of Gypsy moth (*Lymantria dispar*)

A-Hae Cho*, Hyo-Jeong Kim, Jin-Hee Lee, Ji-in Kim

Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 58213, Korea

ABSTRACT: Gypsy moth (*Lymantria dispar*), a polyphagous insect pest belonging to the family Lymantriidae, is widely distributed in Korea, Japan, Siberia, Europe, and North America. They pose a threat to various host plants including pear trees, apple trees, and blueberries. Traditionally considered a forest pest, the increasing incursion of gypsy moths into agricultural land near forested areas has intensified damage to crops lacking effective control methods. This study aimed to investigate the temperature-dependent development of gypsy moths to enhance outbreak prediction and advance technology development. The effects of temperature on development of each life stage were investigated under constant temperature conditions of 18, 21, 24, 27, 30, and 33°C (14L:10D, RH 60±5%) utilizing egg masses collected in Jeollanam-do Jangheung-gun in 2021. The results revealed that higher temperatures accelerated the development rate of the gypsy moth larvae with optimal development occurring at 30°C. However, the survival rate was lowest at 33°C. At the favorable temperature of 30°C, the total development period was 43.8 days for females and 42.5 days for males. The developmental threshold temperature were 13.1°C for females and 12.5°C for males, with effective accumulated temperature of 641.1 DD and 657.8 DD, respectively.

Key words: *Lymantria dispar*, Developmental threshold temperature, Effective accumulated temperature, Temperature-dependent development model

조 록: 매미나방(*Lymantria dispar*)은 나비목(Lepidoptera) 독나방과(Lymantriidae)에 속하는 해충으로 매미나방은 한국, 일본, 시베리아, 유럽, 북아메리카 등에 분포하며, 주로 배나무, 사과나무, 블루베리 등의 식물을 가해하는 광식성 해충이다. 매미나방은 수목해충으로 관리되어 왔으나 최근 산림 발생지 인접 농경지로 유입 빈도가 높아지면서 방제 대책이 수립되지 않은 농작물에 피해가 심하다. 본 연구는 매미나방(*L. dispar*)의 방제기술의 일환으로 매미나방 발육에 미치는 온도의 영향을 알아보기 위해 2021년 전라남도 장흥군 황금측백나무에서 채집한 알집을 이용해 18, 21, 24, 27, 30, 33°C (14L:10D, 상대습도 60±5%) 항온조건에서 온도별, 발육단계별 발육기간을 조사하였다. 매미나방 유충의 발육속도는 온도가 높을수록 빨라졌으나, 매미나방 유충의 생존율이 33°C에서 가장 낮게 나타났다. 따라서 발육적온은 30°C였으며, 30°C에서 총 발육기간은 암컷 43.8일, 수컷 42.5일 소요되었다. 암컷과 수컷 발육영점온도는 각각 13.1°C, 12.5°C, 유효적산온도는 각각 641.1 DD, 657.8 DD였다.

검색어: 매미나방, 발육영점온도, 유효적산온도, 온도발육모형

매미나방은 1860년대 유럽에서 보고되었으며(Liebhold et al., 1989), IUCN (International Union for the Conservation of Nature)에 의해 세계 100대 최악의 침입자들 중 하나로 선정되

었다(Lowe et al., 2000). 그동안 국내에서도 대발생하여 국지적인 수준에서 피해를 준 사례는 있었으나, 2020년에는 전라권역을 제외한 거의 모든 지역에서 대발생하여 큰 피해를 주고 있다(Jung et al., 2020). 매미나방의 피해는 산림뿐만 아니라 인근 도심 공원에도 유충과 성충이 발생하여 도시민에게도 정서적 피해를 끼치고 있다. 또한 매미나방은 산림 발생지 주변 농경지

*Corresponding author: ahae414@korea.kr

Received November 8 2023; Revised November 22 2023

Accepted November 29 2023

로의 유입 빈도가 높아지면서 과수 등 농작물의 피해가 예상됨에 따라 돌발적 발생에 대한 농작물 보호뿐만 아니라 식물검역 측면에서도 종합적 방제 대책이 필요하다(Lyu, 2015; Hwang et al., 2021). 매미나방의 온도별 발육특성에 대한 선행연구가 15, 20, 25, 30°C 온도 조건에서 진행되었으나(Lyu, 2015), 보다 세부적인 온도 조건에서 노출되었을 경우를 감안해 볼 때 추가적인 보완 연구가 필요하다고 생각된다. 따라서 본 연구는 매미나방에 대한 온도의존 발육모형을 18, 21, 24, 27, 30, 33°C 온도 조건에서 산출하여 발생예측 기술 개발을 위한 기초자료를 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

매미나방 채집 및 사육

매미나방의 알집은 2021년 3월 25일 전라남도 장흥군 부산면 구룡리(34°43'03"N, 126°54'02"E) 황금측백나무(*Platycladus orientalis*)에서 채집하였다. 채집한 알집은 Petri dish (ø150 × 20 mm, No. 10150, SPL, Korea)의 뚜껑을 열어 실내온도 23°C에 보관하였고, 부화한 유충은 1마리씩 Insect breeding dish (ø100 × 40 mm, No. 310102, SPL, Korea)에 옮겨 탈피각 관찰이 용이하도록 필터페이퍼(ø90 mm, No. 1001090, Whatman, UK)를 깔고 사육하였다. 기주식물로는 애기사과나무(*Malus prunifolia*)의 잎이 달린 1년생 가지를 80 mm 크기로 자르고, 수분 공급을 위해 절단 부위는 증류수에 적신 탈지면으로 감싼 후 40 × 40 mm 크기의 고밀도 폴리에틸렌 랩으로 덮어 수분 이탈을 방지하였다.

온도별 발육 실험

매미나방 발육실험은 Multiroom incubator (JSMI-08CPL, JSR, Korea)를 이용했으며, 온도 조건은 18, 21, 24, 27, 30, 33°C로 설정하였다. 각 온도별 광주기는 14L:10D (h), 상대습도는 60±5%이었으며, 총 20반복으로 수행하였다. 부화한 1령 유충은 1마리씩 Insect breeding dish로 옮긴 후 24시간 간격으로 실체현미경(CH/M125, Leica Microsystems, Germany)을 이용해 두정 크기와 탈피각을 확인하여 발육단계를 구분하였다.

발육모형 분석

Excel 프로그램을 이용하여 각 온도의 발육기간에 역수(1/발육기간)를 취하여 발육속도를 구하였다. 온도와 발육속도와의

상관관계는 2차 함수 $Y = ax^2 + bx + c$ 로 표현하였고, 발육속도가 0이 되는 온도 값을 찾아 발육영점온도 $T_0 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ 를 산출하였다. 각 공시온도(T_i)에서 발육영점온도(T_0)를 빼 값에 발육기간을 곱하여 얻은 값들의 평균값을 산출하여 발육단계별 유효적산온도 $DD = ((T_i - T_0) \cdot \text{발육기간})$ 를 구하였다(Choi et al., 2020).

통계 분석 방법

XLSTAT 프로그램을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 95%의 유의수준에서 Duncan's multiple range test을 진행했다.

결과 및 고찰

매미나방 유충의 발육속도는 온도가 높아질수록 빨라지는 경향을 보인 가운데, 암컷은 33°C, 수컷은 30, 33°C에서 가장 빨랐고, 암수 모두 18°C에서 가장 늦었다. 매미나방 발육단계별 발육속도는 1령에서부터 성충 우화까지의 결과를 보면 암컷은 18, 21, 24, 27, 30, 33°C 여섯 그룹으로, 수컷은 18, 21, 24, 27, (30, 33°C) 다섯 그룹으로 구분할 수 있었으며, 각 그룹 간에는 5% 유의수준에서 차이가 인정되었다(Fig. 1, 2).

본 시험에서 매미나방 암컷, 수컷의 온도변화에 따른 발육단계별 발육속도와의 관계식은 각각 $y = -0.00006x^2 + 0.0039x - 0.0408$ ($R^2 = 0.9966$), $y = -0.00006x^2 + 0.0041x - 0.0419$ ($R^2 = 0.9255$)으로 매우 높은 상관관계를 보였다(Fig. 1, 2). 이 결과를 바탕으로 전남지역에서 채집한 매미나방 개체군의 암컷과 수컷 발육영점온도는 각각 13.1°C, 12.5°C, 유효적산온도는 각각 641.1 DD, 657.8 DD였다.

매미나방 유충의 온도별 생존율은 공시온도 조건에 따라 60~100%로 차이를 보인 가운데, 27°C에서 100%로 가장 높았고 33°C에서는 60%로 가장 낮게 나타났다(Table 1). 이상의 연구 결과가 매미나방 발육에 적합한 최적발육온도는 발육속도가 가장 빨랐던 30, 33°C 중에 생존율이 높았던 30°C인 것으로 나타났다. 30°C에서 총 발육기간은 암컷 43.8일, 수컷 42.5일 소요되었다.

선행 연구결과(Lyu, 2015)에 따르면 매미나방의 발육기간은 수컷의 경우 상대적으로 짧은 가운데 15°C에서 140.3~149.7일로 가장 길고, 고온인 30°C에서 39.7~42.6일로 가장 짧았고 했는데, 이는 본 시험의 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 영기별 기간은 암수 모두 2령 기간이 가장 짧았으며 번데기 기

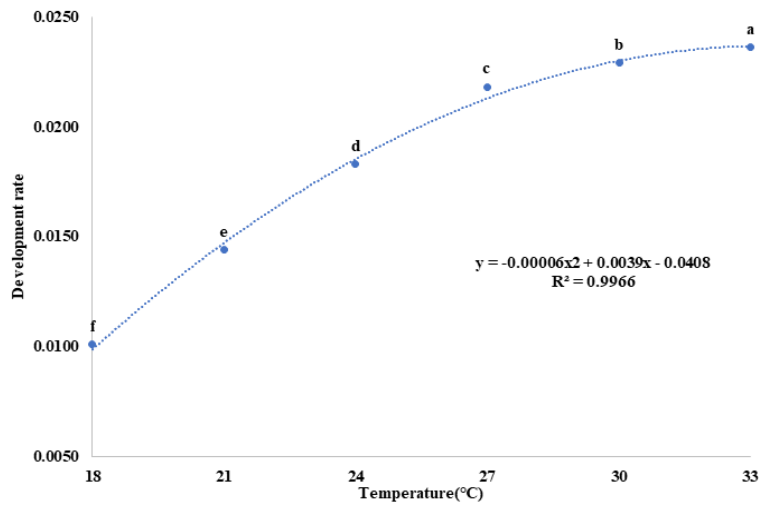


Fig. 1. Quadratic function depicting the relationship between temperature and development rate of Gypsy moth (*L. dispar*) females under different temperature conditions. Means with different letters significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

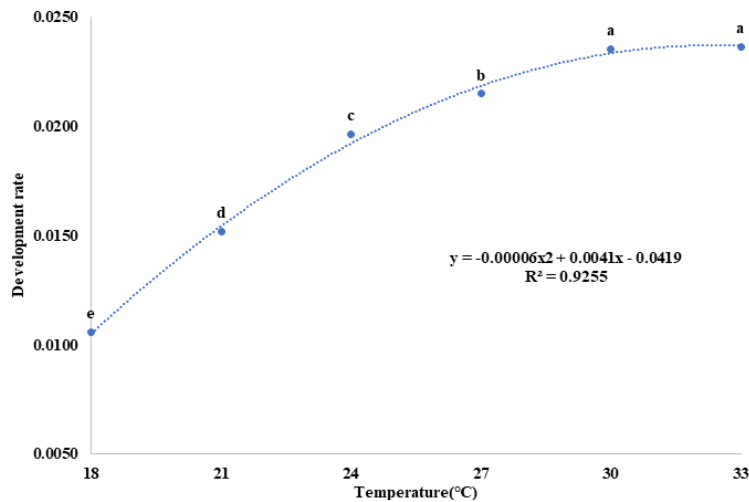


Fig. 2. Quadratic function depicting the relationship between temperature and development rate of Gypsy moth (*L. dispar*) males under different temperature conditions. Means with different letters significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 1. Development period and survival rates (S) of Gypsy moth (*L. dispar*) under different temperature conditions (14L:10D, RH 60±5%)

Stages	18°C		21°C		24°C		27°C		30°C		33°C	
	Female	male	Female	male	Female	male	Female	male	Female	male	Female	male
1	13.9±0.32	13.4±0.79	11.5±0.76	11.5±0.69	9.0±0.93	8.9±0.87	8.9±0.32	9.0±0.67	8.9±0.32	8.6±0.50	8.8±0.41	8.5±0.55
2	6.1±0.57	7.8±0.69	4.4±0.53	4.6±0.79	4.3±1.24	3.4±0.60	3.1±0.32	4.0±0.42	2.6±0.48	3.3±0.50	2.6±0.52	3.2±0.55
3	8.3±0.70	8.9±1.00	6.0±0.99	6.0±0.70	5.0±1.20	3.9±0.53	3.5±0.52	4.5±0.47	3.1±0.32	3.6±0.33	3.0±0.00	2.8±0.98
4	8.2±0.67	10.1±0.90	6.8±0.99	7.8±0.75	5.0±0.60	5.0±0.00	4.2±0.67	5.3±0.48	3.9±0.52	4.3±0.71	3.3±0.63	3.5±1.05
5	11.0±0.88	23.6±2.61	7.4±0.76	14.4±0.93	6.2±1.00	10.5±0.71	4.7±0.63	12.0±0.71	4.5±0.52	10.5±0.73	4.4±0.55	8.9±1.10
6	24.3±1.17	n/a	14.3±2.95	n/a	10.3±3.09	n/a	9.7±1.03	n/a	8.8±0.67	n/a	8.6±0.75	n/a
Pupae	26.7±0.82	30.0±0.58	18.0±1.81	21.1±0.98	14.8±1.36	14.6±0.71	11.4±0.52	16.3±0.52	10.7±0.79	13.3±0.97	10.5±0.55	13.2±0.52
Total	98.9±1.29	94.2±2.69	69.6±3.62	65.8±1.54	54.5±3.04	51.0±1.80	45.9±0.74	46.5±1.51	43.8±1.48	42.5±1.12	42.3±1.37	42.3±2.73
S (%)	85		95		90		100		95		60	

n/a= not available

간이 가장 길고, 유충기간에는 번데기가 되기 전의 영기(암컷은 6령, 수컷은 5령)가 다음으로 긴 것을 볼 수 있었는데, 이도 마찬가지로 본 시험의 결과와 유사한 경향을 보였다.

이상 본 연구 결과가 지역별 온도 조건을 이용하여 매미나방의 발생시기 예측에 활용할 수 있는 자료가 될 것이다. 이번 연구 결과는 매미나방(*L. dispar*)의 유충과 번데기의 발달에 영향을 미치는 요인 중 온도가 가장 중요하게 나타났으나, 유충의 발육은 잎의 종류와 성숙도(Hough and Pimentel, 1978), 잎의 질(Wallner and Walton, 1979)에도 영향을 받으므로 먹이원을 달리하여 매미나방의 발육에 대한 연구가 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ015670)의 지원으로 수행되었습니다.

저자 직책 및 역할

- 조아해: 전남농업기술원, 농업연구사; 실험설계, 실험수행, 자료수집 및 분석, 논문작성 및 수정
김효정: 전남농업기술원, 농업연구사; 논문검토 및 수정
이진희: 전남농업기술원, 농업연구사; 논문검토 및 수정
김지인: 전남농업기술원, 농업연구사; 자료수집 및 분석, 논문검토 및 수정

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Choi, D.S., Kim, H.J., Oh, S.A., Lee, J.H., Cho, A.H., Ma, K.C., 2020. Developmental ecology and temperature-dependent development model of *Scotinophara lurida* (Heteroptera: Pentatomidae). Korean J. Org. Agric 28, 251-261.
- Hough, J.A., Pimentel, D., 1978. Influence of host foliage on development, survival, and fecundity of the Gypsy Moth. Environ. Entomol. 7, 97-102.
- Hwang, H.S., Lee, Y.S., Lee, H.A., Choi, D.S., Lee, K.Y., 2021. Natural enemies of the Asian Gypsy Moth, *Lymantria dispar asiatica* (Lepidoptera: Erebididae) and the genetic variation analysis of *L. dispar* multiple nucleopolyhedrovirus. Korean J. Appl. Entomol. 60, 379-386.
- Jung, J.K., Nam, Y.W., Kim, D.S., Lee, S.H., Lim, J.H., Choi, W.I., Kim, E.S., 2020. Tree-crown defoliation caused by outbreak of forest insect pests in Korea during 2020. Korean J. Appl. Entomol. 59, 409-410.
- Liebhold, A., Mastro, V., Schaefer, P.W., 1989. Learning from the legacy of Leopold Trouvelot. Bull. Entomol. Soc. Am. 35, 20-22.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database, Vol. 12., Invasive Species Specialist Group, Auckland.
- Lyu, D.P., 2015. Temperature-dependant Development of Asian Gypsy moth (*Lymantria dispar* Linn.). J. Agric. Life Sci. 49, 75-80.
- Wallner, W.E., Walton, G.S., 1979. Host defoliation: a possible determinant of Gypsy Moth population quality. Ann. Entomol. Soc. Am. 72, 62-67.