

## 감꼭지나방(나비목: 감꼭지나방과)의 발육과 생식에 미치는 온도의 영향

### Effect of Temperature on Development and Reproduction of the Persimmon Fruit Moth, *Stathmopoda masinissa* (Lepidoptera: Stathmopodidae)

박은철 · 최경환<sup>1</sup> · 김정화<sup>1</sup> · 조수원<sup>1</sup> · 김길하<sup>1\*</sup>

Eun-Cheol Park, Kyung-Hwan Choi<sup>1</sup>, Jeong-Wha Kim<sup>1</sup>,  
Soowon Cho<sup>1</sup> and Gil-Hah Kim<sup>1\*</sup>

**Abstract** – Development and reproduction of the persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa*, were investigated under different temperatures (15, 20, 25, and 30°C). It took 96.1 days to grow from egg to adult at 20°C, 43.2 days at 25°C, and 34.6 days at 30°C. At 15°C, all tested individuals died before pupation. The developmental threshold temperatures for egg, larva, pupa, and adult were 12.2, 13.5, 13.8, and 13.4°C, respectively. The total effective temperatures for egg, larva, pupa, and egg to adult were 74.0, 331.3, 160.5, and 569.9 degree days, respectively. The hatching, pupation, and emergence rates were highest at 25°C. The average life span of adult prior to laying eggs and the total life span of adult were 12.6 and 29.3 days at 20°C, 3.8 and 8.6 days at 25°C, and 2.5 and 7.0 days at 30°C, respectively. Mean generation time in days ( $T$ ) was shorter at higher temperature. Net reproductive rate per generation ( $R_0$ ) was lowest at 20°C. The intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ ) was highest at 25°C as 0.066.

**Key Words** – *Stathmopoda masinissa*, Developmental threshold temperature, Degree-day, Intrinsic rate of natural increase

**초 록** – 감꼭지나방의 온도별(15, 20, 25, 30°C) 발육과 생식에 미치는 영향을 조사하였다. 알에서 성충까지의 발육기간은 20°C에서 96.1일, 25°C에서 43.2일, 30°C에서 34.6일이 걸렸다. 15°C에서는 유충기간중 모두 사망하였다. 발육영점온도는 알, 유충, 번데기, 알~성충이 각각 12.2, 13.5, 13.8, 13.4°C였다. 유효적산온도는 알, 유충, 번데기, 알~성충이 각각 74.0, 331.3, 160.5, 569.9 일도 이었다. 부화율, 용화율 및 우화율은 25°C에서 가장 높았다. 산란전 기간과 성충수명은 20°C에서 12.6일과 29.3일이며, 25°C에서는 3.8일과 8.6일, 30°C에서 2.5일과 7.0일이었다. 1세대에 요하는 평균기간( $T$ )은 온도가 높아질수록 짧았으며, 순증식률( $R_0$ )은 20°C와 30°C에서 낮았다. 내적자연증가율( $r_m$ )은 25°C에서 0.066로 가장 크게 나타내었다.

**검색어** – 감꼭지나방, 발육영점온도, 유효적산온도, 순증식률, 내적자연증가율

\*Corresponding author. E-mail: khkim@trut.chungbuk.ac.kr

(주)경농 중앙연구소(Central Research Institue, Kyung Nong Corporation, 226, Guhwang-dong, Kyeung-ju, Kyeungbuk 780-110, Republic of Korea)

<sup>1</sup> 충북대학교 농과대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesin-dong Cheongju, Chungbuk 361-763 Republic of Korea)

감꼭지나방(*Stathmopoda masinissa*)은 나비목(Lepidoptera) 감꼭지나방과(Stathmopodidae)에 속하며, 한국, 일본 및 중국 등의 감 재배에 있어서 가장 문제되는 해충의 하나로 알려져 있다(Yoon, 1963; Yim *et al.*, 1988; Park and Park, 1991).

우리나라에서 감꼭지나방의 일반적 생태에 관한 연구로 전남지역의 감꼭지나방 발생생태 및 생활사(Yoon, 1963)를, Bae (1997)는 성충의 크기와 수명, 2화기 유충의 침입양상 및 월동처에 관하여, 그리고 최근에 Park *et al.* (2001)은 25°C 조건에서 유충의 영기구분과 발육생태를 보고하였다. 그 외 Yim *et al.* (1988)과 Bae (1991)가 감꼭지나방의 발생소장과 감의 해충을 분류하였다. 그러나 이 해충의 개체군 증식에 미치는 온도의 영향에 관한 생태학적 연구 보고는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 감꼭지나방의 온도에 따른 발육과 성충수명 및 산란수를 조사하고, 이 해충의 발육영점온도와 유효적산온도 및 내적자연증가율을 분석하여 생태적 특성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

본 시험에 사용된 감꼭지나방은 2000년 5월부터 8월까지 충북 영동군 영동읍 감나무 가로수에서 유충과 성충을 채집하여 충북대학교 농생물학과 곤충사육실(25±1°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%)에서 감나무의 싹초와 열매를 먹이로 개체 사육하면서 시험에 이용하였다.

### 생활사 조사

알기간은 산란한 알을 petri dish (직경 5×높이 1.5 cm)에 넣고 매일 부화된 유충을 조사하였으며, 유충기간은 부화유충 1마리씩을 petri dish (직경 5×높이 1.5 cm) 내에 여과지를 깔고, 그 위에 먹이를 공급하면서 우화가 될 때까지 매일 조사하였다. 번데기기간, 용화율 그리고 우화율도 위와 같은 방법으로 수행하였다. 또 산란전 기간, 성충수명 및 산란수 조사는 산란용 사육상(직경 9×높이 15 cm)에 우화직후의 암수 한쌍과 산란용 검은 털실(길이 10 cm의 양모메리노사 12) (Oda, 1982) 그리고 10% 설탕물이 적혀진 탈지면을 넣고 매일 조사하였다. 수컷이 죽은 경우는 성숙한 수컷 성충을 다시 넣어주었다. 이 시험은 20, 25, 30°C의 온도(Multiroom incubator, Vision)와 상대습도 50~60%, 16L:8D의 광 조건하에서 수행하였으며, 얻어진 결과를 근거로

발육영점온도와 유효적산온도를 구하였다(Pruess, 1983). 자료 분석은 SAS (SAS Institute, 1991)를 이용하여 LSD검정(P=0.05)으로 비교하였다.

### 개체군 증가율 분석

생명표 분석은 감꼭지나방의 총수명(일수)을 X, 암컷성충의 일수별 생존율을  $l_x$ , 암컷성충의 일수별 한 마리당 산란수를  $m_x$ 라고 했을 때 1세대 당 순번식률( $R_0$ )은  $Xl_xm_x/R_0$ , 내적자연증가율( $r_m$ )은  $(\log R_0)/T$ 로 계산하였고(Price, 1997), 일수별 수명과 생존율, 산란수를 조사하였다. 성비는 0.5의 일정비율로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 온도가 발육에 미치는 영향

각 온도에서의 감꼭지나방의 알, 유충과 용기간은 Table 1과 같다. 그 평균값은 15°C에서 23.1일이고, 30°C에서 4.1일로 온도가 높을수록 알기간이 짧았다. 알의 발육속도와 온도간에는 온도가 높아갈수록 발육속도가 빨라지는 직선관계를 나타내었다( $V = 0.0133t - 0.1628$ ,  $r^2 = 0.989$ ). 각 온도별 유충 기간은 20°C에서 57.1일이었고, 30°C에서는 20.4일로 알 기간과 같이 유충기간에서도 온도가 높을수록 짧았다. 유충의 발육속도와 온도간에도 온도가 높아질수록 발육속도가 빨라지는 직선적 관계를 나타냈다( $V = 0.0031t - 0.0418$ ,  $r^2 = 0.945$ ). 그리고 각 온도별 번데기 기간은 20°C에서 28.8일이었고, 30°C에서는 10.1일로 알, 유충기간과 같이 온도가 높아 질수록 발육기간이 짧아짐을 알 수 있었다( $V = 0.0064t - 0.0880$ ,  $r^2 = 0.932$ ). 그리고 알에서 번데기까지의 발육속도에서도 온도가 높아갈수록 발육속도는 빨랐으며, 직선적 관계( $V = 0.0026t - 0.0357$ ,  $r^2 = 0.969$ )를 나타내었고, 알에서 우화까지의 발육속도와 온도간에서도 온도가 높아갈수록 발육속도가 빨라지는 직선적 관계를 나타내었다( $V = 0.0019t - 0.0254$ ,  $r^2 =$

**Table 1.** Developmental time in days (Means ± SD) of egg, larva and pupa of *S. masinissa* under four constant temperatures

Temp. (°C)	n	Egg period	n	Larval period	n	Pupal period
15	135	23.1±0.27a <sup>a</sup>	64	— <sup>b</sup>	—	—
20	195	10.2±0.40b	82	57.1±3.24a	18	28.8±5.98a
25	65	6.3±0.44c	58	24.7±3.57b	26	12.2±2.39b
30	154	4.1±0.29d	73	20.4±1.42c	8	10.1±0.32c

<sup>a</sup>Means followed by the same letters are not significantly different ( $p = 0.05$ ; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

<sup>b</sup>All died during larval period

0.956). 이러한 결과는 Oda (1982)가 24°C 조건에서 유충 기간 34.6일, 번데기 기간 14.9일이라 한 것과 비교할 때 본 실험의 25°C 조건에서 짧은 경향을 나타내었다. 25°C 조건에서 Park and Park (1991)은 번데기 15.4일과 Park et al. (2001)은 알기간 7.4일, 유충기간 34.8일, 번데기기간 15.5일이라고 하여서 역시 본 실험에서 짧은 경향을 나타내었다.

### 발육영점온도와 유효적산온도

곤충이 발육을 완전히 정지하거나 속도가 영이 되는 온도는 실질적으로 측정이 불가능하지만 일별 발육속도를 회귀직선식으로 나타낼 수 있으며 X축과 만나는 점을 발육임계온도로 정하여 이용할 수 있다고 하였으며(Graham, 1959), 또한 곤충의 각 태

**Table 2.** Regression of developmental velocity (V) to temperature (t), developmental threshold (T) and total effective temperature (K) for development of each stage of *S. masinissa*

Developmental stage	Regression equation & $r^2$	T (°C)	K (degree day)
Egg	$V = 0.0133t - 0.1628$ , $r^2 = 0.980$	12.2	74.0
Larva	$V = 0.0031t - 0.0418$ , $r^2 = 0.945$	13.5	331.3
Pupa	$V = 0.0064t - 0.0880$ , $r^2 = 0.932$	13.8	160.5
Egg to pupa	$V = 0.0026t - 0.0357$ , $r^2 = 0.969$	13.7	390.0
Egg to adult	$V = 0.0019t - 0.0254$ , $r^2 = 0.956$	13.4	569.9

$r^2$ : Coefficient of determination

**Table 3.** Rates of hatching, pupation and adult emergence of *S. masinissa* under four constant temperatures

Temp. (°C)	n	Hatching (%)	n	Pupation (%)	n	Emergence (%)
15	135	47.4b <sup>a</sup>	64	— <sup>b</sup>	—	—
20	195	42.1c	82	22.0b	18	39.0c
25	65	59.2a	58	44.8a	26	100.0a
30	154	47.4b	73	11.0c	8	88.0b

<sup>a</sup> Means followed by the same letters are not significantly different ( $p = 0.05$ ; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

<sup>b</sup> All died during larval period

**Table 4.** Longevity of and oviposition by *S. masinissa* under three constant temperatures

Temp. (°C)	n	Preoviposition period (day) <sup>a</sup>	♀ Longevity (day)	No. of eggs laid/♀	No. of eggs/♀/day
20	7	12.6 ± 1.52a <sup>b</sup>	29.3 ± 1.25a	10.0 ± 1.00b	1.9 ± 0.19
25	26	3.8 ± 0.46b	8.6 ± 1.02b	25.4 ± 7.19a	6.0 ± 1.04
30	7	2.5 ± 0.58b	7.0 ± 0.82b	10.8 ± 3.10c	4.0 ± 1.02

<sup>a</sup> Days from emergence to the first oviposition

<sup>b</sup> Means followed by the same letters are not significantly different ( $p = 0.05$ ; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).

별 유효적산온도는 종합적해충관리(IPM)에 첫 번째로 필요한 것이라고 하였다(Clement and David, 1992). 이에 따라 평균발육기간의 역수에서 구한 발육속도와 각 발육단계의 회귀직선에서 산출한 발육영점온도(T)와 유효적산온도(K)는 Table 2와 같다.

감꼭지나방의 발육영점온도는 알이 12.2°C, 유충이 13.5°C, 그리고 번데기가 13.8°C이었으며, 알에서 번데기까지는 13.7°C, 알에서 우화까지는 14.1°C이었다. 또한 유효적산온도는 알 기간에서 74.0일도, 유충 기간에서 331.3일도, 번데기 기간에서는 160.5일도 이었으며, 알에서 번데기까지의 기간은 390.0일도 이었고, 알에서 우화까지 1세대를 경과하는데 필요한 유효적산온도는 569.9일도이었다. 보고된 곤충류의 발육영점온도는 15.0°C 이하였으며(Arai, 1996; Park, 1996; Bae et al., 1997; Katayama et al., 1997; Kim et al., 1999; Shin et al., 2000), 본종도 비슷한 결과를 나타내었다. 본 실험의 결과에서 발육단계별 발육영점온도의 추정값이 12.2~13.5°C이었으나, 실제 15°C에서는 발육되지 않았다. 이와 같이 이론값과 실제값의 차이에 대한 원인은 알 수 없으나, 앞으로 실제값을 예측할 수 있는 계산법이 개발되어야 하겠다.

### 부화율, 용화율 및 우화율

각 온도에서 감꼭지나방의 부화율, 용화율 및 우화율은 Table 3과 같다. 부화율은 20°C에서 42.1%로 가장 낮은 부화율은 보였으며, 25°C에서 89.2%로 가장 높은 부화율을 나타냈고 용화율과 우화율도 25°C에서 가장 높았다.

Park et al. (2001)의 25°C에서 용화율과 우화율은 각각 68.0%와 59.9%라고 하여 본 실험의 결과보다 낮은 경향을 나타내었다.

### 성충수명과 산란 및 생존에 미치는 영향

온도별 산란전 기간, 산란수 및 성충수명은 Table 4와 같다. 산란전기간과 수명은 온도가 높아질수록 짧아지는 경향을 나타내었다. 암컷 한 마리당 평균 총 산란수는 20°C에서 10.0개와 30°C에서 10.8개로 적었으며, 25°C에서 25.4개로 가장 많았다. Oda (1982)는 24°C에서 1, 2세대의 산란수는 각각 77.3,

**Table 5.** Life-table parameters of *S. masinissa* under three constant temperatures

Temp.(°C)	$R_o^a$	$T^b$	$r_m^c$
20	9.3c <sup>d</sup>	111.5a	0.020c
25	24.9a	48.7b	0.066a
30	10.5b	39.4c	0.060b

<sup>a</sup> Net reproductive rate per generation

<sup>b</sup> Mean generation time in day

<sup>c</sup> Intrinsic rate of natural increase

<sup>d</sup> Means followed by the same letters are not significantly different ( $p = 0.05$ ; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991]).

62.1개로 본 실험의 비슷한 25°C의 결과보다 많았으며, Park *et al.* (2001)은 암컷의 수명은 10.1일로 본 실험보다 긴 경향을 나타내었다. 이러한 차이는 실험조건(온도, 습도, 광 등 물리적 환경요인), 영양상태 및 지역개체에 따른 결과라 생각되나 정확한 원인을 알 수 없다(Fraenkel and Blewette, 1946).

### 개체군 증식에 미치는 영향

온도에 따른 감꼭지나방의 생명표 분석은 Table 5와 같다. 1세대에 요하는 평균기간( $T$ )은 20°C에서 111.5일이고 30°C에서 39.4일로 온도가 높아질수록 짧았으며, 1세대당 순증식률( $R_o$ )은 20°C와 30°C에서 9.3일과 10.5일로 낮았으며, 25°C에서 24.9일로 가장 높았다. 그리고 내적자연증가율( $r_m$ )은 역시 25°C에서 0.066으로 가장 높게 나타냈다.

이상의 결과에서 감꼭지나방의 발육과 생식에 온도가 중요한 영향을 미치며, 생명표 분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도는 25°C 근처일 것으로 추정된다. 그러나 이 결과는 실내에서 감꼭지나방을 균일한 조건으로 실험한 것이기 때문에 앞으로 환경의 변화가 다양한 야외조건에서 감꼭지나방의 증식률에 대한 검토가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단 지정 충북대학교 첨단원예기술개발연구센터의 지원으로 수행한 결과의 일부분임.

## Literature Cited

Arai, T. 1996. Temperature-dependent developmental rate of

three mealbug species, *Pseudococcus citriculus* Green, *Planococcus citri* (Risso), and *Planococcus kraunhiiae* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae) on citrus. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40: 25~34.

Bae, S.D., K.B. Park and Y.J. Oh. 1997. Effects of temperature and food source on the egg and larval development of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J. Appl. Entomol. 36: 48~51.

Clement, P. and B.V. David. 1992. Studies on the thermal requirement for development of *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). J. Insect. Sci. 5: 172~174.

Frankel, G. and M. Blewette. 1946. The dietetics of the caterpillars of three *Ephes* species, *E. kuehniella*, *E. elutella* and *E. cautella* and a closely related species, *Plodia interpunctella*. J. Exp. Biology. 22: 162~171.

Graham, H.W. 1959. Effect of temperature and humidity on the biology of *Therioaphis mculata* (Buchton). Univ. California Public Entomol. 16: 47~80.

Katayama, H. 1997. Effect of temperature on development and oviposition of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 41: 225~231.

Kim, G.H., M.H. Choi and J.W. Kim. 1999. Effects of temperatures on development and reproduction of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera, Tingidae). Korean J. Entomol. 38: 117~121.

Oda, M. 1982. Oviposition and development of the persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa* (Lepidoptera; Stathmopodidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 26: 198~200.

Park, J.H. and D.S. Park. 1991. Establishment of technical system for a stabilizing control economically of disease-pest (Examination of developmental ecology of persimmon pest in Honam area). Ann. Res. Rep. of Honam Crop Exp. Sta. RDA. pp. 530~537.

Park, J.D. 1996. Host range and temperature effects on the development of *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae). Korean J. Appl. Entomol. 35: 302~308.

Park, E.C., H.J. Park, G.H. Kim and J.H. Kim. Developmental ecology of persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa* Meyrick (Lepidoptera: Stathmopodidae). Korean J. Appl. Entomol. 40: 41~43.

Price, P.W. 1997. Insect ecology 3rd ed., 74 pp. John Wiley & Sons, Inc.

Pruess, K.P. 1991. Day-degree methods for pest management. Environ. Entomol. 12: 613~619.

SAS Institute. 1993. SAS/STAT, version 6.04. SAS Institute, Cary, North Carolina

Shin, W.K., G.H. Kim, S. Song, J.W. Kim and K.Y. Cho. 2000. Effect of temperature on development and reproduction of the cotton caterpillar, *Palpita indica* (Lepidoptera; Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 39: 135~140.

Yoon, J.K. 1963. Ecological studies on *Kakivorla flavofasciata* Nagano. Chonnam Univ. Agr. and Fish. Sci. Tech. Ins. 1: 111~122.

Yim, M.S., M.J. Yun and Y.S. Kim. 1988. Studies on the control of development of disease-pest and major blight of the non-astringent persimmon orchard. Res. Rep. RDA (H). 30: 64~70.

(Received for publication 10 August 2001;  
accepted 9 October 2001)