

## 멸강나방의 발육과 생식에 미치는 온도의 영향

고해랑 · 백현화 · 김길하\*

충북대학교 농과대학 농생물학과

### Effect of Temperature on Development and Reproduction of the Rice Armyworm, *Pseudaletia separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae)

Hae-Rang Ko, Hyun-Wha Back and Gil-Hah Kim\*

Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesindong Cheongju, Chungbuk, 361-763, Republic of Korea

**ABSTRACT :** Development and reproduction of the rice armyworm, *Pseudaletia separata* Walker, were investigated under different temperatures (13, 15, 18, 20, 25, 30, and 33°C). It took 80.6 days to grow from egg to pre-adult at 15°C, and 27.3 days at 30°C (3.0 times shorter growth period compared with that at 30°C). The range of developmental temperature of rice armyworm was 15-30°C. Survival rate from hatched larva to pre-adult was the highest as 70.6% at 25°C. Pre-oviposition period and the adult longevity were 4.2 and 12.3 days at 15°C, and 2.9 and 8.0 days at 30°C, respectively. The highest average fecundity per female was 816.6 at 25°C. The net reproductive rate ( $R_0$ ) and intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ ) were the highest at 25°C as 913.0 and 0.175, respectively. As a result, it was considered that optimum of temperature for *P. separata* growth was  $\approx 25.0^\circ\text{C}$ .

**KEY WORDS :** Rice armyworm, *Pseudaletia separata*, Survival rate, Intrinsic rate of natural increase

**초 록 :** 멸강나방의 발육과 생식에 미치는 온도의 영향을 조사하였다. 알에서 성충까지의 발육기간은 15°C에서 80.6일, 30°C에서는 27.3일로 30°C에서 15°C 보다 약 3배 정도 짧았다. 발육온도의 범위는 15-30°C이었다. 부화유충에서 성충까지 생존률은 25°C에서 70.6%로 가장 높았다. 암컷 성충의 수명은 15°C에서 12.3일 그리고 30°C에서 8.0일로 온도가 높을수록 짧았다. 암컷 한 마리 당 평균 총 산란수는 25°C에서 816.6개로 가장 많았으나, 30°C에서는 85.4개로 가장 적었다. 세대순증가율( $R_0$ )과 내적자연증가율( $r_m$ )은 25°C에서 각각 913.0, 0.175로 가장 크게 나타났다. 이상의 결과로 멸강나방의 성장에 최적 온도는  $\approx 25.0^\circ\text{C}$ 로 판단된다.

**검색어 :** 멸강나방, 생존률, 내적자연증가율

멸강나방(*Pseudaletia separata* Walker)은 5-6월에 중국 남부지방에서 기류를 타고 날아오는 이동성 해충으로 벼, 조, 맥류, 옥수수 등 화본과 식물 및 감자, 대두, 목화 등을 가해하는 광식성 또는 잡식성 해충이다(Oku and Kobayashi, 1974; Choi and Cho, 1975; Ko et al., 2002). 국내에서는 축산진흥과 더불어 초지의 면적이 확대되고 관리초지가 늘어남에 따라 화본과 목

초지대에서 집단으로 발생하여 큰 피해를 주고 있는 실정이다(Choi and Cho, 1975).

일본에서 Koyama (1970), Oku and Kobayashi (1974)가 멸강나방의 발생생태를 보고한 바 있고, 국내에서는 Choi and Cho (1975)가 이 해충의 발생소장 및 인공사료개발에 관한 보고가 있을 뿐이다. 최근 Ko et al. (2002)은 멸강나방의 발육과 생식에 미치는 먹이(옥수

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

수, 벼, 배추, 양배추, 콩, 그리고 누에인공사료)의 영향을 정량적으로 평가하였다. 하지만, 온도가 멸강나방의 발육과 생식에 미치는 영향에 관한 생태학적 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 논과 밭작물에 돌발적으로 대 발생하여 피해를 주고 있는 멸강나방의 온도에 따른 발육기간, 생존률, 성충의 수명과 산란수를 조사하고, 이 해충의 생명표 통계량을 추정하여 발육생태의 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

본 연구에 사용한 멸강나방(*Pseudaletia separata*)은 1998년 한국화학연구소 농약활성실에서 분양받아 충북대 농생물학과 곤충실험실에서 누에인공사료(대한잠사회 조제)를 먹이로 하여 1년 이상 누대사육한 것을 실험하기 전에 옥수수(*Zea mays*)잎으로 1-2세대 사육하였다. 실내 사육조건은 온도 25-26°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 40-60%로 하였다.

### 온도별 발육기간, 성충수명 및 산란수 조사

알기간 조사는 유산지와 5% 설탕물이 들어 있는 케이지(25×25×25 cm)에 암수 10쌍의 성충을 넣고 알을 얻었다. 알을 낳은 부분(12시간 이내)의 유산지를 가위로 오려서 페트리디쉬(직경 9×1.5 cm)에 넣고 매일 부화유무를 관찰하여 실시하였다. 습도조절은 페트리디쉬 뚜껑 중앙에 직경 2 cm로 구멍을 내고 200 mesh의 철망을 부착하고 그 위에 물에 젖은 탈지면을 얹어 놓았다. 부화한 유충(부화 12시간이내 유충)은 옥수수(*Zea mays*)잎이 놓여진 플라스틱 용기(22×18×8 cm)에 100마리씩 3반복으로 접종하고 사육하면서 유충기간과 생존률을 매일 조사하였고 그때마다 온실에서 3주이상 재배한 신선한 옥수수 잎을 공급하였다. 번데기 기간과 생존률(조사번데기 중 우화한 비율)은 유충에서와 같은 방법으로 사육하면서 조사하였다. 성충 수명과 산란수는 암·수 1쌍씩(20반복)을 유산지와 5% 설탕물이 들어 있는 원통형 상자(직경 9×15 cm)에 넣고 매일 조사하였다. 수컷이 죽은 경우는 암컷수명이 다하기 전에 우화 후 3일된 수컷 성충을 넣어주었다. 이 실험은 13, 15, 18, 20, 25, 30, 33°C

의 온도(Vision Scientific Co. LTD, multiroom incubator)와 광주기 16L:8D, 상대습도 40-60%의 조건에서 수행하였으며, 자료분석은 Tukey's studentized range test (P=0.05)로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

### 생명표 통계량 추정

생명표 분석은 멸강나방의 총수명(일수)을  $x$ , 암컷 성충의 일수별 생존율을  $l_x$ , 암컷 성충의 일수별 산란수를  $m_x$ 라고 했을 때 세대기간(T)은  $\sum x l_x m_x / R_0$ , 순증가율( $R_0$ )은  $\sum l_x m_x$ , 그리고 내적자연증가율( $r_m$ )은  $\log_e R_0 / T$ 로 계산하였다(Price, 1997). 성비는 0.5의 일정비율로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 온도별 발육기간

각 온도별 멸강나방 알, 유충 및 번데기의 발육기간은 Table 1과 같다. 알기간은 15°C에서 10.2일 그리고 30°C에서 4.1일로 온도가 높아질수록 짧았으며, 13°C와 33°C에서는 부화하지 못했다. 유충기간과 번데기 기간도 15°C에서 각각 44.2, 26.6일, 30°C에서 각각 15.3, 7.9일로 높은 온도에서 매우 짧았으며, 알에서 성충전까지의 발육기간은 15°C에서 80.6일, 30°C에서 27.3일로 15°C에서 발육기간이 30°C보다 약 3배나 길었다. 온도별 생존률을 보면(Table 2), 부화율은 15°C를 제외한 온도에서 모두 90% 이상이였다. 용화율과 우화율은 25°C에서 각각 82.7, 85.3%로 온도가 높아질수록 높았으나, 30°C에서는 각각 28.0, 24.0%로 가장 낮았다. 부화유충에서 성충까지의 생존률은 25°C에서 70.6%로 가장 높았고 30°C에서 6.6%로 가장

**Table 1.** Developmental periods (days±SD) of eggs, larvae, and pupae of *P. separata* at different temperatures

Temp. (°C)	n	Egg	Larva	Pupa	From egg to adult
13	750	- <sup>a</sup>			
15	700	10.2±0.4a <sup>b</sup>	44.1±0.4a	26.6±2.8a	80.6±1.1a
18	930	6.3±0.2b	36.1±0.3b	14.1±1.3b	56.9±0.4b
20	931	6.0±0.2b	29.3±1.2c	13.8±1.2b	49.1±0.2c
25	530	4.4±0.5c	18.2±0.9d	9.8±0.6c	32.5±0.6d
30	456	4.1±0.2c	15.3±0.8e	7.9±0.7c	27.3±0.4e
33	352	-			

<sup>a</sup>Not hatched.

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

낮았으나 15°C와 차이는 유의하지 않았다. 온도별 발육기간 사이에는 차이의 유의성이 있어 멸강나방의 발육이 온도에 민감함을 알 수 있었다. 이상의 결과로 볼 때 멸강나방의 발육이 가능한 온도범위는 15-30°C이고, 적합한 온도는 25°C인 것으로 판단된다.

일반적으로 곤충의 발육기간은 온도가 높아질수록 짧아졌으며, 이러한 결과는 여러 연구자에 의하여 보고되었다(Bae et al., 1997; Bae and Park, 1999; Park, 2001; Lee et al., 2002; Shin et al., 2002). Shin et al. (2002)은 목화바둑명나방의 경우 알에서 성충까지의 발육기간은 17.5°C에서 68.6일이었고, 35°C에서는 19.7일로 온도가 높아질수록 그 기간이 짧았으며, 35.0°C에서는 17.5°C보다 발육기간이 3.5배나 짧았고, 부화율, 용화율 그리고 우화율은 25°C, 27.5°C에서 높았다고 하였다. Lee et al. (2002)은 주홍날개들명나방의 알, 유충, 용기간은 고온에서 짧은 경향이었고 10°C에서 알과 번데기는 발육되지 않았다고 보고하였다. 이들 결과는 곤충종 간에 차이는 있으나 본 실험의 결과와 유사하였다.

성충수명과 산란수

온도별 암컷 성충의 수명과 산란수는 Table 3에, 산란곡선은 Fig. 1에 나타내었다. 암컷 성충의 산란전기와 성충수명은 15°C에서 각각 4.2일, 12.3일이었고, 그리고 30°C에서는 각각 2.9일, 8.0일로 온도가 높아질수록 짧아지는 일반적인 경향을 나타내었다. 성충수명은 15, 18, 20, 25°C 간에는 차이의 유의성은 인정되지 않았으나, 30°C와는 차이의 유의성이 인정되었다. 암컷 한 마리당 평균 총 산란수는 25°C에서 816.6개로 가장 많았고, 30°C에서는 85.4개로 가장 적었다. 대부분의 암컷은 우화 후 3일째부터 산란을 시작했으며, 암컷 성충의 일수별 산란수는 성충의 수명에 따라 다양했다(Fig. 1). 일수별 산란곡선에서 최고점은 18, 20, 25 그리고 30°C에서 우화 후 5-6일 사이에 나타난 반면 15°C에서는 우화 후 9일째에 나타났다. 산란기간은 암컷 성충의 수명만큼 지속되었으며, 3-13일 사이에 분포했다. 이상의 결과로 볼 때 멸강나방의 생식에 최적 온도는 25°C인 것으로 판단된다.

Table 2. Survival rate (%±SD) of eggs, larvae, and pupae of *P. separata* at different temperatures

Temp. (°C)	n	Egg	Larva	Pupa	From larva to adult
15	700	79.6±12.7b <sup>a</sup>	31.0±2.0c	32.0±2.0d	9.9±1.0d
18	730	90.5±7.8ab	36.1±0.3c	55.3±5.0c	21.0±1.6c
20	931	95.5±4.2a	65.0±5.0b	65.3±5.0b	42.7±5.3b
25	530	95.8±7.0a	82.7±2.8a	85.3±3.1a	70.6±3.0a
30	456	96.3±3.6a	28.0±2.6c	24.0±5.3e	6.6±1.5d

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

Table 3. Adult longevity (mean±SD) and total fecundity of *P. separata* at different temperatures

Temp. (°C)	n	Longevity of female, days	Preoviposition <sup>a</sup> period, days	No. of eggs laid per female
15	20	12.3±2.3a	4.2±0.6a <sup>b</sup>	405.9±211.6b
18	20	11.3±2.2ab	3.5±0.5a	679.4±162.3a
20	20	11.4±2.2ab	3.5±0.5a	721.8±168.4a
25	20	11.3±2.4a	3.1±0.9b	816.6±157.6a
30	20	8.0±1.3b	2.9±0.6b	85.4±26.1c

<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; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991]).

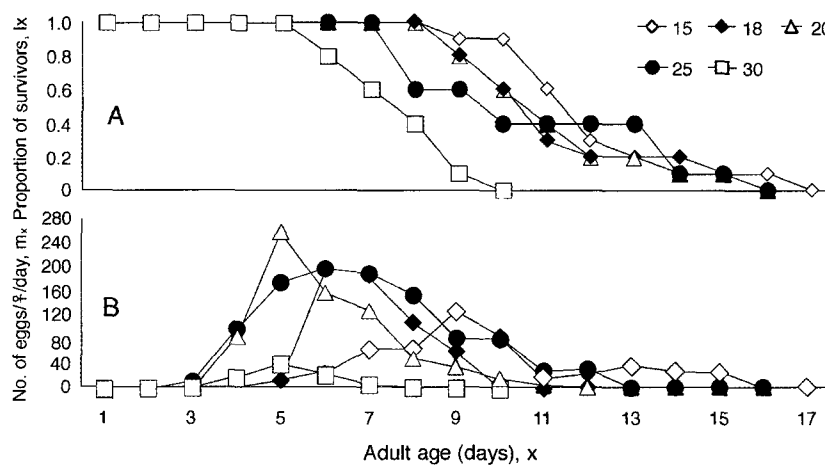


Fig. 1. Cumulative survival rates (A) and daily change in the number of eggs of the female (B) *P. separata* at different temperatures.

**Table 4.** Comparison of life-table parameters of *P. separata* at different temperatures

Temp. (°C)	$R_0^a$	$T^b$	$r_m^c$
15	388.7 <sup>cd</sup>	90.2a	0.066e
18	672.5b	63.5b	0.103d
20	721.8b	55.0c	0.119c
25	913.0b	39.0d	0.175a
30	80.5d	32.3e	0.136b

<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 ( $p=0.05$ ; Tukey's studentized range test [SAS Institute, 1991]).

Lee *et al.* (2002)은 주홍날개들명나방의 성충수명은 15°C에서 10.9일, 30°C에서 5.3일로 온도가 높을수록 짧았고, 산란수도 온도가 높을수록 많았으나 23°C에서 가장 많았다고 보고하였다. 또한 Shin *et al.* (2002)도 목화바둑명나방의 성충수명은 17.5°C에서 30.6일, 그리고 35°C에서 9.2일로 온도가 높을수록 짧았다. 그리고 암컷한마리당 평균 총산란수는 25.0°C와 27.5°C에서 많았다고 보고하였다. 이들 결과는 곤충종 간에 차이는 있으나 본 실험의 결과와 유사하였다.

### 생명표 통계량

온도에 따른 멸강나방의 생명표 분석 결과는 Table 4와 같다. 세대기간( $T$ )은 15°C에서 90.2일 그리고 30°C에서 32.3일로 온도가 높아질수록 짧았다. 순증가율( $R_0$ )은 25°C에서 913.0으로 가장 높았으나, 30°C에서는 80.5로 가장 낮았다. 내적자연증가율( $r_m$ )은 25°C에서 0.175로 가장 높았고 15°C에서 0.066으로 가장 낮았다.

보고된 나방류의 내적자연증가율은 대부분 25-30°C에서 높았다(Park, 2001; Lee *et al.*, 2002; Shin *et al.*, 2002). 목화바둑명나방의 내적자연증가율은 30°C에서 0.148 (Shin *et al.*, 2002), 주홍날개명나방은 25°C에서 0.247 (Lee *et al.*, 2002), 그리고 감꼭지나방은 25°C에서 0.066으로 가장 높았다(Park *et al.*, 2001). 이들 결과를 종합해보면 최대증식력을 나타내는 온도는 곤충의 종류에 따라 다르게 나타났으며, 본종과 비교하여 볼 때 목화바둑명나방보다는 낮았고 주홍날개명나방

이나 감꼭지나방과는 비슷한 수준을 나타내었다.

이상의 결과에서 멸강나방의 발육과 생식에 온도의 영향은 뚜렷하였고, 생명표분석을 통한 최적의 온도는 25°C인 것으로 분석되었다. 그러나 이 결과는 실내의 균일한 조건에서 수행한 결과이기 때문에 앞으로 야외조건에서 멸강나방의 증식률에 대한 검토가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

### Literature Cited

- Bae, S.D. and K.B. Park. 1999. Effects of temperature and food source on pupal development, adult longevity and oviposition of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J. Appl. Entomol. 38: 23-28.
- Bae, S.D., K.B. Park and Y.J. Oh. 1997. Effect of temperature and food source on the egg and larval development of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J. Appl. Entomol. 36: 48-54.
- Choi, K.M. and E.H. Cho. 1975. On the seasonal fluctuation of the oriental rice armyworm, *Mythimna separata* Walker and its artificial diet development. Exp. Res. Rept. RDA: 103-135.
- Ko, H.R., J.W. Kim and G.H. Kim. 2002. Effect of diets on development and reproduction of rice armyworm, *Pseudaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Korean J. Appl. Entomol. 42: 85-89.
- Koyama, J. 1970. Some consideration on the chronological records of outbreaks of the armyworm (*Leucania separata* Walker). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 14: 57-63.
- Kumar, D., R. Sing and M.S. Mahal. 1992. Biology of *Spodoptera litura* on sunflower. J. Insect Sci. 5: 33-36.
- Lee, K.Y., K.S. Ahn, H.J. Kang, S.K. Park and T.S. Kim. 2002. Effect of temperature on development and reproduction of *Udea ferrugalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 41: 205-209.
- Oku, T. and T. Kobayashi. 1974. Early summer outbreaks of the oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker, in the Tohoku district and possible causative factors (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Ent. Zool. 9: 238-246.
- Park, E.C., K.H. Choi, J.W. Kim, S. Cho and G.H. Kim. 2001. Effect of temperature on development and reproduction of the persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa* (Lepidoptera: Stathmopodidae). Korean J. Appl. Entomol. 40: 297-300.
- Price, P.W. 1997. Insect ecology, 3rd ed., 874 pp. John Wiley & Sons Inc., New York.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT User's Guide: Statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C.
- Shin, W.K., G.H. Kim, C. 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.

(Received for publication 3 January 2003;  
accepted 6 March 2003)