

목화바둑명나방 (나비목: 명나방과)의 발육과 생식에 미치는 온도의 영향

Effect of Temperature on Development and Reproduction of the Cotton Caterpillar, *Palpita indica* (Lepidoptera: Pyralidae)

신욱균 · 김길하¹ · 송 철 · 김정화¹ · 조광연
Wook-Kyun Shin, Gil-Hah Kim, Cheol Song,
Jeong-Wha Kim and Kwang-Yun Cho

Abstract – Development and reproduction of the cotton caterpillar, *Palpita indica*, were investigated under different temperatures (15.0, 17.5, 20.0, 22.5, 25.0, 27.5, 30.0, 32.5, and 35.0°C). Duration from egg to pre-adult of the cotton caterpillar were ranged from 68.6 days at 17.5°C to 19.7 days at 35.0°C (3.5 times shorter growth period compared with that at 17.5°C). At 15.0°C, cotton caterpillar eggs developed to the last larval instar but were not able to go through the pupal stage. The lower developmental threshold temperatures and degree-days of egg, larva, pupa, and complete development were 13.4, 10.6, 11.6, and 11.5°C and 55.3, 251.5, 138.3, and 479.8 degree days, respectively. The hatching, pupation and emergence rates were higher at 25.0°C and 27.5°C compared with other temperatures. The survival rate from the hatched larva to adult was the highest at 27.5°C. The preoviposition and the adult longevity were 11.5 and 30.6 days at 17.5°C and 1.5 and 9.2 days at 35.0°C, respectively. The mean fecundity per females was greater at 25.0°C and 27.5°C compared with other temperatures. Mean generation time in days (T) was shorter on higher temperature. Net reproductive rate per generation (R_0) was the lowest at the highest temperature as well as at the lowest, and it was 199.1 which was the highest at 27.5°C. The intrinsic rate of natural increase (r_m) was highest at 30.0°C as 0.148. As a result, optimum ranges of temperature for *P. indica* growth were between 25.0~32.5°C.

Key Words – *Palpita indica*, Lower developmental threshold temperature, Degree-day, Intrinsic rate of natural increase

초 록 – 목화바둑명나방의 온도별 (15.0, 17.5, 20.0, 22.5, 25.0, 27.5, 30.0, 32.5, 35.0°C) 발육과 생식에 미치는 영향을 조사하였다. 알에서 성충까지의 발육기간은 17.5°C에서 68.6일이었고, 35.0°C에서는 19.7일로 온도가 높아질수록 그 기간이 짧았으며, 35.0°C에서는 17.5°C보다 발육기간이 3.5배나 짧았다. 그러나 15.0°C에서는 알에서 번데기 전단계까지는 발육하였으나 번데기에서 우화하지 않았다. 알, 유충, 번데기, 그리고 알에서 성충까지의 발육영점온도는 각각 13.4°C, 10.6°C, 11.6°C, 11.5°C였고, 유효적산온도는 각각 55.3, 251.5, 138.3, 479.8일도였다. 부화율, 용화율 그리고 우화율은 25.0°C와 27.5°C에서 높았다. 부화유충에서 성충까지의 생존율은 27.5°C에서 가장 높았다. 산란전기와 성충수명은 17.5°C에서 각각 11.5일, 30.6일이었고, 35.0°C에서는 각각 1.5일, 9.2일로 온도가 높을수록 짧았다. 그리고 암컷한마리당 평균 총산란수는 25.0°C와 27.5°C에서 많았다. 1세대당 순 증식율 (R_0)은 27.5°C에서 199.1로 가장 높았다. 그리고 내적자연증가율 (r_m)은 온도가

한국화학연구소 스크리닝연구부 (Screening Division, Korean Research Institute of Chemical Technology, Yuseong P.O. BOX 107, Daejeon 305-306, Republic of Korea)

¹ 충북대학교 농생물학과 (Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesig-dong, Chong-ju, 361-763, Republic of Korea)

높아 갈수록 컷으며 30.0°C에서 0.148로 가장 크게 나타났다. 이상의 결과로 목화바둑명나방의 성장에 적합한 온도범위는 25.0~32.5°C이었다.

검색어 - 목화바둑명나방, 발육영점온도, 유효적산온도, 내적자연증가율

목화바둑명나방 (*Palpita indica* Saunders, 작은각시들명나방이라고도 함)은 나비목(Lepidoptera) 명나방과(Pyralidae)에 속한다. 한국, 일본, 중국, 대만, 열대아시아, 그리고 네덜란드와 태평양의 몇몇 섬과 미국 등지에 널리 분포하고(Peter and David, 1991) 유충은 주로 박과작물인 수박, 참외, 멜론, 오이, 호박 등과 목화, 아욱, 근대, 뽕나무의 잎 뒷면을 갉아 엽맥만 남기며, 또한 과피를 갉거나 파먹어 상품으로서의 가치를 떨어뜨리는 해충이다(Choi *et al.*, 1990). 최근에 들어와서 하우스재배면적의 증가로 생육에 좋은 조건이 제공되므로 인하여 목화바둑명나방의 발생이 크게 증가하여 박과작물에 큰 피해를 주고있는 실정이다(Pesticide information, 1999).

국내에서 목화바둑명나방에 관한 연구는 거의 없지만, Kim *et al.* (1992, 1993, 1994)이 발생생태 및 4종 약제에 대한 방제가 비교에서 bifenthrin 수화제가 우수한 효과를 나타내었음을 보고하였다. 국외에서 Peter and David (1991, 1992)는 목화바둑명나방의 발육생태를 검토하였고, 또 야외에서 6종의 기생봉과 유충의 밀도변동을 생명표로 분석하였으며, 기생봉의 존재가 개체군 동태에 주요한 원인임을 보고하였다. 교미행동에 관한 연구로 Kinjo and Arakaki (1997)는 암컷이 성페로몬을 방출하며, Wakamura *et al.* (1998)은 암컷의 복부말단에서 성페로몬을 추출하여 동정하였고 야외에서 수컷유인을 확인 보고하였다. 그러나 최근 국내 시설하우스의 박과채소작물에 크게 문제가 되고있는 이 해충의 개체군 증식에 미치는 온도의 영향에 관한 생태학적 연구보고는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 목화바둑명나방의 온도에 따른 발육과 성충수명 및 산란수를 조사하고, 이 해충의 발육영점온도와 유효적산온도 및 내적자연증가율을 구하여 생태적 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

실험곤충

본 실험에 사용된 목화바둑명나방은 1997년 8월경 전북 고산지방의 비닐하우스 내 참외밭에서 번데기를 채집하여 한국화학연구소 살충제 실험실(25~27°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 50~60%)에서 오이잎(*Cucumis sativus*)을 기주식물로 5세대 이상 누대사육한 것을 이용하였다.

생활사조사

알기간의 조사는 24시간 동안 오이잎에 알을 받은 후 직경 14 cm 페트리디쉬내에서, 유충기간은 직경 5.5 cm 페트리디쉬내에 3주 이상 된 오이 잎을 직경 5 cm로 잘라서 그 엽편 위에 부화 유충을 접종하고 우화가 될 때까지 매일 조사하였다. 또 산란 전기간, 성충수명, 산란수의 조사는 오이 종자(동부한농종묘 백미백다다기오이)를 원예용 부농상토가 담긴 폴리에틸렌 포트(직경 7.5×높이 7 cm)에서 3주 동안 온실에서 재배한 후 유리원통(직경 15×높이 20 cm)에 오이 1포트와 10% 설탕물이 적셔진 탈지면이 들어있는 컵을 공급하고 10반복 이상으로 9구간의 다른 온도조건에서 암컷과 수컷 한 쌍을 수명이 다 할 때까지 매일 조사하였다. 수컷이 죽은 경우는 갓 우화한 수컷 성충을 넣어 주었다. 이 실험은 15.0, 17.5, 20.0, 22.5, 25.0, 27.5, 30.0, 32.5, 35.0°C의 온도(온도균배 항온기, TG-200-ADCT)와 상대습도 50~60%, 16L:8D의 광조건하에서 수행하였으며, 얻어진 결과로 발육영점온도와 유효적산온도를 구하였다(Price, 1997; Pruess, 1983). 또 자료분석은 SAS를 이용하여 LSD검정(P=0.05)으로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

개체군 증가율 분석

생명표분석은 목화바둑명나방의 총수명(일수)을 x , 암컷성충의 일수별 생존율을 l_x , 암컷성충의 일수별 한 마리당 산란수를 m_x 라고 했을 때 1세대당 순번식률(R_0)은 $\sum l_x m_x$, 1세대에 요하는 평균시간(T)은 $\sum x l_x m_x / R_0$, 내적자연증가율(r_m)은 $(\log_e R_0) / T$ 로 계산하였고(Price, 1997), 10마리씩 5반복한 50개체의 일수별 수명과 생존율 및 산란수를 조사하였다. 성비는 0.5의 일정비율로 하였다.

결과 및 고찰

온도가 발육에 미치는 영향

각 온도에서의 목화바둑명나방의 알 기간은 Table 1과 같다. 그 평균값은 15.0°C에서 16.0±1.0일이고 35.0°C에서 2.4±0.5일로 온도가 높을수록 알의 기간이 짧아짐을 알 수 있었는데, 35.0°C에서는 15.0°C보다 발육기간이 6.7배 정도 짧았다. 따라서 알의 발육 온도 범위는 넓은 것으로 생각된다. 알의 발육속도와 온도간에는 온도가 높아 갈수록 발육속도가 빨라지는 직선관계를 나타내었다($V=0.017t-0.239$, $r^2=0.942$).

Table 1. Mean \pm SD duration of egg and larval period of *P. indica* under various temperatures

Temp. (°C)	n	Egg period (days)	n	Larval period (days)
15.0	643	16.0 \pm 1.0a ^a	50	37.8 \pm 1.4a
17.5	550	11.3 \pm 0.9b	50	34.3 \pm 3.2a
20.0	667	10.0 \pm 1.0b	50	29.1 \pm 3.3b
22.5	564	7.6 \pm 1.0bc	50	24.5 \pm 3.5c
25.0	436	5.2 \pm 0.7cd	50	18.9 \pm 1.9d
27.5	545	5.0 \pm 0.3cd	50	15.8 \pm 1.6de
30.0	501	3.1 \pm 0.8cd	50	14.5 \pm 0.8ef
32.5	710	3.0 \pm 0.7cd	50	10.6 \pm 0.7fg
35.0	570	2.4 \pm 0.5d	50	9.8 \pm 0.4g

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p = 0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

Table 2. Mean \pm SD duration of pupal period of *P. indicae* under various temperatures

Temp. (°C)	n	Prepupal period (days)	n	Pupal period (days)
15.0	16	3.2 \pm 0.4a ^a	— ^b	—
17.5	14	3.0 \pm 1.2ab	14	20.0 \pm 2.1a
20.0	19	2.8 \pm 0.7b	15	13.7 \pm 1.7b
22.5	14	2.5 \pm 1.0c	13	10.6 \pm 1.4c
25.0	16	2.1 \pm 0.3d	16	10.5 \pm 0.7c
27.5	17	2.0 \pm 0.5d	16	9.9 \pm 1.3d
30.0	20	1.7 \pm 0.3e	13	9.7 \pm 0.5d
32.5	13	1.7 \pm 0.5e	12	6.2 \pm 0.4e
35.0	12	1.2 \pm 0.4f	11	6.3 \pm 0.5e

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p = 0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

^bNot pupated

각 온도별 유충기간 (Table 1)의 평균값은 15.0°C에서 37.8 \pm 1.4일이었고, 35.0°C에서 9.8 \pm 0.4일로 알 기간과 같이 온도가 높을수록 유충기간은 짧았으며, 35.0°C에서는 15.0°C보다 발육기간이 3.9배 정도 짧았다. 따라서 온도별 발육기간 사이에는 유의한 차이가 있어 목화바둑명나방 유충의 발육이 온도조건에 민감함을 알 수 있었다. 또 유충의 발육속도와 온도간에도 온도가 높아 갈수록 발육속도가 빨라지는 직선적 관계를 나타내었다 ($V = 0.004t - 0.042$, $r^2 = 0.951$). 그리고 각 온도에서의 전용기간과 용기간 및 발육속도는 Table 2와 같다. 전용기간의 평균값은 15.0°C에서 3.2 \pm 0.4일이었고, 35.0°C에서는 1.2 \pm 0.4일로 알, 유충기간과 같이 온도가 높을수록 그 기간이 짧아짐을 알 수 있었으며, 또 35.0°C에서 발육기간이 15.0°C보다 2.7배 정도 짧게 나타났다. 전용의 발육속도와 온도간에도 직선적 관계를 나타내었으며 ($V = 0.023t - 0.080$, $r^2 = 0.884$), 온도가 높을수록 발육속도는 빨랐다. 각 온도별 용기간의 평균값은 17.5°C에서 20.0 \pm 2.1일 이었고 35.0°C에서 6.3 \pm 0.5일로 온도가 높아질수록 기간이 짧았으며, 35.0°C에서는 발육기간이 17.5°C보다 3.2배 짧게 나타났다. 그리고 15.0°C에서 용화는 되었으나 우화하지 않아 발육기간을 조사 할 수 없었다. 따라서 용의 발육온도 범위는 15.0°C 이상으로 추정된다. 용의 발육속도와 온도간에는 직선적 관계를 나타내었으며 ($V = 0.007t - 0.080$, $r^2 = 0.892$), 온도가 높아질수록 발육속도는 빨랐다. 그리고 알에서 번데기까지의 발육속도에서도 온도가 높아질수록 그 속도는 빨랐으며, 직선적 관계 ($V = 0.0029t - 0.031$, $r^2 = 0.9579$)를 나타내었고, 알에서 성충까지의 발육속도와 온도의 관계를 비교해 볼 때 온도가 높아질수록 발육속도가 빨라지는 직선적 관계를 나타내었다 ($V =$

$0.0021t - 0.024$, $r^2 = 0.9585$). Peter and David (1992)는 목화바둑명나방의 25, 30, 35, 40°C의 온도조건에서, 그리고 Kim *et al.* (1992)은 25 \pm 1°C 조건에서 발육기간을 조사하였는데, 본 실험의 결과와 일치하였다.

발육영점온도와 유효적산온도

평균발육기간의 역수에서 구한 발육속도와 각 발육단계의 회귀직선에서 산출한 발육영점온도와 유효적산온도는 Table 3과 같다. 발육영점온도는 알이 13.4°C, 유충이 10.6°C, 그리고 번데기가 11.6°C이었으며, 알에서 유충까지는 10.9°C, 알에서 우화까지는 11.5°C이었다. 또한 유효적산온도는 알기간에서 55.3일도, 유충기간에서 251.5일도, 번데기 기간에서는 138.3일도이었으며, 알에서 유충까지의 기간에서 346.1일도 이었고, 알에서 우화까지 1세대를 경과하는데 필요한 유효적산온도는 479.8일도 이었다. 발육단계별 발육영점온도의 추정값은 15°C 이하였으나, 실제 15°C에서 알, 유충까지는 발육하였으나 번데기에서는 발육되지 않았다. 많은 곤충의 발육영점온도는 15°C 이하였으며 (Maruyama and Shinkaz, 1987; Arai, 1996; Park, 1996; Bae *et al.*, 1997; Katayama *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1999), 본 종도 예외는 아니었다. 이론값과 실제값의 차이에 대한 원인은 알수 없으나, 앞으로 실제값을 예측할 수 있는 계산법이 개발되어야 하겠다. Peter and David (1992)는 목화바둑명나방의 알에서 성충까지의 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 12.05°C, 454.55 일도라고 보고하였는데, 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 3. Regression of developmental velocity (V) on temperature (t), the low developmental threshold (T) and total effective temperature (K) for development of each stage of *P. indica*

Developmental stage	Regression equation & r^2	T (°C)	K (degree day)
Egg	$V=0.0178t-0.239$ $r^2=0.942$	13.4	55.3
Larva	$V=0.0039t-0.042$ $r^2=0.951$	10.6	251.5
Pupa	$V=0.0069t-0.079$ $r^2=0.892$	11.6	138.3
Egg to prepupa	$V=0.0029t-0.031$ $r^2=0.958$	10.9	346.1
Egg to emergence	$V=0.0021t-0.024$ $r^2=0.959$	11.5	479.8

r^2 : Coefficient of correlation

Table 4. Survival rate of pre-adult stages of *P. indica* under various temperatures

Temp. (°C)	n	Hatchability (%)	n	Pupation rate (%)	n	Emergence rate (%)
15.0	643	63.4 ± 0.8b ^a	50	47.0 ± 5.8cde	— ^b	—
17.5	550	68.7 ± 5.9ab	50	47.0 ± 6.3cde	32	78.2 ± 12.3bc
20.0	667	71.1 ± 6.3ab	50	49.0 ± 4.0bcde	28	72.9 ± 12.7c
22.5	564	85.9 ± 5.3a	50	58.0 ± 8.2abcd	29	86.5 ± 11.4ab
25.0	436	87.2 ± 3.4a	50	62.0 ± 7.6ab	36	93.5 ± 9.9a
27.5	545	88.8 ± 7.7a	50	60.0 ± 8.3abc	31	90.6 ± 6.8a
30.0	501	83.0 ± 1.9ab	50	44.4 ± 4.4de	22	75.6 ± 12.8c
32.5	710	76.4 ± 8.3ab	50	36.2 ± 3.9ef	22	68.8 ± 8.5c
35.0	570	65.9 ± 5.7ab	50	26.4 ± 3.7f	16	53.6 ± 11.8d

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

^bNot pupated

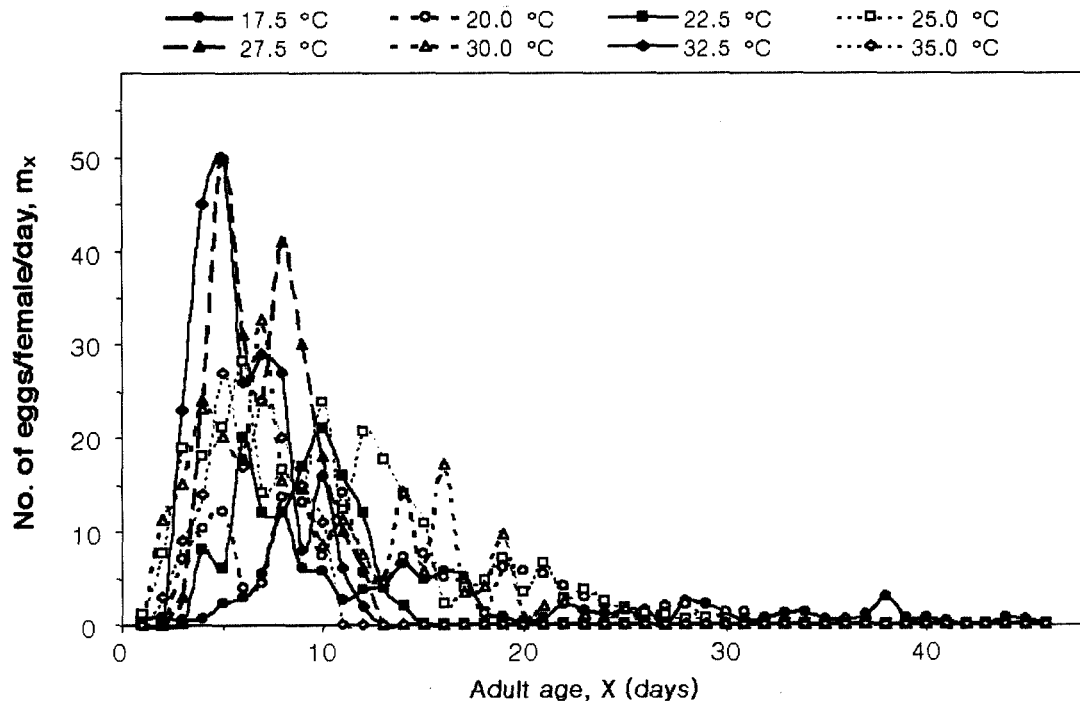
Fig. 1. Number of eggs per female per day of *P. indica* under various temperatures.

Table 5. Duration (Mean \pm SD) of adult longevity and reproduction of *P. indica* on under various temperatures

Temp. (°C)	n	Preoviposition period ^a (Day \pm SD)	♀ longevity(days) (Day \pm SD)	No. of eggs laid/ ♀ (Mean \pm SD)	No. of eggs/ ♀/day (Mean \pm SD)
17.5	17	11.5 \pm 9.2ab	30.6 \pm 11.9a	98.0 \pm 55.8f	5.1 \pm 1.4
20.0	34	5.5 \pm 4.7b	23.9 \pm 8.9ab	158.6 \pm 57.6d	8.6 \pm 1.2
22.5	15	2.9 \pm 1.5c	21.2 \pm 6.5b	200.5 \pm 87.5c	11.0 \pm 2.2
25.0	34	2.3 \pm 1.3cd	15.5 \pm 6.3c	281.8 \pm 49.4a	21.3 \pm 1.9
27.5	10	1.7 \pm 1.0cd	13.5 \pm 3.1d	245.8 \pm 27.9b	20.8 \pm 2.1
30.0	35	1.6 \pm 0.7d	12.2 \pm 2.0e	237.1 \pm 39.8b	22.4 \pm 1.6
32.5	15	1.8 \pm 0.6cd	12.1 \pm 1.9e	232.2 \pm 52.5b	21.1 \pm 2.5
35.0	34	1.5 \pm 0.7d	9.2 \pm 1.7f	139.5 \pm 64.1e	18.1 \pm 1.5

^aDays from emergence to the first oviposition

^bMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

부화율, 용화율, 우화율과 생존율에 대한 영향

각 온도에서 목화바둑명나방의 부화율, 용화율 그리고 우화율은 Table 4와 같다. 부화율은 25.0°C를 정점으로 낮아지는 경향을 보였다. 용화율도 25.0°C가 가장 높았으며 이 온도를 기점으로 부화율과 비슷한 동형의 관계를 보였으며 35.0°C에서 가장 낮았다. 우화율도 25.0°C에서 가장 높았으며 15.0°C에서는 우화를 하지 않았다.

성충수명과 산란 및 생존에 미치는 영향

온도별 산란곡선은 Fig. 1에, 수명과 산란수는 Table 5에 나타내었다. 암컷 우화 후 일령별 산란곡선은 온도가 높을수록 그 정점이 빨랐으며, 25.0°C, 27.5°C, 30.0°C에서는 6, 5, 7일째, 그리고 32.5°C, 35.0°C에서는 5일째에 최대를 나타내었다. 그러나 17.5°C, 20.0°C, 22.5°C에서는 그 정점이 뚜렷하지 않았으며 산란 지속기간은 17.5°C에서 45일로 가장 길게 나타났는데, 이 결과로 볼 때 저온에서 산란이 지연됨을 알 수 있었고, 이러한 산란결과에서의 차이는 온도가 알의 성숙 속도에 영향을 미침으로 일어난 결과라 생각된다. 1일 평균 산란수는 27.5°C에서 21.5개로 가장 많은 반면, 17.5°C에서는 2.1개로 가장 적게 나타났다. 또 암컷 한 마리당 평균 총 산란수에서도 가장 높은 온도인 35.0°C와 가장 낮은 온도인 17.5°C에서 139.5개와 98.0개로 적었으며, 25.0°C에서 281.8개로 가장 많았다.

온도별 암컷성충의 산란전기와 암컷성충 수명은 17.5°C에서 각각 11.5일 30.6일 이었고, 35.0°C에서는 각각 1.5일 9.2일로 온도가 높을수록 짧아지는 일반적인 경향을 나타내었으며, 온도간에는 유의한 차이를 나타내었다(Table 5). 이상의 결과로 볼 때 목화바둑명나방의 발육과 생식에 적합한 온도범위는 25.0~32.5°C인 것으로 생각된다. Kim *et al.* (1992)은 25 \pm 1

Table 6. Life-table parameters of *P. indica* under various temperatures

Temp. (°C)	R_0^a	T^b	r_m^c
17.5	67.8	69.0	0.061dd
20.0	91.5	66.2	0.068d
22.5	128.6	59.6	0.081cd
25.0	191.3	43.8	0.127ab
27.5	199.1	38.0	0.147ab
30.0	192.2	35.5	0.148a
32.5	135.2	33.3	0.146ab
35.0	80.6	32.0	0.137ab

^aNet reproductive rate per generation

^bMean generation time in day

^cIntrinsic rate of natural increase

^dMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1991])

°C 조건에서 목화바둑명나방의 성충수명은 10.1일이었고, 암컷 한 마리당 총산란수는 376.5개로 본 실험의 결과와 비교하였을때 성충수명은 짧았고 산란수는 많았다. 이러한 차이는 본 시험에 사용된 집단은 실내에서 5세대 이상 순화된 것으로 활력감퇴에서 오는 것으로 생각된다.

개체군 증식에 미치는 영향

온도에 따른 목화바둑명나방의 생명표 분석 결과는 Table 6과 같다. 1세대에 요하는 평균기간(T)은 17.5°C에서 69.0일이고 35.0°C에서 32.0일로 온도가 높아질수록 짧았으며, 1세대당 순증식율(R_0)은 17.5°C에서 67.8이었고, 35.0°C에서는 80.6으로 가장 낮은 온도와 높은 온도에서 적게 나타났으며, 27.5°C에서 199.1로 가장 높았다. 그리고 내적자연증가율(r_m)은 온도가 높

을수록 컸으며, 특히 30°C에서 0.148로 가장 컸다.

이상의 결과에서 목화바둑명나방의 발육과 생식에 온도가 중요한 영향을 미치며, 생명표 분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도범위는 25.0~32.5°C인 것으로 나타났다. 그러나 이 결과는 실내에서 누대사육 되어진 목화바둑명나방을 균일한 조건으로 실험한 것이기 때문에 앞으로 환경의 변화가 다양한 야외조건에서 목화바둑명나방의 증식율에 대한 검토가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Arai, T. 1996. Temperature-dependent developmental rate of three mealbug species, *Pseudococcus citriculus* Green, *Planococcus citri* (Risso), and *Planococcus kraunhiae* (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(1): 48~54.
- Choi, K.M., S.C. Han, M.H. Lee, Y.S. Cho, S.B. Ahn and S.H., Lee. 1990. Ecology and control of pests in vegetable crop. Natl. Inst. Agric. Sci. Technol. RDA. p.224.
- Kinjo, K. and N. Araaki. 1997. Mating behavior of the cotton caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Entomol. Zool. 32: 641~644.
- 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. Appl. Entomol. 38(2): 117~121 (in Korean).
- Kim, S.K., M.H. Kim, S.S. Hong and J.S. Yang. 1992. Experimental studies on the population ecology of the cotton caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). Res. Rept. of Kyonggi Provincil RDA. 396~401 (in Korean).
- Kim, S.K., M.H. Kim, S.S. Hong and J.S. Yang. 1993. Experimental studies on the population ecology of the cotton caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). Res. Rept. of Kyonggi Provincil RDA. 490~502 (in Korean).
- Kim, S.K., M.H. Kim, S.S. Hong and J.S. Yang. 1994. Experimental studies on the chemical control of cotton aphid, *Aphis gossypii* and cotton caterpillar, *Diaphania indica*. Res. Rept. of Kyonggi Provincil RDA. 490~502 (in Korean).
- Katayama, H. 1997. Effect of temperature on development and oviposition of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Jap. J. appl. Ent. Zool. 41: 225~231.
- Maruyama, T. and N. Shinkazi. 1987. Studies on the life cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). Seasonal adult emergence and development velocity. J. Appl. Ent. Zool. 31: 226~232.
- 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 (in Korean).
- Pesticide information. 1999. Korea Agri. Chem. Indu. Assoc. 44~47.
- Peter, F. and B.V. David. 1991. Population dynamics of the pumpkin caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). Trop. Pest Managt. 37(1): 75~79.
- Peter, F. and B.V. David. 1992. Studies on the thermal requirement for development of *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae). J. Insect Sci. 5(2): 172~174.
- Price, P.W. 1997. Insect ecology. 3rd ed., 874 pp. John Wiley & Sons, Inc.
- Pruess, K.P. 1983. Day-degree methods for pest management. Environ. Entomol. 12: 613~619.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C.
- Wakamura, S., N. Arakaki, K. Kinjo and T. Yasuda. 1998. Sex pheromone of the cotton caterpillar, *Diaphania indica* (Saunders) (Lepidoptera: Pyralidae): Identification and field attraction. Appl. Entomol. Zool. 33: 429~434.

(2000년 1월 3일 접수, 2000년 8월 23일 수리)