

## 난총채벌레의 발육과 생식에 미치는 온도의 영향

안기수\* · 이기열 · 박성규 · 이관석<sup>1</sup> · 김길하<sup>2</sup>충북농업기술원 농업환경과, <sup>1</sup>농업과학기술원 농업해충과, <sup>2</sup>충북대학교 농과대학 농생물학과Effects of Temperatures on Development and Reproduction of *Dichromothrips smithi* (Thysanoptera: Thripidae)Ki-Su Ahn\*, Ki-Yeol Lee, Sung-Kyu Park, Gwan-Seok Lee<sup>1</sup> and Gil-Hah Kim<sup>2</sup>

Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon 363-880, Republic of Korea

<sup>1</sup>National Institute of Agricultural Science and Technology, 249 Seodundong Kweonseonku, Suwon 441-707, Republic of Korea<sup>2</sup>Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesin-dong, Cheong-ju, Chungbuk 361-763, Republic of Korea

**ABSTRACT** : Development and reproduction of *Dichromothrips smithi* were investigated under different temperatures. Durations of the development from egg to pre-adult of *D. smithi* were measured under 11 temperature ranges and it was 44.0 days at 13°C and 8.7 days at 32°C. Developmental zero point and total effective temperature for the development of egg and larva, prepupa, pupa and for the complete development (egg to emergence) were 9.4, 8.9, 10.5, 10.8 and 9.5°C, and 46.1, 90.1, 23.9, 41.2 and 204.4 degree days, respectively. The adult longevity was 28.3 days at 15°C and 14.3 days at 30°C. The highest average fecundity per female was 69.3 at 25°C. The highest intrinsic rate of natural increase ( $r_m$ ) and the highest net reproduction rate ( $R_0$ ) were 0.241 at 30°C and 56.56 at 25°C. The optimum temperature range for the growth of *D. smithi* was between 25°C and 30°C.

**KEY WORDS** : *Dichromothrips smithi*, Developmental zero point, Total effective temperature, Intrinsic rate of natural increase

**초 록** : 최근 국내에 유입된 해충으로서 시설재배 난을 가해하는 난총채벌레(*Dichromothrips smithi*)의 발육생태 및 생식을 구명할 목적으로 온도별 알, 유충, 전용, 용의 발육기간, 성충수명 및 산란수를 조사하였다. 알에서 우화까지의 발육기간은 13°C에서 44.0일이고, 32°C에서 8.7일이었다. 온도가 높을수록 짧은 발육기간을 보였다. 알, 유충, 전용, 용, 알에서 우화까지의 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 9.4°C, 8.9°C, 10.5°C, 10.8°C, 9.5°C 그리고 46.1, 90.1, 23.9, 41.2, 204.4일도이었다. 암컷 성충수명은 15°C에서 28.3일이고 30°C에서 14.3일로 온도가 높을수록 짧았으며, 암컷 한 마리당 산란수는 25°C에서 69.3개로 가장 많았다. 내적자연증가율( $r_m$ )은 30°C에서 0.241, 1세대당 순증식율( $R_0$ )은 25°C에서 56.56로 가장 높았다. 결과적으로 난총채벌레의 성장에 적합한 온도범위는 25-30°C이었다.

**검색어** : 난총채벌레, 발육영점온도, 유효적산온도, 내적자연증가율

난총채벌레(*Dichromothrips smithi* Zimmermann)는 최근 충북지역의 시설재배작물인 심비디움(*Cymbidium*), 덴파레(*Dendrobium*), 팔레놉시스(*Phalaenopsis*)

등의 난류에 피해를 주면서 국내에 처음 보고된 해충이다(Lee *et al.*, 2002). 이 총채벌레는 아시아대륙의 열대, 아열대지역인 대만, 말레이시아, 인도네시아 등에

\*Corresponding author. E-mail: hyenmo01@cbares.net

분포하는 종으로서 난류의 빈번한 수입과정에서 국내에 유입된 것으로 추정되고 있다.

난충채벌레는 여러 종류의 난에서 흔히 발견되는 충채벌레로서(Zimmermann, 1900), 주로 꽃에서 발견되며, 따라서 피해증상 역시 꽃잎, 꽃봉오리, 꽃대에서 나타난다(Lee *et al.*, 2002). 피해증상은 꽃이 겹치는 부분을 먼저 가해하기 때문에 가장자리부터 변색되고 꽃잎에 갈색 반점이 나타난다. 심한 경우 꽃봉오리를 집중적으로 공격하여 개화를 못하게 만들기도 한다.

난 재배농가에게 큰 위협이 되는 이 해충의 효과적인 방제방법을 개발하기 위해 살충제 22종에 대한 감수성을 평가한 결과, 유기인계, 피레스로이드계 등 대부분의 농약에서 고르게 감수성이 높은 것으로 밝혀졌다(Ahn *et al.*, 2002). 국내에서의 분포확대가 우려되는 상황에서 이 해충의 발생양상을 이해하기 위해서는 온도, 광, 기주식물 등 환경적인 요인에 대한 기초 자료가 요구되겠으나, 아직 국내외에서 이 해충에 대한 연구는 이제 시작단계나 마찬가지이다.

따라서 본 연구에서는 온도에 따른 난충채벌레의 발육, 수명 및 산란수를 조사함으로써 이 해충의 발육 영점온도, 유효적산온도 및 개체군 증가율을 알아보려는 목적으로 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

본 시험에 사용된 난충채벌레(*D. smithi*)는 2000년에 충북 청원 북일, 음성 감곡, 진천 이월지역 시설하우스 3지역에서 채집하여 심비디움과 덴파레에서 누대사육하면서 시험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 20-25°C, 광주기 12L: 12D, 상대습도 50-60%로 하였다.

### 시험기주

본 시험에 사용한 기주식물은 충북농업기술원 화훼팀에서 재배한 덴파레와 능가 및 화원에서 구입한 심비디움의 꽃을 사용하였다.

### 시험용기

직경 9 cm, 높이 3 cm인 디쉬에 물을 0.3 cm 정도 넣

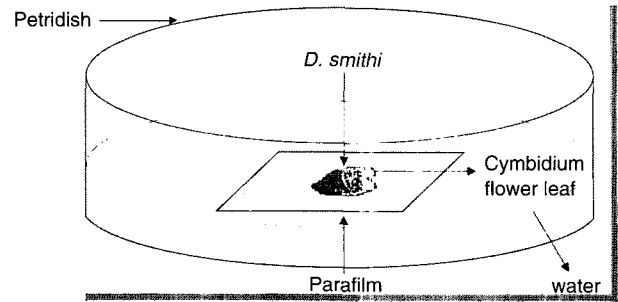


Fig. 1. Development and oviposition container for *D. smithi*.

고, 물위에 가로 5 cm, 세로 5 cm로 자른 파라필름을 물위에 띄우고 여기에 난충채벌레의 흡즙 또는 산란을 위해 심비디움 꽃잎을 놓았다(Fig. 1). 습도가 일정하게 유지될 수 있도록 뚜껑으로 디쉬를 닫았다.

### 온도가 발육에 미치는 영향

알, 유충, 전용, 용의 발육기간을 조사하기 위하여 성충 10마리를 디쉬에 넣고 24시간 동안 알을 받은 후, 알, 유충, 전용, 용의 발육기간을 매일 해부현미경하에서 조사하였다. 알은 꽃잎 표면에서 해부현미경으로 관찰이 용이하며, 어린 유충은 유백색을 띠다가 점차 짙은 주황색으로 변한다. 전용은 짧은 날개와 끝은 측각, 용은 복부의 끝까지 날개가 돌아나며 측각은 머리 뒤까지 휘어져 쉽게 구분이 된다. 전용과 용은 흡즙하지 않고 활동성이 유충보다는 작지만 움직임이 크다. 성충은 날개로써 확인이 된다. 실험은 10, 13, 15, 18, 20, 23, 25, 28, 30, 32, 35°C의 온도(NK system, Temperature gradient chamber)와 상대습도 50-60%, 16L: 8D의 광조건 하에서 수행하였으며, 얻어진 자료를 통해 발육영점온도(DT)와 유효적산온도(ET)를 산출하였다(Pruess, 1983).

### 온도가 생식에 미치는 영향

산란전기간, 성충수명 그리고 산란수 조사는 우화 후 5시간 이내의 암수 1쌍씩을 디쉬에 접촉하고, 24시간 간격으로 새로운 디쉬에 옮겨 주었다. 수컷이 죽은 경우는 24시간 이내에 우화한 수컷 성충을 넣어 주었다. 실험은 15, 20, 25, 30°C의 온도에서 앞의 '발육에 미치는 영향' 조사와 같은 조건에서 수행하였다. 성비 조사는 난충채벌레의 번식방법을 구명하기 위해, 암컷 성충만 10마리를 넣은 디쉬와 암수를 같이 넣은 디쉬

(암컷 10, 수컷 3, 5, 10마리)로 구분하여 사육하면서 매일 알을 받은 다음 15일 후에 성비를 조사하였다. 이 실험은 25°C에서 수행하였다. 생명표 분석은 난충채벌레의 총수명(일수)을  $x$ , 암컷 성충의 일수별 생존율을  $l_x$ , 암컷성충의 일수별 1마리당 산란수를  $m_x$ 라고 했을 때 1세대당 순증식률 ( $R_0$ )은  $\sum l_x m_x$ , 1세대에 요하는 평균기간( $T$ )은  $\sum x l_x m_x / R_0$ , 내적자연증가율 ( $r_m$ )은  $(\log_e R_0) / T$ 로 계산하였다(Price, 1997). 성비는 0.5의 일정비율로 하였다. 자료분석은 SAS를 이용하여 LSD검정( $P = 0.05$ )으로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

## 결과 및 고찰

### 알·유충, 전충, 용의 발육기간

각 온도별 난충채벌레의 알, 유충, 전충, 용의 발육기간은 Table 1과 같다. 알기간을 보면 10°C와 35°C에서는 부화하지 못하였다. 13°C, 15°C, 18°C, 20°C, 23°C, 25°C, 28°C, 30°C, 32°C에서 각각 11.3일, 8.1일, 6.0일, 4.7일, 3.3일, 2.8일, 2.4일, 2.1일, 2.2일로 온도가 높아질수록 짧은 경향을 보였고, 32°C에서는 약간 길게 나타났으나 30°C를 전후하여 발육기간의 차이가 적었다. 유충기간은 13°C, 15°C, 18°C에서 각각 16.9일, 15.9일, 12.0일의 긴 발육기간을 보였으나, 28°C, 30°C, 32°C에서는 5일 이내의 짧은 발육기간을 보였다. 전충기간은 13°C에서만 5일 이상의 발육기간을 보였고, 25°C, 28°C, 30°C, 32°C에서는 2일 이내로 짧은 발육기간을 보였다. 용은 13°C에서 10.6일, 32°C에서 1.5일로 약 7배 이상 긴 발육기간을 보였다. 알부터 우화까지는 13°C에서 44.0일로, 32°C에서 8.7일보다 약 5배의 발육기간을 보였다. 온도별 발육기간 사

이에는 난충채벌레의 발육이 온도조건에 민감한 것을 알 수 있었다.

Tamotsu (2000)는 파충채벌레에 대한 차의 화분과 꿀물을 기주로 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 조건에서 알기간이 각각 11.41일, 6.53일, 4.99일, 3.76일로서 난충채벌레보다 긴 발육기간을 보였으나, 알에서 성충까지의 발육기간은 각각 39.54일, 19.55일, 13.98일, 10.63일로 난충채벌레의 발육기간과 같은 경향이였다. 또한 Van Rijn (1995)은 오이를 기주로 꽃노랑총채벌레 알기간은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 조건에서 각각 10.6일, 4.7일, 2.6일, 2.4일로 난충채벌레와 비슷한 경향을 보였고, 알부터 우화까지의 각 온도별 발육기간은 McDonald et al. (1995)은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 조건에서 각각 37.1일, 21.6일, 15.9일, 11.8일로 조사하여 난충채벌레와 비슷한 경향을 보였으며, Katayama (1997)는 각각 34.2일, 19.2일, 12.1일, 9.5일로 보고하였는데, 이는 꽃노랑총채벌레가 난충채벌레와 매우 비슷한 경향임을 알 수 있었다.

### 발육영점온도와 유효적산온도

각 온도에 의한 발육소요일수(Table 1)를 기초로 산출한 알, 유충, 전충, 용, 알에서 성충까지의 발육속도와 온도의 관계는 Table 2와 같다. 발육영점온도와 유효적산온도는 각각 알이 9.4°C, 46.1일도, 유충이 8.9°C, 90.1일도, 전충이 10.5°C, 23.9일도, 용이 10.8°C, 41.2일도, 알에서 우화까지가 9.5°C, 204.4일도 이었다. 파충채벌레에 있어, Tamotsu (2000)는 발육영점온도와 유효적산온도를 각각 알이 7.2°C, 85.5일도, 유충과 용이 9.8°C, 135.1일도, 알부터 우화까지가 10.8°C, 232.6일도라고 보고하였는데, 본 종과 비교하여 볼 때 각 발육간에 약간의 차이는 있었다. Katayama (1997)는 꽃노랑총채벌레의 발육영점온도와 유효적산온도는

**Table 1.** Mean  $\pm$  SD duration (days) of developmental stages of *D. smithi* reared at different temperatures

Temperature (°C)	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg $\rightarrow$ Adult
10	0				
13	11.3 $\pm$ 0.74a	16.9 $\pm$ 1.27a	5.4 $\pm$ 0.35a	10.6 $\pm$ 0.75a	44.0 $\pm$ 2.05a
15	8.1 $\pm$ 0.59b	15.9 $\pm$ 1.20b	4.9 $\pm$ 1.16b	9.1 $\pm$ 1.08b	39.2 $\pm$ 4.11b
18	6.0 $\pm$ 0.41c	12.0 $\pm$ 1.06c	3.5 $\pm$ 1.20c	5.3 $\pm$ 0.82c	26.3 $\pm$ 2.66c
20	4.7 $\pm$ 0.42d	8.1 $\pm$ 0.80d	3.3 $\pm$ 0.65c	5.1 $\pm$ 0.52c	20.7 $\pm$ 0.99d
23	3.3 $\pm$ 0.12e	6.0 $\pm$ 0.82e	2.3 $\pm$ 0.62d	3.5 $\pm$ 0.62d	14.9 $\pm$ 2.01e
25	2.8 $\pm$ 0.33f	5.5 $\pm$ 1.13e	1.6 $\pm$ 0.56e	3.2 $\pm$ 0.55d	13.2 $\pm$ 2.03f
28	2.4 $\pm$ 0.33g	4.7 $\pm$ 0.74f	1.6 $\pm$ 0.65e	2.9 $\pm$ 0.35e	11.9 $\pm$ 1.82g
30	2.1 $\pm$ 0.23h	4.5 $\pm$ 0.77f	1.1 $\pm$ 0.33f	2.7 $\pm$ 0.65e	10.2 $\pm$ 1.49g
32	2.2 $\pm$ 0.33gh	3.7 $\pm$ 0.49g	1.1 $\pm$ 0.28f	1.5 $\pm$ 0.53f	8.7 $\pm$ 1.04h
35	0				

**Table 2.** Thermal requirements for development and results of linear regression relating developmental rate of immature stages of *D. smithi* to temperature

Developmental stage	Velocity & $r^2$	Developmental stage (°C)	Total effective temperature (degree day)
Egg	$V = 0.0218t - 0.2043$ $r^2 = 0.980$	9.4	46.1
Larva	$V = 0.0112t - 0.0994$ $r^2 = 0.979$	8.9	90.1
Prepupa	$V = 0.0413t - 0.4353$ $r^2 = 0.940$	10.5	23.9
Pupa	$V = 0.024t - 0.2584$ $r^2 = 0.815$	10.8	41.2
Egg → Adult	$V = 0.0048t - 0.0456$ $r^2 = 0.986$	9.5	204.4

각각 알이 9.2°C, 50일도, 유충이 8.9°C, 91일도, 전용과 용이 10.4°C, 52일도, 알에서 우화까지가 9.5°C, 194일도로 난총채벌레와는 매우 비슷한 경향이였다. 난총채벌레는 파총채벌레보다 꽃노랑총채벌레와 비슷한 경향이였다.

**성충수명 및 산란수에 미치는 영향**

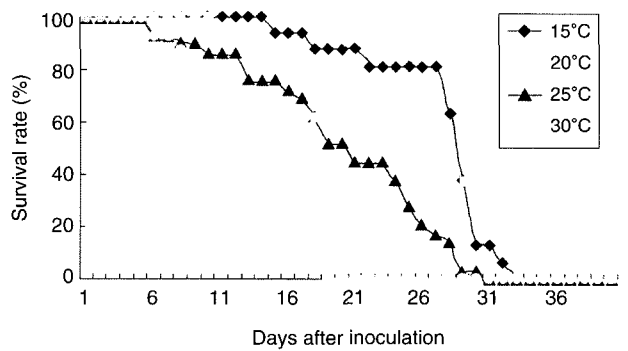
온도별 암컷 성충수명과 산란수는 Table 3, Fig. 2, Fig. 3에 나타내었다. 온도별 암컷성충의 산란전기와 성충수명은 15°C에서 각각 2.9일과 28.3일, 20°C에서 각각 2.3일, 25.2일, 25°C는 각각 1.5일, 22.2일, 30°C에서는 각각 0.8일, 14.3일로 온도가 높을 수록 짧아지는 일반적인 경향을 나타내었다. 산란전기간은 모든 온도에서 유의성이 인정되었고, 성충수명은 15°C, 20°C, 25°C에서는 유의성이 없었으나, 30°C에서는 유의성이 인정되었다. 암컷 한마리당 총 산란수는 25°C에서 가장 많았고, 이보다 온도가 낮은 20°C와 온도가 높은 30°C에서 유의성은 인정되었으나, 20°C와 30°C에서 총 산란수는 유의성이 인정되지 않았다. 파총채벌레에 있어 Tamotsu (2000)는 성충수명이 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 86.6일, 46.8일, 25.0일, 12.8일로 보고하여 본 종과 비교해 보면 30°C에서는 난총채벌레의 수명이 길었고, 25°C에서는 유사한 경향을 보인 반면에 15°C와 20°C에서는 난총채벌레가 매우 짧은 경향을 보였다. 파총채벌레의 암컷 한마리당 산란수에 있어서 Tamotsu (2000)는 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 169.6개, 210.0개, 165.0개, 62.6개로 보고하여 본 종과 비교해 보면 모든 온도에서 매우 많았는데, 그 원인에 관해서는 정확히 알 수 없었으나 온도를

**Table 3.** Effect of constant temperatures on the duration of adult longevity and fecundity of *D. smithi* under various temperatures

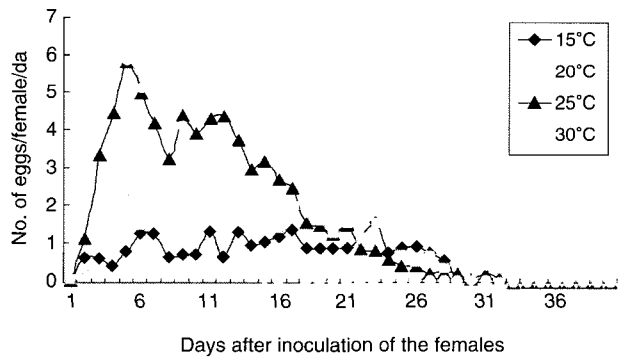
Temp. (°C)	No of females tested	Preoviposition period <sup>a</sup> (day)	♀ Longevity (day)	Fecundity/♀
15	16	2.9 ± 0.81 <sup>b</sup> a	28.3 ± 4.19a	24.3 ± 5.67c
20	13	2.3 ± 0.63b	25.2 ± 11.45a	47.9 ± 12.49b
25	29	1.5 ± 0.33c	22.2 ± 7.36a	69.3 ± 4.31a
30	15	0.8 ± 0.13d	14.3 ± 4.69b	50.5 ± 10.28b

<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. 2.** Effect of constant temperatures on the duration of adult longevity of *D. smithi* under various temperatures.



**Fig. 3.** Number of eggs per day of *D. smithi* under various temperatures.

제외한 실험조건의 차이(습도, 사육조건, 실험 곤충수 등)와 종의 특성이 아닌가 생각된다. 또한 Katayama (1997)는 꽃노랑총채벌레 성충수명은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 99일, 64일, 46일, 37일이며, 산란수는 각각 253, 231, 249, 183개로 보고하였고, Kawai (1985)는 오이총채벌레 성충수명은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 35.9일, 22.8일, 15.8일, 10.9일이며, 산란수는 각각 32.4, 48.8, 59.6, 35.4개로 보고하였다. 난총채벌레 성충수명은 꽃노랑총채벌레에 비해 매우 짧

**Table 4.** Secondary sex ratio of fertilized females of *D. smithi* at 25°C

N (adult) (males : females)	N (offspring) (males : females)	Offspring sex ratio*
0 : 10	132 : 0	0
3 : 10	37 : 106	0.74
5 : 10	8 : 129	0.94
10 : 10	0 : 144	1

\*Females / total.

있고, 오이총채벌레에 비해서 15°C에서는 짧았으나, 20°C, 25°C, 30°C에서는 길었다. 산란수도 꽃노랑총채벌레에 비해서는 매우 낮았으나, 오이총채벌레보다는 25°C, 30°C에서 많았다. 암컷 우화 후 일령별 산란곡선은 30°C에서 5일까지 일일 6개 정도의 산란을 보인 후 급격히 산란수가 감소하는 경향을 보였고, 25°C에서는 12일까지 일일 4개 정도의 산란을 보인 후 감소하는 경향을 보였다. 20°C에서는 일일 2개 정도의 산란을 보였고, 15°C에서는 일일 1개 정도의 산란을 나타내었다.

난총채벌레가 thelytokous (수컷없이 암컷만으로 다음세대에 암컷이 생산됨)인지 arrhenotokous (수컷과 암컷이 교미하여야 다음세대에 암컷이 생산됨)인가를 조사하기 위하여 난총채벌레 우화 직후 수컷과 암컷을 구분하여, 암컷만으로 사육한 곳에서는 모두 수컷만이 생산되었고, 암컷 10마리와 수컷 10마리를 사육한 처리구에서는 모두 암컷이 태어났다(Table 4). 이는 난총채벌레가 arrhenotokous인 것을 나타낸다. 파총채벌레는 수컷 없이 암컷만으로 다음 세대에 암컷이 생산되는 thelytokous (Kendall and Capinera, 1990; Vierbergen, 1990)이고, 꽃노랑총채벌레는 수컷과 암컷이 교미하여야 다음세대에 암컷이 생산되고, 수컷 없이 암컷만으로는 다음세대에 수컷만 생산되는 arrhenotokous로 번식이 된다(Bryan and Smith, 1956). 일반적으로 arrhenotokous는 많은 암컷과 약간의 수컷이 태어난다(Trichilo and Leigh, 1988; Higgins and Myers, 1993)고 보고되어 있다. 자연상태에서는 thelytokous가 arrhenotokous보다 2배의 이점이 있다고 알려져 있는데, 첫째 개체군의 증식에 있어 모든 암컷의 자손에 의해 가능하고, 둘째 낮은 밀도의 개체 성장에 있어 수컷의 제한이 없다(Van Rijn, 1995)고 알려져 있다. 난총채벌레는 arrhenotokous이기 때문에 thelytokous인 파총채벌레에 비하여 자연상태에서는 번식에 불리한 조건을 갖고 있다.

**Table 5.** Comparison of life table parameters of *D. smithi* under various temperatures

Temp. (°C)	$R_o$	$T$	$r_m$
15	22.75	53.88	0.058
20	35.23	32.25	0.110
25	56.56	22.69	0.178
30	44.85	15.78	0.241

 $R_o$ : Net reproductive rate per generation. $T$ : Mean generation time in day. $r_m$ : Intrinsic rate of natural increase.

### 개체군 증식에 미치는 영향

온도에 따른 난총채벌레의 생명표 분석 결과는 Table 5와 같다. 1세대에 요하는 평균기간( $T$ )은 15°C에서 53.88이고 30°C에서 15.78로 온도가 높아질수록 짧았다. 꽃노랑총채벌레의 1세대가 요하는 평균기간은 15°C, 20°C, 25°C, 30°C에서 각각 79.0, 47.1, 32.0, 22.1로 보고되어(Katayama, 1997)있고, 오이총채벌레는 각각 80.2, 40.4, 24.8, 20.5로 보고되어(Kawai, 1985), 난총채벌레와 같은 경향을 보였지만, 난총채벌레 1세대가 요하는 평균기간은 꽃노랑총채벌레나 오이총채벌레보다 모든 온도에서 짧았다. 1세대당 순증식률( $R_o$ )은 25°C에서 56.56로 가장 컸고, 내적자연증가율( $r_m$ )은 30°C에서 0.241로 가장 컸다. Tamotsu (2000)는 파총채벌레의 내적자연증가율( $r_m$ )이 25°C에서 0.1709로 가장 크다고 보고하였고, Katayama (1997)는 꽃노랑총채벌레의 1세대당 순증식률이 20°C에서 95.5, 내적자연증가율이 30°C에서 0.198로 가장 크다고 보고하였으며, Kawai (1985)는 오이총채벌레의 1세대당 순증식률이 25°C에서 28.0, 내적자연증가율이 30°C에서 0.144로 가장 크다고 보고하였다.

이상의 결과에서 난총채벌레의 발육과 생식에 온도가 중요한 영향을 미치며, 생명표분석을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 온도범위는 25-30°C로 나타났다.

### Literature Cited

- Ahn, K.S., K.Y. Lee, H.J. Kang, S.K. Park and G.H. Kim. 2002. Toxicity of several insecticides to *Dichromothrips smithi* Zimmermann (Thysanoptera: Thripidae). Kor. J. Pest. Sci. 6: 244~249.
- Bryan, D.E. and R.F. Smith. 1956. The *Frankliniella occidentalis* (Pergande) complex in California (Thysanoptera: Thripidae). Univ. California Publ. in Entomol. 10: 359~410.
- Higgins, C.J. and J.H. Myers. 1992. Sex ratio patterns and population dynamic of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae).

- dae). Environ. Entomol. 21: 322-330.
- Katayama, H. 1997. Effect of temperature on reproduction and development of *Frankliniella occidentalis*. Appl. Entomol. Zool. 41: 225-231.
- Kawai, S. 1985. Studies on population ecology of *Thrips palmi* VII. Effect of temperature population growth. Appl. Entomol. Zool. 29: 140-143.
- Kendall, D.M. and J.L. Capinera. 1990. Geographic and temporal variation in the sex ratio of onion thrips. Southwestern Entomol. 15: 80-88.
- Lee, G.S., K.S. Woo and K.S. Ahn. 2002. New record of *Dichromothrips smithi* (Zimmermann) (Thysanoptera: Thripidae) injurious to Orchidaceae in Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 5: 155-160.
- McDonald, J.R., J.S. Bale and K.F.A. Walters. 1998. Effect of temperature on development of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Eur. J. Entomol. 95: 301-306.
- Mound, L.A. 1976. Thysanoptera of the genus *Dichromothrips* on old world orchidaceae. Bio. J. Linn. Soc. 8: 245-265.
- Price, P.W. 1997. Insect ecology. 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc. 874 pp.
- 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., U.S.A.
- Tamotsu, M. 2000. Effect of temperature on development and reproduction of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on pollen and honey solution. Appl. Entomol. Zool. 35: 499-504.
- Trichilo, P.J. and T.F. Leigh. 1988. Influence of resource quality on the reproductive fitness of flower thrips (Thysanoptera Thripidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 8: 64-70.
- Van Rijn, P.C.J. 1995. Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. Bull. Entomol. Res. 85: 285-297.
- Vierbergen, B. 1990. De tabakstrips (*Thrips tabaci* Lind.) en tomatelbronsvlekkenvirus In Nederland. Gewasbescherming 2: 159-164.
- Zimmermann, H. 1900. Über einige javanische Thysanoptera. Bulletin de l'Institut Botanique Buitenzorg 7: 6-19.

(Received for publication 13 August 2003;  
accepted 15 September 2003)