

담팔수깍지벌레의 發育과 増殖能力

Development and Reproductive Capacity of *Protopulvinaria mangiferae* (Green) (Homoptera: Coccidae)

김 종 국
Jong Kuk KIM

ABSTRACT This study was carried out in the laboratory to clarify effects of different temperature of *Protopulvinaria mangiferae* (Green) on development, survivorship and reproduction. Developmental period of the mango shield scale from crawlers to preoviposition adult decreased as temperature increased. The threshold temperature and thermal constants for the development of one generation were 11.7°C and 1000.0 day-degrees, respectively. At 25°C and 30°C, survival rate from egg to preoviposition adult were 82% and 60%, respectively. Hatchability of eggs was more than 99% at both condition. The reproductive period overaged 50 days(25°C) and 33 days (30°C). After mature adult began to reproduce, and more than 50% of the crawlers emerged during the first half of their life time. The net reproduction rate per generation(R_n), mean length of a generation(T) and intrinsic rate of natural increase(r_m) were higher at 25°C than at 30°C, and the values measured at 25°C were 132.6, 76.2 and 0.064/female/day, respectively.

KEY WORDS *Protopulvinaria mangiferae*, Development, Survivorship, Reproduction.

초 록 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus* Hara)를 기주로 하여 담팔수깍지벌레(*Protopulvinaria mangiferae* (Green))의 발육속도 및 증식능력을 조사하였다. 본 깍지벌레의 1령약충기부터 산란전성충기까지 발육소요일수는 온도가 상승할수록 짧았으며, 발육한계온도는 11.7°C, 유효적산온도는 1000.0일도 이었다. 25°C, 30°C 항온, 60-70% RH조건하에서 부화율은 각 온도구 모두 99% 이상으로 높았다. 산란전성충까지의 생존율은 25°C에서 82%, 30°C에서 60%이었으며, 1령약충(neonate crawler)기의 사망율이 가장 높았다. 성충체로부터 1령약충의 이탈기간은 25°C에서 50일 30°C에서 33일간 이었으며, 이 기간 중 총이탈약충수의 50% 이상이 분산기간 초기에 발생되었다. 발육기간 및 영벌생존율 및 출생수를 이용하여 산출한 순번식율(R_n), 평균세대기간(T) 및 내적자연증가율은(r_m)은 25°C에서 각 132.6, 76.2, 0.064/암컷/일로 30°C구 보다 높았다.

검색어 담팔수깍지벌레(신칭), 발육, 생존율, 증식

담팔수깍지벌레(신칭) *Protopulvinaria mangiferae* (Green)는 주로 기주의 잎 이면에 기생하므로 흡즙에 의한 잎 피해는 물론 총체로부터 감로가 배출되어 그 흡즙의 발생이 용이하며 이로인해 조기낙엽현상을 일으켜 수목이 고사되고, 망고나무의 경우는 꽃과 과실에도 기생하여 망고생산량의 감소는 물론 품질의 저하를 초래하는 등 삼림, 정원목 및 과수에 중요한 해충으로 알려져 있다(Otanes, 1936; 河合, 1980).

본 깍지벌레는 매미목(Homoptera), 깍지벌상과(Coccoidea), 깍지벌레과(Coccidae)로 분류되며 아시아, 아프리카, 미국, 인도, 이집트, 이스라엘 등 광범위한

지역에 분포하며 귤나무(*Citrus unshiu* Markovich), 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus* Hara), 팔손이나무(*Fatsia japonica* Decne. et Planch.), *Symplocos glauca* Koidz, *Mongifera indica*, *Psidium guajava* Linne 등에 기생하며, 주로 담팔수의 잎과 망고나무의 과실에 기생하는 본 깍지벌레를 대상으로 각 총태에 대한 생활사 및 담팔수내의 분포양식 등이 보고 된 바 있다(Otanes, 1936; De lotto, 1957; Takahashi, 1959; Avidov and Zaitzov, 1960; Avidov and Harpaz, 1969; 河合, 1980; 金, 1995). 그러나 해충의 발생예찰 및 방제를 위하여는 개체군의 변동기구 해석이 중요하며 이러

한 개체군의 변동기구를 해석하는데는 기본적으로 발육 및 증식 과정의 해명이 필요하다.

본 연구는 각지벌레를 각 항온조건하에서 사육하며, 발육에 미치는 온도의 영향을 조사하여 발육한계온도 및 유효적산온도를 산출하였으며, 영별출생을 및 생존율 등 증식에 관한 제특성을 조사하여 온도조건에 따른 증식능력을 검토하였다. 본 연구에 필요한 각지벌레 표본을 동정하여 주신 동경 농업 대학의 河合省三 教授께 감사드린다.

재료 및 방법

발육속도 및 유효적산온도

복강시(福岡市) 가로수로 식재되어 있는 담팔수 가지를 채취하여 수삽한 후, 잎에 기생하고 있는 담팔수각지벌레의 성충체로 부터 이탈되는 1령 약충(neonate crawler)을 공시충으로 이용하였으며, 기주인 담팔수는 유묘(수고 50 cm 内外)를 pot에 이식하여 6개월 경과된 것으로 생육이 왕성한 개체를 선정하였다. 각지벌레 성충체 하면으로 부터 이탈하여 보행중인 1령약충 500마리를 채집하여 pot에 식재된 9그루의 담팔수잎에 균일하게 접종하였으며, 높은밀도로 인하여 충체가 서로 중복되어 생육하는 것을 방지 하기위하여 한잎당 10마리 이하로 한정하였다. 접종이 종료된 수목은 실온조건하에 24시간 방치한 후 16시간 조명, 60-70% RH, 15°C-30°C의 항온실험실내로 각 3그루씩 옮겨 다음세대의 1령약충이 성충체로 부터 이탈할때까지 사육하였다. 항온조건별로 이들 사육개체 가운데 각 공시목에서 50개체를 임의로 선정후, 24시간 마다 실체현미경을 이용하여 충태의 발육정도를 조사하였으며, 각 발육충태는 충체의 크기 및 탈피각의 유무에 의해 판별하였다.

약충의 생존율, 포란수 및 부화율

6그루의 담팔수유묘에 각지벌레 1령약충 1000마리

씩 접종하여, 25°C 및 30°C 항온조건하에 각 3그루를 옮긴후, 성충기까지 사육하며 각 발육단계별 사망개체수를 조사하였다. 한편, 발육하여 성충이 된 개체(충체하면에 2개체이하의 알을 낳은 성충)를 온도별로 100마리씩 추출하여, 생리식염수내에서 해부하여 난소란(ovarian eggs)수를 조사하였고, 이 가운데 50마리를 임의로 선정하여 체장 및 체폭을 측정하였다. 또한 성충체로부터 1령약충이 10일 이상 이탈하지 않은 50개체의 충체하면을 조사하여 부화하지 않은 알의 수와 부화후 충체하면으로부터 이탈에 실패한채 사망한 약충의 개체수를 기록하였다.

성충의 영별생존율 및 약충수, 증식능력

25°C 및 30°C 조건하에서 사육하여 얻은 성충 가운데 40개체를 선정하여 1령약충이 성충체하면으로 부터 이탈하기전 충체의 주변 옆위에 점착체를 원형으로 도포한후 성충으로부터 이탈하여 원형내측에 보행 혹은 정착한 1령약충(settled crawler)수를 24시간마다 기록한 후 제거하였다. 본 각지벌레성충은 복부하면에 산란하므로 육안으로 관찰이 불가능하기 때문에 성충체 하면으로부터 이탈하는 1령약충을 영별 산란수로 간주하였으며, 성충체로 부터 약충의 이탈이 10일동안 관찰되지 않는 공시충은 사망충으로 판정하여 성충의 생존율을 구하였다. 본 각지벌레의 발육소요일수, 영별산란수(mx) 및 영별생존율(lx)을 이용하여 순번식율(R_n), 평균세대기간(T) 및 내적자연증가율(r_m)을 구하였다. 산출방법은 Birch(1948)의 식 $R_n = \sum lx \cdot mx$, $T = \sum x \cdot lx \cdot mx / \sum lx \cdot mx$, $\sum e^{-rx} lx \cdot mx = 1$ 을 이용하였다.

결과 및 고찰

발육속도와 유효적산온도

각 항온조건에서 담팔수각지벌레의 발육소요일수는 Table 1과 같다. 정착약충기부터 3령약충기까지의 약

Table 1. Duration of immature stage and preovipositing adult of *Protospulvinaria mangiferae* reared under different temperatures

Stage	Mean developmental time (days ± sd)			
	17°C	20°C	25°C	30°C
1st to 3rd instar lava	-	87.3 ± 3.8	44.6 ± 2.6	38.9 ± 2.4
Preovipositing adult	-	47.3 ± 3.7	23.1 ± 2.7	18.2 ± 2.1
1st instar to preovipositing adult	186.3 ± 11.4	135.6 ± 4.1	67.7 ± 3.2	57.1 ± 2.9

충기간 및 산란전성충(preovipositing adult)기간은 온도가 높을수록 단축되었으며, 정착약충기부터 산란전성충기까지의 평균발육소요일수는 17°C에서 186±11.4, 20°C 135.6±4.1일 25°C 67.7±3.2일 30°C 57.1±2.9일이었다. 17°C의 경우 개체간의 발육일수의 편차가 크게 나타났는데 이는 본 종이 20°C 이하의 온도조건에서는 이동과 정착이 빈번히 발생하는 것이 관찰되었고, 15°C의 항온조건하에서는 접종한 대부분의 개체가 이동중 이거나 폐사된채로 관찰된 점으로 미루어 저온에 의한 양분획득의 차이에 기인하여 나타난 결과라 사료된다. 또한, 각 온도조건하의 평균발육소요일수(Table 1)를 이용하여 산출한 발육속도와 온도와의 관계회귀식은 Fig. 1과 같다. 정착약충기부터 산란전성충기까지의 발육속도와 사육온도의 관계회귀식은 $V=0.0010T-0.0117$ ($r^2=0.96$, $p<0.02$)로, 회귀식으로부터 산출된 이론적 발육한계온도 및 유효적산온도는 각각 11.7°C와 1000.0일도였다. 이를 기초로하여 복강시(福岡市) 기상월보에 의해 계산한 이론적 연간 세대수는 2세대로 추정되었으며, 이는 金(1995)의 야외생활환에 대한 관찰결과와 일치하였다. McLaren(1971)은 깍지벌레과(Diaspididae)속하는 *Aonidiella aurantii*의 발육한계온도를 15°C, 귤노랑깍지벌레(*Aonidilla citrina*) 18°C로 보고하였으며, 植松(1978)은 나한송깍지벌레(*Aonidiella taxus*)의 발육한계온도를 암컷 14.8°C, 수컷 14.7°C로 보고한바 이들 깍지벌레류보다 발육한계온도가 낮은 종으로 판명되었다. 内田(1957)은 곤충류의 발육한계온도는 대부분의 종이 10°C전후에 위치하며 이를 중심으로

정규곡선에 가까운 분포를 한다고 하였던 바 본 종의 발육한계온도도 평균적인 경향을 보였다. 한편, 본 깍지벌레는 성충체하면에 산란하므로 충체하면내에서의 부화기간에 대한 관찰이 불가능하였다. 따라서 산란된 알의 부화기간 및 1령약충이 성충체외로 이탈하기 전기간까지의 기간을 포함한다면 유효적산온도는 1000일도보다 다소 높을것으로 판단된다.

포란수, 부화율 및 약충의 생존율

본 깍지벌레는 약충기 성충기 모두 부숙기가 존재하며 3회 탈피후 성충이 된다. 성충기에도 발육을 계속하였으며, 난소난의 유무에 의해 미성숙성충기와 성숙성충기로 구분이 가능하였다. 충체는 주로 미부가 넓은 삼각형으로 중앙부위가 움푹한 형태이나 생육하고 있는 장소에 따라 변형된 개체도 관찰되었다. 각 온도조건에서 사육한 담팔수 깍지벌레의 성충크기와 포란수는 Table 2와 같다. 성숙성충의 체장은 25°C에서 3.395±0.245 mm, 30°C에서 2.782±0.170 mm, 포란수는 25°C에서 241.7±58.6개체, 30°C에서 115.4±40.5개체로 성충크기 및 포란수는 온도조건에 따라 다르게 나타났다($p>0.01$, t-test).

한편 성충체 하면으로부터 약충이탈이 종료된 개체에 대하여 부화율 및 약충폐사율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 충체하면에 미부화된 알의 수는 성충 1개체당 1-2년이 관찰되며 부화율은 각 온도조건 모두 99%이상 이었다. 성충체로부터 이탈에 실패한 약충폐사율은 25°C에서 2.5%, 30°C에서 11.0%이었다. 30°C에서 약충폐사율이 25°C보다 높게 나타난 이유는 온도조건에 따른 기생자의 생리적인 차이에 기인된것으로 특히 30°C에서 사육한 개체의 경우 25°C에서 사육한

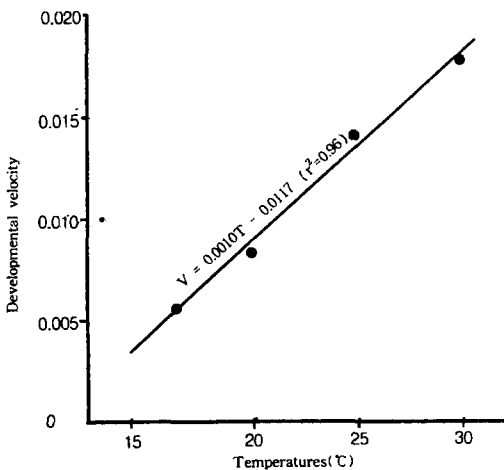


Fig. 1. Relationships between temperatures and developmental velocity.

Table 2. Body size of mature adults and number of ovarian eggs of *Protospulvinaria mangiferae* reared under different temperatures

Contents	Temperature	
	25°C	30°C
Body size(mm)		
Length(mean ± sd)*	3.395 ± 0.245(50)	2.782 ± 0.170(50)
Width(mean ± sd)	2.845 ± 0.153(50)	2.59 ± 0.182(50)
No. of ovarian eggs(mean ± sd)*		
	241.7 ± 58.6(100)	115.4 ± 40.5(100)

* Significant difference between 25°C and 30°C at the 5% level (t-test)

Numbers in parentheses denote the number of individuals measured.

개체보다 감로 분비량이 많이 관찰되며, 이물질이 점차 이탈공 주위에 축적되어 약충이 성충체 하면으로부터의 이탈을 물리적으로 방해하는 것이 주 원인으로 판단된다.

성충체외로 이탈한 1령약충을 기주식물에 접촉한후 25°C 및 30°C 항온조건에서 사육하며 발육충태별 생존율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

1령약충을 접촉한 이후 산란전성충기까지의 생존율은 25°C에서 82%, 30°C에서 60%였다. 전발육기간동안 1령약충 분산기간의 사망율이 25°C에서 14%, 30°C에서 32%로 가장 높았으며, 2령약충기 이후 성충기까지의 기간동안 사망율의 차이는 적었다. 이와같이 사망율이 1령약충기에 높은것은 분산유충의 정착실패가 주 요인으로 사료되며, 양 온도구의 사망율차이는 온도가 본 종의 정착과 이동에 영향을 주는 것을 시사하는 바 이후, 본 종의 이동이 부화직후의 1령유충기 뿐만아니라 환경조건에 따라 전발육단계를 통해 가능하기 때문에 온도조건에 따른 충태별 분산 및 정착과정에 대한 검토가 필요하다.

Table 3. Hatching rate and nymphal mortality of *Protopulvinaria mangiferae* reared under different temperatures

Temperature	No. of mature adults examined	Hatching rate (%)	Mortality* (%)
25°C	50	99.2	2.5
30°C	50	99.0	11.0

* Crawlers in beneath of adult body.

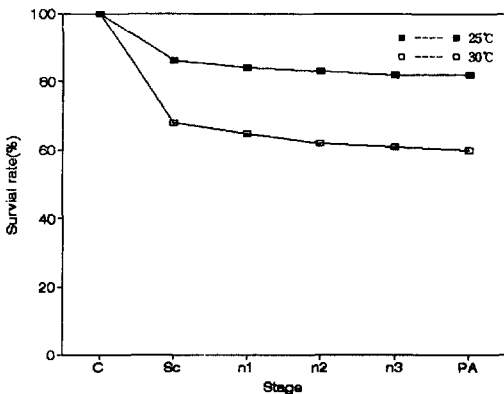


Fig. 2. Survival curve of *Protopulvinaria mangiferae* reared under different temperatures. (C:neonate crawler, Sc: settled crawler, n1:1st instar nymph, n2:2nd instar nymph, n3:3rd instar nymph, PA:preoviposition adult)

성충의 영별 생존율과 출생수

25°C와 30°C온도조건하에서 각직별레 성충의 영별 생존율(lx)과 영별약충수(mx)는 Fig. 3과 같다. 성충체로부터 1령약충의 분산기간은 25°C에서 50일, 30°C에서 32일 이었으며 총 평균이탈충수는 각각 203.3마리와 73.9마리로 25°C에서 많았다. 이는 같은 과(科)의 *Toumeyella liriodendri*가 3674마리(Burns et al., 1970), *Saissetia nigra*가 628마리(Smith, 1944)로 성충 1마리당 평균약충수는 이들 종 보다 적은 것으로 파악 되었다. 각 온도구에서 영별약충수는 분산기간 초기에 많았으며, 50% 누적 분산율은 25°C에서 분산개시 10일, 30°C에서 분산개시 6일째 달성되었다. 영별 최대 분산약충수 및 평균분산약충수는 25°C에서 10.0마리와 5.0마리, 30°C에서 9.0마리와 2.2마리였다.

사망성충체는 각 온도 공히 분산약충 출현 후반기(25°C, 유충적창후 90일; 30°C, 유충정창후 70일)에 나타나기 시작하였다. 25°C 및 30°C에서 본종의 발육소요일수 및 성충의 영별생존율과 영별 약충수를 이용하

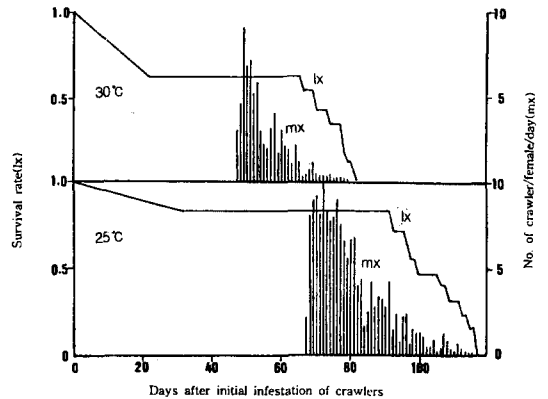


Fig. 3. Survival rate and age-specific fecundity for *Protopulvinaria mangiferae* reared under different temperatures.

Table 4. Life table statistics of *Protopulvinaria mangiferae* reared under different temperatures

Parameter	Temperature	
	25°C	30°C
Net-reproduction rate per generation (R_0)	132.6	44.3
Mean length of a generation (T)	76.2	64.3
Intrinsic rate of natural increase (r_m)	0.064/♀/day	0.052/♀/day

여 산출한 순번식율(R_0), 평균세대기간(T), 내적자연 증가율(r_m)은 Table 4와 같이 25°C에서 각 132.6, 76.2, 0.064/우/일, 30°C에서 각 44.3, 64.3, 0.052/우/일로 계산 되었다. 이와같이 본 종의 내적자연증가율(r_m)은 30°C 보다 25°C에서 높게 나타났으나, 본 종의 증식특성을 파악하기 위하여는 넓은 온도조건을 설정하여 검토하는 것이 필요하다. McLaren(1971)과 植松(1978)이 24°C 및 25°C 항온조건에서 나한송각지벌레, 굴노랑각지벌레의 내적자연증가율을 각 0.04/우/일로 보고한 바, 본 각지벌레는 이들 종보다 증식능력이 높은 종으로 판명되었다.

인용문헌

- Avidov, Z. and I. Harpaz 1969.** Plant pests of Israel. Israel University Press, Jerusalem.
- Avidov, Z. and A. Zaitzov 1960.** On the biology of the mango shield scale *Coccus mangiferae* (Green) in Israel. *Ktavim* 10: 125-137.
- Birch, L.C. 1948.** The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Burns, D.P. and D.E. Donley 1970.** Biology of the Tuliptree Scale, *Toumeyella liriodendri* (Homoptera: Coccidae). *Ann. Ent. Soc. Ame.* 63(1): 228-235.
- De Lotto, G. 1957.** On some Ethiopian species of the genus *Coccus* (Hom. Cocc). *J. Ent. Soc. S. Afr.* 20: 295-314.
- 河合省三. 1980.** 日本原色カイガラムツ 圖鑑. 全國農村教育協會 455pp.
- 金鍾國. 1995.** 담팔수각지벌레의 蟲態別 生育特性和 樹上分布樣式. 江原大學校 森林科學研報 11: 40-49.
- McLaren, I. W. 1971.** A comparison of the population growth potential in California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and yellow scale, *A. citrinae* (Coquillett) on citrus. *Aust. Zool.* 19: 189-204.
- Otanes, F.Q. 1936.** Some observations on two scale insects injurious to mango flowers and fruits. *Philip. J. Agr.* 7: 129-141.
- Smith, R.H. 1944.** Bionomics and control of the nigra scale, *Saissetia nigra*. *Hilgardia*, 16: 225-288.
- Takahashi, R. 1959.** Two new genera of Coccidae (Homoptera). *Kontyu*, 27: 74-76.
- 內田俊郎. 1957.** 昆蟲の發育零點, 應動昆. 1: 46-53.
- 植松秀男. 1978.** 마키아카말카이가람시의 生活史에 關する研究. 九大農學藝誌 33: 25-31.

(1996년 2월 12일 접수)