

# 온도에 따른 화살깍지벌레 여름세대 성충의 산란특성

김수빈 · 장용석 · 김동순<sup>1\*</sup>

제주대학교 생명자원과학대학 생물산업학부, <sup>1</sup>아열대농업생명과학연구소

## Temperature-dependent Fecundity of Summer Generation Adults of *Unaspis yanonensis* (Hemiptera: Diaspididae)

Su Bin Kim, Yong Seok Jang and Dong-Soon Kim<sup>1\*</sup>

Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, SARI, Jeju National University, Jeju 690-756, Republic of Korea

<sup>1</sup>The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology

**ABSTRACT:** The fecundity of summer generation adults of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Kuwana) (Hemiptera: Diaspididae), was examined at constant temperatures. The total fecundity increased up to 29°C and declined thereafter. Total fecundity reached a maximum of 254.5 eggs (crawlers) per female at 29°C. Females showed periodic oviposition activity but the pattern differed with temperature. Three or more oviposition cycles were occurred at 25 and 29°C. At the other temperatures, the 2nd oviposition cycle was reduced or obscure. And oviposition cycle after the 2nd cycle was not obvious at low or high temperatures. The fecundity of the 1st cycle was significantly different according to temperature, showing higher fecundity at 25 and 29°C. Fecundity after 1st cycle at 13, 17 and 21°C were lower than at 25 and 29°C. The sex ratios of hatched nymphs in terms of female : male in 13, 17, 25, 29 and 33°C were 1 : 0.48, 1 : 4.79, 1 : 2.48, 1 : 1.85 and 1 : 0.56, respectively.

**Key words:** *Unaspis yanonensis*, Oviposition cycle, Citrus, Fecundity, Sex ratio

**초록:** 화살깍지벌레 여름성충의 산란수를 항온조건에서 조사하였다. 총 산란수는 온도가 증가함에 따라 29°C까지는 증가하였고 그 후 감소하였다. 최대 산란수는 암컷당 평균 29°C에서 254.5개로 나타났다. 성충은 주기적인 산란활동을 보였으나, 그 형태는 온도에 따라 달랐다. 처리온도 25°C와 29°C에서는 3개 이상의 산란주기가 나타났다. 다른 온도에서는 두 번째 산란주기가 불완전하거나 확실하지 않았다. 첫 번째 산란주기 산란수는 온도에 따라 유의한 차이를 보였으며 25°C와 29°C에서 많았다. 또한 이후 산란주기의 산란수도 13°C, 17°C 및 21°C에서는 25°C와 29°C 보다 낮았다. 부화약충의 암컷 : 수컷 성비는 13°C, 17°C, 25°C, 29°C, 33°C에서 각각 1 : 0.48, 1 : 4.79, 1 : 2.48, 1 : 1.85, 1 : 0.56로 조사되었다.

**검색어:** 화살깍지벌레, 산란주기, 감귤, 산란수, 성비

화살깍지벌레 *Unaspis yanonensis* (Kuwana) (Hemiptera: Diaspididae)는 한국, 중국, 일본을 포함한 아시아 지역에서 감귤의 중요한 해충으로 알려져 있다(Blackburn and Miller, 1984; Ohkubo, 1980). 이 해충은 감귤류 식물에 발생하며 잎, 줄기 그리고 과실 등 식물체의 모든 부분을 가해한다. 발생이 심한 경우 가지가 고사하거나 나무 전체가 말라 죽기도 한다 (Kuwana,

1923; Blackburn and Miller, 1984; Kim et al., 2000).

화살깍지벌레는 중국, 일본, 지중해 일대에서 일반적으로 일년에 2~4세대 경과한다(Murakami, 1970; Blackburn and Miller, 1984; Song et al., 1990; Adachi and Korenaga, 1991; EPPO, 2004). 마지막 세대는 부분적인 세대로, 생육후기 가을 철 기온이 24°C 이상 지속되는 경우 나타날 수 있으며(Kuwana, 1923; Davis et al, 2005), 제주지역에서는 일반적으로 2세대로 발생이 완료되나 간혹 3세대 약충이 나타나기도 한다(Kim et al., 2007).

그 동안 제주 감귤원에서 화살깍지벌레의 피해는 그리 크지

\*Corresponding author: dongsoonkim@jejunu.ac.kr

Received November 2 2012; Revised January 17 2013

Accepted January 24 2013

않았으며, 다만 미국으로 감귤 수출시 검역상 문제가 된 바 있었다(Kim et al., 2000). 하지만 최근 유기농 재배 등 친환경 재배면적이 증가함에 따라 화살까지벌레의 발생이 증가하여 피해가 우려되고 있다. 특히 제주에는 화살까지벌레에 효과적인 천적이 존재하지 않기 때문에(Kim et al., 2007) 농약을 살포하지 않은 과원에서는 발생이 심화될 우려가 높다(Kim et al., 2000).

화살까지벌레는 전형적인 난태생(ovovivipary) 곤충이다. 알은 발육이 거의 완료될 때까지 산란관 내에서 머물러 있고, 일정수의 알이 생성되면 알 생산이 일시적으로 중단되었다가 산란을 시작한 후에는 다시 알이 형성되기 시작한다(Takezawa and Aihara, 1962). 이러한 영향으로 암컷성충은 특이적인 주기적 산란곡선을 보인다고 하였다(Takezawa and Aihara, 1962; Kim et al., 2008; Kim et al., 2010a). 즉 화살까지벌레 월동암컷은 실험실 조건(24°C)에서 최대 4회의 산란 주기를 갖는다(Kim et al., 2008). 이런 특이한 산란 주기는 포장상태에서는 두 차례의 약충 발생기로 나타난다(Murakami, 1970; Adachi and Korenaga, 1991; Kim et al., 2007). 즉 첫 번째 산란 주기는 첫 번째 약충 발생기로 뚜렷하게 나타나고, 나머지 주기는 생물적 또는 비생물적 치사 요인들과 결합되어 합쳐지거나 축소되어 두 번째 약충 발생기로 나타난다.

친환경재배 감귤원에서 까지벌레류 방제를 위하여 유기합성 화학 살충제를 대신할 수 있는 약제로서 대표적인 기계유유제는 화살까지벌레의 발육단계에 따라 살충효과가 다르게 나타난다(Kim et al., 2010b). 화살까지벌레 암컷은 발육이 진행되면 등에 단단한 딱지를 형성하며(Seo et al., 2008), 이 때 기계유유제 등과 같은 접촉성 약제의 살포효과는 감소된다. 살충효과를 극대화하기 위해서는 딱지가 형성되기 전 어린 약충기에 적기 방제가 필수적이다. 따라서 화살까지벌레 각 세대의 발생생태를 이해하고 예찰에 활용할 필요가 있다.

지금까지 화살까지벌레 월동성충의 온도에 따른 산란특성은 보고되었으나(Kim and Bang, 2008), 아직 생육기 여름성충(1세대 성충)의 산란에 대한 자료는 상세히 보고된 바 없다. 위에서 기술했듯이 화살까지벌레는 특이한 산란습성을 보이기 때문에 여름철 약충의 발생양상을 이해하기 위해서는 여름성충에 대한 산란습성의 이해가 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 몇 개의 항온조건에서 여름 성충의 산란수를 조사하고 그 특성을 고찰하였다.

## 재료 및 방법

2010년 8월 제주도 서귀포 농업기술센터의 감귤포장에서 화살까지벌레 1세대 암컷 성충이 정착하고 있는 감귤잎을 채집하

였다. 채집한 감귤잎은 성충이 1마리 포함되도록 Cork borer( $\phi$  9 mm, LCB12, LKlabkorea)를 이용하여 으려냈다. 그 다음 곤충 사육용기( $\phi$  100 mm, H 40 mm)에 수분 보존을 위해 스펀지(L 50 × W 50 × H 10 mm)를 놓고 다시 그 위에 두께 5 mm의 적신 탈지면을 덮은 후 잘라낸 잎 조각을 올렸다. 사육용기 당 성충 16마리(잎 조각 16개)가 들어가도록 배열하였고, 각 온도당 성충이 32마리씩 처리되도록 항온기 내에 2개의 사육용기를 배치하여 항온(13.0, 17.0, 21.0, 25.0, 29.0, 33.0 ± 0.5°C, 16L : 8D, RH 40 ~ 60%) 조건에서 사육하였다.

조사는 해부현미경을 이용하여 20배 내외에서 2일 간격으로 실시하였다. 암컷 성충이 까지 밑에 있는 관개로 성충의 발육상태를 알 수 없었기 때문에 암컷으로부터 발생한 약충(crawlers)의 수를 산란수로 나타내고 첫 산란일부터 마지막 산란일까지를 산란기간으로 취급하였다. 따라서 산란전기간 및 산란후기간은 조사되지 않았다. 산란주기별 산란수를 비교하기 위하여 개체 수준에서 명확히 나타나는 휴지기를 경계로 하여 첫 번째, 두 번째, 그리고 나머지 산란기의 알 수를 분리하여 정리하였다. 자료는 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성을 검정하였으며 평균간 비교는 Tukey 검정을 적용하였다(SAS Institute, 1999).

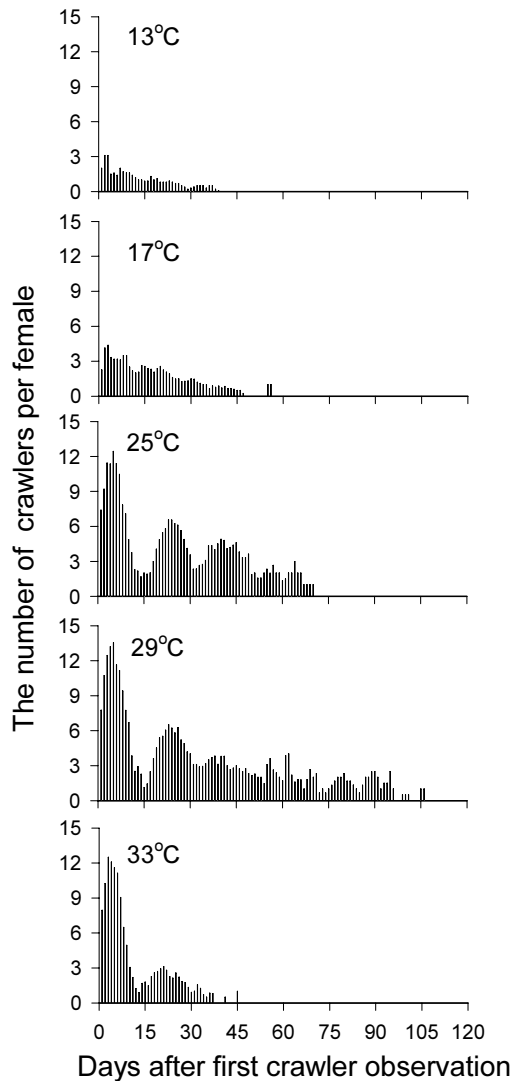
## 결과

여름철 생육기에 나타난 화살까지벌레 암컷 성충의 온도에 따른 산란기간과 산란주기별 산란수는 Fig. 1과 Table 1과 같다. 실험 온도 중 21°C 처리구는 첫 번째 산란주기 조사 이후 항온기 오염으로 모든 잎 조각이 부패하여 산란 주기 및 산란수의 조사를 완전히 하지 못하였으므로 결과값을 제거하고 통계 검정에서도 제외하였다.

암컷 당 총 산란수는 13°C에서 46.5로 적었으며, 29°C에서 254.5로 많았고, 온도에 따라 통계적으로 유의하게 다른 것으로 나타났다( $F = 27.24$ ;  $df = 4, 82$ ;  $P < 0.001$ ) 산란기간도 온도에 따라 유의하게 차이가 있었다( $F = 6.93$ ;  $df = 4, 82$ ;  $P < 0.001$ ) (Table 1).

암컷 성충은 주기적인 산란행동을 보였는데(Fig. 1), 25°C와 29°C에서는 적어도 4개의 봉(peak)이 나타났다. 하지만 33°C에서는 두 개의 봉이 구분되어 나타났고, 두 번째 봉은 불완전하였다. 처리온도 중에서 상대적으로 저온인 13°C와 17°C에서는 봉이 구분되지 않고 합쳐져서 나타났다.

화살까지벌레 여름 성충의 산란주기별 산란수는 온도에 따라 유의하게 차이가 있었다 (Table 1:  $F = 47.79$ ;  $df = 4, 82$ ;  $P < 0.001$  in 1st cycle,  $F = 16.23$ ;  $df = 4, 80$ ;  $P < 0.001$  in 2nd cycle,  $F = 4.71$ ;  $df = 3, 36$   $P < 0.01$  in remainder cycle). 첫 번째 산란주



**Fig. 1.** Daily frequency distribution of the oviposition activity (crawler production) of summer generation adults of *U. yanonensis* females at various constant temperatures.

기의 산란수는 25°C와 29°C에서 유의하게 많았고, 33°C에는 다소 감소하였으나 25°C와는 통계적 차이가 없었다. 다른 온도에서는 산란수가 유의하게 적었다. 다만, 21°C에서는 33°C 산란수와 유의한 차이가 없었다. 두 번째와 세 번째 산란주기의 산란수도 25°C와 29°C에서 유의하게 높았고, 온도간 차이는 첫 번째 산란주기 산란수와 비슷한 경향을 보였다.

부화약충의 암컷: 수컷 성비는 13°C에서 1 : 0.48, 17°C에서 1 : 4.79, 25°C에서 1 : 2.48, 29°C에서 1 : 1.85 그리고 33°C에서 1 : 0.56로 온도에 따라 변이가 있었다.

### 고찰

온도가 화살까지벌레 여름성충의 산란주기별 산란수에 미치는 영향에 대한 자료는 찾아보기 힘들다. 다만, Kim and Kim(2013)은 월동성충도 주기적 산란을 하는 것을 보였으며, 24°C와 28°C 온도조건에서는 3개 이상의 산란주기가 뚜렷이 나타났고, 저온 또는 고온에서는 첫 번째 산란주기만 나타나거나 두 번째 산란주기부터는 불완전하였다고 보고하였다. 본 연구와는 달리 Kim and Kim(2013)의 연구에서 첫 번째 산란주기의 산란수는 온도의 영향을 크게 받지 않고, 105~140개로 비슷하였는데 이 산란수는 Korenaga and Sakagami(1978)가 야외에서 채집한 월동성충의 난소소관 내 평균 알 수로 보고한 134.3개를 포함하고 있다. 또한 이들은 마찬가지로 야외의 여름성충 난소소관의 평균 알 수를 109.4개로 보고하였는데 본 연구결과의 첫 번째 산란주기 산란수와 비교할 만하다. 종합하여 판단하면 Korenaga and Sakagami(1978)는 첫 번째 산란주기의 알이 형성된 난소소관을 조사한 것으로 해석된다.

Okudai et al.(1975)는 화살까지벌레 월동 암컷의 미성숙 난모세포는 9°C 이상의 온도에서 성숙 단계로 발달하며, 성숙한 난

**Table 1.** Oviposition period (days) and fecundity (Mean ± SE) of summer generation adults of *U. yanonensis* females and its distribution according to oviposition cycle at various constant temperatures

Temperature (°C)	n	Oviposition period	Fecundity per female (crawlers)			No. of crawlers per oviposition cycle		
			Female	Male	Total	1st cycle	2nd cycle	Remainder cycles
13	8	33.9 ± 3.25b <sup>a</sup>	31.5 ± 9.25ab	15.0 ± 6.38b	46.5 ± 7.47b	30.5 ± 7.51d	18.3 ± 1.44b	0.0 ± 0.00
17	17	31.9 ± 3.42b	12.2 ± 4.27b	58.4 ± 10.48b	70.5 ± 9.56b	37.0 ± 3.85d	31.4 ± 6.31b	16.5 ± 4.65ab
21	26	- <sup>b</sup>	-	-	-	85.9 ± 6.28c	-	-
25	21	40.8 ± 3.23ab	62.6 ± 13.93a	155.4 ± 19.84a	218.0 ± 17.56a	116.2 ± 6.78ab	72.6 ± 8.37a	68.8 ± 14.98a
29	22	53.1 ± 5.31a	89.3 ± 14.19a	165.2 ± 26.38a	254.5 ± 21.66a	123.2 ± 5.70a	92.5 ± 9.65a	60.6 ± 14.19a
33	19	29.0 ± 1.46b	82.0 ± 11.59a	46.2 ± 12.54b	128.1 ± 7.85b	98.0 ± 4.89bc	26.9 ± 4.87b	7.6 ± 1.64b

<sup>a</sup> Means with same letters in a column are not significantly different by Tukey test at  $P=0.05$ .

<sup>b</sup> No data available.

모세포는 13°C 이상의 사육 온도에서 성공적으로 배 발육을 한다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서 9°C 이상으로 처리된 13°C와 17°C에서 첫 번째 산란수가 유의하게 감소하였고 이는 월동성충의 첫 번째 산란수에서 각 항온조건에 따라 큰 차이가 보이지 않았던 Kim and Kim(2013)의 보고와도 다르다. 월동성충에서 이러한 결과가 나타난 것은 전년도 월동에 들어가기 전에 이미 난모세포가 형성되어 있었기 때문으로 보인다 (Takezawa and Uchida, 1969). 본 실험에서 항온처리 후 약충이 처음 발견될 때까지의 기간은 7일 이내로 길지 않았으나 산란직전까지 난소소관 내에 다양한 발육상태의 알을 축적하고 있는 (Takezawa and Aihara, 1962) 화살까지벌레의 특성을 미루어 생각해 볼 때 아직 미숙한 알들이 저온의 영향으로 발육이 지연, 억제되었을 것으로 생각할 수 있다. 이는 여름성충은 월동성충과는 달리 특히 저온에 내성이 떨어짐을 의미하는 것으로 보이거나 자세한 것은 더욱 연구가 필요하다.

화살까지벌레 암컷 성충은 전형적인 난태생 산란습성을 갖고 있다 (Takezawa and Aihara, 1962). Kim et al.(2008)은 화살까지벌레의 월동충이 24°C에서 생애 동안 최대 4회의 산란 주기를 갖는 주기적 산란활동을 나타낸다고 보고하였다. 최고점의 진폭은 첫 번째부터 네 번째까지 점차 감소한다. 이와 같은 주기적 산란이 여름성충에서도 동일하게 나타났으며, 이러한 현상은 화살까지벌레의 난태생 산란행동과 온도에 따른 난자형성 (난모세포 형성) 및 배 발달의 변이에 따라 조절되는 것으로 판단된다.

본 연구는 다양한 온도에서 화살까지벌레 여름성충의 산란 특성을 처음으로 보고하는 것으로서 화살까지벌레 포장발생 생태를 이해하는데 유용하게 이용될 수 있으며, 향후 개체군 모형을 작성하는 기초자료로 활용이 기대된다.

## Acknowledgments

This study was carried out with the partial support of the Agenda Project (PJ0073952011; PJ007395), RDA, Republic of Korea (2010-2012).

## Literature Cited

Adachi, I., Korenaga, R., 1991. Fertility schedules of *Unaspis yanonensis* (Hemiptera: Diaspididae) in relation to daily temperature. Res. Pop. Ecol. 33, 57-68.

Blackburn, V.L., Miller, D.R., 1984. Pests not known to occur in the United States or of limited distribution, No. 45: Arrowhead scale. US Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection

Service, Beltsville, MD. 14 pp.

Davis, E.E., French, S., Venette, R.C., 2005. Arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Kuwana) (Hemiptera: Diaspididae). CAPS PRA: Mini-risk assessment, United States. 30 pp.

EPPO, 2004. Citrus: Good plant protection practice. EPPO Bulletin 34, 43-56.

Kim, D.H., Kwon, H.M., Kim, K.S., 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju Island. Korean J. Appl. Entomol. 39, 276-274.

Kim, D.S., Seo, Y.D., Choi, K.S., 2007. Seasonal development and population fluctuations of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Homoptera: Diaspididae) in citrus orchards in Jeju, Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 10, 363-367.

Kim, D.S., Seo, Y.D., Lee, J.H., 2008. Post-diapause development and multimodal oviposition activity of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Homoptera: Diaspididae) and its modeling. Appl. Ent. Zool. 43, 553-562.

Kim, D.S., Bang, C.S., 2008. Development of IPM technology for environmental-friendly managed citrus orchards. Final Research Report of Site Joint Cooperating Agricultural Research-promoting Project, RDA, Suwon. Publication No.: 11-1390000-002050-01. 136 pp.

Kim, D.S., Choi, K.S., Lee, J.H., 2010a. A multi-Gaussian model for predicting the crawler occurrence of *Unaspis yanonensis* (Homoptera: Diaspididae) in citrus orchards. Entomol. Exp. Appl. 137, 93-101.

Kim, D.S., Seo, Y.D., Choi, K.S., 2010b. The effects of petroleum oil and lime sulfur on the mortality of *Unaspis yanonensis* and *Aculops pelekassi* in the laboratory. J. Asia-Pacific Entomol. 13, 283-288.

Kim, S.B., Kim, D.S., 2013. Temperature-dependent fecundity of overwintered *Unaspis yanonensis* (Hemiptera: Diaspididae) and use of degree-days for the prediction of first crawler. Crop Prot. 43, 60-64.

Korenaga, R., Sakagami, Y., 1978. Relationship between body length and number of ovarian eggs of female adult of the arrowhead scale, *Unaspis yanonensis*. Bull. Hort. Res. Sta. B 5, 91-98.

Kuwana, I., 1923. Descriptions and biology of new or little known coccids from Japan. Dep. Agric. Commerce, Imper. Plant Quar. Stn. Bull. 3, 1-67.

Murakami, Y., 1970. A review of biology and ecology of Diaspine scales in Japan (Homoptera: Coccoidea). Mushi 43, 65-114.

Ohkubo, N., 1980. Ecology and control of the arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* Kuwana. Rev. Plant Prot. Res. 13, 1-11.

Okudai, S., Korenaga, R., Sakagami, Y., 1975. Effect of temperature on the ovarian development of the arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* Kuwana, in the late hibernating period. Bull. Fruit Tree Res. Stn. B2, 97-106.

SAS Institute, 1999. SAS OnlineDoc, version 8. SAS Institute, Cary, NC.

---

Seo, Y.D., Kim, S.C., Park, S.L., Choi, K.S., Kim, D.S., 2008. Morphological and behavioral comparison between males and females of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis* (Homoptera: Diaspididae) on citrus leaves. J. Subtropical Agri. Biotech. 24, 43-47.

Song, S., Huang, B., Huang, M., 1990. On the population dynamics and integrated control of arrowhead scale. Acta Phytophylactica Sinica 17, 233-236.

Takezawa, H., Aihara, J., 1962. On the type of appearance of the arrowhead scale larva in the first generation, with special reference to reason why two peaks appear. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 6, 208-215.

Takezawa, H., Uchida, M., 1969. Relationship between the ovaries development and the appearance of nymphs in arrowhead scale, with special reference to its application to forecasting. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 13, 31-39.