

온도조건이 뽕나무각지벌레의 발육 및 樹內分布에 미치는 영향

Effects of Temperatures on Development and Distribution of Mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona*, within Tree

朴 鍾 大¹ · 金 奎 眞²

Jong Dae Park¹ and Kyu Chin Kim²

ABSTRACT These studies were conducted to investigate the effects of temperatures on development of each stage and distribution within tree and overwintering of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Tar. & Tozz. Growth ratio of each stage with different temperatures was not significant within range of optimum temperatures of growth. Developmental threshold and effective temperatures of each stage were 12.3°C and 46.9 degree day in eggs, 10.8°C, and 183.8 degree day in first nymph, 9.8°C and 188.2 degree day in second nymph, 10.3°C and 383.0 degree day in gross nymphal stage, respectively. Longevity of female adults were 39.6 days in 18°C, 28.4 days in 22°C, 18.1 days in 26°C, and 15.7 days in 30°C. Average number of eggs in ovary and laid by individual female were 83.3 and 75.7, respectively. Optimum temperatures of growth were 22°C-26°C but all the eggs were not hatched at 35°C. Distribution of each stage within tree in summer was great at lower part of branch and overwintering adults was dominantly located in NE-SE followed by SE-SW, SW-NW and NW-NE. Percent mortality due to cold weather was 36.2.

KEY WORDS *Pseudaulacaspis pentagona*, temperature, overwintering, distribution within tree

초 록 핵과류를 가해하는 각지벌레중 우점종인 뽕나무각지벌레에 대한 온도조건이 蟲 발육 및 樹內분포에 미치는 영향과 월동과의 관계를 구명하기 위하여 연구한 결과는 다음과 같다. 온도에 따른 각 stage의 성장비는 생육온도 범위의 항온에서는 크게 영향을 미치지 않았으며 각 stage의 발육영점과 유효적산온도는 난이 각각 12.3°C, 46.9일도, 1령약충 10.8°C, 183.8일도, 2령약충 9.8°C, 188.2일도였으며 총 약충 기간에서는 10.3°C, 383.0일도이었다. 雌成蟲의 수명은 18°C, 22°C, 26°C, 30°C에서 각각 39.6일, 28.4일, 18.1일, 15.7일이었고 포란수 및 산란수는 각각 83.0개, 75.0개이었다. 또한 각 stage의 생육適溫은 22~26°C 범위이었으며 35°C에서는 부화되지 않았다. 여름철에 樹冠內 층의 밀도는 69.6%로 가지의 하향면에서 가장 높았으며 월동 자성충의 분포비율은 NE-SE면에서 가장 높았고 월동기간중 성충의 사충율은 36.2%이었다.

검 색 어 뽕나무각지벌레, 온도, 월동, 樹冠內 분포

뽕나무각지벌레는 남부지방에서 연 3세대를 경과하여 성충으로 월동하는데 각 態의 중복발생으로 인하여 방제시기를 결정하기가 어렵다. 본 층에 관하여 Dustan (1953)은 감자塊莖을

이용하여 대량사육하는 방법을, Brown (1957)은 산란은 150~200개로 성비는 1:1이라고 하였고 安田 (1979)은 외부형태를 전자현미경으로 관찰하고 口針의 뽕나무 조직내 진입은 최초로 침입부위를 口針의 축각으로 찾고 적당한 장소에 口針의 큰턱침을 기계적으로 운동해서 침입시키고 이것의 穿孔 운동에 의해서 작

1 전남 농촌진흥원 시험국(Research Bureau Chonnam Provincial Rural Development Administration)
2 전남대학교 농과대학 농생물학과(Dept. Agric. Biol., Coll. Agric., Chonnam Natl. Univ.)

은턱침이 유도되어 침입이 달성된다고 보고한 바 있으나 뽕나무까지벌레의 온도와 환경에 따른 발생생태에 관한 연구는 미흡한 편이다. 따라서 필자는 본 층의 온도에 따른 각 태별 생육특성, 월동 등을 구명하여 효과적인 발생 예측과 방제의 기초자료를 제공하고자 본 연구를 수행한 바를 보고한다.

재료 및 방법

온도에 따른 雌蟲의 각 태별 성장비

감자 塊莖에 접종하여 사육실내 ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 50~70% RH, 16L:8D)에서 사육한 蟲叢에서 하루동안 산란된 난을 채취하여 감자 生莖에 접종한 후 20, 25, 30°C 의 incubator내에서 사육하면서 3일 간격으로 30개체씩 random으로 채취하여 체장과 체폭의 변화를 측정하였다.

온도에 따른 각 태별 기간 및 발육속도

雌成蟲의 수명과 산란수 야외에서 채집한 난을 감자 한개당 200~300개씩 접종하여 18, 22, 26, 30°C 의 incubator내에서 사육하면서 雌成蟲이 발생하는 시기를 확인하고 산란이 끝난 후 층체가 갈색으로 변하는 시기를 관찰하여 사충으로 판정하였다. 또한 포란수는 체장과 체폭이 각각 1.0 mm 이상이 되고 산란하지 않은 雌成蟲을 채취하여 시계접시에 0.9%의 생리식염수를 붓고 해부현미경 하에서 한마리씩 尾端部를 수술용 메스로 절단하여 난소를 적출한 후 counting chamber로 수를 세었으며 산란수는 감자에 접종된 층의 깍지를 曲字 pin으로 들추어서 산란개시일부터 종료일까지 매일 산란된 난을 제거하면서 사충때까지 조사하였다.

난기간 및 부화율 雌成蟲의 수명조사시 감자에 접종된 성충에서 산란된 난을 채취하여 5°C 냉장고에 보관하였다가 감자에 150~200개씩 접종하여 18, 22, 26, 30°C 항온기에서 매일 부화한 개체를 제거하면서 조사하였다.

유충기간 유충기간 역시 동시에 부화한 개체를 온도별로 처리하고 3~5일 간격으로 30개체씩 sampling하여 해부현미경 하에서 micrometer를 이용하여 체장과 체폭을 측정하고

1령기간과 2령기간을 조사하였다.

1세대기간 및 각 태별 발육영점 각 태별 기간 조사에서 얻어진 성적을 기초로하여 1세대에 소요된 일수를 산정하였으며 회귀식에 의하여 각 태별로 발육영점 및 유효적산온도를 산출하였다.

온도에 따른 생존율 감자 한개 당 150~200개의 난을 접종하여 각 온도별로 항온기에 처리하고 매일 해부현미경 하에서 각 stage별로 사충수를 조사하였으며 또한 여름철에 층의 분포와 온도와의 관계를 구명하기 위하여 9시부터 17시까지 2시간간격으로 가지의 상향면, 하향면, 측면의 3면에서 digital thermometer sensor를 이용하여 7일간 측정하여 평균하였으며 동시에 각 부위별로 층의 밀도를 조사하였다.

월 동

월동층의 방위별 분포는 매실나무 과원에서 밀도가 높은 2년생 가지 20개씩을 채취하여 5반복으로 在蟲數를 조사하였고 월동기간중의 치사율은 기생 밀도가 높은 3년생가지를 각 주당 5개씩(30 cm) 부위별로 채취하여 生蟲數와 死蟲數를 조사하였다.

결과 및 고찰

온도에 따른 雌蟲의 각 태별 성장비

온도에 따른 각 태별 성장비는 표 1과 같이 20°C 에서 2령/1령은 2.28, 雌成蟲/2령은 1.45, 25°C 에서는 각각 2.23, 1.43, 30°C 에서는 2.19, 1.46으로 항온조건에서는 큰 차이를 인정하기 어려웠으나 실온 ($18\sim 24^{\circ}\text{C}$)에서는 각각 2.20, 1.39로 항온조건이 약간 높은 경향이었지만 생육온도 범위에서는 크게 영향을 미치지 않았다.

온도에 따른 각 태별 기간 및 발육속도

성충의 수명 및 산란수 온도에 따른 성충의 수명을 보면 표 2와 같이 18, 22, 26, 30°C 에서 각각 39.6일, 28.4일, 18.1일, 15.7일로 온도가 높을수록 짧아지는 경향이었으며 발육일수를 역산

Table 1. Body length of different stages of *Pseudaulacaspis pentagona* at various temperatures

Temp.(°C)	Stage	No. of insects tested	Length of bodies(mm)			Growth ratio
			Average	Range	C.V.(%)	
20	First instar	22	0.261 ± 0.0119	0.24 - 0.27	6.03	
	Second instar	24	0.596 ± 0.0373	0.51 - 0.64	7.71	2.28
	Female adult	35	0.863 ± 0.0413	0.82 - 0.97	6.07	1.45
25	First instar	28	0.273 ± 0.0104	0.25 - 0.29	4.58	
	Second instar	32	0.610 ± 0.0275	0.55 - 0.64	6.44	2.23
	Female adult	21	0.871 ± 0.0443	0.80 - 0.94	6.32	1.43
30	First instar	20	0.269 ± 0.0104	0.24 - 0.28	4.23	
	Second instar	30	0.590 ± 0.0375	0.50 - 0.68	8.92	2.19
	Female adult	15	0.859 ± 0.0491	0.80 - 0.97	5.37	1.46
Lab. condition (18 - 24)	First instar	25	0.262 ± 0.0108	0.24 - 0.28	6.72	
	Second instar	25	0.576 ± 0.0438	0.51 - 0.065	8.80	2.20
	Female adult	20	0.803 ± 0.0981	0.75 - 0.82	8.96	1.39

각각 39.6일, 28.4일, 18.1일, 15.7일로 온도가 높을수록 짧아지는 경향이였으며 발육일수를 역산하여 회귀식에 의해 발육영점을 구하면 10.9°C이고 유효적산온도는 282.2일도이었다(그림 1, 표 4). 또한 포란수는 표 3과 같이 62~126개의 범위로 평균 83개이었고 산란수는 이보다 약 10개 정도가 적은 75개로 55~112개 범위였으나 포란수와 산란수의 변이계수가 각각 25.1%, 24.6%로 큰 것은 환경조건 및 개체에 따라 산란력이 다른 것으로 판단된다. 裴 등 (1966)이 본 종의

포란수는 71개, 산란수는 40개로 본 조사와는 차이가 있었지만 산란수는 환경요인중 특히 온도가 크게 관여한 때문으로 판단된다.

난기간 온도에 따른 난기간은 표 2와 같이 18, 22, 26, 30°C에서 각각 8.60일, 4.62, 2.84일, 2.62일이었으며 35°C 이상에서는 거의 부화하지 못하였고 30°C까지는 온도가 증가함에 따라 난기간이 짧아지는 경향이었는데 회귀식에 의하여 유효적산온도 및 발육영점을 구해보면 각각 12.3°C 46.9일도이었다(그림 2, 표 4).

Table 2. Average durations (days) of the different stages of *Pseudaulacaspis pentagona* reared on potato tuber at constant temperatures

Temp.(°C)	Egg	Nymph			Female	Total
		1	2	Sum	Adult	
18	8.6 ± 1.2	25.3 ± 0.92	34.8 ± 0.89	51.1 ± 0.91	39.6 ± 2.0	98.3 ± 5.0
Range	7.3 - 14.1	19 - 25	18 - 23	37 - 48	31 - 46	75.3 - 108.1
22	4.62 ± 0.124	16.9 ± 0.6	15.9 ± 0.59	32.8 ± 0.6	28.4 ± 1.8	65.8 ± 3.1
Range	3.7 - 4.8	14 - 17	12 - 16	26 - 33	22 - 33	51.7 - 70.8
26	2.84 ± 0.132	11.8 ± 0.52	12.3 ± 0.61	24.1 ± 0.57	18.1 ± 2.3	45.0 ± 3.6
Range	2.3 - 3.0	8 - 13	10 - 13	18 - 26	17 - 23	37.3 - 2.0
30	2.62 ± 0.093	9.6 ± 0.53	9.9 ± 0.46	19.5 ± 0.50	15.7 ± 1.9	37.8 ± 3.0
Range	2.3 - 2.9	8 - 12	8 - 11	16 - 23	13 - 21	31.3 - 6.9
Average	4.7 ± 0.39	15.9 ± 0.94	15.7 ± 0.64	1.9 ± 0.65	25.5 ± 2.0	61.7 ± 3.68

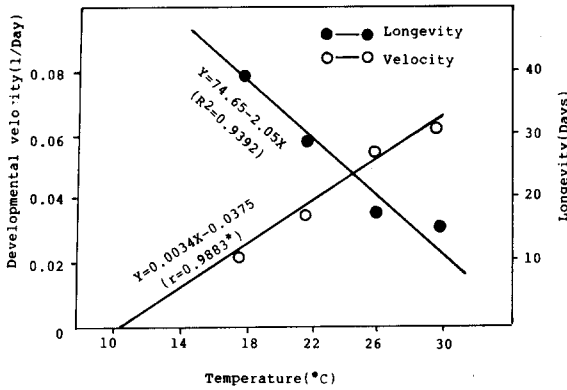


Fig. 1. Longevity and developmental velocity of female adults of *Pseudaulacaspis pentagona* reared on potato tuber at constant temperatures.

Table 3. Number of eggs in ovary and laid by *Pseudaulacaspis pentagona* under field condition

	No. of eggs	
	In ovary	Laid
Ave.	83.25 ± 17.25	75.7 ± 15.25
Range	62 - 126	55 - 112
C.V.(%)	25.1	24.6
No. of investigated	30.0	30.0

유충기간 온도에 따른 유충기간은 표 2와 같이 1령에서는 18, 22, 26, 30°C에서 각각 25.3일, 16.9일, 11.8일, 9.9일이었으며, 2령에서는 24.8일, 15.9일, 12.3일, 9.9일로 온도가 높을수록 짧아지는 경향이었는데 이러한 발육기간을 기초로 발육영점 및 유효적산온도를 구하면 1령은 각각 10.8°C, 183.8일도, 2령은 9.8°C, 199.2일도이었으며 총 유충기간에 있어서는 10.3°C, 383.0일도이었다(그림 3, 표 4). 是永(1976)은 화살깍지벌레에 있어서 유충의 발육속도는 18~27°C 범위에서 직선관계가 인정되었고 발육영점도 1령이 2령보다 높다고 하였으며 1980년에는 화살깍지벌레의 발육지연이 보여지기 시작한 것은 항온에서는 1령이 30°C, 2령이 29°C이며 변온조건에서는 1령이 32°C, 2령이 30°C라고 보고한 바 있는데 본 연구의 뽕나무깍지벌레에 있어서도 30°C 이하에서는 직선관계가 인정되었고 발육영점도 1령이 2령보다 1°C가량 높았다.

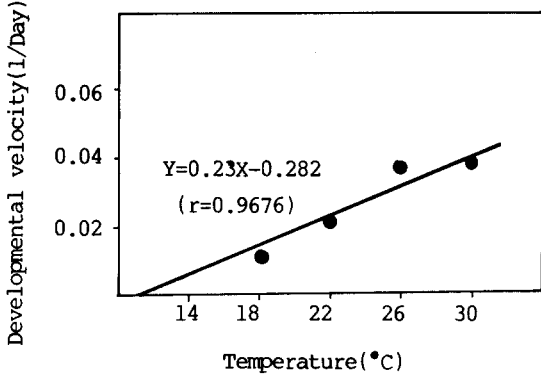


Fig. 2. Developmental velocity of egg of *Pseudaulacaspis pentagona* reared on potato tuber at constant temperatures.

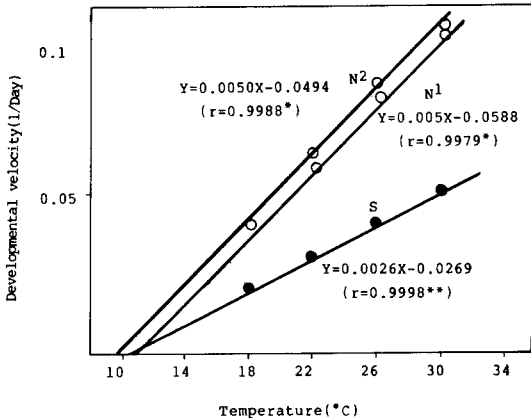


Fig. 3. Developmental velocity of nymph of *Pseudaulacaspis pentagona* reared on potato tuber at constant temperatures.

N¹ : First instar, N² : Second instar, S : N¹+N²

온도에 따른 각 태벌 생존율 온도에 따른 각 태벌 생존율은 그림 4와 같이 부화율에 있어서는 18, 22, 26, 30°C에서 각각 21%, 83%, 83%, 92%로 30°C에서 가장 높았으나 1령층에서는 각각 11%, 72.7%, 79.1%, 46.2%로 26°C에서 생존율이 가장 높았고 2령층에서도 8.8%, 58.7%, 68.8%, 38.9%로 역시 26°C에서 가장 높았으며 雌成蟲에서도 3.0%, 47.0%, 62.8%, 35.6%로 26°C에서 가장 높았는데 본 연구의 결과로 뽕나무깍지벌레의 부화적온은 30°C이었으나 약충기와 성충기는 22~26°C가 생육

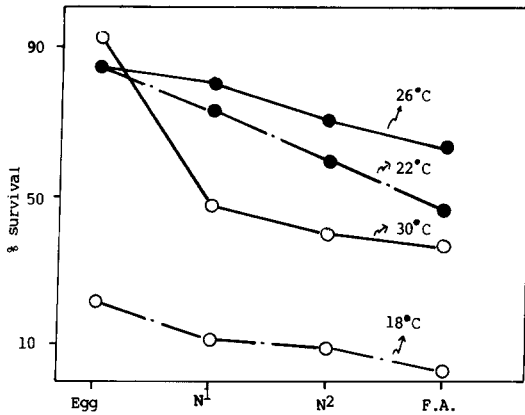


Fig. 4. Percent survival of each stage of *Pseudaulacaspis pentagona* at constant temperatures. N₁: First instar, N₂: Second instar, F.A. Female adult.

적은으로 판단된다.

한편 여름철에 기주식물 (매실나무) 樹冠内の 충밀도는 표 5와 같이 가지의 상향면이 12.

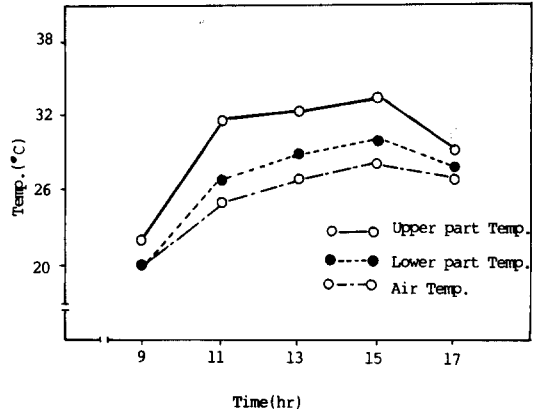


Fig. 5. Variations of temperatures with time changes in various parts of *Prunus mume*.

2%, 하향면이 69.6%, 측면이 18.0%로 가지의 하향면에 밀도가 가장 높았는데 이것은 약충기에 직사광선에 의한 노출과 과수의 부위별 樹體의 온도가 크게 관여하는 것으로 사료되어 樹體의 부위별 온도를 시간별로 측정하여 대가

Table 4. Developmental threshold (DT) and effective temperature (ET) of each stage on *Pseudaulacaspis pentagona*

Stage	Regression equation	DT(°C)	ET(°C)
Egg	$Y=0.023X-0.282(r=0.9676)$	12.3	46.9
First nymph	$Y=0.0055X-0.0588(r=0.9979^*)$	10.8	183.8
Second nymph	$Y=0.005X-0.0494(r=0.9988^*)$	9.8	199.2
First nymph +	$Y=0.0026X-0.0269(r=0.0090^{**})$	10.3	383.0
Second nymph			
Female adult	$Y=0.0034X-0.0375(r=0.9883)$	10.9	281.2

Table 5. Relations between the part of branch and distribution of larva of *Pseudaulacaspis pentagona* in summer

Division	% Distribution	
	Mean ± S.D. ^a	Range
Upper part of branch	12.2 ± 6.68b ^b	7 - 23
Lower part of branch	69.6 ± 6.69a	63 - 79
Side part of branch	18.0 ± 6.12b	12 - 26

^a Standard deviation.

^b Percentage followed by the same alphabetical letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple-range test.

Table 6. Relations between the direction and distribution on overwintering female adults of *Pseudaulacaspis pentagona*

Direction	%distribution	
	Mean ± S.D. ^a	Range
NW-NE	14.8 ± 2.19c ^b	13.0 - 18.4
NE-SE	33.1 ± 4.30a	26. - 37.5
SE-SW	30.6 ± 1.85a	27.7 - 32.5
SW-NW	21.5 ± 3.82b	16.2 - 25.4

^a S.D : Standard deviation.

^b Percentage followed by the same alphabetical letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple-range test.

Table 7. Percent mortality of overwintering female adults of *Pseudaulacaspis pentagona*

%mortality	Range	C.V.(%)	No. of insects observed
36.2 ± 6.26 ^a	30.0 - 54.9	24.8	1,007

^a Standard deviation.

온도와 비교하여 본 결과 그림 5와 같이 9시 경에는 가지의 하향면과 대기온도는 같았으나 가지의 상향면은 2.5°C가, 11시에는 6°C, 13시에는 4.5°C, 15시에는 4°C, 17시에는 2°C정도 높았는데 11시~15시까지는 상향면의 樹體온도가 30°C이상되어 유충기의 생육적온인 22~26°C보다 높기 때문에 유충들이 하향면으로 이동군집하는 것이 관찰되었다.

월 동

월동기간동안 기주식물에서 월동성충의 방위별 분포비율 (生蟲數)을 해부현미경하에서 조사한 결과 표 6에서와 같이 북동~남동이 33.1%, 남동~남서가 30.6%, 남서~북서가 21.5%, 북서~북동이 14.8% 순으로 대부분 동향으로부터 남향에 이르는 따뜻한 쪽에 층의 분포비율이 높았으며 월동기간 중의 치사율은 표 7과 같이 총 조사충중에서 기생봉의 침입에 의한 사충수를 제외한 凍死率은 30.3%~54.9%로

평균 36.2%이었는데 이는 大串 등 (1964)은 화살까지벌레 동기 생존율은 雌未熟成蟲과 성숙성충 공히 57%이었으며 엽당 밀도가 높은 쪽이 생존율도 높았다고 보고한 바 있고 奥代 등 (1968)도 월동후 성충의 잔존율이 50% 전후라고 한 보고와는 부분적으로 일치하는 경향이었으나 뽕나무까지벌레가 膏藥病菌(lepra)에 의해 피복된 개체들은 생존율이 90%이상으로 높았다.

인 용 문 헌

裴大漢, 朴重秀, 禹相浩. 1966. 까지벌레類의 약제 방제시험. 農振, 植環., 試研報. 5 : 136~172.

Brown S. W. & F. D. Bennett. 1957. On sex determination in the Diaspine scale *Pseudaulacaspis pentagona* Tar.(Coccoidea). Genetics 42 : 510~523.

Dustan A. G. 1953. A method of rearing the Oleander scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targ. on potato tubers. Dept. Agr. Bermuda, Bull. 27 : 1~7.

是永龍二, 1976. ヤノネカイガラムシの生活史. 植物防疫. 30(11) : 8~13.

是永用二, 坂神泰輔. 1980. ヤノネカイガラムシの發育と溫度との關係 III. 第2世代の發育速度および溫度の影響. 果樹試報B(Bull. Fruit tree Res. Stn. B). 7 : 99~108.

奥大重敬, 是永勇二, 坂神泰輔. 1968. ヤノネカイガラムシの地理的分布. II. 日本および内陸のカンキツ 栽培地帯における地理的分布. 園藝試験場報告B.8 : 121~133.

大串龍一, 林常也, 板山俊夫, 山口孝之. 1964. 雲山におけるヤノネカイガラムシの越冬形態の垂直的變化 日應動昆. 8(1) : 21~25.

津川 力. 1967. クワコナカイガラムシの發生豫察. 植物防疫. 21(8) : 27~28.

安田壯平. 1979. クワシロカイガラムシの外部形態ならびに柔條組織中におけるロそう入部位の顯微鏡的觀察. 日應動昆. 23(2) : 61~68.

(1990년 5월 28일 접수)