フジコナカイガラムシおよびクワコナカイガラムシの発育と 増殖能力に及ぼす温度の影響

澤村 信生*・奈良井 祐隆

島根県農業技術センター

Effect of Temperature on Development and Reproductive Potential of Two Mealybug Species *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) and *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae). Nobuo SAWAMURA and Yutaka NARAI Shimane Agricultural Technology Center, Izumo, Shimane 693-0035, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 52: 113-121 (2008)

Abstract: Two mealybug species, *Planococcus kraunhiae* and *Pseudococcus comstocki*, were reared on germinated broad bean seeds to determine the developmental thresholds and thermal constants in each developmental stage and preovipositional period at six temperatures. Since few *Pl. kraunhiae* and *Ps. comstocki* individuals developed into adults at 30°C and 32°C, respectively, their upper temperature limit is around 30°C. The lower developmental threshold temperature (T_0) and thermal constant (K) for the entire developmental period were 12.2°C and 331 degree-days (DD) for *Pl. kraunhiae*, and 10.8°C and 346 DD for *Ps. comstocki*. T_0 in the preovipositional period were 8.1°C and 225 DD for *Pl. kraunhiae*, and 10.7°C and 163 DD for *Ps. comstocki*. Fecundity was highest at 24°C in both species. *Pl. kraunhiae* laid an average of 526 eggs, and *Ps. comstocki* 498 eggs. The intrinsic rates of the natural increase in *Pl. kraunhiae* and *Ps. comstocki* were 0.117 at 24°C and 0.151 at 28°C, respectively.

Key words: *Planococcus kraunhiae*; *Pseudococcus comstocki*; lower developmental thresholds; thermal constant; fecundity

緒 言

コナカイガラムシ類は果樹の重要害虫であり、成・幼虫の吸汁による奇形果や裂果の発生、また排泄した甘露へのすす病の併発による果実汚損など果実品質に大きな影響を及ぼす。とくにフジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (以下フジコナ) とクワコナカイガラムシ *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (以下クワコナ) はバラ科果実のほか、ブドウやカンキツ類まで広く加害する重要害虫である。ブドウでは両種とも発生し、穂軸上に寄生した個体により出荷が不能になることも稀ではなく、経済的損害が大きい。また、最近クワコナがブドウ葉巻随伴ウイルス3 (GLR aV-3) を伝搬することが明らかにされた(中野ら, 2003)。カキではフジコナによる被害が増加傾向にあり、地域によっては被害果率が40%にも達すると報告されている(島根県病害虫発生予察年報, 2005)。近年、減農薬防除体系の導入が進められていることや、果樹カメムシ類等の飛来性害虫に対する合成ピレスロイド剤の連続散

布に伴うリサージェンス現象により、これらコナカイガラムシ類の発生が徐々に増加していると指摘されており(大政, 1990; 堤, 1997; 森下, 2005)、今後の発生動向が懸念されている。

コナカイガラムシ類の生態に関する研究は古くから行われており、たとえば、フジコナではカキ、カンキツ、イチジクなどで(上野, 1963; 大政, 1990; 新井, 1996; 柴尾・田中 2000)、クワコナではリンゴ、ナシ(福田・宇田川, 1965; 津川, 1972; 伊澤, 1990)などで越冬態や年間世代数が詳しく調べられている。しかし、幼虫の温度反応などの発育生態については不明な点が残されている。

発育に関する飼育実験においては、餌となる寄主植物の選定および飼育個体の密度が重要である。フジコナの飼育ではニホンカボチャ(上野, 1977)やウンシュウミカン葉(新井, 1996)、クワコナではニホンカボチャ(村上, 1965; 伊澤・内田, 1991)やバレイシヨの軟白化芽だし(村上, 1965; 津川, 1972)を用いた飼育の報告がある。また、飼育時の密度については新井(1996)がフジコナについて個

* E-mail: sawamura-nobuo@pref.shimane.lg.jp
2007年11月2日受領 (Received 2 November 2007)
2008年2月15日登載決定 (Accepted 15 February 2008)
DOI: 10.1303/jjaez.2008.113

体別飼育を行っているものの、他の研究では集団飼育(29~1,572頭/区)を行って発育に関するパラメータを推定している。しかし、これらの実験では寄生植物の急速な劣化や、個体を識別した詳細な調査が不可能という問題点があった。

これに対し Narai and Murai (2002) は寄主植物の劣化が起りにくく、個体ごとの調査が可能なソラマメ催芽種子を用いた飼育法を開発した。そこで本研究ではフジコナとクワコナについて、ソラマメ催芽種子を用いた個体飼育を行い、両種における発育パラメータおよび増殖能力を調査した。また、その結果を用いて年間世代数を推定し、発生予察等に利用できるかどうか検討した。

本文に入るに先立ち、コナカイガラムシ類の同定を行っていただいた河合省三博士、研究の遂行に助力いただいた果樹研究所外山晶敏博士、本論文のご校閲をいただいた果樹研究所果樹害虫研究チーム長足立礎博士に厚くお礼を申し上げます。

材料および方法

1. 供試虫

フジコナは1995年3月23日に島根県簸川郡大社町(現出雲市)のブドウ圃場(品種「デラウェア」)から、クワコナは2001年9月4日に島根県簸川郡大社町のブドウ圃場(品種「デラウェア」)から採集した。プラスチック容器(16.5×13.4×6.7cm)にキッチンペーパーを敷き、その上にソラマメ催芽種子を20個前後入れ、各種コナカイガラムシ類の卵のうを接種した。ふ化した幼虫は集団飼育し、餌となるソラマメ催芽種子は随時追加した。これらの容器は、フジコナについては20±1°C、16L-8D条件下に置いた。一方、クワコナは20±1°Cでは休眠卵を産むため(未発表)、24±1°C、16L-8D条件に置いた。実験にはこれらの累代飼育しているストックカルチャーから卵のうを取り出し、湿った濾紙の上に置いてそこからふ化した幼虫を供した。

2. 発育および増殖に及ぼす温度・日長の影響

供試個体の飼育は Narai and Murai (2002) の方法に従った。すなわち、ふ化後24時間以内の幼虫を1個体ずつ、ソラマメ催芽種子を入れた直径3cm、深さ3cmのガラス容器に収容し、シーロンフィルムで塞ぎ、喚気のため針で穴を1つあけた。ガラス容器は恒温器(サンヨー製MIR-152)内に静置した。飼育温度はフジコナで16°C、20°C、22°C、24°C、28°C、30°C、クワコナで16°C、20°C、22°C、24°C、28°C、32°Cとし、光周期はともに16L-8Dとした。ソラマメ催芽種子の劣化が見られた場合、速やかに新しいものと取り替えた。幼虫の観察は毎日実体顕微鏡下で行い、脱皮の有無により幼虫の齢期を判別した。なお、両種とも雄は2齢幼虫末期から繭を形成し、繭中で前蛹・蛹を

経て有翅の成虫になるため、雄の前蛹期と蛹期は繭の外に排出された脱皮殻の有無により判別した。

同一の飼育条件下で羽化した雌雄成虫を交尾させるため、羽化後0~3日齢の雄成虫を羽化後0~1日齢の雌成虫の容器に導入した。導入後、雄成虫が3日以上生存した場合のみ交尾が成立したと見なして調査対象とした。なお、雄成虫は導入後7日目までにすべて死亡した。雄成虫は死亡後容器から速やかに除去し、雌成虫のみ同一の飼育条件下で飼育を続け、産卵前期間、産卵期間、産卵数を調査した。産卵開始から10日間は毎日採卵し、その後は1~2日おきに採卵した。

卵期間(産下されてからふ化までの期間)については、それぞれの温度条件で発育・羽化した雌成虫に同一の温度条件下で産卵させ、さらにその温度条件下に卵を置いて調査した。ただし、クワコナは20°Cで休眠卵を産下し、また16°Cでは産卵しなかったため、これらの温度区に関しては24°C区の雌成虫が産下した卵を産下後24時間以内に各温度区に移して調査した。

飼育温度と発育速度との回帰式は D を発育日数、 T を飼育温度、 k を有効積算温度、 t を発育零点とし、飼育温度の誤差を考慮して提案された Ikemoto and Takai (2000) の次式により求めた。

$$DT = k + tD$$

ただし、フジコナでは30°C区、クワコナでは32°C区で成虫まで生存した個体が少なかったため、この回帰分析ではこれらの区を除いた。また、クワコナでは産卵前期間および孵化から産卵までの期間における発育零点および有効積算温度については、16°Cでは雌成虫が産卵しなかったため、20°C、22°C、24°C、28°Cの結果から計算した。

フジコナの16°C、20°C、24°C、28°Cおよびクワコナの20°C、22°C、24°C、28°Cの各区における平均世代時間(T_c)、純増殖率(R_0)、および内的自然増加率(r_m)は、雌成虫の日齢別生存率(l_x)と日齢別産卵数(m_x)を用いて次式(Birch, 1948)によって求めた。なお、性比は0.5とし、羽化時の生存率は飼育調査における各温度での幼虫期間の生存率を用いた。

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x \cdot m_x$$

$$T_c = \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot l_x \cdot m_x / R_0$$

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r_m x} \cdot l_x \cdot m_x = 1$$

結 果

フジコナおよびクワコナの卵期間を Table 1 に、卵を除く各ステージの発育日数をそれぞれ Table 2, Table 3 に示した。両種の雌における各温度区でのふ化から羽化までの発育日数を比較すると、クワコナでは 32°C の幼虫期間が 36.5 日で 28°C の 20.8 日より長くなり発育遅延が認められたが、その他の処理区では温度が高くなるにつれ発育期間が短くなった。

フジコナおよびクワコナの発育速度の回帰直線、発育零点と有効積算温度をそれぞれ Table 4, Table 5 に示した。回帰直線の寄与率はクワコナの雄の前蛹と雌の産卵前期間以外の発育ステージでは 0.81 以上となり温度と発育日数の

間に有意な相関が認められた。また、各ステージにおける発育零点と有効積算温度は、フジコナにおいて卵では 10.7°C, 112 日度、雌の幼虫期間では 12.2°C, 331 日度と

Table 1. Duration of egg stage (mean±SE, days) in *Planococcus kraunhiae* and *Pseudococcus comstocki*

Temperature	<i>Pl. kraunhiae</i>	<i>Ps. comstocki</i>
16°C	19.6±0.3(98) ^a	34.7±0.1(149) ^{ab}
20°C	13.9±0.0(121)	16.2±0.1(106) ^b
22°C	9.3±0.0(104)	13.4±0.1(187)
24°C	7.6±0.0(190)	11.2±0.1(100)
28°C	6.8±0.0(85)	7.9±0.3(73)

^a Values in parentheses indicate the number of eggs.

^b The eggs were deposited by females reared at 24°C.

Table 2. Duration of each developmental stage (mean±SE, days) of *Planococcus kraunhiae* at six constant temperature regimens

Stage	Temperature					
	16°C	20°C	22°C	24°C	28°C	30°C
Female						
1st instar	45.0±3.5(21) ^a	17.3±0.6(23)	14.1±0.4(14)	11.1±0.4(16)	8.3±0.5(23)	7.0±0.6(4)
2nd instar	23.0±1.8(21)	10.7±0.4(23)	7.6±0.3(14)	7.5±0.3(16)	6.4±0.3(23)	5.5±1.0(4)
3rd instar	19.9±0.9(21)	12.6±0.5(23)	10.1±0.5(14)	7.6±0.3(16)	9.2±0.5(23)	9.3±1.3(4)
Hatch-adult	88.0±2.8(21)	40.6±0.9(23)	31.8±0.6(14)	26.1±0.6(16)	23.9±0.6(23)	21.8±1.8(4)
Preovipositional period	29.3±0.9(15)	16.8±0.4(16)	16.8±1.1(8)	13.5±0.8(13)	12.5±0.9(14)	16.0 (1)
Hatch-oviposition	116.7±3.2(15)	56.6±0.9(16)	47.7±1.4(8)	39.6±1.2(13)	36.4±1.6(14)	37 (1)
Male						
1st instar	43.4±3.9(11)	17.1±0.7(19)	13.1±0.3(19)	11.6±0.4(24)	7.8±0.4(18)	5.7±0.4(11)
2nd instar	28.4±4.6(11)	10.4±0.6(19)	9.7±0.4(19)	7.5±0.3(24)	6.1±0.4(18)	5.1±0.3(11)
Precocoon	6.3±0.3(11)	6.5±1.0(19)	3.7±0.2(19)	3.0±0.2(24)	2.4±0.1(18)	1.3±0.2(11)
Cocoon	14.4±1.1(11)	7.0±0.5(19)	5.6±0.2(19)	4.9±0.2(24)	3.4±0.1(18)	3.7±0.2(11)
Hatch-adult	92.1±16.3(11)	40.9±1.0(19)	32.0±0.6(19)	27.0±0.7(24)	19.7±0.8(18)	15.8±0.5(11)

^a Values in parentheses indicate the number of individuals.

Table 3. Duration of each developmental stage (mean±SE, days) of *Pseudococcus comstocki* at six constant temperatures

Stage	Temperature					
	16°C	20°C	22°C	24°C	28°C	32°C
Female						
1st instar	25.6±0.7(15) ^a	16.5±0.6(28)	14.2±0.6(16)	10.4±0.3(41)	7.6±0.2(17)	7.3±0.5(4)
2nd instar	19.9±2.2(15)	9.3±0.3(28)	8.6±0.5(16)	7.0±0.2(41)	5.8±0.2(17)	9.8±1.3(4)
3rd instar	21.9±3.4(15)	9.7±0.3(28)	10.1±0.8(16)	7.8±0.2(41)	7.4±0.4(17)	19.5±1.7(4)
Hatch-adult	67.4±4.4(15)	35.5±0.8(28)	32.8±0.9(16)	25.2±0.5(41)	20.8±0.5(17)	36.5±1.0(4)
Preovipositional period	—	14.4±0.5(17)	16.1±0.6(15)	12.6±0.5(14)	9.8±0.6(9)	—
Hatch-oviposition	—	49.4±0.9(17)	47.7±1.4(15)	37.6±1.0(14)	30.3±0.7(9)	—
Male						
1st instar	25.1±0.9(17)	14.5±0.6(15)	12.5±0.4(26)	9.9±0.4(29)	7.5±0.2(21)	5.2±0.2(5)
2nd instar	18.0±1.5(17)	10.9±0.7(15)	9.5±0.3(26)	7.5±0.3(29)	6.4±0.4(21)	6.4±0.4(5)
Precocoon	8.4±1.2(17)	5.1±0.6(15)	3.5±0.3(26)	5.1±0.2(29)	3.1±0.3(21)	3.4±0.7(5)
Cocoon	12.7±1.0(17)	6.3±0.5(15)	5.8±0.3(26)	3.4±0.3(29)	3.5±0.3(21)	3.0±0.4(5)
Hatch-adult	63.9±3.4(17)	36.8±1.2(15)	31.2±0.6(26)	25.9±0.6(29)	20.5±0.6(21)	18.0±0.9(5)

^a Values in parentheses indicate the number of individuals.

Table 4. Linear regression of developmental rate (Y) on temperature (X), lower developmental thresholds and thermal constants of *Planococcus kraunhiae*^a

Stage	Regression equation	r^2	Lower developmental threshold (T_0)	Thermal constant (K ; DD)
Egg	$Y=10.69X+111.85$	0.96	10.7	112
Female				
1st instar	$Y=13.28X+121.55$	1.00	13.3	122
2nd instar	$Y=12.03X+89.82$	0.99	12.0	90
3rd instar	$Y=9.32X+135.77$	0.81	9.3	136
Hatch-adult	$Y=12.16X+331.20$	0.99	12.2	331
Preovipositional period	$Y=8.15X+224.77$	0.90	8.1	225
Hatch-oviposition	$Y=11.33X+530.68$	0.98	11.3	531
Male				
1st instar	$Y=13.29X+117.31$	1.00	13.2	117
2nd instar	$Y=12.99X+83.84$	1.00	13.0	83
Precocoon	$Y=12.43X+35.84$	0.86	12.4	36
Cocoon	$Y=12.05X+55.91$	1.00	12.0	56
Hatch-adult	$Y=12.73X+300.48$	1.00	12.7	300

^aData at 30°C were not included.Table 5. Linear regression of developmental rate (Y) at temperature (X), lower developmental thresholds and thermal constants of *Pseudococcus comstocki*^a

Stage	Regression equation	r^2	Lower developmental threshold (T_0)	Thermal constant (K ; DD)
Egg	$Y=12.35X+126.87$	1.00	12.3	127
Female				
1st instar	$Y=10.84X+141.99$	0.97	10.8	142
2nd instar	$Y=11.42X+89.12$	0.99	11.4	89
3rd instar	$Y=10.99X+106.92$	0.96	11.0	107
Hatch-adult	$Y=10.83X+346.01$	0.99	10.8	346
Preovipositional period ^b	$Y=10.65X+163.70$	0.66	10.7	163
Hatch-oviposition ^b	$Y=9.71X+549.60$	0.85	9.7	549
Male				
1st instar	$Y=10.78X+132.95$	1.00	10.8	133
2nd instar	$Y=9.659X+114.03$	0.99	9.7	114
Precocoon	$Y=9.96X+53.78$	0.76	10.0	54
Cocoon	$Y=12.20X+49.81$	0.98	12.1	50
Hatch-adult	$Y=10.38X+357.93$	1.00	10.3	358

^aData at 32°C were not included.^bData at 16°C and 32°C were not included.

なり，クワコナにおいては卵で 12.3°C と 127 日度，雌の幼虫期間で 10.8°C と 346 日度となった。

両種の飼育実験中における各ステージの生存個体数と生存率を Table 6, Table 7 に示した。ふ化から羽化までの生存率について分割法を用いて検定を行った結果，温度区間で有意な差がみられた（フジコナ： $\chi^2=61.2$, $df=5$, $p<0.01$ ，クワコナ： $\chi^2=102.4$, $df=5$, $p<0.01$ ）が，16°C および 30°C 以上で明らかな生存率の低下が認められたため，20~28°C の温度区のみを対象としたところ，これらの区間に有意な差は認められなかった（フジコナ： $\chi^2=3.6$, $df=3$, $p>0.05$ ，クワコナ： $\chi^2=1.9$, $df=3$, $p>0.05$ ）。なお，最も高い生存率

はフジコナで 22°C の 77.5%，クワコナで 24°C の 71.4% であった。

Table 8 にはフジコナとクワコナの総産卵数と産卵期間を示した。両種の総産卵数は 24°C までは飼育温度が高くなるにつれ増加し，フジコナで 526.2 個，クワコナで 498.1 個に達したが，28°C ではフジコナの産卵数は大きく減少し，クワコナの産卵数も 24°C とほぼ同じにとどまった。産卵期間はフジコナでは最も短い 28°C で 13.5 日，最も長い 16°C で 37.2 日であり，飼育温度が低くなるにともない産卵期間が延びた。クワコナでは飼育温度による差がそれほど小さくなく，最も長い 22°C で 16.1 日，最も短い 28°C で

Table 6. Survival rate (%) at each developmental stage of *Planococcus kraunhiae*

Stage	Temperature								
	16°C			20°C			22°C		
	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂
Number of mealybugs			65			70			71
1st instar			69.2(45) ^a			78.6(55)			95.8(68)
2nd instar			86.7(39)			89.1(49)			88.2(60)
3rd instar	77.8(21)			96.4(27)			100.0(14)		
Precocoon		91.7(11)			90.4(19)			97.8(45)	
Cocoon		100.0(11)			100.0(19)			91.1(41)	
Entire instar ^b			49.2(32)			65.7(46)			77.5(55)

Stage	Temperature								
	24°C			28°C			30°C		
	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂
Number of mealybugs			60			64			75
1st instar			81.7(49)			73.4(47)			30.7(23)
2nd instar			95.9(47)			89.4(42)			87.0(20)
3rd instar	76.2(16)			95.8(23)			50.0(4)		
Precocoon		92.3(24)			100.0(18)			100.0(12)	
Cocoon		100.0(24)			100.0(18)			91.7(11)	
Entire instar ^b			66.7(40)			64.1(41)			20.0(15)

^a Values in parentheses indicate survival numbers.^b Survival rates were significantly different among different temperature conditions (χ^2 test, $p < 0.05$).Table 7. Survival rate (%) at each developmental stage of *Pseudococcus comstocki*

Stage	Temperature								
	16°C			20°C			22°C		
	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂
Number of mealybugs			73			61			63
1st instar			89.0(65) ^a			86.9(53)			68.3(43)
2nd instar			80.0(52)			94.3(50)			97.7(42)
3rd instar	68.2(15)			100.0(27)			100.0(16)		
Precocoon		56.6(17)			65.2(15)			100.0(26)	
Cocoon		100.0(17)			100.0(15)			100.0(26)	
Entire instar ^b			43.8(32)			68.9(42)			66.7(42)

Stage	Temperature								
	24°C			28°C			32°C		
	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂	♀	♂	♀+♂
Number of mealybugs			98			62			97
1st instar			86.7(85)			71.0(44)			39.2(38)
2nd instar			96.5(82)			95.5(42)			65.8(25)
3rd instar	100.0(41)			100.0(17)			100.0(4)	23.8(5)	
Precocoon		87.8(36)			84.0(21)			100.0(5)	
Cocoon		80.6(29)			100.0(21)			100.0(5)	
Entire instar ^b			71.4(70)			61.3(38)			9.3(9)

^a Values in parentheses indicate the number of surviving individuals.^b Survival rates were significantly different among different temperature conditions (χ^2 test, $p < 0.05$).

Table 8. Total number of eggs laid and oviposition period of *Planococcus kraunhiae* and *Pseudococcus comstocki*

Temperature	Total no. of eggs laid (<i>n</i>) ^a		Oviposition period (<i>n</i>)	
	<i>Pl. kraunhiae</i>	<i>Ps. comstocki</i>	<i>Pl. kraunhiae</i>	<i>Ps. comstocki</i>
16°C	266.9±30.5(10) ^b	—	37.2±3.7(10)a	—
20°C	453.1±50.2(12)ab	112.1±11.8(16)c	29.1±1.6(12)b	13.4±1.0(16)ab
22°C	506.3±109.7(6)ab	252.4±31.7(14)b	26.3±3.3(6)b	16.1±1.1(14)a
24°C	526.2±58.9(12)a	498.1±65.8(12)a	22.3±1.0(12)b	10.3±0.8(12)b
28°C	121.4±10.4(14)c	441.4±34.6(9)a	13.5±0.7(14)c	9.8±1.0(9)b

^a Values in parentheses indicate the number of adult females.^b The same letter in each column indicates no significant difference ($p>0.05$, Tukey's HSD-test). Fig. 1. Survival and daily fecundity curves of *Planococcus kraunhiae* adult females. --- Survival curve, — Fecundity curve.

9.8日であった。

フジコナおよびクワコナの産卵曲線と羽化後の生存曲線をそれぞれ Fig. 1 および Fig. 2 に示した。産卵開始までの期間は温度が高くなるにつれ短くなった。日当たり産卵数は産卵開始後 2~4 日間でピークに達し、以後右に長く尾を

Fig. 2. Survival and daily fecundity curves of *Pseudococcus comstocki* adult females. --- Survival curve, — Fecundity curve.

引くパターンを示した。すなわち、産卵数は産卵期間の前半に多くなった。また、1日当たりの最大産卵数はフジコナカイガムシでは 24°C の 67.3 個、クワコナでは 28°C の 105.0 個であった。

フジコナの 16°C, 20°C, 24°C, 28°C, クワコナの 20°C, 22°C, 24°C, 28°C における平均世代期間, 純増殖率, お

Table 9. Generation time (T_c), net reproduction (R_0), and intrinsic rate of increase (r_m), *Planococcus kraunhiae* and *Pseudococcus comstocki*

Species	Temperature	T_c	R_0	r_m
<i>Pl. kraunhiae</i>	16°C	128.8	69.4	0.033
	20°C	65.0	147.3	0.078
	24°C	46.0	192.8	0.117
	28°C	40.7	41.7	0.093
<i>Ps. comstocki</i>	20°C	54.3	38.7	0.068
	22°C	54.3	87.3	0.083
	24°C	41.4	160.1	0.124
	28°C	32.8	138.6	0.151

よび内的自然増加率を Table 9 に示した。内的自然増加率はフジコナでは 16°C の 0.033 が最も低く、24°C の 0.117 が最も高かった。クワコナでは 20°C の 0.068 が最も低く、28°C の 0.151 が最も高くなった。

考 察

本研究ではフジコナとクワコナのソラマメ催芽種子による発育と増殖能力について調査した。新井 (1996) はウンシュウミカンの切葉を用いてフジコナの発育調査を行った結果、25°C で雌を飼育した場合、1 齢が 10.2 日、2 齢が 7.7 日、3 齢が 11.7 日、産卵前期間が 18.7 日と報告している。また、上野 (1977) は 25°C でカボチャを用いてフジコナを飼育した結果、1 齢が 11~12 日、2 齢が 8~10 日、3 齢が 8~13 日、産卵前期間が 9~13 日と報告している。ソラマメを用いた本研究では 24°C で雌の 3 齢幼虫期間が、新井 (1996)、上野 (1977) の結果よりやや短くなったが、幼虫発育期間全体では餌植物による大きな違いは見られない。また、産卵前期間では、ソラマメ催芽種子とカボチャではほぼ等しくなったのに対し、カンキツ切葉で飼育した場合にはやや長くなっており、餌植物により違いが見られたが大きな差はないと考えられた。

村上 (1965) はカボチャを用いてクワコナの発育を調査し、各齢の日数を調査した。これによると、20°C で 1 齢が 10~14 日、2 齢が 9~12 日、3 齢が 5~8 日、産卵前期間が 12~17 日、卵期間が 12~16 日であった。

これは本研究の 20°C とほとんど同じ結果であることから、クワコナにおいてはカボチャとソラマメ催芽種子の餌植物による発育の違いは見られないと考えられる。

飼育に用いられる寄主植物によりコナカイガラムシ類の産卵数も大きく異なることが知られている。たとえばフジコナでは 25°C で飼育された場合カボチャで 547 個 (上野, 1977) および 422.8 個 (新井, 1996)、ミカン葉で 100 個前後 (新井, 1996) であり、クワコナではカボチャにおいて 20°C で 326.3 個、25°C では 646.8 個、またバレイショ軟白化芽だしでは 20°C で 154.8~394.2 個、25°C で 172.7~294.5

個と報告されている (村上, 1965)。本研究でソラマメ催芽種子を用いた場合、フジコナにおいて 24°C で 526.2 個、クワコナにおいては 20°C で 112.1 個、24°C で 498.1 個となり、カボチャとほぼ同じ結果となった。

フジコナの産卵曲線について、上野 (1977) はカボチャで飼育した場合産卵開始から 2~3 日目にピークとなり、3~4 日で過半数の卵を産下すると報告している。また、村上 (1965) はバレイショ軟白化芽だしを用いて飼育した場合、産卵開始から 4~5 日で大部分の卵を産下すると報告している。本研究でも両種において産卵開始から数日以内に半数以上が産卵されており、同様の産卵パターンが認められた。

新井 (1996) はフジコナにおいて、30°C では成虫まで発育できた個体は少ないことを報告している。本研究でも 30°C で 1 齢幼虫期の死亡が多く、成虫まで達した個体が少なかったことから 30°C は発育に不適であると考えられた。また、クワコナにおいて 32°C で顕著な発育阻害が認められた。これらのことから、両種とも 30°C 付近で高温障害が起これと考えられる。

上野 (1977) は那賀町 (現、和歌山県紀の川市) において、カキで発生するフジコナは第 3 世代の 2 齢幼虫期に粗皮間隙等に移動し越冬すると報告している。本研究で得られた、フジコナの卵期間と雌のふ化から産卵までの発育零点の平均値および有効積算温度の合計値はそれぞれ 11.0°C と 643 日度となり、これらを用いて那賀町に隣接するアメダスポイントであるかつらぎ町 (和歌山県) の平均気温から有効積算温度を算出して発生回数を計算したところ 3.1 回となり、報告された世代数と一致した。また、クワコナの卵期間と雌のふ化から産卵までの発育零点の平均値および有効積算温度の合計値はそれぞれ 11.0°C と 676 日度となり、これらを用いてフジコナと同様に倉吉市 (鳥取県) の気象データから世代数を求めたところ 2.8 回となった。福田・宇田川 (1965) は倉吉市に近接する赤碕町 (現琴浦町) のナシにおけるクワコナの発生状況を調査し、年間 3 回発生が見られ、卵で越冬すると報告しており、推定された世代数とほぼ一致した。したがって、本研究で得られたフジコナおよびクワコナの発育零点および有効積算温度は、少なくとも近畿から山陰地域のコナカイガラムシ類の発生予測に有用であると考えられる。薬剤によるコナカイガラムシ類の防除適期は若齢幼虫発生期であるが、従来その時期を野外で的確に把握することは困難であった。今後、フジコナでは越冬を終えた幼虫の移動時期、クワコナでは越冬卵の発育開始時期を加味して発生予測を行うことにより、さらに正確な発生時期の推定も可能になると思われる。

コナカイガラムシ類の内的自然増加率 (r_m) についての報告はきわめて少ない。本研究では、フジコナで 24°C の 0.117、クワコナで 28°C の 0.151 が最も高い r_m 値であった。

Nakahira and Arakawa (2006) はナスコナカイガラムシ *Phenacoccus solani* で 25°C の r_m が 0.144 と報告しており、クワコナと類似した値であった。また、果樹や野菜で問題になる微小害虫の r_m についてワタアブラムシでは 20°C で 0.435、マメアブラムシでは 26°C で 0.530 (奈良井・村井, 1991)、トマトハモグリバエ、マメハモグリバエ、ナスハモグリバエでは 25°C でそれぞれ 0.21, 0.17, 0.12 (徳丸・阿部, 2003)、ネギアザミウマでは 25°C で 0.1709 (Murai, 2000) と報告されている。これらの微小害虫と比較するとフジコナやクワコナの内的自然増加率はトマトハモグリバエ、マメハモグリバエ、ネギアザミウマよりやや低い程度である。したがって、これら 2 種のコナカイガラムシは内的自然増加率の点からも害虫として重要性が高いと考えられた。

摘 要

ソラマメ催芽種子を餌として長日条件下 (16L:8D) でフジコナカイガラムシとクワコナカイガラムシの個体飼育を行い、発育および増殖能力に及ぼす温度の影響を調べた。両種とも温度が高くなると発育期間が短くなったが、フジコナカイガラムシでは 30°C、クワコナカイガラムシでは 32°C で成虫まで羽化する個体が少なくなり、高温障害が認められた。ふ化から羽化までの発育零点および有効積算温度はフジコナカイガラムシで 12.2°C と 331 日度、クワコナカイガラムシで 10.7°C と 346 日度であった。両種とも産卵数は 24°C で最も多くなり、フジコナカイガラムシで 526 個、クワコナカイガラムシ 498 個であった。また、両種とも産卵期間の前半にほとんどの卵を産下した。内的自然増加率はフジコナカイガラムシでは 24°C で最も高く 0.117、クワコナカイガラムシでは 28°C で最も高く 0.151 となった。

引用文献

- 新井朋徳 (1996) カンキツを加害するコナカイガラムシ類の発育に及ぼす温度の影響。応動昆 40: 25-34. [Arai, T. (1996) Temperature-dependent developmental rate of mealybug species, *Pseudococcus citriculus* Green, *Planococcus citri* (Risso), and *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae) on Citrus. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 40: 25-34.]
- Birch, L. C. (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- 福田博年・宇田川英夫 (1965) コナカイガラムシの生態と防除に関する研究。鳥取果樹試報 3: 63-91. [Fukuda, H. and H. Udagawa (1965) Studies of the ecology and control of comstock mealybug (*Pseudococcus comstocki* Kuwana) on Japanese pear. *Bull. Tottori Exp. Stn.* 3: 63-91.]
- Ikemoto, T. and K. Takai (2000) A new linearized formula for the law of total effective temperature and the evaluation of line-fitting methods with both variables subject to error. *Environ. Entomol.* 29: 671-682.
- 伊澤宏毅 (1990) ナシに寄生するクワコナカイガラムシの防除対策。植物防疫 44: 260-263. [Izawa, H. (1990) Ecology and control of comstock mealybug on Japanese pear. *Plant Prot.* 44: 260-263.]
- 伊澤宏毅・内田正人 (1991) 昆虫の飼育法 (湯島 健・釜野静也・玉木佳男 編)。日本植物防疫協会、東京、pp. 82-84. [Izawa, H. and M. Utida (1991) *Pseudococcus comstocki* (Kuwana). In *Rearing Method of Insects* (T. Yushima, S. Kamano and Y. Tamaki, eds.). Japan Plant Protection Association, Tokyo, pp. 82-84.]
- 森下正彦 (2005) シベルメトリン水和剤の連用散布によるフジコナカイガラムシの密度増加。関西病虫研報 47: 125-126. [Mori-shita, M. (2005) Resurgence of Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana), in persimmon induced by a synthetic pyrethroid cypermethrin. *Ann. Rept. Kansai Pl. Prot.* 47: 125-126.]
- Murai, T. (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.
- 村上陽三 (1965) 代替飼料で飼育したクワコナカイガラムシの発育速度と産卵数。園試報 A4: 145-152. [Murakami, Y. (1965) Developmental rate and reproductive capacity of the comstock mealybug cultured on substitute host plants. *Bull. Hort. Res. Stn. Ser. A* 4: 145-152.]
- Nakahira, K. and R. Arakawa (2006) Development and reproduction of an exotic mealybug, *Phenacoccus solani* (Homoptera: Pseudococcidae) at three constant temperatures. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 573-575.
- 中野正明・中畝良二・駒崎進吉 (2003) クワコナカイガラムシによるブドウ葉巻随伴ウイルス 3 及びブドウ A ウイルスの伝搬。日植病報 69: 318-319. [Nakano, M., R. Nakaune and S. Komazaki (2003) Mealybug transmission of Grapevine leafroll-associated virus 3 *Grapevinevirus A*. *Jpn. J. Phytopathol.* 69: 318-319.]
- 奈良井祐隆・村井 保 (1991) ワタアブラムシとマメアブラムシの発育と増殖。島根農試研報 25: 71-77. [Narai, Y. and T. Murai (1991) Development and reproduction of *Aphis gossypii* Glover and *Aphis craccivora* Koch, (Homoptera: Aphididae). *Bull. Shimane Exp. Stn.* 25: 71-77.]
- Narai, Y. and T. Murai (2002) Individual rearing of the Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae) on germinated broad bean seeds. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 295-298.
- 大政義久 (1990) カンキツに寄生するコナカイガラムシ類の防除対策。植物防疫 34: 256-259. [Omasa, Y. (1990) Ecology and control of the mealybug on citrus trees. *Plant Prot.* 34: 256-259.]
- 柴尾 学・田中 寛 (2000) イチジクにおけるフジコナカイガラムシの発生消長と薬剤防除効果。応動昆中国 42: 1-6. [Shibao, M. and H. Tanaka (2000) Seasonal occurrence of Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) on the fig, *Ficus carica* L. control of the pest by insecticides. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. Chugoku Branch* 42: 1-6.]
- 徳丸 晋・阿部芳久 (2003) トマトハモグリバエ、マメハモグリバエ、およびナスハモグリバエの発育に及ぼす温度・日長の

- 影響ならびに増殖能力. 応動昆 47: 143–152. [Tokumaru, S. and Y. Abe (2003) Effect of temperature and photoperiod on development and reproductive potential of *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, and *L. bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 47: 143–152.]
- 津川 力 (1972) リンゴ園における主要害虫類の発生予察. 青森りんご試報 16: 1–73. [Tsugawa, C. (1972) Forecasting outbreaks of main destructive insects in apple orchards. *Bull. Aomori Apple Exp. Stn.* 16: 1–73.]
- 堤 隆文 (1997) カキのフジコナカイガラムシ防除におけるモスピラン水溶剤の役割. 農薬時代 174: 27–29. [Tsutsumi, T. (1997) Effect of mospilan on the control of Japanese mealybug on persimmon tree. *Noyaku Jidai* 174: 27–29.]
- 上野晴久 (1963) カキを加害するカイガラムシ類の研究 第1報 フジコナカイガラムシ越冬幼虫の行動. 応動昆 7: 85–91. [Ueno, H. (1963) Studies on the scale insects injury to the Japanese persimmon, *Diospyros kaki* L. I. On the overwintered larvae of the mealy bug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 7: 85–91.]
- 上野晴久 (1977) フジコナカイガラムシの生態と防除. 植物防疫 31: 159–164. [Ueno, H. (1977) Ecology and control of Japanese mealybug *Planococcus kraunhiae* (Kuwana). *Plant Prot.* 31: 159–164.]
-