

フラーバラゾウムシ *Pantomorus cervinus* (BOHEMAN)

の発育と温度による影響

真崎 誠・加土井 仁・米田 雅典*

横浜植物防疫所

Effects of Temperature on Development of Fuller's rose weevil, *Pantomorus cervinus* (BOHEMAN) (Coleoptera:Curculionidae). Makoto MASAKI, Masashi KADOI and Masanori YONEDA (Yokohama Plant Protection Station,1-16-10, Shinyamashita Naka-Ku,Yokohama 231 Japan). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 32: 7-13(1996).

Abstract : The development of Fuller's rose weevil, *Pantomorus cervinus*, was investigated at constant temperature 12 (only for eggs), 15, 18, 21, 24 and 27 °C. The developmental threshold temperature for eggs, larvae, pupae, and preovipositional period of adult were 9.89, 14.48, 9.60, and 8.39 °C, respectively. The thermal constant for eggs, larvae, pupae, and preovipositional period of adult were 274.65, 1,406.47, 205.51, and 349.28 degree days, respectively. Hatchability was the highest at 21 °C, however, rate of pupation and adult emerging was the highest at 24 and 27 °C. Means of number of oviposited eggs per a female at 15, 18, 21, 24, and 27 °C were 266.0, 418.4, 369.8, 535.6 and 458.9 eggs, respectively. and the highest number of oviposited eggs per a female were 1,082 eggs at 18 °C. Longevity for 50 % survival adults after emergence at 15, 18, 21,24 and 27 °C were 110, 65, 97, 91 and 77 days, respectively. The longest longevity for adult was longer as temperature lower, such as 101 days at 27 °C, 126 days at 24 °C,142 days at 21 °C, 172 days at 18 °C, and 214 days at 15 °C. At 1 °C, 51.6% eggs were survived for 90 days, 71.4% preovipositional adults for 60 days, 77.8% young larvae and 90% matured larvae for 90 days. The significance of temperature for development of each stage and the possible geographical distribution of this weevil in Japan is discussed.

Key words : Coleoptera, Curculionidae, *Pantomorus cervinus*, Development, Temperature

緒 言

フラーバラゾウムシ *Pantomorus cervinus* (BOHEMAN) はカンキツ類やバラのほか、モモ、ナシ、イチゴ、キク、カーネーション、ツツジ、アルファルファ等多くの園芸植物の害虫として知られている (ESSIG ; 1931, QUAYLE ; 1938, MAY ; 1979)。

本種は中南米原産のゾウムシで (CHITTENDEN ; 1901)、アメリカ、南ヨーロッパ、オーストラリア、ニュージーランド、北アフリカ、南アフリカ等の亜熱帯から温帯各地に分布拡大している (Commonwealth Inst. Entomol ; 1966)。わが国には未発生であることから、農林水産省は本種を植物検疫対象重要害虫に指定して、その侵入を警戒している (真崎, 1982)。

近年、輸入植物の増大に伴い、植物の輸入検査において、ニュージーランド産レウガデンドロン等の切花およびハワイ産プロテア属切花から成虫が (真崎 ; 1987)、アメリカ産、オーストラリア産カンキツ類生果実から卵塊が発見され (農林水産省植物防疫所 ; 1994)、

その侵入・定着が危惧されている。

本種は古くから害虫として知られているが、生態については未知な点が多いことから、わが国に侵入・定着した場合の本種の分布拡大や発生動向を予測し、防除への一助とするために、発育と温度の関係について調査したので、その結果を報告する。

本文に先立ちご校閲を賜った加藤利之害虫課長に御礼申し上げます。

材料および方法

1. 供試虫

農林水産大臣の輸入許可 (農林水産省指令 60 横植第 807 号) により輸入を許可されたニュージーランド産フラーバラゾウムシを累代飼育して得られた個体を用いた。

2. 発育に及ぼす温度の影響

卵、幼虫、蛹、成虫の各態を 12 (卵のみ)、15, 18, 21, 24, 27 °C の 6 段階の温度で飼育し、ふ化率、蛹化率、羽化率、発育期間、産卵、成虫寿命等発育に及ぼす温度の影響について調査した。各態の発育につい

* 現在、門司植物防疫所名瀬支所

での調査方法は次のとおりである。

卵期：15, 18, 21, 24, 27℃の各温度でナツダイダイの葉を給餌して飼育した成虫が産下した24時間以内の卵を採卵し、卵数を実体顕微鏡下で数えた後、38×68×15 mmの蓋付きのスチロール製容器内に置き、湿度約75%で採卵時と同じ温度で飼育し、毎日ふ化幼虫を数えた。ただし、12℃については、15℃で飼育したものが産下した24時間以内の卵を供試した。

幼虫期：直径15 cmの駄温鉢に植えたナツダイダイの幼木に、それぞれの温度区でふ化した24時間以内の幼虫を40頭接種して前蛹まで飼育した。前蛹になった時点で、駄温鉢から掘り出し、含水率約20%に調整した殺菌土壌を入れた60×40×17 mmのスチロール製容器に移し変えて飼育し、幼虫期間および蛹化率について調査した。

蛹期：幼虫期から同じ温度条件で飼育し、蛹期間および羽化率を調査した。ただし、15℃においては植物の成育が悪かったことから、幼虫の飼育を中止し、蛹期の調査は24℃で飼育した幼虫を前蛹期に15℃に移して行った。

産卵前期：羽化後約1週間経過した成虫を、直径9.4 cm、高さ2.0 cmのシャーレに移し、シャーレ内には葉柄端を水を含ませた脱脂綿で包んだナツダイダイの葉を餌として置いた。また、産卵あるいは隠れ場所として四つ折りにした15×55 mmの紙片も置いた。16L：8Dの日長条件でそれぞれの温度で飼育し、産卵の有無を毎日調査した。餌の交換は適宜行った。

3. 産卵および成虫寿命に及ぼす温度の影響

産卵前期の調査に使用した個体を継続して、16L：8Dの日長条件でそれぞれの温度で飼育し、産卵塊数、産卵数および生存虫数を1日おきに調査した。餌の交換は適宜行った。

4. 低温の影響について

卵期：24℃、16L：8Dの日長条件で飼育した成虫が産下した24時間以内の卵を15℃で7日間、続いて8℃で7日間飼育後、1℃、8L：16Dの日長条件で30日、60日および90日間保管したものを、再び24℃、16L：8Dの日長条件に戻して飼育し、各区のふ化幼虫を数えた。

幼虫期：24℃、16L：8Dの日長条件で飼育した中齢期の幼虫および終齢から前蛹期の幼虫を15℃で7日間、続いて8℃で7日間飼育後、1℃、8L：

16Dの日長条件で90日間保管した後の生存虫を数えた。

成虫期：24℃、16L：8Dの日長条件で飼育中の成虫を、幼虫期と同様に、15℃で7日間、続いて8℃で7日間飼育後、1℃、8L：16Dの日長条件で60日および90日間保管した後の生存虫数および産卵の有無を調査した。

結 果

1. ふ化率、蛹化率および羽化率

各温度区でのふ化率、蛹化率および羽化率をTable 1に示した。ただし、蛹化率については、供試植物の地下部の状況（餌条件）が一定でなかったことから終齢幼虫数に対する蛹化数とした。

ふ化率は27℃区で63.9%と低かったほかは、12℃から24℃までの区で80%以上と高く、なかでも21℃区では97.2%と最も高かった。終齢幼虫に対する蛹化率は、24および27℃区で100%と最も高く、15, 18, および21℃区においては70%以上であった。羽化率は蛹化率と同様に24および27℃区で100%と最も高く、それ以外の15℃から21℃区においても80%以上であった。

2. 発育日数と発育速度

各温度区における各態の発育日数および発育速度をFig. 1に示した。卵期間は、12℃で100.43日±6.08日（平均±標準偏差、以下同じ）、15℃で60.95±4.51日、18℃で34.54±2.42日、21℃で25.73±0.85日、24℃で18.02±0.74日、27℃で16.29±1.08日と、温度が高くなるにつれて短くなった。幼虫（前蛹を含む）期間は、18℃で301.21±57.59日、21℃で270.08±83.40日、24℃で160.83±31.81日、27日では104.23±6.38日と、卵期間同様温度が高くなるにつれて短くなった。蛹期間は、15℃で37.17±4.86日、18℃で25.06±2.06日、21℃で18.09±1.16日、24℃で14.11±0.76日、27℃で11.85±0.30日であった。産卵前期間は、15℃で63.17±11.60日、18℃で31.50±3.60日、21℃で29.00±5.59日、24℃で21.00±2.62日、27℃で19.38±2.53日であった。

Fig. 1より回帰式を求め、算出した各態の発育零点および発育有効積算温度をTable 2に示した。各態の発育零点は、卵が9.89℃、蛹が9.60℃、産卵前期が8.39℃であった。幼虫は各個体の発育期間のばらつきが大きかったことから、平均発育期間および最短発育期間の2通りにより算出した。平均発育期間による算

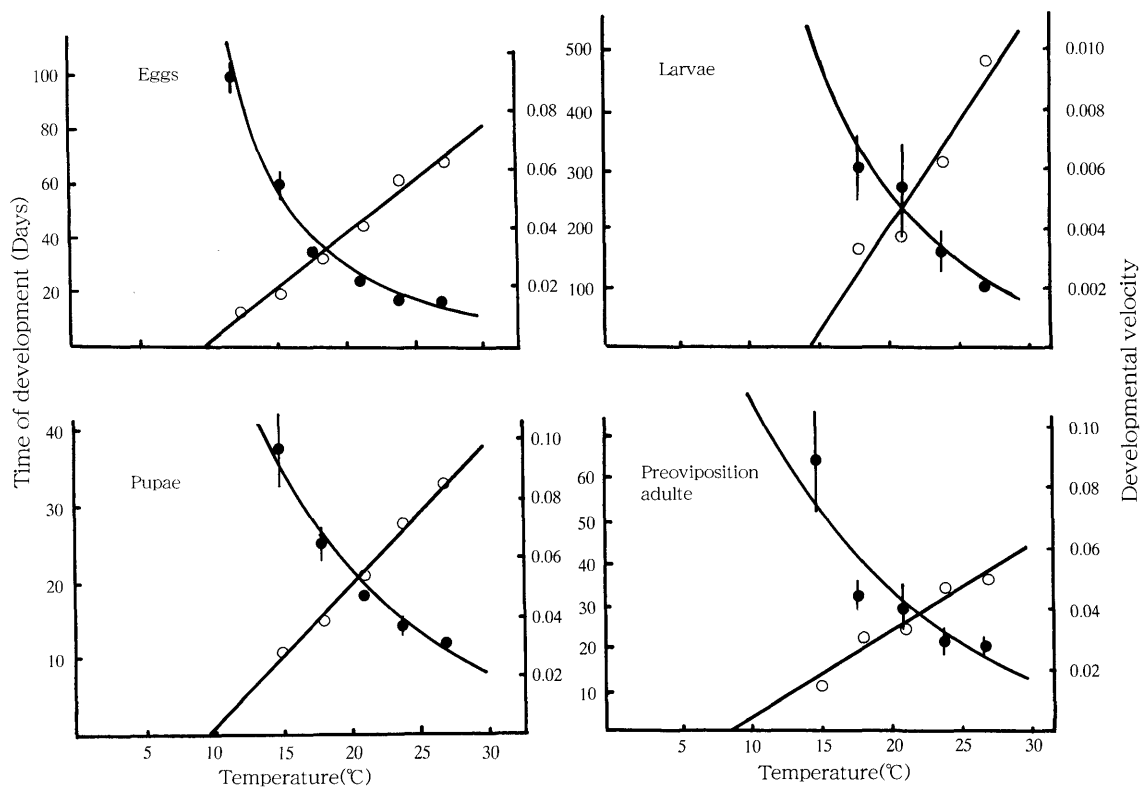
Table 1. Hatchability, rate of pupated larvae and emerged adults of *Pantomorus cervinus* at various temperatures

	Temperature(°C)					
	12	15	18	21	24	27
No.of Eggs	269	303	298	320	302	208
Hatchability(%)	84.4	89.4	86.2	97.2	92.4	63.9
No.of tested matured larvae	—	(13) ^c	23	25	20	14
Rate(%) Pupated ^{a)}	—	84.6	82.6	72.0	100	100
Rate(%) Emerged Adults ^{b)}	—	81.8	94.7	88.9	100	100

a) : No. of Pupae/No. of Matured larvae

b) : No. of Emerged Adults/ No. of Pupae

c) : Matured larvae which have developed at 24 °C

**Fig.1** Relationship between temperature and development of each life stage for *pantomorus cervinus*

● : Time of development, ○ : Developmental velocity

Figures are expressed as average $\pm$ S.D

Table 2. Regression equation and developmental zero of each life stage of *Pantomorus cervinus*

Life Stage	r^2	Regression equation	Developmental Zero (°C)	Thermal constant (degree days)
Egg	0.986	$V=0.003661T - 0.036212$	9.89	274.65
Larvae	0.907	$V=0.000711T - 0.010295^a$	14.48	1,406.47
"	0.945	$V=0.000711T - 0.007696^b$	10.82	1,067.46
Pupae	0.999	$V=0.004866T - 0.046714$	9.60	205.51
Preoviposition period	0.943	$V=0.002863T - 0.024027$	8.39	349.28

V: Developmental velocity

T: Temperature

a: Calculated by means of developmental periods

b: Calculated by the shortest developmental periods

Table 3. Rate of oviposited adults, no. of egg masses, no. of eggs of *Pantomorus cervinus* at various temperatures

Temperature (°C)	No. tested	Rate of oviposited adults(%)	No. of egg masses / a female			No. of eggs / a female		
			Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean
15	12	50.0	17	4	7.8	717	88	266.0
18	18	77.8	31	1	11.5	1,082	32	418.4
21	16	56.3	28	5	13.4	798	129	369.8
24	20	100	27	2	17.6	945	46	535.6
27	14	100	34	1	16.1	811	12	458.9

出では 14.48 °C, 最短発育期間による算出では 10.82 °C と両者の間に約 4 °C の差が生じた。

発育有効積算温度は, 卵が 274.65 日度, 蛹が 205.51 日度, 産卵前期が 349.28 日度であった。幼虫は, 平均発育期間による算出では 1406.47 日度, 最短発育期間による算出では 1067.46 日度であった。このようにすべての態において温度が高くなるにつれて発育は早くなった。

3. 産卵個体率, 産卵塊数および産卵数

各温度区における産卵個体率, 1 雌当たりの生涯における総産卵塊数および総産卵数を Table 3 に示した。羽化虫に対する産卵個体数の割合は, 羽化率と同様に 24 および 27 °C 区で最も高かった。産卵雌 1 頭当たりの産卵塊数は 18 および 27 °C 区の最低 1 卵塊から 27 °C 区の最高 34 卵塊で, 平均では 24 °C 区の 17.6 卵塊が最も多かった。産卵雌 1 頭当たりの産卵数は, 27 °C 区の 12 卵が最低で, 18 °C 区の 1,082 卵が最高であった。平均では 24 °C 区の 535.6 卵が最も多かった。

4. 成虫寿命

各温度区における羽化後の経過日数と生存成虫数の推移を Fig 2 に示した。各温度区における 50 % 生存虫から算出した成虫寿命は 15 °C で 110 日, 18 °C で 65 日, 21 °C で 97 日, 24 °C で 91 日, 27 °C で 77 日であった。また, 各温度区における最長成虫寿命は, 15 °C で 214 日, 18 °C で 172 日, 21 °C で 142 日, 24 °C で 126 日, 27 °C で 101 日であり, 低温ほど寿命が長くなる傾向が認められた。

5. 低温の影響

卵に対する低温の影響を調査した結果を Table 4 に示した。1 °C 30 日間保管区のふ化率は, 対照区 (24 °C) よりも僅かに低い 91.1 % であった。一方, 60 日および 90 日間保管区のふ化率は, それぞれ 50.8 %, 51.6 % であり, 対照区の概ね半分であった。

幼虫および成虫に対する低温の影響を調査した結果を Table 5 に示した。1 °C 90 日間保管区における幼虫の生存率は, 中齢期の幼虫で 77.8 %, 終齢期か

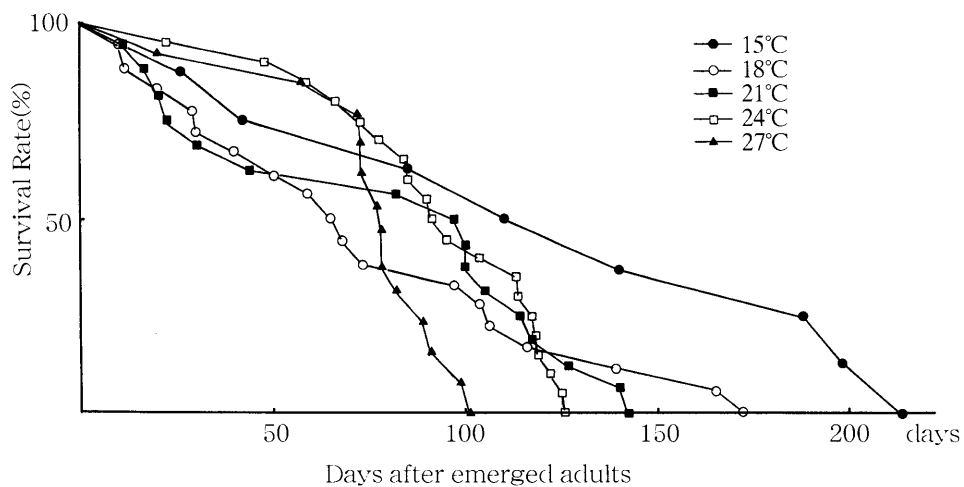


Fig.2 Relationship between survival rate and longevity of *pantomorus cervinus* reared on various temperatures after emergence

Table 4. Effects of low temperature on development of eggs of *Pantomorus cervinus*

Temperatures (°C)	Exposure (days)	No. eggs	Hatchability (%)
1	30	425	91.1
1	60	793	50.8
1	90	248	51.6
24	—	264	94.3

Table 5. Effects of low temperature (1 °C) on development of larvae and adults of *Pantomorus cervinus*

Life Stage	Exposure (days)	No. tested	Survival rate (%)
Young larvae	90	90	77.8
Matured larvae	90	20	90.0
Preoviposition Adults	60	7	71.4
Ovipositing Adults	60	7	42.9

ら前蛹期にかけての幼虫で 90 % であった。

成虫は供試虫数の半数が低温を経過中に死亡した。60 日経過後に生存していた 7 頭の内 4 頭が 24 °C に戻した後 2 日目に、2 頭が 7 日目に死亡した。残りの 1 頭は 3 卵を産下後 28 日目に死亡した。

考 察

今回の調査結果を、本種に類似した生態を有する本邦産のサビヒョウタンゾウムシ *Scepticus griseus* (ROELOFS)、トビイロヒョウタンゾウムシ *Scepticus uniformis* KONO および 1981 年にわが国への侵入が確認された (MASAKI et al; 1984) 中央ヨーロッパ原産のキンケクチプトゾウムシ *Otiorhynchus sulcatus* (F.) と比較しながら考察した。本種の卵の発育零点は 9.9 °C、キンケクチプトゾウムシは 6.32 °C (真崎・大戸; 1995) で本種の方が高い。サビヒョウタンゾウムシ、トビイロヒョウタンゾウムシの卵の発育零点は不明であることから、卵期間で比較すると、本種の卵期間が 24 °C で 18.0 日、27 °C で 16.3 日であるのに対して、サビヒョウタンゾウムシおよびトビイロヒョウタンゾウムシは、25 °C で 12 ~ 13 日、28 °C で 8 ~ 9 日 (気賀沢編; 1985) であり、本種の卵期間が長い。幼虫期間は、本種が 24 °C で 160.8 ± 32.7 日、27 °C で 104.2 ± 6.7 日に対して、サビヒョウタンゾウムシ、トビイロヒョウタンゾウムシは概ね 2 ~ 3 カ月 (気賀沢編; 1985)、キンケクチプトゾウムシは 24 °C で 93 日、26 °C で 107 日 (真崎・大戸; 1995) であることから、本邦産のサビヒョウタンゾウムシおよびトビイロヒョウタンゾウムシの方が本種より短く、キンケクチプトゾウムシとほぼ同様と推定される。幼虫の発育零点は本種が 14.5 °C であるのに対してキンケクチプトゾウムシは 2.5 °C で、本種の方がはるかに高い。産卵前期間については、本種の産卵の発育零点が 8.4 °C、有効積算温量が 349.3 日度であるのに対して、トビイロヒョウタンゾウムシの産卵発育零点が 12.7 °C、有効積算温量が 76.3 日度 (牧野; 1982)、キンケクチプトゾウムシの産卵発育零点が 8.4 °C、有効積算温量が 571.1 日度であることから、羽化後産卵までの期間はトビイロヒョウタンゾウムシよりはるかに長いが、キンケクチプトゾウムシより短い。成虫寿命については、本種の平均寿命が 27 °C で 77 日であるのに対して、トビイロヒョウタンゾウムシ成虫の平均寿命は 28 °C で 90.0 日 (牧野; 1982) であり、本種がトビイロヒョウタンゾウムシよりわずかに短命であると推定される。今回の調査における本種成虫の最長寿命は 15 °C で

214 日であったが、途中越冬を挟み約 2 年にわたり生存・産卵した (田中・時広; 1983, 時広・北川; 1984) キンケクチプトゾウムシよりもかなり短命である。産卵様式については、本種が卵塊として産卵するのに対して、サビヒョウタンゾウムシ、トビイロヒョウタンゾウムシおよびキンケクチプトゾウムシは散粒的に産卵することから、産卵様式に違いがあるが、1 雌あたりの平均産卵数について比較すると、24 °C における本種の平均産卵数は 535.6 卵、トビイロヒョウタンゾウムシは 940.6 卵 (牧野; 1982)、キンケクチプトゾウムシは 651 卵で、トビイロヒョウタンゾウムシより少なく、キンケクチプトゾウムシとほぼ同じ産卵数である。新成虫の羽化・出現時期については、本種のピークが米国カリフォルニア州では 8 月 ~ 10 月である (Sunkist Growers Inc., 1988) のに対して、キンケクチプトゾウムシが 4 月 ~ 6 月 (田中・時広; 1983)、サビヒョウタンゾウムシやトビイロヒョウタンゾウムシが 8 月上旬から羽化出現する (市原, 1975) ことから、サビヒョウタンゾウムシに類似した様相を呈すると思われる。

以上のように、4 種のゾウムシの生態的特性を比較すると、本種の各態の発育零点、幼虫期間、新成虫の羽化・出現時期、成虫寿命は、キンケクチプトゾウムシよりもサビヒョウタンゾウムシやトビイロヒョウタンゾウムシに似ており、本種の生活史を推定する上でサビヒョウタンゾウムシやトビイロヒョウタンゾウムシの生活史が参考になると考えられる。また、各態の発育零点が比較的高いこと、蛹化率および羽化率が 24 °C 以上で最も高くなること、新成虫の羽化・出現時期がサビヒョウタンゾウムシやトビイロヒョウタンゾウムシと類似することから、わが国における本種の分布に適した地域は、関東地方以南の西南暖地と推察される。

今回の調査結果をもとに、カリフォルニアにおける本種の羽化出現時期およびサビヒョウタンゾウムシやトビイロヒョウタンゾウムシの生活史を参考として、本種のわが国における生活史を推定すると、仮に、関東地方で 7 月下旬に羽化出現した新成虫は約 20 日後の 8 月中・下旬から産卵が始り、11 月頃まで摂食・産卵することになる。また、10 月中旬に羽化出現した新成虫は、産卵しないまま冬を迎える。7 月下旬に羽化した新成虫に由来する卵は 8 月下旬からふ化が始まり、幼虫は 11 月頃まで土壤中で生育し冬を迎える。今回、蛹態については調査していないが、蛹態を除く全ての態が 1 °C で 90 日間経過後も生存していたこと、

また、米国では全ての態で越冬が行われる (CHITTENDEN; 1901) ことから、わが国では、関東地方以南の西南暖地において、全ての態で越冬可能と考えられる。

米国カリフォルニア州における新成虫の羽化・出現のピークは8月から9月で、その後も2月まで新成虫の出現が続いている (Sunkist Growers Inc.; 1988)。しかし、ニュージーランドでは、新成虫の羽化・出現は夏から秋 (MAY: 1979) であり、本種の発育零点から推定しても、沖縄および南西諸島を除く、わが国の大部分の地域において冬に羽化・出現してくることはないであろうと推察される。

本邦産サビヒョウタンゾウムシでは、越冬成虫の産卵に由来する幼虫の発生が6月中旬頃から見られ、7月下旬に蛹化、8月上旬頃から羽化し、絶えず新成虫が出現する (市原; 1975)。本種においても越冬卵および越冬成虫の産卵に由来する幼虫は5月～6月頃から見られ、越冬卵および越冬成虫の産卵に由来する新成虫が9月頃から出現し、幼虫および成虫は一年中存在することになる。本種がわが国に定着した場合には、サビヒョウタンゾウムシと同様に複雑な発生経過を呈し、防除適期が絞りにくい害虫となると推察される。また、本種の幼虫は土壤中に生息することから、サビヒョウタンゾウムシ等の本邦産土壌性ゾウムシと同様に防除が困難になると想定されることから、産卵開始前の成虫を標的に防除することが的確な防除法の一つと考えられる。そのためには、越冬成虫の活動開始時期、新成虫の出現時期をできる限り正確に把握することが重要となる。今回の調査において、幼虫期間には特に21℃及び18℃で大きなバラつきが生じたが、新成虫の出現開始時期については最短幼虫期間から求めた発育零点及び有効積算温度が利用でき、また、出現最盛期については平均幼虫期間から求めた発育零点及び有効積算温度が利用できると推察される。

引用文献

- CHITTENDEN, F. H. (1901) Some insects injurious to the violet, rose, and other ornamental plants. *U. S. Dept. Agric. Bur. Ent. Bull.* 27: 88-96.
- Commonwealth Institute of Entomology (1966) Distribution Maps of Pests. Series A: Map No. 214.
- ESSIG, E. O. (1931) A History of Entomology. The Macmillan Co, New York. 1029 pp.
- HELY, P. C., G. PASFIELD and J. G. GELLATLEY (1982) Insect Pest of fruit and Vegetables in NSW. Inkata press. 312 p.
- 市原伊助 (1975) サビヒョウタンゾウムシ類の生態と防除. 植物防疫 29: 273-275.
- 気賀澤和雄 編 (1985) 原色図鑑 土壌害虫. 全国農村教育協会. pp 150-151.
- 牧野 普 (1982) ゴボウを加害するトビイロヒョウタンゾウムシの生態と防除. 植物防疫 36 (9): 420-425.
- 真崎 誠 (1982) 侵入が警戒される重要甲虫類—ゾウムシ類を中心として—. 植物防疫 36: 299-304.
- 真崎 誠 (1987) 輸入検疫で捕捉したフラーバラゾウムシ, *Pantomorus cervinus* (BOHEMAN) の産卵数および卵期間について. 植防研報 23: 75-77
- 真崎 誠・大戸謙二 (1995) キンケクチブトゾウムシ, *Otiorhynchus sulcatus* (F.) の発育と温度による影響. 植防研報 31: 37-45.
- Masaki, M., K. Ohmura and F. Ichinohe (1984) Host range studies of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). *Appl. Entomol Zool.* 19 (1): 95-106.
- MAY, B. M. (1979) Fuller's rose weevil. *Asynonychus cervinus* (BOHEMAN). life cycle. DSIR Information Series No.105.
- 農林水産省植物防疫所 (1994) 植物検疫統計第61号 386 p.
- Sunkist Growers Inc. (1988) The pest Control Circular. No. 548; 1-6.
- 田中健治・時広五朗 (1983) キンケクチブトゾウムシに関する研究. 1. 室内条件下での蛹化・羽化時期および産卵様式と成虫および卵に対する高温の影響. 植防研報 19: 19-23.
- 時広五朗・北川憲一 (1984) キンケクチブトゾウムシに関する研究. 2. 越冬成虫の産卵様式. 植防研報 20: 73-75.