ドウガネブイブイの累代飼育法について^{1),2)}

廿日出正美・山田幸一・飯塚安彦

静岡大学農学部

Rearing Method for the Production of Successive Generations of *Anomala cuprea* HOPE (Coleoptera: Scarabaeidae). Masayoshi HATSUKADE, Kōichi YAMADA and Yasuhiko IZUKA (Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka-shi, Shizuoka 422, Japan). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* 28: 14-19 (1984)

A rearing method for the production of successive generations of *Anomala cuprea* HOPE was tested in the laboratory. The third instar larvae were exposed to low temperatures (10 and 20°C), for four different periods of time (10, 20, 30 and 40 days). The duration of the developmental period from the egg stage to adult emergence was considerably shortened by the treatment at 20°C, and the shortest duration was observed when the larvae were exposed to 20°C for 30 days on the 30th day after the third instar. The mean number of days required for the completion of their life cycle was 181 days. These findings show that the adult was able to repeat a half-year cycle. Therefore, various artificial diets for rearing adults were studied in this experiment. The adults were reared on two artificial diets (A and B) containing dried powder of young leaves of *Podocarpus macrophylla* D. DON. With regard to the adult longevity, egg number and hatchability, the artificial diet A was superior to the other diets.

緒

言

材料および方法

コガネムシ類はわが国の広い地域で発生しており、畑作・果樹・そ菜・樹木・芝草などに大きな被害を与え、防除がきわめて困難な害虫となっている。すなわち、これらの幼虫は土壤中で生活しているため、その生息状況、食害の様子、要防除密度、薬剤散布の適期など十分な解明が行われていない。著者らはコガネムシ類の生態学的研究や有効な防除薬剤の探索を行うため、コガネムシ類の累代飼育法を検討してきた。ドウガネブイブイ *Anomala cuprea* HOPE 幼虫では飼育時の日長、温度を操作することにより休眠覚醒し、発育期間が短縮されることも報告されている (FUJIYAMA and TAKAHASHI, 1973 b)。

本実験においても、ドウガネブイブイに対して幼虫期間が最も短縮する温度条件を追求したところ、年2回の割合で成虫を発生させることが可能となった。さらに、成虫の餌が周年を通して要求されるので、人工飼料についても実験を行った。

1. 供試虫

ドウガネブイブイ成虫は1981年7月静岡市池田のキウイフルーツ *Antinidia chinensis* PLANCH 園で加害しているものを採集し、室内飼育を行った (以下、供試虫はドウガネと略称)。すなわち、適度な水分を含む木材粉を少量入れた直径 9 cm×高さ 15 cm のガラス製ポット (成虫飼育装置) に雌雄 1 対ずつ入れ、餌はイヌマキ *Podocarpus macrophylla* D. DON の柔らかい若葉を与え、木材粉に産卵させた。卵は湿ったろ紙を敷いた直径 9 cm×高さ 1 cm のシャーレに移した。ふ化幼虫は木材粉を混合した広葉樹腐葉土 (市販品) をつめた直径 7.5 cm×高さ 6 cm のプラスチック製の蓋付カップの飼育容器に3頭ずつ入れ、3齢幼虫まで飼育した。飼育室は温度 25°C、白色 30 W 蛍光灯を使用し、9時間照明とした。幼虫の餌は3週間ごとに新しいものと交換した。

2. 3 齢幼虫の低温処理と体重の変化

前記方法で飼育したドウガネ幼虫が3齢幼虫に達すると新しい餌の入った飼育容器に1頭ずつ個別飼育し、10°C と 20°C の恒温室で低温処理を行った。その方法

1) 本報告の一部は日本応用動物昆虫学会第27回大会 (1983年4月、東京) にて発表した。

2) 静岡大学農学部応用昆虫学教室業績番号 102 号。

1983年8月1日受領 (Received August 1, 1983)

Table 1. Composition of artificial diets used for rearing adults of the cuprea chafer, *Anomala cuprea*

Ingredient	Kind of diet tested	
	A	B
Dried leaf powder ^{a)}	25.0 g	97.0 g
Starch	7.0 g	
Dried soybean powder	36.0 g	
Salt mixture ^{b)}	1.0 g	
Citric acid	4.0 g	
L-ascorbic acid	2.0 g	
CM-cellulose	20.8 g	
Agar powder	7.5 g	15.0 g
Saccharose	8.0 g	
Cholesterol	0.2 g	
B vitamins ^{c)}	362.2 mg	
Propionic acid	1.0 ml	1.0 ml
Water	300 ml	300 ml

^{a)} Powder of dried leaf of *Podocarpus macrophylla* D. Don.

^{b)} Potassium carbonate and sodium chloride.

^{c)} Composition of B vitamins is showed in Table 2.

は3齢幼虫になった直後, 30, 60 および 90 日後の4グループとし, 低温処理期間はそれぞれ 10, 20, 30, 40 日で, 前記と同じ光条件とした。その後は無処理区と同じ 25°C の飼育条件に戻して, 蛹化, 羽化まで観察した。供試虫はそれぞれ 20~30 頭を使用した。

幼虫の体重の変化は 10°C と 20°C でそれぞれ 40 日間処理したものを 10 日ごとにケミカルバランスで測定した。また, 3 齢幼虫直後に 10°C で処理したものは処理後の体重の変化を調べた。

3. 人工飼料による成虫の摂食量, 寿命, 産卵数およびふ化率の調査

ドウガネ成虫が比較的良好に食べるイヌマキの若葉を風乾し, これを粉砕機で粉末にした。この粉末と昆虫の必須栄養素を混合し, Table 1 に示す 2 種類 (A と B) の人工飼料をアルミ製鍋で 20 分間煮沸, 冷却して作製した。このうちビタミン B 群は Table 2 に示す割合で配合し, その少量を餌に添加した。また, この人工飼料は一度に 300 g ほど作製して冷蔵庫に保存し, その都度使用した。

摂食量は人工飼料の入った直径 3 cm × 高さ 1 cm のガラス製容器を成虫飼育装置に入れ, これに成虫を 1 頭ずつ放飼し, 1 日当たりの摂食量をケミカルバランスで測定した。

寿命と産卵数は成虫飼育装置に羽化日の揃った雌雄 1 対を放飼し, 人工飼料とイヌマキの生葉をそれぞれ与え比較調査した。供試虫はいずれも 16~20 対であり, 人工

Table 2. Composition of B vitamins

Ingredient	Amount μg/g (dried diet)
Choline chloride	1,500
Inositol	2,000
Nicotinic acid	100
Calcium pantothenate	150
Pyridoxine hydrochloride	30
Riboflavin	20
Thiamine hydrochloride	20
D-biotin	2
Folic acid	2

飼料は 9 日ごとに, イヌマキの生葉は食べ尽すと新しいものと交換した。卵はそれぞれの容器ごとに産卵されたものを回収し, その数とふ化率を調査した。

結 果

1. 3 齢幼虫の低温処理による発育日数の相違

ドウガネは 25°C の飼育条件下では卵期間は約 12 日, 1 齢と 2 齢の幼虫期間はそれぞれ約 17 日と 15 日であり, それ以降 3 齢幼虫となる。3 齢幼虫には食欲, 運動量の盛んな摂食期 (feeding stage) と摂食せず, 運動量がきわめて少なく, 体色が黄色の非摂食期 (non-feeding stage または yellow stage) があるが, 前者は 3 齢幼虫になってから約 50 日間, 後者はそれ以降前蛹までの約 140 日間である。この非摂食期に低温処理を行うと休眠覚醒し, その期間が大幅に短縮されることも明らかにされている。

Table 3 に個別飼育した 3 齢直後の幼虫を低温処理したときの卵から成虫までの発育所要日数を示した。10°C 処理区におけるその所要日数は 215~286 日とかなり大きなばらつきを示した。20°C 処理区は 216~249 日であり, 無処理区に比べその日数はそれほど短縮されなかった。また, 死亡率では 10°C で長期間処理したものは非常に高い値を示した。

Fig. 1 は 3 齢直後の幼虫を 10°C で処理したものの体重の変化を示した。3 齢直後の幼虫の体重 0.5~0.6 g の範囲であるが, 10°C で処理したものの体重はほとんど増加しなかった。しかし, 低温処理後 25°C に戻すと急激に摂食活動が旺盛になり体重が増加した。したがって, この時期における長期低温処理は幼虫の発育にとってマイナスとなった。

Table 4 に 3 齢幼虫になってから 30 日後に低温処理したものの結果を示した。10°C 区ではいずれの処理日数においても無処理区より, その所要日数は大幅に短縮

Table 3. Comparison of the developmental period as affected by exposure to low temperature at the beginning of the 3rd instar in larvae of *Anomala cuprea*

Temperature (°C)	Treatment (days)	Number of larvae used	Mortality (%)	Period from egg to adult stage ^{a)}
10	10	30	30.0	223.7±28.7
	20	30	26.7	226.3±22.4
	30	30	46.7	215.9±24.4
	40	30	43.3	286.3±28.2
20	10	30	20.0	216.7±23.7
	20	30	26.7	216.7±23.7
	30	30	—	—
	40	30	13.3	249.4±22.9
25	—	30	20.0	250.0±18.2

^{a)} Values indicate mean±S.D. in days.

Larvae were reared at 25°C after treatment.

Table 4. Comparison of the developmental period as affected by exposure to low temperature at the 30th day after the 3rd instar in larvae of *Anomala cuprea*

Temperature (°C)	Treatment (days)	Number of larvae used	Mortality (%)	Period from egg to adult stage ^{a)}
10	10	30	26.7	222.3±30.5
	20	30	23.3	223.7±21.1
	30	30	33.3	203.0±31.6
	40	30	30.0	206.6±20.6
20	10	30	23.3	200.3±16.0
	20	30	26.7	209.5±31.0
	30	30	20.0	181.3±15.4
	40	30	26.7	190.9±17.7
25	—	30	20.0	250.0±18.2

^{a)} Values indicate mean±S.D. in days.

Larvae were reared at 25°C after treatment.

Fig. 1. Changes in body weight after exposure of larvae to low temperature at the beginning of the 3rd instar. Larvae were reared at 25°C after treatment.

Fig. 2. Changes in body weight after exposure of larvae to low temperature at the 30th day after the 3rd instar.

した。また、20°C 区では181～209日であり、その中で30日間処理した区は無処理区に比べ約70日間短縮した。

Fig. 2 にこの時期における幼虫の体重の変化を示し

た。処理前の体重は1.6～1.7gと幼虫としては最大値に達しているが、10°C 処理区は10日後に1.48gに低

Table 5. Comparison of the developmental period as affected by exposure to low temperature at the 60 th day after the 3rd instar in larvae of *Anomala cuprea*

Temperature (°C)	Treatment (days)	Number of larvae used	Mortality (%)	Period from egg to adult stage ^{a)}
10	10	20	25	219.5±21.4
	20	20	20	200.0±14.3
	30	20	25	215.3±18.3
	40	20	30	225.5±13.0
20	10	20	25	220.8±25.8
	20	20	25	210.1±16.9
	30	20	20	207.9±15.5
	40	20	20	214.5±17.2
25	—	30	20	250.0±18.2

^{a)} Values indicate mean±S.D. in days.

Larvae were reared at 25°C after treatment.

Table 6. Comparison of the developmental period as affected by exposure to low temperature at the 90 th day after the 3rd instar in larvae of *Anomala cuprea*

Temperature (°C)	Treatment (days)	Number of larvae used	Mortality (%)	Period from egg to adult stage ^{a)}
10	10	20	15	240.6±18.6
	20	20	25	233.8±12.3
	30	20	20	236.8±10.4
	40	20	30	241.7±14.7
20	10	20	15	248.2±24.4
	20	20	20	225.3±15.9
	30	20	30	220.0±12.7
	40	20	20	235.8± 8.8
25	—	30	20	250.0±18.2

^{a)} Values indicate mean±S.D. in days.

Larvae were reared at 25°C after treatment.

下し、それ以降平衡を保った。しかし、20°C 区は無処理区 (25°C) と同じ体重の変化を示し、温度処理による影響はみられなかった。

Table 5 に3齢幼虫になって60日後に温度処理した結果を示した。この時期の幼虫は摂食期から非摂食期に変わる個体が多く、温度処理による発育日数は10°C区と20°C区ともに200～225日の範囲であった。また、死亡率においても20～30%を示し無処理と同等であった。

Table 6 に3齢幼虫になって90日後に温度処理した結果を示した。この時期の幼虫はほとんど非摂食期のもので、休眠状態に入っていた。このことは幼虫の呼吸量 (CO₂ 呼出量) を測定し確認した。この時期の温度処理は無処理区よりわずかに短縮される程度で、顕著な効果はみられなかった。

2. 人工飼料による成虫の摂食量、寿命、産卵数およびふ化率

ドウガネ成虫が人工飼料をどの程度摂食するかについて調べその結果を Fig. 3 に示した。1日当たりの摂食量では人工飼料BはAより初期の摂食量が多く、その後平均して摂食した。しかし、A飼料では3～4日頃から徐々に摂食量が増加し、最高0.4～0.5g/頭/日まで達した。すなわち、人工飼料に対する成虫の摂食忌避効果はみられなかった。また、両飼料とも雌がわずかではあるが多く摂食する傾向を示した。

人工飼料は高湿度の飼育容器内において9日間も腐敗しなかったので、餌の交換作業は大幅に削減された。

Table 7 に人工飼料とイヌマキ生葉による成虫の寿命を比較し、その結果を示した。飼料Aによる成虫の寿命は平均値で83.5～89.3日であり、飼料B (35.3～40.1日) や飼料C (38.3～46.6日) に比べ、約2倍の数値を

Fig. 3. Changes in the food consumption of the adult of *Anomala cuprea* reared on artificial diets. ○: female, ●: male, ----: diet A, —: diet B.

示し、栄養的にも優れた餌であった。雌雄間ではどの餌においても雌の寿命が長い傾向を示した。

Table 8 に成虫の産卵数と卵のふ化率を示した。人工飼料Aは1雌当たり最高が241個、最低が65個の産卵数であったが、飼料Bではそれぞれ24個と0個であり産卵数はきわめて少なかった。飼料C(イヌマキの生葉)では最高が55個、最低が39個であり、飼料Aよりかなり少ない産卵数を示した。

ふ化率では人工飼料Aで飼育したものは飼料Cと同等で91%ときわめて良好であったが、飼料Bはわずか48.6%であった。

考 察

一般にコガネムシ類のように1世代が長期にわたるものの累代飼育はきわめて困難である。したがって、実験室内で短期間に大量に飼育することができれば、その虫の生態や防除法の研究を一段と容易ならしめる。

本実験では幼虫期のある時期に低温処理して幼虫期間を短縮することを検討し、さらに周年を通して飼育することを目標に成虫の人工飼料についても検討した。

1. 3 齢幼虫期における 低温処理と幼虫の発育日数との関係

FUJYAMA and TAKAHASHI (1973 a) はドウガネ幼虫を

Table 7. Adult longevity of *Anomala cuprea* reared on artificial diets

Diet	Sex	Number used	Longevity (days) ^{a)}
A	♂	17	83.5±21.2
	♀	17	89.3±15.7
B	♂	20	35.3± 7.2
	♀	20	40.1± 8.7
C ^{b)}	♂	16	38.3± 5.9
	♀	16	46.6± 5.4

a) Values indicate mean±S.D.
b) Young leaves of *Podocarpus macrophylla* D. DON.

20°C と 25°C の恒温室で飼育したところ、卵から成虫までの所要日数は 25°C においてかなり短縮された。しかし、3 齢幼虫の非摂食期だけで比較すると 20°C は約 1/2 の発育日数であった。

本実験では3 齢になって直後、30, 60 および 90 日後の4段階に分けて 10°C と 20°C の低温処理を行った。3 齢直後では幼虫は盛んに摂食活動を行い、体重が急速に増加する重要な時期であるため、長期にわたる極度の低温処理 (10°C) はその発育にはマイナスの要因となった。すなわち、発育日数はそれほど短縮されず、幼虫の死亡率を高める結果となった (Fig.1, Table 3)。

しかし、3 齢になって30 日後に処理したものは、ちょうど、摂食期の後半から非摂食期の前半に相当する個体数が多く、発育日数が大幅に短縮された。したがって、この時期の低温処理は幼虫の休眠に何らかの影響を及ぼすものと推察される。とくに 20°C で30~40 日間処理したものは卵から成虫までの所要日数が181~190 日であり、無処理区に比べ70~60 日間短縮した。

次に、比較的效果の高かったのは3 齢になって60 日後に低温処理した区であり、なかでも 10°C、20 日間処理区ではその所要日数は200 日となった。このときの死亡率は無処理区と同様20%であった。

非摂食期になって相当時間の経過したものの低温処理区では完全に休眠状態に入っているためか、その効果は顕著に現われなかった (Table 6)。このように非摂食期の幼虫が休眠状態にあるか否かを確認するため呼吸量を

Table 8. Total number of eggs laid and larvae hatched in the female of *Anomala cuprea* reared on artificial diets at 25°C

Diet	Number of individuals	Number of eggs laid				Number of larvae hatched	
		Total	Maximum	Minimum	Mean	Total	Hatchability (%)
A	17	2,219	241	65	130.5	2,022	91.1
B	20	269	34	0	13.5	131	48.6
C ^{a)}	16	755	55	39	47.2	697	92.3

a) Young leaves of *Podocarpus macrophylla* D. DON.

測定した。これによると休眠に入ったと思われる幼虫の呼吸量は3齢摂食期の約1/2に相当する(廿日出・東, 1982)。

以上の実験結果から、卵から成虫までの所要日数が最も短縮する実験区を利用すれば、年2回の成虫を発生させることが可能となった。

2. 人工飼料による成虫の飼育

昆虫の人工飼料に関する研究は大量飼育、フェロモンの研究、栄養生理学などの広い分野で行われており、多くの報告がある。

本実験ではドウガネを周年を通して累代飼育するため、成虫の餌の確保が必要となってきた。ドウガネ成虫は雑食性であるが、イヌマキの若葉を好んで食べるので、これを乾燥粉末にしたものに、カイコ *Bombyx mori* LINNE の人工飼料で研究された(堀江, 1975)栄養素の一部を添加し人工飼料を作製した。

人工飼料AとBに対する成虫の1日当たりの摂食量を比較したところ、初期ではB飼料が0.5~0.6g/頭/日であるのに対し、A飼料は0.25g/頭/日で約1/2の摂食量であった。しかし、A飼料は3日以降徐々に増加し、4日目には0.5g/頭/日に達し、成虫がこの餌に慣れてきたものと推察される(Fig. 3)。また、西垣(1977)がカキの生葉を与えた実験において、雌の摂食量が0.21±0.02g/頭/日であることから、前記の摂食量があれば忌避性はないものと思われる。

成虫の寿命、産卵数およびふ化率について人工飼料とイヌマキ生葉を与え比較したところ、成虫の寿命ではA飼料はBやC飼料より約2倍も長く生きた。産卵数においてもA飼料は他の餌よりも優れ、他の報告(藤下, 1972; 西垣, 1977)と比較してもはるかに高い数値を示した。今までドウガネ成虫は雑食性でありながら、各研究者が単一の餌植物で飼育していたため、与えた餌の種類によって寿命や産卵数が大きく異なっていた。この人工飼料Aの結果から、改めてドウガネの雑食性を再認識した。また、ふ化率についてもA飼料で飼育したものはイヌマキ生葉と同等の高い値を示した。

この人工飼料Aは作製後、長期間にわたって冷蔵庫で保存が可能であり、飼育中においても9日間腐敗が起こ

らなかったのできわめて簡便である。

したがって、この人工飼料を用いて成虫を飼育すれば、少ない個体数でも多くの採卵が可能である。

摘 要

ドウガネの累代飼育を行うため、3齢幼虫のある時期を一定期間低温処理したところ、卵から成虫までの発育期間は大幅に短縮された。なかでも、3齢になってから30日後に20°Cで30日間処理したものでは、発育期間は181日であり、無処理区より約70日間短縮した。この結果、年2回の成虫を発生させることが示唆された。

ドウガネを周年を通して飼育する場合、冬期の成虫の餌が必要となった。そこで人工飼料を作製したところ、A飼料は成虫の寿命、産卵数、ふ化率ともに他の餌より優れていた。

この幼虫飼育法と成虫に対する人工飼料Aを組み合わせれば、周年を通して累代飼育が可能である。

引 用 文 献

- 藤下章男(1972) 異常発生したコガネムシ類—おもにドウガネブイブイの生態と防除—。静岡県林試研究調査資料 8:1—24.
- FUJIYAMA, S. and F. TAKAHASHI (1973 a) Studies on the self-regulation of life cycle in *Anomala cuprea* HOPE. I. The effects of constant temperature on the developmental stages. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 104: 23—30.
- FUJIYAMA, S. and F. TAKAHASHI (1973 b) Studies on the self-regulation of life cycle in *Anomala cuprea* HOPE. II. The effects of low temperature and photoperiod on the induction and termination of the larval diapause. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 104: 31—39.
- 廿日出正美・東 浩司(1982) 昆虫の呼吸に関する研究(第2報)コガネムシ類の発育と呼吸との関係。静岡大農研報 32:1—7.
- 堀江保宏(1975) 昆虫の大量飼育法—カイコー。農薬 22: 30—33.
- 西垣定次郎(1977) ドウガネブイブイの生態学的研究 実験室内における成虫の生存、摂食、産卵の季節的変動。静岡大農研報 27: 21—25.