

네발나비과 나비류의 계대사육법 체계확립

설광열* · 김남정 · 홍성진

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 유용곤충과

Establishment of the Successive Rearing System of Brush-footed Butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae)

Kwang-Youl Seol*, Namjung Kim and Seong-Jin Hong

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea

ABSTRACT : In order to establish the successive rearing system brush-footed butterflies (Lepidoptera : Nymphalidae) were reared in a room. Artificial diets were developed for a year-round rearing. Bu-diet was best to rear these butterflies among 3 kinds of diet used. The freeze-dried host plant leaf powder in diet was better than heat-dried one (60°C) in the growth of larvae. The rearing results were best in the diet C/N ratio was 1:1. The 24-hrs old eggs could be stored for 5 days at 15°C or for 3 days at 5°C and showed 75% of hatchability. On the other hand, pupae could be stored for maximum 15 days at 15°C because the emergence of abnormal adults appeared much more as the cold storage period got longer. And the adult was able to be stored until 60 days at refrigerator without relation of nectar-sucking period before cold-storage and storage temperature. Also a simple artificial ovipositing kit was devised by using $\Phi 9$ cm of petri-dish and a female oviposited 278 ± 27 of eggs with adding the ether extract of host plant to this kit. The systematic successive rearing method of brush-footed butterflies in a room was completed.

KEY WORDS : Brush-footed butterflies, Successive rearing, Artificial diet, C/N ratio, Cold storage period, Ovipositing kit

초 록 : 곤충관의 연중 전시용으로서는 붉은 색 계통의 화려한 나비로서 공급하기 위하여 네발나비류의 계대사육법 체계확립을 위해 일련의 시험을 수행하였다. 먼저 실내 계대사육용 인공사료를 개발하기 위해 3종의 사료를 공시한 결과 중에 따라 선호하는 사료의 종류가 달랐으나 Bu사료가 대체로 사육 성적이 양호하였으며 사료 중 기주잎 분말은 냉동 건조한 것이 좋았으며 C/N율은 1:1이 가장 양호한 결과로 나타났다. 또한 발육단계별 냉장가능기간을 조사한 결과 알의 경우 5°C에서는 3일간, 15°C에서는 5일간 저장이 가능하였고 번데기의 경우에는 저온에 오래 보관할수록 기형 나비의 출현율이 높아 15°C에서 최대 15일간 냉장 가능한 것으로 판단되었다. 나비의 장기 저온보호시험을 통해 냉장전의 흡밀기간, 냉장 온도에는 관계없이 냉장기간이 생존율, 산란전기간 및 산란수에 영향하였으며 60일까지 냉장이 가능한 것으로 나타났다. 네발나비는 기주식물의 자극없이 산란하지 않아 페트리 접시를 이용한 간이 인공산란용 키트를 개발하여 기주식물(한삼덩굴)잎의 에테르 물추출물을 처리한 결과 암컷 1마리 당 평균 278 ± 27 개를 산란하였다. 이러한 결과들을 종합하여 네발나비류의 연중 실내 계대사육 체계도를 완성하였다.

검색어 : 네발나비류, 계대사육, 인공사료, C/N 비, 냉장기간, 산란키트

*Corresponding author. E-mail: kyseol@rda.go.kr

네발나비과 나비는 나비류 중에서 우점종으로 한국에는 60여종이 분포하는데, 주로 중형의 나비로 몸체는 비교적 강하고 앞발은 퇴화되어 작아서 발이 넷처럼 보이므로 네발나비과로 분류한다. 대개 붉은 색 계통의 화려한 나비로서 성충으로 월동하기 때문에 비교적 연구된 바가 적은 나비류이다(Nam, 1998). 지금까지 대부분이 번데기로 월동하는 나비들-배추흰나비, 노랑나비, 호랑나비, 재비나비류 등을 사육해서 전시하거나 이벤트 사업을 실시하고 있으나 이러한 나비들은 화려한 붉은 색을 갖고 있지 않아 전시용으로 다소 단조롭다.

따라서 본 연구는 연중 수시전시용 등으로 나비를 사육할 때 붉은 색 계통의 화려한 나비로서의 자원확보 측면에서뿐만 아니라 성충으로 월동하는 나비로서의 실내 생태를 파악함으로써 실내 계대사육법의 체계화를 도모코자 시험한 결과 그 사육법을 확립하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실내 계대사육을 위한 인공사료의 개발 및 사육시험

네발나비과 나비류의 실내생태 파악을 위해서 계대사육용 인공사료의 개발을 시도하였다. 사료 조성분은 Seol and Kim(2001)이 개발한 나비용 인공사료조성을 기초로 3종 (AH, Ba, Bu)을 공시하였는데 각 공시 사료의 차이점은 Table 1과 같다.

사육온도는 1-3령 27℃, 4-5령 25℃로 하였고 습도는 60% R.H., 광주기는 16L · 8D의 장일조건하에서 사육하였다. 사료중 기주식물 잎분말 함유량은 시험에 따라 달리 하였으나 주로 부화초기에는 50%, 이후에 감소시켜 4-5령 때는 30% 함유사료를 공시하였다. 공시충으로서는 작은은점선표범나비, 네발나비 및 암끝검은표범나비를 공시하였다.

한편 인공사료중에 함유되는 기주식물잎을 열풍건조(60℃)한 것과 동결건조한 것을 암끝검은표범나비를 공시하여 비교 사육시험하였으며 사료내의 C/N율이 암끝검은표범나비의 성장발육에 미치는 영향을 조사하기 위해서 Ba사료내의 탄수화물원으로서의 자당과 포도당, 단백질원으로서의 탈지대두분의 비율을 1:2, 1:1, 2:1로 조정한 사료를 공시하여 부화유충 30마리씩 3반복으로 시험하였다.

발육단계별 냉장가능기간 조사

암끝검은표범나비를 공시하여 알과 번데기의 냉장 가능기간에 대해 조사하였다. 냉장온도는 5, 15℃에, 알은 3, 5, 7, 10일간, 번데기는 5, 10, 15, 30일간 냉장처리한 후 25℃로 옮겨 각각 부화율 또는 우화율을 조사하였다.

네발나비의 인공 산란 시험

한편 암끝검은표범나비나 작은은점선표범나비 등은 기주식물이 없어도 사육상자의 철망 등에 산란하지만, 네발나비는 기주식물의 자극없이 산란하지 않는다. 따라서 사육실에서 인공적으로 산란시키기 위한 소도구를 고안하여 기주식물(한삼덩굴)의 에탄올 또는 에테르 물추출액을 넣어 산란여부를 검정하였다.

네발나비 성충의 저온저장 시험

또한 이들 네발나비류는 성충태로 월동하기 때문에 저온에 얼마나 장기 저장이 가능한가를 알아보기 위하여 네발나비 성충을 공시하여 우화 후 25℃의 사육실에서 3, 5, 7일간 각각 흡밀시킨 것을 5, 7.5, 10℃의 저온에 30, 60, 90일간 냉장한 후 25℃로 옮겨 생존율, 산란전기간 및 산란수를 조사하였다.

Table 1. Differences of the components in each diet used

Source \ Diet	AH	Ba	Bu
Antiseptics & Antibiotic	Hydroxyquinoline sulfate, Sorbic acid, Chloramphenicol	Methyl <i>p</i> -hydroxy benzoic acid, Sorbic acid, Chloramphenicol	Sorbic acid, Chloramphenicol
Protein	Soybean meal, defatted	Casein	Soybean meal, defatted
Wheatgerm	none	added	none
Citric acid	added	none	none

* Vitamin mixture, salt mixture, oil, sterol, cellulose and carrageenann were added equally to each diet [referred the artificial diet of cabbage butterfly(Seol and Kim, 2001)].

결과 및 고찰

실내 계대사육을 위한 인공사료의 개발 및 사육 시험

가. 암끝검은표범나비의 인공사료육

암끝검은표범나비의 경우에는 제주도에서 채집해 온 개체들로부터 얻은 알 100개에서 82%가 부화하였는데 이를 기주식물잎으로 사육하여 59개의 번데기를 얻었다. 이것을 우화한 후 암수별 3구로 나누어 교미·산란시킨 다음 차세대부터는 순환교배를 시킨 결과 10세대에 이르러까지 계대사육이 가능하였다. 이에 인공사료육을 시험하기 위해 기주(제비꽃)잎분말 50%를 함유한 AH 및 Ba 사료를 공시, 20마리씩 3반복으로 시험한 결과 Table 2에서와 같이 Ba사료의 경우 유충단계에서 생존율이 0%였으나 AH사료의 경우 유충발육기간이 25일, 용화율 42%, 우화율 32%였다.

이후에 AH사료의 방부제 Hqs를 빼고 기주식물잎을 20% 및 50%를 넣은 사료를 조제, 공시한 결과 Table 3에서 나타난 바와 같이 사료의 개선이 명확하게 보였으며 특히 새롭게 조성한 Bu사료를 공시한 결과 유충발육기간이 25일 정도로 정상화되었고, 용화율이 76.0%로 크게 향상되었다.

한편 사료의 조성개선을 위해 사료중에 함유되는 기주식물잎을 60℃에서 열풍건조한 것과 동결건조시킨 것을 조제하여 공시한 결과 Table 4에서와 같이 유충발육기간, 번데기 기간 및 번데기 무게에는 큰 차이가 없었으나 최종 우화율은 동결건조한 잎분말을 함유하는 사료가 13% 정도 높게 나타나 동결건조한 잎분말이 성충까지 발육하는 데 보다 유효한 성분을 함유하고 있는 것으로 판단된다.

또한 사료중의 C/N율을 조정한 사료를 공시하여 사육해본 결과(Table 5), C/N율이 1:1인 사료가 번데기 무게

Table 2. Artificial-diet rearing results of the black-tipped fritillary butterfly, *Argyreus hyperbius* (1)

Diet	Larval duration (days)	Larval survival ratio (%)	Pupal ratio (%)	Emergence rate (%)
AH50 *	25±2.3	52	42	32
Ba50	-	survived only until the 3-4th instar	-	-

* 50 means the percentage of host plant leaf powder contained in diet.

20 hatched larvae×3 replication were experimented in each diet.

Table 3. Artificial-diet rearing results of the black-tipped fritillary butterfly, *A. hyperbius* (2)

Diet	Larval duration (days)	Larval survival ratio (%)	Pupal ratio (%)
AH20	35.6±1.2	30.0	22.6
AH * 50	29.9±3.4	61.9	61.9
Bu	25.4±1.4	78.0	76.0

AH * : Diet omitted an antiseptic, Hydroxyquinoline sulfate (Hqs) of AH-diet.

20 hatched larvae×3 replication were experimented in each diet.

Table 4. Rearing results of *A. hyperbius* with each artificial diet (Bu) containing two different host plant leaf powder

Drying method of host plant	Item	No. of larvae experimented	Larval duration (days)	Pupal			Emergence rate (%)
				duration (days)	weight (mg)	ratio (%)	
Heat-drying (60℃)		30	26.5±3.4	8.7±1.5	0.75	76.7	66.7
Freeze-drying		30	24.3±2.7	7.3±1.7	0.74	83.3	80.0

Table 5. Rearing results of *A. hyperbius* with each diet (Bu) of three different C/N ratio

C/N ratio in diet	Item	No. of larvae experimented	Larval duration (days)	Pupal			Emergence rate (%)
				duration (days)	weight (mg)	ratio (%)	
1:1		30	27.8±3.5	8.5±2.0	0.82	70.0	63.3
1:2		30	27.3±3.7	8.2±2.8	0.80	63.3	50.0
2:1		30	31.5±4.2	8.7±2.3	0.71	53.3	36.

0.82g, 용화율 70.0%, 우화율 63.3%로 비교적 양호하여 현재 개발된 사료의 C/N율과 거의 일치하는 결과였다.

나. 작은은점선표범나비의 인공사료육

기주잎분말을 30% 함유하는 Ba사료를 부화유충 100마리에 공시하여 사육한 결과(Table 6)에서와 같이 유충발육기간은 21-25일 정도 걸렸고 번데기기간은 4-7일 간이었다. 용화율이 72%, 우화율 65% 정도로 비교적 양호한 사육결과였으나 우화한 나비의 4% 정도가 기형이어서 사료적 결함이 있는지 기타 사육상의 문제가 있었는지에 대해서는 불명확하나 이 공시사료로 계대사육한 결과 3대째 유충단계에서 전부 폐사함으로서 소수의 나비로 계대사육한 결과 자가교배로 인한 유전적 퇴화가 그 원인이 아닌가 생각되지만 사료적 원인도 재검토할 필요가 있을 것으로 생각된다.

다. 네발나비의 인공사료육

네발나비의 경우에는 기주잎분말을 20% 또는 50% 함유한 AH사료를 공시한 결과 Table 7에 나타난 바와 같이

AH20사료구 및 AH50사료구 모두 유충발육기간이 25일 전후로 차이가 없었으나 용화율이 각각 20%, 30%, 우화율이 16.7%, 23.3%로서 AH50사료구가 다소 양호하였다.

따라서 1-2령때는 AH50사료를 공급하고 3령때부터는 Bu50(기주잎분말 50% 함유)사료를 공급한 결과(Table 8), 유충발육기간은 25일 정도였으나 용화율 46.7%, 우화율 33.3%로 다소 사육성적이 개선된 결과였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 같은 네발나비류일지라도 각 나비의 적합한 사료의 종류가 틀리며 금번의 시험의 결과에서는 Bu사료가 특히 네발나비류의 사육에 적합한 것으로 나타났다.

발육단계별 냉장 가능기간 조사

암끝검은표범나비 알의 냉장가능기간을 조사해본 결과 Table 9에서와 같이 냉장하지 않은 대조구의 경우 부화율이 75%로서 산란후 부화까지 평균 5.5일 걸렸으나 냉장한 구는 부화하는데 출고후 3.5~5.0일 정도 걸려 부화소요일수가 단축되었고, 15℃에서는 5일, 5℃에서는

Table 6. Growth characters of *Clossiana perryi* Butler in the artificial-diet (Ba30) rearing

Larval duration (days)	Pupal duration (days)	Pupal ratio (%)	Emergence rate (%)
21-25	4-7	72	65(4)

* () : means percentage of the abnormal individual emerged.

Table 7. Rearing results of *Polygonia c-aureum* with each diet

Diet	Larval duration(days)	Pupal ratio (%)	Emergence rate (%)
AH20	24.7±1.5	20	16.7
AH50	25.3±1.2	30	23.3

Table 8. Rearing results of *P. c-aureum* when suppling Bu50 diet from the 3rd instar

Larval duration (days)			Pupal ratio (%)	Emergence rate (%)
1-2nd instar*	3-5th instar	All		
6.7±0.9	18.2±1.7	24.9±1.4	46.7	33.3

* AH-diet was supplied.

Table 9. Hatchabilites of *A. hyperbius* according to the various cold storage periods at 5 or 15℃

Cold-storage temp (℃)	15				5				Cont. (No treatment)
	3	5	7	10	3	5	7	10	
Item									
Period to hatching after cold storage (days)	3.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5
Hatchability (%)	60	75	55	50	75	50	35	10	75

3일간 냉장 가능한 것으로 나타났다.

한편 번데기의 경우에는 대조구에서 우화소요일수가 7.5일, 우화율이 76.0%였음에 비해 특히 15℃에 냉장할 경우 출고후 우화소요일수가 4일 정도로 단축되어 냉장기간중에도 번데기의 발육이 진행되는 것으로 생각된다. 15℃에 30일간 냉장한 경우 우화율은 50%였지만 나비의 기형율이 100%였고 5℃의 경우에는 7일 냉장하여도 우화율은 60%였지만, 3일간 냉장했을 때에도 나비의 기형율이 46.7%나 되어(Table 10), 번데기의 일시보관이 필요한 경우 15℃에서 7일 이내로 보관하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

배추흰나비의 경우에는 산란 후 48시간째 알을 5℃에 7일간 냉장하여도 부화율이 72%로 양호하였으나(Seol and Kim, 2001), 암끝검은표범나비의 경우 이보다 냉장가능기간이 짧은 것으로 나타나 나비의 종에 따라 즉 번데기로 또는 성충으로 월동하느냐에 따라 냉장이 그 종의 생태생리에 미치는 영향이 다른 것으로 추찰되었다.

네발나비의 인공 산란 시험

네발나비류중에서 네발나비는 기주식물의 자극없이도 결코 산란하지 않기 때문에, 실내에서 인공산란을 위해 박각시나방의 산란용 Kit(Shimoda and Kiuchi, 1998)가

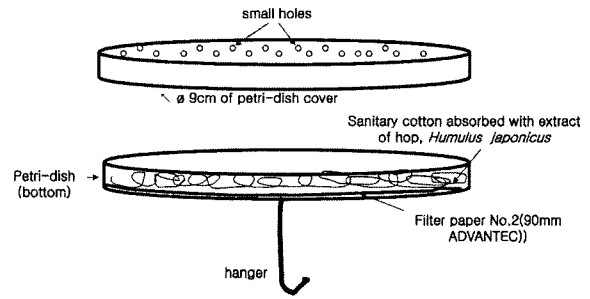


Fig. 1. Diagram of the artificial ovipositing kit for *Polygonia c-aureum*.

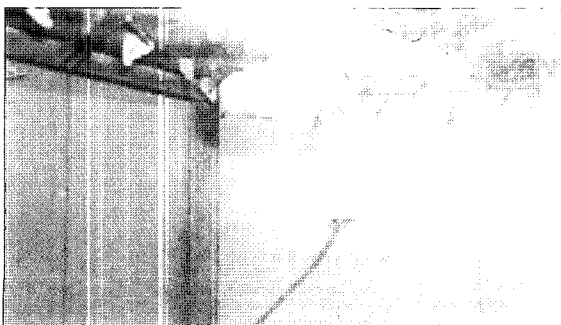
개발되어 있으나, 보다 간편하게 알을 얻기 위해 직경 9 cm의 페트리 접시를 이용해서 개발하였다. Fig.1과 같이 페트리 접시 뚜껑에 다수의 바늘구멍을 내어 기주식물 잎의 휘발성분이 나올 수 있게 하였고 아래 페트리 접시내에는 ADVANTEC 여지 No. 2와 탈지면을 깔고 여기에 산란유도 기주식물(한삼덩굴)잎 추출액으로서 에탄올 물 추출액 또는 에테르 물 추출액을 충분히 젖도록 하였다. 이렇게 한 다음 접착테이프로 뚜껑이 떨어지지 않도록 하고 페트리 접시 한 가운데 구멍을 뚫어 철사로 꿰어 네발나비 산란용 케이지내 천장에 매달아 두었다(Picture 1).

그 결과 에탄올 물 추출액에는 전혀 산란하지 않았으나 에테르 물 추출액의 경우 암컷 1마리 평균 278±27개를

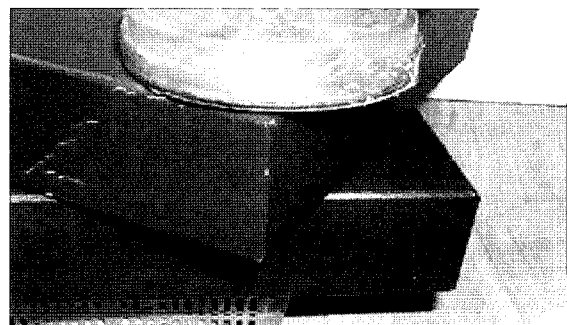
Table 10. Emergence rates and peridos to emergence of the cold-stored pupae of *A. hyperbius* at the different temperature regimes

Cold-storage temp (°C)	15				5				Cont. (No treatment)	
	Cold-storage period (days)	3	5	7	10	3	5	7		10
Item										
Period to emergence after cold storage (days)	4.1±0.4	4.3±0.3	4.7±0.6	4.0±0.0	3.2±0.3	6.2±0.1	7.0±0.0	7.0±0.0	7.5±0.1	
Emergence rate (%)	75.0 (25.0)*	90.0S (33.3)	60.0 (16.7)	50.0 (100)	93.8 (46.7)	90.0 (55.6)	60.0 (66.7)	10.0 (100)	76.0 (3.2)	

* () : Percentages of the abnormal adult emerged.



Picture. 1. *P. c-aureum* butterflies ovipositing on the artificial ovipositing kit in cage.



Picture. 2. Eggs of *P. c-aureum* oviposited on the petri-dish (artificial ovipositing kit).

산란하여 실내에서 충분히 산란이 가능하였다. 그러나 배추흰나비의 경우 양배추의 열탕 추출물에 산란반응을 보였음(Seol and Kim, 2001)에 비해 네발나비의 경우 에테르 물추출물에 산란반응을 나타내어 네발나비의 산란 자극물질은 보다 극성이 낮은 물질인 것으로 추찰되었다.

네발나비의 장기 저온 보호 시험

일반적으로 전시용 나비로서의 배추흰나비, 노랑나비, 호랑나비 등은 우화후 수명이 길어야 2주일 정도이다. 그러나 네발나비류의 경우 성충으로 월동하기 때문에 수명이 상당히 길어 오랜 기간 나비상태로 있을 수 있다. 따라서 본 시험에서는 먼저 단일 조건하에서 가을형 나비를 만들어(Hidaka and Aida, 1963), 우화 후에는 고온장일 조건 (27℃,16L-8D)하에 비 월동형으로서의 생존일수를 조사한 결과 Fig. 2에서와 같이 평균생존일수는 36.5±13.7일로서 가장 오래 산 것은 56일, 가장 일찍 죽은 것은 17일이었다.

이후에 보다 장기적으로 저장이 가능한지를 알아보기 위해 나비들을 흡밀시킨 다음 각 온도별로 냉장시켜 30, 60, 90일후에 각각 출고하여 산란전(前)기간을 조사한 결과 냉장전 흡밀기간이나 냉장온도에 따른 차이는 없었고, 냉장기간이 짧거나 (30일), 너무 길면 (90일) 산란전기간이 길어졌고 냉장 60일구가 7, 8일 정도로 정상적이었다(Table 11).

또한 출고후의 생존율을 조사한 결과도 Table 12에서와

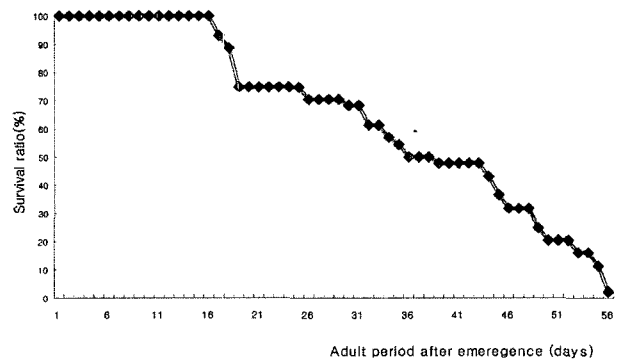


Fig. 2. Adult's lifetime of the autumn form, *P. c-aureum*.

같이 흡밀기간이나 냉장온도에 따른 차이는 보이지 않았고 냉장기간이 길어질수록 생존율이 떨어져 60일간 냉장했을 때 생존율이 73.7%로, 90일간의 냉장처리에 의해서는 생존율이 44.4%로 매우 떨어지기 때문에 냉장유효기간은 60일 전후인 것으로 판단되었다.

한편 냉장처리한 개체들이 출고후에 정상적으로 발육해서 교미, 산란하는지를 조사해 본 결과 Table 13에 나타난 바와 같이 이 역시 흡밀기간이나 냉장온도에 따른 유의차는 없었고 다만 냉장기간이 30일구와 60일구에서 어느 정도 정상적으로 산란(평균40~50개)하였다. 평균산란수가 여름형에 비해 매우 적은 것은 개체간의 편차가 매우 컸던 것에 기인한 것으로 생각되며, 산란 후에 사망한 암컷 개체들을 해부해 본 결과, 모든 개체들의 난소가 정상적으로 발육해 있어 난소 발육부진이 원인은 아닌

Table 11. Effect of cold-storage period, nectar-sucking period and cold-storage temperature on the period before oviposition (days) of *P. c-aureum* butterfly

Cold-storage period (days)		Nectar-sucking period (days)		Cold-storage temp. (°C)	
Categories	Mean±Sd	Categories	Mean±Sd	Categories	Mean±Sd
30	15.4±8.0 b*	3	9.2±3.0 a	10	11.2±7.0 a
60	7.8±2.4 a	5	15.3±4.5 a	7.5	13.6±7.2 a
90	16.5±7.8 b	7	13.8±11.2 a	5	14.0±8.2 a

* The same letter is not significant at 5% level with Tukey's test.

Table 12. Effect of cold-storage period, nectar-sucking period and cold-storage temperature on the survival ratio (%) of *P. c-aureum* butterfly

Cold-storage period (days)		Nectar-sucking period (days)		Cold-storage temp. (°C)	
Categories	Mean	Categories	Mean	Categories	Mean
30	53.7 b#	3	62.6 a	10	64.1 a
60	73.7 a	5	75.6 a	7.5	73.7 a
90	44.4 b	7	73.7 a	5	74.1 a

Tukey's test P>0.05.

Table 13. Effect of cold-storage period, nectar-sucking period and cold-storage temperature on the number of eggs oviposited of *P. c-aureum* butterfly

Cold-storage period (days)		Nectar-sucking period (days)		Cold-storage temp. (°C)	
Categories	Mean±Sd	Categories	Mean±Sd	Categories	Mean±Sd
30	39.0±59 b#	3	37.5±63 a	10	15.1±28 a
60	53.2±16 a	5	41.4±64 a	7.5	34.2±58 a
90	46.2±68 b	7	41.0±91 a	5	44.1±72 a

Tukey's test P>0.05.

것으로 추찰된다. 따라서 이 문제는 나비류의 계절형의 결정에는 여러 가지 호르몬 분비가 작용하고 있어, 본시험에서 냉장 등에 의한 이러한 호르몬 분비(Endo, 1973; Endo & Funatsu, 1985; Endo and Kamata, 1985; Koch

and Bückmann, 1987; Endo et al., 1988)의 이상에 기인하는 것인지에 대해서는 추후 좀더 깊은 연구가 필요한 부분인 것으로 생각된다.

이상과 같은 시험 결과를 토대로 아래 Fig. 3과 같이

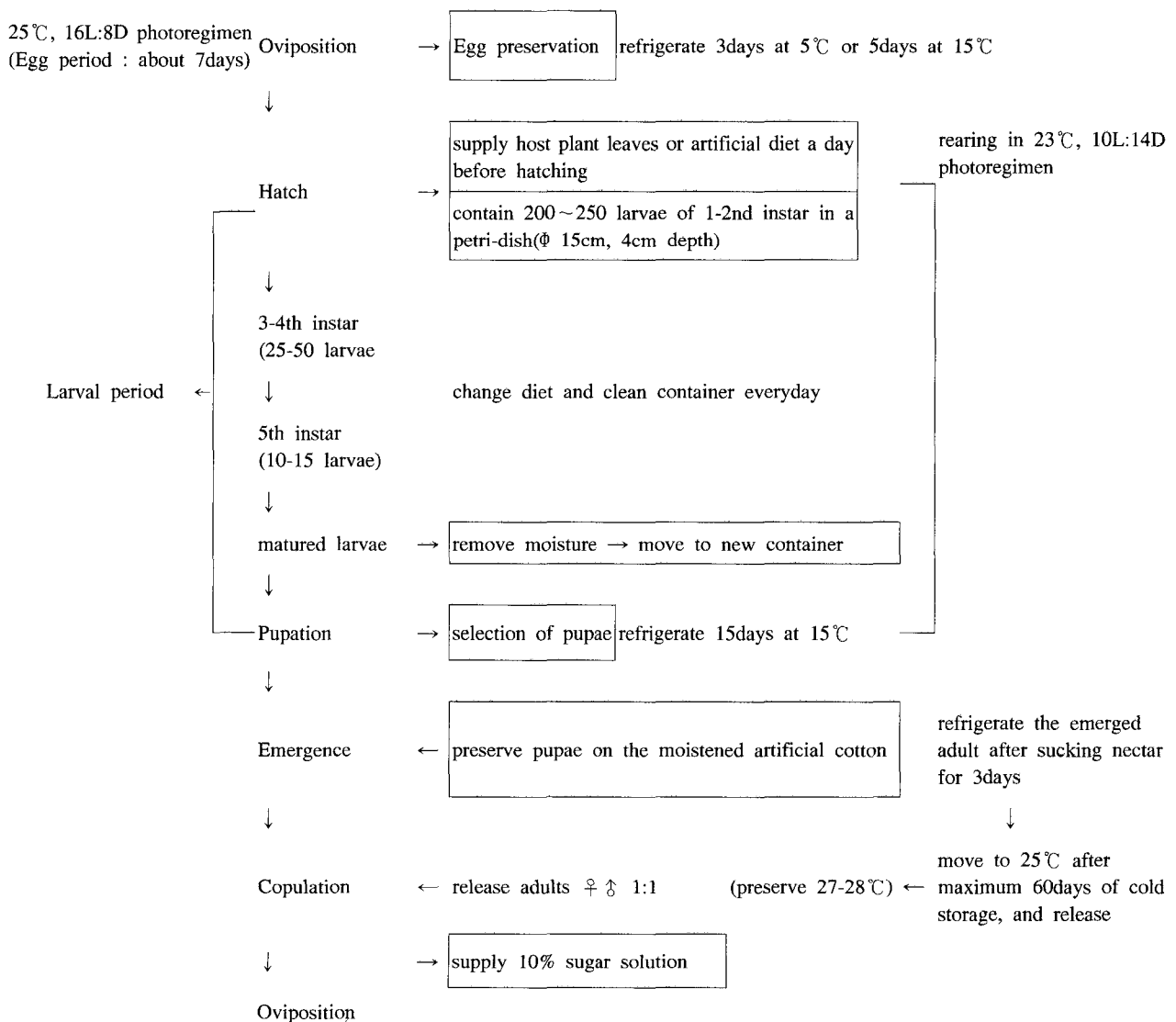


Fig. 3. Systematic diagram for the successive rearing of brush-footed butterflies.

네발나비류의 실내 연중 계대사육 체계도를 완성하였다.

Literature Cited

- Endo, T. (1973) Relation between accumulation of secretory fluid in the accessory gland of the female genital organ and activity of the corpus allatum in *Polygonia c-aureum* L. Zool. Mag 82: 53~58.
- Endo, T. and S. Funatsu. 1985. Hormonal control of seasonal morph determination in the swallowtail butterfly, *Papilio xuthus* L. (Lepidoptera: Papilionidae). J. insect Physiol. 31(9): 669~674.
- Endo, T. and Y. Kamata. 1985. Hormonal control of seasonal morph determination in the small copper butterfly, *Lycaena phlaeas daimio* Seitz. J. Insect Physiol. 31(9): 701~706.
- Endo, T., T. Masaki and K. Kumagai. 1988. Neuroendocrine regulation of the development of seasonal morphs in the Asian comma butterfly, *Polygonia c-aureum* L.: Difference in activity of summer-morph-producing hormone from brain-extracts of the long-day pupae. Zool. Scien. 5: 145~152.
- Hidaka, T. and S. Aida. 1963. Day length as the main factor of seasonal form determination in *Polygonia c-aureum* (Lepidoptera: Nymphalidae). Zool. Mag. 72: 77~83.
- Koch, P. B. and D. Bückmann. 1987. Hormonal control of seasonal morphs by the timing of ecdysteroid release in *Araschnia levana* L. (Nymphalidae: Lepidoptera). J. Insect Physiol. 33(11): 823~829.
- Nam, S. H. 1988. Yellowish nymphalid, *Polygonia c-aureum*. PP. 112~115 In Insect's Life in Korea (J. S. Zhang eds). The Korean Entomological Institute, Korea university.
- Seol, K. Y. and N. J. Kim. 2001. Establishment of the successive rearing method of cabbage butterfly, *Pieris rapae* L. in a room condition. Korean J. Appl. Entomol. 40.(2): 131~136.
- Shimoda, M. and M. Kiuchi. 1998. Oviposition behavior of the sweet potato hornworm, *Agrius convolvuli*(Lepidoptera: Sphingidae), as analysed using an artificial leaf. Appl. Entomol. Zool. 33: 525~534.

(Received for publication 28 October 2005;
accepted 23 November 2005)