

## 배추흰나비의 실내 계대사육법 확립

# Establishment of the Successive Rearing Method of Cabbage Butterfly, *Pieris rapae* L. in a Room Condition

설광열\* · 김남정

Kwang Youl Seol\* and Nam Jung Kim

**Abstract** – Cabbage butterfly, *Pieris rapae* was reared in a room to establish a year-round rearing system. The eggs oviposited by the parent fed on host plant showed 89.2% of hatchability and hatched in 3.9 days after oviposition. The larval period was 18.1 days under high temperature, long day condition (25°C, 16L : 8D), showing 97.8% pupal ratio and emergence rate. However, under low temperature, short day condition (21°C, 10L : 14D) the larval period extended to 23.6 days and the pupal ratio was 70%. All of those pupae went into diapause. The oviposition preference experiment on different hosts (Chinese cabbage, cabbage, turnip and kale) showed that hot-water extract was preferred over methanol extracts or squeezed raw juices. The host preference showed that Chinese cabbage was less preferred than the other three. The artificial ovipositing kit was constructed for the oviposition in a room. The 48-hours old eggs could be stored for 7 days at 5°C and showed 70% of hatchability. Non-diapausing pupae could be stored for 30 days at 5 to 15°C, showing 85% of emergence rate. However, the pupae stored at 5°C showed longer storage period and higher emergence rate. The systematic successive rearing method of cabbage butterfly in a room was completed, based on the above experiments.

**Key Words** – Cabbage butterfly, Hatchability, Emergence rate, Oviposition preference, Cold-storage

**초 록** - 배추흰나비의 연중 실내 계대사육법을 확립하기 위하여 25°C에서 사육시험한 결과 기주식물육에 의해 산란된 알의 부화율은 89.2%이었으며 산란후 부화까지의 평균 소요일수는 3.9일이었다. 고온장일조건(25°C, 16L : 8D)에서 사육시 유충기간이 18.1일이었고 용화율 및 우화율 97.8%를 보였다. 그러나 저온단일조건(21°C, 10L : 14D)에서는 유충기간이 23.6일로 길어졌으며 용화율은 70%로 낮았는데 모두 휴면용이 되었다. 배추흰나비의 기주(배추, 양배추, 순무, 케일)의 즙, 메탄올추출물 및 열탕추출물에 대한 산란선호성을 조사한 결과 열탕추출물이 즙 또는 메탄올 추출물보다 산란선호성이 높았다. 또한 배추보다는 양배추, 케일, 순무에 대해 산란성이 좋았다. 산란지색에 대한 산란성 및 인공산란용 키트의 재질에 대한 산란성을 시험한 결과에 따라 실내 산란용 키트를 고안, 제작하였다. 배추흰나비의 산란후 24, 48시간째 채란하여 냉장가능기간을 조사해 본 결과 산란후 48시간째 5°C에 냉장한 것이 7일 후에도 부화율이 70%로 비교적 양호하였다. 한편 비휴면 번데기의 냉장가능기간을 조사해 본 결과 5°C와 15°C에서 30일까지 냉장하여도 우화율 85% 이상으로 냉장이 가능하였으며, 5°C에서 냉장한 것이 냉장가능기간이 더 길었고 우화율도 높았다. 이상의 시험결과를 근거로 배추흰나비의 실내 연중 계대사육 체계를 완성하였다.

**검색어** - 배추흰나비, 부화율, 우화율, 산란선호성, 냉장기간

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

농업과학기술원 잠사곤충부(Department of Sericulture & Entomology, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, 61 Seodun-Dong, Suwon 441-100, Republic of Korea)

배추흰나비는 3월중순에서 10월에 걸쳐 연 3~4회 출현하는데 우리와는 친숙한 나비로 배추나 무밭 등지에 살며 산지에는 오히려 개체수가 적다. 이 나비는 유충이 옛부터 배추, 무, 양배추 등 십자화과의 재배식물에 많은 피해를 주기 때문에 농민들에게는 그다지 달갑지 않은 곤충으로 인식되어 왔으며, 성충은 무, 엉겅퀴, 파, 메밀 등의 꽃에서 꿀을 빠는 데 특히 황색과 보라색 계통의 꽃을 좋아한다(Nam, 1998). 오늘날 우리의 주거지가 도시화, 산업화되어 가면서 배추흰나비도 점차 우리 주위에서 멀어져 가고 있어 하나의 곤충자원으로서 종 수집 확보 및 보존의 필요성이 대두되고 있으며, 또한 관광농업의 기초자원으로서 나비를 키우고자 할 때 가장 손쉽게 길러 볼 수 있는 나비이지만 실제로 사육해보면 연중 계속해서 사육하기 위해서는 여러 가지 해결해야 할 문제점들이 많다. 따라서 이 배추흰나비의 사육법이 체계화된다면 이를 응용해서 다른 나비의 사육도 가능하므로 실내 계대사육법 체계확립을 통해 전천후 곤충관의 전시 곤충화, 정서곤충 및 아동 학습교재로서의 이용 및 실험곤충으로서의 연중 수시공급을 목적으로 본 연구를 실시하여 그 사육 체계를 완성하였으므로 이에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

연구시초에는 배추흰나비(*Pieris rapae*)를 발생시기인 5~10월중에 성충으로 채집해서 배추 또는 케일에 산란시켜 사육을 시작하였다. 겨울동안의 사육을 위해서 인공사료를 고안하였는데 애누에용 인공사료(Seol and Lee, 1980)를 기초로 처음에는 배추잎 분말을 50% 함유하는 사료로 사육하였으나 점차 개선하여 후기 연구에는 기주잎분말 30% 함유 인공사료로 사육하였다.

### 사육조건 구명

배추흰나비 유충의 최적 사육조건을 구명하기 위하여 25°C에서 장일조건(16L:8D)으로 사육하는 구와 21°C에서 단일조건(10L:14D)으로 사육하는 구로 나누어 각 구 100마리씩의 부화유충을 공시하여 유충발육기간, 용체중, 용화율 및 우화율을 조사하였다.

### 산란성 검정

배추흰나비의 산란력을 최대화하기 위하여 산란 선호성을 조사하였는데 먼저기주식물인 배추, 양배추, 케일 및 순무의 잎을 각각의 즙, 메탄올추출물

및 열탕추출물로 만들어 직경 15 cm의 여지에 500 mg씩 도말한 다음 교미한 암컷 3마리를 3일간 방사하여 1마리당 평균산란수를 조사하였다. 기주식물 즙액은 각 기주식물을 흐르는 물에 씻어 불순물을 없앤 후 물기를 제거한 것을 녹즙기에 넣어 즙을 만들어 공시하였다. 메탄올추출물은 포장에서 재배한 각 기주식물을 건조기 60°C에 넣어 건조시킨 후 분쇄하여 분말상태로 냉장(5°C) 보관한 것을 삼각플라스크에 200 g을 넣고 메탄올을 부어 실온 암실하에 3일간 방치한 다음 여지(Whatman, Grade 2)를 사용하여 2회에 걸쳐 여과하였고 그 여과액을 회전진공농축기로 농축하여 사용하였다. 열탕추출물은 각 기주식물을 60°C에서 건조한 다음 분쇄한 것을 메탄올과 증류수를 7:3의 비율로 섞어 넣고 100°C 이상에서 3시간 동안 열탕처리한 후, 여지(Whatman, Grade 2)를 사용하여 2회에 걸쳐 여과하였고, 여과된 액은 회전진공농축기로 농축하여 사용하였다.

위의 실험결과에 따라 산란상 크기별 산란성을 조사하기 위하여 크기가 30×20×20 cm 및 60×40×40 cm인 2종의 산란상내에 기주식물로서 풋트에 기른 케일 하나씩 넣어 두고 교미한 암컷 5마리씩 3일간 방사하여 평균산란수를 조사하였다.

산란지색갈에 따른 산란선호성을 조사하기 위하여 색도가 5.67인 흰색, 6.05인 녹색, 7.58인 황색, 8.99인 자주색의 색지 13.5×19.5 cm 크기에 양배추 열탕추출물 500 mg씩을 도말한 다음 온실내(25~30°C) 큰 케이지(120×150×70 cm)에 교미한 암컷 3마리를 3일간 방사하여 산란선호도를 조사하였다.

### 인공산란용 키트 개발

인공산란용 키트를 개발하기 위한 산란부분의 재료를 선택하기 위하여 여지를 대조로 인조망(150 mesh), 가제, 갱지, 파라핀지, 플라스틱판, 아크릴판을 9×9 cm의 크기로 만들어 각 재료에 양배추 열탕추출물 500 mg씩 처리하여 온실내 큰 케이지(120×150×70 cm)에 교미한 암컷 4마리를 10% 설탕용액을 매일 공급하면서 4일간 산란선호성을 조사하였다. 다음에는 Shimoda와 Kiuchi (1998)가 개발한 박각시나방의 인공산란대를 모방하여 배추흰나비의 인공산란용 키트를 고안하였는데 이 장치는 기주식물의 열탕추출물로부터 산란자극물질이 항시 휘발될 수 있도록 하여 산란율을 높이고자 시도하였다. 이때 교미한 암컷 3마리를 3일간 방사하여 대조구로서 케일잎에 대한 산란수와 비교 시험하였다.

### 알 및 번데기의 냉장가능기간

연중 수시로 배추흰나비를 공급하기 위해서는 알

또는 번데기 상태로 장기간 저장해 두고 사용할 필요가 있다. 따라서 먼저 산란후 24시간 및 48시간 후에 알을 채취하여 5°C에 3, 5, 7, 9, 15일씩 냉장처리후 25°C 사육실로 옮겨 부화율을 조사하였다. 이때 각 구 50개의 알을 공시해서 4반복 처리하였다.

또한 번데기는 용화 후 24시간째에 5°C 및 15°C에 각각 냉장하여 10, 15, 20, 30일 후 20마리씩 3회에 걸쳐 25°C 항온실로 옮겨 우화율 및 우화소요일수를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 사육조건구별

기주식물인 케일로 사육한 나비가 교미해서 산란한 알 130개를 공시하여 25°C에서 부화율을 조사하였는데 116개의 알이 부화하여 89.2%의 부화율을 보였다. 부화된 알짜를 조사해 본 결과 94%가 산란 후 3~5일 사이에 부화하여 평균 알기간은 3.9 ± 1.6일에 불과하였다(Table 1).

이처럼 배추흰나비를 장일 고온조건하에서 연속적으로 사육할 경우 알기간이 짧기 때문에 유리한 점도 있지만 다음 사육준비를 서둘러야 하는 불편함도 있다. 또한 필요에 따라서는 휴면 번데기로 만들어 저장해 둘 필요도 있기 때문에 저온단일조건하에서 사육한 것을 고온장일조건하에서 사육한 것과 비교해 본 결과 단일조건하에서 사육할 경우 유충발육기간이 5일 이상 연장되었으며 번데기 무게는 무거워지지만 용화율은 장일조건의 경우 97.8%에 비해 매우 낮은 70.0%에 불과하였다(Table 2). 이러한 조건은 늦가을 배추흰나비가 월동하기 위한

시기와 비슷한 광주기와 온도로서 배추흰나비로서는 불량 환경에 놓여진 것과 같기 때문에 용화율도 떨어지는 것으로 생각된다. 이때 저온 단일조건하에서 사육해서 얻어진 번데기는 모두 월동 번데기로 되어 25°C에서 1개월 이상 경과하여도 전혀 우화하지 않았다.

일반적으로 유충의 성장에는 온도와 일조시간이 큰 영향을 미친다. 그 중에서도 온도의 영향이 가장 커서 단일조건(10L:14D)으로 고온(25°C)에서 사육하면 유충기간도 짧아지고 번데기 무게도 가벼워지지만, 저온(19°C)에서 사육하면 유충기간이 2배 이상 길어지고 번데기 무게도 무거워지며, 이때 고온구의 번데기는 약 6일 후에 우화하는 비휴면 개체로 되지만 저온구의 번데기는 모두 휴면 개체가 되어 우화하지 않고 월동하게 된다고 하였다(Kono, 1968; Yano, 1997).

본 시험에서도 이와 유사한 결과를 얻었으며 Kono (1968)의 경우 19°C에서 사육할 경우 유충기간이 너무 길어지므로(24.6일) 휴면 번데기를 만들기 위해서 실용적으로는 20°C 정도에서 사육하는 것이 유충기간을 다소 단축시킬 수 있어 바람직한 것으로 생각된다.

### 산란성 검정

배추흰나비의 실내에서의 인공산란법을 개발하고 산란율을 높일 수 있는 조건을 구명하기 위하여 산란성 실험을 실시하였다. 먼저 기주식물의 잎추출물에 대한 산란성을 조사한 결과 즙 또는 메탄올추출물에 대해서는 거의 산란성을 나타내지 않았으나 열탕추출물에 높은 산란성을 보였으며 배추보다는 오히려 양배추나 케일을 선호하는 경향이었다(Fig. 1). 한편 산란상 크기에 대한 산란성은 큰 케이지(60×40×40 cm)에 평균산란수가 118±11.6개, 작은 케이지(30×20×20 cm)에 102±16.5개를 산란하여 공시한 케이지의 크기에 따른 산란성의 차이를 보이지는 않았다.

원래 야외에서 배추흰나비는 넓은 공간에 있는 기주식물을 선택해서 잎 뒷면에 산란하는 습성이

Table 1. Mean egg period of *Pieris rapae* at 25°C

No. eggs observed	Egg period (days)					Average
	3	4	5	6	7	
116 (100)	51 (44.0)	31 (26.7)	27 (23.3)	6 (5.2)	1 (0.8)	3.9±1.6

( ) : percentage

Table 2. Larval and pupal development of *Pieris rapae* under the different light-temperature conditions

Rearing conditions	Larval period (days)						Total	Pupal			Emergence rate (%)
	1st	2nd	3rd	4th	5th	ratio (%)		weight (g)	period (days)		
25°C <sup>1</sup> 16L:8D	3.7	3.2	2.8	3.3	5.1	18.1±2.7	97.8	2.0±0.4	7.2±1.3	97.8	
21°C <sup>1</sup> 10L:14D	4.7	4.1	4.2	4.2	6.4	23.6±3.3	70.0	2.1±0.4	-	-	

<sup>1</sup> One hundred hatched larvae were used in each temperature condition.

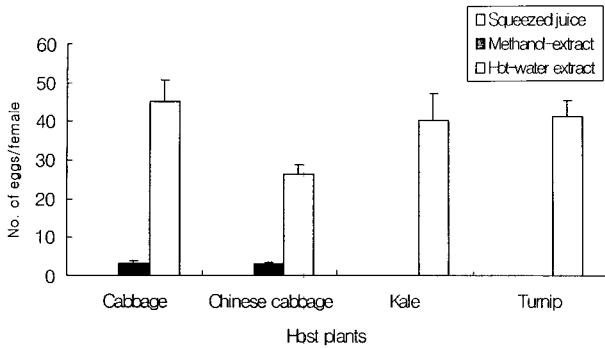


Fig. 1. Oviposition preference of *Pieris rapae* on the various host-plants (leaf extracts). \*Three copulated females were released for 3 days.

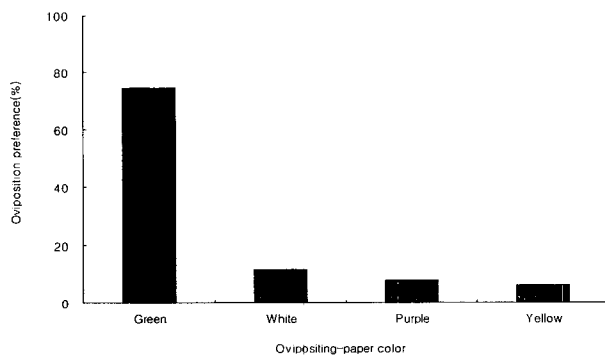


Fig. 2. Oviposition preference of *Pieris rapae* on the various ovipositing-paper colors. \*Three copulated females were released for 3 days.

있기 때문에 주로 중간에 있는 잎에 많이 산란하며, 그 위쪽의 어린잎에도 상당히 산란하지만 아래쪽의 오래된 잎에는 거의 산란하지 않는 경향이 있다. 그러나 성충밀도가 높아지면 산란부위는 잎 전체로 확대됨과 동시에 잎 표면에도 산란하게 된다고 한다(Kobayashi, 1963, 1965). 따라서 본 시험에서 공시한 산란상의 크기로 보아 좁은 공간 내에서의 산란에 불과하고 또한 실내에서의 산란이었기 때문에 산란수에 대차가 없는 결과로 나타난 것으로 추찰된다.

한편 배추흰나비의 산란선호성에 대한 연구결과는 주로 기주선택과 관련된 것 뿐으로(Takata and Ishida, 1957; Takata, 1961, 1962) 산란장소의 색상과 관련된 연구 결과가 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 인공산란법의 개발을 위해서 산란지 색에 대한 산란선호도를 조사해 본 결과 배추흰나비는 녹색을 가장 선호하였다(Fig. 2). 이는 기주식물의 잎들이 엽록소에 의해 녹색을 띠기 때문에 실내에서도 녹색을 가장 선호한 것은 당연한 결과인 것

Table 3. Oviposition preference to the various materials of artificial ovipositing kit for *Pieris rapae*

Materials	No. of eggs* oviposited	Materials	No. of eggs* oviposited
Plastic plate	155 ± 21.2	Filter paper	1 ± 0.7
Netting fabric (150 mesh)	80 ± 7.1	Gauze	0
Paraffin paper	13 ± 4.2	Paper	0
Acryl plate	6 ± 2.1	Total	255 ± 35.4

\*by 4 females in 4 day periods.

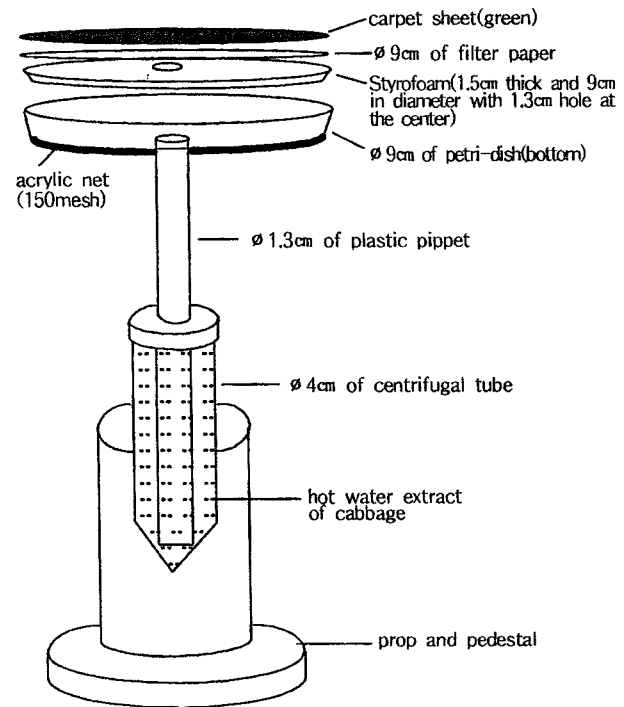


Fig. 3. Diagram of the artificial ovipositing kit for *Pieris rapae* modified from Shimoda and Kiuchi (1998).

으로 생각된다.

### 인공산란용 키트 개발

실내에서 기주식물 없이 인공산란을 유도하기 위한 장치를 고안하기 위하여 Shimoda와 Kiuchi (1998)가 개발한 박각시나방의 인공산란용 키트를 모델로 먼저 산란 부분의 재질을 검토한 결과 인조망(150 mesh) 또는 플라스틱에 가장 많이 산란하였다(Table 3).

따라서 Shimoda와 Kiuchi (1998)가 고안한 기구를 토대로 Fig. 3에서와 같이 직경 9cm의 샤프트 밑 바닥에 인조망(150 mesh)을 붙이고 가운데 직경 1.3cm 정도의 구멍을 뚫은 다음 두께 8mm, 직경 9cm의 스티로폼, 직경 9cm의 여지, 녹색의 카펫시트를 차례로 올려 놓고 직경 4cm 정도의 원침판에

양배추 열탕추출물을 가득 채운 다음, 뚜껑에 직경 1.3 cm의 구멍을 뚫은 후 직경 1.3 cm의 플라스틱 피펫을 꽂아 샤페와 연결하여 샤페내의 여지에 양배추 열탕추출물이 계속적으로 휘발될 수 있도록 하였다. 이렇게 고안된 장치를 이용하여 교미한 암컷 3마리의 평균 산란수를 조사한 결과 72±6.8개로 대조구인 케일에서의 106±8.5개보다 산란수가 적어 비록 기주식물 없이 어느 정도의 채란은 가능하겠지만, 기주식물에 필적하는 산란성을 유도하기 위해서는 산란용 키트를 좀더 보완해야 할 필요가 있는 것으로 생각된다.

**알 및 번데기의 냉장가능기간**

배추흰나비를 연중 사육하기 위해서 각 발육단계의 개체들을 계속적으로 확보하지 않으면 안 된다. 그러나 연속 사육은 매우 많은 노력이 필요하기 때문에 때에 따라서는 저장해 두었다가 꺼내어 사용할 수 있는 방법을 검토하는 것이 필요하다. 따라서 본 시험에서는 배추흰나비의 발육단계 중 알과 번데기의 냉장가능 기간을 검정하였다. 먼저 알의 경우 Table 4에 나타난 바와 같이 산란후 48시간째 5°C에 7일째까지 냉장한 것이 부화율 72%로 비교적 양호하였으나 9일 이상 냉장한 것은 실용적인 부화율이 떨어져 실효성이 없는 것으로 생각된다.

따라서 필요에 따라 알을 냉장할 경우 산란후 48

시간째 냉장하여 9일 이내에 꺼내어 부화시키는 것이 바람직한 것으로 추찰된다. 한편 번데기는 저온 단일조건하에서 사육되어 휴면 번데기로 되면 3개

**Table 4.** Hatchabilities of *Pieris rapae* according to the various cold storage periods at 5°C

Storage timing after oviposition (hrs)	Hatchability (%)				
	Duration of cold storage (days)				
	3	5	7	9	15
24 <sup>1</sup>	81	70	66	62	28
48 <sup>1</sup>	87	83	72	57	18

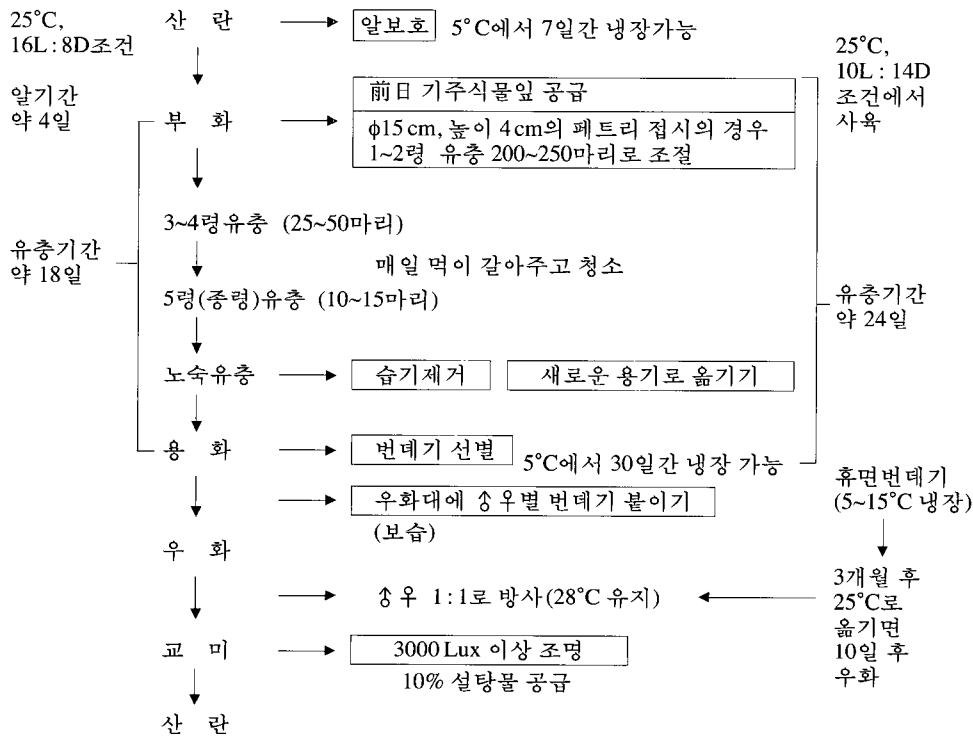
<sup>1</sup> Fifty eggs were tested in each of 4 replications

**Table 5.** Emergence rates and periods to emergence of the cold-stored pupae of *Pieris rapae* at the different temperature regimes

Cold-stored temperature	Cold-stored period (days)	Emergence rate (%)	Periods to emergence (days)	Emergence range (days)
5°C <sup>1,2</sup>	10	100	5.8±0.2	5~6
	15	90.0	5.8±0.3	4~6
	20	93.0	5.6±0.6	4~7
	30	90.0	6.3±0.5	6~8
15°C <sup>1,2</sup>	10	96.7	4.1±0.3	3~5
	15	86.7	3.3±0.5	2~4
	20	90.0	2.8±0.2	1~3
	30	86.6	1.4±0.5	1~2

<sup>1</sup> Twenty pupae were tested in each temperature condition.

<sup>2</sup> Three replicates were made.



월 정도 5°C에 냉장시켜 휴면각성 처리를 하지 않으면 우화하지 않기 때문에(Hasui, 1977; Hashimoto, 1979) 장기간 저장할 필요가 있을 때에는 휴면 번데기로 만들면 된다.

본 시험에서는 비휴면 번데기의 경우 얼마나 냉장 보관이 가능한지를 검토한 결과 용화 24시간째 5°C 또는 15°C에 냉장처리 했을 때, 30일까지 냉장해도 우화율이 85% 이상으로 양호하였다(Table 5). 그러나 이때 냉장처리후 우화에 소요되는 일수를 조사해 본 결과 Table 5에서와 같이 5°C의 경우 25°C로 옮긴 후 우화에 약 6일 정도 걸렸지만 15°C의 경우에는 냉장처리기간이 길어짐에 따라 25°C로 옮긴 후 우화에 소요되는 일수가 점차 짧아져 15°C에서는 번데기의 발육이 진행되는 것으로 확인되었다.

따라서 냉장온도 및 저장기간에 따른 우화소요일수의 차를 잘 이용한다면 배추흰나비의 수시 사육이 가능하여 필요한 시기에 이를 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 배추흰나비의 실내 연중 계대사육 체계도

이상의 실험결과를 토대로 앞과 같은 배추흰나비의 실내 계대사육 체계도를 완성하였다.

## Literature Cited

Hashimoto, K. 1979. Hibernation form of the cabbage butterfly.

*Insectarium* 16: 66~70.

Hasui, H. 1979. Survival curve, life table and variation depended on the development of cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *Jpn J. Ecol.* 27: 75~82.

Kobayashi, S. 1963. The distribution of *Pieris rapae crucivora* on cabbage leaves. *Jpn J. Ecol.* 13: 226~230.

Kobayashi, S. 1965. Influence of adult density upon the oviposition site in the cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora*. *Jpn J. Ecol.* 15: 35~38.

Kono, Y. 1968. Rearing *Pieris rapae crucivora* BOISDUVAL (Lepidoptera: Pieridae) on artificial diets. *Appl. Entomol. Zool.* 3: 96~98.

Nam, S.H. 1998. Cabbage butterfly. pp. 43~45 *In Insects' Life in Korea* (J.S. Zhang eds). The Korean Entomological Institute, Korea University.

Seol, K.Y. and S.P. Lee. 1980. Studies on the artificial diet component of silkworm II. Effect of substitute, yellow corn powder. *RDA. J. Agri. Sci.* 22 (H & S): 77~80.

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.

Takata, N. and H. Ishida. 1957. Studies on the host preference of cabbage butterflies (*Pieris rapae* L.) II. Preference between cabbage and radish for oviposition. *Jpn J. Ecol.* 7: 56~58.

Takata, N. 1961. Studies on the host preference of common cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* BOISDUVAL XIII. Mechanism of food preference of cabbage butterfly larvae (2). *Jpn Zool. Magazine* 70: 294~302.

Takata, N. 1962. Studies on the host preference of common cabbage butterfly XIV. Colligated discussion. *Physiology & Ecology* 10: 79~97.

Yano, S. 1997. Experiment & observation of butterflies. Toyokan, Tokyo.

(Received for publication 4 September 2000; accepted 28 May 2001)