공작나비(Peacock butterfly), *Inachis io* (Linnaeus)의 서식지 조사 및 실내사육 조건 구명

이상현* · 김세권 · 남경필 · 손재덕 · 김남이 · 박영규¹ · 강필돈² · 최영철²
(주)선유, ¹(주)한국유용곤충연구소, ²국립농업과학원 곤충산업과

Investigation of Habitat and Development of Indoor-rearing Condition of Peacock Butterfly, *Inachis io*(Linnaeus)

Sang-Hyun Lee*, Se-Gwon Kim, Gyoung-Pil Nam, Jai-Duk Son,
Nam-ee Kim, Young-Kyu Park¹, Pil-Don Kang², Young-Cheol Choi²

*Sunyou Co. Ltd, 214 Jidun-ri, Sudong-myeon, Namyangju-si, Gyeonggi-do, 441-100, Republic of Korea

¹Korea Beneficial Insect Lab. Co. Ltd. 236 Jangam-ri, Iljuk-myeon, Anseong-si, Gyeonggido 456-910, Republic of Korea

²Department of Agriculture Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-853, Republic of Korea

ABSTRACT

This study was conducted for investigation of habitat and development of indoor-rearing conditions of peacock butterfly, *Inachis io* (Linnaeus). Three different region, Mt. Kwangduk-san, Mt. Hae-san and Mt. Taebaek-san in Kangwon-do, was selected for investigation of domestic distribution and ecological environment of peacock butterfly. In result, there are many butterflies in the only two region, Mt. Kwangduk-san and Mt. Hae-san. On 16th April, 4 overwintered butterflies were observed in Mt. Hae-san. At the end of June and early in July, 51 individual next generation's butterflies were observed in Mt. Kwangduk-san and Mt. Hae-san. For development of indoor-rearing conditions, collected each 15 male and female peacock butterflies was reared in a room condition. Female butterflies laid eggs in the egg cluster on the underside of host-plant's leaves, *Urtica angustifolia* Fisch., in the ovipositioning room. We took 11 egg cluster with average 404.6 ± 23.6 eggs. Hatchability of eggs was 92.3%, and the eggs hatched within 5.1 ± 0.9 days from the day of oviposition under high temperature, long day condition(25°C, 14L:10D). The larval period was 18.3 ± 1.0 days under high temperature, long day condition(25°C, 14L:10D), showing 81.0% pupal ratio. The headwidth of each developmental larval stage were 0.37 ± 0.01 mm(1st instar), 0.66 ± 0.02 mm(2nd instar), 1.07 ± 0.05 mm(3rd instar), 1.81 ± 0.07 (4th instar), 2.76 ± 0.08 (5th instar). The pupal period was 8.4 ± 0.6 days, and the emergence rate was 87.5%.

Key words : Peacock butterfly, *Inachis io*, Habitat, Indoor-rearing conditions

서 론

최근 주40시간 근무제도의 전면 확산과 더불어 국민들의 여가 활동의 기회가 많아졌다. 더욱이 학교에서도 그간의 교과서 위주의 교육에서 탈피하여 살아있는 체험교육을 중요시하고 더욱 활성화시켜 나가고 있는 추세에 있다. 이에 발맞추어 각급 기관에서는 다양한 교육문화관련 시설의 확충과 보급이 늘어나고 있다. 그 중 대표적인 것이 곤충생태체험관으로 전국적으로 107개소의 곤충생태 체험 관련시설이 지자체 또는 민간에 의해 설립 운영되

고 있으며(National Inst. of Agricultural Science & Tech 2006), 체험농장과 자연사박물관 등을 포함하면 그 수가 훨씬 더 많아질 것이다. 이러한 곤충생태체험관에서는 주로 곤충의 표본과 박제를 위주로 전시가 이루어지고 있으며, 살아있는 곤충으로는 나비, 딱정벌레, 수서곤충 등의 전시가 주류를 이루고 있다. 곤충생태관에 속한 나비관에서 살아있는 상태로 전시되고 있는 나비는 주로 배추흰나비를 포함한 흰나비과의 2~3종, 호랑나비를 포함한 호랑나비과의 2~3종으로 국한되어 있으며, 최근 암갈 검은표범나비를 비롯한 네발나비과의 나비도 다양한 방법

*Corresponding author. E-mail: sunyou1992@naver.com

으로 전시가 모색되고 있다. 구리시곤충생태관 기준 연간 4과 15종 70,671마리의 나비가 전시되어지고 있으며, 이중 흰나비 비율이 79.6%를 차지하고 있다고 한다(Guricity 2010). 국내에 보고된 나비의 종류는 미접을 포함하여 총 280종으로 알려져 있으나(Kim 2010), 그 중 전시 적합성과 사육의 용이성 등을 고려하면 실제 연중 사육 및 전시가 가능한 종은 그리 많지 않다. 이에 본 연구는 곤충생태관 등에서 연중 사육 및 전시가 가능한 나비의 종류를 다양화시키기 위해 국내에 자생하는 여러 종의 나비에 대한 지속적인 인공사육가능성 검토 및 사육기술개발에 대한 노력의 일환으로 수행되었다.

또한, 기후온난화와 급격한 환경변화로 인한 서식지의 파괴로 말미암아 많은 종의 동식물이 지구상에서 사라져 가고 있으며, 이는 비단 외국만의 문제가 아니라 우리나라에서도 최근 들어 더 이상 관찰되지 않는 동식물들이 증가하고 있다. 그에 따라 환경부에서는 245종의 동식물을 멸종위기종으로 지정하여 보호하고 있으며, 그 중에는 22종의 곤충도 포함되어 있다(Ministry of Environment 2012). 나비중에는 상제나비, 산골뚝나비, 깊은산부전나비, 붉은점모시나비, 쌍꼬리부전나비, 왕은점표범나비, 큰수리팔랑나비, 큰홍띠점박이푸른부전나비 등 8종이 포함되어 있다(Ministry of Environment 2012). 공작나비도 최근 남한내 발견빈도가 점점 낮아지고 있으며, 서식지 또한 줄어들고 있는 추세에 있다. 따라서 서식환경의 보호와 생태복원 등의 활동을 통해 종 보존에도 노력해야 할 것이다.

공작나비(peacock butterfly)는 네발나비과(Nymphalidae), 신선나비아과(Nymphalinae)에 속하는 나비로 날개의 앞모서리에 공작새의 꼬리 깃에 있는 것과 같은 눈모양의 둥근 무늬가 있는 매우 아름다운 나비이다. 공작나비라는 이름도 날개의 무늬 때문에 붙여진 이름으로 전세계적으로 같은 이름으로 불린다. 공작나비는 공작나비속(*Inachis*)에 속하는 것으로 알려져 있으나(Lee 1982, Ju and Lim 1987, Ju et al 1997, Nam et al 1998, Kim 2002, Kim 2003, Tom and Rechard 2009), 학자에 따라서 췌기풀나비속(*Aglaia*)이나(Kim 2010, Kim and Seo 2012), 신선나비속(*Nymphalis*)으로(Seok 1947, Paek and Shin 2010, Paek et al 2010) 분류하는 경우도 있다. 또 우리나라의 공작나비를 아중(ssp. *geisha*)으로 분류(Kim 2010)하기도 한다. 하지만 국가생물종지식정보시스템(Korea Biodiversity Information System, www.nature.go.kr)에 의하면 공작나비의 학명이 *Inachis io* (Linnaeus)로 명명되어 있으므로 이로 단일화하여 사용하는 것이 옳을 것으로 사료된다.

공작나비는 북방계나비로 유럽서부, 중국, 아무르와 일본 지역에 분포하며(Kim 2002), 북한에서는 평지에서도 흔하게 발견된다고 한다(Kim 2003). 하지만 남한지역에서

는 비무장지대에 인접한 강원도의 높은 산지에서만 볼 수 있는 희귀종으로(Kim 2003, Ju et al 1997), 기후온난화로 인해 남한지역에서는 최근 발견빈도가 낮아지고 있는 추세이다. 공작나비는 과거 금강산에서 발견되었다고 보고된 바 있으며 남한지역에서는 서식하지 않는 것으로 알려져 있었지만, 1988년에 태백산에서 채집되어 최초로 서식이 확인된 바 있다(Amatueur Lepidopterogist Society of Korea 1989). 그 이후로는 Ju et al(1997)에 의해 1997년 광덕산에서도 발견된 기록이 보고된 바 있으며, Kim(2002)은 해산에서 채집된 표본의 사진을 도감에 제시한 바 있다. 그 이후로 많은 나비애호가들과 전문가들에게 가장 사랑받는 나비로 알려져, 매년 공작나비의 발생시기가 되면, 발견되었던 지역으로 사람들이 몰린다. 결과 최근에는 인터넷 동호회나 카페 등에서 심심치 않게 공작나비의 사진이 발견되기도 한다.

공작나비는 연 1회 발생하는 것으로 알려져 있으나, 북한의 낮은 지대에서는 한 해에 두 번 나타나기도 한다고 알려져 있다(Ju and Lim 1987, Kim and Seo 2012). 성충 상태로 월동하며(Nam et al 1998, Kim 2002, Kim and Seo 2012), 이른 봄에 활동을 시작한 암컷은 기주식물인 홉(Ju et al 1997, Nam et al 1998, Kim 2002, Kim 2003), 췌기풀(Kim 2005, Kim 2010, Kim and Seo 2012), 가는잎췌기풀(Kim 2010, Kim and Seo 2012), 느릅나무(Kim and Seo 2012) 등의 잎 뒷면에 여러 개의 알을 낳는다. 공작나비는 한꺼번에 수백개의 알을 무더기로 낳아 난괴를 형성하는 특징이 있으며(Ju and Lim 1987, Kim and Seo 2012), 알에서 부화한 어린 애벌레는 무리를 지어 살며, 4~5령이후 흩어져 생활하는 것으로 알려져 있다(Ju and Lim 1987). 풀색의 번데기를 형성하며 번데기의 가슴과 배에 돌기가 돌아있는데, 그 주변에 검은색, 붉은색 무늬가 나타난다(Kim and Seo 2012). 성충은 한랭한 산지의 계곡이나 능선주위의 풀밭에서 산다고 한다(Kim and Seo 2012). 하지만 지금까지 정확한 생태와 사육방법이 알려져 있지 않다. 본 실험에서는 공작나비의 서식지를 조사하여 서식환경과 생태를 확인하였으며, 실내 인공사육 조건을 구명하기 위하여 채집된 나비를 이용하여 실내 인공사육을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 서식지 조사

본 연구에서는 남한지역에서의 공작나비의 생태를 확인하기 위해 문헌과 표본자료 및 나비전문가들의 조언을 통해 발생지역을 확인하였으며, 최근에 발견된 곳으로 발표된 바 있는 강원도 광덕산(Ju et al 1997), 태백산(Amatueur

Lepidopterogist Society of Korea 1989), 해산(Kim 2002) 등 세 곳을 선정하여 월동개체가 활동하는 4~5월과 발생 시기인 6~7월에 조사지에서 성충의 활동여부를 확인하였다. 서식지 조사를 위하여 조사지역별로 세팅을 구성하여 4월 16일과 6월 28일, 7월 2일에 동시에 태백산과 광덕산, 해산지역을 조사하도록 하였다. 조사지역에서는 공작나비의 활동여부 뿐만 아니라 기주식물의 여부와 발견지의 주변환경 등도 관찰하여 기록하였다. 조사방법은 Pollard and Yates(1993)의 방법을 원용한 Kim et al(1999)의 방법을 이용하여 오전 10시 ~ 오후 2시 사이에 30보/min의 속도로 이동하면서 조사자를 중심으로 10 m폭 안에서 관찰된 공작나비를 확인하였으며, 나비는 채집하여 동정하고 실험에 이용할 공시충을 제외한 나머지는 조사가 끝난 후 다시 방사하였다.

2. 시험곤충

실내에서의 인공사육실험에 이용된 공작나비는 2011년 6월 28일부터 7월 2일 사이에 강원도 해산에서 채집된 공작나비 성충 중에서 암수 각각 15마리를 공시하여 실험하였다. 야외에서 채집된 나비는 대부분 교미가 완료된 것으로 알려져 있으나, 채집된 공작나비의 암컷 중에 짝짓기가 이루어지지 않은 암컷도 포함되어 있을 것으로 판단되어 수컷을 포함하여 함께 산란실내에 방사하여 짝짓기 여부를 관찰하였다. 하지만 실험기간 내에 산란실내에서 추가적인 짝짓기가 관찰되지는 않았다.

3. 기주식물

실험에 이용한 공작나비의 기주식물은 가는잎썩기풀(*Urtica angustifolia* Fisch.)로 야생에서 종자를 채종하여 모판에 파종한 후 약 1개월이 경과한 후 실험용 화분에 정식하고 다시 45일후에 초장이 30 cm내외로 자랐을 때 이용하였다. 지상부를 제거한 후 뿌리만 남은 상태에서 다시 새순이 돋아나는 썩기풀의 특성을 이용하여 한번 이용한 식물은 지상부를 정리한 후 다시 기주식물로 이용하였다.

4. 산란

인공사육 조건을 구명하기 위하여 채집된 공작나비 암수 각각 15마리를 비닐하우스내에 설치된 산란실에 넣고 산란을 유도하였다. 산란실은 2.5 m(W)×3.0 m(L)×2.0 m(H)의 크기의 나무틀에 그물망을 씌워 설치하였으며, 산란을 유도하기 위하여 고온·장일(25~30°C, 14L:10D)의 조건을 유지하였다. 7일간의 적응기를 거친 후 기주식물인 가는잎썩기풀 화분을 넣어 채란하였다. 산란을 유도하는 동안 산란실내에는 화초와 관목을 넣어 humidity와 설 공간을 제공하였으며, 10%의 꿀물을 공급하여 부족한 먹이

를 보충하였다. 먹이식물인 가는잎썩기풀은 새순이 많은 것을 공급하고, 화분당 1~2개의 난피가 확인되면 다른 화분으로 교체하여 공급하였다.

5. 사육조건 구명

공작나비의 인공사육 조건을 구명하기 위해 기주식물에 산란된 381개의 알을 공시하여 고온·장일(25~30°C, 14L:10D)의 조건하에서 부화율, 알기간, 애벌레발육기간, 용화율 및 우화율을 조사하였다. 실험에 이용한 공작나비의 알은 산란된 난피중 1개를 무작위로 선정하여 이용하였으며, 실험전 현미경하에서 알의 수를 세어 확인하였다. 공시한 알은 기주식물의 앞에서 부화할 때까지 매일 부화여부를 확인하였으며, 100마리의 1령 애벌레를 공시하여, 부화직후 직경 90 mm petri-dish에 옮겨 개체사육을 실시하였다. 사육용기의 내부에는 젖은 거름종이(filter paper)를 깔아 먹이식물이 건조되지 않도록 하였으며, 용기내의 오염방지와 청결을 위하여 1일 1회 거름종이를 교체하고 용기를 세척한 후 사용하였다. 애벌레의 탈피여부는 탈피각의 존재여부로 확인하였으며, 100마리의 애벌레중 5령까지 생존한 애벌레 64마리의 두폭 측정값을 계산하여 공작나비 애벌레의 령별 두폭의 기준을 정립하였다. 애벌레의 두폭은 해부현미경(NSZ-606)하에서 현미경카메라(DCM310)를 이용하여 촬영하고 길이측정 매뉴얼에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 조사

서식지조사를 위해 4월 16일과 6월 28일, 7월 2일 3회에 걸쳐 강원도 화천군의 광덕산과 해산, 강원도 태백시의 태백산을 조사하였으며, 전문가의 조언을 받아 최근 발견된 지역을 중심으로 조사를 하였다. 조사결과 총 55개체의 공작나비를 확인할 수 있었으며, 조사일자별로는 4월 16일에는 해산에서만 4개체를 확인할 수 있었으며, 6월 28일에는 광덕산에서 4개체와 해산에서 24개체를 확인하여 총 28개체를 확인할 수 있었다. 7월 2일에는 해산 지역에서만 23개체를 확인할 수 있었다(Table 1). 이번 조사결과 태백산지역에서는 공작나비를 전혀 확인할 수 없었는데, 1989년의 채집기록(Amatueur Lepidopterogist Society of Korea 1989)이후 태백산지역에서 공작나비가 발견된 기록이 없는 것으로 보아 태백산지역에서는 더 이상 서식하지 않는 것으로 판단된다. 이는 지구온난화에 따른 기후변화로 인해 나비종의 분포가 변화하고 있다는 것(Kong 2012)과 관련이 있는 것으로 사료되며 공작나비의 서식가능한 지역이 보다 북쪽으로 이동했을 가능성을 보여준다.

Table 1. The number of butterfly, *Inachis io*, observed in three different site.

	No. of butterfly			
	16/Apr	28/Jun	2/Jul	Total
Mt. Kwangduk-san ^a	-	4	-	4
Mt. Hae-san ^b	4	24	23	51
Mt. Taebaek-san ^c	-	-	-	-

^aMt. Kwangduk-san, Hwachun-gun, Kangwon-do

^bMt. Haesan, Hwachun-gun, Kangwon-do

^cMt. Taebaek-san Taebaek-si Kangwon-do

공작나비는 성충의 총태로 월동을 하는 나비로, 월동을 마친 나비가 4~5월경 활동을 시작하여 기주식물에 알을 낳고, 6~7월 경에는 새로 발생한 다음 세대의 나비가 활동을 하는 것으로 알려져 있다. 북한이나 러시아지역에서는 공작나비가 연 2회 발생(Fukuda et al 1983, Ju and Lim 1987)한다고도 하나, 국내 발표된 문헌상으로는 연 1회 발생하는 것으로 보고되어 있다(Ju et al 1997, Kim 2002, Kim 2003). 국내에서 보고된 바 대로라면 6~7월 경에 발생한 나비가 그대로 월동을 하고, 약 10개월이상 생존하여 다음 해 봄에 다시 활동하는 것으로 판단된다. 하지만 북한이나 일본에서 연 2회 발생한다는 보고(Fukuda et al 1983, Ju and Lim 1987)와는 차이가 있어 국내에서의 생태에 대한 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 또 현재까지 국내에서 나비 성충은 확인된 사례가 많이 있지만 알이나 애벌레 등 생활사 전반에 걸친 총태가 확인 또는 보고된 적이 없다는 점도 앞으로 추가적인 연구의 필요성이 요구되는 부분이다. 이번 조사에서도 나비의 알이나 애벌레 또는 번데기가 발견되지는 않았으며, 나비의 성충이 발견된 지역에는 기주식물의 존재도 확인할 수 없었다. 주변지역까지 확인한 결과 10 km 이상 떨어진 하천변에서만 기주식물인 가는잎췌기풀(*Urtica angustifolia* Fisch.)의 존재를 확인할 수 있었다.

공작나비는 국내에서는 강원도의 고산지대에서만 발견되고 있으며, 이번 조사 결과에서도 해발 700 m 내외의 고산지대에서 주로 발견이 되었다. 해산의 경우 해발고도가 1,190 m이며, 공작나비가 발견된 지역은 해산의 7~8 부 능선 지역이었으며, 광덕산의 경우도 해발고도가 1,046 m이다. 또한 먹이식물이 확인된 지역은 해발 200 m 내외의 하천주변이고, 나비가 발견된 지역과도 상당한 거리가 있어 공작나비가 상당히 먼거리를 이동하면서 서식하고 있는 것으로 추측해 볼 수 있다. 북한지역에서는 공작나비가 비교적 흔히 있는 종이며, 유럽에서는 평지성 나비라고 한다(Nam et al 1998). 추가적인 생태조사가 이루어진다면 국내외의 생태조사를 병행하여 보다 정확한 생태가 구명되어야 할 것이다.

2. 기주식물 재배

공작나비의 기주식물은 홉(Ju et al 1997, Nam et al 1998, Kim 2002, Kim 2003) 또는 췌기풀(Kim 2005, Kim 2010, Kim and Seo 2012), 가는잎췌기풀(Kim 2010, Kim and Seo 2012) 또는 느릅나무(Kim and Seo 2012)이라고 알려져 있다. 홉(*Humulus lupulus* Linnaeus)은 뽕나무과의 다년생 초본이며, 덩굴성 식물이다(Kim 1998). 유럽원산이며, 맥주의 원료식물로 중부지방이나 강원산지에서 재배가 이루어지고 있다. 췌기풀(*Urtica thunbergiana* Siebold et Zuccarini)은 췌기풀과에 속하는 다년생 초본이며, 대는 40~80cm까지 곧게 자라는 특징을 가지고 있다(Kim 1998). 췌기풀은 잎과 줄기에 작은 가시가 다수 있는데, 포름산을 함유하고 있어 찔릴 경우 고통이 있으므로 주의해야 한다. 췌기풀의 증식방법은 포기나누기와 종자를 파종하는 방법이 있으며, 뿌리만 남은 경우에도 곧 새순이 돋아나기 때문에 나비사육에 이용하기 알맞은 조건을 갖추고 있다. 가는잎췌기풀(*Urtica angustifolia* Fisch.)도 췌기풀과 비슷한 특징을 가지고 있으나, 잎이 좀 더 가늘고 긴 장 타원형의 모양을 하고 있고 잎의 끝이 뾰족하다. 서식지 조사과정에서 공작나비의 서식지주변에서는 어떠한 먹이식물도 발견되지 않았으나 수 Km떨어진 하천변에서 다수의 가는잎췌기풀이 자생하고 있음을 확인하였다. 이에 본 사육실험에서는 가는잎췌기풀을 이용하여 공작나비의 인공사육실험을 진행하였다. 또한 홉보다 췌기풀이 재배 및 공급이 용이하여 사육을 위한 기주식물로 더 적합할 것으로 판단되었다.

실험에 이용한 가는잎췌기풀은 전년도 가을에 종자를 확보하여 이른 봄에 파종상(50구)에 파종후 약 30일후 발아한 새싹이 3~5 cm정도 자랐을 때 직경 15 cm 크기의 화분에 정식하고 다시 45일 정도를 재배하여 사용하였으며, 발아율은 트레이 마다 약간의 차이가 있어 55~62% 정도로 나타났다. 한번 사용한 췌기풀은 노지이식 또는 화분갈이를 통해 식물을 활성을 높이는 방법으로 약 30일 후에는 다시 사용할 수 있을 정도로 자라기 때문에 기주식물의 공급이 비교적 용이하였다.

A: Egg cluster(in the red circle)

B: Collective behavior of 4th instar

Fig. 1. Egg cluster and collective behavior of 4th instar of *Inachis io*

Table 2. The number of eggs per each clusters of *Inachis io*.

Cluster No.	1 ^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	Mean
No. eggs	381	423	413	404	412	390	391	377	462	401	397	4,451	404.6 ± 23.6

^aSerial number of egg clusters

Table 3. Hatchability and egg period of *Inachis io* at 25°C

No. of eggs	No. of hatching				Hatchability (%)	egg periods (days)
	6 ^a	7	8	total		
413	13 ^b (3.41) ^c	357 (93.7)	11 (2.89)	381 (100)	92.3	6.99 ± 0.57

^aegg period(days)

^bthe number of hatching eggs

^cpercentage of hatching eggs

3. 공작나비의 산란특성

공작나비의 인공사육을 위해 해산지역에서 6월 28일과 7월 2일에 걸쳐 채집된 나비중 암수 각각 15마리를 선별하여 채란을 하였다. 채집후 약 7일간의 실내 적응기를 거친 후 기주식물인 쑥기풀 화분을 넣고, 산란특징을 관찰하였다. 실험결과 공작나비는 한 곳에 알을 무더기로 산란하여 난피를 형성하는 특징을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 나비류 중에는 개별적으로 하나씩, 여러 기주식물을 오가며 산란행위를 하는 호랑나비, 배추흰나비 등과 같은 종류가 있는 반면, 꼬리명주나비, 수노랑나비, 들선나비 등과 같이 난피를 형성하는 나비들도 있다. 본 실험결과 공작나비도 난피를 형성하는 종으로 확인되었으며 이는 Kim(2005)과 Fukuda et al(1983)의 보고와도 일치한다.

본 실험에서는 총 10일에 걸쳐 11개의 난피를 산란받을 수 있었으며(Table 2), 대개 암컷 한 마리가 연속적으로 산란하여 한 개의 난피를 형성하는 것으로 보였다. 산란된 난피는 현미경하에서 관찰하여 난피당 평균 알의 수를 조사하였으며, 조사결과 알의 수가 가장 적은 난피가 377개, 가장 많은 난피가 462개로 나타났으며, 평균

404.6 ± 23.6개로 나타났다(Table 2).

4. 사육조건 구명

공작나비의 인공사육 조건을 구명하기 위하여 채란된 난피중 세번째로 채란된 난피를 공시하여 고온장일의 조건(25°C, 14L : 10D)에서 부화율 및 부화기간을 조사하였다. 초기에 산란한 난피의 경우 무정란이나 부화장애가 발생할 가능성을 우려하였으나 처음 산란된 난피에서도 정상적인 부화를 확인할 수 있었다. 공시한 난피의 알은 413개였으며, 이중 381개의 알이 부화하여 92.3%의 부화율을 보였다(Table 3). 나비류알의 부화율은 배추흰나비의 경우 89.2%의 부화율(Seol and Kim 2001)을 보인다고 하였으며, 남방노랑나비의 경우 53.7%(Lee et al 2012)의 부화율을 보인다고 하였다. 또한 같은 네발나비과의 암끝검은표범나비의 경우 82%(Seol et al 2005)라고 보고된 바 있다. 남방노랑나비의 경우 누대사육에 따른 부화율 저하가 발생했다고 보고된 경우가 있으나(Lee et al 2012) 예외적인 경우라고 보이며, 일반적으로 야외에서 채집된 모충을 이용해 산란받은 경우에는 비슷한 부화율을 보이는

Table 4. Larval development and headwidth of *Inachis io* at 25°C

	1st ^a	2nd	3rd	4th	5th	Total
Larval period (days)	4.0 ± 0.4	3.3 ± 0.5	2.9 ± 0.6	3.4 ± 0.5	4.8 ± 0.9	18.3 ± 1.0
headwidth (mm)	0.37 ± 0.01	0.66 ± 0.02	1.07 ± 0.05	1.81 ± 0.07	2.76 ± 0.08	

^adevelopmental larval stage

Table 5. Pupal development of *Inachis io* at 25°C.

Rearing conditions	Pupation development		
	Pupation rate (%)	Period (days)	Emergence rate (%)
25°C 14L : 10D	64.0%	8.4 ± 0.6일	87.5%

Fig. 2. Headwidth of each developmental larval stage of *Inachis io*.

것으로 판단되었다.

알이 부화할 때까지 소요된 기간은 25°C에서 6.99 ± 0.57 일로 나타났으며 부화한 알 중에 93.7%인 357개가 산란 후 7일째 부화하여 일정한 알기간을 나타내었다(Table 3). 이는 남방노랑나비의 알기간이 25°C에서는 7일, 30°C에서는 4일(Jeong 2007) 또는 25°C에서 5.1 ± 0.9 일(Lee et al 2012), 배추흰나비의 경우 25°C에서 3.9 ± 1.6 일(Seol and Kim 2001)이 소요된다고 보고된 것 보다는 약 2~3일 정도 더 소요되고, 부화기간의 편차(0.57일)는 더 적은 것으로 나타났다. 일반적으로 나비 알의 부화에 가장 큰 영향을 미치는 환경요인은 온도와 일장이며, 일장보다는 온도의 영향을 더 크게 받는 것으로 알려져 있다. 동일한 온도조건일 때 나비의 종에 따라서도 알기간의 차이가 나타남을 알 수 있다.

공작나비 애벌레의 사육조건을 확인하기 위해 부화된 애벌레중 100마리의 1령 애벌레를 공시하여, 부화직후 직경 90 mm petri-dish에 옮겨 개체사육을 실시하였다. 사육 실험 결과 고온장일조건(25°C, 14L : 10D)에서의 애벌레의

발육기간은 18.3 ± 1.0 일이 소요되었으며(Table 4), 각 령별 애벌레 기간은 1령이 4.0 ± 0.4 일, 2령이 3.3 ± 0.5 일, 3령이 2.9 ± 0.6 일, 4령이 3.4 ± 0.5 일, 5령이 4.8 ± 0.9 일로 나타났다(Table 4). 이는 배추흰나비에서 18.1 ± 2.7 일(Seol and Kim 2001)로 보고된 것과 비슷한 것으로 공작나비의 경우에도 애벌레기간이 비교적 짧은 것으로 확인되었으며, 향후 대량사육시에 상당히 유리한 조건이 될 것으로 사료된다.

사육조건을 구명하기 위한 소량 개체사육 실험과는 별개로 채란받은 알을 이용하여 대량사육실험을 진행한 결과에서는 애벌레가 4령까지 집단으로 행동하는 특이한 양상을 보였다(Fig. 1). 이는 난괴를 형성하는 나비류에서 주로 나타나는 현상으로 집단행동이 생존에 유리하기 때문이라고 한다. 공작나비의 애벌레의 경우 어릴 때는 집단 생활을 하고, 4령이후 5령이 되면 모든 애벌레가 뿔뿔이 흩어져 개별로 활동하는 것을 관찰할 수 있었다.

애벌레의 령별 규격을 정립하기 위하여 애벌레의 두폭을 측정한 결과 1령 애벌레의 평균두폭은 0.37 ± 0.01 mm였으며, 2령 0.66 ± 0.02 mm, 3령 1.07 ± 0.05 mm, 4령

A: Pupae

B: Peacock butterfly

Fig. 3. Indoor-reared pupae and peacock butterfly, *Inachis io*

1.81 ± 0.07 mm, 5령 2.76 ± 0.08 mm로 각각 나타났다(Table 4, Fig. 2). 공작나비 애벌레 또한 일반적인 나비류의 애벌레와 같이 5령까지 탈피 및 성장을 지속하다 5령이후 번데기가 되는 형태를 보였으며, 네발나비과의 다른 나비들과 마찬가지로 수용(거꾸로 매달리는 모양) 형태의 번데기를 형성하였다(Fig. 3). 번데기는 개체사육 또는 사육통을 이용한 집단사육시 사육통 윗면이나 기주식물의 줄기에 주로 형성하였으나, 기주식물의 화분에서 계속 사육할 경우 2m 이상 이동하여 번데기를 형성하는 모습도 관찰되었다.

사육조건을 구명하기 위하여 개체사육을 실시한 100마리의 애벌레중 64%가 정상적인 번데기가 되었고, 번데기 기간은 8.4 ± 0.6일이었(Table 5). 자연조건과 유사하게 대량사육을 한 경우에는 개체사육을 했을 때 보다 용화율이 높아 약 80%의 애벌레가 정상적인 번데기가 되는 것으로 관찰되었다. 개체사육시 애벌레의 폐사율이 높아지는 이유는 애벌레의 집단행동 습성이 방해되고, 매일매일의 인위적인 관리로 인한 스트레스 때문인 것으로 사료된다. 따라서 공작나비와 같이 집단행동을 하는 나비류의 대량사육시에는 4령까지는 기주식물에서 집단사육을 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

공작나비 번데기의 우화율을 조사한 결과 정상적으로 번데기가 된 64개체의 번데기 중 56마리가 정상적으로 우화하여 87.5%의 우화율을 나타냈다(Table 5). 배추흰나비의 경우 고온장일조건하에서 97.8%의 우화율을 보인다고 하였으며(Seol and Kim 2001), 남방노랑나비의 경우 79.7%의 우화율을 보인다고 보고된 바 있다(Lee et al 2012). 공작나비의 우화율 역시 비슷한 수준을 보이는 것으로 판단되며, 이는 대량사육시에도 유사하였다.

공작나비의 지속적인 대량사육을 위해서는 반복적인 사육실험이 필수적이며, 반복실험을 통해 연간 대량사육체계를 정립할 경우 연중 수시로 사육이 가능하리라고 판

단된다. 또한 성충의 저온보관 및 성충월동 등에 대한 추가적인 실험을 실시하여 생태교육용 및 전시용으로 충분히 활용이 가능한 나비인 것으로 판단되며, 국내에서의 서식환경에 대한 추가 조사를 실시하고, 생육조건에 맞는 환경을 잘 보존하여 야외에서도 흔하게 볼 수 있는 나비가 되기를 희망한다.

적 요

본 연구는 공작나비의 생태를 확인하고, 실내 대량사육조건을 구명하기 위해 수행되었다. 공작나비의 국내분포 및 생태를 확인하기 위하여 강원도 광덕산, 태백산, 해산 등 세 곳을 선정하여 조사하였으며, 결과 해산과 광덕산에서만 서식을 확인할 수 있었다. 해산에서는 월동개체의 활동시기인 4월 중순경에 4마리의 월동개체를 확인하였으며, 발생시기인 6월말과 7월초에 47개체를 확인하였다. 광덕산에서는 6월말에 4개체만 확인되었다. 공작나비의 실내인공사육조건을 구명하기 위해서 채집한 공작나비 암수 각각 15마리를 산란실에 넣고 산란을 유도하였다. 실험결과 11개의 난괴를 얻을 수 있었으며, 난괴당 알의 수는 평균 404.6 ± 23.6개로 확인되었다. 이중 1개의 난괴를 공시하여 고온·장일(25°C, 14L:10D)의 조건에서 인공사육을 실시하였다. 공시한 난괴의 알은 413개였으며, 6~8일 사이에 모두 부화하여 부화하는데 평균 6.99 ± 0.57일이 소요되었으며, 부화율은 92.3%였다. 고온장일조건(25°C, 14L:10D)에서의 애벌레의 발육기간은 18.3 ± 1.0일이 소요되었다. 애벌레의 두폭을 측정한 결과 1령 0.37 ± 0.01 mm, 2령 0.66 ± 0.02 mm, 3령 1.07 ± 0.05, 4령 1.81 ± 0.07, 5령 2.76 ± 0.08로 각각 나타났다. 사육한 애벌레중 64%가 정상적인 번데기가 되었고, 번데기 기간은 8.4 ± 0.6일이었으며, 우화율은 87.5%로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 사업인 ‘곤충의 사육기준 및 규격 설정 연구(PJ00897704)’ 지원금으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Amateur Lepidopterogist Society of Korea (1989) Butterfly of Kangwon-do. J. Lepid. Soc. Korea. 2(1), 5~44
- Guri-city (2010) Operation report of Guri-city insect ecology museum. Guri-city. p87
- H. Fukuda, E. Hama, T. Kuzuya, A. Takahashi, M. Takahashi, B. Tanaka, H. Tanaka, M. Wakabayashi, Y. Watanabe (1983) The Life Histories of Butterflies in Japan Vol II. Hoikusha. Japan. p325
- Jeong H (2007) A study on artificial multiplication techniques and genetic variation of Korean butterflies. Andong Univ. pp9-58
- Ju D, Lim H (1987) Color Illustrated Book of Butterflies in North Korea. Publisher Center of Science & Encyclopedia. Pyoungyang. p248
- Ju H, Kim S, Son S (1997) A Butterfly of Korea. Kyohaksa. Seoul. p437
- Kim J (2005) Simply search of Insect. Jinsun publisher. Seoul. p639
- Kim S, Park H, Kim M (1999) Monitoring the distribution and density of Butterflies in Mt. Chugeum-san. J. Lepid. Soc. Korea. 12, 7~15
- Kim S (2003) Butterfly & Moth. Kyohaksa. Seoul. p335
- Kim S, Seo Y (2012) Life histories of Korean Butterflies. Sakyajul. Seoul. p539
- Kim T (1998) Korean Resources Plants I. Seoul Nat. Univ. Seoul. p323
- Kim Y (2002) Illustrated Book of Korean Butterflies in Color. Kyohaksa. Seoul. p305
- Kim Y (2010) Illustrated Book of Korean Butterflies in Color-enlarged edition. Kyohaksa. Seoul. p305
- Kong W (2012) Climate change & Ecosystem. Geobook. Seoul. p239
- Lee S (1982) Butterflies of Korea. Insecta Korea. Seoul. p125
- Lee S, Kim S, Nam G, Son J, Lee J, Park Y, Choi Y, Lee Y (2012) Studies on Ecological Environments and Indoor-rearing Conditions of the Common Grass Yellow Butterfly, *Eurema hecabe*. J. Seric Entomol. Sci. 50(2), 133~139
- Ministry of Environment (2012) Rules of Enforcement of Wildlife Conservation and Management Law. Ministry of Environment. Seoul. p181
- Nam S, Lee S, Lee W (1998) Insect life in Korea V. Korea Insect Institute Affiliated. Korea Univ. Seoul. p259
- National Inst. of Agricultural Science & Tech. (2006) Reports of Research on Actual Condition of Insect Breeding Farm Nationwide. National Inst. of Agricultural Science & Tech. Suwon. p88
- Paek M, Hwang J, Jeong K, Kim T, Kim M, Lee Y, Cho Y, Park S, Lee H, Ku D, Jeong J, Kim K, Choi D, Shin E, Hwang J, Lee J, Kim S, Bae Y (2010) Nature & Ecology Academic Series 2 - Checklist of Korean Insects. Nature & Ecology. Seoul. p598
- Paek M, Shin Y (2010) Nature & Ecology Academic Series 1 - Butterflies of the Korean peninsula. Nature & Ecology. Seoul. p430
- Pollard E, T Yates (1993) Monitoring butterflies for ecology and conservation. The British butterfly monitoring scheme. The Institute of Terrestrial Ecology & The Joint Nature Conservation Committee. p274
- Seok J (1947) Reports of origin of Korean Butterfly-name. Baekyangsa. Seoul. p61
- Seol K, Kim N (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.
- Seol K, Kim N, Hong S (2005) Establishment of the successive rearing system of Brush-footed butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). Korean J Appl. Entomol. 44(4), 257~264.
- Tom T, Richard L (2009) Collins Butterfly Guide. HarperCollins Publishers. London. p384
- <http://www.nature.go.kr> Korea Biodiversity Information System, www.nature.go.kr