

ORIGINAL ARTICLE

한국산 은줄팔랑나비(*Leptalina unicolor* : Hesperidae)의 생활환과 사육정보

홍성진¹⁾ · 윤춘식 · 김형곤²⁾ · 정선우*

창원대학교 생물학 · 화학융합학부, ¹⁾낙동강유역환경청, ²⁾국립습지센터

Life Cycle and Breeding Information of *Leptalina unicolor* from Korea (Lepidoptera : Hesperidae)

Sung-Jin Hong¹⁾, Chun-Sik Yoon, Hyung-Gon Kim²⁾, Seon-Woo Cheong*

Department of Biology & Chemistry, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

¹⁾Nakdong River Basin Environmental Office, Changwon 51439, Korea

²⁾National Wetlands Center, Changnyeong 50303, Korea

Abstract

Leptalina unicolor is a hesperiid butterfly with a restricted distribution in Korea, Japan, China, and Russia. Recently, the number of individuals is rapidly decreased in their natural habitat. This skipper has been classified as an endangered species in the 'Red Data Book', and according to an IUCN report, is under threat of extinction. Therefore, the conservation and restoration of this species both locally and globally are urgently needed. A population of *L. unicolor* was found in an unknown habitat in Jaeyaksan, Miryang, Gyeongsangnam-do, Korea in 2011, and these individuals were used in the present study. Here, the life cycle, characteristics of each instar larva and breeding information were determined by breeding *L. unicolor* in the laboratory from 2012 to 2015. The results indicated that *L. unicolor* occurs twice a year and over-winter as a fifth instar larva. A spring-form female individual laid 17.25 ± 5.52 eggs, and summer form laid 29.00 ± 5.86 eggs; it takes 53.79 ± 0.73 days for *L. unicolor* to develop from eggs to adults. After spawning, the eggs developed in 6.16 ± 0.18 days, and larvae developed in 33.71 ± 0.58 days; the pre-pupal stage to emergence required 14.22 ± 0.31 days. Based on these results, we presented effective breeding information for the restoration and proliferation of the species. Several candidate plants species have been reported in the literature as a food source for *L. unicolor*, but we found that the preferred diet this butterfly was *Miscanthus sinensis*. The larvae could move easily when their preferred diet was planted in $\geq 80\%$ the cage floor area. Year-round breeding was achieved by placing overwintering individuals in low temperatures in autumn. To our knowledge, this is the first study to the biology of *L. unicolor* in Korea, and the results of this study could be used as preliminary information for the conservation and restoration of this species in its natural habitat.

Key words : *Leptalina unicolor*, Life cycle, Breeding information, Larval morphology

Received 25 September, 2016; Revised 23 November, 2016;

Accepted 25 November, 2016

*Corresponding author : Seon-Woo Cheong, Department of Biology & Chemistry, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

Phone: +82-55-213-3454

E-mail: swcheong@changwon.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

은줄팔랑나비(*Leptalina unicolor* Bremer et Grey)는 곤충강, 나비목, 팔랑나비과, 돈무늬팔랑나비아과에 속하는 소형의 나비로서 뒷날개의 뒷면 중실을 은색의 줄이 세로로 달리는 형태적 특징 때문에 애호가들의 관심을 끌고 있다(Kawazôe and Wakabayashi, 1991; Paek et al., 2010). 뒷날개 이면의 은색 줄은 봄형의 개체에서 더욱 뚜렷하게 나타나고 여름형에서는 은색 줄이 희미하다. 우리나라에서는 제주도를 제외한 전국에서 국지적으로 분포기록이 있고 국외에는 일본, 동중국 및 러시아의 아무르(Amur)지역에 국지적으로 분포하며 북위 30°~50° 사이에서 채집기록이 있는 북방계열의 나비에 속한다(Seok, 1973; Tuzov, 1997). 팔랑나비과에서는 전 세계적으로 4,100종 이상이 알려져 있고 국내에는 37종이 기록되어 있으며 은줄팔랑나비가 속하는 *Leptalina* 속에서는 세계적으로 은줄팔랑나비 1종만 기록되어 있다(Shin and Paek, 2014).

10~20여년 전만해도 국지적이지만 자주 관찰이 되던 이 나비는 최근 10년간 국내에서 개체수가 급감하여 한국적색목록곤충자료집(Red Data Book Endangered Insect in Korea)에서는 멸종위기종으로 기록하고 있으며 환경부의 ‘야생생물 보호 및 관리에 관한 법률’에 따라 환경부 멸종위기야생생물 후보인 ‘관찰종’으로 지정되어 있는 상황이다(Ministry of Environment, 2012a; 2012b). 이 종의 분포지역에 대해서는 2012년 국립환경과학원에서 경상도와 강원도에서 국지적으로 서식하는 것으로 보고하였고 같은 해 저자들에 의해 경상남도 밀양시 재약산의 일부 지역에서만 소규모의 개체군이 확인되었을 뿐, 은줄팔랑나비의 현존 분포 지역과 개체군의 규모가 크지 않으며 그 이후의 분포기록이 거의 없는 실정이다(Kim et al., 2012; Yoon et al., 2014). 이러한 개체수 감소 또는 희소현상은 일본과 러시아에서도 유사하며, 일본에서는 기존 서식지에서 은줄팔랑나비가 거의 멸종되어 국가적색목록에서 ‘가까운 시일 내 멸종위기에 처한 종’으로 지정되었다(IUCN, 2007; Mano and Fujii, 2009).

개발과 지구환경변화의 영향으로 생물의 서식범위

가 변화하고 있으며 생물종다양성도 감소추세에 있다(Sala et al., 2000). 나비의 서식범위도 변화하고 있으며 국내에서는 남방노랑나비(*Eurema hecabe*), 암끝 검은표범나비(*Argyreus hyperbius*), 청띠제비나비(*Graphium sarpedon*)나 무늬박이제비나비(*Papilio helenus*) 등 남방계열에 속하는 나비의 서식 범위가 점차 북부 지역으로 확대되고 있는 반면, 북방계열에 속하는 나비의 서식범위는 북상하면서 축소되는 추세에 있다(Kim et al., 2012). 팔랑나비과의 종들도 역시 분포범위가 변화하면서 개체수가 감소하는 추세에 있다는 보고가 있으며(Swengel and Swenge, 2013), 이를 고려할 때, 앞으로 한국 내에서 은줄팔랑나비의 서식범위도 지구환경변화로 인해 점차로 북상하거나 개발에 의해 서식지가 감소할 가능성이 크다.

은줄팔랑나비는 실제로도 서식국가에서 공통적으로 개체수가 감소하여 멸종위기에 놓여있기 때문에 이 나비를 복원하기 위한 연구 자료의 확보가 시급하다. 그러나 은줄팔랑나비의 생활환이나 생태에 관한 연구는 국내에서는 거의 없는 실정이며 일본에서 이 나비의 서식범위, 연간 발생 횟수나 기온에 따른 월동 형태 등에 관하여 연구한 단편적인 보고가 있을 뿐이다(Fukuda, 2005; Inoue, 2012). 더구나 이 나비 종의 복원에 있어 가장 중요한 생태적 정보라고 할 수 있는 생활환(life cycle)에 대해서는 국내외를 통틀어 정확히 밝혀진 바 없다. 이 처럼 은줄팔랑나비에 대한 정확한 생태학적 정보가 없었던 것은 이 소형 나비가 산지의 습지주변에 주로 서식하면서 성체나비의 이동이 활발하지 않은 데다 유충의 크기도 작고 보호색을 띄어 쉽게 발견되지 않기 때문이며, 더욱이 유충은 먹이 식물의 잎을 말아 집을 짓고 그 속으로 들어가서 생활하기 때문에 유충의 발견도 정확한 명기의 파악도 어렵기 때문이다.

저자들은 2011년 경상남도 밀양시 재약산의 사자평습지에서 은줄팔랑나비의 서식지 및 군집을 국내에서 처음으로 발견하였으며(Yoon et al., 2014), 본 연구에서는 서식지로부터 채집한 은줄팔랑나비의 일부 개체를 2012년부터 2015년까지 실험실 내에서 계대 사육함으로써 한국산 은줄팔랑나비의 생활환을 처음으로 밝혔다. 더불어 문헌에 알려진 유충 먹이식물들 중 실제로 이 나비가 먹이활동과 은신처의 재료로

이용하는 식물은 어느 것인지 실험으로 확인하였고 사육정보를 제공함으로써 장래에 은줄팔랑나비의 복원과 증식에 효과적으로 이용될 수 있도록 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 나비 성체의 확보

본 연구에 활용된 은줄팔랑나비(*Leptalina unicolor*)의 개체들은 경상남도 밀양시 단장면에 소재한 재약산 일대에서 2011년 저자들에 의해 국내 처음으로 확인된 개체군으로부터 가져온 것이다. 집단서식지는 재약산의 해발고도 760~820 m의 범위였으며 2012년부터 2015년까지 5월과 7월에 각 각 봄 형과 여름 형의 개체군으로부터 암수 성체나비를 포충망으로 현지에서 채집 후 실험실 내에서 계대사육 한 후 생활환을 밝히고 생태학적 특성연구에 이용하였다. 나비는 우화직후 짝짓기를 하는 경우가 많아 암컷 개체만 확보하여도 모개체로서 이용이 가능하나 산란 가능성을 높이기 위하여 수컷 개체도 확보하였다. 또한 나비의 사육을 위해서는 원래의 서식지 내에서 알이나 유충을 확보하는 방법도 있으나, 몸이 소형이면서 산발적 산란을 하는 은줄팔랑나비는 알이나 유충단계의 개체를 확보 하는 것이 매우 어려우므로 사육을 위한 모개체는 서식지 내에서 확보된 성충을 이용하였다.

2.2. 나비의 사육과 생활환 연구

채집된 은줄팔랑나비의 성충을 아크릴제 곤충 사육상자(45×45×60 cm)내에 방사하여 사육을 진행하였다. 이로써 나비의 탈출을 방지할 뿐 아니라 외부 천적의 침입도 막을 수 있다. 생활환을 조사하기 위해 배양기 내에서 유충을 사육할 때는 원래 이 나비의 서식지인 재약산의 자동기상관측장비에서 기록된 5~8월의 평균기온 19.5℃와 평균습도 81.6%를 참고하여, 온도는 20±5℃, 습도는 70±10%로 유지하였으며, 광 조건은 12 L/12 D으로 하였다. 성충에게 제공한 먹이는 5% 꿀물과 시판되는 이온음료를 활용하였다(Venters and Rogers, 2001).

알을 확보하기 위해서는 원래의 서식지에서 채집된 성체 중 건강한 개체를 선별하여 8개의 사육상자에 암수개체를 함께 방사(사육상자 당 암컷 1개체: 수컷

3개체)하였다. 유충의 먹이식물로는 재약산의 서식지에서 참억새(*Miscanthus sinensis*)에 은줄팔랑나비의 성체가 산란하는 것을 직접 확인 후 다수 식물을 포트(6.5×6.5 cm)에 식재하여 사육상자의 바닥에 배치하였다. 사육상자 내에서 산란된 알은 개수를 센 후 부화시점까지 관찰하였다. 부화한 1령 유충은 곤충 전용 사육디시(100×40 mm)로 옮겨 신선한 먹이식물을 절단하여 지속적으로 공급하면서 사육 및 관찰하였다. 식물의 절단부에는 물에 적신 솜을 대어 먹이식물이 시들지 않도록 하였으며 이후의 성장 과정을 확인하기 위해 일부 유충은 개별 사육을 하였다. 그 외의 개체들은 3령 유충시기부터 사육상자로 옮기고 하단에 먹이식물 포트를 배치하여 사육 및 관찰하였다. 먹이식물은 동물이 더 이상 먹지 않고 남을 때까지 먹이를 공급하는 방법(*ad libitum*)으로 주었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 은줄팔랑나비의 생활환

은줄팔랑나비는 일 년에 2회의 우화를 하는 2회성으로 확인이 되었으며 유충은 봄 형과 여름 형 공통으로 1령부터 5령까지 발달하고 여름형의 나비가 산란한 알은 성장하여 5령 상태에서 월동하게 된다. 발달과정 중 몸이 커지고 체색, 강모, 점각 일부에서 색깔이 짙어지는 변화가 있으나 전체적 외부 구조와 형태는 발달 과정을 통하여 각 령별로 유사하였다.

3.1.1. 산란과 부화

은줄팔랑나비의 알은 표면이 매끈한 타원형으로 유백색을 띠며 측면의 형태는 바닥이 편평한 반구형을 나타낸다. 난문의 위치에 따른 구분에서는 난문(卵門, micropyle)이 정단부에 위치하는 수직형에 속한다. 이는 같은 팔랑나비과(HesperIIDae)에 속하면서 벼과 식물을 먹이로 하는 *Ochlodes*속이나 *Thymelicus*속의 알과 유사한 형태이다(Eeles, 2016).

암컷 1개체 당 산란 수와 산란 패턴을 확인하기 위해 실험실 사육조건에서 봄 형과 여름 형 각 8개체의 암컷을 대상으로 확인한 결과 봄 형은 개체 당 17.25±5.52개의 알을 산란하였으며, 여름형은 29.00±5.86개를 산란하여 여름형이 더 많은 알을 낳는 것으로 나타났다. 또한 암컷 나비는 1분에서 수 시간 간격

으로 알을 한 개씩 식물잎에 분산하여 4~5일에 걸쳐 산란하는 특성을 나타내었다. 20개의 알에 대하여 직경을 측정된 결과, 장축은 1.20 ± 0.02 mm, 단축은 1.05 ± 0.01 mm로 나타났다. 산란 직후의 알은 표면이 매끈하고 불투명하나 산란 4일째부터 부화까지는 정단부 내부로부터 검은색이 비치면서 점차로 검은 부위가 절반정도에 이르게 된다. 1령 유충은 부화 중에 자신의 난각을 갉아 먹는데, 이때 난각의 바닥만 남기고 대부분을 갉아 먹지만 일부만 갉아 먹는 개체도 있다. 부화는 알의 정단부로부터 시작되어 1령 유충이 1~2시간에 걸쳐 난각을 갉아먹으면서 공간을 확보하여 난각을 빠져나오게 된다. 부화를 마친 후에도 유충은 자신의 난각을 먹는다. 산란 직후부터 부화까지 걸리는 시간은 실험실에서 14개체를 개별 사육하였을 때 6.16 ± 0.18 일로 나타났다.

3.1.2. 유충의 형태와 단계별 발달

유충의 몸은 12개의 체절로 구성되어 있으며 머리는 전체적으로 장타원형으로 표면에는 길이가 서로 다른 강모들이 분포해 있다. Y자 모양의 머리융합선이 머리의 가운데 있으며 뺨(gena)에는 6개로 구성된 유충눈이 있고 그 아래에 더듬이가 있다. 몸의 제 1~11체절의 양 측면에서 유백색의 기문이 1쌍씩 확인되며 처음과 마지막 기문은 다른 체절의 기문보다 2배가량 크다. 몸의 제 1~3체절에는 가슴다리, 제 6~9체절에는 배다리, 제 12체절에 꼬리다리가 각 1쌍 나 있다. 제 12체절의 등 쪽에는 U자 모양의 생식판(anal plate)이 체절의 절반정도와 향문을 덮고 있다. 각령기 별 유충의 특성은 다음과 같다.

1령 유충(1st instar larva)의 몸은 반투명한 유백색으로 전체적인 무늬는 없으며 12개체를 측정하였을 때 체장은 4.47 ± 0.24 mm, 머리는 광택을 띠는 검은색으로 두폭은 0.55 ± 0.03 mm이었다. 이러한 체색은 성장하면서 먹이식물을 섭취함에 따라 변하게 된다. 첫 번째 체절에는 검은색 반월형의 전흉배판이 나타나며, 체절 당 3~5개의 주름이 있다. 각 체절마다 2~3쌍의 흰색 강모가 나있으며, 마지막 체절의 말단부에는 기다란 강모가 몸의 뒤쪽을 향하여 분포한다.

1령 유충으로부터 1회 탈피한 2령 유충(2nd instar larva)은 체색이 연한 녹색으로 변하고 머리의 바탕색

이 연한 갈색으로 변하며, 등 쪽에서 보았을 때 Y자형의 융합선과 망상의 갈색 점각이 분포한다. 12개체를 측정하였을 때 두폭은 0.73 ± 0.03 mm, 체장은 8.69 ± 0.54 mm로 성장하며, 1령의 전흉배판에서 보이던 검은색 반월형 반문은 연한 갈색의 가로 직선으로 변하고 몸의 전체 길이를 따라 4개의 흰색 선이 나타난다. 등 쪽에는 검은색 강모가 불규칙한 분포를 보인다.

3령 유충(3rd instar larva)은 2령 유충보다 체색이 뚜렷해지며, 등쪽의 검은색 강모가 증가함과 더불어 등 쪽 표면에 연갈색의 둥근 반문이 나타난다. 마지막 체절의 생식판은 더욱 뚜렷해지며 각 체절마다 검은색 점각이 관찰되기 시작한다. 12개체를 측정하였을 때 두폭은 0.87 ± 0.04 mm, 체장 13.35 ± 0.58 mm로 성장하며 3령부터는 활발하게 움직이는 내장을 현미경으로 확인할 수 있었다

4령 유충(4th instar larva)은 3령에 비해 등 쪽 표면의 연갈색 둥근 반문이 더욱 커지며 생식판의 둥근 반문은 검은색에 가깝게 짙어진다. 머리의 색은 3령에 비해 옅어지며 12개체를 측정하였을 때 두폭 1.28 ± 0.04 mm, 체장 17.79 ± 0.78 mm로 성장한다.

5령 유충(5th instar larva)의 크기는 1령 유충에 비해 두폭은 약 2.7배, 체장은 약 4.9배로 성장하여 12개체를 측정하였을 때 두폭 1.51 ± 0.04 mm, 체장 21.97 ± 1.70 mm로 된다. 생식판의 둥근 반문의 크기는 개체별로 차이를 보이며, 색깔은 4령 시기보다 옅어지는 개체도 있다. 3령 시기부터 나타나는 체절별 점각이 뚜렷해지며 제 2체절 좌우측면에 2쌍, 등 쪽에 1쌍, 제 3~11절까지는 좌우측면에 1쌍, 등 쪽에 1쌍의 점각이 규칙적으로 확인된다. 머리의 색은 4령에 비해 옅어진다. 또한 여름형 성충이 산란한 알에서 부화한 유충은 가을의 5령 단계에서 월동유충(overwintering larva)이 된다. 12개체를 측정하였을 때 월동유충의 두폭은 1.49 ± 0.04 mm이며, 체장은 18.96 ± 0.94 mm로 여름의 5령 유충에 비해 체장은 3 mm정도 짧아지고 굵어진다. 머리의 색은 전 단계에 비해 더욱 옅은 갈색이며, 체색은 시들은 참억새의 잎과 비슷하다. 5령 유충은 입에서 실을 내어 먹이식물 잎의 좌우측을 4~8 곳 정도 연결하고 둥글게 말아서 집을 만들며, 그 속에 들어가서 머리만 내밀고 먹이 활동을 한다.

각령기를 마친 유충은 탈피를 하여 다음 령기로

Table 1. Morphology by developmental stage of *Leptalina unicolor* from Korea

Developmental stage	Photographs of eggs and larvae	Average head width (mm)±SD
		Average body length (mm)± SD
1 st instar larva		0.55±0.03
2 nd instar larva		4.47±0.24
		0.73±0.03
3 rd instar larva		8.69±0.54
		0.87±0.04
4 th instar larva		13.35±0.58
		1.28±0.04
5 th instar larva		17.79±0.78
		1.51±0.04
Overwintering larva		21.97±1.70
		1.49±0.04
Hatching egg and pupa		18.96±0.94

SD; standard deviation, bar: 2 mm

넘어가는데 탈피시기가 가까워지면 먹이활동을 중단하고 먹이식물로 만든 집에 들어가 입에서 분비한 실을 이용해 잎 표면에 유충의 몸 바닥을 고정한다. 탈피는 머리에서부터 꼬리 방향으로 진행되며, 전흉배판이 몸의 뒤쪽으로 후퇴하면서 다음 령기의 머리가 표피 속에서 비치기 시작한다. 그 후 다음 령기의 머리가 완전히 나오면서 이전 령기의 머리표피는 탈락하게 된다. 이러한 유충의 탈피에는 개체마다 차이가 있으나, 약 하루가 소요된다(Table 1).

알은 전술한 바와 같이 유백색을 띠는데 이는 참억새 잎의 중앙맥 색과 매우 유사하다. 갓 부화한 1령 유충은 머리는 검은색이나 몸은 알의 색과 같은 유백색을 띠나 먹이활동을 시작함에 따라 유충의 몸은 연녹색으로 변하게 되는데 이는 유충의 표피가 반투명하여 섭취한 먹이식물의 색이 반영된 현상으로 보인다. 실제로 흰나비과(Pieridae)의 큰줄흰나비(*Artogeia melete*) 사육 시에도 먹이식물의 종류에 따라 유충의 체색이 달라졌으며 미나리냉이(*Cardamine leucantha*)를 먹인 유충은 배추를 먹인 유충보다 진한 초록색을 나타냈다는 보고가 있다(Yoon, 2000). 한편 유충의 등 쪽에는 참억새의 엽맥모양과 유사한 흰색의 줄무늬가 뚜렷하게 나타나는데 이는 유충을 천적으로부터 보호하는 효과가 있을 것이다. 은줄팔랑나비 월동유충의 체색이 연갈색으로 변화하는 것은 유충의 월동장소인 참억새(*Miscanthus sinensis*)의 마른 잎 색깔과 밀접한 관계가 있는 것으로 이것도 역시 보호색의 기능을 하는 것으로 생각된다.

3.1.3. 번데기형성과 우화(Emergence)

종령에서 번데기로 변태하는 전용단계(pre-pupal stage)는 유충이 자신이 지은 집으로 들어가 입에서 실을 잎 표면에 분비해 자신의 몸 바닥을 단단히 고정하는 방식으로, 유충의 탈피 행동과 유사하다. 번데기의 몸길이는 29.14 ± 1.68 mm($n=12$)로 종령 유충에 비해 길며, 전용단계를 거친 번데기는 밝은 녹색을 띤다. 몸은 전체적으로 원통모양이며 양 말단부로 갈수록 가늘어지는 형태를 보이며, 머리 쪽은 위로 올라가 있어 꼬리 쪽과 구별된다. 몸에는 12개의 마디가 확인되며, 검은색의 세로 줄이 몸 중앙 등면을 따라 나타난다. 번데기 상태에서 약 7일이 경과한 이후 탈피가 가

까워질수록 전체적인 색깔이 연한 갈색으로 변한다. 우화가 가까워지면 번데기 속에서 성충의 머리와 날개가 관찰된다.

실험실에서 산란된 알 14개를 부화 및 사육하여 우화까지 확인한 결과 은줄팔랑나비의 알에서 성충까지 발생 및 성장에 소요되는 총 기간은 53.79 ± 0.73 일이었으며, 이 중 유충기간은 33.71 ± 0.58 일이었다. 알의 기간은 6.16 ± 0.18 일이었고 각 령별 기간은 1령이 2.15 ± 0.14 일로 가장 짧았으며 2령 6.75 ± 0.30 일, 3령 7.84 ± 0.26 일, 4령 7.82 ± 0.34 일, 5령은 8.84 ± 0.53 일, 전용단계에서부터 우화까지는 14.22 ± 0.31 일이 각각 소요되는 것으로 확인되었다(Fig. 1).

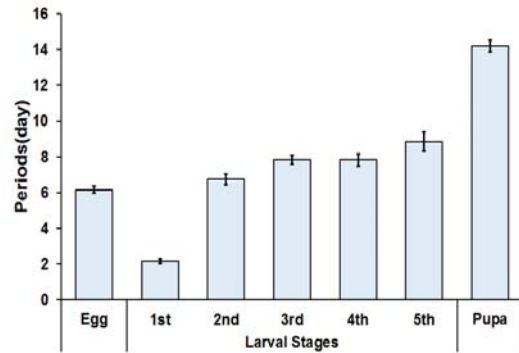


Fig. 1. Developmental period of *Leptalina unicolor* with 14 individuals.

실험실 내 사육결과 은줄팔랑나비의 유충은 4번의 탈피과정을 거쳐 5령 단계에서 번데기로 변태 하는 것이 확인되었다. 이러한 결과는 유충을 개별사육하면서 번데기 시기까지 머리의 탈피각 수를 확인하여 얻은 것이므로 오류의 가능성은 희박할 것으로 생각된다. 그러나 나비는 서식지역의 기온이 낮을 경우에 유충의 령기가 추가될 수 있다는 보고(Inoue, 2003)를 고려할 때, 은줄팔랑나비도 서식지의 환경변화에 따라 령기가 달라질 수도 있을 것으로 사료된다.

3.2. 은줄팔랑나비의 먹이식물과 사육정보

나비의 복원과 증식에 필요한 다양한 생태정보를 얻기 위해서는 사육을 통한 발생단계별 다수 개체의 확보가 필수적이다. 따라서 은줄팔랑나비의 사육에 실패하지 않는 것이야말로 이 나비의 복원과 증식

Table 2. The response of larvae to five candidate food plants

No. of tested larvae	Response by food plants									
	<i>M. sinensis</i>		<i>S. viridis</i>		<i>I. cylindrica</i>		<i>S. cotulifer</i>		<i>D. ciliaris</i>	
	N.D.	S.E.	N.D.	S.E.	N.D.	S.E.	N.D.	S.E.	N.D.	S.E.
10	100%	100%	0%	S 60%	0%	S 30%	0%	0%	0%	0%

N.D.: normal development; S.E.: shelter making and eating; S: make shelter only

목적을 달성하기 위한 선행조건이라고 할 수 있다. 은줄팔랑나비에 관한 사육정보는 지금까지 자세히 알려진 바 없었으며 실험실내 인공사육이 성공한 것은 이번 연구가 최초이므로 사육에 관한 정보를 보고하는 바이다.

국지적 분포와 개체수의 급감으로 가까운 시일 내에 멸종할 가능성이 있는 이 나비를 복원하기 위해서는 안정적인 사육과 증식이 필요조건이며 이를 위해서는 무엇보다 이 나비의 먹이식물을 확립하는 것이 중요한 것이다. 그러므로 이번 연구에서는 문헌에서 알려진 다양한 먹이식물을 후보로 사육실험을 하여 은줄팔랑나비의 실제 먹이식물이 무엇인지 확인하였다. 문헌에서는 은줄팔랑나비가 참억새(*Miscanthus sinensis*), 강아지풀(*Setaria viridis*), 락(Imperata cylindrica), 기름새(*Spodiopogon cotulifer*), 바랭이(*Digitaria ciliaris*)와 같은 식물을 먹는 것으로 보고되어 있어, 본 연구에서 후보 먹이식물들을 은줄팔랑나비 서식지인 재약산으로부터 가져와 10개체씩의 1령 유충에게 먹이로 공급함으로써 확인하였다(Inoue, 2012; Kim, 2002; Shin and Paek, 2014). 그 결과 참억새를 공급했을 때에는 모든 개체가 잎을 먹고 이를 이용하여 집을 지었으며 성충으로 발육하는 데 성공하였다. 그러나 강아지풀에서는 60%, 락을 제공했을 때는 30%의 유충만이 잎을 맡아 집을 지었으나 그마저도 모두 먹이활동을 지속하지 못하고 2령으로 발달하지 못하여 1령기에 모든 개체가 폐사하였다. 바랭이와 기름새에서는 집짓기와 먹이활동이 전혀 나타나지 않고 1령기에 전 개체가 폐사하였다(Table 2). 본 실험으로 은줄팔랑나비의 실제 먹이식물은 참억새일 가능성이 매우 높다는 사실을 알 수 있었다.

먹이식물로서 참억새를 공급한 사육상자에 짝짓기

가 끝난 은줄팔랑나비 암컷을 방사하였더니 서너 시간에서 24시간 이내에 산란을 시작하였다. 암컷 은줄팔랑나비는 참억새 잎의 앞면편과 사육상자의 내벽에 고루 산란하였는데 부착된 알을 인위적으로 분리하면 알이 손상되므로 부화할 때까지는 방치하는 편이 유리하였다. 산란 직후의 알은 담황색이지만 점차로 색깔이 어두워져서 알의 정단부에 1령 유충의 머리색인 검은색이 비치기 시작하면 부화가 임박한 것으로 판단할 수 있다. 먹이식물의 앞에서 부화된 1령 유충은 쉽게 먹이활동을 시작할 수 있으나 사육상자 내벽에서 부화된 유충은 먹이식물에 쉽게 도달할 수 없으므로 가능한 많은 참억새의 잎이 사육상자의 벽에 닿게 해주어야 한다. 이를 위해서는 참억새가 사육상자 바닥 면적의 약 80% 이상 차지하도록 조밀하게 배치하여 유충이 자유롭게 이동하며 먹이활동을 할 수 있도록 하여야 한다. 먹이식물을 안정적으로 공급해주면 유충의 발육은 순조롭기 때문에 별도의 조치나 개별 사육은 필요하지 않았다. 먹이활동으로 인하여 식물의 잎이 절반이상 소모되면 유충의 생존에 불리하므로 참억새를 수시로 교체하여야 하며 성장 중인 유충을 새로운 잎으로 옮기는 일을 했을 때 성장에 더 나은 결과를 얻을 수 있었다.

사육상자는 일반적으로 거미 등의 천적이 침입할 수 없는 구조이지만 나비의 유충이 거미에게 포식당하는 일이 종종 있었으며 이는 외부에서 들어온 먹이식물에 붙어 천적이 유입된 것으로 확인되었으므로 사육 도중 먹이식물을 교체할 때에는 천적유입여부를 반드시 확인하여야 한다.

나비의 복원이나 증식을 목적으로 세대를 유지하여야 할 경우에는 계대사육 기술이 필요한데 은줄팔랑나비를 실험실에서 계대사육하기 위해서는 월동

개체의 확보가 매우 중요한 것으로 나타났다. 여름형 나비가 산란한 알로부터 부화한 유충을 늦가을에도 상온의 실험실에서 지속적으로 사육할 경우, 5령에 도달한 유충은 더 이상 먹이활동을 하지 않고 자신이 지은 집에 머물러 있으면서 번데기형성을 하지 않아 결국 성충으로 우화하지 못하였다. 반면, 사육상자를 실외로 옮긴 이후에는 월동개체를 확인할 수 있었다. 하지만 사육상자를 실외로 옮기면 적은 양의 토양이 담긴 포트에 식재된 참여새가 저온에 따른 성장 불량으로 급격히 시들기 때문에 나비의 월동개체를 확보하는 데 어려움이 있었다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 가을세대의 유충이 3~4령이 되면 토양의 양이 많은 화분에 식재된 참여새로 유충을 옮겨주어 외부기온이 하강해도 서서히 시드는 참여새 앞에서 번데기형성을 할 수 있도록 하였다.

은줄팔랑나비는 전국에 국지적으로 분포하면서도 심각한 개체수 감소에 직면하여 보전대책 마련이 시급한 곤충 종이다. 따라서 이번 연구를 통하여 한국에서 처음으로 밝힌 은줄팔랑나비의 생활환 및 생태적 정보는 우리나라 생물다양성 보전을 위한 기초자료가 될 것으로 생각되며, 현재보다 개체군이 더욱 감소하여 증식 및 방사를 통한 복원의 필요성에 있을 때 중요한 자료로 활용될 것으로 기대한다.

은줄팔랑나비의 성공적인 보전과 복원을 위해서는 이들의 개체군 특성과 행동적 특성에 관한 정보가 필요할 것으로 사료되어 저자들은 이를 조사 후 분석중이다. 나아가 앞으로의 연구에서는 이번 연구로 얻어진 생태적 정보를 활용하여 인공 증식된 은줄팔랑나비 개체를 자연상태의 서식지에 방사하여 서식조건 등 생활환의 정보를 얻어야 할 것이다. 나아가 자연에서의 적응도를 평가하고 대체서식지를 조성하여 국내에 개체군을 증가시킬 방안을 강구하여야 할 것으로 생각된다. 또한 이들의 분포지 변화와 기후변화와의 관련성도 함께 연구하여야 할 것으로 생각된다.

4. 결론

은줄팔랑나비(*Leptalina unicolor*)는 한국, 일본, 중국, 러시아에 국지적으로 분포하는 팔랑나비과 곤충이며 최근에는 서식지에서 개체수가 급감하고 있다.

이 팔랑나비는 ‘한국적색목록곤충자료집’에 멸종위기종으로 분류되어 있으며 IUCN에서는 일본에서 가까운 시일 내에 절멸할 위기에 있는 적색종으로 분류하고 있어 국내외적으로 보전과 복원이 시급한 생물종이다. 2011년에 저자들은 경상남도 밀양시 재약산에서 은줄팔랑나비의 서식지를 국내 처음으로 발견하여 일부 개체들을 연구에 이용하였다. 이 연구에서는 2012년부터 2015년까지 재약산에서 채집한 은줄팔랑나비의 인공사육을 통하여 생활환과 사육정보 및 유충의 특징을 밝혔다. 사육실험 결과 은줄팔랑나비는 연 2회 발생하고 5령기에 월동하는 것으로 나타났다. 암컷 1개체는 봄 형이 17.25 ± 5.52 개, 여름 형이 29.00 ± 5.86 개의 알을 산란하며 알에서 성충까지 소요되는 총 기간은 53.79 ± 0.73 일이었으며, 산란 후 알의 기간은 6.16 ± 0.18 일이었고, 유충기간은 33.71 ± 0.58 일, 전용단계에서부터 우화까지는 14.22 ± 0.31 일이 소요되었다. 이 나비의 복원과 증식을 위해서 효과적인 사육정보를 제공하였으며 문헌에 나타난 은줄팔랑나비의 몇 가지 먹이식물 중 진정한 먹이식물은 참여새(*Miscanthus sinensis*), 한 종으로 나타났다. 먹이식물은 사육 상자 바닥면적의 약 80% 이상 차지하여야 유충이 쉽게 이동할 수 있었으며 가을에는 외부의 저온에 돕으로써 월동개체를 확보하여야 계대사육이 가능하였다. 본 연구에서는 은줄팔랑나비의 생활사를 국내 최초로 밝혔으며 이러한 결과는 향후 이 종의 보전과 복원을 위한 기초자료로 이용될 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2015~2016년도 창원대학교 자율연구 과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과입니다.

REFERENCES

- Eeles, P., 2016, UK butterflies, <http://www.ukbutterflies.co.uk/species.php?species=sylvanus>
- Fukuda, H., 2005, Lepidoptera; Insect larvae of Japan, Gakken, Tokyo, Japan, 114-179.
- Inoue, T., 2003, Butterfly fauna in and near the Ogawa forest reserve, Bulletin of the Forest and Forest Products Research Institute, 2, 237-245.

- Inoue, T., 2012, Effects of temperature on the development of overwintering immature stages of the near-threatened butterfly *Leptalina unicolor* (Bremer & Grey) (Lepidoptera: Hesperidae), *Entomological Science*, 15, 180-188.
- IUCN, 2007, National red list, Zoological Society of London, <http://www.nationalredlist.org/search2/species-search/>
- Kawazôe, A., Wakabayashi, M., 1991, Colored illustrations of the butterfly of Japan, Hoikusha Publishing Co., Japan, 69-314.
- Kim, S. S., Lee, C. M., Kwon, T. S., Joo, H. J., Sung, J. H., 2012, Korean butterfly atlas, Korea Forest Service, Korea, 1-474.
- Kim, Y. S., 2002, Illustrated book of Korean butterflies in color, Kyohaksa, Seoul, 1-355.
- Mano, T., Fujii, H., 2009, Decline and conservation of butterflies and moths in Japan VI, Lepidopterological Society of Japan, Tokyo, 107-265.
- Ministry of Environment, 2012a, Red data book-insect I, Ministry of Environment, Korea, 1-153.
- Ministry of Environment, 2012b, Red data book 7, Ministry of Environment, Korea, 1-178.
- Paek, M. K., Hwang, J. M., Jung, K. S., Kim, T. W., Kim, M. C., Lee, Y. J., Cho, Y. B., Park, S. W., Lee, H. S., Ku, D. S., Jeong, J. C., Kim, K. G., Choi, D. S., Shin, E. H., Hwang, J. H., Lee, J. S., Kim, S. S., Bae, Y. S., 2010, Checklist of Korean insects, *Nature & Ecology*, Korea, 1-598.
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., Wall, D. H., 2000, Global biodiversity scenarios for the year 2100, *Science*, 287, 1770-1774.
- Seok, J. M., 1973, The distribution maps of butterflies in Korea, Bojinjae, Seoul, 1-517.
- Shin, Y. H., Paek, M. K., 2014, Guide book of butterflies in Korean peninsula, *Nature & Ecology*, Seoul, 1-588.
- Swengel, A. B., Swenge, S. R., 2013, Decline of *hesperia ottoe* (Lepidoptera: Hesperidae) in northern tallgrass prairie preserves, *Insects*, 4(4), 663-682.
- Tuzov, V. K., 1997, Guide to the butterflies of Russia and adjacent territories (Lepidoptera, Rhopalocera), Pensoft Pub., Russia, 1-580.
- Venters, N., Rogers, L., 2001, The commercial butterfly breeders manual, The Butterfly Boutique Store, USA, 1-368.
- Yoon, C. S., Kim, H. G., Hong, S. J., Park, J. D., Cha, J. Y., Cheong, S. W., 2014, Community characteristics and habitat preservation of terrestrial insect in Sajapyeong wetland of Jaeyaksan mountain, *Journal of Environmental Research*, 13(1), 20-26.
- Yoon, C. S., Kim, J. I., Cha, J. Y., Lee, S. G., Cheong, S. W., 2000, Rearing and life history of *Pieris melete* from South Korea(Lepidoptera, Pieridae), *Journal of Lepidopterist's Society of Korea*, 13, 31-36.