

ORIGINAL ARTICLE

은줄팔랑나비(나비목: 팔랑나비과) 성충의 행동특성과 서식지 보전방안

홍성진¹⁾ · 김형곤²⁾ · 윤춘식 · 정선우*

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

Behavioral Characteristics of *Leptalina unicolor* (Lepidoptera: HesperIIDae) and Conservation Methods for their Habitat

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

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

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

²⁾Miryang City Hall, Miryang 50420, Korea

Abstract

To conserve the population of a hesperiid butterfly, *Leptalina unicolor*, inhabiting the protected areas of Jaeyaksan, we provide ecological information on their behavior and propose habitat conservation measures, such as the creation of alternative habitats based on comprehensive information. The behavioral study used a method of re-capture after releasing the butterfly with enamel marks on the wings. Adult behaviors were shown in four patterns: flying, settling on a plant, nectar absorption, and water absorption. Both males and females had the highest proportion of flight movement overall; however, males had a slightly higher proportion of flight movement. As for duration, females spent more time settling on plants to select spawning sites, and males seemed to take a longer time for water absorption activities, to absorb minerals needed to form the spermatophore. The average travel distance of butterflies was 27.5 m for females and 46.7 m for males, with daily activity ranges from 11.2 m to 43.8 m, and 21.4 to 57.6 m, respectively. The most important condition to preserve the habitat of *Leptalina unicolor* is to maintain the community of *Miscanthus sinensis*, a food plant. Additionally, because this butterfly has a high rate of water absorption activities, wetlands should be maintained.

Key words : *Leptalina unicolor*, Conservation, Mark and recapture method, Behavioral characteristics

1. 서론

최근 나비류에 대한 연구 경향은 생물종다양성 보전을 위한 전 세계적 흐름에 따라 각 종의 생태적인 특성을 규명하고 이들의 지속가능한 보전 방안을 마련하거나 기

후변화와 같은 환경적 요인에 의한 잠재적 위험에 대응한 보전 및 복원에 초점이 맞추어져 있다(Parmesan et al., 1999). 지구 기후변화의 영향으로 나비류의 감소가 현저히 나타나고 있으며 호주에서는 서식하는 나비 종의 80% 이상이 미래에 멸종위험에 놓일 수 있다는 예측과

Received 29 May, 2020; Revised 17 July, 2020;

Accepted 4 August, 2020

*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.

더불어 주요 나비종의 보전방안에 대해 연구한 바 있다 (Beaumont and Hughes, 2002). 영국에서는 일정기간 내 나비의 확인 면적이 54% 감소한데 따른 대응책을 연구하였는데(Sam et al., 2012) 이러한 연구들에서 지구 환경변화에 따른 나비의 감소가 심각하게 나타나 이에 대한 대책 수립이 필요함을 알 수 있다. 한국에서도 나비류는 현재 전체적으로 개체군이 감소하고 있으며 환경부는 그 중 개체군이 심각하게 감소한 산굴뚝나비 (*Hipparchia autonoe*), 상제나비(*Aporia crataegi*), 붉은점모시나비(*Parnassius bremeri*), 깊은산부전나비 (*Protantigius superans*), 쌍꼬리부전나비(*Cigaritis takanonis*), 왕은점표범나비(*Argynnis nerippe*)의 6종을 1989년 멸종위기야생동식물로 지정하였다. 이후 2012년 야생동식물보호법 시행규칙 개정안에 따라 큰홍띠점박이푸른부전나비(*Sinia divina*)가 멸종위기야생동식물 목록에 추가되었다.

본 연구의 대상 종은 은줄팔랑나비(*Leptalina unicolor*)이며, 국내에서 최근 10년간 개체수가 70% 이상 감소해 위기(EN) 종으로 분류되어 있으나 최근까지 연구에 있어서 주목받지 못하고 있는 종이다(Ministry of Environment, 2012b). 이 종은 그간 개체수와 서식지의 심각한 감소에도 멸종위기종 지정대상이 되지 못하였으나 2017년 '야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(이하 야생생물법) 시행규칙'이 개정되어 멸종위기야생생물 II급에 추가되었다.

은줄팔랑나비의 소규모, 국지적 분포 양상과 최근의 개체수 감소 경향은 일본과 러시아에서도 유사하게 나타나고 있으며, 일본 내에서 이 나비는 대부분의 기존 서식지에서 멸종의 단계에 있는 것으로 보고되어 있다(Mano and Fujii, 2009). 이처럼 은줄팔랑나비의 개체수 감소와 멸종 우려는 거의 모든 서식 국가에서 동일하게 발생하고 있으며, 이 때문에 이들의 보전과 복원을 위한 과학적인 연구 자료의 축적이 시급한 상황이다. 그간 일본에서 이루어진 은줄팔랑나비의 생태적 정보에 관련한 연구는 주로 이 나비의 지리적 분포(Tsukiyama et al., 1997)와 연간 발생 횟수, 온도에 따른 월동 형태 등 일반적인 생태적 특성에 관한 것으로(Fukuda, 2005; Chiba, 2007; Inoue, 2012) 한정적인 연구가 일본에서 이루어졌으나, 생태적 특성에서 가장 중요한 생활사나 개체군 동태는 자세히 밝혀진 바 없다. 한편 국내에서는 은줄팔랑나비

의 생태적 연구가 거의 이루어지지 않다가 근래 한국 내 서식하는 은줄팔랑나비의 생활사가 자세히 연구되어 이 나비에 관한 기초적 생태정보가 제공된 바 있다(Hong et al., 2016). 이어 관련된 연구에서는 종의 서식범위, 개체군의 분포와 크기추정, 시간적 출현정보, 계절형과 성비 등 생태적 정보가 보고되었다(Hong et al., 2019).

이번 연구에서는 표지-재포획법(Mark and recapture method)을 활용하여 서식지 내에서 은줄팔랑나비의 행동을 추적 관찰함으로써 나비류가 주로 취하는 행동의 비율을 산정하여 이 종의 행동학적 특성을 파악하였다. 또한 서식지내 일일 행동반경을 연구함으로써 이들이 살고 있는 서식지의 안정성을 평가하였다. 이러한 행동정보와 Hong et al.(2016a, 2019b)에 의한 기초적 생태정보를 바탕으로 서식지 조성과 보전방안을 제안하여 이 나비의 보전과 복원에 기여하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지점 및 조사기간

은줄팔랑나비의 서식지와 행동을 조사한 지역은 2011년 이 종의 서식지로 처음 확인되었던 경상남도 밀양시 단장면 구천리에 소재하는 재약산 사자평 고산습지보호지역 내부를 포함한 재약산의 남동사면 전역(약 85만m²)으로 설정 하였으며, 문헌에서 보고된 은줄팔랑나비의 발생시기가 5월에서 8월까지인 점을 고려하여 조사시기는 2013년의 4월 초부터 9월말까지로 설정하였다(Tuzov, 1997; Ministry of Environment, 2012a). 습지보호지역내 조사범위는 Hong et al.(2019)에서 제시한 바와 같으며 습지보호지역의 지리정보는 동경 128° 59' 48.1"E~128° 59' 19.2"E, 북위 35° 32' 06.5"N~35° 32' 37.5"N이다(Fig. 3).

2.2. 성충의 행동특성 분석

은줄팔랑나비의 행동특성 분석은 2012년 예비조사를 시작하여 2013년에 주로 실행하였으며 재약산 일대의 서식지 내에서 성충 20개체(♀10개체, ♂10개체)에 대하여 주간에 개체별로 1시간씩 추적 관찰 하였다. 나비 성충의 행동은 흡밀행동(absorb nectar from flowers), 습한 흙이나 돌에서 물을 흡수하는 행동(absorb water from wet soil), 식물의 잎이나 줄기에 앉는 행동(settle on leaf of grass)과 나는 행동(fly)으로 구분하여 파악하였으며,



Fig. 1. Marking on the back of hind wing to decide the range of daily movement.

각 행동에 소요되는 시간을 초단위로 기록하여 행동의 빈도와 지속시간을 분석하였다.

2.3. 일일 행동반경 파악

표지-재포획법(Mark and recapture method)을 이용하여 은줄팔랑나비의 일일 행동반경을 파악하였다. 서식 지역 내에서 다수 개체의 성충이 관찰되는 지점을 대상으로 은줄팔랑나비를 포획한 후 포획지점을 기록하고 지점별로 색깔을 달리해 후시 이면에 에나멜 점으로 표지하여 방사하였다(Fig. 1). 최초 포획 및 방사는 일출 후인 09~10시 사이에 실시하였으며, 일몰 전인 16~17시 사이에 일일 이동거리를 파악하기 위한 재포획을 실시하였다. 최초 표지되어 방사된 개체가 재포획될 경우 포획 지점을 기록하고 최초 포획당시 지점에서의 거리를 측정(Mapsorce ver4.13)해 일일 행동반경과 개체군 동태를 파악하였다.

2.4. 행동특성 통계분석

일일행동거리에 대한 기술통계분석(descriptive statistics)을 실시하여 신뢰구간(95%)을 파악하였으며, 독립표본 t-test를 실시하여 암컷과 수컷 간 행동특성 차이의 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 성충의 행동특성

재약산 사자평 고산습지의 은줄팔랑나비 서식지역에서 성충 20개체(♀10, ♂10)를 개체별로 한 시간씩 추적 관찰하며 행동특성을 관찰한 결과 이 나비는 흡밀 행동(absorb nectar from flowers), 습한 흙이나 돌에서 흡수하는 행동(absorb water from wet soil), 참억새 등 초본

류의 잎이나 줄기에 앉는 행동(settle on leaf of grass) 및 비행 행동(fly)의 네 가지 행동을 반복적으로 행함을 알 수 있었다. 그 중 비행행동은 나비가 관찰대상 행동들을 하는 도중 단순 이동에 쓰이는 행동들이 대부분이므로 비행행동의 횟수나 소요시간을 측정하지 않았다.

암수 구분 없이 행동적 특징을 정리하면, 비행 행동은 측정시간 동안 개체 당 평균 1,566.1±223.48초였으며, 잎에 앉는 행동은 평균 22.9회 반복하여 한 시간 동안 1,369.2±505.13초간 지속하였다. 흡수하는 행동은 평균 1.8회 반복해 한 시간 동안 670.2±401.56초간 지속하였고, 흡밀 행동은 평균 0.6회 취하였으며, 한 시간 동안 111.9±83.61초간 지속한 것으로 확인되었다. 가장 오랜 시간 동안 각 행동을 취한 개체의 지속 시간은 비행 행동의 경우 2,062초, 잎에 앉는 행동 2,302초, 흡수하는 행동 1,404초, 흡밀 행동 287초였으며, 흡밀과 흡수하는 행동을 취하지 않는 개체도 있었다. 1회당 각 행동 지속시간의 평균은 흡수하는 행동이 335.1초로 가장 길었으며, 한번 물을 흡수하기 시작할 경우 10분 이상 지속하는 모습도 자주 관찰되었다. 흡밀 행동은 102.6초였으며, 잎에 앉는 행동은 회당 59.8초로 확인되었다. 각 행동의 비율은 비행 행동이 43.5%로 가장 높았고, 잎에 앉는 행동이 38.0%인 것으로 확인되었으며, 흡수하는 행동은 16.8%, 흡밀 행동은 1.7%에 불과한 것으로 확인되었다(Table 1).

암수 구분하여 관찰한 경우, 암컷은 비행 행동이 한 시간 동안 개체 당 평균 1464.6±185.99초였으며, 잎에 앉는 행동은 평균 19.7회 반복하여 한 시간 동안 1825.9±232.49초간 지속하였다. 흡수하는 행동은 평균 1회로 한 시간 동안 305±192.98초간 지속하였고, 흡밀 행동은 평균 0.5회 취하였으며, 한 시간 동안 131±98.36초간

Table 1. The behavioral characteristics without distinction of male and female in *Leptalina unicolor*

	Fly	Settle on leaf of grass	Absorb water from wet soil	Absorb nectar from flowers
Total				
Number of times	-	458	36	12
Duration(sec.)	31,321	27,384	12,064	1,231
Avg. (SD)				
Number of times	-	22.9	1.8	0.6
Duration sec(±S.D.)	1,566.1(±223.48)	1,369.2(±505.13)	670.2(±401.56)	111.9(±83.61)
Rate of behavior(%)	43.5	38.0	16.8	1.7
Duration of a times(sec.)	-	59.8	335.1	102.6
Max.(sec.)	2,062	2,302	1,404	287
Min.(sec.)	1,162	710	0	0

Avg.; average of 20 individuals. Max.; maximum duration among 20 individuals, Min; minimum duration among 20 individuals.

지속한 것으로 확인되었다. 1회당 각 행동 지속 시간의 평균은 흡수하는 행동이 244.0초로 가장 길었고 흡밀 행동은 131.0초였으며, 잎에 앉는 행동은 회당 92.7초로 확인되었다. 가장 오랜 시간 동안 각 행동을 취한 개체의 지속시간은 비행 행동의 경우 1,749초, 잎에 앉는 행동 2,302초, 흡수하는 행동 542초, 흡밀 행동 287초였으며, 흡밀 행동과 흡수하는 행동을 취하지 않는 개체도 있었다.

수컷은 비행 행동이 한 시간 동안 개체당 평균 1667.5 ± 219.04초였으며, 잎에 앉는 행동은 평균 26.1회 반복하여 한 시간 동안 912.5 ± 145.29초 간 지속하였다. 흡수하는 행동은 평균 2.6회 반복해 한 시간 동안 962.4 ± 249.39초 간 지속하였고, 흡밀 행동은 평균 0.7회 취하였으며, 한 시간 동안 96 ± 74.65초 간 지속한 것으로 확인되었다. 1회당 각 행동의 지속 시간 평균은 흡수하는 행동이 370.2초로 가장 길었으며, 흡밀 행동은 82.3초였으며, 잎에 앉는 행동은 회당 35.0초로 확인되었다. 가장 오랜 시간 동안 각 행동을 취한 개체의 지속 시간은 비행 행동의 경우 2,062초, 잎에 앉는 행동 1,210초, 흡수하는 행동 1,404초, 흡밀 행동 223초였으며, 흡밀 행동을 취하지 않는 개체도 있었다. 행동 특성 연구에서 특징적으로 확인된 또 다른 점은 은줄팔랑나비 수컷의 흡수 행동 시간이 1시간 측정 시 평균 약 16분으로 행동 비율이 26.7%에 달하며 암컷의 6.8%에 비해 월등히 높았다는 것이다. 일반적으로 나비목 곤충은 이러한 흡수 행동을 통해 몸의 대사에 필요한 무기염류를 보충하며, 그 중 나트륨(sodium)이 생식(reproduction)에 매우 중요하게

활용되는 것으로 알려져 있다(Smedley and Eisner, 1996). 특히, 팔랑나비과에 속하는 *Thymelicus lineola*의 수컷은 물에서 얻은 나트륨을 정포(spermatophore)를 통해 암컷으로 보내게 되며, 이렇게 암컷으로 이전된 나트륨은 산란 수를 증가시키고 난의 질을 향상시키는 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Pivnick and Mcneil, 1987; Gullan and Cranston, 2005). 따라서, 수컷의 흡수 행동 비율이 암컷에 비해 4배가량 높았던 이번 연구의 특징적인 결과는 은줄팔랑나비의 생식에 있어서도 수컷이 물에서 얻은 나트륨이 중요하게 활용됨을 나타내는 것으로 사료된다(Table 2).

각 행동에 대한 흡수 비율은 수컷의 경우 비행 행동이 46.3%로 가장 높았고, 잎에 앉는 행동이 25.3%인 것으로 확인되었으며, 흡수하는 행동은 26.7%로 잎에 앉는 행동보다 다소 비율이 높았으며, 흡밀 행동은 1.6%인 것으로 확인되었다. 회당 행동 지속 시간은 흡수하는 행동은 암컷이 수컷에 비해 짧았으며, 잎에 앉는 행동은 수컷보다 긴 것으로 나타났다. 암컷은 비행 행동의 비율이 가장 높았던 수컷과 달리 잎에 앉는 행동이 50.7%로 가장 높았고, 비행 행동이 40.7%, 흡수하는 행동은 6.8%로 수컷에 비해 비율이 낮았으며, 흡밀 행동은 1.8%인 것으로 확인되었다. 이처럼 성별로 가장 빈번한 행동이 수컷에서는 비행 행동, 암컷에서는 잎에 앉는 행동으로 나누어지는 이유는 나비의 수컷은 영양원이나 암컷 쪽으로 이주하는 반면 암컷은 산란에 적합한 장소로 이주한다는 보고(Konvička and Kuras, 1999)와 관련이 있는 것으로 생각된다(Fig. 2).

Table 2. The behavioral characteristics with distinction of female and [male] in *Leptalina unicolor*

Female[Male]		Fly	Settle on leaf of grass	Absorb water from wet soil	Absorb nectar from flowers
Total	Number of times	-	197[261]	10[26]	5[7]
	Duration (sec.)	14,646[16,675]	18,259[9,125]	2,440[9,624]	655[576]
Avg. (SD)	Number of times	-	19.7[26.1]	1[2.6]	0.5[0.7]
	Duration sec(±S.D.) Female	1,464.6(185.99)	1,825.9(232.49)	305(192.98)	131(±98.36)
	Duration sec(±S.D.) Male	1667.5(±219.04)	912.5(±145.29)	962.4(±249.39)	96.0(±74.65)
Rate of behavior %		40.7[46.3]	50.7[25.3]	6.8[26.7]	1.8[1.6]
Duration of a times (sec.)		-	92.7[35.0]	244[370.2]	131[82.3]
Max.(sec.)		1,749[2,062]	2,302[1,210]	542[1,404]	287[223]
Min.(sec.)		1,162[1,365]	1,487[710]	0[568]	0[0]

Avg.; average of 10 individuals for each sex. Max.; maximum duration among 10 individuals, Min; minimum duration among 10 individuals.

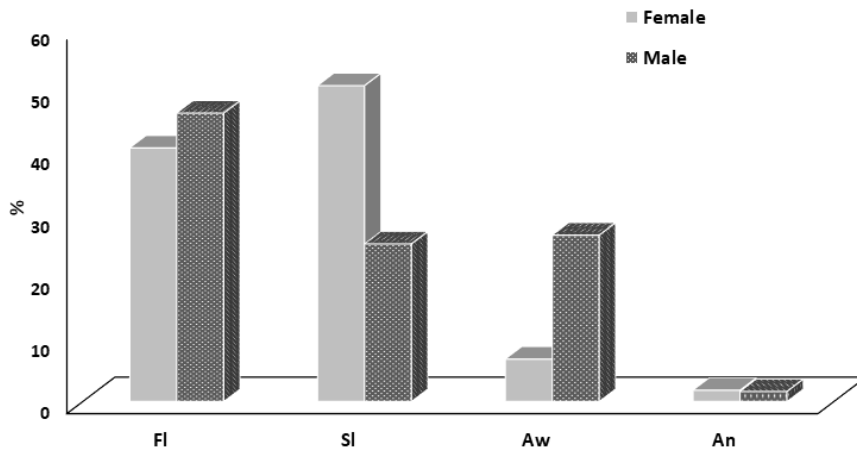


Fig. 2. The behavioral rate of male and female *Leptalina unicolor*. FI; fly, SI; settle on leaf of grass, Aw; absorb water from wet soil, An; absorb nectar from flowers.

암컷과 수컷 간의 행동특성별 지속시간 차이가 유의미한지를 파악하기 위해 독립표본 *t*-test를 실시한 결과, 흡수하는 행동의 경우 *t*값(*t*-value)이 5.573이고 유의확률(*p*-value) 0.000으로 통계적으로 매우 유의한 차이라고 할 수 있다. 앞에 앉는 행동은 *t*값이 -9.588이고 유의확률이 0.000으로 역시 매우 유의한 차이라고 할 수 있다. 비행 행동의 경우도 *t*값이 2.639이고 유의확률이 0.27이므로 유의한 차이라고 할 수 있다. 그러나 흡밀 행동은 *t*값이 -0.454이고 유의확률이 0.662로 암컷과 수컷의 지속시간에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않

았다.

3.2. 일일 행동반경

일일행동반경에 대한 정보를 얻기 위해 서식지 내 3개 지점에서 반경 5 m 이내의 범위에 대하여 은줄팔랑나비의 성충을 대상으로 조사하였으며 A1 지점에서 22개체(♀5개체, ♂17), A2에서 23개체(♀4, ♂19), A3에서 17개체(♀5, ♂12)로 총 62개체(♀14, ♂48)를 포획하였다. 포획된 나비는 날개에 에나멜로 표지 후 방사하였고(Fig. 1), 약 6시간이 경과한 후 재포획하였으며, 최초 표지된

Table 3. Scope of activity during one day of *Leptalina unicolor* by mark and recapture method

Individual of each site		Number of mark and release	Number of recapture	Average travel distance (m)
A1	Female	5	2	30.5
	Male	17	3	50.3
A2	Female	4	1	22.0
	Male	19	4	48.0
A3	Female	5	1	27.0
	Male	12	2	38.5
Total	Female	14	4	27.5
	Male	48	9	46.7

개체 중 13개체(♀4, ♂9)가 재포획 되었다. 재포획된 개체의 평균 이동거리는 암컷 27.5 m, 수컷 46.7 m로 나타났다(Table 3). 이러한 결과를 토대로 암수 일일행동반경을 각 각 산출하였으며 암컷의 일일행동반경은 11.2~3.8 m(95% 신뢰수준), 수컷은 21.4~57.6 m(95% 신뢰수준)를 나타냈다.

재포획된 개체를 확인한 결과, A1지점에서 방사된 수컷 2개체가 A2 경계부분의 참억새 군락에서 발견되었으며, 그 외 재포획 개체는 모두 방사된 조사범위 내에서 확인되어 개체군 간 이동이 제한적이었음을 알 수 있다. (Fig. 3). 그러므로 현지조사에서 확인된 분포지역 간 이격거리와 이들의 행동반경을 연관해 보면 재약산 일대 은줄팔랑나비 서식지는 조각화 또는 단편화 되고 있음을 알 수 있다.

3.3. 식지 보전방안

이번 연구에서 확인된 은줄팔랑나비의 생태적 정보는 이 종의 보전을 위한 핵심적인 내용이라 할 수 있으며, 이러한 정보를 토대로 서식지 보전 방안을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 은줄팔랑나비의 먹이식물인 참억새(*Miscanthus sinensis*) 군락을 유지하여야 한다. 은줄팔랑나비의 먹이식물이 참억새라는 사실은 실험을 통해 확인된 바 있으며(Hong et al., 2016), 이 식물은 먹이식물과 은신처로 이 나비의 생존에 필수적이다. 참억새 잎은 은줄팔랑나비의 먹이 공급원일 뿐만 아니라 산란장소를 제공하고 유충과 성충의 은신처를 제공하기 때문에 서식지 내 개체군의 유지를 위해서는 참억새 군락의 유지가 필수적이라고 할 수 있다. 은줄팔랑나비 날개 뒷면의 독특한 무늬

는 진화과정에서 천적으로부터 자신을 보호하기 위한 방법의 하나로, 먹이식물인 참억새와 날개의 무늬를 유사하게 변화시킨 것으로 생각된다.

둘째, 은줄팔랑나비 서식지의 조각화 또는 단편화의 원인이 되는 목본식물을 관리하여야 한다. 생태계에서 자연적 천이 과정이 초본류에 이은 양수림-음수림의 이입과 성장을 보이는 것을 고려할 때 재약산 일대는 참억새 군락의 면적이 점차 감소하고 주변의 소나무, 신갈나무 등이 확산될 가능성이 높다고 할 수 있다. 이는 서식지의 조각화를 가속시켜 이곳에서의 은줄팔랑나비 절멸을 가져오는 원인이 될 수 있다. 따라서 은줄팔랑나비의 주요 서식지역으로 목본류의 이입 방지가 필요하다. 또한 2014년 은줄팔랑나비가 새롭게 출현한 지역이 있으므로 개체군의 확산 및 복원을 위해서는 불연속적인 참억새 군락을 인위적으로 이어주는 사업도 필요할 것으로 보인다.

세 번째, 물을 흡수하는 행동의 비율이 높은 은줄팔랑나비 특성으로 고려했을 때 습원을 유지하여야 한다. 물은 은줄팔랑나비의 생식에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 보이며, 충분한 수분의 공급을 통해 암컷의 산란 수 증가 및 개체군 유지에 도움을 줄 수 있을 것으로 추측된다. 따라서 다양한 습원을 포함하고 있는 습지의 지속 보전 또한 은줄팔랑나비의 안정적인 서식에 필수적인 요소인 것으로 여겨진다.

이상과 같은 원 서식지의 보전방안을 고려하여 개체의 증식 및 방사를 통한 대체서식지의 조성이 가능하며, 재약산 사자평 일대와 유사한 환경 조건을 가진 산지습지가 후보지역이 될 수 있다. 산지 습지에 은줄팔랑나비의 서식지를 조성하기 위해서는 흡수 행동이 가능한

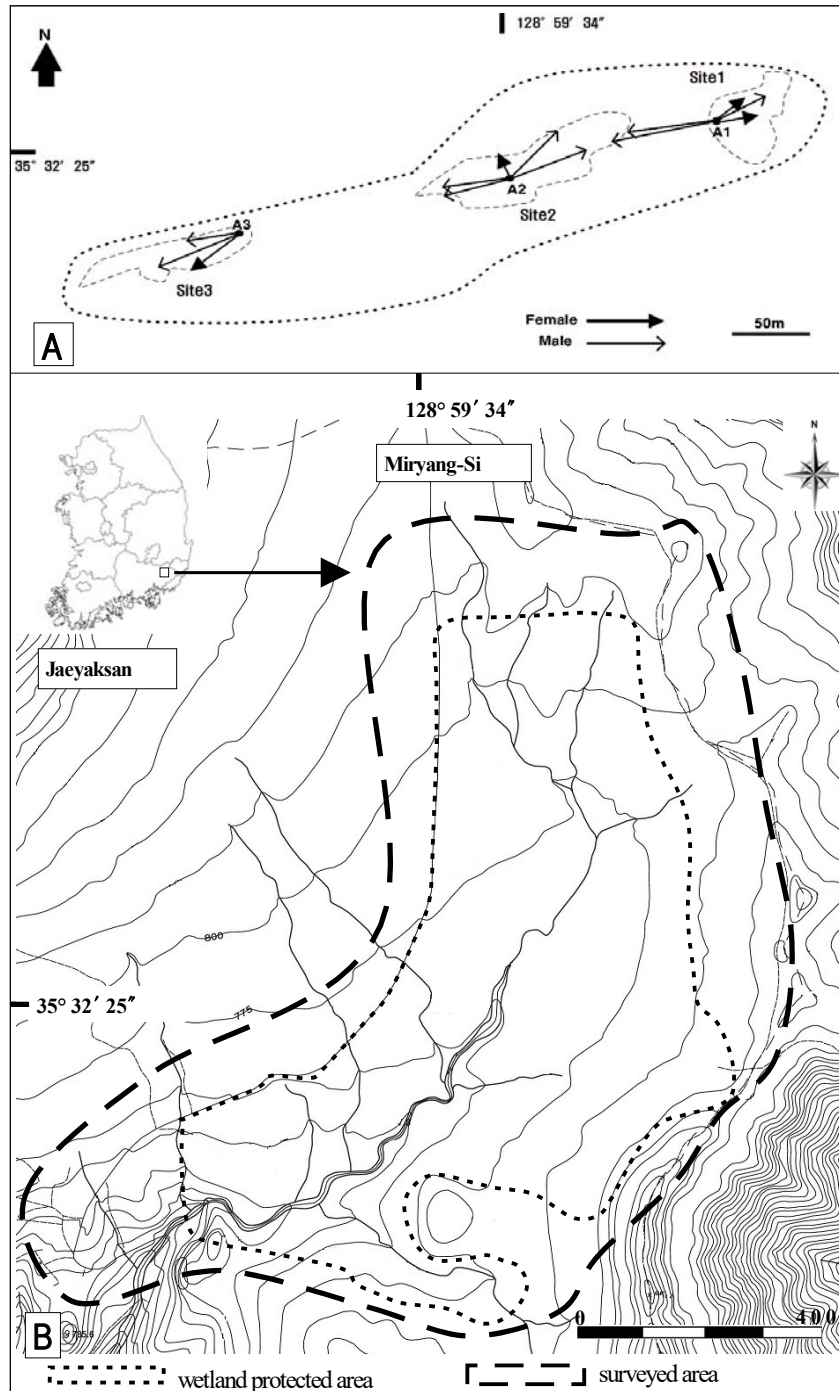


Fig. 3. Movement among populations in *Leptalina unicolor*. Outer dotted line shows the range of the habitat. Sites 1~3; distribution area of *Leptalina unicolor*, ●; mark and release point (A). Surveyed area of *Leptalina unicolor* at Jaeyaksan (B).

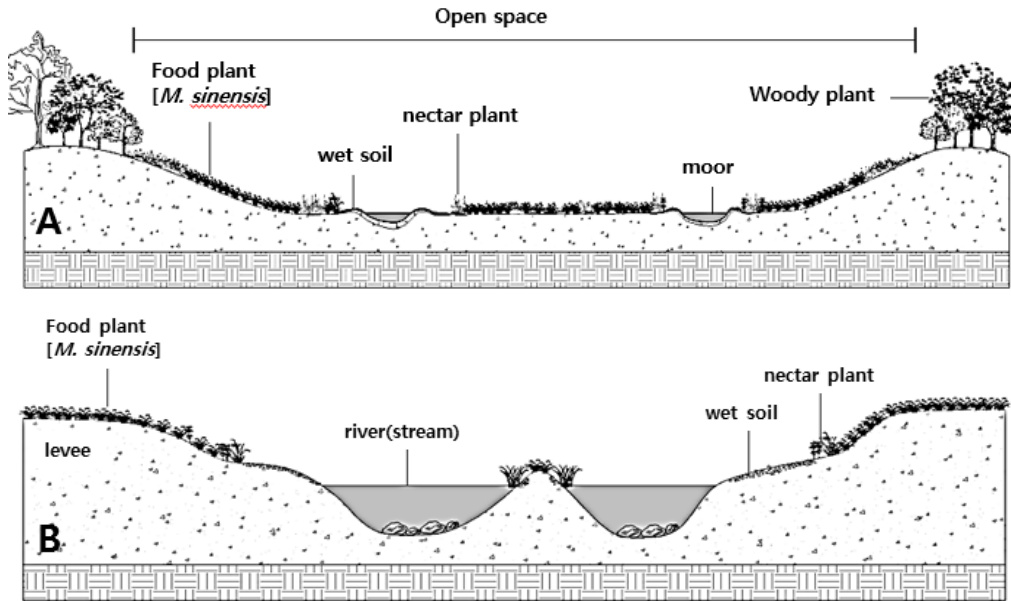


Fig. 4. The schematic cross-sectional view of the habitat for restoration of *Leptalina unicolor*. A; alternative habitat in a mountain wetland, B; alternative habitat on the river bank.

습원과 함께 성체의 행동반경을 고려하여 최소 60 m 이상 연속된 침역새 군락의 조성이 필요할 것으로 판단된다(Fig. 4A). 나비 개체의 방사 이후 목본류의 관리가 적절하게 이루어진다면 신규 서식지로 기능을 할 수 있을 것으로 보인다. 먹이식물인 침역새는 일본의 경우에도 산지 뿐만 아니라 저지대 하천의 제방에도 분포하여 저지대에도 은줄팔랑나비가 서식하고 있다(Inoue, 2003)는 사실을 고려할 때, 국내의 하천 변에도 이 종의 서식지 조성이 가능할 것으로 여겨진다. 이 때 침역새 분포지는 산지 습지의 경우와 마찬가지로 군락을 형성하도록 조성되어야 하며, 하천과 침역새 군락의 경계에는 흡수 행동이 가능하도록 수분을 함유할 수 있는 흙이나 모래로 구성된 지역이 일정부분 필요할 것이다(Fig. 4B). 그리고 개체 방사 이후에는 일반적으로 하천변에서 실시되는 정기적인 예초 등 초본류 제거작업은 유충의 먹이활동과 월동 개체 유지 등에 영향을 미칠 수 있으므로 배제되어야 할 것으로 판단된다. 서식지 조성에 필요한 흡밀식물은 재약산 일대에서 은줄팔랑나비가 흡밀에 이용하는 식물이 고려되어야 할 것이며, 그 중으로는 봄형의 경우 쥐오줌풀 (*Valeriana fauriei*), 큰구슬봉이(*Gentiana zollingeri*),

조팝나무(*Spiraea prunifolia*), 국수나무(*Stephanandra incisa*), 여름형은 용담(*Gentiana scabra*), 쑥부쟁이(*Aster yomena*), 참취(*Aster scaber*) 등이 있다(Fig. 4).

본 연구의 대상인 은줄팔랑나비는 현재 우리나라에서 멸종의 위협에 처해 있는 종이다. 이는 재약산 일대에서 2012년부터 3년간 확인된 은줄팔랑나비가 778개체이며, 표지-재포획법(Mark and recapture method)을 이용한 개체수 추정 결과에서도 연간 최소 495개체, 최대 3,500개체를 넘지 않는 수준에 불과하다는 점(Hong et al., 2019)과 최근 우리나라에서 은줄팔랑나비가 확인되는 것으로 보고된 지역의 상황이 Ministry of Environment(2012b)에서 발행한 적색자료집에서 확인되는 바와 같이 분포 면적이나 개체군의 크기가 재약산 일대에 비교했을 때와 크게 다르지 않다는 것을 알 수 있다. 이러한 점은 은줄팔랑나비의 보전을 위한 대책 마련이 매우 시급함을 증명하는 것으로 국내에 서식하는 은줄팔랑나비에 대해 최초로 실시된 이번 연구의 결과가 이 종의 지속 보전을 위한 기초자료가 되고, 현재보다 개체군이 더욱 감소하여 증식 및 방사를 통한 복원의 필요성에 있을 때 중요한 자료로 활용되기를 기대한다. 아울러,

본 연구에서의 방법을 토대로 한 장기적인 모니터링과 연구가 지속될 경우 개체군 동태와 특성 등에 대한 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

4. 결론

재약산의 정상부 보호지역에 서식하는 한국산 은줄팔랑나비 개체군의 보전을 위해 이들의 행동양식과 이동에 관한 생태적 정보를 제공하고, 포괄적 정보를 기반으로 한 대체서식지 조성 등 서식지 보전방안을 제안하고자 한다. 행동연구는 나비의 날개에 에나멜로 포지하여 방사 후 재포획하는 방법을 사용하였다. 성충의 행동은 흡밀행동, 흡수행동, 식물에 앉는 행동, 비행 등 4가지 패턴으로 나타났다. 행동 지속시간을 암수 구분 없이 고려했을 때 비행 행동의 비율이 가장 높았고, 그 다음으로 앞에 앉는 행동, 흡수행동, 흡밀행동의 순으로 나타났다. 암수를 구분하여 고려했을 때는 암수 모두 전체적으로 비행 행동의 비율이 가장 높았으나 수컷의 비행행동 비율이 약간 더 높았고 지속시간에서는 암컷은 앞에 앉는 행동을, 수컷은 흡수하는 행동을 더 오래 지속하였다. 이것은 암컷이 산란장소 탐색을 위해 앞에 앉는 시간이 가장 길고, 수컷은 정포형성과 암컷에게 전달할 미네랄을 위해 흡수행동을 길게 하는 것이 원인인 것으로 생각된다. 재포획에 의해 밝혀진 나비 성충의 평균이동거리는 암컷 27.5 m, 수컷 46.7 m로 나타났으며 일일 행동반경은 각각 11.2~43.8 m(95% C. L.) 21.4~57.6 m(95% C. L.)로 나타났다. 이러한 이동정보로부터 재약산의 은줄팔랑나비 개체군 사이의 이동은 제한적이어서 이 나비 서식지의 단편화가 진행되고 있다는 사실을 알 수 있었다. 생태정보를 기반으로 은줄팔랑나비 서식지 보전방안을 제시하였으며 그 중 핵심적인 부분은 먹이식물인 참억새군락을 유지하여야 한다는 것인데, 이를 위해서는 현재 서식지내에서 참억새군락과 경쟁하고 있는 소나무나 신갈나무와 같은 목본식물을 적절하게 관리하여야 한다. 그리고 물을 흡수행동의 비율이 높은 이 나비의 행동특성으로 고려했을 때 습원을 유지하여야 하는데, 습원유지는 암컷의 산란수 증가를 통한 개체군유지에 중요한 서식지보전방안이 될 것이다.

REFERENCES

- Beaumont, L. J., Hughes, L., 2002, Potential changes in the distribution of latitudinally restricted Australian butterfly species in response to climate change, *Glob Chang Biol.*, 8, 954-971.
- Bitton, G., 1994, *Wastewater microbiology*, 1st ed., Wiley-Liss Inc., New York, 254-260.
- Chiba, H., 2007, *Iconographia insectorum japonicorum colore naturali edita*, Hokuryukan Co. Ltd., Japan, 130-144.
- Fukuda, H., 2005, *Lepidoptera: Insect Larvae of Japan*, Gakken, Japan, 114-179.
- Gullan, P. J., Cranston, P. S., 2005, *The insects: an outline of entomology*, Blackwell Publishing Ltd, USA, 1-624.
- Hong, S. J., Yoon, C. S., Cheong, S. W., 2019, Distribution characteristics in the habitat of *Leptalina unicolor* population, *J. Environ. Sci. Int.*, 28, 1123-1131.
- Hong, S. J., Yoon, C. S., Kim, H. G., Cheong, S. W., 2016, Life cycle and breeding information of *Leptalina unicolor* from Korea (Lepidoptera; Hesperidae), *J. Environ. Sci. Int.*, 25, 1633-1641.
- Inoue, T., 2003, Butterfly fauna in and near the Ogawa forest reserve, *Bulletin of FFPRI*, 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), *Entomol. Sci.*, 15, 180-188.
- Konvička, M., Kuras, T., 1999, Population structure, behaviour and selection of oviposition site of an endangered butterfly, *Parnassius mnemosyne*, in *Litovelské Pomoravi, Czech Republic*, *J. Insect Conserv.*, 3, 211-223.
- Mano, T., Fujii, H., 2009, *Decline and Conservation of Butterflies and Moths in Japan IV*, The Lepidopterological Society of Japan, Tokyo, 107-265.
- Ministry of Environment, 2012a, *Conservation, Utilization, and Restoration Plan of Saja-pyeong Wetland of Jaeyaksan Mountain. Nakdong River Basin Environ. Office, Korea*, 1-257.
- Ministry of Environment, 2012b, *Red data book of endangered insects in Korea I. Nat. Inst. Biol. Res., Korea*, 1-178.
- Parnesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J. H.,

- Thomas, C. D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaur, T., Tennent, W. J., Thomas, J. A., Warren, M., 1999, Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associates with regional warming, *Nature*, 399, 579-583.
- Pivnick, K. A., Mcneil, J. N., 1987, Puddling in butterflies: sodium affects reproductive success in *Thymelicus lineola*, *Physiol. Entomol.*, 12, 461-472.
- Sam, E., Nigel, B., Caroline, B., 2012, Landscape-scale conservation for butterflies and moths: lessons from the UK, *Btterfly Conservation Northern Ireland*, UK, 3-95.
- Smedley, S. R., Eisner, T., 1996, Sodium: a male moth's gift to its offspring. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 93, 809-813.
- Tsukiyama, H., Chiba, H., Fujioka, T., 1997, *Japanese Butterflies and Their Relatives in the World I*, Shuppan Geijyutsu Sha, Japan, 31-138.
- Tuzov, V. K., 1997, *Guide to the butterflies of Russia and adjacent territories (Lepidoptera, Rhopalocera)*, Pensoft Pub., Russia, 1-580.
-
- Researcher. Sung-Jin Hong
Nakdong River Basin Environmental Office
s2228j@daum.net
 - Researcher. Hyoung-Gon Kim
Miryang City Hall
khg1879@nate.com
 - Researcher. Chun-Sik Yoon
Department of Biology & Chemistry, Changwon National University
biobiyo@hanmail.net
 - Professor. Seon-Woo Cheong
Department of Biology & Chemistry, Changwon National University
swcheong@changwon.ac.kr