Original article KOREAN JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY

한국응용곤충학회지
Korean J. Appl. Entomol. 60(4): 423-429 (2021)
DOI: https://doi.org/10.5656/KSAE.2021.11.0.050

ⓒ The Korean Society of Applied Entomology
pISSN 1225-0171, eISSN 2287-545X

멸종위기종 두점박이사슴벌레의 실내 증식을 위한 산란 특성 연구

고경훈 · 김동순[1,2]*

제주자연생태공원, [1]제주대학교 생명자원과학대학(SARI), [2]제주대학교 아열대생명과학연구소

A Study on the Ovipositional Characteristics of Endangered Species *Prosopocoilus astacoides blanchardi* (Coleoptera: Lucanidae) for Indoor Mass-rearing

Gyeong Hun Ko and Dong-Soon Kim[1,2]*

Jeju Nature Park, Jeju 63630, Korea
[1]Major of Plant Resources Science and Environment, College of Agriculture & Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
[2]The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

ABSTRACT: The ovipositional characteristics of the endangered species *Prosopocoilus astacoides blanchardi* was investigated for indoor mass-rearing. This insect required 3 weeks or more for mating after emergence when introduced at the 1:1 ratio of male to female. Among temperatures studied at 16, 20, 24, 28, and 32°C, the pre-ovipositional period of *P. astacoides blanchardi* was longest at 16°C with an average of 109 days after emergence, while it was shortest at 32°C with an average of 59.4 days. The number of eggs laid at 24°C was highest with an average of 40.6 per female. The average lifespan of adults at 16°C was 208.8 days for males and 263.9 days for females, while at 32°C 96.1 days for males and 130.3 days for females. The number of laid eggs was dependent on insect rearing chamber size. The oviposition-trees did not significantly ($P > 0.05$) affect the number of laid eggs and ovipositional period. The results of this study could be used as rearing data for the restoration and mass propagation of the endangered species *P. astacoides blanchardi*.

Key words: Endangered species, *Prosopocoilus astacoides blanchardi*, Artificial proliferation, Oviposition, Longevity

초 록: 본 연구는 멸종위기종 두점박이사슴벌레의 인공 증식을 위한 산란 특성을 구명하기 위해 수행되었다. 우화 후 3개월이 지난 두점박이사슴벌레 성충은 암수 비율이 1: 1 일 때 3주 이상의 교미 기간이 필요하다. 실험 처리온도 16, 20, 24, 28, 및 32°C 중에서 산란전기간은 16℃ 에서 우화 후 109일로 가장 길었으며, 32°C에서 우화 후 평균 59.4일로 가장 짧았다. 산란수는 24°C에서 암컷 한마리당 평균 40.6개로 가장 많았다. 성충의 평균 수명은 16°C에서 수컷 208.8일, 암컷 263.9일로 가장 길었으며, 32°C에서 수컷 96.1일, 암컷 130.3일로 가장 짧았다. 산란 용기 크기에 따른 두점박이사슴벌레의 산란수는 용기가 클수록 많았다. 사육 시 산란목 설치가 산란수와 산란기간에 크게 영향을 미치지 않았다. 본 연구의 결과는 멸종위기종 두점박이사슴벌레의 복원과 대량 증식을 위한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것이다.

검색어: 멸종위기종, 두점박이사슴벌레, 인공 증식, 산란, 수명

두점박이사슴벌레(*Prosopocoilus astacoides blanchardi* (Parry))는 사슴벌레과(Lucanidae) 톱사슴벌레속(*Prosopocoilus*)에 속하는 종으로 국내에서는 제주도에서만 서식하고 있으며, 지역적 격리로 인한 제한된 서식지와 서식환경의 변화, 남획의 우려로 인하여 멸종위기야생동식물 2급으로 지정되어 보호받고 있다(SCH, 2011). 사슴벌레과에는 전 세계적으로 약 천여 종이 분포하고 있으며(Mizunuma, 1994), 국내에서는 14종의 사슴벌레가 분포하고 있고(Kim, 2000), 이 중 두점박이사슴벌레가 속한 톱사슴벌레속(*Prosopocoilus*)의 경우 톱사슴벌레(*Prosopocoilus inclinatus*)와 두점박이사슴벌레 총 2종이 있다(Kim, 2010). 두점박이사슴벌레 그룹은 같은 종 계열에서도 대

***Corresponding author:** dongsoonkim@jejunu.ac.kr
Received October 30 2021; **Revised** November 15 2021
Accepted November 17 2021

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.

만과 동남아시아 등에 분포하며, 국내에서는 1개의 아종이 서식하고 있다(Hao, 2011). 각 아종은 형태적, 색깔의 차이가 있으며, 이에 16S rRNA 염기서열 분석을 통한 아종간 계통분류학 연구가 이루어졌다(Kim, 2014).

국내 멸종위기 곤충에 대한 사육 연구는 서식지 외 보전기관 등 허가된 기관에서 허가된 종에 대해 제한적으로 연구가 진행되고 있다. 대표적으로 물장군의 연구가 가장 활발히 진행되어 기본적인 생태학적 연구(Jo, 2003)와 개체군의 형태적 특징(Kim et al., 2008), 그리고 서식지 내 분포 특성(Jeong et al., 2010)이 연구되어 현재 복원을 위한 사육이 진행되고 있으며(Bae, 2009), 애기뿔소똥구리의 실내 사육에 관한 연구(Bang et al., 2000), 붉은점모시나비의 분포정보와 서식지 복원에 관한 연구(Ko et al., 2004; Kim et al., 2011)도 활발하게 이루어지고 있다. 아직 인공 사육이 현실적으로 어려운 산굴뚝나비 등 일부 곤충의 분포와 개체군 동태(Kim et al., 2014a)와 같은 기초 서식지와 생태를 파악하여 차후 복원을 위한 연구를 지속하고 있다.

사슴벌레과에 대한 국내 사육 연구 사례 중 왕사슴벌레의 사육에 관한 연구된 것(Kim et al., 2004; Kim et al., 2014b) 외에 국내 종 사슴벌레에 관한 사육 연구가 체계적으로 이루어져 있지 않아 농장이나 민간에서 제시하고 있는 사육법(Sin, 2005)에 의존하고 있다. 산업적으로는 유용곤충산업에 대해 곤충산업 실태와 육성정책(Kim and Park, 2016)이 진행되고 있으나 보호를 위한 멸종위기 곤충에 한해서는 해당 종에 대한 보호방안(Lee et al., 1998)만 제시되고 있고, 복원을 위한 연구가 부족하며 국내 멸종위기종 복원 척도 개발 연구도 대형 식육목에 한정(Jeong and Hyun, 2021)되어 있다. 국내 멸종위기 동물 중 곤충에 해당하는 두점박이사슴벌레의 인공증식의 경우 같은 속에 포함된 톱사슴벌레와 제주도 내 같은 환경에서 서식 중인 넓적사슴벌레와 같은 사육 방식(Sin, 2005; RDA, 2016)으로 사육이 시도되고 있으며, 인공 증식에 성공한 사례가 있다. 그러나 두점박이사슴벌레의 종 사육 성공에 관한 기사는 종종 언급되고 있으나(Kim, 2010; Lim, 2012) 사육 특성에 대한 자료가 제시되지 않고 있으며, 이에 체계적인 인공 증식에 관한 연구가 이루어지지 않고 있다.

곤충의 인공 증식에서 가장 중요한 요소 중 하나는 산란에 성공하여 다음 세대를 생산하는 것이다. 곤충산업에서는 산란수가 후대 개체수에 비례하기 때문에 산업용 곤충의 경우 산란방법을 익히고 알을 저장하여 효율적으로 생산하는 방법(Kim et al., 2016; Kim et al., 2020)을 마련하고 있다. 따라서 본 연구에서는 생물학적 보존의 가치가 높은 국내 멸종위기야생동식물 중 하나인 두점박이사슴벌레를 복원하기 위한 기초 자료를 확보하기 위해 두점박이사슴벌레의 산란 특성을 조사한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시험곤충 확보 및 사육

시험곤충인 두점박이사슴벌레는 2019년 9월 25일 해당종의 서식지 외 보전기관인 제주테크노파크 생물종다양성연구소에서 넓적사슴벌레 사육방법(RDA, 2016)으로 인공 증식된 암, 수 각각 2쌍을 분양받았으며, 이들 사이에서 나온 2세대와 3세대 성충을 활용하여 시험을 진행하였다. 시험곤충은 온도 24°C, 습도 70%, 및 광주기 16:8(L:D) 조건의 항온기(DS-8CL; Dasol Scientific CO., LTD., Seoul)에서 사육하였다. 시험에 사용한 발효톱밥은 경북 포항시에서 곤충사육농가에서 생참나무류와 표고버섯 폐목을 각각 48%씩 1 mm로 분쇄하여 체로 거르고 사슴벌레 유충 영양소 4%를 섞어 부숙하여 만든 톱밥(Insect fermentation sawdust; Poongierang, Pohang)을 구입 후 70%의 수분량을 맞춰 시험에 활용하였다. 모든 시험구에는 성충의 개체수와 동일한 개수의 곤충 먹이용 젤리를 급여하였으며, 주 2회씩 젤리를 교체하였다. 또한 시험곤충이 뒤집혀서 발생하는 스트레스로 인한 폐사를 방지하기 위하여 참나무껍질을 군데군데 올려두었으며, 수분 유지와 개미, 파리 등 잡충 유입을 방지하기 위해 부직포 소재의 방충 시트(Insect Breeding Sheet; Petco, Incheon)를 덮고 사육장 뚜껑을 씌웠다.

교미 기간 및 성비에 따른 산란수 조사

시험곤충의 교미 기간을 파악하기 위하여 플라스틱 곤충 사육용기(31L × 19D × 18H cm)에 수컷과 암컷을 각각 1: 1, 2: 1, 및 1: 2의 비율로 넣어 두었고, 합방 기간에 따른 교미율 및 산란 특성을 조사하였다. 위 시험은 국내 왕사슴벌레 교미 및 산란 행동 시험과 동일한 방법(Kim et al., 2004)으로 수행하였으며, 성비에 따른 산란율을 조사하기 위하여 1, 2, 3, 및 4주 기간 동안 암수를 함께 넣어 두고 교미를 유도한 후 암컷만 분리하여 30일간 산란수를 조사하였다. 산란은 발효톱밥을 3 cm마다 지름 5 cm의 플라스틱 톱밥 프레스기로 압축하여 총 15 cm 높이로 채운 후 톱밥 산란을 유도하였다. 각 시험구당 8개(8반복)의 사육용기를 배치하였고, 해당 시험곤충의 경우 성적 성숙기간이 알려지지 않았으므로 같은 속에 속하는 톱사슴벌레의 대중적인 사육정보를 인용하여(Sin, 2005) 개별 사육하여 성충으로 우화 후 90일이 지난 개체들 중 휴면기간이 끝나고 먹이활동을 위한 후식이 확인된 암컷을 사용하였으며, 대조군은 수컷과 암

컷 1: 1비율의 개체를 4주의 기간과 산란 기간 내내 분리하지 않고 합방한 채로 산란을 유도시켰다.

온도별 성충의 산란전기간, 산란수 및 수명 조사

산란전기를 확인하기 위하여 앞의 시험과 동일한 곤충 사육용기와 발효톱밥에 개별 사육되어 성충으로 우화 후 30일이 경과한 개체 중 먹이활동을 위한 후식이 확인된 암컷을 사용하였으며, 같은 조건의 수컷을 1:1 성비로 한쌍 씩 넣었다. 산란여부와 산란 수는 1주일 간격으로 사육용기를 엎어서 톱밥 속 알을 확인 후 재설치하는 방법으로 확인하였고, 성충의 생존 여부를 파악하여 수명이 끝날 때까지 시험을 진행하였다(Kwon, 2017). 성충의 수명은 우화 후 30일과 시험기간을 포함하였으며, 시험구는 16, 20 24, 28, 및 32°C 온도에 처리하였으며 각 시험구당 10개(10반복)의 사육용기를 배치하였다.

사육용기 크기에 따른 산란수 조사

사육용기의 크기에 따른 산란수를 조사하기 위해 온도 24°C, 습도 70%, 및 광주기 16:8(L:D) 조건에서 수행되었다. 사육용기는 3종류(31L × 19D × 18H cm, 51L × 35D × 20H cm, 및 51L × 35D × 29H cm)로 구분하였고, 각각 5세트씩 설치 후 각각 우화 후 1개월령 중 후식이 확인된 시험곤충을 암수 1: 1 성비로 5쌍씩을 투입하여 1개월마다 알을 수거 후 재설치하였고 총 5개월간의 세 시험구의 산란수를 확인하였다.

산란목의 존재 여부에 따른 산란기간, 산란수 및 성충 수명 조사

산란목이 산란시기 및 산란수에 끼치는 영향을 조사하기 위하여 온도 24°C, 습도 70%, 및 광주기 16:8(L:D) 조건에서 플라스틱 곤충 사육용기(31L × 19D × 18H cm)에 산란목 1개를 발효톱밥 안에 넣어 톱밥 프레스기로 단단하게 톱밥을 묻은 채로 밖으로 노출되지 않게 하였고, 1주일 간격으로 산란목을 교체하는 방식으로 산란수를 확인하였다. 시험곤충은 우화 후 1개월령 중 후식이 확인된 시험곤충 암수 각각 1쌍씩 투입하였으며, 시험구는 각각 10개(10반복)씩 처리하였다. 시험에 사용된 산란목은 지름 15 cm, 높이 20 cm의 표고버섯 재배로 활용된 상수리나무 폐목을 24시간 물에 침전 후 12시간 그늘진 곳에서 건조하여 사용하였다.

분석 방법

본 연구는 각 시험별 조건의 따른 시험곤충의 산란수를 중점으로 두었으므로 각 시험의 변인에 따른 산란수의 평균을 계산하여 분석을 실시하였으며, 통계적 유의성이 있는 경우(유의수준 5%) 평균간 비교는 Turkey 검정을 적용하여 분석하였다(SAS Institute, 2013). 산란목 여부에 따른 차이는 *t*-검정을 적용하였다.

결 과

교미 및 산란 행동 조사

수컷 대 암컷의 비율이 1: 1 시험구의 경우 1주일간 합방을 한 시험구에서 전체 75%인 6개체가 산란하지 않았고, 2주일간 교미를 유도한 시험구에서는 25%인 2개체가 산란하지 않았으며, 나머지 시험구에서는 모두 산란을 확인하였다(Table 1). 2주일 이상 교미를 유도한 시험구에서는 모두 비슷한 수치를 보여주었으며, 1주일간의 교미를 유도한 시험구와 유의한 차이를 보였다(df = 4, $F = 9.76$, $P < 0.0001$). 수컷 대 암컷의 비율이 2: 1 시험구의 경우 1주일간 교미를 한 시험구에서 전체의 50%인 4개체가 산란하지 않았고 2주일간 교미를 유도한 시험구에서는 전체 12.5%인 1개체, 이 외 시험구에서는 모두 산란하였다. 그러나, 각 시험구 사이에는 통계적 차이는 없었다(df = 4, $F = 2.56$, $P = 0.0559$). 수컷 대 암컷의 비율이 1: 2 시험구의

Table 1. Mean number of eggs laid by *Prosopocoilus astacoides blanchardi* on different coupling ratios (n = 8)

Coupling ratio (♂ : ♀)	Number of eggs laid after treatment (Mean±SE)				Control
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	
1 : 1	3.38(6)±2.21b[1]	7.88(2)±1.81ab	12.13(0)±0.55a	13.50(0)±0.73a	13.63(0)±1.02a
2 : 1	6.63(4)±2.58b	10.63(1)±1.74ab	11.88(0)±1.06ab	12.25(0)±1.06ab	13.25(0)±1.05a
1 : 2	2.88(6)±1.94c	8.63(3)±2.69bc	10.38(1)±1.67bc	15.88(0)±0.81ab	22.25(0)±1.81a

The values in parenthesis indicate the number of females that did not lay eggs.
[1]Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test ($P < 0.05$).

경우 1주일간 교미를 한 시험구에서는 전체 75%인 6개체가 산란하지 않았고, 2주일간 교미를 유도한 시험구에서는 전체 37.5%인 3개체가 산란하지 않았으며, 3주간 교미를 유도한 시험구에서도 1개체가 산란하지 않았다. 4주간 교미를 유도한 시험구에서는 모두 산란하였다. 각 시험구 내의 산란수는 모두 유의한 차이를 보여주었다(df = 4, F = 15.35, P < 0.0001).

온도별 성충의 산란전기간, 산란수, 및 수명 조사

성충으로 우화한 산란하기까지 필요한 산란전기간은 16°C에서 평균 109일, 20°C에서 83.2일, 24°C에서 66.4일, 28°C에서 61.4일, 및 32°C에서 59.4일이었다(Table 2). 16°C에서는 20°C에서와 유의한 차이로 산란전기간이 더 길었으며(df = 4, F = 87.43, P < 0.0001), 24°C 이상에서는 유의한 차이가 없었다(Table 2).

단일 암컷 개체당 평균 산란수는 16°C에서 11.7개, 20°C에서 29.1개, 24°C에서 40.6개, 28°C에서 39.8개, 및 32°C에서 23개였다(Table 2). 24°C와 28°C에서 산란수가 가장 많았으나 유의한 차이는 없었으며, 온도다 저온으로 내려갈수록 산란수가 줄었으며, 32°C에서도 산란수가 줄었다(Table 2; df = 9, F = 136.95, P < 0.0001).

각 온도별 암수 성충의 평균 수명은 수컷의 경우 16°C에서 208.8일, 20°C에서 164.6일, 24°C에서 141.4일, 28°C에서 126일, 및 32°C에서는 96일이었고, 암컷의 경우 16°C에서 263.9일, 20°C에서 219.3일, 24°C에서 178.4일, 28°C에서 155.4일, 및 32°C에서 130.3일로 조사되었다(Table 2). 조건에 따라 암컷의 수명이 수컷보다 최소 29.4일에서 최대 55.1일 더 긴 것으로 나타났다.

사육용기 크기에 따른 산란수 조사

크기가 다른 세가지 사육용기에서 5마리의 두점박이사슴벌레가 산란한 결과는 시험에 사용한 용기 중 제일 작은 사육용기(31L × 19D × 18H cm)에서 평균 91개, 중간크기의 사육용기(51L × 35D × 20H cm)기에서 평균 171개, 가장 큰 사육용기(51L × 35D × 29H cm)에서 평균 197개의 알을 낳아 사육용기가 클수록 산란수는 유의성 있게 많았다(Table 3; df = 2, F = 149.64, P < 0.0001).

산란목의 존재 여부에 따른 산란기간, 산란수 및 성충 수명 조사

24°C에서 발효톱밥만을 이용하여 산란을 받은 경우와 발효톱밥 안에 산란목을 설치하여 산란한 것과 비교하였을 때, 발효톱밥만을 이용한 시험구에서는 암컷 성충이 생존해 있는 22주 동안 6주차부터 11주차 때까지 6주간이 평균적으로 3개 이상의 알을 낳아 가장 많이 산란하는 시기였으며, 산란목을 이용한 시험구에서는 암컷 성충이 생존해 있는 20주 동안 5주차부터 9주차 때까지 1주일 앞선 5주간 동안 가장 많이 산란하는 시기였다(Fig. 1). 그러나 기간에 따른 두 시험구의 산란수를 비교하였을 때, 크게 유의하지는 않았다(df = 42, t = 0.26, P = 0.7947). 두 시험구의 산란수, 성충의 수명을 비교하였을 때(Table 4), 각 시험구의 총 산란수(df = 18, t = 0.38, P = 0.7080)와 수컷의 수명도 유의한 차이는 없었으나(df = 18, t = 1.37. P = 0.1878), 암컷의 수명은 유의한 차이를 보여 주었다(df = 18, t = 4.84, P < 0.0001).

Table 2. Pre-ovipositional period, number of laid eggs, and lifespan of *Prosopocoilus astacoides blanchardi* at different temperatures (n = 10)

Temperature (°C)		16	20	24	28	32
Pre-ovipositional period (Mean±SE, days)		109.0±2.57a[1]	83.2±2.8b	66.4±1.75c	61.4±1.64c	59.4±2.03c
No. of eggs laid (Mean±SE)		11.7±0.72d	29.1±0.82b	40.6±1.64a	39.8±0.8a	23.0±0.63c
Lifespan (Mean±SE, days)	Male	208.8±3.55a	164.6±5.26b	141.4±3.87c	126.0±3.77c	96.1±2.48d
	Female	263.9±2.17a	219.3±4.37b	178.4±2.38c	155.4±2.22d	130.3±2.77e

[1]Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test (P < 0.05).

Table 3. Number of eggs laid by five females of *Prosopocoilus astacoides blanchardi* on different size of insect rearing chamber (n = 5)

Insect rearing chamber size (L × D × H cm)	31 × 19 × 18	51 × 35 × 20	51 × 35 × 29
No. of eggs laid (Mean±SE)	95±2.61c[1]	171.6±2.38b	197.8±5.70a

[1]Means with same letters in a row are not significantly different by Tukey test (P < 0.05).

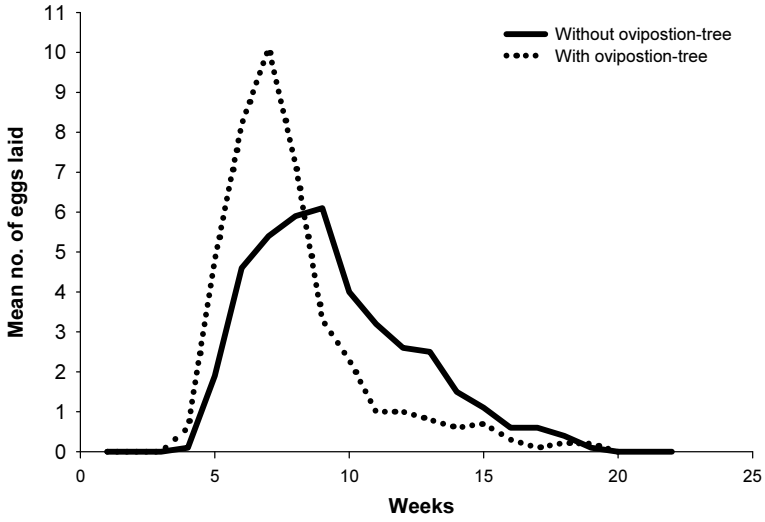

Fig. 1. Weekly ovipositional pattern of female *Prosopocoilus astacoides blanchardi* when provided with or without an oviposition-tree (substrate).

Table 4. Pre-ovipositional period and lifespan of *Prosopocoilus astacoides blanchardi* when provided with or without an oviposition-tree (substrate) (n = 10)

Treatment	Pre-ovipositional period (Mean±SE, days)	Lifespan (Mean±SE, days)	
		Male	Female
Without oviposition-tree	66.4±1.75ns[1]	141.4±3.87ns	178.4±2.38*
With oviposition-tree	62.2±1.14	135.3±2.21	162.1±2.39

[1]Two sample *t*-test: ns = not significant and * = significant at 5%.

고 찰

본 연구결과를 통해서 볼 때, 두점박이사슴벌레 인공 사육을 위한 최적의 산란조건은 생식 기능이 활성화되어 성적 성숙이 확인된 암컷과 같은 수의 수컷을 넣어 두어 최소 2주 이상 합방하여 교미를 유도하여야 하며, 안정적으로 산란을 유도하기 위해서는 3주 이상의 합방 기간을 두어야 한다. 수컷의 수가 암컷의 두배인 2: 1 성비일 때, 2주 이상 합방을 하였을 때 교미 확률이 높으나 암수 성비 1: 1과 대비해서 교미 유도 기간에 따른 산란수 차이가 크지 않기 때문에 수컷을 암컷보다 더 넣는 것은 효율이 떨어진다. 이는 수컷간의 경쟁으로 인한 체력 소모 등으로 인해 교미의 유도력이 떨어진 것으로 생각된다. 암컷의 수가 수컷의 두 배인 1: 2 성비일 때에는 4주 이상 교미를 유도해야만 충분한 산란량을 얻을 수 있는데, 이는 수컷이 두 마리 이상의 암컷과 충분한 교미를 하기 위해서는 4주 혹은 그 이상의 교미 기간이 필요한 것으로 추정된다. 즉 효율적으로 산란을 받기 위해서는 성비를 1: 1 비율로 배치하는 것이 시간적, 양적으로 가장 효율적이며 이는 다른 속의 사슴벌레에 관한 시험에서도 증명되었다(Kim et al., 2004). 하지만 두점박이사슴벌레가 속한 톱사슴벌레속에 해당하는 곤충들의 성적 성숙 기간에 관한 자료가 없어 앞으로 추가적인 조사가 필요할 것으로 본다.

두점박이사슴벌레의 암컷 수명이 먹이 부족과 기온변화 그리고 천적과 같은 변수를 제거한 상태로 16°C에서 평균 263.9일이었고, 온도가 올라갈수록 더욱 짧아졌기 때문에 야생에서의 수명은 더욱 짧을 것으로 예상된다. 또한 왕사슴벌레와 같이 다년간 생존(Kim et al., 2004) 이 되지 않기 때문에 산란을 받을 때는 온도에 따른 암컷의 수명을 고려하여 결정해야 할 것이다.

우화 후부터 산란전기는 24°C 이상 온도에서 가장 빠르며 최소 59.4일 최대 66.4일이 소요된다. 산란수도 20°C 이하 혹은 32°C 이상의 온도보다 24°C 와 28°C 사이에서 가장 많은 양을 산란하는 것으로 확인되었기 때문에 많은 산란을 받기 위해서는 해당 온도에서 산란을 유도하는 것이 좋다. 1주일마다 사육용기를 해체하고 재설치하여 새로운 산란 구간을 계속해서 제공하였기 때문에 본 시험의 산란양이 각 온도에서 얻을 수 있는 최대 산란수라고 추측할 수 있으나 산란용기를 해체할 때 성충이 받는 스트레스 등의 추가적인 요인이 있을 수 있다.

수명의 경우 16°C에서 32°C까지 대체적으로 온도가 올라갈수록 수명이 줄어드는 반비례 관계를 나타내었으며, 암컷이 수컷보다 수명이 길었다. 같은 산란수를 보여주더라도 28°C 보다는 24°C 온도에서 사육하는 것이 성충을 오래 살게 할 수 있으며, 28°C에서 산란을 받을 때 상대적으로 빨리 산란을 받을 수 있을 것이다.

또한, 산란을 받는 용기는 클수록 상대적으로 많은 양을 산란하였기 때문에 산란 공간이 산란수에 비례적으로 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구에서 가장 큰 사육용기의 산란수의 평균 수는 본 연구의 가장 작은 용기에서 단일 개체로 같은 온도 조건에서 받은 산란수와 비교하여 큰 차이가 없었기 때문에 해당 시험의 가장 큰 사육용기(51L × 35D × 29H cm)에 5마리 기준 각 개체별로 받을 수 있는 최대 산란수에 근접했다고 추측할 수 있으나 이보다 더 큰 사육용기를 사용하였을 경우에 산란량 증가의 요인이 될 수도 있을 것이다.

마지막으로 산란목 사용 여부에 따라 산란수의 절대량 차이는 크게 차이가 없었고, 암컷의 수명은 산란목을 사용하였을 때 상대적으로 줄어드는 모습을 보였는데 이는 산란공을 만들기 위한 암컷의 스트레스 등이 원인으로 추정되며, 이에 산란목의 강도에 따른 암컷의 수명 연구가 추가로 필요하다. 결과적으로 산란목을 사용하였을 때 더 짧은 시간에 많은 양을 산란한 것으로 보였지만 톱밥 산란을 할 때와 비교하여 큰 차이를 보이지 않았다. 이에 증식을 위한 산란을 목적으로 할 경우는 산란목을 사용하지 않고 발효톱밥만을 이용하여 산란을 받았을 때도 최대수치에 가까운 산란을 받을 수 있으며, 후에 산란목을 해체하는 작업을 하지 않아도 되기 때문에 시간과 인력을 절약할 수 있다.

본 연구는 철저하게 우화 후 성충의 수명과 산란만을 위한 시험을 진행하였기 때문에 알의 성숙도와 무정란의 유무를 전부 배제하였기 때문에 이후 난기간과 부화율을 알 수 없다. 또한 유충과 성충 사육에는 다른 조건이 필요할 수 있으므로 알, 유충, 및 성충 사육에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

Acknowledgments

Part of this study was conducted with research grants provided by Jeju Nature Park. We are grateful to Sustainable Agriculture Research Institute (SARI) in Jeju National University for providing the experimental facilities.

저자 직책 & 역할

고경훈: 제주자연생태공원, 연구원; 실험설계, 실험수행, 초고작성
김동순: 제주대, 교수; 자료분석, 원고작성

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

Bae, Y.J., 2009. Development of preservation, restoration, and propagation techniques on two endangered wetland insects, *Lethocerus deyrollei* and *Nannophya pygmaea*, in Korea. Ministry of Environment. Sejong, Korea.

Bang, H.S., Ma, Y.I., Hwang, S.J., Kim, J.I., 2000. Ecological characteristics of the dung beetle, *Copris tripartitus* Waterhouse (Coleoptera: Scarabaeidae) in indoor rearing. Entomol. Res. 30, 85-89.

Hao, H., 2011. Notes on *Prosopocoilus* Hope (Coleoptera: scarabaeoidea: Lucanidae) from China, with the description of two new species. Zootaxa 3126, 39-54.

Jeong, S.B., Oh, H.S., Jeon, H.S., Yang, G.S., Kim, W.T., 2010. Aquatic insects fauna and characteristics of distribution on Jeju Island wetlands. J. Wetl. Res. 12, 35-46.

Jeong, Y.I., Hyun, J.Y., 2021. Development and validation study of Korea's endangered species restoration awareness scale (K-ESRAS). Cul. Converg. 43, 795-814.

Jo, S.I., 2003. An Ecological study of the giant water bug (*Lethocerus deyrolli*) in Korea. MS. Thesis, Seoul Women's University. 32 p.

Kim, C.H., Lee, J.S., Chung, K., Park, K.T., 2004. Ecological characteristics of *Dorcus hopei* (E. Saunders) for the development of mass-rearing technique in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 43, 135-141.

Kim, C.S., 2010. Endangered *Prosopocoilus astacoides blanchardi* artificial proliferation successful. Yonhap News Agency. http://www.ksilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=292837 (accessed on 5 May, 2021).

Kim, D.S., Jo, Y.B., Kim, D.S., Lee, Y.D., Park, S.J., Ahn, N.H., 2014a. Distribution and population dynamics of Korean endangered species; *Hipparchia autonoe* (Lepidoptera: Nymphalidae) on Mt. Hallasan, Jeju Island, Korea, Jeju. Korea. J. Ecol. Field Biol. 28, 550-558.

Kim, D.S., Park, S.J., Shin, Y.K., Park, D.S., 2011. Habitat restoration initiative for endangered species *Parnassius bremeri* (Lepidoptera: Papilionidae) in Korea. J. Korean Inst. Landsc. Archit. 39, 98-109.

Kim, J.G., 2014. Phylogenetic study of the subspecies of *Prosopocoilus astacoides* (Coleoptera: Lucanidae) in south-east Asia

based on 16S rRNA gene sequence analyses. MS. Thesis, Chungnam National University. 48 p.

Kim, J.I., 2000. Economic insects of Korea 4. Scarabaeoidea I (Coleoptera). Insecta Koreana Supplement 11, 1.

Kim, S.E., Yoon, T.J., Kim, D.G., Jo, S.I., Bae, Y.J., 2008. Morphological characteristics between new-born and over-wintered populations of the giant water bug (*Lethocerus deyrollei*: Belostomatidae, Hemiptera). Appl. Entomol. 47, 111-115.

Kim, S.H., Kim, J.C., Lee, S.J., Kim, J.S., 2016. Establishment of optimal rearing conditions for the production of *Tenebrio molitor* Larvae. Korean J. Appl. Entomol. 55, 421-429.

Kim, S.I., 2010. Review of family Lucanidae (Insecta: Coleoptera) in Korea with the description of one new species. Entomol. Res. 40, 55-81.

Kim, S.K., Lee, S.H., Choi, J.H., 2014b. Standard breeding guidelines for *Dorcus hopei*. Gyeonggi-do. Korea. Korean J. Appl. Entomol. 55, 421-429

Kim, S.Y., Kim, D.I., Koo, H.Y., Kim, J.E., Kim, H.J., Lee, Y.B., Kim, J.S., Kim, H.H., Han, Y.S., Kim, Y.C., 2020. Storage conditions and oviposition methods for *Gryllus bimaculatus* (Gryllidae) eggs. Korean J. Appl. Entomol. 59, 133-138.

Kim, Y.J., Park, Y.G., 2016. The actual condition of the insect industry and the direction of the fostering policy. Agricultural Administration Focus No. 122, KREI. Naju. Korea 24 p.

Ko, M.S., Lee, J.S., Kim, C.H., Kim, S.S., Park, K.T., 2004. Distributional data and ecological characteristics of *Parnassius bremeri* Bremer in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 43, 7-14.

Kwon, S.H., 2017. A population model of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae): temperature-dependent development, oviposition and phenology modelling. PhD. Thesis. Jeju National University. 102 p.

Lee, S.D., Park, Y.H., Seo, J.S., 1998. Endangered wild fauna and flora protection measures (ii, insects, invertebrates) (eds.). KEI Research Report. KEI. Sejong. Korea 149-183

Lim, B.Y. 2012. Gangwon-do succeeded in artificial proliferation of endangered *Prosopocoilus astacoides blanchardi*. Gyeongsang Ilbo. https://news.naver.com/main/read.naver?mode=LSD&mid=sec&sid1=001&oid= 001&aid =0005454588 (accessed on 25 October, 2021).

Mizunuma, T., 1994. The lucanid beetles of the world. *In*: H. Fujita (ed). Mushi sha's iconographic series of insects I. Mushi-Sha, Tokyo. Japan.

RDA (Rural Development Administration), 2016. Rearing standards and specifications for beneficial insect (1). Human Culture Arirang, Seoul. Korea.

SAS Institute, 2013. SAS OnlineDoc®, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC.

SCH (Soonchunhyang Industry-Academic Cooperation Foundation), 2011. Intensive field survey and development of assessment techniques of red list category for endangered and rare inland invertebrates in the Korean peninsula. MOE (Ministry of Environment). Korea.

Sin, Y.H., 2005. Stag beetle and Rhino beetle breeding. Nexusbook. Paju. Korea.