

운문산반딧불이(*Luciola unmunsana*)의 서식지 특성과 먹이원에 관한 연구*
- 전주시 산성천을 대상으로 -

임현정¹⁾ · 김종만²⁾ · 정문선³⁾

¹⁾ 원광대학교 산림조경학과 강사 · ²⁾ 전라북도자연환경연수원 원장 ·

³⁾ 청주대학교 휴먼환경디자인학부 조경도시계획전공 교수

The study of habitat characteristics and
food sources of *Luciola unmunsana**

- A Case Study of Sansungcheon, Jeonju City -

Lim, Hyun-Jeong¹⁾ · Kim, Jong-Man²⁾ and Jeong, Moon-Sun³⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Landscape Architecture, Wonkwang University, Instructor,

²⁾ Jeollabuk-do Natural Environment Training Center, Director,

³⁾ Division of Human & Environmental Design, Major in Landscape Urban Planning, Cheongju University,
Professor.

ABSTRACT

This study aims to present primary data for habitat restoration and artificial breeding conditions of *L. unmunsana* by identifying the habitat conditions and the larvae's food sources. In order to investigate the habitat characteristics of the adult *L. unmunsana* and land snails, which are the primary food sources for the larvae, field surveys were conducted on a total of 10 habitats in south-central parts of Korea including Sanseongcheon, Jeonju. The results revealed that the *L. unmunsana* habitat in the Sanseongcheon area had a broadleaf forest with a multi-layered vegetation structure, adjacent water features, and the north/northeast/northwest slopes with little effect of artificial lighting. The adult *L. unmunsana* in the Sanseongcheon area appeared from the end of May to the end of June, and was especially intensively observed around the middle of June. The most active time was from 23:30 to 00:30 with a temperature range of 19~22°C and higher than 80% humidity. The peak count of the

* 본 논문은 2021년도 전북녹색환경지원센터의 연구사업비 지원을 받아 연구되었음 (Project No. 21-14-01-05-27)

First author : Lim, Hyun-Jeong Dept. of Environmental Landscape Architecture, Wonkwang University, Instructor,
Tel : +82-63-850-6824, E-mail : solsoli93@gmail.com

Corresponding author : Jeong, Moon-Sun, Division of Human & Environmental Design, Major in Landscape Urban Planning,
Cheongju University, Professor,

Tel : +82-43-229-8507, E-mail : jmoonsun@gmail.com

Received : 4 April, 2022. **Revised** : 31 May, 2022. **Accepted** : 7 June, 2022.

observed adults *L. unmunšana* was a total of 774 on June 11, 2021. In the case of land snails, 11 families and 23 species were observed in 10 habitats of *L. unmunšana*, and *Euphaedusa fusaniána* was the most extensive and the most observed in the five survey areas. The land snails of *L. unmunšana* habitats are mostly found under the organic layers of leaves and a fallen tree branch in broadleaf forests, where a thick organic material layer buffers temperature changes and provides high humidity for various snails. These habitat conditions are suitable for the larva of *L. unmunšana* and land snails to inhabit, feed, hide and hibernate.

Key Words : fireflies, land snails, *Luciola unmunšana* larva, habitat conditions, firefly habitat

I. 서 론

도시 생태계 회복의 깃대종 역할을 하고 있는 반딧불이는 서식지 손실, 빛 공해 및 살충제 사용 등에 따라 개체군 및 종의 지속성에 심각한 위협을 받고 있다(Lewis et al., 2020). Picchi et al.(2013)에 따르면 반딧불이 성충은 도시화에 따른 인공조명의 증가에 따라 개체수가 감소하는 경향을 보인다. 전 세계적으로 약 2000종에 달하는 반딧불이는 습지(예: 맹그로브 숲, 논, 습지, 사막 침투), 초원, 숲, 농경지 및 도시공원을 포함하여 생태학적으로 다양한 서식지에 분포하고 있다(Lewis et al., 2020). 반딧불이는 짧은 성충기간과 상대적으로 긴 유충 기간을 거치며(Lewis et al., 2021), 성충의 경우 이른 밤 시간에 주로 활동하고(Picchi et al., 2013) 일반적으로 먹이를 먹지 않는다(Reed et al., 2020; Lewis et al., 2021). 특히 육상 반딧불이 종의 암컷은 진흙, 낙엽 또는 이끼에 알을 낳고 유충은 토양 위나 아래에서 먹이를 사냥한다(Fu et al., 2012; Lewis et al., 2021). 반딧불이 종류에 따라 유충은 수생, 반수생 또는 육상 생활을 하고, 달팽이, 지렁이 및 기타 연체무척추동물을 포함한 부드러운 먹이를 선호한다(Day, 2011; Picchi et al., 2013; Reed et al., 2020; Lewis et al., 2020). 유충은 주로 먹이를 찾을 수 있는 숲과 산울타리와 같은 습한 환경의 토양 유기물층에 살기 때

문에 관찰이 어려운 것으로 파악되었다(Picchi et al., 2013).

국내의 경우 2000년대 초반부터 애반딧불이(*Luciola lateralis*), 늦반딧불이(*Pyrocoelia rufa*), 운문산반딧불이(*Luciola unmunšana*)의 생태학적 특성에 대한 연구가 수행되어 왔으나, 주로 애반딧불이에 대한 연구가 많다.

애반딧불이에 대한 연구로 Oh et al.(2009)는 성충의 최대 출현시간대(오후 9시 전후)와 최적 지온(23.4℃)을 파악하였다. Oh(2009)는 17개소 애반딧불이 서식지를 조사하여 총 4가지의 서식지 유형(재래식 계단식 논, 저수지 밑 논 주변, 논 주변의 농수로, 계곡 계류)을 구분하였다. Jang(2012)은 고도, 경사, 향, 수공간 인접성, 주변 토지이용 등의 서식 적합조건을 제시하였다. 또한 Lee et al.(2003)은 애반딧불이의 실내사육 조건으로 사육온도(23℃)와 우화 적합 온도(20℃:우화율 89.3%)를 파악하였다. Kim et al.(2008)은 실내사육을 통해 애반딧불이의 평균수명(수컷 평균 20~21일, 암컷 평균 17~18일)과 산란수(한 마리가 최대 469개)를 파악하였다. Kwon(2013)은 애반딧불이 유충이 성장함에 따라 먹이원의 크기가 먹이 선호도에 영향을 준다는 것을 밝혔다.

늦반딧불이에 대한 연구로 선호 서식지 조건 중 최대온도(30℃ 이하)와 평균습도(70% 이상)의 범위를 파악한 Kwon(2015)과 늦반딧불이 인

공사육조건과 유충의 먹이원인 명주달팽이의 서식특성을 파악한 Kim(2016)이 있다. 또한 Lee (2019)는 성충 출현시기(8월 하순~10월 중순), 유충 개체군 번성시기(8월 첫째 주~9월 넷째 주)와 명주달팽이의 서식조건을 파악하고 서식지 복원과 관리방안을 제시하였다.

운문산반딧불이 관련 연구로 Sim and Kwon (2000)은 고도가 높을수록 성충의 출현시기가 늦어지는 것을 파악하였고, Kim(2011)은 무주 일대 운문산반딧불이 성충의 출현시기 온도(18.2~23.7 °C)와 습도(63~68%)를 파악하였다. Jang et al. (2015)의 국내 운문산반딧불이 서식지 조사 결과에 의하면 완만한 경사, 서쪽 사면, 침활흔효림 또는 활엽수림 지역의 유기물층이 발달하고 지피식물 혹은 관목에 의한 토양 내 수분이 유지되는 환경에서 서식한다. 또한, 성충은 6~7월 평균온도가 20°C, 평균습도 80% 이상에서 출현하는 것으로 파악하였다. 또한 실내사육을 통해 운문산반딧불이의 생활사를 파악하였다. Kim et al.(2021)의 연구에서는 운문산 지역과 백두대간 동쪽 지역에서 출현하는 운문산반딧불이 개체군이 유전적으로 가장 가까운 것으로 나타났다.

멸종위기 야생생물 표준 복원 가이드라인 (ME and NIE, 2020)에 따르면 서식지 환경을 개선하는 데 있어 풍부한 먹이원과 서식공간의 확보가 중요한 요소로 제시되었다. 선행연구 결과, 애반딧불이와 늦반딧불이의 경우는 서식환경조건, 출현시기, 사육조건, 먹이원에 대한 연구자료가 축적되어 있어 서식지 개선과 복원에 적용이 가능하다. 하지만 운문산반딧불이의 서식지 환경조건 및 먹이원에 대한 연구는 부족한 실정이며, 특히 유충이 선호하는 서식환경조건, 긴 유충기간의 생존율을 높일 수 있는 먹이원의 종류, 또한 먹이원의 서식환경조건에 대한 연구가 미비하다. 따라서 본 연구의 목적은 산성천의 운문산반딧불이 서식지를 복원하고 개선하기 위하여 기초 생태정보와 인공증식을 위한 서

식조건을 제공하고자 한다. 이를 위해 첫째, 운문산반딧불이가 서식하고 있는 산성천 일대의 환경특성을 조사하고 둘째, 산성천을 포함한 국내 중부 이남의 운문산반딧불이 서식지를 대상으로 유충의 먹이원과 그 먹이원의 서식환경 특성을 분석하였다. 특히 서식지 내 유충의 주요 먹이원으로 알려진 육산달팽이류(land snails)의 종류와 출현지역의 환경특성을 파악하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상지

본 연구의 대상지는 전라북도 전주시 완산구 동서학동 산성천 일대로 유역면적 약 1.15km², 유로연장 2.78km이다(MOLIT-ISMA, 2019). 전주 한옥마을에 인접한 산성천은 전주천에 유입되는 계곡형 지류하천으로 하류구역은 주거밀집지역이며 중·상류구역은 산지와 경작지가 분포하고 있다. 2018년 운문산반딧불이가 발견된 이후 2019년도부터 전주생태하천협의회가 중심이 되어 산성천 운문산반딧불이에 대한 모니터링을 시작하였다. 따라서 본 연구는 운문산반딧불이의 성충이 주로 출현하는 산성천 일대의 중·상류구역을 대상으로 연구를 수행하였다(Figure 1). 또한 운문산반딧불이 유충의 먹이원 및 그 먹이원 서식지의 공통된 특성을 도출하기 위해 국내의 운문산반딧불이 출현지역을 추가로 조사하였

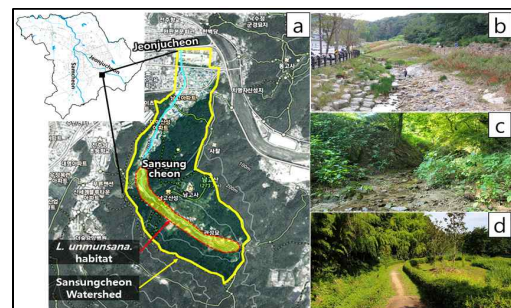


Figure 1. Study sites (a: Sansungcheon watershed and *L. unmunisana* habitat, b: Lower stream residential area, c: *L. unmunisana* habitat-stream, d: *L. unmunisana* habitat-trails)

다. 이중 서식지 현장조사가 용이한 중부 이남의 운문산반딧불이 서식지 총 9곳(제주도 청수리와 한남리, 충남 옥천, 전북 무주 가옥리와 용포리, 부산태종대, 거제자연휴양림, 거제 구천리, 지심도)을 조사하였다(Figure 2).

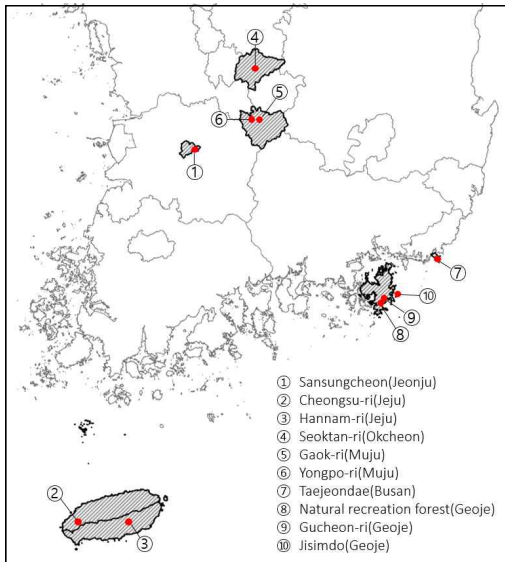


Figure 2. Field survey sites for land snail habitat

2. 조사방법

본 연구는 운문산반딧불이 서식지와 유충의 먹이원인 육산달팽이류 조사를 위해 사전예비조사, 현장조사, 종합분석을 수행하였다(Figure 3). 사전 예비조사단계에서는 전주시 산성천유역에 대한 자연환경조사분석과 2020년 수행한 운문산반딧불이 성충의 출현현황결과를 토대로 산성천 일대의 현황조사 대상지를 선정하였다. 또한 운문산반딧불이 유충의 먹이원 및 서식환경특성 파악을 위해 중부 이남의 운문산반딧불이 서식지 9곳을 선정하였다.

현장조사는 우선 산성천 일대를 중심으로 성충과 육산달팽이류의 서식현황 및 식생조사를 수행하고, 그 밖의 중부 이남의 운문산반딧불이 서식지를 대상으로 육산달팽이류의 종류와 서식환경을 조사하였다.

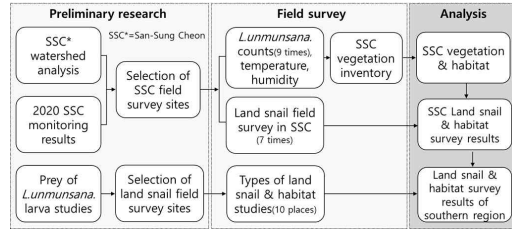


Figure 3. Field survey and analysis process

1) 사전 예비조사

운문산반딧불이와 육산달팽이류의 서식환경 특성을 파악하기 위해 산성천 및 그 외 서식지에 대한 사전예비조사를 수행하였다. 첫째로 산성천 유역의 자연환경분석을 위해 National Geographic Information Institute(2021)에서 제공하는 수치지도(1:5000)를 이용하여 표고, 경사, 향, 수계 분석을 수행하였다. 또한 임상도(Forest Geospatial Information Service, 2019)의 임상, 영급, 경급, 식생, 수관밀도와 토양도(National Spatial Information Portal, 2020)의 배수등급, 유효토심, 심토토양, 그리고 중분류토지피복도(Environmental Geographic Information Service, 2020)를 이용하여 유역의 토지이용현황을 파악하였다. 둘째로 2020년 전주생태하천협의회가 수행한 산성천 운문산반딧불이 모니터링 결과를 바탕으로 2021년 현장조사를 위한 조사구역, 조사기간 및 시간, 조사항목(온도, 습도) 등을 도출하였다. 셋째로 운문산반딧불이 유충 먹이원인 육산달팽이류의 종류와 서식 특성을 파악하기 위해 관련 문헌을 검토하고 현장조사대상지 선정을 위해 전문가의 자문을 받았다.

2) 현장조사

산성천 운문산반딧불이 성충의 조사시기를 결정하기 위하여 우선 2020년 모니터링 자료를 검토하였고 6월 초부터 100개체 이상이 출현하는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 2021년도에는 5월 22일부터 사전현장방문을 실시하여 성충 개체수 조사시기를 결정하였다. 조사기간은

2021년 5월 31일부터 6월 21일까지이며 2~3일 간격으로 총 9회 실시하였고 조사시간은 22시 30분부터 00시 30분까지 이루어졌다.

조사구역은 사전예비조사에서 파악된 성충의 주요 출현지역인 들락날락 두더지숲(숯놀이터)과 상류구간의 산책로를 대상으로 하였다. 들락날락 두더지숲 일대는 최근 성충의 출현 개체수가 증가하고 있으며 숲의 경사지와 평지가 이어진 곳이다. 산성천을 따라 조성된 상류구간의 산책로는 2020년 성충이 다수 관찰되었으며 삼경사를 시작으로 하여 관성묘까지의 구간이 해당된다. 이 구간에는 산성천을 중심으로 좌측에 산지와 산책로, 우측에 휴경지가 위치하고 있다 (Figure 4).

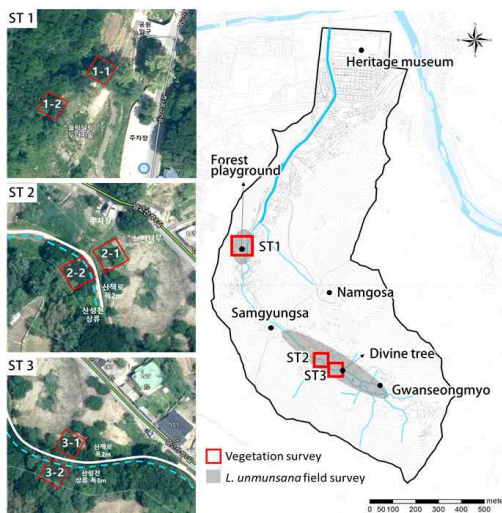


Figure 4. Field survey sites for *L.unmunšana* count and vegetation

식생조사는 운문산반딧불이 성충의 출현개체수가 지속적으로 높게 나타난 3개 지점을 대상으로 2021년 7월 28일에 수행하였다(Figure 4). 각 지점마다 2개의 방형구(10m*10m)를 설정하여 모든 관속식물의 출현종을 기록하고 식물분류와 동정은 대한식물도감(Lee, 2014), 원색한국기준식물도감(Lee, 1996)을 참조하였다.

식물상 조사항목으로 교목과 아교목은 DBH,

수고, 수관폭, 식피율(%), 관목은 수고, 수관폭, 지피식물은 피복율(%)를 조사하였다. 식물투영도는 0.5m 단위간격의 눈금종이를 활용하여 작성하였고, 현장사진은 전경, 좌우측면, 정면, 상세사진을 촬영하였다. 식생조사 제1지점(ST1)의 들락날락 두더지숲 방형구는 경사지와 평지로 구분하였고, 2지점(ST2)과 3지점(ST3)의 방형구는 숲과 휴경지로 구분하였다.

육산달팽이류 현장조사는 육안조사와 낙엽샘플링 채집을 이용하였다. 육안조사는 약한 비가 내린 후이거나 저녁에 1시간 동안 나무기둥, 낙엽 및 지면에 닿은 쓰러진 나무와 낙엽층 아래, 바위 근처, 수로 주변의 초지를 중심으로 실시하였다. 낙엽샘플링 채집은 육안조사에서 육산달팽이류 관찰이 용이하지 않을 시 추가로 수행하였다. 조사시기와 횟수는 연구의 주요 대상지인 산성천의 경우 4월~10월에 7회, 제주도 청수리 곳자왈과 한남리는 5월과 10월에 2회, 충남 옥천은 5월 1회, 전북 무주 가옥리는 6월과 9월 2회, 무주 용포리 9월 1회, 부산태종대 7월에 1회, 거제자연휴양림, 거제 구천리, 지심도는 10월에 1회씩 실시하였다. 현장조사에서 관찰된 육산달팽이류는 한국패류도감(Min et al., 2004)과 한국의 비해산 패류(Lee and Min, 2019)를 참고하여 파악하였고, 그 결과는 다시 전문가에게 동정을 의뢰하여 검수하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 산성천 운문산반딧불이의 서식환경특성

1) 유역환경 분석결과

산성천 유역의 평균표고는 147m, 평균경사 35.9%이며, 운문산반딧불이가 출현하는 지역은 표고 80~160m에 분포하고 있으며 경사향은 북향/북동향에 해당한다(Figure5). 산성천 유역의 토지이용은 주로 산림(65.4%)이며, 하류는 주거지역, 중상류는 산지형계곡으로 자연녹지에 해당한다. 토양의 유효토심은 20~50cm(43.8%),

Table 1. Counting results of *L. unmunisana* at Sansungcheon

Time	Item	Date								
		5.31	6.2	6.4	6.7	6.9	6.11	6.14	6.16	6.21
22:30 ~ 23:00	Temp(°C)	19.3	22.2	19.7	20.0	23.1	22.0	22.5	19.7	21.5
	Hum(%)	66	61	52	82	82	83	83	86	69
	Count	21	72	34	68	48	143	93	98	14
23:00 ~ 23:30	Temp(°C)	19.1	20.0	16.4	19.3	22.1	20.3	20.8	19.1	20.8
	Hum(%)	67	69	61	89	88	92	92	88	73
	Count	25	69	33	90	93	232	102	72	13
23:30 ~ 24:00	Temp(°C)	17.6	22.4	15.1	19.6	21.8	20.1	21.5	18.9	21.0
	Hum(%)	72	64	73	87	87	93	91	89	72
	Count	39	132	28	146	138	237	129	32	20
24:00 ~ 00:30	Temp(°C)	18.8	19.5	14.3	19.2	21.5	19.6	20.7	19.0	22.5
	Hum(%)	65	73	73	89	85	95	94	89	66
	Count	53	125	48	151	198	162	181	25	31
Sum of Count		138	398	143	455	477	774	505	227	78

Temp=temperature, Hum=humidity

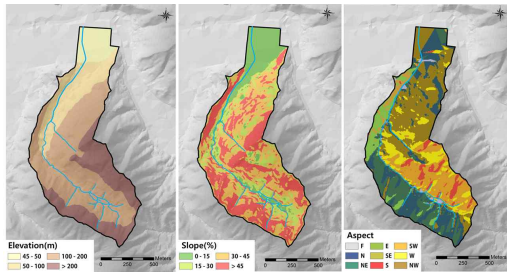


Figure 5. Terrain analysis

50cm 이상(51.5%)이 주로 분포하고 있으며 운문산반딧불이 출현지역은 20~50cm의 유효토심을 보인다. 생태자연도 1등급지역은 없으나 68.8%가 장차 보전가치가 있는 2등급 지역으로 나타났다(Figure 6).

임상도 분석결과, 유역면적의 50% 이상이 중경목, 31~40년생인 4등급으로 나타났다. 운문산반딧불이 출현지역도 이에 해당한다. 유역의 주요 수종은 상록침엽수림인 리기다소나무림과 소나무림이 31.4%(약 0.4km²), 기타활엽수가 23.4%(0.3 km²)를 차지하고 있으며 운문산반딧불이 출현지역은 기타활엽수림대에 위치하고 있다(Figure 7).

2) 성충 개체수 및 온도, 습도, 피크타임
산성천의 운문산반딧불이 성충의 출현 현황조사 결과, 9회 동안 총 3,195개체가 관찰되었고,

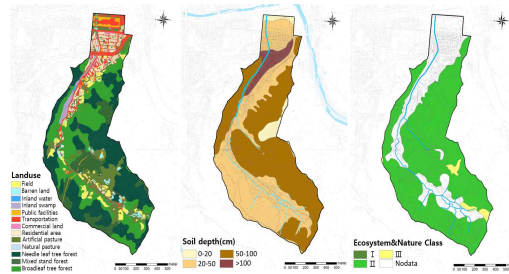


Figure 6. Landuse, soil depth, ecosystem & nature classes

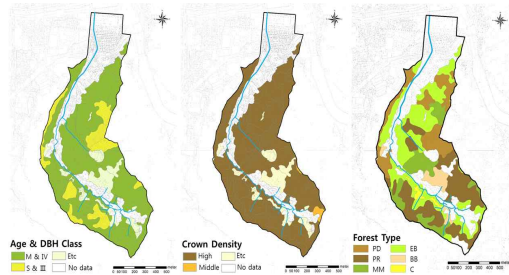


Figure 7. Forest type analysis

특히 6월 7일부터 6월 14일까지 집중적으로 출현하였다(4회 조사, 총 2211개체). 출현시간대는 밤 10시경부터 새벽 1시 정도까지였으며, 가장 왕성한 활동을 하는 시간대는 밤 11시 30분~12시 30분으로 이때의 온도는 19~22°C, 습도는 80% 이상으로 나타났다. 가장 많은 개체가 조사된 6월 11일에는 총 774개체가 조사되었고,

온도는 19.6~22.0℃, 습도는 83~95%로 나타났다. 6월 16일부터는 출현 개체가 급감하였고 6월 21일에는 100개체 이하가 조사되었다(Table 1, Figure 8).

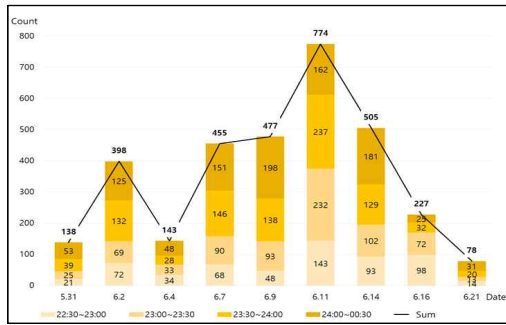


Figure 8. Field survey results of *L. unmunšana*

3) 식생현황 및 서식환경특성

6개의 방형구에 대한 식생현황 조사결과 (Table 2, Figure 9), 1지점인 들락날락 두더지숲의 2개 방형구(ST1-1, 1-2)는 표고 85~88m, 경사 30~50%, 동향으로 나타났다. 모두 돌과 나무더미가 있고 낙엽층(Oi), 발효층(Oe), 부식층(Oa)이 형성되어 있는 숲의 가장자리이며 식생은 다층구조로 구성되어 있다. ST1-1의 식물종

수는 총 32종이며 최상위층에 미루나무, 하부층 지피초화류로 환삼덩굴이 우점하고 있다. ST1-2는 총 28종이며 최상위층에 미루나무, 하부층 지피초화류로 개모시풀이 피복하고 있다.

2지점(ST2)은 산성천 상류의 산책로 구간으로 ST2-1은 표고 143m, 경사 10%, 서향으로 목밭이며 농수로가 위치하고 있다. 총 29종이 조사되었고 고마리와 억새가 약 70%의 피복율을 보이며 경계식재로 조팝나무가 식재되어 있다. ST2-2는 표고 135m, 경사 80%, 북서향으로 산성천과 숲의 가장자리에 해당한다. 총 46종이 조사되었고 최상위층에 느티나무 1주가 90%의 식피율을 보이며 산성천 계류를 따라 물봉선이 우점하고 있다.

3지점은 산성천 상류의 산책로 구간으로 ST3-1은 표고 143m, 경사 10%미만의 평지로 왕벚나무 군락과 농수로가 남아 있는 휴경지이다. 총 26종이 조사되었고 고마리가 우점하고 있으며 경계식재로 조팝나무가 식재되어 있다. ST3-2는 표고 143m, 경사 80%이상, 북향으로 산성천과 숲의 가장자리에 해당한다. 총 25종이 조사되었고 최상위층에 느티나무가 90%의 식피율을 보이며 산성천 계류를 따라 숲가장자리에는 낙엽층(Oi), 발

Table 2. Vegetation inventory of Sansungcheon area

ID	Terrain			Tree Height(m)			Dominant species by layers/Number of Species								Number of Species Total
	Elevation (m)	Slope (%)	Aspect	T1	T2	S	T1		T2		S		H		
							DS/DB H(cm)	No.S	DS/DB H(cm)	No.S	DS	No.S	DS/DB H(cm)	No.S	
ST1-1	85	30-40	E	13	10	1.5	PD(50)	3	CT(10)	3	CT	5	HJ	24	32
ST1-2	88	40-50	E	11	4	0.5	PD(50)	5	ZS(6)	3	CT	5	BP	18	28
ST2-1	143	10	W	10	6	1.2	RP(18)	1	RP(6)	1	SP	3	PT	26	29
ST2-2	135	≥80	NW	11	2	0.8	ZS(30)	2	LO	2	BM	10	IT	34	46
ST3-1	143	<10	Flat	8	4	1.2	PY(30)	2	PY(15)	1	SP	4	PT	20	26
ST3-2	144	≥80	N	12	6	0.8	ZS(100)	5	PB	4	HM	4	IT	14	25

BM : *Buxus microphylla* var. *koreana*, BP : *Boehmeria platanifolia*, CT : *Carpinus tschonoskii*, CT : *Clerodendron trichotomum*, HJ : *Humulus japonicus*, HM : *Hydrangea macrophylla*, IT : *Impatiens textori*, LO : *Ligustrum obtusifolium*, PB : *Phyllostachys bambusoides*, PD : *Populus deltoides*, PT : *Persicaria thunbergii*, PY : *Prunus yedoensis*, RP : *Robinia pseudoacacia*, SP : *piraea prunifolia*, ZS : *Zelkiva serrata*

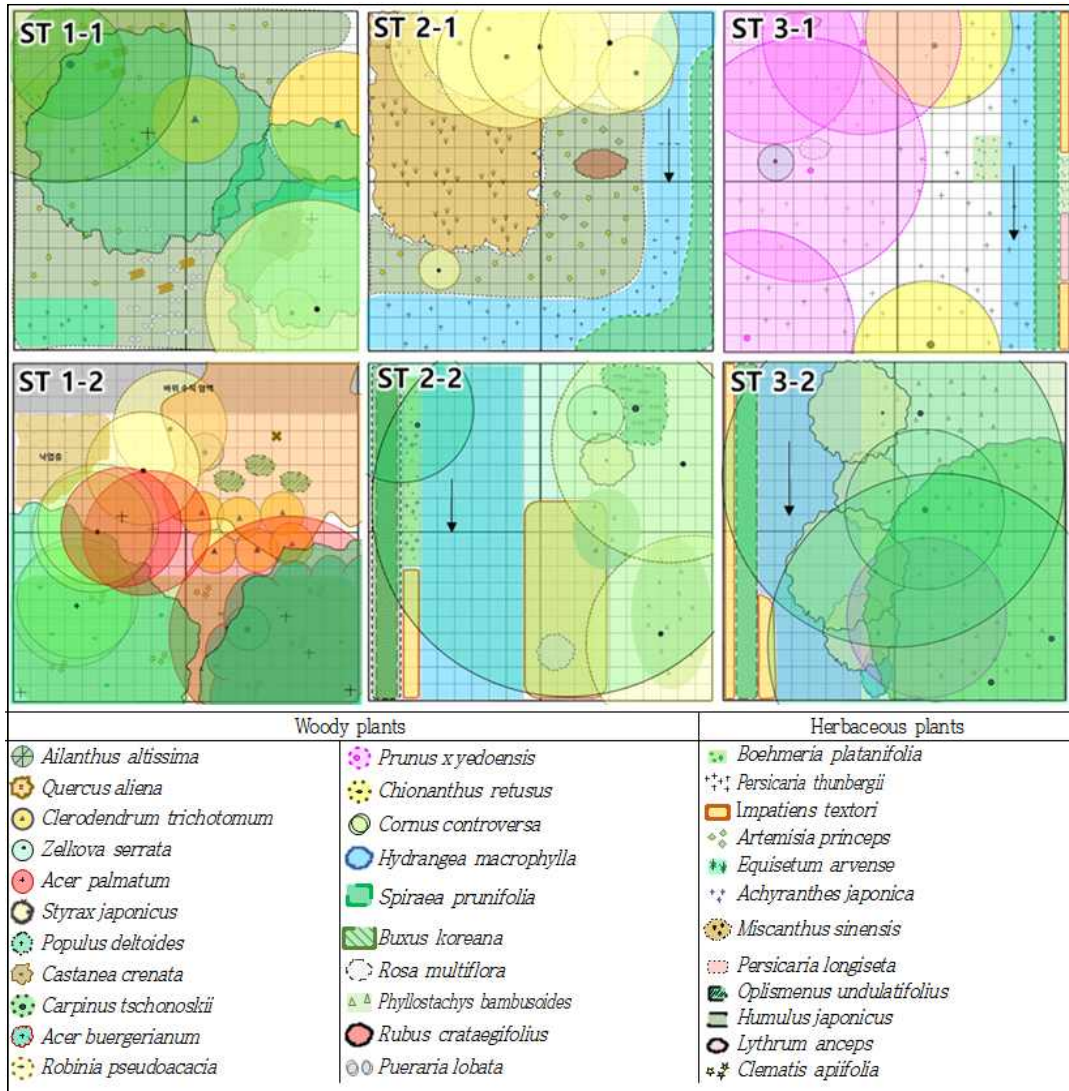


Figure 9. Vegetation inventory

효층(Oe), 부식층(Oa)이 형성되어 있다.

총 6개 방형구 중 4개는 숲의 가장자리로 다층 식생구조이며 낙엽활엽수가 주를 이루어 두꺼운 낙엽층과 그늘이 형성되어 있었다. 2개의 방형구는 농수로가 있는 휴경지로 고마리가 우점하며 일부 낙엽활엽교목이 군락을 형성하고 있다. 모든 방형구에서 다층식생구조에 의한 그늘과 낙엽층에 의해 습한 환경이 유지되어 육산달팽이류의 서식에 유리한 조건을 보였다.

2. 육산달팽이류의 서식환경특성

1) 산성천 일대의 육산달팽이류 서식환경특성

산성천 일대의 운문산반딧불이 서식지 내에서 현장조사를 통해 파악된 육산달팽이류는 총 7과 10종이었다(Table 3). 2021년 5월 21일 2차 조사에서는 꽃체배꼽달팽이와 피라미드배꼽달팽이 패각이 관찰되었고, 2021년 7월 9일 3차 조사에서는 꽃체배꼽달팽이, 대고둥, 깨알달팽이, 껌물우렁이, 명주달팽이 총 5종을 확인하였다.

2021년 8월~10월까지 총 4회 추가조사에서는

깨알달팽이, 꽃채배꼽달팽이, 민피라미드배꼽달팽이, 피라미드배꼽달팽이, 부산입술대고둥, 남방밤달팽이, 산우렁이 총 7종이 확인되었다. 특히 8월~10월까지의 추가조사시기는 운문산반딧불이 유충이 부화 후 먹이활동을 하는 중요한 시기이다.

육산달팽이류가 주로 관찰된 산성천 일대의 숲가장자리는 나무더미나 나무밑둥 주변에 부석이 진행 중인 두꺼운 낙엽층이 있는 곳으로 배꼽달팽이류 3종, 남방달팽이, 부산입술대고둥, 대고둥, 산우렁이, 깨알달팽이가 확인되었다. 휴경지의 경우 농수로 주변에서 잼물우렁이, 명주달팽이가 확인되었으며 숲과 연결된 민가 콘크리트 담장의 음지나 바위아래에서도 부산입술대고둥과 대고둥이 발견되었다(Figure 10).

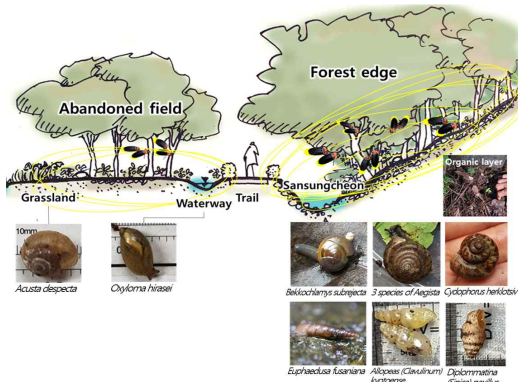


Figure 10. Characteristics of land snail habitat in Sansungcheon

2) 중부 이남 육산달팽이류 서식환경특성

운문산반딧불이 서식지 조사지역 총 10개소 중 전주시 산성천 일대(①)를 제외한 중부 이남 9개소에서는 Table 3에서 보는바와 같이 총10과 20종의 육산달팽이류가 관찰되었다. 운문산반딧불이 최대 서식지로 알려진 제주도 청수리 꽃자왈과 거제시 일운면 지심도에서는 달팽이 및 고둥류 9종의 출현이 확인되었다. 서식지내 육산달팽이류는 활엽수림대의 나무 밑둥과 쓰러져 있는 나무주변에서 주로 관찰되었다. 부산입

Table 3. Observed land snails in *L. unmunšana* habitat

Scientific Name	Survey site									
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Bradybaenidae										
<i>Aegista(Aegista) gottschei</i>	0									0
<i>Aegista(Aegista) pyramidata hebeides</i>	0									
<i>Aegista(Aegista) pyramidata</i>	0									
<i>Aegista(Plectotropis) quepartensis</i>	0									
<i>Nesiohelix samarangae</i>	0	0								0
<i>Euhadra dixonii</i>			0							
<i>Acusta despecta</i>	0				0	0				
Helixarionidae										
<i>Bekkiochlamys subrepta</i>	0					0				
<i>Discoconulus sinapidium</i>							0			
<i>Yamatichlamys lampra</i>		0								
<i>Bekkiochlamys quepartensis</i>	0	0								
Clausiliidae										
<i>Euphaedusa fusaniana</i>	0						0	0	0	0
unrecorded										0
Subulinidae										
<i>Allopeas(Clavulinum) kyotoense</i>	0						0			
Camaenidae										
<i>Satsuma myomphala</i>								0		
Succineidae										
<i>Oxytoma hirasei</i>	0									
Cyclophoridae										
<i>Cyclophorus herklotsi</i>	0	0					0	0	0	
<i>Cyclotus(Procyctotus) campanulatus</i>										0
<i>Platyrrhynchus quepartensis</i>	0						0			
Spirostomatidae										
<i>Spirostoma japonicum japonicum</i>	0	0					0			0
Diplommatinidae										
<i>Diplommatina(Sinica) paxillus</i>	0	0								0
Pupinidae										
<i>Pupinella(Pupinopsis) rufa</i>										0
Hydrocenidae										
<i>Georissa japonica</i>	0									
number of species	10	9	4	0	1	2	6	2	2	9

①Sansungcheon(Jeonju), ②Cheongsu-ri(Jeju), ③Hannam-ri(Jeju), ④Seoktan-ri(Okcheon), ⑤Gaok-ri(Muju), ⑥Yongpo-ri(Muju), ⑦Taejeondae(Busan), ⑧Natural recreation forest(Geoje), ⑨Gucheon-ri(Geoje), ⑩Jisimdo(Geoje)

Table 4. Habitat conditions of *L. unmunšana* and land snails (Sansungcheon and South-central regions of Korea)

Site	Elevation(m)	Soil Depth(cm)	Soil Texture	Slope (°)	Aspect	Water (Distance/m)	Adjacent landuse	Tree Age(yr)	Vegetation type	Crown density	Organic layer	AMT (°C)	AMP (mm)
①	80~160	20~50	Sandy Loam	0~20	N, NE	Stream (on-site)	Field, Mountain	31~40	Deciduous broadleaf	≥71%	Mature	13~14	1300~1400
②	100~200	30~60	Silt Loam	0~5	Flat	Coast	Mountain	31~40	Evergreen broadleaf	≥71%	Mature	15~16	1800~1900
③	300~400	30~90	Silt Loam	5~10	SE	Stream (on-site)	Experiment forest	31~40	Evergreen broadleaf	≥71%	Mature	16~16.6	1700~1800
④	100~200	30~60	Sandy Loam	25~30	N	Stream(20~150) River(600~1000)	Irrigated land	31~40	Other Oak	≥71%	Mature	11~12	1300~1400
⑤	200~300	30~60	Loam	5~10	NE, NW	Stream (20~100m)	Grassland	1~10 11~20	Deciduous broadleaf, Bush	≥71%	Mature	11~12	1300~1400
⑥	100~200	-	Sandy Loam	0~20	NW	Stream (adjacent)	Stream	-	Creeper	-	Weak	11~12	1300~1400
⑦	100~200	30~60	Silt Loam	10~15	SW	Coast(500m)	Mountain	51~60	Pine tree	≥71%	Mature	14~15	1500~1600
⑧	200~300	61	Silt Loam	20~30	NE	Check dam (200m내)	Mountain	41~50	Other broadleaf	≥71%	Mature	14~15	1700~1800
⑨	100	61	Loam	0~5	SW	Stream (600~1000m)	Field	31~40	Pine tree	≥71%	Mature	14~15	1800~1900
⑩	100	-	-	30~35	W	Coast(100m)	Mountain	41~50	Evergreen broadleaf, Pine tree	≥71%	Mature	14~15	1700~1800

①Sansungcheon(Jeonju), ②Cheongsu-ri(Jeju), ③Hannam-ri(Jeju), ④Seoktan-ri(Okcheon), ⑤Gaok-ri(Muju), ⑥Yongpo-ri(Muju), ⑦Taejeondae(Busan), ⑧Natural recreation forest(Geoje), ⑨Gucheon-ri(Geoje), ⑩Jisimdo(Geoje) *AMT: annual mean temperature, *AMP: annual mean precipitation

Source: www.kofpi.or.kr

솔대고동(*E. fusaniana*)과 산우렁이(*C. herklotsi*)는 조사지역 5개소에서 모두 관찰되었고, 특히 부산입술대고동은 조사지점에서 많은 개체수가 집중적으로 모여 있는 것이 관찰되었다.

운문산반딧불이 서식지 내의 육산달팽이류 서식환경은 Table 4와 같이 고도, 토양깊이, 토성, 경사, 향, 인접수공간, 주변 토지이용, 임상(수령, 수종, 울폐도), 유기물층, 연평균기온 및 강수량 등 총 13개 항목을 중심으로 그 특성을 파악하였다. 그 결과 육산달팽이류는 평지부터 산지에 이르기까지 다양하게 분포하였고 해발 고도의 범위 역시 다양하였다. 서식지의 토양깊이는 30~60cm 범위였으며, 토성은 양토, 사질양토, 미사질양토에 해당하였다. 경사도는 0~35° 범위이며, 특히 부분적으로 평탄하거나 완만한 구간이면서 토양깊이가 깊고 낙엽층이 두꺼운 곳에 집중적으로 달팽이류가 발견되었다.

조사한 서식지의 향과 인접 수공간의 특성을 파악한 결과, 상대적으로 일조량이 적은 북사면

이면서 수공간이 인접하여 높은 습도를 유지하는 것이 달팽이류의 서식에 유리한 것으로 판단된다. 또한 해양성 기후의 영향을 받아 높은 습도를 유지할 수 있는 제주도(②청수리, ③한남리), 부산(⑦태종대), 거제도(⑧자연휴양림, ⑨구천리) 역시 달팽이류의 서식에 유리한 것으로 판단된다.

서식지 주변 토지이용은 주로 산지, 산지에 접한 경작지, 하천 등이며, 서식지 임상특성은 수령 31년(4영급)이상, 울폐도 71% 이상을 보이는 활엽수림대로 나타났다. 특히 활엽수림대의 두껍게 발달된 낙엽층과 나뭇가지더미 아래의 버섯류 및 낙엽의 발효층(Oe)은 습도유지에 유리하며 달팽이류를 위한 다양한 먹이원을 공급할 수 있는 것으로 판단된다.

조사지역의 연평균 기온과 연평균 강수량의 경우, 내륙지역은 11~14°C, 1300~1400mm 내외, 제주도 및 거제도가 속한 남해 해양기후대의 경우 14~16.6°C, 1500~1900mm으로 구분되며 해

발고도와 함께 운문산반딧불이의 출현기간 및 시간에 영향을 줄 것으로 판단된다.

IV. 결 론

운문산반딧불이는 생애주기 중 대부분 시간을 유충으로 보내기 때문에 서식지 복원을 위해서는 다양한 먹이원의 확보와 먹이원의 서식환경을 개선하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 운문산반딧불이의 다양한 서식지에 대한 현장 조사를 실시하여 운문산반딧불이와 유충의 먹이원인 육산달팽이류의 서식환경 조건과 다양한 먹이원을 파악하였다.

산성천 일대에 운문산반딧불이가 출현하는 지역은 인공조명의 영향이 적은 중·상류 구간으로 나타났다. 환경적 특징은 북향/북동향/북서향의 사면이며 농수로가 흐르는 휴경지나 하천 인근의 다층식생구조의 활엽수림대를 가지고 있다. 특히 미루나무와 느티나무 등이 우점하는 숲 가장자리의 하부층에는 지피초화류, 돌무더기, 나뭇더미, 낙엽 등의 두꺼운 유기물층이 형성되어 있었다. Kim et al(2021)의 연구에서도 운문산반딧불이가 선호하는 서식처는 주변에 호수나 습한 계곡과 같이 수자원이 풍부한 숲 가장자리로 나타났다. 이것은 토양 유기물뿐만 아니라 습도가 서식지 선호도의 핵심 요소로 작용하고 있음을 의미한다.

산성천 일대의 운문산반딧불이 성충은 5월 말부터 6월 말까지 출현하고 특히 6월 중순경 집중적으로 관찰되었다. 왕성하게 활동하는 시간대는 23시 30분에서 00시 30분까지이며, 온도는 19~22℃, 습도는 80% 이상으로 나타났다. 성충 출현의 절정은 6월 11일 총 774개체로 나타났다. 또한, 산성천에서 운문산반딧불이가 주로 출현하는 지역의 고도는 200m 이하로 Sim and Kwon(2000)의 연구에 따르면 고도가 높아질수록 출현시기가 늦어지고 고도 200m 이하에서는 6월 초순에서 중순경에 성충의 출현이 절정에

이른다고 하였다. Kim et al(2021)의 연구에서는 성충이 일반적으로 5월 말에서 7월 중순까지 활동하며 서식지의 고도와 기후에 따라 출현 시기가 다른 것으로 나타났다.

운문산반딧불이 서식지 총 10개소에서 관찰된 육산달팽이류는 총 11과 23종이었다. 특히 산성천 일대의 경우 총 10종, 그 밖에 중부 이남의 서식지에서는 총 20종의 육산달팽이류가 관찰되었다. 운문산반딧불이 서식지 내 육산달팽이류가 집중적으로 관찰된 지역은 두꺼운 유기물층과 토양깊이 30~60cm 범위의 깊은 토심이 있어 달팽이를 위한 다양한 먹이원의 공급과 높은 습도가 유지되는 활엽수림대의 나무 밑동 및 쓰러져있는 나무 주변으로 나타났다. 이러한 환경조건은 운문산반딧불이 유충과 주요 먹이원인 육산달팽이류의 은신, 먹이활동, 동면 등 다양한 활동에 영향을 준다. 특히 급격한 온도변화의 완충 및 높은 습도가 유지될 수 있어 서식에 적합한 것으로 판단된다.

이와 같이 본 연구를 통해 파악된 운문산반딧불이와 유충의 먹이원인 육산달팽이류의 서식 특성과 환경조건은 향후 산성천에 운문산반딧불이 서식지 복원과 지속가능한 유지관리를 위한 기초자료를 제공할 수 있다. 또한, 환경정비 사업 및 개발사업 수행 시 교란 및 훼손을 최소화하고 서식지를 개선할 수 있는 전략 수립에 활용될 수 있다.

본 연구의 한계는 첫째 성충출현 개체수와 환경요인과의 상관관계를 통계적으로 밝히지 못한 점이다. 이는 자연 상태에서 성충의 출현개체수를 조사해서 성충의 출현에 영향을 미치는 환경요인에 대한 통제가 불가능하였기 때문이다. 따라서 향후 통제된 인공사육 실험환경 내에서 운문산반딧불이의 생애주기와 온도, 습도, 인공조명의 영향과 운문산반딧불이 유충 및 육산달팽이류의 다양한 선호 먹이원에 대한 추가 연구가 필요하다. 둘째 육산달팽이류는 자연 상태에서 육안으로 조사할 때 온도와 습도가 출현

에 영향을 주기 때문에 체계적이고 일관성 있는 조사에 한계가 있다. 따라서 향후 서식지 조사를 확대하고 조사 횟수 및 방법에 대한 추가연구가 필요하다.

References

- Day J. C. 2011. Parasites, predators and defence of fireflies and glow-worms. *Lampyrid*, 1, 70-102.
- Environmental Geographic Information Service. 2020. <https://egis.me.go.kr/map/map.do>
- Forest Geospatial Information Service. 2019. <https://map.forest.go.kr/forest>
- Fu X · Ballantyne L and Lambkin C. 2012. The external larval morphology of aquatic and terrestrial Luciolinae fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Zootaxa*, 3404, 1-34.
- Jang GS · Kim TS · Kwon GI · Lee JM · Kim AR · Hwang SH and Kim JH. 2015. Research on Ecological Restoration of *Luciola unmunsana*(3rd Year), Daegu Regional Environment Agency: Daegu, Korea. (in Korean)
- Jang GS. 2012. The Study on the introduction of fireflies in Daegu city and Gyeongbuk province, Daegu gyeongbuk development institute, pp 1-75. (in Korean)
- Kim HG · Kwon YJ and Suh SJ. 2008. Bionomical characteristics of *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) in mass breeding. *Journal of Life Science*, 18(12), 1728-1732. (in Korean with English summary)
- Kim IG. 2011. A study on the present conditions and efficient management of natural monuments (animals) habitats. Cultural Heritage Administration. (in Korean)
- Kim JM. 2016. A Study on ecological characteristics and method for habitat restoration of *Pyrocoelia rufâ*. A major thesis of Chungnam National University, 54-74. (in Korean with English summary)
- Kim TS · Kwon K and Jang GS. 2021. Variations in the Distribution and Genetic Relationships among *Luciola unmunsana* Populations in South Korea. *Land*, 10(7), 730.
- Kwon HM. 2013. Analysis of meta-population maintenance factors and restoration plan of Korean *Luciola lateralis* Motschulsky. A doctoral thesis of Andong University. 31-51.(in Korean with English summary)
- Kwon KI. 2015. The ecological and molecular-based study on the regional variation of the firefly, *Pyrocoelia rufâ*. A major thesis of Youngnam University, 51-52. (in Korean with English summary)
- Lee CB. 2014. Coloured flora of Korea. Hyangmunsa.(in Korean)
- Lee GY · Park SG and An GS. 2003. Habitat construction and proliferation of *Luciola lateralis*, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Service, Test research report. (in Korean) <https://ares.chungbuk.go.kr/home/sub.php?menukey=1183&mod=view&no=6576>
- Lee JS and Min DK. 2019. Non-Marine Mollusks of Korea. Bullsbook.(in Korean)
- Lee SH. 2019. A Study on Ecology and Sustainability of Daechoncheon *Lychnuris rupa*, Gwangju Green Environment Center. (in Korean)
- Lee WC. 1996. Primary Color Korean Standard Plant Encyclopedia. Academy books.(in Korean)
- Lewis SM · Wong CH · Owens A · Fallon C · Jepsen S · Thancharoen A and Reed JM.

2020. A global perspective on firefly extinction threats. *BioScience*, 70(2), 157-167.
- Lewis SM · Thancharoen A · Wong CH · López-Palafox T · Santos PV · Wu C and Reed JM. 2021. Firefly tourism: Advancing a global phenomenon toward a brighter future. *Conservation Science and Practice*, 3(5), e391.
- Min DK. 2004. Mollusks in Korea. Book publishing Korean Press.(in Korean)
- Ministry of Environment(ME) and National Institute of Ecology(NIE), 2020, Guideline for endangered species recovery.(in Korean) www.nie.re.kr/endangered_species/home/main/main.do
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport-Iksan Construction and Management Administration (MOLIT-ICMA). 2018. The river master plan(supplemented) report in Jeonjucheon area. (in Korean)
- National Geographic Information Institute. 2021. <http://map.ngii.go.kr>
- National Spatial Information Portal. 2020. <http://www.nsd.go.kr>
- Oh HS · Kang YK and Nam SH. 2009. Ecological characteristics of the Firefly, *Luciola lateralis*. *Korean J. Appl. Entomol*, 48(2), 198. (in Korean with English summary)
- Oh HS. 2009. A study on factors of environment on development and habitation of firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae). A doctoral thesis of Daejeon Univ, 66-67. (in Korean with English summary)
- Picchi MS · Avolio L · Azzani L · Brombin O and Camerini G. 2013. Fireflies and land use in an urban landscape: the case of *Luciola italica* L.(Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. *Journal of Insect Conservation*, 17(4), 797-805.
- Reed JM · Nguyen A · Owens ACS and Lewis SM. 2020. Linking the seven forms of rarity to extinction threats and risk factors: An assessment of north American fireflies. *Biodiversity and Conservation*, 29, 57 - 75. doi.org/10.1007/s10531-019-01869-7(in English)
- Sim HS and Kwon OK. 2000. Patterns of the appearances and distributions of the genus *Hotaria* in Korea. *The Korean Journal of Ecology*, 23(3), 211-215. (in Korean with English summary)