

생물음향 탐지기법을 이용한 한국 매미아과의 출현 시기 및 서식지 분포 특성 연구^{1a}

김윤재² · 기경석^{3*}

A Study on the Emergence Period and Geographic Distribution of Cicadinae (Hemiptera: Cicadidae) in Korea Using Bioacoustic Detection Technique^{1a}

Yoon-Jae Kim², Kyong-Seok Ki^{3*}

요약

본 연구는 국내 매미아과를 대상으로 번식울음 시기를 전국적으로 관측하여 종별 출현 시기 및 서식지 분포 특성을 밝히는데 그 목적이 있다. 연구대상지는 전국 보호지역 19개소이었다. 매미 번식울음 수집기간은 2019년 12개월간이었다. 매미 번식울음 녹음은 매시간당 1분씩 WAV, 44,100Hz 포맷으로 생물음향 측정장비를 설치하여 녹음하였다. 온도는 미기상 측정장비를 이용하여 시간당 1~2회씩 기록하였다. 연구대상종은 국내 매미아과 9종이었다. 번식울음 분석은 매미종별 번식울음 시종점을 기록하였다. 분석 결과, 연구대상지 19개소에서 출현한 매미는 9종이었다. 종별 번식울음 시기는 말매미(7/12~9/30), 애매미(7/27~10/20), 참매미(7/25~10/9), 유지매미(7/28~9/5), 털매미(7/3~9/29), 늦털매미(9/14~10/30), 소요산매미(6/26~8/2), 참깡깡매미(7/27~9/28), 쓰름매미(8/8~9/11) 순이었다. 종별 번식울음 기간은 35일(쓰름매미)~89일(털매미) 사이였고 평균 62일이었다. 종별 서식지 해발고도는 말매미(5~386m), 애매미(7~759m), 참매미(7~967m), 유지매미(42~700m), 털매미(7~700m), 늦털매미(5~759m), 소요산매미(7~759m), 참깡깡매미(397~967m), 쓰름매미(7~42m) 순이었다. 종별 서식지 평균온도는 말매미(23.9℃), 애매미(21.8℃), 참매미(22℃), 유지매미(23℃), 털매미(22.9℃), 늦털매미(14.6℃), 소요산매미(20.6℃), 참깡깡매미(19.3℃), 쓰름매미(24.4℃) 순이었다. 종별 서식지 분포는 애매미, 참매미, 털매미는 전국 15개소 이상 분포하였다. 말매미는 서남부 저지대에 분포하였다. 유지매미는 한반도 서부 지역에 분포하였다. 늦털매미는 고산지대와 동남부 일부를 제외한 지역에 분포하였다. 소요산매미는 산지에 가까운 지역에 분포하였다. 참깡깡매미는 고산지대에 국지적으로 분포하였다. 쓰름매미는 평지형 습지에 국지적으로 분포하였다.

주요어: 매미아과, 생물계절, 번식울음, 고도, 온도

ABSTRACT

The purpose of this study is to observe the period of mating calls of cicadas in South Korea to identify the emergence period and geographic distribution for each cicada species. The study sites were 19 protection areas

1 접수 2021년 11월 11일, 수정 (1차: 2021년 12월 3일), 게재확정 2021년 12월 6일

Received 11 November 2021; Revised (1st: 3 December 2021); Accepted 6 December 2021

2 상지대학교 산학협력지원부 참여연구원 Industry Academy Cooperation Foundation of Sangji Univ., 83 Sangjidae-gil Wonju-si Gangwon-do, 26339, Korea

3 상지대학교 환경조경학과 부교수 Dept. of Environmental Science and Landscape Architecture, Sangji Univ., 83 Sangjidae-gil Wonju-si Gangwon-do, 26339, Korea

a 이 논문은 한국연구재단의 연구비 지원(2020R111A207189112) 및 국립공원공단, 지방유역환경청의 연구승인 하에 의해 진행하였음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-33-730-0566, Fax: +82-33-730-0503, E-mail: ecokks@gmail.com

nationwide. The mating calls of cicadas were collected over the 12 months of 2019. A bioacoustics measuring device was installed to record the mating calls of cicadas in WAV, 44,100Hz format for 1 minute every hour. The temperature was recorded once or twice every hour using a micro-meteorological measuring device. Nine species of Korean cicadinae were studied. The start and end periods of mating calls were recorded for each cicada species for the subsequent analysis. The analysis results showed that nine cicada species appeared in the 19 protection areas. The chronological order of mating call periods for each species was as follows: *Cryptotympana atrata* (7/12 - 9/30), *Meimuna opalifera* (7/27 - 10/20), *Hyalessa fuscata* (7/25 - 10/9), *Graptopsaltria nigrofuscata* (7/28 - 9/5), *Platypleura kaempferi* (7/3 - 9/29), *Suisha coreana* (9/14 - 10/30), *Leptosemia takanonis* (6/26 - 8/2), *Auritibicen intermedius* (7/27 - 9/28), and *Meimuna mongolica* (8/8 - 9/11). The mating call period was between 35 (*Meimuna mongolica*) and 89 (*Platypleura kaempferi*) days, with the average being 62 days. The elevation above sea level for the habitats of each species was as follows: 5 - 386 m for *Cryptotympana atrata*, 7 - 759 m for *Meimuna opalifera*, 7 - 967 m for *Hyalessa fuscata*, 42 - 700m for *Graptopsaltria nigrofuscata*, 7 - 700 m for *Platypleura kaempferi*, 5 - 759 m for *Suisha coreana*, 7 - 759 m for *Leptosemia takanonis*, 397 - 967 m for *Auritibicen intermedius*, and 7 - 42 m for *Meimuna mongolica*. The average temperature of the habitats of each species was as follows: 23.9°C for *Cryptotympana atrata*, 21.8°C for *Meimuna opalifera*, 22°C for *Hyalessa fuscata*, 23°C for *Graptopsaltria nigrofuscata*, 22.9°C for *Platypleura kaempferi*, 14.6°C for *Suisha coreana*, 20.6°C for *Leptosemia takanonis*, 19.3°C for *Auritibicen intermedius*, and 24.4°C for *Meimuna mongolica*. In terms of the habitat distribution of species, *Meimuna opalifera*, *Hyalessa fuscata*, and *Platypleura kaempferi* were distributed in more than 15 protection sites. *Cryptotympana atrata* was distributed in the lowlands in the southwest. *Graptopsaltria nigrofuscata* was distributed in the western area of the Korean Peninsula. *Suisha coreana* was distributed in areas excluding high mountain areas and parts of the southeast area. *Leptosemia takanonis* was distributed in areas near the mountains. *Auritibicen intermedius* was distributed locally in the high mountain areas. *Meimuna mongolica* was distributed locally in flat wetlands.

KEY WORDS: Cicadinae, PHENOLOGY, MATING CALL, ELEVATION, TEMPERATURE

서론

매미는 노린재목(Hemiptera) 매미아과(Cicadidae)로 분류되는 곤충이다. 한국에 서식하는 매미는 총 12종이며 진동막덮개가 존재하는 매미아과(Cicadinae) 9종과 진동막덮개가 존재하지 않는 쯤매미아과(Cicadettinae) 3종으로 분류된다. 한국의 매미는 종마다 선호하는 서식 환경과 출현 시기가 다르다(Kim & Song, 2017). 매미 유충은 부화 후 토양으로 내려가 지하 2.5m까지 파고든다. 유충은 나무 뿌리 수액을 먹으며 2~5년 동안 성장하고 토양에서 나와 우화를 거쳐 성충이 된다. 매미 성체의 수명은 우화 후 2개월 남짓이며 영양 보충을 위해 나무 수액을 소량 섭취한다(Resh & Cardé, 2009). 매미 수컷은 여름철이 되면 암컷을 불러들여 짝짓기를 하기 위하여 번식울음을 낸다. 매미 수컷은 두 개의 발성근을 수축·이완하여 진동막을 마찰시켜 소리를 발생시키는 진동음 방식으로 울음소리를 낸다(Kim

et al., 2013). 매미 암컷은 교미 후 나뭇가지 껍질 틈에 알을 낳는다.

Moriyama & Numata(2019)는 매미에 대하여 긴 수명, 지하와 지상을 오가는 서식지, 수액을 먹이로 함, 선율적인 번식 울음 생성과 같은 독특한 생태적 특성을 가진다고 설명했다. 또한 매미 다양성이 지구온난화 등 기후 변화에 매우 취약하므로 기후 변화의 생태학적 영향을 모니터링하는 지표종으로써 적합하다고 평가했다. 국립생물자원관은 기후변화로 인한 생태 변화에 민감한 반응을 보이는 기후변화 생물지표 100종 중 하나로 말매미를 선정하였다(National Institute of Biological Resources, 2019). 국외 매미 연구는 기후 변화가 매미의 다양성, 부화 및 우화 시기, 번식울음 시기 등 매미의 생태에 폭 넓은 영향을 끼치고 있음을 제시하였다(Fonseca & Revez, 2002; Shimoda *et al.*, 2005; Moriyama & Numata, 2010; Moriyama & Numata, 2015; Sato & Sato, 2015). 미국에서는 13~17년 주기로 출현하는

*Magicicada*속 주기매미(Periodical Cicadas)의 장기적인 연구를 통해 기본 생태와 서식 분포를 판단하여 주기매미의 출현 예측과 변화를 연구하고 있다(Williams & Simon, 1995; Cooley, 2009). Sueur & Puissant(2002)는 프랑스 대륙과 코르시카에 서식하는 *Tibicina*속 매미 7종을 대상으로 서식지별 매미의 분포도, 출현 시기, 식생, 지형 분석을 통해 매미 개체군의 분리와 고립에 식생 높이와 농경활동이 영향을 주었다는 연구 결과를 발표하였다. 이어서 Sueur & Puissant는 매미 분포 분석으로 환경 변화와 인간의 영향력을 분석할 수 있다고 판단하였다. 국내 매미 연구는 번식울음에 영향을 주는 환경 요인, 중간영향, 유충 서식환경 등 기본적인 생태 연구가 주로 연구되었다(Kim & Kim, 2011; Kang, 2014; Ki *et al.*, 2016). 매미 출현 시기 및 발생량과 환경 변화의 관련성 연구는 2015년 이후에야 이루어지고 있다(Kang *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2017). 매미와 생물계절 관측 연구는 생물음향탐지기법을 활용해 한정적인 지역에서 기초적인 연구가 진행되고 있는 실정이다(Kim, 2019). 따라서 본 연구는 전국 보호지역을 대상으로 매미아과 번식울음 및 기상요인을 조사하여 한국 매미아과의 출현 시기 및 서식지 분포 특성을 규명하는데 그 목적이 있다. 본 연구는 향후 기후변화로 인한 매미아과 생태계 변화 연구를 위한 기초자료로 활용 가능하다.

연구방법

1. 연구대상지 및 연구대상종

연구대상지는 국립공원 13개소, 도립공원 1개소, 도시공원 2개소, 랍사르습지 2개소, 일반습지 1개소, 총 19개소를 선정하였다(Figure 1, Table 1). 온도는 기기 오류 대상지(태백산, 내장산, 무등산, 월출산)를 제외한 15개소의 데이터를 활용하였다. 연구대상종은 국내에 서식하는 매미 12종 중 연구대상지에서 관찰되지 않은 좀매미아과 3종(풀매미, 세모배매미, 호좀매미)을 제외한 말매미(*C. arata*), 애매미(*M. opalifera*), 참매미(*H. fuscata*), 유지매미(*G. nigrofuscata*), 털매미(*P. kaempferi*), 늦털매미(*S. coreana*), 소요산매미(*L. takanonis*), 참깡깡매미(*A. intermedius*), 쓰름매미(*M. mongolica*) 매미아과 9종을 대상으로 하였다.

2. 조사분석

전국 매미 번식울음은 매 시간당 1분씩 WAV, 44,100Hz 포맷으로 생물음향 측정장비(Songmeter SM4)를 각 연구대상지에 설치하여 녹음하였다. 온도는 미기상 측정장비(testo 174H)를 백엽상 내 설치하고 생물음향 측정장비와 매 시간당 1~2회씩 기록하였다. 분석 기간은 2019년 전체를 대상으로 하였다. 녹음 데이터 분석은 소리 분석 프로그램인 Adobe Audition CC로 녹음 데이터를 재생하여 청음 분석을 실시하였고 Sonogram을 이용한 시각 분석을 동시에 시행하였다(Kim, 2019). 매미 번식울음 분석은 각 매미종의

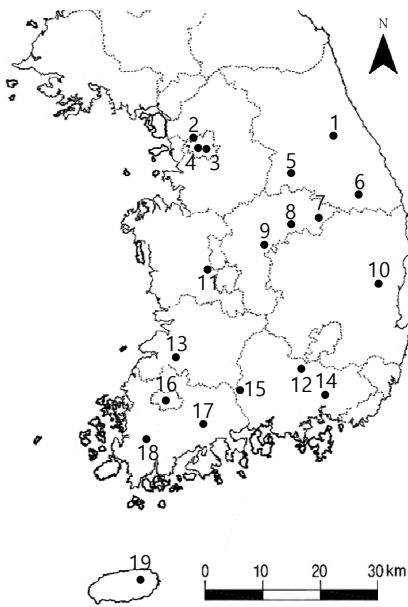


Figure 1. Study site map.

Table 1. Study site locations data(ASL: Above Sea Level)

No.	Location name	Latitude	Longitude	ASL(m)	Type
1	Odaesan Fir Tree Forest	37.73093	128.59702	677	National Park
2	Bukhansan Jingwan-dong Wetland	37.65633	126.94376	42	National Park
3	Seoul Forest Wetland	37.54940	127.03976	7	Urban Park
4	Seoul Namsan Wetland	37.54881	126.98921	170	Urban Park
5	Chiaksan Kuryong Valley	37.39416	128.05333	397	National Park
6	Taebaeksan Daedeok Valley	37.23232	128.92310	967	National Park
7	Sobaeksan Jungnyeong Wetland	36.91287	128.43419	759	National Park
8	Wolaksan Jireupjae Wetland	36.82438	128.08326	406	National Park
9	Songnisan Beopjusa Temple	36.53834	127.84193	376	National Park
10	Juwangsan Jusanji Pond	36.36292	129.19178	386	National Park
11	Gyeryongsan Gyeryongdae Wetland	36.33163	127.23285	181	National Park
12	Upo Wetland	35.54599	128.40527	7	Ramsar Wetland
13	Naejangsan Naejangsa Temple	35.48634	126.90771	213	National Park
14	Junam Reservoir	35.30785	128.67288	5	Wetland
15	Jirisan Seolsan Wetland	35.30245	127.63960	700	National Park
16	Mudeungsan Pyeongdume Wetland	35.14536	126.95819	247	National Park
17	Jogyesan Seonamsa Temple	34.99494	127.33283	214	Provincial Park
18	Wolchulsan Dodap Wetland	34.75406	126.66673	142	National Park
19	Jeju Dongbaek-Dongsan	33.51858	126.71552	99	Ramsar Wetland

번식울음 출현 시기의 시작점과 종점을 기록하였고, 첫 번째 울음이 기록된 시기를 시작점으로 판단하고, 마지막 울음이 기록된 시기를 종점으로 판단하였다. 분석에 필요한 서식지 평균온도는 전국 연구대상지에 출현한 각 매미의 울음기간 내 하루 평균온도를 통합하여 전체 평균온도, 최고온도, 최저온도를 계산하여 분석하였다. 서식지 해발고도는 각 매미가 출현한 연구대상지의 최저 해발고도와 최고 해발고도를 기록하였다. 서식지 분포는 전국 지도에 각 매미별로 출현 지역과 미출현 지역을 표시하여 분포도를 작성하였다.

미, 애매미, 참매미, 유지매미, 털매미, 늦털매미, 소요산매미, 참깡깡매미, 쓰름매미 9종이었다. 전국 매미 출현 시기를 통합하여 그래프로 작성하면 Figure 2와 같이 나타난다. 출현한 매미 중 소요산매미는 전국에서 가장 이른 시기인 6월 26일부터 번식울음을 시작하고 8월 2일까지 38일간 울음을 울었다. 털매미와 말매미는 소요산매미 다음으로 번식울음을 시작하였으며 다른 매미보다 이른 시기인 7월 초~중부터 9월 말까지 81~89일 정도 울었다. 참매미와 애매미는 소요산매미의 울음이 그친 7월 말부터 10월 중순까지 77~86일 정도 울었다. 참깡깡매미는 애매미와 비슷한 시기에 번식울음을 시작하였으나 더 빠른 시기인 9월 말까지 64일 울고 번식울음을 그쳤다. 유지매미와 쓰름매미는 각각 7월 말, 8월 초부터 40일 가량 울음을 울었다. 늦털매미는 관찰 매미 중 가장 늦은 9월 중~10월 말까지 47일 간 울었다. 국내 매미아과 평균울음 기간은 62일이었다.

결과 및 고찰

1. 번식울음 시기

연구대상지 19개소에서 2019년 내 출현한 매미는 말매

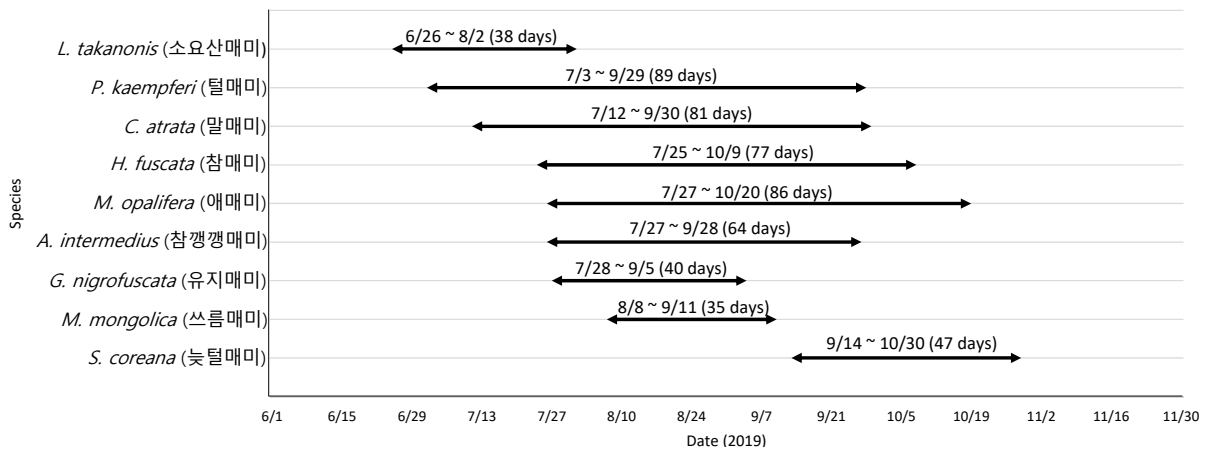


Figure 2. Emergence period of Cicadinae.

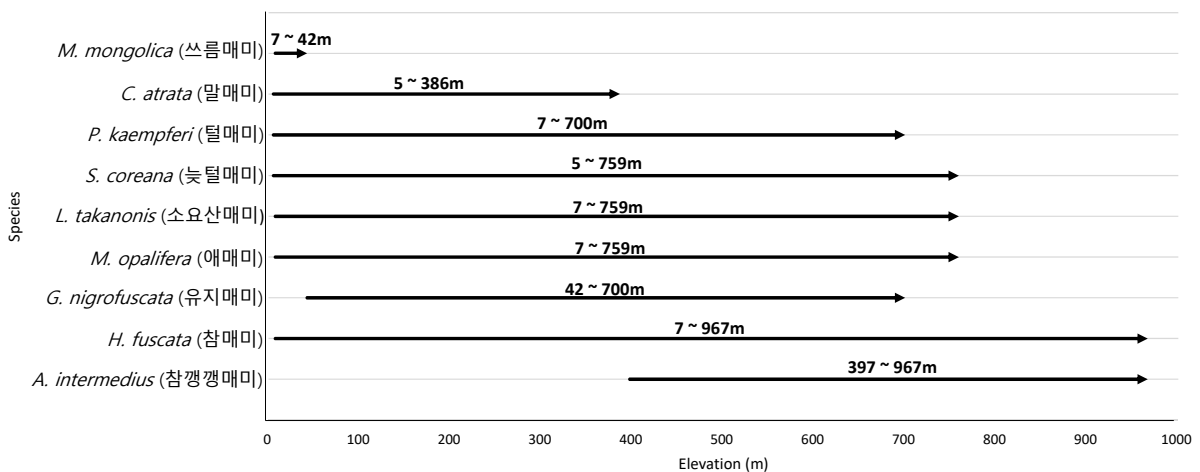


Figure 3. Elevation range of Cicadinae.

2. 서식지 해발고도

각 매미가 출현한 연구대상지의 해발고도를 종합하였다(Figure 3). 쓰름매미와 말매미는 해발고도 386m 이하의 낮은 대상지에서만 관찰되었다. 애매미, 털매미, 늦털매미, 소요산매미는 약 800m 이하 해발고도를 가진 대부분의 대상지에서 관찰되었고, 참매미는 저지대부터 고지대까지 폭 넓게 관찰되었다. 참깡깡매미는 397m 이상 고지대에서만 관찰되었다.

3. 서식지 평균온도

각 대상지의 일 평균온도는 다음과 같다(Table 2, Figure 4). 해발고도 분석 결과와 비교하였을 때, 쓰름매미와 말매미는 일 평균온도가 고지대보다 높은 저지대에서 주로 온 만큼 평균온도가 약 24℃로 높게 측정되었다. 유지매미는 해발고도 42~700m 구간에서 올었으나 일 평균기온은 23℃로 높게 나타나 기온이 높은 오후 시간대를 선호한다는 연구에 부합하는 결과를 보였다(Kim, 2019). 출현 대상지의 해발고도가 다양하고 전국적으로 나타난 애매미, 참매미, 털매미의 일 평균기온은 약 22℃ 안팎으로 나타났다. 기존 연구에 따라 산지를 선호하고 초여름에 온 소요산매미의 대상지 일 평균기온은 20.6℃로 다소 낮게 나타났고, 강원도 고산지대에서만 나타나는 참깡깡매미는 19.3℃ 낮게 나타났다. 가장 늦게 올고 내한성으로 알려진 늦털매미는 가장 낮은 14.6℃로 측정되었다(Kim & Song, 2017).

4. 서식지 분포

매미종별 2019년 출현 지역을 대상으로 전국 분포도를 작성하였다(Figure 5). 애매미, 참매미, 털매미는 다른 매미에 비해 전국적으로 분포하는 모습을 보였다. 애매미는 연구대상지 중 주남저수지 및 강원도 고산지대인 태백산, 오대산을 제외한 16개소에 분포하였다. 참매미는 연구대상지 중 제주도, 무등산, 우포늪을 제외한 16개소에서 분포하였다. 털매미는 강원도 고산지 및 제주도를 제외한 15개소에

서 분포하였다. 말매미는 연구대상지 중 11개소에서 확인되었으며 백두대간 등 고지대를 제외한 한반도 서남부 저지대에 주로 분포하였다. 유지매미는 한반도 서부에 위치한 조계산, 지리산, 내장산, 계룡산, 속리산, 월악산, 치악산, 서울시 남산, 북한산 진관동습지 9개소에서 분포하여 서부 지역에 집중 분포하는 모습을 보였다. 소요산매미는 주로 산지에 가까운 대상지인 12개소에 분포하였으며 도심지에 가까운 서울시 대상지, 강원도 고산지대, 마을이 인접한 주남저수지에서는 확인되지 않았다. 늦털매미는 연구대상지 중 고산지대와 동남부 일부를 제외한 11개소에 분포하였다. 참깡깡매미와 쓰름매미는 다른 매미들과 달리 적은 지역에서만 국지적으로 분포하였다. 참깡깡매미는 강원도 산지인 오대산, 치악산, 태백산 3개소에서만 분포하였으며 쓰름매미는 평지형 저지대 습지인 우포늪과 진관동습지 2곳에서만 분포하였다.

5. 고찰

매미 전국 출현 시기의 경우, 이번 연구에서 규명된 9종의 매미 중 출현 시기가 유사한 매미종이 있었지만 소요산매미와 늦털매미는 출현 시기가 각각 초여름과 늦가을로 다른 매미들과 명확히 구분되었다. 올음 기간의 경우에도 대부분 매미들이 7월에 올음을 시작해서 초가을인 9월~10월 초까지 2달 이상 전국적으로 올었지만, 약 1달 기간만 우는 쓰름매미와 소요산매미도 판명되었다. 기존 연구에 따르면 서울과 강원도에 서식하는 털매미는 소요산매미와 유사하게 6월 초여름부터 올음을 올고 소요산매미와 비슷한 시기에 올음을 그쳤다(Kim, 2019). 본 연구에서는 남부 지방에 서식하는 털매미는 전국 분석에서 참매미, 애매미와 비슷한 기간 동안 우는 차이점을 보였다.

전국 매미 서식지 고도를 분석한 결과, 말매미와 쓰름매미는 다른 매미종에 비해 낮은 고도의 서식지를 선호하였고 참깡깡매미는 높은 고지대에 서식하였다. 그 외 나머지 매미들은 약 800m 이하 고도에서 대부분 출현하였으며 참매미는 저지대부터 고지대까지 폭 넓게 서식하였다. 각 매미

Table 2. Average temperature of Cicadinae habitat

	Ca.	Mo.	Hf.	Gn.	Pk.	Sc.	Lt.	Ai.	Mm.
Mean (°C)	23.9	21.8	22	23	22.9	14.6	20.6	19.3	24.4
Min (°C)	14.2	12.1	12.3	17.5	15.4	6.5	17.3	13.6	17.5
Max (°C)	31.6	31.6	31.6	28.2	29.3	20.7	27.4	23.4	28.5

Ca.: *C. arata*, Mo.: *M. opalifera*, Hf.: *H. fuscata*

Gn.: *G. nigrofuscata*, Pk.: *P. kaempferi*, Sc.: *S. coreana*

Lt.: *L. takanonis*, Ai.: *A. intermedius*, Mm.: *Meimuna mongolica*

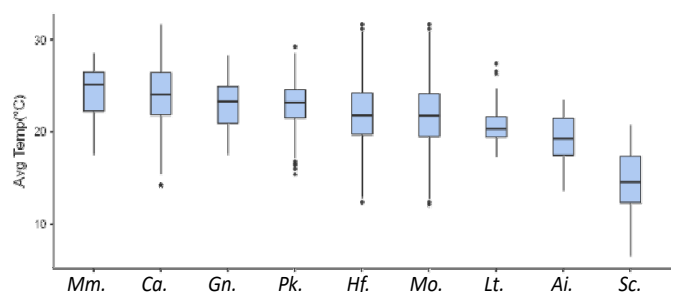


Figure 4. Average temperature of Cicadinae habitat.(box plot)

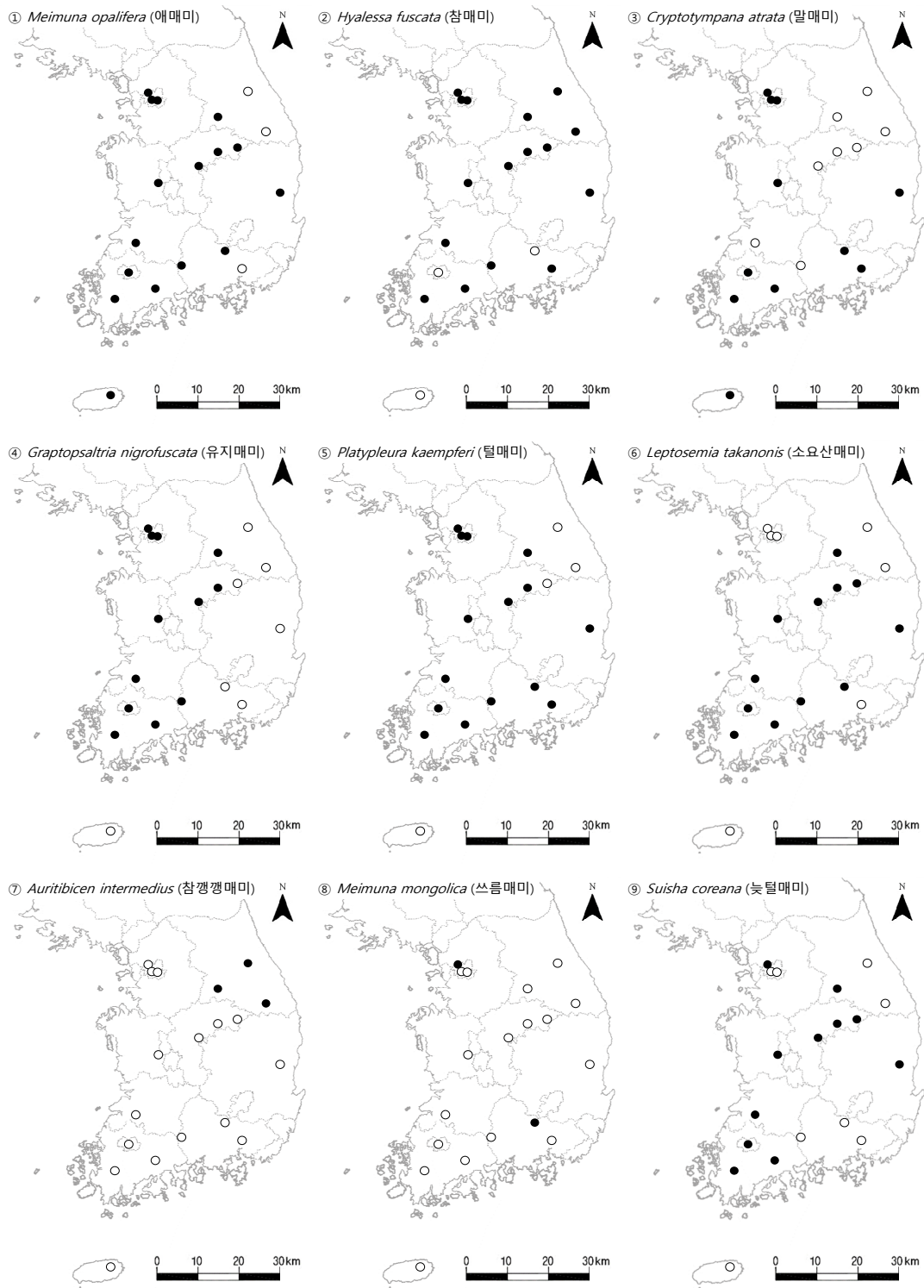


Figure 5. Geographic distributions of Korean Cicadinae.

들의 전국 출현기간의 평균기온을 분석하였을 때 쓰름매미와 말매미는 다른 매미에 비해서 비교적 높은 평균기온을

보였는데 이는 낮은 지대에서 서식한 특성이 반영된 것으로 보인다. 유지매미는 참매미, 애매미 등 다른 매미들과 비슷

한 고도에서 울었음에도 평균기온이 높게 측정되어 이는 고온과 오후 시간대를 선호하는 기존 연구와 부합하는 결과를 보였다(Kim, 2019). 소요산매미, 참깡깡매미, 늦털매미는 다른 매미들에 낮은 평균기온을 보였다. 소요산매미는 산지에 서식하고 비교적 이른 시기에 우는 특성, 참깡깡매미는 강원도 고산지에만 서식하는 특성, 늦털매미는 늦은 가을에 우는 특성이 원인으로 판단된다.

매미의 전국 분포도를 살펴보면, 참매미, 애매미, 털매미는 전국적으로 분포하고 있었으나 그 외 매미들은 전국 분포도에서 차이점을 보였다. 말매미는 백두대간을 제외한 저지대 도심지와 남부 지방에 분포하였고 소요산매미도 도심지와 강원도 고산지대를 제외한 산지에서 주로 분포하였다. 유지매미의 경우 전국 서부지역에 분포하는 모습을 보였는데 유지매미가 오후 시간대를 선호한다는 기존 연구에 따라 한반도 기준으로 해가 지는 서부 지역을 선호하는 것으로 추정된다. 늦털매미는 고산지대와 도심지에 서식하지 않는다는 점은 소요산매미와 유사했으나 동남부 지역에서 분포하지 않고 백두대간을 따라 분포하였다. 참깡깡매미와 쓰름매미는 매우 한정적이고 국지적인 분포를 보였다. 참깡깡매미는 고산지대와 강원도에 분포한다는 기존 연구에 부합하였다(Kim & Song, 2017). 쓰름매미는 저지대를 선호한다는 연구에는 부합하였지만 북한산과 우포늪 2곳으로 매우 국지적인 분포를 보였다(Kim & Song, 2017).

본 연구의 목적은 매미의 생물음향 분석을 전국적으로 확대하여 국내 매미의 여름철 기후변화 지표종으로써 가치를 규명하고, 대한민국에 서식하는 매미아과 9종의 서식환경 조건(해발고도, 평균 온도)의 기초 자료를 제공하는데 있었다. 또한 각 매미종의 여름철 울음시기, 전국 분포도 등 기존의 부족한 생물계절 연구에 대한 기초 자료를 제공한 것에 의의가 있다. 향후 번식울음 빈도 분석을 통한 일주기 패턴 및 환경요인과의 관계에 대한 통계적인 분석, 매미 생물계절과 기후변화 영향 분석을 위해 장기적이고 체계적인 조사 및 연구, 본 연구에서 미규명된 쯤매미아과에 대한 조사, 토양 상태, 주변 식생조사, 포식자에 대한 종간영향 등 다양한 관점에서 접근 등에 대한 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Cooley, J.(2009) The distribution of periodical cicada. *American Entomologist* 55(2): 107.
- Fonseca, P. and M.A. Revez(2002) Temperature dependence of cicada songs (Homoptera, Cicadoidea). *Journal of Comparative Physiology A* 187(12): 971-976.
- Kang, J.Y.(2014) Chorus dynamics and acoustic interaction in the multi-species cicada. Master's thesis, Ewha womans University, 59pp. (in English with Korean abstract)
- Kang, J.Y., H.J. Lee and K.S. Jeong(2015) The relationship between the occurrence of cicadas in metropolitan parks and meteorological factors. *Korean Society of Applied Entomology* 2015: 73-74. (in Korean)
- Kang, J.Y., Y.S. Kwon, G.S. Jeong and S.S. Kim(2017) A Study on the Composition and Occurrence of Cicadas in the Urban Environment. *Korean Journal Of Applied Entomology* 2017: 66-66. (in Korean)
- Ki, K.S., J.Y. Kim, K.S. Yoon and J.Y. Lee(2016) Effects of Tropical Night and light Pollution in cicadas calls in Urban Areas. *Korean J. Environ. Ecol.* 30(4): 724-729. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.G., S.J. Kim, T.W. Kim, H.R. Suh, K.S. Sung and K.S. Yoon(2013) The Sounds of Korean Cicadas: 11-16. (in Korean)
- Kim, K.H. and J.G. Kim(2011) Soil habitat characteristics of cicada nymph in an urban apartment garden. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 14(3): 47-55. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.J. and J.H. Song(2017) The Encyclopedia of Korean Cicadas: 8-93. (in Korean)
- Kim, Y.J.(2019) A study on breeding call characteristics of cicadae applying bioacoustic detection technique. Master's thesis, Sangji University. (in Korean with English abstract)
- Moriyama, M. and H. Numata(2010) Desiccation tolerance in fully developed embryos of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata*. *Entomological Science* 13(1): 68-74.
- Moriyama, M. and H. Numata(2015) Urban soil compaction reduces cicada diversity. *Zoological Letters* 1(1): 19.
- Moriyama, M. and H. Numata(2019) Ecophysiological responses to climate change in cicadas. *Physiological Entomology* 44(2): 65-76.
- National Institute of Biological Resources(2019) The Guidebook of Climate Sensitive Biological Indicator Species. (in Korean)
- Resh, V.H. and R.T. Cardé(2009) *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, pp.56-63.
- Sato, Y. and S. Sato(2015) Spring temperature predicts the long-term molting phenology of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata* (Hemiptera: Cicadidae). *Annals of the Entomological Society of America* 108(4): 494-500.
- Shimoda, Y., D. Narumi and M. Mizuno(2005) Environmental Impact of Urban Heat Island Phenomena-Cause-effect chain and evaluation in Osaka City-. *Journal of Life Cycle Assessment* 1(2): 144-148.
- Sueur, J. and S. Puissant(2002) Spatial and ecological isolation in cicadas: First data from Tibicina (Hemiptera: Cicadoidea) in France. *European Journal of Entomology* 99(4): 477-484.
- Williams, K.S. and C. Simon(1995) The ecology, behavior, and evolution of periodical cicadas. *Annual Review of Entomology* 40(1): 269-295.