

ORIGINAL ARTICLE

국립수목원 내 방문생물(곤충·조류)의 방문 목적 연구

최영진¹⁾·이윤근¹⁾·김영재²⁾·진혜영²⁾·김현진²⁾·조동길³⁾

동아대학교 대학원 도시계획 조경학과, ¹⁾해솔자연생태연구소, ²⁾국립수목원 전시교육연구과, ³⁾동아대학교 조경학과

A Study on the Purpose of Visiting Organisms (Insects and Birds) in the National Arboretum

Young Jin Choi, Yun Keun Lee¹⁾, Young Jae Kim²⁾, Hye Young Jin²⁾, Hyun Jin Kim²⁾, Dong gil Cho³⁾

Department of Urban Planning and Landscape Architecture, Dong-A University Graduate School, Busan 49315, Korea

¹⁾Haesol Eco-Friendly Research Institute, Busan 46721, Korea

²⁾Korea National Arboretum Exhibition Education Research Department, Pocheon 11186, Korea

³⁾Department of Landscape Architecture, Dong-A University, Busan 49315, Korea

Abstract

In this study of exhibition and inflow plants in the National Arboretum, we observed the insects and birds visiting exhibition and inflow plants and investigated plant-insect and plant-bird interactions. On the basis of previous findings, we selected a candidate indicator plant group for climate change monitoring according to the number of visits and species diversity of insects visiting exhibition plants in the National Arboretum. Among the exhibition plants, we established that the plants with the highest number and diversity of visiting insects were *Aster koraiensis* Nakai., *Scabiosa comosa* Fisch. ex Roem. & Schult., and *Pseudolysimachion kiusianum* (Furumi) Holub var. *glabrifolium* (Kitag.) T. Yamaz. In the case of visiting birds, we found that feeding activities were the main purpose of their visit. During the survey period, it was established that the types of food sources obtained by each bird species were plant shoots and insect larvae during spring, insects during the first half of summer, insects and fruits of the fruit trees during the second half of the summer, and mainly fruits of the fruit trees in the fall. With respect to monitoring climate change, we concluded that it would be more efficient to monitor the seasonal food sources of birds rather than to observe direct interactions with exhibition plants.

Key words : Climate change, Monitoring, Interaction, Indicator plant, Insects, Birds, Seasonal food sources

1. 서론

기후변화는 생물종에 다양한 형태로 영향을 미칠 수 있다. 대표적으로 직접적인 생리학적 스트레스, 적합한 서식지의 상실, 생물종 간 상호작용(예: 수분 작용 또는 포식자-먹이 간 상호작용) 방해, 그리고 회유, 번식, 출엽 등과 같은 중요한 생애사건(Life event)의 시기 교란

등 다양한 메커니즘을 통해 생물종에 영향을 미칠 수 있다(WWF, 2020). 이러한 영향에 대한 각각의 종 별 민감도 및 적응 능력은 고유한 생물학적 특성 및 생활사(Life history)에 의해 좌우된다. 기후변화 압력, 메커니즘, 민감도 및 적응 능력이 복합적으로 작용하여 각 생물종의 멸종 취약성에도 영향을 미친다(WWF, 2020).

Received 14 October, 2024; Revised 12 November, 2024;

Accepted 14 November, 2024

*Corresponding author : Dong gil Cho, Department of Landscape Architecture, Dong-A University, Busan 49315, Korea
Phone : +82-51-200-7573
E-mail : cdgileco@dau.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.

또한, 기후변화로 인해 생물종의 서식 분포가 변하고 있으며, 식물의 성장과 생리에 영향을 미쳐 자생식물의 서식지 이동이 심화되고 있다. 이로 인해 연쇄적으로 식물을 먹이원으로 하는 동물의 분포지 및 밀도에도 영향을 미치며, 멸종위기에 처하는 생물종이 늘어나고 있다(MOE, 2020). 이러한 기후변화의 영향은 식물의 개화 시기, 식물 발단 단계의 시기적인 변화를 일으키며, 그로 인해 식물을 먹이원으로 하는 포식자가 먹이원을 이용함에 있어 시공간적 불일치 등이 발생하기도 한다(Cho, 2017). 이와 같은 현상을 생태적 엇박자(Ecological mismatch)라고도 한다. 호박벌의 경우 먹이자원의 비중이 꽃보다는 꽃가루에 비중이 높아 주로 꽃가루가 많은 식물을 선호하는데(Jung, 2012), 꽃가루의 이용은 식물의 개화시기에 의존할 수밖에 없으므로 호박벌의 먹이활동 시기와 식물의 개화시기가 상이할 경우 호박벌의 생존에 영향을 미치게 된다. 이러한 현상들의 연장선상으로 먹이활동이 용이하지 못하게 된 호박벌은 개체가 감소하게 될 것이고, 이로 인해 화분매개에도 영향을 미치게 되는 것이다. 또한 꿀벌 등과 같은 화분매개 곤충들이 사라지면 전 세계적으로 식량 생산에 큰 영향을 미칠 수 있다고도 경고하여 기후변화로 인한 생태계의 불균형이 넓게는 인간 활동에도 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다(Myers, 2015).

기후변화에 따른 생물다양성의 변화 및 감소는 불가역적인 피해로, 지속적인 모니터링과 연구를 통해 기후변화에 의한 영향과 취약성을 평가하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해서 환경부에서 2010년에 지정한 기후변화 생물지표종은 기후변화로 인해 생물이 계절에 따라 활동, 분포역, 개체군 크기 변화 등이 뚜렷하거나 뚜렷할 것으로 예상되어 이를 지표화하여 조사·관리가 필요한 생물종을 의미한다. 이는 국가 차원에서 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대한 효율적인 감시와 예측 방법을 마련한 것으로 우리나라에서는 100종을 선정하였었다. 이후 2017년 12월 국민이 관찰·구별하기가 쉽고, 기후변화 예측에 유리한 이동성이 큰 곤충과 생물계절이 뚜렷한 종을 반영하여 '국가 기후변화 생물지표종' 100종과 30개의 후보종으로 개정된 바 있다(NIBR, 2024).

기후변화와 인간의 영향은 생태계와 생물종에 큰 영향을 미쳐서 지금까지 우리에게 익숙하지 않았던 새로운 생태계(Novel ecosystem)를 만들어내는 경우도 있다. Novel ecosystem은 새로운 생태계로 해석하기도

하고(Cho, 2024), 이차 생태계로 해석하기도 한다(Cho et al, 2017). 어떠한 경우가 되었던 새로운 생태계는 주어진 생물군계 내에서 이전에 발생하지 않았던 종 구성과 상대적 풍부함을 가지고 있다(Hobbs et al., 2006; Nathaniel et al., 2014). 새로운 생태계는 기본적으로 인간이 만들었거나 인간에 의해서 변형되었거나 조작된 생태계로 정의할 수 있다. 여기에 기후변화 등으로 인하여 생물종들의 소멸, 이동과 그 결과로 나타나는 생물종들의 새로운 조합으로 우리가 알고 있던 생태계의 구조나 특성이 아닌 지금까지 보지 못했던 구조나 특성을 갖는 생태계를 의미하기도 한다(Hobbs et al., 2013). 이러한 새로운 생태계는 생태계의 구조와 기능을 원래의 상태(역사적인 상태)로 되돌릴 수도 있으나, 경우에 따라서는 복원이 매우 어렵거나 불가능한 경우도 있다(Stuart, 2024).

현재 우리나라도 기후변화에 대비한 분석이 다양한 분야에서 진행되고 있으며 생태계와 생물종의 측면에서도 기후변화를 모니터링하고 동·식물의 변화 양상을 분석하는 데 보다 명확한 기준점이 될 수 있는 거점 지역의 설정이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 국·공립수목원은 기후변화에 취약종, 희귀 및 특산식물 등 식물종을 보존하기 위해 서식 조건을 조성 및 관리하고 있으며, 그로 인해 인접한 산림생태계에서 방문하는 생물들과 복잡하고 다양한 상호관계를 맺고 있는 중요한 장소이다(Kang, 2012).

이 연구는 기후변화에 대응하기 위해 국내 대표 국·공립수목원인 국립수목원(Korea National Arboretum) 내 전시원에 전시되거나 유입된 식물 종 다양성을 모니터링하고 이를 바탕으로 식물에 방문하는 곤충과 조류의 종다양성을 조사하였으며, 이들이 식물을 방문하여 취하는 행동을 통해 방문 목적을 분석하였다. 과 방문하는 식물종, 식물의 기관을 통해 식물과 곤충, 식물과 조류 간의 상호관계를 분석하였으며 데이터를 통해 추후 기후변화로 인한 산림생물의 종다양성의 변화 및 식물과 곤충, 식물과 조류 간의 상호관계의 변화를 분석하는 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

경기도 포천에 위치한 국립수목원은 광릉시험림의

천연림을 활용하여 조성되었으며, 희귀식물, 특산식물, 멸종위기식물 등 기후변화에 취약한 종을 보존 및 관리하고 있다. 인접한 광릉숲은 조선시대부터 보호받아 왔으며, 2010년 유네스코 생물권보전지역으로 지정되어 더욱 철저히 보호되고 있다. 이로 인해 주변 원시림의 산림생물들이 수목원 내 전시식물과 다양한 상호관계를 맺고 있어 연구에 적합한 장소이다. 본 연구대상지는 국립수목원 내 희귀식물, 특산식물, 멸종위기 식물 등 기후변화 취약종이 전시된 화목원(식물진화 속을 걷는 정원), 수생식물원, 희귀·특산식물원을 대상으로 조사를 수행하였다(Fig. 1).

2.2. 연구 및 분석방법

이 연구에서는 국립수목원 내 전시원 중 조사기간 중 시기별로 개화하는 식물이 다양하게 분포하는 화목원(식물진화 속을 걷는 정원), 생물의 생존에 필수요소인 물이 인접한 수생식물원, 특정서식환경에 서식하거나 기후변화에 예민한 식물이 관리되고 있는 희귀·특산식

물원을 조사 대상으로 선정하였다.

조사 시기는 곤충 및 조류가 식물과 직접적으로 상호작용이 이루어지는 춘계, 하계, 추계로 구분하여 수행하였다. 춘계조사는 2024년 05월 08일부터 05월 10일까지 수행하였으며, 하계조사(상반기)는 2024년 06월 27일부터 06월 28일까지, 하계조사(하반기)는 2024년 08월 21일부터 08월 23일까지, 추계조사는 2024년 09월 25일부터 09월 27일까지 수행하였다. 야생동물의 방문 목적에 영향을 미치는 식물의 개화 및 열매의 성숙 시기 등을 고려하여 하계조사는 상반기와 하반기로 분리하여 조사를 수행하였다.

방문 곤충은 주행성 곤충을 대상으로 하였으며, 조사는 주행성 곤충의 행동량이 증가하는 일출시(06:00)부터 행동량이 감소하는 일몰시(18:00)까지 도보로 이동하면서 방문 곤충 조사를 실시하였다. 관찰된 종은 화상자료(사진)를 확보한 후 종명, 행위 및 특이사항 등을 기록하였으며 현장 동정이 어려운 종의 경우 채집 후 샘플링(액침) 하여 실내동정을 실시하였다. 곤충명은 2022년 국가생물종목록(NIBR, 2023)을 따랐다.

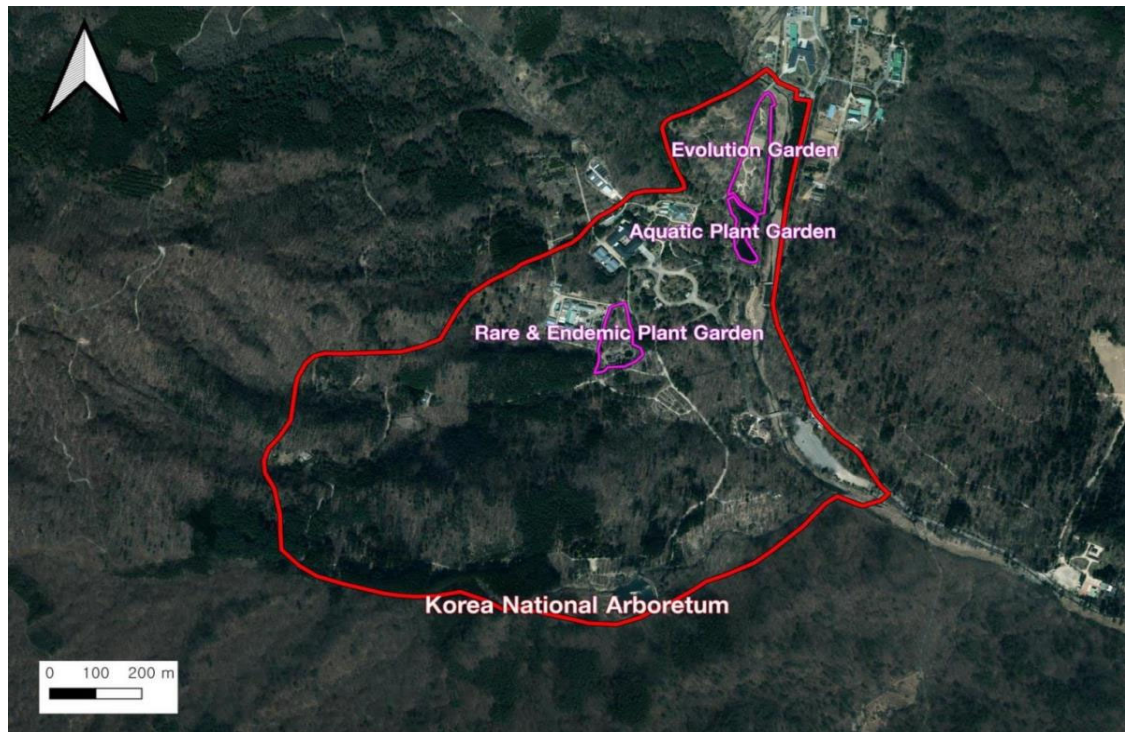


Fig. 1. Research area within National Arboretum. A: Evolution Garden, B: Aquatic Plant Garden, C: Rare & Endemic Plant Garden.

방문 조류는 조류의 활동량이 많은 일출시(06:00~09:00), 일몰시(15:00~18:00) 2회 도보로 이동하면서 조사를 실시하였다. 방문 조류의 관찰은 망원경(Nikon ACULON A211 10-22×50 3.8° at 10×), 망원카메라(SIGMA 150-600 mm 1:5-6.3 DG φ 95)를 활용하였으며, 관찰된 종은 화상 자료(사진)를 확보한 후 종명, 행위 및 특이사항을 기록하였다. 관람객이 많은 수목원의 특성을 고려하여 인기척이 드물고 조류의 유입이 예상되는 수계 일대로 무인센서카메라(BROWNING Trail Cameras Strike Force PRO XD BTC-5PXD, Bushwhacker D3 야외감시카메라)를 설치하여 출현종을 관찰하였다.

곤충과 조류가 식물을 찾는 방문목적의 분석은 화상 자료(사진)와 현장에서 기록한 행위를 기반으로 실시하였다. 기록된 행위는 다양한 행위를 고려하여 식식(Feeding), 화분(Pollen), 흡즙(Sap), 꿀(Honey), 포식(Predation), 채집(Collecting), 기타(Etc.) 등의 항목으로 선정하여 기록하였다. 관찰된 각 종의 정보(도감, 논문, 기관자료(국립수목원, 국립생물자원관, 국립공원공단 등))를 참고하여 기주식물 및 종별 생태 특성을 파악하여 방문 목적을 분석하였다(Table 1). 조사 대상지 내 식물에 방문하는 곤충과 조류의 방문 목적 분석 결과는 해당 분야 전문가 5인의 자문을 거쳐서 최종 확정하였다.

Table 1. Category of visiting purpose of visiting insects

Category	Definition
Feeding	Act of feeding on Plant(Floral leaf, Leafs) with chewing structure mouths
Pollen	Act of eating pollen such as Syrphidae, Cetoniidae
Sap	Act of sucking sap with sucking structure mouths such as Hemiptera
Honey	Act of eating honey from flower, honeydew of plants, aphids such as Hymenoptera, Diptera
Predation	Act of feeding meats
Collecting	Collecting food for Larva on Hymenoptera(Vespidae, Formicidae etc.)
Etc.	All acts except the above acts(water, inorganic, mating, carcass, nest, spawn, egg, molting etc.)

Table 2. Status of insect visits to the National Arboretum by survey period

Order	Spring		Summer				Autumn		Total	
	Species	ratio	First half		Second half		Species	ratio	Species	ratio
			Species	ratio	Species	ratio				
Ephemeroptera	1	0.6	-	-	-	-	-	-	1	0.3
Odonata	5	3.0	10	6.9	5	5.4	5	5.4	20	5.5
Blattodea	1	0.6	-	-	-	-	-	-	1	0.3
Mantodea	2	1.2	2	1.4	2	2.2	2	2.2	2	0.6
Dermaptera	1	0.6	1	0.7	1	1.1	-	-	2	0.6
Orthoptera	6	3.7	9	6.3	8	8.7	12	13.0	19	5.2
Psocoptera	-	-	-	-	-	-	1	1.1	1	0.3
Hemiptera	16	9.8	20	13.9	17	18.5	17	18.5	49	13.5
Coleoptera	48	29.3	37	25.6	8	8.7	6	6.5	86	23.7
Hymenoptera	28	17.1	15	10.4	18	19.6	15	16.3	50	13.8
Mecoptera	2	1.2	1	0.7	-	-	1	1.1	2	0.6
Diptera	22	13.4	23	16.0	12	13.0	14	15.2	54	14.9
Lepidoptera	32	19.5	26	18.1	21	22.8	19	20.7	75	20.7
	164	100.0	144	100.0	92	100.0	92	100.0	362	100.0
Sum	12 Order 69 Family		10 Order 68 Family		9 Order 46 Family		10 Order 46 Family		13 Order 113 Family	

3. 결과 및 고찰

3.1. 식물상 분포 현황

국립수목원에서 전시원(희귀·특산식물원, 화목원, 수생식물원) 식물 및 유입식물에 대하여 현지 조사한 결과 107과 289속 12아종 45변종 4품종으로 총 459종, 재배종 9종을 포함하여 총 467종의 식물상이 분포하는 것으로 확인되었다.

전체 출현 종 468종 중 특산식물은 56종, 희귀식물은 81종으로 확인되었으며, 유입식물은 121종으로 나타났다.

귀화식물은 털여뀌, 까마중 등을 포함하여 총 18종이 확인되었으며, 생태계교란종은 환삼덩굴, 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 미국쑥부쟁이 등 4종이 확인되었다.

과(Family)별 분포현황을 살펴보면 국화과 51종 > 장미과 42종 > 백합과 29종 > 미나리아재비과 23종 > 콩과 및 꿀꿀과가 각각 18종 > 사초과 14종 순으로 분석되었다.

3.2. 방문 곤충 현황

국립수목원 전시원 내 방문이 확인된 곤충종은 총 13목 113과 362종이 확인되었으며, 분류군별로 딱정벌레목이 86종, 나비목이 75종, 파리목이 54종, 벌목이 50종, 노린재목이 49종, 잠자리목이 20종, 메뚜기목이 19종, 사마귀목, 집게벌레목 및 밀들이목이 각각 2종, 하루살이목, 바퀴목 및 다듬이벌레목이 각각 1종의 순으로 확인되었다(Table 2).

계절별로 분석하여, 춘계조사(2024년 05월 08일 ~ 05월 10일)에 확인된 곤충종은 총 12목 69과 164종이 확인되었으며, 분류군별로 딱정벌레목이 48종으로 종 다양성이 가장 높게 나타났으며, 나비목이 32종, 벌목이 28종, 파리목 22종, 노린재목이 16종, 메뚜기목이 6종, 잠자리목이 5종, 사마귀목 및 밀들이목이 각각 2종, 하루살이목, 바퀴목 및 집게벌레목이 각각 1종의 순으로 확인되었다. 하계조사(상반기)(2024년 06월 27일 ~ 06월 28일)에 확인된 곤충종은 총 10목 68과 144종이 확인되었으며, 분류군별로 딱정벌레목이 37종, 나비목이 26종, 파리목이 23종, 노린재목이 20종, 벌목이 15종, 잠자리목이 10종, 메뚜기목이 9종, 사마귀목이 2종, 집게벌레목 및 밀들이목이 각각 1종의 순으로 확인되었다. 또한, 하계조사(하반기)(2024년 08월 21일 ~

08월 23일)에 확인된 곤충종은 총 9목 49과 92종이 확인되었으며, 분류군별로 나비목이 21종, 벌목이 18종, 노린재목이 17종, 파리목이 12종, 메뚜기목 및 딱정벌레목이 각각 8종, 잠자리목이 5종, 사마귀목이 2종, 집게벌레목이 1종의 순으로 확인되었다. 추계조사(2024년 09월 25일 ~ 09월 27일)에 확인된 곤충종은 총 10목 46과 92종이 확인되었으며, 분류군별로 나비목이 19종, 노린재목이 17종, 벌목이 15종, 파리목이 14종, 메뚜기목이 12종, 딱정벌레목이 6종, 잠자리목이 5종, 사마귀목이 2종, 다듬이벌레목 및 밀들이목이 각각 1종의 순으로 확인되었다(Fig. 2).

3.3. 방문 조류 현황

국립수목원 전시원 내 방문이 확인된 조류종은 총 18과 30종이 확인되었으며, 과별로 딱다구리과가 4종, 솔딱새과, 박새과 및 백로과가 각각 3종, 할미새과, 까마귀과 및 오리과가 각각 2종, 그 외 과는 각각 1종의 순으로 종 다양성이 높게 나타났다(Table 3). 춘계조사에 확인된 조류종은 총 14과 22종이 확인되었으며, 과별로 딱다구리과 및 솔딱새과가 각각 3종, 오리과, 백로과, 박새과 및 할미새과가 각각 2종, 그 외 과는 각각 1종의 순으로 확인되었다. 하계조사(상반기)에 확인된 조류종은 총 11과 13종이 확인되었으며, 과별로 백로과 및 박새과가 각각 2종, 그 외 과는 각각 1종의 순으로 확인되었다. 하계조사(하반기)에 확인된 조류종은 총 11과 14종이 확인되었으며, 과별로 백로과가 3종, 박새과가 2종, 그 외 과는 각각 1종의 순으로 확인되었다. 추계조사에 확인된 조류종은 총 11과 11종이 확인되었으며, 과별로 박새과가 2종, 그 외 과는 각각 1종의 순으로 확인되었다(Fig. 3).

3.4. 방문곤충의 방문 목적 상관관계 분석

조사기간 중 관찰된 곤충종의 행위를 항목(Table 1)에 따라 나누었으며, 방문목적 중 식물과 직접적인 연관성이 있는 항목의 경우 식물-곤충간의 상호관계(관찰된 식물종, 식물의 기관 등)를 분석하였다.

본 연구를 준비하는 과정에서 곤충의 방문목적에 대한 항목을 식식, 화분, 흡즙, 흡밀, 포식, 채집, 기타 등으로 총 7개의 항목을 선정하였으나 조사기간 중 확인된 방문곤충의 행위는 아래와 같이 몇가지 모호함을 확인하였다. 식식의 경우 ‘씹어먹는 구기를 갖는 곤충류가 식

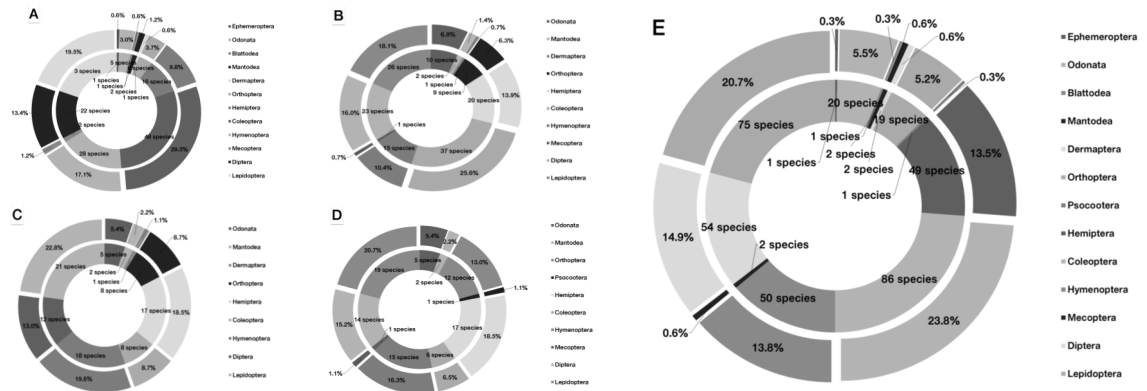


Fig. 2. Status of insect visits to the National Arboretum by survey period. A: Spring period, B: First half of summer period, C: Second half of summer period, D: Autumn period.

Table 3. Status of bird visits to the National Arboretum by survey period

Family	Spring		Summer				Autumn		Total	
	Species	ratio	First half		Second half		Species	ratio	Species	ratio
			Species	ratio	Species	ratio				
Anatidae	2	9.1	1	7.7	1	7.1	-	-	2	6.7
Ardeidae	2	9.1	2	15.4	3	21.4	1	9.1	3	10.0
Columbidae	1	4.5	1	7.7	1	7.1	-	-	1	3.3
Alcedinidae	-	-	-	-	-	-	1	9.1	1	3.3
Picidae	3	13.6	1	7.7	1	7.1	1	9.1	4	13.3
Laniidae	-	-	-	-	-	-	1	9.1	1	3.3
Corvidae	-	-	-	-	1	7.1	1	9.1	2	6.7
Paridae	2	9.1	2	15.4	2	14.3	2	18.2	3	10.0
Pycnonotidae	1	4.5	1	7.7	1	7.1	1	9.1	1	3.3
Sylviidae	1	4.5	-	-	-	-	-	-	1	3.3
Panuridae	1	4.5	1	7.7	1	7.1	-	-	1	3.3
Zosteropidae	1	4.5	1	7.7	1	7.1	1	9.1	1	3.3
Sittidae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.3
Muscicapidae	3	13.6	1	7.7	1	7.1	1	9.1	3	10.0
Ploceidae	1	4.5	-	-	-	-	-	-	1	3.3
Motacillidae	2	9.1	1	7.7	-	-	-	-	2	6.7
Fringillidae	1	4.5	-	-	-	-	-	-	1	3.3
Emberizidae	1	4.5	1	7.7	1	7.1	1	9.1	1	3.3
Sum	22	≅100.0	13	≅100.0	14	≅100.0	11	≅100.0	30	≅100.0
	14 Family		11 Family		11 Family		11 Family		18 Family	

물체를 가해하는 행위'로 정의하였으나, 하늘소 등과 같이 씹어먹는 구기를 갖고 있으며, 꽃가루를 먹는 종이 있어 꽃가루를 섭식하는 것으로 정의한 화분에 포함되어 행위를 구분하기 모호함이 있었다. 화분의 경우 '꽃등에류, 꽃무지류 등과 같이 꽃에 유입되어 꽃가루를 섭식하는 행위'로 정의하였으나 꽃등에류, 꽃무지류가 꽃에서 꿀을 섭식하는 행위인 흡밀을 하는 예도 있어 단순 육안으로 관찰된 결과로 이를 구분하기에 모호함이 있었다. 식물체의 외부로 노출된 수액을 먹는 사슴벌레류, 장수풍뎅이, 말벌류 등은 흡즙, 흡밀의 항목으로 구분 짓기에 모호하며, 흡즙의 항목에 포함될 것으로 예상한 노린재류의 일부가 꽃의 꿀을 먹는 행위가 확인되어 항목을 명확하게 구분하기에 모호한 경우가 다수 발생하였다. 따라서 모호한 행위로 항목을 나누기 어려운 항목인 섭식, 화분, 흡즙, 흡밀과 같이 식물체를 대상으로 먹이활동을 하는 행위는 섭식으로 통합하였고, 그 외 항목인 포식, 채집, 기타 항목은 유지하여 최종적으로 방문곤충의 방문목적을 분류하는 항목은 섭식, 포식, 채집, 기타로 총 4개로 정리 후 분석을 실시하였다(Table 4).

Table 4에서 제시한 방문곤충의 목적을 연구대상지에서 분석한 결과 섭식이 총 283회로 가장 높은 빈도로 나타났으며, 그 외 포식이 3회, 채집이 2회, 기타가 55회로 확인되었다(Fig. 4). 분석 결과로 볼 때 국립수목원 전시원을 방문하는 곤충류는 식물을 대상으로 한 먹이활동을 위해 전시원을 방문하는 비중이 높은 것으로 확인되었다.

방문목적 중 식물과 직접적인 연관관계를 갖는 항목인 섭식에 포함되는 곤충을 기준으로 방문횟수 및 종 다양성이 높게 나타나는 식물종을 분석하였다(Table 5). 조사 결과, 방문횟수가 가장 높게 나타난 식물종은 수국류로 14회이며, 솔채꽃 및 별개미취가 각각 13회, 구절초가 10회, 큰산꼬리풀 및 부추류가 각각 9회, 타래붓꽃이 7회, 무궁화 및 괴불나무류가 각각 6회, 영경귀가 5회, 산비장이, 조팝나무류가 각각 4회 등의 순으로 곤충의 방문횟수가 높게 나타났다. 방문곤충 종 다양성이 가장 높게 나타난 식물종은 별개미취로 10종이며, 큰산꼬리풀 및 솔채꽃이 각각 9종, 부추류가 7종, 괴불나무류, 무궁화, 구절초 및 수국류가 각각 6종, 타래붓꽃이

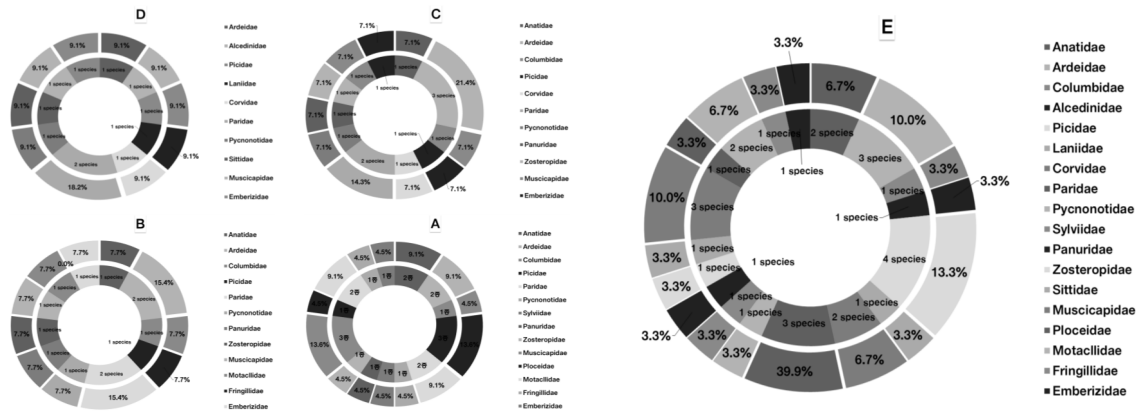


Fig. 3. Status of bird visits to the National Arboretum by survey period. A: Spring period, B: First half of summer period, C: Second half of summer period, D: Autumn period.

Table 4. Category of visiting purpose of visiting insects

Category	Definition
Feeding	Act of feeding on Plant(Flower, Leafs, Pollen, Sap, Honey etc.)
Predation	Act of feeding meats
Collecting	Collecting food for Larva on Hymenoptera(Vespidae, Formicidae etc.)
Etc.	All acts except the above acts(water, inorganic, mating, carcass, nest, spawn, egg, molting etc.)

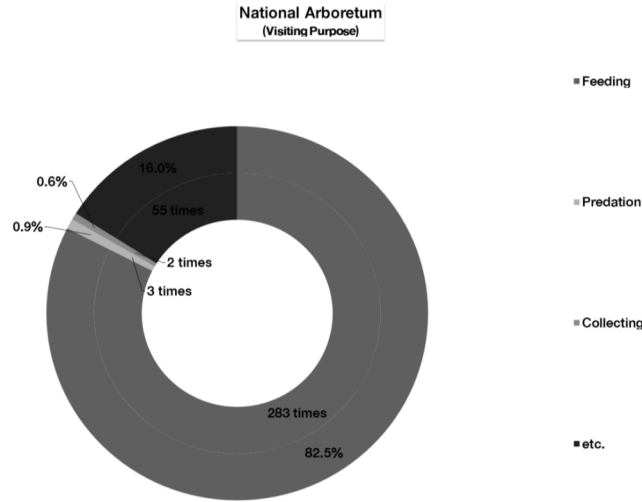


Fig. 4. Composition according to the purpose of visiting insects.

5종, 산비장이, 조팝나무류 및 엉겅퀴가 각각 4종 등의 순으로 방문 곤충의 종다양성이 높게 나타났다. 위 언급된 수국류, 조팝나무류, 무궁화, 큰산꼬리풀, 괴불나무류, 솔채꽃, 벌개미취, 구절초, 엉겅퀴, 산비장이, 부추류, 타래붓꽃 외 식물종들은 2023년 조사기간 중 곤충의 방문횟수가 3회 미만이거나 방문하는 곤충의 종수가 3종 미만인 것으로 확인되었다.

조사시기별로 구분해 보면 춘계조사에 방문횟수가 가장 높게 나타난 식물종은 타래붓꽃으로 7회이며, 괴불나무류가 6회, 조팝나무류가 2회 등의 순으로 곤충의 방문횟수가 높게 나타났다. 종다양성이 가장 높게 나타난 식물종은 괴불나무류 및 타래붓꽃으로 각각 6종이며, 조팝나무류가 2종 등의 순으로 방문 곤충의 종다양성이 높게 나타났다. 하계조사 상반기에 방문횟수가 가장 높게 나타난 식물종은 수국류로 14회이며, 벌개미취가 6회, 조팝나무류가 2회 등의 순으로 곤충의 방문횟수가 높게 나타났다. 종다양성이 가장 높게 나타난 식물종은 수국류로 7종이며, 벌개미취가 5종, 조팝나무류가 2종 등의 순으로 방문 곤충의 종다양성이 높게 나타났다. 하계조사 하반기에 방문횟수가 가장 높게 나타난 식물종은 큰산꼬리풀로 9회이며, 무궁화가 7회, 벌개미취가 6회, 산비장이 및 부추류가 각각 4종 등의 순으로 곤충의 방문횟수가 높게 나타났다. 종다양성이 가장 높게 나타난 식물종은 큰산꼬리풀로 9종이며, 무궁화 및 벌개미취가 각각 6종, 산비장이 및 부추류가 각각 4종 등

의 순으로 방문 곤충의 종다양성이 높게 나타났다. 춘계조사에 방문횟수가 가장 높게 나타난 식물종은 솔채꽃으로 13회이며, 구절초가 10회, 엉겅퀴 및 부추류가 각각 4회 등의 순으로 곤충의 방문횟수가 높게 나타났다. 춘계조사에 방문곤충 종다양성이 가장 높게 나타난 식물종은 솔채꽃으로 9종이며, 구절초가 6종, 엉겅퀴가 4종, 부추류가 3종 등의 순으로 방문 곤충의 종다양성이 높게 나타났다.

위 결과로 미루어 볼 때 전체 조사 기간에 관찰된 전시식물 중 방문 곤충의 방문횟수 및 종다양성이 높게 나타난 종은 벌개미취, 솔채꽃, 큰산꼬리풀인 것으로 관찰되었으며, 앞의 3종의 전시식물을 대상으로 방문곤충과의 상호관계 모니터링을 위한 국립수목원의 지표식물로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

또한, 조사시기별로 방문곤충의 방문횟수 및 종다양성이 높은 전시식물은 춘계조사시 타래붓꽃, 괴불나무류, 하계 상반기 조사시 수국류, 벌개미취, 하계 하반기 조사시 큰산꼬리풀, 무궁화, 벌개미취, 춘계조사시 솔채꽃, 구절초로 각각 분석됨에 따라 각각의 계절별로 방문곤충과의 상호관계 모니터링 지표식물로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

수목원 내 전시되고 있는 다양한 식물을 전반적으로 모니터링 할 경우 모니터링의 효율성이나, 집중성, 정밀성 등에 한계가 발생할 수 있으므로 국립수목원에서 대표가 되는 지표식물 또는 계절별 지표식물 등을 선정

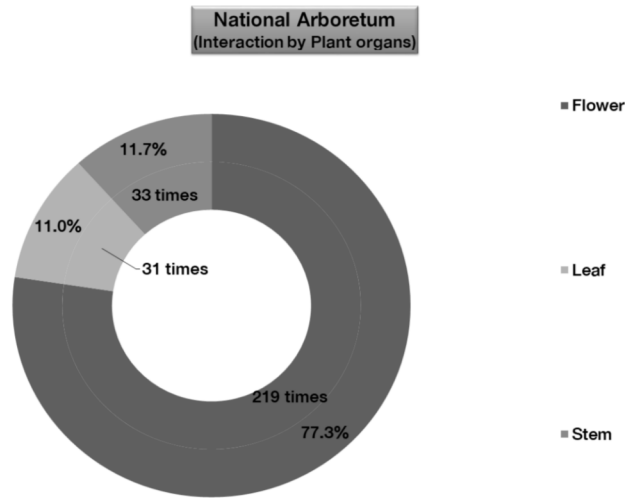


Fig. 5. Observation of visiting insects Analysis of interrelationships between plant organs.

4. 결론

본 연구를 통해 국립수목원을 방문하는 곤충의 주된 목적이 식물을 대상으로 한 먹이활동인 섭식인 것으로 확인되었으며, 특히 꽃에 유인되어 꿀, 꽃가루, 꽃잎 등을 먹이원으로 이용하는 빈도가 높은 것으로 확인되었다.

국립수목원에서 관찰된 전시식물 중 방문곤충의 방문횟수 및 다양성이 가장 높은 것은 별개미취, 솔체꽃, 큰산꼬리풀로 확인되었으며, 조사 시기별로는 방문곤충의 방문 횟수 및 종다양성이 높게 나타난 전시식물은 춘계조사에는 타래붓꽃이며, 하계 상반기 조사에는 수국류, 하계 하반기 조사에는 큰산꼬리풀, 추계조사에는 솔체꽃로 확인되어 향후 기후변화 모니터링을 위한 전시식물-곤충 간의 상호작용 모니터링을 위한 대표 식물종을 선정하여 계절별로 식물종의 발달단계를 기록하고 방문곤충의 방문횟수 및 종다양성 등을 기록하면 기후변화로 인한 변화를 분석할 수 있는 기초자료로 활용할 계획이다.

방문 조류의 경우 본 연구를 통해 국립수목원을 방문하는 목적이 주로 먹이활동을 위한 것으로 확인되었으며, 조사시기별로 획득하는 먹이원의 종류가 춘계에는 식물의 새순이나, 곤충의 애벌레, 하계 상반기에는 곤충, 하계 하반기에는 곤충과 과실수의 열매, 추계에는 주로 과실수의 열매를 먹이원으로 이용하는 것으로 확인되었으며, 특별하게 기주식물에 의해 먹이활동이 변

화되는 경향은 없는 것으로 확인되어 전시식물과 직접적인 상호관계를 모니터링하기 보다 동일한 시기에 획득하는 먹이원에 대한 모니터링을 실시함으로써 기후변화로 인한 영향 예측 및 분석을 하는 것이 보다 의미 있는 데이터를 확보하는게 유리할 것으로 판단된다.

또한, 조사기간 중 텃새 및 여름철새류가 국립수목원 내 번식이 확인되어 번식을 위해 유입되는 경우도 확인되었다. 특히 여름철새류의 번식시기는 매년 도래시기와 연관관계가 있을 것으로 판단되며, 철새의 도래시기는 기후변화와 직접적인 연관관계가 있으므로 매년 동일시기에 관찰되는 철새류 모니터링을 통해 도래시기의 변화를 분석하여 기후변화 예측 분석에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국립수목원 기후변화 대응 전시원 산림생물다양성 증진 및 관리기반 구축 연구(KNA3-1-10,21-4)의 지원으로 이루어진 것입니다.

REFERENCES

- Cho, D. G., 2017, Ecological restoration planning design theory Vol. 1, Ecological restoration theory and legal system, 2nd edition, NEXUS Publishing, Seoul, 504-505.
- Cho, D. G., 2024, Ecological restoration planning design

- theory Vol. 1, Ecological restoration theory and legal system, 3rd edition, NEXUS Publishing, Seoul, 88-89.
- Cho, Y. C., Im, C. H., Goo, B. Y., Nam, K. B., Seo, J. S., 2017, Backgrounds of rapidly emerging ecosystem novelty and reality check on ecosystem prospect in South Korea, Proceedings of Korean Society of Environment & Ecology Conference, 27, 27-27.
- Hobbs, R. J., Higgs, E. S., Hall, C. M. (Eds.), 2013, Defining novel ecosystems, In novel ecosystems: Intervening in the new ecological world order, Wiley-Blackwell, 58-60.
- Hobbs, R. J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J. S., Bridgewater, P., Cramer, V. A., Epstein, P. R., Ewel, J. J., Klink, C. A., Lugo, A. E., Norton, D., Ojima, D., Richardson, D. M., Sanderson, E. W., Valladares, F., Vilà, M., Zamora, R., Zobel, M., 2006, Novel ecosystems: Theoretical and management aspects of the new ecological world order, Global Ecology and Biogeography, 15, 1-7.
- Jung, C. H., 2012, Climate change and the response of pollinator insects, Proceedings of The Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology Conference, 07a, 157-160.
- Kang, S. K., 2012, A Study on the classification and management of arboreta in Korea, Ph. D. Dissertation, Kyungpook National University, Deagu, Korea.
- Ministry of Environment, 2020, Korean climate change assessment report 2020, 11-1480000-001690-01, Sejong, Korea.
- Morse, N. B., Pellissier, P. A., Cianciola, E. N., Brereton, R. L., Sullivan, M. M., Shonka, N. K., Wheeler, T. B., McDowell, W. H., 2014, Novel ecosystems in the anthropocene: A Revision of the novel ecosystem concept for pragmatic applications, Ecology and Society, 19, 12, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06192-190212>.
- Myers, S. S., Patz, J. A., 2015, Emerging threats to human health from global environmental change, Annual Review of Environment and Resources, 34(1), 223-252.
- National Institute of Biological Resources, 2023, <https://species.nibr.go.kr/nibrStats/statDownPage.do?artNo=1839>.
- National Institute of Biological Resources, 2024, National climate change biological indicator species updated for the first time in 7 years, National Institute of Biological Resources press release.
- Stuart, K. A., 2024, Ecological restoration and environmental change : Renewing Damaged Ecosystems (2nd edition), 260.
- Almond, R. E. A., Grooten M., Petersen, T. (Eds), 2020, Living planet report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss, WWF, Gland, Switzerland.
-
- Doctor's course. Young Jin Choi
Department of Urban Planning and Landscape Architecture, Dong-A University Graduate School
carpenterzin@naver.com
 - Director. Yun Keun Lee
Haesol Eco-Friendly Research Institute
quercus2981@naver.com
 - Forestry Researcher. Young Jae Kim
Korea National Arboretum Exhibition Education Research Department
kimla9833@korea.kr
 - Section Chief. Hye Young Jin
Korea National Arboretum Exhibition Education Research Department
jinhye0@korea.kr
 - Manager. Hyun Jin Kim
Korea National Arboretum Exhibition Education Research Department
khj0101@korea.kr
 - Assistant Professor. Dong gil Cho
Department of Landscape Architecture, Dong-A University
cdgileco@dau.ac.kr