한국조경학회지 54(5): 237~254, 2026. 10.
J. KILA Vol. 54, No. 5, pp. 237~254, October, 2026
pISSN 1225-1755 eISSN 2288-9566
https://doi.org/10.9715/KILA.2026.54.5.237

생물다양성 증진을 위한 대학 캠퍼스 곤충정원 조성과 모니터링

- 서울시립대학교 100주년기념관 옥상 정원을 대상으로 -

Establishment and Monitoring of an Urban Campus Insect Garden to Promote Biodiversity
- A Case Study of a Rooftop Garden of the Centennial Memorial Hall at the University of Seoul -

신나경*, 김아연**
*서울시립대학교 조경학과 석사과정, **서울시립대학교 조경학과 교수

Shin, Nakyung*, Kim, Ah-Yeon**
*Master's Student, Dept. of Landscape Architecture, The University of Seoul
**Professor, Dept. of Landscape Architecture, The University of Seoul

Received: August 21, 2026
Revised: September 10, 2026
Accepted: September 28, 2026
3인익명 심사필

Corresponding author :
Ah-Yeon Kim
Professor, Dept. of Landscape Architecture, The University of Seoul, Seoul 02504, Korea
Tel.: +82-2-6490-2845
E-mail: ahyeonkim@uos.ac.kr

국문초록

도시 옥상정원은 생물서식공간 확충과 도시경관 개선의 잠재력을 가지나, 획일적인 관상 식재, 옥상 환경에 부적합한 수종 선정, 관리 체계의 부재로 생육 불량과 반복적인 보식, 장기적인 경관 쇠퇴가 발생하고 있다. 옥상정원은 일사, 건조, 풍량과 제한된 토심에 적응할 수 있는 식물을 선정하고, 식물의 특성과 생태적 기능을 고려하여 수량, 밀도와 배치를 결정하는 특수한 식재설계가 요구된다. 이 연구는 서울시립대학교 100주년기념관 옥상에 학생 참여 디자인으로 조성한 소규모 곤충정원을 대상으로 식재설계, 조성 및 관리, 계절별 경관 변화기록과 곤충의 생활사 이용을 분석하였다. 그 결과, 첫째, 옥상의 일사·풍압·건조환경에 적응 가능한 숙근초, 그래스류, 밀원식물, 기주식물과 재배식물을 복합적으로 식재함으로써 별도의 관수·시비·보식 없이도 8개월간 식생피복과 계절별 경관이 유지되었다. 둘째, 조사기간 동안 조류 6종, 거미류 3분류군, 곤충 34분류군 등 총 43분류군이 확인되었으며, 나비류의 산란·섭식·번데기화·성충 출현, 사마귀류의 알집 형성 등 일부 종에서는 복수의 생활사 단계 이용이 확인되었다. 셋째, 기주식물과 고사지 멀칭재가 관리 과정에서 제거된 사례를 통해, 옥상 곤충정원의 지속성은 물리적 관리 빈도보다 관리주체의 생태적 이해와 관리기준에 의해 크게 좌우됨을 확인하였다. 이 연구는 단일 대상지의 8개월 사례연구라는 한계를 지니지만, 옥상 생육환경에 적합한 식물 선정과 기능을 고려한 식재를 통해 제한된 면적에서도 곤충과 기타 도시 야생동물의 이용 가능성을 높일 수 있음을 확인했다는 의의가 있다. 또한 일률적 미관 관리 대신 선택적 제초, 기주식물 존치, 식엽흔 수용, 고사체의 부분 존치 등 생태적 유지관리의 필요성을 제시하였다.

주제어: 서식자원, 옥상녹화, 식재설계, 저관리, 지속가능

ABSTRACT

Urban rooftop gardens have the potential to expand wildlife habitats and enhance the urban landscape; however, uniform ornamental plantings, unsuitable species selection, and the lack of a management system are resulting in poor growth, repeated replanting, and long-term landscape deterioration. Rooftop gardens require a specialized planting design that selects plants tolerant of intense sunlight, aridity, wind exposure, and limited soil depth, and determines their number, density, and layout according to their characteristics and ecological functions. This study analyzed the planting design, construction, management, seasonal landscape changes, and insect use across life stages in a small-scale insect garden created through a student-participatory design on the rooftop of the Centennial Memorial Hall at the University of Seoul. The results showed that, first, a mix of perennial herbs, grasses, nectar plants, host plants, and cultivated plants adapted to the rooftop's solar radiation, wind pressure, and arid conditions maintained vegetation cover and seasonal landscapes for eight months without irrigation, fertilization, or replanting. Second, 43 taxa were identified, including 6 bird species, 3 spider taxa, and 34 insect taxa; some species existed through multiple life cycle stages, such as egg-laying, feeding, pupation, adult emergence of butterflies, and egg-sac formation in mantises. Third, the removal of host plants and dead plant material used as mulch during maintenance showed that the sustainability of rooftop insect gardens depends more on the managers' ecological understanding and management standards

than on the frequency of physical maintenance. Although limited to an eight-month case study of a single site, this study shows that selecting plants suited to rooftop conditions and designing functional plantings can increase use by insects and other urban wildlife, even in a limited area. It also proposes ecological maintenance, including selective weeding, retention of host plants, acceptance of leaf-feeding marks, and partial retention of dead plant material, rather than uniform aesthetic management.

Keywords: Habitat Resources, Green Roof, Planting Design, Low-Maintenance, Sustainability

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

1.1.1 연구 배경

도시화는 녹지 면적의 감소뿐 아니라 녹지 패치의 분절과 중심 서식지의 축소를 유발한다. 실제로 도시개발은 녹지의 양적 감소와 공간적 분절을 동시에 초래하는 것으로 나타났고(권선순 등, 2012), 산림 패치의 면적과 형태, 주변 토지이용은 종다양성에 유의한 영향을 미치는 것으로 보고되었으며(이동근 등, 2010), 이러한 경관구조의 변화는 도시 생물다양성에도 직접적인 영향을 미친다. 또한 전 세계적으로 도시 인구 비중이 지속적으로 증가하는 가운데, 환경 악화와 토지이용 변화는 생물다양성 손실을 유발하는 핵심 압력으로 지적되고 있다(United Nations, 2019; IPBES, 2019). 이러한 상황에서 지면 녹지의 추가 확보가 어려운 고밀도 도시에서는 건축물 옥상이 기존 녹지를 보완하는 생물서식공간으로 주목받고 있다. 국내 초기 연구에서는 옥상녹화가 조류 출현과 관련된 비오톱을 창출할 가능성이 제기되었으며(송태갑 등, 1994), 이후 도시생태네트워크의 관점에서 옥상녹화의 목표종 선정과 입지계획 방법이 제안되었다(최희선 등, 2004a). 녹화된 옥상은 빗물관리와 열환경 조절뿐 아니라 도시 야생생물의 서식 기반을 제공할 수 있는 인공생태계로도 설명되어 왔다(Oberndorfer et al., 2007).

그러나 옥상녹화가 생태성을 지속적으로 보장하는 것은 아니다. 옥상정원에서 곤충, 거미류, 조류, 수서생물 등 다양한 생물의 출현이 확인되었으나(고아라와 이은희, 2010; 우승민 등, 2013), 조성 후 시간이 경과하면서 식재종의 소실, 피복률의 변화 등이 나타나는 것으로 보고되었다. 또한 유지관리 방식은 식생구조와 경관에 영향을 미칠 수 있다(최희선과 안동만, 2004b; 장하경과 이은희, 2011). 따라서 옥상녹화는 생육환경, 식재기반, 식물 선정 및 관리기준이 모두 작용하는 장기적 운영의 문제로 접근할 필요가 있다. 특히 옥상은 강한 일사와 바람, 높은 증발산량, 제한된 토심과 급격한 토양수분 변동이 나타나는 인공지반이다. 옥상녹화 식물의 생육은 토심, 토양배합, 보수성, 관수주기 및 식물종의 내건성에 복합적으로 영향을 받으며(김명회 등, 2003; 박준석 등, 2010), 여름철 건조기에는 식재지반의 특성에 따라 적정 관수주기와 관수량이 달라질 수 있다(주진희 등, 2012). 이에 따라 옥상정원이 지속적인 생물서식공간으로 기능하기 위해서는 옥상 환경에 적합한 식물종을 선정하는 동시에 개화시기, 밀원·기주·피복 기능과 식생의 구조적 다양성을 함께 고려한 식재설계가 요구된다(Getter and Rowe, 2006; 김동엽 등, 2018).

그럼에도 불구하고 국내 옥상녹화 연구는 식물의 생육실험, 동식물상 모니터링, 유지관리 문제 등을 개별적으로 다루는 경향이 강하다. 특히 소규모 옥상 곤충정원이라는 구체적인 공간 유형을 대상으로 식재설계의 의도와 조성과정, 식생의 정착, 동물의 공간 이용, 관리과정에서 발생하는 교란을 하나의 사례 안에서 연속적으로 추적한 연구는 상대적으로 부족하다. 따라서 옥상 생육환경과 곤충의 생태적 요구를 반영한 공간을 실제로 조성하고, 이후의 생태적 변화와 관리과정을 통합적으로 분석할 필요가 있다.

1.1.2 연구 목적

이 연구의 목적은 서울시립대학교 100주년기념관 옥상에 조성된 24㎡ 규모의 곤충정원을 대상으로 식재설계와 조성과정, 조성 후 식생과 동물상의 변화, 유지관리 과정에서 발생한 교란을 분석하고, 이를 바탕으로 소규모 옥상 곤충정원의 조성 및 유지관리 지침을 제시하는 데 있으며, 이를 위한 세부 목적은 다음과 같다.

첫째, 옥상의 생육환경과 곤충의 생태적 요구를 반영한 식재설계의 원칙과 실제 조성과정을 분석한다.

둘째, 조성 후 식생의 정착 과정과 동물상 출현 특성을 조사하고, 해당 생물이 먹이활동, 산란, 유충 발달 등 생활사의 각 단계에서 정원을 어떻게 이용하는지를 추적한다.

셋째, 유지관리 과정에서 발생한 식생 훼손과 서식환경 교란의 원인과 영향을 검토하고, 이를 종합하여 소규모 옥상 곤충정원에 적용할 수 있는 조성 및 유지관리 방안을 제안한다.

1.2 연구의 내용과 방법

이 연구는 단일 대상지 사례연구로 수행되었다. 연구대상은 서울시립대학교 100주년기념관 옥상에 조성된 약 24㎡ 규모의 곤충정원이다. 연구방법은 문헌 검토, 설계 및 조성과정과 식생 및 동물상 관찰자료의 기술적 분석을 활용하였으며, 연구범위는 조성 준비단계부터 조성 후 8개월간의 모니터링 기간까지로 한정하였으며, 생물 모니터링은 공간의 이용 가능성을 확인하기 위한 정성적 관찰의 수준으로 진행되었다. 분석자료는 식재설계안 및 식재목록, 조성과정 사진과 작업기록, 수시 현장 관찰 기록, 동물상 사진자료와 종목록, 관리 과정에서의 특이사항 기록이다. 설계 및 조성과정 분석에서는 식물의 생육특성, 생활형, 개화시기, 밀원기능, 기주기능, 피복기능, 구조적 역할을 중심으로 식재구성을 분석했다.

식생 모니터링은 활착, 피복 형성, 개화, 고사, 자연유입식물의 출현, 계절경관 변화를 중심으로 정리하였다. 동물상 관찰은 동일한 관찰자가 주간에 수시로 수행하였으며, 동물상 분석은 조류, 거미류, 곤충류로 구분하였다. 동물의 동정은 현장에서 촬영한 사진자료를 바탕으로 AI 기반 이미지 인식 도구를 활용하여 후보 분류군을 1차적으로 선별한 후, 국립생물자원관의 「한반도의 생물다양성」과 국립수목원의 「국가생물종지식정보시스템」에 제시된 형태적 특징과 분류정보를 대조하여 확인하였다. 사진자료에서 종 수준의 식별형질을 확인하기 어려운 경우에는 확인 가능한 속·과·목 등의 상위 분류군 수준으로 기록하였다. 또한 동일한 시점에 동일 개체 또는 동일 행동이 연속적으로 촬영된 경우에는 중복 기록을 피하기 위해 하나의 관찰사건으로 정리하였다.

이 연구는 사진 기반 관찰자료를 활용한 탐색적 단일 사례 연구로, 개체수 조사나 조사노력량을 표준화한 실험연구가 아니므로 종다양도지수나 추론통계는 적용하지 않았으며, 출현 분류군의 구성, 관찰된 행동 유형, 특정 식물 또는 공간요소와의 관계를 중심으로 분석을 수행하였다. 행동 유형은 출현, 흡밀, 섭식, 번식, 산란 및 휴식으로 구분하였다. 출현은 개체가 확인되었으나 구체적인 행동을 판정하기 어려운 경우에 적용하였고, 휴식은 식물체나 공간요소에 정지하여 체류한 경우로 분류하였으며, 상태는 알, 유충, 약충, 성충, 번데기, 알집, 유체 및 성체로 기록하였다(그림 1 참조).



그림 1. 연구 흐름도

2. 이론적 고찰

2.1 국내 옥상정원 연구 동향

국내 옥상정원연구는 초기에는 하중과 제한된 토심에 적합한 경량 식재기반 개발과 식물 생육 검증을 중심으로 진행되었다. 김명희 등(2003)은 경량토양의 혼합비와 토심에 따른 생육 차이를 분석하여, 옥상 식물의 생육이 식물종의 특성과 식재기반에 의해 달라질 수 있음을 제시했다. 이은희 등(2005)은 저토심 환경에서 안정적인 활착을 확보하기 위해 식재기반의 물리적 특성을 조정할 필요가 있음을 밝혔다. 이러한 연구들은 옥상녹화의 지속성이 적절한 식물의 선정과 함께 토심, 토양배합 및 수분보유능의 조합에 좌우된다는 기초적 근거를 마련하였다.

옥상정원의 생태적 기능에 관한 연구는 식물 생육 중심에서 도시생태네트워크로 범위를 확장했다. 송태갑 등(1994)은 옥상녹화의 식재형태와 조류 출현의 관계를 검토하여 옥상 공간의 비오톱 조성 가능성을 제시하였다. 최희선 등(2004a)은 목표종을 활용하여 도시생태네트워크를 보완할 수 있는 옥상녹화 입지의 선정방법을 제안하였다. 고아라와 이은희(2010)는 옥상녹화지에서 식물상과 곤충상의 변화를 장기적으로 조사하고, 옥상 식생이 곤충의 먹이원과 서식공간으로 이용될 수 있음을 확인했다.

조성 이후의 식생 변화와 유지관리에 관한 연구도 지속적으로 축적되었다. 최희선 등(2003)은 서울시청 옥상정원에서 식재식물과 자연유입식물의 변화를 조사하고, 종간 경쟁과 자연유입식물의 확산을 고려한 관리방안을 제안하였다. 장하경과 이은희(2011)는 옥상녹화 식재식물의 피복률이 종별로 서로 다른 변화양상을 보인다고 밝히고, 식물별 생육특성에 따른 보식과 관리기준의 필요성을 제시하였다. 이러한 결과는 옥상정원의 식생은 식재종의 소실과 피복 변화, 자연유입종의 정착이 지속적으로 발생한다는 점을 보여준다.

종합하면 국내 옥상정원 연구 중 다수의 연구가 식물의 생육실험이나 생물상 조사에 초점을 두고 있어, 식재설계, 조성과정, 변화 과정, 관리를 하나의 연속적인 과정으로 분석한 연구는 제한적이다. 이에 이 연구는 캠퍼스 옥상정원의 조성 및 관리과정을 추적하고, 식재구성과 곤충의 생활사 이용 간 관계를 분석해 옥상정원의 생태적 잠재력과 식재설계의 방향을 제시하고자 한다.

2.2 옥상정원의 기능과 가치

옥상정원은 건축물 상부에 식재기반과 식생을 도입하여 도시환경을 개선하고, 이용자에게 녹지경관과 휴식공간을 제공하는 인공지반 녹지의 한 유형이다. 국내에서는 건축물의 열환경 개선과 우수유출 저감을 주요 목적으로 하는 '옥상녹화'와 휴식·관상·이용 기능을 강조하는 '옥상정원'이 함께 사용되어 왔다. 최근에는 옥상공간을 식물과 토양, 곤충과 미생물이 상호작용하는 소규모 도시생태계로 이해하면서 그 기능도 크게 세 영역으로 확장되고 있다.

첫째, 환경 조절 기능이다. 옥상정원의 식생과 식재기반은 건축물 상부의 열환경을 조절한다. 식물의 잎은 태양복사를 차단하고, 증산작용을 통해 열을 방출한다. 식재토양은 열의 전달을 지연하고 건축물 상부에 완충층을 형성한다. 이러한 과정은 옥상 표면온도와 건축물 내부로 전달되는 열을 낮추는 데 기여한다(Oberndorfer et al., 2007). 옥상정원은 강우를 일시적으로 저장하고 유출을 지연하는 기능도 수행한다. 강우의 일부는 식물체와 토양에 저류되며, 이후 증발산되거나 배수층을 통해 서서히 유출된다. Czemiel Berndtsson(2010)은 옥상녹화의 우수저감 성능이 토심, 식재기반의 물리적 특성, 식생, 강우량과 선행 토양수분의 영향을 받는다고 정리하였다. 따라서 환경조절 기능은 식재면적, 토양구조, 식생피복과 수분상태를 함께 고려하여 평가할 필요가 있다.

둘째, 생물 서식 기능이다. 옥상정원은 식물과 토양을 통해 도시생물에게 먹이, 은신처, 산란기질과 휴식공간을 제공한다. 고아라와 이은희(2010)는 관리조방형 옥상녹화지에서 식물상과 곤충상의 변화를 조사하고, 식재식물이 곤충의 먹이와 활동공간으로 이용되는 양상을 확인하였다. 우승민 등(2013)은 식생, 토양과 수분요소가 함께 조성된 옥상공간에서 여러 생물군의 이용이 확인되었다는 점에서 소규모 옥상녹지의 서식처 가능성을 제시하였다. 소규모 개별 옥상은 도시 내 녹지패치 사이에서 먹이와 휴식공간을 제공하는 징검다리 서식처의 역할도 수행할 수 있다.

셋째, 이용 및 경관 가치이다. 옥상정원은 포장면 중심의 건축물 상부에 계절적으로 변화하는 식생경관을 형성한다. 개화, 결실, 잎의 색채, 초장, 식생피복과 질감의 변화는 정원에 시간성을 부여한다. 개화시기와 생활형이 서로 다른 식물을 조합하면 봄부터 가을까지 연속적인 경관변화를 유도할 수 있다. 옥상정원의 경관은 이용자의 자연접촉과 주의집중회복에 기여할 수 있다. 옥상정원은 체류와 휴식이 이루어지는 공간으로 활용되며, 학교와 대학 캠퍼스의 옥상정원은 생태교육과 관찰활동에 활용될 수 있다. 캠퍼스 옥상정원은 휴식, 경관 감상, 생태관찰과 학습이 함께 이루어지는 공간적 가치를 가진다.

2.3 곤충정원의 개념과 구성

곤충은 화분매개, 유기물 분해, 초식과 포식 등 다양한 생태적 기능을 수행하며, 조류와 다른 동물의 먹이자원으로도 이용된다. 곤충정원과 관련된 개념으로 폴리네이터 가든(pollinator garden)이 있는데, 벌류, 나비류 등 화분매개동물이 이용할 수 있도록 꽃꿀과 화분자원, 산란·둥지·은신·월동 공간을 조성한 정원을 의미한다. 개화시기가 다른 식물을 연속적으로 배치하고, 화분매개자의 유충 또는 번식 단계에 필요한 식물과 공간을 함께 제공하는 것이 주요 원칙이며(Majewska and Altizer, 2020), 이를 곤충정원과 밀접하게 관련된 개념으로 참고하였다. 곤충정원은 화분매개곤충을 포함하여 초식성·포식성·기생성 곤충 등 여러 기능군이 이용하는 식물자원과 미소서식처를 함께 다룬다.

이 연구에서는 곤충정원을 대상지의 생육환경에 적합한 식물을 선정하고, 곤충의 섭식·산란·성장·번식·은신·월동에 필요한 식물자원과 미소서식처를 구성한 정원으로 정의하였다. 주요 식물자원에는 성충에게 꽃꿀과 화분을 제공하는 밀원식물, 산란과 유충의 섭식을 지원하는 기주식물, 지표면을 덮거나 수직적인 식생구조를 형성하는 식물이 포함된다. 토양 표면, 낙엽, 마른 줄기, 돌과 목재 등의 요소는 둥지, 은신과 월동에 활용되는 미소서식처를 형성한다. 곤충정원의 식재를 설계할 시에는 대상지의 환경조건, 식물의 생육특성, 곤충의 자원 이용을 함께 고려해야 한다. 식물의 개화시기와 꽃 형태는 성충이 이용할 수 있는 먹이자원의 종류와 공급기간에 영향을 준다. 기주식물의 종류와 분포는 특정 초식성 곤충의 산란과 유충 성장에 관여한다. 식물의 초장, 피복범위와 생장형은 곤충이 활동하는 공간의 높이와 밀도에도 영향을 준다.

곤충정원의 구성요소는 식물자원, 공간자원으로 구분할 수 있다. 식물자원에는 밀원식물, 화분자원식물, 기주식물, 피복식물과 식생구조 형성 식물이 포함된다. 서로 다른 시기에 개화하는 식물을 조합하면 생육기간 동안 꽃자원의 공급을 이어갈 수 있다. 기주식물은 곤충의 산란과 유충기 섭식을 지원하며, 다양한 생활형의 식재는 여러 높이와 밀도의 활동공간을 형성한다. 공간자원에는 식생 내부의 공극, 토양 표면, 낙엽, 마른 줄기, 돌, 목재와 수분요소가 포함된다. 이들 요소는 곤충의 휴식, 은신, 번식과 월동에 활용된다. 관목과 직립형 초본은 바람에 대한 차폐와 수직적인 활동공간을 형성하고, 피복식물은 지표면의 온도와 수분 변화에 영향을 준다.

2.4 곤충의 생활사와 서식자원 이용

곤충의 생활사는 완전변태와 불완전변태로 구분된다. 나비류, 벌류, 파리류와 딱정벌레류는 알, 유충, 번데기, 성충의 단계를 거치는 완전변태를 한다. 메뚜기류, 노린재류와 사마귀류는 알, 약충, 성충의 단계를 거치는 불완전변태를 한다. 각 단계에서 필요한 먹이의 종류, 식물체의 부위와 미소환경은 종의 생태적 특성에 따라 달라진다. 성충의 출현은 해당 공간에 대한 방문과 이용을 보여주는 지표가 된다. 산란, 유충의 섭식과 성장, 번데기화 및 성충 출현이 함께 확인되면 여러 생활사 단계에서 해당 공간이 이용되었음을 파악할 수 있다. 곤충정원의 서식처 기능을 분석할 때에는 출현 분류군과 함께 생활단계, 이용행동과 이용자원을 기록해야 한다.

식물에 대한 곤충의 섭식에 있어 크게 밀원식물, 식초식물, 기주식물로 나눌 수 있다. 밀원식물의 꽃꿀은 나비류, 벌류, 꽃등에류와 일부 파리·딱정벌레류 성충의 주요 에너지원이며, 화분은 벌류와 일부 곤충에게 단백질과 영양분을 제공한다. 도시정원에서 꽃의 양과 식물종 수는 화분매개곤충의 출현 및 방문과 관련된다. Baldock et al.(2019)은 영국 4개 도시의 360개 조사지를 분석하여 주거정원과 도시농원이 풍부한 꽃자원과 다양한 식물-화분매개자 관계를 형성한다는 점을 확인하였다. 개화식물의 공급은 식물종별 개화량과 개화기간에 따라 계절적으로 변화한다. Salisbury et al.(2015)은 정원형 실험 식재에서 개화식물의 양이 증가할수록 화분매개곤충의 방문이 증가했으며, 식물군의 개화시기에 따라 방문 양상도 달라졌다고 보고하였다. 따라서 곤충정원에서는 개화시기가 겹치거나 연속되는 식물을 조합하고, 꽃의 형태와 높이에도 차이를 두어 여러 곤충 기능군이 이용할 수 있는 먹이자원을 구성해야 한다. 식초식물은 나비나 나방 등의 유충이 자라면서 갉아먹는 특정 식물을 의미하고, 기주식물은 곤충이 산란하거나 유충이 먹이로 이용하는 식물을 의미한다. 나비류를 포함한 초식성 곤충은 종에 따라 한 종이나 특정 식물군을 이용하며, 여러 과의 식물을 이용하기도 한다. 나비 분류군에 따라 기주식물의 생활형과 분류군, 기주범위가 다르게 나타나며, 곤충정원에서 식초식물과 기주식물의 선정은 유입 가능한 곤충의 종과 유충기 자원 요구를 기준으로 이루어져야 한다.

또한 곤충은 식물의 잎과 줄기, 식생 내부의 공극, 토양 표면, 돌과 목재 등의 구조를 휴식과 은신에 이용한다. 사마귀 등 포식성 곤충은 식물체에서 먹이를 탐색하며, 줄기나 가지에 알집을 부착한다. 수동을 이용하는 종은 식물체와 목재의 빈 공간을 번식장소로 활용하고, 마른 줄기, 잎, 종자머리와 식생 하부의 잔재는 겨울철 곤충의 은신과 월동에 활용될 수 있다. Unterweger et al.(2018)은 겨울 동안 도시 초지를 예초하지 않을 시 봄철 종다양성과

출현 개체가 높게 나타났고, 이에 따라 겨울철 식물구조의 존치와 모자이크형 예초가 도시녹지의 곤충서식처 관리에 긍정적 영향을 미침을 제시했다. 계절적 관리에서는 산란과 유충 성장, 번데기화 및 월동 시기를 확인해야 한다. 개화 중인 식물의 전정은 성충의 먹이자원을 줄이며, 기주식물의 제거는 알과 유충의 생육에 영향을 준다. 가을과 겨울의 고사지 및 지상부 제거는 줄기와 식생잔재를 이용하는 곤충의 월동공간을 감소시킬 수 있다. 따라서 곤충의 생활사 자원을 유지하기 위해선 작업시기와 제거범위를 단계적으로 설정해야 한다.

2.5 분석의 틀

이론적 고찰을 통해 국내 옥상정원 연구의 흐름, 옥상정원의 기능과 가치, 곤충정원의 개념과 구성요소, 곤충의 생활사별 서식자원 이용을 검토하였다. 이를 종합하여 핵심 쟁점을 옥상환경에 적합한 식재설계, 조성 후 식생과 경관의 변화, 식재공간에 대한 동물의 이용으로 설정하였다.

첫째, 식재설계에서는 기존 식재와 옥상 생육조건을 파악하고, 식물종 선정과 공간구성의 특성을 분석하였다. 세부 항목은 식물종과 수량, 생활형, 개화시기, 초장, 생장폭, 식재밀도와 배치로 구성하였다. 식물의 생태적 기능은 밀원, 기주, 피복과 식생구조 형성으로 구분하였다.

둘째, 식생과 경관의 변화에서는 식재식물의 활착, 생존, 피복, 개화와 결실을 조사하였다. 시기별 현장사진을 활용하여 계절경관을 기록하고, 조성 당시의 식재구성이 옥상환경에서 정착하고 변화한 양상을 파악하였다.

셋째, 동물의 이용에서는 조류, 거미류와 곤충류의 출현 분류군을 정리하고, 관찰된 행동과 이용자원을 분석하였다. 곤충의 행동은 출현, 흡밀, 섭식, 번식, 산란 및 휴식으로 구분하고, 상태는 알, 유충, 약충, 성충, 번데기, 알집, 유체 및 성체로 구분했다(그림 2 참조).

3. 대상지 분석과 곤충정원 조성과정

3.1 대상지 현황과 조성 배경

대상지는 서울특별시 동대문구 서울시립대학교 100주년기념관 3층 옥상에 위치한 약 24㎡ 규모의 공간으로, 시민에게 개방되는 도서관의 앞 뜰로 조성되었다가 2025년 학생식당으로 3층 건축물의 용도가 변경되었다. 필요에

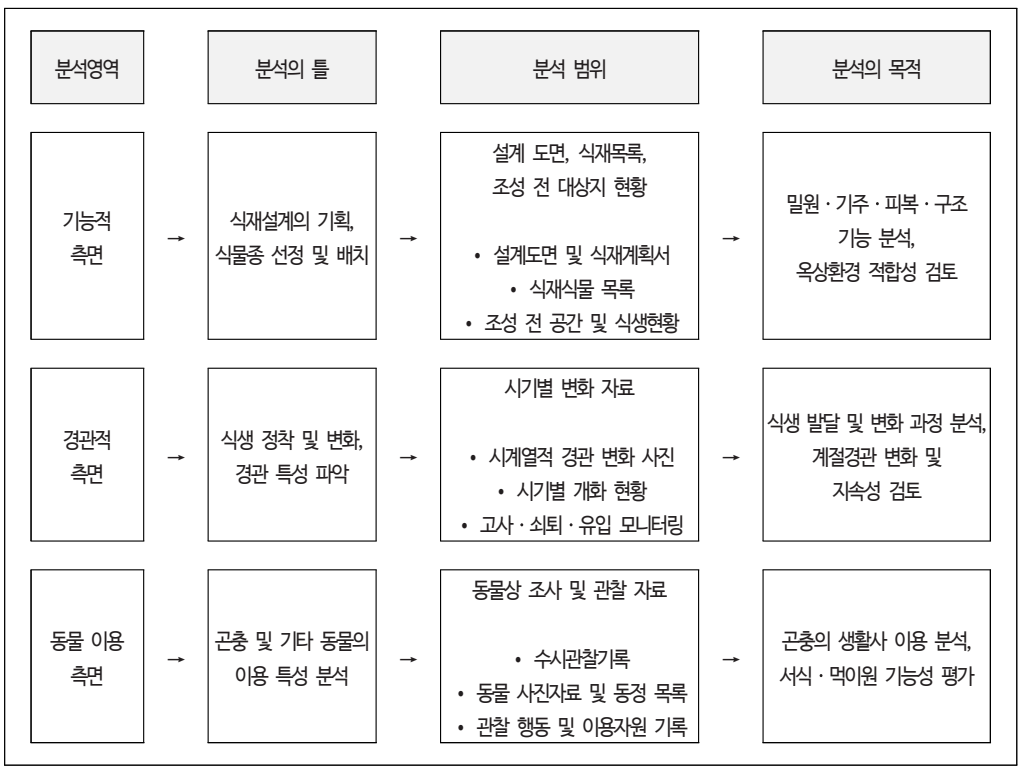


그림 2. 옥상 곤충정원 분석의 틀

따라 현수막, 풍선, 가랜드 등으로 대학의 다양한 활동을 수용할 수 있는 가변적 구조물로 계획된 공간이다(김아연, 2019). 대학 시설과는 옥상의 경관 개선과 학생들의 정원 실습을 목적으로 소규모 부지의 사용을 허가하였고, 2018년 조성 이래 간헐적으로 행사 공간으로 활용되었다.

곤충정원은 2025년 1학기 조경학과 대학원 「환경설계」와 「정원디자인 실습」 2개 과목 수강생 15명이 세 개 팀으로 나누어 조성한 세 개 정원 중 하나이다. 대상지는 건축물 옥상공간으로 일사와 바람의 영향을 강하게 받는다. 식물은 기존 옥상 식재대의 토양과 배수체계 안에서 생육해야 했으며, 토심 조정이나 관수·배수시설은 계획하지 않았다. 이에 식물종 선정에서는 강한 일사와 건조에 대한 적응성, 제한된 관리조건에서의 생육 가능성을 주요 기준으로 적용하였다. 옥상의 미기후와 토양수분은 계측하지 않았으며, 대상지의 환경조건은 현장관찰과 기존 식생의 생육상태를 바탕으로 파악하였다.

대상지에는 이전 수업 및 연구실 실습의 결과로 좀목형(*Vitex negundo* var. incisa), 얇은잎고광나무(*Philadelphus tenuifolius*), 윤노리나무(*Pourthiaea villosa* var. *longipes*), 참조팝나무(*Spiraea fritschiana*) 등의 목본이 자라고 있었다. 기존 목본은 대상지에서 일정 기간 생육한 식물이라는 점과 식생의 수직적 골격을 형성한다는 점을 고려하여 존치하였다. 신규 식재는 기존 목본 사이와 구조물 하부 영역의 가장자리를 중심으로 계획하였다. 덩굴식물을 유도할 수 있는 구조물의 기둥과 식물관리 동선은 기주식물의 도입, 식생층위의 다양화, 곤충 관찰과 관리가 가능한 식재를 구상하는 기초 골격으로 활용하였다. 캠퍼스 내 100주년 기념관의 위치는 그림 3과 같으며, 100주년 기념관 내 대상지의 위치와 조성 전 현황은 그림 4와 같다.

3.2 설계 목표와 식재 원칙

곤충정원의 설계 목표는 옥상환경에서 안정적으로 생육하는 식물군집을 조성하고, 곤충의 먹이활동과 생활사에 필요한 자원을 제공하며, 계절에 따라 변화하는 식생경관을 형성하는 것이다. 이를 위해 식물의 생육 적합성, 생태적 기능, 개화의 연속성과 식생 구조를 식재 설계의 원칙으로 설정하였다.

첫째, 건물 옥상에 위치한 대상지의 일사·바람·건조조건을 고려하여 내건성이 높고 배수에 영향을 적게 받는 식물을 선정하였다. 식물의 성숙 크기와 생장형도 검토하여 식재 후 피복 범위와 관리 가능성을 함께 고려하였다.

둘째, 식물의 생태적 기능은 밀원·화분자원, 기주·섭식자원, 지표 피복, 식생구조 형성으로 구분하였다. 벌·나비·꽃등에류 등의 성충기 먹이활동을 지원하는 밀원식물과 나비류와 초식성 곤충의 산란 및 유충기 섭식 식물로 기주식물을 선정하였다. 피복식물은 토양 노출을 줄이고 식생 하부의 미세환경을 형성하도록 도입하였다. 관목, 직립형 숙근초와 그래스류는 식생 높이와 밀도에 차이를 형성하는 구조적 요소로 활용하였다.

셋째, 봄부터 가을까지 개화가 이어지도록 식물별 개화 시기를 조합하였다. 특정 시기에 개화가 집중되는 현상을 줄이고 곤충의 먹이자원과 정원의 색채가 계절에 따라 지속되도록 계획하였다. 식물의 꽃 형태와 높이에도 차이를 두어 여러 곤충 기능군이 이용할 수 있도록 식재를 구성했다.

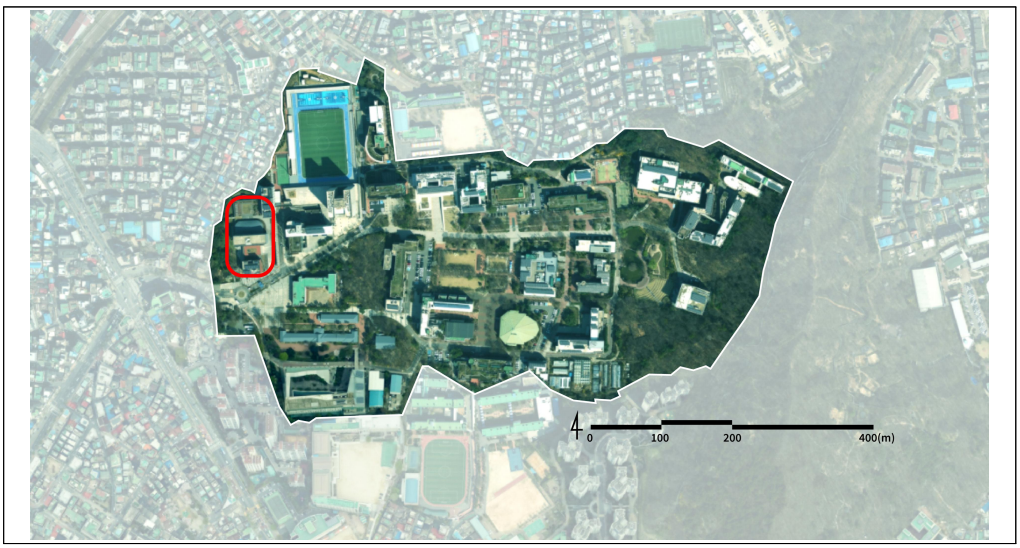


그림 3. 서울시립대학교 캠퍼스 현황과 100주년 기념관 위치
범례: 서울시립대학교 캠퍼스, 100주년기념관



a: 100주년기념관 내 정원 위치도

b: 2025년 봄 기준 식재현황도

c: 2024년 여름 경관

d: 2025년 봄 경관

그림 4. 대상지 위치와 조성 전 현황
범례: ▭ 서울시립대학교 100주년 기념관, ■ 대상지 위치

넷째, 낮은 초본과 피복식물, 중간 높이의 개화초본, 직립형 초본과 그래스류, 기존 목본을 함께 배치하여 식생 층위를 구성하였다. 식재밀도는 조성 초기의 경관과 식물의 성숙 후 생장폭을 함께 고려하여 설정하였다. 이러한 원칙은 옥상환경 적합성, 곤충 서식자원 제공과 계절경관 형성을 통합하는 설계기준으로 적용하였다(그림 5 참조).

3.3 식재 설계와 공간 구성

식물종 선정에 앞서 2025년 3월 8일 기준 네이처링에 업로드된 시민과학 관찰자료를 활용하여 대상지 반경 1.5km 이내에서 기록된 나비류를 검토하였다. 조사 자료에는 배추흰나비, 대만흰나비 등 12종의 나비류가 확인되었다. 이 결과는 대상지 주변에서 유입될 가능성이 있는 나비류와 기주식물의 관계를 검토하는 기초자료로 활용하였다. 대상지에 도입한 기주식물로는 쥐방울덩굴(*Aristolochia contorta*), 박주가리(*Metaplexis japonica*), 케일(*Brassica oleracea*), 상추(*Lactuca sativa*) 등이 있으며, 쥐방울덩굴과 박주가리는 식물 구입이 어려운 점을 고려하여 종자를 확보한 후 2025년 3월 13일 파종하였다. 케일과 상추는 배추흰나비류 등 초식성 곤충의 산란과 유충기 섭식 가능성을 고려하여 식재하였다.

밀원 및 화분자원 식물에는 부들레야, 층꽃나무, 숙근꽃향유, 에키네시아, 샤스타데이지, 버들마편초, 솔잎금계국, 샐비아, 리아트리스와 벌개미취 등을 포함하였다. 이들 식물은 개화시기, 꽃의 형태, 초장과 생육특성을 고려하여 선정하였다. 털수염풀과 수크령은 가는 잎과 수직적인 화서를 통해 식생구조와 질감의 변화를 형성하도록 도입하였다. 백리향, 기린초와 무늬맥문동은 낮은 층위의 피복 형성에 활용하였다.

식재구성은 식물의 개화시기와 생활형을 기준으로 계절적·수직적으로 조직하였다. 봄철에는 기존 목본과 구근류 및 일부 숙근초의 개화를 활용하고, 초여름에는 샤스타데이지, 솔잎금계국과 샐비아가 경관을 형성하도록 계획하였다. 여름에는 에키네시아, 버들마편초, 리아트리스와 부들레야를 주요 개화식물로 구성하였다. 늦여름과 가을에는 층꽃나무, 숙근꽃향유, 벌개미취와 오이풀이 꽃자원을 이어가도록 배치하였다.

공간의 구조를 만들기 위해 구조물의 기둥과 기존 목본을 식재 공간의 수직적 골격으로 활용하였다. 목본 전면에는 중간 높이의 숙근초를 군락으로 배치하고, 식재대 가장자리에는 기린초, 백리향과 무늬맥문동 등의 낮은 식물을 배치하였다. 버들마편초, 리아트리스, 오이풀과 그래스류는 식재공간 내부에 분산하여 수직적인 리듬과 식생 내

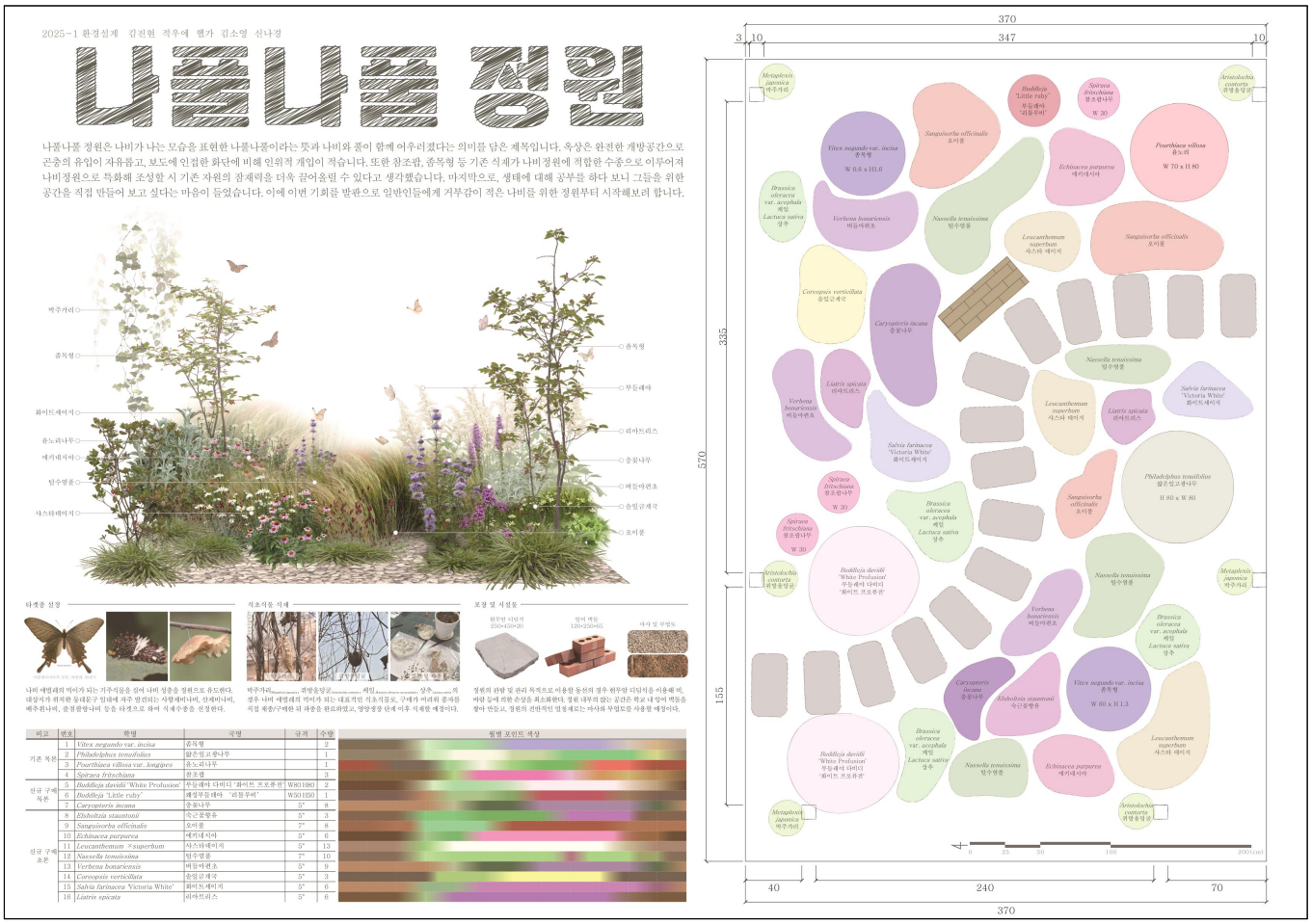


그림 5. 곤충정원 식재설계도 및 식재계획 리스트

부의 공극을 형성하고, 쥐방울덩굴과 박주가리는 기둥과 기존 구조물을 활용하여 생장할 수 있도록 배치하였다. 식재는 동일 종을 소규모 군락으로 반복하는 방식을 적용하였다. 군락형 배치는 개화식물의 시각적 인지와 곤충의 꽃자원 탐색을 지원하고, 서로 다른 식물군 사이에 높이와 질감의 변화를 형성하도록 계획하였다. 식물 간 간격은 성숙기의 생장폭을 고려하되, 조성 초기의 토양 노출이 장기간 지속되지 않도록 조정하였다.

3.4 조성 과정

곤충정원의 조성은 주변 생물상 조사, 기주식물 파종, 식재계획 수립과 현장 식재의 순서로 진행했다. 2025년 3월 8일 대상지 주변의 나비류 출현자료를 조사하였으며, 3월 13일에는 쥐방울덩굴과 박주가리 종자를 선별하여 파종했다. 3월 20일에는 신규 도입 식물과 수량을 계획하고, 3월 31일에는 시공일 기준 수급 가능한 식물종을 협의하여 최종 식재목록 수량, 배치계획을 확정했으며, 각각의 기능적 구성과 목록은 표 1, 2와 같다. 4월 2일에는 정원에 활용한 통나무를 수급하기 위해 서울시립대 내 간벌 등으로 베어진 폐목을 선별하여 운반하였고, 4월 4일에는 설계도면에 따라 식물을 배치하고 식재했으며, 시공 당일에 멀칭 과정까지 모두 마무리하였다. 하중의 문제로 설계

표 1. 옥상 곤충정원의 식물 선정 원칙과 기능

구분	선정 원칙	주요 기능	적용 식물
환경 적합성	일사 · 바람 · 건조조건에서 지속적으로 생육 가능한 식물	식생의 안정적 정착	숙근초, 그래스류 등
밀원 · 화분자원	개화시기가 다른 식물을 조합하여 꽃자원의 연속성 확보	성충기 먹이자원	부들레야, 에키네시아, 버들마편초, 벌개미취 등
기주 · 섭식자원	주변에서 유입 가능한 곤충의 산란 및 유충기 먹이식물 포함	산란 · 유충기 섭식	쥐방울덩굴, 박주가리, 케일, 상추, 회향 등
피복	낮은 초장의 식물을 하층에 배치해 토양 노출 감소	지표피복 및 하층 식생 형성	백리향, 기린초, 무늬맥문동 등
구조	서로 다른 초장 · 생활형을 조합해 수직적 · 수평적 구조 형성	휴식 · 은신 및 공간구조 다양화	기존 목본, 털수염풀, 수크령, 오이풀, 에키놉스 등

표 2. 100주년 기념관 옥상 곤충정원 최종 식물 구성 및 수량

구분	학명	국명	규격	수량	도입 방식
기존 목본	*Vitex negundo* var. *incisa*	좀목형	기존 식재	2주	존치
기존 목본	*Philadelphus tenuifolius*	얇은잎고광나무	기존 식재	1주	존치
기존 목본	*Pourthiaea villosa* var. *longipes*	윤노리나무	기존 식재	1주	존치
기존 목본	*Spiraea fritschiana*	참조팝나무	기존 식재	3주	이식
기존 초본	*Paeonia lactiflora*	작약	기존 식재	1본	이식
기존 초본	*Carex mira*	꼬랑사초	기존 식재	2본	이식
신규 목본	*Buddleja davidii* 'White Profusion'	부들레야 '화이트 프로퓨전'	5치	2주	포트묘 식재
신규 목본	*Buddleja* 'Little Ruby'	왜성부들레야 '리틀루비'	5치	1주	포트묘 식재
신규 목본	*Caryopteris incana*	층꽃나무	5치	8주	포트묘 식재
신규 초본	*Elsholtzia stauntonii*	숙근꽃향유	5치	5본	포트묘 식재
신규 초본	*Sanguisorba officinalis*	오이풀	8치	7본	포트묘 식재
신규 초본	*Echinacea purpurea*	에키네시아	3치	25본	포트묘 식재
신규 초본	*Leucanthemum* × *superbum*	샤스타데이지	5치	12본	포트묘 식재
신규 초본	*Nassella tenuissima*	털수염풀	5치	15본	포트묘 식재
신규 초본	*Verbena bonariensis*	버들마편초	5치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Coreopsis verticillata*	솔잎금계국	5치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Salvia farinacea* 'Victoria White'	샐비아 화이트	5치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Liatris spicata*	리아트리스	5치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Aster koraiensis*	벌개미취	6치	7본	포트묘 식재
신규 초본	*Foeniculum vulgare*	회향(펜넬)	6치	7본	포트묘 식재
신규 초본	*Ammi majus*	아미초	5치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Liriope platyphylla* 'Variegata'	무늬맥문동	5치	9본	포트묘 식재
신규 초본	*Hemerocallis fulva*	원추리	5치	9본	포트묘 식재
신규 초본	*Phedimus aizoon* var. *floribundus*	기린초	3치	20본	포트묘 식재
신규 초본	*Achillea alpina*	톱풀	3치	20본	포트묘 식재
신규 초본	*Pennisetum alopecuroides*	수크령	6치	10본	포트묘 식재
신규 초본	*Thymus quinquecostatus*	백리향	3치	20본	포트묘 식재
신규 초본	*Echinops setifer*	에키놉스	5치	8본	포트묘 식재
신규 초본	*Tulipa* sp.	튤립	구근	50개	구근 식재
종자 도입	*Centaurea cyanus*	수레국화	종자	-	파종
종자 도입	*Lactuca sativa* cv.	적상추	종자	-	파종
종자 도입	*Brassica oleracea* cv.	케일	종자	-	파종
종자 도입	*Aristolochia contorta*	쥐방울덩굴	종자	-	파종 후 이식
종자 도입	*Metaplexis japonica*	박주가리	종자	-	파종 후 이식

도서상 30cm 깊이 100퍼센트 인공토로 구성된 원 식재 기반은 과거 몇 차례 정원 실습을 거치며 자연토가 일부 유입되었다. 곤충정원 조성 시 추가 경량 인공 토양 총 600L가 사용되었고, 시공 과정과 조성 완료된 직후의 모습은 그림 6과 같다.

4. 모니터링 결과 및 분석

2025년 3월부터 11월까지 총 306장의 현장 사진을 확보하였고, 이 가운데 동물 또는 생활사 단계가 촬영된 자료는 119장이었다. 8월에는 사진 자료를 확보하지 못해 월별 비교에서 자료 공백으로 처리하였다. 조사 시간과 조사 노력량이 표준화되지 않았으므로 사진 수와 관찰사건 수는 개체수 또는 출현 빈도로 해석하지 않았다.



a: 시공 과정 b: 2025. 4. 4 조성 직후의 모습

그림 6. 시공 과정과 조성 직후의 모습

4.1 식생의 정착과 계절경관의 변화

4월부터 11월까지의 정원 경관의 경우는 그림 7과 같은 흐름대로, 세부 식생의 활착, 개화, 결실 등의 경우는 그림 8과 같은 흐름대로 변화하였다. 월별 주요 변화 및 특성의 경우. 조성 직후인 4월에는 개별 식물의 형태와 식물 사이의 토양면이 뚜렷하게 나타났다. 백리향의 개화와 쥐방울덩굴의 신초 생장이 확인되었다. 5월에는 파종한 적상추와 케일이 발아해 성공적으로 활착하였으며, 초본류의 초장과 생장폭이 증가하면서 식재면의 피복이 확대되



그림 7. 조성 후 경관의 변화



그림 8. 조성 후 세부 식생의 변화

었다. 아미초와 버들마편초 등의 개화가 시작되었고, 쥐방울덩굴은 지지구조를 따라 생장하였다.

6월과 7월 초에는 식생의 높이와 밀도가 빠르게 증가하였다. 샐비아, 아미초, 톱풀, 수레국화, 샤스타데이지, 버들마편초, 에키네시아, 리아트리스, 부들레야, 에키놉스 등 여러 식물이 순차적으로 개화하였지만, 일부 리아트리스의 경우 활착 과정에서 문제가 발생해 꽃대는 모두 제거하고 잎만 남겨 관상하였다. 또한 샐비아와 샤스타데이지, 에키네시아의 경우 데드헤딩을 시행해 연속 개화를 촉진하였다. 직립형 숙근초와 그래스류는 중·상층의 식생구조를 형성하였고, 백리향, 기린초, 무늬맥문동 등의 낮은 식물은 지표면을 피복하였다. 기존 목본, 개화초본, 그래스류와 피복식물이 서로 다른 높이와 질감을 형성하면서 정원 내부에 다층적인 식생구조가 나타났다.

7월 중순부터는 식재면 대부분이 식생으로 덮였으며, 개화와 결실이 동시에 관찰되었다. 빛이 강하고 길게 드는 옥상이라는 환경 탓에 직립하는 아미초, 펜넬, 버들마편초, 오이풀 등의 성장이 우세해 2m가량 성장하였으며, 기존 토양에 남아있던 원추리, 고사리, 작약 등이 발견되었다. 또한 버들마편초와 아미초의 경우 몇몇 개체가 과도한 생장으로 인해 주변 식물에 영향을 미쳐제거해 밀도를 조절하였다. 9월과 10월에는 그래스류의 화서와 숙근초의 종자머리가 발달하였다. 일부 개화식물은 10월까지 꽃을 유지하였으며, 케일과 적상추도 여름철의 식엽 이후 생육을 지속하였다. 가을철 정원에서는 녹색 잎, 황갈색 화서, 갈색 줄기와 종자머리가 함께 나타났다. 11월에는 다수 숙근초의 지상부가 마른 상태로 남았고, 그래스류의 화서와 기존 목본의 가지도 유지되었다. 이러한 구조는 여름철의 개화경관과 구분되는 늦가을의 색채와 질감을 형성하였다.

조성 이후 별도의 관수시비보식은 시행하지 않았고, 관리 빈도는 월 1회 미만, 회당 2시간 내외, 참여 인원 2–4명으로 시행되었다. 대부분의 식물이 정상적으로 활착하여 개화하거나 결실을 맺었으며, 식생의 층위와 계절경관도 유지된 것으로 보아 옥상 생육환경을 고려한 식재설계가 기여한 것으로 판단된다. 다만 피복률과 식물별 생존율을 정량적으로 측정하지 않았으므로 식생 변화는 시기별 사진과 현장 기록을 토대로 해석했다.

4.2 동물상과 정원 이용 특성

사진 자료를 분석한 결과 조류 6종, 거미류 3분류군, 곤충류 34분류군 등 총 43분류군이 확인되었다. 곤충류는 나비목 10분류군, 벌목 9분류군, 노린재목 6분류군, 파리목 5분류군, 메뚜기목 3분류군과 사마귀목 1분류군으로 구성되었다. 종 수준의 동정이 어려운 자료는 속·과·목 수준 또는 미동정 분류군으로 기록하였다.

사진 자료에서 확인된 독립 동물 관찰 사건은 총 66건이었다. 각 관찰 사건에 하나의 주행동을 적용한 결과 출현 17건, 흡밀 14건, 섭식 15건, 번식 3건, 산란 5건, 휴식 12건으로 분류되었다. 이 수치는 표준화된 조사 노력에 따른 행동 빈도를 의미하지 않으며, 확보된 사진자료에 포함된 행동의 구성만을 나타낸다. 흡밀은 호박벌류, 꿀벌, 흰나비류와 큰호리병벌 등에서 확인되었다. 이용 식물은 버들마편초, 리아트리스, 아미초와 벌개미취 등이었다. 섭식은 케일의 흰나비류 유충, 부들레야의 자나방류 유충, 원추리 꽃대의 진딧물류에서 확인되었다. 휴식은 사마귀류, 메뚜기류, 베짱이와 일부 노린재류가 케일, 부들레야, 직립형 초본과 인공구조물에 정지하여 체류하는 것으로 확인되었다. 상태에 있어서는 곤충류에서 유충, 약충, 성충, 번데기와 알집이 확인되었고, 거미류에서는 성체가 발견되었다. 배추흰나비의 생활사에서는 알, 유충, 성충, 번데기 모두 확인되었으며, 넓적배사마귀에서는 약충, 성충과 알집이 계절별로 발견되었다(그림 9, 표 3, 4 참조).

4.3 식재설계의 생태적 기능과 시사점

설계안은 옥상 생육환경에 대한 적합성과 함께 밀원, 기주, 피복 및 구조 형성 기능을 고려하였다. 모니터링 결과 식물의 꽃, 잎, 줄기, 결실부와 목본 가지에서 출현, 흡밀, 섭식, 번식, 산란 및 휴식이 확인되었다. 이러한 관찰은 식물종의 구성과 식생 구조가 동물의 먹이활동, 생활사 발달 및 공간 이용과 연계되었음을 보여준다.

개화식물은 곤충 성충의 먹이자원으로 이용되었다. 어리호박벌은 5월과 6월에 버들마편초에서 흡밀하였으며, 꿀



그림 9. 관찰된 동물 행동 및 생활사



(k) 250609 배추흰나비 애벌레 (l) 250620 배추흰나비 애벌레 (m) 250621 배추흰나비 알 및 식엽흔적 (n) 250621 배추흰나비 성충 (o) 251027 배추흰나비 번데기

(p) 250701 넓적배사마귀 약충 (q) 251027 넓적배사마귀 성충 (r) 251121 넓적배사마귀 알집 (s) 251027 섬서구메뚜기 번식 (t) 251027 베짱이

그림 9. 계속

표 3. 동물의 행동 · 상태 및 판단 기준

구분	판단기준
출현	개체가 확인되었으나 구체적인 행동을 판정하기 어려운 경우
흡밀	성충이 꽃에 구기를 접촉하거나 꽃차례를 연속적으로 탐색한 경우
섭식	유충의 식엽, 진딧물류의 흡즙 등 먹이 섭취가 확인된 경우
번식	성충 간 교미가 직접 확인된 경우
산란	산란행동, 알 또는 알집의 부착이 확인된 경우
휴식	식물체나 구조물에 정지하여 체류한 경우
상태	알, 유충, 약충, 성충, 번데기, 알집, 유체, 성체, 미확정

표 4. 행동 유형별 관찰 결과

행동	관찰사건 수	확인 상태	대표 분류군	주요 이용자원
출현	17	유충, 유체, 성충, 성체, 번데기	후투티, 거미류, 노린재류, 벌류, 산호랑나비 유충 등	지표면, 꽃, 식물체, 식생 내부
흡밀	14	성충	호박벌류, 꿀벌, 배추흰나비, 큰호리병벌 등	버들마편초, 리아트리스, 아미초, 벌개미취
섭식	15	유충, 약충, 성충	배추흰나비 유충, 자나방류 유충, 진딧물류 등	케일, 부들레야, 원추리
번식	3	성충	긴알락꽃등에, 배추흰나비, 섬서구메뚜기 등	초본 줄기와 잎, 식물체
산란	5	알, 알집	넓적배사마귀, 배추흰나비 등	초본 잎 뒤, 목본 가지
휴식	12	약충, 성충	넓적배사마귀, 메뚜기류, 베짱이, 노린재류 등	잎, 줄기, 꽃차례, 기둥
합계	66	-	-	-

벌은 리아트리스와 벌개미취를 이용하였다. 배추흰나비 성충은 버들마편초에서 흡밀하였고, 아미초와 톱풀 등에서도 벌류와 파리류의 출현이 확인되었다. 서로 다른 개화시기와 꽃차례 형태를 지닌 식물을 조합한 결과 5월부터 가을까지 꽃자원이 순차적으로 형성되었다. 직립형 꽃차례, 산형화서 및 두상화의 구성은 다양한 체형과 먹이활동 특성

을 지닌 곤충이 이용할 수 있는 자원 조건을 형성하였다. 기주식물에서는 유충기의 섭식과 생활사 발달이 확인되었다. 특히 배추흰나비와 넓적배사마귀의 기록은 곤충정원의 생태적 기능을 구체적으로 보여준다. 배추흰나비는 성충의 흡밀, 유충의 섭식과 번데기 부착이 각각 확인되었다. 넓적배사마귀는 약충과 성충이 식물체에서 휴식하였고, 늦가을에는 목본 가지에서 알집이 확인되었다. 동일 개체의 연속적인 발달과정을 추적한 자료는 아니지만, 하나의 정원에서 여러 생활상태와 자원 이용이 확인되었다는 점에서 의미가 있다. 이는 곤충정원의 식재계획에서 성충기 꽃자원, 유충기 먹이자원과 산란·발달기질을 함께 구성할 필요성을 보여주며, 꽃과 잎, 어린 줄기, 꽃봉오리 및 결실부가 곤충의 상태와 섭식방식에 따라 서로 다른 자원으로 활용되었음을 나타낸다.

가을 이후 남은 식물체도 생태적 이용과 관련되었다. 10월과 11월에는 마른 줄기, 종자머리, 관목의 가지와 그래스류 화서가 유지되었으며, 이 시기에 넓적배사마귀 성충과 알집이 확인되었다. 계절이 경과한 식물체를 일정 기간 존치하는 관리는 곤충의 휴식공간과 산란기질을 유지하는 데 기여할 수 있다. 겨울철 지상부 정리는 알집과 번데기의 위치를 확인한 후 시행할 필요가 있다. 또한 관리과정에서는 쥐방울덩굴이 잡초로 인식되어 제거되기도 하고, 멀칭재 보강을 위해 잘라낸 고사지를 지표면에 잘게 절단해 도포하였던 것이 제거된 일이 있었다. 쥐방울덩굴은 꼬리명주나비의 기주식물로 도입되었으며, 관리주체가 식재 목적과 생태적 기능을 충분히 파악하지 못해 제거가 이루어졌으며, 시들링 및 멀칭을 위한 자연적 멀칭재는 폐기물로 인식되어 제거되는 바람에 토양 표면이 그대로 드러나기도 하였다. 곤충정원에서는 식엽흔, 유충, 번데기, 알집 및 마른 식물체가 관리대상으로 인식될 가능성이 있다. 관리지침에는 주요 식물의 생태적 기능, 허용 가능한 식엽 범위, 보호할 생활상태, 전정 시기와 지상부 제거 시기를 포함해야 한다. 식물표찰과 관리도면에 기주식물과 보존대상을 표시하는 방법도 관리오류를 줄이는 데 유효하다. 다만 조성 전 동물상 자료와 표준화된 조사노력량은 확보하지 못하였다. 종별 개체수, 출현빈도 및 생물다양성 증가량에 대한 정량적 평가는 수행하지 않았다. 따라서 관찰된 43분류군과 행동유형은 연구기간 중 확인된 이용 사례로 해석하였다. 8월에는 현장기록이 이루어지지 않아 사진 자료를 확보하지 못해 계절별 관찰자료에 공백이 발생하였으며, 향후 연구에서는 정기적인 조사간격, 동일한 조사시간, 반복 조사구 및 조성 전·후 비교자료를 적용하여 식재구성과 동물 이용의 관계를 정량적으로 검증할 필요가 있다(표 5 참조).

표 5. 주요 동물의 행동유형, 생활상태 및 이용자원

분류군	생활상태	행동유형	이용 식물·공간요소	관찰내용
후투티	성체	출현	지표면	정원 지표면에서 이동
꽃등에류	성충	휴식	오이풀	잎 표면에 정지
긴알락꽃등에	성충	번식	회향	성충 2개체의 교미
시골가시허리노린재	성충	휴식	회향, 구조체 기둥 등	식물체와 인공구조물에 정지
어리호박벌	성충	흡밀	버들마편초	꽃에 착지하여 여러 꽃을 연속적으로 흡밀
배추흰나비	성충	흡밀	버들마편초	꽃에 착지하여 흡밀
배추흰나비	유충	섭식	케일	잎의 섭식과 유충의 성장이 반복적으로 확인
배추흰나비	번데기	출현	케일	잎의 주맥 부근에 부착된 번데기 확인
왕거미과	유체	출현	회향	회향 사이에 거미줄 형성
넓적배사마귀	약충	휴식	케일, 부들레야 등	잎과 줄기에 정지
넓적배사마귀	성충	휴식	버들마편초, 부들레야 등	줄기와 마른 꽃차례 사이에 정지
넓적배사마귀	알집	산란	얇은잎고광나무, 윤노리나무 등	가지에 부착된 알집
곰개미류	성충	출현	회향	꽃에서 개체 확인
금파리류	성충	출현	톱풀	꽃에서 개체 확인
긴호랑거미	성체	출현	버들마편초	버들마편초 사이에 거미줄 형성
꿀벌	성충	흡밀	리아트리스, 벌개미취 등	여러 꽃을 연속적으로 흡밀
등검은쌍살벌	성충	흡밀	버들마편초, 아미초 등	버들마편초에서 흡밀
베짱이	성충	휴식	부들레야, 숙근꽃향유 등	잎과 줄기에 정지
산호랑나비	유충	출현	회향	회향에서 유충 확인

표 5. 계속

분류군	생활상태	행동유형	이용 식물 · 공간요소	관찰내용
은먼지거미	성체	출현	버들마편초, 회향	식물 사이에 거미줄 형성
자나방류	유충	섭식	부들레야	유충과 잎의 식엽흔이 함께 확인됨
진딧물류	약충 · 성충	섭식	원추리 꽃대와 꽃봉오리	꽃대와 꽃봉오리에서 군집을 형성하여 흡즙
큰호리병벌	성충	흡밀	아미초 화서	꽃에서 군체 확인
홍줄노린재	성충	출현	아미초 결실부	꽃에서 군체 확인
비단노린재	성충	휴식	케일	잎 표면에 정지
섬서구메뚜기	성충	휴식	케일	줄기 및 잎 사이에 정지
메뚜기류	성충	휴식	수크령	잎 측면에 정지
황띠배벌	성충	출현	층꽃나무	꽃에 착지하여 정지

5. 결론

서울시립대학교 100주년기념관 옥상에 조성된 약 24㎡ 규모의 곤충정원을 대상으로 식재설계와 시공, 조성 후 8개월간의 식생 및 동물상 변화, 유지관리 과정을 분석한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 대상지는 조성 전 목본 4종, 초본 2종 등 총 6종의 식물이 식재되어 있었다. 옥상의 일사·풍압·건조환경에 적응 가능한 숙근초, 그래스류, 밀원식물, 기주식물과 재배식물을 밀원·화분자원, 기주·섭식자원, 피복, 구조형성의 기능으로 구분하여 식재한 결과, 최종적으로 34분류군의 식물로 확장되었다. 조성 이후 관수시비·보식은 시행하지 않았으며, 관리는 월 1회 미만, 회당 2시간 내외, 2–4인의 인력으로 이루어졌다. 이 조건에서 8개월간 식생피복과 계절경관이 유지되었다는 점은 옥상 생육환경에 맞는 종 선정과 기능별 식재구성이 저관리 조건에서도 유효함을 보여준다.

둘째, 조사기간 동안 조류 6종, 거미류 3분류군, 곤충류 34분류군을 포함해 총 43분류군이 확인되었으며, 66건의 관찰사건에서 출현, 흡밀, 섭식, 번식, 산란, 휴식의 행동이 기록되었다. 배추흰나비는 성충의 흡밀, 유충의 섭식, 번데기 부착이 모두 확인되었고, 넓적배사마귀는 약충과 성충의 휴식, 늦가을 알집 형성이 관찰되었다. 이는 개화시기가 서로 다른 밀원식물과 쥐방울덩굴, 박주가리, 케일, 상추 등 기주식물을 함께 배치한 식재구성이 성충기 먹이자원과 산란 · 유충기 섭식 기질을 동시에 제공하였음을 뒷받침한다.

셋째, 유지관리 과정에서 기주식물인 쥐방울덩굴이 잡초로 인식되어 제거되었고, 멀칭재로 활용한 고사지가 폐기물로 인식되어 제거된 사례가 있었다. 옥상 곤충정원의 지속성은 캠퍼스 옥상의 관리주체가 식재의 생태적 의도를 파악하고 있는지에 달려 있다고 판단된다. 식엽흔, 알집, 마른 줄기와 종자머리를 관리대상에서 제외하고 유지하도록 하는 지침이 필요하며, 여기에는 선택적 제초, 기주식물 존치, 식엽흔 수용, 고사체의 부분 존치가 포함되어야 한다. 식물표찰과 관리도면에 기주식물과 보존대상을 표시하는 방법도 관리 오류를 줄이는 데 활용할 수 있다.

넷째, 이 사례는 대학 수업과 연계하여 학생들이 직접 식재계획과 조성 과정에 참여했다는 점에서, 생물다양성을 고려한 공간 조성을 설계교육과 연결한 실천 사례로서 의미가 있다. 대학 캠퍼스는 교육 · 연구활동과 지속적인 공간관리가 이루어지는 도시 내 녹지공간으로, 유휴 옥상과 같은 소규모 공간의 활용을 통해 도시 생물다양성 증진에 기여할 수 있는 가능성을 가진다.

이 연구는 단일 대상지의 8개월 사례연구이며, 표준화된 조사노력량과 조성 전 동물상 자료를 확보하지 못해 종다양도지수나 생물다양성 증가량을 정량적으로 검증하지 못하였다. 43분류군과 66건의 행동기록은 개체수나 출현빈도가 아닌 연구기간 중 확인된 이용 사례로 해석하였다. 이 연구는 24㎡ 규모의 실제 사례를 통해, 옥상 생육환경에 적합한 종 선정과 기능을 고려한 식재구성이 제한된 면적에서도 곤충과 도시 야생동물의 이용을 높일 수 있는 가능성을 확인하였다. 식재설계, 조성, 모니터링, 관리 교란을 하나의 사례 안에서 연속적으로 추적하여 식재구성과 곤충의 생활사 이용, 관리행위 사이의 관계를 함께 파악하였다는 점에서 개별 요소를 분절적으로 다룬 기존 연구들과 차이가 있다.

이 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째, 식생과 동물상 모니터링이 표준화된 조사 간격과 조사 시간에 따라 이루어지지 않았고, 조성 전 동물상 자료와 8월의 사진 자료가 확보되지 않아 조성 전후 및 계절별 변화를 정량적으로 비교하는 데 한계가 있었다. 둘째, 단일 대상지를 대상으로 한 8개월간의 관찰로 연구범위가 제한되어 있

으며, 개체의 생존과 번식 성공, 월동 및 다음 해 재출현까지 연속적으로 추적하지 못해 관찰된 이용 사례가 장기적인 서식처 기능이나 개체군 유지로 이어지는지에 대한 추가적인 검증이 필요하다. 따라서 향후 연구에서는 정기적인 조사간격과 동일한 조사시간, 반복 조사구를 적용하고 조성 전후 동물상 비교자료와 종다양도지수를 확보하여 식재구성과 생물다양성 증진의 관계를 정량적으로 검증할 필요가 있다. 이 연구에서 제안한 관리지침을 다른 대상지에 적용하여 그 효과를 검증하는 후속 연구가 이루어진다면, 소규모 도시 옥상공간을 생물서식공간으로 전환하는데 실질적인 근거를 제공할 수 있을 것이다.

References

1. 고아라, 이은희(2010) 관리조방형 옥상녹화지의 동·식물상 변화. 한국환경생태학회지 24(3): 334-342.
2. 권선순, 최선희, 이상돈(2012) FRAGSTATS 모델을 이용한 용인시 수지/기흥 도시 녹지 변화 분석에 관한 연구. 환경영향평가 21(5): 781-787.
3. 김동엽, 박희령, 하유미, 류경선(2018) 옥상녹화지에서 허브식물의 관수처리에 따른 생육특성. 한국조경학회지 46(1): 96-105.
4. 김명회, 방광자, 주진희, 한승원(2003) 옥상조경용 경량 토양의 혼합비와 토심이 3가지 자생초화류의 생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 31(1): 101-107.
5. 김아연(2019) 서울시립대학교 100주년 기념관. 환경과조경 2019년 5월호: 50-57.
6. 박준석, 박지혜, 주진희, 윤용한(2010) 옥상녹화 식재지반이 토양수분과 순비기나무의 생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 38(3): 98-106.
7. 송태갑, Wakabayashi Saeiko, 조영환, 김농오(1994) 옥상 녹화에 의한 Biotope의 창출에 관한 연구: 식재 형태와 조류 출현의 관련성을 중심으로. 한국전통조경학회지 12(2): 107-117.
8. 우승민, 엄안흠, 한혜진(2013) 성남시 아름방송국 옥상정원의 동식물상 월별 변화. 현장과학교육 7(3): 153-160.
9. 이동근, 오규식, 박찬(2010) 산림패치의 특성이 조류 종 다양성에 미치는 영향분석: 충청지역을 중심으로. 한국환경복원기술학회지 13(5): 146-153.
10. 이은희, 강규이, 신상희, 남미아, 이광우(2005) 옥상녹화용 식생매트에 적합한 토양과 토심 선정. 한국환경복원기술학회지 8(4): 12-22.
11. 장하경, 이은희(2011) 관리조방형 옥상녹화 식재식물의 피복률 변화 및 피복유형. 한국환경생태학회지 25(3): 404-411.
12. 주진희, 배규태, 김원태, 윤용한(2012) 여름철 무강우 시 들잔디 옥상녹화 식재지반에 따른 관수주기 및 관수량 산정. 한국환경과학회지 21(3): 289-296.
13. 최희선, 홍수영, 김귀곤, 양병이, 오휘영(2003) 서울시청 옥상정원 '초록뜰' 모니터링을 통한 식재식물과 이입식물의 관리방안에 관한 연구. 한국조경학회지 31(3): 114-124.
14. 최희선, 김귀곤, 홍수영(2004a) 도시생태네트워크 측면에서의 옥상녹화입지를 위한 목표종 선정에 관한 연구. 한국조경학회지 32(3): 18-31.
15. 최희선, 안동만(2004b) 옥상녹화 식재기법에 따른 식생변화: 이입식물을 중심으로. 한국환경복원기술학회지 7(3): 35-47.
16. Baldock, K. C. R., M. A. Goddard, D. M. Hicks, W. E. Kunin, N. Mitschunas, H. Morse, L. M. Osgathorpe, S. G. Potts, K. M. Robertson, A. V. Scott, P. P. A. Staniczenko, G. N. Stone, I. P. Vaughan and J. Memmott(2019) A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. Nature Ecology & Evolution 3(3): 363-373.
17. Czemiel Berndtsson, J.(2010) Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecological Engineering 36(4): 351-360.
18. Getter, K. L. and D. B. Rowe(2006) The role of extensive green roofs in sustainable development. HortScience 41(5): 1276-1285.
19. IPBES(2019) Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondízio, J. Settele, S. Díaz and H. T. Ngo, eds. IPBES Secretariat. pp. 1-1082.
20. Majewska, A. A. and S. Altizer(2020) Planting gardens to support insect pollinators. Conservation Biology

34(1): 15-25.
21. Oberndorfer, E., J. Lundholm, B. Bass, R. R. Coffman, H. Doshi, N. Dunnett, S. Gaffin, M. Köhler, K. K. Y. Liu and D. B. Rowe(2007) Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. BioScience 57(10): 823-833.
22. Salisbury, A., J. Armitage, H. Bostock, J. Perry, M. Tatchell and K. Thompson(2015) Enhancing gardens as habitats for flower-visiting aerial insects (pollinators): Should we plant native or exotic species? Journal of Applied Ecology 52(5): 1156-1164.
23. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division(2019) World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. United Nations.
24. Unterweger, P. A., J. Klammer, M. Unger and O. Betz(2018) Insect hibernation on urban green land: A winter-adapted mowing regime as a management tool for insect conservation. BioRisk 13: 1-29.
25. 국립생물자원관. 한반도의 생물다양성. https://species.nibr.go.kr/
26. 국립수목원. 국가생물종지식정보시스템. https://www.nature.go.kr
27. NATURING Inc. 네이처링. https://www.naturing.net