

탄소 정원 설계를 위한 정원분야의 기후 행동 프레임워크[†]

서자유* · 박병훈**

*서울시립대학교 조경학과 연구교수 · **전남대학교 임산조경학과 박사수료

A Framework for Climate Action in the Gardening Sector through Carbon Gardens

Seo, Jayoo* · Park, Byunghoon**

*Research Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

**Ph.D. Candidate, Dept. of Wood Science and Landscape Architecture, Graduate School, Chonnam National University

ABSTRACT

This study aims to establish a framework for carbon garden design with the aim of promoting climate action in gardening. Proposing a holistic approach, it synthesises design directions, materials, construction methods, and management considerations for designing gardens to function as nature-based climate solutions and presents a framework for these activities to function as climate action in the gardening sector.

Our research methodology defines and conceptualises carbon gardens, details climate actions that can be considered in garden design and management, and concludes with recommendations for dissemination. We accepted the opinions of a focus group for refining the carbon garden concept and selecting appropriate activities for the process. Then we divided the carbon garden life cycle and derived garden elements and key points for implementing climate action at each stage. The main climate actions presented in the course were based on actions proposed by representative organisations that are supported by scientific evidence, and the course provides references to relevant research. In particular, the course emphasised practical techniques with proven effects to enhance implementation. As a declaration of the cultural movement for sustainable development in gardening, the Carbon Garden Framework was established based on the following four stages and eight elements: creating the foundation (soil and water), creating the garden (plants and garden facilities), managing the garden (fertiliser and low maintenance), and using the garden (food and community).

This study is significant in that it declares that climate action can be taken in gardens and serves as a catalyst to inform and expand carbon garden activities as a path towards our goal as a culture of carbon neutrality. In addition, this study goes further than the international community's climate action proposals in its conceptualisation of carbon gardens and its summarisation of their carbon-neutral function by focusing on carbon-related issues along the carbon garden lifecycle.

Key Words: Climate Resilient Design, Low Impact Garden, Nature Based Solutions (NBS), Climate Change Adaptation

[†] This research developed the conclusions of Carbon Reduction Gardening Campaign Operation (the Sejong National Arboretum) was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) (No. 2021R1C1C1008775).

Corresponding author: Park, Byunghoon, Ph.D. Candidate, Dept. of Wood Science and Landscape Architecture, Graduate School, Chonnam National University, South Korea, Phone: +82-51-531-4408, E-mail: rabgarden@naver.com

국문초록

이 연구는 정원분야의 기후 행동을 목표로, 탄소 정원 설계를 위한 프레임워크를 구축하는 것을 목적으로 진행된 연구이다. 총체론적 접근으로서 정원이 자연기반해법으로 기능을 할 수 있는 설계 방향, 재료, 시공 방식, 관리 유의점 등을 종합하고, 이러한 활동이 정원분야의 기후 행동으로 작동할 수 있도록 프레임워크를 제시하였다.

연구의 방법은 탄소 정원의 정의와 개념을 세우고, 정원 설계와 관리에 고려해야 할 기후 행동을 상세화하며, 확산을 위한 제언을 하였다. 개념의 구체화 과정과 적합한 활동을 선별하기 위하여 포커스 그룹 인터뷰를 진행하였고, 정원의 생애주기를 구분하여 각 과정별 정원 요소와 기후행동의 주안점을 도출하였다. 정원요소와 주안점은 대표성 있는 단체에서 제시한 행동을 참고하였으며, 관련 연구 참조를 통해 더욱더 과학적인 근거를 제시하였다. 이로써 정원에서의 지속가능한 발전을 위한 문화운동의 선언적 의미로서 탄소 정원 프레임워크를 다음의 네 단계, 여덟 가지 요소로 구축하였다. ① 기반 조성하기(토양, 물), ② 정원 만들기(식물, 정원 시설), ③ 정원 관리하기(비료, 저관리), ④ 정원 이용하기(머거리, 문화 확산).

이 연구는 정원에서 할 수 있는 조치로서 기후 행동을 선언하는 것, 그리고 탄소중립 목표를 향한 탄소 정원 활동을 알리고, 문화로 확장될 수 있도록 견인차 역할을 한다는 점에서 의의를 갖는다. 또한, 탄소 정원을 개념화하고 생애주기에 따른 탄소 관련 이슈에 집중하여 정원의 탄소중립 기능을 정리한 점은 이 연구가 국제사회의 기후 행동 제시보다 진일보한 차별성이라 할 수 있다.

주제어: 기후 탄력적 설계, 저관리 정원, 자연기반해법, 기후변화 적응

1. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

IPCC 6차 보고서는 지구 평균온도가 산업화 이전보다 1.5도 높아지는 시기를 가까운 미래(2021~2040년)로 예측하고 있다(최영은 등, 2022). 전 인류가 탄소중립(Net-Zero)을 달성한다고 하여도 극한 기후 현상은 심화되고, 자연의 시스템은 적응의 한계에 도달할 것으로 본다. 이에 지속가능발전(sustainable development)보다 더 강경한 기후 탄력적 개발(climate resilient development)에 맞춘 전 지구적 기후 행동(climate action)이 일어나고 있다. 기후 행동의 정의는 기후변화로 일어나고 있고, 일어날 수 있는 모든 현상에 대한 적응(adaption), 각자가 할 수 있는 단순한 조치를 말한다. 이 정의와 함께 집에 나무를 심고, 보호하는 것, 산불을 막기 위해 불쏘시개가 되는 풀더미를 정리하는 것을 실천의 예로 이야기하고 있다(www.un.org). 같은 맥락에서 기후변화의 문제를 해결하려는 방법의 하나인 자연기반해법(nature based solutions)도 많은 부분 식물이 가진 능력에 의존하고 있다.

기후변화와 관련된 정원 연구의 방향은 기후변화와 관련된 담론, 생태계가 기후변화로 인해 받을 악영향, 녹지의 기후변화 완화 효과로 구분할 수 있다. 기후변화와 관련된 담론에는 생태계 서비스와 저영향 개발, 인식 조사가 주로 연구되고 있으며,

기후변화로 인해 식물을 비롯한 생물환경의 생태적 특성 변화, 식물의 열 저감이나 정서적 치유 효과, 탄소를 줄이는 정원 관리에 관한 연구가 진행되고 있다(박미옥과 구분학, 2015; 정환도, 2018; 전민수 등, 2020; 구분학 등, 2021; 서자유 등, 2021; 양지인 등, 2022). 그러나 기후변화와 직접적인 관계를 갖는 정원 활동에 관한 연구는 국내에서 미진한 상황이다. 국외 연구 동향을 살펴보면, 기후 변화와 관련하여 식물의 식재, 식물의 적응 능력과 관련된 연구가 매우 다양하다(Van *et al.*, 2008; Haeuser, 2019). 뿐만 아니라 기후변화 상황에서 정원이 갖는 기능과 역할을 분석하는 연구도 다수 진행되고 있다(Primack and Abraham, 2009; Primack *et al.*, 2021). 이러한 연구에서 공통으로 주장하는 것은, 정원이 가진 효과를 전체론적인 방식으로 바라보고 있다는 것이다. 기후변화로 악화할 도시 열, 홍수와 가뭄을 어느 정도 완화하는 정원의 기능은 자연기반해법이라 할 수 있다(Clarke *et al.*, 2019; Bak and Matthias, 2022). 또한, 이미 정원이 이러한 기능을 수행해 왔음에도 그 역할을 연구하고 교육하여 활성화하지 못한 점에서 관련 연구가 더 필요함을 제기하고 있다(Primack *et al.*, 2021). 이와 같은 선행연구의 한계로부터 이 연구는 정원 분야의 기후 행동의 하나로 탄소 정원 설계를 위한 프레임워크를 구축하는 것을 목적으로 한다. 총체론적 접근으로서 정원이 자연기반해법으로 기능을 할 수 있는 설계 방향, 재료, 시공 방식, 관리 유의점 등을 종합하고, 이러한 활동이 정원 분야의 기후 행동으로 작동할 수 있

도록 프레임워크를 구성하였다.

2. 이론적 고찰

정원의 기후 행동과 관련된 선행 사례를 국제기구 및 각 국가의 대표성 있는 단체를 중심으로 고찰하였다. 주요 기관 모두 기후 행동을 제시하고 있다. 국제식물원보전연맹(Botanic Gardens Conservation International: BGCI)과 영국 왕립원예학회(Royal Horticultural Society: RHS), 프랑스 조류 보호 연맹¹⁾(Ligue pour la Protection des Oiseaux: LPO), 미국 국립 야생동물연맹(The National Wildlife Federation: NWF)에서 정원분야에서 실천해야 할 기후 행동을 제시하고 있다. 국제식물원보전연맹은 식물원의 지속가능성 실천을 ① 물관리, ② 에너지, ③ 탄소, ④ 폐기물, 퇴비 및 재활용, ⑤ 지속가능한 식품, 이렇게 다섯 분야로 제시하고 있다(Helen *et al.*, 2020). 영국 왕립원예학회에서는 '저탄소 정원을 가꾸기 위한 방법'을 레인 가든 만들기 등의 구체적인 활동으로 제시하고 있다(Sally, 2021). 이 외에 지속가능한 정원 재료의 사용과 저탄소 정원 식재 등 정원사가 실천할 수 있는 구체적인 방안도 안내하고 있

다. 프랑스 조류보호연맹과 미국 국립야생동물연맹에서도 식생, 야생동물 서식, 물, 흙, 에너지를 골자로 하는 관리 방법을 제시하고 있다(www.lpo.fr; www.nwf.org)(표 1 참조).

이러한 사례에서 두 가지 측면의 주안점을 발견할 수 있다. 자원과 에너지의 사용을 줄이는 점과 정원을 가꾸는 행위에서 실천적이고 구체적인 방법의 제시라는 점이다. 정원에서 필요한 실천적 방법을 중심으로 전문가와 비전문가 누구나 이해할 수 있고 실천 가능한 내용을 담고 있다는 것이다.

3. 연구 방법

이를 참고하여 이 연구에서는 탄소 정원의 정의와 개념적 이해를 돕고, 정원 설계와 관리에 고려해야 할 기후 행동을 상세화하며, 실천할 수 있는 활동을 단계별로 정원의 생애주기에 맞추어 구성하고, 단계마다 고려해야 할 사항을 담았다. 마지막에 정원에서의 기후 행동이 갖는 의미와 가치를 확인하고, 이것이 하나의 문화로 확장되기 위한 방향을 제시하였다.

탄소 정원의 개념을 구체화하고 기후 행동을 상세화하기 위한 연구 방법으로 포커스 그룹 인터뷰(Focus Group Interview:

표 1. 여러 기관이 제시한 정원에서의 기후를 위한 활동

기관	주제	기후를 위한 활동
BGCI	식물원의 지속가능성 실천	① 물 관리(빗물 수집 및 재활용, 물 모니터링, 효율적인 화장실 물 순환기, 상수 및 빗물 처리 시스템, 가뭄 완화 자동 시스템, 효율적인 관개 시스템, 가뭄에 강한 식재, 물주머니, 멀칭, 레인가든, 옥상녹화와 빗물 수집, 생활용수 재활용) ② 에너지(지속가능한 건축물, 에너지 효율적인 LED 조명, 전기자동차, 재생에너지 시스템, 콘덴싱 보일러, 히트펌프 및 온도 조절기, 난방 및 조명 타이머, 지열에너지, 에너지 감사, 패시브 에너지 설계, 장비 에너지 효율 등급, 연소제거, 대중교통 이용 직원 인센티브) ③ 탄소(탄소 상쇄 이니셔티브, 산림벌채 제품 제거, 화석 비료 및 살충제 제거, 저탄소 투자) ④ 폐기물, 퇴비 및 재활용(재활용 시설, 쓰레기 퇴비화, 물 보충 음수대, 매점 일회용 플라스틱 사용 금지, 폐기물 감소 이니셔티브) ⑤ 지속가능한 식품(음식 재료 현지 공급, 채식 메뉴 비율 높이기, 유기농 식자재 공급, 지속가능한 식품 정책)
RHS	저탄소 정원을 가꾸기 위한 방법	① 울타리 치기, ② 울타리 만들기, ③ 나만의 식물 지지대 만들기, ④ 직접 재배할 수 있는 텃밭, ⑤ 나만의 퇴비 만들기, ⑥ 기후변화에 적합한 나무 심기, ⑦ 잔디를 자라게 하기, ⑧ 테피스트리 잔디 사용(잔디 대체 지피식물), ⑨ 레인가든 만들기, ⑩ 수명이 긴 식물 키우기, ⑪ 빗물 모으기, ⑫ 진입로를 녹색으로 가꾸기
	지속가능한 정원 재료의 사용	⑬ FSC 목재 사용, ⑭ 투수성 포장
	저탄소 정원 식재	⑮ 겹겹이 심기, ⑯ 영구적으로 심기, ⑰ 관목 심기, ⑱ 내건성 식물 심기, ⑲ 자생 식물 심기
LPO	자연과 기후를 위한 원예	① 자생종 수목, 관목(야생 울타리) 심기, ② 키 큰 초화와 야생화 서식지 보존 ③ 죽은 나무, 나뭇가지와 나뭇잎 더미 보존, ④ 기존 흙 보존(경운 및 피복 금지) ⑤ 자연 습지 조성, ⑥ 빗물 활용, ⑦ 녹색 폐기물(식물, 채소)을 이용한 퇴비 만들기 ⑧ 탄소발자국 줄이기(전동 기구 사용 줄이기, 국내 제품 사용)
NWF	기후변화를 위한 가드닝	① 에너지 효율 향상(LED, 타이머, 태양열 제품 사용) ② 석유 에너지 사용 기구 자제 (잔디 깎는 기계, 송풍기), ③ 토착종 식재로 침입종 확산 방지 ④ 물 소비 줄이기(멀칭, 빗물 저장 통, 관개 주기 조절, 점적 관개), ⑤ 폐기물로 퇴비 만들기 ⑥ 식재 최대화로 탄소 흡수 늘리기, ⑦ NWF의 야생서식지 인증받기

FGI)를 진행하였다. 이 연구방법은 특정 그룹, 즉 논의의 주제에 관한 지식이나 경험을 가진 사람들, 또는 수용 대상이 되는 사람들과 의견을 교환하고, 전략을 세워나가는 방식이다. 이 연구는 기후 행동이라는 거시적 아젠다 중 정원분야에서 우선적이고 실천적인 과제를 도출해가는 질적 연구이므로 전문가의 의견과 실천 주체의 의견이 중요하다고 판단하였다. 이에 1차 포커스 그룹으로 조경학과 교수, 정원 디자이너, 정원 시공전문가, 시민정원 교육가로 구성된 전문가 그룹을 구성하였고, 2차 포커스 그룹으로 탄소 정원 캠페인에 참여한 시민 정원사나 정원에 관심이 있는 일반인 그룹을 구성하였다. 1차 포커스 그룹에게는 앞서 고찰한 관계 기관의 기후 행동 중 우리의 정원 환경과 탄소중립 정책에 적합한 실천 방향에 대한 의견을 구하고, 기후 행동 프레임워크를 구축하였다. 2차 포커스 그룹에게는 기후 행동의 참여 의사와 탄소 정원 문화 확산을 위한 방법 및 역할을 물었다. 이로써 정원에서의 지속가능한 발전을 위한 문화운동의 선언적 의미로서 탄소 정원 프레임워크를 구축하였다(그림 1 참조).

II. 연구과정 및 결과

1. 정원 분야 기후 행동과 탄소 정원 개념 정립

기후변화 담론에서 정원의 역할과 기능은 식물이 갖는 고유 기작인 탄소흡수, 자연기반해법으로서 환경문제의 해결방향으

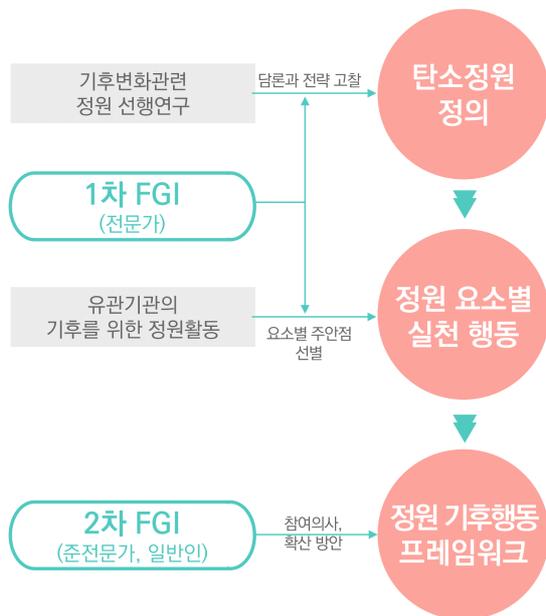


그림 1. 연구 수행 흐름도

로 연결된다. 2015년 파리 협정 이후 신기후체제가 출범되었다. 여러 국가는 탄소중립을 선언했고, 우리나라 역시 '2050 탄소중립(2050 Carbon Neutrality Committee)'을 계획하였다(박민희와 최희선, 2021). 대한민국 2050 탄소중립전략(대한민국 정부, 2020)에는 7가지의 부문별 전략이 제시되어 있는데, 여타 부문이 모두 에너지 효율화, 탄소배출 저감에 방점을 두지만, 유일하게 탄소흡수 부문으로 정원 등 생활권 녹지, 산림복원, 유희토지 조림이 전략으로 담겨 있다. 탄소 중립선언 국가들도 바이오에너지 탄소포집저장(Bioenergy and Carbon Capture and Storage: BECCS)과 직접 공기 포집·저장(Direct Air Carbon Capture and Storage: DACCS)을 전략으로 삼고 있지만 주요한 전략은 흡수원 증대이다(이성규 등, 2021).

개념과 관련해 1차 포커스 그룹은 몇 가지를 지적하였다. 먼저, 탄소 정원 및 기후행동의 필요성에는 공감하였으며, 개념이 대중에게 익숙하지 않으며, 개념 홍보가 필요하며, 이를 위한 홍보, 교육이 필요할 것이라는 의견을 제시하였다. 또한, 탄소 정원에서 가장 중요하게 다루어져야 할 부분이 저 관리라 생각한다는 의견을 주었다.

이에 국가의 탄소중립 계획에 맞추어 탄소 중립을 위한 정원의 역할 강화를 위한 목적성을 강조하기 위하여, 탄소중립에 기여하고자 조성된 정원을 '탄소 정원'이라 지칭하며, 1차 포커스 그룹의 제안을 담았다. 탄소 정원이 대기 중 이산화탄소를 흡수하도록 하는 것은 물론, 정원의 전 단계에서 탄소 배출량을 줄이고, 지속적인 저 관리를 위한 행위를 '탄소 정원 가꾸기'라 정의하고자 한다. 넓은 의미에서 정원에서 진행되어온 친환경적이고 생태적인 활동들은 탄소 정원의 흐름과 크게 다르지 않지만, 기후 행동의 관점에서 탄소의 흡수와 배출을 집중적으로 바라본다는 것에서 차별성을 주고자 하였다.

2. 생애주기 단계별 기후 행동

앞서 살핀 기관들의 기후 행동 중 주요하게 나타나는 것과 우리나라 상황에서 실질적으로 적용될 수 있는 내용을 1차 포커스 그룹의 의견을 종합하여 정원의 생애주기에 맞추어 재구성하였다. 생애주기는 지속가능성 및 탄소중립에서 대두되고 있는 개념이다. 제품이나 건축물의 기획, 생산, 이용과 관리, 폐기에 이르기까지 전 과정에 걸친 환경적 영향을 평가해야 한다는 것이다. IPCC 기후변화의 완화 보고서에서 건설과 산업 부문에 생애주기에 따라 완화 조치를 시행하도록 하고 있으며(김하나와 송예원, 2022), 국토교통부의 시설물별 탄소 배출량 산정 가이드라인에서 생애주기에 따른 단계별 평가를 제안하고 있다(국토해양부, 2012). 생애주기는 일반적으로 계획 및 설계,

시공, 운송, 해체 및 재활용의 순서로 환원되나, 공간 대상과 분석 내용에 따라 계획 및 설계, 시공, 운용으로 변용하여 구성하고 있다. 1차 포커스 그룹에게 관계기관에서 제시한 기후변화를 위한 여러 정원 활동에서 ‘우선순위가 높은 활동’, ‘불필요하거나 우리나라 상황에 맞지 않는 활동’을 문의하고, 그에 대한 의견을 논하였다. 모든 전문가가 공통으로 ‘식물’과 ‘물’의 활동을 중요하다고 보았다. 식물을 통한 탄소흡수가 중요하며, 식물의 성장과 정원관리의 핵심이 물이기 때문이다. 실천이 어려운 활동에는 폐기물을 활용한 퇴비 만들기를 꼽았다. 이유는 퇴비 만들기는 시설을 갖추기 어렵다는 의견이었다. 논의의 결과를 정리하고 최종적으로 표 2와 같이 기후 행동을 정리하였다. 생애주기에서 가장 핵심적인 요소를 토양, 물, 식물, 정원시설, 비료, 저 관리, 먹거리, 문화 확산의 여덟 가지로 정리하였는데, 가장 중요하게 강조되는 요소는 단연 식물이며, 저 관리와 탄소도 공통으로 핵심 요소이다. 요소별로 학술 연구에서 다루어지는 내용은 다음과 같다.

1) 기반 조성하기

(1) 토양

기후변화를 일으키는 인위적인 원인의 대표적인 것은 산업화로 인한 온실가스 농도 증가와 도시화로 인한 산림훼손과 토지이용의 변화다. 1959년부터 2018년까지 59년 동안 측정된 전체 배출량의 82%는 화석연료 사용으로 배출된 CO₂에 의한 것이며, 18%는 토지이용 변화로 배출된 것이다(박민희와 최희선, 2021). 따라서 토양과 관련하여 기후행동의 주안점으로 가장 중요한 것은 흙의 탄소흡수 증진이며, 그를 위한 흙의 보존, 멀칭을 들 수 있다. 토지를 숲과 정원으로 전환하는 것은 대기 중

의 탄소를 흡수하는 데 필요하다. 토양 속에도 많은 탄소가 저장되어 있어, 근래에 식물을 심을 때 토양을 깊게 파거나 뒤집지 않고 최소 규격만 파는 방식으로 진행되고 있다. 이러한 이유로 농업과 정원업에서도 무경운으로 추세가 변화되었다(그림 2 참조). 또한, 식재지의 보호를 위해 바크와 같은 멀칭재를 구매하기보다 정원에서 생겨난 식물 부산물로 땅을 덮어주거나 묻는 것도 땅속의 탄소를 배출시키지 않는 방법이다(그림 3 참조). 더 적극적인 방법으로 바이오차(Bio-Char)를 토양에 섞



그림 2. 흙을 파지 않는 No Dig 캠페인 사진: 서자유.

표 2. 정원의 생애주기에 따른 요소와 기후 행동

생애 주기	정원 요소	기후 행동 주안점	참조 기관의 기후 행동			
			BGCI	RHS	LPO	NWF
기반 조성하기	토양	탄소 흡수 증진, 흙 보존, 멀칭, 투수 포장	①, ③			
	물	빗물 활용, 습지 조성	①	⑨, ⑪	⑤, ⑥	④
정원 만들기	식물	탄소 흡수 증진, 내건 식물, 자생 식물, 다년생 식물, 다층 식재		⑥, ⑩, ⑮~⑲	①	⑥
	정원 시설	자연 재료 활용, 폐기물 활용	④		③	
정원 관리하기	비료	식물 재료로 자연 퇴비 만들기	④	⑤	⑦	⑤
	저 관리	초지 조성, 잔디 지양, 에너지 저감				①
정원 이용하기	먹거리	텃밭 조성		④		
	문화 확산*	개념의 구체화, 홍보, 교육, 데이터 구축 및 모니터링				

* 문화확산은 1·2차 포커스 그룹의 제안에 따라 구성함.



그림 3. 낙엽으로 멀칭하는 모습
사진: 김승희.

을 수 있다. 바이오차는 목재와 같은 바이오매스를 350~1,000°C의 고온에서 공기가 없는 상태에서 만든 숯이다. 오랜 시간 분해되지 않아 토양 속에 탄소를 가둬둔다. 독일 티어파크 베를린(Tierpark Berlin)에서는 바이오차 기술을 이용해 자체 폐기물 관리 시스템을 운영하고 있다(docplayer.org). 바이오차는 미생물에게 좋은 서식 환경을 제공하고 중성이기 때문에 토양의 산성화나 알칼리화도 막아준다. 바이오차를 시비할 때는 상토와 섞어 혼합토로 사용하는데, 바이오차의 비율과 품종에 따라 K₂O, Na, CaO, MgO 등의 함량이 차이를 보인다(홍성창 등, 2020). 대체로 혼합토에 든 바이오차 비율이 약 10~30%일 때 식물의 생장이 좋다(그림 4 참조). 또한, 잔디 블록과 같은 투수성 포장재를 사용하여 토양 내 물순환을 쉽도록 하는 것은 정원 식물의 생육에 도움이 된다.

(2) 물

물과 관련한 기후행동의 주안점으로는 물의 사용을 줄이고, 빗물의 활용을 늘리는 것이 중요하게 논의되고 있다. 기후변화로 인한 가뭄피해는 매년 심각해지는 상황에서 제한 급수, 운반급수가 필요했던 가뭄피해 인구는 2021년 1만 3천 명에서 2022년에는 5만 명으로 급증하였다(국가가뭄정보포털). 빗물을 담을 수 있는 오목한 형태의 빗물정원을 구성하는 것이 빗물 사용을 늘리는 방법이다. 식생 수로와 빗물 정원은 정원의



그림 4. 바이오차 효과 실험
사진: Rebecca Hood-Nowotny.

식물에 수분을 공급하여 자연스레 탄소배출을 줄일 수 있고, 더불어 수질과 경관을 개선하는 효과도 준다. 빗물 정원에 어울리는 식물은 습기가 많은 환경은 물론 건조에도 강한 것을 심는 것이 좋다(박기정 등, 2015; 2016). 정원의 규모에 따라 빗물 정원 조성이 여의찮으면 빗물통을 비치할 수 있다. 정원 용수로 빗물을 사용하기 위한 시설은 집수시설, 초기빗물 처리 시설, 저류시설, 수처리 시설, 송수·배수시설로 구성한다(환경부, 2010).

2) 정원 만들기

(1) 식물

정원에서는 식물별로 탄소 흡수량을 고려하여 식재계획에 반영할 수 있다. 나무가 흡수하는 탄소량은 수종과 수령 등에 따라 다르다. 산림에 있는 수령 70년의 상수리나무 1그루는 연간 16.3kg의 이산화탄소를 흡수하는 반면, 수령 10년의 리기다소나무 1그루는 연간 0.9kg의 이산화탄소를 흡수한다(국립산림과학원, 2019). 나무의 과(Family)별 탄소흡수 효과도 차이가 있다. 비즘나무과(Platanaceae), 소나무과 소나무속(Pinaceae), 물푸레나무과(Oleaceae), 콩과(Fabaceae)가 탄소흡수 우수종으로 평가된다(국립산림과학원, 2011). 관목은 히어리, 박태기나무, 병꽃나무, 낙상홍, 덩펑나무, 사철나무, 무궁화, 수수꽃다리, 등, 앵도나무가 탄소흡수를 많이 한다(한국수목원정원관리원, 2022). 이를 정원 공간에서 탄소 흡수 효과로 환산해 보면, 1ha의 동일한 면적을 가진 두 정원에 탄소 우수종과 평균 이하

의 종류로 식재 구성만 달리하였다고 가정할 때 연간 1,530kg 만큼 탄소를 더 흡수한다(표 3 참조).

물을 적게 소비하는 식물을 개발하고 식재하는 연구도 필요하다. 물의 사용을 줄이면 탄소 배출량을 줄이게 되는데, 농업에서는 건조 스트레스에 강한 품종 개발 연구가 활발히 진행 중이며, 원예에서는 변화되는 기후대에 재배가 유리한 품종을 개발하고 있다(이영택 등, 2013; 이영택과 조용화, 2018; 신학기, 2021). 프랑스 파리원예생산센터(Centre de production horticole)의 내건성 식물 품종 개발과 영국 Barbican Center의 관목 대초원(shrub steppe) 식재 설계는 기후변화로 인한 가뭄에 대응하는 저 관리형 식재 실험사례이다(www.paris.fr: www.nigeldunnett.com)(그림 5 참조).

(2) 정원 시설

정원 시설 사용시 탄소를 흡수하고 있는 목재와 같은 자연

표 3. 정원 식물 구성에 따른 탄소흡수량

정원	식재 구성	탄소 흡수량
탄소흡수 우수종으로 구성된 정원	수령 10년 상수리나무 100그루 박하	$6.2 \times 100 + 3.0 \times 500 = 2,120\text{kg/yr}$
탄소흡수 평균 이하 종으로 구성된 정원	수령 10년 리기다소나무 100그루 톱풀 500m ²	$0.9 \times 100 + 1.0 \times 500 = 590\text{kg/yr}$

연간 탄소흡수량(단위: kg/yr)

- 수령 10년 나무 1그루: 상수리나무 6.2, 리기다소나무 0.9.

- 초본 1m² 면적: 박하 3.0±0.5, 톱풀 1.0±0.5.

출처: 국립산림과학원(2019), 농업진흥청(2021).



그림 5. Barbican Center 식재; 태양에 노출, 낮은 강수(저 관수), 건조한 여름, 추운 겨울, 얇은 토양에 적응 가능한 구근류, 초화류로 식재
사진: 서자유.

재료의 사용과 탄소 발생이 적게 생산된 제품의 사용으로 탄소 정원을 실천할 수 있다. 먼저 나무는 광합성으로 탄소를 흡수하고, 목재로 쓰일 때도 수백 년 동안까지 탄소를 보유한다(그림 6 참조). 목재를 이용해 정원의 편의 시설을 만들면 콘크리트와 철강을 사용할 때보다 공정 과정에 드는 에너지가 적게 들기 때문에 발생하는 탄소도 적다. 1,400m² 면적의 어린이공원 재조성 공사에서 온실가스 배출량을 분석한 연구에 따르면 58,368kg CO₂가 발생하는 것으로 분석되었으며, 이중 약 54,000kg CO₂가 자재투입에서 발생한 양이었다(서자유와 박찬, 2022). 따라서 시설물 재료에 탄소 발생량을 줄이는 것이 고려되어야 한다.

3) 정원 관리하기

(1) 비료

정원 관리 때 사용되는 질소질 화학비료를 생산하기 위해서는 질소가스 가열과 400기압의 압력을 가해야 하므로 생산과정에서 에너지 사용량과 이산화탄소 배출량이 많고, 아산화질소의 배출을 증가시킨다. 그럴 뿐만 아니라 합성비료의 제조과정에서 나오는 나머지 질산염과 암모늄이 환경문제를 유발하고 있다. 대량생산되고 과다하게 시비되는 화학비료의 사용량을 줄이고, 토양의 능력을 회복시키는 것은 정원 분야의 매우 중요한 과제이다. 이에 자연 퇴비를 사용하여 토양과 식물이 가진 건강성을 회복하도록 하는 것이 필요하다. 자연 퇴비 속에 살아있는 토양생물들은 식물들과 영양분을 주고받으며 상생의 관계를 만들어간다. 영국 왕립원예협회의 자료에 따르면 집에서 만든 퇴비 1kg은 화석연료를 사용할 때 배출되는 이산화탄소 0.1kg을 줄이는 효과가 있다(RHS Make your own compost). 정원에서 나오는 낙엽, 종이, 상자, 나뭇조각 등 녹색 쓰레기를 이용하여 친환경 퇴비를 만들 수 있다(그림 6 참조).

(2) 저 관리

정원의 지속가능성을 위해 관리 방식의 개선이 중요하다. 계획단계부터 저 관리형으로 설계하는 것도 가능한데, 많이 알려



그림 6. 임목폐기물로 퇴비 제작
사진: 국립수목원.

진 드라이가든, 암석원이 대표적인 저 관리형 정원이다. 식물은 정원이 위치한 지역의 기후에 잘 적응되고 극한 가뭄이 와도 견딜 수 있는 것이 유리하다. 건조에 강한 식물은 20% 정도의 수분에서도 생존할 수 있다고 알려져 있는데, 증산을 줄이기 위해 표면적을 작게 하고, 단위 면적당 기공의 수도 최소화하는 경우가 많다.

정원의 많은 면적에 잔디를 심는 경우가 많다. 잔디는 관리 시 많은 탄소가 배출되기에 탄소 배출을 적게 하는 지피식물을 정원에 적극적으로 도입할 필요가 있다. 근래에 초지 정원(meadow garden)이 주목받고 있는데, 광대한 자연에서 꽃을 피우는 야생화와 그라스가 한데 어우러지는 장소와 경관을 이룬다. 자연주의 정원이라는 이름으로 널리 알려진 이 정원 유형은 주로 독일에서 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 독일의 헤르만쇼프 정원(Hermanshof garden) 모니터링 연구에서 초지와 유사하게 식재한 공간이 다년초 중심으로 이뤄진 공간에 비해 상대적으로 관리를 적게 한다는 연구 결과가 있다(Schmidt, 2022).

잔디 관리의 측면에서도 여러 가지 저 관리를 적용할 수 있다. 잔디깎기는 다량의 탄소를 배출하기 때문에 깎는 기간, 잔디 높이, 기계 등 여러 선택 방법이 존재한다. 5월에는 잔디를 깎지 않는 No Mow May 캠페인도 세계 곳곳에서 진행 중이다. 자연을 위한 공간을 제공하자는 취지로 잔디밭에 야생화가 자라게 하여 수분 매개자의 활동을 증진하고, 오염 문제 해결과 대기 중 탄소 흡수를 증진하도록 돕자는 운동이다(그림 7 참조).

4) 정원 이용하기

(1) 먹거리

정원은 인간의 정착 생활과 경작지 조성으로부터 시작되었기에 정원의 텃밭 역할은 매우 중요하다. 한 끼 식사에서도 탄소가 배출된다. 특히 우리나라는 수입농산물의 의존도가 높은 편에 속하는데, 수입농산물을 수송해 올 때 배출되는 이산화탄소 및



그림 7. No Mow May 캠페인
사진: 서자유(좌), City of Cornwall(우).

각종 공해물질이 문제가 되고 있다. 정원 내 텃밭에서 일부의 음식 재료를 얻는다면 탄소 배출량을 줄이는데 일조할 수 있다. 그걸 뿐만 아니라 공동 텃밭을 조성하면 이웃과의 커뮤니티도 강화할 수 있다. 한 연구에 따르면 아파트 공동체 사람들이 이웃과의 친밀감을 형성하기 위해 어떤 공간이 필요한지 묻는 설문에서 공동 정원이나 텃밭을 원한다고 답변했다(서자유, 2021). 가드닝과 같은 공동체 활동은 대화의 계기가 되기 때문에 정원과 텃밭은 정보교환처, 자연 속의 활동처, 정기적인 활동 장소가 되고 친밀감이 생길 수 있기 때문이다. 이런 활동들을 통해 사람들은 탄소 정원의 개념과 긍정적인 의미에 대해서도 나눌 수 있다.

3. 실천과 문화 확산을 위한 시민 의사

이상의 내용이 정원에서 실천성과 구체성을 갖도록 하고, 정원의 지속가능한 발전을 위한 문화운동으로 확장하고자 일반인으로 구성된 2차 포커스 그룹 인터뷰를 진행했다. 참여자들에게 '정원 분야 기후 행동 참여 의사'와 '탄소 정원의 문화 확산' 두 가지 주제로 인터뷰하였다.

1) 참여 의사

참여 의사와 관련해 기후 행동 중 가장 중요하다고 생각하는 것을 묻는 물음에 모든 사항이 다 중요하다는 공통된 의견이었지만, 그중에서도 우선순위를 둔다면 '물'이 중요하다는 의견이 많았다. 정원에서는 필수 불가결한 물의 사용을 줄일 수 있다면 탄소 정원의 효율성을 더할 수 있고, 습지는 효율적인 탄소저장소라 들었기 때문에 중요하다고 생각한다고 하였다. 반면, 중요성이 상대적으로 덜하다고 느끼는 부분에 대해서도 마찬가지로 모든 활동이 중요하다는 의견이 지배적이었다.

“기후 행동 자체가 중요한 것 같고, 그 내용상의 수치는 그 다음 문제라고 생각한다(40대 남성).”

“탄소 정원에 필수는 아닐지라도 모두 필요성이 있다고 생각한다(20대 남성).”

“모든 것들이 탄소를 줄이는 것에 있어 효과적이라고 생각한다(20대 남성).”

부분적으로 자생식물의 사용이 외래식물과 비교했을 때 탄소 흡수능력이 크게 차이가 나지 않을 것 같다는 의견이 있었다. 탄소 흡수량을 단순 비교할 때는 맞는 의견이지만, 기후변화 차원에서 생물다양성을 볼 때 기후변화에 취약한 종은 고유종, 자생종, 도입종 순이며, 식물의 소실이 생물다양성 소실로 이어진다는 점에서 자생종의 사용은 매우 중요하다(Manes et al., 2021).

또한, 내 정원에 적용하려는 행동에도 대체로 대부분의 활동을 실천하려는 의지를 보였으며, 그중 가장 많은 참여자는 '빗물 활용', '건조에 강한 식물 식재'를 꼽았다. 이유는 무엇보다 관리를 덜 해도 된다는 점이 지속가능한 활동이며 자연순환이라고 하였다. 실천이 가장 어렵게 느껴지는 행동에 대해서는 '자연 퇴비 만들기'를 꼽았다. 이유는 시설이 필요하고 손이 많이 가기에 만드는데 오히려 더 많은 에너지가 들어 실효성에 의문이 간다고 하였다. '습지 조성'도 개인이 할 수 있는 활동이 아니기에 실천이 어렵다는 의견이 있었다.

2) 문화 확산

탄소 정원의 기후 행동에 대한 시민의 공감대를 확인하고, 이를 확산하기 위한 의견을 나누었다. 중요한 주체와 그들의 역할, 프로그램의 대상과 형태, 일상에서의 실천 활동 등을 물었다. 탄소 정원의 문화확산을 위한 역할이 가장 중요한 주체에 관한 질문에 공무원이 꼽는 참여자가 많았다. 정원 및 수목원·식물원 운영자, 정원 계획가, 그리고 인플루언서, 시민 정원사, 어린이, 연구자 등을 꼽았다. 공무원이라 생각하는 배경에는 사람들의 인식 속에 탄소 정원이 공익적 목적의 공공공간이라고 인식함을 느낄 수 있었다. 공무원이 실행의 주체로서 예산을 투입하고, 법제화, 규제 마련 역할을 해야 한다고 하였다. 정원 계획가는 탄소 정원을 만드는 전문가로서 역할을 하고, 인플루언서는 홍보 및 탄소중립 마케팅과 대중에게 탄소중립 문화를 알리는 데 기여할 것이라고 하였다.

탄소 정원을 주제로 프로그램을 기획한다면 누구를 대상으로 어떤 프로그램을 만드는 것이 효과적일까에 대해 역시 공무원을 대상으로 해야 한다는 의견이 많았다. 공무원 외에도 정원 운영자, 인플루언서, 고령자, 어린이, 일반 대중, 시민 정원사, 교사라는 다양한 대상이 나왔다. 프로그램의 형태는 실습형, 전시형 교육, 강의형 교육, 미디어 콘텐츠 제작 등 여러가지 의견이 나왔지만, 정원이라는 공간 조성의 특수성에 의해 실습형 교육을 요구하는 의견이 일반적이었다. 탄소 정원의 공익적 기능과 필요 때문에 공무원의 역할과 교육이 중요하다고 하지만, 기후활동은 각자의 상황에서 누구나 참여하는 것이 중요한 부분이기도 하다. 따라서 개인 또는 주민 공동체가 실천할 수 있는 실천활동에 대한 의견도 있었는데, 작은 공간이라도 확보하고 그곳을 정원으로 가꾸는 것, 텃밭을 조성하고 음식물을 비료로 만드는 것이 필요하다는 의견이 있었다.

III. 결론

이 연구는 정원에서 탄소중립을 실천하는 기후 행동을 정립

하고자 진행되었다. 틀을 구성하기 위해 정원 분야 기후 행동과 탄소 정원 개념을 정립하고, 실천적이고 직접적인 행동을 생애주기 단계별 기후 행동으로 구성하였다. 그리고 이것이 확장성을 가지도록 실천과 문화확산을 위한 시민의 의사를 반영하였다. 국가의 탄소중립 계획에 맞추어 탄소 중립을 위한 정원의 역할 강화를 위한 목적성을 강조하기 위하여, 탄소중립에 기여하고자 조성된 정원을 '탄소 정원'이라 정의하고, 생애주기를 기반조성부터 이용하기까지로 나누고, 주기별로 가장 핵심적인 요소를 토양, 물, 식물, 정원시설, 비료, 저 관리, 먹거리, 문화 확산의 여덟 가지로 제시하였다.

기후 행동은 어떤 분야든 누구든 자기 역할 안에서 기후변화에 대응하기 위한 실천적 행동이다. 따라서 종합적이며 과학적 연구자료를 근거로 하는 지식정보를 탐색하여 구성하였다. 기후 위기는 오래전부터 제기되어온 문제이지만, 매년 심각한 위기는 과학적 예측보다 시기를 앞당겨 다가오고 있다. 정원은 기후변화 대응을 위해 요구되는 완화와 적응, 이 두 가지를 모두 아우르는 영역이자 다수의 동참이 가능한 공간이기에 기후 행동이 매우 효과적인 영역이다. 정원에서 할 수 있는 조치로서 기후 행동을 선언하는 것, 그리고 탄소중립 목표를 향한 탄소 정원 활동을 알리고 문화로 확장될 수 있도록 견인차 구실을 하는 것, 이것이 이 연구가 갖는 의의이다. 또한, 탄소 정원을 개념화하고 생애주기에 따른 탄소 관련 이슈에 집중하여 정원의 탄소중립 기능을 정리한 점은 이 연구가 국제사회의 기후 행동 제시보다 진일보한 차별성이라 할 수 있다.

정원은 사람에게 환경적 복지와 생물다양성의 혜택을 제공하면서 여러 가지 사회문제를 해결한다. 이러한 정원의 기능은 곧 자연기반해법의 정의와 일치한다. 기후변화 완화를 위해 대두되는 자연기반해법은 세 가지로 요약된다. 산림벌채와 토지 이용과 관련된 온실가스 배출량을 줄이는 것, 대기 중의 탄소를 포집하는 것, 그리고 사회가 기후 위협에 적응할 수 있도록 생태계의 회복력을 강화하는 것이다(www.iucn.org). 정원에서 탄소 발생을 줄이고, 식생의 힘을 빌려 생물다양성을 강화하는 것은 정원이 기후변화의 해법으로서 역할을 하는 것이다. 공간의 크기와 설계 유형이 다양한 정원은 지속가능한 도시계획 관리(SDG 11)에도 중요한 역할을 한다. 사람에게는 공공 공간에서의 녹지 접근성을 늘리고 안전을 제공하며, 자연환경 차원에서 대기질 향상, 물 재해로 인한 손실 감소 등 기후변화 적응의 역할을 제공한다. 그뿐만 아니라, 도시 간의 생태적 연결성, 기후 재난의 회복력을 위한 도시계획과 정책에도 필수 수단으로 자리잡고 있다. 정원이 주는 잠재적 이점들은 공동이익이라 말할 수 있는데, 다양한 참여를 통해 탄소 정원은 확장성을 갖는다. 이 연구에서 구축한 탄소 정원의 프레임워크 초안을 바탕

으로 캠페인 사업으로 교육, 홍보 행사를 진행한 바 있으며, 참여 시민들의 관심과 탄소 정원에 대한 인지를 확인하였다.²⁾ 참여자들은 탄소 정원 캠페인과 교육의 유익한 점을 묻는 질문에 개념을 이해하게 되었고, 실천할 수 있는 부분이 많아 유익했다고 답하였다. 탄소 정원이 사람들에게 정원에서 실천하는 기후 행동으로서 지식과 실천의 효시가 되었음을 의미한다. 또한, 참여자들은 실제 적용 사례와 실습을 요구하였다. 지속적으로 정원에서의 기후행동은 확장될 필요가 있음을 방증한다.

교육 이후 진행된 이 연구에서는 탄소 정원 기후행동의 당위성을 확보하고, 실효성을 검증하는 포커스 그룹 인터뷰를 거쳐 정원의 기후 행동 프레임워크를 완성하였다. 1차 그룹과 2차 그룹 모두 정원의 핵심이 되는 요소로서 '물', '식물', '저 관리'의 중요성을 강조하였다. 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있음도 확인하였기에 정책차원에서 이것이 개인이나 공동체 단위에서 실천이 가능한 맞춤형 시설지원과 교육과 홍보가 필요함을 확인하였다.

또한, 부정적 의견에서 연구와 정책분야의 실천과제를 발견하였다. 기술개발 연구 분야에서는 내건성 식물의 식재 확대, 자연 퇴비 시설의 개발과 보급, 정책연구 분야에서는 행정 담당자를 위한 교육과 정책개발을 통한 실효화, 홍보를 통한 개념과 문화확장으로 정리할 수 있었다. 향후 정원의 계획, 설계, 조성, 관리, 이용의 전 과정에서 기후 행동이 확장되길 바라며, 국가 탄소중립에 정책적으로 기여할 방안이 연구로 진행되길 기대한다.

주 1. 프랑스 최대의 환경 NGO로 새 보호를 위해 설립되었으나, 현재는 지속가능개발, 국가 생물다양성 전략, 해양 보호, 습지보호 등 범 환경 운동 단계로 활동한다.
주 2. '지구를 위한 10가지 탄소정원 가꾸기'를 주제로 국립재증수목원에서 2022년 12월 일반인 대상 교육, 전문가 대상 교육, 대국민 캠페인을 진행하였다.

References

- 구본학, 박미옥, 권순호, 서주영(2021) 기후변화에 대한 일반인, 공무원, 전문가 인식조사에 관한 연구: 홍성군을 대상으로. 한국정원디자인학회지 7(2): 123-130.
- 국립산림과학원(2019) 주요 산림수종의 표준탄소흡수량.
- 국립산림과학원(2011) 탄소지킴이 도시숲.
- 국토해양부(2012) 시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인.
- 김하나, 송예원(2022) 「기후변화 2022 기후변화의 완화 정책결정자를 위한 요약본」 해설서. 기상청 기후정책과.
- 대한민국정부(2020) 지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략.
- 박기정, 박민승, 김환석, 임운수, 김성표(2016) 소규모 빗물처리시설 개발 및 현장 적용성 평가 연구. 한국습지학회지 18(1): 24-31.
- 박기정, 박희수, 조윤철, 김성표(2015) 가정용 빗물정원을 이용한 지붕 빗물내 영양소 및 중금속 제거. 한국습지학회지 17(1): 38-44.
- 박미옥, 구본학(2015) 대학 캠퍼스 탄소저감형 수생 비오톱 정원 계획. 한국정원디자인학회지 1(1): 30-39.
- 박민희, 최희선(2021) 탄소중립 학습 자료집. 2050 탄소중립위원회.
- 서자유(2021) 아파트 커뮤니티 공간에 대한 주민 선호 조사를 통해 본 친밀감 강화방안 연구. 한국경관학회지 13(1): 112-125.
- 서자유, 박찬(2022) 조정 공중에서의 온실가스 고려 사항 및 어린이공원 시공 단계의 배출량 산정. 한국정원디자인학회지 8(1): 27-34.
- 서자유, 최요한, 백지원, 김수경, 김호걸, 송원경, 주우영, 박찬(2021) 빅데이터를 활용한 기후변화와 연계된 생태계서비스 연구 동향분석. 한국환경복원기술학회지 24(6): 1-13.
- 신학기(2021) 기후변화와 화웨이연구: 영향과 과제. 2021 추계 한국원예학회 학술발표요지, p. 39.
- 양지인, 심재구, 안득수(2022) 스트레스 대처를 위한 군부대 치유정원 기능공간의 중요도-성취도 분석: 병사와 간부 비교분석을 중심으로. 휴양및관광연구 16(1): 21-30.
- 이성규, 노동은, 허예진, 최영선, 김수인, 于宏源(2021) 세계 주요국 탄소중립 전략과 중국의 저탄소 전략의 비교 분석, 대외경제정책 연구원.
- 이영택, 이항미, 안병욱, 조현석, 서석철(2013) 형질전환 가뭄저항성 벼 현미의 주요 영양성분 분석. 한국식품영양과학회지 42(5): 730-735.
- 이영택, 조용화(2018) 가뭄저항성 GM벼(Agb0103) 종실 및 지상부의 영양성분 평가. 韓國國際農業開發學會誌 30(3): 233-240.
- 전민수, 최혜선, 나쉬, 케빈, 김이형(2020) 레인가든 내 장기모니터링을 통한 시설 효율평가. 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동 춘계학술발표회, p. 1.
- 정환도(2018) 온실가스 저감을 위한 도시 녹색 숲의 기여도 연구. 한국정원디자인학회지 4(1): 33-40.
- 최영은, 민수주, 허인혜, 김정용, 오지영, 포디솔루션(2022) 기후변화 2021 과학적 근거 정책결정자를 위한 요약본 해설서. 기상청 보고서.
- 한국수목원정원관리원(2022) 생활밀착형 숲 조성·관리 개선방안: 탄소흡수량 증진 및 탄소저감 기능 강화.
- 홍성창, 유선영, 김경식, 이규현, 송새눈(2020) 바이오차의 사용이 채소 유품 생산 및 양분 흡수량에 미치는 영향. 한국환경농학회지 39(1): 50-27.
- 환경부(2010) 빗물이용시설 설치 관리 가이드북.
- Bak, J. and M. Barjenbruch(2022) Benefits, inconveniences, and facilities of the application of rain gardens in urban spaces from the perspective of climate change: a review. Water 14(7): 1153.
- Clarke, M., M. Davidson, M. Egerer, E. Anderson, and N. Fouch(2019) The underutilized role of community gardens in improving cities' adaptation to climate change: A review. People, Place & Policy Online 12(3): 241-251.
- Manes, S., M. J. Costello, H. Beckett, A. Debnath, E. Devenish-Nelson, K.-A. Grey, R. Jenkins, T. M. Khan, W. Kiessling, C. Krause, S. S. Maharaj, G. F. Midgley, J. Price, G. Talukdar, and M. M. Vale(2021) Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. Biological Conservation 257: 109070.
- Miller, H., C. Bailey, and P. Smith(2020) The Role of Botanic Gardens in Practising and Promoting Environmental Sustainability. Research Report to BGCI.
- Nex, S.(2021) How to Garden the Low-Carbon Way: The Steps You Can Take to Help Combat Climate Change. Research Report to RHS.
- Primack, R. B. and A. J. Miller-Rushing(2009) The role of botanical gardens in climate change research. New Phytologist 182(2): 303-313.
- Primack, R. B., E. R. Ellwood, A. S. Gallinat, and A. J. Miller-Rushing(2021). The growing and vital role of botanical gardens in climate change research, New Phytologist 231(3): 917-932.
- Schmidt, C.(2022) 기후변화와 공공정원의 역할. 대화강 국가정원 국제 심포지엄 발표자료.
- Van der Veken, S., M. Hermy, M. Vellend, A. Knapen, and K. Verheyen(2008) Garden plants get a head start on climate change.

- Frontiers in Ecology and the Environment 6(4): 212-216.
34. 국가가뭄정보포털. <https://www.drought.go.kr/menu/onemap/oneMapMain.do?pagenm=damages#>
35. Barbican www.nigeldunnett.com/barbican
36. IUCN. <https://www.iucn.org/our-work/topic/nature-based-solutions-climate>
37. LPO. <https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/mobilisation-citoyenne/refuges-lpo/les-15-gestes-refuges/mosaique-15-gestes/les-15-gestes-refuges-pour-protger-la-biodiversite/je-favorise-les-gites-naturels-et-a-menage-mon-jardin-pour-accueillir-la-faune-sauvage/jardiner-avec-la-nature-et-en-faveur-du-climat>
38. NWF. <https://www.nwf.org/Our-Work/Environmental-Threats/Climate-Change/Greenhouse-Gases/Gardening-for-Climate-Change>
39. Paris. www.paris.fr
40. RHS Make your own compost. <https://www.rhs.org.uk/soil-composts-mulches/composting>
41. Tierpark Berlin. <https://docplayer.org/127583703-Stoffstroeme-und-co-2-einsparpotential-im-tierpark-berlin.html>
42. UN. https://www.un.org/en/climatechange/climate-adaptation?gclid=Cj0KCQjw0tKiBhC6ARIsAAOXutkYy3XFZ84S6cqV_K7RvKs0pffNkb6iTb0f9CHgUoz55UR4twiL7rQaAhznEALw_wcB

Received : 9 June, 2023

Revised : 22 June, 2023 (1st)

30 August, 2023 (2nd)

Accepted : 20 September, 2023

3인익명 심사필