한국조경학회지 51(6): 75~87, 2023. 12.
J. KILA Vol. 51, No. 6, pp. 75~87, December, 2023
pISSN 1225-1755 eISSN 2288-9566
https://doi.org/10.9715/KILA.2023.51.6.075

탄소저감 현장 실증을 위한 모델정원 설계와 조성†

- 국립세종수목원 탄소저감 모델 정원을 사례로 -

Designing and Creating a Model Garden to Demonstrate Carbon Reduction†

- Case Study of Carbon Reduction Model Garden at the Sejong National Arboretum -

박병훈*, 서자유,*****
*경관연구소 피에이치앤 소장, **서울시립대학교 조경학과 연구교수, ***대전세종연구원 연구위원

Park, Byunghoon*, Seo, Jayoo,*****
*Research Director, Landscape Research Institute PHN
**Research Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul
***Associate Research Fellow, Department of Sejong City Policy Research

Received: October 30, 2023
Revised: November 24, 2023 (1st)
December 14, 2023 (2nd)
Accepted: December 14, 2023
3인익명 심사필

Corresponding author :
Jayoo Seo
Associate Research Fellow,
Department of Sejong City Policy Research, Sejong 30147, Korea
Tel.: +82-44-550-3501
E-mail: liberty46@hanmail.net

†This research advanced the results of Develop the Carbon Reduction Model Garden(the Sejong National Arboretum). And this work was supported by Korea Environment Industry &Technology Institute (KEITI) through 'Climate Change R&D Project for New Climate Regime.', funded by Korea Ministry of Environment (MOE) (2022003570004).

국문초록

본 연구는 조경·정원분야 기후변화 대응을 위한 역할로서 자연기반해법의 실증을 위한 실험적 설계를 제시하고, 탄소중립 사회를 위한 공간 전략적 방안과 문화 산업으로서의 역할을 제시하는 목적으로 진행되었다. 환경 보호와 탄소중립 사회 형성을 목표로 저 관리형 정원으로서의 탄소저감 효과를 위한 전략을 제시하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 모델정원의 기능과 공간 요소, 탄소중립과 관련된 내용들을 보다 과학적인 데이터로 수집할 수 있도록 실질적 모델정원을 설계하고 조성하였다. 대상지는 국립세종수목원 내에 위치한다. 탄소저감 기능을 측정하는 실험구를 중심적으로 배치하며, 그 외 공간은 드라이가든과 커뮤니티 가든, 초화원 등으로 전시와 휴식을 할 수 있는 공간을 두었다. 실험구는 바이오차 부설 양, 식재밀도, 식재 수종에 따른 탄소저감 효과를 분석할 수 있게 타입을 구분하였다. 탄소저감을 위한 시설 적용과 시공 방식은 '지구를 위한 10가지 탄소정원 가꾸기'의 방식을 적용하였다. 대표적으로 빗물의 활용시설, 저탄소 인증 목재 활용, 인근지역 자재 사용을 적용하였다. 또한 각각의 시설 및 시공 방식에 따른 탄소저감 효과를 비교하여 제시하였다. 이 결과는 탄소중립 사회를 실현하기 위한 대응 방안을 모색하는 데에 중요한 기초 연구가 될 것으로 기대되며, 정원 산업 등 지속 가능한 발전이 필요한 다양한 분야에서의 참고가 될 것으로 기대한다.

주제어: 기후 탄력성, 기후 행동, 탄소중립, 정원 설계, 정원 시공

ABSTRACT

This study presents an experimental design for demonstrating the role of nature-based solutions to climate change in the landscape and garden sector. The study suggests spatial strategies for a carbon-neutral society and its role as a cultural industry. This paper describes the use of a low-maintenance garden as part of a strategy for carbon reduction with the goal of protecting the environment and forming a carbon-neutral society. To this end, this study involved the design and construction of a realistic model garden to provide scientific data on the functions, spatial elements, and carbon neutrality of carbon-reducing gardens. The target site is located in the Sejong National Arboretum. The test area in which the carbon-reducing function is measured is located in the centre of the site, and other spaces include dry gardens, community gardens, and flower gardens intended for exhibition and relaxation. The experimental area is divided into several smaller areas within which the carbon-reducing effect is analysed according to the amount of biochar installed, the planting density, and the plant species present. The application of facilities and construction methods to promote carbon reduction were based on the method known as '10 types of carbon gardening for the earth'. In the model garden, we employed rainwater utilization facilities and used low-carbon certified wood and local materials. The carbon reduction effect of each facility and construction method is compared and presented here. The results are expected to serve as an important basis for realizing a carbon-neutral society and can be used as a reference in various fields that require sustainable development, such as the garden industry.

Keywords: Climate Resilience, Climate Action, Carbon Neutrality, Garden Design, Garden Construction

1. 연구의 배경 및 목적

지구의 온난화는 산업화 이후 지구 평균기온의 상승과 대기중 온실가스 농도의 비례 관계로 확인되어, 기후변화 원인이 인간에 의한 것임이 자명하다(기상청, 2020). 이에 전 세계 195개국은 탄소중립을 선언하였다. 탄소중립(carbon neutrality)이란 인류의 활동으로 인해 발생하는 온실가스 배출량을 저감하는 노력을 한 후, 배출되는 온실가스양을 최소화하는 것을 목표로 한다. 이는 기후변화 문제에 대한 해결책이자 지속 가능한 성장을 위한 필수적인 과제이기도 하다. 전 세계는 탄소중립을 실현하기 위해 다양한 접근 방법을 사용하고 있다. 대기 중 이산화탄소(CO_2)를 제거하는 기술인 탄소 포집 및 저장(carbon capture and storage, CCS) 기술 및 재생 에너지 등의 에너지 전환이나 효율적인 에너지 사용과 생물 다양성 보호 등의 노력을 통해 탄소중립을 실현할 수 있다(박광석, 2021).

생태계에서 기술적 노력의 하나로 최근 유엔기후변화협약, 유엔개발계획 등 국제 협약의 핵심 주제인 자연 기반 해법(nature-based solution: NBS)에 기반한 탄소흡수원 연구의 필요성이 증가하였다. 과학적인 탄소중립 이행을 위해 탄소흡수 능력이 증진된 정원의 실증 모델개발의 필요성도 동시에 중요하게 되었다. 자연 기반 해법은 기후변화, 도시화 및 식량 안보와 같은 사회적 문제를 해결하기 위해 자연 과정 및 생태계 서비스를 활용하는 것을 말한다(오일영, 2023). 정원은 대기 및 수질 개선, 열섬 감소, 레크리에이션 및 휴식 기회 제공할 뿐 아니라 시민들의 생활 속 가장 근접한 공간이면서 파편화된 도심 속 생태계의 코리더(생태회랑) 역할을 하므로 공공정원(공원)의 역할과 기능이 그 어느 때보다 중요하다(설종진, 2023). 뿐만 아니라 다양한 이점을 제공하기 때문에 자연 기반 해법의 대상으로 다양한 기능을 가지고 있어 연구 가치가 크다. 따라서 과학적인 탄소중립을 실현하기 위해서는 탄소흡수 능력이 향상된 정원의 실증 모델과 탄소흡수를 증진시키기 위한 새로운 형태의 모델개발이 필요하다.

정원 분야의 탄소저감에 대한 학문적 연구로는 온실가스 흡·배출, 자원(재료)과 에너지 연구가 진행되고 있다. 정원 활동에서 발생하는 탄소 배출량을 정량화하고 분석하여 어떤 활동이 탄소배출 원인인지 파악하기 위하여 정원 분야의 연구는 미미하지만, 관련 분야(건축, 토목 등)의 연구를 참조하여 그에 따른 감축 전략을 도출할 수도 있다(이경회와 이강희, 1996). 하지만 정원분야에 주목하는 이유는 정원에서도 재생 에너지 활용은 탄소저감의 중요한 수단이 되는데, 정원 분야와 유사한 분야에서 조성 및 관리 작업에 사용되는 에너지 소비를 줄이기 위해 재생 에너지를 활용하는 다양한 연구가 진행된 걸로 보아도 알 수 있다(김준연과 남영우, 2013; 서자유와 박찬, 2022). 실무 분야의 시도도 이루어지고 있는데, 정원 시설물에 태양광 패널 설치를 하거나 바이오매스 에너지 활용 등의 방법을 통해 탄소배출을 감소시키는 노력이 이루어지고 있다. 그 외에도 지속 가능한 재료와 기술개발을 적용하여 탄소저감을 위해 지속 가능한 재료와 탄소 고정 기술을 개발하는 연구들이 진행되고 있다(정환도, 2018). 친환경 비료, 유기농 방법, 수분 관리 기술 등을 연구하여 탄소발자국을 줄이는 방법을 모색하고 있으며, 정원을 통한 탄소저감에 대한 교육과 인식 확산을 위한 연구와 노력도 이루어지고 있다. 탄소저감의 실천적인 지침과 정보를 제공하고자 하고 있으며(한국수목원정원관리원, 2022), 이를 통해 정원 가꾸기의 환경적 영향과 탄소 감축의 중요성을 대중에게 알리고 있는 상황이다.

정원 산업과 관련된 물리적 기술의 전파와 함께, 모델정원은 가까운 미래에 적용 가능한 정원 설계 및 시공 기술력을 선보이는 주제 정원의 한 유형이라 할 수 있다. 하지만 이는 모델정원이 가지는 모든 기능을 설명하는 것은 아니다. 실제 모델정원은 설계와 조성, 유지관리, 그리고 인문, 사회, 생태, 환경 등 다양한 주제를 전달하는 등 그 기능이 매우 다양하다. 특히 모델정원은 공공공간에서 조성되어, 관련 기술 및 가이드라인으로서 제시되어, 생생한 현장 사례로서 시각화하여 교육과 홍보 역할도 한다. 즉, 모델정원은 정원 산업을 넘어 인문, 사회, 생태, 환경 등 다양한 분야와 연관되어 진정한 문화 산업으로 자리를 잡고 있다. 동시에 다양한 주제를 담아 조성하거나 지역주민들의 활동을 유도함으로써 공간에 참여시킬 수 있다. 따라서 개별적 모델정원의 설계 전략은 장소성 및 역사 문화와 같은 상징성, 생태 및 자연과 같은 환경성, 미학적 측면에서의 경관성 등으로 차별화될 수 있으며, 궁극적으로 정원문화의 홍보 교육 그리고 지역사회의 커뮤니티 공간을 내실화하는 데 기여하게 된다(이애란과 정나라, 2000; 박은영 등, 2022).

이러한 학문적 연구와 노력은 정원 분야에서 탄소 감축을 실현하기 위한 중요한 기반이 될 것이다. 계속해서 연구와 현장 적용을 통해 정원 환경의 탄소발자국을 최소화하는 방향으로 노력이 필요한 시점이다. 특히 조경 및 정원 분야와 밀접한 관계가 있는 조경 설계 기준과 표준 시방서의 온실가스 저감 방안이 원론적 제시의 수준에 머물고 있는 것도 문제점으로 지적된다. 기후변화 담론이 공감대를 이룬 지금의 시점에서는 실행력을 담보할 명확한 기준과 공법이 제시되어야 할 필요가 있다는 점에서 연구가 절실히 요구된다.

정원 산업의 국내 동향을 살펴보면 2022년 정원분야 관련 예산 현황기준으로, 일반회계는 '21년 18개 사업, 203억원에서 '22년 22개 사업, 364억 원으로 4개 사업 161억 원이 증가하였다. 그리고 기후대응기금은 '21년 5개 사

업 153억 원에서 ’22년 8개 사업, 441억 원으로 3개 사업 288억 원 증가하였다(국립산림과학원, 2023).

현재 정원분야와 관련된 탄소저감 수치화에 대한 연구는 수목의 규격 및 생장 상태에 따른 저장량 및 흡수량을 비교하거나(김학구 등, 2022; 김학구 등, 2023) 기존 산림분야의 식생 복구 방법론 등으로 진행한 잠재량 산정 연구로써 정원을 조성하는데 있어 전체적인 탄소저감에 대해 다룬 연구는 미미한 것으로 나타났으며(최종화 등, 2019), 특히 내용을 보면 행위 및 개념 중심의 활동적 측면에 치중되어 있다. 이에 따라 이 연구에서는 실증적 데이터를 구축할 수 있는 모델정원을 설계하고 실제 조성하는 것을 목적으로 한다. 나아가 ‘탄소저감 모델정원’을 통해 정원 분야에서의 기후 행동의 실천적 움직임을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

연구 과정은 크게 세 단계로 진행됐다. 첫 번째 단계에서는 탄소저감 및 모델정원에 대한 개념적 고찰을 하였다. 그 내용을 토대로 정원 분야에서 탄소저감의 의미와 모델정원의 적용 가능성에 대한 논의를 진행했다. 다음 단계에서는 실증적 모델정원의 설계안을 도출하기 위해, 실험구 설정, 모델정원의 컨셉 설정, 정원의 조성 전략과 마스터플랜을 제시했다. 마지막 단계에서는 도출된 내용을 기반으로 현장에서 실증 모델을 구축했다.

3. 대상지 분석

국립세종수목원은 세종특별자치시 중앙공원에 위치하고, 국내 한국수목원 정원관리원에서 관리하는 국립수목원이다. 모델정원 조성 대상지는 국립세종수목원 내의 사계절 전시 온실 출입구에 접해 있으며 향후 K-포레스트관이 조성될 경우 두 공간을 연결해주는 역할을 할 수 있는 위치에 있다. 관람객들이 탄소저감을 이해하고 널리 알릴 수 있는 교육적 기능이 큰 위치로 볼 수 있다(그림 1, 그림 2 참조).

4. 탄소저감 모델정원 개념과 조성방법 설정

탄소저감 모델정원의 개념과 조성방법을 2022년 진행된 캠페인 ‘지구를 위한 10가지 탄소정원 가꾸기’ 분류를 이용하여 정리하였다.

4.1 지구를 위한 정원, 탄소정원

탄소저감 정원이란 탄소저감 및 흡수 효과가 높은 식물, 시설 등을 이용하여 조성된 정원이나, 탄소저감 활동을 통해 조성된 정원을 의미한다. 이를 보급하고 확산할 수 있는 대표적인 정원이 탄소저감 모델정원이다. 본 모델정원이 추구하는 기능은 총 세 가지로, 첫 번째는 탄소 정원의 개념을 정의하고 교육과 홍보를 통해 정원 분야에서 탄소저감 활동 문화를 확산하는 것이다. 두 번째는 모델정원을 통해 실증적 데이터와 함께 탄소저감 정원의 보급 가능성을 탐구하는 것이며, 세 번째는 세종수목원이라는 대상지의 특성과 주변 맥락을 고려하는 것이다. 설계 과정의 첫 번째 단계에서는 정원에서의 탄소저감의 실천적 측면을 고려하였다. 국립세종수목원에서는 탄소저감 정원의

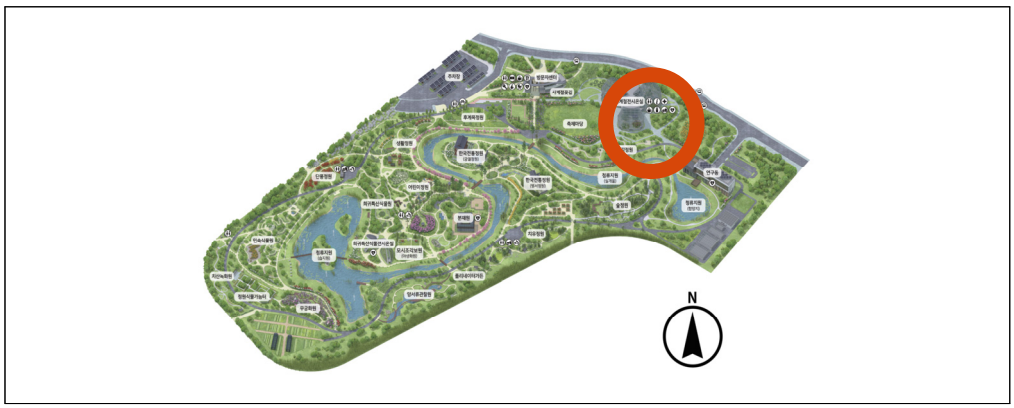

그림 1. 세종수목원 지도
자료: 세종수목원 홈페이지

그림 2. 대상지 위치

목적을 달성하기 위해 모델정원과 함께 '지구를 위한 10가지 탄소 정원 가꾸기' 캠페인을 진행하였으며, 이 내용을 실제 정원 공간에 구현하였다(표 1 참조). 또한, 실증적 데이터를 수집할 수 있는 실험구를 조성하여 탄소저감 정원을 만들고자 하였다. 공간 구성 단계에서 중요하게 고려한 부분은 동선과 이용자 공간을 제외한 모델의 실험구이다. 실험구에서는 토양과 식재(밀도와 수종)의 비교를 통해 기능을 가시적으로 보여주기 위해 여러 개의 실험구를 효율적으로 배치할 수 있는 방안을 도출하였다. 공간과 배치, 실험구의 형태와 변수 등을 고려하여 네 개의 설계안을 도출하였다. 실험구별로 검토할 수 있는 여러 모델의 특장점을 검토한 후, 모델정원의 역할이 최적화될 수 있는 하나의 구상안을 선정하였다. 선정된 안은 교육 및 캠페인과 연계하여 사후 지속적으로 활용될 수 있도록 설계를 발전시켰다. 실험구별 정보성, 이용성, 그리고 심미성을 종합적으로 고려하여 안을 선정하였다. 또한, 공간 및 시설마다 탄소저감을 위한 특화된 요소를 제시하였다. 조성 과정별로 토양에 바이오차를 부설하는 것을 비롯하여 빗물 활용 공간, 탄소흡수 식물, 저탄소 시설물, 자연 비료, 자연초지, 텃밭 정원, 그리고 문화 확산을 위한 커뮤니티를 특화 요소로 구성하였다. 각 요소별로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

4.2 탄소를 저장시키고 배출을 줄이는 땅

정원에서의 토양은 조성하는 과정에서 공기 중에 떠다니는 탄소를 땅에 저장시킬 수 있는 수단이 된다. 부러진 나뭇가지와 같은 산림 부산물을 땅속에 묻는 방법인데, 이것이 가장 간단한 방법이다. 정원은 이러한 방법을 통해 토양을 탄소의 저장고로 바꾼다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사용되는 기술 중 하나가 바이오차다. 바이오차는 목재와 같은 바이오매스를 350-1000℃의 고온에서 공기가 없는 상태로 숯으로 만든 것이다. 바이오차는 오랜 시간 동안 분해되지 않아 토양 내에서 탄소를 가둬두면서 '탄소 감옥' 역할을 하게 된다. 이러한 바이오차의 탄소저감효과를 실증하기위하여 모델정원의 3가지 실험구에 바이오차를 개량하여 계획하였다.

4.3 빗물을 활용하는 슬기로운 탄소정원

빗물 정원은 비가 내리면 물을 흡수하고 관리하여 지속 가능한 물 관리와 환경 보호를 위한 정원이다. 빗물 정원은 토양의 유기물 함량을 높이고 친환경적인 식물들을 식재하여 강력한 생태계를 구축한다. 이는 빗물을 저장하고 필요한 양만큼 공급하는 한편, 환경 보호를 강조한 설계 덕분에 친환경적인 식물을 육성하며, 생태계를 더 활성

표 1. 지구를 위한 10가지 탄소정원 가꾸기

구분	비 고	구분	비 고
1	지구를 위한 정원, 탄소정원	6	탄소발자국을 줄이는 탄소정원
2	탄소를 저장시키고 배출을 줄이는 땅	7	직접 만들어 사용하는 착한 비료
3	빗물을 활용하는 슬기로운 탄소정원	8	자연스러운 정원, 자연을 위한 정원
4	탄소흡수에 도움이 되는 정원식물	9	지구의 건강과 내 건강을 챙기는 텃밭 정원
5	탄소정원에 이로운 저탄소 용품	10	탄소정원에서 함께 하는 커뮤니티

자료: 국립수목원, 2022.

화시킨다. 또한, 빗물 정원은 토양에 저장된 물을 천천히 방출하여 과습을 방지하고 활성화된 미생물들이 물을 분해하고 비옥한 토양을 형성하는 데 도움을 준다. 위와 같은 이유로, 빗물 정원은 친환경적인 물 관리 시스템으로, 설계 전반에서 지속 가능한 방법을 활용하여 정원을 구성한다. 이러한 조치들은 지속 가능한 정원 조성과 탄소저감 활동의 가장 핵심적인 부분이다. 모델정원에서의 빗물 활용 부분은 도시에서 적용할 수 있는 대표적인 빗물 활용의 모델을 제안하는 측면과, 가드닝 활동에서 빗물을 사용하는 것에 대한 교육적 측면에서 계획하였다.

4.4 탄소정원에 이로운 저탄소 용품

나무의 탄소저감 기능 중 대표적인 것은 광합성이다. 나무는 광합성 과정을 통해 태양 에너지를 이용하여 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출한다. 또 한 가지 중요한 기능은 탄소저장이다. 나무의 주요 성분인 섬유소는 주로 탄소로 이루어져 있으며, 이는 목재에 저장된다. 나무가 제품에 사용되고 그 제품이 장기간 보존되면, 그 안에 저장된 탄소는 계속해서 대기로 방출되지 않고 유지된다. 따라서, 나무를 이용하여 제품을 만들고 유지함으로써 대기 중의 CO_2를 저장하고 감소시킬 수 있다. 'Carbon Storage Potential of Harvested Wood(Ingerson, 2011)' 연구에 따르면, 목재 제품을 사용하여 CO_2를 저장하고 유지함으로써 전체적인 탄소 감소 효과를 얻을 수 있다. 이에 따라 국가 정책으로 우수한 국내산 목재에 대해 인증을 부여하고 있다. 목재 제품이 저장하고 있는 탄소량을 계량적으로 표시하여 목재 제품의 탄소흡수 효과를 알려주려는 취지에서 인증 제도를 운영하고 있다. 산림청에서는 목재의 탄소 저장량과 한국임업진흥원 지역 목재 이용 제품에 인증제를 운영하고 있다. 이에 모델정원에 도입되는 시설물 및 기타자재는 저탄소 용품을 이용하는 것으로 계획하였다.

4.5 탄소발자국을 줄이는 탄소정원

정원에 들어가는 식물과 자재 그리고 용품을 가져오는 방식에서도 이동 거리를 최소화하는 것은 탄소배출을 줄이는 방법이다. 탄소발자국(carbon footprint)은 사람의 활동이나 상품 생산 및 소비의 모든 과정을 통해 직접적 또는 간접적으로 배출되는 온실가스 배출량을 이산화탄소로 환산한 총량을 말한다. 탄소발자국은 무게 단위인 kg이나 이산화탄소의 양을 감소시킬 수 있는 나무 수로 환산하여 표시하기도 한다. 탄소발자국을 줄이기위한 방법으로 시설물 및 기타자재의 수급을 탄소발자국 수치가 낮은 제품으로 선정하도록 하였다.

4.6 직접 만들어 사용하는 착한 비료

정원에서 친환경 비료를 직접 만들어 사용하는 것은 환경 보호와 지속 가능한 농업에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 화학 비료와 살충제 사용으로 인한 환경 오염과 생태계 파괴 문제를 해결하기 위한 대안으로서, 친환경 비료는 미생물, 동물성 배양액, 식물성 배양액 등을 이용하여 토양의 건강을 유지하면서 작물의 성장과 생산성을 향상하는 것이다. 이를 통해 인공적인 화학 물질의 사용을 줄이고, 지속 가능한 정원 활동을 실현할 수 있다. 친환경 비료를 사용하는 경우 토양의 유기물 함량이 증가하고, 미생물 군집도 다양해지며, 이에 따라 작물의 생육이 향상된다. 다만 본 연구에서는 세종수목원 내에 비료를 생산 및 체험하는 시설이 있으므로, 실재 모델에 반영에서는 제외하고, 캠페인 및 교육 차원으로 전달하고자 했다.[1)]

4.7 자연스러운 정원, 자연을 위한 정원

자연을 위한 정원은 저 관리형 정원을 의미하는 것으로, 쉬운 관리 방식과 아름다운 꽃 정원을 합치는 개념으로 설계되었으며, 일반적으로 관리가 필요하지 않은 식물을 사용하여 시간과 노력을 절약할 수 있는 방식으로 조성되었다. 이러한 식물들은 건조에 잘 적응하고 병충해에 강하다는 장점을 갖추고 있으며, 내구성이 뛰어나서 물이나 비료와 같은 추가적인 관리가 필요하지 않다. 한편, 저 관리형 정원은 건강한 토양을 유지하는 것이 중요하다, 또한 저 관리형 정원은 바쁜 현대인들에게 합리적인 선택이 될 수 있다, 정원의 아름다움을 유지하면서도 관리 비용과 시간을 절약할 수 있는 방식으로 조성되기 때문에 정원은 자연스럽게 성장하면서 꽃이 피어나는 공간을 제공하면서도 일상생활의 부담을 줄여준다는 장점을 가지고 있다. 모델정원은 저관리형 정원에 적합한 식물을 선정하고 식재하도록 계획하였다.

4.8 지구의 건강과 내 건강을 챙기는 텃밭 정원

정원에서 텃밭을 만드는 것은 본 연구에서는 한 가지 방법으로 언급되는 것처럼 보이지만, 여러 가지 방식으로 탄소저감에 이바지할 수 있다. 식물의 탄소흡수 측면에서 보면 식물은 사진합성 과정을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하기 때문에 텃밭을 만들고 식물을 키우는 것은 이산화탄소를 직접적으로 줄여주는 대표적인 방법이다. 또한 식품의 운송 거리를 감소시켜 식품 운송에 따른 탄소배출을 줄이는 데 도움이 된다.

직접 키운 식물은 구입한 식품보다 신선하므로 냉장고에서 보관하는 시간이 줄어들고, 이에 따른 전력 사용량 감소로도 해석할 수 있다.

하지만 이 모든 것은 텃밭의 관리 방식에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 비료나 물에 대한 과도한 사용은 환경에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 가능한 한 지속 가능한 방법으로 텃밭을 관리하는 것이 탄소저감 활동에 도움이 된다. 본 연구에서는 세종수목원 내에 텃밭 정원 및 모델정원 등이 있으므로 실제 모델에 반영에서는 제외하고, 캠페인 및 교육 차원으로 전달하고자 했다.[2)]

4.9 탄소정원에서 함께 하는 커뮤니티

탄소저감의 실천은 개인적으로도 가능하지만 이웃과 함께 하면 즐거움을 얻을 수 있는 동시에 많은 탄소를 저감할 수 있다. 가드닝과 같은 공동체 활동은 대화의 계기가 되기 때문에 정원과 텃밭은 정보 교환처, 자연 속의 활동처, 정기적인 활동 장소가 되고 친밀감이 상승한다(Corner, 2006). 전술한 바와 같이 커뮤니티 활동은 탄소정원 공간을 이용해 주민과의 커뮤니티를 강화할 수 있다. 텃밭 내 작물을 관리하는 활동은 물론 다양한 프로그램을 연계해 커뮤니티 일정을 계획하는 것이 핵심 내용이 된다. 모델정원의 커뮤니티 공간(파고라 및 체험 테이블)은 탄소저감 가드닝 활동의 홍보의 역할뿐만 아니라 직·간접적으로 체험하면서 습득하는 실질적 교육의 장소이다. 이와 같은 특징이 공간 안에 효과적으로 나타날 수 있도록 가능한 안내시설을 입구와 각 시설물에 비치하였다. 특히 앞서 언급한 내용 중 1 항목은 탄소 정원에 대해 텍스트를 통하여 소개하는 것으로, 주 진출입구에 설명 안내판을 설치하여 탄소 정원에 대한 내용을 전달하였다(그림 3 참조). 열 가지 항목 중 국립세종수목원에 기조성되어 기능이 중복되는 항목을 제외하고 나머지 항목을 대한 공간에 구현하였다.

5. 모델정원 설계

공간 구상 시에 앞서 서술한 세 가지 측면을 모두 고려하여 실험구의 규격을 설정하고 우선 배치하였다. 기존 수목원의 공간 맥락에 맞는 전체적 동선과 정원 요소를 계획하는 동시에, 전체 공간 곳곳에 정원에서의 탄소저감 활동 및 캠페인이 이루어질 수 있도록 배치하였다. 공간은 주로 탄소저감 실험구 공간, 이동 동선, 초화원, 커뮤니티 정원으로 구성되었으며, 실험구에 의해 경관성이 저해되는 것을 상호 보완할 수 있도록 경관을 고려하였다.

5.1 계획

5.1.1 부지조성 및 토양조성

모델정원은 대상지 전체에 토양을 개량하고, 개량제로 바이오차를 이용하였다. 실험구 'A'에 바이오차의 양을 차등 적용한 후, 동일 수종과 수량을 식재하여 바이오차 적용량에 따른 결과를 관찰할 수 있게 조성하였다. 바이오차

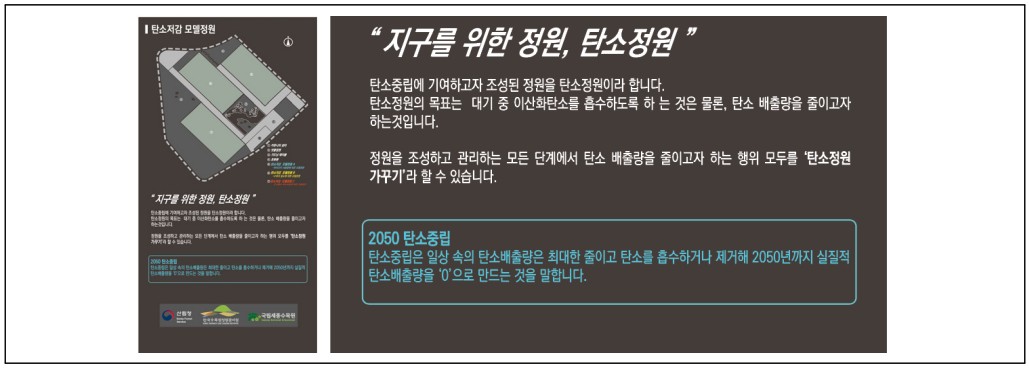

그림 3. 입구 간판디자인과 탄소 정원 소개 문구

의 사용량에 대한 식물의 생장을 알 수 있다면, 식재하는 데 있어서 탄소저감 수치를 체계적으로 확보하는 데 도움이 될 것이다. 실험구 3개소 중 1개소에 바이오차 적용량 각각 0kg/m^2, 4kg/m^2, 16kg/m^{2}를 적용하였다. 적용된 바이오차 수량은 토양에 섞인 후 균일하게 토양을 치환한 후 식재 작업을 진행하였다. 농작물과 초화류 생장에서 입증된 바이오차의 효과가 수목의 생장에 대한 효과도 측정이 필요하다. 본 모델정원의 실험구를 통해 유의미한 데이터를 얻을 수 있을 것으로 예상하였다(그림 4-7 참조).

5.1.2 빗물의 적극적 활용

탄소저감모델정원은 빗물을 최대한 활용하여 정원을 유지되도록 한다. 빗물만으로 정원식물이 생장하고 의도한 경관이 유지되도록 한다. '빗물정원'으로 정의할 수 있으며 영어로는 '레인가든'의 개념으로 알려져 있다. '빗물정원'의 경우 빗물을 저장하는 연못의 형태가 아니기 때문에 정원식물의 선정에 유의할 필요가 있다. 물을 좋아하는 식물군보다는 척박지에서도 잘 견디며, 연중 강수량만으로도 잘 생장하는 식물로 선정하도록 한다. 이는 뒤에서 언급되는 저관리형 정원과도 밀접한 관계가 있다(그림 8 참조).

빗물의 적극적 활용의 또 다른 형태는 빗물을 모아서 재활용하는 것이다. 탄소저감 모델정원에서는 도시 구조물로 상징되는 건축적 역할을 하는 것이 파고라다. 파고라를 통해서 건축적 요소에서의 빗물 활용 모델을 제시하였다. 빗물을 모을 수 있는 지붕을 설치하고, 빗물이 유실되지 않고 한 곳으로 모일 수 있도록 통로를 설정하였다. 통로 역할을 하는 '빗물받이'는 다시금 가드닝 활동 중에 빗물을 사용할 수 있도록 하는 집수시설로 모이게 된다. 집수시설로 모인 빗물은 무동력 수단을 통해 텃밭 및 식수의 관수에 사용된다. 집수시설에 설치된 물조리개는 모델정원의 이용자들에게 빗물을 활용한 가드닝 활동의 체험 기회를 제공함과 동시에 빗물의 적극적인 활용에 대한 교육 효과를 의도하였다(그림 9, 그림 10 참조).

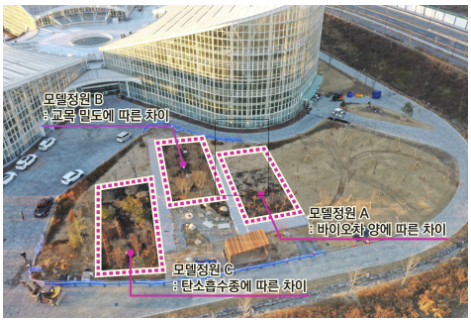

그림 4. 시험구 분할과 시험구별 적용사항

그림 5. 바이오차 포설 및 경운

그림 6. 실험구 계획도

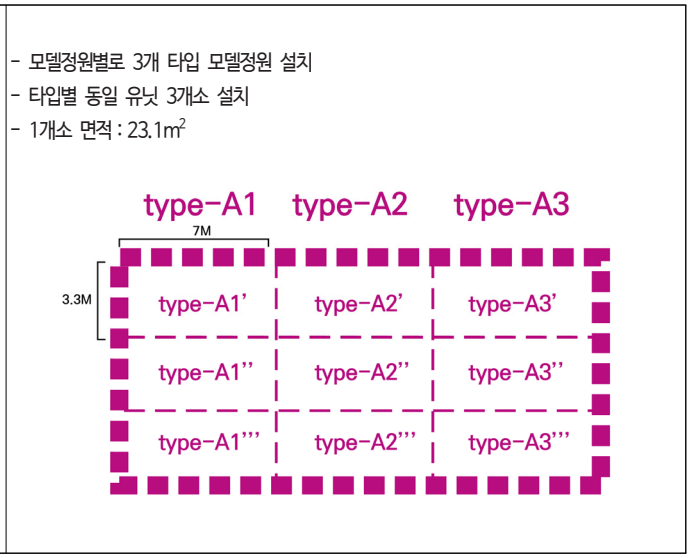

그림 7. 실험구 세부 구획 예시도

그림 8. 드라이 가든(건천) 투시도

그림 9. 빗물받이와 집수시설

그림 10. 빗물 집수시설 및 체험시설 (실제 조성 모습)

5.1.3 탄소흡수식물의 체계적 사용

탄소흡수 식물에 관한 본 연구는 식물별 생육에 따라 탄소 흡수량이 다를 것이라는 가정 하에, 수종별 성장에 따른 실증적 데이터를 구축할 수 있는 실험구를 조성하고자 하였다. 먼저 실험구는 다음과 같이 설정하였다. 첫째로 실험구는 바이오차 양에 따른 탄소 흡수량 차이, 교목 밀도에 따른 탄소 흡수량 차이, 탄소흡수 우수 수종에 따른 탄소 흡수량 차이를 시각화하기 위하여 구분되었다. 각 실험구는 독립변수에 의해 3개로 구분하고, 각 실험구는 종속변수에 해당하는 탄소흡수량 데이터 수집을 위해 동일면적 3개소로 구분하였다(표 2 참조). 데이터 실증을 위해 각 실험구별 수종, 식재밀도, 바이오 차양을 통제변수로 다르게 설정하였다. Type-C 실험구의 경우 수종 선정은 탄소흡수 우수 수종 중 우수, 평균, 평균 이하 수종에서 2종씩 선정하였다(한국수목원 정원관리원, 2022).

실험구 이외의 정원 구역에는 여러 수종을 배치하여 수종별 특정 규격의 탄소 흡수량을 알 수 있는 정보를 전시하였다. 이를 통해 탄소흡수 우수 수종에 대한 정보를 전달하고, 수종 선정 시 참고할 수 있도록 관람 동선을 따라 열식으로 배치하여 보행 시 자연스럽게 정보를 접할 수 있도록 식재하였다.

5.1.4 저탄소 용품 사용

본 모델정원에서는 목재 제품을 시설물로 도입하여 목재 사용을 통한 탄소저감 효과에 대한 정보를 전시하였다. 도입된 시설물에 사용된 목재의 탄소 저장량을 목재문화진흥회(KAWC)의 탄소저장량 표시제도와 산림조합 산림경영지도원 자료에 근거하여 환산하면 다음과 같다(표 3 참조).

5.1.5 탄소 발생량 줄이기

정원 조성에서 탄소발자국을 줄이기 위한 방법으로 국내 제품을 기준으로 삼고, 조성지와 최대한 거리를 줄이는 것이 필요하다. 모델정원에서는 세종시와 가까운 보령 지역의 돌과 국내 생산 인증 목재를 사용하였다(표 4, 그림 11-13 참조).

표 2. 실험구 타입별 토양, 식재 적용(목재문화진흥회(KAWC), 탄소저장량 표시제도 기준)

실험구	내 용		실험구	내 용	
Type A	토양(바이오차) (독립변수)	A1 실험구: 0kg / m^2 A2 실험구: 4kg / m^2 A3 실험구:16kg / m^2	Type C	토양(바이오차) (통제변수)	4kg / m^2
	식재밀도 (통제변수)	5주 / 23.1m^2		식재밀도 (통제변수)	2주 / 23.1m^2
	식재수종 (통제변수)	느티나무		식재수종 (독립변수)	C1 실험구: 자귀나무, 전나무 C2 실험구: 잣나무, 단풍나무 C3 실험구: 메타세콰이어, 팥배나무
Type B	토양(바이오차) (통제변수)	4kg / m^2	그 외	토양(바이오차)	미적용
	식재밀도 (독립변수)	B1 실험구: 1주 / 23.1m^2 B2 실험구: 2주 / 23.1m^2 B3 실험구: 3주 / 23.1m^2		식재밀도	기준 없음
	식재수종 (통제변수)	고로쇠나무		식재수종	팽나무, 회화나무, 목련, 칠엽수, 소나무, 배롱나무, 느티나무

표 3. 모델정원 내 목재 제품의 탄소저장량(목재문화진흥회, 탄소저장량 표시제도 기준)

	규격				기건 밀도* (kg/m^2)	탄소 함유율	이산화탄소 환산계수	이산화탄소저장량 ($kgCO_2eq$)	온실가스 배출량 ($kgCO_2eq$)	탄소저장량 ($kgCO_2eq$)	탄소저장량 표시 ($kgCO_2/m^2$)
	두께 (m)	너비 (m)	길이 (m)	수종기준							
통원목 벤치	0.420	0.420	2.0	참나무류	820	0.5	3.7	530.4	11.7	519	1,470
그루터기 스툴	0.450	0.096	Ø 0.4	참나무류	820	0.5	3.7	26.0	0.6	25	1,470
파고라	0.019	56.140		방킬라이	920	0.5	3.7	1,603.5	35.3	1,563	1,470
테이블	0.019	4.800		방킬라이	920	0.5	3.7	137.1	3.0	134	1,470

*산림조합(2021), 2021년 산림경영지도원 임용 전형 학습 모듈 임산 가공(기본서), pp. 16-18.

표 4. 모델정원 자재수급 지역

품목	지역, 거리(km)		탄소 발생량(kg), 필요소나무(그루)*		품목	지역, 거리(km)		탄소 발생량(kg), 필요소나무(그루)*	
벤치 및 단식의자 목재	충주	113	14.8	3.6	수목	천안	58	7.6	1.8
포장석재	보령	82	10.7	2.6		산청	174	22.7	5.5
						세종	0	0	0
멀칭재	대전	29	3.8	0.9	입간판 제작공장	세종	10	1.3	0.3

*탄소발자국 계산기(kcen.kr)를 이용해 경유 편도 거리 기준으로 계산.

그림 11. K-WOOD 지역 목재를 사용한 벤치

그림 12. 보령식 포장

그림 13. 국내 생산 인증 목재

5.1.6 저관리형 정원

본 모델정원도 저관리형 정원의 건강한 토양환경을 위하여 바이오차를 m^2당 4kg으로 치환하여 조성하였다. 건강한 토양은 수목이 올바르게 자라고 번성할 수 있는 중요한 기반을 제공하기 때문에 토양치환을 통한 기반조성은 반드시 필요한 과정이었다. 디자인 측면에서는 간단하면서도 조화롭고 경관적인 매력이 있는 디자인을 추구하며, 작은 꽃들을 배치하여 넓은 꽃밭보다 더욱 감각적인 인상을 줄 수 있다. 물 사용을 효율적으로 관리하여 효과적인 관개 시스템을 구축하고, 온도와 습도에 따라 물 공급을 조절함으로써 물을 절약하며, 퇴비나 유기물을 이용하여 토양에 수분을 보존하는 방법을 적용하였다(그림 14-16 참조).

5.1.7 탄소저감 알리기와 실천

모델정원의 커뮤니티공간에는 탄소저감 가드닝 활동에 대한 안내판을 설치하여 직관적으로 정보를 전달하며, 빗물 활용에 대한 직접적 체험이 가능하도록 하였고, 체험 테이블에서 분갈이, 비료 만들기 등 친환경 가드닝 활동을 할 수 있도록 하였다(그림 17-19 참조).

5.2 식재 계획

식재계획은 정원에서의 탄소저감 활동에서 언급한 내용에 따라 저관리형으로 조성하되, 특히 건조지에 강하거나 척박지에서도 잘 견디는 수종들을 위주로 계획하였다. 공간별로는 진입부에 수고가 낮은 초화원을 배치하고, 정원

그림 14. 드라이가든(건천)

그림 15. 초화원

그림 16. 멀칭재 포설

그림 17. 커뮤니티정원 전경 투시도

그림 18. 커뮤니티정원 투시도 (파고라 및 체험테이블)

그림 19. 자연석 투수포장과 이우드 황토포장 (투수포장)

의 중심부로 진입할수록, 교목-아교목-관목-초화 조합으로 다층 식재하여 짧은 보행공간에서도 경관적 측면을 극대화하고자 하였다.

실험구에는 실증적 데이터 모니터링을 위해 정형식으로 식재를 배치하였기 때문에 획일적인 경관을 상쇄하기 위한 하층식재계획을 실험구별로(type-A, type-B, type-C) 변화를 주어 식재하였다(그림 20 참조).

5.3 시설물 및 포장 계획

본 정원에서의 시설물 및 포장계획은 두 가지 측면에서 접근하였다. 첫 번째는 탄소저감활동 측면에서의 탄소중립을 실현하고자 하였다. 그에 따라 탄소배출의 최소화하기 위해 세종시 인근에서 생산되는 석재 및 목재 등을 사용하였다(그림 21 참조). 또한 인공포장재 흙 콘크리트와 자연석 경화포장재의 경우 빗물을 활용하는 측면에서 투수공법을 적용하여 물순환을 원활하게 하고자 하였다(그림 22 참조). 또한 정원의 전체면적에 유공관을 설치하고 인접한 우수집수정에 인입하여 배수를 고려하였다(그림 23 참조).

6. 결론

전 세계적으로 195개국이 탄소중립을 선언함에 따라 온실가스 배출을 최소화하고 탄소중립을 달성하기 위한 다양한 노력이 이뤄지고 있는데, 특히 최근에는 자연기반해법(NBS: nature-based solution)이 주목받고 있다. 특히, 정원 분야에서의 탄소흡수 능력을 증진시키는 모델정원의 개발은 환경 보호와 기후변화 대응에 기여할 것으로 기대한다. 탄소저감은 기후변화 문제를 해결하기 위해 필수적인 요소이다. 기후변화에 대하여 인간의 영향을 최소화하고 지속 가능한 정원분야의 탄소저감 관련된 활동을 고찰하였다. 이에 본 연구는 실증적 데이터를 얻기 위해 모델정원을 설계하고 조성하였다. 본 연구에서는 '탄소저감 모델정원'이 갖는 기능을 정리하고 모니터링을 통한 연구 및 수목원의 전시 교육의 방향성을 제시하였다. 또한 탄소저감이라는 목표가 모델정원에서 효과적으로 실증될 수 있도

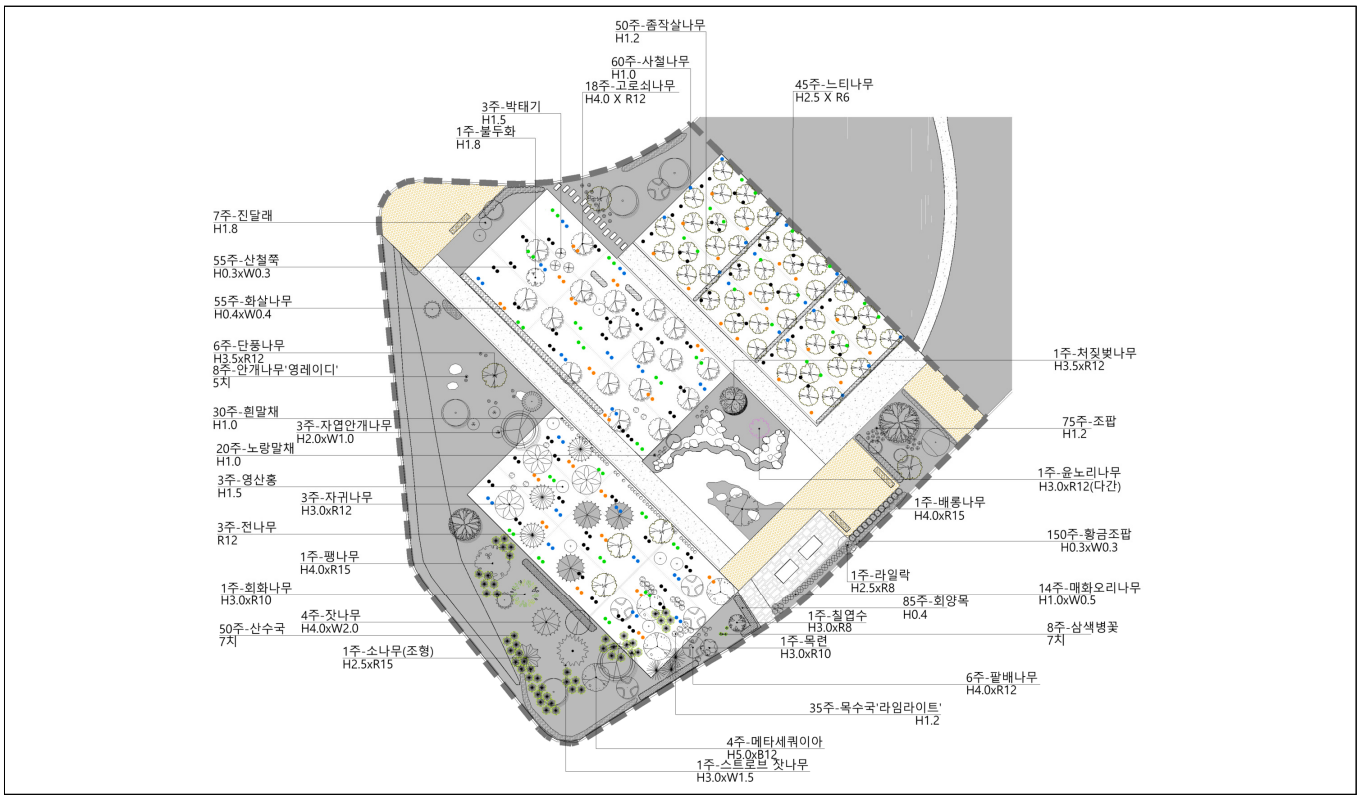

그림 20. 식재계획도

그림 21. 보령석포장 과 국내인증목재 벤치 (충주생산)

그림 22. 자연석 투수포장과 이우드 황토포장 (투수)

그림 23. 유공관 설치모습

록 특화된 요소를 선별하고 설계에 반영하였다.

모델정원은 탄소저감에 대하여 데이터를 통해 보여줌으로써 사람들의 인식과 행동을 변화시킬 수 있을 것으로 예상하였다. 이에 식재 및 정원의 재료에 따른 탄소저장량, 발생량, 흡수량을 모니터링할 수 있는 실험구를 설치하였다. 또한 '탄소저감 모델정원'은 교육적인 관점에서 중요한 수단이므로 '탄소저감 모델정원'은 사람들에게 탄소중립 사회로의 전환이 어떻게 이루어질 수 있는지 시각적으로 보여주고자 하였다. 교육적인 기회 제공을 통해 사회 각 계층이 탄소중립에 대한 이해를 높일 수 있다. 실제 일상 장소에서 접하기 어려운 빗물 활용정원을 설치하였고 저 관리형 식재가 반영된 정원과 수목의 생육에 따른 탄소 흡수량 등을 시각적으로 볼 수 있는 안내판을 설치하였다. '탄소저감 모델정원'은 정원 분야에서의 기후 행동의 실천적 움직임으로도 확장이 가능하다는 것을 인식하고, 그런 측면에서 볼 때 '탄소저감 모델정원'은 탄소중립에 도달하기 위해 필요한 다양한 옵션과 대안을 탐구할 수 있는 커뮤니티의 장소가 필요하다 것을 확인하고 모델정원에도 적용, 설치하였다.

뿐만 아니라 기술적 혁신과 연구에 대한 활발한 플랫폼 역할을 할 수도 있다. 탄소중립을 위한 새로운 기술과 솔루션은 계속해서 발전하고 있는데, '탄소저감 모델정원'은 이러한 혁신을 실증적 데이터를 기반으로 적용하는 가능성을 탐구하며, 관련 연구 및 개발을 촉진할 수 있는 환경을 제공한다고 볼 수 있다. 탄소저감 모델정원의 보급

을 통해 탄소 인증제품의 활용 제시, 탄소흡수 우수종의 육성으로 정원 산업의 새로운 시장구조가 만들어질 수 있다. 또한 근거리 지역 정원용품의 사용으로 새로운 정원 산업의 상생 발전이 가능하다. 특히, '탄소저감모델정원' 조성은 탄소흡수 식물의 활용, 에너지 효율적인 시설물 설치 등을 통해 탄소방출을 줄이는데 기여한다는 것을 확인하고, 실천 방안을 제시하였다.

'탄소저감모델정원'조성은 탄소저감 활동 이외에도 생태적 가치 향상뿐만 아니라, 사람들의 생활환경 개선에도 의미가 있으며, 이를 통해 지속가능한 도시환경을 구현하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 조성모델은 지역사회의 참여와 공유를 통해 사회적 연대를 강화하며, 지역의 문화적 특성을 반영하여 지역주민의 정체성과 소속감을 높이는 효과도 있다. 정책적으로 '탄소저감모델정원' 조성은 기후변화 대응전략의 일환으로서 환경, 경제, 사회적 측면에서의 균형있는 발전을 도모할 수 있게 하는 수단이 될 수 있다.

'탄소저감모델정원'은 국내에서 유사 사례가 거의 없는 자연과학적 연구를 위한 실험구를 새롭게 구상하는 실험적 과정을 거쳤다. 초기 설계 단계에서 탄소저감 효과를 실험할 지표가 명확하지 않고, 설계 방향을 잡는 것에 대해 의견이 모아지지 않는 어려움이 있었다. 모델정원을 통해 실증적 데이터를 모니터링을 하기 위해서는 추후 지속적인 연구를 통해 구체적인 지표를 설정과 탄소저감 측정방법에 대한 다각적인 연구가 선행되어야 할 것이다. 향후 정원의 탄소저감 차원에서의 환경적 기여를 입증하도록 하여 인증하는 제도를 도입한다면 정원 산업 진흥에 도움이 될 것이다. 나아가 탄소저감 정원의 시공에 관한 기준이 명문화된다면 관련된 연구를 비롯하여 설계 분야, 시공 분야 등에서의 현실적 적용이 가능할 것이다. 본 연구의 '탄소저감모델정원' 조성은 기후변화에 대응하는 중요한 방안으로서, 그 의의와 가능성을 확인하였다. 이를 통해 탄소저감과 도시환경 개선을 동시에 추진하며, 지속가능한 미래를 위한 기반을 마련하는데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

주 1. '직접 만들어 쓰는 착한비료'는 세종수목원 내 체험정원이 있는 점, 전시관리의 특성상 경관 및 위생 측면을 고려하여 제외하였다.

주 2. '지구의 건강과 내 건강을 챙기는 텃밭 정원'은 수목원 내 치킨가든(텃밭정원)과 중복되고, 텃밭 식물의 관리 및 휴경시 경관을 고려하여 제외하였다.

References

1. 국립산림과학원(2023) 산림·임업전망. 연구자료 1052: 402-438.
2. 기상청(2020) 한국 기후변화 평가보고서 2020. 기상청.
3. 김준연, 남영우(2013) 탄소저감을 위한 국내·외 탄소중립도시의 계획요소에 관한 연구. 한국공간디자인학회 논문집 8(4): 103-112.
4. 김학구, 김형섭, 홍용식, 윤이슬, 임윤경, 강신구, 김찬범(2022) 도시숲 및 정원 주요 관목의 탄소흡수계수 개발 및 탄소저장량과 흡수량 비교. 한국산림휴양학회지 26(4): 131-139.
5. 김학구, 홍용식, 임윤경, 윤이슬, 도기석, 정찬형, 이지문, 노회은, 강신구, 김찬범(2023) 국립세종수목원 교목 4종의 탄소 저장량 및 연간 이산화탄소 흡수량 평가. 환경영향평가 32(1): 41-48.
6. 박광석(2021) 탄소중립을 위한 청량음료 한 모금. 기상청 기상기술정책 14(2): 3-4.
7. 박은영, 김복영, 김세나, 남연서, 소선덕(2022) 국립세종수목원 탄소 제로 '숨[SUM] 더하기' 모델정원 설계. 한국정원디자인학회지 8(4): 268-277.
8. 산림조합(2021) 산림경영지도원 임용전형 학습모듈 임산가공(기본서). 16-18.
9. 서자유, 박찬(2022) 조경 공종에서의 온실가스 고려 사항 및 어린이공원 시공 단계의 배출량 산정. 한국정원디자인학회 8(1): 27-34.
10. 설종진(2023) 정원, 심미적 차원을 넘어 탄소중립에 기여하는 녹지로. Lafent기사. 2023. 10. 12.
11. 오일영(2023) 자연기반해법(nature based solution)의 이해와 활용, Lafent기사. 2023. 8. 28.
12. 이경희, 이강희(1996) 건축활동에 따른 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정. 대한건축학회논문집 12(7): 197-204.
13. 이애란, 정나라(2020) 사회통합형 커뮤니티정원의 모델정원 기본계획. 휴양및경관연구 14(3): 81-87.
14. 정환도(2018) 온실가스 저감을 위한 도시 녹색 숲의 기여도 연구. 한국정원디자인학회지 4(1): 33-40.
15. 최종화, 김희준, 정순철, 장광민(2019), 순천만 국가정원의 탄소 흡수 잠재량 평가 및 경제성 분석에 대한 연구. 전과정평가학회지 20(1): 21-26.

16. 한국수목원정원관리원(2022) 지구를 위한 10가지 탄소정원가꾸기.
17. Ingerson, A.(2011) 2011Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 16(3): 307-323.
18. Corner, J.(2006) Terra Fluxus. Landscape Urbanism Reader.
19. 한국기후환경네트워크, 탄소발자국계산기. https://www.kcen.kr/tanso/intro.green
20. KAWC. https://www.kawc.or.kr/page/foundation/system/carbonstorage.php