

기능변화를 반영한 서울어린이대공원 조성녹지의 식재 리뉴얼 방향성 연구

A Study on the Direction of Planting Renewal in the Green Area of Seoul Children's Grand Park Reflecting Functional Changes

박정아*, 한봉호**, 박석철***

*서울시립대학교 조경학과 박사수로, **서울시립대학교 조경학과 교수, ***서울시립대학교 도시과학연구원 연구원

Park, Jeong-Ah*, Han, Bong-Ho**, Park, Seok-Cheol***

*Ph.D. Candidate, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

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

***Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul

Received: March 25, 2023

Revised: April 09, 2023

Accepted: April 11, 2023

3인익명 심사필

Corresponding author :

Bong-Ho Han

Professor, Dept. of Landscape
Architecture, University of Seoul,
Seoul 02504, Korea

Tel.: +82-2-6490-5521

E-mail: hanho87@uos.ac.kr

국문초록

기후변화 대응, 탄소중립 전략, 도시열섬, 미세먼지, 생물다양성 증진 등 환경이슈에 대한 해결책으로 도시녹지와 수목의 가치가 중요해지고 있으며 다양한 연구들이 도시환경개선을 위한 수목의 효과를 다루고 있다. 따라서 본 연구는 도시환경개선 측면에서 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식재기반의 선행연구를 종합적으로 고찰하여 도시공원 조성녹지의 식재 리뉴얼 방향성을 제안하고 이를 리뉴얼 계획에 적용해 조성수목을 통한 도시환경개선 효과를 제고하는 데 목적이 있다. 서울시 내 대규모 근린공원인 서울어린이대공원의 식재현황을 현장조사하고 조사자료를 근거로 식재기능평가를 했으며 식재기능개선 필요지역을 중첩 도출하였다. 식재기능평가는 공원기능 설정, 공간기능에 따른 식재개념, 식재현황 단계별로 수행하였고, 연구의 결과인 기능변화에 따른 식재 리뉴얼 방향은 식재기능평가 단계별로 도출하였다. 공원기능 설정은 녹지율을 높이는 것이 우선이나 이용자 편의도 고려해야 하며, 식재개념으로 시각적 경관식재는 교목층은 수형이 아름답고 탄소흡수와 미세먼지 저감효과가 높은 수종을 식재, 생태적 경관식재는 경사구배 위 다층구조 식재지 조성, 완충식재는 다층구조숲으로 조성하여 탄소흡수와 미세먼지 저감 효과 향상, 녹음식재는 활엽수 교목층과 초본층으로 구성하고 초본류의 자연형 식재를 지향해야 한다. 식재수종은 도시환경개선 효과가 높은 수종, 지역 자생종, 야생조류 선호 수종을 식재하고, 식재구조는 경관식재지와 녹음식재지는 교목층과 관목층, 교목층과 초본층으로 구성하고 생태성이 강조되거나 완충기능이 필요한 식재지는 다층구조로 조성한다. 식재밀도는 식재간격 기준으로 더 높은 기준을 적용하며, 식재기반은 빗물재활용과 토양객토 및 통기시설을 사용한다. 본 연구의 결과는 향후 노후 도시공원의 식재리뉴얼 계획 시 식재기능평가를 수행하여 식재기능개선 필요지역을 도출하는 데 적용할 수 있으며, 조성녹지의 기능변화 패러다임을 다각도로 반영한 식재 리뉴얼 방향성을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

주제어: 탄소흡수원, 미세먼지 저감, 생물다양성 증진, 노후 도시공원, 식재기능평가

ABSTRACT

As a solution to environmental issues, such as climate change response, the carbon neutrality strategy, urban heat islands, fine dust, and biodiversity enhancement, the value of urban green spaces and trees are becoming important, and various studies dealing with the effects of trees for environmental improvement are being conducted. This study comprehensively considers the preceding studies on planting tree species, planting structure, planting density, and planting base to propose a direction for the planting renewal of green areas in urban parks and applies the findings to a renewal plan to improve the urban environment through landscaping trees. A field survey was conducted on the planting status of Seoul Children's Grand Park, a large-scale neighborhood park in Seoul, and based on the survey data, a planting function evaluation was conducted, and areas needing improvement in planting function were identified. The planting function evaluation was carried out considering the park function setting, planting concept according to spatial function, and planting status. As a result of the study, the direction of planting renewal according to functional change was derived for each stage of planting function evaluation. Increasing the green area ratio is

a priority in setting up park functions, but user convenience should also be considered. As a concept of planting, visual landscape planting involves planting species with beautiful tree shapes, high carbon absorption, and fine dust reduction effects. Ecological landscape planting should create a multi-layered planting site on a slope. Buffer planting should be created as multi-layered forests to improve carbon absorption and fine dust reduction effects. Green planting should consist of broad-leaved trees and herbaceous layers and aim for the natural planting of herbaceous species. For plant species, species with high urban environment improvement effects, local native species, and wild bird preferred species should be selected. As for the planting structure, landscape planting sites and green planting sites should be composed of trees, shrubs, and trees and herbaceous layers that emphasize ecology or require multi-layered buffer functions. A higher standard is applied based on the planting interval for planting density. Installing a rainwater recycling facility and using soil loam for the planting base improves performance. The results of this study are meaningful in that they can be applied to derive areas needing functional improvement by performing planting function evaluation when planning planting renewal of aging urban parks and can suggest renewal directions that reflect the paradigm of functional change of created green areas.

Keywords: Carbon Absorption Source, Particulate Matter Reduction, Biodiversity Enhancement, Aging Urban Parks, Planting Function Evaluation

1. 서론

소득수준이 향상되고, 건강과 여가문화 등 삶의 질에 관한 관심이 커지면서 도시공원에 대한 수요가 높아지고 있고, 특히 미세먼지 문제와 코로나19를 겪으며 양질의 공원·녹지 공간의 가치가 더욱 주목받고 있다(Lee et al., 2021). 정부는 기후변화 대응을 위한 2050탄소중립 전략의 일환으로 탄소흡수원인 도시숲, 정원 등의 생활권 녹지를 확대할 계획을 수립하였다(Republic of Korea government, 2020). 이 계획의 일환으로 도시숲 조성사업이 전국 지자체에서 활발히 추진되고 있으며 서울시도 생활권 도시숲 면적을 확대하기 위해 숲·공원·정원·녹지를 연결하는 프로젝트를 추진하고 있다. 기업 차원에서 살펴보면 한국형 녹색분류체계 판단기준의 녹색부문 항목에 도시 내 탄소흡수원 조성이 포함되어 있고, ESG경영의 지속가능성을 위해 지역 자생종 사용, 대량 수목식재 협약 등을 맺고 있는 실정이다.

도시 내 녹화공간 확충 시 도시의 환경개선에 도움을 줄 뿐만 아니라 탄소저감에 큰 효과가 있다. 서울시 도시공원의 탄소저장량은 공원 전체면적당 17.3tC/ha이고 공원 식재면적당 29.6tC/ha로 도시공원 총면적 4,657.10ha에 대입한 결과는 80,567.97tC로 추정된다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011). 도시공원의 기능은 종래의 시민의 건강·휴양 및 정서생활을 향상시키는 것 외에 현재의 사회, 환경문제를 해결하기 위한 기능과 패러다임으로 변화했다. 도시공원 내 녹지의 기능이 과거에는 정형적 또는 자연적 경관제공, 생태계 보전, 방음과 차폐, 녹음을 제공하는 것에 초점이 맞추어져 있었다면 현재의 패러다임은 본래의 기능과 더불어 생활권 내에서 탄소흡수 및 저장, 도시 열섬완화, 미세먼지와 환경오염물질을 저감하는 등 도시환경 문제를 해결하는 중요한 기능이 부각되고 있다. 공원의 수목이 제공하는 기능은 대기질 향상의 환경적 이익, 탄소흡수와 야생동물의 서식처 제공의 기후변화 대응, 자연과 인간의 유대감을 증가시키는 사회적 이익, 에너지 비용 절감의 경제적 이익, 어메니티 자원으로서 건강증진 등 5가지 분야에서 긍정적 이익이 있다(South Dublin County Council, 2021).

도시공원 내 수목 식재개선을 위한 기초 연구로 Han et al.(2008)은 서울시 월드컵공원 평화의공원 지구 내 식재지의 공간기능에 따른 식재기능에 적합한 식재를 연구하였고, Hwang(2003)은 근린공원의 공간기능에 따른 녹지 배치 및 식재기법 연구를 하였다. Park and Han(2009)은 도시 근린공원의 식재기능을 경관기능, 녹음기능, 완충기능, 생태기능으로 구분하여 평가지표를 만들고 식재기능 평가체계 틀을 연구하였다. Lee et al.(2019)은 사후시 옥구공원을 대상으로 공원 내 녹지지역의 공간기능과 식재개념이 불일치하는 지역을 파악하여 식재개선을 위한 실질적인 식재디자인 방안을 제시하였다. Park(2009)은 도시 내 공원의 식재면적과 식재밀도, 식재수종 등에 따라 단위면적당 탄소저장량은 4배 이상 차이가 나고, 식재수종에 따라서 탄소저장량은 7.6배, 이산화탄소 흡수량은 13배까지 차이가 난다고 하였다. Sung and Hwang(2013)은 기후변화 대응을 위해 도시 내 유일한 면적 녹지인 공원에 탄소흡수율이 높은 수종의 식재와 입체적 구조의 수립대 조성이 고려되어야 한다고 하였다. 이와 같이 도시공원의

식재기능을 규명한 연구는 현재까지 꾸준히 이루어지고 있으나 도시공원 내 녹지가 수용해야 할 기능과 변화한 패러다임을 복합적으로 반영한 식재 리뉴얼 기초연구는 아직 부족한 실정이다.

본 연구의 대상지는 서울시에 소재하며 조성된 지 50년이 경과한 대형 근린공원인 서울어린이대공원으로 선정하였다. 서울어린이대공원은 1973년 5월 5일에 개장하였고, 법정 도시지역권 근린공원으로 도시지역 안에 거주하는 주민들의 이용을 목적으로 하는 근린공원이다. 대상지는 녹지면적률이 높고 공원 내부에 숲이 조성되어 있으며 수형이 우수한 대형목, 넓은 잔디밭, 다양한 식재수종을 보유하고 있으나, 조성녹지의 기능변화를 반영한 수종 및 식재밀도 보완, 식재구조 개선, 경관식재지 개선 등 식재 리뉴얼이 필요하다. 연구방법은 식재기능변화 경향을 파악한 후 서울어린이대공원의 공간기능을 경관공간, 완충공간, 녹음공간, 주제특화공간, 시설지 및 기타 공간으로 구분하고 각 공간별 식재기능을 평가하였다. 공원기능 설정, 공간기능에 따른 식재개념, 식재현황인 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식물생육상태를 평가하고 평가내용을 바탕으로 식재기능개선 필요지역을 파악하였다. 식재기능변화 패러다임을 반영한 식재리뉴얼 방향을 도출한 후 식재기능 주요 문제대상지의 개선방안을 제시하였다.

본 연구의 목적은 노후된 도시공원의 식재 리뉴얼 시 조성녹지의 본래의 기능을 유지하면서 도시환경개선을 위한 기능변화까지 고려한 식재 리뉴얼의 방향성을 제시하는 데 있으며, 연구의 결과로 도시공원 조성녹지의 식재 리뉴얼 계획에 시사점을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상지

서울특별시 광진구 능동에 위치한 서울어린이대공원은 1971년 건설부고시 제498호에 의거 도시계획시설(공원)으로 결정되어, 1973년 5월 5일에 개장하였다. 도시공원법상 생활권 근린공원 중 도시지역권 근린공원으로 분류되며 법정 공원명칭은 능동근린공원이다. 도시계획상 총 부지면적은 560,552m²이나 어린이회관지구 부지면적 24,463m²를 제외하면 536,088,50m²이고 서울시 직영공원 중 4번째로 넓은 도시공원이다(Son, 2021). 녹지 및 수림 면적은 273,708.87m²로 공원 전체면적의 51.06%를 차지하고, 잔디식재지는 50,836.45m²로 전체 면적의 9.48%이다. 동물원, 식물원, 물놀이장, 분수대, 놀이터, 잔디축구장, 테니스장, 동물놀이터 등의 시설면적은 211,513.18m²로 전체 면적의 39.46%를 차지하며 법정면적 이하이고 공원의 둘레는 4km이다(https://www.sisul.or.kr/open_content/childrenpark/introduce/intro.jsp, 2023.02.18.).

서울어린이대공원은 1973년 최초 조성 이후, 1990년 서울어린이대공원 활성화방안에 관한 연구, 1995년 어린이대공원 동물원 현대화사업, 1997년 서울어린이대공원 환경공원조성 사업, 2006년 서울어린이대공원 무료개방 사업, 2004년 서울어린이대공원 재조성 사업, 2011년 서울어린이대공원 놀이동산 재조성 사업을 통해 지속적으로 부분적 재조성이 이루어져 왔고, 2019년에 서울어린이대공원 재조성 기본계획이 수립되어 현재에도 재조성이 추진되고 있다(Son, 2021). 서울시 내 소재한 대규모 어린이공원으로 어린이들을 위한 공원시설과 기능이 집약되어 있어 지역 주민 외에도 영유아와 어린이를 포함한 가족단위 외부방문객의 이용률이 높은 공원이나 근린공원 기능과 어린이공원 기능을 위한 공간이 분리되지 않아 집약적 공간기능 분리가 필요하다. 재조성 기본계획의 녹지 관련 계획으로 권역별 숲복원과 숲정비, 식재방식의 다양화, 생태숲 건강성 회복 등이 다루어지고 있으나(Seoul, 2020a), 식재기능의 변화된 패러다임은 반영되지 않아 이를 반영한 식재 리뉴얼 방향설정과 계획이 필요한 상황이다.

2.2 조사분석 방법

2.2.1 도시공원 식재기능변화 경향

최근 도시의 탄소배출량 증가, 도시열섬, 미세먼지 등 환경문제가 크게 대두되고 있고 해결방안으로 도시 내 수목의 기능이 강조되고 있다. 또한 도시녹지는 도시생태계에서 유일한 생산자 역할을 담당하고 도시의 생활환경을 개선하는 데 직접적인 영향을 미친다(Oh et al., 2008). 따라서 도시공원 식재 기능변화 경향은 기후변화 대응 식재, 미세먼지 저감 식재, 생물다양성 증진 식재의 3가지 변화 패러다임을 선정하여 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식재기반 측면에서 선행연구를 분석하였다.

2.2.2 공간기능 구분

공간기능은 시각적 경관공간, 생태적 경관공간, 완충공간, 녹음공간으로 구분하였다(Hwang, 2003; Han et al.,

2014). 시각적 경관공간은 아름다운 시각적 경관효과가 연출되는 공간으로 공원의 특징이 잘 표현되고 다른 공원과 차별화되는 공간으로 설정하였고, 세부기준으로는 공원의 상징성이 부여되는 입구공간, 기능보다 미적인 의도가 반영된 공간으로 설정하였다. 생태적 경관공간은 식생이 다양하게 나타나는 자연친화적 공간으로 식생의 다양성, 자연성, 잠재성이 있는 공간으로 설정하였다. 완충공간은 공원 내·외부의 차폐와 보호를 위한 구역과 공간의 상충을 방지하기 위한 구역으로 시설지와 시설지 사이의 녹지, 공원 외곽 경계부의 산림녹지로 설정하였다. 녹음공간은 출입이 자유로운 공간으로 녹음, 휴식, 레크레이션, 놀이 등 이용자의 적극적인 활동이 이루어지는 지역으로 조성된 광장, 휴게시설, 놀이공간, 운동장, 진입부 지역으로 설정하였다. 연구대상지 특성상 타 공원과 차별화되는 곳으로 장소의 목적과 기능이 뚜렷한 공간, 어린이를 위한 놀이공간을 주제특화공간으로 설정하였고, 시설지 외 기타 공간은 건축물과 유희공간, 주차장, 도로, 교통시설 등의 공원 내 기반시설로 설정하였다. 현장조사는 2022년 5월, 12월에 2차례 실시하였고, 1/1,000 수치지형도에 공간기능별 폴리곤을 표시하였다. 공간기능구분도는 AutoCad2021을 활용하여 작성하였고, 공간기능별 면적과 비율은 Arc-GIS 10.8 프로그램으로 산출하였다.

2.2.3 식재현황

식재현황은 현장에서 공간구분과 동선체계를 파악하여 식재지와 시설지를 구분하고 1/1,000 수치지형도에 폴리곤으로 표시한 후 조사하였다. 식재지의 우점종은 폴리곤별로 교목층과 관목층의 주요 수종 3종을 조사하였고, 교목층, 아교목층, 관목층과 초본층의 수종 및 수고, 흉고직경, 초장을 측정하였다. 식재지 우점종 식생 중 교목은 침엽수, 활엽수로 구분하여 폴리곤 내 주수가 가장 많은 종 순위로 조사하였고 관목은 면적 기준을 적용하여 조사하였다. 수종의 동정은 크론키스트 분류체계를 따라 현장에서 동정하고 국가표준식물목록에 제시된 국명으로 조사야장에 명기하였다. 수고측정은 지표면에서부터 나무 수관 가장 높은 끝부분까지를 측정하였고, 흉고직경은 지상으로부터 1.2m 높이 수목줄기 지점을 흉고줄자를 이용해 측정하였다. 층위구조는 다층구조인 3층, 복층구조인 2층, 단층구조인 1층으로 구분하여 파악하였으며, 식재밀도는 교목층, 아교목층, 관목층의 층위별 식피율을 조사하였다. 식물생육상태는 생육불량률에 따라 양호(생육불량률 0-10%), 보통(생육불량률 11-30%), 불량(생육불량률 31-100%)의 3단계 등급으로 구분하였다(Lee et al., 2019). 식재지는 폴리곤별로 조사된 우점종 3종에 따라 산림, 침엽수식재지, 활엽수식재지, 침활혼효식재지, 관목식재지, 초지로 분류코드를 구분하여 범례를 작성하였다. 이를 Arc-GIS 10.8 프로그램을 이용하여 도면화하고 면적과 비율을 산출하였다.

2.2.4 식재기능평가

시각적 경관공간, 생태적 경관공간, 완충공간, 녹음공간, 주제특화공간, 시설지 외 기타 공간의 공간기능별 식재기능을 평가하였다. 첫 번째, 공원기능 설정 단계에서는 녹지와 시설의 제거 및 보완이 필요한 지역을 분석하였다. 다음으로 공간기능에 따른 식재개념은 공원의 경관향상을 위한 경관식재와 이용자를 위한 녹음식재, 이용이나 환경에 미치는 장애를 완화하기 위한 완충식재로 분류하여(Kim, 1999; Han et al., 2008; Lee et al., 2019), 폴리곤별 공간기능과 식재개념이 일치하는지의 여부를 파악하였다. 식재현황은 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식물생육상태를 평가하였다. 식재수종은 폴리곤별 우점종을 조사하여 경관식재, 녹음식재, 완충식재 중 우점종이 어느 식재개념과 부합하는지 조사하였고, 식재구조는 시각적 경관공간, 생태적경관공간, 완충공간, 녹음공간의 다층, 복층, 단층의 층위구조를 분석하였다. 식재밀도는 교목층, 아교목층, 관목층의 식피율을 조사하고 폴리곤별 층위의 식피율 합계를 조사하였으며 식물생육상태는 폴리곤별로 양호, 보통, 불량 여부를 조사하였다. 단계별 식재기능평가 현황은 Arc-GIS 10.8 프로그램을 활용하여 도면으로 작성하였고 평가결과를 종합하여 식재기능 개선 필요지역을 도출하였다. 식재기능평가 체계도는 그림 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1 도시공원 식재기능변화 경향

도시공원의 식재기능 변화를 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식재기반 측면에서 파악하였다. 식재수종에 관한 연구로 Park(2009)은 도시수목의 탄소흡수원 효율이 높은 수종과 낮은 수종을 제시하였고 장기적이고 지속적인 탄소흡수원으로는 느티나무, 은행나무, 벚나무류가 적합하다고 언급하였다. 또한 도시공원 내 공간을 분석하여 이용되지 않으면서 지피식물로 덮여있거나 토양이 노출된 공간은 관목과 교목의 다층구조로 식재하여 탄소흡수원을 증가시킬 수 있다고 하였다. Sung and Hwang(2013)은 기후변화 대응성을 높이기 위해 지역 향토종을 고려하면서 동시에

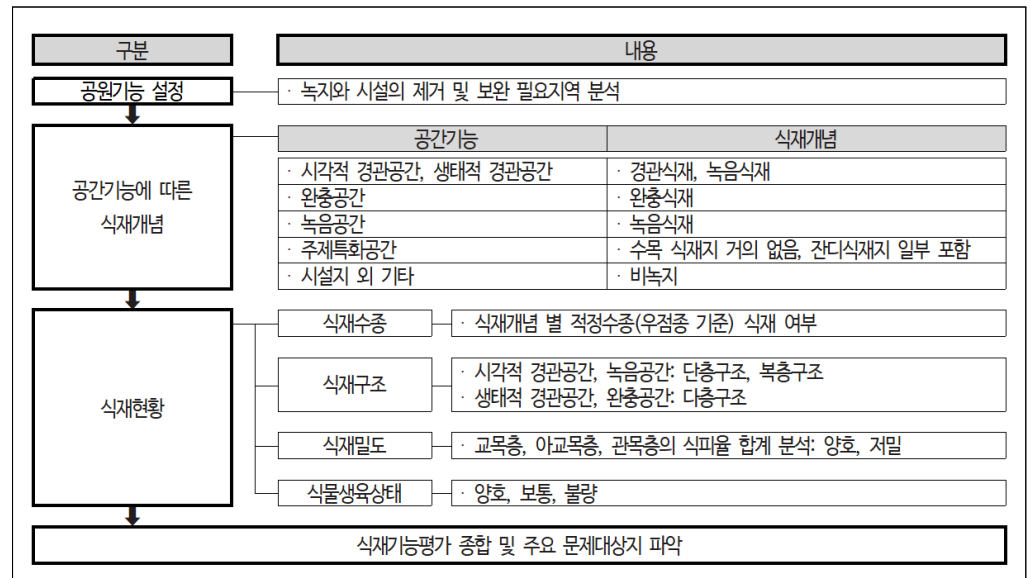


그림 1. 식재기능평가 체계도

탄소저장량이 높은 수종을 식재하는 것이 계획 초기 단계부터 이루어져야 한다고 하였다. Feyisa et al.(2014)의 연구는 아디스아바바의 21개 공원을 대상으로 식생의 특성과 관측된 온도의 상관관계를 분석하였고 공원의 냉각효과는 수종, 수관, 공원의 크기 및 모양에 의해 결정된다고 밝혔다. Nowak et al.(2006)은 도시수목이 공기 온도를 낮추고 대기오염물질을 제거하며 탄소배출량을 줄이는 기능이 있다고 하였다. iH(2022)의 연구결과에서 도시열섬 저감기능에 적합한 수종은 녹피율 85% 이상을 확보하여야 하므로 수관이 넓게 형성되는 활엽수 중심으로 식재하되 관목을 함께 식재하는 것이 필요하다고 하였고, 미세먼지 저감기능에 적합한 수종은 흡착 및 차단효과가 좋은 엽밀도가 높은 수종이 유리하나 고농도 미세먼지 발생시기인 가을, 겨울, 봄철에는 침엽수 및 상록수가 효과적이라 하였다. 서울시 미세먼지 저감 권장수종으로 교목은 소나무, 스트로브잣나무, 잣나무, 주목, 화양목, 남천, 사철나무 등 상록성 수종 24종과 느티나무, 낙우송, 메타세쿼이아, 상수리나무, 왕벚나무, 은행나무 등 낙엽성 수종 89종 등 총 113종이 있다(Seoul, 2020b). National Institute of Forest Science(2023)는 도시숲 식재에 적합한 미세먼지 저감수종으로 2018년에 작성된 결과를 재평가하여 우수 59수종, 양호 175수종, 권장 80수종을 발표하였고, 미세먼지 저감 우수 수종에는 소나무, 스트로브잣나무, 향나무, 편백, 느티나무, 메타세쿼이아, 버즘나무, 꽃매강나무, 화양목, 개나리, 무궁화, 쥐똥나무 등이 있다.

식재구조에 관한 연구로 Jo et al.(2020)의 연구에서는 도시의 공공용지 녹지의 탄소저감 효과를 증진하기 위해서는 녹지면적을 확충하고 수목밀도 및 규격 관련 녹지구조의 개선이 필요하다고 하였으며, 단층구조를 상층 교목, 중층 교목 및 하층 관목으로 구성되는 다층 군식의 구조로 개선하되 다층 군식의 상층에는 탄소흡수 능력이 양호한 교목종을 배식해야 한다고 하였다. 하층, 중층 및 상층으로 구성되는 수목의 다층식재는 단위면적당 식재수량을 증가시키는 바람직한 식재기법이다. iH(2022)의 연구결과에 의하면 미세먼지 저감기능에 적합한 층위구조는 교목, 아교목 및 관목의 다층구조, 교목과 관목의 복층, 교목 단층 순으로 효과적이라고 하였다. Yu(2018)는 공원 외곽 도로로부터 내부방향으로 낙엽수, 낙엽수와 상록수 혼합식재, 상록수 식재기법이 미세먼지 여과에 적합하다고 하였다. Niu et al.(2022)의 연구에서는 도시공원 내 식재유형 중 교목, 관목, 초본 유형이 대기 중 미세먼지와 초미세먼지의 농도를 가장 효과적으로 감소시킨다고 하였다. 녹색건축 인증기준은 생태환경분야에서 육생비오톱 조성 시 다양한 생물서식에 적합한 다층구조 식재계획을 적용해야 한다고 제시하였다(Ministry of Environment, 2021). Kim and Sim(2010)은 생태환경 조성을 위해 숲구조를 분석하여 다층식재 시 활용가능한 서울형 다층구조 식재모델 7개를 제시하였다. 상수리나무군락, 소나무-리기다소나무군락, 소나무-진달래군락, 신갈나무-팔배나무군락, 신갈나무-진달래군락, 신갈나무-측백나무군락, 신갈나무-철쭉나무 군락이며, 이는 자연군락에서 도출된 교목1층, 교목2층, 관목층, 초본층의 기초모델을 제안하였다. Kim(2015)은 도시공원 내 외곽수림대 내 탄소함유량을 높이기 위해서 외곽수림대를 다층구조로 조성하는 것이 적합하다고 하였고, 외곽수림대를 다층구조 식재와 활엽수 위주 식재를 하면 온도저감 측면에서도 효과적이라고 하였다. Suwon City(2022)는 신규공원의 다층구조 숲 조성 시 실제 적용이 가능한 3층 또는 2층으로 구성하며 하부 식재는 토양이 노출되지 않도록 관목, 지피류를 식재하여 파복해야 하

고, 기조성공원은 공원 내 기존 수목을 적극 활용한 다층구조를 구성하여 녹지의 이용과 보존, 생태적 안전성을 도모해야 한다고 하였다. Lee et al.(2019)은 공원 내 배수가 불량하고 교목을 식재할 수 없는 공간과 이벤트적 감동을 줄 수 있는 식재지에 경관을 향상시키는 초화류 식재디자인 기법을 제시하였다.

식재밀도에 관한 연구로 Nowak et al.(2002)은 미국 10개 도시의 현장 데이터와 나무 피복 데이터를 기반으로 도시내 탄소저장량을 비교하여 도시숲의 잠재적 역할을 평가하였다. Park(2009)은 도시공원의 면적을 그대로 유지하더라도 공원 내 시설면적률을 줄이고 식재밀도를 충분히 높일 경우 도시공원의 탄소저장량은 현재의 수준보다 높아질 수 있다고 하였고 식재밀도가 낮은 공원의 탄소저장량은 현저히 낮다고 하였다. Han et al.(2014)의 연구에서는 공원의 식재유형별 식재면적당 탄소저장량을 비교하였다. 상수리나무-아까시나무 식재림의 탄소저장량과 탄소흡수량이 높았는데 식생면적당 식재밀도가 높고 관목층이 잘 발달되어 있기 때문이라고 하였다. Lee and Sim(1998)은 식재설계 시 주로 많이 쓰이는 주요 수목을 선정하여 밀도 적정성을 검토한 결과, 시간 경과별로 식재 5년 후에는 적정밀도의 범주에 있으나 10년이 지난 시점에서는 식재밀도가 적정밀도의 약 3배 정도로 나타나며 수목 생육에 장애를 받는다고 하였다.

식재기반은 조경용 식물의 건전하고 지속가능한 생육을 위한 식물뿌리환경을 조성하는 것에 적용하며 토양과 배수시설, 식물생육토심을 고려해야 하고, 양질토양 반입이 곤란할 경우 토양개량제를 사용하며, 토양시료 분석 시 토양의 물리적 특성과 화학적 특성을 평가항목으로 한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2019). Lee(2020)는 현행 토양평가기준 개선방안으로 기존의 총 15개 평가항목별 4등급 충족의 문제점을 물리적 평가에 토성, 용적밀도, 화학성 평가에 pH, EC, 유기물 함량의 총 5개 항목으로 개선 제시하였다. Kim et al.(2020)은 스마트공원의 녹지영역은 공원 내 식재공간을 의미하며 식재, 토양, 관수시설 등의 식재기반을 포함한다고 하였고 식재관리와 식재기반관리에 스마트기술을 접목한 방법들을 제안하였다. 스마트 식재관리는 식재 광합성을 시각화하는 근적외선 촬영 등의 방법을 통해 전반적인 식재 건강상태와 필요사항을 모니터링하고 관수파이프 및 펌프에 센서를 부착하여 급수 주기를 조절하고 급수패턴을 최적화하는 방법 등을 언급하였고, 스마트 식재기반 관리는 토양센서를 통해 토양 검사를 시행하여 식재에 적합한 토양산도, 염도, 수질, 수위 등을 측정하여 관리하여야 한다고 하였다.

도시공원 식재기능변화 관련 선행연구를 종합해 보면, 식재수종은 도시수목의 탄소흡수량과 효율이 높은 수종에 관한 연구, 도시열섬 저감에 적합한 수종에 관한 연구, 미세먼지 저감 효율이 높은 수종에 관한 연구, 식재 시 자생종 고려에 관한 연구 등이 다뤄지고 있었다. 식재구조 측면에서는 다층식재에 관한 연구가 많으며 탄소흡수나 미세먼지 저감, 생태환경, 저관리형 도시공원을 위해 다층구조 식재를 제안한 연구가 많았다. 식재밀도 측면에서는 식재밀도에 따른 탄소흡수량에 관한 연구, 목표연도를 고려한 식재설계에 관한 연구가 이루어지고 있었다. 식재기반에 관한 연구는 토양과 배수시설, 생육토심에 관한 기준이 있고 토양평가기준 개선에 관한 연구와 최근 스마트공원에서 적용시킬 수 있는 항목으로 공원관리시설과 관리방법에 스마트 기술을 접목한 방법에 관한 연구가 있었다.

도시공원 식재기능변화 경향 선행연구를 검토한 결과는 표 1과 같고 본 연구에서는 탄소흡수원, 도시열섬 완화, 미세먼지 저감, 생물다양성 증진 항목의 식재기능 변화를 고려하고자 한다.

3.2 공간기능 구분

시각적경관공간은 어린이대공원 정문, 후문, 구의문 등의 주진입부와 광장 내 녹지, 숲속의 무대 공연장과 기념시설 주변 녹지, 원예초본 식재지, 건조초본 식재지로 전체면적의 5.11%이었다. 생태적경관공간은 생태연못과 환경연못에 인접한 녹지, 공원 경계부의 산림으로 전체면적의 6.84%이었다. 완충공간은 공원 경계부 녹지, 시설지와 도로 주변 녹지, 토지이용 기능의 상충으로 공간 분리를 위해 필요한 녹지, 동물원 등 시설 주변 녹지로 전체면적의 7.62%이었다. 녹음공간은 중앙광장 주변 녹지, 공원 내부 산책로 인접 녹지, 휴게시설과 놀이시설 인접 녹지, 체육시설 주변 녹지, 피크닉장에 위치한 녹지와 잔디식재지이고 전체면적의 31.39%로 공간기능면적 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 주제특화공간은 기념시설, 놀이동산, 체험관, 공연장, 운동시설, 동물원, 식물원, 생태연못과 환경연못 지역을 포함하였고 전체면적의 21.40%이었다. 시설지 및 기타공간은 관리시설, 휴게시설 등의 건축물과 소규모 수경시설, 발, 나지 등의 유희공간, 주차장, 도로 등 공원기반시설로 전체면적의 27.63%이었다(표 2, 그림 2 참조).

3.3 식재현황

연구대상지 전체면적 599,262.43m²(GIS면적 기준) 중 녹지는 산림 9.6%, 침엽수식재지 5.7%, 활엽수식재지 21.4%, 침활혼효식재지 6.1%, 관목식재지 1.3%, 초지 9.9%로 구성되어 있고 활엽수식재지의 면적이 약 128,412m²로 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 식재지별 우점종으로 침엽수는 스트로브잣나무, 소나무, 잣나무, 리기다소나무

표 1. 도시공원 식재기능변화 경향 선행연구 종합

구분		연구내용
식재수종	Nowak et al.(2006)	도시수목의 공기온도 저감, 대기오염물질 제거, 탄소배출 줄이는 기능
	Park, E. J.(2009)	탄소흡수 효율이 높은 수종
	Sung and Hwang(2013)	지역 향토종 고려하고 탄소저장률이 높은 수종 식재
	Feyisa et al.(2014)	공원의 온도저감 효과는 수종, 수관, 공원의 크기와 모양에 의해 결정됨
	Kim, C. H.(2015)	생물다양성 증진 위해 자생종 식재 비율 높임
	Seoul(2020b)	미세먼지 저감 권장수종 교목 48종, 관목 38종, 지피류 27종
	Incheon Housing and City Development Corporation(2022)	도시열섬 저감 및 미세먼지 저감기능에 적합한 수종선정 기준
	Suwon City(2022)	조류먹이 수종 및 식재효과
	National Institute of Forest Science(2023)	미세먼지 저감수종 우수 59수종, 양호 175수종, 권장 80수종으로 총 314주
식재구조	Kim and Sim(2010)	숲구조 분석, 서울형 다층구조 식재모델 제시
	Kim, C. H.(2015)	도시공원 외곽수림대 다층구조의 활엽수 위주 군락식재
	Xinxiao Yu(2018)	공원경계 외부 도로로부터 안쪽방향으로 수목 밀식식재하여 미세먼지 여과
	Lee et al.(2019)	교목수종 식재할 수 없는 경관공간의 초화류 식재디자인 기법 제시
	Jo et al.(2020)	공공용지 녹지의 탄소저감 효과위해 다층군식구조로 개선
	Xiang Niu et al.(2022)	공원의 녹지 식생유형 및 구조와 미세먼지 저감효과 상관관계 분석결과 제시
	Incheon Housing and City Development Corporation(2022)	미세먼지 저감기능 효과 높은 층위구조 순서
	Suwon City(2022)	신규공원과 기존성공원의 다층구조 숲 조성 예시수종 및 모식도
식재밀도	Lee et al.(1998)	서울지역 공원녹지 식재밀도의 적정성
	Nowak et al.(2002)	미국 도시 10개의 현장데이터와 나무 파복 데이터 기반 탄소저장량 비교
	Park, E. J.(2009)	도시공원의 식재밀도 높일 경우 탄소저장량 높아짐
	Han et al.(2014)	공원의 식생면적당 식재밀도가 높고 관목층 발달한 군락이 탄소저장량 많음
식재기반	Lee, S. Y.(2015)	도시공원녹지 식재기반 토양평가기준 핵심측정항목, 선택측정항목 분류
	Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019)	식물뿌리환경 조성위한 토양, 배수시설, 식물생육토심, 토양개량, 토양평가
	Kim, et al.(2020)	스마트공원의 스마트 식재 관리방법, 스마트 식재기반 관리방법

표 2. 공간기능별 면적과 비율

구분		면적(m ²)	비율(%)
시각적경관공간	공원 주진입부, 광장 내 녹지, 초본식재지	30,633.40	5.11
생태적경관공간	연못 인접녹지, 공원경계부 산림	41,008.40	6.84
완충공간	공원 경계부 녹지, 시설지와 도로주변 녹지, 공간 분리 녹지	45,681.98	7.62
녹음공간	산책로 인접 녹지, 휴게시설과 놀이시설 인접 녹지 등	188,115.42	31.39
주제특화공간	기념시설, 놀이동산, 체험관, 공연장, 동물원, 식물원 등	128,248.43	21.40
시설지 및 기타	관리시설, 휴게시설, 유희공간, 공원기반시설	165,574.81	27.63
합계(GIS면적 기준)		599,262.43	100.00

무, 전나무, 은행나무 등이 주로 식재되어 있었고 낙엽활엽수로는 느티나무, 왕벚나무, 양버즘나무, 메타세콰이아, 아까시나무, 밤나무, 단풍나무, 복자기, 산수유 등이 주로 식재되어 있었다. 우점종 중 높은 비율을 차지하고 있는 수종은 스트로브잣나무, 소나무, 은행나무, 양버즘나무, 느티나무, 왕벚나무이며 지속적인 탄소흡수원 역할을 하는 수종, 미세먼지 저감 효율이 높은 수종과 일부 일치하였다.

층위구조를 분석한 결과, 다층구조는 전체 녹지면적의 14.72%, 복층구조는 33.75%, 단층구조는 51.53%로 다층 구조 식재지 면적에 비해 단층구조의 식재지 면적이 넓었고, 기능이 필요한 일부 구간에 한해 층위구조 보완이 필요할 것으로 판단되었다. 식재밀도는 양호한 지역이 전체 녹지면적의 41.09%, 저밀한 지역이 58.91%로 파악되었다. 식물생육상태는 양호한 식재지가 전체 녹지면적의 18.28%, 보통인 식재지는 75.74%, 불량한 식재지는 5.98%

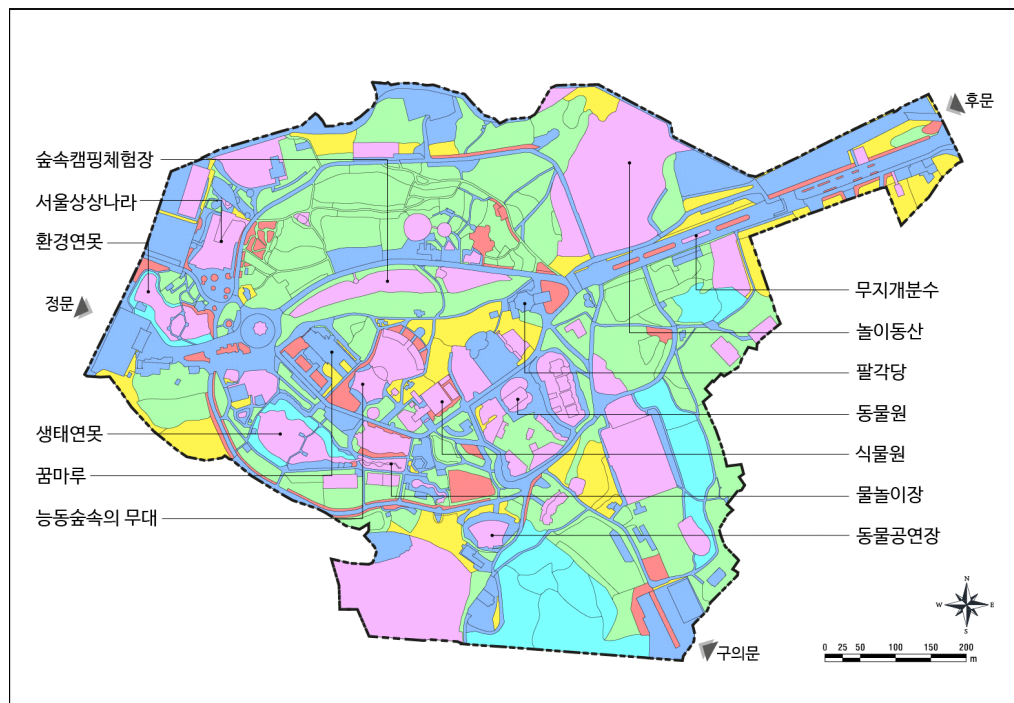


그림 2. 공간기능 구분도

Legend: ■ 시각적경관공간, ■ 생태적경관공간, ■ 완충공간, ■ 녹음공간, ■ 주제특화공간, ■ 시설지 및 기타

로 파악되었고 생육상태는 전반적으로 양호하였으나 일부 식재지의 생육개선이 필요하였다. 식재지 분류, 층위구조, 식재밀도 등의 현황 예시는 그림 3과 같다.

3.4 식재기능평가

3.4.1 공원기능 설정

어린이대공원은 녹지율이 40% 이상이고 근린공원의 법적 녹지면적 조건을 갖추고 있다. 공원을 크게 녹지와 시설지로 구분하고 기능개선이 필요한 지역을 도출하였다(그림 4 참조). 공원 전체의 기능개선을 우선적으로 고려했을 때 이용자 편의를 위해 녹지 내 시설 보완이 필요한 곳, 공간 연계를 위해 식재지를 제거하거나 녹지대를 추가 조성해야 할 곳이 있었다. 기념시설지인 동상구역은 전망이 가능한 공간이므로 전망대나 데크, 쉼터 등의 시설 보완이 필요하였고 이용자에 의해 셋갈이 발생한 구역은 녹지 대신 포장 동선을 조성해야 할 필요가 있었다. 골프장을 리뉴얼한 체육시설지에는 쉼터를 조성하여 휴게시설을 보완하고 녹지대를 추가 조성할 필요가 있었다.



그림 3. 식재현황

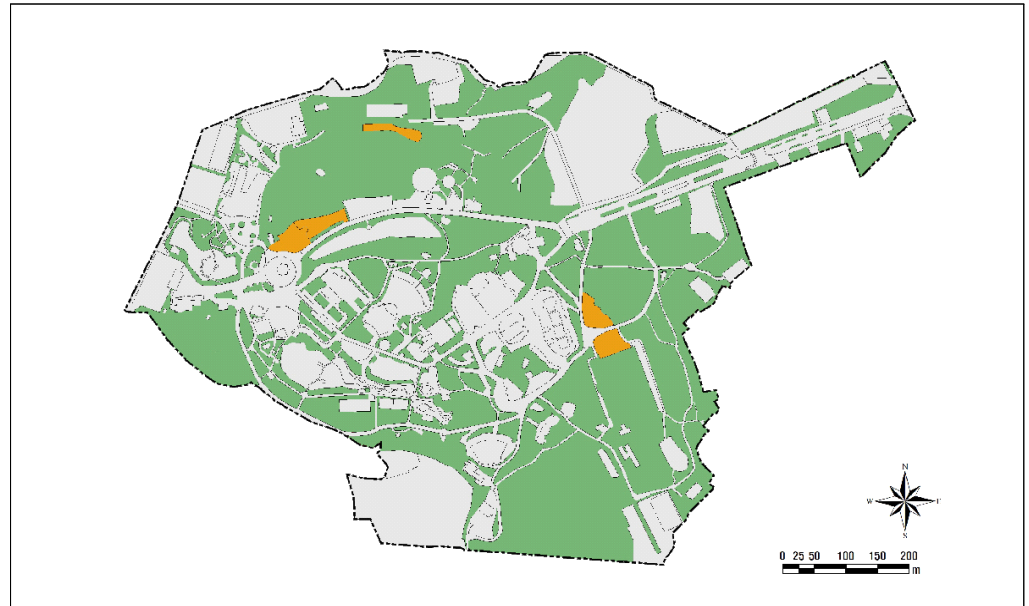


그림 4. 공원기능 설정

Legend: ■ 녹지, ■ 시설, ■ 기능개선 필요

3.4.2 공간기능에 따른 식재개념

시각적 경관공간과 생태적 경관공간은 시각적으로 아름다운 경관효과와 생태적 가치가 있는 경관식재, 이용자를 위한 녹음식재와의 부합여부를 파악하였다. 완충공간은 공간기능의 상충을 방지하고 차단하기 위해 필요한 완충식재와의 부합여부를 조사하였고, 녹음공간은 녹음식재와의 부합여부를 확인하였다. 주제특화공간은 수목식재지가 거의 없고 잔디식재지만 일부 포함되어 있으므로 식재개념과의 부합 여부 분석대상에서 제외하였다. 공간기능과 식재개념이 일치하는 지역은 식재지 면적의 42.26%, 불일치하는 지역은 35.24%, 보완이 필요한 지역은 22.50%로 분석되었고, 공간기능과 식재개념이 불일치 하는 지역과 보완이 필요한 지역이 넓게 분포하였다(그림 5 참조). 공원의 후문 진입부 공간기능은 시각적 경관공간에 해당하지만 입구로서의 상징성이 부족하였다. 현재 강전정되어 관리 중

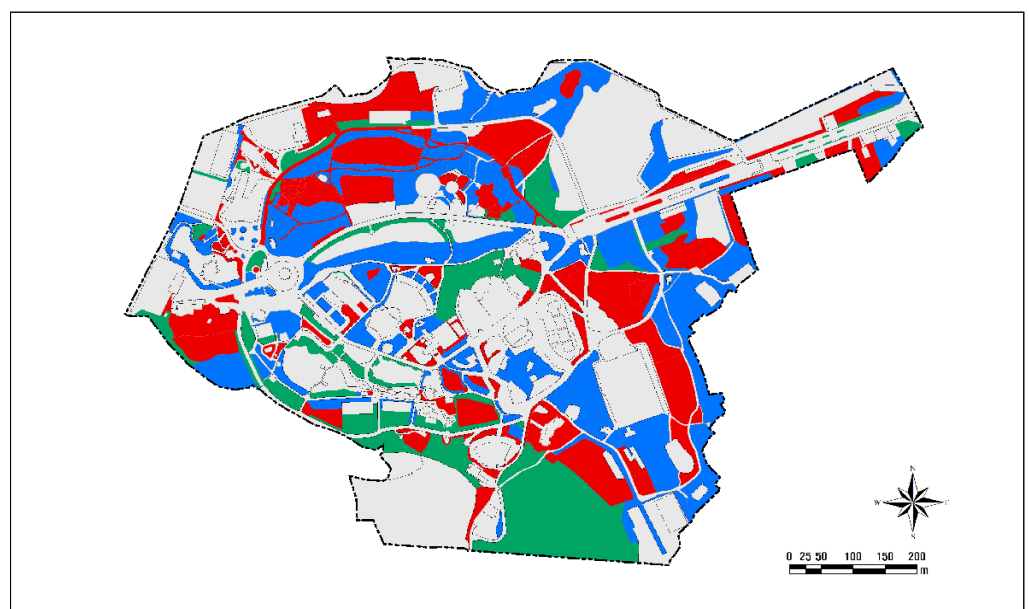


그림 5. 공간기능에 따른 식재개념

Legend: ■ 일치, ■ 불일치, ■ 보완, ■ 비녹지

인 은행나무 대신 수형이 우수한 녹음수로 경관기능과 녹음기능을 동시에 보완할 필요가 있었고 산책로에서 근접하여 조망할 수 있는 식재지는 경관식재를 통해 조망경관을 제공할 필요가 있었다.

3.4.3 식재현황

식재개념에 적합한 수종 여부를 폴리곤별 우점종으로 확인한 결과 경관식재 수종은 전체 식재지 면적의 23.35%, 완충식재 수종은 42.23%, 녹음식재 수종은 34.42%에 식재되어 있었다. 도시 열섬현상에 대응하고 이용자 편의를 고려하면 포장면적인 광장과 산책로 인접 녹지에는 풍부한 녹음을 제공하는 수종이 식재되어야 하나, 구의 문 입구나 정문 진입부에는 반송과 소나무가 식재되어 있어 입구로서 상징성이 약하고 넓은 포장면적에 녹음을 제공하기에는 크게 부족하였다. 식재지 면적 중 다층구조 면적은 전체 식재지 면적의 17.19%, 복층구조 면적은 36.24%, 단층구조 면적은 46.57%로 조사되었다. 시각적 경관공간과 녹음공간은 단층구조, 복층구조로 조성되었는지 여부를 파악하였고 단층구조는 56.35%, 복층구조는 28.37%였다. 생태적 경관공간과 완충공간은 다층구조로 조성되었는지의 여부를 파악하였으며 생태적 경관공간 41,008.40㎡ 중 다층구조 식재지는 8.69%, 완충공간 식재지 45,681.98㎡ 중 다층구조 식재지는 19.71%이었다. 시각적 경관공간이나 녹음공간은 단층구조 식재면적이 넓어 복층구조로의 개선이 필요하였고 생태적 경관공간이나 완충공간 식재지는 다층구조 면적비율이 낮아 생태적 기능과 완충 기능이 부족하므로 개선이 필요한 것으로 판단되었다. 공원 경계부 녹지는 이용자들의 출입과 활동이 빈번한 녹지가 아니므로 생물서식공간 역할을 하는 생태적 경관식재지가 될 수 있어 다층구조 식재가 특히 필요한 공간이다. 그러나 현재는 버려진 유휴녹지로 방치되어 있는 곳이 있어 식재구조 개선이 필요하였다. 폴리곤별 교목층, 아교목층, 관목층의 식피율 합계를 조사한 결과 식재지 면적의 45.29%는 밀도가 양호하였고, 54.71%는 저밀하였다. 식재밀도가 낮은 녹음공간 중 체육시설지나 상업시설지, 물놀이장 등 공원 방문자의 활동, 출입빈도가 높은 곳의 주변 녹지대는 이용자 만족도 향상을 위해 녹음식재 밀도를 높일 필요가 있었다. 전체 식재지 면적 중 식물생육상태가 양호한 지역은 20.11%, 보통인 지역은 73.30%, 불량인 지역은 6.60%로 파악되었다. 공원 내 식물의 생육상태는 대체적으로 양호하였으나 배수불량지역에 식재된 수목은 고사가능성이 높으므로 배수문제 해결이 우선되어야 하며, 지형에 고저차가 있는 경우 식재지 하부는 관목이나 초화류 식재공간으로 활용하고 교목층 식재를 지양해야 할 것으로 판단된다. 수령이 오래된 왕벚나무는 줄기 내부에 부후 흔적이 있어 교체가 필요하였다(그림 6 참조).

3.4.4 평가종합 및 주요 문제대상지

식재기능평가 결과를 종합하여 식재기능개선 필요지역을 중첩 도출한 결과 식재지 면적 대부분에서 공원기능 설정, 공간기능에 따른 식재개념, 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식물생육상태 중 한 개 이상의 문제점 개선이 필요한 것으로 확인되었다. 식재기능개선 필요지역 중 주요 문제대상지 21개 장소를 선정하였고 식재기능평가 단계별로 문제대상지를 그룹화한 후 각 대상지별 식재기능의 문제점을 설명하였다(표 3, 그림 7 참조).

3.5 기능변화 반영한 식재 리뉴얼 방안

3.5.1 식재 리뉴얼 방향 설정

기능변화를 반영한 식재 리뉴얼 방향은 식물의 탄소흡수원 기능, 도시열섬 완화기능, 미세먼지 저감기능, 생물다양성 증진기능 측면에서 식재수종, 식재밀도, 식재구조, 식재기반의 리뉴얼 방향을 구상하였다. 도시환경문제 해결을 위한 방안으로 식물의 이산화탄소 흡수, 도시열섬 완화, 미세먼지 저감기능이 부각되고 이를 공원 내 식재계획에 적용할 수 있는 방법으로 탄소저감숲, 탄소정원, 숲정원, 바람길숲, 미세먼지 저감숲 등의 이슈들이 대두되고 있다. 도시공원의 단위면적당 탄소저장량에 영향을 크게 미치는 것은 식재면적률, 식재구조, 식재수종이므로(Park, 2009), 공원기능 설정 측면에서는 생활권공원 중 면적이 넓은 근린공원은 시설율을 낮추고 녹지율을 높여 식재면적을 확대 조성하는 것이 기능변화를 반영한 식재 리뉴얼 방향으로 우선적으로 바람직하다. Lee and Kim(2018)은 도시공원의 이용만족도에 영향을 미치는 중요요소로 도시공원의 유형 및 성격과 관계없이 수목의 짜임새 있는 구성과 잘 관리된 조경공간 및 경관이 요구된다고 하였으므로, 이용밀도가 높은 식재지 내부 일부 구간에는 이용자 편의를 위한 전망시설, 휴게시설 등의 시설을 보완해주고 공간의 연계성을 위해 필요한 동선을 추가 조성해 주는 것이 조경공간을 잘 관리하는 방법일 것으로 판단된다.

식재개념은 시각적경관공간과 생태적경관공간에 적합한 식재는 경관식재, 녹음식재로 분류하고 녹음공간에 적합한 식재는 녹음식재, 완충공간에 적합한 식재는 완충식재, 주제특화공간에 적합한 식재는 일부 잔디식재지에 한해 경관식재와 녹음식재를 적용하였다. 경관식재지는 공원의 진입부, 광장에 조성하고 수형이 아름답고 관상가치가 높

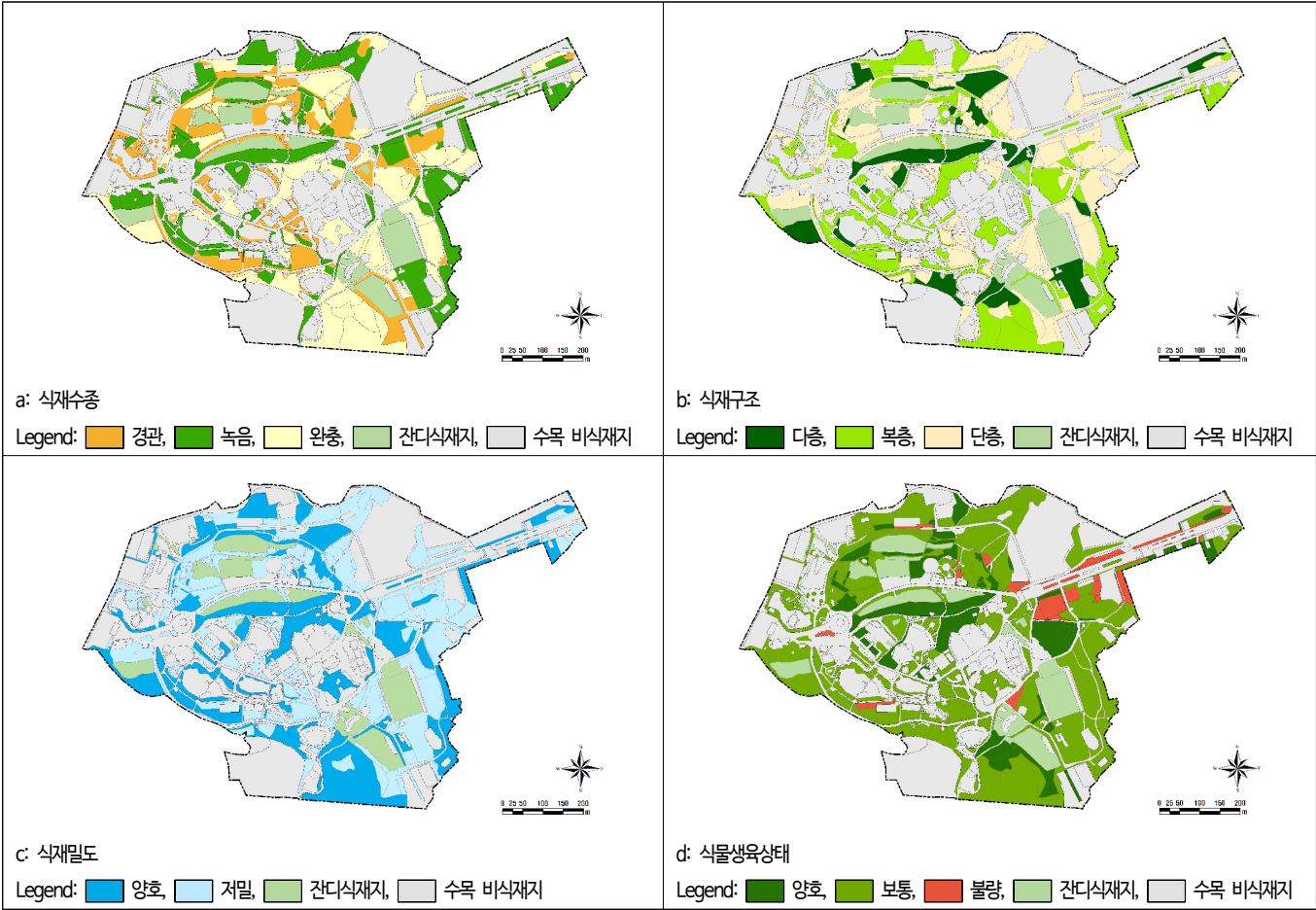


그림 6. 식재현황

표 3. 식재기능평가에 따른 주요 문제대상지

식재기능평가		대상지점	공간기능	문제점
공원기능 설정		8	주제특화공간	· 산림부 연결녹지로 전망에 필요한 시설 보완
		9	주제특화공간	· 쉼터 조성 필요
		15	녹음공간	· 전망공간 앞 분수대와 기능 연계 위해 녹지대 제거 필요
		16	녹음공간	· 산책로 녹지대에 녹음수 이외 수목은 제거 필요
		20	녹음공간	· 지형을 이용하여 전망과 휴게기능 향상시킬 시설 보완
공간기능에 따른 식재개념		1	시각적 경관공간	· 공원 후문 진입부의 상징성 기능이 약함
		2	완충공간	· 진입부 보행로에 연계된 녹지는 이용객에게 경관미 제공 필요
		7	녹음공간	· 명상정원의 위치가 주변 시설물과 기능 상충으로 부적합
		17	녹음공간	· 산책로에서 근접 조망하는 식재지는 경관식재지로 조성
		18	녹음공간	· 산림녹지와 잔디밭 경계부에 주변부 식재 보완 필요
식재현황	식재수종	11	시각적 경관공간	· 공원 구의문 진입부에 식재된 반송은 입구 상징기능, 경관미 부족
		14	시각적 경관공간	· 플랜터에 식재된 소나무는 경관성, 녹음기능이 부족
		19	시각적 경관공간	· 경사 있고 바람이 부는 지형이므로 무궁화원보다 관목식재지가 바람직
	식재구조	4	완충공간	· 공원의 경계부 녹지이며 단층구조 식재지로 완충기능 미약
		21	완충공간	· 외곽부의 복층구조 유휴 녹지공간이며 완충기능 불충분
	식재밀도	5	녹음공간	· 상업시설 주변 녹음식재 밀도 낮음
		10	녹음공간	· 체육시설 주변 녹음식재 밀도 낮음
		12	녹음공간	· 물놀이장 옆 녹음수 밀도가 낮아 이용객 위한 녹음공간 부족
		13	시각적 경관공간	· 정문 진입부 넓은 포장면적에 녹음수 부족하여 녹음기능 불충분
	식물생육상태	3	녹음공간	· 우기 시 빗물이 집중되어 고사목 발생 가능성 있음
		6	녹음공간	· 저지대 배수불량지역에 은행나무 고사목 방치

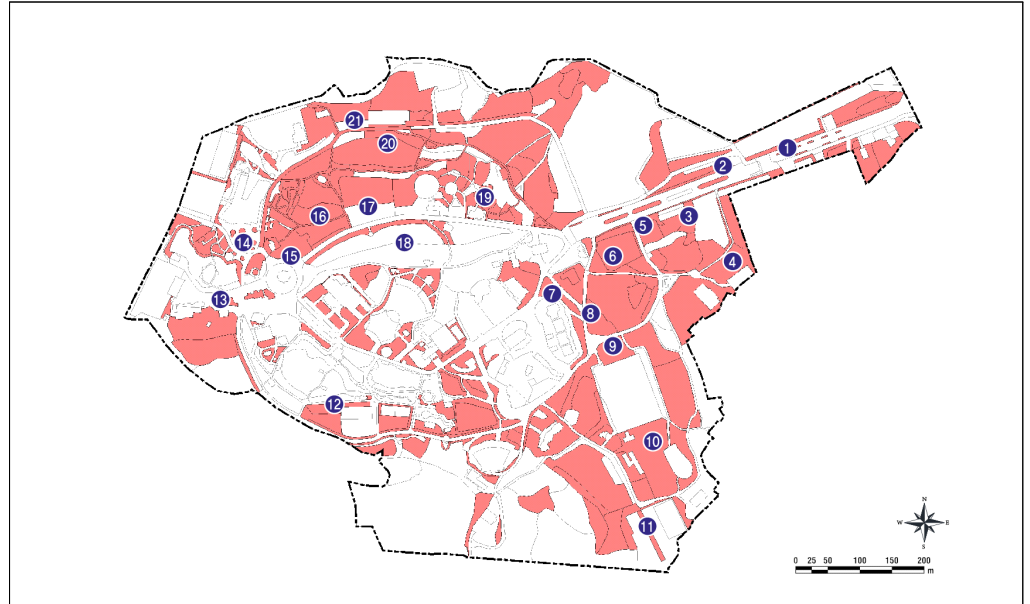


그림 7. 식재기능평가 종합

Legend: ■ 식재기능 개선 필요, 1-21 주요 문제대상지

은 수종을 식재하되 탄소흡수, 미세먼지 저감효과가 높은 수종을 동시에 고려하고 초본류 식재지의 경우 저관리형 지피식물을 도입한다. 교목층과 관목층, 교목층과 초본층의 식재구조로 조성하되 초본식물 소재의 꽃, 잎, 열매 등 계절에 따른 관상특성을 활용하면 4계절 다양한 경관을 연출할 수 있다.

완충식재지는 공간기능이 상충되는 곳이나 공원 외곽 경계부 녹지에 조성하되 이를 2층, 3층의 다층구조 숲으로 조성할 경우 탄소흡수 및 미세먼지 저감을 위한 식재기능 변화를 반영할 수 있을 것으로 판단된다. 탄소흡수량 증진을 위한 다층구조 식재에 적용가능한 교목층 수종으로 느티나무, 은행나무, 뽕나무 등이 있고 단기적 탄소흡수를 위한 수종으로 메타세콰이아, 아버즘나무, 툼나무를 혼합식재한다(Park, 2009). 미세먼지 저감을 위한 식재수종으로는 교목층에 갈참나무, 귀룽나무, 낙우송, 자귀나무 등을 도입하고 관목층에 꽃대강나무, 좀작살나무, 참조팝나무, 개나리, 나무수국 등을 추가 도입하며 지피류로 수호초, 고비고사리, 빈자, 털머위 등 상록성 초본과 구절초, 꽃잔디, 별노랑이, 쪽부쟁이, 아주기, 옥잠화, 비비추, 패랭이꽃 등 낙엽성 초본을 식재한다. 식재밀도 조절을 하면 탄소흡수율이나 미세먼지 저감 역할을 향상시킬 수 있다. Korea Land & Housing Corporation(2018)는 식재간격으로 교목은 R10은 3-4m, R12는 4-6m, R15는 6-8m, R20 이상은 8m 이상으로 식재하고 관목은 군식 시 수관폭에 따라 0.3m는 16주/m², 0.4m는 9주/m², 0.5m는 6주/m², 0.6m는 4주/m² 식재를 제시하고, 초화류는 키 큰 초화, 잎이 큰 지피류는 30본/m², 지피성 및 소엽상록은 45본/m², 덩굴성 초화류는 m²당 7본 식재를 제시하였다. Suwon City(2022)는 교목의 권장 식재거리로 R10은 4.5m, R12와 R15는 5.5m, R20은 6.0m로 식재거리를 충분히 확보하며, 관목은 0.3m는 22주/m², 0.4m는 18주/m², 0.5m는 10주/m², 0.6m는 8주/m², 초화류는 키 큰 초화, 잎이 큰 지피류는 30본/m², 지피성 및 소엽상록은 45본/m², 덩굴성 초화류는 m²당 7본 식재를 제시하였다. 본 연구에서는 교목, 관목, 초화류의 식재밀도 기준이 높은 것을 적용하고자 한다.

녹음식재지는 시설지 주변 이용행태가 있는 녹지와 산책로 주변 녹지에 교목층과 초본층으로 구성된 자연형 식재를 한다. 초본류도 탄소를 흡수하며 박하, 구절초, 노랑꽃창포, 붓꽃, 억새, 무늬붓꽃, 수크령, 꼬리풀, 리아트리스 등은 연간 탄소흡수량이 1m²의 단위면적당 3.0kg-3.5kg으로 높은 초종이고, 두메부추, 호스타, 아스틸베, 배초향, 기린초 등은 연간 탄소흡수량이 1m²의 단위면적당 2.0kg-2.5kg으로 비교적 높은 초종이므로(Rural Development Administration, 2021), 지피식재 시 이 초본류를 선정하면 식재기능변화를 반영할 수 있다. 공원 내 넓은 면적으로 분포하고 있는 잔디식재지는 녹지로서의 기능을 충분히 발휘하지 못하므로 녹음이 필요한 일부 구간은 교목식재량을 늘리고 경관연출이 필요한 공간은 지피초화류를 식재하여 저관리형 초지를 구성하는 것이 바람직하다.

조류는 먹이의 색과 맛에 대하여 섭식 선호도를 갖고 있으며 먹이의 맛에 대한 경험의 효과는 시간이 지날수록 심화되므로(Park and Kim, 2002), 생태적 경관식재지에 야생조류가 선호하는 먹이수종을 식재하여 지속적인 조류 유입과 서식처 제공 및 시각자원으로서 생태적 경관 감상 소재를 풍요롭게 할 수 있다. 야생조류가 좋아하는 국내 식물종 중 온대중부지방 수종은 주목, 뽕나무속, 마가목, 멸구슬나무, 붉나무, 산딸나무, 감나무, 매죽나무, 팽팽나무,

팔배나무, 아그배나무, 꽃사과 등이 있고 대상 조류는 곤줄박이, 어치, 직박구리, 멧비둘기, 꿩, 지빠귀류, 물까치, 까마귀, 오목눈이 등이다(The Seoul Institute, 2018). 생태적 경관식재지에 15~30도의 경사구배를 조성하면 사면토 양의 통기성, 수분의 자연스러운 구배로 토양생물환경이 유리하고 식재된 식물의 지하공간의 균등한 배분을 통한 수분공급 및 이용을 가능하게 하므로(Kim and Sim, 2010), 경사구배 위 교목층과 아교목층, 관목층, 초본층으로 이루어진 다층식재지를 조성하여 생태성을 보존 및 향상시키는 것이 바람직하다.

공원 내 식재지의 교목층 우점종은 식재지 풀리곤 면적 조사결과 양버즘나무, 왕벚나무, 은행나무, 느티나무 순으로 면적이 넓어 교목층 우점 식재수종은 탄소흡수 수종과 대체로 일치하였다. 다만 단층구조 식재지의 경우 아교목층과 관목층 식재보완이 필요하였고 온대중부지방 자생종인 느티나무, 단풍나무, 이팝나무, 소나무, 잣나무, 은행나무, 뽕나무, 갈참나무, 상수리나무, 사철나무, 화살나무, 조팝나무, 쥐똥나무, 화양목 등을 추가 도입하면 생물다양성도 증진시킬 수 있으며 잔디가 피복된 하층부는 초본류를 재식재할 필요가 있었다.

식물생육을 위해 녹지의 표면은 배수가 용이하도록 일정한 기울기를 유지해야 하며 표면유수가 계획된 집수시설로 흘러들어가야 하고 우수가 자연스럽게 침투되도록 자연친화적 배수기법을 반영해야 한다(Korea Land & Housing Corporation, 2018). 우수는 약산성을 띠고 있으며 식물 생육에 필요한 질소를 포함하고 있으므로 공원 내 빗물저류시설, 우수활용시설을 설치하고 우기 시 집수하여 관수 용수로 재활용하는 것이 바람직하다. 또한 공원 녹지의 LID 기술요소를 적용한 시설 유형인 식생도랑과 빗물정원을 도입할 수 있고(Ministry of Environment, 2016), 우수가 모이는 저지대 녹지는 습기가 많으므로 빗물정원을 조성하여 조팝나무, 관목성 버드나무류, 습지 초본류를 식재하는 방법을 제안한다. 식재기반은 불량 토양의 경우 양질토양을 객토하거나 토양개량제를 혼합하여 경운하고, 공원 내 발생 폐목은 바이오매스로 재활용하며 낙엽은 유기물 멀칭재로 사용하여 겨울철 토양의 동결방지 및 양분을 공급할 수 있다. 산책로 주변 교목류의 경우 지속적인 답압에 대비하여 뿌리분에 산소공급과 빗물유입을 위하여 통기시설 설치를 제안한다. 식재기능평가 단계별 기능변화에 따른 식재리뉴얼 방향은 그림 8과 같다.

3.5.2 어린이대공원 식재기능 개선방안

식재기능평가 결과로 도출한 어린이대공원 식재기능개선 필요지역 중 주요 문제대상지별 개선방안은 기능변화를 반영한 식재 리뉴얼 방향을 근거로 제시하였다(표 4 참조). 공원기능 설정의 문제대상지는 전망시설, 쉼터, 휴게시설 등 시설과 동선을 추가로 조성해 주고 녹음식재지에 공간의 유기적 연결을 위한 녹지대 제거, 산책로변 녹지대는 녹음수 이외의 수목을 제거하는 것을 제안하였다. 공간기능에 따른 식재개념 문제대상지는 경관공간에 상징성 제고를 위한 수종 교체 시 탄소흡수, 미세먼지 저감 등의 기능변화를 고려하고 녹음공간에 관목이나 지피류, 초화류를 이용하여 경관연출 효과가 있는 자관리형 식재지를 조성하는 것을 제안하였다. 식재수종 문제대상지 중 시각

식재기능평가		식재 리뉴얼 방향 목표: 도시공원 조성녹지의 탄소흡수를 향상, 도시열섬 완화, 미세먼지 저감, 생물다양성 증진
공원기능 설정		· 근린공원은 녹지율을 높이고 시설율을 낮추어 식재면적을 확대하는 것이 우선적으로 바람직함 · 이용밀도 높은 식재지 내부에는 이용자 위한 시설을 보완하고 공간의 유기적 연결위한 추가 동선을 조성
식재개념		· 시각적 경관식재는 교목층은 수형이 아름답고 탄소흡수, 미세먼지 저감효과가 높은 수종을 식재하고 초본류 식재지는 자관리형 지피식물을 도입 · 생태적 경관식재는 경사구배 위 단층구조 식재지 조성하여 생태성 보존 및 향상 · 완충식재는 공간기능이 상충되는 곳이나 공원 외곽 경계부 녹지에 조성되 이를 2층, 3층의 다층구조 숲으로 조성 · 녹음식재는 활엽수 교목층과 초본층으로 구성하고 초본류의 자연형 식재 지향
식재현황	식재수종	· 탄소흡수량 증진 수종: 느티나무, 은행나무, 뽕나무를 식재하고 단거리 탄소흡수를 위한 수종으로 메타세쿼이아, 양버즘나무, 물참나무를 혼합 식재 · 미세먼지 저감 수종: 갈참나무, 귀룽나무, 낙우송, 자귀나무, 꽃당귀나무, 종작살나무, 참조팝나무, 개나리, 나무수국 등 · 온대중부지방 자생종: 느티나무, 단풍나무, 이팝나무, 소나무, 잣나무, 은행나무, 뽕나무, 갈참나무, 상수리나무, 사철나무, 화살나무 등 · 생물다양성 증진위해 생태적 경관공간은 야생조류 선호 수종, 육생비오톱 설치
	식재구조	· 경관미 향상과 녹음이 필요한 식재지는 활엽수를 주요 수종으로 한 교목층과 관목층, 교목층과 초본층으로 구성 · 생태성이 강조되거나 완충기능이 필요한 식재지는 교목층과 아교목층, 관목층, 초본층으로 이루어진 다층구조 식재 필요 · 주제특화공간의 잔디식재지는 이용패턴에 따라 활동강도 높은 곳은 녹음수 식재, 경관연출 필요한 곳은 초본류 식재 보완
	식재밀도	· 식재간격으로 교목은 R10은 3~4m, R12는 4~6m, R15는 6~8m, R200이상은 8m이상 · 관목은 0.3m는 22주/㎡, 0.4m는 18주/㎡, 0.5m는 10주/㎡, 0.6m는 8주/㎡ · 초화류는 키 큰 초화, 잎이 큰 지피류는 30본/㎡, 지피성 및 소엽상록은 45본/㎡, 덩굴성 초화류는 ㎡당 7본 식재
	식물생육	· 우기시 빗물저류시설 이용하여 우수 집수 및 재활용 · 우수가 모이는 저지대 녹지에는 빗물정원 조성하고 호습성 관목과 초본류 식재 · 양질토양 객토, 토양개량제를 혼합하여 경운, 폐목은 바이오매스로 활용하고 낙엽은 유기물 멀칭재로 사용

그림 8. 기능변화 반영한 식재 리뉴얼 방향

표 4. 어린이대공원 식재기능 개선방안

식재기능평가		대상지점	개선방안
공원기능 설정		8	· 녹지의 레벨이 높아 주변 도심경관 조망이 가능하므로 전망대 조성 및 데크 설치
		9	· 체육시설지에 쉼터 조성하고 휴게시설 설치, 동선 발생한 곳에 보행로 조성
		15	· 음악분수 앞 녹음공간 상부의 전망공간 1m 녹지대는 제거하고 휴게시설 배치
		16	· 녹음공간의 산책로변에 식재된 교목층은 녹음수만 남기고 제거
		20	· 지형의 레벨을 이용하여 주변 녹지경관 감상 위한 전망시설과 휴게시설 배치
공간기능에 따른 식재개념		1	· 상징성 제고를 위해 수형이 아름답고 탄소흡수, 미세먼지 저감효과가 높은 수종으로 교체
		2	· 식재지 하부에 지피류, 초화류로 식재경관 연출할 수 있는 화단 조성
		7	· 명상정원의 위치를 맹수사육장 옆에서 녹음식재지 내부로 조정
		17	· 산책로 주변 녹음식재지는 교목층 하부에 지피, 초화류 이용한 저관리형 화단 조성
		18	· 산림녹지와 넓은 잔디밭 경계부에 관목 이용한 경관식재지 조성
식재현황	식재수종	11	· 관상가치가 높으며 탄소흡수, 미세먼지 저감효과 높은 수종, 초본류는 4계절 경관 고려
		14	· 수형이 아름다운 녹음수 식재하고 하부에 저관리형 지피식물 도입
		19	· 지형 특성 이용하여 양치식물원이나 관목식재지로 조성하고 동상 이전 적지로 활용
	식재구조	4	· 공원의 경계부 녹지는 조류먹이수종 식재한 다층구조 식재지 조성하여 생물서식공간 역할
		21	· 유희 녹지공간은 생태적 공간으로 조성하여 생물다양성 증진 필요
	식재밀도	5	· 상업시설 주변 녹지대에 녹음수 밀도 보완하여 탄소흡수, 미세먼지 저감효과 향상
		10	· 체육시설 주변 녹지대에 녹음수 밀도 보완하여 탄소흡수, 미세먼지 저감효과 향상
		12	· 물놀이장 옆 녹음수 보완식재로 녹음기능 향상 및 이용객 만족도 제고
		13	· 진입부 포장면적에 녹음수를 추가 식재하여 녹음기능 보완하고 온도 저감
	식물생육상태	3	· 배수문제 해결이 우선이므로 빗물저류시설 설치하여 우수 집수
		6	· 배수불량지역은 빈 녹지로 남겨두거나 식재 시 초본류, 호습성 관목식재만 권장

적 경관공간은 수형이 아름다운 수종을 선정하며 기능변화를 고려하고 초본류의 관상특성을 활용하여 4계절 다채로운 경관식재지 조성을 제안하였다. 식재구조 문제대상지 중 공원의 경계부와 완충공간의 유희녹지는 경사구배 위 다층식재지를 조성하고 조류먹이 수종을 식재하여 생물다양성을 증진시키고 이용객에게 생태적 경관감상 소재 제공을 제안하였다. 식재밀도 문제대상지는 낮은 식재밀도를 높여 탄소흡수, 미세먼지 저감기능을 향상시키고 시설 주변과 넓은 포장지의 경우 식재밀도를 높이면 이용객을 위한 녹음기능도 충분히 제공할 수 있다. 식물생육상태 문제대상지는 빗물저류시설을 이용한 우수 집수와 식재시에는 초본류와 호습성 관목식재만 하는 것을 제안하였다.

4. 결론 및 시사점

본 연구에서는 도시환경문제를 개선하기 위해 도시공원 조성녹지의 수목으로 해결방안을 찾고자 했고 도시공원 조성녹지의 기능변화 경향을 고찰하여 이를 반영한 식재 리뉴얼 방향성을 제시하고자 하였다. 서울어린이대공원은 1973년 개장되어 조성된 지 50년이 경과한 도시지역권 근린공원으로, 부분적 리뉴얼 조성사업이 지속적으로 이루어져 왔으나 넓은 녹지면적에 식재된 수목은 현재의 패러다임에 맞춰 기능개선이 필요하였다. 과거 조성녹지의 식재 패러다임이 녹지의 양, 경관제공, 완충기능 등에 초점이 맞추어져 있었다면 현재의 식재기능변화 주요 패러다임에는 기후변화 대응을 위한 수목의 탄소흡수원 기능, 도시열섬 완화와 미세먼지 저감 기능, 탄소흡수 효율이 높은 수종과 미세먼지 저감 효과가 높은 수종, 생태성 제고를 위한 야생조류 선호 수종, 지역 자생종 사용 효과, 다층구조의 환경개선 효과와 생태적 가치, 식재밀도에 의한 탄소흡수효과, 스마트 식재기반관리 등 도시환경개선을 위한 기능이 본래의 기능과 더불어 크게 부각되고 있다.

어린이대공원의 공간기능을 시각적 경관공간, 생태적 경관공간, 완충공간, 녹음공간, 주제특화공간, 시설지 및 기타 공간으로 구분하였다. 현장조사를 통해 식재지 폴리곤별 수목 우점종, 층위구조, 식재밀도, 생육상태를 파악하고 조사자료를 근거로 공간기능별 식재기능평가를 수행하였다. 공원기능 설정, 공간기능에 따른 식재개념, 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식물생육상태를 단계별로 평가하고 이를 종합하여 식재기능 개선 필요지역을 중첩 도출하였다. 주요 문제대상지를 선정하였고 대상지별 개선방안은 식재 리뉴얼 방안을 근거로 제시하였다.

연구의 결과로 도시공원의 조성녹지 기능변화를 고려한 식재 리뉴얼 방향을 제시하였다. 식재리뉴얼의 목표는

조성녹지의 탄소흡수율 향상, 도시열섬 완화, 미세먼지 저감, 생물다양성 증진으로 설정하고 공원기능 설정, 식재개념, 식재수종, 식재구조, 식재밀도, 식물생육상태의 리뉴얼 계획 방향을 제안하였다. 녹지율을 높이는 것을 선행하되 이용자 편의를 고려해야 하고 시각적·시각적 경관식재는 수형이 아름답고 탄소흡수율과 미세먼지 효과가 높은 교목을 식재, 생태적 경관식재는 경사구배 위 다층구조 식재지를 조성하여 생태성 보존 및 향상, 완충식재는 다층구조 숲으로 조성하여 완충기능 외에도 탄소흡수율과 미세먼지 저감효과 제고, 녹음식재는 교목층 하부에 초본류의 자연형 식재를 제안하였다. 식재수종은 도시환경개선 효과가 높은 수종과 야생조류가 선호하는 수종, 자생종을 사용하고 식재밀도는 식재간격 기준을 비교하여 높은 밀도기준을 제안하였으며 식물생육을 위한 식재기반은 우수재활용 방안과 토양 객토 및 낙엽의 멀칭재로 사용을 제안하였다.

본 연구는 향후 도시공원 조성녹지의 식재 리뉴얼 시 현재의 공원녹지가 수용해야 할 기능변화 패러다임을 종합 고찰하여 리뉴얼 방향성을 제안한 기초연구로서 도시공원 식재 리뉴얼 계획에 시사점을 줄 것이라 판단한다. 향후 식재지의 지속가능한 유지관리를 위해 다층식재지 하부의 토양비옥도, 토습, 광도 등의 환경 조건을 고려한 초종 선정에 대한 후속 연구도 필요할 것이며, 본 연구가 조성녹지의 식재 리뉴얼 시 기능변화에 중점을 둔 연구이므로 심미적인 부분에 중점을 둔 리뉴얼 연구도 필요할 것으로 판단된다. 본 연구와 관련하여 이어지는 후속연구를 통해 식재지 리뉴얼 전후의 개선효과를 정량적으로 평가하여 다양하고 구체적인 설계기법을 도출하고 이를 현장에 적용하여 식재를 통한 도시환경문제의 실질적 개선이 이루어지기를 기대한다.

References

1. Feyisa, G. L., K. Dons and H. Meiby(2014) Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and Urban Planning* 123: 87-95.
2. Han, B. H., H. G. Cho, J. I. Kwak and S. C. Park(2014) Planting evaluations for the landscaping tree and application plan by assessment grade in the city park -A case study of Haedoji Park, Songdo, Incheon Metropolitan City-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28(4): 457-471.
3. Han, B. H., J. H. Bae, J. S. Kim and K. J. Lee(2008) Planting characteristics of Pyeonghwa Park in World Cup Park, Seoul. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 36(2): 42-52.
4. Han, M. K., K. J. Kim and K. C. Yang(2014) Comparison of carbon storages, annual carbon uptake and soil respiration to planting types in urban park -The case study of Dujeong Park in Cheonan City-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28(2): 142-149.
5. Hwang, S. H.(2003) A Study on the Green Arrangement and Planting Method of Neighborhood Parks by the Location and Function in Gangnam-gu, Seoul. Master's Thesis. University of Seoul, Korea. p. 163.
6. Incheon Housing and City Development Corporation, iH(2022) Development of iH Urban Forest Planting Model to Improve Urban Heat Island and Fine Dust Reduction. p. 165.
7. Jo, H. K., H. M. Park and J. Y. Kim(2020) Carbon reduction and enhancement for greenspace in institutional lands. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 48(4): 1-7.
8. Kim, C. H.(2015) Study on the Vegetation Structure and Biodiversity Improvement of Urban Park Buffer Strips Considering Climate Change -Focused on Seoul-. Doctoral Thesis. Dankook University. p. 149.
9. Kim, D. W.(1999) Alternative Models of Yangjae Citizen's Park in Seoul, Korea. Master's Thesis. University of Seoul. p. 92.
10. Kim, M. K. and W. K. Sim(2010) Suggestions for multi-layer planting model in Seoul area based in a cluster analysis and interspecific association. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 38(4): 106-127.
11. Kim, Y. G., Y. M. Song and S. K. Cho(2020) Design and management direction of smart park for smart green city. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 48(6): 1-15.
12. Korea Land & Housing Corporation(2018) Design Guidelines(Landscape). p. 428.
13. Lee, J. B. and K. K. Sim(1998) A study on the optimum planting density of urban public park in Seoul -In case of the Munjung-Family Apt. complex-. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 26(2): 219-228.
14. Lee, J. H. and S. K. Kim(2018) Extraction of essential design elements for urban parks -Based on the analysis of 2017 satisfaction survey of park use in Seoul-. *Journal of the Korean Institute of Landscape*

- Architecture 46(6): 41-48.
15. Lee, S. M., M. S. Jeong, B. H. Han and S. C. Park(2019) A study on the planting design for the renewal of urban neighborhood park -In case of Okgu neighborhood park, Siheung, Gyeonggi-do, Korea-. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 47(1): 88-103.
16. Lee, S. Y.(2020) A Study on the Soil Evaluation Criteria for the Planting Base Construction of Urban Park And Green Area. Doctoral Thesis, Dankook University. p. 114.
17. Lee, T. H., S. I. Choi and Y. S. Park(2021) Maturity city era, old and low-use city park reorganization plan, Construction Issues Focus 2021: 1-50.
18. Ministry of Environment(2016) Guidelines for Designing Low-Impact Development Techniques. p. 116.
19. Ministry of Environment(2021) Green Building Certification Criteria.
20. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019) Landscape Design Criteria.
21. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2011) Policy Research for Low-Carbon, Green-Growth Urban Park Development and Management and Operation Strategies. p. 1929.
22. National Institute of Forest Science(2023) List of Fine Dust Reducing Species.
23. Niu, X., Y. Li, M. Li, T. Z. Hang, H. Meng, Z. Z. Hang and B. Wang(2022) Understanding vegetation structures in green spaces to regulate atmospheric particulate matter and negative air ions. Atmospheric Pollution Research 13(9).
24. Nowak, D. J. and D. E. Crane(2002) Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental Pollution 116: 381-389.
25. Nowak, D. J., D. E. Crane and J. C. Stevens(2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening 4(3-4): 115-123.
26. Oh, J. H., J. H. Cho, H. J. Cho, M. S. Choi and J. O. Kwon(2008) A study on the biotope evaluation and classification of urban forests for landscape ecological management. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 11(4): 101-111.
27. Park, E. J.(2009) Quantification of CO₂ Uptake by Urban Trees and Greenspace Management for C Sequestration, Gyeonggi Research Institute. p. 158.
28. Park, H. W. and S. I. Kim(2002) The effect of food color and taste on the selective choice of some passerine birds. Korean Journal of Ornithology 9(1): 49-60.
29. Park, S. C. and B. H. Han(2009) A study on the development of evaluation indicators for planting functions in urban neighborhood park -In case of Ansan, Gyeonggi-do-. Korean Journal of Environment and Ecology 19(1): 102-105.
30. Republic of Korea government(2020) Korea 2050 Carbon Neutral Strategy. p. 118.
31. Rural Development Administration(2021) Garden Plant Carbon Uptake.
32. Seoul(2020a) Basic Plan for Redevelopment of Children's Grand Park. Seoul. p. 437.
33. Seoul(2020b) Recommended Tree Species for Fine Dust Reduction in Seoul.
34. Son, S. I.(2021) Study on the Remodeling for Revitalization of Seoul Children's Grand Park. Master's Thesis, University of Seoul. p. 163.
35. South Dublin County Council(2021) Living with Trees -South Dublin County Council Tree Management Policy 2021-2026. p. 80.
36. Sung, H. C. and S. Y. Hwang(2013) A preliminary study on assessment of urban parks and green zones of ecological attributes and responsiveness to climate change. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 16(3): 107-117.
37. Suwon City(2022) Sustainable Low-Management Urban Park Forest Creation Manual. Suwon City. p. 88.
38. The Seoul Institute(2018) Development and Application of Biodiversity Indicator in Parks and Green Spaces in Seoul. p. 132.
39. Yu, X.(2018) Regulation on PM_{2.5} and other atmospheric particulate matter by forests, Korea-China Symposium(2018,3) presentation materials.
40. https://www.sisul.or.kr/open_content/childrenpark/introduce/intro.jsp, 2023.02.18