

ORIGINAL ARTICLE

## 지역소멸지역 학교녹지의 생태계서비스 평가: 탄소저감 효과를 중심으로

박혜미\* · 심민석<sup>1)</sup> · 이소현 · 이주리

강원대학교 생태조경디자인학과, <sup>1)</sup>강원대학교 일반대학원 조경학과

### Assessment of Ecosystem Services in School Greenspaces within Depopulating Areas: Focusing on Carbon Reduction

Park Hye-Mi\*, Shim Minseok<sup>1)</sup>, Lee, So-Hyeon, Lee, Jury

*Dept. of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea*

*<sup>1)</sup>Dept. of Landscape Architecture Design, Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea*

#### Abstract

School greenspaces, like urban parks, are accessible urban green areas that provide various ecosystem services, including environmental education, carbon reduction, temperature mitigation, fine dust reduction, and landscape enhancement. Despite these benefits, previous studies on school greenspaces have mainly focused on students' psychological responses and user satisfaction, while quantitative assessments of their ecological functions remain limited. Recently, declining school-age populations have increased school closures, particularly in regions facing depopulation. However, due to insufficient information on the ecological value and functions of school greenspaces, these areas are often repurposed or sold, posing a risk of losing important green infrastructure. This study quantified the carbon reduction function of school greenspaces in Jeongseon, a region with high depopulation risk and a large number of school closures, and explored strategies to enhance their performance. The average annual carbon uptake and storage of the study sites were  $0.58 \pm 0.07$  t/ha/yr and  $9.98 \pm 1.78$  t/ha, respectively, which are lower than those of other domestic greenspace types. This is attributed to low planting density and the dominance of small evergreen trees with limited carbon uptake capacity. Nevertheless, school greenspaces offset 11.5% of Jeongseon's 2030 building-sector reduction target. Enhancing carbon reduction requires incorporating high-absorption species and transitioning from single-layer to multi-layer planting structures. Considering future school closures, converting impermeable areas into greenspaces could further strengthen carbon sinks and improve community well-being.

**Key words :** Green infrastructure, Carbon uptake, Net zero, Planting structure, Multi-layer planting

#### 1. 서론

기후변화는 21세기 들어 인류가 직면한 가장 심각한 환경 문제 중 하나로, 환경, 경제 및 사회 전반에 걸쳐 다양한 위협을 초래하고 있다. 특히, 건물, 자동차 등 배

출원이 우점하는 도시는 온실가스 배출량의 80% 이상을 차지하며(Hoornweg et al., 2011), 기후변화의 주요 원인으로 지목되고 있다. 도시의 온실가스 배출을 줄이기 위해서는 건물 에너지 효율 개선, 신재생에너지 보급 확대 등의 전략이 요구되지만, 이는 장기간의 노력과

Received 1 December, 2025; Revised 15 December, 2025;

Accepted 16 December, 2025

\*Corresponding author : Park Hye-Mi, Department of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea  
Phone : +82-33-250-8345  
E-mail : phm@kangwon.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

상당한 재정적 투자가 필요하다. 이에 최근에는 비교적 시간 및 비용 측면에서 효율적으로 탄소저감 효과를 제공하는 도시녹지가 그 대안으로 주목받고 있다. 도시녹지는 성장 과정에서 광합성을 통해 대기 중의 이산화탄소를 직접적으로 흡수할 뿐만 아니라, 대기 정화, 열섬 현상 완화, 생물다양성 증진, 정서 안정 등 다양한 생태적 및 사회적 기능을 수행하며, 공원, 가로수, 하천변 녹지, 학교녹지, 옥상녹화 등 다양한 유형으로 도시에 분포하고 있다.

도시녹지가 주요 탄소저감 대안으로 인식됨에 따라, 이들의 탄소흡수 및 저장량을 규명하는 연구들이 국내외에서 다양한 방식으로 수행되어 왔다(McPherson, 1998; Escobedo et al., 2010; Nowak et al., 2013; Vaccari et al., 2013; Dorendorf et al., 2015; Jo et al., 2019b). 미국 도시녹지의 연간 탄소흡수량은 약 25.6 Mt/년이었으며(Nowak et al., 2013), 일부 도시의 녹지들은 도시가 배출한 탄소의 약 1.1~6.2%를 상쇄하였다(Escobedo et al., 2010; Vaccari et al., 2013). 이 외에도, 함부르크, 서울시 및 헬싱키 도시공원의 단위면적당 탄소저장량은 각각 59.8 t/ha, 38.5 t/ha 및 28 t/ha이었다(Dorendorf et al., 2015; Jo et al., 2019b; Lindén et al., 2020). 이와 같이 도시녹지의 탄소저감 효과에 대한 연구들은 대체로 도시녹지 전체나 공원과 같은 대형 녹지를 중심으로 수행되어 오는 경향을 보이고 있다.

학교녹지는 생활권에서 유용하게 접근 가능한 주요 도시녹지로서, 공원에 비해 그 규모가 작을지라도 공원 처럼 도시 전역에 고르게 분포하고 있다. 또한, 1999년부터 산림청이 학교숲 조성사업을 지원함에 따라 대중적 관심도 역시 증가하고 있는 상황이다(KFS, 2014). 개별 학교 단위의 탄소저감 효과는 공원에 비해 제한적일 수 있으나 도시 전체 차원에서 학교녹지가 직접적으로 기여하는 효과는 결코 간과할 수 없다. 더욱이 학교녹지는 환경교육의 장으로서 학생들에게 기후변화와 탄소중립의 중요성을 인식시킬 수 있는 잠재력을 보유하고 있다. 그러나 학교녹지 관련 선행연구들(Lee and Kim, 2005; Kuk et al., 2008; Lee et al., 2009; Jang et al., 2009; Jung et al., 2010; Son and Ha, 2013)은 주로 학교녹지가 학생들의 심리, 치유 및 정서나 교육에 미치는 영향에 집중하고 있으며, 이들의 탄소저감 효과에 대한 연구는 전무한 상황이다. 다만, 일부 연구에서는 컨조인트 모형과 조건부가치측정법을 적용하여

우리나라 학교녹지의 가치를 약 1조 7,500억 원으로 평가하였으며, 이에 영향을 미치는 주요인 중 하나가 탄소저감을 포함한 환경생태적 가치임을 보고하였다(Yoon et al., 2008). 그러나 해당 연구 역시 지불의사금액에 기반한 가치평가에 그치고 있어, 실제 학교녹지의 탄소저감을 포함한 생태적 기능을 정량적으로 분석하지 못하는 한계를 보인다.

한편, 지역소멸이 예측되는 지역의 학교들은 학생 수 감소로 인해 통폐합이 가속화되고 있다. 이에 따라 행정안전부는 폐교재산 활용 가이드라인을 마련하여, 용도 변경, 매각, 교환, 대부 등 다양한 방식의 학교 자산 활용 방안을 모색하고 있다(MOIS, 2025). 그러나 이러한 변화는 단순한 교육시설의 축소를 넘어, 하드스케이프가 우세한 도시환경에서 그린인프라 감소를 더욱 심화시킬 우려가 있다. 따라서 학교녹지의 탄소저감 효과를 과학적으로 규명하는 것은 도시녹지 연구의 공백을 메우는 동시에, 향후 해당 학교가 폐교되더라도 녹지로서의 가치를 인식하고 이를 보존하며 새로운 활용 방안을 모색하는 데 중요한 기반정보가 될 수 있다. 이에 본 연구의 목적은 지역소멸로 인한 폐교 위험이 있는 지역의 학교를 대상으로 녹지구조를 현장 실시하고, 그 탄소흡수 및 저장량을 산정하여 이들이 해당 도시의 탄소저감에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 분석하는 것이다. 본 연구 결과는 기존에 미진한 학교녹지의 탄소저감 정보를 제공함은 물론, 학교녹지의 체계적인 조성, 관리 및 활용방안을 모색하는데 유용한 정보로서 활용될 것으로 기대한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상 학교녹지 선정

학교는 일정한 목적과 교과과정을 통해 학생에게 교육을 실시하는 기관으로서, 초등학교, 중학교, 고등학교 및 대학교를 포함한다. 본 연구에서는 이들 중 초·중·고등학교와 달리 일부 지역에 거점 형태로 위치한 고등교육기관인 대학교는 연구대상에서 제외하였다. 즉, 본 연구의 대상 학교는 생활권 내에서 학생과 주민이 일상적으로 접근 가능한 초등학교, 중학교 및 고등학교만을 포함하였다.

한편, 본 연구는 지방 소멸 고위험 지역 중 폐교수가 최상위권에 속하면서(Lee and Lee, 2023; MOE, 2025), 학교 내 현장조사 출입이 허용된 정선군을 연구

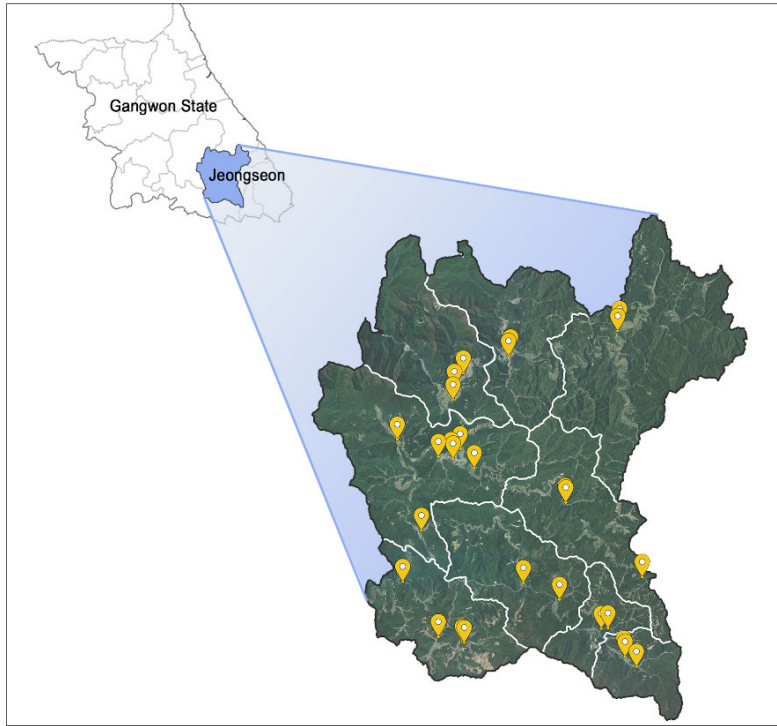


Fig. 1. Location of study sites.

대상지로 선정하였다. 실제로 지방소멸 고위험 지역 51개 중 폐교수가 가장 많은 상위 5개 지역은 신안, 고흥, 완도, 의성, 정선 등의 순이었다(KEIS, 2023). 2024년 기준 정선군 통계연보에 따르면, 현재 정선군에는 초등학교 16개교, 초등학교 산하 분교 3개교, 중학교 9개교, 고등학교 7개교가 위치하고 있으며, 이 중 6개교는 중학교와 고등학교가 동일 부지 내에 공존하는 상황이었다(Jeongseon-gun, 2024). 이를 고려하면, 정선군에는 총 29개의 학교녹지가 분포하는 셈이었다. 본 연구에서는 이 중 리모델링 등의 사유로 접근이 불가능한 2개 학교를 제외한 27개의 학교녹지를 최종 연구대상으로 선정하였다(Fig. 1).

## 2.2. 학교녹지 현장실사

연구대상 학교녹지를 2025년 늦여름에 현장 실사하여, 부지 경계 내에 분포하는 모든 교목과 관목을 조사하였다. 수목의 주요 조사항목은 수종, 흉고 및 근원직경, 수고, 수관폭 등이었다. 현장조사 자료의 신뢰도를 확보하기 위해 조사자들에게 표준 측정 방법에 대한 사

전 교육을 실시하였으며, 모든 항목은 동일한 장비와 측정 기준을 적용하여 일관성을 유지하였다. 그리고, 조사한 자료들은 학교녹지별 수목 밀도, 피도, 직경 구조, 평균 상대우점치 등 학교녹지의 구조적 특성과 식재수목에 의한 탄소흡수 및 저장량을 계량화하는 기초 자료로 활용하였다.

## 2.3. 탄소저감 효과 산정

학교녹지 식재수목의 탄소저감 효과를 명확하게 예측하기 위해서는 해당 국가 및 지역의 성장환경을 고려한 적정 계량방법을 적용함이 바람직하다. 즉, 도시수목의 탄소흡수 및 저장량 산정 시 관리, 경합 등 성장환경이 상이한 산림수목이나 타 국가의 계량모형을 적용하는 것은 적지 않은 오차를 야기할 수 있다. 따라서, 본 연구는 국내 도시수목을 대상으로 개발한 수종별 회귀모형(Jo and Cho, 1998; Jo, 2002, 2019, 2024; Jo and Ahn, 2012; Jo et al., 2013, 2014, 2019a; Table 1)을 학교녹지별 수목개체에 적용하여, 수목의 탄소흡수 및 저장량을 산정하였다. 즉, 도시수목의 근

**Table 1.** Equation sources of tree species used to calculate carbon reduction

	Species	Diameter range (cm)	Reference
Tree	<i>Abies holophylla</i>	5-19	Jo et al., 2014
	<i>Acer palmatum</i>	7-27	Jo and Cho, 1998
		5-20	Jo and Ahn, 2012
	<i>Chionanthus retusus</i>	3-17	Jo, 2024
	<i>Cornus officinalis</i>	3-15	Jo et al., 2014
	<i>Ginkgo biloba</i>	6-31	Jo and Cho, 1998
	<i>Lagerstroemia indica</i>	3-14	Jo et al., 2019a
	<i>Pinus densiflora</i>	5-25	Jo et al., 2013
	<i>Pinus koraiensis</i>	5-31	Jo et al., 2013
	<i>Prunus armeniaca</i>	4-14	Jo et al., 2014
	<i>Prunus yedoensis</i>	5-58	Jo, 2024
	<i>Taxus cuspidata</i>	2-15	Jo et al., 2014
	<i>Zelkova serrata</i>	6-34	Jo and Cho, 1998
		5-28	Jo and Ahn, 2012
		General hardwoods	3-28
	General softwoods	5-31	Jo, 2019
Shrub	General hardwoods	0.4-4.0	Jo, 2002
	General softwoods	0.4-4.0	Jo, 2002

굴취를 포함한 직접수확법을 통해 개발한 선형 회귀모델에, 주요 독립변수로서 수목 개체별 실측한 흉고직경 또는 근원직경을 대입하여 탄소저감 효과를 분석하였다. 계량모델이 구축되지 않은 수종들은 국내 수목도감(Kim et al., 2004)을 준용하여 동일 과나 성상의 회귀모델들을 대체 적용하였다. 예를 들어, 마가목은 동일한 장미과 수종인 왕벚나무와 살구나무의 평균치를, 향나무는 주목의 계량모델을 대용하였다. 그리고, 이들 학교녹지가 정선군 전체 탄소배출량 감축목표에 어느 정도 기여할 수 있는지를 진단한 후, 이를 통해 학교 단위 녹지가 지역 단위의 탄소중립 실현에 미치는 잠재적 역할을 정량적으로 평가하였다.

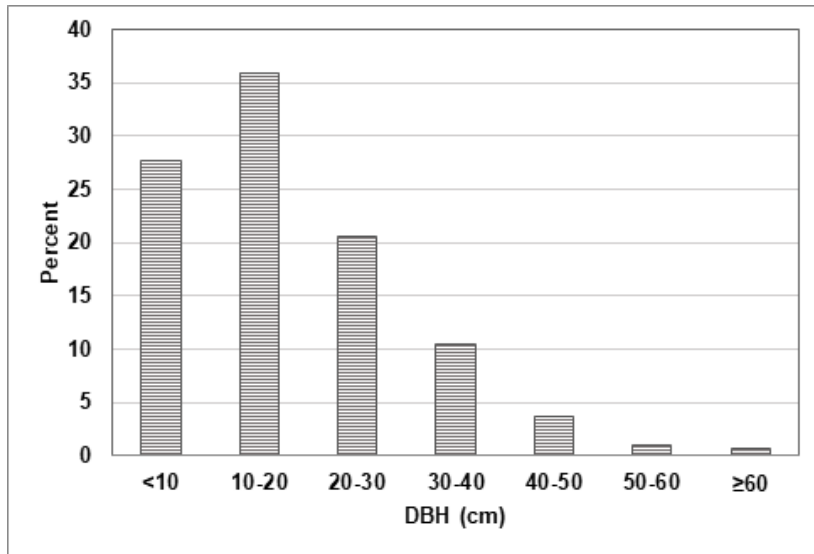
### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 학교녹지의 구조

대상 학교녹지 내 식재수목 수종의 개체 수는 총 141종이었으며, 상대우점치가 상위 10위에 포함되는 수종은 향나무(*Juniperus chinensis*, 11.8%), 주목(*Taxus cuspidata*, 7.6%), 회양목(*Buxus sinica* var. *insularis*,

5.7%), 잣나무(*Pinus koraiensis*, 4.9%), 벚나무류(*Prunus* spp. 4.5%), 은행나무(*Ginkgo biloba*, 4.2%), 단풍나무(*Acer palmatum*, 4.1%), 소나무(*P. densiflora*, 4.1%), 전나무(*Abies holophylla*, 4.1%), 측백나무(*Platycladus orientalis*, 3.5%) 및 느티나무(*Zelkova serrata*, 2.7%) 이었다. 상위 10위 수종들 중 상록수가 7종을 차지할 만큼, 대상 학교녹지에는 대체로 상록수가 우점하는 경향을 보였다.

학교녹지에 식재된 교목의 밀도는 최소 0.2 및 최대 1.5주/100 m<sup>2</sup> 범위로서, 평균 0.6±0.1주/100 m<sup>2</sup>이었다. 교목과 관목을 모두 포함한 수목피도는 최소 1.4 및 최대 25.3%의 분포를 보였고, 평균 8.2±0.9%로 분석되었다. 기존 연구(Jo et al., 2020)에 따르면, 서울, 대전, 대구, 춘천, 순천 등 국내 5개 도시 공공용지의 교목밀도 및 수목피도는 각각 1.4주/100 m<sup>2</sup> 및 13.2%이었는데, 본 학교녹지는 이들의 43% 및 62% 수준인 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 이러한 차이는 선행 연구의 경우 학교뿐 아니라 시민의 여가를 위해 대규모 옥외 녹지 공간을 확보한 도청, 시청, 도서관 등을 연구대상 공공용지에 포함했기 때문인 것으로 판단된다.



\* Stem diameter at breast height

Fig. 2. DBH\* distribution of trees in study sites.

학교에 식재된 교목의 흉고직경은 평균  $18.2 \pm 0.3$  cm로 나타났으며, 흉고직경이 20 cm 미만인 수목이 전체의 약 63.5%를 차지하였다. 또한 20~30 cm 구간은 20.5%, 30 cm 초과 개체는 16.0%를 점유하는 것으로 분석되었다(Fig. 2). 기존 연구(Jo et al., 2019c, 2020)에 따르면, 국내 일부도시의 공공용지 및 공동주거지 교목의 평균 흉고직경은 각각 14.9 cm 및 13.6 cm로 보고된다. 이에 비해, 학교녹지의 식재수목은 대체로 기존 연구의 공공용지나 공동주거지 대비 큰 경향을 보였다. 이는 산업화 이후 본격적으로 조성된 지방행정기관 및 공동주거지와 달리, 본 연구의 대상인 학교녹지 대부분은 1900년대 초반에 조성되어 비교적 수령이 오래된 수목들을 포함하고 있기 때문으로 분석된다.

### 3.2. 학교녹지의 탄소저감 효과

학교녹지의 수목에 의한 단위면적당 탄소흡수량은 학교에 따라 최소 0.07 및 최대 1.91 t/ha/년의 범위로서 평균  $0.58 \pm 0.07$  t/ha/년이었고, 단위면적당 평균 탄소저장량은  $9.98 \pm 1.78$  t/ha이었다(Fig. 3). 기존 연구(Jo et al., 2019c, 2023)에 따르면, 국내 공동주거지의 수목에 의한 단위면적당 탄소흡수량은 1.1 t/ha/년

이고, 대전 및 대구 도시공원의 경우는 2.6 t/ha/yr인 것으로 보고된다. 즉, 연구대상 학교녹지의 탄소흡수량은 공동주거지의 약 53% 수준이고, 공원의 22% 수준에 불과하였다( $p < 0.01$ ). 한편, 5개 도시 내 공공용지의 단위면적당 탄소흡수 및 저장량은 각각 0.65 t/ha/년 및 7.37 t/ha이었는데(Jo and Park, 2020). 본 학교녹지는 상기 공공용지와 비교할 때 탄소흡수량은 다소 낮았으나 탄소저장량은 더 높은 경향을 보였다( $p < 0.01$ ).

상기 연구들 대비 탄소흡수량이 낮게 나타난 이유는 앞서 언급한 바와 같이, 본 학교녹지의 식재밀도와 피도, 그리고 녹지면적이 상기 사례들에 비해 전반적으로 저조했기 때문으로 분석된다. 실제로 3.1절의 학교녹지 구조에서 언급한 바와 같이, 식재밀도와 피도는 공공용지 대비 약 40~60% 수준에 불과했으며, 녹지면적 점유비 또한 평균 14%로서 공공용지 보다 최대 9% 낮은 것으로 나타났다. 이 외에도 본 학교녹지에서는 향나무, 주목 등과 같은 상록소교목이 우점하는 경향을 보였는데, 이러한 흡수 효율이 낮은 수종(Jo and Park, 2017) 구성 역시 학교녹지의 탄소흡수량이 적은 데에 영향을 미친 것으로 해석된다.

반면, 탄소저장량이 더 크게 나타난 것은 본 학교녹지에 상대적으로 큰 노령목이 다수 분포하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 실제로, 대상 학교녹지 중 흉고직

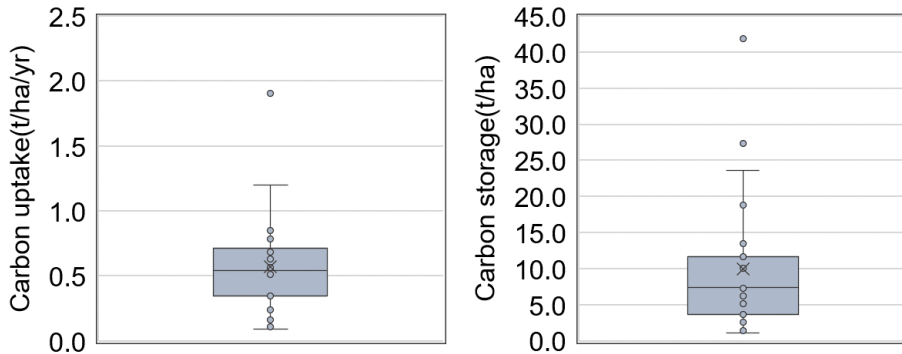


Fig. 3. Carbon uptake and storage per unit area of study sites.

경 60 cm 이상의 노령목이 분포하는 학교는 총 10개이었으며, 이는 전체 학교녹지의 약 1/3 이상에서 노령목이 존재함을 의미한다. 이러한 노령목은 오랜 기간 동안 탄소를 지속적으로 축적하여 저장량은 클 수 있으나, 세월이 지남에 따라 성장 속도가 둔화되므로 연간 탄소흡수 효율은 유목이나 성목에 비해 낮을 수 있다고 보고되고 있다(Yoder et al., 1994).

한편, 27개 학교녹지별 탄소저감 효과를 합산한 총 탄소흡수 및 저장량은 각각 25.0 t/년 및 443.6 t이었다. 정선군 제1차 탄소중립녹색성장 기본계획에 따르면, 정선군은 다가오는 2030년까지 건물분야에서 총 218.2 t의 탄소배출량을 감축하겠다는 목표를 설정한 바 있다(Jeongseon-gun, 2025). 이를 고려하면, 본 학교녹지는 상기 감축목표의 11.5%를 담당 및 상쇄할 수 있는 잠재력을 보였다. 이 외에도 최근 자료들(GIR, 2021; MODS, 2025; KEEI, 2025)을 취합하면 국내 1인당 공공용 전력용 소비에 따른 연간 탄소배출량은 약 68.3 kg/인/년으로 추산된다. 이를 고려하면 대상 학교녹지는 해마다 370명이 배출하는 탄소를 상쇄할 수 있는 것으로 분석되었다.

### 3.3. 학교녹지의 탄소저감 효과 증진방안

연구대상 학교녹지는 상기한 바와 같이 공공용지의 경우보다 그 흡수량이 적게 나타났는데, 그 주 요인은 식재밀도 및 피도가 낮고 탄소흡수량이 낮은 상록소교목(Jo and Park, 2017) 위주의 수종구성에 기인한 것으로 분석된다. 따라서, 학교녹지의 탄소저감 효과를 증진하기 위해서는 수종구성과 식재구조의 개선이 선행될 필요가 있다. 현재 향나무, 주목 등 상록소교목 중

심의 식재구성은 탄소저감 효과와 경관적 다양성이 제한적이므로, 꽃이 개화하면서 지엽밀도가 높은 활엽수종을 보완적으로 도입하여 그 기능을 강화할 필요가 있다. 더불어, 기존 단층구조의 식재 공간은 가능한 범위 내에서 하층 관목, 중층 교목, 상층 교목으로 구성되는 다층구조로 전환하여 단위면적당 탄소흡수량을 높이는 것이 바람직하다.

본 학교녹지에는 다수의 노령목이 분포하고 있었는데, 이러한 노령목은 연간 탄소흡수량은 낮더라도 오랜 기간 축적된 탄소저장량 측면에서 매우 중요한 자원으로 평가된다. 따라서 보호구역 설정, 토양 및 생물환경 개선 등을 통해 노령목의 건강성을 유지하는 한편, 후계목을 병행 식재하여 탄소흡수 기능이 지속될 수 있도록 관리할 필요가 있다. 아울러 저조한 녹지면적 점유비를 개선하기 위해, 불투수성 주차장, 광장 및 운동장의 일부를 생태체험 공간이나 휴식공간과 연계한 녹지공간으로 전환하는 방안을 고려할 수 있다. 특히 학령인구 감소와 지역소멸 위험으로 인해 향후 폐교 가능성이 존재하는 지역적 특성을 감안할 때, 이러한 공간을 지역 커뮤니티 숲, 마을공원, 자연형 복합문화공간 등으로 재구조화하는 것은 기존 학교녹지의 탄소흡수 기능을 강화함은 물론, 지역 주민의 정주성 향상에도 기여할 수 있을 것이다. 만약, 현재 학교녹지 운동장의 10%, 30% 및 50%를 현재 학교녹지 구조 수준의 녹지공간으로 전환했을 때 매년 0.7 t/년, 2.1 t/년 및 3.5 t/년에 해당하는 탄소를 추가로 흡수할 수 있으며, 이는 기존 흡수량의 각각 2.8%, 8.3% 및 13.8%에 상당하는 양이다. 이를 전국 단위로 확대하여 적용할 경우, 확보 가능한 탄소흡수량은 더욱 클 것으로 예상된다.

#### 4. 결론

학교녹지는 도시공원과 마찬가지로 생활권에서 접근성이 높은 주요 도시녹지 유형으로서, 환경교육을 비롯해 탄소저감, 기온저감, 미세먼지 저감, 경관 향상 등 다양한 생태계서비스를 제공한다. 그러나 지금까지의 학교녹지 관련 선행연구들은 주로 학생들의 심리적 효과나 이용만족도에 초점을 두고 있어, 그 생태적 기능을 정량적으로 분석한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히 최근 학령인구 감소로 지역소멸 위험이 높은 지역을 중심으로 폐교가 증가하고 있음에도 불구하고, 학교녹지의 생태적 기능에 대한 정보가 부족하여, 이를 제대로 인지하지 못한 채 단순 매각이나 용도변경 중심의 활용 방안만 제시되면서, 도시의 중요한 그린인프라 자원이 감소할 위기에 놓여있다. 따라서, 본 연구는 지역소멸 고위험 지역에 해당하면서 폐교수가 상위권에 속해있는 정선군을 대상으로 학교녹지의 탄소저감 효과를 계량화하고, 그 효과를 증진하기 위한 방안을 모색하였다.

연구대상 학교녹지의 단위면적당 탄소흡수량은 평균  $0.58 \pm 0.07$  t/ha/년이고, 탄소저장량은  $9.98 \pm 1.78$  t/ha으로서, 국내 타 녹지유형에 비해 낮은 탄소저감 효과를 나타냈다. 예를들어, 연구대상 학교녹지의 탄소흡수량은 공공용지의 88% 수준이고, 공동주택지의 53% 수준에 해당하였다. 이러한 결과의 주요원인은 앞선 녹지유형들 대비 단위면적당 식재수량이 적고 탄소흡수능이 적은 상록소교목을 주로 식재하였기 때문이다. 그럼에도 현재 학교녹지는 정선군의 2030 건물분야 탄소배출 감축목표를 약 11.5% 상쇄할 수 있는 탄소흡수원의 역할을 수행하는 것으로 나타났다.

연구대상 학교녹지의 탄소저감 효과를 강화하기 위해서는, 상록소교목 중심의 수종 구성에서 탈피하여 계절감이 있으면서 탄소흡수능이 높은 수종을 보강 식재하고, 기존의 단층 식재구조를 하층, 중층 및 상층으로 구성된 다층구조로 전환하여 단위면적당 탄소흡수능을 제고함이 바람직하다. 또한 향후 폐교 가능성이 존재하는 지역적 특수성을 고려할 때, 불투수성 주차장, 광장 및 운동장의 일부를 학생들의 생태체험 및 휴식 기능과 연계한 녹지공간으로 전환함으로써 지역 주민의 정주성 증진과 탄소흡수원을 확대를 동시에 고려할 필요가 있다. 만약 연구대상 학교녹지 운동장의 50%를 현행 학교녹지 구조 수준의 녹지로 전환할 경우, 기존 대비 13.8%에 해당하는 탄소를 추가로 흡수할 수 있는 것으

로 분석된다.

최근 정부는 2035년까지 온실가스를 2018년 대비 53~61% 감축하겠다는 도전적인 목표를 제시하였으며, 이에 따라 새로운 탄소흡수원 확대의 필요성이 제기되고 있다. 도시에 더 이상 거점 형태의 그린인프라를 확보하기 어려운 현실에서, 학령인구 감소에 따른 활용 방안 모색이 요구되는 학교녹지는 잠재적으로 우수한 탄소흡수 자원이자 환경교육의 장으로 기능할 수 있는 가능성을 지니고 있다. 본 연구는 그동안 정보가 부족했던 학교녹지의 탄소저감 효과를 정량화하고, 향후 그 활용 방안을 모색하기 위한 기초자료를 제공했다는 점에서 의의가 있다. 다만, 본 연구는 연구대상 지역을 소수에 국한하고, 일부 수종들은 타 탄소저감 계량모델을 적용한 한계를 지닌다. 추후 다양한 지역의 학교녹지를 대상으로 추가 조사를 수행하여 학교녹지의 탄소저감 효과를 보다 명확히 규명하고, 이를 고려한 최적의 활용 및 재구조화 방안을 함께 강구할 필요가 있다.

#### 감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00259995).

#### REFERENCES

- Dorendorf, J., Eschenbach, A., Schmidt, K., Jensen, K., 2015, Both tree and soil carbon need to be quantified for carbon assessment of cities, *Urban For. Urban Greening*, 14, 447-455.
- Escobedo, F., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J. E., Zipperer, W., 2010, Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities, *Environ. Sci. Polic.*, 13(5), 362-372.
- GIR (Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea), 2021, Nationally approved carbon emission factors for 2021, Report, Cheongju, Republic of Korea.
- Hoorweg, D., Sugar, L., Trejos Gómez, C. L., 2011, Cities and greenhouse gas emissions: Moving forward, *Environ. urban*, 23(1), 207-227.
- Jang, C. K., Jung, S. G., Jang, J. S., Kim, K. T., Oh, J. H., 2009, The direction of school forest plans considering satisfaction of elementary students, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 37(4), 42-51.

- Jeong, T. S., Shin, W. S., Yeoun, P. S., Lee, J. H., Lee, J. H., 2010, The influence of school forest on elementary school students' psychological traits, *J. Korean Inst. For. Recreat.*, 14(3), 87-98.
- Jeongseon-gun, 2024, Jeongseon's statistical yearbook, Jeongseon-gun Office, Jeongseon, Korea.
- Jeongseon-gun, 2025, Jeongseon's basic plan for carbon neutrality and green growth, Jeongseon-gun Office, Jeongseon, Korea.
- Jo, H. K., 2002, Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea, *J. Environ. Manage.*, 64, 115-126.
- Jo, H. K., 2019, Development of model and technology for establishment, management and evaluation of urban forests in living zone to improve carbon sequestration sources and multi-dimensional benefits against new climate change regime, Report, KFS, Daejeon, Korea.
- Jo, H. K., 2024, Carbon reduction and management strategies for urban salt-tolerant trees, Report, K-water.
- Jo, H. K., Ahn. T. W., 2012, Carbon storage and uptake by deciduous tree species for urban landscape, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 10(1), 160-168.
- Jo, H. K., Cho. D. H., 1998, Annual CO<sub>2</sub> uptake by urban popular landscape tree species, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 26(2), 38-53.
- Jo, H. K., Kil, S. H., Park, H. M., Kim, J. Y. 2019a, Carbon reduction by and quantitative models for landscape tree species in southern region - For *Camellia japonica*, *Lagerstroemia indica*, and *Quercus myrsinaefolia*, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 47(3), 31-38.
- Jo, H. K., Kim, J. Y., Park., H. M., 2013, Carbon storage and uptake by evergreen trees for urban landscape- for *Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis*, *Korean J. Environ. Ecol.*, 27(5), 571-578.
- Jo, H. K., Kim, J. Y., Park. H. M., 2014, Carbon reduction effects of urban landscape trees and development of quantitative models-For five native species, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 42(5), 13-21.
- Jo, H. K., Kim, J. Y., Park. H. M., 2019b, Carbon reduction and planning strategies for urban parks in Seoul, *Urban For. Urban Greening*, 41, 48-54.
- Jo, H. K., Park, H. M., 2017, Changes in growth rate and carbon sequestration by age of landscape trees, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 45(5), 97-104.
- Jo, H. K., Park, H. M., Kim, J. Y., 2019c, Carbon offset service and design guideline of tree planting for multifamily residential sites in Korea, *Sustainability*, 11(13), 3543.
- Jo, H. K., Park, H. M., Kim, J. Y., 2020, Carbon reduction and enhancement for greenspace in institutional lands, *Korean Inst. Landsc. Archit.*, 48(4), 1-7.
- Jo, H. K., Park, H. M., Kim, J. Y., 2023, Carbon offset service of urban park trees and desirable planting strategies for several metropolitan cities in South Korea, *Forests*, 14(2), 278.
- KEEI (Korea Energy Economics Institute), 2025, 2024 yearbook of energy statistics, Ulsan, Republic of Korea.
- KFS (Korea Forest Service), 2014, Design guideline of school greenspace, Report, Daejeon, Republic of Korea.
- Kim, Y. S., Song, K. J., Ahn, Y. H., Oh, K. K., Lee, K. J., Lee, Y. M., 2004, Manual of Korean landscape woody plants, 3<sup>rd</sup> ed., Kwang-Il Publishing, Seoul.
- Kuk, J. H., Yoon, Y. H., Park, B. J., Kim, W. T., 2008, Effects of school forest on elementary students' satisfaction with school landscape and environmental education, *J. Korean Soc. People Plants Environ.*, 11(3), 27-34.
- Lee, J. Y., Kim, A. Y., 2005, Effects of school forest on elementary school students' awareness of school and nature, *The Environ, Edu.*, 18(2), 90-100.
- Lee, S. G., Jang, J. S., Jung, S. G., You, J. H., 2009, An Analysis of satisfaction with school forest using triangular fuzzy number, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 37(3), 1-10.
- Lee, S. H., Lee, N. K., 2023, Current conditions and features of depopulation-risk areas, Report 2023-1, KEIS.
- Linden, L., Riikonen, A., Setälä, H., Yli-Pelkonen, V., 2020, Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions, *Urban For. Urban Greening*, 49, 126633.
- McPherson, E. G., 1998 Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest, *J. Arboric.*, 24(4), 215-223.
- MOE (Ministry of Education), 2025, Local educational financial statistics information system, <https://www.eduinfo.go.kr/portal/theme/abolSchStatusPage.do>
- MODIS (Ministry of Data and Statistics), 2025, Population estimate and projection, [https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1009](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1009)
- MOIS (Ministry of the Interior and Safety), 2025, Report on guidelines for the utilization of closed school properties, Report, Sejong, Republic of Korea.

- Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn R. E., Lapoint E., 2013, Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States, *Environ. Pollut.*, 178, 229-236.
- Son, J. W., Ha, S. Y., 2013. Examining the influence of school forests on attitudes towards forest and aggression for elementary school students, *J. Korean Inst. For. Recreat.*, 17, 49-57.
- Vaccari, F. P., Gioli, B., Toscano, P., Perrone, C., 2013, Carbon dioxide balance assessment of the city of Florence (Italy), and implications for urban planning, *Landsc. Urban Plan.*, 120, 138-146.
- Yoder, B. J., Ryan, M. G., Waring, R. H., Schoettle, A. W., Kaufmann, M. R., 1994, Evidence of reduced photosynthetic rates in old trees, *Forest Science*, 40(3), 513-527.
- Yun, H. J., Byeon, J. S., Kim, I. H., 2008, A Study on the value analysis of school forest, *J. Korean Inst. Landsc. Archit.*, 36(3), 29-38.

- 
- Doctor's course. Park Hye-Mi  
Department of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University  
phm@kangwon.ac.kr
  - Undergraduate. Shim Minseok  
Department of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University  
sms7691@naver.com

- 
- Undergraduate. Lee, So-Hyun  
Department of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University  
laurenlee0920@gmail.com
  - Undergraduate. Lee, Jury  
Department of Ecological Landscape Architecture Design, Kangwon National University University  
julee777@kangwon.ac.kr