

해안식재지 수목의 탄소저장 및 흡수[†]

조현길*, 최성경**, 박혜미***, 심민석****, 김희년*****, 오주연*****, 인석호*****

*강원대학교 생태조경디자인학과 교수, **강원대학교 조경학과 석사, ***강원대학교 조경학과 박사, ****강원대학교 조경학과 석사과정,

*****한국수자원공사 공간경관처 팀장, *****한국수자원공사 공간경관처 차장, *****한국수자원공사 공간경관처 과장

1. 서론

온실가스 배출 증가는 전 세계의 심각한 환경문제로서 정책적 및 과학적 대책을 요구하는 상황이다. 이는 해수면 상승, 생물다양성 감소, 기상이변 등 지구의 물리적, 사회 및 환경시스템을 악화시키고 있다(WMO, 2022). 국제사회는 기후위기의 심각성을 당면하고, 이를 해결하기 위하여 다양한 국제협약을 추진해왔다. 전 세계 국가들은 신기후체제인 파리협정을 통해 국가별 온실가스 감축목표를 제출하고, 탄소배출을 저감하기 위한 다양한 노력을 수행해 오고 있다(UNFCCC, 2015). 그리고, 더 나아가 2050년 내지 2060년까지 탄소배출을 제로화하는 탄소중립을 선포한 바 있다.

수목식재는 온실가스 감축활동 및 탄소흡수원으로서 중요한 역할을 담당하고 있다(IPCC, 2006). 수목은 광합성을 통해 대기의 탄소를 흡수 및 저장한다. 수목의 탄소저감 효과는 동일한 지역이라도 그 녹지유형, 수목의 식재구조, 성장환경 및 생육상태에 따라 매우 상이하다. 최근 송산 그린시티, 부산 EDC 등 해안지역을 중심으로 대단위 도시개발 사업이 진행되고 있다. 해안지역은 염분, 해풍 등 특수한 성장환경에 기인하여 내륙지역과 수목의 식재구조 및 탄소저감 효과가 상이할 수 있다. 그러나, 해안식재지를 대상으로 수목의 탄소저감 효과를 구명하는 연구는 미진한 상황이다. 따라서, 본 연구는 국내의 주요 해안식재지를 대상으로 식재수목의 구조와 탄소저장 및 흡수를 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 대상지 선정 및 식재구조 조사

본 연구는 문헌연구(이경재 등, 2008; 인천발전연구원, 2009; 김도균, 2010), 전문가 자문, 예비답사 등을 기반으로 총 6개의 해안식재지를 조사 대상으로 선정하였다. 즉, 시공 후 5년 이상 경과되어 식재수목이 활착되고, 폭 10m 이상의 식재조사 방형구를 3개 이상 설치할 수 있는 일정면적의 식재지를 선별하되, 동해안, 서해안 및 남해안 지역배분을 고려하여 실제 대상지를 채택하였다. 상기 과정을 통해 선정된 대상지는 양양, 인천, 시흥, 안산, 부산 및 광양에 위치한 해안식재지이다.

그리고, 대상지별로 길이 20m 이상의 방형조사구를 3개소씩 설치하여, 조사구 내 분포하는 모든 식재수목의 수종, 수간직경, 수관폭, 수고 및 생육상태와 층위구조를 조사하였다. 생육상태는 수종별 고사율, 생장불량 개체비 등을 포함하며, 생장불량 여부는 수관, 수간, 가지, 엽 등 부위별로 구분하여 판단하였다. 생장불량 판단기준은 수관의 경우 주가지 고사 및 소실에 따른 수관 불균형, 수간은 부패 내지 공동(cavity) 발생, 가지는 고사지 발생이나 신초생장 불량, 엽은 엽장 왜소나 엽색 이상으로 각각 설정하였다. 상기 조사 결과는 대상지의 밀도, 피도, 중구성 등 그 식재구조와 탄소저장 및 흡수능을 계량화하는 데 적용하였다.

2.2 탄소저장 및 흡수 계량분석

해안식재지 수목의 탄소저장 및 흡수량은 도시수목을 대상으로 개발된 수종별 탄소저감 계량모델(조현길과 안태원, 2012; 조현길 등, 2013; 2014; 2019; Jo et al., 2019a; 조현길, 2020)을 각 수목에 적용하여 산정하였다. 계량모델을 적용할 수 없는 수종은 동일 속 또는 그룹의 모델을 대용하여 그들의 평균치를 산출하였다. 그리고, 각 수목의 탄소저감 산정치는 합산한 후 대상지별 조사면적과 연계하여, 단위면적당 탄소저장 및 흡수량으로 환산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 대상지 식재구조

해안식재지의 식재교목 밀도는 최소 3.5-최대 10.0주/100m²로서, 평균 6.6±1.0주/100m²이었다. 식재교목의 평균 흉고직경은 17.6±2.2cm로서, 흉고직경 분포비는 10-20cm 45%, 10cm 미만 35%, 20-30cm 16%, 30cm 초과 4% 등의 순이었다. 식재수목의 피도는 최소 20.7-최대 89.5%로서, 평균 57.0±12.1%이었다. 대상지별 교목의 수종수는 평균 3.6±0.6종이었으며, 총 수종수는 52종이었다. 상대우점치가 가장 높은 상위 5개 수종은 곰솔(*Pinus*

[†]본 연구는 한국수자원공사(K-Water)의 연구개발사업'(C5202319792)'의 지원에 의하여 이루어진 것임.

thunbergii) 39.6%, 이팝나무(*Chionanthus retusus*) 9.5%, 느티나무(*Zelkova serrata*) 5.4%, 왕벚나무(*Prunus yedoensis*) 4.8%, 산철쭉(*Rhododendron yedoense*) 4.1% 등의 순이었다. 대상지 식재수목의 생육상태를 분석한 결과, 총 식재수목의 약 1.5%가 고사한 것으로 나타났다. 주요 고사수종은 산수유, 이팝나무, 메타세쿼이아 등이었다. 식재수목의 부위별 성장불량 개체비는 수관 5.8%, 수간 0.9%, 가지 0.4%, 엽 5.2%이었으며, 그 개체비가 높은 수종은 산수유, 이팝나무 등이었다. 연구대상지의 층위구조는 대부분 단층구조로서 상, 중 및 하층으로 구성된 다층구조는 전체의 16.6%에 불과하였다.

3.2 탄소 저감효과

해안식재지 수목의 단위면적당 탄소저장량은 최소 13.1-최대 104.9t/ha로서, 평균 49.5±15.1t/ha이었고, 탄소흡수량은 최소 1.8-최대 8.7t/ha/년으로서 평균 4.7±1.2t/ha/년이었다. 해안식재지의 탄소저장 및 흡수량은 대상지에 따라 최대 8.0배의 차이를 보였다. 단위면적당 탄소저장 및 흡수량은 수목의 식재규격이 클수록, 유사한 규격이라도 밀도가 높을수록, 다층구조에서 단층구조보다 더 많은 경향을 보였다. 선행연구에 따르면 서울시 도시공원의 단위면적당 탄소저장 및 흡수량은 각각 38.5t/ha 및 3.5t/ha/년으로 보고된다(Jo et al., 2019b). 본 해안식재지의 탄소저장 및 흡수는 기존 연구의 산정치보다 다소 많았는데, 이 결과 역시 식재수목의 규격, 밀도, 층위구조의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 국내 해안식재지를 대상으로 현장실사를 통해 수목의 식재구조와 탄소저장 및 흡수량을 분석하였다. 해안식재지의 수목피도는 약 57.0%이었으며, 층위구조는 대부분 단층구조가 우점하는 것으로 나타났다. 단위면적당 탄소저장 및 흡수량은 각각 49.5±15.1t/ha 및 4.7±1.2t/ha/년이었으며, 대상지별 탄소저감 효과는 그 식재구조에 따라 큰 편차를 보였다. 향후 조사 대상지의 표본수 추가와 토양의 탄소저감 효과를 비롯한 보강 연구를 통해, 해안식재지의 탄소저장 및 흡수 산정을 고도화하고, 최적 디자인 및 관리방안을 모색할 필요가 있다.

참고문헌

1. 김도균(2010) 한국 서해안의 내염성 및 내조성 자생수종. 한국환경생태학회지 24(2): 209-221.
2. 이경재, 한봉호, 박현애, 최진우(2008) 해안 매립도시 완충녹지 조성현황과 기능향상을 위한 식재방안-안산시 완충녹지를 사례로. 한국환경생태학회지 22(6): 691-706.
3. 인천발전연구원(2009) 인천지역 해안매립지 적정 수종 선정.
4. 조현길(2001) 식생의 CO₂ 흡수 및 대기정화능 평가지표, 지속가능한 개발을 위한 생태계 지표 개발. 환경부.
5. 조현길(2020) 신기후체제 대응을 위한 생활권 도시림의 탄소흡수원과 다원편의 증진을 위한 조성·관리·평가모델 및 기술개발. 산림청 보고서.
6. 조현길, 김승호, 박혜미, 김진영(2019) 남부지방 조경수종의 탄소저감 계량모델-동백나무, 배롱나무 및 가시나무를 대상으로. 한국조경학회지 47(3): 31-38.
7. 조현길, 김진영, 박혜미(2013) 도시 상록 조경수의 탄소저장 및 흡수-소나무와 잣나무를 대상으로. 한국환경생태학회지 27(5): 571-578.
8. 조현길, 김진영, 박혜미(2014) 도시 조경수의 탄소저감 효과와 계량모델 개발. 한국조경학회지 42(5): 13-21.
9. 조현길, 박혜미(2017) 조경수목의 수령에 따른 생물량과 탄소흡수량 변화. 한국조경학회지 45(5): 97-104.
10. 조현길, 안태원(2001) 도시 침엽수에 의한 연간 CO₂ 흡수 및 대기정화-소나무와 잣나무를 대상으로. 한국환경생태학회지 15(2): 118-124.
11. 조현길, 안태원(2012) 도시 낙엽성 조경수종의 탄소저장 및 흡수. 한국조경학회지 40(5): 160-168.
12. 조현길, 조동하(1998) 도시 주요 조경수종의 연간 CO₂ 흡수. 한국조경학회지 26(2): 38-53.
13. 청와대(2021) 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안.
14. IPCC(2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas. Institute for Global Environmental Strategies.
15. Jo, H. K. and T. W. Ahn(2013) Evaluation of CO₂ storage and uptake by forest landscapes in the middle region of Korea. Journal of Environmental Science International 22(2): 139-149.
16. Jo, H. K., J. Y. Kim and H. M. Park(2019a) Carbon reduction services of evergreen broadleaved landscape trees in southern Korea-For *Ilex rotunda* and *Machilus thunbergii*. Journal of Forest and Environmental Science 35(4): 240-247.
17. Jo, H. K., J. Y. Kim and H. M. Park(2019b) Carbon reduction and planning strategies for urban parks in Seoul. Urban Forestry & Urban Greening 41: 48-54.
18. Nowak, D. J., E. J. Greenfield, R. E. Hoehn and E. Lapoint(2013) Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental Pollution 178: 229-236.
19. UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)(2015) Greenhouse Gas Bulletin No. 13.
20. WMO(World Meteorological Organization)(2022) State of the Global Climate. Report.