

수목의 CO₂ 흡수 및 대기정화 가치

Tree Values of CO₂ Uptake and Atmospheric Purification

강원대학교 건축·조경학부*

강원대학교 대학원**

조현길*, 안태원**, 김성훈**

I. 연구목적

수목은 광합성 과정에서 온실가스인 CO₂를 비롯하여 SO₂, NO₂ 등 가스상 오염물질을 흡수하여 그들의 대기농도를 낮추고, 인간의 호흡에 필요한 O₂를 방출하면서 신선한 공기를 제공한다. 수목의 이러한 대기정화 역할은 여지껏 실험적, 생리적 등 다양한 각도에서 연구되어 온 것이 사실이나, 도심지와 자연지의 성장환경별, 수종별 단목(單木) 레벨에서 연간 대기정화능 및 경제가치를 구명한 국내 연구는 흔치 않다. 수목의 대기정화 가치에 관한 정보구축은 도시내 미흡한 수목식재의 필요성과 개발로부터의 삼림수목 보전의 중요성을 홍보하는데 일조할 수 있다. 본 연구의 목적은 도시와 자연지의 식생경관을 구성하는 대표적인 수종을 선정하여, 성장에 따른 단목의 CO₂, SO₂, NO₂ 흡수 및 O₂ 생산능과 그 경제가치를 계량화하는 것이었다.

II. 연구방법

1. 연구대상수종

도시수목으로서는 상록수종인 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*) 등과 낙엽수종인 은행나무(*Ginkgo biloba*), 느티나무(*Zelkova serrata*), 단풍나무(*Acer palmatum*) 등 총 5종을 선정하였다. 삼림수목으로서는 도시수목의 경우와 동일한 2종의 상록수 외에 낙엽수로서 신갈나무(*Quercus mongolica*)를 포함한 총 3종을 대상으로 하였다.

2. 월별 CO₂ 교환율의 측정

운반형 적외선가스분석기(LI-COR의 LI-6400)를 이용하여, 생장기간 중 (1999-2000년) 매월 수종별 단위시간 및 단위엽면적당 CO₂ 교환율(흡수 및 호흡)을 자연상태하에서 측정하였다. 아울러, 그 교환율에 영향을 미치는 환경변수들을 측정하여 환경변화에 따른 계절별 CO₂ 교환율을 추정하는 회귀식을 유도하였다. 단위시간당 CO₂ 교환율에 비가 내린 날을 제외한 해당 월의 일수와 평균 일장 및 야장시간을 곱하여 월별 단위엽면적당 CO₂ 흡수 및 호흡량을 산정하였다. 도시 낙엽수 3종에 의한 CO₂ 교환율은 기존연구 결과(조현길과 조동하, 1998)를 활용하여 파악되었다.

3. 연간 대기정화 가치의 산정

수종별 단목의 생장에 따른 연간 CO₂, SO₂ 및 NO₂ 흡수를 아래와 같은 수리에 근거하여 각각 계량화하였다. 연간 O₂ 생산량은 광합성 수식에 입각하여 흡수한 CO₂량에 0.7273을 곱하여 산정되었다.

연간 CO₂ 흡수량=(가을 총엽면적×단위엽면적당 연간 CO₂ 순흡수량×월별 엽면적 변화를 반영한 보정계수)-(총가지중량×단위가지중량당 비동화기관의 연간 호흡량)

연간 SO₂ 또는 NO₂ 흡수량=(가을 총엽면적×단위엽면적당 연간 CO₂ 총흡수량×월별 엽면적 변화를 반영한 보정계수)×CO₂와 SO₂ 또는 NO₂ 간 단위체적 및 농도당 중량의 흡수속도비×(SO₂ 또는 NO₂의 대기농도/CO₂의 대기 농도)

Plant Canopy Analyzer(LI-COR의 LAI-2000)를 이용하여 가을에 수종별 약 30개체의 엽면적을 측정 후, 단목의 총엽면적을 추정하는 회귀식을 유도하였다. 그리고, 매월 중순 일부 수목(수종별 3개체)의 수관체적 및 엽면적을 측정하여 연간 CO₂ 흡수량 산정에 월별 엽면적 변화를 반영하는 보정계수를 구하였다. 이러한 과정은 월별 엽면적 측정의 번거로움을 덜면서 연간 CO₂ 흡수를 계량화하는 활용 용이한 방정식을 마련하기 위함이었다. 계절별(5, 7, 10월) 가지의 단위중량당 호흡량을 운반형 적외선가스분석기로 현지에서 실측하였다. 그리고, 가지호흡량과 수목기관간

호흡량비에 근거하여 줄기, 뿌리 등 비동화기관의 연간 호흡량을 추정하였다. 연간 SO₂ 및 NO₂ 흡수량 산정에서, 대기 CO₂ 농도는 춘천시에서의 계절별 실측치를, SO₂ 및 NO₂의 대기농도는 경기도 14개시(수원, 부천, 평택 등)의 계절별 평균치를 각각 적용하였다.

수목의 연간 흡수량은 CO₂ 약 50만원/t, SO₂ 200만원/t, NO₂ 500만원/t 등의 처리 또는 저감비용(California Energy Commission, 1992; 임업연구원, 1997; 에너지경제연구원, 1999)을 가정하여 경제가치로 전환하였다. 연간 O₂ 생산의 경제가치는 O₂ 제조원가인 약 30만원/t(임업연구원, 1997)에 근거하여 산출되었다.

III. 연구결과

수관레블의 계절별 CO₂ 흡수량은 대체로 여름철에 많고 온도가 상대적으로 낮은 초봄과 늦가을에 가장 적은 경향을 나타냈다. 여름철, 단위엽면적당 CO₂ 흡수량은 최대 은행나무 12mg/dm²/h, 신갈나무 9mg/dm²/h로서 소나무 및 잣나무보다 많았다($p < 0.01$). 소나무와 잣나무의 성장기간 중 단위엽면적당 CO₂ 흡수량은 삼림수목이 도시수목보다 더 많았다($p < 0.01$). 야간 호흡량은 수종간 큰 차이없이 전 성장기간에 걸쳐 2mg/dm²/h 이하이었다.

단목의 총엽면적은 동일 흉고직경하에서 낙엽수가 상록수보다, 도시수목이 삼림수목보다 더 큰 것으로 나타났다. 예를 들면, 흉고직경 20cm인 경우 도시 소나무의 엽면적(63m²)은 자연지 소나무(47m²)보다 약 1.3배 컸다. 그 이유는 도시수목은 삼림수목보다 인접 개체와의 경합이 적어, 수관하부까지 광량조건이 양호하여 낙엽은 적고 수관이 크기 때문인 것으로 판단된다.

가지의 단위중량당 호흡량은 계절에 따라 소나무 0.06-0.13mgCO₂/g/h, 신갈나무 0.08-0.18mgCO₂/g/h이었다. 가지 호흡량은 봄 및 가을보다 온도가 상대적으로 높은 여름에 대체로 더 많았고, 여름의 경우 신갈나무가 소나무보다 더 많았다($p < 0.05$).

단목레블에서 수종별 성장에 따른 연간 CO₂ 흡수 및 대기정화 가치는

총엽면적의 경향과 같이 낙엽수가 상록수보다, 도시수목이 삼림수목보다 더 높았다(단위면적당 가치는 도시수목이 밀도차이로 삼림수목보다 적을 것임). 상록수의 경우, 잣나무의 대기정화 가치가 소나무보다 높은 것으로 분석되었다. 흉고직경 20cm인 경우, 소나무의 연간 CO₂ 흡수 및 O₂ 생산량은 각각 삼림수목 26kg/주/yr 및 19kg/주/yr, 도시수목 30kg/주/yr 및 22kg/주/yr이었다. 잣나무의 CO₂ 흡수 및 O₂ 생산량은 각각 삼림수목 32kg/주/yr 및 24kg/주/yr, 도시수목 36kg/주/yr 및 26kg/주/yr이었다. 동일 직경의 자연지 신갈나무는 도시 잣나무와 유사한 연간 CO₂ 흡수 및 O₂ 생산량을 보였다. 은행나무, 느티나무, 단풍나무 등 도시 낙엽수 3종은 평균적으로 신갈나무보다 약 1.6배 많은 58kg/주/yr의 CO₂를 흡수하고 42kg/주/yr의 O₂를 생산하였다. 흉고직경 20cm인 도시 잣나무 1주는 해마다 약 165km의 자동차 운행으로부터 배출되는 CO₂를 흡수하고, 시민 1인이 해마다 필요로 하는 산소량의 약 10%를 생산하는 셈이었다.

소나무의 연간 SO₂ 및 NO₂ 흡수량은 흉고직경 20cm인 경우 각각 삼림수목 16g/주/yr 및 32g/주/yr, 도시수목 17g/주/yr 및 35g/주/yr이었다. 잣나무의 SO₂ 및 NO₂ 흡수량은 각각 삼림수목 18g/주/yr 및 36g/주/yr, 도시수목 20g/주/yr 및 41g/주/yr이었다. 동일 직경의 자연지 신갈나무는 도시 잣나무보다 연간 약 1.4배 많은 SO₂ 및 NO₂ 흡수량을 나타냈다. 도시 낙엽수 3종은 평균적으로 신갈나무보다 약 1.8배 많은 48g/주/yr의 SO₂와 98g/주/yr의 NO₂를 흡수하였다. 흉고직경 20cm인 수목 1주의 CO₂, SO₂, NO₂ 흡수 및 O₂ 생산과 관련된 연간 대기정화 경제가치는 도시수목의 경우 소나무 22,000원, 잣나무 26,000원, 낙엽수 42,000원이었고, 삼림수목의 경우 소나무 19,000원, 잣나무 23,500원, 신갈나무 26,000원이었다.