

4C2) 침엽수(잣나무)로부터 배출되는 봄철 자연VOC (NVOC) 배출속도와 모노테르펜 구성비에 관한 연구

A Study on the Emission Rates and Composition Rates of Monoterpene for Conifer(*Pinus koraiensis*) in Spring

김기준 · 김조천 · 선우영 · 임용재 · 김지용 · 홍지형¹⁾

건국대학교 환경공학과, ¹⁾국립환경연구원 대기공학과

1. 서 론

대기 중 오존 농도 감소를 위하여 인위적인 VOC 규제 등의 많은 노력에도 불구하고 주요 도시의 대기 중 오존농도는 해마다 높아져 오존주의보 발령일수가 증가추세에 있다(환경부, 2001). 이러한 원인으로 자연적으로 배출되는 VOC(NVOC)양이 인위적인 VOC 배출량을 초과한다는 연구 결과(Guenther et al., 1995)를 들 수 있다. 특히, 우리나라는 전국토의 65%가 산림이고, 그 중에서 침엽수림이 44.7%에 이르고 있다. 침엽수로부터 배출되는 일부 모노테르펜(Monoterpene)의 경우 OH 라디칼과의 반응상수가 매우 크므로 도시 대기 중의 광화학스모그 오염에 큰 영향을 미칠 가능성이 있다. 이러한 이유로 우리나라에서도 침엽수로부터 배출되는 대표적인 NVOC인 모노테르펜에 대한 관심이 점점 커지고 있다. 본 연구진은 침엽수 중에서 가장 많은 양을 차지하고 있는 소나무(*Pinus densiflora*) 및 리기다소나무(*Pinus rigida* Mill)와 낙엽송(*Larix leptolepis*)에 대하여도 연구를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 이들 침엽수와 함께 상당부분 식재 되어 있는 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb. & Zucc.)를 선정하여 NVOC의 배출속도(Emission Rate; ER)와 물질구성비에 대하여 고찰하였다.

2. 연구 방법

자연에서 배출되는 NVOC 시료를 샘플링하기 위한 방법으로 semi-static enclosures나 dynamic flow-through chamber 등이 사용되어 왔다. 본 연구에서는 기존 방법의 문제점을 보완한 enclosure chamber system이 이용되었고, 실험에 앞서 chamber내의 NVOC의 혼합현상과 평형농도에 도달되는 시간을 알아보기 위한 실험이 수행되었다. 또한, Zero air system과 vacuum pump가 사용되었고, 모든 유량 조절에는 MFC가 사용되었다. 시료 흡착에 의해 얻어진 샘플트랩(Sample Trap)은 현장에서 저온(4℃ 이하) 저장하여 실험실로 운반되었으며, 정성분석을 위하여 Cryogenic system인 자동열탈착장치(Tekmar 6000)와 GC/MSD(HP6890/HP5973) 시스템이 동시에 이용되었다. 정량분석을 위하여 또 다른 자동열탈착장치(Tekmar 6000)와 연결된 GC/FID(HP5890) 시스템이 사용되었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에는 2004년 봄철에 남한강 유역 일대에서 수행된 잣나무의 배출속도 측정 결과가 나타나 있다. 침엽수에서 배출되는 모노테르펜은 온도에 민감한 반응을 보이는 것으로 알려져 있다. 온도와 배출속도와의 관계를 Tingey(1980)가 제안한 식에 의해 표현한 결과, 기울기 값인 β 값은 0.263 이었고 이때 시료수 17개에 대하여 결정계수(r^2)는 0.786로 높게 나타났다. 30℃ 표준상태에서의 배출속도(Standard Emission Rate; ERs)를 산출한 결과 0.131 ($\mu\text{gC/gdw/hr}$)로 나타났다. 지금까지 연구된 4가지 침엽수 수종에 대하여 봄철 ERs를 비교해보면, 소나무가 1.76 ($\mu\text{gC/gdw/hr}$)으로 가장 높았고 리기다가 1.25 ($\mu\text{gC/gdw/hr}$), 낙엽송이 0.45 ($\mu\text{gC/gdw/hr}$)로 나타났으며, 잣나무는 0.13($\mu\text{gC/gdw/hr}$)으로 가장 낮게 나타났다.

그림 2에는 잣나무로부터 배출되는 모노테르펜의 물질구성비가 그래프로 나타나 있다. 잣나무는 주로 α -pinene, d-limonene, α -terpinene이 주요하게 나타났으며, β -pinene, camphene, β -phellendrene, γ -terpinene 등이 나타났다. 배출되는 모노테르펜 중에서 α -pinene이 24%로 가장 많은 양이 배출되었고, d-limonene과 α -terpinene이 각각 20%, myrcene이 14%가 배출되어 이들 물질이 전체의 80%를

차지하였다. 기존 연구에서 소나무의 물질구성비 결과에서는 α -pinene, myrcene, β -phellandrene이 전체의 80%로 주요한 구성 물질로 조사된 바 있다. 잣나무 연구결과에서 소나무 결과와 유사하게 α -pinene이 많은 양으로 배출되었으나, 다른 물질의 구성비에는 차이를 나타내었다. 잣나무의 배출속도 측정 연구는 여름철에도 수행되었으며 현재 이들 결과를 정리 중에 있다. 차후 좀더 많은 연구 결과를 바탕으로 잣나무에 대한 배출속도 평가가 필요할 것으로 판단된다.

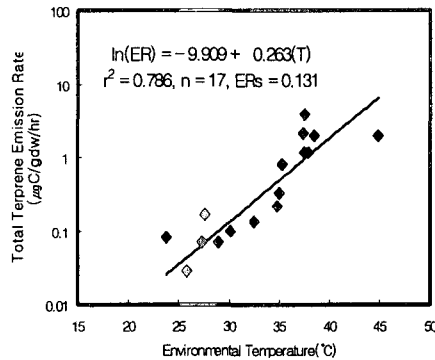


Fig. 1. Emission rate of total monoterpenes for *P. koraiensis* Sieb. & Zucc. in spring.

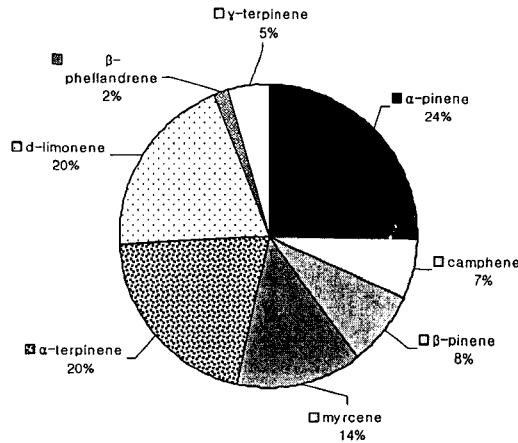


Fig. 2. Composition of monoterpenes by species in spring.

사 사

본 연구는 환경부의 "차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)"으로 지원받은 과제입니다.

참 고 문 헌

- Jo-Chun Kim (2001) Factors controlling natural VOC emissions in a southeastern US pine forest. Atmospheric Environment. 25, 2379-3292.
- Guenther, A., Hewitt, C.N., Erickson, D., Fall, R., Beron, C., et al. (1995) A global model of natural volatile organic compound emissions. J. of Geophysical Research. 98, 12609-12617.