

2B3) 실내용 카펫에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 생물학적 영향

Biological Effects of Volatile Organic Compounds from the Carpet as Assessed by the Trad-MCN Assay

김진규 · 신해식¹⁾ · 이진홍²⁾

한국원자력연구소, ¹⁾한국화학연구원, ²⁾충남대학교 환경공학과

1. 서 론

최근 실내 건축자재에서 다양한 오염원이 방출되며 이로 인한 호흡기 및 피부질환이 보고되는 사례가 늘고 있다. 이 중 휘발성 유기화합물 (VOCs)은 기관계를 통한 흡입성 노출 뿐 아니라 피부를 통해 흡수되기 용이하기 때문에 여러 질환의 원인으로 추정되고 있다. 특히 체내에 흡수된 후에도 중추신경 등 주요기관을 영향을 주며 호흡을 통한 만성적 중독이 빈번한 것으로 알려져 있다 (Monarca *et al.*, 1999 and 2001). 이 물질들은 실내 건축자재인 가구, 벽지, 타일, 장판, 카펫, 석면 등 에서 배출되는 환경오염 물질로 두통, 피로, 호흡 곤란, 천식 비염, 피부염 등의 증상이 나타나며, 특히 접착제, 페인트 등에는 유사한 발암물질이 다량 포함되어 있다 (Kim *et al.*, 2003). 그러나 실내 건축자재에서 유발되는 오염원의 정확한 종류 및 농도에 관련한 연구는 아직 미흡한 상태이며, 이 유해성 유기화합물의 생물학적 위해 지표 또한 분석되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 카펫에서 방출되는 휘발성 유기화합물의 농도와 종류를 분석하고 돌연변이원과 발암원에 민감한 자주달개비 미세핵 분석법을 이용하여 유기화합물의 생물학적 영향을 평가하였다.

2. 연구 방법

실험용 식물체는 돌연변이원에 민감하게 반응하면서도 자발돌연변이율이 낮은 *Tradescantia* BNL 4430 클론을 사용하였다 (Kim *et al.*, 1999). 실험용 식물체는 적어도 15개 정도의 꽃봉오리를 가지고 있는 꽃차례를 절취한 다음 15개의 꽃차례를 동일 실험군으로 사용하였다. 환경용 챔버 (48 l)를 이용하여 카펫과 자주달개비를 온도 25°C, 상대습도 55% 하에서 24시간 노출하였다. 환경용 챔버내에서 400 mg의 Tenax TA 흡착제가 충전된 스테인레스강 흡착관으로 일정 유속으로 설정된 펌프로 시료를 채취하였다. 자주달개비는 노출 후 24시간의 회복시간을 부여하고 이 후 고정·저장하였다. 실내 작업장 시료의 정성 및 정량을 위해서 질량분석기 (MS)가 장착된 Finnigan GCQ (GC)를 이용하여 분석을 수행하였다. 전자이온화 (EI) 모드에서 70 eV로 시료를 이온화하였고, 이동상 기체로는 헬륨을 사용하였다. 실험군별로 5~10개의 슬라이드 표본을 제작하고, 하나의 슬라이드에서 약 300개 이상의 4분자 염색체를 현미경 하에서 검정하여 100 사분자 당 미세핵 숫자 (MCN/100 tetrads)를 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

카펫에서 방출되는 휘발성 유기화합물을 흡착관을 이용하여 채취한 후 화학적 분석을 한 결과 다양한 독성 유기화합물이 검출되었으며, 특히 톨루엔($49.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)과 스티렌($71.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)이 다른 화합물에 비하여 높은 농도를 나타내었다 (표 1). 자주달개비 식물체에 있어서 미세핵의 자연발생 빈도는 최대 4 MCN/100 tetrads이다. 식물체를 1 ppm의 TO-14에 2시간 노출하였을 때의 미세핵 생성률은 자연발생 빈도와 비슷한 수준이었으나 4시간 노출시킨 결과는 7.31 ± 0.70 MCN/100 tetrads로 대조군에 비해 유의한 차이를 나타내었다. 한편, 환경 챔버에서 카펫에 12시간 노출시킨 실험군의 경우 7.73 ± 0.75 MCN/100 tetrads의 미세핵 빈도를 나타내었다 (그림 1). 카펫에서 방출되는 유해한 휘발성 유기화합물이 자주달개비의 화분모세포에 복합적으로 작용하여 자주달개비의 미세핵 생성률을 증가시킨 것으로 판단된다. 즉 카펫의 휘발성 유기화합물에 노출된 자주달개비의 화분모세포에서는 대조군과 비교해 볼 때 유발된 미

세핵의 수가 유의하게 증가하였다. TO-14 표준혼합가스 (4시간 노출)는 카펫시료의 경우와 동일하게 미세핵의 증가를 유발하였다. 본 연구를 통해 카펫에서 방출되는 휘발성 유기화합물에는 톨루엔과 스틸렌 함량이 높은 것으로 분석되었으며, 이러한 화합물들은 자주달개비 화분모세포에 대해서 유전독성을 나타내었다.

Table 1. VOCs from the carpet sample by ATD 400 thermal desorber GC/MS analysis

VOCs	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VOCs	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Trichloroethylene	7.0	Toluene	49.6
Tetrachloroethylene	10.6	ethylbenzene	11.7
<i>m,p</i> -xylene	12.5	styrene	71.9
<i>o</i> -xylene	11.3	1,3,5-trimbz	10.4
1,2,4-trimbz	16.1	<i>nr</i> -dichlorobz	12.1
<i>p</i> -dichlorobz	13.0	<i>o</i> -dichlorobz	11.9

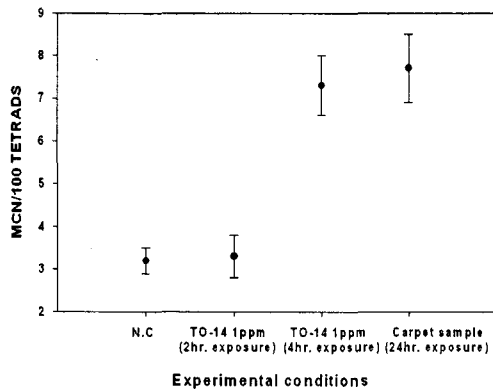


Fig. 1. The micronucleus frequencies in the pollen mother cells of *Tradescantia* BNL 4430 clone after exposure to the standard gas and VOCs from the carpet sample.

참 고 문 헌

- JK Kim, HS Shin, JH Lee and A Cebulska-Wasilewska (2003) 「Detection of Environmental Mutagen with *Tradescantia* Micronucleus Assay and Chemical Analysis」 *In: Bioassays in Plant Cells for Improvement of Ecosystem and Human Health*, pp.61~74.
- JK Kim, HS Song and SH Hyun (1999) Dose-response relationship of micronucleus frequency in pollen mother cells of *Tradescantia*, *J. Kor. Assoc. Radiat. Prot.*, Vol. 24, 187~192.
- S. Monarca, D. Feretti, A. Zanardini, E. Falistocco and C. Nardi (1999) Monitoring of mutagens in urban air samples, *Mutat. Res.*, Vol. 426, 189~192.
- S. Monarca, D. Feretti, A. Zanardini, M. Moretti, M. Villarini, B. Spiegelhalder, I. Zerbini, U. Gelatti and E. Lebbolo (2001) Monitoring airborne genotoxicants in the rubber industry using genotoxicity tests and chemical analyses, *Mutat. Res.*, Vol. 490, 159~169.