

4A1) 실내 작업환경중 휘발성 유기화학물질이 자주달개비 미세핵생성률에 미치는 영향 Effects of Volatile Organic Compounds exposed at Working Environment on the Micronucleus Frequencies in *Tradescantia* Pollen Mother Cells

신혜식¹⁾ · 김진규 · 이진홍¹⁾ · 이재환²⁾ · 이정주³⁾

한국원자력연구소, ¹⁾충남대학교 환경공학과, ²⁾연세대학교 화학과, ³⁾용인대학교
환경보건학과

1. 서론

휘발성 유기화학물질 (VOCs)이 인체의 건강에 미치는 영향은 아직까지도 명확하게 밝혀진 않았지만 대부분의 물질이 재질자에게 자극과 불쾌감을 유발하며, 여러 종류의 발암성 물질을 포함하고 있는 것으로 알려지고 있다. 휘발성 유기화학물질 중에서 80% 정도가 인체의 호흡기관을 자극하고 눈의 통증이나 자극을 유발하며, 이 중에서 25% 정도는 발암성 물질로 파악되고 있다. 이러한 물질이 비록 낮은 농도로 실내에 존재할지라도 대부분의 시간을 생활하는 근로자에게 실내 작업환경에 대한 불만족 요소로 작용할 뿐만 아니라 건강에도 직접적으로 나쁜 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 청주 공단지역에 위치한 화학공장을 대상으로 하여 실내 작업환경 중 발생하는 VOCs 물질의 종류와 특성을 파악하고, 동시에 VOCs 물질에 포함된 발암성 물질 및 돌연변이원에 대한 위해성 평가의 한 방법으로서 자주달개비 (*Tradescantia* BNL 4430) 미세핵분석법 (*Tradescantia*-micronucleus Method ; Trad-MCN, Ma *et al.*, 1984; 신등, 1997, Kim *et al.*, 1999)을 제시하고자 하였다.

2. 연구 방법

화학공장의 실내 작업환경 2곳과 실외 대기조건 1곳에서 수행하였다. VOCs 물질의 흡착채취 및 자주달개비의 노출처리를 동시에 실시하였다. 흡착조건은 2시간 동안 일정유량으로 충전제 (Tenax TA 400 mg)에 흡착하였으며, 흡착시간의 온도는 25℃, 상대습도는 55%이었다. 시료채취조건에 의해 흡착관에 흡착된 VOCs 물질의 분석은 자동열탈착장치 (ATD 400, Perkin-Elmer, UK)가 장착된 GS/MSD (GCQ, Finnigan, USA)를 이용하여 분석하였다. 이때 사용한 컬럼은 SPB-1 (60 m x 0.32 mm x 1μm, Supelco)으로 초기온도를 40℃에서 최종온도를 250℃까지 올렸다. 실험용 식물체는 온실에서 생육된 *Tradescantia* BNL 4430 클론을 절취하여 VOCs 물질의 흡착시간에 맞추어 2시간 동안 노출하였다. 노출 후 24시간의 회복시간을 부여한 고정, 저장을 하였으며 미세핵 생성률은 100 사분자당 미세핵의 숫자로 표시하였다.

3. 결과 및 고찰

실내 작업환경 중 VOCs 물질에 대한 화학적인 분석결과 독성 물질로 알려진 다양한 오염물질이 분석되었다. 실내 작업장과 대기중에서 흡착한 실험군 모두에서 톨루엔을 제외한 VOCs 물질의 농도가 유사한 경향을 나타내었다. 실내의 작업환경에서는 VOCs 물질중 발암물질로 알려진 톨루엔의 농도가 대기의 농도와 비교하여 4~6배 높게 나타났다 (표 1). 화학공장의 특성상 톨루엔의 사용으로 인한 영향으로 판단된다. 화학공장의 VOCs 물질의 주요한 오염물질은 톨루엔이며, 톨루엔은 발암물질로 분류되어 있어 장기간의 노출시 근로자에게 유해한 인자로 작용할 것으로 판단된다. VOCs 물질에 노출한 자주달개비 화분모세포의 미세핵분석법을 통한 분석결과 대기중에 노출한 대조군과 실내 작업환경중에 노출한 처리실험군은 유의성있는 차이를 나타내었다. 화학공장 옥상의 대기중에서 노출한 대조군의 경우는 2.87±0.31의 값을 나타낸 반면 실내 작업장의 경우는 5.27±0.46 (Site : 6, $p < 0.01$), 6.40±0.24 (Site : 7, $p < 0.001$)로 통계적으로 유의성 있는 값을 나타내었다 (그림 1).

Table 1. Duplicate analytical precision for detected VOCs in chemical workplace air

Site of Collection VOCs	Outdoor($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Site 6($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Site 7($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Toluene	340.1 \pm 25.6	1368.3 \pm 99.5	1976 \pm 146.3
m,p-xylene	5.4 \pm 0.5	10.2 \pm 0.2	13.5 \pm 0.2
Trichloroethylene	1.9 \pm 0.2	4.2 \pm 0.5	2.1 \pm 0.2
Ethylbenzene	4.4 \pm 0.4	12.0 \pm 0.5	12.1 \pm 0.4
Styrene	1.6 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2
1,3,5-trimbz	1.3 \pm 0.1	1.7 \pm 0.1	1.7 \pm 0.1

대기중에서 노출한 대조군의 경우 자연적으로 발생하는 수준 (최대 4 MCN/100 tetrads)과 유사한 돌연변이율을 나타낸 반면, 화학적 분석에 의하면 톨루엔의 농도변화가 가장 두드러졌으며, 6번 지점보다 7번 지점에서 톨루엔의 농도가 높게 나타났다 (표 1). 자주달개비 미세핵분석의 결과값이 다른 VOCs 물질보다 톨루엔의 농도경향에 따르고 있음을 확인하였다 (Ma *et al*, 1996), (그림 1).

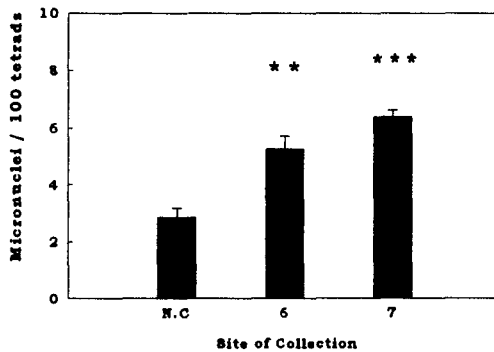


Fig. 1. Effect of VOCs from job sites on the micronucleus frequencies in *Tradescantia* pollen mother cells. (N.C; Control (Outdoor), 6; Site 6 (indoor), 7; Site 7 (indoor))

; $p < 0.01$, *; $p < 0.001$

자주달개비 미세핵 분석법 (Trad-MCN)을 이용하면 실내 작업환경 중 독성을 가진 VOCs 물질에 대한 감시를 위한 생물학적 평가방법으로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 생각한다. 앞으로 실내 작업환경에 근무하는 근로자에 대한 안전을 위하여 VOCs 물질에 대한 보다 세밀한 생물학적 영향에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Ma, T. H., Harris, M. M., Anderson, V. A., Ahmed, I., Mohammad, K., Bare, J.K. and Lin, G., (1984) *Tradescantia*-Micronucleus(Trad-MCN)tests on 140 health related agents. *Mutation Res.*,138: 157-167
- Ma, T. H., Xu, C., Liao, S., McConnell, H., Jeong, B. S., Won, C.D., (1996) In situ minitoring with the *Tradescantia* bioassays on the geotoxicity of gaseous emissions from a closed landfill site and an incinerator. *Mutation Res.*, 359: 39-52
- 신해식, 이정주, 김진규,(1997). 환경오염 검지를 위한 자주달개비 미세핵 분석법, 제22회 보건학종합학술대회,논문집, p.171, 1997. 12. 5, 용인대학교, 용인
- Kim, J.K., Sung, H.S. and Hyun, S.H.,(1999) Dose-response relationship of micronucleus frequency in pollen mother cells of *Tradescantia*, *J.Kor. Assoc. Radiat. Prot.* 24:187-192