

이온화 방사선과 수은에 의한 *Eisenia fetida*의 유전독성 평가

류 태 호¹ · 안 광 국² · 김 진 규^{1,*}

¹한국원자력연구원 방사선과학연구소

²충남대학교 생명시스템과학대학

E-mail: jkkim@kaeri.re.kr

중심어 : 이온화 방사선, 수은, 줄지렁이, Comet assay

서 론

이온화 방사선은 가시광선보다 짧은 파장과 높은 에너지를 지니고 있기 때문에, 생물이 이온화 방사선에 노출되면 세포의 구조가 파괴되어 생체 기능이 손상되는 결과를 가져올 수 있다. 일정 수준까지의 이온화 방사선 피폭에 따른 손상은 생체 내 다양한 방어 기작에 의해 방어되고 복구되지만, 방어 수준을 초과한 이온화 방사선 피폭은 생체에 크고 작은 손상을 주게 된다. 한편 수은은 강한 독성을 지닌 중금속으로서 먹이사슬 등의 경로를 거쳐 체내 축적되어 중추신경계 및 간, 신장 등에 심각한 장애를 일으킨다.

Eisenia fetida (줄지렁이)는 각종 화학물질 등의 독성 시험에 주로 이용되는 생물종으로서, 토양 표층에 서식하는 무척추 동물이다. 국내 · 외에서는 이미 지렁이를 이용하여 각종 외인성 유해물질의 독성 평가를 진행하고 있으며, 국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 지렁이를 이용하여 방사선의 생태학적 영향을 연구하도록 권고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 *E. fetida*에 이온화 방사선과 수은을 각각 또는 함께 처리하여, 생물의 체내에서 일어나는 유전독성을 평가하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

*E. fetida*는 인공 배양토 (배양토 : 왕겨 : 우분, 6 : 3 : 1)에 실내 온도 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 5\%$ 를 유

지시켜 실험실에서 사육하였다.

실험은 중량이 300 ~ 600 mg으로 환대가 잘 발달된 성체만을 선택해 사용하였으며, 방사선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소의 ^{60}Co 감마선원 (선원강도, 7.4 PBq)을 이용하여 0 ~ 50 Gy의 선량 범위로 수행하였다. 수은 노출 시험은 0 ~ 160 mg/kg의 농도 범위로 설정하였으며, 염화수은(II)을 증류수에 용해시켜 건조된 인공 배양토와 각각의 농도로 잘 혼합한 후 24 시간 및 48 시간 동안 *E. fetida*를 노출시켰다.

줄지렁이의 체강세포 (coelomocyte) 수집은 차가운 extrusion 용액(5% ethanol, 95% saline, 2.5 mg mL^{-1} EDTA, 10 mg mL^{-1} guaiacol glycerol ether)을 이용하여 비침습적인 방법으로 추출했다. DNA의 손상 정도를 측정하기 위해 comet assay를 수행하였으며, 각 시료 당 총 100 개의 핵을 관찰하여 나온 데이터를 통해 tail moment 값을 산출했다.

결과 및 고찰

이온화 방사선 및 수은에 *E. fetida*를 노출시키고 comet assay를 통해 DNA 손상을 측정된 결과, 0 ~ 50 Gy의 이온화 방사선을 조사한 실험군에서는 방사선의 총 선량 증가에 따라 DNA 손상이 증가하는 경향을 보였다 (Fig. 1). 줄지렁이를 0 ~ 160 mg/kg 농도로 염화수은(II)에 처리한 실험에서도 역시 노출 시간에 상관없이 처리 농도에 비례하여 유전자의 손

상이 나타났다 (Fig. 2).

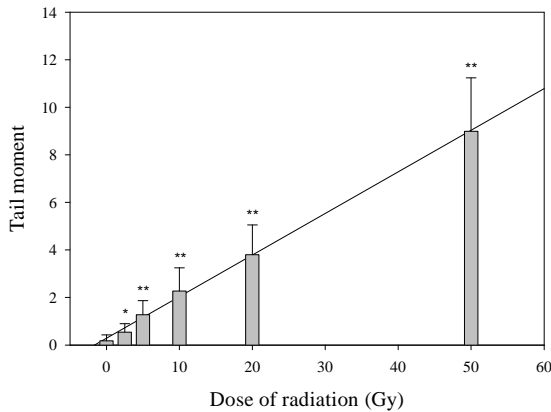


Fig. 1. The effects of radiation dose on the average tail moment values in coelomocytes of *E. fetida*. Significant difference from controls is indicated (* $P < 0.005$; ** $P < 0.001$).

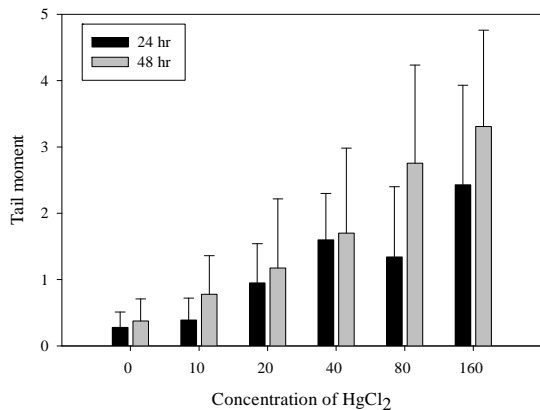


Fig. 2. Tail moment in coelomocytes of *E. fetida* after 24 and 48 hr exposed to HgCl₂.

수은에 48 시간 동안 노출시키고 방사선을 조사한 지렁이의 세포를 comet assay하면, 수은 단독 처리군이나 방사선 단독 처리군에 비해 DNA의 손상이 유의적으로 크게 나타났다 (Fig. 3). 이온화 방사선과 염화수은(II)에 복합 처리된 *E. fetida*의 DNA 손상치는 각각의 물질을 단독으로 처리한 실험군은 DNA 손상치를 합한 값보다 크게 나타나 두 요인의 유전독성이 상승하였음을 확인할 수 있었다.

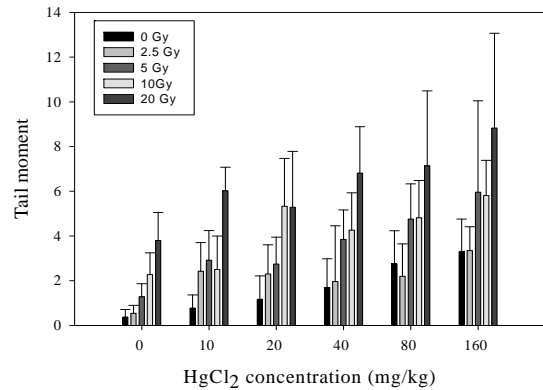


Fig. 3. DNA damage in coelomocytes of *E. fetida* exposed *in vivo* to HgCl₂ and γ -rays.

결론

본 연구를 통해 *E. fetida*의 체내에서 방사선과 수은에 의한 DNA 손상을 측정하고, 두 인자의 상승작용을 관찰하였다. 이는 방사선과 다른 화학물질의 복합적인 효과를 나타낸 기존의 여러 연구결과와 비교가 가능하다. 또한 환경모니터링의 지표종인 지렁이를 이용하여 이온화 방사선이 생태계의 동·식물에 미치는 영향을 연구하는데 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 시행하는 주요사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. 한민, 현경만, 모하마드닐리, 황인영, 김진규, "이온화 방사선 및 염화수은 처리에 따른 어류 간암세포의 생존능 평가", *Korean J. Environ. Biol.* 27: 140-145(2009)
2. ICRP, "A framework for assessing the impact of ionising radiation on non-human species", Publication 91, Annals of the ICRP. Elsevier. Amsterdam. Vol. 33(2003)
3. N. P. Singh, M. T. McCoy, R. R. Tice, E. L. Schneider, A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells, *Exp. Cell Res.* 175:184-191(1988)