

감마선의 조사 효과를 이용한 식물검정-환경평가법의 개발

차민경 · 김진규

한국원자력연구원 방사선과학연구소

E-mail: jkkim@kaeri.re.kr

중심어 : Antioxidant capacity, Superoxide desmutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathion reductase (GR), Lipid peroxidation (LPO), Environment monitoring, Plant bioassay, Gamma-rays

서론

오염의 정도를 평가하거나 오염 원인을 추적하는 방법의 하나로 어떤 특정 생물체를 이용하려면, 선택된 생물체는 오염물질의 노출에 대해 물리적 또는 생화학적 특이적 반응 또는 특성을 가지고 있어야 한다. 광합성을 하며 고착되어 서식하는 식물은 무생물적인 환경스트레스에 지속적으로 노출이 된다. 특히 공단지역에 장기적으로 서식하며 오염된 환경에 적응된 가로수의 경우, 공단의 산업시설에서 방출된 대기 속의 유해성 중금속이나, 높은 농도의 황산화물, 질소산화물, 오존, 미세먼지 등에 오랫동안 노출이 되며 서식하고 있습니다. 이러한 각종 오염물질은 식물에 산화스트레스를 주는 주요한 원인이 된다. 식물이 각종 환경 스트레스를 받으면 식물 생체 내의 산소는 반응성이 높은 독성의 활성산소종(ROS)으로 변하게 된다. 식물체는 이 산화스트레스를 극복하고 정상적으로 생장을 유지하기 위해 식물은 효소적 또는 비효소적인 방어기작을 발달시켜서 활성산소의 형성을 억제하거나 생성된 활성산소를 제거하여 산화스트레스에 대한 손상을 극복한다. 식물이 감마선과 같은 이온화 방사선에 노출되어도 비슷한 생화학적인 변화로 인해 효소적인 방어기작을 발달시키게 되며 방사선에 지속적으로 노출되어온 식물의 경우, 두 번째 방사선 노출에 더 높은 항산화작용 효과를 일으킨다고 보고된 바 있다. 식물의 지속적인 대기오염물질에 대한 노출은 지속적 방사선 노출과 유사한 스트레스 자극제 역할을 하여 다음의 방사선 노출에 대해 차별화된 항산화능

력을 보여 줄 것으로 생각되어 연구에 응용하였다.

항산화능력의 평가는 SOD(superoxide dismutases), CAT(catalase), GR(glutathione reductase)등의 방어기작에 참여하는 항산화효소의 활성변화로 진단할 수 있다. 무생물적 스트레스에 대한 저항력에 대한 평가는 활성산소종이 세포 생체막의 불포화지방산을 공격하여 과산화반응을 일으켜 과산화지질을 축적하는 특징을 이용한 방법을 이용한 MDA (malondialdehyde) 양으로 진단 할 수 있다.

재료 및 방법

1986년 이래로 환경정책기본법에 의해 대기보전 특별대책지역으로 지정된 온산국가산업단지(OS)의 가로수 중에서, 상록수인 사철나무(*Euonymus japonica* Thunb.)를 대상으로, 대기 청정지역인 기장군(KJ)에서도 동일종을 채취하여 비교하였다. 방사선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소의 고준위 방사선 조사시설을 이용하여 0, 50, 100 Gy(dose rate 50 Gy/h)의 ⁶⁰Co감마선(150 TBq)을 조사하였다. 조사 후 0, 3, 6, 10, 24 hr 에 잎을 채취하여 액체질소에 얼려 보관하여 시료로 이용하였다. 전체 단백질 함량은 Bradford법으로 측정하였으며, SOD활성은 Dojindo's SOD Assay Kit-WST를 이용, CAT활성은 Aebi, 1983의 방법, GR활성은 Carlberg and Mannervik, 1985 방법, LPO는 Heath and Packer,

1968 에 따라 측정하였다.

한 식물검정법으로 개발될 수 있다고 사료된다.

결과 및 고찰

KJ와 OS 지역 두 곳의 감마선조사를 하지 않은 식물의 변화에서는, 두 지역의 SOD 와 CAT는 지속적으로 감소하는 경향을 보이면서도 평균적으로 OS가 더 높은 활성을 가진다. 이는 OS지역의 공해 환경에서 적응하는 동안 산화스트레스를 극복하기위해 더 높은 농도의 항산화효소를 생산하고 있는 것으로 보인다. KJ에서 조사를 하지 않은 것(0 Gy)과 조사를 한 것(50, 100 Gy)을 비교하였을 때, 조사를 한 것은 조사 6시간까지는 SOD와 CAT의 농도가, MDA 양이 급하게 증가하였다가 10시간이 되기까지 감소하는 곡선을 나타내었다. 청정지역의 식물은 두 번째 산화스트레스의 원인인 방사선에 급격한 SOD, CAT 그리고 MDA 변화를 보이지만 OS의 조사한 식물과 조사하지 않은 식물에서는 청정지역만큼의 큰 차이를 띄지 않고 안정된 곡선을 보인다.

결론

이 연구에서, 극심한 대기 환경 스트레스에 적응되어 살아온 식물의 경우 이온화 방사선에 더 높은 적응력을 보여준다. 오염된 도시의 가로수로 자라온 사철나무의 방사선 조사한 것은 청정지역 식물에 비해 GR을 제외한 SOD와 CAT에서 크게 변함없는 비교적 안정된 곡선을 보여주며 MDA에도 크게 영향을 미치지 않는다. 이는 청정지역 식물이 방사선 조사 후 6시간 까지 크게 증가하다가 감소하는 것과는 대조 된다. OS의 식물은 50, 100 Gy 방사선의 산화 스트레스를 수용할 수 있는 항산화용량을 가지고 있어 청정지역의 식물과 같은 변화를 나타내지 않는다고 판단된다. 두 지역 식물의 방사선조사 효과에 대한 다른 반응성은 산화스트레스에 얼마나 적응하여 왔는가를 보여준다. 방사선에 대해 항산화효소의 활성산소에 의한 독성효과를 상쇄하는 능력은 환경오염의 주요한 생물마커로 이용될 수 있고, 이 특징이 환경모니터링을 위

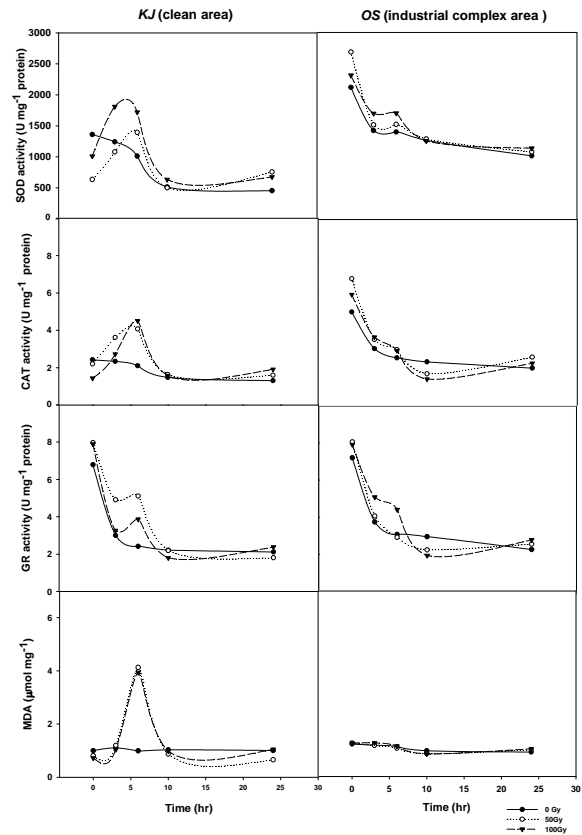


Fig. 1. Curves of enzymes (SOD, CAT and GR) activities and MDA contents changes for 3 doses during post-irradiation period in KJ and OS.

참고 문헌

1. R. Zaka, C. M. Vandecasteele and M. T. Misset "Effects of low chronic doses of ionizing radiation on antioxidant enzymes and G₆PDH activities in *Stipa capillata* (Poaceae)", *Journal of Experimental Botany*, 53(376), 1979-1987 (2002)
2. S.H. Han, J.C. Lee, C.Y. Oh, P.G. Kim, "Antioxidant characteristics and phytoremediation potential of 27 taxa of roadside trees at industrial complex area", *Kor. Jour. of Agricultural and Forest Meteorology* 8(3), 159-168(2006)