

가로수 몇 수종의 오존피해 방어 기작에 관여하는 효소의 활성화에 미치는 영향

이재천¹, 김판기², 구영본¹, 장석성¹

¹임업연구원 임목육종부, ²서울대학교 농업과학공동기기센터

Effects of Antioxidant Enzyme Activities of Several Street Tree Species to Ozone

Jae-Cheon Lee¹, Pan-Gi Kim², Yeong-Bon Koo¹, and Suk-Seong Jang¹

¹Department of Forest Breeding, Korea Forest Research Institute, Suwon, Korea; ²NICEM, Seoul National University, Suwon, Korea

(Correspondence: jaeclee99@foa.go.kr)

1. 서 언

대기오염 물질 중에는 아황산가스(SO₂), 산화질소(NO_x), 불화수소(HF), 탄화수소(HC), 오존(O₃)등 여러 가지 종류가 있으나 이러한 대부분의 대기오염 물질들은 식물체내에 흡수되어 세포 내에서 활성산소(activated oxygen)를 발생시키게 되는데 이때 발생하는 활성산소에는 superoxide radicals(O₂⁻), 과산화수소(H₂O₂), 수산화기(OH⁻) 및 singlet oxygen(O₂) 등으로 생리적, 생화학적 과정 및 세포내의 구조조직에 부정적인 영향을 미치게되어 식물의 성장을 감소시킨다. 초기의 피해는 광합성, 단백질, 효소의 합성 같은 생화학적 수준에서 발생하고, 다음으로 세포막의 구조파괴와 같은 미세 구조적 수준을 거친 다음 엽육세포, 핵 파괴등 세포학적 수준에서 영향을 미친다(Bennet 등 1984).

식물은 성장과정의 대사 중 필연적으로 발생하는 활성산소의 독성에 노출되어 있으나 정상적인 환경에서는 활성산소의 대부분이 식물체내 효소나 비효소 계열의 방어 기작 즉 식물체내에서 생성된 활성산소는 superoxide dismutase, peroxidase 및 catalase 등의 효소나 엽록체내에 존재하는 ascorbic acid 및 glutathion등의 산화, 환원 물질에 의하여 해독되지만 자체적으로 방어할 수 있는 능력을 초과하여 축적될 때는 산화스트레스를 받게 된다(Sen Gupta 등 1993).

본 연구는 우리 나라 주요 가로수 5수종을 대상으로 오존에 대한 반응을 검정하기 위하여 실내에서 오존을 처리하며 처리기간 및 처리농도에 따라 오염물질 해독관련 효소들인 Supreoxide dismutase(SOD)와 Glutathione reductase(GR) 활성의 변화 추이를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 오존처리

임업연구원 임목육종부 환경제어실의 walk-in type인 인공광챔버 내에서 대기 중 오존을 제거한 대조구와 우리 나라 8시간 환경기준인 60ppb와 1시간 기준인 100ppb, 오존주의보 발령기준인 120ppb 처리구등으로 나누어 하루 8시간씩 5주일 동안 계속 처리하였다. 처리 기간중 챔버내는 550 μmolm⁻²s⁻¹의 광조건과 온도 25±1℃, 습도 60±10%를 유지 하였다.

2.2 효소활성 측정

- SOD(EC 1,15,1,1) 활성을 측정하기 위하여 유발에 0.5g의 시료와 homogenization solution 10 ml를 첨가하여 마쇄한 후 원심분리기를 이용하여 4℃에서 12,000rpm으로 30분간 분리 후 상층액을 회수하여 사용하였다. 반응액에 추출된 상층액을 첨가한 후 반응개시용액으로 반응시켜 spectrophotometer를 사용하여 560nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 이때 SOD 1unit는 NBT

의 광환원 반응을 50%까지 억제시키는데 소요되는 효소의 양으로 정의하였다.

- GR(EC 1,6,2,4)의 추출은 위의 SOD 방법과 동일하며 측정은 GR에 의하여 NADPH가 NADP+로 산화되는 반응에 기초를 둔 것으로 340nm에서 NADPH의 흡광도가 줄어드는 량을 추정하였다. GR 1unit은 25℃에서 1분에 1μmol의 GSSG가 환원되는 것으로 정의하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수종별 SOD와 GR 활성

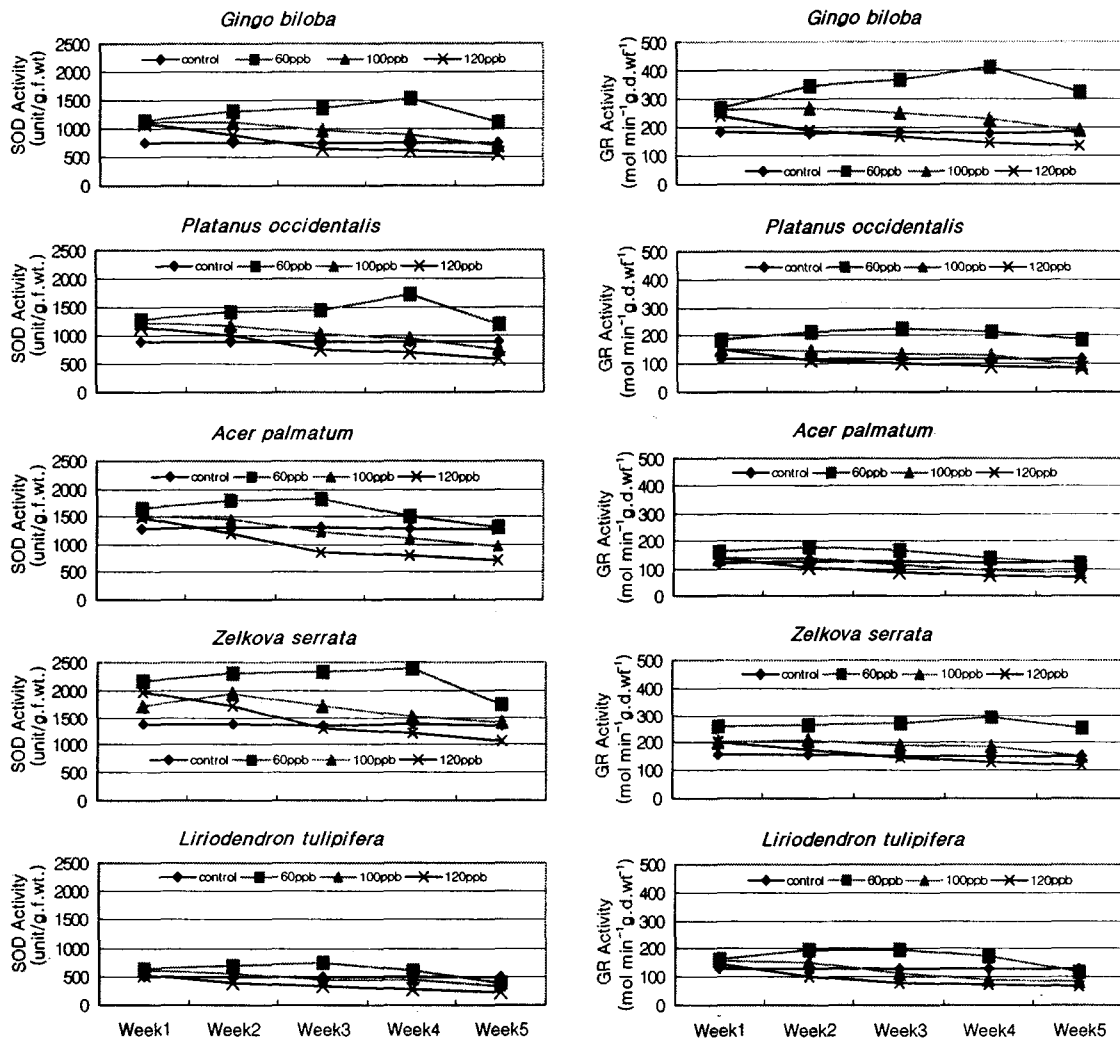


Fig.1. SOD and GR activity of 5 street tree species by three different ozone concentrations for 5 weeks.

◇ 은행나무: SOD 활성은 대조구가 750내외로 공시 수종들 중 중간정도의 활성을 보였다. 60ppb 처리구에서는 4주일까지 100ppb처리구에서는 2주까지 증가하다 감소하였고 120ppb 처리구에서는 계속 감소하는 경향을 보였다. GR의 대조구 활성은 180 내외로 공시 수종 중 가장 높은 활성을 보였다. 처리구별 활성변화는 두 효소가 유사한 경향을 보였다.

◇ 버즘나무: SOD 활성은 대조구가 890내외였고, 60ppb 처리구에서는 처리 후 4주일까지는 활성이 증가하다 감소한 반면 100ppb 처리구와 120ppb 처리구에서는 계속 감소되는 것으로 나타났다. GR은 대조구 활성이 110내외로 가장 낮았다. 60ppb 처리구는 처리 후 3주까지 증가하다 감소한 반면 100ppb와 120ppb 처리구에서는 계속 감소하였다.

◇ 단풍나무: SOD 활성은 대조구가 1290내외, 60ppb 처리구는 처리 후 3주까지 활성이 증가하다 감소한 반면 100ppb와 120ppb 처리구에서는 계속 감소하였다. GR의 대조구 활성은 120내외, 60ppb 처리구는 처리 후 2주까지 증가하다 감소한 반면 100ppb와 120ppb 처리구에서는 SOD 활성과 같이 계속 감소하였다.

◇ 느티나무: SOD의 대조구 활성이 1360내외로 공시 수종 중 가장 높은 활성을 보였다. 60ppb 처리구에서는 처리 후 4주까지, 100ppb 처리구에서는 처리 후 2주까지 증가하다 감소하였으나 120ppb 처리구에서는 계속 감소하였다. GR의 대조구 활성은 150내외였고 처리구별 활성은 SOD와 유사한 경향을 보였다.

◇ 백합나무: SOD의 대조구 활성이 480내외로 공시 수종중 가장 낮은 활성을 보였다. 60ppb 처리구에서는 처리후 2주까지 증가하다 감소하였으나 100ppb와 120ppb 에서는 계속 감소하였다. GR의 활성은 대조구가 130내외였고 처리구별 활성은 SOD보다 조기에 감소하는 경향을 보였다.

3.2 처리 농도별 활성비교

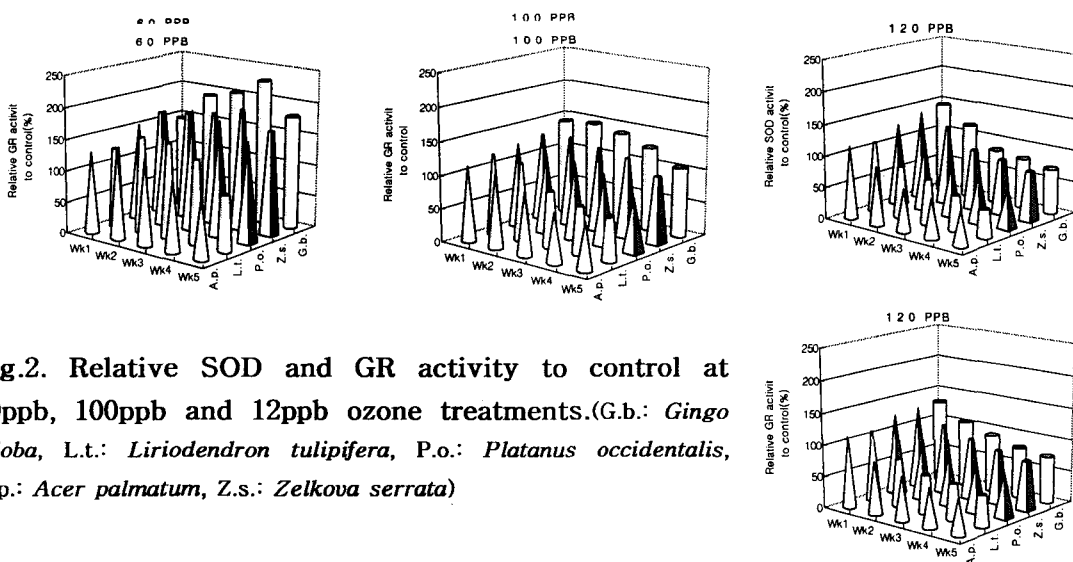


Fig.2. Relative SOD and GR activity to control at 60ppb, 100ppb and 12ppb ozone treatments.(G.b.: *Gingo biloba*, L.t.: *Liriodendron tulipifera*, P.o.: *Platanus occidentalis*, A.p.: *Acer palmatum*, Z.s.: *Zelkova serrata*)

60ppb 처리구에서 SOD 활성은 처리 후 3주까지는 공시수종 모두 증가하였으나 그후 두 그룹으로 나누어져 은행나무, 버즘나무, 느티나무는 4주까지 증가하다 5주째는 감소하였고, 백합나무와 단풍나무는 3주 후 바로 감소하였다. SOD 활성이 높았던 은행나무등 3수종은 GR에서도 유사한 경향이었고 백합나무와 단풍나무의 활성은 3주부터 감소하여 SOD보다는 조기에 감소하였다. 하지만 처리 후 4주일까지는 모든 수종들의 활성이 대조구보다 높은 활성을 보였다. 60ppb 처리구에서는

대체적으로 두 그룹으로 나누어졌으나 100ppb 처리구에서는 버즘나무가 은행나무와 느티나무보다 활성이 저하되면서 세 그룹으로 나누어졌다. 120ppb 처리구에서는 모든 수종의 효소 활성이 계속 감소하였다. 60ppb와 100ppb 에서는 은행나무의 활성이 가장 높았으나 120ppb 처리구에서는 느티나무가 가장 높게 나타나 왔다.

3.2 표준화지수에 의한 수종별 비교

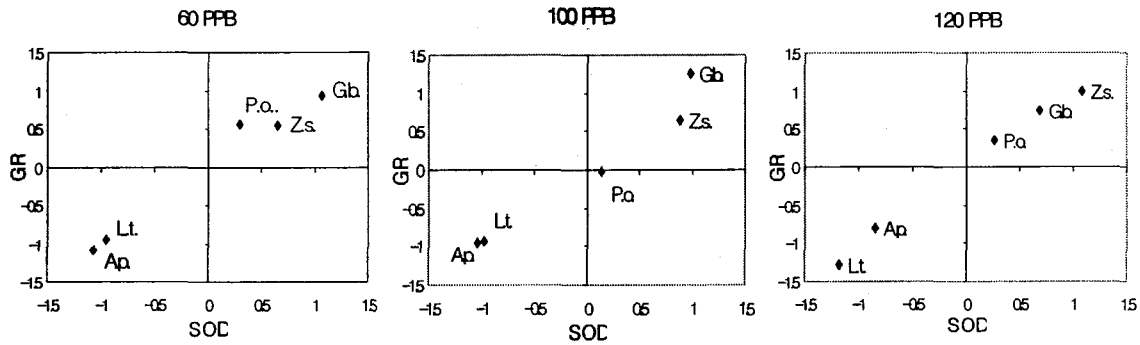


Fig.3. Scatter diagram of 5 street tree species with standardized index by SOD and GR activity(G.b.: *Gingo biloba*, L.t.: *Liriodendron tulipifera*, P.o.: *Platanus occidentalis*, A.p.: *Acer palmatum*, Z.s.: *Zelkova serrata*)

우리나라 가로수의 대표적인 5수종의 SOD와 GR 활성을 매주 전체 수종의 평균값으로 표준화하고 5주일간의 종합지수를 구하여 요인들간 분포도를 작성하여 비교한 결과 60ppb 처리구에서는 은행나무, 느티나무, 버즘나무의 효소활성이 높고 단풍나무와 백합나무의 활성이 낮게 나타났다. 100ppb 처리구 까지는 은행나무의 활성이 가장 높게 나타났으나 120ppb 처리구에서는 상대적으로 느티나무의 활성이 높게 나타나 오존 환경의 변화에 따라 수종별 효소반응이 다르게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

인용문헌

Bennet, J.H., E.H. Lee, and H.E. Heggstad. 1984. Biochemical aspect of plant. tolerance to ozone and oxyradicals. In *Gaseous Air Pollutants and Plant Metabolism*. Edited by M.J.Koziol and F.R. Whatley. pp413-424. England.

Sen Gupta, A., R.P. Webb, A.S. Holaday, and R.D. Allen. 1993. Overexpression of superoxide dismutase protects plants from oxidative stress: induction of ascorvate peroxidase in SOD over-expressing plants. *Plant Physiol.* 103: 1067-1073.