

## 시금치에 대한 오존의 영향과 항오존물질인 EDU의 보호효과

### Effect of Ozone on *Spinacia oleracea* and Protective effect of EDU

이 응 상, 윤명희

명지대학교 생명과학과

#### I. 서론

오존은 가장 잘 알려져 있는 대기 오염물질중의 하나로 다른 어떤 대기 오염물질보다도 식물에 가장 큰 피해를 주는 것으로 알려져 있다.

이러한 오존에 의한 피해에 대해 보호효과를 가진 항오존 및 항산화물질중에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 이 중에서 EDU(N-[2-(2-oxo-1-imidazolidinyl)ethyl]-N'-phenylurea, 혹은 ethylenediurea)라고 하는 화합물질이 현재 가장 광범위하게 사용되어지고 있다. 그러나 EDU의 보호기작에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않다. EDU의 항오존 효과는 식물종에 따라, 처리농도 및 처리방법에 따라 다양하며, 일부 작물에서는 보호효과 뿐 아니라 과도한 양의 EDU가 식물의 phytotoxins으로 작용하여 식물에 피해를 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구의 목적은 오존에 민감하며 우리나라에서 널리 식용되고 있는 농작물의 하나인 시금치를 이용하여 오존에 의한 피해정도와 오존피해에 대한 EDU의 보호효과를 관찰하는데 있다.

#### II. 식물재료 및 방법

시금치는 용인 종묘상에서 구입한 씨앗을 10월 초 10cm 화분에 직접 파종하여 잎이 3cm 정도 자란 후 화분당 1개체씩 남겨 실험재료로 사용하였다. 오존과 EDU 처리는 11월 중순부터 시작하였다. 오존 처리는 Open-Top Chamber를 이용하여 세 개의 chamber 중 한 chamber에는 활성탄 filter를 설치하여 오존을 제거한 공기를 불어 넣어 주었으며(filtered chamber) 다른 하나의 chamber는 직접 대기를(non-filtered chamber), 세 번째 chamber에는 오존 발생기로 오존을 첨가하여 평균 0.10ppm~0.14ppm의 오존 농도를 유지시켰다(ozone-added chamber). 송풍기는 1995년 11월 16일부터 12월 4일 까지 오존 10시부터 오후 4시 까지 가동하였고 흐린 날이나 눈이나 비오는 날은 제외하였다. 이 기간에 ozone-added chamber내에 있는 식물이 폭로된 오존의 총 노출량은 평균 0.10~0.14ppm의 농도로 54시간 동안 약 6.5ppm.hr이었다. 반면에 non-filtered chamber의 오존 농도는 평균 0.03~0.05ppm이었고, filtered chamber내의 오존 농도는 평균 0.005~0.02ppm이었다. 오존피해에 대한 항오존물질인 EDU의 보호효과를 실험하기 위해 오존을 처리한 chamber내의 식물을 4개의 처리구로 나누어 각각 100mg/l, 250mg/l, 500mg/l EDUmg/l 500 ml를 처리하였으며, 대조식물에는 같은 양의 증류수를 처리하였다. EDU 처리는 잎에서의 최대흡수를 보장하기 위하여 맑은 날을 선택하여 분무기로 직접 식물에 1주일 간격으로 2회 살포하였다. 식물에 오존폭로를 시작하기 직전과, 폭로를 시작한 지 10일 후, 폭로를 마친 직후, 총 3회에 걸쳐 광합성률, 증산률 및 Stomatal Conductance를 LI-6200 Portable Photosynthesis System (Li-cor, Lincoln, NE, U.S.A.)을 이용하여 처리구별로 3개체씩 측정하였다. 잎의 엽록소는 Moran and Portath (1980)의 방법으로 추출하여 Spectrophotometer (Pharmacia Biotech)를 이용하여 664nm와 647nm에서 흡광도를 측정한 후 총 엽록소의 함량을 계산하였다(Moran, 1982). 잎의 conductivity는 상온에서의 Conductivity를 측정하고, 121℃에서 15분간 autoclave한 다음 conductivity를 측정하여 상대적인 % conductivity rate을 계산하였다. 오존 폭로가 끝난 후 식물체를 뽑아 지상부와 지하부로 분리하여 70℃ Dry oven에서 48시간 건조시킨 후 건조량을 측정하

였다

### III. 결과 및 토의

2주일간의 오존 처리후 filtered chamber내 식물의 광합성률은 초기의 광합성률을 유지하였으나 non-filtered chamber의 식물은 오존에 의해 38%가 감소하였으며 이는 filtered chamber의 식물에 비해 41%가 감소한 것이다. Ozone-added 식물의 광합성률은 오존처리 10일 만에 초기 광합성률의 50%의 수준으로 크게 감소하였다. Non-filtered chamber의 식물에서는 오존에 의한 가시적인 피해는 관찰되지 않았으나 ozone-added 식물에서는 전형적인 증상인 백화현상이 관찰되었다. EDU의 보호효과는 250mg/l의 EDU를 2회 처리한 식물과 500mg/l의 EDU를 1회 처리한 식물이 오존에 의한 광합성 저해로부터 20-30% 정도의 보호효과가 관찰되었다.

증산률의 변화 또한 광합성률의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. Filtered chamber내의 식물은 오존 처리기간 동안 계속 유지되었으나 non-filtered chamber의 식물의 증산률은 초기 증산률에 비해 25%, filtered chamber의 식물에 비해 36%가 감소하였고, ozone-added 식물의 증산률은 filtered chamber 식물에 비해 50%가 감소하였다. Ozone-added chamber내에서 EDU를 처리한 결과 1회 살포한 경우에는 500ppm EDU를 처리한 식물만이 대조구에 비해 약 30%가 증가하였으나 2회 살포한 결과 250ppm EDU를 처리한 식물에서 약 40%가 증가하는 현상을 관찰할 수 있었다.

Filtered chamber내 식물의 conductivity는 1.61(%)로 non-filtered air를 처리한 식물의 conductivity, 1.86(%)에 비하여 36%가 감소하였으며 ozone-added chamber내에서 100ppm EDU를 처리한 식물은 증류수만 처리한 식물과 비슷한 수준으로 non-filtered chamber의 식물과 비슷하였으나 250mg/l EDU와 500mg/l EDU를 처리한 식물은 각각 60%, 127%가 증가하여 오히려 EDU에 의한 저해 효과가 관찰되었다.

Table 1. Net photosynthesis(Pn) and transpiration(Ts) rate of spinach exposed to ozone-added air and treated with EDU.

EDU(mg/l)	Pn( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		Ts( $\mu\text{g HzO m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>
0	5.19±0.195 <sup>c</sup>	5.29±0.355	0.72±0.101	0.67±0.088
100	5.15±0.263	5.99±0.913	0.60±0.058	0.68±0.073
250	5.87±0.549	6.46±0.173	0.80±0.058	1.03±0.145
500	6.79±0.131	4.35±0.259	0.90±0.058	0.67±0.033

<sup>a</sup> represent a treatment of EDU

<sup>b</sup> represent the repeated treatment of EDU

<sup>c</sup> Mean and standard error (n = 3)

Table 2. Changes in chlorophyll content(chl.), Biomass, and relative conductivity of spinach after 15 days exposure to charcoal-filtered chamber (FC), non-filtered chamber(NF), and ozone-added chamber(OA).

treatment	chl.(mg/g)	Biomass(g)		relative conductivity(%)
		Stem	Root	
FC	3.22±0.228 <sup>A</sup>	1.27±0.137	0.19±0.019	1.20±0.182
NF	3.67±0.199	1.33±0.234	0.17±0.012	1.87±0.082
OA	2.67±0.182	0.77±0.027	0.13±0.010	1.96±0.087

<sup>A</sup> Mean and standard error (n = 3)

Table 3. Changes in chlorophyll content(chl.), Biomass, and relative conductivity of Spinach exposed to ozone-added air and treated with 0ppm, 100ppm, 250ppm, and 500ppm EDU.

EDU( $\mu\text{l/l}$ )	chl.(mg/g)	Biomass(g)		relative conductivity(%)
		Stem	Root	
0	2.67±0.182 <sup>A</sup>	0.77±0.027	0.13±0.010	1.96±0.087
100	2.34±0.037	0.67±0.064	0.11±0.012	1.77±0.260
250	3.36±0.261	0.82±0.076	0.16±0.008	1.51±0.081
500	2.13±0.170	0.36±0.035	0.05±0.012	1.81±0.098

<sup>A</sup> Mean and standard error (n = 3)