

## Uniconazole과 Silver Thiosulfate의 복합처리가 토마토의 오존피해경감에 미치는 효과

구자형\* · 원동찬\* · 김태일\* · Donald T. Krizek\*\*, Roman M. Mirecki\*\*

### Effect of a Combined Treatment with Uniconazole, Silver Thiosulfate on Reduction of Ozone Injury in Tomato Plant

Ja-Hyeong Ku\*, Dong-Chan Won\*, Tae-Il Kim\*, Donald T. Krizek\*\*  
and Roman M. Mirecki\*\*

#### Abstract

Studies were conducted to determine the combined effect of uniconazole [(E)-1-(4-chlorophenyl)-4, 4-demethyl 2-(1,2,4 triazol-1-yl)-1-penten-3-ol] and silver thiosulfate [ $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)^{3-}_2$ ] (STS) on reduction of ozone injury in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill. 'Pink Glory'). Plants were given a 50 ml soil drench of uniconazole at concentrations of 0, 0.001, 0.01 and 0.1 mg/pot at the stage of emerging 4th leaf. Two days prior to ozone fumigation, STS solution contained 0.05% Tween-20 was also sprayed at concentrations of 0, 0.3 and 0.6 mM. Uniconazole at 0.01 mg/pot and STS at 0.6 mM were effective in providing protection against ozone exposure (20h at 0.2 ppm) without severe retardation of plant height and chemical phytotoxicity, respectively. Combined treatment with uniconazole, STS significantly reduced ozone injury at the lower concentration than a single treatment with uniconazole or STS. Uniconazole treatment reduced plant height, stem elongation and transpiration rate on a whole plant level and increased chlorophyll concentration. STS did not give any effect on plant growth and chlorophyll content but increased transpiration rate in non-ozone-fumigated plants. Ethylene production in the leaves of ozone-fumigated plants was decreased by uniconazole and STS pretreatment, but there was no protective effect on epinasty of leaves in uniconazole-treated plants. STS increased ethylene

\* 충남대학교 농과대학 원예학과

Department of Horticulture, College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea.

\*\* 미국무성 농업연구 센터

Plant Stress Laboratory, Plant Physiology Institute, U.S. Department of Agriculture, Beltsville, MD 20705.

production in non-ozone-fumigated plants, but it significantly reduced the degree of epinasty and defoliation of cotyledons when plants were exposed to ozone.

Uniconazole slightly increased superoxide dismutase and peroxidase activities. But STS showed little or no effects on such free radical scavengers. Day of flowering after seeding was shortened and percentages of fruit set were increased by uniconazole treatment. STS was highly effective on protecting reduction of fruit set resulting from ozone fumigation. These results suggest that combined use of uniconazole and STS should provide maximum protection against ozone injury without growth retardation resulting in yield loss.

### 緒 論

오존은 화석연료의 연소로 인하여 발생하는 hydrocarbon이 대기중에 존재할 때 광화학반응에 의하여 질소산화물의 정상적인 순환이 방해됨으로써 대기중에 적체되는 것으로 알려지고 있으며,<sup>1)</sup> 우리나라에서도 차량의 급속한 증가와 함께 대도시에서 주요한 대기오염원으로 주목받게 되었다. 따라서 인축은 물론 식생에 대한 관리면에서의 대비가 시급한 실정이다.

식물체가 오존에 노출되면 대개 잎의 표면에 미세한 반점이 나타나고 차츰 이면에까지 진전되어 chlorosis나 necrosis를 형성하게 된다. 오존의 피해 mechanism은 아직까지 정확하게 밝혀지고 있지 않으며 식물체에 흡수되면 oxyradical를 형성하게 됨으로써 이 물질들이 반응하여 피해를 유발하는 것으로 추측하고 있다.<sup>2,3)</sup> 한편 오존의 피해는 식물체에서 다량으로 ethylene을 발생시켜 이 ethylene은 조기낙엽의 원인이 되기도 한다.<sup>4)</sup>

대기오염에 대한 식물의 내성증대를 위한 시도로서 각종 화학물질이 사용되고 있는데,<sup>5,6,7,8)</sup> 최근에는 triazole 계통의 paclobutrazol과 uniconazole과 같은 왜화제들이 각종 환경 stress에 대하여 내성을 증대시켜 주는 효과가 큰 것으로 보고되고 있다.<sup>9,10,11)</sup> 대개 생장왜화제들의 내성증대기구는 염록소함량의 증대나 세포간극의 치밀화내지는 기공 저항성의 증대등을 들 수 있다.<sup>12,13,14)</sup>

한편 ethylene은 식물체의 노화호르몬으로서 식물체에서도 많이 발생하지만 대기오염원으로써 공기중에 존재하는 물질이다. 이와같은 ethylene의 작용을 억제하는 물질로 최근에 silver thiosulfate가 절화보존제로 개발되어 사용되고 있다.<sup>15,16,17,18)</sup>

따라서 대기오염에 대한 피해경감 방안으로 생장 왜화제와 ethylene의 작용을 억제하는 antiethylene제의 동시 사용은 식물체의 왜화를 최소화시키면서 내성증대효과를 높일 수 있는 방법으로 생각된다. 본 시험에서는 최근 생장왜화제로 개발되어 사용이 시도되고 있는 triazole 계통의 uniconazole과 antiethylene제로 사용되는 silver thiosulfate(STS)의 복합사용을 시도하여 오존에 대한 토마토의 내성증대 방안을 시도하였다.

### 材料 및 方法

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill. 'Pink Glory') 종자를 흙 1 : 모래 1 : 부엽 3 (v/v)의 혼합토양에 파종하고 직경 9cm의 비닐포트에 이식하여 온도 25~29°C의 비닐하우스에서 생육시키면서 공시하였다. Uniconazole의 처리는 제 4엽이 출현하는 시기에 증류수에 희석하여 0, 0.001, 0.01, 0.1 mg/pot가 되도록 50 ml씩 토양주입하였으며, 용액의 손실을 막기 위하여 petri-dish를 포트 밑에 놓았다. Silver thiosulfate(STS)는 오존처리 2일 전에 0, 0.3, 0.6 mM로 0.05%의 Tween-20을 첨가하여 엽면살포하였다.

오존처리는 소형생육상을 사용하였으며 접촉상내의 광원은 수은등과 생육등을 사용하여 조도 10,000 lux, 온도는 28~30°C, 습도는 60~80%로 조절하였다. 오존발생은 ozonizer(한국이오니카 Model OZ-821)를 사용하였고 북한식 가스검지기(kitagawa)를 사용하여 농도를 측정하였으며 0.2 ppm의 수준으로 20시간 계속처리하였다.

초장 및 엽병의 길이는 약제처리 후 4일 간격으로 조사하였고, 엽병은 제 4엽을 선택하였다.

가시피해율의 조사는 오존처리 종료 2일 후 각 잎의 가시피해를 0에서 100%로 나누어 피해율을 조사하였으며 ethylene발생량은 오존처리 직후에 제3~4엽에서 소량을 채취하여 30 ml의 유리관에 소량의 증류수를 첨가하여 넣고 parafilm으로 밀봉하여 30°C의 항온기에 4시간 보관한 후 syringe로 채취한 1ml의 가스를 gas chromatograph를 사용하여 FID로 정량하였다.

Epinasty의 정도는 줄기와 엽병사이의 각도를 측정하였고 특히 epinasty가 심하여 잎의 끝이 뒤로 말리어 줄기에 닿는 것도 조사하였다. 증산량은 포트전체를 비닐백으로 밀봉하여 경시적으로 무게를 측정하였고 chlorophyll함량은 Arnon법<sup>19)</sup>에 의하여 측정하였다.

일정부위에서 채취된 생체시료 1g을  $5 \times 10^{-2}$  M phosphate buffer (pH 7.8) 10 ml와 PVP (polyvinylpyrrolidone) 1g을 가하여 4°C이하에서 마쇄한 다음 이 homogenate를 냉동원심분리기에서 12,000 rpm으로 40분간 분리한 후 상등액을 취하여 peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD) 활성에 사용하였다. POD의 활성은 Raa<sup>20)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다. 7.8 ml phosphate buffer (pH 7.0), 0.5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0.3%), 0.5 ml O-phenylenediamine (1%)과 0.2 ml 조효소를 합하여 반응액을 9 ml가 되도록 하였으며, 반응의 개시는 조효소 첨가에 의하여 시작되었고 5분간 반응시킨 다음 반응정지액 (sodium bisulfite) 1 ml를 첨가하여 반응을 정지시키고 실온에 30분간 방치후 430 nm에서 spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. POD활성단위는 0.1 O.D가 증가한 것을 1단위로 정했다.

SOD활성은 McCord와 Fridovich의 분석법<sup>21)</sup>에 의하여 실시하고,  $5 \times 10^{-3}$  M phosphate buffer (pH 7.8),  $10^{-5}$  M cytochrome C,  $5 \times 10^{-5}$  M xanthine,  $6 \times 10^{-9}$  M xanthine oxidase (0.033 unit)의 반응혼합액에 조효소를 첨가하여 3 ml로 하고, 550 nm에서 spectrophotometer로 측정하였다. 반응개시는 xanthine oxidase의 첨가에 의하여 시작되었으며, SOD활성단위는 cytochrome C reduction이 50% 억제되는 것을 1단위로 하였다.

結 果

Uniconazole의 처리는 처리 4일 후부터 농도에 따라서 유의성있는 초장의 감소를 보였으며(그림 1), 처리 8일 후부터는 엽병의 길이에도 유의성있는 감소를 보였다(그림 2). 이러한 왜화효과는 표 1에서와 같이 왜화정도가 클수록 오존에 대한 저항성이 높았으며, STS의 처리 역시 uniconazole과 비슷한 내성증대효과를 보였다. 한편 두 약제의 복합처리는 단독처리에 비하여 낮은 농도에서도 내성증대효과를 한층 높였다. Uniconazole의 경우 0.001 mg/pot에서 33%의 피해를 나타내고 0.3 mM의 STS에서는 30.6%의 피해를 각각 나타내는데 비하여 같은 농도로 두가지 약제를 처리하였을 경우에는 13.6%의 피해만을 보여 현저한 내성증대효과를 나타내었다. 오존의 처리는 자엽의 낙엽을 초래하였는데, uniconazole은 낙엽에 대한 억제효과를 보이지 않았으나 STS는 자엽의 낙엽을 반감시킬 수 있었다.

Table 1. Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate (STS) spray on injury and defoliation of cotyledon of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	Injury rate (%)	No. of defoliation
0.000	0.0	36.2a <sup>2</sup>	12(100.0)
	0.3	20.6b	8( 66.6)
	0.6	11.5c	4( 33.3)
0.001	0.0	33.0a	10( 83.3)
	0.3	13.6c	8( 66.6)
	0.6	9.4cd	5( 41.6)
0.010	0.0	14.0c	7( 58.3)
	0.3	11.7c	6( 50.0)
	0.6	7.7d	4( 33.3)
0.100	0.0	11.8c	10( 83.3)
	0.3	9.8cd	6( 50.0)
	0.6	7.1d	5( 41.6)

Values in ( ) are percentage of control.

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

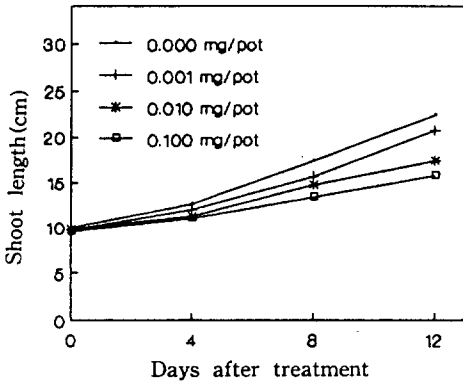


Fig. 1. Effect of uniconazole on shoot length of tomato plants.

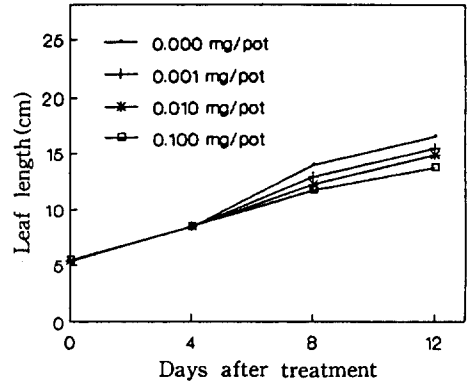


Fig. 2. Effect of uniconazole on length of the fourth leaf of tomato plants.

Table 2. Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate(STS) spray on ethylene production of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	Ethylene production (nl/g/h)					
		Hours of treatment					
		0	4	8	12	16	20
0.00	0.0	10.48c <sup>2</sup>	18.10c	60.38b	205.05a	249.09a	396.05a
	0.6	53.63a	99.90a	110.35c	106.14b	92.04b	115.70c
0.01	0.0	8.84c	17.73c	30.11c	56.76c	82.50b	144.55b
	0.6	41.31b	56.51b	58.89b	85.02c	79.38b	99.39c

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

오존을 처리하는 동안 ethylene 발생량은 STS 처리구에서 높았으나 차츰 시간이 경과할수록 무처리구나 uniconazole 처리구에 비하여 경감되는 경향을 보였다(표 2). 두가지 약제를 복합하여 처리한 경우 단독처리에 비하여 ethylene 발생의 증가를 현저히 감소시킬 수 있었다.

표 3은 제 2, 3, 4, 5엽의 epinasty 정도를 조사한 결과인데 오존을 처리함으로써 대개의 잎이 심한 epinasty 현상을 나타내기 시작했으며 STS의 처리는 epinasty 현상을 전혀 일으키지 않았다. 그러나 uniconazole의 처리는 epinasty 현상을 전혀 방지할 수 없었으며 무처리구와 마찬가지로 오존처리 12시간후부터는 엽병이 심하게 뒤로 말리어 끝이 줄기에 당도록 굽어지는 경향을 보였다(그림 3).

STS 처리는 증산량을 무처리에 비하여 다소 증가시키는 경향을 보였고 uniconazole은 현저히 감소시켰다. 한편 오존처리는 처리 4시간 후부터 급격히 증산량을 감소시켰는데, 이때 STS 처리에는 오존에 의한 증산량의 감소를 억제하지 못했으나 uniconazole 처리는 오존무처리와 증산량에 큰 차이를 보이지 않았다. Uniconazole을 처리하고 STS를 처리했을 경우 증산량이 다소 증가하는 경향을 나타냈으나 그 효과는 역시 크지 않았다(표 4).

잎의 chlorophyll 함량을 조사한 결과 uniconazole은 chlorophyll 함량을 현저히 증가시키고 오존에 의한 피해를 감소시킬 수 있었다. 그러나 STS의 처리는 chlorophyll 함량의 변화에 영향을 미치지 않았으나 uniconazole과 복합처리됨으로

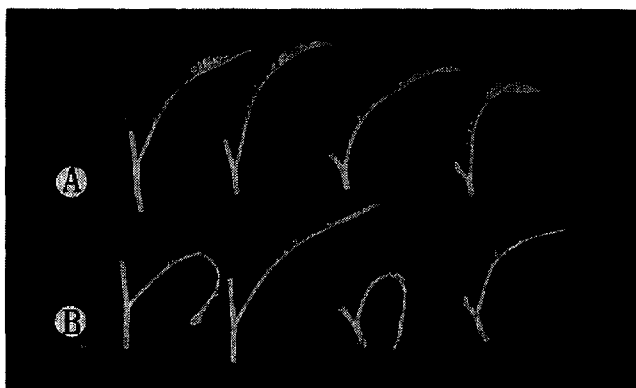
**Table 3.** Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate(STS) spray on development of leaf epinasty of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Uniconazole conc. mg/pot	STS conc. (mM)	Degree of epinasty											
		Hours of treatment											
		4				12				20			
		Leaf number from bottom											
		2nd	3rd	4th	5th	2nd	3rd	4th	5th	2nd	3rd	4th	5th
0.00	0.0	4a <sup>z</sup>	7a	10a	6a	11a	21a	19a*	8a*	22a	32a*	30a*	12a*
	0.6	1b	1b	4b	4a	2b	4b	5c	5b	3b	5c	5c	6b
0.01	0.0	5a	8a	9a	5a	11a	15a	12b	10a	21a	21b*	18b*	12a*
	0.6	1b	1b	4b	1b	1b	2b	4c	3b	2b	4c	4c	3b

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

\* Indicate severe epinasty that leaf tip was curved back to stem.

**Fig. 3.** Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thio-sulfate(STS) spray on epinasty of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours. A) O<sub>3</sub> free, B) O<sub>3</sub> treatment. From leaf to right : Control, STS 0.6mM, Uniconazole 0.01mg/pot, uniconazole 0.01 mg/pot+STS 0.6 mM.



**Table 4.** Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate(STS) spray on transpiration of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Ozone conc. (ppm)	Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	Transpiration rate(g/plant)				
			Hours of treatment				
			4	8	12	16	20
0.0	0.00	0.0	5.88b <sup>z</sup>	12.27b	17.87b	21.77b	26.24b
		0.6	6.76a	13.98a	20.41a	24.42a	28.75a
	0.01	0.0	3.71d	7.10d	10.59de	12.59d	15.35d
		0.6	4.57c	9.04c	13.82c	15.64c	18.58c
0.2	0.00	0.0	3.19e	6.26e	9.77e	12.61d	15.50d
		0.6	3.72d	7.84d	11.76d	14.96c	17.42d
	0.01	0.0	2.39g	5.05f	7.88g	9.97g	12.33e
		0.6	2.85f	5.88ef	8.73fg	11.15de	13.30e

<sup>z</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

써 오존피해에 의한 chlorophyll함량의 감소를 현저하게 억제할 수 있었다(표 5).

표 6은 STS와 uniconazole처리에 의한 SOD와 POD의 활성변화를 조사한 결과인데 STS는 SOD나 POD의 활성에 별다른 영향을 미치지 않았으나 uniconazole의 처리는 두가지 효소의 활성을 약간 높였는데 SOD의 활성이 POD에 비하여 다소 높아지는 경향을 보였다.

**Table 5.** Effect of combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate (STS) spray on chlorophyll content of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	Chlorophyll content (µg/cm <sup>2</sup> )	
		Hours of treatment	
		0	20
0.000	0.0	36.94b <sup>2</sup>	28.16c
0.001	0.6	36.72b	33.77b
0.010	0.0	45.51a	39.42a
0.100	0.6	45.69a	42.80a

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level

**Table 6.** Effect of a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate (STS) spray on superoxide dismutase (SOD) and peroxidase(POD) activity of tomato plants.

Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	SOD activity (unit/g fresh wt)	POD activity (unit/g fresh wt)
0.000	0.0	66.28e <sup>2</sup>	53.60d
	0.3	68.68de	63.60bcd
	0.6	82.82cd	61.90cd
0.001	67.13de	79.00a	
	0.3	71.70de	82.00a
	0.6	69.72de	79.00ab
0.010	90.40abc	81.20a	
	0.3	96.30abc	83.00a
	0.6	90.97bc	76.80abc
0.100	107.40a	76.35abc	
	0.3	101.32ab	80.95a
	0.6	102.53ab	82.40a

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

**Table 7.** Effect a combined treatment with uniconazole drench, silver thiosulfate(STS) spray on flowering day and fruit set of the cluster of tomato plants exposed to 0.2 ppm O<sub>3</sub> for 20 hours.

Ozone conc. (ppm)	Uniconazole conc. (mg/pot)	STS conc. (mM)	Day of flowering after seeding	Percent of fruit set	
0.0	0.00	0.0	52a <sup>2</sup>	15.30c	
		0.6	49b	38.40a	
	0.01	0.0	44cd	25.00b	
		0.6	44cd	33.30a	
	0.2	0.00	0.0	50ab	0.00d
			0.6	46c	23.50b
0.01		0.0	43d	10.50c	
		0.6	44cd	33.30a	

<sup>2</sup> Means separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

표 7은 오존처리와 두가지의 약제 처리가 개화 및 결실에 미치는 영향을 조사한 결과인데 오존처리구는 개화시기에는 영향을 미치지 않았으나 개화된 후 결실율에는 크게 영향을 미쳐 약제 무처리구에서는 전혀 결실되지 않았다. Uniconazole은 개화를 일주일 정도 빠르게 하였고 결실율을 증가시켰으며 STS역시 개화시기를 다소 앞당기고 결실율을 20%이상 높였다. 오존을 처리한 경우 무처리구에서는 전혀 결실되지 않았으나 STS와 uniconazole을 처리한 경우는 각각 23.5%와 10.5%의 결실을 보여 오존 무처리에 비해서 결실율이 저조하였으나 두 약제를 복합처리한 경우는 결실의 감소를 완전하게 억제할 수 있었다.

## 考 察

Triazole계 화합물인 uniconazole은 paclobutrazol과 같이 식물체내에서 GA의 생성을 억제함으로써 세포분열 능력을 저해하여 영양생장을 억제하는 것으로 알려졌고, GA합성억제기작은 Kaurenene, Kaurenol과 kaurenal의 산화를 억제하는데 있는 것으로 밝혀지고 있다.<sup>11,22)</sup> 한편 STS는 antiethylene제로서 ethylene의 생성을 억제하기 보다는 그 작용을 억제함으로써 식물의 노화방지에 큰 효과를 보이며 식물체내의 ethylene대사과정에 있어서 Ag<sup>+</sup>이온이 Cu<sup>+</sup>이온에 대체됨으로써 ethylene의 작용을 억제하는 것으로 밝혀지고 있다.<sup>17,18)</sup>

본 시험의 결과 성장왜화제와 antiethylene제의 복합사용은 한 가지 약제의 사용에 비하여 오존피해에 대한 내성을 증대시키는 데 있어서 상가적인 효과를 보였다. Uniconazole의 처리로 충분한 내성증대효과를 얻기 위해서는 토마토의 경우 0.01 mg/pot이상의 농도를 필요로 하였으나 uniconazole 처리 후에 다시 0.3~0.6 mM의 STS를 복합처리함으로써 그 1/10의 농도에서도 비슷한 효과를 얻을 수 있었다.

Uniconazole의 내성증대의 기작은 초장 및 엽장을 억제하고 단위 엽면적당 chlorophyll함량을 증가시켜 식물체의 조직을 치밀하게 함은 물론 증산량을 현저히 억제하는 것으로 미루어, 흡수되는 오존 가스의 세포내 유입을 감소시켜주는 효과와 함께 SOD와 POD와 같은 free radical scavenger의

활성을 높혀 oxyradical의 독성을 중화시켜 주는 역할이 큰 것으로 추측할 수 있다.<sup>21,24)</sup> 그러나 uniconazole은 피해로 유발되는 ethylene의 발생은 감소시킬 수가 있었으나 떡잎의 낙엽이나 epinasty현상을 막을 수 없던 결과로 미루어 오존 피해로 유발되는 ethylene의 작용억제에는 전혀 관계하지 못한 것으로 판단된다.

STS의 경우는 증산량을 미세하게 증가시키는 것으로 미루어 오염물질의 흡수를 줄이는 효과와는 전혀 무관한 것으로 보이며, 주로 오존의 피해로 유발되는 ethylene에 의한 2차적인 피해를 막아주는 데 효과가 컸다. STS 처리구에서 오존에 노출되기 전부터 ethylene발생이 무처리에 비하여 높았던 데도 불구하고 오존 처리시에도 전혀 epinasty 현상이 일어나지 않고 자엽의 낙엽이 크게 감소되었던 것은 STS가 stress로 유기된 ethylene의 작용을 완전히 억제한 데서 온 결과로 판단된다.<sup>25)</sup> 그러나 비록 STS가 SOD나 POD의 활성에 별다른 영향을 미치지 않았지만 가시피해를 억제하는 원인을 ethylene작용억제 단일 효과만으로 보기는 곤란할 것으로 생각된다. 그러한 이유는 오존피해로 유발된 ethylene이 2차적으로 잎에 피해를 유발하기에는 시간적으로 너무 짧고, ethylene의 피해는 주로 chlorosis의 형태를 띄우는데 오존 피해특징인 미세한 반점의 형태로 나타나는 가시피해가 경감된 것은 ethylene대사과정 이외의 생리적인 반응이 함께 작용했을 가능성을 시사하기 때문이다.

STS와 uniconazole의 처리는 오존 무처리에서 모두 개화일을 앞당기고 결실율도 높였는데, 이는 두 약제가 모두 토마토의 재배시기가 생육환경에 부적당했던 데서 오는 장애를 경감시켜준 결과로 해석되며, 두 약제를 복합처리했을 경우에는 오존에 의한 피해로 유발되는 개화 지연 및 결실감소에 거의 영향을 미치지 않고 오존무처리구와 비슷한 결과를 보였다.

본 시험의 결과를 종합하여 볼 때 성장왜화제인 uniconazole과 antiethylene제인 STS의 복합처리는 전자에 의한 오염물질의 식물체내 유입감소와 free radical scavenger의 활성증대, 후자에 의한 오존피해로 유기되는 ethylene의 작용방지 등을 통하여 토마토의 성장왜화로 인한 생산량의 감소를 최소화하면서 오존에 대한 내성을 증대시킬 수 있

는 유리한 방법이라 생각된다.

### 要 約

대기오염의 주원인 오존이 식물이 미치는 피해를 경감시키고자 생장왜화제인 uniconazole를 0, 0.001, 0.01, 0.1 mg/pot의 농도로 토양주입하고 다시 antiethylene제인 STS를 0, 0.3, 0.6 mM로 엽면살포 한 후 0.2 ppm의 오존에 20시간 계속하여 처리하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Uniconazole은 식물체의 왜화정도가 클수록 오존에 대한 내성을 증대시켜 무처리구의 36% 피해에 비하여 11%까지 피해를 감소시킬 수 있었다. STS 처리도 uniconazole과 같은 정도의 피해감소를 보였으며 두 약제를 복합처리한 결과 단독처리보다 낮은 농도의 처리로도 오존에 대한 내성을 증대시킬 수 있었다.

2. Uniconazole은 토마토의 초장 및 엽장을 감소시키고 chlorophyll함량을 증대시켰으며 증산량을 현저히 감소시켰으나, STS는 성장에는 영향을 미치지 않고 증산량을 다소 증가시켰다. 오존처리에는 증산량을 현저히 감소시켰으며 uniconazole은 오존에 의한 증산량의 감소를 막아 주었으나 STS 처리는 감소효과가 없었다.

3. Uniconazole과 STS는 모두 오존피해로 유발되는 ethylene의 발생량을 크게 경감시켰다. 그러나 uniconazole은 오존피해로 일어나는 자엽의 낙엽 및 잎의 epinasty증상을 방지시킬 수 없었는데 반하여 STS처리에서는 자엽의 낙엽과 epinasty현상을 뚜렷하게 막아 주었다.

4. SOD와 POD의 활성은 uniconazole에 의하여 약간 증가되었으나 STS는 두가지 효소의 활성 변화에 별다른 영향을 미치지 않았다.

5. STS의 처리는 토마토의 개화를 3일 정도 촉진시켰고 uniconazole은 6-8일 정도 촉진시켰으며 두 약제 모두 착과율을 증진시켰다. 두 약제를 복합처리함으로써 오존피해로 인한 착과의 감소를 완전하게 막을 수 있었다.

6. 이상의 결과로 보아 uniconazole은 식물체를 왜화시킴으로 오존에 대한 내성을 증대시켜주는 효과가 큰데 비하여 STS는 주로 피해로 인하여 유발

되는 ethylene의 작용을 억제함으로써 내성을 증대시키는 것으로 판단된다. 따라서 두 약제의 복합 사용은 식물체의 왜화를 최소한으로 유도하면서 오존에 대한 내성을 증대시킬 수 있는 유용한 방법이라 생각된다.

### 參考文獻

1. Stephens, E.R., E.F. Darley, O.C. Talyor, and W.E. Scott(1961) : Photochemical reaction products in air pollution, Int. J. Air Water Pollut., 4, 79-100.
2. Grimes, H.D., K.D. Perkins and W.F. Boss(1983) : Ozone degrades into hydroxyl radical under physiological condition, Plant Physiol., 72, 1016~1020.
3. Nouch, I. and S. Toyama(1988) : Effect of ozone and peroxyacetyl nitrate on polarlipid and fatty acid in leaves of morning glory and kidney bean, Plant Physiol., 87, 638~646.
4. Tingey, D.T., C. Standley and R.W. Field(1976) : Stress ethylene evolution : a measure of ozone effects on plants, Atmos. Environ., 10, 969~974.
5. Cathey, H.M. and H.E. Heggstad (1972) : Reduction of ozone damage to *Petunia hybrida* Vilm. by use of regulating chemicals and tolerant cultivars, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 97, 695~700.
6. Cathey, H.M. and H.E. Heggstad (1982) : Ozone and sulfur dioxide sensitivity of petunia : modification by ethylenediurea, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107(6), 1028~1035.
7. Cathey, H.M. and H. E. Heggstad (1973) : Effect of growth retardants and fumigation with ozone and sulfur dioxide on growth and flowering of *Euphorbia pulcherrima* Willd, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 98, 3~7.



8. Dass, H.C. and G.M. Weaver(1968) : Modification of ozone damage to *Phaseolus vulgaris* by antioxidants, thiols and sulfhydryl reagents, Can. J. Plant Sci., 48, 569~574.
9. Ku, J.H., D.T. Krizek, R.M. Mirecki and E.D.Lee(1987) : Efficacy of XE-1019 as a phytoprotectant against SO<sub>2</sub> injury in snap bean, Proc. Plant Growth Reg. Soc. Amer., 14, 304~311.
10. Larsen, M.H., T.D. Davis and R.P. Evans(1988) : Modulation of protein expression in uniconazole treated soybeans in trelation to heat stress, Proc. Plant Growth Reg. Soc. Amer., 12, 1~7.
11. Lee, E.H., J.K. Byun and Wilding (1985) : A new gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol(PP333), confers increased SO<sub>2</sub> tolerance on snap bean plants, Environ. Expt. Bot., 25, 265~275.
12. Fletcher, R. A., N. O. Adedipe, and D. P.Ormrod(1972) : Abscic acid protects bean leaves from ozone induced phytotoxicity, Can. J. Bot., 50, 2389~2391.
13. Krizek D. T., R.M. Mirecki and P. Semeniuk(1986) : Influence of soil moisture stress and abscic acid pretreatment in modifying SO<sub>2</sub> sensitivity in poinsettia, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 11, 446~450.
14. Ormrod, D.P.and N.O.Adedipe(1974) : Protecting horticultural plants from atmospheric pollutions : a review., HortScience 9(2), 309~313.
15. Baird, L.M., M.S. Reid and B.D. Webster(1984) : Anatomical and physiological effect of silver thiosulfate on ethylene-induced abscission in coleus, J. Plant Regul., 3, 217~222.
16. Beyer, E.M., Jr.(1976) : Silver ion : a potent antiethylene agent in cucumber and tomato, Hort Science 11(3), 195~199.
17. Veen H. and Van S.C. de Geijn(1978) : Mobility and inoic form of silver as related to longevity of cut carnation, Planta 140, 93~96.
18. Veen, H.(1986) : A theoretical model for antiethylene effects of silver thiosulfate and 2.5-nobonadine, Acta Horticulurea 181, 129~134.
19. Arnon, D.I.(1949) : Copper enzymes in isolated chloroplasts, poly phenoloxidase in *Beta vulgaris*, Plant Physiol., 24, 1~15.
20. Raa, J.(1971) : Indole-3-acetic acid levels and the role of indole-3-acetic acid oxidase in normal root and club-root of cabbage, Physiol. Plant 25, 130~134.
21. McCord, J.M. and I. Fridovich(1969) : Superoxide dismutase : an enzymatic function of erythrocuprein(hemocuprein), J. Biol. Chem. 244, 6049~6055.
22. Izumi, K., I. Yamaguchi, A. Wada, H. Oshio and N. Takahashi(1984) : Effects of a new plant growth retardants(E)-1-(4-chlorophenyl)-4, 4-dimethyle-2(1, 2, 4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol(S-3307) on the growth and gibberellin content of rice plants, Plant Cell Physiol., 5(4), 611~617.
23. Bennett, 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, (Eds, M.J. KoZiol and F. R. Whatley), pp 413~424, Butterworth, England.
24. Tanaka, K. and K.Sagahara(1980) : Role of superoxide desmutase in the defense against SO<sub>2</sub> toxicity and induction of superoxide dismutase with SO<sub>2</sub> fumaigation, Research Report National Institute for Environmental Studier, Yatabe, Japan. 11, 155~164.
25. 구자형(1987) : Silver thiosulfate처리가 토마토의 오존피해경감에 미치는 효과, 충남대학교 환경연구 보고, 5(2), 88~96.