

## UV-B와 생장억제제 처리가 과채류 플러그묘의 생리 변화 및 항산화 효소의 활성에 미치는 영향

권준국\* · 강남준 · 이재한 · 최영하 · 유인호 · 조미애 · 김희태  
영남농업시험장 부산원예시험장

### Effects of UV-B and Growth Inhibitor on Physiological Changes and Antioxidant Enzyme Activities in Fruit Vegetable Plug Seedlings

Kwon, Joon Kook\*, Nam Jun Kang, Jae Han Lee, Young Ha Choi,  
In Ho Yu, Mi Ae Cho, and Hoe Tae Kim

Busan Horticultural Experiment Station, NYAES, RDA, Busan 618-300, Korea

**Abstract.** The physiological changes and antioxidant enzyme activities of plug seedlings irradiated with  $4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  UV-B or sprayed growth inhibitors of  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  diniconazole and  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  hexaconazole for retarding the overgrowth of cucumber, tomato and hot pepper seedlings in summer season were investigated. Photosynthetic rate just after UV-B irradiation was significantly low but recovered to the level of non-treated seedlings 10 days after UV-B irradiation. And photosynthetic rate of chemical-sprayed seedlings was slightly lower in tomatoes but not different in cucumbers and peppers, compared with non-treated seedlings. Chlorophyll contents in the leaves showed no difference among treatments. Anthocyanin contents in the leaves of UV-B-irradiated seedlings were higher and no difference in chemical-sprayed seedlings, compared with non-treated seedlings. The activities of SOD (superoxide dismutase), CAT (catalase), and POD (peroxidase) of UV-B-irradiated seedlings were higher than those of the non-irradiated seedlings just after UV-B irradiation. However, 10 days after UV-B irradiation, the activities were decreased to half of the value just after UV-B irradiation. Whereas the activities of chemical-sprayed seedlings were slightly higher than those of non-treated ones but lower than those of UV-B-irradiated ones.

**Key words :** growth retardation, photosynthesis, superoxide dismutase, diniconazole

\*Corresponding author

## 서 언

고온기 채소작물의 플러그 육묘는 밀식과 잦은 관수로 인해 묘가 도장되거나 과번무되는 것이 문제이다. 이를 방지하기 위해 대부분의 육묘장에서는 생장억제제인 트리아졸계 농약을 주로 이용하고 있는데 그 억제효과는 뚜렷하나(Bae, 1999) 처리 농도나 시기 등이 부적절할 경우 종종 피해가 발생된다(Gent, 1997). 최근에는 UV-B(280-320 nm)를 이용해 식물의 생장을 적절히 억제하고 환경 적응력을 증진시키려는 연구가 시도되고 있는데(Lercari 등, 1992). 특히 고온기 육묘 시 적절하게 조사하면 웃자람 방지와 초세조절에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Bertram과 Lercari, 1996;

Giannini 등, 1996; Giuseppe와 Lercari, 1997). 일반적으로 식물은 UV-B에 의해 줄기신장 억제, 엽면적 감소, 광합성 억제 등 형태적·생리적으로 변화되나 이러한 피해를 경감시키거나 방어하는 능력을 동시에 갖고 있다. 가령 잎의 두께 증가는 UV-B의 침투량을 감소시키고(Mirecki와 Teramura, 1984), UV-B 흡수물질인 flavonoid는 자외선으로부터 표적기관을 보호하여 그 피해를 극소화시키려는 방어작용을 한다(Caldwell 등, 1983; Mirecki와 Teramura, 1984). 또한 식물은 각종 스트레스에 의해 생성되는 활성산소( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^-$ )를 무독화하기 위한 생체내 방어기구를 가지고 있는데, 이에 superoxide dismutase(SOD), catalase(CAT), peroxidase(POD) 등의 항산화 효소가 크게 관여하는

것으로 알려져 있다(Elstner, 1982; Foyer 등, 1994). 따라서 원예작물에서도 UV-B 처리에 의해서 이러한 생화학적 방어반응이 작용할 것으로 추측된다.

한편 플러그묘의 생장억제제로 사용되는 트리azole계 농약은 지베렐린 생합성을 저해함으로써 줄기신장을 억제하고(Steffens 등, 1985) 엽록소, 카로티노이드, 핵산의 분해를 지연시키는 것으로 알려져 있다(Forster 등, 1980).

본 연구는 오이, 토마토, 고추 작물의 고온기 플러그 육묘시, 묘의 도장 방지와 과번무 억제를 위한 UV-B와 생장억제제의 처리가 플러그묘 식물체의 생리적 특성 변화와 항산화 효소의 활성 등 방어반응에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료 및 처리

오이(‘청화흑진주’, 홍농종묘), 토마토(‘서광’, 홍농종묘), 고추(‘녹광’, 홍농종묘) 등 3작물의 종자를 30±1 °C의 항온 발아기 내에서 24~36시간 최아시켜 시판상토(바이오상토 1호, 홍농종묘)를 담은 72공 플러그 트레이에 파종하여 유리온실내에서 고온기인 7~8월에 육묘하였다. 광원은 UV-B(280~320 nm) 형광램프(G8T5E, Sankyo Denki, Japan)를 이용하였고, 램프는 육묘 베드의 중앙에 완전임의 배치법 3반복으로 설치하였다. UV-B 처리수준은 예비 실험을 통해 식물체에 가시적 장애를 주지않는 수준으로 확인한 4 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>으로 설정하였으며, 이는 20 W 램프를 0.8 m 높이에서 일몰 직후 90분간 조명한 광량이다. 광량은 UV-B quantum sensor(SD204B-Cos, Macam Photometrics, UK)를 이용해 측정하였다. UV-B광의 조사는 오이의 경우 발아 후 10일, 토마토와 고추는 발아 후 15일부터 2일 간격으로 10회 처리하였고, 일몰 직후 20:00부터 21:30까지 타이머에 의해 자동으로 점등하였다. 생장억제제는 트리azole계 농약인 diniconazole(상품명: 빈나리)을 50 mg·L<sup>-1</sup>, hexaconazole(상품명: 헥사코나졸)을 500 mg·L<sup>-1</sup>의 농도로 하여 오이는 본엽이 2.0~2.5매 전개 시(발아 후 13일), 토마토는 본엽이 3.0~3.5매 전개 시(발아 후 18일), 고추는 본엽이 3.0~3.5매 전개 시(발아 후 23일)에 트레이당 30 mL씩 엽면 살포하였다.

### 2. 광합성 및 색소 함량 조사

플러그 묘 잎의 광합성 능력, 기공전도도 및 증산량은 UV-B 처리를 끝낸 직후와 그 후 10일 경과된 후, 2회에 걸쳐 portable photosynthesis system(LI-6400, LI-Cor, USA)을 이용하여 최싹단으로부터 3번째 잎을 측정하였다. 측정은 오전 10시부터 11시 30분까지 실시하여 처리당 15주(반복당 5주)의 평균값을 나타내었다. 엽록소 함량은 생체 시료 0.5 g을 잘게 썰어 삼각 플라스크에 넣은 다음, 100% 메탄올 20 mL의 추출용매를 가하여 24시간 상온(암상태)에 두면서 2~3시간 마다 추출 용매를 첨가해 주고 흔들어 준 후, UV-visible spectrophotometer(Cary-100, Varian, Australia)를 이용해 665.2, 652.4 및 470 nm의 3 파장대에서 흡광도를 측정하고 정량하였다. 안토시아닌은 cyanidin-3-galactoside 측정법에 의해 생체 시료 10 g을 1%의 HCl이 들어있는 메탄올 용액 20 mL를 취하여 막자 사발에서 마쇄한 다음, 거름종이(No. 2)로 거른 용액을 1%의 HCl이 들어있는 메탄올 용액 25 mL로 맞춘 후, UV-visible spectrophotometer를 이용해 535 nm에서 흡광도를 측정하였다. 함량은 Beer-Lambert의 방식으로 정량하였다(Gross, 1987).

### 3. 조직 관찰

오이 줄기를 절편하여 formalin-acetic-alcohol(FAA) 용액에 24시간 고정하고 나서 탈수(알코올 농도 순)와 투명화 과정을 거친 다음, 파라핀을 침투시켜 매몰시켰다. 조직은 회전 microtom(Type 30, Anglia Scientific)을 이용해 10 μm 두께로 절단하였고, 염색은 Foster의 tannic acid, ferric chloride와 Johensen의 safranin, picric acid의 방법을 개량한 방법(Jeong, 1994)을 사용하였으며, 염색한 후 영구조직 표본을 만들어 광학현미경(Labphot-2, Nikon, Japan)으로 관찰하였다.

### 4. 항산화효소 활성 측정

각 작물의 최상위엽 0.4 g을 액체 질소로 마쇄한 다음, 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)을 넣어 4°C, 12,000 rpm에서 5분간 원심분리한 후 얼은 상징액을 조효소액으로 사용하였다. 단백질은 Bio-Rad protein assay 시약을 이용하여 Bradford(1976)의 방법으로 정량하였다. SOD 활성은 McCord와 Fridovich(1969)에 준하여, xanthine oxidase(XOD)와 cytochrome

C를 이용하여 측정하였다. 효소 측정에 사용한 반응액은 10 mM xanthine 2.5 mL, 10 mM cytochrome C 0.5 mL, 0.1 mM EDTA가 첨가된 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.8)을 사용하였는데, 반응액은 cytochrome C의 농도를 일정하게 유지하기 위해 sodium dithionite로 보정하였다. 효소 반응은 이 반응액 1 mL와 효소액을 큐벳에 넣고 0.1 mM EDTA가 첨가된 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.8)로 25배 희석한 다음, XOD 10  $\mu$ L를 첨가하여 25°C에서 2분 30초간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 550 nm에서 흡광도를 조사하였고, SOD의 활성(unit)은 XOD 활성이 50% 저해되는 것으로 정의하였다. POD 활성은 pyrogallol을 기질로 사용하여 Sigma상표으로 결정하였다. 표준반응액은 100 mM potassium phosphate buffer (pH 6.0) 0.32 mL, 5% pyrogallol 0.32 mL, 0.147 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.16 mL, 증류수 2.19 mL와 효소액 10  $\mu$ L를 혼합하여 420 nm에서 흡광도의 증가를 20초간 조사하였다. POD 활성(unit)은 pyrogallol로부터 1 mg의 purpurogallin이 형성되는 것으로 정의하였다. CAT 활성은 240 nm에서 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 분해로 인해 흡광도가 감소되는 것을 조사하여 결정하였다. 반응액은 50 mM potassium phosphate buffer (pH 7.8) 2.5 mL, 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.15 mL, 50 mM potassium phosphate buffer (pH 7.8) 1.98 mL, 그리고 5–20  $\mu$ L의 효소액을 혼합하여 70초간 반응 후 240 nm에서 흡광도를 조사하였고, 초기 기울기를 CAT 활성 계산에 이용하였다. 효소 활성은 분당 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 1  $\mu$ mol 분해되는 것을 1 unit로 하였고, 물 흡광계수는 240 nm에서 43.6 M $\cdot$ cm<sup>-1</sup>을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 광합성 능력

오이, 토마토, 고추 잎의 광합성 능력을 UV-B 처리 직후(억제제 처리 후 17–18일)와 그 후 10일이 경과한 후(억제제 처리 후 27–28일)에 각각 조사하여 비교한 결과(Fig. 1), UV-B를 처리한 묘는 처리 직후에는 3작물 모두가 무처리나 생장억제제 처리한 것에 비해 가장 낮았으나, 처리 후 10일이 경과된 다음에는 현저하게 다른 양상을 나타내었다. 즉 무처리나 생장억제제 처리한 묘와 비슷한 수준으로 광합성 능력이 회

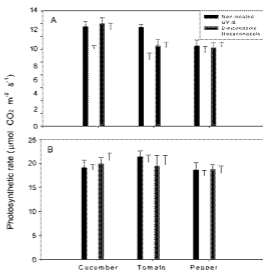


Fig. 1. Photosynthetic rate of leaves of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper seedlings irradiated with 4  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  UV-B and sprayed growth retardants (50  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  diniconazole, 500  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  hexaconazole) just (A) and 10 days (B) after treatment, respectively.

복되었다. 생장억제제를 처리한 묘는 처리 후 17–18일 경에는 토마토를 제외하고는 무처리와 유의한 차이가 없었으며, 그 후 10일이 지난 뒤에도 무처리와 비슷하였다. 이로 보아 UV-B를 처리한 묘의 광합성 능력은 처리 직후에는 감소되나, 처리하지 않은 상태로 일정 기간이 경과되면 정상적인 생육 및 동화능력을 발휘하게 된다는 것을 알 수 있었다.

태양광선 중의 UV-B(10  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ )를 필터링함으로써 딸의 광합성 능력이 최대 36% 증가했고(Lingakumar 등, 1999), 높은 수준의 UV-B에 의해 벼의 광합성능력이 저하된다는 보고(Teramura 등, 1991) 등은 본 연구와 UV-B 처리방법이나 조사강도에 다소 차이가 있으나 비슷한 결과였다. 한편 트리아졸계 생장억제제는 엽록소의 분해를 지연시킨다고 알려져 있는데(Forster 등, 1980) 본 결과와는 다소의 차이가 있었으며, 생장억제제를 처리한 묘의 광합성은 무처리에 비해 광합성능력이 저하되지 않았다.

### 2. 엽록소 및 색소 함량

UV-B 처리 직후(억제제 처리 후 17–18일)에 오이, 토마토 및 고추 잎의 엽록소 함량을 조사한 결과(Table 1), 엽록소 및 카로티노이드 함량은 3작물 도

**Table 1.** Leaf chlorophyll contents of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper seedlings irradiated with 4 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> UV-B and sprayed growth retardants (50 mg·L<sup>-1</sup> diniconazole, 500 mg·L<sup>-1</sup> hexaconazole), respectively.<sup>z</sup>

Crop	Treatment	Chlorophyll (mg·g <sup>-1</sup> , FW)			Carotenoid (mg·g <sup>-1</sup> , FW)
		a	b	Total	
Cucumber	Control	1.600 a <sup>y</sup>	0.475 a	2.075 a	0.421 a
	UV-B	1.518 a	0.487 a	2.005 a	0.413 a
	Diniconazole	1.609 a	0.454 a	2.063 a	0.432 a
	Hexaconazole	1.535 a	0.473 a	2.008 a	0.418 a
Tomato	Control	1.395 a	0.214 a	1.609 a	0.308 a
	UV-B	1.317 a	0.168 a	1.490 a	0.296 a
	Diniconazole	1.349 a	0.205 a	1.554 a	0.284 a
	Hexaconazole	1.370 a	0.206 a	1.576 a	0.299 a
Hot pepper	Control	1.131 a	0.219 a	1.350 a	0.231 a
	UV-B	1.142 a	0.230 a	1.372 a	0.245 a
	Diniconazole	1.130 a	0.214 a	1.344 a	0.237 a
	Hexaconazole	1.129 a	0.216 a	1.345 a	0.219 a

<sup>y</sup>Investigated 30 days after germination for cucumber and 35 days after germination for tomato and hot pepper, respectively.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

두 처리 간에 유의적인 차이가 없었다. 대부분의 연구에서 식물에 가시적 피해를 입힐 정도의 고수준의 UV-B를 처리하여 얻은 결과(Teramura 등, 1991)와는 달리, 본 연구는 잎에 가시적인 장해를 주지않는 수준으로 처리하였기 때문에 엽록소 함량에 차이가 없는 것으로 생각된다. 엽록소의 파괴 및 생합성 억제는 UV-B에 의한 전형적인 피해 현상으로 그 양상은 식물의 종이나 품종, 실험 조건, UV-B의 강도 등에 따라 큰 차이를 보인다. UV-B 처리에 의해 엽록소 함량은 몇 식물 종에서 감소하나 현저한 영향이 나타나지 않았다는 보고도 있다(Kang 등, 1999; Lingakumar와 Kul- andavelu, 1993; McEwen 등, 1991). 오이의 엽록소 함량은 높은 수준의 UV-B(11.3 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>)에서 20%, 낮은 수준(6.42 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>)에서 13% 각각 감소한 반면(Kim 등, 2000), 가시장해가 나타나지 않았던 엽육 부위의 엽록소 a, b 함량이 약 10% 증가하고 플라보노이드도 15% 증가되었다고 하였는데(Kang 등, 1999), 이는 4 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 수준에서 뚜렷하게 감소되지 않은 본 결과와 비슷하였다. 그리고 생장억제제는 보리 등에서 엽록소의 분해를 지연시키는 것으로 알려져 있으나(Forster 등, 1980), 본 실험에서는 무처리와 차이가 없는 것으로 나타났다.

안토시아닌 함량은 3작물 모두 UV-B 처리한 것이 높았고 생장억제제 처리한 것은 무처리에 비해 토마토

**Table 2.** Anthocyanin contents in leaves of plug-grown cucumber, tomato and pepper seedlings irradiated with 4 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> UV-B and sprayed growth retardants (50 mg·L<sup>-1</sup> diniconazole, 500 mg·L<sup>-1</sup> hexaconazole), respectively.

Treatment	Anthocyanin (µg·g <sup>-1</sup> , FW) <sup>z</sup>		
	Cucumber	Tomato	Hot pepper
Control	0.091 b <sup>y</sup>	0.427 c	0.125 ab
UV-B	0.101 a	0.615 a	0.156 a
Diniconazole	0.076 c	0.496 b	0.133 ab
Hexaconazole	0.098 a	0.484 b	0.116 b

<sup>y</sup>Investigated 30 days after germination for cucumber and 35 days after germination for tomato and hot pepper, respectively.

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

에서 약간 증가되었으나 오이와 고추에서는 차이가 없었다(Table 2). 본 실험의 4 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> 처리에 의해 안토시아닌 함량의 증가가 그다지 크지 않은 것은 식물체가 가시적 피해를 받지 않을 정도로 처리수준을 낮게 하고 처리 주기도 2일 간격으로 하였기 때문으로 생각한다. 반면 6.3 kJ·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>의 높은 수준의 UV-B를 15일간 매일 처리함으로써 토마토 잎의 안토시아닌 함량이 무처리에 비해 156% 증가하였다고 한다(Balakumar 등, 1997). 일반적으로 잎 표피 세포의 액포에 축적되는 안토시아닌은 UV-B 처리에 의해 그 함량이 유도되고(Gross, 1987; Robbrecht와 Caldwell,

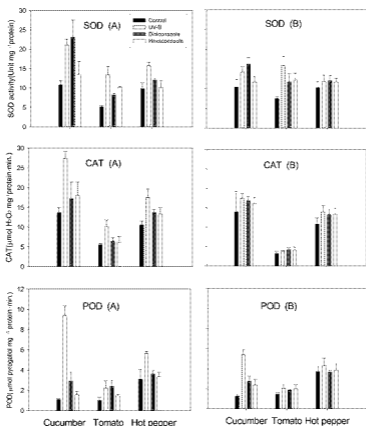


Fig. 2. Activities of superoxide dismutase (SOD), catalase(CAT), and peroxidase(POD) in leaves of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper seedlings irradiated with  $4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  UV-B and sprayed growth retardants ( $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  diniconazole,  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  hexaconazole), respectively.

1986; Takahashi 등, 1991), 엽육세포에 도달하는 UV-B의 투과를 억제하는 screen 역할을 하며, 또한 산화적 스트레스를 받은 식물체에 항산화 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Balakumar 등, 1997). 그리고 폴리페놀노이드 등 UV 흡수물질의 축적은 UV-B 저항성에 관여하는 한 요인이 될 수 있음이 보고(Premkumar와 Kulandaivelu, 2001)된 바 있다.

SOD 활성은 처리 직후에는 UV-B를 처리한 것이 diniconazole 처리한 오이를 제외하고는 생장억제제를 처리한 것에 비해 높았는데(Fig. 2), 이는 생장억제제를 처리한 것이 상대적으로 산화적 스트레스가 적게 발생되며 UV-B와 생장억제제 간의 체내 기능이 차이가 있음을 나타내 준다. 그러나 처리후 10일에는 UV-B 처리한 것이 크게 감소되어 생장억제제 처리한 것과 비슷해졌다. 이는 UV-B 처리후 일정한 시간이 경과된

에 따라 식물체의 산화적 스트레스가 줄어들고 광합성 능력이 높아지는 등 생육이 회복되고 있다는 것을 시사해 준다. Kim 등(2000)도 오이의 SOD, APX 및 DHAR의 활성이 UV-B 처리에 의해 높아졌는데 이는 체내에 생성된  $\text{H}_2\text{O}_2$ , superoxide 농의 무독화를 위해 그 활성이 높아진 것으로 보고하였다. 토마토에서도 15일간  $6.3 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  UV-B를 처리한 경우 SOD와 CAT 활성이 126%와 50% 각각 높아졌는데, SOD의 활성 증가는 UV-B 처리에 의해 생성된 superoxide를 무독화하는 강력한 가루로 평가된다(Elstner, 1982; Kim 등, 1996).

CAT 활성은 처리 직후에는 생장억제제 처리한 것이 UV-B 처리한 것에 비해 낮은 경향이었는데 처리 종료 후 10일에는 처리간에 차이가 없었다. 이는 UV-B 처리한 것은 생장억제제 처리한 것과는 달리 일정한 시

간이 경피되면 산화적 스트레스가 현저하게 감소된다는 것을 추측할 수 있었다. 또한 POD 활성도 처리 직후에는 생장억제제 처리한 것이 오이와 고추에서 UV-B 처리한 것에 비해 낮았으며, 처리 종료후 10일에는 오이에서 다소 높았을 뿐 토마토와 고추에서는 처리간 차이가 없었다.

UV-B 처리 시 산화적 스트레스에 의해 유가된 superoxide radical은 SOD에 의해  $H_2O_2$ 로 전환되고,

$H_2O_2$ 는 CAT와 POD에 의해서 물과 산소로 분해됨으로써 무독화되는데, 본 실험에서는 POD 보다는 CAT의 활성이 높은 것으로 보아 CAT의 역할이 더 중요한 것으로 판단되었다.

Fig. 3은 UV-B와 생장억제제를 처리한 오이줄기의 종단면을 나타낸 것이다. 무치리에 비해 UV-B 처리한 것이 대체로 세포의 크기가 작아지고 세포벽이 얇았다.  $50 mg \cdot L^{-1}$  diniconazole 처리를 한 것은 UV-B 처리한 것에 비해 세포의 크기나 세포벽의 변화가 작았다. McDaniel 등(1990)은 생장억제제 처리에 의해 poinsettia의 사부 섬유세포의 세포벽이 크게 감소되었다고 한다.

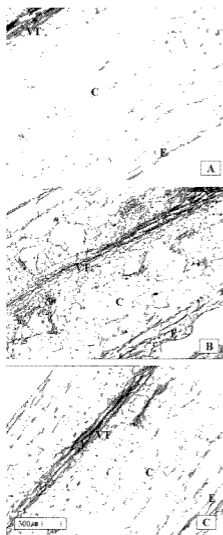
## 적 요

오이, 토마토, 고추 작물의 고온기 풀러그 육묘시 묘의 도장 방지와 과면무 역제를 위한 UV-B와 생장억제제의 처리가 풀러그로 식물체의 생리적 특성 변화와 항산화 효소의 활성에 미치는 영향을 조사하였다. 광합성능력은 UV-B 처리묘의 경우 무치리에 비해 처리 직후에는 크게 떨어졌으나 10일 후에는 비슷하게 회복되었고, 생장억제제 처리묘는 무치리에 비해 토마토가 다소 떨어졌으나 오이와 고추는 비슷하였다. 엽록소함량은 3작물 모두 처리간에 유의한 차이가 없었다. 알토시아닌 함량은 무치리에 비해 UV-B 처리한 것이 다소 높았던 반면 생장억제제 처리한 것은 무치리와 비슷하였다. SOD, CAT, POD 등의 항산화효소의 활성은 3작물 모두 UV-B 처리한 것이 가장 높았으며, 처리 직후에는 크게 증가되었다가 10일 후에는 그 절반 이하로 감소하였다. 한편 생장억제제 처리묘는 무치리에 비해서는 항산화 효소의 활성이 다소 높았으나 UV-B 처리묘에 비해서는 낮았다.

**주제어** : diniconazole, 생장 억제, 광합성, superoxide dismutase

## 인 용 문 헌

1. Bae, E.J. 1999. Growth control of vegetable seedlings by plant growth retardant and UV light treatment. PhD Diss., Kyonghee Univ., Suwon, Korea.
2. Balakumar, T., B. Gayathri, and P.R. Anbudurai. 1997.



**Fig. 3.** Photograph of longitudinal section of cucumber stem ( $\times 50$ ) of Control plant(A), irradiated with  $4 kJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$  UV-B(B), and sprayed  $50 mg \cdot L^{-1}$  diniconazole (c), respectively. C: cell, E: epidermis, VT: vascular tissue.

- Oxidative stress injury in tomato plants induced by supplemental UV-B radiation. *Biol. Plant.* 39:215-221.
3. Bertram, L. and B. Lercari. 1996. The use of UV radiation to control the architecture of *Salvia splendens* plants: Relationships between PAR levels and radiation in the photoregulation of stem elongation. *Photochem. Photobiol.* 64:131-136.
  4. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
  5. Caldwell, M.M., R. Robberecht, and S.D. Flint. 1983. Internal filters: Prospects for UV-acclimation in higher plants. *Physiol. Plant.* 58:445-450.
  6. Elstner, E.F. 1982. Oxygen activation and oxygen toxicity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:73-96.
  7. Forster, H., H. Buchenauer, and F. Grossman. 1980. Side-effects of the systemic fungicides triadimefon and triadimenol on barley plants. II. Cytokinin-like effects. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz* 87:640-653.
  8. Foyer, C.H., P. Descourvieres, and K.J. Kunert. 1994. Protection against oxygen radicals: an important defense mechanism studied in transgenic plants. *Plant Cell Environ.* 17:507-523.
  9. Gent, M.P.N. 1997. Persistence of triazole growth retardants on stem elongation of *Rhododendron* and *Kalmia*. *J. Plant Growth Regul.* 16:197-203.
  10. Giannini, A., A. Pardossi, and B. Lercari. 1996. The use of UV radiation to control the architecture of *Salvia splendens* plants. I. Effects on plant growth, water relations and gas exchange. *Photochem. Photobiol.* 64:123-130.
  11. Giuseppe, D.C. and B. Lercari. 1997. Use of UV radiation for control of height and conditioning of tomato transplants. *Scientia Hort.* 71:27-34.
  12. Gross, J. 1987. Pigments in fruits. pp. 67-69. Academic Press, London, UK.
  13. Jeong, H.B. 1994. In Vitro multiplication of onion (*Allium cepa* L.) by shoot primordium culture. PhD Diss., Univ. of Seoul, Seoul, Korea.
  14. Kang, H.K., Y.J. Kang, Y.Y. Lee, S.H. Lee, and G.Y. Bae. 1999. Effect of UV-B radiation and CO<sub>2</sub> enhancement on pigment formation in *Cucumis sativus* L. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 17:184. (Abstr.).
  15. Kim, H.Y., D.H. Shin, and K.U. Kim. 2000. Effects of different UV-B levels on growth, antioxidant contents and activities of related enzymes in cucumber. *Kor. J. Environ. Agr.* 19:309-313.
  16. Kim, H.Y., K. Kobayashi, I. Nouchi, and T. Yoneyama. 1996. Differential influences of UV-B radiation on antioxidants and related enzymes between rice (*Oryza sativa* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves. *Environ. Sci.* 9:55-63.
  17. Lercari, B., F. Bretzel, and S. Piazza. 1992. Effects of UV treatments on stem growth of some greenhouse crops. *Acta Hort.* 327:99-104.
  18. Lingakumar, K. and G. Kulandaivelu. 1993. Changes induced by ultraviolet-B radiation in vegetative growth, foliar characteristics and photosynthetic activities in *Vigna unguiculata*. *Aust. J. Plant Physiol.* 20:299-308.
  19. Lingakumar, K., P. Amudha, and G. Kulandaivelu. 1999. Exclusion of solar UV-B (280-315 nm) radiation on vegetative growth and photosynthetic activities in *Vigna unguiculata* L. *Plant Sci.* 148:97-103.
  20. McCord, J.M. and I. Fridovich. 1969. Superoxide dismutase. An enzymatic function for erythrocyte hemocuprein (Hemocuprein). *J. Biol. Chem.* 244:6049-6055.
  21. McDaniel, G.L., E.T. Graham, and K.R. Maleug. 1990. Alteration of poinsettia anatomy by growth-retarding chemicals. *HortScience* 25:433-435.
  22. McEwen, B., H.I. Virgin, B. Boddi, and C. Sundqvist. 1991. Protochlorophyll forms in roots of dark-grown plants. *Physiol. Plant.* 81:455-461.
  23. Mirecki, R.M. and A.H. Teramura. 1984. Effects of ultraviolet-B irradiation on soybean. *Plant Physiol.* 74:475-480.
  24. Robbrecht, R. and M.M. Caldwell. 1986. Leaf UV optical properties of *Rumex patientia* L. and *Rumex obtusifolius* L. in regard to a protective mechanism against solar UV-B radiation injury, pp. 251-259. In: R.C. Worrest and M. Cardwell (edn.). Stratospheric ozone reduction, solar ultraviolet radiation and plant life. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
  25. Premkumar, A. and G. Kulandaivelu. 2001. Influence of increased UV-B radiation on magnesium deficient cowpea seedlings: Changes in growth and foliar constituents. *Plant. Sci.* 161:1-8.
  26. Steffens, G.L. and S.Y. Wang. 1984. Physiological changes induced by paclobutrazol (PP333) in apple. *Acta Hort.* 146:135-142.
  27. Takahashi, A., K. Takeda, and T. Ohnishi. 1991. Light-induced anthocyanin reduces the extent of damage to DNA in UV-irradiated *Centaurea cyanus* cell in culture. *Plant Cell Physiol.* 32:541-547.
  28. Teramura, A.H., L.H. Ziska, and A.E. Sztein. 1991. Changes in growth and photosynthetic capacity of rice with increased UV-B radiation. *Plant Physiol.* 83:373-380.