

UV-B와 생장억제제 처리에 따른 과채류 플러그묘의  
도장억제효과 및 생리반응  
Effects of Ultraviolet-B and Chemical Growth Inhibitors on  
the Overgrowth Retardation and Physiological Responses  
in Plug-grown Fruit-vegetable Transplants

권준국<sup>1\*</sup>, 이재한<sup>1</sup>, 박동금<sup>1</sup>, 최영하<sup>1</sup>, 조미애<sup>1</sup>, 박중춘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>영남농업시험장 부산원예시험장, <sup>2</sup>경상대학교 원예학과

Kwon, J.K.<sup>1\*</sup> · Lee, J.H.<sup>1</sup> · Park, D.K.<sup>1</sup> · Choi, Y.H.<sup>1</sup> · Cho, M.A. · Park, J.C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Busan Horticultural Experiment Station, NYAES, RDA, Busan 618-300

<sup>2</sup>Dept. of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701

## 서 론

최근 채소작물의 모종은 주로 플러그 육묘방식으로 생산되고 있다. 플러그묘는 단위면적당 많은 개체 수를 육묘할 수 있고, 일련의 작업을 기계화할 수 있으며 운반이나 취급이 용이하는 등 여러 가지 잇점이 있으나 제한된 용적에 밀식되므로 묘가 연약하고 도장되기 쉬운 문제점이 있다(Bae, 1999; Choi, 2002). 이러한 도장 및 과번무 억제를 위해서 대부분의 육묘장에서는 화학적 생장억제제를 처리하고 있는데 이는 정식한 이후에도 약효의 지속되기 때문에 초기생육을 지연시키거나 생식생장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Gent, 1997). 일반적으로 강한 UV-B는 식물의 생육에 피해를 주지만 적당한 수준으로 처리하면 식물의 생장을 적절하게 억제함으로써 작물의 육묘시 도장 방지와 초세조절의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Bertram과 Lercari, 1996; Giannini 등, 1996), 또한 플러그 육묘는 주로 환경제어가 가능한 유리온실에서 이루어지는데, 유리온실은 UV-B(280-320 nm)의 투과율이 낮으므로 여기에서 키운 묘를 노지 등에 옮겼을 때 노지의 많은 자외선에 의해 어린 묘가 상당한 스트레스를 받을 수 있다(Garner와 Thomas, 1996).

본 연구는 현재 농가에서 주로 이용하고 있는 생장억제제 처리방법과 인공광원인 UV-B 조명방법의 도장억제효과와 이에 따른 생리적 반응을 비교·검토하였다.

## 재료 및 방법

시험작물은 주요 과채류인 오이('청화흑진주', 홍농종묘), 토마토('서광', 홍농종묘), 고추('녹광', 홍농종묘) 등 3 작물을 사용하였고 종자는 30±1℃의 항온발아기 내에서 24~36시간 최아시켜 파종하였다. 육묘용기는 공정육묘장에서 주로 사용하는 72공 plug tray를, 상토는 바이오상토 No. 1(홍농종묘)을 각각 이용하였다.

UV-B 광원으로는 UV-B(280~320 nm) 형광램프(G8T5E, Sankyo Denki, Japan)를 육묘

베드의 중앙에 완전임의 배치법 3반복으로 설치하였다. 처리수준(조명광도)은 램프의 용량, 모종에서 램프까지의 설치높이, 광의 조명시간 등을 조정하여 결정했는데,  $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 의 광량은 20W 램프를 0.8m 높이에서 90분간 조명하였다. 처리시기는 오이의 경우 발아 후 10일, 토마토와 고추는 발아 후 15일부터 2일간격으로 10회 처리하였고, 일몰 직후 20:00 부터 21:30 까지 타이머에 의해 자동적으로 점등되게 하였다.

생장억제제는 트리아졸계 농약인 diniconazole(상품명; 빈나리)과 hexaconazole(상품명; 헥사코나졸)의 2종류를 각각 두가지 처리농도 즉 diniconazole은 50 및  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , hexaconazole은 500 및  $1,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 1회 엽면살포하였다. 단 실험결과는 diniconazole  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , hexaconazole  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 한가지 농도만 나타내었다. 처리시기는 오이의 경우 본엽이 2.0~2.5매 전개시(발아후 10~13일), 토마토는 본엽이 3.0~3.5매 전개시(발아 후 16~20일), 고추는 본엽이 3.0~3.5매 전개시(발아후 20~25일)였으며, 기온 및 일사량 등의 환경조건에 의한 성장속도에 따라 알맞게 조정하였다.

묘의 생육은 20일간(10회)의 UV-B 처리 직후와 10일이 경과된 후, 2회에 걸쳐 처리당 30주씩(반복당 10주)에 대해 초장, 경장, 엽수, 엽면적, 잎의 크기와 두께, 경경, 생체중, 건물중, 건물률, 부위별 건물중 등을 조사하였다.

광합성 능력, 기공전도도 및 증산량은 UV-B 처리를 끝낸 직후와 그 후 10일 경과된 후의 2회에 걸쳐 portable photosynthesis system(LI-6400, LI-Cor, USA)을 이용하여 최선단으로부터 3번째 잎을 측정하였다. 엽록소는 UV-visible spectrophotometer(Cary-100, Varian, Australia)를 이용해 665.2, 652.4 및 470 nm의 3파장대에서 흡광도를 측정하고 정량하였다. 안토시아닌은 cyanidin-3-galactoside 측정법에 의해 UV-visible spectro photometer (Cary-100, Varian, Australia)를 이용해 535 nm에서 흡광도를 측정하여 Beer-Lambert의 방식으로 정량하였다.

Superoxide dismutase(SOD) 활성은 McCord와 Fridovich(1969)에 준하여, Peroxidase (POD)활성은 pyrogallol을 기질로 사용하여 Sigma 방법으로 결정하였으며 Catalase(CAT) 활성은 240 nm에서  $\text{H}_2\text{O}_2$ 의 분해로 인해 흡광도가 감소되는 것을 조사하여 결정하였다.

데이터는 SAS 프로그램을 이용, Duncan의 다중검정으로 통계처리하여 처리간의 평균값 차이를 비교하였고, SigmaPlot 프로그램을 이용하여 표준편차를 나타내었다.

## 결과 및 고찰

오이, 토마토, 고추 플러그묘에 UV-B와 생장억제제를 처리한 후 생육상황을 조사한 결과 (Table 1), UV-B를 처리한 것이 생장억제제를 처리한 것에 비해 오이의 경우, 초장과 줄기 길이, 엽면적, 잎 크기 등의 감소가 큰 반면, 엽수, 잎 두께 및 경경의 증가가 컸고, 토마토의 경우는 엽면적과 잎의 크기가 크게 감소한 반면 초장, 잎 두께, 경경은 비슷하였다. 그러나 고추에서는 엽면적의 감소가 작았다. UV-B와 생장억제제 처리와의 뚜렷한 차이는 엽수에서 나타났는데, 3작물 모두가 UV-B 처리한 것이 생장억제제 처리한 것에 비해 엽수가 많았다. 줄기신장 억제효과는 대체로 UV-B, diniconazole, hexaconazole 순으로 높았다. Bae (1999)의 보고에서도 diniconazole 처리가 hexaconazole 처리에 비해 고추, 수박, 오이 등

의 초장 및 줄기길이 억제효과가 높았다고 하였는데 본 결과도 이와 같았다.

UV-B 처리한 고추의 엽면적 감소가 생장억제제 처리한 것에 비해 작은 것은 오이나 토마토에 비해 고추가 UV-B에 대한 내성이 비교적 높는데 기인하는 것으로 본다. 이러한 결과는 Bae 등 (1998)의 UV-B에 대한 감수성 실험에서 배측의 길이가 오이와 토마토의 경우 절반으로 감소한 반면, 단고추는 억제효과가 작았다는 보고와 비슷하였다.

**Table 1.** Plant height, stem length, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf size, and leaf thickness of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper transplants as affected by UV-B irradiation and chemical growth retardant treatment, respectively.

Treatment	Plant height (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	No of leaves	Leaf area		Leaf thickness (mm)
					cm <sup>2</sup> /plant	cm <sup>2</sup> /leaf	
Cucumber							
Non-treated	35.1 a	26.9 a	4.81 a	3.05 b	122.2 a	40.06 a	0.60 c
UV-B	24.3 c	16.6 c	4.85 a	3.26 a	100.5 b	30.83 b	0.78 a
Diniconazole	26.7 b	17.4 c	4.69 a	3.08 b	115.8 ab	37.60 a	0.65 b
Haxaconazole	28.1 b	19.6 b	4.80 a	3.11 b	120.5 a	38.75 a	0.58 c
Tomato							
Non-treated	42.5 a	30.7 a	3.49 b	4.29 bc	72.00 b	16.87 b	0.43 b
UV-B	30.5 b	19.4 bc	3.98 a	4.70 a	69.85 b	14.88 c	0.45 b
Diniconazole	30.3 b	18.1 c	4.14 a	4.45 b	79.61 a	17.91 a	0.48 a
Haxaconazole	31.2 b	20.8 b	3.68 b	4.13 c	64.28 c	15.57 c	0.43 b
Hot pepper							
Non-treated	29.0 a	21.3 a	2.75 b	8.19 b	72.61 a	8.87 a	0.35 c
UV-B	23.6 c	16.3 c	2.94 a	9.37 a	67.37 b	7.21 bc	0.37 b
Diniconazole	23.9 c	16.4 c	2.71 b	7.64 c	59.50 c	7.81 b	0.42 a
Haxaconazole	25.6 b	18.5 b	2.65 b	8.25 b	57.52 c	7.05 c	0.37 b

플러그묘의 건전도를 나타내는 건묘지수는 3 작물 모두 UV-B나 생장억제제를 처리한 것이 무처리에 비해 높았다(Table 2). UV-B 처리수준간에는 처리수준이 증가함에 따라 건묘지수가 높았고 생장억제제 간에는 diniconazole 처리한 것이 높았다. Bae(1999)도 UV-B 처리에 의해 오이, 호박 및 수박 묘의 건묘지수가 증가하였다고 했는데 본 결과와 비슷하였다. 본 실험에서 UV-B 6 kJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> 처리한 것이 건묘지수는 가장 높았으나 묘의 잎이 오그라들고 위축되는 등 가시적 피해가 다소 발생됨에 따라 이러한 피해가 나타나지 않는 2~4 kJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup> 처리가 건전한 묘 생산에 적당한 UV-B 처리수준이라고 판단된다.

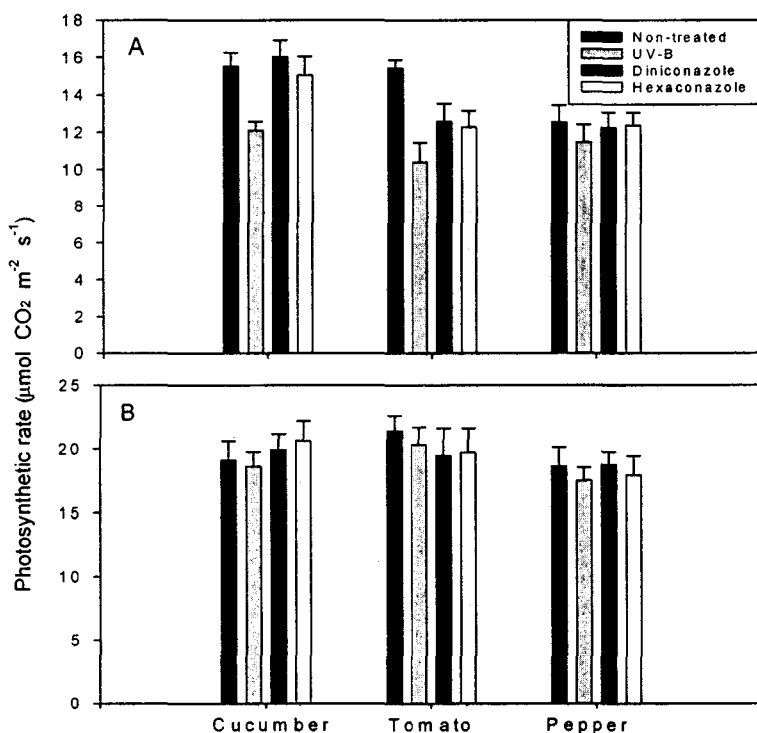
Fig. 1은 UV-B와 생장억제제를 처리한 오이, 토마토, 고추 잎의 광합성, 기공전도도, 및 증산량을 UV-B 처리가 끝난 직후(억제제 처리후 10일)와 그 후 10일이 경과한 후(억제제 처리후 20일)에 각각 조사하여 비교한 것이다. UV-B 처리가 끝난 직후의 광합성 능력은 3 작물 모두 UV-B 처리한 것이 가장 낮았고, 생장억제제 처리한 것은 토마토를 제외하고는 무처리와 유의적인 차이가 없었다. 한편 UV-B 처리가 끝난 다음 10일이 경과된 후에는 현저하게 다른 양상을 나타내었는데 UV-B 처리한 것이 무처리나 생장억제제 처리한 것과 비슷한 수준으로 회복되었다. 이로 보아 광합성능력은 UV-B 처리가 끝난 직후에는 감소되나

일정한 시간이 경과되면 회복이 된다는 것을 알 수 있다. 한편 트리아졸계 성장억제제는 보리 등의 광합성에 관여되는 엽록소의 분해를 지연시킨다는 알려져 있는데(Forster 등, 1980) 본 결과와는 다소의 차이가 있다. 단지 성장억제제를 처리한 묘의 광합성은 무처리에 비해 광합성능력이 저하되지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

**Table 2.** Healthy transplant index of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper irradiated with UV-B doses and treated with chemical growth retardants, respectively.

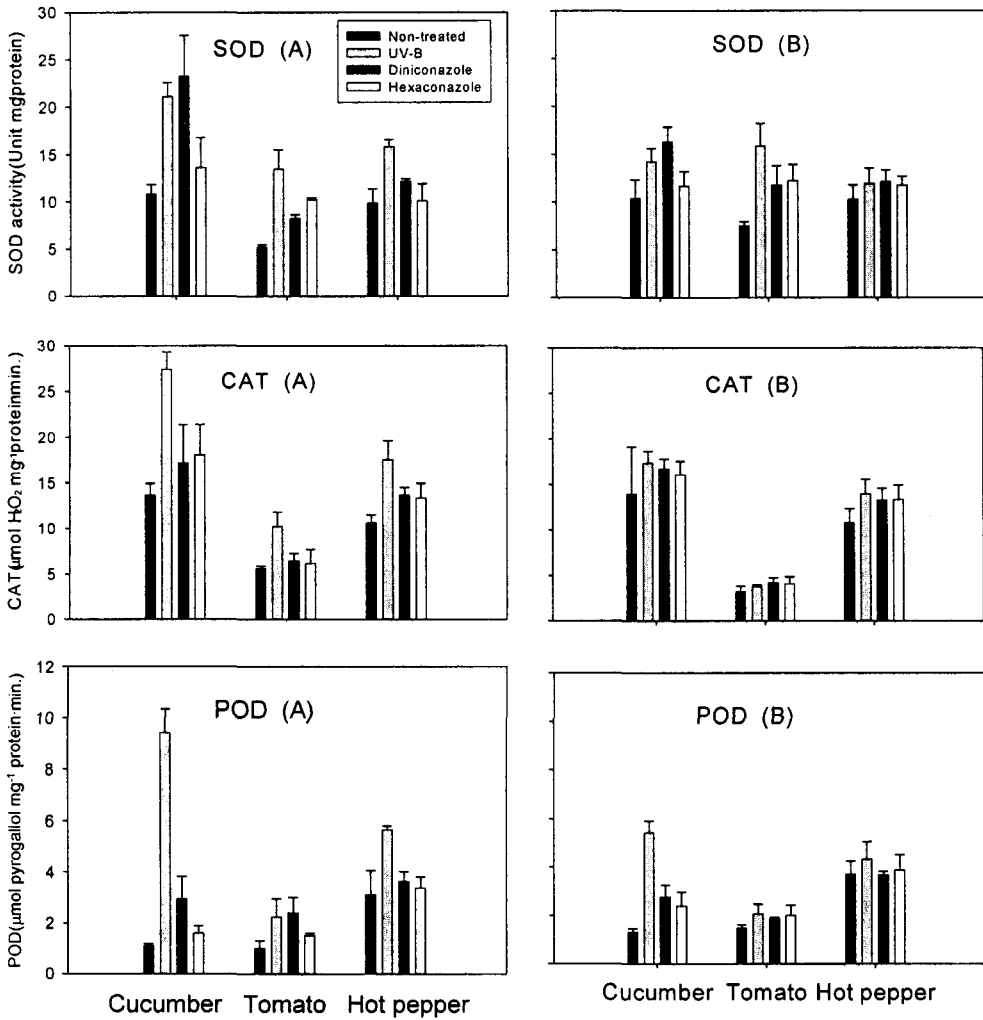
Treatment	Healthy transplant index <sup>z</sup>		
	Cucumber	Tomato	Hot pepper
Non-treated	2.00 c <sup>x</sup>	2.00 b	2.00 c
UV-B	2.56 a	2.50 ab	2.18 b
Diniconazole	2.54 a	2.66 a	2.37 a
Hexaconazole	2.35 b	2.51 ab	2.14 b

<sup>z</sup>Healthy transplant index was calculated by the following equation; No. of leaves in control plant / no. of leaves in treated plant + stem length of control plant / stem length of treated plant (Bae, 1999).



**Fig. 1.** Photosynthetic rate of leaves of plug-grown cucumber, tomato, and hot pepper transplants as affected by 4 kJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> UV-B and chemical growth retardants (50 mg · L<sup>-1</sup> diniconazole, 500 mg · L<sup>-1</sup> hexaconazole) at just (A) and 10 days (B) after the end of UV-B irradiation, respectively.

SOD 활성은 UV-B를 처리한 것이 오이에 diniconazole 처리한 것을 제외하고는 생장억제제를 처리한 것에 비해 높았는데(Fig. 2), 이는 생장억제제를 처리한 것이 상대적으로 산화적 스트레스가 적게 발생되며 UV-B와 생장억제제간의 체내 기능이 차이가 있음을 나타내 준다. 그러나 처리 종료후 10일에는 UV-B 처리한 것이 크게 감소되어 생장억제제 처리한 것과 비슷해졌다. 이는 UV-B 처리후 일정한 시간이 경과됨에 따라 식물체의 산화적 스트레스가 줄어 들고 광합성 능력이 높아지는 등 생육이 회복되고 있다는 것을 시사해 준다.



**Fig. 2.** Comparison of activities of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and peroxidase (POD) in cucumber, tomato, and hot pepper leaves between  $4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B irradiation every 2 days for 20 days and  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  diniconazole and  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  hexaconazole treatment at just (A) and 10 days (B) after the end of UV-B irradiation, respectively.

Kim 등(2000)도 오이의 SOD, APX 및 DHAR의 활성이 UV-B 처리에 의해 높아졌는데 이는 체내에 생성된  $H_2O_2$ , superoxide 등의 무독화를 위해 그 활성이 높아진 것으로 보고하였다. 토마토에서도 15일간의  $6.3 kJ m^{-2} d^{-1}$  UV-B 처리에 의해 SOD와 CAT 활성이 126%와 50% 각각 높아졌는데, SOD의 활성증가는 UV-B에 의해 생성된 superoxide를 무독화하는 강력한 기구로 보고하였다(Elstner, 1982; Kim 등, 1996).

CAT 활성은 처리직후에는 생장억제제 처리한 것이 UV-B 처리한 것에 비해 낮은 경향이었는데 처리 종료후 10일에는 처리간의 차이가 없었다. 이는 UV-B 처리한 것이 생장억제제 처리한 것과는 달리 일정한 시간이 경과되면 산화적 스트레스가 현저하게 감소된다는 것을 추측할 수 있었다. 또한 POD 활성도 처리직후에는 생장억제제 처리한 것이 오이와 고추에서 UV-B 처리한 것에 비해 낮았으며, 처리 종료후 10일에는 오이에서 다소 높았을 뿐 토마토와 고추에서는 처리간의 차이가 없었다.

UV-B 처리시 산화적 스트레스에 의해 유기된 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.

## 요약 및 결론

플러그묘는 UV-B를 처리함으로써 무처리에 비해 줄기기의 길이가 오이 38%, 토마토 27%, 고추 19% 각각 억제되었고 동시에 엽면적, 건물중 등도 감소되었다. 반면에 엽수와 경경은 다소 증가되었다. 생장억제제를 처리한 묘는 UV-B 처리묘에 비해 억제정도가 다소 작으나 비슷한 경향이였다. 광합성능력에 있어 UV-B 처리묘는 처리직후에 무처리에 비해 크게 낮았으나 10일 후에는 비슷하게 회복되었고, 생장억제제 처리묘는 토마토가 무처리에 비해 다소 낮았으나 오이와 고추에서는 비슷하였다. 엽록소함량은 3작물 모두 처리간에 유의적 차이가 없었다. Anthocyanin 함량은 무처리에 비해 UV-B 처리한 것이 다소 높았을 반면 생장억제제 처리한 것은 비슷하였다. SOD, CAT, POD 등의 항산화 효소의 활성은 3작물 모두 UV-B 처리한 것이 가장 높았으며, 처리직후에는 크게 증가되었다가 10일후에는 그 절반이하로 감소하였다. 한편 생장억제제 처리묘는 무처리에 비해서는 다소 높았으나 UV-B 처리묘에 비해서는 낮았다.

## 인용문헌

1. Bae, E. J. 1999. Growth control of vegetable seedlings by plant growth retardant and UV light treatment. PhD. Diss., Kyeonghee Univ., Suwon.
2. Bae, E. J., K. Inamoto, M. Doi, and H. Imanishi. 1998. Retardation of hypocotyl elongation of ornamental and vegetable seedling by ultraviolet irradiation. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 67:945-950.
3. Bausher, M. G. and G. Yelenosky. 1987. Morphological changes in citrus associated

- with relatively high concentration of paclobutrazol. *Plant Growth Regul.* 5:139-147.
4. Bertram, L. and B. Lercari. 1996. The use of UV radiation to control the architecture of *Salvia splendens* plants: II. Relationships between PAR levels and radiation in the photoregulation of stem elongation. *Photochem. Photobiol.* 64:131-136.
  5. Choi, Y. H. 2002. Transplant quality and the yield of tomatoes and cucumbers as affected by transplant production methods in summer. Ph.D. Diss., Gyeongsang Univ., Jinju.
  6. Elstner, E. F. 1982. Oxygen activation and oxygen toxicity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:73-96.
  7. Gent, M. P. N. 1997. Persistence of triazole growth retardants on stem elongation of *Rhododendron* and *Kalmia*. *J. Plant Growth Regul.* 16:197-203.
  8. 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.
  9. 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.
  10. Kim, H. Y., K. Kobayashi, I. Nouchi, and T. Yoneyana. 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.
  11. Olsson, L. C., M. Veit, and J. F. Bormman. 1999. Epidermal transmittance and phenolic composition in leaves of atrazine-tolerant and sensitive cultivars of *Brassica napus* grown under enhanced UV-B radiation. *Plant Physiol.* 107: 259-266.
  12. 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.
  13. Wang, S. Y. and M. Faust. 1986. Effect of growth retardants on root formation and polyamine content in apple seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:912-917.