

# 토양 수분함량이 토마토 묘의 생육 및 항산화 효소에 미치는 영향

## Effects of Soil Water Content on Growth and Antioxidative Enzymes of Tomato Plug Seedlings

**김동익**

D. E. Kim  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
교양공통과  
kde1206@korea.kr

**강정균**

J. K. Kang  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
교양공통과  
rich3214@naver.com

**신윤아**

Y. A. Shin  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
교양공통과  
sua4097@naver.com

**홍순중**

S. J. Hong  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
교양공통과  
hsj43333@korea.kr

**이운용**

W. Y. Lee  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
교양공통과  
biomec@korea.kr

**우영희\***

Y. H. Woo  
국립한국농수산대학<sup>1</sup>  
원예환경시스템학과  
wooyh612@korea.kr

### Abstract

This study was carried out to investigate effects of soil water content on growth and antioxidative enzymes activity of tomato seedlings during the nursery period. The water stress significantly damages morphological, physiological, and biochemical activities in plants. The seedlings planted with soil on the tray were irrigated and categorized into 3 groups with 30 g, 40 g, and 50 g of plant-soil weight. After then, the changes in weight of the soil and the seedling were measured every 2 hours for 4 days and the leaf temperature was measured with the thermal-camera at the same time. The antioxidant enzymes were measured to determine the level of stress using all of the seedling samples. The result showed that the decrease of soil weight in the day time was faster than that in the night time, but there was no significant difference in the weight loss of the seedlings and soil among the groups. However, the group with 50 g of weight showed the highest SOD and POD contents. This is considered that the continuously wet soil on the root zone of the seedlings caused more stress for the seedlings. Therefore, it is concluded that the excess moisture content causes stress to stimulate the secretion of antioxidant enzymes, and the effect of stress is required to be analyzed comprehensively using environmental data and also the physiological data that are collected over a longer period.

**Key words** : Plug seedlings, Tomato growth, Soil water content, Antioxidative enzymes

\* 교신저자

<sup>1</sup> Korea National College of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54874 Korea

## I. 서론

농사의 시작인 육묘는 한해 농사를 좌지우지할 만큼 중요하며(Yoon et al., 1995; Yu et al., 2002), 고품질 우량묘 생산을 확보하기 위해 매우 중요한 단계이다(Byun et al., 2012). 이를 전문적으로 하는 육묘산업은 육묘와 재배의 분업화 및 전문화로 나누어진 원천산업이고 발아, 접목 및 활착, 재배 관리, 생장조절, 병해충 관리 등 다양한 분야가 포함되는 정밀산업이다. 국내 공정 육묘장의 면적은 1997년 약 20ha에서 2014년 195ha로 약 8배 정도로 확대되었으며 계속 증가하는 추세이므로 미래 성장동력산업으로써 큰 역할을 할 것으로 예상된다(Park et al., 2014; Ahn et al., 2016).

가지과 작물인 토마토(*Solanum lycopersicum L.*)는 전 세계적으로 많은 소비가 되고 있으며 가장 중요한 작물 중 하나이다. 토마토는 신선 채소로서 직접 섭취할 뿐만 아니라 다른 음식에 첨가 재료로 섭취한다(Hwang et al., 2010). 토마토는 비타민 A, C, 미네랄, 페놀화합물 등을 함유하고 있으며, 주스, 케찹 등과 같은 가공품으로 널리 사용되고 있다(Choi et al., 2013, Kim et al., 2015).

토마토는 여러 가지 환경 스트레스를 받으면 체내에서 세포막의 변성 및 향산화효소 생성 등을 하여 생리적 또는 생화학적 변화가 일어나 장해를 받는다고 한다(Kang et al., 2007). 근권온도는 작물의 생육과 양·수분, 에너지 이용 등으로 영향을 주고(Huh et al., 2001).

토양수분은 작물의 팽압유지나 작물이 필요로 하는 무기 또는 유기용질을 수송하는 매체, 작물의 냉각 등의 역할을 한다(Yu and Bae, 2004). 토마토의 품질과 수량은 토양수분의 함량에 따라 좌우되며, 품종과 작형에 따라라도 수분관리를 달리해야 한다(Kim et al., 2000). 토마토에게 있어 수분은 생장과 대사작용, 뿌리로부터 무기영양의

흡수에 중요한 역할을 한다. 뿌리로부터의 물 공급이 제한되거나 증발속도가 빠를 때 수분스트레스를 받는데(Woo et al., 2000; Lee & Lee, 2001) 수분 스트레스를 받으면 세포는 수축하고 식물은 시들고 세포 신장이 느려지거나 중단되고 성장이 지연된다. 또한 적정치 이상 관수는 과실의 균열 발생율이 증가한다(Peet and Willits, 1995). 토마토는 고온(25°C 이상)에서 착과력이 떨어져 수량이 감소하며, 관수가 잦으면 묘가 도장하는 등 여름철 육묘에 어려움을 겪고 있다(Peet et al., 1997; Lee et al., 2015).

따라서, 본 연구에서는 토마토 묘를 대상으로 육묘기간 중 토양수분함량에 따른 생육에 미치는 영향을 알아보고 스트레스의 영향을 확인하고자 향산화효소 측정 및 열화상 영상을 이용하여 엽온의 변화에 대한 관찰을 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 장소 및 재료

본 연구는 한국농수산물대학(전북 전주 소재) 유리온실에서 수행하였다. 본 실험에 사용한 토마토 모종은 정읍 소재의 공정육묘장에 의뢰하여 슈퍼도태랑(코레곤) 접수모종을 파이팅(코레곤) 대목에 접목하여 생산한 모종을 사용하였다. 트레이는 40구 트레이(범농)를 사용하였다. 시험에 사용한 토마토 모종은 40일 간 육묘한 것을 사용하였다. 시험은 2017년 10월 23일부터 26일까지 수행하였다. 상토 무게에 의한 개체간의 무게 차이를 줄이기 위해 건조 중량이 8g 내외로 균일한 펠릿 피트모스를 사용하였다. 엽온을 측정하기 위하여 트레이에는 열화상 촬영시 토마토 묘 잎들이 서로 겹치지 않도록 배치하였다. 물을 충분히 흡수시킨 상태에서의 묘의 무게는  $52.9 \pm 1.58\text{g}$ 이었다.

## 2. 무게 측정

무게 측정은 관수 전 매일 아침 9시에 육묘 트레이에서 묘를 꺼내어 전자저울(CAS, WZ-3A, Korea)로 무게를 측정하였고 관수 후에는 2시간마다 모종의 무게를 측정하였다. 모종 무게의 일 변화는 전자저울(AND, HC-6KW, Japan)을 이용하여 트레이 전체의 무게를 측정하였으며 데이터 로거(AND, AD1688, Japan)를 이용해 10분 간격으로 저장하였다.

## 2. 무게 측정

무게 측정은 관수 전 매일 아침 9시에 육묘 트레이에서 묘를 꺼내어 전자저울(CAS, WZ-3A, Korea)로 무게를 측정하였고 관수 후에는 2시간마다 모종의 무게를 측정하였다. 모종 무게의 일 변화는 전자저울(AND, HC-6KW, Japan)을 이용하여 트레이 전체의 무게를 측정하였으며 데이터 로거(AND, AD1688, Japan)를 이용해 10분 간격으로 저장하였다.



Fig. 1. View of weighing tomato



Fig. 2. View of weighing tray

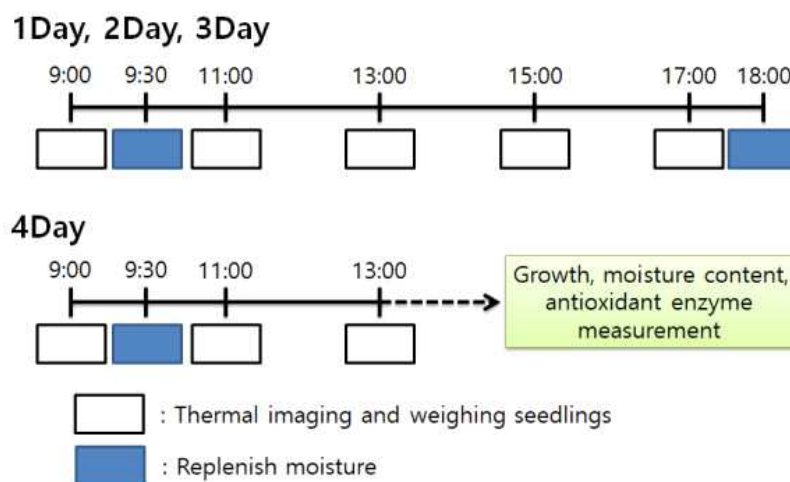


Fig. 3. Schematic of experimental design

토양수분함량이 토마토 묘의 생육 및 향산화효소에 미치는 영향  
 김동역, 강정균, 신윤아, 홍순중, 이운용, 우영희

#### 4. 엽온 측정

토마토 묘의 엽온은 열화상 카메라(A325sc, FLIR system, USA)를 이용하여 측정하였다. 열화상 카메라를 삼각대에 장착하여 촬영하였다. 카메라 위치는 육묘 트레이의 정중앙에서 트레이

전체가 촬영될 수 있는 높이로 하였다. 촬영 방법은 수직으로 토마토 묘의 엽온을 1분 간격으로 촬영하였다. 촬영 후 영상 프로그램을 이용하여 각 묘의 엽의 일부 지점을 지정하여 엽온 데이터를 추출하였다(Fig. 4, 5).

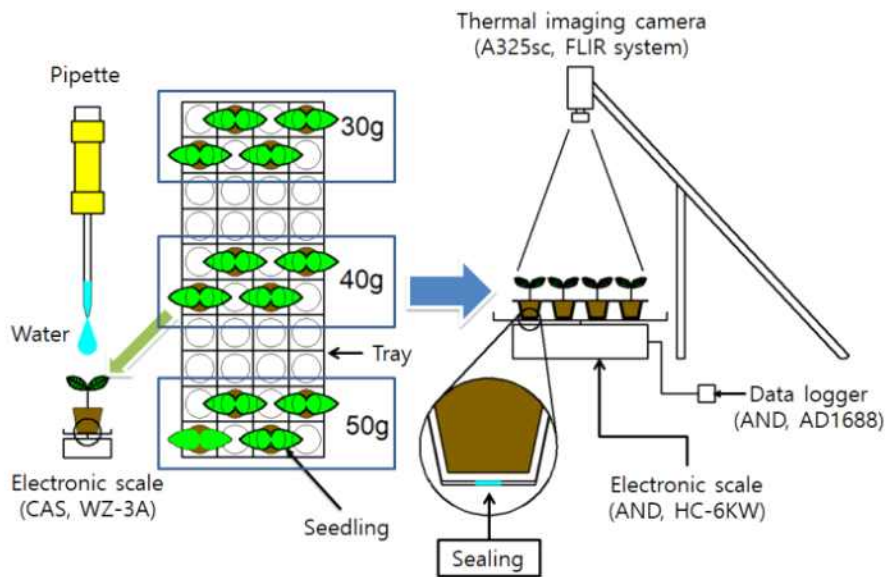


Fig. 4. Schematic of experimental method

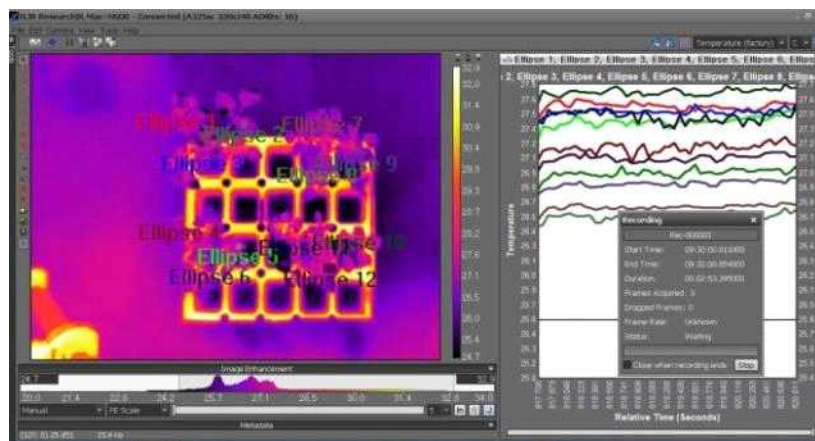


Fig. 5. Measurement of leaf temperature

## 5. 생육 및 수분함량 측정

실험 후(실험 4일째) 각 묘의 무게에 따른 생육 데이터 및 수분함량을 측정하였다. 생육 데이터는 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적을 측정하였고, 토양 수분함량은 지상부를 제외한 지하부(뿌리, 상토)의 생체중과 건물중을 측정하여 수분함량을 산정하였다.

## 6. 항산화 효소 측정

항산화 효소는 토마토 뿌리를 제외한 잎과 줄기를 동결건조하여 측정하였다. 항산화 효소 중 하나인 Peroxidase(POD) 활성은 Chance와 Maehly(1955)의 방법에 따라 측정하였고, POD 반응액은 최종 농도가 1.5mM guaiacol과 6.5mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 포함된 40mM potassium phosphate buffer (pH 6.9)로 조제하였다. 이 반응액에 조제한 효소액을 가한 후, tetraguaiacol 형성을 spectrophotometer로 이용하여 470nm에서 1분간의 흡광도 변화로 측정하였으며, 단백질 1mg당 형성된 tetraguaiacol을  $\mu$ M로 표시하였다.

Super Oxide Dismutase (SOD) 활성 측정은 분석용 Kit(Sigma, Japan)를 사용하여 측정하였으며, SOD 효소활성이 NBT(nitroblue tetrazolium)의 환원 저해능을 측정하는 photochemical NBT method를 이용하였다. 반응액은 50mM carbonic buffer (pH 10.2), 0.1mM EDTA, 0.1mM xanthine, 0.025mM NBT로 하였으며, spectrophotometer를 이용하여 흡광도 450nm에서 NBT환원 저해율을 측정하여 SOD효소 활성을 환산하였다.

## 7. 통계처리

토양 수분함량 처리별 토마토 묘의 성장량, 항산화 효소 함량에 대한 통계분석은 통계 프로그램

R(software version 3.0.3, R Development Core Team, Vienna, Austria)을 이용하였으며, 평균 간의 유의차 검정은  $p < 0.05$ 에서 Duncan 검정을 수행하였다. 각 묘의 무게의 생육데이터와 시계열에 따른 무게 변화를 T-test로 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 엽온 및 무게 변화

토마토 엽온을 측정한 그래프는 Fig. 6과 같다. 주간(08:00~18:00)온도는  $28.12 \pm 2.39^{\circ}\text{C}$ 로 나타났고 야간(18:00~08:00)온도는  $18.88 \pm 3.43^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 야간 19시부터 온도가 감소하는 경향을 나타냈으며 주간 07시부터 온도가 상승하는 경향을 나타내었다. 주간에는 엽온의 측정위치에 따라 온도의 편차가 커지는 것으로 나타났다.

토마토 육묘 트레이의 무게 일변화 양상은 Fig. 7과 같이 나타났다. 주간에는 평균 및 표준편차가  $113 \pm 2.08\text{g}$ , 야간에는 평균 및 표준편차가  $42.3 \pm 2.31\text{g}$  만큼 차이가 나는 것으로 나타났다. 이는 각 모종 당 주간에는 평균 및 표준편차가  $9.44 \pm 0.17\text{g}$ , 야간에는 평균 및 표준편차가  $3.52 \pm 0.19\text{g}$  으로 조사되었다.

토양 수분함량에 따른 토마토 묘 1주당 무게 변화는 Fig. 8과 같이 나타났다. 각 모종들의 무게 감소 경향은 비슷한 것으로 나타났고 뿌리와 상토를 포함한 모종의 무게가 50g, 40g, 30g의 토마토 주간 무게 감소량은 각각  $12.3 \pm 1.11\text{g}$ ,  $11.9 \pm 1.35\text{g}$ ,  $9.78 \pm 1.04\text{g}$ 으로 나타났다. 모종의 무게가 큰 경우 무게 감소가 더 큰 것으로 보아 토양 수분함량이 많을수록 증산이 활발히 일어나며 주간이 야간 보다 증발산량이 2배 이상 많은 것을 알 수 있었다.

토양수분함량이 토마토 묘의 생육 및 항산화효소에 미치는 영향  
 김동익, 강정균, 신윤아, 홍순중, 이운용, 우영희

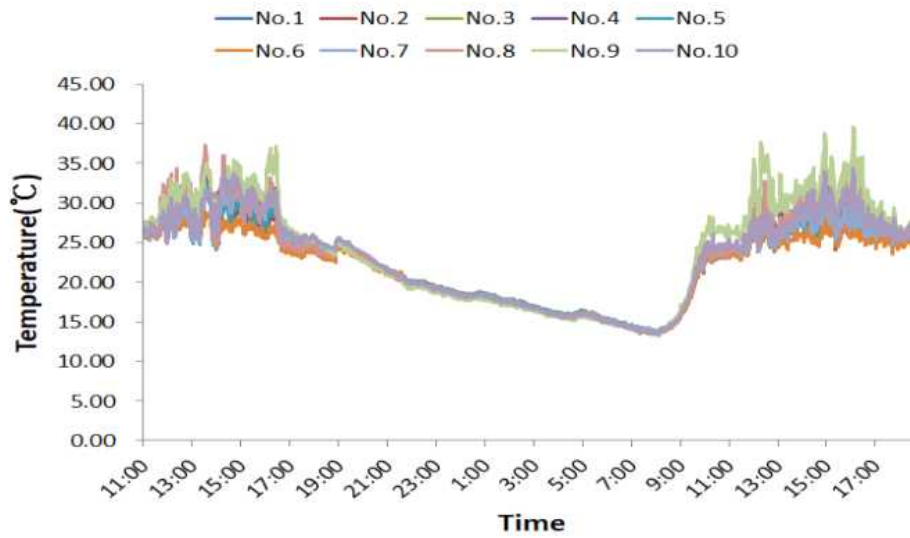


Fig. 6. Changes of leaf temperature of tomato seedlings for 1 day

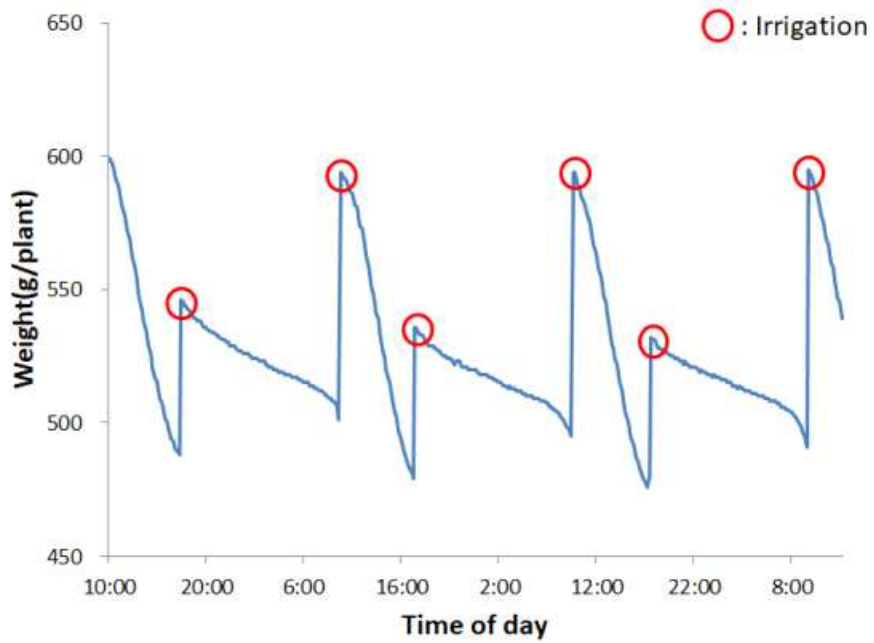


Fig. 7. Change of tray weight for 3 days

무게 변화에 대한 T-test결과는 Table 1과 같이 주간에는 p-value가 0.05미만으로 나타나 차이가 있는 것으로 나타났으며, 17:00부터 다음날

09:00까지 차이가 p-value가 0.05이상으로 나타나 차이가 없는 것으로 나타났다. 30g의 경우 첫날 11시부터 13시까지를 제외하고 09시부터

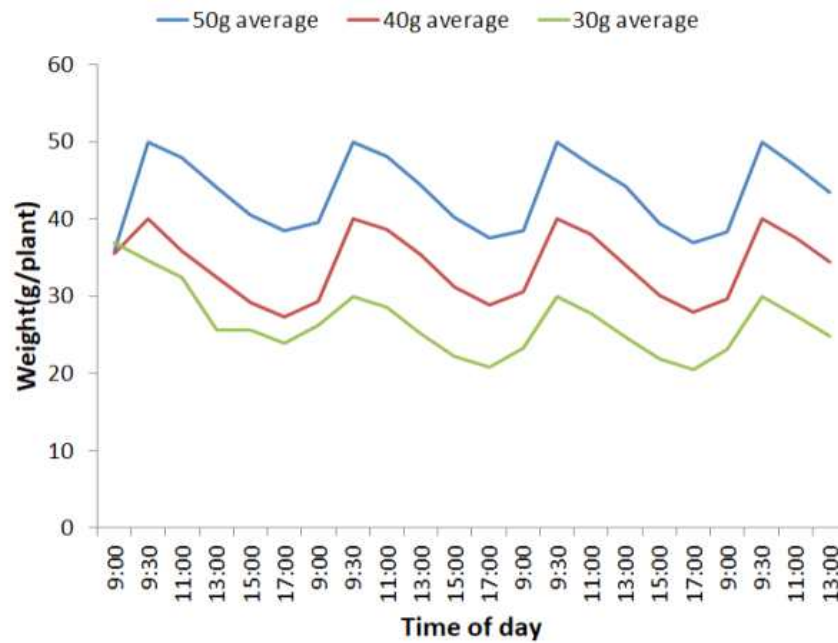


Fig. 8. Changes of seedling weight according to soil moisture content

Table 1. Changes of seedling weight with the passage of time after irrigation

Seedling weight (g)	1day	1day	1day	1day	1day	1day	2day	2day	2day	2day
	09:00 - 1day 09:30	09:30 - 1day 11:00	11:00 - 1day 13:00	13:00 - 1day 15:00	15:00 - 1day 17:00	17:00 - 2day 09:00	09:00 - 2day 09:30	09:30 - 2day 11:00	11:00 - 2day 13:00	13:00 - 2day 15:00
50	35.83	50	47.88	44.03	40.55	38.55*	39.63	50.00	48.13	44.30
40	35.48	40	35.83*	32.43	29.15*	27.38*	29.28	40.00	38.60	35.35
30	36.85*	35.7*	32.50	29.15*	25.68*	23.95	26.18	30.00	28.55	25.20
Seedling weight (g)	2day	2day	3day	3day	3day	3day	3day	3day	4day	4day
	15:00 - 2day 17:00	17:00 - 3day 09:00	09:00 - 3day 09:30	09:30 - 3day 11:00	11:00 - 3day 13:00	13:00 - 3day 15:00	15:00 - 3day 17:00	17:00 - 3day 09:00	09:00 - 4day 09:30	09:30 - 4day 11:00
50	40.20	37.48*	38.50	50.00	46.98	44.25	39.38	36.98*	38.33	50.00
40	31.23	28.83*	30.50	40.00	37.95	34.05	30.15	27.95*	29.70	40.00
30	22.18	20.88	23.23	30.00	27.85	24.68	21.85	20.53	23.13	30.00

\* P-value is 0.05 or more.

토양수분함량이 토마토 묘의 생육 및 항산화효소에 미치는 영향  
김동역, 강정균, 신윤아, 홍순중, 이운용, 우영희

17시까지 차이가 없는 것으로 나타났다. 이틀째 부터 차이가 나타나기 시작하였으며, 야간에도 차이가 있는 것으로 나타났다. 증발이 많이 일어나는 주간에는 토양 수분함량에 따라 증발량의 차이가 발생하나 증발이 적게 일어나는 야간에는 증발량이 차이가 적게 나타나는 것으로 판단된다.

## 2. 생육 비교

토마토 묘의 생육 조사 데이터는 실험 후 각 트레이마다 4개씩 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 토양수분함량에 따른 토마토 묘의 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽면적을 조사하였고 상토의 수분함량을 산정하였다. 생육 정보에서는 각 묘의 무게에 따른 변화는 T-test로 분석한 결과 Table 3으로 나타났다. 통계 결과는 분석결과 각 무게에 생육 변화는 P-value>0.05로 나타나 차이가 없는 것으로 나타났다. 각 묘의 무게별로 T-test를 실시한 결과는 생육 정보의 비교 결과와 같이 P-value>0.05로 차이가 없어 단시간 실험으로는 생육의 변화를 확인하기 어려운 것으로 판단된다.

## 3. 항산화 효소 분석

항산화 효소를 분석한 결과는 Table 4와 같다. POD, SOD의 함량을 확인한 결과 POD는 묘 무게 50g, 40g에서 높은 것으로 나타났고, SOD는 묘 무게 50g에서 높게 나타났다. 50g 묘의 상토는 30g 묘의 상토에 비해 수분이 많은 상태를 유지하고 있었다. 이는 트레이 셀의 바닥 구멍을 매워 수분이 고여 있었으며 상토에서 증발되는 수분량이 적어 근권부의 수분이 장시간 유지되는 상태여서 과습 스트레스를 받은 것으로 판단된다 (Nelson, 2011).

본 실험을 통해 토양 수분함량과 항산화 효소를 이용한 모종의 스트레스를 확인할 수 있었으며 추후 실험에서는 장시간 실험 및 환경(온도, 습도, CO<sub>2</sub> 등) 조사, 엽온 조사, 토양 무게를 측정하여 토양수분함량, 생육데이터, 항산화 효소 분석을 하여 증발산량 및 건조, 과습에 의한 정밀 조사 및 수분스트레스 분석 필요할 것으로 사료된다.

**Table 2. Growth data of seedlings according to weight**

Seedling weight (g)	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Total leaf area (cm <sup>2</sup> )	underground part moisture content (%)
50	16.1 ±0.43	4.23 ±0.10	6.25 ±0.50	10.1 ±0.85	7.20 ±0.54	76.4 ±5.76	94.0 ±0.46
40	15.0 ±1.68	4.40 ±0.29	6.25 ±0.50	9.73 ±0.56	6.70 ±0.36	78.1 ±6.30	92.2 ±0.47
30	15.7 ±1.29	4.75 ±0.37	6.25 ±0.50	10.9 ±0.92	7.05 ±0.77	84.4 ±9.01	88.1 ±2.32



**Table 3. Comparison of T-test results for seedling weight**

comparison target	Plant height (cm)	Stalk diameter (mm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Total leaf area (cm <sup>2</sup> )	underground part moisture content (%)
50g - 40g	0.71	0.31	0.00	0.45	0.51	0.41	0.00
40g - 30g	0.10	0.03	0.39	0.20	0.40	0.16	0.00
50g - 30g	0.13	0.12	0.17	0.40	0.08	0.23	0.00

**Table 4. Content of flavonoids, antioxidant enzymes (POD, SOD) in tomato seedlings by weight**

Seedling weight (g)	Flavonoid (mg/g extract)	POD ( $\mu$ mol tetraguaiacol formed/min/mg protein)	SOD (activity(%))
50	81.78±0.69	55.50±3.92	76.2±2.54
40	97.78±1.56	56.94±3.29	70.2±0.61
30	67.79±1.91	48.72±2.31	70.8±1.00

#### IV. 적 요

본 연구는 토마토 육묘 시 생육과 묘소질에 영향을 줄 수 있는 요인 중에서 수분함량이 모종의 생육과 항산화효소 형성에 미치는 영향, 엽온의 변화에 대한 관찰을 수행하였다. 실험 방법은 토마토 모종을 관수한 상태의 무게가 50g, 40g, 30g가 되도록 관수를 하였고 각 묘 및 트레이의 무게를 시간마다 측정하였으며, 열화상 카메라를 이용하여 엽온을 측정하였고, 실험 후 각 묘의 항산화효소를 측정하여 스트레스 여부를 확인하였다. 실험 결과, 상토 무게의 변화는 주간 감소량보다 야간의 감소량이 더 적은 것으로 나타났으며 각 묘의 무게별 감소량은 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 상토 무게에 따른 생육 변화도 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 플라보노이드 및 항산화 효소는 상토 무게 50g에서 가장 높게

나타났다. 이는 근권부에 과습 상태가 장시간 지속되어 스트레스를 받은 것으로 판단되며, 추후 장시간 생육 변화, 실시간 환경 변화 조사 및 상토 종류에 따른 증발산량 조사가 필요할 것으로 사료된다.

#### V. 참고문헌

1. Ahn, C. K., B. K. Cho, C. Y. Mo, and M. S. Kim. 2012. Study on development of non-destructive measurement technique for viability of lettuce seed (*Lactuca sativa* L.) using hyperspectral reflectance imaging. *Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing* 32(5):518-528 (in korean).
2. Byun, H. J., Y. S. Kim, H. M. Kang, and I. S.

- Kim. 2012. Physico-chemical characteristics of used plug media and its effect on growth response of tomato and cucumber seedlings. *J. Bio-Environment Control* 21 (3):207-212(in korean).
3. Chance, B. and A. C. Maehly. 1955. Assay of catalase and peroxidase II. Academic Press. p.764.
  4. Choi, J. H., M. C. Jeong, and D. M. Kim. 2013. Changes in quality parameters of tomatoes harvested at different mature stages during storage. *Kor. J. Food Preserv.* 20(2):151-157(in korean).
  5. Huh, M. R., Y. S. Kim, Y. G. Seo, Y. G. Shon, and J. C. Park. 2001. Effect of root zone temperature on the growth, mineral contents, and activities of antioxidative enzymes of tomato plug seedlings. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(2): 147-150(in korean).
  6. Hwang, S. M., T. R. Kwon, E. S. Doh, and M. H. Park. 2010. Growth and physiological adaptations of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill) in Response to water scarcity in soil. *J. Bio-Environment Control* 19(4):266-274.
  7. Kang, N. J., M. W. Cho, H. C. Rhee, Y. H. Choi, and Y. C. Um. 2007. Differential responses of antioxidant enzymes on chilling and drought stress in tomato seedlings(*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Bio-Environment Control* 16(2):121-129(in korean).
  8. Kim, H. K., J. H. Chun, and S. J. Kim. 2015. Method development and analysis of carotenoid compositions in various tomatoes. *Kor. J. Environ. Agric.* 34(3): 196-203(in korean).
  9. Kim, Y. B., C. G., An, and Y. H. Lee. 2000. Effect of soil moisture on quality and yield in tomatoes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(2):139-142(in korean).
  10. Lee, H. K., M. H. Lee, G. S. Park, E. M. Lee, N. B. Jeon, S. D. Seo, P. H. Cho, Y. S. Kim, S. E. Kim, and S. K. Cho. 2015. Effect of seedling type and early transplanting of summer grown seedling on the growth and yield of tomato. *Kor. J. Organic Agri.* 23(1):59-66(in korean).
  11. Lee, N. H. and H. S., Lee. 2001. Using leaf temperature for irrigation scheduling in greenhouse. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(6): 103-112(in korean).
  12. Nelson, P. V. 2011. Greenhouse operation and management. 7th ed. Prentice hall, Upper saddle river, Englewood cliffs, NJ. USA. p.
  13. Park, E. S. and B. K. Cho. 2014. Development of drought stress measurement method for red pepper leaves using hyperspectral short wave infrared imaging technique. *Protected Horticulture and Plant Factory* 23(1):50-55(in korean).
  14. Peet, M. M., and D. H. Willits, 1995, Role of excess water in tomato fruit cracking. *Hortscience* 30(1):65-68.
  15. Peet, M. M., D. H. Willits, and R. Gardner. 1997. Response of ovule development and post-pollen production processes in male-sterile tomatoes to chronic, subacute high temperature stress. *J. Exp. Bot.* 48 (306):101-111.
  16. Jang, Y. A., B. H. Mun, C. S. Choi, Y. C.

- Um, and S. G. Lee. 2014. Graft-take and growth of grafted pepper transplants influenced by the nutrient and irrigation management of scion and rootstock before grafting. Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 23, No. 4:364-370(in korean).
17. Yoon, K. E., C. M. Hee, and H. Kyung. 1995. Effect of light and water stress on seed germination of cucumber. Horticulture, Environment and Biotechnology 36(6):767-773(in korean).
18. Yu, Y. M., J. W. Lee, K. Y. Kim, Y. C. Kim, S. G. Lee, T. C. Seo, and H. K. Yun. 2002. Effect of nutrient deficiencies on seedling quality, lateral vine development and yield in white-spin cucumber. J. Biosystems Eng., 43(1):25-28(in korean).
19. Woo, Y. H., H. J. Kim, Y. I., Nam, I. H., Cho, and Y. S., Kwon. 2000. Predicting and measuring transpiration based on phyto-monitoring of tomato in greenhouse. Horticulture, Environment and Biotechnology 41(5):459-463(in korean).

논문접수일 : 2019년 10월 11일

논문수정일 : 2019년 11월 30일

게재확정일 : 2019년 12월 6일