



다층베드시설을 이용한 묘삼 생산 시 미기상 환경과 생육특성

장명환[†] · 김승한 · 최양애 · 원도연 · 김임수

경상북도농업기술원 풍기인삼연구소

Characterizing the Effects of Microclimate on the Growth of Ginseng Seedlings using Multi-layer Bed Production Facilities

Myeong Hwan Jang[†], Seung Han Kim, Yangae Choi, Do Yeon Won and Im Soo Kim

Punggi Ginseng Research Institute, GBARES, Youngju 36052 Korea.

ABSTRACT

Background: The growth process of ginseng seedlings is very important in producing good quality ginseng. This study was carried out to investigate the effects of different microclimates on the growth characteristics of ginseng seedlings in a multi-layer bed facility.

Methods and Results: Ginseng seedlings were cultivated in a three-layer bed facility. The air temperatures on the first and second floors were similar, while that on the third floor was about 1 - 4 °C higher than that on the other floors. The vapor pressure deficit (VPD) was higher inside than on the outside of the facility, and that on third floor was the highest in the multi-layer bed system. The photosynthetic rate, chlorophyll fluorescence, and growth characteristics of ginseng seedlings did not significantly differ among the three floors. The yield of ginseng seedlings was the highest at 721 g/1.62 m² on the first floor.

Conclusions: It was found that microclimate plays an important role in growing ginseng seedlings in multi-layer bed facilities, and therefore proper environmental control is important. In addition, producing ginseng seedlings using multi-layer bed facilities is a technology that is expected to provide a way to overcome climate change and stabilize ginseng production.

Key Words: *Panax Ginseng* C. A. Meyer, Ginseng Seedling, Microclimate, Multi-layer Bed

서 언

체형이 우수한 원료삼을 수확하기 위해서는 좋은 묘삼 (*Panax Ginseng* C. A. Meyer)을 사용하는 것이 중요하며 최근에는 새싹인삼 시장의 성장으로 묘삼 수요가 증가하고 있다 (Jang *et al.*, 2018).

묘삼 생산의 전통적인 방법은 인삼 본포와 같은 해가림 구조로 노지에서 생산하는 것으로 수확 시까지 12 - 16 개월 정도 오랜 기간이 소요되기 때문에 노지에 설치되어있는 묘포에서는 매년 기후의 영향을 받게 되어 생산량의 변동성이 크다 (Lee *et al.*, 2003).

2018년도와 같이 고온기가 길고 폭염이 지속될 경우 지상부에 일소 등의 고온피해가 발생되어 품질이 떨어지고 수량이 감소 된다. 또, 묘삼포 역시 본포와 마찬가지로 연작장해문제가 발생하므로 같은 자리에서 연속적으로 생산할 수 없다. 노지 묘포에서는 강우의 유입으로 입고병, 탄저병 등의 병 발생이 높아 농약 살포를 일반 본포 수준의 횡수로 살포해야 되어 안전성의 문제도 제기 된다 (MAFRA, 2003).

묘삼의 안정생산을 위한 노력으로 비가림 시설을 이용한 재배연구가 이루어지고 있는데 비가림 시설 내에서는 강우의 직접적인 유입이 없으므로 병 발생량이 적고 토양 내 수분을 적절한 수준으로 유지시킬 수 있다 (Choi *et al.*, 2011).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-054-632-1250 (E-mail) hwanmj@korea.kr

Received 2018 October 22 / 1st Revised 2018 October 30 / 2nd Revised 2018 November 9 / 3rd Revised 2018 November 26 / Accepted 2018 December 3

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

연구내용으로는 점토광물을 소성하여 인공상토를 조제한 후 원형 플라스틱용기 (직경 23 cm, 높이 25 cm)에 넣고 하우스 내부에 흑색 차광망을 설치하여 묘삼재배를 시도한 바가 있으며 (MAFRA, 2003), Choi 등 (2011)은 하우스 외부에 85% 흑색 차광망을 씌워 광을 차단한 후 스티로폼 상자에 피트모스와 펄라이트로 구성된 상토를 넣어서 무농약 묘삼을 생산하였다.

Park 등 (2014)은 비가림 하우스 내에서 가로 52 cm × 세로 37 cm × 높이 32 cm 플라스틱 육묘상자에 25 cm 깊이로 다양한 종류의 상토를 채우고 상토 및 묘삼특성 연구하였다.

시설 내 묘삼 재배의 장점은 관수, 양분공급 등 재배관리가 용이하며 화학농약을 사용하지 않고 생산할 수 있어 무농약, 유기농 묘삼까지 생산 가능하지만 대부분의 연구가 하우스 내에서 평면 재배에 관한 내용이 대부분이고 내용도 부족한 편이다.

농촌에는 갈수록 인삼재배 기술을 보유한 인력들이 노령화되고 감소하고 있다 (MAFRA, 2003; Choi *et al.*, 2011). 생력화 및 집약적 관리가 되며 기후변화에도 대응할 수 있는 새로운 묘삼 재배기술이 요구되어지고 있다.

본 연구에서는 시설 내 다층베드시설에서 묘삼 생산 시 시설 내 미기상 환경과 묘삼의 생육특성을 구명하여 시설 묘삼의 안정생산을 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험시설 및 처리

본 시험은 2016년 11월부터 2018년 3월까지 폭 10 m, 높이가 4.8 m, 측고 2.5 m의 비가림시설 내에 설치된 다층베드시설에서 실시하였다 (Fig. 1).

비가림 시설의 지붕은 polycarbonate 소재의 투명제품을 사용하였고 천장에는 더운 공기를 배출하기 위한 환기구를 설치하였다.

인삼 (*Panax Ginseng* C. A. Meyer) 재배를 위한 차광으로 청색 2 중직 차광망 (차광률 60%)을 시설 전체에 기본으로 설치한 후 지붕 상단 양면에는 광 조절을 위한 흑색 2 중직 (차광률 85%) 차광망을 자동개폐기에 설치하였다.

광 조절용 차광망으로 기온이 낮은 봄, 가을에는 개폐되는 차광망을 열어 광유입을 증가시켰고, 기온이 높은 하계에는 닫아서 내부의 광유입을 줄여 시설 내부의 온도가 올라가는 것을 방지하였다.

시설의 전면부, 후면부와 측면부 상단 1 m는 공기의 유동이 원활할 수 있게 하우스비닐을 설치하지 않았다. 배기와 환기를 위해 시설 내부에 배기팬과 유동팬을 설치하여 30°C 이상이 되면 자동으로 작동되게 하였다. 다층베드시설은 50 mm 각 파이프와 50 mm 샌드위치 패널을 이용하여 베드 폭 90 cm, 길

이 30 cm, 길이 20 m, 단 폭 50 cm의 재배용 베드를 3 단으로 구성하였다.

재배용 베드의 내부 바닥 중앙에는 증기살균과 배수를 위한 폴리에틸렌 (polyethylene) 소재의 유공관 (100 mm)을 설치하였고 유공관 좌우 바닥으로는 과잉의 수분 배수와 통기 및 증기살균 시 증기의 확산을 위한 용도로 펄라이트 (pearlite, 1-3 mm)를 5 cm 높이로 설치하였다.

시험재료로는 개갑이 완료된 4 mm 이상의 재래종 종자를 사용하였고 상토는 인삼전용 상토 (Nongkyong Co., Jincheon, Korea) 사용하였다.

과종은 2016년 11월 과종밀도가 3 cm × 3 cm인 장척을 이용하여 다층베드 각 층 상토 상면에 과종구를 만들고 종자를 1립씩 넣은 후 매립 하였다. 매립 후 롤러로 상면을 진압하여 상토와 종자가 밀착되도록 한 후 4 mm체로 친 모래를 1 cm 정도 복토 하였다. 복토 후 물 조리개로 각 층에 물을 충분히 관수 한 후 월동용 비닐 (0.03 mm, 불투명)을 피복 하였다.

동계관리는 시설 외부 자동개폐기에 설치된 흑색 차광망 (차광률 85%)을 내려 주간에 시설 내부 온도가 상승되는 것을 방지하였다.

월동 후 2017년 4월 중순 경 발아가 80% 정도 진행되었을 때 비닐을 벗기고 수분관리를 위한 점적 테이프를 설치하였다. 점적 테이프는 점적기 간격이 10 cm (1.1 l/hr)인 제품을 사용하여 폭 90 cm 베드에 4 열을 설치하였다. 수분관리는 설치된 점적 테이프를 통해 7 일 간격으로 10 l/m² 씩 관수하였다.

광의 공급은 다단 1 층과 2 층은 다층구조의 특성상 광 부족이 발생하여 28 w 형광등 2 열을 설치하여 발아 시작부터 6 시부터 18 시까지 보광을 실시하였다. 3 층은 관행 재배와



Fig. 1. The front part of the multi-layer bed facility and the appearance of the 1st (B), 2nd (C) and 3rd (D) floors where the ginseng seedlings were grown. The house structure was made into a lightweight steel beam and the multi-layer bed facility was constructed using a 50 mm sandwich panel. The 1st and 2nd floors supplemented by 28 w fluorescent lamps.

같이 자연광을 이용하였다. 기타 재배관리는 인삼표준재배지침서 (RDA, 2009)에 준하여 실시하였다.

2. 상토의 이화학적성

사용된 상토는 주원료가 피트모스 (peat moss) 70%에 펄라이트 (perlite) 30%를 혼합한 경량형 상토이므로 이화학적성은 상토의 표준분석법 중 원예용 상토분석법에 준하여 분석하였다 (RDA, 2002; NIAST 2012).

상토의 용적밀도 (bulk density) 측정에서 습토는 300 ml 가비중 측정용 코어를 이용하여 500 g 다짐추로 3 분간 누른 후 추를 제거하고 측정하였다. 건조의 용적밀도는 105°C 건조기에서 16 시간 건조 후 습토와 같은 방법으로 측정하였다. 재배 중 상토의 삼상분포는 80 ml 코어로 시료를 채취한 후 토양삼상분석기 (DIK-1150, Daiki Rika Kogyo Co., Ltd., Saitama, Japan)으로 측정하였다.

3. 미기상 및 수증기압차(VPD)

다층베드시설 내 미기상은 각 다층베드시설 각 층별로 데이터로거 (Watchdog 1650, Spectrum Technologies Ltd., Bridgend, England)에 광량센서 (Quantum light sensor, Spectrum Technologies Ltd., Bridgend, England), 토양의 온도와 수분을 측정할 수 있는 토양센서 (SMEC 300, Spectrum Technologies Ltd., Bridgend, England)를 설치하여 수집하였다.

데이터로거 본체는 UV와 물로부터 보호를 받을 수 있는 쉴드 (Radiation Shield, Spectrum Technologies Ltd., Bridgend, England) 내에 장착하여 측정하였다. 사용된 데이터로거는 온습도 측정 내장형으로 광량 센서와 함께 묘삼 지상부의 높이 정도인 15 cm 높이로 설치하였고 토양 센서는 베드의 상토 내 10 cm 깊이에 매설하여 측정하였다. 시설 내 다층 층별 미기상은 생육기간 동안 센서를 통해 수집한 데이터를 이용하여 분석하였다.

다층베드시설 내 층별 수증기압차 (vapor pressure deficit)는 Shin 등 (2007), Lee 등 (2012) 및 Nam 등 (2014)의 방법으로 데이터로거로 수집한 상대습도와 기온을 이용하여 식 (1)에 의하여 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{VPD (kPa)} &= \text{SVP (saturation vapor pressure)} - \text{VP} \\ & \text{(vapor pressure), (1)} \\ \text{SVP} &= 6.1078 \times \exp [(17.269 \times \text{temp}) / (\text{temp} + 273.3)] \\ \text{VP} &= (\text{RH} \times \text{SVP}) / 100 \\ & \text{(temp; air temperature, RH; relative humidity)} \end{aligned}$$

4. 광합성 및 엽록소 형광반응

다층베드 내 묘삼의 광합성특성은 휴대용 광합성측정기

(LCpro-SD, ADC Bio Scientific Limited, London, England)를 이용하여 오전 10 시에서 11 시 사이에 광량 $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 온도 25°C의 조건에서 각 층별로 3 주씩 측정하였다.

엽록소 함량은 SPAD-502 plus chlorophyll meter (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 층별 3 개체의 묘삼에서 중앙엽을 3 회 반복 측정된 평균값을 사용하였다.

엽록소 형광반응 분석은 각 층별 재배에 따른 영향이 누적된 생육 후기인 발아 후 150 일되는 시기인 9월 초순경에 각 층별로 5 개체의 묘삼 앞에 leaf clip으로 30 분간 암 처리를 한 후 휴대용 chlorophyll fluorescence meter (Fluorpen 100, PSI Co., Washington DC, VA, USA)로 측정하였다.

엽록소형광 반응은 Kim 등 (2018)과 같이 최소형광 F_0 , 최대형광 F_m , 최대형광과 최소형광의 차이인 변이형광 F_v (variable fluorescence), 최대양자수율 F_v/F_m 을 측정하였다.

5. 묘소질 및 수량성

묘삼의 묘소질은 수확 후 각 층별 묘삼의 근장, 근직경, 근중, 너두길이, 너두직경, 경도를 측정하였다. 근장, 근직경, 근중, 너두길이, 너두직경은 각 층별 각 3 반복으로 채취하여 반복 당 20 주씩 측정하였고, 경도는 층별 3 주씩 3 반복으로 채취하여 물성측정기 (LTCM-100, AMETEK Chatillon, Largo, FL, USA)를 이용하여 너두에서 1 cm 아래 부분을 측정하였다.

수량은 각 층별 1칸 (1.62 m²)씩 3 반복으로 을삼 이상의 식재 가능한 묘삼의 수량을 조사하였다. 기타 조사는 농업과 학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2012)의 인삼 생육특성 조사 방법에 준하여 실시하였다.

6. 통계처리

통계분석은 SAS 프로그램 (SAS Enterprise Guide v.7.13, SAS Institute inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)를 실시하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 상토의 이화학적성

다층베드시설 내에 사용된 상토의 이화학적성은 Table 1과 같았다.

pH, EC 및 질산태질소는 인삼 (*Panax Ginseng* C. A. Meyer) 재배토양 화학성의 허용범위에 있었다. 사용한 상토는 질산태질소보다 암모니아태질소 함량이 높았다.

상토의 용적밀도는 습토 0.21 mg/m³, 건조 0.15 mg/m³이었고 입자밀도 (PD)는 1.14 mg/m³로 주원료가 피트모스 (peat moss)와 펄라이트 (perlite)로 구성되어 있기때문에 일반토양

Table 1. Physico-chemical properties of bed soil¹⁾.

Species	Unit	Value
pH	(1 : 5)	5.11
EC	dS/m	0.55
NO ₃ -N		18.50
NH ₄ -N	(mg/ℓ)	104.80
Av. P ₂ O ₅		57.60
K		1.10
Ca	Ex. Cation (cmol/ℓ)	10.10
Mg		2.60
Na		0.90
Solid phase		10.80±0.40
Gaseous phase	(%)	16.90±0.10
Liquid phase		72.40±0.40
Wet bulk density		0.21±0.00
Dry bulk density	mg/m ³	0.15±0.00
Particle density		1.14±0.04

¹⁾The bed soil that was a commercial soil was composed of peat moss and perlite in a ratio of 7 : 3 (v/v). Values are presented as means ± standard deviation (n = 3).

보다 가벼웠고 시판 중 원예용상토와 비슷한 수준이었다. 재배 중 상토의 삼상분포는 고상이 10.8%로 일반토양보다 낮았고 액상이 72.4%로 피트모스가 주원료인 상토의 특성상 수분 보유력이 높음을 알 수 있었다.

농가의 양직묘상에서 사용하는 상토는 원야토와 약토 비율이 3 : 1인 상토를 조제하여 사용하는데 이때 가벼운 일반토양보다 가벼운 1.0 mg/m³ 내외였다 (Lee *et al.*, 1995, 2003). 또, Lee 등 (1995)은 묘삼 생산 시 상토의 경도가 증가할수록 지상부의 생육이 저조하고 근중이 감소된다고 하였다.

다층베드시설 내에서는 기존 양직묘에서 사용하는 무거운 상토보다는 가벼운 상토가 작업성과 생육에서 더 효율적인 것으로 보였다.

2. 다층베드 시설의 미기상 및 수증기압차 (VPD)

다층베드시설의 각 층별 평균기온 및 최고기온 변화는 Fig. 2와 같았다.

시설 내부기온은 외부기온 보다 다소 높게 유지 되었다. 시설 외부는 차광이 되어 있고 내부는 유동팬 등의 환기 시설이 되어 있지만 시설내부의 복사열이 기온을 상승시키는 것으로 보였다. 평균기온은 1 층과 2 층이 비슷하였고 3 층 보다는 낮게 유지되었으며 3 층의 기온이 1 층, 2 층 보다 1-4°C 정도 더 높았다 (Fig. 2 (A)). 최고기온 변화에서는 외부기온과 1 층, 2 층이 비슷한 경향을 나타내었고 3 층이 가장 높게 유지되었다 (Fig. 2 (B)).

다층베드시설의 베드 내부 지온 변화는 Fig. 3과 같았다.

평균지온변화에서는 전반적으로 1 층이 2 층, 3 층 보다는

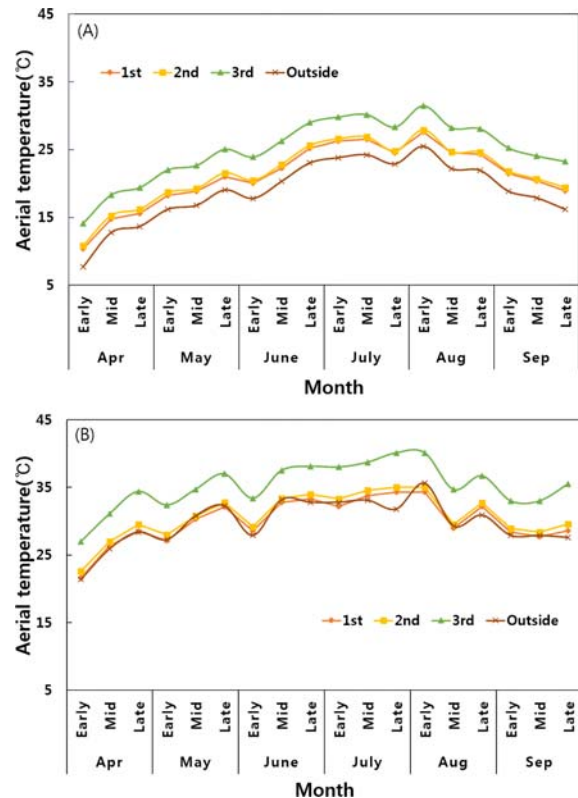


Fig. 2. Changes of air temperature in multi-layer bed system. The changes of average air temperature (A) and maximum air temperature (B) from April to September were measured by a data logger.

다소 낮게 유지되는 경향이었고 2 층, 3 층은 비슷하였다 (Fig. 3 (A)). 9월까지 층별 지온평균은 1 층, 2 층, 3 층 각각 21.5°C, 21.9°C, 21.9°C 였다. 지온평균이 25°C 이상이 되는 시기는 모두 6월 하순이었다. 최고지온 변화에서 지온이 가장 높은 시기는 7월 하순과 8월 상순으로 3 층이 31.9°C 까지 상승되었다. 고온기인 7월 중순에서 8월 초순에는 1 층이 가장 낮게 유지되었고 3 층이 가장 높았다 (Fig. 3 (B)).

인삼은 근권의 온도가 올라갈수록 결주율이 증가하고 생육이 정지하는 경향이 있다고 보고되었다 (Lee, 1988). 본 연구에 사용한 베드시설은 기온의 영향을 최소화 할 수 있는 단열재로 구성 되어 있었으나 실외 기온보다 시설 내 기온이 높았던 것으로 볼 때 고온기 시설표면에 유입된 태양복사 에너지가 다층베드로 재 복사되어 지온상승을 유발한 것으로 추정되므로 원인분석을 위한 추가 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

평균지온 및 최고지온에서 가장 높은 시기는 8월 초순으로 층별 평균온도는 28.0°C 정도였고 최고온도는 31.0°C 였다.

상대습도변화는 외부보다 시설 내의 습도가 낮은 경향이었고 다층베드시설에서는 1 층 > 2 층 > 3 층 순으로 높았다 (Fig. 4).

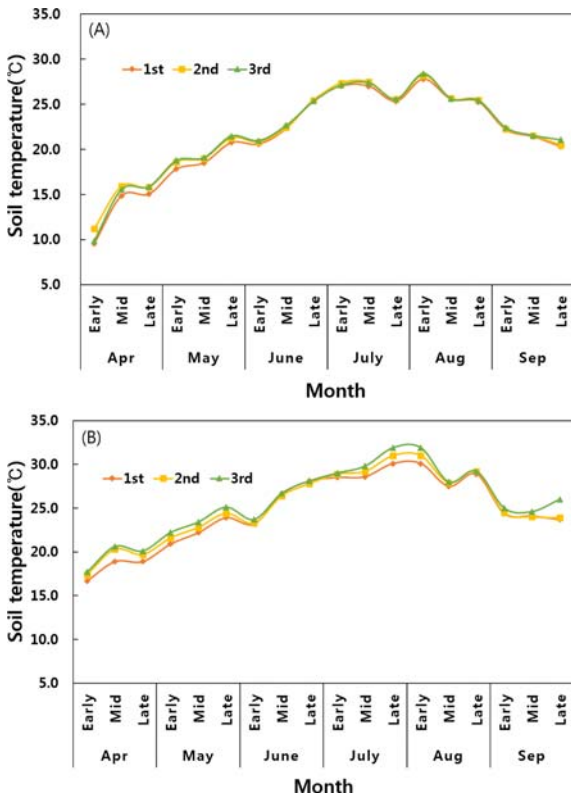


Fig. 3. Changes of soil temperature in multi-layer bed system. The changes of average soil temperature (A) and maximum soil temperature (B) from April to September were measured by a data logger.

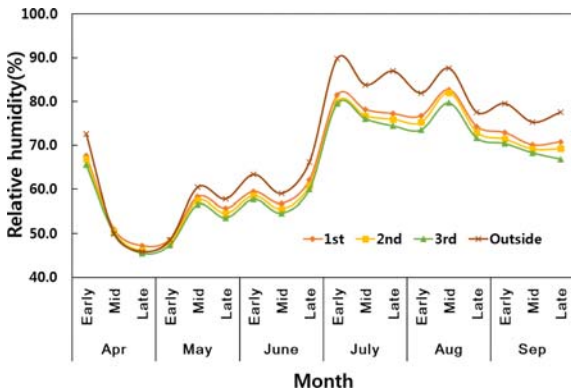


Fig. 4. Changes of relative humidity in multi-layer bed system. The average relative humidity from April to September was measured by a data logger.

시설 내부는 강우가 차단되기 때문에 외부 수분의 영향을 적게 받았고 층별로는 직사광이 유입되면서 환기조건이 좋고 기온이 다른 층에 비해 다소 높은 3 층의 습도가 가장 낮았다. 외부 및 시설 내부의 습도가 높아지는 시기는 장마가 시작되는 6 월 하순으로 이후 8 월까지 70%이상으로 높게 유

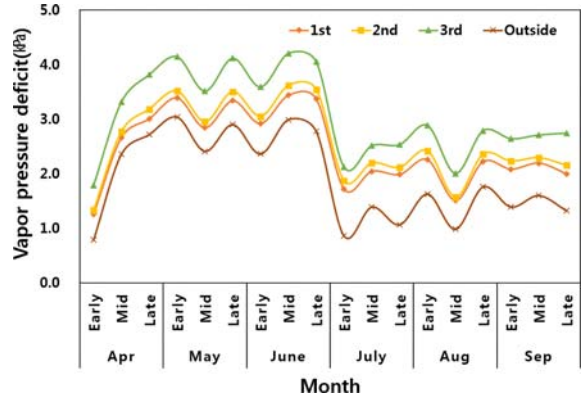


Fig. 5. Changes of vapor pressure deficit (VPD) in multi-layer bed system. The vapor pressure deficit was calculated using relative humidity and average air temperature.

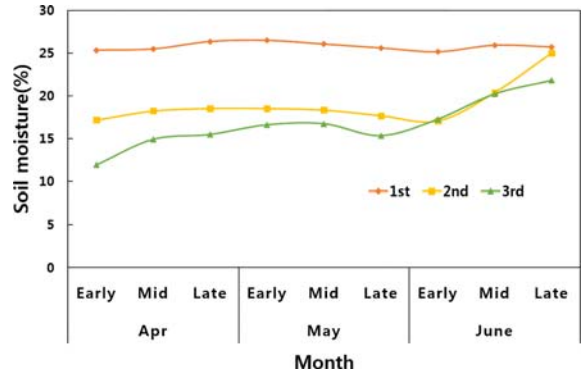


Fig. 6. Changes of soil moisture in multi-layer bed system. Soil moisture was measured by a soil moisture sensor at a depth of 10 cm in the bed soil.

지되었다. 외부에 비해 시설 내부의 습도가 낮다는 것은 병 발생의 요인이 줄어드는 것으로 긍정적인 효과로 볼 수 있었다.

다층베드시설의 층별 수증기압차 (VPD) 경시변화에서는 외부보다 시설 내부가 더 높았고 측정 기간 내 층별 평균값은 3 층 3.1 kPa, 2 층 2.6 kPa, 1 층 2.5 kPa로 3 층이 가장 높았다 (Fig. 5).

시기별로는 생육초기인 4-6 월이 높았고 상대습도가 높아지는 시기인 7 월 초순부터 전체적으로 낮아지는 경향이였다. 수증기압차가 낮으면 증산이 일어나기 어렵고, 너무 높으면 과도한 증산작용으로 식물에 스트레스가 발생 한다 (Nam *et al.*, 2014). 수증기압차는 공기의 대략적인 건조능력을 나타내는데 (Shin *et al.*, 2007) 다층베드 내에서는 1 층, 2 층 보다 3 층이 더 건조한 상태인 것으로 보였다.

Nam 등 (2014)은 시설 내 수증기압차를 줄이는 방법으로 유동팬과 포그분사를 이용하였는데 다층베드 시설에서도 수증기압차가 크게 높아지는 4-6 월에 적용하여 수증기압차를 낮

다층베드시설을 이용한 묘삼 생산 시 미기상 환경

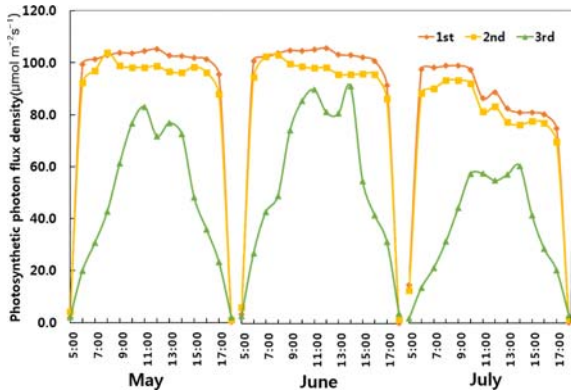


Fig. 7. Changes of light intensity in multi-layer bed system. The quantum changes from May to July was measured by a data logger.

추어주는 등 미세환경을 조절할 필요가 있을 것으로 보였다. 다층베드시설 층별 상토의 수분은 생육 초기인 4 월, 5 월에 층간 수분함량의 차이가 발생하였다 (Fig. 6). 층간 상토의 수분 불균형 요인으로는 다층베드시설에서 관수 시 관수라인을 통해 층간 구분 없이 동시에 관수하면 하층으로 물이 집중되었던 문제와 수증기압차의 결과에서 볼 수 있듯이 다층베드의 상단으로 갈수록 수증기압차가 높아지는 요인이 복합적으로 작용하였던 것으로 보였다. 다층베드 시설에서는 관수 시 층별로 구분하여 관수하고 각 점적라인별로 관수량을 체크한 후 밸브로 관수량을 조절하는 것이 필요하였다. 건조한 시기인 4-6 월에는 시설 내부에 포그분사를 실시하여 다층베드 상단의 수증기압차를 낮추어주면 상토의 수분 증발량을 줄여 상토의 수분관리에 유리할 것으로 보였다. 시기별 광 유입 변화에서 1 층, 2 층의 광량은 평균광량이 5 월, 6 월은 83-87 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 7 월은 72-77 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도였으며 광원이 공급되는 시간동안 일정한 광도를 유지하였다. 자연광을 이용하는 3 층의 경우 일출 후 서서히 광량이 증가하여 정오경에 가장 높았고 13 시 이후에는 광량이 다시 낮아지는 등 관행 해가림 시설과 비슷한 경향을 보였으며 평균 광량은 5 월 46 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 6 월 53 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 7 월 35 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도였다 (Fig. 7).

다층베드시설의 1 층, 2 층은 인공 광으로 보광을 하지 않았을 때 광량이 5-10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 정도의 약한 광으로 유지되기 때문에 묘삼의 생육을 위해서 보광이 필요하였다. 인공 광은 보광용으로 사용한 것으로 시기별 베드로의 유입양상은 외부 자연광의 영향을 다소 받은 것으로 보였다. 5 월, 6 월 보다는 장마기의 영향으로 흐린 날이 많은 7 월에는 1 층, 2 층, 3 층 모두 광량이 다소 낮아지는 경향을 보였다.

3. 광합성 및 엽록소 형광반응

층별 묘삼의 광합성특성 및 엽록소 형광반응은 Table 3과 같았다.

다층베드 층별 묘삼의 광합성률과 엽록소 함량은 유의적인 차이가 없었다. 다층베드시설에서 광 유입이 부족한 1 층, 2 층은 인공 광으로 보광 하였기 때문에 광합성률에서는 층간 차이가 없었을 것으로 보였다.

Oh 등 (2010)은 일반 노지 해가림에서 6월에 전주, 중간, 후주에 따라 광합성 속도가 큰 폭의 차이를 보인다고 하였는데 관행 해가림시설에서는 일반적으로 전주에 광유입이 높고 후주로는 광유입이 낮았기 때문인 것으로 보였으며 (Lee et al., 1980), 다층베드에서는 관행노지 해가림과는 달리 전·후주의 개념이 없고 베드 상면으로의 광 유입이 고르기 때문에 일반 해가림보다는 광 조건이 유리하였다.

엽록소 형광반응에서 Lee 등 (2014)은 식물이 스트레스를 받았을 때 최소형광 (Fo) 값은 높아지고 최대형광 (Fm) 값은 감소하여 Fm/Fo를 스트레스 지표로 사용한다고 하였다 (Won et al., 2008; Kim et al., 2015).

암 적응된 잎의 Fv/Fm 값은 식물 잎의 광합성 잠재력을 의미 하고 (Lee et al., 2014) 높은 광 조건에서 식물이 비생물적 생물적 스트레스에 노출되면 최대 양자수율인 Fv/Fm의 감소가 관찰되며 식물의 최적 Fv/Fm 범위는 0.79-0.84이지만 환경에 따라서 차이가 있다고 하였다 (Kycko et al., 2018).

다층베드시설 내 묘삼 생산 시 시설 내부 환경요인에 의한 스트레스를 추정할 수 있는 최대형광과 최소형광의 비인 Fm/Fo은 1 층 3.57, 2 층 3.74, 3 층 4.02 정도로 유의적인 차이는 없었다. 최대 양자수율 Fv/Fm에서도 0.70-0.73의 수준으로 층별 광, 기온 등 환경요인에 의한 차이가 나타나지 않았다. 다층베드 시설 내 층간 광 환경, 기온, 베드 내 지온 및

Table 2. Characteristics of photosynthesis in ginseng seedling.

Treatments	Sub-stomatal CO ₂ (ppm)	Transpiration rate (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	Photosynthetic rate (μmol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Chlorophyll content (SPAD index)
1 st floor	296.00±10.00 ^a	0.32±0.05 ^a	1.15±0.25 ^a	26.40±1.60 ^{a*}
2 nd floor	287.00±9.00 ^a	0.27±0.07 ^a	1.01±0.22 ^a	26.60±1.30 ^a
3 rd floor	285.00±3.00 ^a	0.34±0.02 ^a	1.31±0.06 ^a	25.00±0.30 ^a

Values are presented as means ± standard deviation (n = 3). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p < 0.05).

Table 3. Characteristics of chlorophyll fluorescence of ginseng seedling.

Treatments	Fo ¹⁾	Fm ²⁾	Fv ³⁾	Fm/Fo	Fv/Fm
1 st floor	11,346±1,222 ^a	39,870±8,073 ^a	28,523±8,955 ^a	3.57±0.96 ^a	0.70±0.09 ^{a*}
2 nd floor	13,330±2,468 ^a	49,254±4,595 ^a	35,924±2,169 ^a	3.74±0.38 ^a	0.73±0.03 ^a
3 rd floor	14,478±7,232 ^a	50,706±2,488 ^a	36,228±7,271 ^a	4.02±1.57 ^a	0.72±0.14 ^a

¹⁾Fo; minimum fluorescence in dark-adapted state, ²⁾Fm; maximum fluorescence in dark-adapted state, ³⁾Fv = Fm-Fo (maximal variable fluorescence). Values are presented as means ± standard deviation (n = 5). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p < 0.05).

Table 4. Growth characteristics of the underground parts in ginseng seedling.

Treatments	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight (g/plant)	Rhizome length (mm)	Rhizome diameter (mm)	Hardness (kgf)	Yield of usable seedling (g/1.62 m ²)
1 st floor	14.1±0.6 ^a	5.8±0.1 ^{ab}	1.1±0.0 ^{ab}	6.7±0.0 ^a	3.9±0.4 ^a	1.9±0.1 ^a	721.0±7.0 ^{a*}
2 nd floor	14.8±0.4 ^a	5.9±0.2 ^a	1.2±0.1 ^a	6.6±0.4 ^a	4.0±0.2 ^a	1.9±0.0 ^a	692.0±9.0 ^b
3 rd floor	14.4±0.4 ^a	5.6±0.1 ^b	1.1±0.1 ^b	6.1±0.8 ^a	3.6±0.3 ^a	2.0±0.2 ^a	395.0±13.0 ^c

Values are presented as means ± standard deviation. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p < 0.05).



Fig. 8. Underground parts of ginseng seedlings in the multi-layer bed facilities. The first floor is on the left, the second floor is on the middle, and the third floor is on the right.

수증기압차 등이 다소 차이가 있었지만 광합성과 엽록소 형광 반응에 유의적인 차이는 주지 않고 있음을 보여 주었다.

4. 다층베드 시설 묘삼의 묘소질 및 수량성

다층베드시설 내에 생산한 묘삼의 묘소질 및 수량성은 Table 4와 같았다.

1 층 - 3 층 묘삼의 근장, 너두 길이, 너두 직경, 경도는 차이가 없었으나 근직경과 근중은 2 층 > 1 층 > 3 층 순으로 두껍고 무거웠다 (Fig. 8). 각 층별 묘삼의 무게는 평균 1 g 이상으로 우량묘삼의 기준인 0.8 g - 1.0 g (Lee et al., 2008)에 적합하였다. 식재 가능한 묘삼의 수량성은 1 층 (721 g/1.62 m²) > 2 층 (692 g/1.62 m²) > 3 층 (395 g/1.62 m²)의 순이었다.

일반 농가에서 식재가능 묘삼생산량은 300 - 400 g/1.62 m² 이고 생산성이 높을 때 700 g/1.62 m² 이상 생산된다고 (Lee et al., 2003) 볼 때 다층베드시설 묘삼의 생산성은 우수한 편이었다.

3 층의 수량성이 낮았던 원인으로는 층간 수분관리의 문제와 다층베드 하층 보다 상층의 수증기압차가 높아 이로 인한 상토의 증발량이 증가하여 상토 내 수분유지가 1 층, 2 층 보다 불리하였고, 발아 후 수분 스트레스에 의한 고사개체 수가 많았기 때문인 것으로 보였다.

또한, 재배 중 자연광에만 의존하였기 때문에 인공광원으로 날씨에 관계없이 광 공급을 유지해 주는 1 층, 2 층 보다 광조건도 불리하였기 때문인 것으로 추정되었다. Lee 등 (2008) 은 투광이 증가되고 토양수분이 감소될수록 사용가능한 묘삼의 생산력은 낮아진다고 하였는데 묘삼생산에서 광과 상토의 수분관리는 중요한 요인으로 볼 수 있다.

본 연구에서 시설 내 다층베드시설을 이용한 묘삼의 안정생산에 대한 가능성을 검토하였다. 다층베드시설에서 생산된 묘삼의 묘소질과 수량성은 관행재배와 비슷하였으나 1 층 - 3 층 모두 비슷한 수준의 생산성을 확보하기 위해서는 미기상 조건에 따른 시설 내부의 환경조절이 매우 중요한 요인으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역농업 특화작목육성기반기술개발 과제(과제번호: PJ0100171012018)와 농림수산식품기술기획평가원(과제번호: 115100-03-3-CG000)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi JE, Lee NR, Han JS, Kim JS, Jo SR, Shim CY and Choi JM.** (2011). Influence of various substrates on the growth and yield of organically grown ginseng seedlings in the shaded plastic house. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:441-445.
- Jang IB, Yu J, Suh SJ, Jang IB and Kwon KB.** (2018). Growth and ginsenoside content in different parts of ginseng sprouts depending on harvest time. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 26:205-213.
- Kim HG, Lee JS and Kim YH.** (2018). Chlorophyll fluorescence, chlorophyll content, graft-taking, and growth of grafted cucumber seedlings affected by photosynthetic photon flux of LED lamps. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 27:231-238.
- Kim JU, Hyun DY, Kim YC, Lee JW, Jo IH, Kim DH, Kim KH and Sohn JK.** (2015). Effects of salt in soil condition on chlorophyll fluorescence and physiological disorder in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:446-453.
- Kycko M, Zagajewski B, Lavender S, Romanowska E and Zwijacz-Kozica M.** (2018). The impact of tourist traffic on the condition and cell structures of alpine swards. *Remote Sensing*. 10:220-241.
- Lee CH.** (1988). Effect of light intensity and temperature on the growth and root yield of *Panax ginseng*. *Korea Journal of Ginseng Science*. 12:40-46.
- Lee CL, Kim HS, Noh HS, Kim JW and Han SS.** (2012). Comparison of photosynthetic responses in *Allium microdictyon* Prokh and *Allium ochotense* Prokh from atmosphere-leaf vapor pressure deficit(VPD). *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:171-176.
- Lee GS, Lee SS and Chung JD.** (2003). Effect of several kinds of composts on growth status of aerial parts in ginseng seedlings. *Korean Journal of Ginseng Research*. 27:24-31.
- Lee JC, Byen JS, Ahn DJ and Jo JS.** (1995). Effect of physical properties of soil on ginseng seedling growth in nursery bed. *Korean Journal of Ginseng Science*. 19:287-290.
- Lee JC, Cheon SK, Kim YT and Jo JS.** (1980). Studies on the effect of shading materials on the temperature, light intensity, photosynthesis and the root growth of the Korea ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Journal of Korean Society of Crop Science*. 25:91-98.
- Lee KC, Kim HS, Noh HS, Kim JW and Han SS.** (2012). Comparison of photosynthetic responses in *Allium microdictyon* prokh and *Allium*
- Lee MH, Kang SG, Sang WG, Ku BI, Kim YD, Park HY and Lee JH.** (2014). Change of photosynthetic efficiency and yield by low light intensity on ripening stage in japonica rice. *CNU Journal of Agricultural Science*. 41:327-334.
- Lee SW, Kim CC, Hyun DY, Yeon BY, Lee KW and Cha SW.** (2008). Effect of light transmission ratio and soil moisture content on growth characteristics of seedling in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 16:207-210.
- Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2003). Development of light weight porous minerals and field growth facility for young ginseng root production. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. Seoul, Korea. p.9-71.
- Nam SW, Kim YS and Seo DU.** (2014). Change in the plant temperature of tomato by fogging and airflow in plastic greenhouse. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 23:11-18.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2012). Methods of soil chemical analysis. National Institute of agricultural science and technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.16-770.
- Oh DJ, Lee CY, Kim SM, Li GY, Lee SJ, Hwang DY, Son HJ and Won JY.** (2010). Effects of chlorophyll fluorescence and photosynthesis characteristics by planting positions and growth stage in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:65-69.
- Park HW, Jang IB, Kim YC, Mo HS, Park KC, Yu J, Kim JU, Lee EH, Kim KH and Hyun DY.** (2014). Growth characteristics of ginseng seedlings as affected by mixed nursery soil under polyethylene film covered greenhouse. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:363-368.
- Rural Development Administration(RDA).** (2002). Methods of bed soil analysis. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.5-191.
- Rural Development Administration(RDA).** (2009). Korea ginseng. Rural Development Administration. Eumseong, Korea. p.711-742.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012). Research and analysis standard of agricultural science and technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.759-772.
- Shin YS, Seo YJ, Choi CD, Park SD, Choi KB, Yoon JT and Kim BS.** (2007). Influence of atmospheric vapor pressure deficit on fruit fermentation of oriental melon(*Cucumis melo* L. var *makuwa* Makino). *Journal of Bio-Environment Control*. 16:174-179.
- Won JY, Lee CY, Oh DJ and Kim SM.** (2008). Changes of chlorophyll fluorescence and photosynthesis under different shade materials in Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 16:416-420.