



땃두릅나무 재분화 유식물체의 순화 체계 및 생육 특성

성은수^{1#} · 유지혜^{2#} · 김희영³ · 최혜림⁴ · 서지원⁵ · 황명하⁶ · 김명조⁷ · 유창연^{8†}

Establishment of Acclimatization System and Growth Characteristics for Regenerated Plants of *Oplopanax elatus* Nakai

Eun Soo Seong^{1#}, Ji Hye Yoo^{2#}, Hee Young Kim³, Hye Lim Choi⁴, Ji Won Seo⁵, Myeong Ha Hwang⁶, Myong Jo Kim⁷ and Chang Yeon Yu^{8†}

ABSTRACT

Received: 2019 October 10
1st Revised: 2019 October 23
2nd Revised: 2019 November 13
3rd Revised: 2019 November 26
Accepted: 2019 November 26

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.

Background: *Oplopanax elatus* is widely distributed at high altitudes (about 1,100 m) in China, Russia and Korea. It is hard to propagate, breed, and difficult to grow. Hence, it has been designated as a rare and endangered medicinal plant. A study was conducted to establish a system for large scale seedling production of *Oplopanax elatus in vitro* and to find the ideal environment for its seedling growth.

Methods and Results: In this study, the explants produced under *in vitro* conditions during our previous study were grouped into three categories (under 10 mm, 10 mm - 30 mm and above 30 mm) based on plant height and were transferred to the growth-chamber and greenhouse for two weeks in each setting for acclimatization. The plantlet category of above 30 mm showed good performance, and was further evaluated under three acclimatization methods as follows: three different growth media (commercial soil, commercial soil + perlite, commercial soil + sand), four shading levels (0%, 50%, 70%, 90%) and four altitude levels (157 m, 218 m, 601 m, 870 m) in Gangwon province of South Korea. As results, *O. elatus* seedlings showed better growth characteristics at 870 m of altitude, 70% shading level and in the commercial soil compared to other treatments.

Conclusions: The regenerated seedlings of *Oplopanax elatus* obtained through plant tissue culture would be advantageous for use in large scale seedling production systems paired with a good acclimatization method. For obtaining optimal results, it is recommended that seedling be acclimatized in a high altitude environment.

Key Words: *Oplopanax elatus* Nakai, Acclimatization Method, Environment Conditions, Growth Characteristics, Seedling

서 언

땃두릅나무 (*Oplopanax elatus* Nakai)는 식물체 전체에 가시가 뻗어 밀생하고 길이 1 m 정도로 자라는 낙엽관목으로, 식물분류학적으로 두릅나무과 (Araliaceae)에 속하며 (Kim et

al., 2012), 한국, 중국 및 러시아 등에 가장 많이 분포하고 있다. 인삼의 생리활성과 유사한 것으로 알려져 왔으며 (Fu, 1992), 한방에서는 주로 해열, 기침, 염증의 치료 및 완화제로 사용되었다 (Kim et al., 2012). 땃두릅나무의 줄기와 잎에는 syringin, daucosterol, β -sitosterol, L-rhamnose, irensenosides

[#]Eun Soo Seong and Ji Hye Yoo are contributed equally to this paper

[†]Corresponding author: (Phone) +82-33-250-6411 (E-mail) cyu@kangwon.ac.kr

¹수원여자대학교 약용식물과 교수 / Professor, Department of Medicinal Plant, Suwon Women's University, Suwon 16632, Korea.

²강원대학교 한방바이오연구소 박사 후 연구원 / Post-doc, Bioherb Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

³강원대학교 생물자원과학과 연구원 / Researcher, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁴강원대학교 생물자원과학과 석사 과정생 / Master Student, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁵강원대학교 생물자원과학과 학부 과정생 / Bachelor's Degree Student, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁶강원대학교 생물자원과학과 석사 과정생 / Master Student, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁷강원대학교 생물자원과학과 교수 / Professor, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁸강원대학교 생물자원과학과 교수 / Professor, Department of Bio-Resource Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

O, cirensenosides P 등이 함유된 것으로 밝혀졌고 (Zhang *et al.*, 1993), 특히 뿌리에는 강력한 항암활성을 나타내는 faltarindiol, oplopandiol 성분이 많이 함유된 것으로 알려져 있다 (Huang *et al.*, 2010). 최근에 보고된 사포닌 계열의 glycosides A-D, cirenshenosides I-V와 anthraquinone, polyacetylene 계열의 oploxynes A-B도 땃두릅나무 잎과 줄기에서 분리되었으며, 항당뇨 등 생리활성에 효과가 있는 것으로 밝혀졌다 (Shikov *et al.*, 2014).

다양한 약리효능을 가진 땃두릅나무는 식물체 전체를 약용으로 사용할 수 있으나 (Lee and Lee, 1997) 우리나라 회귀 및 멸종위기 식물로 지정된 바가 있어 무작위로 사용할 수는 없다. 땃두릅나무의 종자는 미숙배 상태로 존재하여 발아가 어려우므로 후숙을 위해서는 층적 저장 기간이 최소 7 개월, 최대 17 개월 이상이 필요하다 (Liu *et al.*, 2005). 또한, 종자 결실률도 낮아서 분주, 휘묻이, 꺾꽂이 등의 무성생식방법을 많이 사용하였다 (Wang, 1989). 땃두릅나무의 재배조건은 습기가 충분하고 부엽이 많은 사면에서 잘 자라지만 개체 수의 자체 번식은 너무 어려운 실정이다 (Lee and Lee, 1997). 이러한 땃두릅나무에 대한 재배 기술의 한계점 때문에 식물에 조직배양 기술을 접목한 대량증식체계 방향으로 연구 초점이 맞춰져 왔다. 땃두릅나무의 대량증식 연구는 고체배지와 액체 배지를 이용한 체세포배 발생 및 유식물체로의 분화 등 기내에서의 대량증식 관련 연구가 진행되어 왔다 (Moon *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2012).

이처럼 조직배양 기술이 확립되어 있지만, 기내에서 생산된 재분화 식물체의 토양 순화 적응성은 문제점이 많아서 실제 토양 적응 식물로 완전한 식물체가 완성되지 못하는 실정이다. 국립산림과학원에서는 2006년도부터 자생지 복원사업으로 10년간의 땃두릅나무 장기 모니터링 결과 해발 650 m 시험포지에서의 적응성 시험을 매우 성공적으로 이끌었다 (NIFOS, 2015). 그러나 농업업인을 위한 실질적인 땃두릅나무 재배화 체계 구축 연구는 계속해서 필요하다. 따라서, 본 연구는 땃두릅나무의 대량증묘생산을 하고자, 기내상태에서 생산된 유식물체의 토양 순화율을 높이기 위한 체계를 확립하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재분화된 땃두릅나무 유식물체의 토양 순화

본 연구에 사용된 땃두릅나무 (*Oplopanax elatus* Nakai)는 Kim 등 (2012)이 연구한 방법에 따라 체세포배에서 유식물체를 유도하고, 1% sucrose와 1/3 MS 배지에서 자란 유식물체 중 잎과 엽병이 확실하게 구분되고 뿌리가 굵게 발달한 개체를 선발하여 순화 체계 실험에 사용하였다. 순화조건을 규명하기 위해 초장이 20 mm 미만, 20 - 30 mm 사이와 30

mm 이상인 유식물체를 10 개체씩 3 반복으로 토양에 이식하였다. 땃두릅나무 이식 시 KLASMANN Potgrond H 상토 (Klasmann-Deilmann Ltd., Geeste, Lower Saxony, Germany)를 사용하여 가로 10 cm × 세로 10 cm × 높이 8 cm의 화분에 순화하였다. 2 주 동안은 growth chamber (HK-GC1000, HANKUK S&I Co., Hwaseong, Gyeonggi-do, Korea)에서 비닐을 씌운 상태로 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $70 \pm 3\%$ 상태로 두어 적응시키고, 한 달 뒤에 생육을 조사하였다. 광조건은 형광등 (1,700 lux, $23.8 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, PPF)이고 광주기는 16 시간 광/8 시간 암 조건에서 재배하였다.

2. 재분화된 땃두릅나무 유식물체의 차광막을 이용한 순화

차광 정도에 따른 순화 효율을 조사하기 위하여, 멸균시킨 상토 (commercial soil) [(%)zeolite 4, perlite 7, vermiculite 6, cocopeat 68, peat-moss 14.73, fertilizer 0.201, wetting agent 0.064, pH conditioning agent 0.005, Seoul Bio Co., Ltd., Eumseong, Korea]를 채운 포트에 30 mm 이상의 유식물체를 정식하고, 2 주간 실내 배양실 (온도 $26 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 3\%$)에서 적응기간 이후 차광 0%, 50%, 70% 및 90%의 그늘망으로 처리된 온실 (4월 - 5월, 온도 $10 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 $45 \pm 3\%$)에 두어 순화시키고 2 주와 4 주차에 걸쳐 생육을 조사하였다. 생육조사 항목은 생존율, 초장, 엽수, 엽장 및 엽폭을 관찰하여 측정하였다.

3. 재분화된 땃두릅나무 유식물체의 용토별 순화

용토 종류에 따른 순화 적응성을 조사하기 위하여 30 mm 이상의 기내 조직배양 개체를 바로 상토 (commercial soil) (Seoul Bio Co., Ltd., Eumseong, Korea), 상토 (commercial soil) + 펄라이트 (perlite) (1 : 1) (100% perlite, 100 L, Sung Hyun Perlite Co., Ltd., Seoul, Korea), 상토 (commercial soil) + 모래 (sand) (1 : 1)로 각각 채운 10 cm × 10 cm × 8 cm의 화분에 정식하고 순화 2 개월 후 지상부의 초장, 엽장, 엽수를 측정하였다. 재배환경조건은 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 3\%$ 의 실내 배양실에서 재배하였다. 광조건은 형광등 (1,700 lux, $23.8 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, PPF)이고 광주기는 16 시간 광/8 시간 암 조건에서 재배하였다.

4. 재분화된 땃두릅나무 유식물체의 해발고도별 순화

해발고도에 따른 땃두릅나무의 재분화 된 유식물체 순화 적응성을 조사하기 위하여 경기도, 강원도 내에 고도가 157 m (춘천), 218 m (가평), 601 m (인제), 870 m (홍천)에 30 mm 이상의 유식물체를 순화 2 주 후에 각각 고도별 노지에 정식하여 2 개월 (4월 - 6월) 후 초장, 엽수, 엽장, 엽폭을 조사하였다. 순화 2 주 동안은 growth chamber (HK-GC1000, HANKUK S&I Co., Hwaseong, Korea)에서 비닐을 씌운

상태로 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $70 \pm 3\%$ 상태로 두어 적응시켰다.

5. 통계처리

각 실험별 데이터의 통계처리를 통한 유의성 검정을 위해 IBM SPSS Statistics (SPSS v.23, International Business Machines Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였으며 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)와 Two sample T-test로 유의수준 5%에서 검증하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 유식물체 초장에 따른 순화 효과

순화재료는 액체배지에서 체세포배 발생을 통해 성장한 발아 단계의 체세포 배지를 1/3 MS 기본 배지에 1%의 sucrose를 첨가한 고체배지로 옮겨서 3 개월 배양 후에 자란 식물체로 순화를 수행하였다. 먼저 식물체의 발달단계에 따른 실험에서 잎과 뿌리의 분화가 확실하게 이루어진 유식물체 중 30 mm 크기 이상의 유식물체에서 100%의 순화율을 보였고, 20 mm의 유식물체에서도 85%의 비교적 높은 순화율을 보였다 (Table 1). 식물체의 생존율은 비교적 높은 편이었으나, 순화된

후 식물체의 생육 상태는 30 mm 이상 유식물체의 경우 매우 양호했지만, 20 mm 미만의 유식물체는 생육이 빈약한 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 30 mm 이상의 경우 순화 초기에 시들었다 하더라도 어느 정도 시일이 지난 후 다시 새로운 잎과 줄기를 생성하는 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 1).

갯방풍의 유식물체를 초장 크기별로 순화한 결과, 초장 50 mm - 60 mm의 식물이 30 mm - 40 mm 식물보다 순화율이 높았다 (Lee *et al.*, 2004). 생물반응기를 통한 가시오갈피 조직배양에서도 기내에서 5 cm 이상 건실하게 자란 유식물체는 순화 후에 높은 생존율을 보여 유식물체 품질이 좋아지는 것을 알

Table 1. Comparison of survival rate of explant stages of *Oplopanax elatus* after one month acclimation condition.

Acclimation condition	Explant stage	Survival rate (%) ^{*,**}
2 weeks growth chamber + 2 weeks green house	IS ¹⁾ (<20 mm)	85.0±7.1 ^b
	MS ²⁾ (20 mm - 30 mm)	95.0±7.1 ^{ab}
	ES ³⁾ (30 mm - 50 mm)	100.0±0.0 ^a

¹⁾IS (initial stage); shoot was formed but not elongated leaf and shoot length reached 20 mm below, ²⁾MS (medium stage); shoot length reached 20 mm - 30 mm, ³⁾ES (entire stage); shoot length reached 30 mm - 50 mm after leaf and root formation *in vitro* culture. Data represent means ± SD of three independent experiments. *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. 1. Effect of plant height on growth of young plantlet of *Oplopanax elatus* during acclimation. A; acclimatization of *O. elatus* on 10 cm × 10 cm × 8 cm pot after one month, B; more than 30 mm height *O. elatus* with healthy growth and higher survival rate, C; short height (less than 20 mm). *O. elatus* with slow growth and less survival rate during acclimation.

수 있었다 (Li *et al.*, 2005). 이는 땃두릅나무 (*Oplonanax elatus* Nakai)의 경우에서도 초장이 더 크고 잘 자란 유식물체를 정식하면 더 높은 순화율을 보여주는 것으로 사료된다. 땃두릅나무는 토양 적응성이 어려운 식물로 보고되었고 선행 연구 결과도 미비하므로, 기내 뿌리 형성과 발달을 튼튼하게 해주고, 토양 이식 시 뿌리 활착률을 높여주어 순화율을 높이는 연구를 지속해서 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

2. 차광막 조절을 통한 순화 효과

기내에서 배양된 재분화 유식물체 땃두릅나무의 차광 정도에 따른 생존율과 식물생육 특성을 조사한 결과 초기생육과 4주 후의 생육 양상은 차이가 났다. 땃두릅나무 순화한지 2주 후 조사한 결과, 차광율 50%와 70%에서 100%의 생존율을 나타내었다. 반면, 차광하지 않은 것과 90% 차광한 조건에서 키운 땃두릅나무 유식물체는 66.7%의 생존율을 나타내어, 50%와 70% 차광조건 유식물체에 비해 생존율이 50% 정도 낮아졌다. 땃두릅나무 유식물체의 초장은 차광하지 않은 조건에서 3.1 ± 0.1 cm 정도로 다소 높게 자라났으며, 엽수는 70% 차광조건을 제외하고 0%, 50%, 90% 차광조건에서는 큰 차이를 보여주지 않았다. 엽폭은 90% 차광조건에서 자라난 땃두릅나무가 가장 큰 3.6 ± 1.5 cm로 나타났고, 엽장은 0%, 50%, 90% 차광조건에서 자란 땃두릅나무의 차광 정도별 유의적 차이는 없는 것으로 조사되었다 (Table 2). 차광 정도에 따른 땃두릅나무 초기생장은 비슷한 결과를 나타냈으나, 차광 70%에서는 원인을 모르는 약간의 초기생육이 저해되는 양상을 나타냈다.

재분화된 땃두릅나무 유식물체를 차광조건을 달리하여 순화

한지 4주 후 생존율을 살펴보면, 차광 정도에 따른 초장의 비교는 미세하게 통계상 차이가 났으며, 엽수는 50% 차광조건, 엽폭은 90% 차광조건, 엽장은 70%와 90% 차광조건에서 높은 결과를 나타냈다. 전반적으로 70% 이상의 차광조건에서 생육이 높은 것을 확인하였으며, 90% 차광조건에서는 개체별 생육은 높았지만, 생존율은 감소하는 경향을 나타냈다. 초기 2주간 낮은 생육 양상을 나타냈던 70% 차광조건이 4주 후에는 생육이 회복되면서 양호해지는 것을 확인하였다 (Table 3). 이는 70% 차광조건에 사용했던 땃두릅나무가 실내에서 2주간 적응하는 동안 충분히 적응하지 못했던 것으로 사료되며, 적응하지 못한 식물이 차광조건 4주 이후부터는 노지에 적응하여 식물생육이 회복되는 것으로 사료된다.

조직배양에 성공한 식물체라도 기외의 토양 환경에서 정상적으로 성장하는 것이 중요하다. 기내 배양을 통해 생산된 유식물체의 경우 엽육세포에 공기층이 많아 토양 이식 후 증산이 과도하게 일어나면 고사할 확률이 크다고 설명하였다 (Fuchigami *et al.*, 1981). 골담초와 애기기린초 삽수는 차광 정도가 높아질수록 지하부 생장은 감소하는 것으로 나타났다 (Kim and Kim, 2015). 반면에, *Haworthia truncata* 재분화 식물체를 토양에 순화시 95% 차광하면 본래의 엽색이 유지되면서 100% 생존율을 보이는 것으로 나타났다 (Kim *et al.*, 2019). 이는 땃두릅나무의 경우 70% 정도 차광을 하면, 차광하지 않은 식물체에 비해 생존율 및 생육 효과가 상당히 좋은 것으로 나타난 것과 일치하는 결과이며, 차광처리하지 않고 자란 땃두릅나무 유식물체는 토양 이식 후 4주째가 되면 모두 고사하므로 땃두릅나무 육종 시 50% 이상 차광은 꼭 필요한 필수요건으로 판단된다.

Table 2. Effect of survival rate and growth characterization by shading levels after 2 weeks of acclimatization of *Oplonanax elatus* Nakai.

Shading levels (%)	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaf	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
0	166.7±5.8 ^b	3.1±0.1 ^a	4.3±2.3 ^a	2.3±0.8 ^b	1.5±0.8 ^b
50	100.0±0.0 ^a	2.3±0.8 ^{ab}	4.3±2.0 ^a	3.0±1.0 ^{ab}	2.3±0.9 ^{ab}
70	100.0±0.0 ^a	2.0±0.4 ^b	2.0±1.0 ^b	1.4±0.4 ^c	0.7±0.2 ^c
90	166.7±5.7 ^b	2.8±0.3 ^{ab}	4.3±1.1 ^a	3.6±1.5 ^a	3.2±1.2 ^a

Data represent means ± SD of three independent experiments. *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. Effect of survival rate and growth characterization by shading levels after 4 weeks of acclimatization of *Oplonanax elatus* Nakai.

Shading levels (%)	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaf	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
0	ND	ND	ND	ND	ND
50	50.0±5.0 ^b	3.5±0.6 ^a	3.0±1.0 ^a	2.5±0.4 ^b	1.8±0.4 ^b
70	66.7±1.5 ^a	3.0±0.6 ^c	2.7±1.0 ^b	2.5±0.7 ^b	2.5±0.5 ^a
90	50.0±10.0 ^b	3.3±1.2 ^b	2.7±1.5 ^b	3.1±1.9 ^a	2.7±1.7 ^a

ND; not determined. Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

3. 용토 종류별 순화 효과

용토별 사용에 따른 땃두릅나무 재분화 식물체의 토양 적응성 차이를 순화한지 2 개월 후 조사한 결과, 상토에 정식한 땃두릅나무의 생육 상태가 가장 양호하였으며, 상토와 펄라이트를 1 : 1 혼합한 용토에서는 상토에서 자란 식물체보다는 생육이 낮았지만 양호한 편이다 (Fig. 2). 반면에 상토와 모래를 혼합한 조건에서는 재분화된 땃두릅나무 유식물체가 모두 고사하여 생육 측정을 할 수 없었다 (Table 4). 상토와 모래 혼합조건이 다른 처리구에 비해 배수가 불량한 것으로 사료되며, 이로 인한 수분스트레스가 작용될 것으로 사료된다.

조직배양을 통해 생산된 재분화 유식물체 순화 시 인공배양토, 기내 발근여부 등의 순화 환경이 영향을 미친다 (Doina and Fira, 2007). 기내에서 발근된 유식물체는 단시간 내에 바뀐 외부환경에 적응되어 성장 촉진을 하기 위해서는 환경 스트레스에 강하고 광합성 능력을 높이는 조건으로 순화하는 것이 중요하며 (Kozai, 1992), 재분화된 유식물체를 토양에 이식할 때 사용하는 토양 종류는 큰 영향을 미친다. 토양 종류별에 따른 공극률 중 산소량은 뿌리의 직접적인 지하부 호흡과 관련되어 있고, 토양의 물리적 특성은 유식물체 뿌리 형태나 성장 속도에도 연관성이 있는 것으로 보고되었다 (Byun et al., 2012). *Anthurium andreaenum*의 조직배양묘 순화 연구에서 공극률이 비교적 큰 펄라이트 : 버미큘라이트가 1 : 1로 혼합된 용토에서 98%의 생존율을 보여주었다 (Han and Goo, 2003). 또한, 이와 똑같은 용토 (펄라이트 1 : 버미큘라이트 1)를 사용한 *Alocasia cadieri* 재분화 식물체 순화 연구에서는 100% 생존율을 보인 것으로 보아 (Han et al., 2004), 식물마다 토양 내 적정 공극률 및 배액율이 다르고, 특히 조직배양체 순

화 시에는 지하부 발달의 중요성 (Kozai, 1992) 및 용토 종류에 따른 식물체 발근과의 상관관계가 높다고 사료된다.

이러한 사실은 땃두릅나무의 용토별 순화 효과를 비교하면, 땃두릅나무 재분화 식물체의 경우 상토로만 처리했을 때 식물체 생육이 가장 양호하였다. 땃두릅나무는 토양수분 함량이 10% 미만으로 감소하면 생리적인 활성이 급격하게 저하되어 건조한 환경에 비교적 취약한 종이면서 (Lee et al., 2014), 온도와 습도에 매우 민감한 식물이라고 사료된다. 상업용 상토에 공극을 넓혀줄 수 있는 펄라이트 함량이 상토에 7% 정도 함유되어있어 배수에 용이한 것으로 사료되며, 펄라이트 함량이 53.5% 이상 (상토 + 펄라이트)이 되었을 때는 배액율이 높아 오히려 생육이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 추후에 땃두릅나무의 용토 재배조건에서의 적정 배액율에 대한 정밀 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 재배지 고도별 순화 효과

재분화된 땃두릅나무 유식물체의 재배지 고도에 따른 순화 적응성을 검정한 결과, 초장은 870 m에 정식한 유식물체가 13.3 ± 2.0 cm로 자라나 다른 고도에 정식한 식물체보다 생육이 좋은 것으로 나타났다. 엽장도 870 m 고도에 정식한 유식물체가 11.8 ± 1.7 cm로 측정되었고, 엽폭도 11.8 ± 1.7 cm로 나타나, 다른 고도에 정식한 식물체보다 엽장과 엽폭도 870 m 높은 고도재배지 조건에서 양호한 것으로 조사되었다. 재배지의 해발고도가 높을수록 땃두릅나무 유식물체의 생육이 양호하였다. 다만, 엽수에 있어서 고도별 차이는 통계적으로 유의차가 없는 것으로 나타났다 (Table 5). 이는 높은 고도일수록 기온변화의 차이가 적고 땃두릅나무 재배의 적정 온도

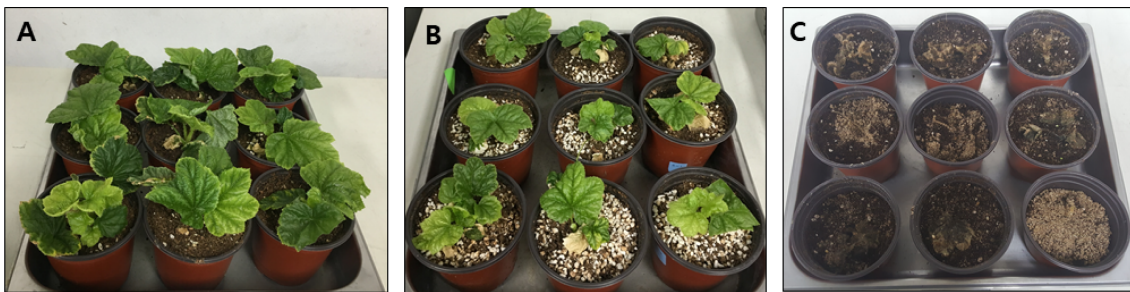


Fig. 2. Differentiation of plant growth according to growth medias used in acclimatization of *Oplopanax elatus* Nakai. A; commercial soil, B; commercial soil + perlite, C; commercial soil + sand.

Table 4. Effect of growth characterization by growth media after 2 months of acclimatization of *Oplopanax elatus* Nakai.

Growth media	Survival rate (%)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	No. of leaf
Commercial soil	100.0±0.0 ^a	3.7±0.5 ^a	6.5±0.5 ^a	7.3±1.5 ^a
Commercial soil+Perlite	100.0±0.0	2.1±0.1	3.9±1.5	6.7±1.1
Commercial soil+Sand	0.0±0.0 ^b	N.D	N.D	N.D

ND; not determined. Data represent means ± SD of three independent experiments. ^aMean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Two sample T-test ($p < 0.05$).

Table 5. Effect of growth characterization by altitude levels after 2 months of acclimatization of *Oplopanax elatus* Nakai.

Altitude levels (m)	Survival rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaf	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
157	100.0±0.0 ^a	8.2±1.2 ^b	2.3±0.5 ^b	5.8±1.0 ^{ab}	7.5±0.5 ^{ab}
218	100.0±0.0 ^a	6.8±1.0 ^c	2.7±0.5 ^{ab}	4.7±0.7 ^b	6.3±0.7 ^b
601	100.0±0.0 ^a	6.7±2.0 ^c	3.3±0.3 ^a	3.0±0.8 ^c	3.6±1.2 ^c
870	100.0±0.0 ^a	13.3±2.0 ^a	3.3±1.5 ^a	11.8±1.7 ^a	11.8±1.7 ^a

Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

인 15°C - 23°C를 유지하며 물 빠짐이 잘되는 현재 자생하고 있는 해발 700 m 이상의 생육환경과 비슷한 조건이라고 사료된다.

식물 종별로 고도별 생육 양상에 관한 상반된 연구 결과가 보고되었다. 고도별에 따른 온도, 습도, 식물 종별 등에 따라 다양한 차이를 나타냈다. 극조생 양파의 생육은 땃두릅나무의 고도별 생육 양상과 상반된 결과를 나타냈다. 극조생 양파 ‘싱싱볼’은 해발 700 m 보다 해발 60 m에서 재배한 것이 2 배 이상 초장이 더 길게 성장하였고, 총엽면적도 증가하였다 (Song *et al.*, 2018).

해발고도에 따른 반하 (*Pinellia ternata*) 재배 시 생육 특성을 보면 해발 100 m와 500 m는 비슷한 성장을 보였고, 토양 비옥도가 낮은 해발 300 m에서는 반하 생육이 저조하였다. 해발고도별 반하의 중구 무게별 초장 및 주당 엽수의 생육 특성을 보면 중구 무게가 무거울수록 초장이 크고 주당 엽수도 많았으며, 1 년차 생육은 중구 무게에 의하여 좌우되었던 것으로 사료된다 (Oh, 2013).

당귀의 해발고도별 생육의 차이를 보면, 참당귀, 일당귀, 중국당귀 모두 해발이 높을수록 생존율이 높아지고, 해발이 낮아질수록 생존율도 같이 낮아지는 것으로 나타난 사례가 있다 (Yu *et al.*, 2004). 이는 당귀가 서늘한 기온에서 생육이 양호한 작물로 알려졌는데, 해발고도에 따른 땃두릅나무의 생육 양상도 당귀류와 유사한 경향을 보였다. 우리나라는 산지가 많은 지형으로 해발고도 차이가 심해 지대별 기온 차이도 심하게 나타나므로 땃두릅나무 생육에도 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다.

땃두릅나무는 모든 생리활성이 뛰어나지만, 묘의 가격이 비싸고 재배가 어려워서 조직배양을 통한 대량생산기법을 이용하여 육종에 이용해야 하므로 순화 식물체의 재배지별 해발고도에 따른 순화 적응성을 연구할 필요가 있다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 땃두릅나무의 대량번식을 위해 조직배양 유식물체 토양 순화 시 근본적인 재배 적지 선정 기준을 확립하는데 기초 자료가 마련되었다.

본 연구를 통하여 차광조건별, 용토별, 고도별로 땃두릅나무의 생육 상태를 확인하였다. 실험 계획 시 처리조건을 단순하게 단일 조건에서 처리한 부분이 아쉬웠으며, 차광조건별, 용

토별, 고도별을 복합적으로 처리하여 각 처리구 간의 연광성을 확인해 볼 필요가 있다. 또한, 땃두릅나무 재분화 유식물체의 순화체계를 확립하기 위해서는 고도가 높은 자생지의 생육 환경을 비슷하게 재현해줄 필요가 있을 것으로 사료된다. 결론적으로 뿌리 생육이 왕성한 기내 배양 식물체 크기가 클수록, 상토에 이식하여 차광조건 70%로 해발고도 870 m 이상의 재배지 조건에서 땃두릅나무 유식물체 순화율이 증진될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 한국임업진흥원 산림과학기술연구개발사업(과제번호: 2017038A00-1919-BA01)의 연구비 지원과 강원대학교 한방바이오연구소 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Byun HJ, Kim YS, Kang HM and Kim IS. (2012). Effect of mixture rate of used media and perlite on physico-chemical of properties root media and seedling quality in fruit vegetables plug nursery system. *Journal of Bio-Environment Control*. 21:213-219.
- Doina C and Fira A. (2007). Tissue culture and *ex-vitro* acclimatization of *Rhododendron* sp. *Buletin University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*. 64. <https://journals.usamvcluj.ro/index.php/horticulture/article/view/1899> (cited by 2019 July 11).
- Fu LK. (1992). *China plant red data book: Rare and endangered plants*. Science Press, Beijing, China. p.741-789.
- Fuchigami LH, Cheng TY and Soeldner A. (1981). Abaxial transpiration and water loss in aseptically cultured plum. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106:519-522.
- Han BH and Goo DH. (2003). *In vitro* propagation of *Anthurium andreaeanum* ‘Atlanta’ developed for pot culture. *Korean Journal of Plant Biotechnology*. 30:179-184.
- Han BH, Yae BW, Goo DH and Yu HJ. (2004). *In vitro* propagation of *Alocasia cadieri* Chancier. *Korean Journal of Plant Biotechnology*. 31:61-65.
- Huang W, Yang J, Zhao J, Wang CZ, Yuan CS and Li SP.

- (2010). Quantitative analysis of six polyynes and one polyene in *Oplopanax horridus* and *Oplopanax elatus* by pressurized liquid extraction and on-line SPE-HPLC. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 53:906-910.
- Kim HJ and Kim YJ.** (2015). Effect of shading degree and rooting media on growth of cuttings in *Caragana sinica*(Buc'hoz) Rehder and *Sedum middendorffianum* Maxim. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:271-276.
- Kim HY, Seong ES, Lee JG, Yoo JH, Hwang IS, Kim MJ, Lim JD, Kim NY and Yu CY.** (2012). Establishment of suspension culture system to induce somatic embryo in *Oplopanax elatus* Nakai. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:461-465.
- Kim YH, Lee GY, Kim HH, Lee JH, Jung JH and Lee SD.** (2019). *In vitro* mass propagation and acclimatization of *Haworthia truncata*. *Journal of Plant Biotechnology*. 46:127-135.
- Kozai T.** (1992). Environmental control in photosynthetic plant tissue culture. *Environmental Control Biology*. 30:193-197.
- Lee BK, Han MS, Jung YK, Rha ES, Yun SJ and Yoo NH.** (2004). Comparative effect of plant growth regulators on callus induction and plant regeneration in *Glehnia littoralis* Schmidt et Miquiel. *Korean Journal of Plant Resources*. 17:153-160.
- Lee KC, Kim SH, Park WG and Kim YS.** (2004). Effects of drought stress on photosynthetic capacity and photosystem II activity in *Oplopanax elatus*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:38-45.
- Lee YM and Lee WY.** (1997). Illustrated rare and endangered species in Korea. Korea Forest Service. Seoul, Korea. p.171.
- Li CH, Lim JD, Kim MJ, Kim NY and Yu CY.** (2005). Acclimatization and growth characteristics of plantlets of *Eleutherococcus senticosus* Maxim cultured by bioreactor. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 13:133-137.
- Liu J, Zang P, Shen H, Zhang Y and Fan S.** (2005). Factors influencing seed germination of *Oplopanax elatus* Nakai. *Chinese Bulletin of Botany*. 22:183-189.
- Moon HK, Kim JA, Park SY, Kim YW and Kang HD.** (2006). Somatic embryogenesis and plantlet formation from rare and endangered tree species, *Oplopanax elatus*. *Journal of Plant Biology*. 49:320-32.
- National Institute of Forest Science(NIFOS).** (2015). Korea Forest Service-News and Resources. <http://www.forest.go.kr/>. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea.
- Oh HJ.** (2013). Effect of altitude and tuber weight on the growth and yield of *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:130-135.
- Shikov1 AN, Pozharitskaya1 ON, Makarov VG, Yang WZ and GUO DA.** (2014). *Oplopanax elatus*(Nakai) Nakai: Chemistry, traditional use and pharmacology. *Chinese Journal of Natural Medicines*. 12:721-729.
- Song EY, Moon KH, Wi SH and Oh S.** (2018). Growth and bulb characteristics of extremely early-maturing onion by air temperature variation at different altitudes. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 20:321-329.
- Wang JP.** (1989). Changbaisanzhi. Jilin Literature and History Press Books. Changchun, China. p.198.
- Yu SH, Park CH, Park CG, Kim YG, Park HW and Seong NS.** (2004). Growth characteristics and yield of the three species of genus *Angelica*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:43-46.
- Zhang HG, Wu GX and Zhang YM.** (1993). Chemical constituents from stems of *Oplopanax elatus* Nakai. *China Journal of Chinese Materia Medica*. 18:104-105.