

산꼬리풀의 효과적인 육묘를 위한 재배조건 최적화

이상인^{1,2} · 연수호^{2,3} · 조주성^{2,3} · 정미진¹ · 이철희^{2,3*}

¹국립수목원 식물자원연구과, ²충북대학교 축산·원예·식품공학부 원예학전공, ³충북대학교 생물건강소재 산업화 사업단

Optimization of Cultivation Conditions on Effective Seedlings of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz.

Sang In Lee^{1,2}, Soo Ho Yeon^{2,3}, Ju Sung Cho^{2,3}, Mi Jin Jeong¹, and Cheol Hee Lee^{2,3*}

¹Division of Plant Resources, Korea National Arboretum, Yangpyeong 12519, Korea

²Division of Animal, Horticultural, and Food Sciences, Department of Horticulture, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

³Brain Korea 21 Center for Bio-Resource Development, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract. This study was conducted to identify the optimal conditions for seedling growth in *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. which a endemic plant and can be development as ornamental plants. We sowed *V. rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. seeds, and exposed the seedling was different treatment conditions. We varied soil type and fertilizer concentration, shading ratio, additional fertilizer concentration, pretreatment light exposure and collection time of seeds. We found that seedling growth was good in horticultural substrate (with no additional fertilizer), but mixed soils supplemented with fertilizer inhibited growth, regardless of the fertilizer concentration. In the 55% shading treatment, seedling growth was greater than in the non-shading treatment. High concentration addition of fertilizer (Hyponex) promoted plant growth, in terms of both plant length and fresh weight. Exposure of seeds to a red light-source prior to germination had a greater effect on seedling growth than exposure to other light sources. Seedlings exhibited better growth when grown from seed collected in 2018, rather than 2017.

Additional key words : collection time of seeds, conditions for seedling growth, endemic plant, promoted plant growth, red light-source

서 론

공정육묘는 노동력 절감, 효율성, 안정성 및 연중 계획 생산을 목적으로 상토 제조, 충전, 파종, 관수, 시비 및 환경관리 등 제반 육묘 작업을 체계화, 장치화한 묘 생산 시설에서 품질이 균일하고 규격화된 묘를 연중 계획적으로 생산하는 것이다 (Nongsaro, 2019). 원예분야에서의 육묘 연구는 고추(Lee 등, 2001)나 딸기(Choi 등, 2000)를 비롯한 많은 작물에서 진행되어 왔다. 그러나 최근 자생식물 중에서 새로운 관상소재를 발굴, 개발하기 위한 막대한 관심과 노력에 비해 체계화된 육묘 관련 연구는 매우 미비한 실정이다.

산꼬리풀[*Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T. Yamaz.]은 현삼과(Scrophulariaceae)에 속하는 다년생 초본류로서 산지의 초원에서 자생하는 특산종이다(KPNI, 2019).

초장은 40~80cm 정도로 잎은 마주나고, 엽병은 거의 없다. 엽형은 좁은 달걀모양 또는 긴 타원형으로 끝이 뾰족하고 잎 뒷면 엽맥에 굵은털이 존재하며 불규칙한 거치가 있다는 특징이 있다. 개화기는 8월이며, 벽자색의 총상꽃차례가 가지와 원줄기 끝에 10~20cm로 달리기 때문에 관상소재로의 가치가 높다. 또한 예로부터 산꼬리풀은 기침, 천식, 만성 기관지염의 치료에 사용되었다고 보고되어 있으며(KPNI, 2019), 최근 사망 위험성이 높고 40세 이상의 성인의 10% 이상이 가지고 있는 만성폐쇄성폐질환의 치료제로도 개발중이다(Oh, 2015).

플러그 트레이를 이용한 플러그 육묘는 1990년대에 국내에 도입되었으며, 육묘 소요노력의 절감과 묘의 균일화가 가능하여 대량생산이 용이하고 식물 생산의 분업화가 가능하다는 장점이 있다(Ito, 1992). 한편 플러그 트레이는 셀로 분할되어 있어 파종하여 획득한 식물체를 개체별로 이식하기에 용이하나(Lee 등, 2005), 플러그 셀의 크기는 묘의 소질에 큰 영향을 미치기 때문에(Kim 등, 2001; Lee와 Kim, 1999; Shin 등, 2000) 관련 연구가 필요하다. 또한 육묘에 있어서 가장 기본이 되는

*Corresponding author: leech@chungbuk.ac.kr

Received October 07, 2019; Revised March 23, 2020;

Accepted March 31, 2020

요소인 상토의 조건(Kim 등, 2008), 식물 초기생육에 있어서의 광도에 대한 적응성(Fails 등, 1982) 및 육묘 시 생육을 촉진시킬 수 있는 추비 조건뿐만 아니라, 종자에 대한 광원 처리나 채종 시기에 따른 생육차이도 추가적으로 고려되어야 한다.

한편, 신 관상식물 소재와 만성 폐쇄성 폐질환의 치료제로 활용도가 높은 산꼬리풀의 육묘 조건이 구명되지 않아 이용에 어려움을 겪고 있다. 따라서 산꼬리풀의 육묘 기술 개발에 요구되는 다양한 조건들을 구명하여 효과적인 육묘 체계를 확립하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 식물 재료

실험에 사용된 산꼬리풀 종자는 2017년 9월에 산림청 산하 유용식물증식센터 내 재배온실(37°28'45.2"N, 127°35'51.4"E)에서 채종된 종자를 실험에 사용하였다. 채종 시기 실험에 사용한 종자는 2017년 유용식물증식센터에서 분양받은 종자와 2018년 11월에 충북대학교 내 유리온실(36°37'50.3"N, 127°27'06.1"E)에서 채종한 종자를 이용하였다. 종자는 불순물을 제거한 다음 4°C에서 건조 보관하면서 실험에 사용하였다. 채종 시기를 제외한 실험은 모두 2017년 채종 종자를 사용하였다.

2. 재배 방법

육묘기술개발을 위해 토양 종류, 차광 정도, 추비 농도, 광원 처리 및 채종시기를 각각 다르게 처리하였다. 관수 방법은 미스트 자동관수로 살수직경 5~6m인 스프링클러[미니스프링클러SS, (주)에이월드, Korea]를 설치하였으며, 가압용 펌프

(40 L/min)[PB-138MA, (주)Wilco, Japan]로 09시, 18시에 각 5분간 2회 관수하였다. 실험기간인 2018년 4월 3일부터 5월 30일까지와 2019년 3월 15일부터 4월 10일까지 유리온실의 온·습도는 Fig. 1과 같다.

3. 육묘 조건

본 연구의 공통사항은 농가에서 범용적으로 사용되는 플러그 트레이[(주)범농, Korea]에 육묘하였다. 2018년도에 진행된 토양종류, 차광정도 및 추비 농도별 실험은 200구 트레이에 원예상토를 충전한 다음 Lee 등(2020)의 연구에 따라 셀 당 4립 파종하였으며 차광이 되지 않는 육묘상에서 Hyponex[미분(N-P-K 6.5-6-19), (주)Hyponex japan, Japan]를 500 mg·L⁻¹로 시비하였다. 2019년도에 수행된 채종시기와 광원처리 실험은 Lee 등(2020)의 연구에서 개체 생육이 가장 우수하였던 162구 트레이와 셀 당 1립 파종을 선택하여 트레이에 원예상토를 충전한 다음 2017년도 채종 종자와 광원 무처리를 대조구로 설정하여 약 8주간 유리온실에서 연구를 진행하였다. 모든 실험의 처리는 3반복하여 수행하였다.

토양 종류별 실험은 원예상토한아름상토, (주)신성미네랄, Korea] 단용을 대조구로 설정한 다음 비료 농도를 달리한 혼용토를 조성하여 사용하였다. 피트모스는 90%이상의 유기물을 포함하고 양이온 교환능력 및 보비력이 우수하다고 알려져 있으며(Argo, 1998), Lee 등(2006)의 육묘상토 연구를 바탕으로 연구를 설정하였다. 혼용토는 중화 피트모스(BM4, Berger Co. Ltd., Canada)와 펄라이트[New pershine 2, (주)GFC, Korea]를 3:1과 4:1로 설정한 다음 비료 농도를 원예상토 기준으로 계분펠렛비료(부산물비료, 닭사랑농장, Korea)와 요

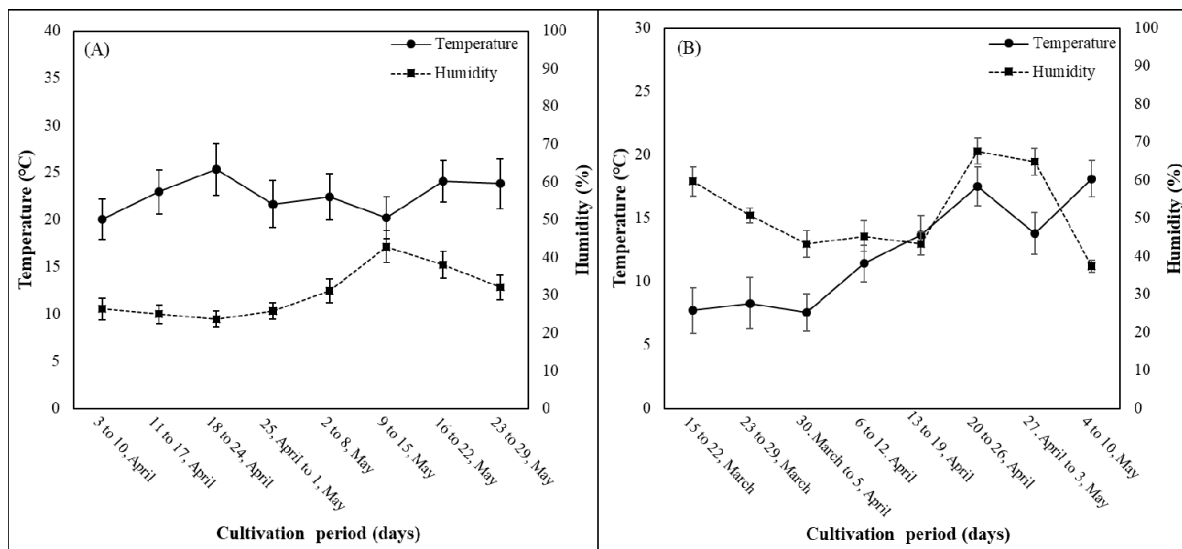


Fig. 1. Changes of temperature and humidity during experimental period in glasshouse. (A), 2018 year; (B), 2019 year.

소비료[요소(46-0-0), 팜한농, Korea]를 100% 기준 L당 각 13.33g과 1.45g을 첨가하였다. 각 혼용토의 비료 농도는 0, 100 및 200%로 설정하였다. 차광 처리별 실험은 식물 종에 따라 차광률에 따른 생육이 다르게 나타나(Kim과 Lee, 2009) 차광막(청호산업, Korea)을 이용하여 0(132.9±1.71μmol·m⁻²·s⁻¹), 55(74.9±0.06μmol·m⁻²·s⁻¹) 및 75%(25.6±0.02μmol·m⁻²·s⁻¹)로 정도를 달리하였으며, 추비 처리별 실험은 Jeong 등(2012)의 시비수준을 참고하여 Hyponex를 0, 500 및 1000 mg·L⁻¹로 달리하였으며 500mg·L⁻¹를 대조구로 설정하여 파종 후 2, 4주차에 엽면시비하였다.

다음의 광원 및 채종 시기별 실험은 상기와 동일한 유리온실에서 162구 트레이(15ml)에 2019년 3월 15일에 파종하였으며, 모든 처리는 100셀을 3반복으로 조성하였다. 광원실험에 따른 생육은 식물에 광원을 처리할 경우 생육의 변화가 나타나(Simlat 등, 2016) 광원별 처리는 24시간 수분침지 처리 여부를 달리한 종자를 형광등(67.9±0.60μmol·m⁻²·s⁻¹)과 적색광(65.3±0.84μmol·m⁻²·s⁻¹), 청색광(67.7±1.22μmol·m⁻²·s⁻¹) 및 녹색광(67.7±0.78μmol·m⁻²·s⁻¹) LED광원 하에 각 0, 24 및 48시간 처리하였다. 또한 채종 시기별 실험은 채종시기가 종자의 활력에 영향을 미치는지 확인된 결과(Lee 등, 2008)를 토대로 2017년 9월과 2018년 11월에 채종한 종자를 24시간 수분침지 여부를 달리하여 파종하였다.

4. 생육조사 및 통계분석

육묘의 생육은 초장, 근장, 엽수, 경직경, 마디수는 플라스틱 자와 버니어 캘리퍼스[NA500-150S, (주)Bluebird, Korea]를 이용하여 측정하였다. SPAD는 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였다. 지상부와 지하부 생

체중은 전자저울[DRAGON 204/S, (주)Mettler toledo, Switzerland]을 이용하여 측정하였다.

각 처리별 측정항목은 평균 및 표준오차를 계산하였다. 이후 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, 9.4 Version, SAS Institute, Cary, NC, USA)에서 Duncan's multiple range test를 사용하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검정하였으며, 광질 실험은 각 요인별 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

선행연구에서, 산꼬리풀의 육묘 시 파종량이 증가할수록 셀 당 마디수, 엽수, 지상부 및 지하부의 생체중이 증가하였으나 6립 파종 시 초장 억제율이 급격하게 증가하여 적정 파종량은 비교적 생육이 양호하였던 4립으로 구명된 바 있다. 또한 산꼬리풀은 파종량에 따른 묘소질의 유의적인 생육차이가 확인되었으며(Lee 등, 2020), 귀리에서는 적정 파종량을 초과할 경우 수확량은 오히려 감소하는 경향이였다(Cho 등, 2001). 따라서 육묘 시 우선적으로 적정 파종량이 구명되어야 하며, 본 연구에서는 토양 종류, 차광 정도 및 추비 농도별 실험에서 선행연구에서 구명된 파종량 조건을 적용하였다.

1. 토양 조성과의 비교

산꼬리풀의 육묘는 원예상태를 이용하는 것이 가장 효과적이었다. 피트모스 혼용토를 사용시 식물의 생장이 크게 억제되고, 잎이 황화되는 현상이 나타났다(Fig. 2). 피트모스는 다량의 유기물을 함유하고 양이온교환 능력과 보비력이 우수하지만(Argo, 1998) 보수력이 지나치게 좋아 과습할 수 있고, 토양 친화력이 낮아 근권부의 활착에 문제가 발생할 수 있

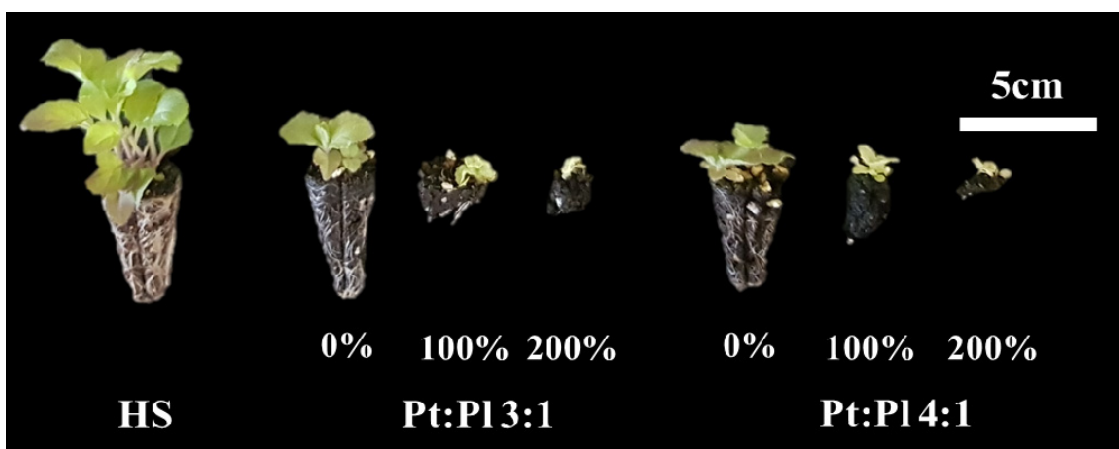


Fig. 2. Growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. after cultivation according to soil type differed by fertilizer concentration. HS, horticultural substrate; Pt, peatmoss; Pl, perlite.

다(Kim, 2003). 혼용토 내 피트모스의 비율에 따른 생육차이는 확인되지 않았으며, 혼용토의 비료 첨가는 농도에 관계없이 생육측정이 불가할 정도로 묘의 생육이 억제되었다(Table 1). 한편 국화 ‘백마’는 피트모스와 펄라이트를 3:1 비율로 혼용시 초장과 지상부 생체중이 우수하였으며(Yoo와 Roh, 2012), 거베라 ‘Sunny Lemon’는 피트모스의 비율이 증가할수록 절화의 품질이 가장 양호하였다(Kil 등, 2011). 또한 프리지아 ‘골드리치’ 품종의 경우 피트모스 단용과 피트모스 혼용토양은 화아분화전 초장, 엽수 및 생체중을 증가시켰다(Lee, 2017).

산꼬리풀의 자생지는 산지의 초원으로 알려져 있으나(KPNI, 2019), 본 연구에서는 피트모스가 첨가된 모든 토양 조성이 지하부 과습 및 근권부 활착의 저조를 야기하여 생육이 억제된 것으로 판단된다. 따라서 산꼬리풀 육묘 시 피트모스 혼용토는 모든 생육을 억제하였기 때문에 육묘용 토양으로는 적합하지 않으며, 토양 조성 시 생육을 촉진할 수 있는 밑거름에 대한 추가적인 탐색이 필요할 것으로 생각된다.

2. 차광 정도

55%로 차광한 산꼬리풀의 생육이 전반적으로 양호한 결과를 보였다. 초장은 55% 차광($74.9 \pm 0.06 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)에서

43.8mm로 무차광(36.6mm)($132.9 \pm 1.71 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)보다 길었고, 75% 차광($25.6 \pm 0.02 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)은 35.9mm로 55% 차광에 비해 억제되어 무차광과 비슷하였다. 경직경은 차광이 증가할수록 얇아지는 경향이 나타났다. 엽수는 차광 처리 시 무차광(4.7개)에 비해 증가하였고, 55% 차광 처리에서 5.5개로 가장 많았다. 지상부와 지하부 생체중 모두 55% 차광에서 가장 높았으며, 무차광과 75% 차광 처리에서는 유의적인 차이가 없었다(Table 2). 이와 같은 결과는 초기 생육단계에서 육묘 시 직사광선에 노출된 어린묘는 생육이 억제될 수 있기 때문이다. 한편 75% 차광에서는 55% 차광에 비해 생육이 억제되어 무차광과 비슷한 생육을 보였는데 이는 광합성에 요구되는 광량이 부족하여 발생한 것으로 판단된다. 본 연구에서 55% 차광 처리는 산꼬리풀의 생육을 증진시켰는데, 곤달비는 산지의 그늘아래에서 자생하기 때문에 50% 차광조건에서 생육이 우수한 것으로 보고되어(Park 등, 2011) 육묘 시 적절한 차광이 요구된다. 따라서 산꼬리풀의 자생지가 산지의 초원으로 자생지와 비슷한 환경조건을 설정하여 육묘 단계에서 적절한 차광은 초장을 증진시킨다는 본 연구의 결과를 뒷받침해 준다. 결론적으로 산꼬리풀의 육묘 시 55% 차광이 적합하며, 55%를 초과하는 차광은 생육을 억제하여 효과적이지 않다.

Table 1. Effect of soil type differed by fertilizer concentration on seedling growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz.

Soil composition		Plant length (mm)	Diam. of stem (mm)	No. of leaves (ea)	Root length (mm)	Fresh weight / cell (mg)		SPAD value
Type	Fertilizer conc. (%)					Aerial parts	Underground parts	
HS		36.6 ± 0.60 a ^z	1.36 ± 0.026 a	4.7 ± 0.06 a	47.9 ± 0.89 a	167.9 ± 6.00 a	40.1 ± 1.52 a	25.7 ± 0.47 a
Pt:Pl (3:1) ^y	0	15.8 ± 0.41 b	0.68 ± 0.012 b	4.3 ± 0.08 b	42.0 ± 1.13 b	43.6 ± 1.64 b	16.3 ± 0.64 b	25.8 ± 0.26 a
	100	NM ^x	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	200	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Pt:Pl (4:1)	0	14.7 ± 0.29 b	0.71 ± 0.015 b	4.4 ± 0.07 b	39.6 ± 1.03 b	34.9 ± 0.86 b	15.2 ± 0.66 b	27.1 ± 0.52 a
	100	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	200	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test ($p \leq 0.05$).

^yHS, horticultural substrate; Pt, peatmoss; Pl, perlite.

^xNot measured. plant length less than 10 mm.

Table 2. Effect of shading ratio on seedling growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz.

Shading ratio (%)	Plant length (mm)	Diam. of stem (mm)	No. of leaves (ea)	Root length (mm)	Fresh weight / cell (mg)		SPAD value
					Aerial parts	Underground parts	
0	36.6 ± 0.60 b ^z	1.36 ± 0.026 a	4.7 ± 0.06 c	47.9 ± 0.89 ab	167.9 ± 6.00 b	40.1 ± 1.52 b	25.7 ± 0.47 b
55	43.9 ± 1.65 a	1.25 ± 0.037 b	5.5 ± 0.10 a	50.0 ± 1.49 a	201.2 ± 8.54 a	48.1 ± 2.56 a	29.2 ± 0.58 a
75	35.9 ± 0.69 b	1.08 ± 0.024 c	5.0 ± 0.10 b	44.5 ± 0.79 b	155.7 ± 5.03 b	35.9 ± 1.57 b	29.3 ± 0.50 a

^zMean separation within columns by Duncan’s multiple range test ($p \leq 0.05$).

3. 추비 처리

Hyponex 미분은 식물 생육에 필요한 각종 양분이 고루 분포하여 조직을 건실하게 하고 병충해, 내서성 및 광량부족에 저항성을 높여준다(Hyponex, 2020). 본 연구에 사용된 Hyponex의 미분은 N-P-K가 6.5-6-19로, 칼륨의 비율이 높은 것을 선택하여 엽면시비 하였다. 산꼬리풀 육묘는 추비 처리 시 전체적으로 생육이 증진되었고, 초장은 추비 농도에 비례하여 증가하는 경향이였다. 특히 1000mg·L⁻¹ 처리구(62.2mm)에서 무처리(20.9mm)에 비해 2.95배 길었다. 엽수와 근장도 추비 농도에 비례적인 생육을 보였으며, 경직경은 추비 농도에 관계없이 유의적으로 증가하였다. 또한 지상부와 지하부 생체중도 추비 농도가 증가할수록 무처리(각 60.9, 26.9mg)에 비하여 500(각 167.9, 40.1mg) 및 1000mg·L⁻¹(각 257.2, 46.4mg) 처리에서 모두 증가하였다(Table 3). 능유바위솔에 Hyponex를 시비한 결과 액비농도가 높고 처리 횟수가 많을수록 생육이 촉진되었다(Chon 등, 2011).

칼륨은 식물체 내에서 원형질의 구조를 유지하고 pH와 삼투압을 조절하여 세포 안의 물질대사가 정상적으로 일어나도록 하며, 기공의 개폐나 여러 효소계를 활성화시킨다(Marschner, 1995). 이에 따라 추비로 사용된 Hyponex의 높은 칼륨 농도가 식물체 내 효소를 활성화시켜 물질대사가 원활하게 작용한 결과로 생육이 증가한 것으로 판단된다. 따라서 육묘 시 산꼬리풀의 추비는 Hyponex 1000mg·L⁻¹로 처리하는 것이 생육 증진에 효율적이었으며, 1000mg·L⁻¹ 이상의 농도 연구를 통해 추가적인 고농도 추비연구가 요구된다.

4. 광원처리

광질 및 수분 침지에 따른 모든 생육 요인은 유의적인 차이를 보였으며, 광원 처리 시간은 초장과 경직경에서만 유의성이 확인되었다(Table 4, Fig. 3). 식물의 광반응은 광원에 따라 다르게 반응한다. 특정 광원을 조사할 경우 생육이 촉진되거나 기능성물질의 함량이 증가하기도 하는데, Kang 등(2003)의 연구에서 박 종자의 적색광 처리는 초기 발아율을 촉진하여 육묘 출현율과 묘의 균일도를 향상시켰다. 초장과 생체중

은 적색 LED 처리에서 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 엽수와 마디수는 형광등에서 우수하였다. 경직경과 SPAD는 청색광 처리에서 유의적으로 증가하였으며, 녹색광에서는 생육이 억제되어 무처리와 비슷한 결과를 보였다. 초기 발아율의 촉진은 결과적으로 초기 생육을 향상시키는데, 본 연구에서 산꼬리풀 종자에 적색광을 조사한 처리구의 육묘 초장과 생체중이 증가한 결과를 뒷받침해 준다. 또한 청색광을 조사한 *Vigna unguiculate* (L.) Walp 종자에서 무처리보다 약 30%의 발아율이 억제되었고, 이후 자엽의 길이, 생체중 및 건물중 또한 억제되었다(Nand와 Priti, 2017). 이는 산꼬리풀 종자의 청색광 처리 시에도 초장, 근장 및 생체중이 무처리에 비해 억제된 결과와 일치하였다. 녹색광은 단색광원으로 사용할 경우 종자의 발아율과 이후 생육을 모두 크게 억제하나(Nand와 Priti, 2017), 고풍도 단과장의 녹색광을 식물체에 처리할 경우에는 생육증진의 효과가 나타난다고 알려져 있다(Johkan 등, 2012). 본 실험에서 사용된 녹색광의 광량은 67.7μmol·m⁻²·s⁻¹이었으며 이에 따른 생육증진의 효과는 없었으므로, 추후 종자에 조사되는 광원별 광량에 따른 생육 반응의 차이를 확인할 필요가 있다. 따라서 파종 전 종자 광원 처리는 적색광을 24h 처리하는 것이 발아 후 생육을 촉진시킬 수 있었다. 이와 같은 결과를 토대로 종자의 광원 전처리를 통해 식물에 직접 조사하기 위한 시설비나 전기료 절약 등의 경제적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 채종 시기

채종 시기별 생육 차이는 2018년도 채종분에서 우수하였다. 종자의 활력은 채종 후 저장기간에 따라 감소하며, 일정 저장기간까지는 종자활력이 유지가 되는데, 자운영의 경우 개화 25일 후 채종 시 생육이 가장 우수하였고, 채종 기간이 길수록 생체중이 감소하였다(Lee 등, 2008). 채종 시기는 초장, 경직경 및 생체중에서, 수분 침지 처리는 초장에서만 유의성이 확인되었다(Table 5). 초장과 경직경은 2018년에 채종한 종자가 유의적으로 높은 결과가 나타났으며, 엽수와 마디수는 채종 시기에 따른 차이가 없었다. 또한 2017년에 채종한 종자

Table 3. Effect of additional fertilizer on seedling growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz.

Hyponex (mg·L ⁻¹)	Plant length (mm)	Diam. of stem (mm)	No. of leaves (ea)	Root length (mm)	Fresh weight / cell (mg)		SPAD value
					Aerial parts	Underground parts	
0	20.9 ± 0.64 c ²	0.65 ± 0.027 b	4.1 ± 0.07 c	47.0 ± 0.73 b	60.9 ± 2.85 c	26.9 ± 0.77 c	24.3 ± 0.31 b
500	36.6 ± 0.60 b	1.36 ± 0.026 a	4.7 ± 0.06 b	47.9 ± 0.89 ab	167.9 ± 6.00 b	40.1 ± 1.52 b	25.7 ± 0.47 a
1000	62.2 ± 1.53 a	1.32 ± 0.021 a	5.6 ± 0.07 a	50.6 ± 1.03 a	257.2 ± 6.69 a	46.4 ± 1.47 a	22.1 ± 0.39 c

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

Table 4. Difference of seedling growth by pretreatment on *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. seeds using different light source and soaking treatment.

Light source	Soaking at 24h	Irradiation time	Plant length (mm)	Diam. of stem (mm)	No. of leaves (ea)	No. of nodes (ea)	SPAD	Root length (mm)	Fresh weight (mg)	
									Arial part	Underground part
None	None		43.0 ± 2.92 f-h ^z	1.84 ± 0.206 f	6.2 ± 0.61 c	3.1 ± 0.31 c	20.2 ± 1.59 b-e	107.2 ± 8.98 de	410.0 ± 34.18 e-g	307.3 ± 32.47 ef
	Treated		45.5 ± 2.56 ef	2.00 ± 0.241 c-f	6.3 ± 0.76 bc	3.2 ± 0.26 bc	20.6 ± 1.50 bc	116.3 ± 13.54 bc	427.0 ± 64.28 d-f	324.2 ± 80.51 ef
Fluorescent Lamp	None	24h	47.0 ± 4.47 de	1.98 ± 0.216 c-f	6.1 ± 0.51 c	3.1 ± 0.25 c	20.2 ± 1.73 b-e	121.9 ± 11.39 ab	445.8 ± 67.88 c-e	357.7 ± 57.99 c-e
		48h	49.2 ± 2.46 cd	2.14 ± 0.272 a-c	6.4 ± 0.81 bc	3.2 ± 0.41 bc	20.3 ± 2.61b-e	125.0 ± 14.19 a	450.6 ± 60.39 cd	396.2 ± 92.31 bc
	Treated	24h	49.3 ± 4.73 cd	2.03 ± 0.295 b-e	7.3 ± 1.44 a	3.6 ± 0.19 a	21.0 ± 2.58 bc	127.0 ± 17.19 a	475.2 ± 52.51 bc	379.3 ± 60.11 b-d
		48h	51.6 ± 2.50 bc	2.07 ± 0.247 b-d	6.9 ± 1.01 ab	3.4 ± 0.50 ab	21.5 ± 2.36 ab	122.6 ± 10.71 ab	479.3 ± 45.41 bc	386.9 ± 54.06 bc
Red	None	24h	51.3 ± 4.09 bc	1.89 ± 0.137 d-f	6.1 ± 0.51 c	3.1 ± 0.25 c	18.4 ± 1.33 fg	113.6 ± 9.08 cd	506.3 ± 43.91 ab	425.4 ± 82.22 ab
		48h	53.1 ± 4.12 ab	1.97 ± 0.194 ef	6.3 ± 0.76 bc	3.2 ± 0.26 bc	18.8 ± 1.63 e-g	119.2 ± 11.82 a-c	503.7 ± 77.21 ab	418.4 ± 75.96 ab
	Treated	24h	53.3 ± 4.21 ab	1.97 ± 0.201 c-f	6.3 ± 0.76 bc	3.2 ± 0.38 bc	18.9 ± 1.02 d-g	119.6 ± 20.23 a-c	532.2 ± 58.23 a	455.5 ± 107.20 a
		48h	55.7 ± 4.38 a	2.03 ± 0.204 b-e	6.9 ± 1.01 ab	3.4 ± 0.50 ab	20.4 ± 2.16 b-d	122.6 ± 10.71 ab	538.8 ± 65.99 a	450.5 ± 52.79 a
Blue	None	24h	41.7 ± 3.18 hi	2.03 ± 0.169 b-e	6.1 ± 0.51 c	3.1 ± 0.25 c	20.7 ± 1.55 bc	107.9 ± 10.15 de	371.2 ± 25.43 h	312.0 ± 41.42 ef
		48h	43.5 ± 2.40 f-h	2.25 ± 0.372 a	6.6 ± 1.50 bc	3.3 ± 0.75 bc	22.7 ± 2.86 a	104.8 ± 11.88 e	389.1 ± 56.75 gh	328.4 ± 61.36 ef
	Treated	24h	43.5 ± 2.84 f-h	2.18 ± 0.208 ab	6.6 ± 1.07 bc	3.3 ± 0.31 bc	20.3 ± 2.89 b-e	105.8 ± 10.48 de	391.3 ± 42.55 f-h	351.9 ± 51.23 c-e
		48h	45.2 ± 4.52 e-g	2.19 ± 0.257 ab	6.2 ± 0.81 c	3.1 ± 0.40 c	21.6 ± 2.45 ab	104.2 ± 7.33 e	376.7 ± 63.54 gh	352.4 ± 44.23 c-e
Green	None	24h	40.1 ± 3.71 i	1.90 ± 0.255 d-f	6.2 ± 0.81 c	3.1 ± 0.40 c	19.8 ± 3.19 c-f	107.9 ± 8.44 de	329.5 ± 36.52 i	301.3 ± 51.76 f
		48h	42.9 ± 4.21 gh	1.87 ± 0.283 ef	6.3 ± 0.92 bc	3.2 ± 0.46 bc	16.9 ± 1.74 h	96.1 ± 7.01 f	354.1 ± 51.10 hi	309.9 ± 53.66 ef
	Treated	24h	43.7 ± 4.76 f-h	1.96 ± 0.210 d-f	6.2 ± 0.76 bc	3.2 ± 0.44 bc	21.0 ± 1.62 bc	102.4 ± 6.79 ef	363.9 ± 62.93 hi	333.2 ± 78.10 ef
		48h	46.2 ± 2.40 e	1.97 ± 0.294 c-f	6.7 ± 0.96 bc	3.3 ± 0.48 bc	17.6 ± 1.55 gh	105.5 ± 15.31 de	356.4 ± 38.15 hi	325.0 ± 99.65 ef
Significance ^y										
Light source (LS)			***	***	*	*	***	***	***	***
Soaking (S)			***	**	***	***	*	*	***	**
Irradiation time (IT)			***	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LS × S			NS ^x	NS	**	**	*	NS	NS	NS
LS × IT			NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS
S × IT			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LS × S × IT			NS	NS	*	*	NS	*	NS	NS

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

^ySignificance * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$.

^xNot significant.

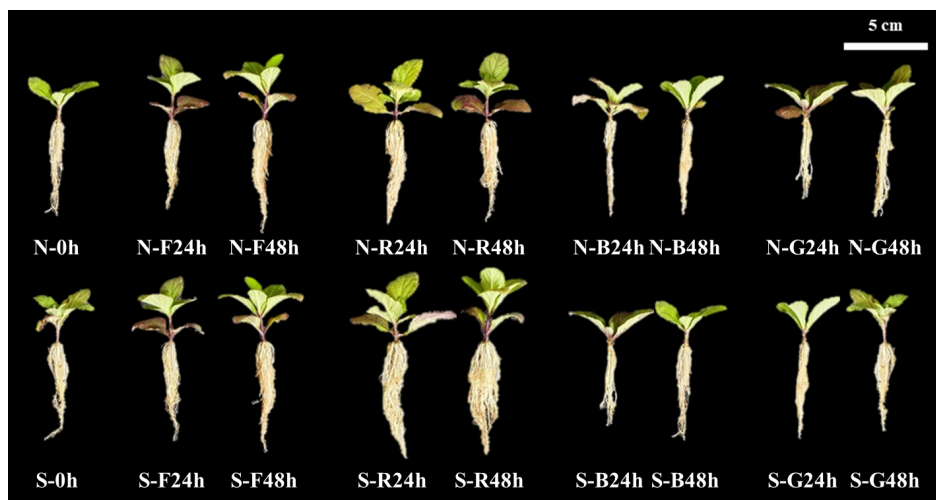


Fig. 3. Growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. seedling after cultivation according to soaking and different light source treated on seeds. White words indicate soaking (S) or non-treated (N) and irradiation time of light source. F, Fluorescent Lamp; R, Red; B, Blue; G, Green LED.

Table 5. Effect of seed collection time and soaking treatment on seedling growth of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz.

Collection time	Soaking at 24h	Plant length (mm)	Diam. of stem (mm)	No. of leaves (ea)	No. of nodes (ea)	SPAD	Root length (mm)	Fresh weight (mg)	
								Arial part	Underground part
Sep. 2017	None	43.0 ± 2.92 c ^z	1.84 ± 0.206 c	6.2 ± 0.61 a	3.1 ± 0.31 a	20.2 ± 1.59 b	107.2 ± 8.98 b	410.0 ± 34.18 b	307.3 ± 32.47 b
	Treated	45.5 ± 2.56 b	2.00 ± 0.241 b	6.3 ± 0.76 a	3.2 ± 0.26 a	20.6 ± 1.50 ab	116.3 ± 13.54 a	427.0 ± 64.28 b	324.2 ± 80.51 b
Nov. 2018	None	51.5 ± 3.79 a	2.25 ± 0.265 a	6.2 ± 0.61 a	3.1 ± 0.31 a	20.7 ± 1.60 ab	116.4 ± 17.67 a	533.4 ± 68.62 a	418.1 ± 68.62 a
	Treated	53.4 ± 4.00 a	2.29 ± 0.342 a	6.3 ± 0.76 a	3.2 ± 0.38 a	21.3 ± 1.39 a	114.2 ± 11.30 ab	531.1 ± 61.53 a	450.3 ± 61.53 a
Significance ^y									
CT ^w		***	***	NS	NS	NS	NS	***	***
S		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CT × S		NS ^x	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

^ySignificance * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$.

^xNot significant.

^wCT, Collection time; S, Soaking treatment.

는 수분침지 시 초장과 근장이 유의적으로 증가하였다. 종자의 수분 흡수는 저장양분을 분해하는 효소를 활성화시키고 (Choi 등, 2007) 결과적으로 발아 전 단계까지의 기간을 단축함으로써 빠른 생육을 유도한다. 지상부 및 지하부의 생체중은 2018년도 채종분에서 유의적으로 우수하였다. 따라서 산꼬리풀은 당해년도 종자를 사용하여 육묘하는 것이 유리하며, 수분 침지처리를 통해 발아 전 단계를 단축시켜 빠른 생육을 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 국내 특산식물이며 관상소재로 개발이 가능한 산꼬리풀의 효과적인 육묘조건을 구명하기 위해 수행되었다. 육묘는 토양 종류와 비료 농도, 차광정도, 추비 농도, 종자의 광원 전처리 및 채종 시기별로 각 요인을 달리하여 수행하였다. 연구 결과, 산꼬리풀은 원예상태에서 생육이 우수하였으며, 혼용토에서는 비료 첨가 시 생육이 억제되었다. 차광은 55% 차광조건에서 무차광에 비해 전체적인 생육이 향상되었다. 고농도(1000mg·L⁻¹)의 Hyponex는 육묘 시 생육을 촉진하였으며, 파종 전 종자에 대한 적색광 조사는 추후 초장과 생체중 향상에 효과적이었다. 채종 시기는 2018년도 종자가 2017년 종자보다 생육이 우수하였다.

추가 주제어: 생육촉진, 육묘조건, 적색광, 채종시기, 특산식물

사 사

본 연구는 국립수목원 유용식물증식센터 “야생화 산업화를 위한 신 관상식물 (new ornamental crops) 고품질 재배기술 개발, KNA 18-C-23”의 사업비 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Argo, W.R. 1998. Root medium physical properties. Hort. Technol. 8:481-485.
- Cho, N.K., C.K. Song, S.W. Song, Y.I. Cho, and Y.K. Oh. 2001. Effects of seeding rate on agronomic characteristics, forage yield, and chemical composition of Oats in Jeju Island. J. Kor. Anim. Sci. Technol. 43:561-568 (in Korea).
- Choi, C.H., K.J. Cho, and W.S. Tak. 2007. Effect of Immersion Temperatures and Times on Moisture Absorption and Germination of *Cryptomeria japonica* Seeds. Korean J. Plant Res. 20:398-403 (in Korea).
- Choi, J.M., S.K. Jeong, K.H. Cha, H.J. Chung, and K.S. Seo. 2000. Deficiency symptom, growth characteristics, and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry as affected by controlled nitrogen concentrations in fertilizer solution. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:339-344 (in Korea).
- Chon, Y.S., S.W. Lee, K.J. Jeong, S.H. Ha, J.H. Bae, and J.G. Yoon. 2011. Growth and quality affect by light intensity, potting media and fertilization level in potted *Orostachys 'Nungyu bawisol'*. J Bio-Environ. Control. 20:357-364 (in Korea).
- Fails, B.S., A.J. Lewis, and J.A. Barden. 1982. Anatomy and morphology of sun and shade grown *Ficus benjamina*. J. Amr. Soc. Hort. Sci. 107:754-757.

- Hwang, Y.H., J.E. Park, Y.H. Chang, J.U. An, H.S. Yoon, and K.P. Hong. 2016. Effect of LED (Light Emitting Diode) photoperiod and light intensity on growth and yield of *Taraxacum coreanum* Nakai in a plant factory. *Protected Hort. Plant Fac.* 24:232-239 (in Korea).
- Hyponex. 2020. Hyponex. Tokyo, Japan. Available via <https://www.hyponex.co.jp/item/63/?tmid=59> (accessed date: 8 Jan. 2020).
- Ito, T. 1992. Present state of transplant production practices in Japanese horticultural industry, p. 65-82. K. Kurata and T. Kozai (eds.). *Transplant production systems*, IN: Kluwer academic publishers, The Netherlands.
- Jeong, K.J., Y.S. Chon, K.O. Choi, S.H. Ha, and J.G. Yun. 2012. Proper light intensity, potting media, and fertilization level for potted *Orostachys iwarenge* for. *magnus*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:357-362 (in Korea).
- Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, and T. Yoshigara. 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environ. Expt. Bot.* 75:128-133.
- Kang, J.H., S.Y. Kang, S.W. Lee, and S.Y. Yoon. 2003. Germination of gourd seed affected by drying and light quality treatments during its period. *Kor. J. Life Sci.* 13:15-20 (in Korea).
- Kil, M.J., M.S. Shim, S.K. Park, H.K. Shin, J.A. Jung, and Y.S. Kwon. 2011. Selection of nutrient solution strength and media in potting without nutrient solution recycling in gerbera 'Sunny lemon'. *Kor. J. Soil. Sci. Fert.* 44:1300-1305 (in Korea).
- Kim, C.K., J.Y. Oh, and S.J. Kang. 2001. Effect of plug cell size and seedling age on growth and yield of Chinese chives (*Alium tuberosum* R.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:167-170 (in Korea).
- Kim G.S. and J.S. Lee. 2009. Growth reaction of some ground cover plant in Korean native greening according to shading levels. *Flower Res. J.* 17:75-80 (in Korea).
- Kim, L.Y., Y.C. Ku, W.H. Yang, and Y. Nam. 2008. Bed soil and raising seeding. Hakyesa. Daejeon, Korea (in Korea).
- Kim, L.Y. 2003. Characteristics of coco-peat and peat-moss. *Kor. J. Soil Sci. Fert. Soil and Fert.* 14-21.
- Korean Plant Names Index (KPNI). 2019. Korea National Arboretum. Pocheon, Korea. Available via <http://nature.go.kr/kpni/stndasrch/dtl/selectNtnStndaPlantDtl2.do?orgId=kpni> (accessed date: 15 Aug. 2019).
- Lee, B.J., Z.R. Choi, S.Y. Kim, S.H. Oh, J.H. Kim, W.H. Hwang, J.W. Ahn, B.G. Oh, and Y.C. Ku. 2008. An optimum harvest time for chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) seed production. *Kor. J. Crop Sci.* 53:70-74 (in Korea).
- Lee, H.H., S.G. Han, B.H. Kim, Y.J. Seol, and K.H. Kim. 2006. Optimum physical condition of peatmoss-based substrate for growth of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 24:322-329 (in Korea).
- Lee, J.J. 2017. Effect of substrates on the growth and flowering of *Freesia hybrid* 'Gold Rich' in nutrient culture. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 35:30-37 (in Korea).
- Lee, J.W., K.Y. Kim. 1999. Tomato seedling quality and yield following raising seedling with different cell size and pretrans-plant nutritional regimes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:407-411 (in Korea).
- Lee, J.W., K.Y. Kim, and Y.M. Yu. 2001. Effect of nutrient solution strength, seedling age, and container size on seedling quality and yield of 'Spirit' colored Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:300-304 (in Korea).
- Lee, S.C, J.S. Lee, and S.J. Jeong. 2005. Germination and seedling growth of *Miscanthus sacchariflorus* as influenced by different plug cells and medium composition. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:315-318 (in Korea).
- Lee, S.I., S.H. Yeon, J.S. Cho, and C.H. Lee. 2020. Growth characteristics of *Veronica rotunda* var. *subintegra* (Nakai) T.Yamaz. according to several cultivation conditions. *Korean J. Plant Res.* 33:24-32 (in Korea).
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Nand, L., S. Priti. 2017. Effect of different visible light wavelengths on seed germination and photosynthetic pigment content in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Indian J. Biol.* 4:132-136.
- Nongsaro. 2019. Rural Development Administration (RDA). Jeonju, Korea. Available via <http://nongsaro.go.kr/portal/ps/psq/psqb/farmTermDicLst.ps?menuId=PS00064&searchWord=%EA%B3%B5%EC%A0%95%EC%9C%A1%EB%AC%98&totalSearchYn=Y> (accessed date: 13 Aug. 2019).
- Oh, T.K. 2015. Korea research institute of bioscience and biotechnology. *BT News* 22. 11-14 (in Korea).
- Park, B.M., C.H. Kim, J.H. Bae, and J.Y. Shin. 2011. Effect of shading levels on the soil properties, growth characteristics, and chlorophyll contents of *Ligularia stenophala*. *J. Bio-Environ. Con.* 20:352-356 (in Korea).
- Shin, Y.A., K.Y. Kim, Y.C. Kim, T.C. Seo, J.H. Chung, and H.Y. Park. 2000. Effect of cell size and seedling age on seedling quality and early growth after transplanting of red pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:49-52 (in Korea).
- Simlat, M., P. 'Slęzak, M. Mo's, M. Warchoł, E. Skrzypek, and A. Ptak. 2016. The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae*. 211:295-304.
- Yoo, Y.G., and Y.S. Roh. 2012. Effect of cutting condition on growth rooted cuttings and cut flower in plug cutting of *Dendranthema grandiflorum* 'Baekma'. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:13-20 (in Korea).