

에케베리아 6품종의 엽삽 시 식물공장시스템 내 LED 파장에 따른 번식 효율

김성민 · 김지선 · 오욱*

영남대학교 생명응용과학대학 원예생명과학과

Propagation Efficiencies at Different LED Light Qualities for Leaf Cutting of Six *Echeveria* Cultivars in a Plant Factory System

Seongmin Kim, Jiseon Kim, and Wook Oh*

Department of Horticulture & Life Science, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

Abstract. The succulent plants of *Echeveria* genus are in increasing demand worldwide, but it is difficult to supply good quality young plants throughout the year because propagation efficiencies are depend on cultivar and environmental factors. This study was carried out to investigate the propagation efficiencies of leaf cutting in *Echeveria* cultivars at different LED light qualities in a closed-type plant factory system. Leaf cuttings cut from stock plants of six difficult-to-propagated cultivars ‘Afterglow (AG)’, ‘Berkeley Light (BL)’, ‘Mason (MS)’, ‘Subsessilis Light (SL)’, ‘Cream Tea (CT)’, and ‘Ben Badis (BB)’ were put into cutting media in the plant factory system maintained at a temperature of 24±2°C and relative humidity of 60±10%, and watered with over-head irrigation twice a week. Cuttings were irradiated with sole or mixed red (R, 660 nm), blue (B, 450 nm), green (G, 530 nm), and far-red (FR, 730 nm) LEDs as follows: R10, R8+B2, R5+B5, R7+B2+FR1, and R7+B2+G1. PPFd just above the cuttings was 200 μmol·m⁻²·s⁻¹ and photoperiod was 16/8 (light/dark) hours. As a result, propagation efficiencies were dependent on cultivar. Rooting and shooting were relatively easy in ‘SL’ but shoot formation in ‘AG’ was very difficult. Light qualities from LEDs also affected plant regeneration. Light conditions with a higher ratio of B, R5+B5, R7+B2+FR1, and R7+B2+G1, promoted shoot formation and growth but inhibited rooting and root growth. R10 and R8+B2 with a higher ratio of R promoted rooting and root growth and inhibited shoot formation and growth of cuttings. In addition, the treatment with FR increased leaf size and biomass of the all plants. Therefore, further studies are needed to investigate the optimum compositions of LED light quality for the improvement of leaf cutting efficiency in difficult-to-propagated *Echeveria* cultivars.

Additional key words : adventitious root formation, rooting rate, shoot induction, shooting rate, succulent plant

서 언

에케베리아(*Echeveria*)는 미국과 중남미 지역이 원산의 다육식물로 잎이 두껍고 육질이 많은 로제트형의 다년생 식물이다(Kapitany와 Schulz, 2004; Schulz와 Kapitany, 2005). 적은 관수 노력으로도 키울 수 있고, 형태도 철화(crest), 기형(monstrose), 금(variegata), 변종(sport)으로 다양하고 관상가치가 높아 국내는 물론 중국 등 전세계적으로 인기가 높다. 에케베리아는 종의 특성과 형태적 변화에 따라 종자번식, 단측지 번식(offset), 측지삽목(lateral branch cutting), 철화번식(cutting from crests),

정단부 삽목(head cutting), 엽삽(leaf cutting), 화경엽삽(leaf cutting from flower stalk), 조직배양 등 다양한 번식 방법이 사용되는데(Schulz와 Kapitany, 2005), 관상가치가 높은 일부 종 또는 품종의 경우 번식효율이 낮고 번식법이 제한되는 단점이 있다.

이중 엽삽(leaf cutting)은 다른 삽목방법보다 더 많은 삽수를 얻을 수 있고 모주를 희생시키지 않으면서 새로운 개체를 만들 수 있다는 장점이 있어서(Schulz와 Kapitany, 2005) 에케베리아 번식에 많이 활용되지만 일부 품종에서 번식효율이 낮은 경향이 있다. 삽수 채취 시 잎 기저부의 성장조직(액아)이 다치지 않도록 조심스럽게 떼어내며, 변색되고 시든 잎은 제거하고 두껍고 건강한 잎을 채취해야 한다. 떼어낸 잎은 수일~수주 간 건조시키는 것이 재생률을 높이는 경우가 많은데, 그 효과

*Corresponding author: wookoh@ynu.ac.kr

Received October 2, 2018; Revised October 15, 2018;

Accepted October 16, 2018

는 품종마다 상이하다. 여름철 습수 건조 시 직사광선을 피하되 밝은 곳에 놓아두어야 한다(Schulz와 Kapitany, 2005).

에케베리아의 엽삽에 관한 연구는 국내에서 일부 이루어져 왔는데, 습수 채취 위치에 따른 신초의 발달 양상(Cabahug 등, 2016b), 식물생장조절제(PGR) 처리에 따른 삼목효율(Cabahug 등, 2016a), 적정 삼목용토(Oh 등, 2015) 등에 대한 보고가 있다.

우리나라의 에케베리아 번식과 재배는 낮은 수준의 환경제어만 가능한 플라스틱하우스에서 이루어지므로 고온 다습한 여름과 한랭건조한 겨울은 에케베리아의 생육과 번식에 부적합하여 연중 균일한 품질의 묘 생산이 어려운 실정이다. 에케베리아는 로제트 타입의 잎 부착 특성에 따른 낮은 초장, 엽삽 등 번식방법의 특이성, 번식이 어려운 품종이 고가에 거래되는 상품 특성 등이 다단식 식물공장에 적용하기에 알맞다. 또한 특이한 엽색 발현이 품질에 큰 영향을 미치는 상품 특성도 LED 및 다른 환경요인들을 색소 발현의 최적 조건을 조성할 수 있는 식물공장 시스템에 적합하다고 볼 수 있다. 즉 에케베리아 엽삽 시 LED 단색광 또는 혼합광을 이용하여 파장별로 처리 효과를 검증할 수 있고 근접조사로 고투광도 조명이 가능하다.

광질은 부정근 형성 등 삼목번식에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데(Hartmann 등, 2011), 번식이 어려운 에케베리아의 엽삽에 LED 파장이 미치는 영향을 구명하는 것은 다육식물의 식물공장 적용 중 가장 먼저 시도할 수 있는 연구이다. 최근 원예작물의 온실 삼목 시 LED 보광 효과에 대한 보고가 있었으며(Currey와 Lopez, 2013; Lopez 등, 2017), 삼목 시 적색광이 청색광이나 녹색광보다 부정근 유도에 효과적이었다(Hartmann 등, 2011). 조직배양 시 적색광이 발근에 효과적이며, 청색광은 신초 형성 및 발달에 효과적이라는 보고들(Dutta Gupta와 Jatothu, 2013)도 있었다.

이 연구는 밀폐형 식물공장 내에서 엽삽 효율이 매우 낮은 에케베리아 6품종('Afterglow', 'Berkeley Light', 'Mason', 'Subsessilis Light', 'Cream Tea', 'Ben Badis')을 대상으로 LED 파장 조성이 엽삽 번식 효율에 미치는 영향을 구명하여 번식효율을 높이고 연중 고품질 묘 생산의 기초자료를 제공하고자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 삼목 방법

본 실험에 사용된 다육식물 에케베리아(*Echeveria*) 6품종은 *Echeveria* 'Afterglow(AG)', 'Berkeley Light(BL)', 'Mason'(MS), 'Subsessilis Light(SL)', 'Cream Tea(CT)',



Fig. 1. Six cultivars of *Echeveria* genus used in this study.

그리고 'Ben Badis(BB)'(Fig. 1)로, 경기도 고양시 다육 식물 전문가(홍해농장, Goyang, Korea)에서 식물체를 분화 또는 적심(deheading)한 상태로 구입하였다. 실험장소는 영남대학교 농장에 위치한 밀폐형 식물공장에서 실시하였는데, 실내의 온도는 $24\pm 3^{\circ}\text{C}$, 상대습도는 $65\pm 5\%$ 였다.

액아를 붙인 상태로 습수를 채취하기 위해 줄기의 일부를 포함한 잎을 의료용 칼(Feather Surgical Blade No.10)에 메스(KASCO, 3-003)를 결합하여 습수를 절단 채취하였다. 채취한 습수는 온실 내 차광망 하에서 신문지 위에 3일간 건조시켰다. 삼목을 위해 뚜껑을 제거한 사각형의 밀폐형 플라스틱 용기(Tark 밀폐식사각, L24.5×W15.5×H5.5cm)에 원예용 상토(Sunshine Mix #4; Sungro Horticulture, MA, USA)를 채웠다. 처리별로 습수 30개씩을 26개의 용기에 삼목하였다. 처리기간 중 주 2회 용기당 500mL씩 두상관수로 수분을 공급하였다.

2. LED 광처리 처리

다양한 파장 조성을 위해 청색(B, 피크 파장 440nm), 녹색(G 530nm), 적색(R, 660nm), 원적색(FR, 730nm) LED를 활용하여 R100%(R10), R:B=80:20(R8+B2), R:B=50:50(R5+B5), R:B:FR=70:20:10(R+B+FR), R:B:G =70:20:10(R+B+G)의 5가지 파장 조합(Fig. 2)의 LED 패널들을 식물생장용 LED 24HR조정기(LED lighting cycle controller; Neosystem Corp., 연우과학, 대한민국)에 연결하여 광환경을 제어하였다. 광도는 습수 바로 위에서 $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPFd로 설정하였고, 명기와 암기의 비율은 24시간 주기로 16:8로 하였다.

에케베리아 6품종의 엽삽 시 식물공장시스템 내 LED 파장에 따른 번식 효율

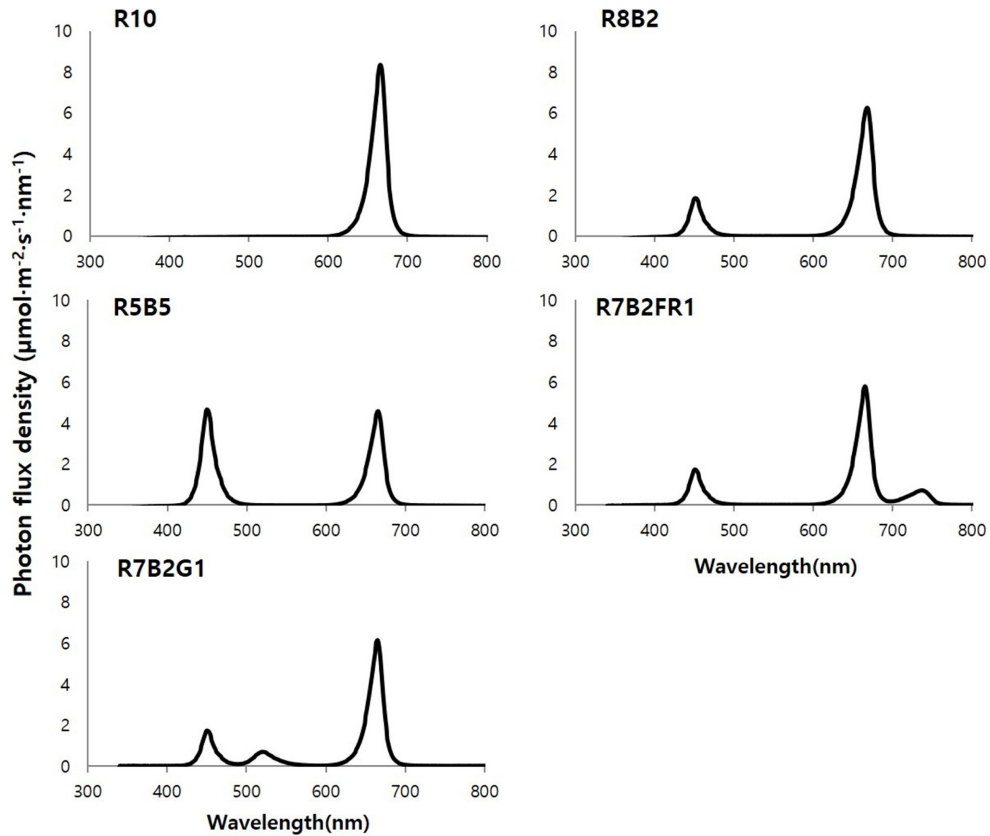


Fig. 2. Light spectra at different combinations of red (R), blue (B), far-red (FR), and green (G) LEDs.



Fig. 3. Cuttings with a shoot (A), adventitious roots (B), and a shoot and adventitious roots (C) at 60 days after cutting.

3. 삽목묘의 생육 특성 조사 및 통계처리

삽목 후 15일 간격으로 각 처리별 삽수의 발근, 신초 발생 여부를 조사하였으며, 60일째에 엽수, 엽장, 엽폭, 부정근 수, 부정근 길이, 생체중, 건물중, 신초 형성률, 발근율을 조사하였다. 60일 후 삽수의 모습은 Fig. 3과

같았다. 실험 자료에 대한 통계분석을 위해 SPSS 프로그램(SPSS Statistics ver. 23, IBM, Amonk, NY, USA)을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, Duncan의 다중범위검정으로 5% 유의수준에서 처리 평균 간 유의차를 검정하였다.

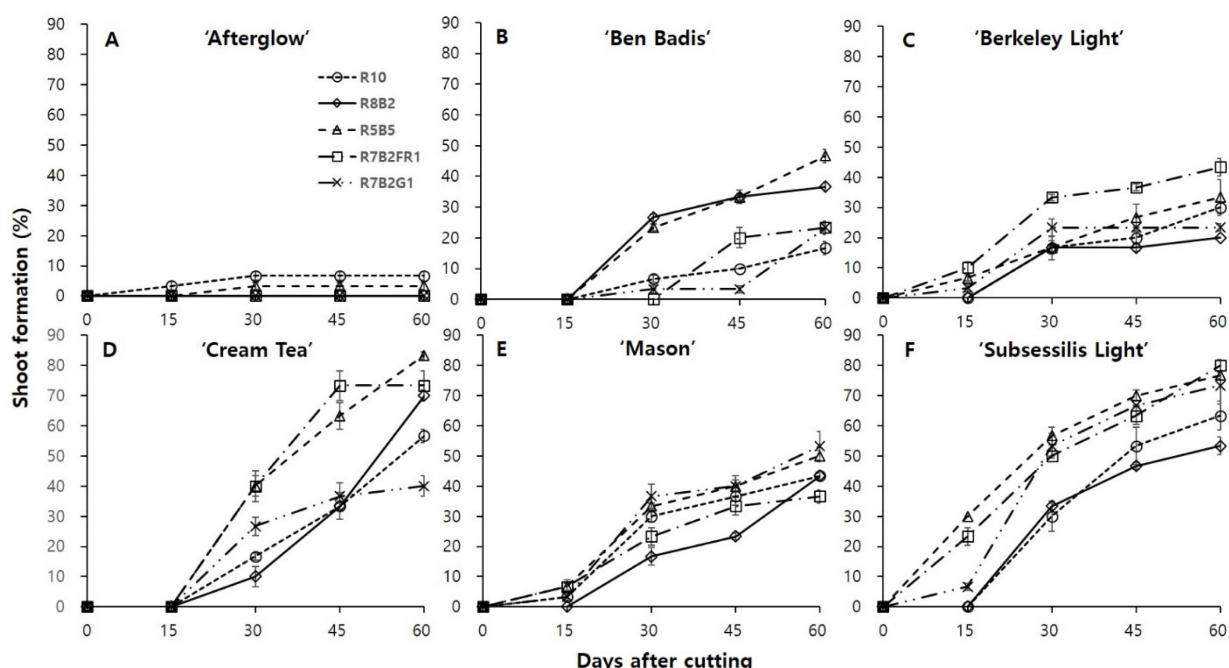


Fig. 4. Shoot formation rates of leaf cuttings at different light treatments in six cultivars, 'Afterglow' (A), Ben Badis (B), 'Berkeley Light' (C), 'Cream Tea' (D), 'Mason' (E), and 'Subsessilis Light' (F), of *Echeveria* at 15, 30, 45, and 60 days after cutting: R, red; B, blue; FR, far-red; and G, green LEDs. Vertical bars represent the standard errors (n=3) of means.

결과 및 고찰

1. LED 광질에 따른 신초 형성률 및 발근율

에케베리아 엽삽 시 신초 형성률은 품종에 따라 차이가 있었으며, LED 광질의 영향을 받았다(Fig. 4). 삽목 15일째에는 'SL' 품종의 R+B+FR, R5+B5에서 신초 형성률이 가장 높았고, 다른 품종과 다른 처리에서는 거의 신초가 관찰되지 않았다(Fig. 4F). 삽목 30일째 'SL' 품종의 R+B+G, R+B+FR, R5+B5 하에서 신초 형성률이 모두 50%를 넘었고(Fig. 4F), 'CT', 'MS', 'BL' 품종에서도 신초 형성이 시작되어 처리에 따라서는 30% 이상의 형성률을 보였다(Fig. 4C, D, E). 삽목 45일째 'SL'과 'CT' 품종의 R+B+FR 및 R5+B5 하에서 신초 형성률이 70%까지 높아졌다(Fig. 4D, F).

품종별로는 'SL', 'CT' 품종의 신초 형성률이 높았던 반면(Fig. 4D, F), 'AG'는 신초가 거의 발달하지 않았다(Fig. 4A). 경기도 고양시 다육식물 전문농가(홍해농장)로부터 번식이 어렵다고 선정된 품종들 간에도 신초 형성률에 차이가 있었다.

광질에 따른 신초 형성률의 차이를 보면, 전반적으로 적색광 비율이 높은 R10이나 R8+B2 처리에서 신초 형성이 상대적으로 저조하였으며, 청색광 비율이 높은 R+B+FR, R5+B5 하에서 신초 형성률이 상대적으로 높

았다(Fig. 4). 조직배양 시 LED 광질이 소식물체 생장이 나 형태형성에 대한 연구 결과를 보면, 청색광이 신초 유도 및 발달에 효과적이며 적색광은 부정적인 효과를 나타낸 경우가 많았다(Dutta Gupta와 Jatothu, 2013). 청색 LED가 적색 LED보다 *Anthurium andreaanum*의 신초 유도를 촉진하였으며(Budiarto, 2010), 청색과 B2+R1 LED가 적색이나 적색 비율이 높은 LED에 비해 *Dendrobium officinale*의 조직배양에서 PLBs(proto-corm-like bodies)의 신초 형성을 촉진하였다(Lin 등, 2010)는 보고가 있었다. 조직배양과 엽삽의 기관형성과정이 동일하다고 볼 수는 없으나 청색 비율이 높을수록 신초 형성 및 생장이 촉진되는 공통점을 발견할 수 있었다.

에케베리아 엽삽 시 발근율 또한 품종에 따라 차이가 있었으며, LED 광질의 영향을 받았다(Fig. 5). 삽목 15일째의 발근율은 15일째 'SL'과 'AG'의 R8+B2에서 각각 20%와 1.5%를 나타내었다(Fig. 5A, F). 삽목 30일째 'MS'의 R8+B2에서 52.5%로 가장 높은 발근율을 나타내었고(Fig. 5E), 'BL'과 'SL' 품종의 R10과 R8+B2에서 각각 50%와 42.5%, 47.5%와 42.5%로 높은 발근율을 보였다(Fig. 5C, F). 삽목 45일째 'SL'의 R5+B5를 제외한 모든 처리에서 발근율이 50% 이상이었으며, R10 하에서 70%를 넘었다(Fig. 5F). 'BL'의 R10, 'MS' 및 'CT'의 R8+B2 하에서도 각각 62.5%, 52.5%, 42.5%로

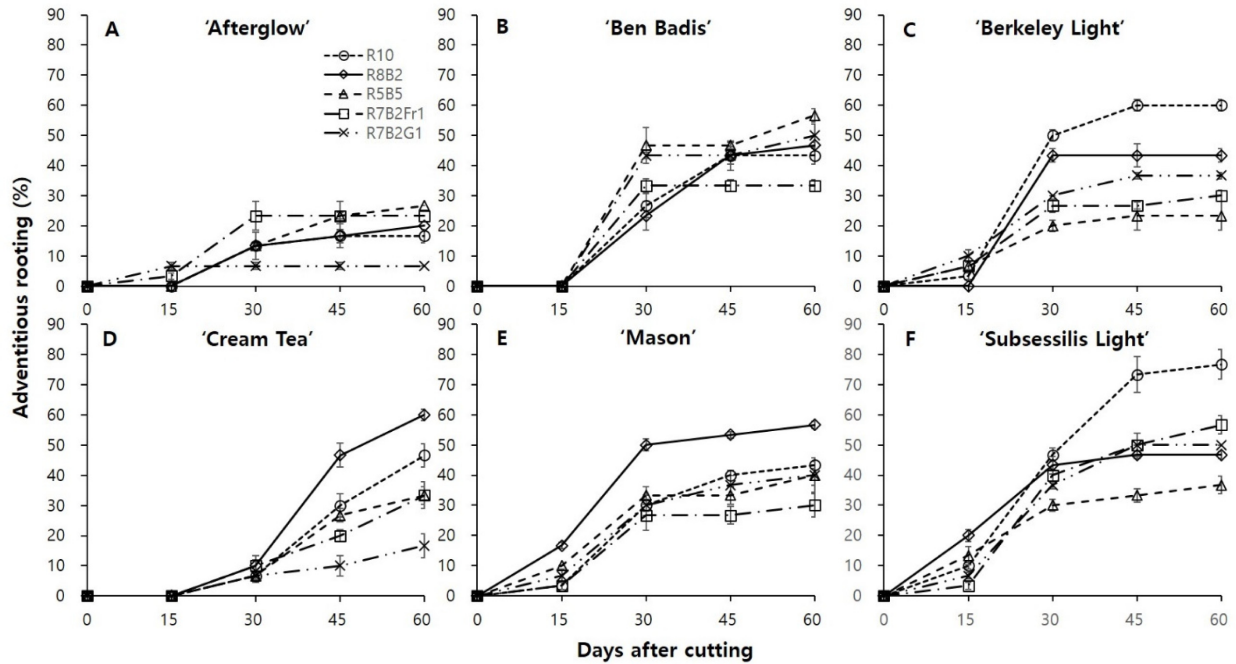


Fig. 5. Adventitious rooting rates of leaf cuttings at different light treatments in six cultivars, ‘Afterglow’ (A), Ben Badis (B), ‘Berkeley Light’ (C), ‘Cream Tea’ (D), ‘Mason’ (E), and ‘Subsessilis Light’ (F), of *Echeveria* at 15, 30, 45, and 60 days after cutting: R, red; B, blue; FR, far-red; and G, green LEDs. Vertical bars represent the standard errors (n =3) of means.

각 품종 내에서 발근율이 가장 높았다(Fig. 5C, D, E). 반면, ‘AG’와 ‘BB’ 품종은 광질의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5A, B).

Hartmann 등(2011)은 광질이 삽수의 발근에 영향을 미치며, 특히 적색광이 부정근 형성 및 성장을 촉진한다고 보고하였다. *Bletilla ochracea* Schltr. 종자의 발아과정에서 오렌지색과 적색 LED가 rhizoid 형성을 유도하였다(Godo 등, 2011). 적색 LED는 cherry 대목의 기내 발근을 촉진하였으며(Iacona와 Muleob, 2010), *Gossypium hirsutum* L. 소식물체의 뿌리 성장에 효과적이었다(Li 등, 2010). *Tripterospermum japonicum*의 기내배양 시 R7+B3를 조사하였을 때 묘의 생육이 가장 좋았고, 적색 LED는 발근 촉진효과가 있는 반면 청색 LED는 발근을 억제하였다(Moon 등, 2006). 본 연구에서도 적색광이 많은 R10 또는 R8+B2 처리가 부정근 형성 및 성장을 촉진하는 결과를 나타내어 위의 보고들과 비슷한 결과를 도출하였다.

이 실험에 사용된 에케베리아 품종들은 다육식물 전문가에서 영양번식이 어렵다고 추천된 것들인데, LED 파장에 따른 식물체 재생 양상이 품종에 따라 차이가 있었다. 즉, ‘SL’은 엽삽이 상대적으로 잘 되었고 ‘AG’는 가장 어려웠다. 실험한 품종 중 ‘Subsessilis Light’는 발근율과 발아율이 모두 높아 엽삽 성공률이 다른 품종

에 비해 높았으며, ‘Afterglow’는 각 처리에서 모두 발근 하였지만 신초 형성률이 낮아 엽삽 번식이 가장 어려운 품종으로 판단된다. 또한 전체적으로 청색광 비율이 높아지면 신초 형성률이 높아지고 발근율은 낮아지는 경향을 보였다. 반대로 적색광 비율이 높아지면 발근율이 높아졌다.

2. 삽목 60일 후 발근 삽수의 성장 특성

삽목 60일 후 신초 및 뿌리의 성장 특성을 비교한 결과, 광질이 삽수의 성장 특성에 영향을 주었으며 그 양상은 품종에 따라 조금 다른 경향을 보여주었다(Table 1). 신초의 엽수는 LED 광질의 영향이 거의 없었던 것으로 나타났다. 반면, 적색광 비율이 높은 R10와 R8+B2, 그리고 FR가 혼합된 R7+B2+FR1 처리에서 엽장과 엽폭의 생육이 가장 좋은 결과를 나타내었다. 따라서 본 실험의 결과는 B광은 신장생장을 억제하고 FR광은 신장생장을 촉진한다는 Hernández and Kubota의 보고와 일치하였으며, 특히 FR광의 혼합이 잎의 성장을 촉진한 것으로 판단된다(Hernández와 Kubota, 2017).

뿌리의 성장 또한 LED 광질의 영향을 받았는데, 적색광 비율이 높을수록 뿌리수가 증가하고 길이도 길어졌다(Table 1). 즉 R10 하에서 뿌리 생장이 가장 촉진되었으며, R8+B2 하에서도 뿌리의 성장 증가가 관찰되었다. 반

Table 1. Growth characteristics of leaf cuttings at different light treatments in six cultivars of *Echeveria* at 60 days after cutting.

| Cultivar | Light treatment ^z | No. of leaves | Leaf length | Leaf width | No. of roots | Root length | Fresh wt. | Dry wt. |
|------------------------|------------------------------|-------------------|-------------|------------|--------------|-------------|-----------|---------|
| | | | (mm) | (mm) | (%) | (mm) | (g) | (mg) |
| Afterglow (AG) | R10 | 8.0a ^y | 43.2a | 19.0a | 7.6a | 75.7a | 1.94a | 121a |
| | R8B2 | - ^x | - | - | 7.7a | 83.0a | 0.57a | 76a |
| | R5B5 | 10.0a | 36.9a | 17.1a | 8.3a | 75.8a | 1.20a | 149a |
| | R7B2FR1 | - | - | - | 5.0a | 81.9a | 0.51a | 96a |
| | R7B2G1 | - | - | - | 7.0a | 67.5a | 0.15a | 43a |
| Ben Badis (BB) | R10 | 9.2a | 7.8bc | 5.9a | 3.8a | 38.4a | 0.12a | 11a |
| | R8B2 | 9.3a | 11.3a | 8.8a | 2.7a | 31.5a | 0.35a | 20a |
| | R5B5 | 7.2a | 8.8abc | 7.4a | 2.3a | 34.8a | 0.31a | 20a |
| | R7B2FR1 | 10.0a | 10.5ab | 8.1a | 1.9a | 31.2a | 0.47a | 22a |
| | R7B2G1 | 8.1a | 6.7c | 6.1a | 2.2a | 26.5a | 0.08a | 9a |
| Berkeley Light (BL) | R10 | 8.3a | 18.2a | 11.7a | 8.3a | 64.9a | 1.43a | 85a |
| | R8B2 | 8.9a | 19.2a | 8.9ab | 6.8ab | 62.7a | 0.93a | 87a |
| | R5B5 | 8.7a | 14.9a | 8.4ab | 4.7b | 57.3a | 0.92a | 70a |
| | R7B2FR1 | 8.9a | 21.1a | 11.6a | 4.5b | 61.4a | 1.42a | 77a |
| | R7B2G1 | 8.8a | 12.6a | 7.5b | 4.8b | 35.5a | 0.45a | 27a |
| Cream Tea (CT) | R10 | 6.7a | 8.9ab | 8.4b | 3.2a | 35.7a | 0.40a | 28a |
| | R8B2 | 7.5a | 8.3b | 8.7b | 2.7a | 32.1ab | 0.54a | 40a |
| | R5B5 | 6.4a | 7.1b | 7.9b | 2.2a | 21.0bc | 0.39a | 31a |
| | R7B2FR1 | 7.2a | 10.9a | 10.9a | 2.3a | 25.6abc | 1.19a | 59a |
| | R7B2G1 | 5.5a | 6.9b | 7.2b | 3.0a | 18.3c | 0.23a | 20a |
| Mason (MS) | R10 | 7.1a | 20.6a | 12.3a | 8.5a | 65.7a | 1.71a | 123a |
| | R8B2 | 7.4a | 13.5bc | 8.9a | 4.9b | 59.8ab | 0.61bc | 54bc |
| | R5B5 | 7.0a | 11.5c | 9.2a | 5.3b | 44.7b | 0.56bc | 49c |
| | R7B2FR1 | 7.9a | 18.0ab | 10.9a | 6.4ab | 52.5ab | 1.42ab | 99ab |
| | R7B2G1 | 4.9a | 9.8c | 9.1a | 4.3b | 21.1c | 0.22c | 23c |
| Subsessilis Light (SL) | R10 | 9.5b | 15.2a | 10.3a | 4.5a | 30.4b | 0.50b | 23b |
| | R8B2 | 10.0a | 14.8b | 10.0b | 3.7b | 44.7a | 1.13a | 50a |
| | R5B5 | 10.0a | 12.1bc | 9.5bc | 2.3b | 32.2b | 0.52b | 23b |
| | R7B2FR1 | 9.9a | 14.4b | 9.6bc | 3.1b | 29.4b | 0.76ab | 31b |
| | R7B2G1 | 9.6ab | 10.4c | 7.5c | 3.0b | 23.4b | 0.42b | 26b |

^zR, red; B, blue; FR, far-red; and G, green LEDs.

^yMeans within columns followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

^xAll the cuttings in the light treatment were dead at 60 days after cutting irrespective of adventitious rooting.

면, 적색광 비율이 가장 적은 R5+B5나 녹색광이 포함된 R7+B2+G1 하에서는 뿌리 생장이 상대적으로 저조하였다. 그리고 FR이 녹색광보다 뿌리 성장을 촉진하였다.

생체중과 건물중은 신초 형성률보다는 발근율이 좋았던 R10나 R5+B5 처리구에서 더 높은 경향을 보여주었는데, 이는 뿌리 기능의 재생이 발근 이후 신초의 성장

에 좋은 효과를 준 것으로 보인다. 즉 형성된 신초가 정상적으로 성장하려면 물과 무기양분을 흡수하는 뿌리의 기능이 중요하다는 것을 알 수 있다. Moon 등(2006)은 *Tripterospermum japonicum*의 기내배양 시 적색 LED는 발근을 촉진하고 청색 LED가 발근을 억제하였으며, 전체적인 식물 생육은 적색과 청색을 혼합한 처리구인

R7+B3에서 가장 좋았다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와도 일치하였다. 또한 FR가 혼합된 R7+B2+FR1 하에서도 식물체 무게가 증가하였는데 이는 잎의 크기가 커진 데에 기인한 것으로 보며, FR광에 의한 잎 성장 촉진은 Hernández와 Kubota(2017) 등의 보고에서 증명된 바 있다.

한편 가장 식물체 재생이 어려웠던 ‘AG’ 품종에서는 모든 광처리구에서 발근한 삽수들이 있었으나(Fig. 4), 신초가 형성되지 않은 개체들은 고사하여 성장 특성을 조사할 수 없었다(Fig. 3, Table 1). 즉 부정근이 형성되더라도 신초가 발달되지 않을 경우 수분 균형에 문제가 생겨 결국 생존하지 못하므로, 이 품종의 경우 신초를 발생시키는 것이 번식 효율을 높일 수 있을 것으로 보인다. 또한 신초 발생이 어려운 원인이 액아의 부재 및 부정아 미발달인지, 액아의 성장 정지에 대해 확인할 필요가 있다.

본 실험의 결과, 에케베리아 엽삽 시 청색광은 신초형성에, 적색광은 발근에 좋은 효과를 주었으며, 원적색광은 지상부 성장을 촉진하는 것으로 나타났다. 따라서 각 파장별 효과를 활용한 적정 파장 조성에 대한 연구가 필요하다. 즉, 에케베리아 엽삽 효율 향상을 위해 적색광과 청색광의 적정 비율, 그리고 원적색광의 활용 방법 등을 찾는 정밀한 실험이 필요하며, 신초 형성과 발근이 이루어지기 전과 후 다른 파장을 조사하는 연구도 의미가 있을 것으로 보인다.

적 요

다육식물인 에케베리아(*Echeveria*)는 최근 전세계적으로 수요가 증가하고 있지만, 번식효율이 품종이나 환경요인의 영향을 크게 받으므로 연중 고품질 묘를 공급하는 것이 어렵다. 이 연구는 밀폐형 식물공장 내에서 LED 파장 조합이 에케베리아 엽삽번식 효율에 미치는 영향을 구명하여 주년 생산의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 번식이 어려운 ‘Afterglow(AG)’, ‘Berkeley Light(BL)’, ‘Mason(MS)’, ‘Subsessilis Light(SL)’, ‘Cream Tea(CT)’, ‘Ben Badis(BB)’ 등 6품종의 모주로부터 균일한 잎을 채취하여 실내온도 24±2°C, 상대습도 60±10%의 식물공장 내에서 혼합상태에 삼목하였다. 청색(B, 450nm), 녹색(G, 530nm), 적색(R, 660nm), 원적색(FR, 730nm) LED를 이용하여 R10, R8+B2, R5+B5, R7+B2+FR1, R7+B2+G1의 비율로 광질을 달리하여 처리하였고, PPFd는 200µmol·m⁻²·s⁻¹, 광주기는 16/8(명암) 시간이었다. 그 결과, 번식 효율은 품종에 따라 차이가 있었는데, ‘SL’은 상대적으로 발근과 신초 형성이 쉽게 되었으나, ‘AG’는 발근과 뿌리 생장이 잘 되지 않았다.

LED 파장 또한 번식효율에 영향을 주었는데, B 비율이 높은 R5+B5, R7+B2+FR1, R7+B2+G1 하에서 신초 형성과 생장이 촉진된 반면, 발근과 뿌리 생장은 억제되었다. 반대로, R 비율이 높은 R10나 R8+B2 하에서는 부정근 형성 및 생장이 촉진된 반면, 신초 형성 및 생장이 억제되었다. 한편, FR은 잎의 크기와 무게를 증가시켰다. 따라서, 번식이 어려운 에케베리아 품종의 엽삽 시 번식 효율을 높이기 위해서는 각 파장별 효과를 활용한 적정 파장 조성에 대한 연구가 필요하다.

추가주요어 : 부정근 형성, 발근율, 신초 발생, 신초 형성률, 다육식물

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ012591)의 지원에 의해 수행되었음.

Literature cited

- Budiarto, K. 2010. Spectral quality affects morphogenesis on *Anthurium* plantlet during in vitro culture. *Agrivita* 32:234-240.
- Cabahug, R.A., S.Y. Soh, and S.Y. Nam. 2016a. Effects of auxin and cytokinin application on leaf cutting propagation in *Echeveria* species. *Flower Res. J.* 24:264-273.
- Cabahug, R.A., S.Y. Soh, and S.Y. Nam. 2016b. Growth of Crassulaceae succulents as influenced by leaf cutting type and planting position. *Flower Res. J.* 24:255-263.
- Currey, C.J. and R.G. Lopez. 2013. Cuttings of *Impatiens*, *Pelargonium*, and *Petunia* propagated under light-emitting diodes and high-pressure sodium lamps have comparable growth, morphology, gas exchange, and post-transplant performance. *HortScience* 48:428-434.
- Dutta Gupta, S. and B. Jatothu. 2013. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnol. Rep.* 7:211-220.
- Godo, T., K. Fujiwara, K. Guan, and K. Miyoshi. 2011. Effect of wavelength of LED-light on in vitro aymbiotic germination and seedling growth of *Bletilla ochracea* Schltr. (Orchidaceae). *Plant Biotechnol.* 28:397-400.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davis, Jr., and R.L. Geneve. 2011. *Plant propagation: Principles and practices*, 8th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. p. 280-331.
- Hernández, R. and C. Kubota. 2017. Light quality and photomorphogenesis, p. 29-37. In: R. Lopez and E. Runkle (eds.). *Light management in controlled environments*. Meister Media Worldwide, Willoughby, OH, USA.
- Iacona, C. and R. Muleob. 2010. Light quality affects in vitro

- adventitious rooting and ex vitro performance of cherry rootstock Colt. *Sci. Hort.* 125:630–636.
- Kapitany, A. and L. Schulz. 2004. *Succulents: propagation*. Schulz Publishing, Australia.
- Li, H., Z. Xu, and C. Tang. 2010. Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets in vitro. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 103:155–163.
- Lin, Y, J. Li, B. Li, T. He, and Z. Chun. 2010. Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* in vitro. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 105:329–335.
- Lopez, R., C. Currey, and E. Runkle. 2017. Light and young plants, p. 109–118. In: R. Lopez and E. Runkle (eds.). *Light management in controlled environments*. Meister Media Worldwide, Willoughby, OH, USA.
- Moon, H.K., S.-Y. Park, Y.W. Kim, and C.S. Kim. 2006. Growth of Tsuru-rindo (*Tripterospermum japonicum*) cultured in vitro under various sources of light-emitting diode (LED) irradiation. *J. Plant Biol.* 49:174-179.
- Oh, H.G., G.J. Lee, and S.Y. Nam. 2015. Comparison of rooting rate according to different cutting media on *Echeveria*. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(Suppl. II):202-203. (Abstr.).
- Schulz, L. and A. Kapitany. 2005. *Echeveria cultivars*. Schulz Publishing, Australia. p. 36.