과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행 기간	연구실	책임자
다육식물 자원보존 및 대량생산을 위한 조직배양 체계 확립		화훼	'16～'18	농업기술원 선인장다육식물연구소	김윤희
에케베리아 재분화체 대량생산 기술 개발		화훼	'16～'18	농업기술원 선인장다육식물연구소	김윤희
색인용어	에케베리아, 생장조정제, 대량생산, 재분화, 순화				

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the suitable parts for callus induction and optimal concentrations of growth regulators contained in the medium affecting shooting and rooting *Echeveria laui and Echeveria elegans* for *in vitro* mass production. In order to determine the suitable plant parts for callus induction, the leaves devided into upper, medium and bottom parts were cultured on MS medium at different concentrations with 0～2mgL^{-1} NAA and 0～4mgL^{-1} BA, respectively. The upper and middle parts of leaves showed 100% callus formation rate at NAA 1mgL^{-1} and BA 1mgL^{-1} treatment in *E. laui* and the middle parts of leaves showed 83.3% callus formation rate at NAA 2mgL^{-1} and BA 4mgL^{-1} treatment in *E. elegans*. The shoot induction rate from callus was highest at NAA 0.1mgL^{-1} and BA 3mgL^{-1} treatment in *E. laui* and NAA 0.3 mgL^{-1} in *E. elegans*. In addition, the number of shoots formation were 10.4 shoots high in NAA 1mg L^{-1} and BA 1 mgL^{-1} treatment in *E. laui* and 12.0 shoots in most effective NAA 1mgL^{-1} and BA 0.1 mgL^{-1} treatment in *E. elegans*. In the case of acclimatization of regenerated plant, growth characteristics did not show significantly difference 35 ~ 55% shading according to the different ratio of substrate mixture, and it was determined that would be appropriate considered plant height and appearance preference of *E. laui* and *E. elegans*. The results led us to speculate that the optimization of culture condition was responsible for the mass propagation *in vitro* cultures of *E. laui* and *E. elegans.*

Key words : *Echeveria*, Growth regulators, Mass propagation, Regenerated shoot, Acclimatization

1. 연구목표

에케베리아(*Echeveria*)속 식물은 멕시코를 중심으로 한 남아메리카가 원산지이며(Jorge *et al.,* 2003) 140여종으로 매우 다양하다(Eric, 1972). 전 세계적으로 600여종의 품종이 생산·판매되고 있으며(Lorraine *et al.*, 2005), 최근 국내외에서 가장 많이 유통되고 있는 다육식물 중 하나이다. 대부분의 에케베리아는 잎이 밀생하여 로제트를 형성하는 식물로 잎이 다양한 색상을 가지고 있으며 잎에 무늬가 있거나 백분이 있는 종, 광택이 있는 종, 솜털이 있는 종 등 다양하고, 삽목 번식과 재배관리가 용이한 장점이 있다(Attila *et al.*, 2004). 그러나 에케베리아 중 증식율이 낮은 라우이(*E. laui*)는 백분 발생이 많은 로제트형 식물로 관상가치가 높으나, 엽삽으로 번식 할 경우 재배기간 중 고사율이 높고, 엘레강스(*E. elegans*)는 원산지인 멕시코 멸종 위기종으로 지정되어 있다(Arias *et al.*, 2005). 대량증식이 가능한 종묘생산기술(Guadalupe *et al.*, 1999)로서 조직배양이 하나의 대안으로 주목 받고 있으나 고부가 다육식물인 에케베리아에 관한 조직배양 연구는 미미한 실정이다. 따라서 라우이(*E. laui*)와 엘레강스(*E. elegans*)의 균일묘 대량생산을 위해 기내 대량증식 조건을 확립하고 재분화체의 순화조건을 구명하고자 본 연구를 수행한 결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 시험 재료 및 배양조건

시험에 사용한 에케베리아 '라우이'와 '엘레강스'는 경기도 고양시 지역의 농가 수집종으로 경기도 농업기술원 선인장다육식물연구소에서 재배 관리하면서 식물재료로 사용하였다. 식물재료인 잎을 흐르는 수돗물에 2~3회 수세한 후 70% EtOH에 30초간 소독과 증류수 수세를 3회 반복한 후 Tween-20을 첨가한 0.3% NaOCl 용액에 침지하여 15분간 교반하였다. 전처리가 완료된 시료는 클린벤치 내에서 멸균된 증류수로 3회 세척하고 물기를 제거한 후 생장조정제가 처리된 배양배지에 치상하였고 광주기 16/8시간(광/암), 광도 60±0.2μmol/m^2/s, 온도 25±2℃로 유지되는 조건에서 배양하였다.

나. 배지

MS(Murashige & Skoog, 1962) 기본 배지에 3% sucrose와 0.7% agar를 첨가한 후 옥신류인 NAA(Naphthaleneacetic acid), 사이토키닌류인 BA(6-Benzylaminopurine)를 단용 또는 혼용 첨가하여 시험배지를 조제하였고, pH는 5.7±0.1로 조정하였다. 시험에 사용한 모든 배지는 121℃, 1.5 기압으로 15분간 멸균하였고 배양용기(100×40mm)에 분주하여 사용하였다.

다. 캘러스 유도

캘러스 유도에 적합한 잎의 부위를 선발하고자 엽 기부로부터 상부(upper), 중부(middle), 하부(bottom)로 3등분 한 후 0.5~1cm 길이로 절단하여 NAA 0, 1, 2mgL^{-1}와 BA 0, 1, 2, 3, 4mgL^{-1}를 각각 농도별로 조합 처리하였다. 잎 절편은 각 처리별 15개씩 4반복으로 배양하였고 배양 16주 후 캘러스 형성율을 조사하였다.

라. 신초유도

식물체 재분화에 미치는 생장조정제의 농도를 구명하기 위해 잎에서 형성된 캘러스를 0.5×0.5cm 크기로 절단하여 0, 0.1, 1mgL^{-1}의 NAA와 0, 0.1, 1, 2, 4mgL^{-1}의 BA를 각각의 농도별로 조합처리한 배지에서 신초분화를 유도하였다. 각 처리별 15개씩 4반복으로 치상하였으며 배양 16주 후 신초 발생율을 조사하였다.

마. 신초증식 및 발근유도

신초의 증식 및 발근을 유도하기에 적합한 생장조정제의 종류와 적정 농도를 구명하기 위해 약 2cm의 길이로 자른 신초를 NAA 0, 0.1, 1mgL^{-1}와 BA 0, 0.1, 1, 2, 4mgL^{-1}를 각각의 농도별로 치상하여 신초증식과 발근을 유도하였다. 각각 배양용기(100×40mm)에 15주씩 4반복하여 신초의 증식 개체수와 발근율을 각각 배양 12주(라우이), 16주 후(엘레강스) 조사하였다.

바. 식물체 순화

기내 식물체의 순화에 적합한 방법을 구명하기 위하여 혼합용토와 흑색 차광막 처리를 하였다. 식물체를 정식하기 전에 차광막 55%에서 1일간 기외순화를 거친 후 배지를 흐르는 물에 깨끗이 씻은 뒤 혼합용토에 정식하였다.

혼합용토는 질석:펄라이트=1:1(v:v), 질석:펄라이트=1:2(v:v),질석:펄라이트:피트모스=1:1:1(v:v:v), 질석:펄라이트:피트모스=1:1:2(v:v:v)에 처리하였으며, 차광정도는 흑색 차광막 35, 55, 75%를 3수준으로 처리하였다. 순화된 5cm 정도의 식물체는 7cm 사각포트에 20주씩 5반복으로 습도 70±2%, 온도 23±2℃ 환경조건에서 재배하였으며 정식 3주 후에 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험 1> 캘러스 유도를 위한 배지 농도 선발

캘러스 유도에 적합한 배지 농도 선발을 위해 잎 절편으로부터 캘러스 형성율을 조사한 결과 표 1과 같다. 라우이와 엘레강스 모두 MS배지의 농도 간 큰 차이가 없었으나, MS배지에서 1/2MS배지보다 녹색 캘러스 형성정도가 우수하여 적합한 배지로 선발하였다.

표 1. 배지농도 및 치상부위에 따른 캘러스 형성정도

품 종	MS 배지농도	캘러스 형성정도♩		
		엽상부	엽중부	엽하부
라우이	MS	4.0	3.9	3.0
	1/2MS	3.5	1.8	0
엘레강스	MS	4.0	4.0	4.0
	1/2MS	3.5	2.3	2.5

※ 치상 60일 후 조사, ♩1(clear), 2(Yellow), 3(Yellowish Green), 4(Green)

1(clear)

2(yellow)

3(yellowish green)

4(green)

<시험 2> 캘러스 유도를 위한 잎 부위별 생장조정제 농도 구명

‘라우이’와 ‘엘레강스’의 캘러스 유도에 적합한 생장조정제의 적정 농도 및 배양부위를 선발하고자 잎 부위 및 NAA와 BA의 농도별로 배양한 결과는 표 2와 같다. ‘라우이’의 캘러스는 엽상부에서는 NAA 1~2mgL^{-1} + BA 1~2mgL^{-1} 혼용배지에서 86.7~100%, 엽중부에서는 NAA 1mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용배지에서 100%, 엽하부에서는 NAA 2mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용배지에서 86.7%로 높은 캘러스 형성을 나타났다. 따라서 ‘라우이’의 캘러스 유도에는 엽상중부의 캘러스 형성율이 높았던 NAA 1mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용배지를 이용하는 것이 효율적으로 판단되었다.

‘엘레강스’는 ‘라우이’보다는 전반적으로 캘러스 형성율이 낮은 편이었으며, 캘러스 형성율은 엽상부와 엽중부에서는 NAA 2mgL^{-1} + BA 4mgL^{-1} 혼용배지에서 각각 66.7%, 83.3%, 엽하부에서는 NAA 2mgL^{-1}+ BA 2mgL^{-1} 혼용배지에서 53.3%로 높았다. 따라서 ‘엘레강스’는 엽중부를 이용한 NAA 2mgL^{-1} + BA 4mgL^{-1} 혼용배지가 캘러스 형성에 적합할 것으로 판단되었다.

표 2. 생장조정제 처리에 따른 치상 부위별 캘러스 형성율 비교

품 종	생장조정제(mgL^{-1})		캘러스 형성율(%)		
	NAA	BA	엽상부	엽중부	엽하부
라우이	0	0	0i	0k	0i
		1	46.7g	33.3i	0i
		2	40.0h	46.7h	0i
		3	46.7g	20.0j	0i
		4	73.3d	43.3i	6.7h
	1	0	6.7i	46.7h	13.3g
		1	100a	100a	60.0b
		2	86.7c	83.3de	46.7c
		3	66.7e	66.7f	33.3e
		4	66.7e	86.7d	33.3e
	2	0	53.3f	43.3i	33.3e
		1	100a	96.7b	86.7a
		2	100a	86.7d	40.0d
		3	93.3b	90.0c	40.0d
		4	53.3f	63.3g	13.3g
엘레강스	0	0	0g	0h	0g
		1	0g	0h	0g
		2	0g	0h	0g
		3	6.7d	0h	0g
		4	20.0d	0h	0g
	1	0	0g	43.3e	13.3e
		1	0g	56.7cd	6.7f
		2	13.3e	33.3f	0g
		3	6.7d	20.0g	0g
		4	13.3e	40.0e	20.0d
	2	0	20.0d	56.7cd	33.3c
		1	20.0d	60.0c	20.0d
		2	40.0b	73.3b	53.3a
		3	33.3c	33.3f	20.0d
		4	66.7a	83.3a	40.0b

※치상 30일 후 조사, [z]Mean seperation within columns by DMRT at 5% level

<시험 3> 재분화 유도를 위한 적정 생장조정제 농도 선발

캘러스로부터 신초 유도에 적합한 NAA와 BA를 단용 및 혼용 처리한 결과 표 3과 같다. '라우이'는 배양 4주부터 캘러스에서 신초가 발생하였으며, 캘러스로부터 신초가 형성된 처리는 무처리와 NAA 0.1~0.3mgL^{-1} + BA 1.5~4.5mgL^{-1} 혼용배지에서 신초가 발생하였으며 단용배지에서는 신초가 발생하지 않았다. 특히 '라우이'의 신초 유도를 위해서는 신초 형성율이 0.98%로 가장 높았던 NAA 0.1mgL^{-1} + BA 3.0mgL^{-1} 혼용배지가 적합할 것으로 판단되었다.

'엘레강스'는 배양 8주 후 캘러스로부터 신초가 형성되었으며, NAA 0.1mgL^{-1}, 0.2mgL^{-1}, 0.3mgL^{-1} 단용배지에서는 신초 발생율이 각각 5.8%, 6.0%, 7.3%로 NAA 농도가 높을수록 신초 발생이 높아지는 경향이었다.

<시험 4> 신초증식 및 발근유도 배지 선발

캘러스로부터 발생한 신초를 이용하여 신초의 증식과 발근 유도를 위해 NAA와 BA를 단용 및 혼용 처리하여 배양한 결과는 표 4와 같다. '라우이'는 배양 4주 후부터, 일부 혼용 처리에서 신초가 형성되기 시작하였고, '엘레강스'는 배양 10주 후부터 신초 형성이 관찰되었다. '라우이'는 NAA 1mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용처리에서 73.6개의 엽수와 10.4개의 신초가 발생하여 신초증식에 적합한 배지로 판단되었다. 또한 발근의 경우는 무처리와 NAA 0.1mgL^{-1}, BA 0.1mgL^{-1} 단용배지에서만 25~83% 발근 되었다.

'엘레강스'는 NAA 1mgL^{-1} + BA 0.1mgL^{-1} 혼용 처리에서 가장 많은 엽수(93.6개)와 신초(12개)가 발생하였다. 반면, BA 1mgL^{-1} 이상의 단용 및 혼용 처리구에서는 신초가 황화 되면서 탈리되는 현상을 보이며, 생장이 저조하고 정상적인 개체로 증식되지 못하였다. 따라서 '엘레강스'는 NAA 1mgL^{-1} + BA 0.1mgL^{-1} 혼용 처리에서 가장 많은 신초 발생과 100% 발근을 보여 적합한 배지로 판단되었다.

그림 1. 신초 재분화 유도 (좌 : 라우이, 우: 엘레강스)

표 3. 생장조정제 농도에 따른 신초 발생율 비교

품 종	생장조정제(mgL^{-1})		신초 발생율(%)	발근율(%)
	NAA	BA		
라우이	0	0	0.38e	11.7a
		1.5	0g	0f
		3.0	0g	0f
		4.5	0g	0f
	0.1	0	0g	0f
		1.5	0.65b	6.7c
		3.0	0.98a	1.7e
		4.5	0.63b	0f
	0.2	0	0g	0f
		1.5	0.58bc	3.3d
		3.0	0.6bc	1.7e
		4.5	0.5cd	1.7e
	0.3	0	0g	0f
		1.5	0.47de	8.3b
		3.0	0.6bc	3.3d
		4.5	0.27f	1.7e
엘레강스	0	0	0.7e	100a
		1.5	3.3cd	88.3a
		3.0	0.8e	100a
		4.5	2.0cde	74.7ab
	0.1	0	5.8ab	100a
		1.5	1.5e	100a
		3.0	0e	100a
		4.5	0e	52.2b
	0.2	0	6.0ab	100a
		1.5	2.3cde	100a
		3.0	0.2e	0c
		4.5	0.8e	93.3a
	0.3	0	7.3a	100a
		1.5	4.2bc	100a
		3.0	0e	100a
		4.5	0.2e	46.7b

※ 치상 12주 후(라우이), 16주 후(엘레강스) 조사 ,[z]Mean seperation within columns by DMRT at 5% level

그림 2. 신초 재분화 유도 (좌 : 라우이, 우: 엘레강스)

표 4. 생장조정제 농도에 따른 신초 증식 비교

품 종	생장조정제(mgL^{-1})		엽수(개/신초)	신초발생수 (개/신초)	발근율 %)
	NAA	BA			
라우이	0	0	26.9fe	1.8ed	44b
		0.1	23.1fge	1.5ed	83a
		1	17.4fg	1.3ed	0d
		2	9.7g	1.7ed	0d
		4	9.6g	0e	0d
	0.1	0	28.0fde	2.1ed	25c
		0.1	49.1bc	3.2cd	0d
		1	58.7b	6.5b	0d
		2	36.2cde	5.2bc	0d
		4	29.4fde	1.6ed	0d
	1	0	24.1fe	1.4ed	0d
		0.1	49.7bc	2.8d	0d
		1	73.6a	10.4a	0d
		2	41.8cd	3.1cd	0d
		4	31.8fde	2.2de	0d
엘레강스	0	0	31.8cd	2.3b	100a
		0.1	17.4de	2.4b	100a
		1	13.6e	2.0bc	100a
		2	12.8e	0c	0e
		4	12.3e	0c	0e
	0.1	0	61.4b	3.8b	100a
		0.1	45.6c	2.7b	100a
		1	31.7cd	1.7bc	40bc
		2	12.8e	0c	15d
		4	13.5e	0c	0e
	1	0	35.8c	1.7bc	50b
		0.1	93.6a	12.0a	100a
		1	13.0e	1.8bc	0e
		2	12.1e	0c	0e
		4	10.8e	0 c	0e

※ 치상 12주 후 조사(라우이), 16주(엘레강스), [z]Mean seperation within columns by DMRT at 5% level

<시험 5> 재분화 식물체 기외 순화조건 구명

재분화 식물체의 기외 순화조건을 구명하기 위해 피트모스 등의 혼합용토와 흑색 차광막 35, 55, 75%의 3수준으로 정식 3주 후 조사한 결과는 표 5와 같다. ‘라우이’와 ‘엘레강스’의 순화시 용토간에는 생육에 큰 차이를 보이지 않았으나, 초장은 차광정도에 따른 유의한 차이를 보였다. 한편 차광막 35~55%에서는 생존율이 90~100%였고 ‘라우이’의 초장은

1.3~1.5cm, '엘레강스'는 1~1.3cm로 차광막 75%에 비하여 식물체가 도장되지 않고 관상가치가 유지되어 재분화 식물체의 정상적인 생육을 위해서는 차광막 35~55%에서 순화하는 것이 적합하였다.

표 5. 에케베리아 '라우이'와 '엘레강스'의 차광정도 및 용토에 따른 생육비교

품 종	차광막 (%)	용토(v:v:v)	초장 (cm)	초폭 (cm)	엽장 (cm)	엽수 (개/주)	생존율 (%)	관상 가치♪
라우이	35	질석:펄라이트=1:1	1.3	2.3	1.2	14.0	100	5
		질석:펄라이트=1:2	1.3	2.3	1.0	15.5	100	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.4	2.2	1.1	14.6	100	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.4	2.7	1.0	14.7	100	5
	55	질석:펄라이트=1:1	1.4	2.3	1.4	14.4	100	5
		질석:펄라이트=1:2	1.4	2.3	1.2	14.2	100	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.5	2.1	1.0	15.1	93.3	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.5	2.2	1.1	14.9	100	5
	75	질석:펄라이트=1:1	1.6	2.2	1.1	14.1	90	3
		질석:펄라이트=1:2	1.7	2.3	1.1	14.2	100	3
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.5	2.2	1.1	15.1	96.7	3
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.6	2.1	1.1	13.8	100	3
	차광정도		*	ns	ns	ns	ns	-
	용토		ns	ns	ns	ns	ns	-
	차광정도×용토		ns	ns	ns	ns	ns	-
엘레강스	35	질석:펄라이트=1:1	1.0	1.6	0.6	23.7	100	5
		질석:펄라이트=1:2	1.0	1.3	0.5	21.3	100	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.1	1.4	0.5	22.5	96.7	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.0	1.2	0.5	19.7	90.0	5
	55	질석:펄라이트=1:1	1.2	1.6	0.6	24.3	96.7	5
		질석:펄라이트=1:2	1.2	1.4	0.5	23.1	96.7	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.3	1.4	0.6	21.2	93.3	5
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.2	1.3	0.5	21.6	100	5
	75	질석:펄라이트=1:1	1.3	1.6	0.6	22.8	86.7	3
		질석:펄라이트=1:2	1.4	1.4	0.5	22.9	93.3	3
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:1	1.4	1.6	0.7	23.4	93.3	3
		질석:펄라이트:피트모스=1:1:2	1.4	1.6	0.6	24.1	93.3	3
	차광정도		**	ns	ns	ns	ns	-
	용토		ns	ns	ns	ns	ns	-
	차광정도×용토		ns	ns	ns	ns	ns	

※ 정식 3주 후 조사, DMRT at 5% level, ♪관상가치 : 1 매우 나쁨, 2 나쁨, 3 보통, 4 좋음, 5 매우 좋음

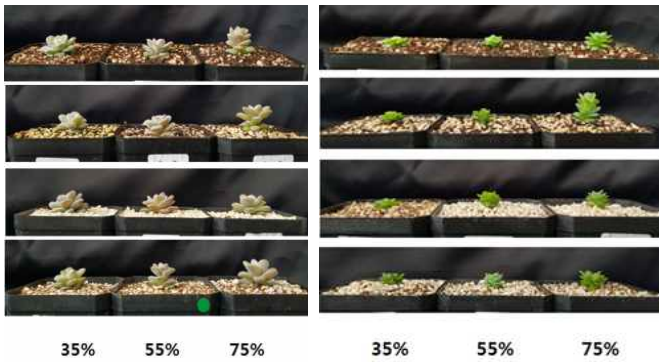

그림 3. 재분화체 순화 (좌 : 라우이, 우: 엘레강스)

4. 적 요

2016년에서 2018년까지 고부가 다육식물의 대량생산을 위하여 에케베리아 '라우이'와 '엘레강스'의 증식 과정은 다음과 같다.

가. 캘러스 유도에 적합한 생장조정제 조합은 '라우이'의 경우 엽상중부를 이용하여 NAA 1mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용배지에서 100% 캘러스가 형성되었으며, '엘레강스'는 엽중부를 이용한 NAA 2mgL^{-1} + BA 4mgL^{-1} 혼용배지에서 캘러스 형성율이 83.3%로 가장 높았다.

나. 잎 절편으로부터 캘러스 형성율은 MS배지 농도간 큰 차이가 없었으나, MS 표준농도에서 녹색 캘러스 형성율이 높아 신초 재분화를 위한 캘러스 유기에는 MS 표준농도가 적합하였다.

다. 캘러스로부터 신초유도에 적합한 배지는 '라우이'의 경우 NAA 0.1mgL^{-1} + BA 3mgL^{-1} 를 혼용처리한 배지에서 신초 발생율이 0.98%로 가장 많았으며, '엘레강스'는 NAA 0.3mgL^{-1}를 첨가한 단용배지에서 신초 발생율이 7.3%로 가장 높았다.

라. 신초의 증식 및 발근유도에 적합한 배지는 '라우이'의 경우 NAA 1mgL^{-1} + BA 1mgL^{-1} 혼용배지에서 신초 증식 개체수가 10.4개, '엘레강스'는 NAA 1mgL^{-1} + BA 0.1mgL^{-1} 혼용배지에서 신초 증식 개체수가 12.0개로 가장 많았으며 발근형성이 우수하였다.

마. '라우이'와 '엘레강스' 조직배양묘는 순화용토에는 큰 영향이 없었으며 차광막 35~55%에서 순화하였을 때 도장되지 않고 관상가치가 유지되었다.

5. 인용문헌

Atilla K, Rudolf S (2004) Succulents : Care and Propagation. p. 12-200. Schulz Publishing.

Arias S. Guzman U, Mandujno MS, Soto Galvan M, Golubov J (2005) Mexican cacti species

at risk of extinction, A comparison between the listed NOM-059-ECOL 2001(Mexico), The Red list(IUCN) and CITES, Mexican Cacti and Succulents 50 100-125(in Spanish)
Eric W (1972) *Echeveria*. California Academy of Sciences. p. 7-60
Guadalupe M, Humberto S, Ralph B (1999) *In vitro* culture as a potential method for the conservation of endangered plants possessing crassulacean acid metabolism. Scientia Horticulturae.81: 71-87
Jorge MG. Lilian LC (2003) Las crasulaceas de Mexico. Sociedad Mexicana de Cactologia A.C. p.123-201
Lorraine S, Atilla K (2005). *Echeveria* Cultivars. Schulz Publishing.p.6-44
Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physinol Plant 15:473-497

6. 연구결과 활용제목

- Extablecimiento de un protocolo eficiente para la propagacion in vitro de *Echeveria laui* y *Echeveria elegans* (학술발표, 2017)
- 식물생장조정제가 에케베리아 '라우이'의 캘러스 유도와 재분화에 미치는 영향(학술발표, 2017)
- 생장조정제가 에케베리아 엘레강스의 기내 대량증식에 미치는 영향(학술발표, 2018)
- 에케베리아 '라우이' 조직배양 재분화 적정배지(영농활용, 2017)
- 에케베리아 '엘레강스' 조직배양 기내 대량증식 및 순화방법(영농활용, 2018)

7. 연구원 편성

과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
에케베리아 재분화체 대량생산 기술개발	**책임자**	**선인장다육식물연구소**	**농업연구사**	**김윤희**	**과제수행총괄**	'18
	공동연구자	〃	〃	이지영	시험주관	'17
	〃	〃	〃	이재홍	자료분석	'16~'18
	〃	〃	〃	정재홍	자료조사	'18
	〃	〃	농업연구관	소호섭	자료분석	'18
	〃	〃	〃	이상덕	시험검토	'16~'18
	〃	원예연구과	농업연구사	김혜형	시험관리	'16~'17