

석사학위논문

시로미의 증식 및 초기생장 특성



제주대학교 대학원

생명과학과

김홍립

2005년 12월

시로미의 증식 및 초기생장 특성

지도교수 고 석 찬

김 홍 립

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함

2005년 12월

 제주대학교 중앙도서관
김홍립의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ 인

위 원 _____ 인

위 원 _____ 인

제주대학교 대학원

2005년 12월

Propagation and Early Growth Characteristics of
Empetrum nigrum var. *japonicum* K. Koch

Hong-Lim Kim
(Supervised by Professor Seok-Chan Koh)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIERMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

Department of Life Science
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2005. 12.

목 차

List of tables	i
List of figures	ii
Summary	iii
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 시로미의 증식	
2. 시로미의 생장특성 조사	
III. 결 과 및 고 찰	8
1. 시로미의 증식 특성	
1) 종자 발아	
2) 삼목시 발근 및 생장	
2-1) 식물호르몬의 효과	
2-2) 삼목용토의 효과	
2. 시로미 삼목묘의 초기생장	
1) 삼목묘의 생존율	
2) 삼목묘의 초기생장	
3) 환경조건과 시로미의 초기생장	
IV. 요 약	20
V. 인용문헌	21

List of Tables

Table 1. The changes of monthly mean temperature and relative humidity during growth of <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> plantlets.....	6
Table 2. Comparison of environmental factors among shading conditions in the field and the green house.....	7
Table 3. The effects of plant hormones on the growth of <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> hardwood cuttings on soil mixture.....	9
Table 4. Comparison of survival rate among shading conditions of plantlets obtained from <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> hardwood cuttings.....	14
Table 5. Comparison of shoot length among shading conditions of plantlets obtained from <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> hardwood cuttings.....	15
Table 6. Comparison of shoot length growth among shading conditions of plantlets obtained from <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> hardwood cuttings.....	16
Table 7. Correlation of shading conditions with environmental factors in the field and the green house.....	18
Table 8. Correlation of shading conditions with early growth of plantlets obtained from <i>E. nigrum</i> var. <i>japonicum</i> hardwood cuttings in the field and the green house.....	19

List of Figures

- Figure 1. The soil conditions for the growth of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* cuttings..... 4
- Figure 2. The changes of mean temperature and relative humidity (RH) in the green house for the growth of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* cuttings..... 4
- Figure 3. The shading conditions for the growth of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings..... 5
- Figure 4. Comparison of germination rate among seeds of *E. nigrum* var. *japonicum* treated with GA₃..... 8
- Figure 5. Comparison of survival rate among soil conditions supplemented with NAA100 mg/ℓ and NAA500 mg/ℓ for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings..... 10
- Figure 6. Comparison of rooting rate (A), Number of roots (B) and major root length (C) among soil conditions supplemented with NAA100 mg/ℓ and NAA500 mg/ℓ for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings..... 11
- Figure 7. The plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings cultured on soil mixture (A) and scoria (B) supplemented with 100 mg/ℓ NAA..... 12
- Figure 8. Comparison of shoot length among soil conditions supplemented with NAA100 mg/ℓ and NAA500 mg/ℓ for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings..... 13
- Figure 9. Comparison of growth among shading conditions in the field (A) and green house (B) of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cutting after 7 months..... 17

Summary

Seed germination, cutting propagation and early growth characteristics were investigated in order to develop the method of cutting propagation and to find out growth characteristics in the low altitude for *in situ* conservation of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* K. Koch, which is typical arctic alpine plants on Mt. Halla.

Germination rate was very low with 4.4% without plant hormones, while it increased up to 20.0~22.2% by treating seeds with 100 mg/ℓ and 500 mg/ℓ GA₃.

The growth of roots and shoots was different depending on hormone concentrations or soil conditions. Root number and shoot growth as well as survival rate, rooting rate and root growth increased when treated with 100 mg/ℓ or 500 mg/ℓ NAA. Consequently, optimum condition of hardwood cutting was at treatment with 100 mg/ℓ or 500 mg/ℓ NAA.

When plantlets from hardwood cuttings were exposed to the field condition, after 7 months survival rate was 72.3% without shading but it reached 91.1~94.4% at shading conditions. In the green house, however, survival rate of plantlets was 95.6~97.8% without shading. And the growth of plantlets was different depending on sites and shading conditions. Particularly, the best growth was obtained when the plantlets were grown in shading conditions. It indicates that relative humidity and light density are correlated with the growth in the low altitude area.

I. 서 론

시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum* K. Koch.)는 상록관목식물로서 시로미과(*Empetraceae*)에 속하며 북유럽, 시베리아, 아시아 북미 등에 광범위하게 자라는 *Empetrum nigrum* L.의 동북아시아 요소로 기본종에 비해 잎이 좁고 사할린, 한국, 일본의 홋카이도와 혼슈 등지에 분포한다(Eshbaugh, 1986; Ohwi, 1984; 이, 1996).

한반도에는 시로미가 백두산, 관모봉, 두류산, 북수백산 등의 북부지역과 제주도 한라산 정상부근 해발 1,700 m 이상의 고원지에 주로 분포한다(Kong과 Watts, 1993). 한라산에 분포하는 시로미는 지구상 분포의 남방한계선으로 식물 지리학적 가치가 매우 높으며 한라산에서도 비교적 넓은 분포역을 가져 환경변화에 따른 식생패턴의 변화를 예측하기에 적합한 극지·고산 식물의 대표적인 수종으로 볼 수 있다(박, 1942; 정, 1944; 이와 안, 1963; 정, 1898; 공, 2002). 특히 한라산에는 해발 1,600 m 이상의 강한 바람과 광선의 영향을 직접 받는 암석지나 붕괴지의 토심이 얇고 토양 습도가 낮은 건조한 지역에 대부분 분포하며, 높이가 10~20 cm인 나무로서 지면을 기면서 자라는 특징이 있다(현, 1998; 이, 1993). 이러한 시로미는 약용 및 관상용으로 이용되고 민간에서는 나무 전체를 방광염, 임질, 소화, 구토, 정혈, 신장염 등에 약으로서 사용되기도 한다(김, 1996).

그러나 남한에서는 유일하게 한라산에만 자생하고 있는 시로미는 자생지의 자연환경 특성상 높은 광도, 강한 바람, 건조한 토양조건 그리고 고온 등의 자연적 환경요인이 스트레스 요인으로 작용하여 식물의 생육이 저해될 가능성이 높다(고, 2004). 또한 한라산의 시로미 분포는 제한적이라는 특성을 갖고 있으며, 등산객에 의한 피해와 생태적 환경변화 등으로 최근 들어 개체수가 급격하게 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다(이 등, 1997). 이들 개체수가 감소하는 이유는 여러 가지 복합적인 요인이 있겠지만 그 중 가장 큰 요인은 지구온난화 등으로 고지대까지 제주조릿대(*Sasa quelpaertensis* Nakai)가 왕성하게 성장하면서 극양수인 시로미가 제주조릿대와의 생존경쟁에서 밀리거나 또는 등산로 주변에 있는 개체들은 등산객의 답압의 피해를 받아 그 분포지가 점점 감소하고 있는 추세이다(한 등, 2004).

한편 시로미는 실생, 분주 및 삽목에 의하여 증식되는 것으로 알려져 있으나(김, 1996) 그 구체적인 방법에 대한 보고는 없는 실정이다. 다만 최근에 삽목(고, 2000; 강과 고, 2003) 및 조직배양(한 등, 2004)에 의한 증식방법이 보고되고 있다. 이와 같이 극지성 고산식물인 시로미가 저지대에서 영양생식은 이루어지고 있으나 아직까지

도 저지대에서의 신초의 발생 및 생장은 다른 목본류에 비해 낮게 나타나고 있을 뿐만 아니라 지속적인 생육과 관리를 실시하는데 많은 어려움이 초래되고 있다.

그리고 식물의 차광재배는 광도, 기온 및 지온을 낮출 수 있어 식물의 생장촉진(표와 문, 1981), 엽록소 증가(홍 등, 1996), 수량증가(서 등, 1994) 등의 효과가 알려져 있으며, 일부 종에 있어서는 초장과 절화장의 신장(한 등, 1994), blasting 경감 및 고사율 감소(이와 광, 1988), 병해충 발생 경감(김 등, 1995) 등을 야기하는 것으로 보고되고 있다.

따라서 본 연구는 한라산의 대표적인 극지·고산 식물인 시로미의 현지내보존을 위한 기초연구로서 증식체계를 마련하고, 저지대에서 생장특성 등을 밝히고자 식물호르몬 및 삼목용도에 따른 시로미 숙지삽시 발근 및 생육특성을 조사하였으며, 저지대에서의 효율적인 생장조건을 알아보기 위하여 차광처리별 초기생장특성을 알아보았다.



II. 재료 및 방법

1. 시로미의 증식

1) 종자발아 시험

본 실험에 사용한 시로미(*Empetrum nigrum* var. *japonicum* K. Koch) 종자는 2003년 9월에 한라산 해발 1,700m 윗세오름 일대에서 채취한 열매에서 종자를 정선한 후 6개월 동안 4℃에서 저온 저장하여 발아실험에 이용하였다.

종자발아는 0, 10, 100, 500, 1000 mg/ℓ gibberellic acid(GA₃) 용액에 24시간 동안 침지한 종자를 직경 9cm Petri-dish에 여과지(Toyo No.2)를 5매 깔고 30립 씩 3반복으로 치상하여 수분이 충분히 유지되도록 하면서 발아를 유도시켰다. 종자발아 환경은 16시간 광상태, 8시간 암상태가 되도록 하였으며, 26~28℃의 항온조건에서 시험하였다.

2) 삽목 시험

삽목시험은 2004년 4월 초순에 한라산 해발 1,700m 이상 지역인 남벽등산로 일대에 자생하는 시로미로부터 줄기를 채취하여 삽수로 사용하였다.

채취된 삽수는 건조피해 등을 최소화하기 위해 채취 다음날 해발 700 m에 위치한 고랭지시험포 내 온실에서 삽수를 7cm 정도로 자른 후 줄기상의 잎을 2/3정도 제거하여 삽목 하였다. 식물호르몬 처리는 indol-3-butyric acid(IBA) 및 α -naphthalene acetic acid(NAA) 농도를 각각 0, 100, 500, 1000 mg/ℓ 이 되게 조제하여 삽수를 5분간 침지한 후 삽목하였다. 삽목용토는 피트모스(peat moss), 버미큘라이트(vermiculite)와 펄라이트(perlite)를 동일하게 섞은 혼합용토와 송이(scoria)를 사용하였다. 삽수는 혼합용토에서는 처리구당 100점 씩, 송이에서는 처리구당 80점 씩 각각 4반복으로 삽목하였다 (Figure 1). 실험구 배치는 완전임의배치법을 사용하였고, 삽목 후 약 5개월 후인 9월 중순에 각 처리구별로 생존율을 조사하였다. 그리고 각 처리구별로 무작위로 30점 씩 굴취하여 발근율, 신초발생률, 5mm 이상의 뿌리 수, 1차뿌리 길이, 신초길이 등의 생육상황을 조사하였다.

삽목 후 습도를 유지하기 위하여 지속적으로 관수를 충분하게 실시하였으며, 자연광 조건하에서 광피해를 최소화하고 높은 습도를 유지시키기 위하여 약 35% 차광처리를 실시하였다. 삽목 후 성적조사까지 5개월 동안 삽목상이 위치한 온실 내 월평균 온도는 19.9~28.5℃로 유지하였으며 전체 삽목기간 중 평균온도는 25.1(±2.9)℃가 되

게 하였으며, 상대습도는 월평균 71.3~74.8%로 전체적인 평균습도는 71.9(±3.3)%로 유지하였다 (Figure 2).



Figure 1. The soil conditions for the growth of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* cuttings.

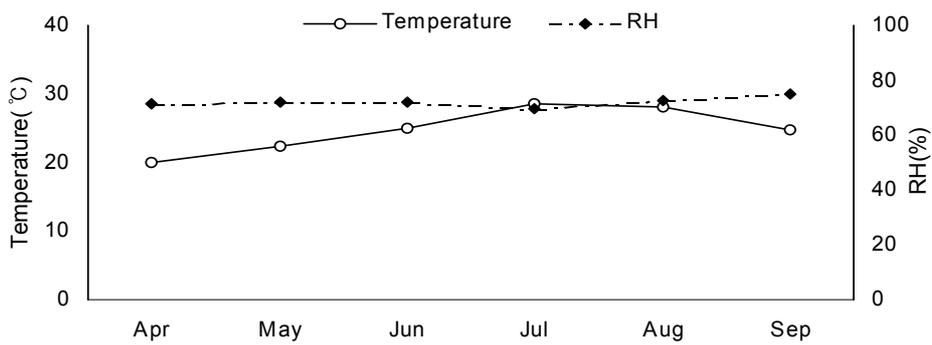


Figure 2. The changes of mean temperature and relative humidity (RH) in the green house for the growth of *Empetrum nigrum* var. *japonicum* cuttings.

2. 시로미의 성장특성 조사

1) 시험 재료

삼목증식된 삼목묘 중에서 뿌리발달 및 신초생장이 비교적 양호한 것을 무작위로 선별하여 포트(10×10 cm)에 이식한 후 시험에 사용하였다.

2) 시로미의 성장조건

시로미 삼목묘는 차광망을 이용하여 35%, 55% 및 75%로 조절된 차광처리구와 차광망을 처리하지 않은 대조구로 구분하여 각 처리구당 30분 씩 3반복으로 노지와 온실에 각각 배치하여 생육시켰다 (Figure 3). 실험구 배치 후 습도 유지를 위하여 지속적으로 충분한 관수를 실시하였으며, 성적조사는 2005년 3월부터 1개월 간격으로 처리구당 30분 씩 3반복으로 신초생장량, 신초길이 등을 측정하였다.

조사기간 중 노지에서의 월평균 온도는 11.0~27.0℃로 유지하였으며, 전체적인 평균온도는 20.4℃였고, 상대습도는 월평균 68.2~87.9%로 전체적인 평균습도는 78.0%가 되게 하였다. 그리고 온실에서의 월평균 온도는 11.3~24.7℃로 유지하였으며, 전체적인 평균온도는 19.4(±4.7)℃였고, 상대습도는 월평균 70.8~83.5%로 전체적인 평균습도는 74.5(±6.2)%가 되게 하였다 (Table 1).

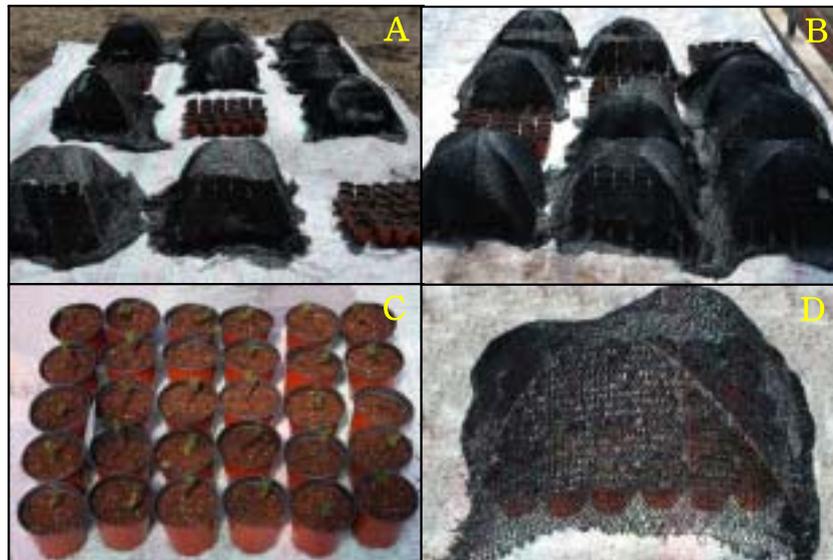


Figure 3. The shading conditions for the growth of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

Table 1. The changes of monthly mean temperature and relative humidity during growth of *E. nigrum* var. *japonicum* plantlets.

Character	Site	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Mean (±S. D.)
Temperature (°C)	Field ¹⁾	11.0	16.0	18.8	23.8	26.9	24.9	21.4	20.4±5.6
	Green house	11.3	16.1	19.0	23.1	24.7	23.2	18.5	19.4±4.7
Relative humidity(%)	Field	68.2	75.0	76.8	87.9	85.4	79.8	72.9	78.0±6.9
	Green house	70.8	65.2	70.8	83.5	79.0	78.5	73.5	74.5±6.2

¹⁾Data obtained from <http://www.kweather.co.kr> measured about 700 m a.s.l. in Mt. Halla

그리고 차광처리구별 온도, 상대습도, 광량, 광도 등의 기상자료는 비교적 날씨가 맑을 때를 선별하여 8~10월 동안 6회에 걸쳐 동일 시간에 3반복으로 측정하였다. 온도와 상대습도는 ONDOTORI Thermo Recoder TR-72 (T&D Co. Ltd, Japan)를 이용하여 식물체 높이에 센서를 설치하여 측정하였고, 광량은 LI-250 Light Meter (LI-COR, USA)를 이용하여 측정하였다. 차광처리구별 환경조건을 살펴보면 전체적으로 온도는 차광 정도가 높아갈수록 점차 낮아지는 반면 습도는 상대적으로 높아지는 것으로 나타났으며, 광량은 차광 정도에 따라 상대적으로 일정 비율 감소되는 환경조건을 보였다 (Table 2). 한편 하우스에서도 광량의 경우 노지와 유사한 비율로 감소되었으며 온도는 차광처리구가 낮고 습도는 다소 높은 경향을 보였으나 차광 정도에 따라 환경변화가 크지 않는 것으로 나타났다.

3. 통계분석

조사된 자료는 SPSS PC⁺ 통계 package를 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan의 다중검정을 실시하였다.

Table 2. Comparison of environmental factors among shading conditions in the field and the green house.

Site	Shading rate (%)	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Light density (μM)
Field	0	24.7±3.2	51.1±5.9	1327.8±251.5
	35	22.0±1.5	63.6±8.8	494.4±176.4
	55	22.5±2.7	62.7±4.7	319.1±117.3
	75	22.8±2.7	60.9±5.6	185.5±127.5
Green house	0	26.4±0.8	50.4±8.3	460.8±211.2
	35	25.0±2.5	56.3±8.1	188.6±66.0
	55	26.4±2.3	51.3±6.4	158.3±49.7
	75	25.7±1.5	53.6±5.7	81.0±23.0

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시로미의 증식 특성

1) 종자발아

시로미 종자의 발아는 식물호르몬이 처리되지 않은 상태에서는 발아율이 4.4%로 매우 낮았다 (Figure 4). 그러나 종자발아를 촉진시키기 위하여 GA₃을 농도별 처리한 결과 파종 18일 후에 1,000 mg/ℓ GA₃ 처리구에서 처음으로 발아가 시작되어 2개월 후에는 모든 처리구에서 발아가 이루어졌다. 2개월 후 각 처리구별 종자발아율을 살펴보면 대체로 발아율이 낮았다. 하지만 100 mg/ℓ 및 500 mg/ℓ GA₃을 처리한 경우 각각 22.2%, 20.0%로 상대적으로 높은 발아율을 보였으며, 1,000 mg/ℓ GA₃ 처리구에서는 10.0%, 10 mg/ℓ GA₃ 처리구에서는 6.7%로 발아율이 낮았다.

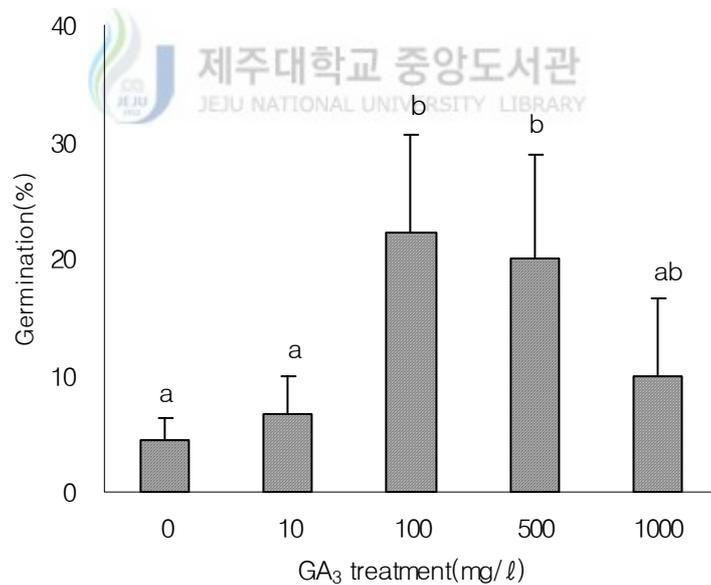


Figure 4. Comparison of germination rate among seeds of *E. nigrum* var. *japonicum* treated with GA₃.

Duncan's multiple range test : 5% level

2) 삼목시 발근 및 성장

2-1) 식물호르몬의 효과

시로미의 숙지삽에서 식물호르몬의 효과를 알아보기 위하여 혼합용토하에서 식물호르몬을 처리한 결과 호르몬의 종류와 농도에 따라 생존율과 발근율 등에서 차이를 보였다 (Table 3). 즉, 생존율 및 발근율은 500 mg/ℓ NAA 처리구에서 각각 77.3%, 75.0%로 가장 높게 나타난 반면 1,000 mg/ℓ NAA 처리구에서는 각각 59.0%, 56.3%로 가장 낮게 나타났다. 그리고 IBA 처리구에서는 농도에 따라 생존율은 67.5~75.3%, 발근율은 64.8~68.3%로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 뿌리 및 신초생장에서는 생존율이나 발근율과는 다른 차이를 보였는데 즉 1차 뿌리의 생장은 1,000 mg/ℓ NAA 처리구에서 평균 9.1 cm로 가장 양호한 반면 500 mg/ℓ IBA 에서는 평균 7.1cm로 가장 저조한 성장을 보였다. 그리고, 5mm 이상 자란 뿌리의 수에 있어서는 1,000 mg/ℓ NAA 처리구와 무처리구에서 평균 4.8, 4.7개로 가장 양호하게 나타났으며, 그 외의 처리구에서는 평균 4.0~4.5개로 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 발근이 이루어진 대부분의 삽수에서는 신초가 발생되었는데, 신초의 길이는 식물호르몬을 처리하지 않은 경우 평균 1.7cm가 성장하여 가장 양호한 것으로 나타났으며 그 외의 처리구에서는 평균 1.2~1.5cm로 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 3. The effects of plant hormones on the growth of *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings on soil mixture.

Plant Hormones (mg/ℓ)	Survival rate (%)	Rooting rate (%)	No. of roots induced	Length of major root (cm)	Length of shoot (cm)
Control	67.0 ^{ab}	61.8 ^{ab}	4.7 ^c	7.4 ^a	1.7 ^c
IBA 100	72.3 ^b	68.3 ^{bc}	4.2 ^{ab}	7.7 ^{ab}	1.4 ^{ab}
500	75.3 ^b	68.3 ^{bc}	4.5 ^{bc}	7.1 ^a	1.2 ^a
1000	67.5 ^{ab}	64.8 ^{abc}	4.2 ^{ab}	7.2 ^a	1.2 ^a
NAA 100	75.8 ^b	74.3 ^c	4.1 ^{ab}	8.0 ^b	1.3 ^a
500	77.3 ^b	75.0 ^c	4.0 ^a	8.9 ^c	1.4 ^{ab}
1000	59.0 ^a	56.3 ^a	4.8 ^c	9.1 ^c	1.5 ^{bc}

Duncan's multiple range test : 5% level

이와 같이 시로미의 숙지삽에 의한 증식은 식물호르몬의 처리에 있어 발근이나 생장 등에 다소 다른 특징을 보이고 있으나 100 mg/l 또는 500 mg/l NAA를 처리한 경우 생존율, 발근율 및 뿌리의 생장 등이 가장 양호할 뿐만 아니라 5 mm 이상 자란 뿌리의 수 및 신초생장도 비교적 양호하여 시로미의 숙지삽을 이용한 증식에 상대적으로 양호한 조건인 것으로 판단된다.

2-2) 삽목용토의 효과

시로미 숙지삽시 발근 및 생장에 미치는 삽목용토의 효과를 알아보기 위하여 혼합용토와 송이를 이용하여 Table 3에 나타난 숙지삽 발근에 최적의 조건이라 판단되는 식물호르몬 100 mg/l 및 500 mg/l NAA를 처리한 후 발근 및 생육상황을 비교하였다.

생존율은 100 mg/l NAA를 처리하였을 때 혼합용토에서 75.8%의 생존율을 보인 반면 송이에서는 63.6%를 보여 12.2%가 혼합용토에서 높게 나타났다. 또한 500 mg/l NAA를 처리하였을 때에는 혼합용토에서는 77.3%로 나타난 반면 송이에서는 31.5%로 나타나 32.1%가 혼합용토에서 높게 나타났다 (Figure 5).

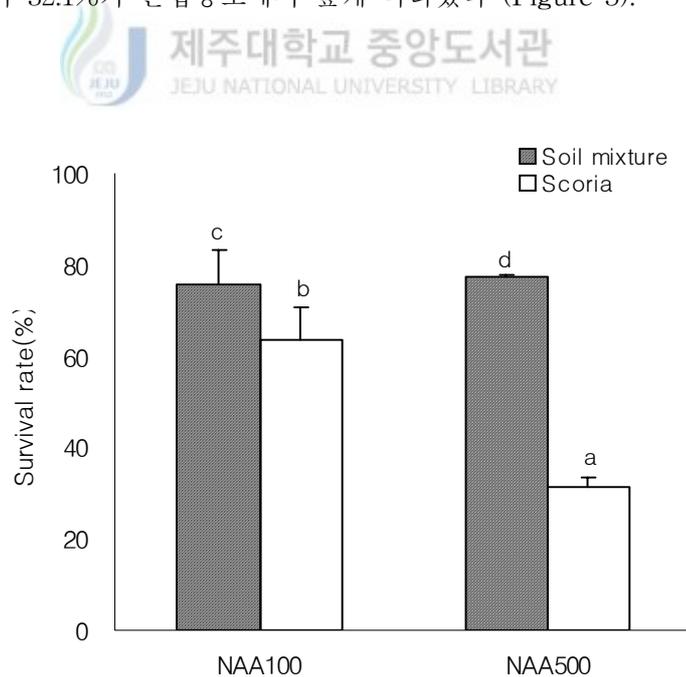


Figure 5. Comparison of survival rate among soil conditions supplemented with NAA100 mg/l and NAA500 mg/l for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

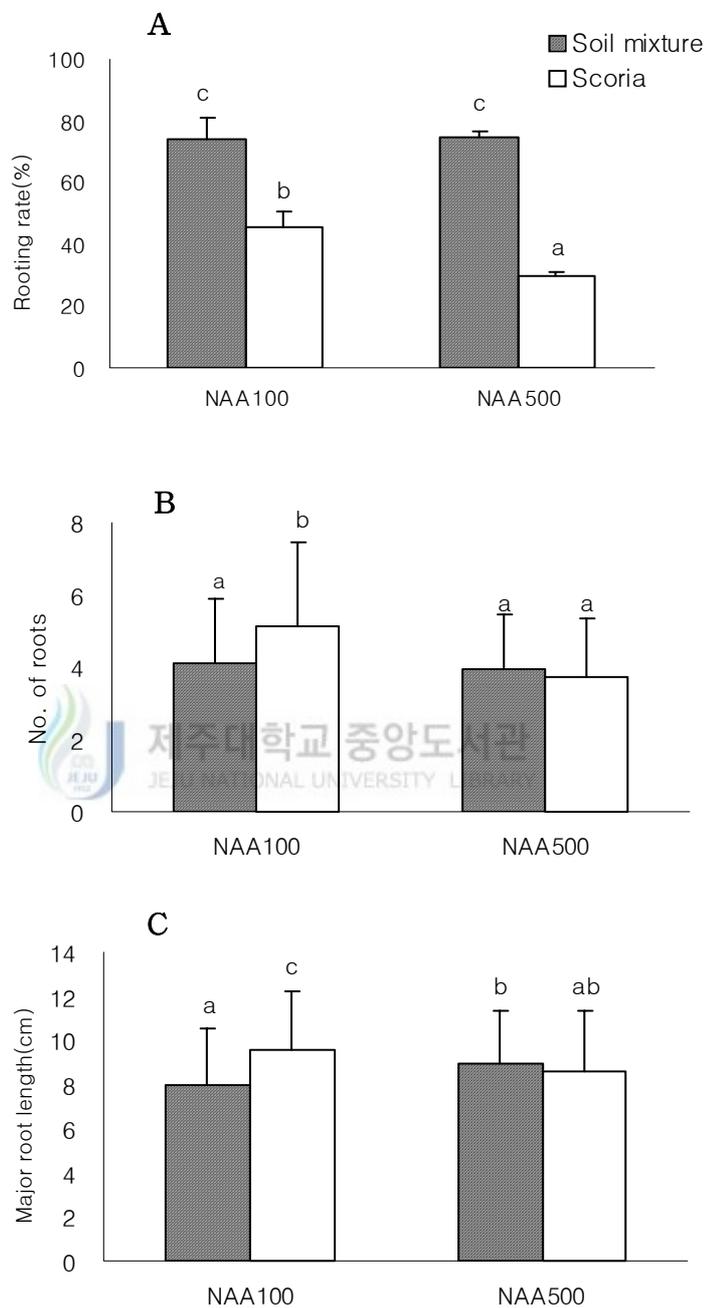


Figure 6. Comparison of rooting rate (A), Number of roots (B) and major root length (C) among soil conditions supplemented with NAA100 mg/l and NAA500 mg/l for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

발근율은 100 mg/ℓ NAA를 처리한 경우 혼합용토에서가 74.3%로 나타난 반면 송이에서는 45.8%로 나타나 상대적으로 28.4%가 혼합용토에서 높게 나타났다. 그리고 500 mg/ℓ NAA를 처리한 경우에도 혼합용토에서는 75.0%가 발근이 이루어진 반면 송이에서는 29.7%가 발근되어 혼합용토에서 상대적으로 45.3%가 높게 발근되는 것으로 나타났다 (Figure 6A). 이와 같이 시로미의 숙지삽시 생존 및 발근에는 송이에서보다 혼합용토에서 훨씬 효과적인 것으로 나타났다. 이는 혼합용토가 삽수발근에 중요하게 작용하는 수분의 보유능력이 송이보다 상대적으로 양호한 조건을 지녔기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 송이는 일반적으로 다공질로 가볍고 산소 공급과 보수력이 좋은 반면 수분의 수평이동이 곤란하여 확산이 늦고 수분의 완충능력이 적은 단점을 지니고 있기 때문으로 보인다.

한편 삽목용토에 따른 삽수에서 발생된 뿌리 수와 1차 뿌리의 생장 및 신초길이의 생장을 비교하여 보면, 삽수에서 발생된 뿌리 수는 100 mg/ℓ NAA를 처리한 경우 혼합용토에서는 평균 4.10개가 발생한 반면 송이에서는 평균 5.1개로 송이가 평균 1.0개가 많이 발생하는 것으로 나타났다 (Figure 6B). 그러나 500 mg/ℓ NAA를 처리한 경우에는 혼합용토에서 평균 4.0개, 송이에서 평균 3.7개로 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고 1차 뿌리의 길이생장에서도 NAA 100 mg/ℓ 을 처리한 경우 혼합용토에서는 평균 8.0 cm가 생장한 반면 송이에서는 평균 9.6 cm가 성장하여 상대적으로 1.6 cm가 송이에서 양호한 성장을 보이는 것으로 나타났다 (Figure 6C, Figure 7). 그러나 NAA 500 mg/ℓ 을 처리한 경우는 혼합용토와 송이에서의 1차 뿌리의 길이가 각각 8.9, 8.6 cm가 성장하여 송이가 다소 양호한 것으로 나타났다.



Figure 7. The plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings cultured on soil mixture (A) and scoria (B) supplemented with 100 mg/ℓ NAA.

한편 신초길이의 생장은 100 mg/l NAA를 처리한 경우 혼합토양에서 1.3 cm가 성장한 반면 송이에서 1.6 cm가 성장하여 평균 0.3 cm가 송이에서 양호한 성장을 보였다 (Figure 8). 그러나 NAA 500 mg/l 을 처리한 경우 혼합용토와 송이에서 각각 평균 1.4 cm가 성장하여 차이가 없는 것으로 나타났다.

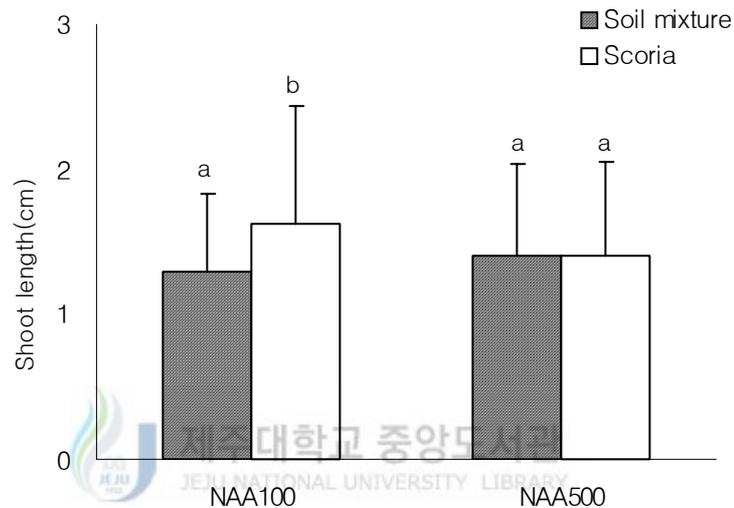


Figure 8. Comparison of shoot length among soil conditions supplemented with NAA100 mg/l and NAA500 mg/l for *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

이와 같은 결과는 비록 송이에서가 발근율은 낮으나 뿌리가 발생된 후에는 뿌리 성장과 함께 신초생장이 상대적으로 효과적인 것으로 알 수 있다. 이처럼 삼목시 상토의 조건에 따라 발근 및 생장의 차이를 나타냈는데, 이는 생얼귀나무(*Rosa davurica* Pall)에서 버미큘라이트와 펄라이트의 혼합용토, 점토, 사토 등을 이용한 삼목시 발근율, 발생된 뿌리의 수나 성장 등이 상토조건에 따라 달라지는 결과(이 등, 2000)와 유사하였다. 더욱이 시로미는 아직까지도 저지대에서 신초의 발생 및 생장은 다른 목본류에 비해 성장속도가 극히 낮을 뿐만 아니라 지속적인 생육 및 관리에 어려움이 초래되고 있어 이에 대한 다양한 접근의 연구가 필요한 것으로 보인다.

2. 시로미 삼목묘의 초기생장

1) 삼목묘의 생존율

온실 내에서 증식된 삼목묘를 노지에 옮기고 적응시키기 시작하여 2개월 후부터가 일부 고사가 이루어지기 시작하여 7개월 후에는 27.7%가 고사한 것으로 나타났다 (Table 4). 특히 노지에 적응 시킨 후 3개월이 지난 6월부터 8월까지가 상대적으로 높은 고사율을 보였다. 이에 반해 차광처리를 하면 차광 정도에 관계없이 5.6~8.9%가 고사되고 91.1~94.4%가 생존하는 것으로 나타나 차광처리가 시로미의 생존율을 높이는데 효과적인 것으로 나타났다. 이는 Table 2에서 나타난 것과 같이 노지에서 차광처리가 강한 빛이나 온도 등에 의한 생육저해 요인의 영향을 최소화시켜 시로미의 생육에 유리하게 작용하여 나타난 결과로 사료된다.

Table 4. Comparison of survival rate among shading conditions of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

Site	Shading (%)	Survival rate (%)						
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Field	0	100±0.0	100±0.0	83.3±5.8	81.1±9.6	75.6±5.1	74.4±5.1	73.3±5.8
	35	100±0.0	96.7±0.0	95.6±1.9	94.4±1.9	92.2±1.9	91.1±1.9	91.1±1.9
	55	100±0.0	98.9±1.9	97.8±1.9	94.4±1.9	93.3±3.3	92.2±3.8	91.1±5.1
	75	100±0.0	98.9±1.9	97.8±3.8	96.7±3.3	95.6±3.8	94.4±1.9	94.4±1.9
Green house	0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	98.9±1.9	98.9±1.9	96.7±5.8
	35	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	97.8±3.8	97.8±3.8	97.8±3.8
	55	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	95.6±7.7	95.6±7.7	95.6±7.7
	75	100±0.0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	97.8±1.9	97.8±1.9	96.7±0.0

온실에서의 시로미 삼목묘를 포트에 이식한 후 4개월 후인 7월부터 일부 고사가 이루어졌으나 생존율은 차광처리에 관계없이 전체적으로 95.6%~97.8%로 나타나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 4). 즉, 온실에서는 7개월 동안 고사율이 2.2~4.4%에 불과하며 노지에서 차광처리 한 것 보다 높은 생존율을 보여주고 있다. 이는 온실 내가 노지에서의 차광처리를 한 것보다 바람 등의 환경이 시로미 삼목묘의 생존에 유리하게 작용하였기 때문으로 보인다.

노지와 온실에서의 생존율을 종합적으로 비교하면 차광처리 정도에 관계없이 노지보다 하우스 내에서 높은 생존율을 보였다. 특히 차광처리를 하지 않았을 때 노지에서는 73.3%가 생존하여 온실에서 96.7%에 비해 23.4%가 많이 고사되는 것으로 나타났다. 그러나 노지에서 차광처리를 하면 하우스에서 차광처리를 한 경우보다 다소 낮은 생존율을 보이기는 하지만 91% 이상이 생존하는 것으로 보아 시로미 삼목묘를 노지에 적응시키기 위해서는 초기 차광처리가 중요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

2) 삼목묘의 초기생장

차광 정도에 따른 신초길이의 월별 변화를 살펴보면 노지에서는 5월부터 9월까지 5개월 동안 신초생장이 주로 이루어졌으나 온실에서는 4월부터 9월까지 6개월 동안 생장이 이루어지는 것으로 나타났다 (Table 5). 생장된 신초의 길이는 노지와 온실에 관계없이 75% 차광처리구에서 초기부터 다른 차광처리구에 비해 높은 생장을 보였으며 35%, 55% 차광처리구, 무처리구 순으로 생장이 양호하였으며, 이러한 경향은 생장기간 동안 계속 유지되었다. 그리고 생장 7개월 후의 노지 및 온실에서의 신초생장은 온실 내에서 75% 차광처리구에서 5.4 cm가 생장하여 가장 양호한 것으로 나타난 반면 노지의 자연광 조건에서 1.54 cm로 가장 저조한 생장을 보였다. 또한 차광 정도에 따른 신초길이는 노지와 온실에서 75% 차광처리구에서 가장 양호한 생장을 보였으며 55% 처리구는 35% 처리구보다 낮은 생장을 보이는 특성을 보였다.

Table 5. Comparison of shoot length among shading conditions of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

Site	Shading (%)	Shoot length (cm)						
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Field	0	0.03 ^a	0.40 ^a	0.70 ^a	1.08 ^a	1.41 ^a	1.52 ^a	1.53 ^a
	35	0.07 ^a	0.74 ^b	1.16 ^{bc}	1.93 ^c	2.66 ^{bc}	3.09 ^{bc}	3.11 ^{bc}
	55	0.06 ^a	0.63 ^b	0.98 ^b	1.60 ^b	2.25 ^b	2.53 ^b	2.55 ^b
	75	0.17 ^b	1.03 ^c	1.60 ^d	2.13 ^{cd}	2.76 ^c	3.12 ^{bc}	3.16 ^{bc}
Green house	0	0.35 ^c	1.09 ^c	1.37 ^{cd}	1.49 ^b	2.47 ^{bc}	2.93 ^{bc}	2.95 ^{bc}
	35	0.54 ^e	1.75 ^e	2.20 ^f	2.37 ^d	3.47 ^d	4.42 ^d	4.57 ^d
	55	0.48 ^d	1.56 ^d	1.86 ^e	2.02 ^c	2.74 ^{bc}	3.21 ^c	3.31 ^c
	75	0.65 ^f	2.62 ^f	3.32 ^g	3.62 ^e	4.56 ^e	5.24 ^e	5.39 ^e

Duncan's multiple range test : 5% level

차광 정도에 따른 시로미의 신초길이의 월별 성장량을 분석하여 보면 노지와 온실에서 다소 다른 특징을 보였다. 노지에서는 차광 정도에 관계없이 5월에 높은 성장량을 보인 후 6월에 다소 감소하였다가 7~8월에 다시 높은 성장량을 보였으며 10월 이후에는 생장이 멈추는 것으로 나타났다 (Table 6). 이에 비해 온실에서는 4~5월에 비교적 높은 성장량을 보이다가 6~7월에 다소 성장량이 낮아지고 다시 8~9월에는 높은 성장량을 보였다. 그리고 온실 내에서는 10월 이후부터는 거의 생장이 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

Table 6. Comparison of shoot length growth among shading conditions of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings.

Site	Shading (%)	Shoot length (cm)						
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Field	0	0.03 ^a	0.36 ^a	0.26 ^a	0.36 ^b	0.32 ^a	0.11 ^a	0.00 ^a
	35	0.07 ^a	0.67 ^{bc}	0.42 ^{bc}	0.76 ^d	0.73 ^{bc}	0.42 ^{bc}	0.02 ^a
	55	0.06 ^a	0.57 ^b	0.34 ^{abc}	0.59 ^c	0.65 ^b	0.26 ^{ab}	0.01 ^a
	75	0.17 ^b	0.86 ^d	0.55 ^d	0.56 ^c	0.63 ^b	0.33 ^{bc}	0.04 ^a
Green house	0	0.35 ^c	0.74 ^{cd}	0.28 ^a	0.11 ^a	0.98 ^d	0.45 ^{bc}	0.00 ^a
	35	0.54 ^e	1.21 ^e	0.45 ^{cd}	0.17 ^a	1.10 ^d	0.95 ^e	0.15 ^b
	55	0.48 ^d	1.08 ^e	0.30 ^{ab}	0.16 ^a	0.70 ^{bc}	0.47 ^c	0.10 ^b
	75	0.65 ^f	1.97 ^f	0.69 ^e	0.30 ^b	0.93 ^{cd}	0.68 ^d	0.12 ^b

Duncan's multiple range test : 5% level

전체적으로 생육장소 및 차광처리구별 평균 성장량은 노지와 온실에서는 많은 차이를 보여주고 있으며 차광처리가 이루어진 곳에서 상대적으로 높은 성장량을 보이는 것으로 나타났다 (Figure 9). 그러나 차광 정도에 따른 전체적인 월평균 생장은 큰 차이를 보이지 않는 것이 나타났다.



Figure 9. Comparison of growth among shading conditions in the field (A) and green house (B) of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cutting after 7 months.

a : control, b : 35% shading c : 55% shading, d : 75% shading

3) 환경조건과 시로미의 초기생장

노지 및 온실에서 차광처리가 생육환경을 어떻게 변화시키는지 알아보기 위하여 Table 2의 자료를 이용하여 상관관계를 분석하여 보면 노지와 온실에서 차광처리가 생육환경 변화에 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다 (Table 7). 노지에서는 차광 정도가 높아질수록 온도, 습도, 광량 등 모든 환경요인에서 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 즉, 노지에서의 차광처리가 온도와 광량은 낮게 해주는 반면 습도는 높여주는 효과를 보였다. 이에 반해 온실에서는 차광처리는 온도와 습도에서는 유의성이 인정되지 않았으며 광량에서만 유의성이 인정되었다. 즉, 온실에서는 차광처리가 온도와 습도 변화에 큰 변화를 주지는 않았지만 광량만을 낮추어주었다. 이와 같은 결과는 노지와 온실에서 차광처리가 광량과 높은 습도 유지에 직접적인 영향을 주는 반면 온도를 낮추는 효과는 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

Table 7. Correlation of shading conditions with environmental factors in the field and the green house.

Site	Temperature	Humidity	Light density
Field	-0.247**	0.467**	-0.895**
Green house	-0.063	0.098	-0.761**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

한편 Table 1에 제시된 노지 및 온실에서 월별 온도 및 습도 변화와 Table 5에 제시된 시로미의 월별 성장량과는 유의성이 인정되지 않았다. 그러나 3월에서 10월까지 시로미의 생존율 및 신초성장 등과 차광처리간의 상관관계를 분석하여 보면 1% 수준에서 높은 유의성이 인정되었다 (Table 8). 즉, 차광률이 높아질수록 생존율 및 신초생장에 보다 효과적인 것으로 나타났다. 이와 같은 관계는 노지와 온실에서 모두 유사한 경향을 보여 저지대에서의 시로미의 성장을 위해서는 35% 이상의 차광처리를 하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

Table 8. Correlation of shading conditions with early growth of plantlets obtained from *E. nigrum* var. *japonicum* hardwood cuttings in the field and the green house.

Site	Shoot length	Total shoot length
Field	0.129**	0.227**
Green house	0.150**	0.220**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

이와 같은 결과로 볼 때 차광처리가 Table 7과 같이 습도를 높여주는 효과를 가진 반면 광량이나 광도 등은 낮추어주는 효과가 있어 저지대에서 시로미를 증식시키기 위해서는 높은 습도를 유지시켜주고 상대적으로 광량 등은 낮게 하여 광피해를 억제시키는 것이 효과적인 것으로 판단된다.



IV. 요약

본 연구는 한라산의 대표적인 극지성 고산식물인 시로미의 현지내보존을 위한 기초 연구로서 증식체계를 마련하고 저지대에서 성장특성을 밝히고자 종자발아, 삼목조건 및 초기생육 특성 등을 알아보았다.

시로미 종자의 발아율은 4.4%로 매우 낮았다. 하지만 100 mg/ℓ 및 500 mg/ℓ GA₃를 처리한 경우 각각 22.2%, 20.0%로 상대적으로 높은 발아율을 보여 GA₃ 처리가 종자 증식에 보다 효과적인 것으로 나타났다.

숙지삽시 식물호르몬의 처리나 상토의 조건에 따라 발근이나 생장 등이 다소 달랐다. NAA 100 mg/ℓ 또는 500 mg/ℓ 를 처리한 경우 생존율, 발근율 및 뿌리의 생장 등이 가장 양호할 뿐만 아니라 뿌리의 수 및 신초생장도 비교적 양호하여 시로미의 삼목증식을 위하여 상대적으로 양호한 조건인 것으로 나타났다.

시로미 삼목묘를 노지에 옮겨서 키웠을 때에는 2개월 후부터 고사가 이루어지기 시작하여 7개월 후에는 27.7%가 고사한 것으로 나타났다. 이에 반해 차광처리를 하면 고사율이 낮아 91.1~94.4%가 생존하는 것으로 나타나 차광처리가 시로미의 생존율을 높이는 데 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 온실에서는 차광처리에 관계없이 생존율이 전체적으로 95.6~97.8%로 높게 나타났다. 그리고 생육장소 및 차광처리별 시로미의 평균 성장량은 노지와 온실에서 많은 차이를 보였다. 특히, 차광처리를 했을 때 상대적으로 높은 성장량을 보였는데 이는 습도와 광량 등이 주요 요인으로 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

V. 인용문헌

- 강연심, 고정균, 진국립, 오순자, 고석찬. 1999. 눈향나무와 시로미 잎의 엽록소형광 특성. 제주생명과학연구. 2(2):49-56.
- 강영길, 고미라. 2003. 삼수 종류가 시로미 지압의 발근에 미치는 영향. 제주대아농생지. 19(2):55-58.
- 고정균. 2000. 한라산 고산식물의 생태생리학적 연구. 제주대학교 박사학위논문. pp97.
- 고정균. 2004. 한라산 시로미의 생육특성 및 환경적응성. 희귀산림유전자원 시로미의 보존 및 자원화 학술심포지엄 자료집 난대산림연구소. 한라산연구소. pp61-73.
- 공우석. 2002. 한반도 고산식물의 구성과 분포. 대한지리학회지 37(4):357-370.
- 김태정. 1996. 한국의 자원식물 II. 서울대학교출판부. pp29, 31
- 박만규. 1942. 조선고산식물목록. 조선박물학회잡지 9(33):1-12
- 서종태, 김완태, 류승열, 최관순, 김병현, 김정간, 한병희. 1994. 참나물의 고냉지 비가림재배시 차광망 처리별 생육 및 수량. 농촌진흥청농업과학논문집 36:434-439.
- 이규민, 곽병화. 1988. 광도와 질소비료에 따른 반입종 인동의 엽색변화와 생육에 관하여. 한국원예학회지 29:53-57
- 이석우, 김찬수, 조경진, 최완용. 1997. 희귀수종 시로미의 유전변이. 한국육종학회지 29:376-381
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적. pp 835
- 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사. pp 561.
- 이춘령, 안학수. 1963. 한국식물명감. 범학사.
- 이화영, 임정대, 김일섭, 정일민, 유창연. 2000. 생열귀나무 삼목시 발근과 뿌리생장에 미치는 삼수종류, 생장조절물질 및 상토의 효과. 한국자원식물학회지 13(2):140-146.
- 정영호. 1989. 우리나라 고산식물의 분포특성. 자연보존 66:29-38.
- 정태현. 1944. 조선삼림식물도설. 조선박물연구회.
- 표현구, 문원지. 1981. 차광정도가 몇가지 호냉성 채소의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 22:153-159.
- 한무석, 강영제, 문홍규, 정영교, 강병서, 고정균, 변광옥. 2004. 희귀수종 시로미의 기내증식. 희귀산림유전자원 시로미의 보존 및 자원화 학술심포지엄 자료집 난대산림연구소, 한라산연구소. pp75-86.

- 한중수, 김승경, 엄남용, 고재영, 이경국. 1994. 고냉지 백합의 정식기와 차광이 개화 및 절화수량에 미치는 영향. 농촌진흥청농업과학논문집 36:452-456.
- 현화자 1998. 한라산 고산식물 군락의 식물사회학적 연구. 제주대학교 석사학위논문. pp1-21.
- 홍정기, 방순배, 한중수. 1996. 차광망 처리에 따른 취나물이 생육 및 수량. 농촌진흥청농업과학논문집 38:462-467.
- 김형무, 은중선, 나의식. 1995. 온도 및 차광이 고추냉이의 생장과 주요 병해발생에 미치는 영향. 한국생물생산시설환경학회지 4:240-245
- Eshbaugh, W. 1968. Biosystematic and Phytogeographic studies of the genus *Empetrum*. Yearbook of Amer. Phil. Soc. 297-298.
- Kong, W. S. and D. Watts. 1993. The Plant Geography of Korea - with an emphasis on the alpine zones. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Ohwi, J. 1984. Flora of Japan. Smithsonian Institute. Washington D.C



감사의 글

지난 2년 동안의 연구가 부족한 논문이나 결실을 맺게 되었습니다. 부족한 저에게 도움을 주신 모든 분들께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

우선, 연구를 수행하고 논문이 완성되기까지 부족한 저를 아낌없는 지도와 사랑으로 보살펴주셨던 고석찬 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 바쁘신중에도 미흡한 논문을 세심하게 지적하시고 다듬어주신 김문홍 교수님, 강훈 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 학부시절부터 가르침을 주신 오문유 교수님, 오덕철 교수님, 이용필 교수님, 김원택 교수님, 이화자 교수님, 김세제 교수님, 이선령 교수님께도 더불어 감사의 마음을 전합니다.

제가 대학원이라는 길을 걷게 되고 이 논문이 완성되기까지 밤새 고민해주시고 함께해주신 고정준 박사님께 너무나 미안한 마음과 감사하는 마음은 잊지 못할겁니다. 그리고 아낌없는 관심과 조언을 주신 한라산 연구소 김철수 실장님, 신용만 주사님, 오장근 박사님, 고윤정 주사님, 김현철 연구원님, 고석형 연구원님, 진승환 연구원님께 감사드리며, 내 짜증을 항상 웃으며 받아주었던 병창이, 영돈이에게도 감사의 말을 전합니다.

또한 이 논문이 나오기까지 많은 배려와 애정을 주신 이광춘 소장님, 서영균 환경산림과장님, 김창돈 과장님, 정평삼 전실장님께 진심으로 감사드리며 한라산 국립공원 직원여러분께도 고마움을 전합니다.

항상 다정스럽게 많은 조언을 해주신 생화학실험실 오순자 선배님과 생화학실험실 관필이형, 명옥이형, 화자누나, 국만이형에게도 감사드립니다. 그리고 대학원 생활을 함께했던 선후배님들과 실험실 후배들에게도 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 지금까지 저를 낳아서 길러주시고 무한한 사랑과 믿음으로 저를 지켜봐주신 어머님과 할머니, 깊은 관심으로 지켜봐주신 장인, 장모님과 누나들에게 감사드립니다. 그리고, 대학원과정 시절 결혼해 곁에서 힘이 되어준 사랑하는 아내 은민에게 고마운 맘을 전합니다.