

차광수준이 곰취 유묘의 성장 및 형태적 특성에 미치는 영향

송기선¹ · 전권석^{1*} · 김창환¹ · 윤준혁¹ · 박용배¹ · 김종진²

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소, ²건국대학교 녹지환경계획학과

Effect of Shading Level on Growth and Morphological Characteristics of *Ligularia fischeri* Seedling

Ki Seon Song¹, Kwon Seok Jeon^{1*}, Chang Hwan Kim¹,
Jun Hyuck Yoon¹, Yong Bae Park¹, and Jong Jin Kim²

¹Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute,
672 Jinju-dearo, Jinju-si, Gyeongnam 660-300, Korea

²Department of Environmental Design, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract. This study was carried out to survey the early growth characteristics of *Ligularia fischeri*, plants of half-shaded grounds, primarily used as functional wild edible greens and examine its shading treatment to transplant seedling. The shading treatment was regulated with the shading level(full sunlight, 35%, 50%, 75%, and 95% of full sunlight). According to the experiment, the height was the highest under 75% of shading (17.3 cm), and root diameter was the highest under full sunlight (2.13 mm). It was found that fresh weight (leaf, shoot, root and whole) was the highest (1.784 g, 1.330 g, 0.791 g, 3.905 g respectively) under 50% of shading. In case of dry weight, leaf, shoot and whole dry weight were surveyed the highest under 35% of shading, and root dry weight was the highest under full sunlight. It was found that S/R ratio and moisture contents (leaf, shoot, root and whole) were the highest under 95% of shading. Leaf area was the highest under 50% of shading (39.3 cm²) and the higher shading level, the higher SLA and LAR. It was surveyed that the higher shading level, the thinner leaf thickness. In case of root characteristics, it was showed that the relatively high height growth under 35%~75% of shading, excepting 95% of shading. As a result of surveying the whole experiment, it is concluded that the early growth of *L. fischeri* is more effective in producing it under 50% of shading.

Additional Key words : Growth characteristics, Moisture contents, LWRSWRRWR, Leaf growth, Root analysis

서 론

식용식물들은 대부분 옛날부터 구황작물로서 이용되어 왔다. 현재는 국민소득이 높아짐에 따라 유기농 및 무농약으로 재배된 작물들에 대한 수요가 증가하면서 생산자의 소득 증가와 소비자의 안전한 먹을거리에 대한 소비구조로 의식변화가 일어나고 있다. 이에 따라 독특한 맛과 향을 즐길 수 있는 건강 기호식품인 자연산 산채류에 대한 관심이 점차 높아지고 있는 추세이다(Park 등, 2012). 이렇게 기능성 식품으로 소비가 증가하고 있는 산채 중 하나로서 취나물로 불리고 있는 자생식물은 우리나라에서 6속 60여종이 있는 것으로 분류되고 있다. 그 중 산채로 주로 이용이 되는 것은 곰취, 참취, 개미

취, 미역취, 가얏취, 수리취, 마타리, 각시취 등 10여종으로 알려져 있다.

곰취는 국화과의 다년생 식물로 비교적 표고가 높은 반음지에서 자생하고 있다(Hong 등, 1999). 어린잎에는 비타민 C와 레티놀 함량이 높아 미백에도 효과가 탁월한 것으로 밝혀졌다(Hwang 등, 2002). 또한, 곰취나 한대리곰취 등에 대한 약리활성과 기능성에 대한 연구 보고가 있으며 최근 항암과 혈소판 응집 억제효과도 큰 것으로 밝혀지고 있다(Choi 등, 2007; Lee 등, 2002; Na 등, 2006; Park과 Choi, 2007).

한편, 곰취 자생지는 매우 제한적으로 분포하고 있어 대규모 자연채취는 힘들뿐 아니라 산림생태 측면에서도 훼손의 우려가 크기 때문에 현재는 주로 노지재배 및 시설재배를 통하여 대량생산되고 있다. 특히, 자연에서 채취하는 종자는 발아율이 높지 않아 생산성 측면에서 효율성이 떨어지지 때문에 근래에 와서는 적정 용기에

*Corresponding author: jeonks@forest.go.kr

Received March 12, 2014; Revised May 21, 2014;

Accepted May 27, 2014

파종하여 약 3개월 정도 생육시킨 후 포장에 이식하여 재배하기도 한다. 이러한 곱취 재배에 관한 연구는 현재 미미하며 산림단기소득 증대를 위한 곱취 임간재배에 관한 기초연구가 일부 이루어지고 있는 실정이다(Kim, 2003; 2008; Kim 등, 2010a)

따라서 본 연구는 기능성 산채인 곱취를 본격적으로 포장에서 생산하는데 필요한 이식용 유묘를 용기에서 생산하는 과정에서 차광처리가 곱취 유묘의 생장과 형태적 특성에 어떠한 영향을 미치는지 조사하여 이식용 유묘단계의 적정 생육환경을 구명하고자 하였다. 또한, 이러한 결과들을 통하여 보다 우량한 유묘가 생산되어 이식 포장에서 보다 높은 생산성 추구에 기여할 수 있는 기초 자료를 축적시키고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시 식물

본 실험의 공시식물은 곱취(*Ligularia fischeri* (Ledeb.) Turcz.)이며 종자는 강원도 양구에서 2013년 2월에 구입하였다.

2. 재배 재료

재배용기는 산채류 생산현장에서 모종생산용으로 많이 사용되고 있는 육묘용 플라스틱 72구 tray(72 cavities, L27.5 × W54.0 × H4.5, cm)를 사용하였으며, 이 tray의 구용적은 약 39.2mL이고, 생육밀도는 1m²에 484본이다. 상토는 시중에서 판매되고 있는 것으로 유기물질이 포함되지 않는 원예용 상토(부농, 한국)를 사용하였다.

3. 차광 처리

곱취의 생육 실험은 국립산림과학원 남부산림자원연구소 가좌시험림 내 비닐온실에 설치된 차광시설에서 진행되었다. 차광은 총 5수준(전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광)으로 2013년 3월 6일에 각 차광처리별로 파종용기를 6개씩 배치하여 실험을 실시하였다.

차광처리구별 광도는 2013년 3월 6일 맑은 날에 각 차광 내 세 지점을 측정 후 평균값을 산출한 결과, 전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광처리구는 각각 613.3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 370.4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 320.2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 157.9 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 38.9 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조사되었다. 광도 측정은 LI-250 Light meter(Li-Cor, USA)를 이용하였으며, 각 차광처리구의 상대광도는 전광대비 각각 약 60%(35% 차광), 52%(50% 차광), 25%(75% 차광) 및 6%(95% 차광)로 나타났다. 본 실험에 사용된 차광망(대경산업, 한국)은 비교적 균일한 차광력을 가지고 있어 유사한 실험에 많이 쓰이는 재료를 시중에서 구입하여 사용하였다.

4. 실험결과 조사

4.1 생장 및 생장량

포장 이식을 위한 이식용 유묘 생산의 목적에 따라 2013년 5월 21일(파종 76일 후)에 초장, 뿌리직경 및 뿌리길이를 조사하였는데, 뿌리직경은 각 유묘에서 발생한 뿌리 중 가장 굵은 뿌리의 상부를 측정하였으며, 뿌리길이는 여러 발생 뿌리 중 가장 긴 뿌리를 대상으로 측정하였다. 생장 조사 후 잎, 줄기 및 뿌리를 각각 분리하여 부위별 생체중을 측정하였다. 건물중은 생체중을 측정된 시료를 Drying Oven (DS-80-5, Dasol Scientific Co. Ltd, 한국)에서 105°C로 72시간 건조한 후 부위별로 측정하였다. 또한, 생체중과 건물중을 통하여 함수율을 구하였으며 차광처리에 따른 생장특성을 분석하기 위해 아래의 식을 이용해 S/R ratio((Leaf + shoot)/root ratio), 엽건중비(Leaf dry weight ratio, LWR), 줄기건중비(Shoot dry weight ratio, SWR), 뿌리건중비(Root dry weight ratio, RWR)를 각각 구하였다.

- S/R ratio = Shoot(leaf + shoot) dry weight/Root dry weight
- LWR(gg⁻¹) = Leaf dry weight/Total dry weight
- SWR(gg⁻¹) = Shoot dry weight/Total dry weight
- RWR(gg⁻¹) = Root dry weight/Total dry weight

4.2 엽특성

차광처리에 따른 곱취 유묘의 엽생장 특성을 비교분석하기 위하여 각 처리구마다 가장 큰 잎을 하나씩 선별 후 휴대용엽면적 측정기인 Portable Area Meter(LI-3000C, LI-COR, Inc., USA)를 이용하여 엽면적 등을 측정하였으며, 엽두께는 Digimatic Caliper(Mitutoyo Co., JAPAN)로 세 지점을 측정하여 평균 값을 산출하였다. Leaf index(Leaf length / Leaf width), SLA(Specific leaf area), LAR(Leaf area ratio)을 아래의 식을 이용하여 구하였다.

- Leaf index = Leaf length/Leaf width
- SLA(cm²g⁻¹) = Leaf area/Leaf dry weight
- LAR(cm²g⁻¹) = Leaf area/Total dry weight

4.3 뿌리분석

뿌리 분석 실험은 2013년 5월 21일에 채집된 생장조사를 마친 곱취 유묘를 대상으로 하였으며 WinRhizo 프로그램(2009 버전, Regent Instrument Inc., Canada)을 이용하여 차광처리가 뿌리에 어떤 영향을 미치는가를 분석하고자 실시되었다. 이 프로그램은 전체 뿌리의 영상 분석(root image analysis)뿐만 아니라 전체뿌리길이(total root length), 뿌리투영단면적(total projected root

area), 뿌리표면적(total root surface area), 뿌리부피(total root volume), 평균뿌리직경(average root diameter) 등을 뿌리가 겹쳐진 상태도 자체 수정하여 측정분석할 수 있으며, 뿌리의 직경급별로도 전체뿌리길이, 뿌리투영단면적, 뿌리표면적, 뿌리부피 등을 분석할 수 있다(Arsenault 등, 1995; Bouma 등, 2000; Wang과 Zhang, 2009).

분석과정은, 뿌리에 붙은 불순물을 물로 조심스럽게 씻어낸 후 물을 채운 투명 트레이에 뿌리를 넣고, 뿌리가 최대한 겹치지 않게 조심스럽게 펼친다. 그리고 스캐너(Epson Expression 10000XL, Seiko Epson Corp. Japan)를 이용하여 스캔한 후 WinRhizo 프로그램으로 분석을 실시하였다(Kim 등, 2010b).

5. 통계

곰취 유묘의 차광별 각 결과 값에 대한 분석은 SPSS version 20을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's multiple range test를 실시하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 생장 및 생장량

곰취 이식용 유묘의 생장조사 결과, 곰취 유묘의 초장은 차광률이 높아짐에 따라 75% 차광에서 17.3cm로 가장 크게 조사되었으나 95% 차광에서는 다시 낮아지는 것으로 나타났다(Table 1). 뿌리직경은 전광에서 2.13mm로 가장 굵은 것으로 조사되었으며, 전광을 제외한 차광 처리구에서는 차광률이 높아질수록 뿌리직경이 굵어지는 경향을 보였으나 이들 간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 한편, 식물은 차광률이 높아질수록 뿌리직경이 얇아지는 것으로 보고(Ha 등, 2012; Lee 등, 2007)되었는데, 본 실험에서는 이와 다른 경향을 보이는 것으로 나타났다. 뿌리길이의 경우에는 35~75% 차광에서 상대적으로 길게 조사되었고, 전광과 95% 차광에서 짧은 것으로 조사되었다. 초장과 뿌리직경의 경우, 35% 차광에서 75%

차광까지는 값이 증가하는 경향을 보였으며 상대적으로 높은 생장을 보인 것으로 조사되었다. 이것은 곰취가 반음지식물로서 어느 정도의 차광은 생장에 도움(Boardman, 1977)을 줄 수 있으나 과도한 광과 차광은 곰취의 생장을 저해시켰기 때문으로 판단된다.

한편, 곤달비(Park 등, 2011)와 산마늘(Park과 Bae, 2012)을 차광처리(전광 및 30%, 50%, 80% 차광) 후 생육 조사한 결과, 모두 50% 차광에서 가장 높은 초장생장을 보인 것으로 조사되었으며 전광에서는 가장 낮게 조사되어 본 실험의 곰취 유묘와 유사한 경향을 보인 것으로 나타났다. 이렇게 전광보다 차광에서 높은 생장을 보인 것은 산채가 주로 산속에서 자생하는 식물이기 때문으로 사료된다. 전광 및 30%, 60%, 90% 차광에서 생육된 양치류(참지네고사리, 도깨비고비, 선바위고사리, 참새발고사리, 개고사리, 설설고사리)의 경우 참지네고사리를 제외한 나머지 모두 90% 차광에서 높은 초장생장을 보여 본 실험과는 다른 결과를 보였다. 이러한 결과를 통해 초본은 각각의 적정 생육환경이 다양하게 요구된다는 것을 알 수 있다.

부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 생체중은 모두 50% 차광에서 각각 1.784g, 1.330g, 0.791g 및 3.905g으로 조사되어 가장 높은 값을 보였으며 95% 차광에서는 모든 부위의 생장이 가장 저조한 것으로 나타났다(Table 2). 건물중은 지상부(잎, 줄기)의 경우, 35% 차광에서 각

Table 1. Growth characteristics of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Shading (%)	Height (cm)	Root diameter (mm)	Root length (cm)
0	10.1±2.2 ^c	2.13±0.68 ^a	7.0±2.0 ^b
35	14.3±1.7 ^b	1.19±0.40 ^b	12.3±1.1 ^a
50	16.8±1.6 ^a	1.26±0.19 ^b	13.6±3.0 ^a
75	17.3±1.8 ^a	1.59±0.18 ^b	11.5±1.4 ^a
95	10.6±0.7 ^c	1.61±0.48 ^b	5.4±1.2 ^b

²Mean±SD. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p = 0.05).

Table 2. Fresh and dry weight, and S/R ration of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Shading (%)	Leaves (g)		Shoot (g)		Root (g)		Total (g)		S(L+S)/R ratio
	FW ²	DW ³	FW	DW	FW	DW	FW	DW	
0	1.425±0.311 ^a	0.195±0.040 ^b	0.694±0.148 ^b	0.110±0.034 ^c	0.662±0.149 ^{ab}	0.161±0.045 ^a	2.780±0.486 ^b	0.466±0.089 ^{ab}	2.0±0.6 ^b
35	1.643±0.238 ^a	0.325±0.109 ^a	1.119±0.162 ^a	0.214±0.059 ^a	0.489±0.154 ^b	0.075±0.026 ^c	3.252±0.321 ^{ab}	0.614±0.146 ^a	8.4±5.6 ^b
50	1.784±0.647 ^a	0.234±0.095 ^b	1.330±0.464 ^a	0.196±0.063 ^{ab}	0.791±0.316 ^a	0.117±0.043 ^b	3.905±1.356 ^a	0.547±0.187 ^a	3.9±1.1 ^b
75	1.458±0.414 ^a	0.175±0.042 ^b	1.167±0.312 ^a	0.136±0.067 ^{bc}	0.591±0.188 ^{ab}	0.058±0.030 ^c	3.215±0.832 ^{ab}	0.369±0.107 ^b	7.2±4.4 ^b
95	0.738±0.145 ^b	0.053±0.011 ^c	0.563±0.106 ^b	0.032±0.005 ^d	0.117±0.060 ^c	0.008±0.005 ^d	1.417±0.286 ^c	0.092±0.015 ^c	17.7±14.2 ^a

²Fresh weight. ³Dry weight. ³Mean±SD(n = 6). Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p = 0.05).

각 0.325g과 0.214g으로 가장 높게 조사되었으며, 지하부인 뿌리의 경우에는 근원직경 성장과 동일하게 전광에서 0.161g으로 가장 높은 것으로 조사되었다. 전체 건물중($p < 0.05$)은 잎의 건물중($p < 0.05$)과 동일한 경향을 보여 가장 높은 것으로 조사된 35% 차광에서 0.614g으로 가장 높게 나타났다. 한편, 가장 낮은 건물중을 보인 처리구는 생체중과 마찬가지로 95% 차광에서 나타났다 (Table 2).

본 실험에서 지상부는 전광보다 차광에서 상대적으로 높은 값을 보인 것으로 나타났는데, 이것은 반음지식물로 알려진 곱취가 수광면적을 넓히기 위해 잎을 크게 (Cooper와 Qualls, 1967)한 결과로 사료된다. Kim 등 (2010a)은 곱취를 포트에 이식하여 실험한 결과, 상대광도가 64-73%인 처리구에서 가장 높은 생체중을 보인 것으로 나타나, 상대광도가 50%인 50% 차광에서 잎, 줄기, 뿌리, 전체 생체중 모두 가장 높은 것으로 조사된 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보인 것으로 나타났다.

S/R율은 95% 차광에서 17.7로 가장 높게 조사되었으나, 전광에서는 가장 낮은 2.0으로 나타나 지하부의 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

2. 함수율 및 부위별 건중비

부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 함수율의 경우, 차광별로는 모두 95% 차광에서 각각 92.8%, 94.3%, 93.1%, 93.5%로 가장 높은 것으로 조사되었으며, 그 다음은 75%와 50% 차광 순으로 높게 나타났다(Fig. 1). 한편, 지상부인 잎과 줄기는 35% 차광에서 가장 낮은 함수율을 보였으며 지하부인 뿌리의 경우에는 전광에서 가장 낮은 것으로 조사되었다. 95% 차광에서는 생장이 현저하게 저조한 것으로 조사되었다.

주어진 환경조건에 대한 식물의 적응 반응에서 상대생장률을 최대화 하기 위한 전략으로(Reynolds와 Antonio, 1996) 광합성에 의해 생산되는 동화산물의 분배 비율을 확인하기 위하여 엽건중비(LWR), 줄기건중비(SWR)와 뿌리건중비(RWR)의 조사 결과는 Fig. 2와 같다. 엽건중비(Leaf dry weight ratio, LWR)는 95% 차광에서 0.57로 가장 높게, 줄기건중비(Shoot dry weight ratio, SWR)는 50%와 75% 차광에서 높은 것으로 조사되었다(Fig. 2). 줄기건중비(Shoot dry weight ratio, SWR)는 전광보다 차광 처리구에서 높은 값으로 조사되었는데, 이것은 차광으로 인해 줄기의 생장이 증가되었기 때문으로 사료된다. 또한, 뿌리건중비(Root dry weight ratio, RWR)는 전광에서 0.34로 가장 높은 것으로 조사되어 생장과 건물중의 결과와 부합되는 것으로 나타났다. 특히, 뿌리건중비(Root dry weight ratio, RWR)가 35% 차광에서 상대적으로 낮은 값을 보였는데 이것은 조사된 건물중 결

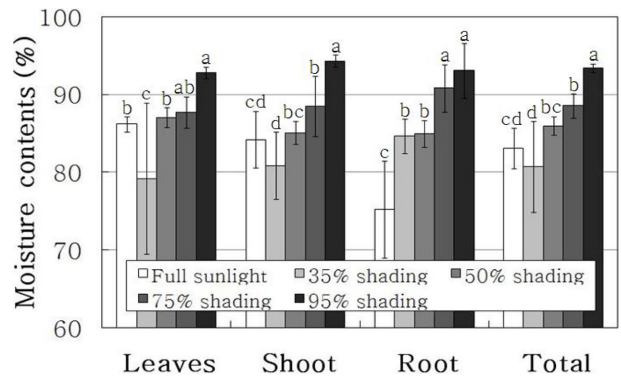


Fig. 1. Moisture contents of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels. Different letters in each organ indicate significant differences according to Duncan's multiple range test($p = 0.05$). Bars indicate SD.

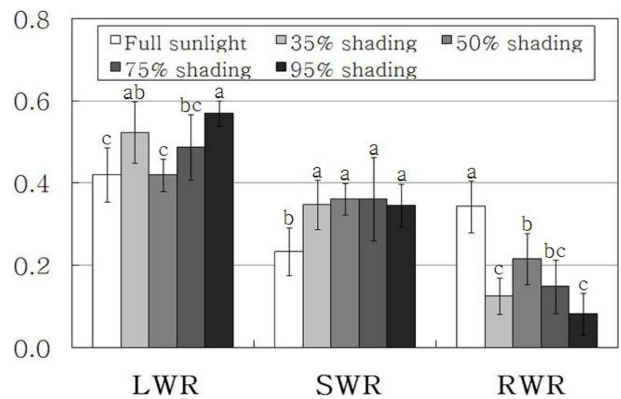


Fig. 2. LWR(Leaf dry weight ratio), SWR(Shoot dry weight ratio) and RWR(Root dry weight ratio) of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels. Different letters in each organ indicate significant differences according to Duncan's multiple range test($p = 0.05$). Bars indicate SD.

과와 부합되는 것으로 사료된다. 이러한 이유는, 새 조직 형성에 이용되는 탄수화물의 경우에 식물의 생장 기간이 늘어날수록 지상부의 무게가 지하부 보다 더 빨리 증가하여 탄수화물의 총량이 지상부에 더 많게 되기 때문이다(Lee, 1993).

한편, Reich 등(1998)은 내음성 및 비내음성 수종 9종을 대상으로 전광의 25%와 5%에서 실험한 결과, 모든 수종에서 상대적으로 낮은 광도에서 줄기건중비(Shoot dry weight ratio, SWR)는 높고 뿌리건중비(Root dry weight ratio, RWR)는 낮다고 하여 본 실험의 곱취와 유사한 경향을 보였다.

3. 엽생장 특성

엽면적과 엽폭은 차광률이 높아질수록 증가하여 50% 차광에서 가장 높게 나타났으며 그 이상의 차광률에서는 점차 감소하는 경향을 보였다. 95% 차광에서는 가장 낮

은 것으로 조사되었다(Table 3). 한편, 차광수준을 각각 0%, 30%, 50%, 80%로 조절하여 생육한 끈달비의 엽폭의 경우 50% 차광에서 유의적으로 가장 높게, 80% 차광에서는 가장 낮은 값으로 보고(Park 등, 2011)되어 본 실험의 결과와 동일한 것으로 나타났다.

엽건물중에 대한 엽면적비율을 나타내는 엽면적비 SLA(specific leaf area = leaf area/leaf dry weight)는 엽 두께를 간접적으로 나타내는 것이므로 이 값이 클수록 엽두께가 얇은 것을 의미하며 총건물중에 대한 엽면적비율을 나타내는 엽면적율 LAR(leaf area ratio = leaf area/total dry weight)은 값이 클수록 개체 마다 큰 수광면적을 가지게 된다. 이러한 SLA와 LAR은 본 실험에서 차광률이 높아질수록 커지는 것으로 조사되었다.

차광수준에 따른 잎의 형태적 변화에 있어서 낮은 광조건에서 생장한 잎의 경우에는 수광량을 높이기 위해 넓은 잎 면적을 갖으나 높은 광조건에서 생장한 잎은 두꺼운 잎을 가진다(Marini와 Barden, 1982). 본 실험에서 산채인 곱취를 차광수준을 달리하여 실험한 결과, 전광에서 0.21mm로 가장 잎이 두꺼운 것으로 조사되었으며 차광률이 높아질수록 두께가 얇아지는 경향을 보였다. 산채는 기능성뿐만 아니라 식감 또한 중요한 요소이기 때문에 곱취의 생육 시 어느 정도의 차광은 필요할 것으로 판단된다. 곱취의 엽수는 전광보다 광량이 부족한 차광 처리구에서 상대적으로 많게 조사되었는데, 이것은 상대적으로 광량이 적기 때문에 엽수를 증가시켜 더 넓은

수광면적을 확보하려는 현상으로 사료된다. 한편, Park 과 Bae(2012)는 차광처리(0%, 30%, 50%, 80%)된 산마늘의 엽수가 차광률이 높아질수록 작아져 80% 차광에서 가장 낮은 것으로 보고하였는데, 이러한 결과는 90% 차광에서 가장 많은 엽수로 조사된 본 실험의 곱취 유묘와는 다른 경향을 보였다.

본 실험에서 전광과 95% 차광 보다 35~75% 차광의 엽생장이 상대적으로 높게 조사된 것은 그 식물이 요구하는 광수준을 충족(Ahn 등, 2002; Kim 등, 2010a; Lee 등, 2012)시켰기 때문으로 판단된다. Kim 등(2010a)은 5월에 조사된 차광별 곱취의 경우, 전광에서 엽수는 가장 작게, 엽두께는 가장 두껍게 조사된 것으로 보고하여 본 실험과 동일한 결과를 보인 것으로 나타났다.

4. 뿌리생장 특성

일반적으로 뿌리는 한곳에 식물을 고정시키는 역할을 하며, 토양으로부터 수분과 무기영양분을 흡수하고, 탄수화물을 저장하는 기능을 가지고 있다(Lee, 1993). 본 실험의 곱취 유묘는 포장에 이식하기 위한 목적으로 생산하는 유묘로서 이식 후 활착이 좋기 위해서는 뿌리생장이 매우 중요하다고 할 수 있다. 차광수준을 달리하여 생육한 곱취 유묘의 뿌리 영상은 Fig. 3과 같으며 차광별 뿌리 발달은 전광에서 가장 좋은 것으로 나타났다. 뿌리는 95% 차광을 제외하고, 전반적으로 양호한 생장을 보여 근계가 잘 형성된 것으로 조사되었다. 또한, 용

Table 3. Leaf morphological characteristics of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Shading (%)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (L, cm)	Leaf width (W, cm)	Leaf index (L/W)	SLA (cm ² ·g ⁻¹)	LAR (cm ² ·g ⁻¹)	Leaf thickness (mm)	No. of leaves
0	32.2±9.0a	6.5±0.9b	7.0±0.9a	0.93±0.06b	163.6±17.5cd	69.1±13.6c	0.21±0.02a	2.7±0.5b
35	37.3±5.9a	7.1±0.8b	7.9±0.7a	0.90±0.09b	123.4±35.5d	63.4±16.5c	0.18±0.02b	3.2±0.4b
50	39.3±13.9a	7.5±1.1ab	8.3±1.6a	0.90±0.11b	174.1±24.7bc	72.7± 8.0c	0.18±0.03b	3.2±1.0b
75	37.1±15.4a	8.4±1.5a	7.5±1.3a	1.15±0.30a	212.9±62.6b	106.2±40.7b	0.17±0.02bc	3.0±0.6b
95	14.7±2.5b	4.4±0.4c	5.0±0.5b	0.87±0.04b	283.0±26.2a	161.2±13.2a	0.15±0.01c	4.5±0.5a

²Mean±SD(n = 6). Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p = 0.05).

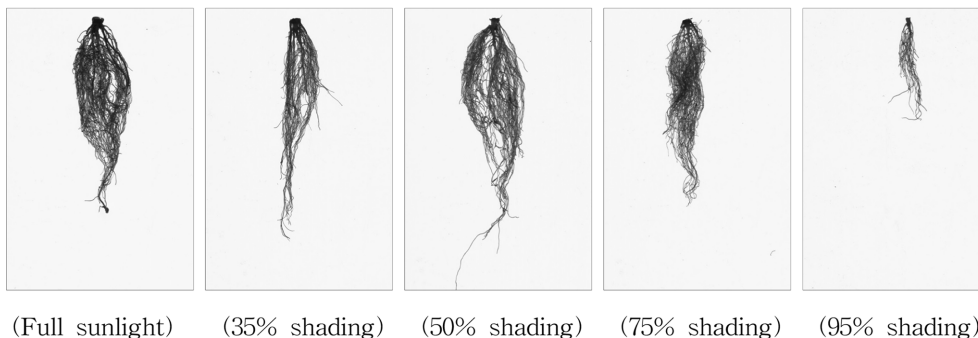


Fig. 3. Root images of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Table 4. Root morphological traits of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Shading (%)	Total root length (cm)	Root project area (cm ²)	Root surface area (cm ²)	Root diameter (mm)	Root volume (cm ³)
0	1090.6± 94.1 ² a	36.9±3.1a	115.8± 9.6a	0.34±0.02a	0.98±0.12a
35	619.4± 56.9b	19.9±2.3c	62.5± 7.1c	0.32±0.01ab	0.50±0.07c
50	854.8± 61.1a	27.5±3.2ab	86.5±10.1ab	0.32±0.02ab	0.70±0.12ab
75	825.4±123.6ab	25.5±4.0bc	80.0±12.5bc	0.31±0.01b	0.62±0.11bc
95	152.8± 39.6c	5.2±1.4d	16.2± 4.3d	0.34±0.01ab	0.14±0.04d

²Mean±SD(n = 6). Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test(p = 0.05).

Table 5. Percentage total root length by different root diameter classes of *L. fischeri* seedlings grown under different shading levels.

Shading (%)	Root diameter classes (mm)						
	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6<
	Percentage of total root length						
0	3.1	25.3	35.5	22.9	4.2	3.9	5.1
35	2.2	35.3	35.5	16.4	3.1	3.1	4.5
50	1.3	34.2	34.7	18.7	3.8	3.3	3.9
75	1.8	38.2	34.9	16.0	3.2	2.9	3.0
95	3.0	23.0	38.9	22.2	3.3	5.3	4.3

기 내에서 자란 뿌리가 생육상토와 견고하게 밀착하여 용기로부터 분리하더라도 근계가 깨지지 않을 정도의 뿌리 발달 결과는 이식 성공 요인의 한 가지가 될 것으로 판단된다. 포장에 이식할 때 보다 높은 생산의 효율성을 위해서 더 작은 용적의 tray를 이용한 생육과 밀도 실험이 필요할 것으로 사료된다.

WinRhizo 프로그램을 이용한 성장 묘목의 뿌리 형태 특성 분석의 가장 큰 장점은 기존 영상 분석에서 겹쳐지는 부분에 대한 문제점을 해결한 점(Wang과 Zhang, 2009)으로 뿌리의 길이와 직경급의 분포 비율은 뿌리체계를 묘사하거나 비교하는데 있어서 매우 중요한 형질로 고려(Bouma 등, 2000)될 수 있다.

차광수준에 따른 곱취 유묘의 뿌리 형태 특성을 조사한 결과, 전체뿌리길이는 전광에서 1090.6cm로 가장 긴 것으로 조사되었으며, 그 다음은 50, 75, 35, 95% 차광순으로 높게 나타났다(Table 4). 한편, 95% 차광의 전체 뿌리길이는 다른 처리구의 14.0~24.7% 수준으로 가장 짧은 것으로 조사되었다. 평균 뿌리직경은 75% 차광에서 가장 낮게 조사되었는데, 이 처리구의 전체뿌리길이가 긴 것을 보면, 이것은 상대적으로 세근이 많았기 때문으로 사료된다.

곱취의 전체뿌리길이를 직경급별 비율로 나타낸 결과, 세근으로 판단되는 0~0.2mm의 뿌리 직경급에서는 75% 차광에서 약 40%로 가장 높은 비율로 조사되었으며 95% 차광에서 약 26%로 가장 낮은 비율을 보였다

(Table 5). 또한, 전광에서는 95% 차광 다음으로 낮은 비율로 나타났다. 이러한 곱취 유묘의 세근 발달 결과는 성장, 성장량(지상부 및 전체) 및 엽생장 등에서 조사된 결과와 부합되는 것으로 나타났다. 본 실험의 결과를 종합적으로 판단할 때, 포장에 정식 후 좋은 성장을 유도하기 위해서는 이식용 유묘의 건전한 생육이 중요한데, 이러한 이식묘 생산에는 50% 정도의 차광이 적합할 것으로 판단되는 바이다.

적 요

본 연구는 기능성 산채로서 수요가 확대되고 있는 곱취를 포장에서 본격적으로 생산하는데 필요한 이식용 유묘를 생산하는 과정에서 차광처리가 반음지식물인 곱취 유묘의 초기 성장에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시하였다. 실험은 차광수준(전광 및 35, 50, 75, 95% 차광)을 달리하여 실시하였으며, 차광별 성장과 형태적 특성을 각각 조사하였다. 실험 결과, 곱취의 초장은 75%차광에서 17.3cm, 뿌리직경은 전광에서 2.13mm로 가장 높은 성장을 보인 것으로 조사되었다. 부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 생체중은 모두 50% 차광에서 각각 1.784g, 1.330g, 0.791g, 3.905g으로 가장 높은 것으로 조사되었다. 건물중의 경우, 지상부(잎, 줄기)와 전체 건물중은 35% 차광에서, 뿌리는 전광에서 가장 높게 나타났다. S/R율, 부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 함수율은 모두 95% 차광에서 가장 높은 것으로 나타났다. 엽면적은 50% 차광에서 39.3cm²로 가장 높게 조사되었으며, SLA와 LAR은 차광 처리구에서 차광률이 높아질수록 증가하였다. 엽두께는 차광률이 높아질수록 얇아지는 경향을 보였다. 뿌리 특성에서는 95% 차광을 제외하고 전반적으로 좋은 성장을 보였으나 상대적으로 35~75% 차광에서 세근발달이 더 좋은 것으로 나타났다. 본 실험결과를 종합적으로 살펴보면, 곱취의 유묘는 50% 차광처리하여 생육하는 것이 포장 이식용 유묘 생산에 보다 효과적일 것으로 판단된다.

추가주제어 : 성장특성, 함수율, 건중비, 잎 생장, 뿌리분석

Literature Cited

- Ahn, M.H., J.H. Kim, J.L. Kim, and S.J. Choi. 2002. Development of high quality production technology (Research Project). p. 1-7. (in Korean)
- Arsenault, J.L., S. Poulcur, C. Messier, and R. Guay. 1995. WinRHIZO, a root-measuring system with a unique overlap correction method. *HortScience*. 30(4):906.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 28:355-377.
- Bouma, T.J., K.L. Nielsen, and B. Koutstaal. 2000. Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. *Plant and Soil*. 218:185-196.
- Choi, E.M., Y. Ding, H.T. Nguyen, S.H. Park, and Y.H. Kim. 2007. Antioxidant activity of Gomchi (*Ligularia fischeri*) leaves. *Food Science and Biotechnology*. 16(5):710-714.
- Cooper, C.S. and M. Qualls. 1967. Morphology and Chlorophyll Content of Shade and Sun Leaves of Two Legumes. *Crop Sci*. 7(6):672-673.
- Ha, J.B., C.S. Lim, H.Y. Kang, Y.S. Kang, S.J. Hwang, H.S. Mun, and C.G. An. 2012. Effect of shading methods on growth and fruit quality of paprika in summer season. *Journal of Bio-Environment Control*. 21(4):419-427. (in Korean)
- Hong, J.K., S.S. Ham, C.H. Park, K.J. Chang, and W.B. Kim. 1999. Wild edible greens production and using. *JS Press* p. 80-86. (in Korean)
- Hwang, B.Y., J.H. Lee, T.H. Koo, H.S. Kim, Y.S. Hong, J.S. Ro, K.S. Lee, and J.J. Lee. 2002. Furanoligularenone, an eremophilane from *Ligularia fischeri*, inhibits the LPS-induced production of nitric oxide and prostaglandin E2 in macrophage RAW264.7 cells. *Planta Medica*. 68(2):101-105.
- Kim, G.N., M.S. Cho, and K.W. Kwon. 2010a. Analysis growth performance and ascorbic acid contents of *Allium victorialis* var. *platyphyllum*, *Ligularia fischeri*, and *L. stenocephala* under changing light intensity. *Journal of Korean Forest Society*. 99(1):68-74. (in Korean)
- Kim, G.T. 2003. A study on the growth, photosynthetic rate and chlorophyll contents of *Ligularia fischeri* by the growing sites. *Journal of Korean Forest Society*. 92(4):374-379. (in Korean)
- Kim, G.T. 2008. A comparison of photosynthetic characteristics of three *Ligularia* species under-tree cultivation. *Korean Journal of plant resources*. 21(5):357-361. (in Korean)
- Kim, J.J., K.J. Lee, K.S. Song, Y.G. Cha, Y.S. Chung, J.H. Lee and T.S. Yoon. 2010b. Exploration of optimum container for production of *Larix leptolepis* container seedlings. *Journal of Korean Forest Society*. 99(4):638-644. (in Korean)
- Lee, K.C., H.B. Lee, W.G. Park, and S.S. Han. 2012. Physiological response and growth performance of *Parasenecio firmus* under different shading treatments. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 14(2):79-88. (in Korean)
- Lee, K.J. 1993. *Tree Physiology*. SNU Press. p. 109-130. (in Korean)
- Lee, K.T., S.J. Koo, S.H. Jung, J. Cho, H.J. Jung, and H.J. Park. 2002. Structure of three new terpenoids, spiciformins a and b, and monocyclosqualene, isolated from the herbs of *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* and cytotoxicity. *Archives of Pharmacal Research*. 25(6):820-823.
- Lee, S.Y., H.J. Kim, J.H. Bae, J.S. Shin, and S.W. Lee. 2007. Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea. *Journal of Bio-Environment Control*. 16(4):388-394. (in Korean)
- Marini, R.P. and J.A. Barden. 1982. Light penetration on overcast and clear days, and specific leaf weight in apple trees as affected by summer of dormant pruning. *Journal American Society for Horticultural Science*. 107(1):39-43.
- Na, Y., J.H. Kim, K.S. Sim, B.C. Lee, and H.B. Pyo. 2006. Effects of antioxidation and inhibition of matrix metalloproteinase-1 from *Ligularia fischeri*. *Journal of The Society of Cosmetic Scientists of Korea*. 32(3):129-134. (in Korean)
- Park, B.M. and J.H. Bae. 2012. Effect of shading levels on the growth and chlorophyll contents of *Allium victorialis* L. var. *platyphyllum* Makino. *Journal of Bio-Environment Control*. 21(3):281-285. (in Korean)
- Park, B.M., C.H. Kim, J.H. Bae, and J.R. Shin. 2011. Effect of shading levels on the soil properties, growth characteristics, and chlorophyll contents of *Ligularia stenocephala*. *Journal of Bio-Environment Control*. 20(4):352-356. (in Korean)
- Park, H.J. and M.Y. Choi. 2007. Antinociceptive effects of 3,4-Dicaffeoyl Quinic acid of *Ligularia fischeri* var. *spiciformis*. *Korean Journal of Plant Resources*. 20(3):221-225.
- Park, S.B., M.J. Kim, Y.M. Park, S.I. Hwang, and E.G. Kim. 2012. Profitability analysis for *Ligularia fischeri* forest farming. *Journal of Korean Forest Society*. 101(3):426-433. (in Korean)
- Reich, P.B., M.G. Tjoelker, M.B. Walters, D.W. Vanderklein, and C. Buschena. 1998. Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. *Functional Ecology*. 12:327-338.
- Reynolds, H.L. and C.D. Antonio. 1996. The ecological significance of plasticity in root weight ratio in response to nitrogen: Opinion. *Plant and Soil* 185: 75-97.
- Wang, M.B. and Q. Zhang. 2009. Issues in using the WinRHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots. *Acta Ecologica Sinica*. 29(2):136-138.