

차광처리에 따른 병풍삼의 용기 내 발아 및 초기생장 특성

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

¹국립산림과학원 남부산림자원연구소, ²건국대학교 녹지환경계획학과

Characteristics of Germination and Early Growth of *Parasenecio firmus* in Container by Shading Treatment

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, Jinju 660-300, Korea

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

요약: 본 연구는 병풍삼을 대상으로 종자의 전처리(상온건조, 저온건조, 수침처리를 각각 48시간 동안 실시)에 따른 차광처리별 발아특성과 유묘의 생장특성을 알아보고자 하였다. 실험은 전처리된 종자를 용기에 파종하여 차광시설(전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광)에 각각 배치하여 진행하였다. 종자의 발아율은 25.7~61.1%의 범위로 조사되었으며 전광 내 수침처리구에서 61.1%로 가장 높게 나타났다. 병풍삼 유묘의 초장생장은 95% 차광에서, 근원직경은 전광에서 가장 높은 것으로 조사되었다. 엽생장(엽면적, 엽장, 엽폭, 엽두께)과 뿌리생장(전체뿌리길이, 뿌리투영단면적, 뿌리표면적, 평균뿌리직경, 뿌리부피)은 전반적으로 35%~75% 차광에서 양호한 것으로 조사되었으며 95% 차광에서는 가장 저조한 생장을 보였다. 또한, 부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 생중량은 모두 50% 차광에서, 지상부(잎, 줄기)와 전체 건중량은 75% 차광에서 가장 높은 것으로 조사되었으며 95% 차광에서는 모든 부위에서 가장 저조한 생장을 보인 것으로 나타났다 따라서 본 실험의 결과를 종합하면, 병풍삼의 종자는 수침처리하여 높은 광도에서 발아시킨 후 어느 정도의 차광처리(50%~75% 차광)를 하는 것이 용기 유묘생산에 보다 효과적일 것으로 판단된다.

Abstract: This study was carried out in order to investigate the germination and the early growth characteristics of *Parasenecio firmus*. Seed pre-treatment before the each experiment was carried out by shading treatment (with drying at room temperature (DRT), drying at low temperature (DLT) and water soaking (WS) for 48 hours). Experiment was performed by shading treatment (full sunlight, 35%, 50%, 75%, and 95% shading). Seeds of *Parasenecio firmus* were surveyed the highest germination rate (61.1%) in full sunlight with WS (overall 25.7~61.1%). Height was surveyed the highest under 95% shading. And root collar diameter was surveyed the highest in full sunlight. Fresh weights (leaf, shoot, root and total) were the highest under 50% shading. Dry weights (leaf, shoot and total) were the highest under 75% shading. It was indicated the lowest leaf, shoot, root and total under 95% shading. Leaf growth (leaf area, leaf length, leaf width and leaf thickness) and root growth (total root length, root project area, root surface area, root diameter and root volume) were good under 35%~75% shading, but the lowest under 95% shading. As a result of surveying the whole experiment, seed of *Parasenecio firmus* grows well under 50%~75% shading after germination by high sunlight with water soaking (WS).

Key words: *Parasenecio firmus*, pre-treatment, shading treatment, germination rate, leaf growth, root growth

서론

최근 웰빙(well-being)을 추구하는 사람들이 늘어나고 있으며, 이러한 웰빙의 일환으로 사람들의 (식)생활양식 또한 점차 변화되고 있어 산체에 대한 소비가 두드러지게

증가하고 있는 추세이다. 산채란 인위적으로 재배되고 있는 작물이 아닌, 산에서 자생하는 식물로 그 중 식용이 가능한 식물을 말한다. 참죽나무, 두릅나무, 쫄레꽃과 같이 나무의 순을 이용하는 것도 있으나, 초본을 이용하는 것이 대부분이며, 실제로는 기호성이 좋고, 식품으로서의 가치가 높은 식물 80여종 정도만을 산채로 이용하고 있다 (Nam and Baik, 2005).

*Corresponding author
E-mail: jeonks@forest.go.kr

병풍쌈(*Parasenecio firmus*)은 한국, 중국, 일본 등에 분포하는 국화과 다년생 식물로 박쥐나물속(*Parasenecio*)에 속하며 깊은 산속에서 자생한다. 병풍쌈은 향과 식감이 뛰어난 뿐만 아니라 진통, 소염, 항바이러스, 간보호, 항산화, 혈소관응집억제 등에 효과를 보이는 것으로 보고되었으며(Lee et al., 2011; Zhao and Zhao, 2006), caffeoylquinic acid를 함유하고 있어 신경질환, 심혈관질환, 당뇨병, 동맥경화 등과 같은 질환에 유익한 기능성 산채로 보고되었다(Park et al., 2009). 이러한 영향으로, 과거에 구황식물로 이용되기도 하였던 병풍쌈은 현재 높은 고부가가치 식품으로 기대되고 있다.

한편, 병풍쌈은 자생지가 극히 제한적이며, 산채로서의 뛰어난 식용가치 때문에 수요가 급증하고 있어 자연산 채취로는 그 수요를 감당할 수 없으며(Kim, 1995), 사람들의 남획에 의해 개체수가 급격히 줄어들고 있는 실정이다(Jin and Ahn, 2010). 또한, 현재 재배된 병풍쌈의 생장 및 생리 등의 연구결과는 많지 않은 실정으로, 추후에 자생지의 보호뿐만 아니라 병풍쌈의 재배를 위해서도 다양한 연구가 진행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 수요가 확대되고 있는 산채 중 병풍쌈을 대상으로 종자의 전처리와 광조건에 따른 종자의 발아특성 및 광수준별 유묘의 생장특성을 조사·분석하여 병풍쌈의 증식기술 개발에 이바지하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

본 실험의 공시 식물은 병풍쌈[*Parasenecio firmus* (Kom.) Y.L. Chen]이다. 종자는 강원도 인제에서 2013년 3월에 구입하였으며 본 실험에 사용된 종자의 품질은 Table 1과 같다.

공시 용기는 육묘용 플라스틱 72구 tray(72 cavities, L27.5 × W54.0 × H4.5 cm)로서 이 tray의 구 용적은 약 39.2 mL이며 생육밀도는 1 m²에 484이다. 상토는 코코피트, 피트모스, 질석, 지오라이트, 펄라이트가 6:1:1:1:1(용적기준)로 혼합된 상토를 사용하였다.

2. 종자 전처리

파종하기 전에 병풍쌈 종자를 48시간 동안 각각 상온건조(Drying at room temperature, DRT), 4°C 저온건조

(Drying at low temperature, DLT) 및 수침처리(Water soaking, WS) 조건으로 전처리를 실시하였다.

3. 차광처리

실험은 비닐온실 내 전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광망을 이용하여 설치된 국립산림과학원 남부산림자원연구소 가좌시험림 내 차광시설에서 2013년 3월 6일에 실시되었다.

광도는 2013년 3월 6일 맑은 날에 조사하였으며 각 처리구별 세 지점을 측정하여 평균을 내었다. 차광처리구별 광도는 각각 613 μmol·m⁻²·s⁻¹(전광), 370 μmol·m⁻²·s⁻¹(35% 차광), 320 μmol·m⁻²·s⁻¹(50% 차광), 158 μmol·m⁻²·s⁻¹(75% 차광), 39 μmol·m⁻²·s⁻¹(95% 차광)로 조사되었다. 각 처리구의 광수준은 LI-250 Light meter(LI-COR, USA)로 측정하였다.

4. 조사방법

전처리된 견실한 종자를 플라스틱 트레이 용기(72 cavities)에 각 구마다 1립씩 파종하였으며(2013년 3월 6일), 차광조건별(전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광)로 파종용기 3개씩 배치하였다. 그리고 각 처리구의 원활한 종자 발아를 위하여 모든 차광처리구에 비닐을 씌워 습도를 유지하였고, 고온으로 인한 피해를 방지하기 위하여 내부 온도가 높은 오후 1~2시에는 비닐을 개방해 주었다.

1) 발아특성 조사

파종 후, 매일 발아된 종자 개수를 조사하여 발아율(Germination rate, GR), 발아기(Days to 50% of germination of final germination rates, T₅₀), 평균발아일수(Mean germination time, MGT), 발아균일도(Germination uniformity, GU), 발아속도(Germination speed, GS)를 아래의 식을 이용하여 구하였다(Coolbear et al., 1984; Edwards, 1934; Gordon, 1971).

- GR = (N / S) × 100
; N : 총 발아수, S : 총 공시 종자수
- T₅₀ = Ti + (Tj - Ti) × (N/2 - Ni) / (Nj - Ni)
; N : 총 발아수, Ni : N에 대한 50% 발아 직전까지 총 발아수, Nj : N에 대한 50% 발아 직후까지 총 발아수, Ti : Ni 시점까지 소요된 발아기간, Tj : Nj 시점까지 소요된 발아기간

Table 1. Size and quality of *P. firmus* seed.

Seed length (mm)	Seed width (mm)	1000 seeds weight (g)	1 liter weight (g)	Seed no./kg	Seed no./L
8.68±0.53 ²	1.51±0.19	7.062	547.53	141,598	77,529

²Mean±SD.

- $MGT = \Sigma (Tx \cdot Nx) / N$
; N : 총 발아수, Nx : 조사 당일 발아수, Tx : 치상 후 조사일수
- $GU = \Sigma [(MGT - Tx)^2 \cdot Nx] / N - 1$
; N : 총 발아수, Nx : 조사 당일 발아수, Tx : 치상 후 조사일수
- $GS = \Sigma (Nx / Tx)$
; Nx : 조사 당일 발아수, Tx : 치상 후 조사일수

2) 생장 및 성장량 조사

파종 후 45일이 경과한 시점(2013년 5월 21일)에 15개체를 대상으로 생장(초장, 근원직경) 조사를 하였고, 성장량은 부위별(잎, 줄기, 뿌리)로 생중량과 건중량을 측정하였다. 건중량의 경우, Drying Oven (DS-80-5, Dasol Scientific Co. Ltd, 한국)에서 105로 72시간 건조한 후 부위별로 측정하였다. 또한, 생중량과 건중량을 통하여 함수율을 구하였으며 광수준에 따른 생장특성을 분석하기 위하여 S/R ratio((Leaf+shoot)/root ratio, S/R), 엽건중비(Leaf dry weight ratio, LWR), 줄기건중비(Shoot dry weight ratio, SWR), 뿌리건중비(Root dry weight ratio, RWR)를 구하였다.

- $S/R \text{ ratio} = \text{Shoot(leaf+shoot) dry weight} / \text{Root dry weight}$
- $LWR(g \cdot g^{-1}) = \text{Leaf dry weight} / \text{Total dry weight}$
- $SWR(g \cdot g^{-1}) = \text{Shoot dry weight} / \text{Total dry weight}$
- $RWR(g \cdot g^{-1}) = \text{Root dry weight} / \text{Total dry weight}$

3) 엽생장 조사

차광수준에 따른 병풍쌈 유묘(파종 후 45일 경과)의 엽생장특성을 비교·분석하기 위하여 휴대용엽면적 측정기인 Portable Area Meter(LI-3000C, LI-COR, Inc., USA)를 이용하여 측정하였으며, 엽두께는 Digimatic Caliper(Mitutoyo Co., JAPAN)를 이용하여 세 지점을 측정 후 평균값을 산출하였다. 또한, L/W ratio(Leaf length/Leaf width, L/W), 엽면적비(Specific leaf area, SLA), 엽면적율(Leaf area ratio, LAR)을 구하였다.

- $L/W \text{ ratio} = \text{Leaf length} / \text{Leaf width}$
- $SLA(cm^2 \cdot g^{-1}) = \text{Leaf area} / \text{Leaf dry weight}$
- $LAR(cm^2 \cdot g^{-1}) = \text{Leaf area} / \text{Total dry weight}$

4) 뿌리생장 조사

WinRhizo 프로그램(2009 버전, Regent Instrument Inc., Canada)을 이용하여 차광처리별 뿌리의 영상 분석(Root image analysis) 및 전체길이(Total root length), 투영단면적(Total projected root area), 표면적(Total root surface area), 부피(Total root volume), 평균직경(Average root

diameter) 등을 조사하였다(Kim et al., 2010b).

5. 통계처리

차광처리별 모든 측정치에 대하여 SPSS version 20을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 이때 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 발아특성

실험 결과, 병풍쌈 종자의 발아율은 25.7~61.1%로 조사되었으며 이때 가장 높은 발아율은 전광 내 수침처리구로 나타났다(Figure 1). 차광처리별로는 대부분 상온건조처리된 종자 보다 저온건조와 수침처리된 종자에서 발아율이 상대적으로 높게 조사되었는데, 이는 온도와 수분이 종자에 전처리되어 발아에 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다(Bewley and Black, 1985; Bonner, 1988). 또한, 본 실험에서 대부분 상온건조처리구 보다 저온건조와 수침처리구 종자의 발아율이 상대적으로 높게 나타났는데 이는 저온 또는 습윤처리가 효과를 보인 것으로 사료된다(Schopmeyer, 1974).

병풍쌈 종자의 발아특성에 대한 조사결과는 Table 2와 같이 발아기(T_{50})는 전체적으로 20.8~27.8일로 조사되었으며, 차광처리별로 수침처리구가 20.8~23.3일로 상온건조처리구의 24.1~27.8일보다 모두 짧은 것으로 조사되었다. 이는 발아율과 부합되는 결과로 수침처리를 통해 휴면이 일부 타파되어 발아기(T_{50})가 짧아진 것으로 사료된다. 전처리 종자의 평균발아일수(MGT)는 전광의 상온건조처리구에서 28.2일로 가장 긴 것으로 조사되었으며 차광처리별로는 대부분 수침처리 종자가 짧은 것으로 조사되었다. 발아기(T_{50})와 평균발아일수의 상온건조처리구는 각

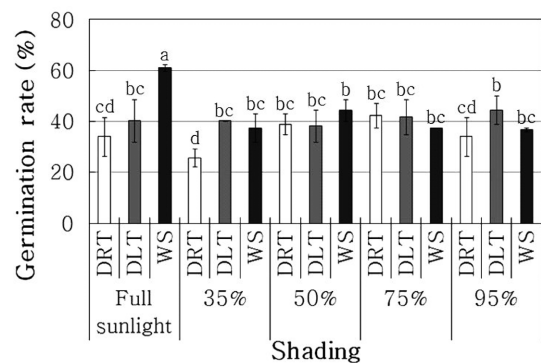


Figure 1. Effects of shading rates on germination rate of *P. firmus* seeds pre-treated with drying at room temperature (DRT), drying at low temperature (DLT), and water soaking (WS). Bars indicate SD.

Table 2. Effects of shading on T_{50} , mean germination time, germination uniformity and germination speed of *P. firmus* seeds pre-treated with drying at room temperature (DRT), drying at low temperature (DLT) and water soaking (WS).

Shading (%)	Pre-treatment	T_{50}^w (days)	Mean germination time (days)	Germination uniformity	Germination speed
Full sunlight	DRT ^z	27.2±0.5 ^a	28.2±0.9 ^a	39.0±1.4abcd	0.92±0.24cd
	DLT ^y	21.4±0.4 ^{de}	23.4±1.2 ^{cde}	43.2±13.8abcd	1.33±0.33bc
	WS ^x	22.8±0.6 ^{cde}	22.8±0.4 ^e	40.6±6.2abcd	2.09±0.07 ^a
35	DRT	24.1±0.9 ^{bc}	25.1±0.2 ^{bc}	34.5±5.0bcd	0.77±0.10 ^d
	DLT	23.8±0.4 ^{bcd}	24.8±0.9 ^{bcd}	42.8±13.0abcd	1.25±0.04 ^{bc}
	WS	20.8±1.2 ^e	22.7±1.7 ^e	47.6±17.5abc	1.30±0.27 ^{bc}
50	DRT	25.5±0.0 ^{ab}	26.6±0.1 ^{ab}	41.6±8.8abcd	1.11±0.10 ^{bcd}
	DLT	22.8±0.6 ^{cde}	23.7±0.5 ^{cde}	31.4±8.3 ^{cd}	1.22±0.21 ^{bcd}
	WS	23.3±1.0 ^{bcde}	24.8±0.5 ^{bcd}	51.2±9.5 ^{ab}	1.40±0.12 ^b
75	DRT	27.8±1.3 ^a	26.5±0.6 ^{ab}	31.4±7.5 ^{cd}	1.21±0.15 ^{bc}
	DLT	22.7±1.3 ^{cde}	24.3±1.2 ^{cde}	30.3±5.2 ^d	1.30±0.27 ^{bc}
	WS	21.3±0.3 ^{de}	23.5±0.1 ^{cde}	48.1±6.4 ^{abc}	1.24±0.00 ^{bcd}
95	DRT	24.4±2.2 ^{bc}	26.6±1.0 ^{ab}	52.7±4.4 ^a	0.99±0.27 ^{bcd}
	DLT	25.6±1.1 ^{ab}	26.2±0.4 ^b	40.2±0.2 ^{abcd}	1.29±0.15 ^{bc}
	WS	22.0±3.5 ^{cde}	23.0±2.5 ^{de}	31.7±4.7 ^{cd}	0.77±0.31 ^d

^zDrying at room temperature.^yDrying at low temperature.^xWater soaking.^wDays to 50% of germination of final germination rates.^vMean±SD.

차광처리구 내에서 가장 길게 조사되어 발아기(T_{50})와 평균발아일수가 정의 관계를 보이는 것으로 나타났다. 발아균일도(GU)는 95% 차광의 상온건조처리구에서 52.7로 가장 높은 값을 보였다. 저온건조처리 종자의 경우는 95% 차광을 제외하고 차광률이 높아질수록 낮아지는 경향을 보였으나, 모든 차광에서 유의성을 보이지 않았다. 발아속도(GS)는 차광처리별 유의성을 보이며 전광의 수침처리구에서 가장 빠른 것으로 조사되었으며, 차광처리별로는 95% 차광을 제외하고 상온건조처리 종자가 가장 느린 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 병풍삼 종자를 직접 파종하여 생산 시에는 수침처리를 한 후 높은 광도를 유지하는 것이 발아에 보다 효과적일 것으로 판단된다. 이는 Park et al.(2010)의 병풍삼 종자가 다양한 환경조건에 따라 발아율이 차이를 보인다는 보고와 유사한 결과로서 본 실험의 결과 또한 종자의 휴면타파가 발아에 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다.

2. 생장특성

본 실험의 발아조사에서 발아율 및 발아균일도가 전처리 중 차광처리별로 유의성을 보이지 않은 저온건조처리구에서 자라고 있는 병풍삼을 대상으로 생장조사를 실시하였다.

1) 초장 및 근원직경생장

병풍삼의 초장은 차광률이 높아질수록 커져 95% 차광

Table 3. Effects of shading rates on height and root collar diameter growth of *P. firmus* seedling.

Shading (%)	Height (cm)	Root collar diameter (mm)	Main root length (cm)
0	4.3±1.2 ^b	2.01±0.74 ^a	7.8±1.3 ^b
35	4.5±0.6 ^b	1.54±0.35 ^{ab}	6.7±2.1 ^{bc}
50	5.9±0.9 ^a	1.60±0.24 ^{ab}	12.9±1.9 ^a
75	6.5±0.5 ^a	1.38±0.19 ^b	12.5±2.1 ^a
95	6.6±0.7 ^a	1.05±0.45 ^b	4.8±1.6 ^c

^zMean±SD.

에서 6.6 cm로 가장 길게 조사되었으나 50% 차광 이상의 처리구에서는 유의성이 나타나지 않았다. 근원직경은 여러 뿌리 중 가장 굵은 뿌리를 선별하여 측정된 것으로 전광에서 2.01 mm로 가장 크게 조사되었으며 차광률이 높아질수록 작아지는 경향을 보였다. 근장은 50%와 75% 차광에서 각각 12.9 cm와 12.5 cm로 유의성을 보이며 긴 것으로 조사된 반면, 95% 차광에서는 4.8 cm로 가장 짧게 나타났다(Table 3). 특히, 95% 차광에서 초장은 높은 생장을 보였으나 근원직경과 근장은 가장 낮은 생장을 보였는데, 이는 식물의 적정 광도이상의 과도한 차광이 생장을 저해시켰기 때문으로 사료된다(Boardman, 1977). 이러한 원인으로 인해 Figure 2에서 보는 바와 같이 95% 차광에서는 생육활동이 저해되어 병풍삼의 생장이 제대로 이루어지지 않은 것으로 판단되고(Hiroki and Ichino, 1998),

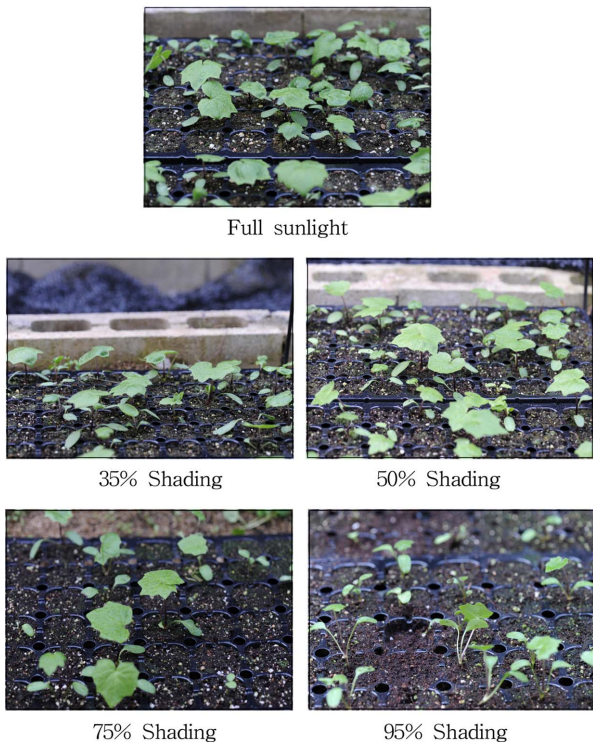


Figure 2. Pictures of initial growth under various shading rates of *P. firmus* seedling.

모든 식물은 환경에 영향을 받아 각 기관에 전류시키는 동화산물의 양을 조절하는 식물의 자가조절 능력에 기인한다는(Kridermann et al., 1976) 기존 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

따라서 병풍쌈의 생장이 전광 보다 차광처리구에서 상대적으로 높은 생장을 보인 것은 적절한 광조건을 충족시켰을 때 생장이 좋다는(Lee et al., 2012; Park et al., 2004) 기존 연구와 일치함을 알 수 있었다.

2) 엽생장

엽면적, 엽장 및 엽폭은 차광률이 높아질수록 증가하여 75% 차광에서 각각 37.3 cm², 7.6 cm, 7.7 cm로 가장 높은 것으로 조사되었고, L/W 또한 차광률이 높아질수록 증가하는 경향을 보이며 95% 차광에서 1.04로 가장 높게 나

타났다(Table 4). 이렇게 병풍쌈의 엽면적이 95% 차광을 제외하고 전광보다 상대적으로 광량이 부족한 차광처리구에서 넓은 것으로 조사되었는데 이는 상대적으로 광량이 적기 때문에 엽면적을 증가시켜 더 넓은 수광면적을 확보하려는 현상으로 사료된다(Cooper and Qualls, 1967). 또한, 본 실험에서 95% 차광 보다 다른 차광처리구의 엽생장이 상대적으로 높게 조사된 것은 그 식물이 요구하는 광수준을 충족시켰기 때문이다(Ahn et al., 2002; Kim et al., 2010a; Lee et al., 2012).

엽면적비(SLA)는 엽건중량에 대한 엽면적비율을 나타내는 비율로 엽 두께를 간접적으로 나타내는 것으로 값이 클수록 엽두께가 얇은 것을 의미한다. 엽면적율(LAR)은 총건중량에 대한 엽면적비율을 나타내며 값이 클수록 개체 마다 큰 수광면적을 가지게 된다. 이러한 SLA와 LAR은 본 실험의 95% 차광에서 각각 406.9 cm²·g⁻¹과 228.2 cm²·g⁻¹로 가장 높게 조사되었는데 이는 병풍쌈이 95% 차광에서 웃자란 것으로 조사된 것과 부합되는 결과로 판단된다.

엽두께는 전광에서 가장 두꺼운 것으로 조사되었으며 차광률이 높아질수록 얇아지는 경향을 보여 95% 차광에서 0.14 mm로 가장 얇게 조사되었다. 이는 엽면적비(SLA)와 유사한 경향을 보인 것으로 나타났다. 특히, 산채는 기능성뿐만 아니라 식감 또한 중요한 요소이기 때문에 엽두께가 얇은 병풍쌈을 생산하기 위해서는 생육 시 어느 정도의 차광이 필요할 것으로 판단되며 광환경에 따른 잎의 형태적 변화에 있어서 낮은 광조건에서 성장한 잎의 경우에는 수광량을 높이기 위해 넓은 엽면적을 갖으나 높은 광조건에서 성장한 잎은 두꺼운 잎을 가진다는 보고와 동일한 결과를 보였다(Marini and Barden, 1982; Salisbury and Ross, 1992).

3) 뿌리생장

차광수준을 달리하여 생육한 병풍쌈의 뿌리 영상은 Figure 3과 같이 뿌리 발달은 50% 차광에서 가장 좋은 것으로 나타났으며 95% 차광을 제외하고는 전반적으로 양호한 생장을 보였다.

Table 4. Leaf morphological characteristics of *P. firmus* seedling by shading rates.

Shading (%)	Leaf area (cm ²)	Leaf length (L, cm)	Leaf width (W, cm)	Leaf aspect ratio (L/W)	SLA ² (cm ² · g ⁻¹)	LAR ³ (cm ² · g ⁻¹)	Leaf thickness (mm)
0	25.6±3.6 ^c	6.2±0.49 ^c	6.5±0.8 ^b	0.96±0.15 ^a	166.3±61.7 ^{bc}	89.8±31.8 ^b	0.27±0.03 ^a
35	25.8±1.3 ^c	6.0±0.26 ^c	6.5±0.3 ^b	0.93±0.06 ^a	125.1±17.7 ^c	69.6±5.5 ^b	0.24±0.02 ^{ab}
50	31.9±4.8 ^b	6.8±0.52 ^b	7.0±0.6 ^b	0.98±0.06 ^a	253.4±92.7 ^b	108.5±35.3 ^b	0.22±0.02 ^b
75	37.3±3.4 ^a	7.6±0.41 ^a	7.7±0.5 ^a	0.99±0.08 ^a	162.4±41.7 ^{bc}	97.5±16.5 ^b	0.21±0.04 ^b
95	12.0±3.5 ^d	4.3±0.80 ^d	4.2±0.7 ^c	1.04±0.12 ^a	406.9±121.3 ^a	228.2±47.7 ^a	0.14±0.03 ^c

²Mean±SD(n=6).

³SLA(Specific leaf area)=Leaf area/Leaf dry weight

³LAR(Leaf area ratio)=Leaf area/Total dry weight

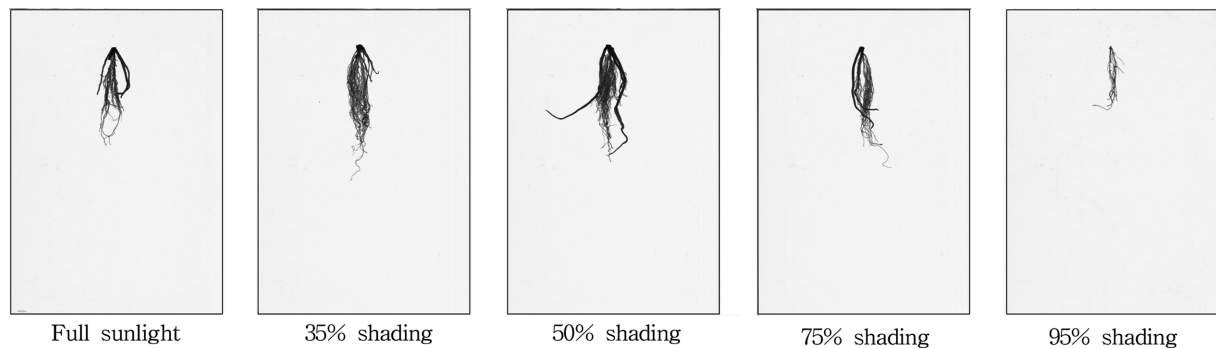


Figure 3. Root images of *P. firmus* seedlings by shading rates.

Table 5. Root morphological traits of *P. firmus* seedlings by shading rates.

Shading (%)	Total root length (cm)	Root project area (cm ²)	Root surface area (cm ²)	Root diameter (mm)	Root volume (cm ³)
0	212.5±68.5 ^b	9.1±2.8 ^b	28.6±8.9 ^b	0.43±0.03 ^a	0.31±0.10 ^b
35	329.5±102.3 ^a	13.5±3.1 ^a	42.6±9.8 ^a	0.42±0.04 ^a	0.44±0.07 ^a
50	379.7±98.9 ^a	15.6±4.3 ^a	48.9±13.6 ^a	0.41±0.04 ^{ab}	0.51±0.17 ^a
75	291.3±67.2 ^{ab}	12.8±2.9 ^a	40.1±9.3 ^a	0.44±0.02 ^a	0.44±0.11 ^a
95	47.7±21.5 ^c	1.8±0.8 ^c	5.6±2.4 ^c	0.37±0.05 ^b	0.05±0.02 ^c

^aMean±SD(n=6).

Table 6. Effects of shading rates on percentage (%) total root length by different root diameter classes of *P. firmus* seedlings.

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<
0	2.3	19.7	27.9	23.4	9.5	6.9	10.3
35	3.2	20.6	32.8	24.2	4.8	4.0	10.4
50	3.2	24.9	33.3	21.7	3.4	3.0	10.5
75	2.5	16.6	32.8	27.7	5.3	3.2	11.9
95	5.4	20.0	30.3	27.1	5.7	4.0	7.6

광수준에 따른 병풍삼 유묘의 뿌리생장을 조사한 결과, 전체 길이는 50% 차광에서 379.7 cm로 가장 긴 것으로 조사되었고, 그 다음은 35%와 75% 차광 순으로 높게 나타났다. 이들에 대한 유의성은 나타나지 않았다(Table 5). 이는 지하부의 성장량과 건중량이 50% 차광에서 높게 조사된 것과 유사한 결과로 사료된다. 한편, 95% 차광의 전체뿌리길이는 다른 처리구의 12.6~22.4% 수준으로 조사되어 뿌리부분은 엽생장과 동일한 경향을 보인 것으로 나타났다.

전체뿌리길이를 직경급별 비율로 나타낸 결과, 세근으로 판단되는 0.2 mm 이하 직경급은 50% 차광에서 28.1%로 가장 높은 비율로 조사되었는데 이는 50% 차광에서 평균뿌리직경이 가장 낮은 것과 부합되는 결과로 사료된다. 한편, 95% 차광에서 25.4%로 높은 비율을 보였는데 이는 상대적으로 현저히 낮은 뿌리생장을 하였기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 병풍삼의 세근 발달 결과는 생중량과 건중량, 그

리고 엽생장 등에서 조사된 결과와 부합되는 것으로써 이를 종합하면 병풍삼은 50~75% 차광에서 비교적 양호한 성장을 하는 것으로 판단되며 이들은 이식 후에도 좋은 성장을 보일 것으로 사료된다.

4) 부위별 물질생산량

부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 생중량은 50% 차광에서 각각 1.165 g, 0.262 g, 0.890 g, 2.317 g으로 가장 높게 조사되었으며, 그 다음은 75% 차광이었으나 이 두 차광 수준 사이에서는 유의성은 없었다(Table 7). 지상부(잎과 줄기)의 건중량은 75% 차광에서 잎과 줄기가 각각 0.240 g과 0.056 g으로 가장 높게 조사되었으며, 지하부 뿌리는 50% 차광에서 0.145 g으로 가장 높은 것으로 조사되었다. 95% 차광에서는 현저하게 저조한 성장을 보이며 지상부와 지하부 모두 가장 낮은 것으로 조사되었다.

S/R은 50% 차광에서 1.4로 가장 낮은 것으로 조사되었으며 75%와 95% 차광에서는 각각 3.3과 12.3으로 S/R을

Table 7. Effects of shading rates on fresh weight and dry weight of *P. firmus* seedling.

Shading (%)	Leaf (g)		Shoot (g)		Root (g)		Total (g)		S(L+S)/R ratio
	FW ²	DW ³	FW	DW	FW	DW	FW	DW	
0	0.781 ±0.196 ^b	0.170 ±0.061 ^{bc}	0.137 ±0.066 ^b	0.046 ±0.018 ^a	0.451 ±0.167 ^b	0.092 ±0.027 ^b	1.370 ±0.374 ^c	0.308 ±0.096 ^a	2.3 ±0.5 ^b
35	0.769 ±0.089 ^b	0.210 ±0.032 ^{ab}	0.140 ±0.035 ^b	0.042 ±0.007 ^a	0.705 ±0.091 ^{ab}	0.120 ±0.028 ^{ab}	1.614 ±0.152 ^{bc}	0.372 ±0.033 ^a	2.2 ±0.7 ^b
50	1.165 ±0.383 ^a	0.139 ±0.045 ^c	0.262 ±0.101 ^a	0.043 ±0.017 ^a	0.890 ±0.434 ^a	0.145 ±0.072 ^a	2.317 ±0.599 ^a	0.327 ±0.122 ^a	1.4 ±0.5 ^b
75	1.030 ±0.073 ^a	0.240 ±0.048 ^a	0.262 ±0.040 ^a	0.056 ±0.015 ^a	0.650 ±0.174 ^{ab}	0.093 ±0.019 ^b	1.943 ±0.185 ^{ab}	0.388 ±0.042 ^a	3.3 ±0.8 ^b
95	0.288 ±0.088 ^c	0.030 ±0.009 ^d	0.131 ±0.025 ^b	0.017 ±0.004 ^b	0.051 ±0.027 ^c	0.005 ±0.003 ^c	0.470 ±0.125 ^d	0.052 ±0.012 ^b	12.3 ±6.5 ^a

²Fresh weight.
³Dry weight.
⁴Mean±SD.

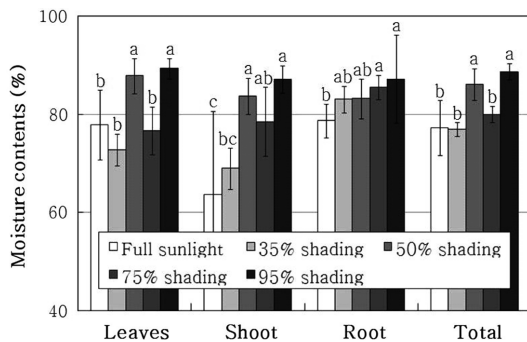


Figure 4. Effects of shading rates on moisture contents of *P. firmus*. Bars indicate SD. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test (p=0.05).

이 높게 조사되었다. 이는 뿌리로 분배시키는 광합성 산물의 비율이 유입되는 광량이 감소되었기 때문으로(Loach, 1970) 생각된다. 일반적으로 광의 감소는 줄기와 뿌리 부위의 건물생산량을 감소시킨다고 알려져 있지만(Strothmann, 1967), 본 실험의 공시 품목인 병풍쌈은 음지식물로서, 줄기와 뿌리 부위의 건물생산량은 전광부터 75% 차광까지 유의적 차이를 보이지 않았다.

식용으로 이용되는 잎과 줄기의 함수율은 비정상적인 생장을 보인 95% 차광을 제외하면 50% 차광에서 각각 87.8과 83.7로 가장 높은 것으로 조사되었고, 뿌리의 함수율은 차광률이 높아질수록 높아지는 경향을 보인 것으로 나타났다(Figure 4). 한편, 본 실험의 병풍쌈은, 임간재배지에서 병풍쌈을 차광처리(전광 및 25%, 55%, 75%, 95% 차광) 후 생육하였을 때 95% 차광에서 가장 높은 함수율로 나타난 것과 동일한 결과를 보였다(Yoon et al., 2013). 이러한 산채는 생산뿐만 아니라 식감도 중요한데, 병풍쌈은 50%~95% 차광에서 수분함유율이 높은 경향을 보여 보다 좋은 식감을 보일 것으로 사료된다.

각 차광처리별 병풍쌈의 균형적인 성장 여부를 분석하

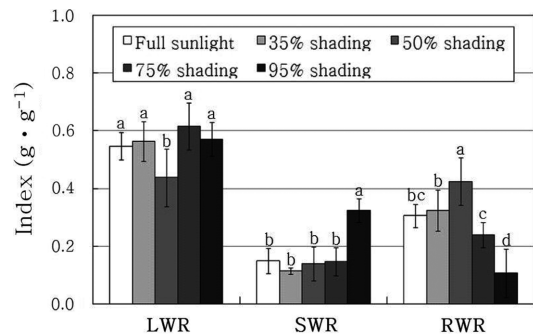


Figure 5. Effects of shading rates on leaf dry weight ratio (LWR), shoot dry weight ratio (SWR) and root dry weight ratio (RWR) of *P. firmus*. Bars indicate SD. Different letters in each column indicate significant differences according to Duncan's multiple range test (p=0.05).

고자 엽건중비(LWR), 줄기건중비(SWR) 및 뿌리건중비(RWR)를 구하였다. LWR은 전체적으로 0.44~0.62의 범위로 조사되었으며 75% 차광에서 가장 높은 것으로 나타났다. SWR은 95% 차광에서 유의성을 보이며 0.32로 가장 높게 조사되었고, 다른 차광처리구들(전광 및 35%, 50%, 75% 차광)은 유의성을 보이지 않으며 0.11~0.15의 범위로 조사되었는데 이는 95% 차광에서 모든 부위의 성장량이 저조했고, 광량이 부족했기 때문에 줄기가 비정상적으로 성장한 것으로 사료된다. RWR은 0.11~0.42의 범위로 50% 차광을 중심으로 가장 높게 조사되었으며 차광률이 높아질수록 낮아져 95% 차광에서 가장 낮게 나타났다(Figure 5).

결론

병풍쌈 종자의 발아율은 25.7~61.1%의 범위로 조사되었으며 전광 내 수침처리구에서 61.1%로 가장 높게 나타났다. 병풍쌈 유묘의 초장생장은 95% 차광에서, 근원직경은 전광에서 가장 높은 것으로 조사되었다. 엽생장(엽면

적, 엽장, 엽폭, 엽두께)과 뿌리생장(전체뿌리길이, 뿌리투영단면적, 뿌리표면적, 평균뿌리직경, 뿌리부피)은 전반적으로 35%~75% 차광에서 양호한 것으로 조사되었으며 95% 차광에서는 가장 저조한 생장을 보였다. 또한, 부위별(잎, 줄기, 뿌리) 및 전체 생중량은 모두 50% 차광에서, 지상부(잎, 줄기)와 전체 건중량은 75% 차광에서 가장 높은 것으로 조사되었으며 95% 차광에서는 모든 부위에서 가장 저조한 생장을 보인 것으로 나타났다.

따라서 본 실험의 결과를 종합하면, 병풍삼의 종자는 수침처리하여 전광의 높은 광도에서 발아시킨 후 어느 정도의 차광처리(50%~75% 차광)를 하는 것이 용기 유효생산에 보다 효과적일 것으로 판단된다.

References

- Ahn, M.H., Kim, J.H., Kim, J.L., and Choi, S.J. 2002. Development of high quality production technology (Research Project). pp. 7.
- Arsenault, J.L., Poulcur, S., Messier, C., and Guay, R. 1995. WinRHIZO, a root-measuring system with a unique overlap correction method. *HortScience* 30(4): 906.
- Bewley, J.D. and Black, M. 1985. Seeds : physiology of development and germination. *Physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Academic, Australia. pp. 1-27.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 355-377.
- Bonner, F.T. 1988. Seeds of woody plants. *Advances in Research and Technology of Seeds* 11: 81-112.
- Bouma, T.J., Nielsen, K.L., and Koutstaal, B. 2000. Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter. *Plant and Soil* 218: 185-196.
- Coolbear, P., Francis, A., and Grierson, D. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *Journal of Experimental Botany* 35: 1609-1617.
- Cooper, C.S. and Qualls, M. 1967. Morphology and Chlorophyll Content of Shade and Sun Leaves of Two Legumes. *Crop Science* 7(6): 672-673.
- Edwards, T.I. 1934. Relations of germinating soybeans to temperature and length of incubation time. *Journal of Plant Physiology* 9: 1-30.
- Gordon, A.G. 1971. The germination resistance test-a new test for measuring germination quality of cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 51: 181-183.
- Hiroki, S. and Ichino, K. 1998. Comparison of growth habits under various light conditions between two climax species, *Castanopsis sieboldii* and *Castanopsis cuspidata*, with special reference to their shade tolerance. *Ecological Research* 13(1): 65-72.
- Jin, Y.H. and Ahn, Y.H. 2010. Comparison of Ecological Characteristics of *Parasenecio firmus* Population in Korea and China. *Journal of the Environmental Sciences* 19(2): 197-207.
- Kim, G.N., Cho, M.S., and Kwon, K.W. 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.
- Kim, J.J., Lee, K.J., Song, K.S., Cha, Y.G., Chung, Y.S., Lee, J.H., and Yoon, T.S. 2010b. Exploration of Optimum Container for Production of *Larix leptolepis* Container Seedlings. *Journal of Korean Forest Society* 99(4): 638-644.
- Kim, W.B. 1995. Crop cultivation - Protected cultivation situation and technique of wild vegetable. *Korean Research Society for Protected Horticulture* 8(1): 71-80.
- Kriedemann, P.E., Loveys, B.R., Possingham, J.V., and Satoh, M. 1976. Sink effects on stomatal physiology and photosynthesis. In : *Transport and transfer processes in plants*. Proceedings of a Symposium 1975. Academic Press. pp. 401-414.
- Lee, J.H., Park, A.R., Choi, D.W., Kim, J.D., Kim, J.C., Ahn, J.H., Lee, H.Y., Choe, M., Choi, K.P., Shin, I.C., and Park, H.J. 2011. Analysis of chemical compositions and electron-donating ability of 4 Korean wild sannamuls. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 19(2): 111-116.
- Lee, K.C., Lee, H.B., Park, W.G., and Han, S.S. 2012. Physiological response and growth performance of *Parasenecio firmus* under different shading treatments. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 14(2): 79-88.
- Loach, K. 1970. Shade tolerance in tree seedlings II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. *New Phytol* 69(2): 273-286.
- Marini, R.P. and Barden, J.A. 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.
- Nam, Y.K. and Baik, J.A. 2005. Status of Research and Possibility of Development about Endemic Wild Vegetables in Korea. *Journal of Korean Society People, Plants, Environment* 8(1):1-10.
- Park, H.J., Nugroho, A., Lee, J.H., Kim, J.D., Kim, W.B., Lee, K.R., and Choi, J.S. 2009. HPLC analysis of caffeoylquinic acids in the extract of *Cacalia firma* and peroxynitrite scavenging effect. *Korean Journal of Pharmacognosy* 40(4): 365-369.
- Park, J.M., Kang, J.H., and Kim, M.B. 2004. Growth and yield of *Atractylodes japonica* Koidz. affected by shading and flower bud pinching. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 12(3): 231-236.
- Park, W.G., Kim, Y.S., Lee, H.B., Kim, Y.S., Kim, N.J., and Kim, N.Y. 2010. Seed characteristics of *Parasenecio fir-*

- mus* Kom. and its growth comparison among forest stands. *Journal of Forest Science* 26(3): 219-223.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. *Plant physiology*, 4th ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, USA. pp. 257.
- Schopmeyer, C.S. 1974. *Seeds of Woody Plants in the United States*. USDA Agriculture. Handbook. No. 450. Forest Service USDA. Washington D.C. pp. 883.
- Strothmann, R.O. 1967. The influence of light and moisture on the growth of red pine seedlings in Minnesota. *Forest Science* 13: 182-191.
- Wang, M.B. and Zhang, Q. 2009. Issues in using the Win-RHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots. *Acta Ecologica Sinica* 29(2): 136-138.
- Yoon, J., Jeon, K., Song, K., Kim, C. and Lee, D. 2013. Early growth and physiological characteristics of *Parasenecio firmus* by shading conditions in forest farming. *Journal of Medicinal Plant and Natural Product Research* 79: 1236-1236.
- Zhao, Y. and Zhao, J. 2006. Advances in caffeoylquinic acid research. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* 31: 869-874.
-
- (2014년 6월 1일 접수; 2014년 8월 20일 채택)