韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 22(4) : 295 – 300 (2014)

ISSN(Print) 1225-9306
ISSN(Online) 2288-0186
http://www.medicinalcrop.org
http://dx.doi.org/10.7783/KJMCS.2014.22.4.295

임간재배지에서 상대광도에 따른 병풍쌈의 생장 및 엽특성 비교

송기선*・전권석*†・윤준혁*・김창환*・박용배*・김종진**

*국립산림과학원 남부산림자원연구소, **건국대학교 녹지환경계획학과

Comparison of Growth and Leaf Characteristics of *Parasenecio firmus* by Different Relative Light Intensity in Forest Farming

Ki Seon Song*, Kwon Seok Jeon*†, Jun Hyuck Yoon*, Chang Hwan Kim*, Yong Bae Park* and Jong Jin Kim**

**Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea.*
***Department of Environmental Design, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea.*

ABTSRACT : This study was carried out to produce more *Parasenecio firmus* in forest farming. In order to achieve this purpose, it was surveyed the growth and photosynthetic characteristics of *P. firmus*. Relatively light intensity was controlled by 100%, 60%, 30% and 5% of full sunlight. Height was the highest under 5% of full sunlight. Shoot diameter was the highest in full sunlight. Fresh weight (leaf, stem, root and total) and dry weight (leaf, root and total) were the highest under 30% of full sunlight. S (leaf + stem)/R (root) ratio was the lowest under 30% of full sunlight and the highest under 5% of full sunlight. In leaf characteristics, leaf area, SLA and LAR were getting higher in the lower light level and the highest under 5% of full sunlight (176.1 ㎠, 420.5 ㎠・g^{-1} and 123.5 ㎠・g^{-1}). Especially, leaf area was surveyed higher under 30% of full sunlight in the next. Leaf thickness was getting lower in the lower light level and the lowest under 5% of full sunlight (overall 0.14 ~ 0.24 ㎜). As a result of surveying the whole experiment, *P. firmus* grows well under 30% and 5% of full sunlight in forest farming.

Key Words **:** Forest Farming, Leaf Area, *Parasenecio firmus*, Relative Light Intensity

서 언

산채란 인위적으로 재배되고 있는 작물이 아닌, 산에서 자생하는 식물로 그 중 식용이 가능한 식물을 말하는데, 참죽, 두릅, 찔레와 같이 나무의 순을 이용하는 것도 있으나, 초본을 이용하는 것이 대부분이다 (Nam and Baik, 2005). 우리나라에 자생하고 있는 식물 중에서 산채로 이용이 가능한 식물은 약 480여종으로 식용 200종, 약용과 식용 겸용 280종으로 분류되고 있으며, 그 중에 기호성이 좋고 식품적 가치가 높은 식물은 약 90여종 정도이다 (Suh, 2011). 병풍쌈 (*Parasenecio firmus*)은 깊은 산의 숲속에서 자라는 다년초로서 높이가 12 m 이고 세로줄이 있다. 뿌리에서 돋은 잎은 잎자루가 긴 원형으로 심장저이며 지름이 35 ~ 100 ㎝ 이다. 잎의 표면은 녹색이고 털이 없으며 뒷면은 연한녹색으로서 그물맥이 있고, 맥 위에 털이 약간 있다. 어린순은 독특한 향기가 있으며 식용으로 이용한다 (Lee, 2003).

병풍쌈 추출물은 진통, 소염, 항바이러스, 간보호, 항산화, 혈소판응집억제 등의 기능성 효과를 지닌 것으로 보고되었다 (Lee *et al.*, 2011a, b, c; Park *et al.*, 2009; Zhao and Zhao, 2006). 이러한 영향으로, 과거에 구황식물로 이용되기도 하였던 병풍쌈은 현재 고부가가치 식품으로 기대되고 있다.

한편, 산채인 병풍쌈의 성분분석에 대한 연구는 다양한 부분에서 활발하게 진행되고 있으나 병풍쌈의 생리 및 생태적 특성에 관한 연구는 최근들어 연구결과가 일부 발표되고 있는 실정이다 (Jin and Ahn, 2010; Lee and Han, 2012; Lee *et al.*, 2012a). 추후에 자생지의 보호 뿐 만 아니라 기능성 산채인 병풍쌈의 효과적인 임간재배를 위해서 병풍쌈의 재배기술 개발 등의 다양한 연구가 진행될 필요가 있다.

†Corresponding author: (Phone) +82-55-760-5031 (E-mail) jeonks@forest.go.kr
Received 2014 June 16 / 1st Revised 2014 June 28 / 2nd Revised 2014 July 7 / 3rd Revised 2014 July 14 / Accepted 2014 July 15
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

따라서 본 연구에서는 주로 자연채취에 의존하는 병풍쌈의 생산을 확대하고자 임간재배지에서 생육된 병풍쌈의 상대광도별 생장 및 엽 특성을 조사하여 적정 생육환경을 구명하고 임간재배지 내 산채 생산을 위한 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 실험에 이용된 식물은 병풍쌈 (*Parasenecio firmus* (Kom.) Y. L. Chen)으로 2011년 10월에 강원도 화천에서 생산된 1년생 묘종을 구입하여 임간재배지의 차광시설에 이식 후 2년 동안 재배관리하였다.

2. 임간지의 재배환경 및 차광 처리

실험은 국립산림과학원 남부산림자원연구소 월아시험림 내 임간재배 시험지에서 수행하였으며, 시험지의 지형적 특징은 Table 1과 같다. 임간지의 토양의 화학성은 pH 4.47, 유기물 함량 2.78%, 전질소 함량 0.11%, 유효인산 함량 1.09 ppm 및 염기치환용량이 15.70 $cmol^{+} \cdot kg^{-1}$ 이었다.

임간재배지 내 차광시설은 흑색 차광망을 이용하여 투광량을 조절하였는데, 상대광도를 전광 (임간재배 상태의 차광조건), 전광대비 약 60%, 30% 및 5%로 각각 조절하여 설치하였다. 차광처리구별 광도는 2013년 6월 3일 맑은 날에 광도계(LI-250 Light meter, LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska, USA)를 이용하여 각 차광처리구 내 다섯 지점을 측정하여 평균을 구했으며, 각각 354.3 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (전광), 212.7 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (전광의 약 60%), 101.2 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (전광의 약 30%), 8 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (전광의 약 5%)로 나타났다.

3. 생육특성 조사

2013년 6월 3일에 상대광도별 16개체를 대상으로 생장 조사를 하였다. 초장, 줄기직경 및 근장을 조사하고, 잎, 줄기 및 뿌리를 각각 분리하여 부위별로 생중량을 측정하였다. 건중량은 Drying Oven (DS-80-5, Dasol Scientific Co. Ltd, Hwaseong, Korea)에서 105℃로 72시간 건조한 후 부위별로 측정하였다. 또한, 함수율을 구하였으며, 상대광도별 병풍쌈의 생장특성을 분석하기 위해 S/R ratio (Leaf + shoot/root ratio), LWR (Leaf dry weight ratio), SWR (Shoot dry weight ratio), RWR (Root dry weight ratio)를 구하였다.

Table 1. General characteristics of the experimental site.

Aspect	Slope (º)	Altitude (m)	Growing stock (㎥/ha)
N	5 ~ 14	50 ~ 75	123.9

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

병풍쌈의 상대광도별 엽생장 특성을 분석하고자 생장조사 실시 후 휴대용 엽면적 측정기인 Portable Area Meter (LI-3000C, LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska, US)를 이용하여 엽면적을 측정하였으며, 엽두께는 Digimatic Caliper (Mitutoyo Co., Kanagawa, Japan)를 이용하여 세 지점을 측정 후 평균값을 산출하였다. 또한, L/W ratio (Leaf length/Leaf width), SLA (Specific leaf area), LAR (Leaf area ratio)을 아래의 식을 이용하여 구하였다.

- L/W ratio = Leaf length/Leaf width
- SLA ($㎠ \cdot g^{-1}$) = Leaf area/Leaf dry weight
- LAR ($㎠ \cdot g^{-1}$) = Leaf area/Total dry weight

4. 통계 처리

병풍쌈의 상대광도별 측정치에 대한 분석은 SPSS version 20을 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시하였다. 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)를 실시하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 상대광도별 병풍쌈의 생장 특성

본 실험에서는 병풍쌈의 지상부를 식용으로 이용하기 때문에 먼저 초장과 줄기직경을 조사하였다. 초장은 상대광도 5%에서 17.2 ㎝로 가장 컸으며, 상대광도 60% 처리구에서는 유의성을 보이며 가장 낮았다. 줄기직경과 근장은 전광 처리구와 상대광도 60% 처리구에서 각각 4.85 ㎜와 33.1 ㎝로 가장 높았으나 유의성은 보이지 않았고, 상대광도 5% 처리구에서는 모두 가장 낮은 값을 보이는 것으로 나타났다 (Table 2).

Lee 등 (2012a)은 병풍쌈을 묘포장에서 전광, 약차광 (전광의 45 ~ 55%), 중차광 (전광의 65 ~ 75%), 강차광 (전광의 88 ~ 92%)으로 구분하여 실험한 결과, 전광 처리구에서는 6월에 강한 광과 고온으로 인해 모두 고사하였다고 보고하여 임간재배지에서 실시된 본 실험과는 다른 결과를 보인 것으로 나타났다. 이것은 본 실험의 대조구에는 차광처리를 하지 않았지만, 임간재배지의 특성상 자연적으로 차광이 이루어져 유입되는 광량이 수시로 변화했기 때문으로 판단되며, 이러한 영향으로 본 실험의 대조구에서 상대광도 60% 보다 초장과 줄기직경이 더 컸던 것으로 판단된다. 한편, 산약초인 삽주를 차

Table 2. Effects of relative light intensity on height, shoot diameter and main root length growth of *Parasenecio firmus*.

Relative light intensity (%)	Height (㎝)	Shoot diameter (㎜)	Main root length (㎝)
100	15.7 ± 2.4a	4.85 ± 1.16a	27.5 ± 8.8**a*
60	13.4 ± 1.5b	4.34 ± 0.54a	33.1 ± 12.9a
30	16.1 ± 1.9a	4.38 ± 0.38a	30.4 ± 3.6a
5	17.2 ± 1.9a	3.48 ± 0.82b	24.1 ± 2.8a

*Different letters in each column indicate significant differences according to DMRT ($p < 0.05$). **Mean ± SD (n = 16).

Table 3. Effects of relative light intensity on fresh weight and dry weight of *Parasenecio firmus*.

Relative light intensity (%)	Leaf		Shoot		Root		Total		S (L + S) /R ratio
	Fresh Weight	Dry Weight	Fresh Weight	Dry Weight	Fresh Weight	Dry Weight	Fresh Weight	Dry Weight	
100	2.40 ± 0.97a	0.57 ± 0.32a	1.00 ± 0.45a	0.19 ± 0.14a	6.89 ± 0.36a	1.52 ± 0.47ab	10.28 ± 1.73ab	2.28 ± 0.92ab	0.47 ± 0.13**ab*
60	2.03 ± 0.22a	0.50 ± 0.07a	1.07 ± 0.09a	0.22 ± 0.03a	7.64 ± 1.92a	1.73 ± 0.63ab	10.74 ± 2.19ab	2.45 ± 0.70ab	0.45 ± 0.12b
30	3.00 ± 0.14a	0.67 ± 0.13a	1.15 ± 0.64a	0.21 ± 0.14a	9.17 ± 2.47a	2.25 ± 0.52a	13.33 ± 3.13a	3.13 ± 0.73a	0.40 ± 0.10b
5	2.33 ± 0.49a	0.43 ± 0.11a	1.12 ± 0.16a	0.14 ± 0.02a	3.83 ± 0.46b	0.86 ± 0.13b	7.27 ± 0.48b	1.43 ± 0.26b	0.65 ± 0.06a

*Different letters in each column indicate significant differences according to DMRT ($p < 0.05$). **Mean ± SD (n = 16).

광 처리 (전광 및 35%, 55%, 75% 차광)하여 생육한 경우에, 전광 처리구를 제외한 모든 차광 처리구에서는 차광률이 높아질수록 좋은 생장을 보이는 것으로 보고되어 (Park *et al.*, 2004) 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 초본인 바위솔 (Hong *et al.*, 2006)과 백수오 (Yoo *et al.*, 2013)도 광조건에 따라 생장의 차이를 보이는 것으로 보고되었는데, 이러한 결과들을 보면 광 수준의 차이는 생장에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

병풍쌈의 부위 (잎, 줄기, 뿌리) 및 전체의 생중량과 건중량을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 생중량의 경우, 잎, 줄기, 뿌리 및 전체가 상대광도 30%에서 각각 3.00 g, 1.15 g, 9.17 g, 13.33 g으로 가장 높았으나 잎과 줄기 부분은 유의성을 보이지 않는 것으로 나타났다. 건중량의 경우에는 잎, 뿌리 및 전체가 상대광도 30%에서 각각 0.67 g, 2.25 g, 3.13 g으로 가장 높게, 줄기 부위의 경우에는 상대광도 60%에서 0.22 g으로 가장 높았다 (Table 3). 상대광도 5% 처리구에서는 병풍쌈의 모든 부위의 건중량이 상대적으로 가장 작은 것으로 나타났는데, 이것은 일반적으로 광의 감소가 줄기와 뿌리 부위의 건중량을 감소시킨다는 보고 (Strothmann, 1967)와 동일한 결과로, 낮은 광도에서는 생육활동이 저해되기 (Hiroki and Ichino, 1998) 때문으로 판단된다.

한편, 삽주는 부위별 및 전체 생중량이 상대광도 25% 처리구에서 높은 것으로 보고되어 (Song *et al.*, 2014) 음지식물인 병풍쌈과 유사한 경향을 보였다. 또한, 수리취를 차광처리 (전광 및 4555%, 6575%, 8892% 차광)하여 생육 후 잎 건중량을 조사한 결과, 6575% 차광에서 가장 높은 것으로 보고되었는데 (Lee *et al.*, 2012b) 이러한 광 수준별 생장 반응의 차이는 자생지 환경의 다양한 광 수준 조건에 적응된 결과로 생각된다.

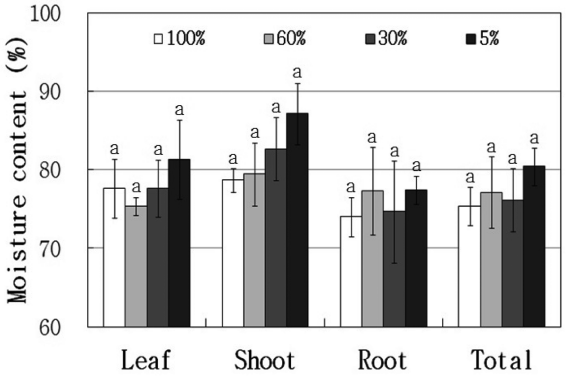

Fig. 1. Effects of light controls on moisture contents of *Parasenecio firmus*. Bars indicate mean ± SD (n = 16). Different letters in each element indicate significant differences according to DMRT ($p < 0.05$).

S/R율의 경우에는 상대광도 30% 처리구에서 0.40으로 가장 낮았다. 특히, 상대광도 5% 처리구에서는 유의성을 보이며 S/R이 높게 나타났는데, 이것은 광도 부족을 극복하기 위해 뿌리로 분배시키는 광합성 산물의 비율을 상대적으로 감소시켰기 (Kim, 2000; Loach, 1970) 때문으로 판단된다.

병풍쌈의 함수율을 조사한 결과, 식용으로 이용하는 잎과 줄기 부위의 함수율은 상대광도 5%에서 각각 81.3%와 87.1%로 가장 높았으며, 전광 처리구를 제외한 모든 처리구에서는 상대광도가 감소할수록 함수율이 증가하는 경향을 보였다. 이렇게 상대광도 5%에서 높은 함수율을 보인 것은 상대적으

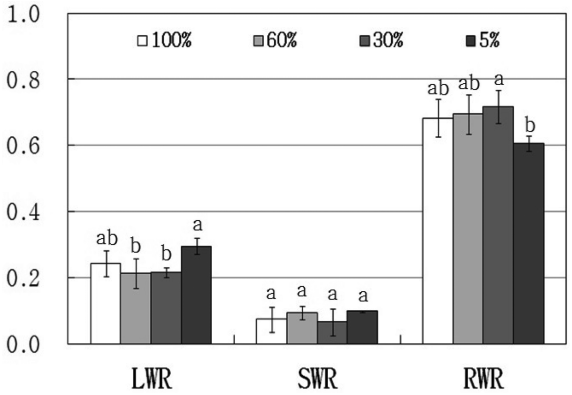

Fig. 2. Effects of light controls on LWR, SWR and RWR of *Parasenecio firmus*. Bars indicate mean ± SD (n = 16). Different letters in each element indicate significant differences according to DMRT ($p < 0.05$).

로 낮은 잎, 줄기 및 전체 건중량에 기인한 것으로 생각된다. 전체의 함수율도 상대광도 5%에서 80.4%를 보이며 상대적으로 높게 나타났으나 처리구별 유의성은 보이지 않았다. 뿌리 부위는 전체적으로 74.7 ~ 78.1% 범위의 함수율을 보였으며, 처리구간 유의성은 나타나지 않았다. 각 처리구별로는 잎 보다 줄기에서 상대적으로 높은 함수율을 보인 것으로 나타났다. 한편, 잎과 줄기는 상대광도 60%에서 가장 낮은 함수율을 보였으며, 뿌리는 상대광도 30%에서 가장 낮은 함수율을 보였다 (Fig. 1).

광, 수분, 양분 등의 환경조건에 대한 식물의 적응 반응에서 상대생장률을 최대로 하기위한 전략 (Reynolds and Antonio, 1996)으로 광합성에 의해 생산되는 물질의 분배 비율인 엽건중비 (Leaf dry weight ratio), 지상부건중비 (Shoot dry weight ratio), 뿌리건중비 (Root dry weight ratio)를 각각 조사하였다.

특히, 잎에 투자된 건중량을 나타내는 병풍쌈의 엽건중비 (LWR)의 경우 전체적으로는 0.21 ~ 0.30의 범위였으며 상대광도 5%에서 0.30으로 유의성을 보이며 가장 높게 나타났다. 지상부건중비 (SWR)는 모든 처리구에서 0.07 ~ 0.10의 범위를 보이며, 상대광도 5%에서 0.10으로 가장 높았으나 뿌리건중비 (RWR)는 상대광도 5%에서 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (Fig. 2). 이렇게 상대광도 5%에서 엽건중비 (LWR)는 높게, 뿌리건중비 (RWR)는 낮게 나타난 것은 상대광도 5% 처리구에서 광량이 부족한 병풍쌈이 뿌리 보다 잎의 생장을 촉진시켰기 때문으로 판단된다.

한편, Lee 등 (2012a)은 LWR이 강차광에서 가장 높은 것으로 보고하여 본 실험과 동일한 결과로 나타났다. Loach (1970)는 차광수준과 LWR의 관계는 수종에 따른 차이가 많다고 보고하였지만, 일반적으로 차광수준이 높아질수록 LWR도 높아지는 것으로 알려져 있다 (Choi *et al.*, 2002; Cornelissen, 1992; Walters *et al.*, 1993).

2. 상대광도별 병풍쌈의 엽생장 특성

상대광도 조절에 따른 병풍쌈의 엽생장 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 엽면적은 상대광도 5%에서 176.1 ㎠로 가장 컸으며 그 다음은 상대광도 30% 수준 이었는데, 이들에 대한 유의성은 보이지 않았다. 엽면적의 경우에 전광 처리구를 제외한 차광 처리구에서 차광률이 높아질수록 넓은 엽면적을 가지는 것으로 나타났다. 이렇게 전광 처리구를 제외하고 상대적으로 광량이 부족한 처리구에서 병풍쌈의 엽면적이 컸으며 이것은 상대적으로 광량이 적기 때문에 엽면적을 증가시켜 더 넓은 수광면적을 확보하려는 현상으로 보인다. 또한, 이렇게 상대광도가 낮은 처리구에서 유의적으로 높은 엽면적을 보이는 것은 병풍쌈에 유입되는 광량이 감소하여 잎의 생산에 상대적으로 동화산물을 더 사용하였기 (Kuroiwa *et al.*, 1964) 때문으로 판단된다. 엽건중비 (LWR)가 상대광도 5%에서 높은 값을 보인 결과와 부합되는 것으로 판단된다.

엽장은 상대광도 30%에서 18.4 ㎝로 가장 컸으나 모든 처리구에서 유의성을 보이지 않았다. 엽폭은 상대광도 30%에서 20.9 ㎝로 가장 높았으며 그 다음은 상대광도 5%에서 높은 것으로 나타났다. 엽면적, 엽장, 엽폭은 모두 상대광도 60% 처리구에서 가장 낮았으며 L/W는 전체에서 0.82 ~ 0.92로 처리구간 유의성은 보이지 않았다. 한편, 덩굴성 식물인 백수오, 이엽우피소, 박주가리 및 하수오의 잎은 엽폭 보다 엽장이 큰 것으로 보고되어 (Kim *et al.*, 2014) 본 실험과는 다른 결과를 보인 것으로 나타났다.

엽면적비인 SLA (specific leaf area)와 엽면적율인 LAR

Table 4. Leaf morphological characteristics of *Parasenecio firmus* by light controls.

Relative light intensity (%)	Leaf area (㎠)	Leaf length (㎝)	Leaf width (㎝)	Leaf aspect ratio (L/W)	SLA (㎠ · g^{-1})	LAR (㎠ · g^{-1})	Leaf thickness (㎜)
100	124.2 ± 38.0bc	16.7 ± 3.5a	19.0 ± 3.6ab	0.88 ± 0.11a	235.0 ± 48.5b	55.9 ± 6.1b	0.24 ± 0.03**a*
60	111.7 ± 11.1c	15.9 ± 3.6a	17.2 ± 2.7b	0.92 ± 0.09a	224.6 ± 17.5b	47.5 ± 8.8b	0.19 ± 0.04b
30	166.3 ± 18.8ab	18.4 ± 5.5a	20.9 ± 2.6a	0.86 ± 0.18a	249.6 ± 26.7b	54.2 ± 8.6b	0.19 ± 0.02b
5	176.1 ± 27.1a	16.4 ± 4.1a	19.8 ± 2.4ab	0.82 ± 0.16a	420.5 ± 48.0a	123.5 ± 3.9a	0.14 ± 0.02c

*Different letters in each column indicate significant differences according to DMRT ($p < 0.05$). **Mean ± SD (n = 16).

(leaf area ratio)은 본 실험의 상대광도 5% 처리구에서 각각 420.5 ㎠ · g^{-1}와 123.5 ㎠ · g^{-1}로 가장 높았다. 또한, 전광 처리구를 제외한 차광 처리구에서는 엽면적비 (SLA)와 엽면적율 (LAR)은 광량이 감소할수록 유의적으로 높아지는 경향을 보여 본 실험의 병풍쌈이 상대광도 5% 처리구에서 가장 얇은 엽두께와 가장 큰 수광면적을 가진 것으로 나타났다 (Table 4).

엽두께의 경우에 전체적으로는 0.14 ~ 0.24 ㎜의 범위를 보이며 전광 조건에서 가장 두꺼운 것으로 나타났으며 (Marini and Barden, 1982; Salisbury and Ross, 1992), 상대광도 5%에서 가장 얇은 것으로 나타나 엽면적비 (SLA)와 부합되는 결과를 보이는 것으로 나타났다.

이렇게 병풍쌈의 엽생장이 상대광도 30%와 5%에서 좋은 생장을 보인 것은 그 식물이 요구하는 광 수준을 충족시켰기 (Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2012a) 때문으로 판단된다. 본 실험의 결과를 종합하면, 병풍쌈의 지상부는 상대광도 30%와 5%에서 생중량과 잎의 면적이 상대적으로 양호한 생장을 보이며, 엽두께 또한 얇아 식감이 좋을 것으로 생각된다. 따라서 병풍쌈 재배 시 상대광도 30% 이하를 유지하는 것이 생산뿐 만 아니라 식감에도 좋을 것으로 판단된다.

REFERENCES

Choi JH, Kwon KW and Chung JC. (2002). Effect of artificial shade treatment on the growth and biomass production of several deciduous tree species. Journal of Korea Forestry Energy. 21:65-75.

Cornelissen JHC. (1992). Seasonal and year to year variation in performance of *Gordonia acuminata* seedlings in different light environments. Canadian Journal of Botany. 70:2405-2414.

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. 13:65-72.

Hong DO, Lee CW, Kim HY, Kang JH, Ryu YS and Shin SC. (2006). Shading effect on growth and flowering of *Orostachys japonicus* A. Berger. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 14:239-243.

Jin YH and Ahn YH. (2010). Comparison of ecological characteristics of *Parasenecio firmus* population in Korea and China. Journal of the Environmental Sciences. 19:197-207.

Kim GN, Cho MS and Kwon KW. (2010). 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. 99:68-74.

Kim JJ. (2000). Studies on optimum shading for seedling cultivation of *Cornus controversa* and *C. walteri*. Journal of Korean Forest Society. 89:591-597.

Kim MJ, Kim IJ, Choi SY, Han DH, Kim YH, Lim SC, Kim TJ, Nam SY, Song BH, Oh BU and Park CG. (2014). Comparison of *Cynanchum wilfordii*, *C. auriculatum*, *Metaplexis japonica* and *Polygonum multiflorum* by morphological characters. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:113-120.

Kuroiwa S, Horoi T, Takada K and Monsi M. (1964). Distribution ratio of net photosynthate to photosynthetic and non photosynthetic systems in shade plants. Botanical Magazine. Tokyo, Japan. 77:37-42.

Lee SE, Lee JH, Kim JK, Kim GS, Kim YO, Soe JS, Choi JH, Lee ES, Noh HJ and Kim SY. (2011a). Anti-inflammatory activity of medicinal plant extracts. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:217-226.

Lee JH, Lee BG, Park AR, Lee KJ, Choi DW, Han SH, Choi GP, Kim JD, Kim JC, Ahn JH, Lee HY, Shin IC and Park HJ. (2011b). *In vitro* antioxidant potential and oxidative DNA damage protecting activity of the ethanol extracts of *Cacalia firma* Komar. Journal of Applied Biological Chemistry. 54:258-264.

Lee JH, Park AR, Choi DW, Kim JD, Kim JC, Ahn JH, Lee HY, Choe M, Choi KP, Shin IC and Park HJ. (2011c). Analysis of chemical compositions and electron-donating ability of 4 Korean sild sannamuls. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:111-116.

Lee KC and Han SS. (2012). Evaluation of drought tolerance of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* obtained from pressure-volume curves. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:36-41.

Lee KC, Lee HB, Park WG and Han SS. (2012a). Pysiological response and growth performance of *Parasenecio firmus* under different shading treatments. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 14:79-89.

Lee KC, Noh HS, Kim JW, Ahn SY and Han SS. (2012b). Changes of characteristics related to photosynthesis in *Synurus deltoides* under different shading treatments. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:320-330.

Lee TB. (2003). Coloured flora of Korea(Vol. 2). Hyangmunsa. Seoul, Korea. p.1-910.

Loach K. (1970). Shade tolerance in tree seedlings: II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. New Phytologist. 69:273-286.

Marini RP and Barden JA. (1982). Light penetration on overcast and clear days, and specific leaf weight in apple tress as affected by summer of dormant pruning. Journal American Society for Horticultural Science. 107:39-43.

Nam YK and Baik JA. (2005). Status of research and possibility of development about endemic wild vegetables in Korea. Journal of Korean Society for People, Plants and Environment. 8:1-10.

Park HJ, Agung N, Lee JH, Kim JD, Kim WB, Lee KR and Choi JS. (2009). HPLC analysis of caffeoylquinic acids in the extract of *Cacalia firma* and peroxynitrite scavenging effect. Korean Journal of Pharmacognosy. 40:365-369.

Park JM, Kang JH and Kim MB. (2004). Growth and yield of *Atractylodes japonica* Koidz. affected by shading and flower bud pinching. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:231-236.

Reynolds HL and Antonio CD. (1996). The ecological significance

of plasticity in root weight ratio in response to nitrogen: Opinion. Plant and Soil. 185:75-97.

Salisbury FB and Ross CW. (1992). Plant physiology(4th ed.). Wadsworth Publishing Company. Belmont. California, USA. p.1-257.

Song KS, Jeon KS, Yoon JH, Kim CH, Park YB and Kim JJ. (2014). Growth and root development characteristics of *Atractylodes japonica* seedlings by different relative light intensity. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:154-159.

Strothmann RO. (1967). The influence of light and moisture on the growth of red pine seedlings in Minnesota. Forest Science. 13:182-191.

Suh JT. (2011). Current status and future prospects of Korean wild vegetables industry. Korean Journal of Food Preservation. 10:3-8.

Yoo JH, Seong ES, Lee JG, Kim CJ, Choi JH, Lee GH, Hwang IS, Hwang EB, Lim JD, Ahn YS, Park CB and Yu CY. (2013). Comparison of the characteristics of seed germination and the first stage of growth in *Cynanchum wilfordii*(Maxim.) by different light conditions. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:329-333.

Walters MB, Kruger PB and Reich PB. (1993). Growth, biomass distribution and CO_2 exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: Relationships with successional status and shade tolerance. Oecologia. 94:7-16.

Zhao Y and Zhao J. (2006). Advances incaffeoylquinic acid research. Zhonguo Zhongyao Zazhi. 31:869-874.