Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 24, No. 3:178-186, September (2015)
DOI http://dx.doi.org/10.12791/KSBEC.2015.24.3.178
pISSN 2288-0992
eISSN 2288-100X

온도와 차광수준에 따른 산부추의 발아반응 및 초기생육

전권석[1] · 송기선[1*] · 최규성[2] · 김창환[1] · 박용배[1] · 김종진[3]
[1]국립산림과학원 남부산림자원연구소, [2]국립수목원 유용식물증식센터, [3]건국대학교 녹지환경계획학과

Germination Responses and Early Growth of *Allium thunbergii* by Temperature and Shading Level

Kwon-Seok Jeon[1], Kyu-Seong Choi[2], Ki-Seon Song[1*], Chang-Hwan Kim[1], Yong-Bae Park[1], and Jong-Jin Kim[3]

[1]Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea
[2]Useful Plants Resources Center, Korea National Arboretum, Yangpyeong 476-845, Korea
[3]Department of Environmental Design, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract. This study was carried out to determine the effects of environment controls (temperature and shading level) on germination responses and early growth of *Allium thunbergii*. Germination experiment was performed by pre-treatment (with low temperature and wetting treatments for 0, 20, 40 and 60 days) and temperature controls (5, 10, 15, 20, 25 and 30). And growth experiment was performed by containers (128 and 200 cavities containers) and shading level (full sunlight (control), 35%, 50% and 75% shading). Germination rate of *A. thunbergii* seeds were, 20 days of seed pre-treatment, the highest at 10°C (81.7%) and the more temperature went up, the more germination rate went down. As a result of surveying container and shading treatments, the height, leaf area, leaf length, leaf aspect ratio (L/W) were higher under 50% shading of 128 (24.2cm, 2.76cm^2, 22.3cm and 223.4, respectively) and 200 (22.6cm, 2.29cm^2, 19.4cm and 190.5, respectively) cavities container. The root was grown well under full sunlight. Specially, fresh weight of shoot (leaves+stem) was higher under 50% shading of 128 (0.241g) and 200 (0.212g) cavities container. As a result of surveying the whole experiment, *A. thunbergii* seeds need to pre-treatment (with low temperature and wetting treatments for 20~40 days) for high germination rate. And it is judged better growth and higher yield by maintaining 50% shading of 200 cavities container.

Additional Key words : container seedling, fresh weight, germination rate, leaf growth, shading treatment

서 론

백합과 식물은 전 세계에 널리 분포하고 있으며, 250속, 4,000종으로 구성되고 한국에는 29속 123종이 있으며, 백합과의 식물은 주로 장식용의 원예식물로 쓰이며, 양파, 부추, 마늘 등 식용하는 식물이 많다(Park, 2010). 그 중 산부추(*Allium thunbergii* G. Don)는 산지에서 자라는 다년초로서 높이 30~60cm이다. 비늘줄기는 길이 2cm로서 난상 피침형이며, 줄기 밑부분과 더불어 말라버린 엽초(葉草)로 쌓여 있고 외피는 약간 두꺼우며 갈색이 돈다. 잎은 지름 2~5mm로서 2~3개가 비스듬히 위로 퍼지고 흰빛이 도는 녹색이며, 단면은 3각형이다. 꽃은 8~9월에 피고 홍자색이다. 수술은 6개로서 길고 밑부분이 넓게 퍼지며, 그 사이에 톱니가 있고 꽃밥은 자주색이며, 비늘줄기와 연한 부분을 식용으로 한다(Lee, 2006).

백합과 부추속(*Allium*) 식물은 비타민 A와 C가 풍부하고 혈당의 저하 및 억제에 효과가 있는 것으로 보고되었으나(Ahn 등, 2006) 산부추의 성분연구와 생리활성 연구는 아직 미흡한 실정이다. 또한, 부추의 'Allium'이란 고대 라틴어로 '맵다', '냄새난다'를 의미하며, 부추에 휘발성 향기 성분이 함유되어있는 것으로 보고되었다(Lee와 Chung, 2001; Oh 등, 2012).

최근 산부추는 산채로 식감이 뛰어나 수요가 급증하고 있어 자연산 채취로는 그 수요를 감당할 수 없으며(Kim, 1995), 높은 고부가가치 식품으로 기대되고 있다. 그러나 현재 재배된 산부추의 생장 및 생리 등의 연구결과는 미흡한 실정으로, 추후에 산부추의 급증하는 수요에 감당 할 수 있는 재배를 위해서는 다양한 연구가 진행되어야 할 것이다.

*Corresponding author: nontimber3@korea.kr
Received July 9, 2015; Revised July 30, 2015; Accepted August 11, 2015

따라서 본 연구에서는 수요가 확대되고 있는 산부추를 대상으로 온도에 따른 발아반응, 용기 및 차광수준에 따른 유묘의 생장특성을 구명하고자 하였다. 또한, 이러한 결과들을 통해 보다 우량한 유묘를 생산하여 산부추의 생산량 증대와 증식기술 개발에 이바지하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 실험의 공시식물은 산부추(*Allium thunbergii* G. Don)이며, 종자는 국립산림과학원 남부산림자원연구소의 전시교육림에서 2013년 11월에 직접 채취하였다(Table 1).

공시 육묘 용기는 모종생산용으로 많이 사용되는 플라스틱 tray로, 각 셀당 용적이 약 14mL인 128구 tray (L54.0×W27.5×H5.0, cm)와 약 10mL인 200구 tray (L54.0×W27.5×H4.5, cm)를 사용하였다. 상토는 유기물질이 포함되지 않은 원예용 상토(부농, 한국)를 사용했으며, 혼합비는 코코피트, 피트모스, 질석, 지오라이트, 펄라이트가 6:1:1:1:1(용적기준)이다.

2. 온도 및 차광실험

종자 발아 실험은 저온습윤 처리기간(0, 20, 40, 60일)과 온도(5, 10, 15, 20, 25, 30ºC)를 각각 달리하여 각 온도별로 filter paper를 2장씩 깐 petri dish (Ø90×H15, mm)에 증류수를 흐르지 않을 정도로 넣은 후 종자를 20립씩 3반복으로 실시하였다. 저온습윤 처리는 정선된 종자를 흡습지에 싸서 지퍼백에 넣은 후 증류수로 지퍼백 내부를 습윤 처리하여 4의 저온저장고에 저장하였다. 저온습윤 저장 0일 종자는 2013년 12월 16일에 상기 온도로 조절된 암조건의 항온기에서 실험을 시작하였으며, 나머지는 각각의 저장기간에 맞춰 실험을 실시하였다. 종자를 배치한 petri dish를 넣은 후 습도를 유지하기 위하여 수시로 분무하였다.

차광 시험은 비닐온실 내 전광 및 35%, 50%, 75% 차광망을 이용하여 설치된 국립산림과학원 남부산림자원연구소 내 차광시설에서 2014년 2월 19일에 실시되었다. 광도는 2014년 5월 2일에 각 처리구 내 여섯 지점을 측정하여 평균 내었다. 차광별 광도는 각각 690.0$\mu m^{-2} \cdot s^{-1}$(전광), 414.4$\mu m^{-2} \cdot s^{-1}$(35% 차광), 272.0$\mu m^{-2} \cdot s^{-1}$(50% 차광), 175.7$\mu m^{-2} \cdot s^{-1}$(75% 차광)로 조사되었다. 각 차광의 광수준은 LI-250 Light meter (LI-COR, USA)로 측정하였다.

Table 1. Seed quality of *A. thunbergii* used in this experiment.

1000 seeds weight (g)	Seed weight·L^{-1}	Seed no·kg^{-1}	Seed no·L^{-1}
1.27	228.4	811,000	220,500

3. 발아 조사

매일 발아된 종자 개수를 조사하여 발아율, T_{50} (days to 50% of germination of final germination rates = $T_i+(T_j-T_i)\times(N/2-N_i)/(N_j-N_i)$), 평균발아일수(mean germination time=$\Sigma(T_x \cdot N_x)/N$), 발아균일도(germination uniformity =$\Sigma[(MGT-T_x)^2 \cdot N_x]/(N-1)$)를 각각 구하였다(Coolbear 등, 1984; Gordon, 1971).

(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, Nx: 조사 당일 발아수, Tx: 치상 후 조사일수)

4. 생장 및 생장량 조사

산부추의 종자를 128구와 200구의 플라스틱 tray 용기에 각 셀마다 1립씩 파종 후, 차광수준별(전광 및 35%, 50%, 75% 차광)로 파종용기를 3개씩 배치하여 생육시험을 실시하였다.

2014년 5월 19일에 각 처리구당 15개체를 대상으로 초장, 줄기직경, 근장 등 생장조사를 하였으며, 지상부와 지하부의 생중량 및 건중량을 각각 측정하였다. 건중량의 경우에는 부위별 생중량을 측정 후 Drying Oven (DS-80-5, 다솔과학(주), 한국)에서 105ºC로 72시간 건조하여 부위별로 측정하였다. 또한, 측정된 생중량과 건중량 값으로 함수율을 구하였으며, 광수준에 따른 생장특성을 분석하기 위하여 S/R ratio (shoot(leaf+stem)/root ratio, S/R)를 구하였다.

5. 엽생장 조사

차광수준에 따른 산부추 유묘의 엽생장 특성을 조사하기 위하여 휴대용 엽면적 측정기인 Portable Area Meter (LI-3000C, LI-COR, Inc., USA)를 이용하여 측정하였으며, 엽두께는 Digimatic Caliper (Mitutoyo Co., JAPAN)를 이용하여 세 지점을 측정한 후 평균값을 산출하였다. 또한, L/W ratio (leaf length/leaf width, L/W), Leaf area ratio (leaf area/total dry weight, LAR)를 구하였다.

6. 뿌리생장 조사

차광별 뿌리의 영상 분석(root image analysis) 및 전체길이(total root length), 투영단면적(total projected root area), 표면적(total root surface area), 전체부피(total root volume), 평균직경(average root diameter) 등을 조사하기 위해서 Kim 등(2010)과 동일한 방법으로 WinRhizo program (2009 버전, Regent Instrument Inc., Canada)을 사용하였다.

7. 통계처리

각 처리에 대한 모든 측정치의 통계분석은 SPSS version 20을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 이때 통계적으로 차이가 유의한 경우 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 발아 반응

산에서 자라는 산부추를 시설 내에서 포지에 이식하기 위한 유묘로 생산하기 위해서는 환경의 차이로 발생되는 발아력 저하를 극복하기위해 발아력 향상을 위한 적정 온도와 기간에 대한 구명이 우선적으로 필요하다할 수 있다.

본 실험을 통해 전처리(저온습윤 처리) 기간과 온도를 조절한 결과, 산부추의 발아율은 저온습윤 처리 20일의

Table 2. Effects of temperature on germination rate, T_{50} (days to 50% of germination of final germination rates), mean germination time and germination uniformity of *A. thunbergii* seeds pre-treated with low temperature and wetting.

Pre-Treatment	Temperature (°C)	Germination rate (%)	T_{50} (days)	Mean germination time (days)	Germination uniformity
Control	5	63.3±5.8[y]b-d	28.7±1.8a	28.5±2.3a	19.5±7.9a
	10	70.0±5.0ab	13.5±0.1d	13.5±0.4d	14.5±7.4a-c
	15	55.0±5.0c-e	8.6±0.7ef	9.2±0.6ef	3.7±1.0d-g
	20	51.7±5.8d-f	6.7±0.6f-h	7.5±0.6f-h	2.9±1.4e-g
	25	46.7±2.9e-g	8.5±0.7ef	9.1±0.6ef	5.8±1.1d-g
	30	38.3±7.6f-h	8.2±0.4e-g	8.7±0.7e-g	3.1±4.0e-g
LTW[z] for 20 days	5	70.0±8.7ab	18.4±0.7c	17.9±1.1c	10.5±5.1b-e
	10	81.7±5.8a	9.5±2.2e	9.9±1.2e	8.5±4.0c-f
	15	71.7±11.5ab	4.8±0.6h-j	5.5±0.8i-k	5.9±4.3d-g
	20	68.3±10.4a-c	4.4±1.0i-k	5.3±1.1i-k	7.4±2.9c-g
	25	66.7±2.9a-c	5.8±0.7hi	6.3±1.1h-j	8.2±3.3c-g
	30	33.3±2.9g-i	22.6±3.9b	21.8±2.2b	18.4±8.8a
LTW for 40 days	5	71.7±12.6ab	6.3±1.4g-I	7.0±1.8g-I	9.8±4.8b-f
	10	80.0±10.0a	3.5±0.7j-l	5.1±0.4i-k	17.2±3.8ab
	15	78.3±2.9ab	2.3±0.2kl	2.7±0.5lm	1.3±1.0fg
	20	76.7±12.6ab	2.7±0.4j-l	3.8±0.6k-m	8.6±3.6c-f
	25	73.3±7.6ab	2.9±1.1j-l	3.7±1.6k-m	4.4±3.1d-g
	30	46.7±10.4e-g	3.1±0.8j-l	4.5±1.0j-l	11.8±3.3a-d
LTW[z] for 60 days	5	23.3±2.9i	3.1±0.8j-l	3.7±1.1k-m	3.7±3.3d-g
	10	25.0±5.0hi	2.3±0.6kl	2.8±0.8lm	1.8±2.7fg
	15	30.0±8.7hi	2.0±0.0l	2.0±0.0m	0.0±0.0g
	20	26.7±10.4hi	2.1±0.1l	2.3±0.4m	1.3±2.0fg
	25	23.3±10.4i	2.3±0.3kl	2.9±0.8lm	3.1±4.5e-g
	30	20.0±5.0i	2.2±0.3l	2.6±0.9lm	2.8±4.8e-g

Source	F-value			
	Germination rate	T_{50}	Mean germination time	Germination uniformity
Pre-treatment (A)	*	*	*	*
Temperature (B)	*	*	*	*
A×B	*	*	*	*

[z] LTW : Low temperature with wetting.
[y] Mean±SD.
* $p<0.01$.

10°C에서 81.7%, 40일의 10°C에서 80.0% 순으로 높았으며, 저온습윤 처리 20~40일의 10~15°C에서 양호한 것으로 나타났다. 특히, 저온습윤 처리 기간별로는 발아율이 0일에서 40일까지 모두 10°C에서 가장 높았고 온도별로는 저온습윤 처리 기간이 모두 20~40일에서 가장 높게 조사되었다(Table 2). 저온습윤 처리 60일에서는 발아율이 급격하게 낮아져 모든 온도에서 20.0~30.0%의 발아율을 보였으며, 저온습윤 처리 기간별로는 모두 가장 높은 온도인 30°C에서 발아율이 가장 낮은 것으로 나타났다.

Kang 등(2000)의 보고에 따르면 백합과인 산마늘의 발아율은 울릉도 자생종의 경우에 무처리 암조건에서는 86%였고 저온습윤 처리에서는 전혀 발아하지 않았으며, 오대산 자생종의 경우 무처리 암조건에서는 70%였고 저온습윤 처리 암조건에서는 26%로 발아율이 저조하다고 하였다. 이러한 결과는 동일한 백합과 식물이지만, 저온습윤 처리를 통해 발아율이 향상되는 본 실험의 산부추와 상반대는 결과를 보이는 것으로 나타났다.

T_{50}은 무처리구의 5°C에서 28.5일로 가장 길었고 동일한 온도 내에서 저온습윤 처리 기간이 길어질수록 짧아지는 경향을 보이며, 저온습윤 처리 60일에서 가장 짧게 나타났다(Table 2). 이것은 일정기간의 저온습윤 저장(Schopmeyer, 1974)을 함으로써 종자의 휴면과 발아 억제물질이 타파되어 발아가 빨리 이루어진 것으로 판단된다. 한편, 저온습윤 처리 20일의 30°C에서는 T_{50}이 두 번째로 길게 나타났는데, 이는 실험 오차로 생각된다.

평균발아일수는 무처리구의 5°C에서 가장 길고 저온습윤 처리 60일의 15°C에서는 가장 짧은 것으로 조사되어 저온습윤 처리기간이 길어질수록 짧아지는 경향을 보였으며, T_{50}과 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 발아균일도 또한 무처리구의 5°C에서 가장 높게 조사되었다. 저온습윤 처리를 하였을 때 발아가 빨라져 전체적인 평균발아일수가 짧아졌으며 이로 인해 발아균일도가 낮아져 보다 효율적인 생산관리가 가능할 것으로 생각된다(Jeon 등, 2013).

2. 초기 생장

2.1 초장 및 줄기직경생장

지상부를 식용하는 산부추의 초장은 128구와 200구 모두 50% 차광에서 각각 24.2cm와 22.6cm로 각 용기 내에서 가장 컸으며, 두 용기 모두 차광율이 낮아질수록 작아져 전광에서 가장 작았다(Table 3). 이렇게 산부추의 초장이 전광 보다 차광 처리구에서 상대적으로 좋은 생장을 보인 것은 차광으로 인해 산부추의 생육에 적정한 광량이 유입되었기 때문으로 판단된다(Lee 등, 2012; Park 등, 2004). 한편, 지상부를 식용하는 산채인 참나물의 경우도 50% 차광에서 초장생장이 가장 좋은 것으로 보고되어(Jeon 등, 2014) 본 시험의 산부추와 동일한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

줄기직경의 생장은 128구에서 0.95~1.16mm, 200구에서 0.90~1.03mm로 전광에서 가장 굵었고 차광율이 높아질수록 가늘어지는 경향을 보였다(Table 3). 식물의 뿌리직경은 차광율이 높아질수록 가늘어지는 것으로 알려

Table 3. Height, stem diameter and main root length of *A. thunbergii* seedling by container volume and shading rates.

Tray (cavities)	Shading (%)	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Main root length (cm)
128	0	17.3±2.3[z]cd	1.16±0.12a	8.8±2.1a
	35	20.3±3.0bc	1.13±0.09ab	6.8±1.9ab
	50	24.2±3.0a	1.07±0.09abc	6.9±2.0ab
	75	22.1±2.8ab	0.95±0.18bc	7.4±1.3ab
200	0	14.7±1.5d	1.03±0.18abc	7.3±2.7ab
	35	20.1±1.1bc	0.99±0.14abc	7.1±2.4ab
	50	22.6±2.0ab	0.94±0.18c	5.4±0.9b
	75	20.3±4.0bc	0.90±0.28c	6.9±1.8ab

Source	F-value		
	Height	Stem diameter	Main root length
Tray (A)	**	**	-
Shading (B)	*	**	-
A × B	-	-	-

[z] Mean±SD.
* $p<0.01$ ** $p<0.05$.

졌는데(Ha 등, 2012; Lee 등, 2007), 본 시험의 줄기직경 또한 이와 동일한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 근장은 두 용기 모두 전광에서 길고 50% 차광에서 가장 짧게 나타났으며, 각 용기 내에서 차광별 유의성은 보이지 않았다.

2.2 엽생장

산부추의 엽면적은 128구와 200구 모두 50% 차광에서 각각 2.76cm^{2}와 2.29cm^{2}로 각 용기 내에서 가장 넓었고 전광에서 가장 작았는데, 가장 넓은 엽면적 생장을 보인 50% 차광은 가장 저조한 엽면적 생장을 보인 전광 보다 약 1.5배~1.6배 넓은 것으로 나타났다(Table 4). 한편, 엽면적이 전광에서 가장 작은 것은 유입되는 높은 광도가 산부추의 생육활동을 저해시켰기 때문으로 판단된다(Hiroki와 Ichino, 1998).

엽폭의 경우에는 모든 처리구에서 유의적 차이를 보이지 않았다. 하지만, 엽장과 L/W는 128구와 200구의 50% 차광에서 가장 높은 값을 보였고 차광율이 낮아질수록 값이 낮아지며 엽장과 L/W는 엽면적과 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 엽면적과 엽장은 200구보다 128구에서 생육된 산부추가 상대적으로 좋은 생장을 보였는데, 128구에서 생육된 유묘를 포지에 이식하여 산부추를 생산한다면 보다 높은 생산량 증대를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

LAR은 값이 클수록 개체 마다 큰 수광면적을 가지게 되는데, 산부추의 LAR은 128구의 경우 차광율이 높아질수록 커졌으며, 200구의 경우에는 차광율이 높아질수록 커져 50% 차광에서 가장 높았다가 다시 감소하는 것으로 나타났다.

엽두께와 줄기수의 경우 산부추가 각각 0.63~0.80mm와 2.6~3.5개로 조사되었으며, 용기별로는 큰 차이를 보이지 않았다. 식용으로 이용되는 산부추 잎의 면적과 함께 식감에 있어서 중요한 요소인 함수율은 전광에서 87.1~87.8%로, 차광에서는 89.8~91.7%로 조사되어 전광보다 차광에서 상대적으로 높은 것으로 나타났는데, 이러한 함수율은 엽면적율(LAR)과 정의 상관관계를 보이

Table 4. Leaf characteristics of *A. thunbergii* seedling by container volume and shading rates.

Tray (cavities)	Shading (%)	Leaf area (cm^2)	Leaf length (L, cm)	Leaf width (W, cm)	Leaf aspect ratio (L/W)	LAR^z (cm^{2}g^{-1})	Leaf thickness (mm)	No. of shoots	Leaf water contents (%)
128	0	1.89 ±0.40^{y}bc	16.4 ±3.5b	0.1 ±0.0a	162.8 ±36.6b	62.5 ±11.6de	0.80 ±0.12a	3.0 ±0.0ab	87.8 ±1.8b
	35	2.25 ±0.77ab	19.9 ±5.0ab	0.1 ±0.0a	196.3 ±46.2ab	89.2 ±17.1bc	0.63 ±0.07a	3.1 ±0.3ab	89.8 ±1.7a
	50	2.76 ±0.48a	22.3 ±3.4a	0.1 ±0.0a	223.4 ±37.0a	95.3 ±12.9abc	0.69 ±0.15a	3.0 ±0.5ab	91.4 ±1.2a
	75	2.23 ±0.58ab	18.4 ±3.6b	0.1 ±0.0a	194.0 ±27.8ab	101.7 ±20.6ab	0.67 ±0.08a	3.0 ±0.6ab	91.6 ±1.6a
200	0	1.47 ±0.19c	11.8 ±1.7c	0.1 ±0.0a	117.9 ±16.9c	55.8 ±11.3e	0.65 ±0.13a	2.8 ±0.5b	87.1 ±1.8b
	35	2.02 ±0.23bc	17.7 ±1.6b	0.1 ±0.0a	178.7 ±12.1b	78.8 ±8.9cd	0.72 ±0.15a	2.8 ±0.4b	90.0 ±1.2a
	50	2.29 ±0.28ab	19.4 ±2.3ab	0.1 ±0.0a	190.5 ±22.1ab	110.8 ±29.3a	0.67 ±0.18a	3.5 ±0.5a	91.7 ±1.9a
	75	1.88 ±0.38bc	16.6 ±3.8b	0.1 ±0.0a	164.1 ±40.3b	79.8 ±10.3cd	0.76 ±0.04a	2.6 ±0.5b	90.1 ±2.4a

Source	F-value							
	Leaf area	Leaf length	Leaf width	Leaf aspect ratio	LAR	Leaf thickness	No. of shoots	Leaf water contents
Tray (A)	**	*	-	*	-	-	-	-
Shading (B)	*	*	-	*	*	-	**	*
A×B	-	-	-	-	-	-	**	-

^{z} LAR (Leaf area ratio)=Leaf area/Total dry weight
^{y} Mean±SD (n=6).
* p<0.01 ** p<0.05.

는 것으로 나타났다. 따라서 산채는 기능성뿐만 아니라 부드러운 식감의 산부추를 생산하기 위해서는 차광이 필요할 것으로 생각된다.

128구와 200구 모두 전광 보다 차광에서 엽생장이 좋았으며, 특히 50% 차광에서 엽생장이 가장 좋은 것으로 나타났는데, 이는 차광으로 인해 산부추의 생육에 적정한 광이 유입되었기 때문으로 판단된다(Kim 등, 2010a; Lee 등, 2012). 또한, 용기의 용적에 따라 초장, 엽면적, 엽장 등의 차이가 나타났는데, 이러한 생장의 결과는 포지에 이식 후에도 산부추의 생장에 지속적으로 영향을 미칠 것으로 생각된다.

2.3 뿌리생장

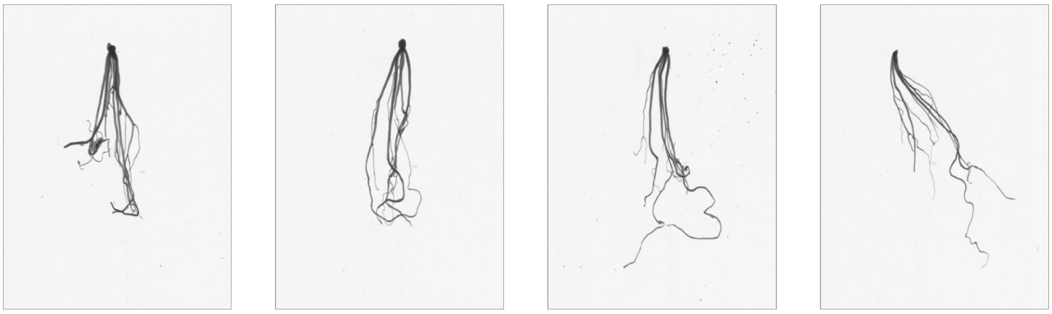
일반적으로 뿌리는 한곳에 식물을 고정시키는 역할을 하며, 토양으로부터 수분과 무기영양분을 흡수하고 탄수화물을 저장하는 기능을 가지고 있다(Lee, 1993).

용기와 차광을 달리하여 생육한 산부추의 뿌리 영상은 Fig. 1과 같다. 산부추의 뿌리생장 조사 결과, 전체뿌리길이는 128구와 200구 모두 전광에서 각각 59.2cm와 54.0cm로 가장 길었으며, 각 용기 내에서는 차광율이 높아질수록 짧아지는 경향을 보였다. 또한, 128구와 200구에서 전체뿌리길이가 가장 긴 전광은 가장 짧은 75% 차광에서 보다 약 1.3배 긴 것으로 나타났다(Table 5). 차광별로는 상대적으로 용적이 큰 128구에서 전체뿌리길이가 긴 것으로 나타나 뿌리의 길이생장의 경우에는 용기의 크기(용적)에 영향을 받는 것을 알 수 있다. 이렇게 차광율이 높아질수록 뿌리의 생장이 저조한 것은 뿌리로 분배되는 광합성 산물의 비율이 상대적으로 낮아졌기 때문으로 판단된다(Kim, 2000; Loach, 1970).

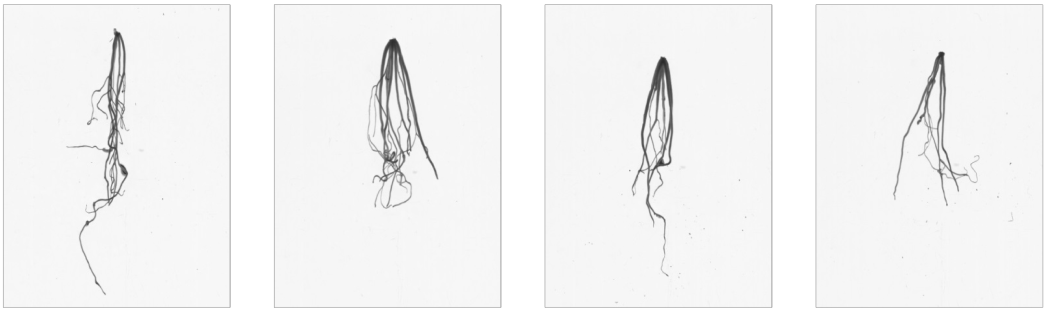
뿌리의 투영단면적과 표면적의 경우 128구의 전광에서 3.5cm^{2}와 11.1cm^{2}로 가장 넓었으며, 그 다음은 200구의 35% 차광에서 3.4cm^{2}와 10.7cm^{2}로 높았다. 이들 처리구는 가장 낮은 처리구 보다 1.40배와 1.39배, 1.36배와 1.34배 넓은 것으로 나타났다.

뿌리평균직경은 작은 용적인 200구의 50%와 75% 차광에서 유의적 차이를 보이며, 높게 나타났는데, 이는 상대적으로 세근의 생장이 저조하였기 때문으로 생각되며, 전체뿌리길이가 짧은 것에 부합되는 결과로 생각된다. 뿌리부피의 경우에는 전체가 0.11~0.18cm^{3}로 조사되었으며, 각 처리구간에 유의적 차이는 나타나지 않았다.

한편, 산채의 뿌리 생장의 경우에 참나물은 35% 차광에서(Jeon 등, 2014), 잔대는 25% 차광에서(Kim 등, 2012), 곰취는 전광(대조구)에서(Song 등, 2014) 가장 왕성한 것으로 보고되어 식물의 뿌리생장 또한 각기 적정한 차광이 다르며, 차광을 통한 광조절은 뿌리의 좋은 생육을 위해서는 필수 요건임을 알 수 있다.



128 cavities tray (shading rate: 0%, 35%, 50%, 75% from left photo.)



200 cavities tray (shading rate: 0%, 35%, 50%, 75% from left photo.)

Fig. 1. Root images of *A. thunbergii* seedlings by container volume and shading rates.

Table 5. Root morphological traits of *A. thunbergii* seedlings by container volume and shading rates.

Tray (cavities)	Shading (%)	Total root length (cm)	Root project area (cm^2)	Root surface area (cm^2)	Root diameter (mm)	Root volume (cm^3)
128	0	59.2±7.0[z]a	3.5±0.5a	11.1±1.7a	0.60±0.06bc	0.17±0.04a
	35	50.3±11.0bc	3.0±0.7bcd	9.5±2.1bcd	0.61±0.11bc	0.15±0.04a
	50	48.8±7.0bc	2.9±0.6bcd	9.2±1.7bcd	0.60±0.06bc	0.14±0.04a
	75	46.5±7.5bcd	2.5±0.5d	8.0±1.5d	0.55±0.07c	0.11±0.03b
200	0	54.0±7.2ab	3.2±0.3abc	10.0±1.0abc	0.59±0.04bc	0.15±0.02a
	35	53.4±7.1ab	3.4±0.4ab	10.7±1.3ab	0.64±0.04b	0.17±0.02a
	50	44.2±6.5cd	3.1±0.4abc	9.8±1.2bcd	0.71±0.05a	0.18±0.02a
	75	40.9±6.7d	2.9±0.4cd	9.1±1.3cd	0.71±0.07a	0.16±0.03a

Source	F-value				
	Total root length	Root project area	Root surface area	Root diameter	Root volume
Tray (A)	-	-	-	*	*
Shading (B)	*	*	*	-	-
A × B	-	-	-	*	**

[z] Mean±SD (n=6).
* $p<0.01$ ** $p<0.05$.

2.4 생중량 및 건중량

산부추를 식용으로 이용함에 있어 가장 중요하다고 할 수 있는 지상부의 생중량의 경우에는 128구의 50% 차광에서 0.241g으로 가장 높았으며, 그 다음은 200구의 50% 차광과 35% 차광에서 0.212g과 0.204g 순으로 높게 나타났다. 이들 간 유의적 차이는 나타나지 않았다. 이렇게 산부추의 생중량이 모든 용기의 50% 차광에서 높게 나타난 것은 초장과 엽생장이 50% 차광에서 좋은 것과 부합되는 결과로 생각되며, 부족한 광도를 극복하기 위해 지상부로 분배되는 광합성 산물이 증가되었기 때문으로 판단된다(Kim, 2000). 지상부의 건중량은 128구와 200구의 전광에서 높게 나타났는데, 이는 낮은 잎의 함수율에 기인한 결과로 생각된다.

한편, 지상부를 식용하는 곤달비는 차광 보다 무차광에서 재배할 때 생중량이 증가한다고 보고되어(Park 등, 2011) 본 시험의 산부추와는 다른 경향을 보이는 것으로 나타났다.

지하부 생중량의 경우에는 동일한 용기와 차광의 뿌리 생장과 동일한 결과를 보였으며, 지하부의 건중량의 경우에 128구에서는 0.003~0.008g, 200구에서는 0.003~0.006g으로 용기별로는 유의적 차이를 보이지 않았다. 전체의 생중량과 건중량은 128구의 전광에서 각각 0.319g과 0.034g으로 가장 높았다(Table 6). S/R은 전체가 3.1~4.9로 128구의 50% 차광에서 3.1로 가장 낮았으며, 모든 처리구에서 유의성은 나타나지 않았다.

산부추 유묘를 보다 효과적으로 생산하기 위해서는 종자를 20일~40일 동안 저온습윤 처리하고 온도를 10°C 정도로 유지하여 주는 것이 보다 높은 발아율과 발아의 균일함을 유도하여 효율적인 생산관리를 가능하게 할 것으로 생각된다. 또한, 생육 시에는 128구와 200구에서 생육된 산부추의 지상부 생장이 유의적 차이를 보이지 않아 200구를 이용하여 생육한다면 단위면적당 유묘의 생산량이 크게 증가하여 유묘생산에 보다 효율적일 것으로 생각되며, 유묘의 생육뿐만 아니라 포지에 이식 후에도 상대광도가 39.4%가 되도록 50% 정도의 차광을 지속적으로 처리해 생육한다면 수확시기에도 생산량 증대의 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 수요가 확대되고 있는 산부추를 대상으로 환경조절(온도, 차광수준)에 따른 산부추의 발아반응과 초기생장을 조사하여 산부추의 생산량 증대와 증식기술 개발에 활용하고자 수행하였다. 발아 실험은 저온습윤 처리기간(0, 20, 40, 60일)과 온도(5, 10, 15, 20, 25, 30°C)를 조절하였고 생육시험은 용기(128구, 200구)와 차광수준(전광(대조구) 및 35%, 50%, 75% 차광)을 달리하여 수행하였다. 발아율은 저온습윤 처리 20일의 10°C에서 81.7%로 가장 높았으며, 온도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였다. 용기 및 차광을 달리한 조건에서

Table 6. Fresh weight, dry weight and S(leaves+Stem)/R ratio of *A. thunbergii* seedling by container volume and shading rates.

Tray (cavities)	Shading (%)	Shoot (g)		Root (g)		Total (g)		S(L+S)/R ratio
		F.W.[z]	D.W.[y]	F.W.	D.W.	F.W.	D.W.	
128	0	0.203 ±0.059[x]ab	0.025 ±0.009a	0.116 ±0.026a	0.008 ±0.003a	0.319 ±0.074a	0.034 ±0.011a	3.8 ±2.8a
	35	0.182 ±0.054b	0.019 ±0.007ab	0.078 ±0.028bc	0.007 ±0.003a	0.259 ±0.077ab	0.026 ±0.007ab	3.4 ±2.4a
	50	0.241 ±0.050a	0.021 ±0.006ab	0.073 ±0.026bc	0.008 ±0.003a	0.314 ±0.070a	0.028 ±0.008ab	3.1 ±1.4a
	75	0.193 ±0.067ab	0.017 ±0.009b	0.056 ±0.033c	0.005 ±0.002ab	0.249 ±0.096ab	0.022 ±0.011b	3.2 ±1.0a
200	0	0.155 ±0.034b	0.020 ±0.006ab	0.092 ±0.027ab	0.006 ±0.003ab	0.247 ±0.045ab	0.026 ±0.008ab	3.7 ±1.7a
	35	0.204 ±0.034ab	0.020 ±0.003ab	0.090 ±0.037ab	0.005 ±0.003ab	0.294 ±0.058ab	0.025 ±0.005ab	4.9 ±2.4a
	50	0.212 ±0.039ab	0.018 ±0.005ab	0.057 ±0.012c	0.003 ±0.001b	0.269 ±0.040ab	0.021 ±0.005b	4.9 ±1.8a
	75	0.161 ±0.052b	0.017 ±0.008b	0.061 ±0.025bc	0.006 ±0.003ab	0.222 ±0.073b	0.023 ±0.008b	3.3 ±2.2a

Source	F-value						
	Shoot		Root		Total		S(L+S)/R ratio
	F.W.	D.W.	F.W.	D.W.	F.W.	D.W.	
Tray (A)	-	-	-	*	-	-	-
Shading (B)	**	-	*	-	-	-	-
A×B	-	-	-	-	-	-	-

[z] Fresh weight.
[y] Dry weight.
[x] Mean±SD.
* $p<0.01$ ** $p<0.05$.

산부추의 생장특성은 128구와 200구의 50% 차광에서 초장, 엽면적, 엽장, L/W이 각각 24.2cm, 2.76cm^2, 22.3cm, 223.4와 22.6cm, 2.29cm^2, 19.4cm, 190.5로 양호한 생장을 보였으며, 뿌리는 전광에서 좋은 생장을 보인 것으로 나타났다. 특히, 지상부의 생중량의 경우에는 128구와 200구 모두 50% 차광에서 0.241g과 0.212g로 높았다. 종합해보면 산부추 종자는 발아율 향상을 위해서는 20~40일의 저온습윤 처리가 필요할 것으로 생각되며, 생육 시에는 50% 차광을 유지하는 것이 산부추의 좋은 생장과 생산량 증대에 보다 효과적일 것으로 판단된다.

추가 주제어 : 발아율, 산부추, 엽생장, 용기유묘, 차광처리

Literature Cited

Ahn, Y.M., S.J. Lim, H.K. Han, and S.S. Choi, 2006. Effect of Allium vegetable intake on levels of plasma glucose, lipid and minerals in streptozotocin induced diabetic rats. Journal of Nutrition and Health. 39:433-443 (in Korean).

Coolbear, P., A. Francis, and D. Grierson. 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.

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.

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. 21:419-427 (in Korean).

Hiroki, S. and K. Ichino, 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.

Jeon, K.S., K.S. Song, J.H. Yoon, C.H. Kim, and J.J. Kim, 2013. Effects of seed pretreatment and environment controls on germination of *Atractylodes japonica* seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:394-400 (in Korean).

Jeon, K.S., K.S. Song, K.S. Choi, C.H. Kim, Y.B. Park, and J.J. Kim, 2014. Effects of temperature and shading on germination and early growth in *pimpinella brachycarpa*. Protected Horticulture and Plant Factory, 23:342-348 (in Korean).

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. 99:68-74 (in Korean).

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

Kim, J.J., K.J. Lee, K.S. Song, Y.G. Cha, Y.S. Chung, J.H. Lee, and T.S. Yoon. 2010. Exploration of optimum container for production of *Larix leptolepsis* container seedlings. Journal of Korean Forest Society. 99:638-644 (in Korean).

Kim, J.W., J.H. Yoon, K.S. Jeon, J.M. Jung, H.R. Jung, M.G. Cho, and H.S. Moon, 2012. Growth characteristics of *Adenophora triphylla* var. *japonicum* by shading treatments. Journal of Agriculture & Life Science. 46:19-25 (in Korean).

Kim, W.B. 1995. Crop cultivation - Protected cultivation situation and technique of wild vegetable. Korean Research Society for Protected Horticulture. 8:71-80 (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. 14:79-88 (in Korean).

Lee, K.J. 1993. Tree Physiology. SNU Press. Seoul, Korea. p. 109-130 (in Korean).

Lee, M.S., and M.S. Chung. 2001. Analysis of volatile flavor components from *Allium senescens*. Korean Journal of Food and Cookery Science. 17:55-59 (in Korean).

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. 16:388-394 (in Korean).

Lee, T.B. 2006. Coloured Flora of Korea (). Hyangmunsa. Seoul, Korea. p. 781 (in Korean).

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

Oh, M., S.Y. Bae, and M.S. Chung. 2012. Volatile compounds of essential oils from *Allium senescens* L. var. senescens. Korean Journal of Food and Cookery Science. 28:143-148 (in Korean).

Park, J.H. 2010. Phytochemical constituents and biological activity of *Scilla sinensis* Merr. and *Allium thunbergii* G. Don. Ph.D. Dissertation Sungkyunkwan University. p. 78 (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. 20:352-356 (in Korean).

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

Schopmeyer, C.S. 1974. Seeds of woody plants in the United States. United States Department of Agriculture Handbook. No. 450. Forest Service. USDA. Washington D.C., USA. p.53-74.

Song, K.S., K.S. Jeon, C.H. Kim, J.H. Yoon, Y.B. Park, and J.J. Kim, 2014. Effect of shading level on growth and morphological characteristics of *Ligularia fischeri* seedling. Protected Horticulture and Plant Factory. 23:88-94 (in Korean).