Korean J. Plant Res. 30(4):372-377(2017)
https://doi.org/10.7732/kjpr.2017.30.4.372

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

설앵초의 종자 휴면과 발아특성

조주성[1], 이철희[2]*

[1](주)농우바이오 품질관리기술팀, [2]충북대학교 축산·원예·식품공학부 생물건강소재산업화사업단

Dormancy and Germination Characteristics of Alpine Modest Primrose (*Primula modesta* var. *hannasanensis* T.Yamaz.) Seeds

Ju Sung Cho[1] and Cheol Hee Lee[2]*

[1]Quality Control & Seed Tech Team, Quality Assurance Department, Nongwoo Bio CO., LTD., Yeoju 12655, Korea,
[2]Brain Korea 21 Center for Bio-Resource Development, Division of Animal, Horticultural, and Food Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract - This research was performed to develop mass propagation method of Alpine modest primrose (*Primula modesta* var. *hannasanensis* T.Yamaz.) for improving the conservation and utilization of the species. Seeds were collected on August 2011 in Jeju-city and well-selected seeds were dry-stored at 4 ± 1.0℃. Seed size ranged 0.44 ± 0.07 × 0.61 ± 0.04 ㎜, and weight of 1,000 seeds was 51.78 ± 0.021 ㎎. Thus the seed was classified as 'dwarf seeds'. As the result of dormancy characteristics, moisture content of freshly matured seeds increased rapidly by water-soaking treatment and seeds did not germinate at 20℃ for 4 weeks under the light condition. Therefore, seeds were estimated to have physiological dormancy. Germination conditions of dry-stored seeds were found to be 20℃ and light condition, and seeds did not germinated under dark condition regardless of all temperature regimes. Therefore, Alpine modest primrose seed was considered as photoblastic type. Percent germination (PG) and germination energy (GE) were greatly improved by soaking the seeds in GA_3 and kinetin for 24 hours. Especially, 200~500 ㎎/L GA_3 treatment resulted in the highest PG (95.5%) and GE (98.3%). So, chemical treatment such as GA_3 was thought to be a useful method for raising seedling uniformly.

Key words - Dormancy type, Dwarf seeds, GA_3, Photoblastic seeds, *Primula* species

서 언

한국에 자생하는 앵초과(Primulaceae) 식물로는 설앵초(*Primula modesta* var. *hannasanensis* T.Yamaz.), 돌앵초(*P. saxatilis* Kom.), 앵초(*P. sieboldii* E.Morren), 좀설앵초(*P. sachalinensis* Nakai), 큰앵초(*P. jesoana* Miq.) 등 5종이 있으며, 그 중 설앵초는 다년생 초본으로 Alpine modest primrose로 불리는 고산성식물이다. 주로 경상남도 밀양시, 양산시, 합천군 및 제주도 일대 등 남부지방에 분포하며, 해발 800 m 이상의 습윤한 바위 틈에 붙어서 자생하기 때문에 재배 시 바람이 잘 통하고 반그늘의 환경을 조성하여야 한다(KBIS, 2016). 잎은 근출엽이며 4각상 난원형으로 잎자루가 길다. 분홍색의 꽃은 5~6월에 상형화서로 피며, 원주형의 삭과는 끝이 5개로 갈라져서 초가을에 성숙된다(Lee, 2003). 꽃과 잎의 관상가치가 높고 화경을 포함한 초장이 15 ㎝ 내외로 작기 때문에 석재화단 조경 및 분화용 식물소재로 이용하기에 적합하다.

현재 설앵초는 한반도 고유종이며(ME, 2011) 학술적, 생태적 가치가 높은 식물구계학적 특정식물종의 최고 단계인 'Ⅴ등급'에 속한다(ME, 2007). 또한 국외반출 시 승인대상이며 한반도 기후변화 생물지표종으로 지정되어 있어(SK, 2016), 지속적인 조사, 관리가 요구되는 종이다. 따라서 종 보존 및 자원으로서의 활용을 위해서는 대량번식을 통한 개체수의 확보가 우선되어야 하지만 번식법 관련 연구는 미비한 실정이다(Cho *et al.*, 2016a; 2016b). 한편 국내에서는 설앵초와 유연관계가 가까운

*교신저자 : leech@chungbuk.ac.kr
Tel. +82-43-261-2526

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
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.

P. sieboldii 종자의 발아특성이 보고되었으며(Song and Lee, 2002), 국외에서는 *P. obconica* 및 *P. japonica* 종자에 대해 식물생장조절물질 및 무기염류 처리의 효과가 확인된 바 있다(Chavagna and Jeudy, 1981; Fukai and Oe, 1990). 또한 Washitani와 Kabaya (1988)는 *P. sieboldii* 종자의 저온 또는 변온처리에 따른 휴면과 발아생리 연구를 진행한 바 있다.

일반적으로 온대 자생식물의 종자는 저온 또는 GA_3 등의 식물생장조절물질을 인위적으로처리하여 휴면을 타파하거나 발아를 촉진할 수 있는데(Bewley and Black, 1994), 식물 종에 따라 효과적인 처리농도 및 시간은 다르다. 또한 동일하거나 유사한 식물종도 국가단위의 자생지가 다를 경우 자생지에 따른 종자의 휴면타파 조건 및 발아특성이 크게 다를 수 있다(Baskin and Baskin, 1989). 따라서 본 연구는 화훼자원식물인 자생 설앵초의 종자를 이용한 대량번식법 개발을 목적으로 형태적 특성과 휴면타파 및 발아조건을 구명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

종자의 특성 조사

설앵초 종자는 2011년 8월 중순에 제주도 일대에서 채종한 다음 실온에서 24시간 건조 후 정선하였다. 정선된 종자는 50립씩 2.0 ㎖ 마이크로튜브(MCT-200-C, Acygen, CA, USA)에 넣은 다음 포장된 실리카겔과 함께 2중 지퍼백에 동봉하여 저온 저장고(4 ± 1.0℃, 암조건)에서 보관하였다.

종자의 형태적 특성은 버니어캘리퍼스(NA500-150S, Bluebird, HongKong, China)로 길이(㎜)와 폭(㎜)을 각 15립씩 측정하였으며, 종자를 100립씩 20세트를 준비하여 초미세저울(IB-610S, Innotem, Yangju, Korea)로 조사한 다음 1,000립 중(㎎)으로 환산하였다. 초기 수분함량은 100립씩 4반복으로 60℃에서 48시간 동안 열풍건조하여 측정하였다.

종자의 휴면여부를 파악하기 위하여 정선이 완료된 종자를 50립씩 4반복으로 필터페이퍼(diameter 90 ㎜, Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan) 2매를 깐 페트리접시(diameter 8.9 ㎜)에 파종하였다. 발아상의 조건은 20℃의 명조건(fluorescent lamp, 23±0.5 ㎛ol/㎡/s, 24시간 광조사)으로 하였으며, 치상후는 매일 발아조사를 하였는데, 유근이 0.5 ㎜ 이상 돌출된 종자를 발아개체로 인정하였다.

종자의 형태 관찰을 위해서는 정밀 광학 화상시스템(icamscope, Sometech Inc., Seoul, Korea)으로 촬영하였고, 이후 IT Plus 4.0 software로 스케일을 측정하였다. 또한 종피의 구조를 주사전자현미경(LEO-1530, Carl zeiss, Oberkochen, Germany)으로 촬영하였다.

종자의 기간별 수분흡수율

종자의 수분흡수 경향을 파악하기 위하여 100립씩 4반복의 종자를 2.0 ㎖ 마이크로튜브에 각각 넣고 1차 증류수 1.5 ㎖ 에 침지하여 저온보관(4 ± 1.0℃, 암조건) 하였다. 이후 24시간 간격으로 종자를 꺼내어 필터페이퍼(diameter 90 ㎜, Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)로 종피에 묻은 수분을 제거한 다음 무게를 측정하였으며, 새 증류수에 다시 침지하였다. 이를 7일 동안 반복하여 얻은 무게값(㎎)을 아래의 식에 대입하고, 기간별 변화 그래프로 나타내었다.

$$\text{N일차 수분 흡수율(\%)} = \frac{W_N - DW}{W_N} \times 100$$

W_N: N일차 종자의 평균 무게(㎎), DW: 종자의 초기 건물중(㎎)

발아 환경조건

종자의 발아적온 및 광조건을 구명하기 위하여 저온 저장고에서 건조 보관중이던 종자를 50립씩 4반복으로 24시간 동안 침지처리한 다음 페트리접시에 필터페이퍼 2매를 깔고 처리별로 각각 파종하였다. 발아상의 온도는 15, 20, 25 및 30℃로, 광은 명조건(fluorescent lamp, 23 ± 0.5 ㎛ol/㎡/s, 24시간 광조사)과 암조건으로 하여 총 8개의 실험조건을 설정하였다. 이후 30일 동안 매일 발아조사를 하였으며, 유근이 0.5 ㎜ 이상 돌출된 종자를 계수하여 발아율(%)로 계산하였다.

발아촉진 연구

발아율 및 발아력을 향상시키기 위하여 종자를 생장조절제인 GA_3 (0, 100, 200, 500 ㎎/L) 및 kinetin (10, 20 ㎎/L)의 농도별 용액에 각 24시간씩 침지처리(4 ± 1.0℃, 암조건) 하였다. 이후 멸균수를 이용하여 종자의 표면에 묻은 용액을 3회 세척 제거하였으며, 종자의 특성연구에서와 동일한 방법으로 페트리접시에 종자를 치상한 다음 20℃, 명조건에서 발아조사를 실시하였다. 모든 처리는 50립씩 4반복으로 실험이 수행되었으며, 발아특성으로 최종 발아율(Percent germination, %), 평균발아소요일수(Mean germination time, days), 파종 후 전체 발아종자 수 대비 14일 이내 발아된 종자의 비율인 발아세(Germination energy, %) 및 파종한 종자의 발아율이 50%에 도달하는데 소요된 일수(T_{50}, days) 등을 조사하였다.

실험관리 및 통계처리

관수는 필터페이퍼가 마르지 않을 정도로 매일 멸균수를 공급하였으며, 오염이 발생한 페트리접시는 즉시 새것으로 교체하였다. 모든 발아실험은 30일 동안 실시되었으며, 조사된 모든 데이터는 평균 및 표준오차를 계산하였으며, SAS version 9.3 (SAS institute Inc., Cary, NC, USA)의 Duncan's multiple range test를 이용하여 $P<0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

종자의 일반 특성

설앵초 종자의 단축과 장축 길이는 각각 0.44 ± 0.07, 0.61 ± 0.04 ㎜이며, 1,000립중은 51.78 ㎎으로 조사되었다(Table 1). 종자는 양 끝이 뾰족한 마름모 형태였으며, 종피에는 돌기가 있고 갈색의 광택이 나는 혁질이었다(Fig. 1). Martin (1946)에 의하면 0.3~2.0 ㎜ 길이의 종자는 미세종자(dwarf seeds)로 분류되는데, 한국에 자생하는 난쟁이바위솔(Cho *et al.*, 2014a)과 등수국(Cho *et al.*, 2014b) 종자도 미세종자로 분류된 바 있다. 또한 자생 앵초(*P. sieboldi* E. Morr.)의 종자도 1,000립중이 0.24 g으로 매우 작아 미세종자로 구분되어(Song and Lee, 2002), 같은 속 내에서 유사한 형태적 특성을 확인할 수 있었다.

침지 기간에 따른 종자의 함수율을 조사한 결과, 건조종자의 수분함량은 15.4%에서 침지 24시간 만에 최대 함수율인 39.8%를 기록하였다(Table 1, Fig. 2). 이후 7일동안 유사한 수분함량을 유지하였으며, 수분을 흡수한 종자는 짙은 갈색으로 변하였다(Fig. 1).

자생 난쟁이바위솔(Cho *et al.*, 2014a), 숙은노루오줌(Jang *et al.*, 2016) 및 개병풍(Cho *et al.*, 2016b) 종자는 24시간의 침지처리로 최대 함수율을 기록한 바 있어 본 연구와 유사한 결과였으나, 금꿩의다리(Cho *et al.*, 2016a)와 등수국(Cho *et al.*, 2014b) 종자는 침지기간이 48시간으로 구명되어 식물의 종류에 따라 종자의 침지 요구도에는 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 설앵초 종자의 적정 침지기간은 24시간이며 종피에 의한 수분흡수의 장해요인은 없으므로, 종피의 불투수성에 의해 야기되는 물리적 휴면(Physical dormancy) 또는 복합휴면(Combinational dormancy)은 아닌 것으로 판단되었다(Baskin and Baskin, 2004).

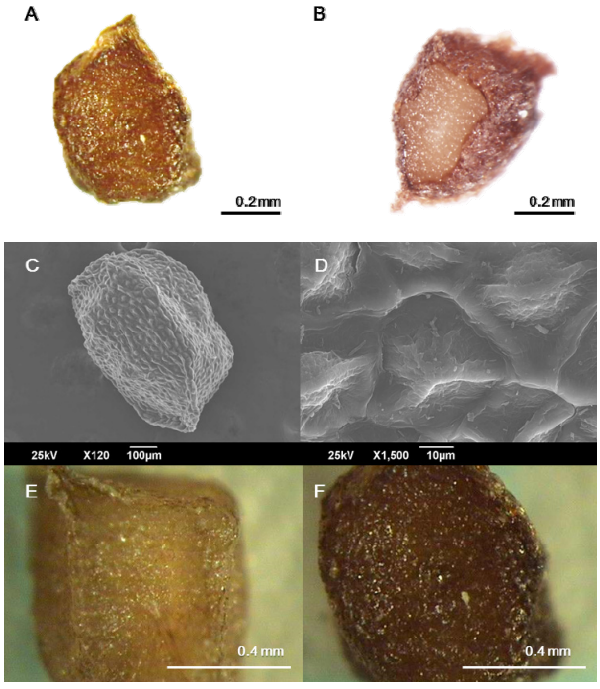

Fig. 1. Structure of a *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz. seed. The exterior (A) and interior (B) characteristics of the seeds. Scanning electron microscope pictures of seed exterior (C) and seed coat surface (D). Morphological changes of seed coat before (E) and after (F) imbibition.

Table 1. Characteristics of *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz. seed

Width (㎜)	Length (㎜)	Weight of thousand seeds (㎎)	Category by Martin[z]	Moisture content (%)	Color and texture of seeds	Immediate PG[y] (%)
0.44±0.07[x]	0.61±0.04	51.78±0.021	Dwarf seeds	15.4±1.00[w]	Glossy brown, coriaceous	-

[z]Refer to 'Martin (1946)' in references.
[y]Immediate percent germination: Non-stored seeds were immersed for 24 hours, and then analyzed for percent germination for 30 days at 20℃, light condition.
[x]Values are mean ± S.E. (n=10).
[w]Values are mean ± S.E. (n=4).

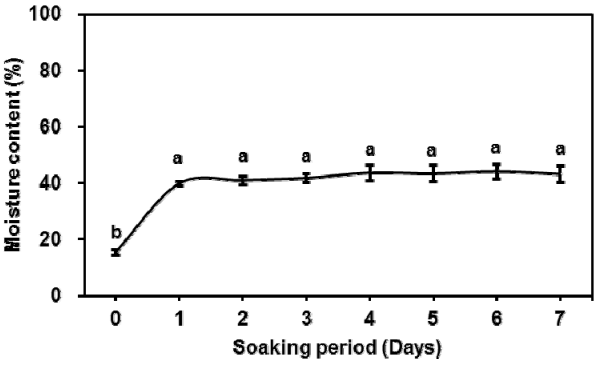

Fig. 2. Changes of moisture content in *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz seeds during soaking period. Different letters indicate significant difference based on Duncan's multiple range test at $P<0.05$. Bars indicate standard error of the means (n=4).

종자의 내적 휴면요인의 여부를 확인하고자 정선이 완료된 종자를 24시간 침지처리한 다음 20℃, 명조건에서 발아율을 조사하였다. 연구 결과, 충분한 수분을 흡수하였음에도 불구하고 종자는 전혀 발아되지 않았다(Table 1). 이는 자생하는 앵초 종자를 성숙기부터 이듬해 3월까지 발아상에 파종하였을 때 온도나 생장조절물질 처리 없이 전혀 발아하지 않은 것(Song and Lee, 2002)과 유사한 결과였다.

*Primula*속 종자는 내생의 발아 억제 또는 촉진 물질 여부에 의해 휴면성을 갖는 것으로 보고된 바 있다(Abe *et al.*, 1991; Song and Lee, 2002). 또한 동 속인 *P. obconica* (Chavagnat and Jeudy, 1981)와 *P. japonica* (Fukai and Oe, 1990) 종자에서는 생장조절물질 처리에 의한 종자발아촉진의 효과가 확인된 바 있다. 본 연구의 결과, 설앵초 종자는 단기간에 최대 함수율을 기록하였으나 발아가 전혀 이루어지지 않았으므로 내적 요인에 따른 자발휴면을 하는 것으로 판단되었으며, 종자휴면의 세부 분류 중 배의 생리적인 억제 메커니즘에 따른 생리적휴면(PD, Physiological dormancy) 특성을 갖는 것으로 판단되었다(Baskin and Baskin, 2004).

종자의 발아 특성

종자를 증류수에 24시간 동안 침지처리한 다음 온도 및 광조건을 달리한 생장상에서 30일 동안 발아조사를 실시하였다. 그 결과, 20℃, 명조건에서 발아율이 26.5%로 가장 높았으며, 15와 25℃ 조건에서는 각각 17.5, 7.0%의 발아율이 나타났으며, 30℃에서는 전혀 발아되지 않았다(Fig. 3). 한편 채종 직후 종자는 20℃, 명조건에서 전혀 발아되지 않았으나 저온 건조보관된

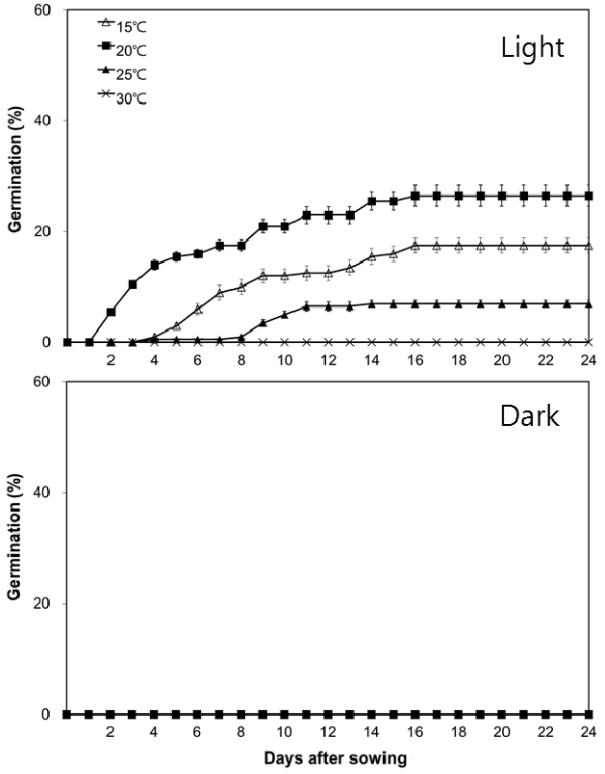

Fig. 3. Effect of light and temperature on seed germination of *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz. Bars indicate standard error of the means (n=4).

종자는 동일 조건에서 발아가 진행되었으므로, 무수분 상태에서의 저온처리가 설앵초 종자의 휴면과 어떠한 연관성을 갖는지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Song and Lee (2002)의 보고에서, 자생 앵초 종자는 20~25℃의 명조건에서 최종 발아율(80.0~82.0%), 발아세(70.7~76.0) 및 T_{50} (6.8~9.4)이 타 처리구에 비해 유의적으로 우수하였으며, 자연상태에서 6월에 성숙한 종자는 곧 여름철의 고온기에 접어들기 때문에 휴면이 지속되는 것으로 시사한 바 있다. 설앵초는 앵초와 유연관계가 가까워 설앵초와 앵초는 유사한 생육특성을 갖을 것으로 유추되는 바, 본 연구에서 설앵초의 종자가 명조건의 30℃ 처리구에서만 전혀 발아되지 않은 원인은 고온 상태에서 앵초의 종자와 마찬가지로 종자의 휴면이 유지되었기 때문으로 생각된다.

대체로 미립종자는 광발아 특성을 가지는데, 자생 난쟁이바위솔, 등수국 및 개병풍 종자는 공통적으로 암조건에서 발아가 억제되었으며(Cho *et al.*, 2014a; 2014b; Cho *et al.*, 2016b) 자생 숙은노루오줌 종자는 암조건에서 전혀 발아되지 않은 것으로 보고된 바 있다(Jang *et al.*, 2016). 따라서 설앵초 종자는 암

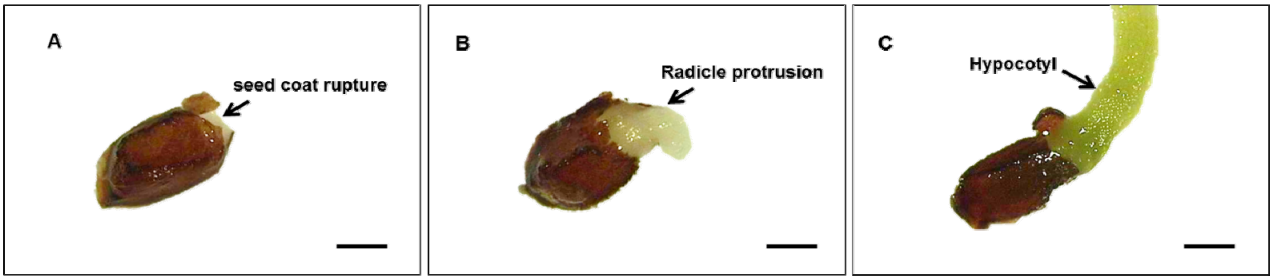

Fig. 4. Seed germination of *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz. at 20℃ under light condition. A, germination; B, 1 days; C, 5 days after sowing. Bars = 0.2 ㎜.

Table 2. Effect of GA_3 and kinetin concentrations on seed germination of *Primula modesta* var. *hannasanensis* T. Yamaz at 20℃ under light condition

PGRs[z]	Concentration (㎎/L)	Percent germination (%)	Germination energy[y] (%)	Mean germination time[x] (Days)	T_{50}[w] (Days)
GA_3	0	26.5 d[v]	67.7 b	19.8 a	-
	100	82.5 b	96.4 a	11.3 bc	7.3 b
	200	95.0 a	94.8 a	11.8 bc	7.3 b
	500	95.5 a	98.3 a	9.8 c	6.3 b
Kinetin	10	61.0 c	100.0 a	12.8 b	11.0 a
	20	37.0 d	100.0 a	11.3 bc	-

[z]Immersed in PGRs for 24 hours.
[y]Germination energy : (Number of seeds germinated at day 14/number of total seeds germinated)×100.
[x]Mean of average days to germination.
[w]Number of days for 50% seed germination.
[v]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, $P<0.05$.

조건의 모든 온도처리구에서 전혀 발아되지 않았기 때문에 (Fig. 3), 대부분의 미립종자에서 공통적으로 보여지는 광발아 특성을 확인할 수 있었다.

발아된 종자는 1일차에 육안으로 확인할 수 있을 정도로 유근이 돌출되었으며, 5일 이상 경과될 경우 녹색의 배축이 신장되고 뿌리가 발달하였다(Fig. 4).

종자의 발아촉진 조건

설앵초 종자의 발아촉진을 위하여 농도를 달리한 GA_3 용액에 24시간 침지처리한 다음 20℃, 명조건에서 발아율을 조사하였다. 연구의 결과, GA_3 200 및 500 ㎎/L 처리구에서 최종 발아율이 각 95.0, 95.5%로 최고치를 기록하였으며, 농도간 차이는 확인되지 않았다(Table 2). 한편 GA_3 100 ㎎/L 처리구에서도 최종 발아율이 82.5%로 나타나, 모든 GA_3 처리구에서는 무처리구에 비해 56.0~69.0% 수준의 발아율 향상 효과를 확인할 수 있었다. 또한 GA_3 처리구에서는 농도에 관계없이 발아세가 94.8~98.3% 수준으로 높았는데, 이는 무처리구에 비해 27% 이상 향상된 수치였다. 발아까지의 소요기간은 특히 500 ㎎/L 처리구에서 9.8일로 모든 처리구 중 가장 짧게 나타나, 무처리구에 비해 10일이상 단축되는 것을 볼 수 있었다. 그러나 T_{50}은 처리 농도간 유의적인 차이 없이 6.3~7.3일 수준이었다. 이는 Song and Lee (2002)의 연구에서 자생 앵초 종자에 GA_3 50~800 ㎎/L 농도를 각 24시간 침지처리 하였을 때 최종 발아율과 발아속도는 농도가 높아질수록 향상되었으나 T_{50}은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다는 결과와 매우 유사한 경향이었다.

한편 kinetin 10 ㎎/L 처리구에서도 최종 발아율이 61.0%로 향상되어 발아촉진 효과가 확인되었으나 20 ㎎/L 처리구에서는 발아촉진 효과가 관찰되지 않았다(Table 2).

지베렐린은 종자 내 발아억제 물질인 ABA의 농도를 상대적으로 저하시켜 발아촉진에 직접적으로 관여하며, 사이토키닌은 발

아억제 요인을 제거하여 발아에 간접적으로 관여한다. Abe *et al.* (1991)은 *Primula*속 종자의 휴면이 내생 GA의 함량에 따라 좌우된다고 하였으며, 동속인 *P. sieboldi, P. obconica* 및 *P. japonica* 종자에서 GA 처리에 따른 발아촉진 효과가 증명된 바 있다 (Chavagnat and Jeudy, 1981; Fukai and Oe, 1990; Song and Lee, 2002). 따라서 설앵초 종자에서 GA_3 처리에서 발아촉진 효과가 크게 나타난 것은 *Primula*속 종자의 공통적인 특성인 내생 GA 부족에 따른 생리적 휴면(PD)이 타파되었기 때문으로 생각된다.

본 연구의 결과, 설앵초의 종자번식을 위해서는 GA_3 200~500 ㎎/L에 24시간 침지처리한 다음 20℃의 명조건에서 발아시키는 것이 가장 효과적일 것으로 판단되어, 본 연구의 결과는 설앵초의 대량번식을 위한 방법으로 충분히 이용 가능할 것으로 생각되었다.

적 요

본 연구는 설앵초의 종 보존과 활용성 증대를 위해 종자를 이용한 대량 번식법을 개발하고자 수행되었다. 종자는 2011년 제주도 일대에서 채종하여 정선한 다음 4 ± 1.0℃에서 건조 상태로 저장하면서 연구에 사용하였다. 종자의 크기는 0.44 ± 0.07 × 0.61 ± 0.04 ㎜, 1,000립중은 51.78 ± 0.021 ㎎이었으며, 미세종자로 분류되었다. 설앵초 종자의 휴면특성은 생리적 휴면(physiological dormancy)성을 갖는 것으로 판단되었다. 한편 종자는 광조건에서 발아가 되는 광발아성 종자로, 적정온도는 20°C로 나타났다. GA_3는 조자의 휴면타파 및 발아력 향상에 크게 효과가 있었는데, 농도가 높아줄수록 그 효과가 크게 나타났다. 특히 GA_3 200~500 ㎎/L 처리구에서 발아율 및 발아세가 90% 이상으로 매우 높게 조사되었다.

References

Abe, S., M. Okada, K. Kunishi and H. Higuchi. 1991. Dictionary of floriculture. Asakura Shoten, Japan.

Baskin, J.M. and C.C Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Sci. Res. 14:1-16.

Baskin, J.M., C.C., Baskin and D.M., Spooner. 1989. Role of temperature, light and date seeds were exhumed from soil on germination of four wetland perennials. Aquat. Bot. 35:387-394.

Bewley J.D. and M. Black. 1994. Seeds-physiology of development and germination. 2nd ed. Plenum Press, NY, USA.

Chavagnat, A. and B. Jeudy. 1981. Study of the germination in the laboratory of seeds of *Primula obconica*. Seed Sci. Technol. 9:577-586.

Cho, J.S., H.J. Kwon and C.H. Lee. 2016a. Seed germination and dormancy breaking of *Thalictrum rochebrunianum* var. *grandisepalum* (H. Lev.) Nakai. Korean J. Plant Res. 29: 339-346.

Cho, J.S., J.H. Jeong and C.H. Lee. 2016b. The effects of environmental conditions and chemical treatments on seed germination in *Astilboides tabularis* (Hemsl.) Engl. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34:351-359.

Cho, J.S., J.H. Jeong, S.Y. Kim and C.H. Lee. 2014a. Temperature, light and chemical treatment promoting seed germination of *Meterostachys sikokiana* (Makino) Nakai. Flower Res. J. 22:54-59.

Cho, J.S., J.H. Jeong, S.Y. Kim, J.Y. Lee and C.H. Lee. 2014b. Several factors affecting seed germination of *Hydrangea petiolaris* Siebold & Zucc. Korean J. Plant Res. 27:534-539.

Fukai, S. and M. Oe. 1990. The characteristics of *Primula japonica* L. native to Osaka prefecture. Bulletin of the Osaka Agricultural Research Center, Osaka, Japan.

Jang. B.K., J.S. Cho and C.H. Lee. 2016. Effect of environmental conditions and chemical treatments on seed germination of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai. Korean J. Plant Res. 29:235-240.

Korea Biodiversity Information System (KBIS). 2016. <www.nature.go.kr>.

Lee, T.B. 2003. Coloured flora of Korea. Hyangmoonsa Publishing Co., Seoul, Korea.

Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. Am. Midl. Nat. 36:513-660.

Ministry of Environment (ME). 2007. 3rd. Natural environment survey in flora. Natl. Inst. Environ. Res, Incheon, Korea (in Korean).

Ministry of Environment (ME). 2011. Endemic species of Korea. Natl. Inst. Environ. Res, Incheon, Korea (in Korean).

Song, J.S. and J.S. Lee. 2002. Dormancy and germination characteristics of seed and plant of *Primula sieboldi*. J. Korean Soc. Hort. Sci. 43:91-94.

Species Korea (SK). 2016. http://species.nibr.go.kr/home/index.do

Washitani, I. and H. Kabaya. 1988. Germination responses to temperature responsible for the seedling emergence seasonality of *Primula sieboldi* E. Morren in its natural habitat. Ecol. Res. 3:9-20. (Abstr.)

(Received 13 July 2016 ; Revised 11 April 2017 ; Accepted 18 April 2017)