

# 자생 끈끈이주걱(*Drosera rotundifolia* L.) 종자의 휴면과 발아특성

조주성, 이철희\*  
충북대학교 원예과학과

## Dormancy and Germination Characteristics of Round-Leaved Sundew (*Drosera rotundifolia* L.) Seeds Native to Korea

Ju Sung Cho and Cheol Hee Lee\*

Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

**Abstract** - This research was performed to develop mass propagation method of round-leaved sundew (*Drosera rotundifolia* L.) for improving horticultural usefulness. Seeds were collected around Hwaseong-si, Gyeonggi-do in October of 2011 and experimented upon while being dry-stored at  $4 \pm 1.0^\circ\text{C}$  (darkness). Seed length of a major and minor axis were  $1.58 \pm 0.060$  and  $0.21 \pm 0.016$  mm, respectively, and weight of 1,000 seeds was  $6.24 \pm 0.172$  mg. Seeds were thus classified as 'dwarf seeds'. Regarding the dormancy type, since round-leaved sundew seeds were dormancy broken and germinated at  $20\sim 30^\circ\text{C}$  under the light condition after wet-chilling treatment for 12 weeks, seeds were estimated to have physiological dormancy. Germination conditions of dormancy broken seeds were found to be  $20^\circ\text{C}$  and light condition (54.7%), but germination decreased at higher temperature. Percent germination (PG), germination energy (GE), mean germination time (MGT) and  $T_{50}$  were effectively improved by chemical treatment such as  $\text{GA}_3$  200 mg/L + kinetin 20 mg/L and wet-chilling treatment for 14 weeks. In conclusion these optimal conditions were thought to be a useful method for raising seedling uniformly.

**Key words** - Dormancy breaking, *Drosera* species, Dwarf seeds,  $\text{GA}_3$ , Wet-chilling treatment

### 서 언

끈끈이주걱과(Droseraceae)의 끈끈이주걱(*Drosera rotundifolia* L.)은 다년생 숙근초이며, round-leaved sundew로 불리는 벌레잡이 식물(Carnivorous plants)이다. 아시아의 한국, 일본, 중국 및 대만과 러시아 등에 분포하고 있으며, 양지의 산성습지 또는 반습지에서 자생하고 노지에서 월동한다(KBIS, 2016). 잎은 도란상의 편원형이며 긴 엽병의 끝은 주걱모양이고, 근생하여 옆으로 퍼져 자란다. 7월에 백색의 꽃이 피며, 곧 2개 이상의 심피에서 유래하는 삭과가 맺힌다. 삭과는 성숙되어 세 갈래로 열개되며, 다량의 미세종자를 생산한다(Lee, 2003; KBIS, 2016).

대부분의 식충식물들은 토양 내 질소화합물의 이용이 어려운 형태로 존재하는 산성토양의 습지에서 자생한다. 유럽의

Koppler Moor에서 조사된 끈끈이주걱 자생지 역시 저온의 과습한 기후이며, 토양환경은 산도가 낮고 지하수위가 높아 토양 내  $\text{NO}_3$ 와  $\text{K}_2\text{O}$  함량이 일반토양에 비해 낮게 보고되었다(Ri, 2000). 이와 같이 *Drosera*속을 포함한 식충식물들은 척박한 환경에서 부족한 양분을 벌레나 원생동물로부터 공급받기 위하여 포식할 수 있는 독특한 잎 구조로 진화하였으며(Jang, 2002), 이중 끈끈이주걱은 잎의 상부에 끈적한 점액질을 분비하는 선모(glandular hair)가 발달하여 미세곤충을 유인·소화하는 점착식 포충엽(flypaper trap)형 식충식물로 분류된다(Juniper *et al.*, 1989).

끈끈이주걱은 초폭이 3~5 cm, 엽장이 1.30~5.00 cm, 엽신의 너비가 0.41~0.99 cm로 작고, 5.09~24.90 cm의 긴 화병이 7월 중에 신장하여 개화하면서(RUC, 1993), 이국적인 분위기를 내는 분화용 화훼작물로 수요가 많다. 또한 붉은 선모의 끝에 이슬처럼 맺히는 당분의 점액질은 관상가치를 더욱 높혀주고, 식충

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

식물이 가진 육식성은 식물의 진화적인 차원에서 원예교육용 식물소재로서 높은 가치를 가진다.

국내의 끈끈이주걱 자생지 및 개체수는 지속적으로 감소하여 멸종위기 야생동식물 적색자료집의 '관심대상' 단계(NIBR, 2012), 식물구계학적 특정식물종 'V 등급' 및 국외반출 시 승인 대상 식물종(ME, 2007; 2011)으로 지정되어 있어 번식법의 개발이 절실하다. 선행 번식연구로는 기내 배지의 종류 및 cytokinins 처리의 효과(Jang and Park, 1999), MS배지 내 무기염류, 총 질소원 및 sucrose의 농도별 연구(Lee, 2005) 및 기내 엽절편 배양에 따른 재분화(Kim *et al.*, 2006) 등 식물 조직배양을 이용한 것들 뿐이다. 한편 경제적이고 효율적인 대량번식을 위해서는 매년 생산되는 종자를 활용할 필요가 있으나, 국내에서는 발아조건 및 촉진법 구명 등의 관련 연구가 전무한 실정이다.

일반적으로 온대지방 자생식물의 종자는 저온 또는 GA<sub>3</sub>, kinetin 등의 인위적인 식물생장조절제 처리로 휴면을 타파하거나 발아를 촉진할 수 있는데(Bewley and Black, 1994), 식물 종에 따라 효과적인 처리농도 및 시간은 다르다. 따라서 생태적 특성을 다루는 연구에서는 동일한 종도 국가단위의 자생지가 다를 경우 종자의 휴면타파 조건 및 발아특성이 크게 다를 수 있으므로(Ferreira and Small, 1974; Crowder *et al.*, 1990; Baskin *et al.*, 2001) 별개의 종으로 구분을 지어 체계적인 실험이 수행되어야 한다. 본 연구는 국내에 자생하는 끈끈이주걱의 원예적 활용도를 높이기 위하여 종자를 이용한 대량번식법 개발을 목적으로 수행되었다. 저온습윤 처리를 통한 종자의 휴면타파 및 발아조건을 구명하고, GA<sub>3</sub> 및 kinetin을 이용한 화학적 발아촉진법을 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

끈끈이주걱 종자는 2011년 10월 20일에 경기도 화성시 일대에서 채종기에 꼬투리 채 수확한 다음 실온에서 24시간 건조 후 정선하였다. 정선된 종자는 100립씩 2.0 ml 마이크로튜브(MCT-200-C, Acygen, CA, USA)에 넣은 다음 실리카겔(5×6 cm, Mr. Keeper, Sungel, Bucheon, Korea)과 함께 2중 지퍼백(25×30 cm, Cleanzipper bag, Cleanwrap, Gimhae, Korea)에 동봉하여 저온 저장고(4±1.0°C, 암조건)에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

종자의 형태적 특성 조사는 버니어캘리퍼스(NA500-150S,

Bluebird, HongKong, China)와 초미세저울(IB-610S, Innotem, Yangju, Korea)을 이용하여 길이, 폭(mm) 및 1,000립 중(mg)을 각 10반복으로 측정하였으며, 수분함량은 100립씩 4반복으로 60°C에서 48시간 열풍건조하여 계산하였다.

종자의 관찰은 정밀 광학 화상시스템(icamscope, Sometech Inc., Seoul, Korea)으로 촬영한 다음 IT Plus 4.0 software로 확인하였다. 또한 외종피의 구조를 주사현미경(LEO-1530, Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)으로 촬영하였다.

### 종자의 휴면 검정

종자의 휴면여부를 파악하고자 기간별 수분흡수율 및 채종 즉시 파종에 따른 발아율(직과 발아율)을 조사하였다. 이때 종자는 정선이 완료된 후 저온건조 저장하지 않은 것을 사용하였으며, 모든 처리는 100립씩 4반복으로 수행하였다. 기간별 수분 흡수율은 종자를 2.0 ml 마이크로튜브에 넣고 1차 증류수 1.5 ml에 침지하여 저온보관(4±1.0°C, 암조건) 하였다. 이후 24시간 간격으로 종자를 꺼내어 필터페이퍼(diameter 90 mm, Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)로 종피에 묻은 수분을 제거하였으며, 무게를 측정된 다음 새 증류수로 침지하였다. 이를 7일간 반복하였으며, 종자의 무게 값을 아래의 식에 대입하여 기간별 변화 그래프를 나타내었다.

$$N\text{일차 수분 흡수율}(\%) = \frac{W_N - DQ}{W_N} \times 100$$

W<sub>N</sub> : N일자 평균 무게(mg), DW : 종자의 건조 중량(mg)

직과 발아율을 조사하기 위하여 최대 함수율에 도달한 종자를 필터페이퍼 2장을 간 페트리접시(diameter 8.9 mm)에 파종하였다. 이후 20°C의 명조건(fluorescent lamp, 23±0.5 μmol/m<sup>2</sup>/s, 24시간 광조사)에 배치하여 24시간 간격으로 유근이 1 mm 이상 돌출된 종자를 계수한 다음 발아율(%)로 계산하였다.

### 발아환경 탐색

종자의 발아적온 및 광조건을 구명하기에 앞서 2012년 5월 15일부터 8월 7일까지 저온습윤 처리를 통한 1차적 휴면타파를 실시하였다. 종자를 의료용 거즈로 싼 다음 밀봉이 가능한 유리병에 넣고 여분의 거즈로 충분히 덮었다. 이후 멸균수를 이용하여 충분히 적신 다음 병을 거꾸로 세워 유거수를 제거하였으며, 마개로 밀봉하였다. 휴면타파에 효과적인 저온습윤 처리의 온도

범위는 0~10°C로 알려져 있으므로(Crocker and Barton, 1957; Stokes, 1965), 처리가 완료된 유리병은 4 ± 1.0°C의 암조건에 보관하여 종자의 휴면타파를 유도하였으며, 12주 뒤 종자를 꺼내어 발아 연구를 실시하였다.

상기의 종자를 페트리접시에 필터페이퍼 2매를 깔고, 처리별로 파종하였으며, 광은 명조건(fluorescent lamp, 23 ± 0.5 μmol/m<sup>2</sup>/s, 24시간 광조사)과 암조건으로, 온도는 15, 20, 25 및 30°C로 각 설정된 growth chamber에 배치하였다. 모든 처리는 100립씩 4반복으로 수행하였으며, 24시간 간격으로 30일 동안 발아조사를 실시하였다.

### 발아촉진 연구

12주 동안 저온습윤 처리된 종자를 사용하여 생장조절제인 GA<sub>3</sub> (100, 200, 500 mg/L) 및 kinetin (10, 20 mg/L)을 단일 또는 혼용하여 농도별로 희석한 용액에 24시간 침지처리(4 ± 1.0°C, 암조건) 하였다. 이후 멸균수를 이용하여 종자의 표면에 묻은 시약을 3회 세척하였으며, 상기와 동일한 방법으로 치상한 다음 20°C, 명조건에서 발아조사를 실시하였다.

또한 종자의 저온습윤 처리 기간을 10, 12, 14, 16 및 18주로 달리한 다음 처리가 완료된 종자는 상기와 동일한 방법으로 치상하여 20°C, 명조건에서 발아조사를 실시하였다.

### 조사항목 및 통계처리

발아특성으로 최종 발아율(Percent germination, %), 평균 발아소요일수(Mean germination time, days), 파종 후 전체 발아종자수 대비 4일 이내 발아된 종자의 비율인 발아세(Germination energy, %) 및 파종한 종자의 발아율이 50%에 도달하는데 소요된 일수인 T<sub>50</sub> (days) 등을 분석하였다. 관수는 필터페이퍼가 마르지 않을 정도로 매일 멸균수를 공급하였으며, 오염이 발생한 페트리 접시는 즉시 교체하였다. 수치화 한 모든 데이터는 SAS version 9.3 (SAS institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여

평균 및 표준오차를 계산하였으며, Duncan's multiple range test의 P < 0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 종자의 특성

종자의 장축과 단축의 길이는 각 1.58 ± 0.060, 0.21 ± 0.016 mm, 1,000립중은 6.24 ± 0.172 mg인 미세 종자였으며, 수분함량은 59.6 ± 4.51%로 조사되었다(Table 1). Martin (1946)의 종자 크기분류에 의하면 0.3~2.0 mm 길이의 종자는 dwarf seeds로 분류되며, 동속인 *D. angelica* 종자의 길이가 1.6 mm로 동일 분류체계에서 dwarf seeds로 분류된 바 있다(Baskin *et al.*, 2001). 따라서 본 연구에 사용된 끈끈이주걱 종자는 크기분류상의 dwarf seeds로 분류되어 속간에 유사한 특성을 확인할 수 있었다. 한편 끈끈이주걱 종자의 수분함량은 유사한 크기의 자생 난쟁이바위솔(8.8%)과 등수국 종자(3.9%)에 비해 6배 이상 높은 수준이었는데(Cho *et al.*, 2014a, 2014b), 이는 습지에서 자생하는 식물의 번식을 위해 진화된 특성으로 생각된다(Juniper *et al.*, 1989).

종자의 색은 대체로 검거나 진한 갈색이었으며, 혁질의 외종피 내에 타원형의 검은 색 종자가 들어있었다(Fig. 1A and 1B). 외종피의 표면을 관찰한 결과, 수분흡수에 용이할 것으로 생각되는 균열이 확인되었는데(Fig. 1C), 이는 채종 후 인위적인 건조에 의해 혁질의 외종피가 쉽게 찢어질 수 있는 조건이 되었기 때문으로 생각된다. 또한 외종피 표면은 다수의 세포가 집단을 이루는 형태를 보였는데(Fig. 1D), 동일속인 *D. indica*와 *D. burmanii* 종자의 그물모양 구조(Jayaram and Prasad, 2006)와 매우 유사하였다.

### 종자의 휴면 검정

침지 기간에 따른 끈끈이주걱 종자의 함수율을 조사한 결과,

Table 1. Morphological and characteristics of *Drosera rotundifolia* L. seeds

Length (mm)	Width (mm)	Weight of thousand seeds (mg)	Category by Martin <sup>z</sup>	Moisture content (%)	Color and texture of seeds	Immediate PG <sup>y</sup> (%)
1.58 ± 0.060 <sup>x</sup>	0.21 ± 0.016	6.24 ± 0.172	Dwarf seeds	59.6 ± 4.51	Deep brown to black, coriaceous	2.5

<sup>z</sup>Refer to 'Martin (1946)' in references.

<sup>y</sup>Immediate percent germination: Non-stored seeds were immersed for 24 hours, and then analyzed for percent germination for 30 days at 20°C, light condition.

<sup>x</sup>Values are mean ± S.E. (n=10).

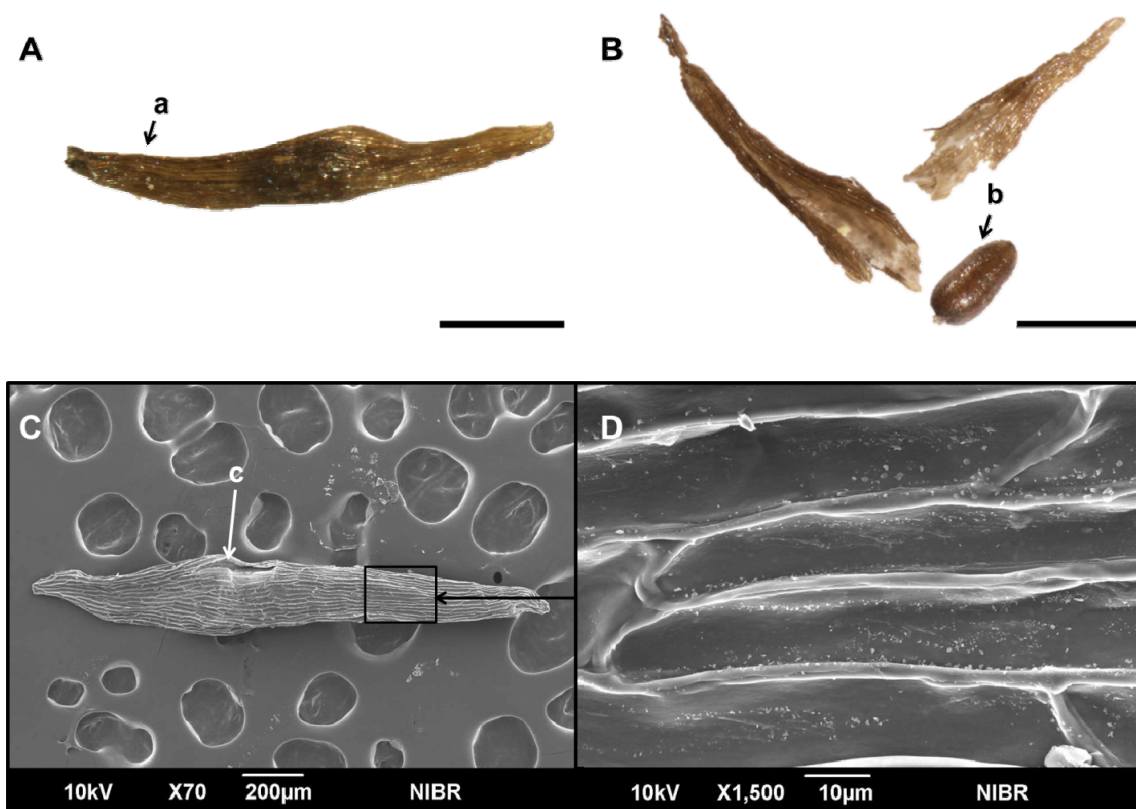


Fig. 1. Seed structure of *Drosera rotundifolia* L. A: Seed covered with dry testa (a); B : Exposed seed (b). Bars: 0.5mm. C and D: Scanning electron microscope pictures of seed and testa surface; torn part of testa (c).

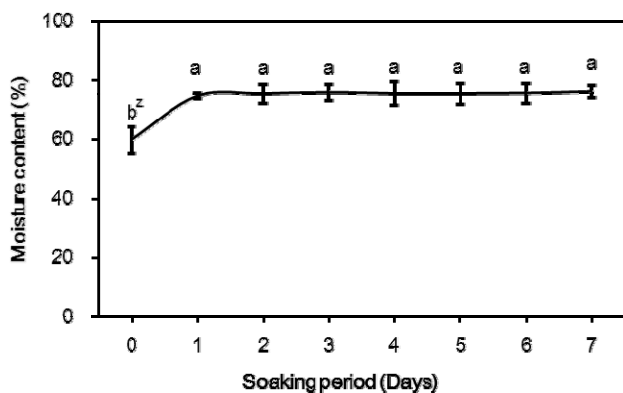


Fig. 2. Changes of moisture content in *Drosera rotundifolia* L. seeds during soaking period. Vertical bars indicate standard error of the means (n=4).

<sup>z</sup>Means with the same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

침지 1일(24시간) 만에 17.8%가 향상되어 최대 흡수율을 기록하였으며, 이후 75.5~76.2%의 수준으로 일간 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). Cho *et al.* (2014a; 2014b)의 연구에서 미

립인 자생 난쟁이바위솔과 자생 등수국의 종자는 각 24, 48시간 만에 최대 흡수율을 기록하여 적정 침지기간이 구명된 바 있다. 따라서 끈끈이주걱 종자의 적정 침지기간은 24시간으로 판단되었으며, 종피에 의한 수분흡수의 장애요인은 없는 것으로 생각되었다.

24시간의 침지처리로 충분한 수분을 흡수시킨 종자를 20°C, 명조건에 치상하여 직파 발아율을 조사한 결과, 30일 동안 2.5%의 매우 저조한 발아율을 보였다(Table 1).

Baskin *et al.* (2001)의 연구에서 스웨덴 Östergötland 자생의 *D. anglica* (긴잎끈끈이주걱) 종자를 3년간 동일지역에서 채집하여 15/5, 20/10 또는 25/15°C에서 직파발아율을 조사한 결과, 특정 해에 채집한 종자에서만 발아가 진행되었으며, 최대 발아율은 5%를 넘지 못하였다. 따라서 *D. anglica* 종자는 채집지가 동일하더라도 연차별로 휴면의 깊이에는 차이가 발생하는 조건부 휴면(conditional dormancy)을 하는 것으로 보고되었다.

영국 Sheffield 자생의 *D. rotundifolia* (끈끈이주걱) 종자는 4개월의 저온습윤 처리(4°C)로 휴면이 타파되었으나(Grime *et al.*, 1981), 캐나다 Ontario 자생의 *D. rotundifolia* 종자는 겨울

을 지나 이듬해 봄에 전혀 발아되지 않은 기록이 있다(Crowder *et al.*, 1990). 한편 동일 속인 남아프리카 자생의 *D. aliciae* Rayn-Hamet 종자는 휴면타파를 위해 습하고 따뜻한 조건이 요구되었으나(Ferreira and Small, 1974), 스웨덴 Östergötland 자생의 *D. anglica* 종자는 겨울과 이듬해 봄의 온도조건에서 휴면이 타파되었다(Baskin *et al.*, 2001). 따라서 *Drosera*속 종자는 동일 종 또는 유연관계가 가까운 속간에도 자생지의 계절적 특성에 따라 휴면특성이 크게 다를 수 있을 것으로 생각되었다.

**종자의 휴면타파 및 발아특성**

끈끈이주걱 종자의 휴면타파 및 발아조건을 구명하기 위하여 12주의 저온습윤 처리 후 즉시 온도 및 광조건을 달리한 성장상에서 발아조사를 실시하였다. 연구의 결과, 20℃, 명조건에서 54.7%의 최고 발아율을 기록하였으며, 명조건 상의 비교적 고온인 25, 30℃에서는 온도가 높을수록 최종발아율이 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 또한 발아시작일이 7~13일로 1주일 이상이 소요되었다. 본 연구의 결과, 채종 즉시(Table 1) 또는 6개월 동안 저온건조한 종자를 파종하였을 때(Data not shown) 30일 동안 5% 미만의 낮은 발아율을 기록하였으므로, 끈끈이주걱 종자는 일정기간의 겨울온도가 요구되는 생리적(physiological) 휴면성을 가지는 것으로 확인되었다. 또한 자생지 내에서 7월에 개화 및 결실하며 월동하는 것으로 알려져 있으므로(KBIS, 2016), 끈끈이주걱의 효과적인 종자번식을 위해서는 저온습윤 처리를 통한 1차적인 휴면파타가 반드시 필요할 것으로 판단되었다.

Baskin *et al.* (2001)의 연구에서 *D. anglica* 종자를 18주의

저온습윤 처리 후 최고온도가 25℃인 명조건의 성장상에서 2주간 발아율을 조사한 결과, 휴면성이 타파되어 91%의 발아율을 기록한 바 있다. 그러나 동일 전처리 후 15℃, 명조건에서는 발아율이 6%로 매우 저조하여, 본 연구의 결과와 매우 유사하였다. 따라서 자생 끈끈이주걱 종자는 습윤상태의 저온 후 1주일 상 20~30℃에서 휴면성이 타파됨과 동시에 발아가 진행된 것으로 판단되며, 휴면타파를 위해서는 저온습윤 처리 후 20℃ 내외의 온도가 요구됨을 시사한다.

한편 본 연구에서 끈끈이주걱 종자는 저온습윤 처리 후 30℃ (1.3%)를 제외한 모든 암조건에서 전혀 발아되지 않았다(Fig. 3). 이는 Kinzel (1909)과 Crowder *et al.* (1990)의 연구에서 *D. anglica* 및 *D. intermedia* 종자발아 시 반드시 광조건이 요구되며, Baskin *et al.* (2001)의 연구에서는 *D. rotundifolia*의 종자가 암조건에서 전혀 발아되지 않은 것과 유사한 결과이다. 한편 *D. anglica* (Baskin *et al.*, 2001)를 포함한 다수의 dwarf seeds (Martin, 1946)는 명발아성 종자로 보고된 바 있다(Baskin *et al.*, 1989; 1998). 따라서 자생 끈끈이주걱 종자는 dwarf seeds로서(Table 1) 휴면타파뿐만 아니라 발아를 위해서도 명조건이 반드시 필요할 것으로 판단되었다.

발아된 끈끈이주걱 종자에서는 2일차에 외종피에서 유근이 돌출하였으며, 4일차에 주근(primary root)이 확인되었다(Fig. 4A, 4B). 이후 소엽(leaflet) 형태의 미분화된 잎이 전개되거나, 코일형태로 말려있는 엽원기(leaf primordium)가 관찰되었다(Fig. 4C). 발아 후 8일차에는 식충식물의 포충엽 끝에 발달하는 분비성 모용(glandular trichomes)이 관찰되었으며(Tortora *et al.*, 1980; Juniper *et al.*, 1989), 물리적 접촉이 없었던 두정부

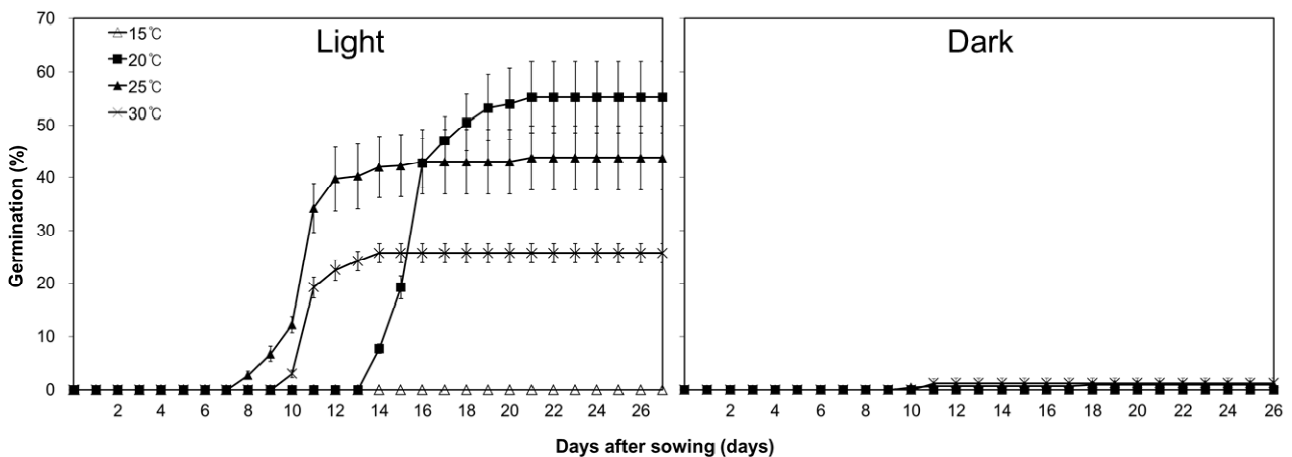


Fig. 3. Effect of temperature and light on seed germination of *Drosera rotundifolia* L. Vertical bars indicate standard error of the means (n=4).



Fig. 4. Germination of *Drosera rotundifolia* L. seed at 2 (A), 4 (B), 6 (C) and 8 days (D) after wet-chilling treatment for 12 weeks. A: Radicle (a) shooting up through testa (b); B-C : Developed hair root (c) and leaflet (d); D : Seedling, glandular trichomes (e) on leaf. Scale bars: 0.5 mm.

위는 붉은 색을 띠고 있었다(Fig. 4D).

식충식물들은 발달초기 포충엽의 두정부위에서 다양한 유기 화합물, 염류, 당분, 소화효소, 점질성분 및 자극성 물질 등이 축적되어 있는 분비강이 발달하며, 팽창된 활면상태를 보인다(Callow, 2000; Hallahan *et al.*, 2000). 그러나 반복되는 외부 자극에 의해 분비강이 수축되고 분비물질을 방출한 다음 완전히 함몰되어(Juniper *et al.*, 1989), 원예적인 상품성이 떨어질 수 있다.

본 연구에서 관찰된 기내의 끈끈이주걱 유묘는 평균 8일차에 완전한 포충엽이 열개되었다. 따라서 원예적인 상품성을 유지하기 위해서는 발아시킨 다음 포충엽의 분비강이 완전한 형태를 보이기 전인 4~6일 이내에 실외로 옮길 수 있도록 순화 및 육묘 관련 추가연구가 반드시 수행되어야 할 것으로 생각된다.

#### 발아촉진 조건

끈끈이주걱 종자의 발아율을 향상시키기 위하여 농도를 달리한 GA<sub>3</sub> 용액에 24시간 침지처리한 결과, GA<sub>3</sub> 500 mg/L 처리

구에서 63.5%의 최대 발아율(PG)을 보였으며, 무처리구에 비해 발아율이 8% 이상 향상되었다(Table 2). 한편 GA<sub>3</sub> 100과 200 mg/L 처리구에서는 발아촉진 효과가 확인되지 않았으므로(Table 2), 고농도의 GA<sub>3</sub>가 끈끈이주걱 종자의 발아율 향상에 효과적일 것으로 판단된다. 또한 kinetin 처리구에서는 20 mg/L (60.3%)에서 발아율이 가장 우수하였으며, 모든 농도에서 무처리구에 비하여 4.8 ~ 5.6% 향상된 값을 보였다.

GA<sub>3</sub>와 kinetin 단독처리에 따른 발아세(GE), 평균발아일수(MGT) 및 T<sub>50</sub>을 비교·분석하였다. 연구의 결과, 발아세는 모든 처리구에서 무처리구에 비해 66% 이상 향상되었으며, kinetin 10 mg/L 처리구에서 99.3%로 가장 높았다(Table 2). 평균발아일수도 모든 처리구에서 무처리구 비해 2.3~7.3일이 단축되었으며, kinetin 10 mg/L 처리구에서 13.5일로 가장 짧았다. 또한 T<sub>50</sub>도 모든 처리구에서 무처리구에 비해 5.0 ~ 7.7일이 단축되었으며, 특히 GA<sub>3</sub> 500 mg/L 처리구에서 9.3일로 가장 짧았다. 따라서 자생 끈끈이주걱 종자의 발아에 있어서 GA<sub>3</sub> 500 mg/L는 발아율 향상 및 T<sub>50</sub>의 단축에, kinetin 10 mg/L는 발아세 향상 및

Table 2. Effect of GA<sub>3</sub> and kinetin treated after wet-chilling treatment on seed germination of *Drosera rotundifolia* L. at 20°C and light condition

PGRs (mg/L) <sup>z</sup>		Percent germination (%)	Germination energy <sup>y</sup> (%)	Mean germination time <sup>x</sup> (days)	T <sub>50</sub> <sup>w</sup> (days)
GA <sub>3</sub>	0	54.7 b <sup>v</sup>	15.2 d	20.8 a	17.0 a
	100	52.1 bc	81.3 c	18.5 ab	12.1 bc
	200	55.0 b	96.2 ab	16.5 bc	9.8 c
	500	63.5 a	93.2 ab	18.0 ab	9.3 c
kinetin	10	59.5 ab	99.3 a	13.5 d	10.0 c
	20	60.3 ab	88.5 bc	14.3 cd	13.0 b

<sup>z</sup>Immersed in PGRs for 24 hours after wet-chilling treatment for 12 weeks.

<sup>y</sup>Germination energy : (Number of seeds germinated during the first 4 days /number of total seeds germinated)×100.

<sup>x</sup>Average days to germination.

<sup>w</sup>Number of days to 50% seed germination.

<sup>v</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P*<0.05.

Table 3. Effect of combined GA<sub>3</sub> and kinetin treated after wet-chilling treatment on seed germination of *Drosera rotundifolia* L. at 20°C and light condition

PGRs (mg/L) <sup>z</sup>		Percent germination (%)	Germination energy <sup>y</sup> (%)	Mean germination time <sup>x</sup> (days)	T <sub>50</sub> <sup>w</sup> (days)
GA <sub>3</sub>	kinetin				
0	0	54.7 c <sup>v</sup>	15.2 c	20.8 a	17.0 a
100	10	50.0 c	91.1 ab	16.3 b-d	14.0 ab
	20	62.3 b	78.0 b	17.0 bc	11.0 bc
200	10	53.8 c	92.3 ab	18.3 b	11.7 bc
	20	78.8 a	96.4 a	14.0 d	9.5 c
500	10	64.5 b	97.8 a	14.3 d	8.5 c
	20	68.5 b	96.7 a	15.0 cd	10.3c

<sup>z</sup>Immersed in PGRs for 24 hours after wet-chilling treatment for 12 weeks.

<sup>y</sup>Germination energy : (Number of seeds germinated during the first 4 days /number of total seeds germinated)×100.

<sup>x</sup>Average days to germination.

<sup>w</sup>Number of days to 50% seed germination.

<sup>v</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P*<0.05.

평균발아일수의 단축에 효과적인 조건으로 판단되었다.

Lee *et al.* (2006)의 연구에서 자생 가침박달 종자는 GA<sub>3</sub> 100 mg/L 처리 시 발아율 뿐만 아니라 발아세 또한 무처리구에 비해 현저히 증가하였다. 그러나 GA<sub>3</sub>의 처리농도가 증가할수록 발아율이 감소하는 경향을 보여, 본 연구 결과와 상반된 경향을 보였다. 자생 초피나무 종자는 kinetin 50 mg/L 처리 시 발아촉진 효과가 확인되었으며(Kim *et al.*, 1996), 자생 등수국 종자에서는 kinetin 처리농도가 10~20 mg/L일 때 오히려 발아율이 감소되는 경향을 보였다(Cho *et al.*, 2014b). 따라서 식물 종에 따라 발

아촉진에 효과적인 GA<sub>3</sub>와 kinetin의 농도에는 차이가 있는 것으로 생각된다.

GA<sub>3</sub>와 kinetin을 농도별로 혼용처리한 다음 20°C, 명조건에서 발아특성을 분석한 결과, GA<sub>3</sub> 200 mg/L + kinetin 20 mg/L 처리구에서 발아율이 78.8%로 가장 높았으며, 무처리구에 비해서도 24.1%가 향상되었다(Table 3). 또한 각 성장조절제의 단용 처리구에 비해서도 높은 발아율로, 혼용처리의 발아율 향상 효과를 확인할 수 있었다. 혼용처리에 따른 종자의 발아세, 평균 발아일수 및 T<sub>50</sub>을 조사한 결과, 발아세는 모든 처리구에서 무처

Table 4. Effect of wet-chilling period at 4°C on seed germination of *Drosera rotundifolia* L. at 20°C and light condition

Period (weeks)	Percent germination (%)	Germination energy <sup>z</sup> (%)	Mean germination time <sup>y</sup> (days)	T <sub>50</sub> <sup>x</sup> (days)
10	36.6 c <sup>w</sup>	14.4 b	22.2 a	-
12	54.7 b	15.2 b	20.8 a	17.0 a
14	71.5 a	94.8 a	15.5 b	8.8 b
16	61.5 ab	100.0 a	14.0 b	8.8 b
18	54.0 b	100.0 a	11.8 c	8.0 b

<sup>z</sup>Germination energy : (Number of seeds germinated during the first 4 days /number of total seeds germinated)×100.

<sup>y</sup>Average days to germination.

<sup>x</sup>Number of days to 50% seed germination.

<sup>w</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P<0.05.

리구에 비해 우수하였으며, 모든 혼용처리구에서 62% 이상 향상되었다(Table 3). 또한 평균발아일수와 T<sub>50</sub>도 모든 혼용처리구에서 무처리구에 비해 유의적으로 단축된 결과였다.

지베렐린은 ABA와 같은 종자 내 발아억제 물질의 농도를 상대적으로 저하시켜 발아촉진에 직접적으로 관여하고 사이토키닌은 발아억제 요인의 제거 등 간접적으로 관여한다는 점에서(Khan, 1975), 두 종류의 생장조절제를 혼용처리할 경우 발아촉진 효과를 기대할 수 있다. 그러나 자생 금어초 종자의 경우 GA<sub>3</sub>와 BAP를 혼용처리하였을 때 발아율 향상 효과는 미비하였고 T<sub>50</sub>은 오히려 늘어났으며, GA<sub>3</sub>를 단독하였을 때는 발아율이 대폭 향상되어(Kang and Choi, 2006), 본 연구와 상반된 결과를 보였다. 연구의 결과, 자생 끈끈이주걱 종자의 발아촉진을 위해서는 GA<sub>3</sub>와 kinetin을 이용한 혼용처리가 단독처리에 비해 효과적이며, 이는 두 생장조절제의 직·간접적인 상호작용이 긍정적인 효과를 준 것으로 판단되었다.

끈끈이주걱 종자의 휴면타파를 위해 수행되었던 저온습윤 처리의 적정 기간을 구명하기 위하여 저장기간을 10, 12, 14, 16 및 18주로 달리하였다. 연구의 결과, 14주 동안 처리를 하였을 때 발아율이 71.5%로 가장 우수하였으며, 10, 12주 처리구에 비해 각 34.9, 16.8%가 향상되었다(Table 4). 발아세는 14주 이상 처리하였을 때 모두 90% 이상으로, 10, 12주 처리구에 비해 향상되었다. 평균발아일수는 저온습윤 처리기간이 증가할수록 단축되는 경향을 보였으며, T<sub>50</sub>도 14주부터 18주까지 8.0~8.8일로 유사한 수준으로 12주에 비해 단축되었다. 따라서 자생 끈끈이주걱 종자의 휴면타파를 위한 적정 저온습윤 처리기간은 발아율과 발아세가 우수하며, 평균발아일수 및 T<sub>50</sub>의 단축이 가능한 14주로 판단되었다.

Baskin *et al.* (2001)의 연구에서 스웨덴 자생의 긴잎끈끈이

주걱(*D. anglica*) 종자는 저온습윤 처리의 기간을 2, 6, 12 및 18 주로 처리하였을 때 20°C, 명조건에서 발아율이 각 18, 51, 84 및 100%로 조사되어, 본 연구에서와 같이 기간별 발아율의 차이를 보고한 바 있다. 한편 영국 Sheffield 자생의 끈끈이주걱 종자는 4개월(약 16주)의 저온습윤 처리 후 동일 발아조건에서 30%의 낮은 발아율을 기록하여(Grime *et al.*, 1981), 자생지의 환경에 따라 휴면타파를 위한 적정 저온습윤 처리의 기간이 달라질 수 있음을 시사한다.

본 연구의 결과, 끈끈이주걱의 종자번식을 위해서는 14주의 저온습윤 처리를 통한 1차적인휴면타파가 선행되어야 하며, 20°C의 명조건에서 발아시키는 것이 효과적일 것으로 판단되었다. 또한 GA<sub>3</sub> 200 mg/L + kinetin 20 mg/L 혼용처리는 발아율 향상뿐만 아니라 균일한 육묘를 위해서도 효과적인 화학적 발아촉진법으로 생각되었다.

## 적 요

본 연구는 자생 끈끈이주걱(*Drosera rotundifolia* L.)의 원예적 활용도를 높이기 위하여 종자를 이용한 대량번식법 개발을 목적으로 수행되었다. 종자는 2011년 10월에 경기도 화성시 일대에서 채집되었으며, 건조상태(4 ± 1.0°C, 암조건)로 보관하면서 연구에 사용하였다. 종자의 장축과 단축의 길이는 각 1.58 ± 0.060, 0.21 ± 0.016 mm로 조사되어 'dwarf seeds'로 분류되었으며, 1,000립 중은 6.24 ± 0.172 mg로 측정되었다. 끈끈이주걱 종자는 12주의 저온습윤 처리 후 20~30°C, 명조건에서 휴면타파 및 발아가 진행되어 일정기간의 겨울온도가 요구되는 생리적(physiological) 휴면성이 확인되었다. 종자의 적정 발아조건은 20°C, 명조건(54.7%)으로 구명되었으며, 명조건 상의 비



교적 고온인 25, 30°C에서는 온도가 높을수록 최종발아율이 감소하는 경향을 보였다. 적정 저온습윤 처리의 기간은 발아율과 발아세가 높고 평균발아일수 및 T<sub>50</sub>의 단축이 가능한 14주로 판단되었다. 또한 GA<sub>3</sub> 200 mg/L + kinetin 20 mg/L 혼용처리는 발아율 향상뿐만 아니라 균일한 육묘를 위해서도 효과적인 화학적 발아촉진법으로 생각되었다.

## References

- Baskin, C.C., J.M. Baskin and E.W. Chester. 1998. Effect of seasonal temperature changes on germination responses of buried seeds of *Agalinis fasciculata* (Scrophulariaceae), and a comparison with 12 other summer annuals native to eastern North America. *Plant Species Biol.* 13:77-84.
- Baskin, C.C., P. Milberg, L. Andersson and J.M. Baskin. 2001. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Drosera anglica* an insectivorous species of the Northern hemisphere. *Acta Oecol.* 22:1-8.
- 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. Plenum. NY (USA).
- Callow, J.A. 2000. *Advances in botanical research*. Academic Press, London, UK. pp. 37-120.
- 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 (in Korean).
- 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 (in Korean).
- Crocker, W. and L.V. Barton. 1957. *Physiology of seeds: An introduction to the experimental study of seed and germination problems*. Chronica Botanica, Waltham, Mass, USA.
- Crowder, A.A., M.C. Pearson, P.J. Grubb and P.H. Langlois. 1990. Biological flora of the British Isles, *Drosera* genus L. *J. Ecol.* 78:233-267.
- Ferreira, D.P. and J.G.C. Small. 1974. Preliminary studies on seed germination of *Drosera aliciae* Hamet. *J. S. African Bot.* 40:65-73.
- Grime, J.P., G. Mason, A.V. Curtis, J. Rodman, S.R. Band, M.A.G. Mowforth, A.M. Neal and S. Shaw. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *J. Ecol.* 69:1017-1059.
- Hallahan, D.L., H.C. Gray and J.A. Callow. 2000. *Advances in botanical research: Plant trichomes*. Academic Press, London, UK. pp. 1-316.
- Jang, G.W and R.D. Park. 1999. Mass propagation of sundew, *Drosera rotundifolia* L. through shoot culture. *J. Plant Biotechnol.* 1:97-100 (in Korean).
- Jang, K.W. 2002. *Carnivorous plants cultivation*. Sanbo Publishing Co., Korea. pp. 1-48 (in Korean).
- Jayaram, K. and M.N.V. Prasad. 2006. *Drosera indica* L. and *D. burmanii* Vahl. Medicinally important insectivorous plants in Andhra Pradesh-regional threats and conservation. *Current Sci.* 91:943-946.
- Juniper, B.E., R.J. Robins and D.M. Joel. 1989. *The carnivorous plants*. Academic Press, London, England. pp. 1-343.
- Kang, J.S. and I.S. Choi. 2006. Effect of plant growth regulators and seed priming treatment on the germination and early growth of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.). *J. Life Sci.* 16:493-499 (in Korean).
- Kim, S.D., S.Y. Park, T.J. Kim, I.M. Cheong and S.M. Kim. 1996. Studies on the promoting of seed germination of *Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara. *J. Korean Plant Res.* 9:171-176 (in Korean).
- Kim, S.J., K.C. Cho, I.T. Hwang, J.K. Kim, S.O. Kim and K.S. Kim. 2006. Plant regeneration according to culture conditions in leaf culture of *Drosera spatulata* sp. *tokaiensis*. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 24:248-252 (in Korean).
- Kinzel, W. 1909. Lichtkeimung: Erläuterungen und Ergänzungen. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 27:536-545.
- Korea Biodiversity Information System (KBIS). 2016. <weblink: <http://www.nature.go.kr/>>
- Lee, C.H. 2005. Several factors affecting shoot regeneration of Korean native sundew (*Drosera rotundifolia*) in vitro culture. *J. Korean Flower Res. Soc.* 13:308-312 (in Korean).
- Lee, H.D., S.D. Kim, H.H. Kim, J.W. Lee, J.H. Kim, C.H. Lee, and C.H. Lee. 2006. Effects of storage method, growth regulator, and inorganic salt on the seed germination of *Exochorda serratifolia* S. Moore. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 24:90-94 (in Korean).
- Lee, T.B. 2003. *Coloured flora of Korea*. Hyangmoonsa Publishing Co., Seoul, Korea (in Korean).
- Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *American 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).
- National Institute of Biological Resources (NIBR). 2012. Red data book of endangered insects in Korea. Natl. Inst. Environ. Res. Incheon, Korea (in Korean).
- Paper, D.H., E. Karall, M. Kremser and L. Krenn. 2005. Comparison of the anti-inflammatory effects of *Drosera rotundifolia* and *Drosera madagascariensis* in the HET-CAM assay. *Phytotherapy Research* 19:323-326.
- Regents of the University of California (RUC). 1993. The Jepson manual: Higher plants of California. University of California Press, CA (USA).
- Ri, C.U. 2000. Community composition and adapted environment of sundew (*Drosera rotundifolia*) in Koppler Moor, Austria. *Korean J. Life Sci.* 10:169-176.
- Stokes, P. 1965. Temperature and seed dormancy: In Lang, A. (ed.), *Differentiation and development*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. pp. 2393-2450.
- Tortora, G.J., D.R. Cicero, and H.I. Parish. 1980. *Plant form and function: An introduction to plant science*. The Macmillan Company, NY (USA). pp. 123-128.

(Received 1 June 2016 ; Revised 24 August 2016 ; Accepted 29 August 2016)