

멸종위기 야생식물 삼백초의 종자발아에 미치는 화학적 처리의 영향

조주성, 이철희*

충북대학교 원예과학과

Effect of Chemical Treatments on Seed Germination of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill., an Endangered Species in 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 seminal propagation method of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. by conducting a rigorous germination study. Well-selected seeds were dry-stored at $4 \pm 1.0^\circ\text{C}$ during the experiment. To study dormancy type, non-stored seeds were analyzed by embryo observation, germination test and detecting for any difficulties in seed coat to absorb moisture. Then to improve germination, seeds were submerged for 24 hours in a solution of varying concentrations containing one of plant growth regulators and minerals. According to research, fleshly matured seeds had an undifferentiated embryo and had a low germination rate below 5%. In addition, water submersion led to moisture absorption, embryo in the seeds grew and germinated so it was deemed morphophysiological dormant seeds. Percent germination (PG) and germination energy (GE) was greatly improved by soaking in plant growth regulators and minerals for 24 hours. Especially, 500 mg/L GA₃ treatment resulted in the highest GE as 46.1%. KNO₃ meaningfully improved PG (54.3 ~ 57.7%) at 10 ~ 20 mM but effect of minerals on germination acceleration as GE were negatively impacted in all concentrations.

Key words - Dormancy type, GA₃, Germination energy, KNO₃, Morphophysiological dormancy, *Saururus*

서 언

삼백초과 삼백초속(*Saururus*)에는 전 세계적으로 2종만이 분포한다. 양삼백초(*S. cernuus* L.)는 북아메리카 동부 지역에 분포하며(Gleason and Cronquist, 2003), 삼백초[*S. chinensis* (Lour.) Baill.]는 동아시아에 주로 분포하여 우리나라의 제주도 저지대 습지에서 드물게 확인할 수 있다(KBIS, 2016). 이중 삼백초의 초장은 50 ~ 100 cm이며, 숙근성 다년생 초본으로 땅속 줄기가 발달한다. 꽃과 식물 상층부 2 ~ 3개의 잎 및 뿌리 등 3부위가 흰색을 띠어 삼백초라 불린다. 따라서 잎과 꽃의 관상 가치가 뛰어나고 식물체의 성질이 강건하여(KBIS, 2016), 압화 소재나 지표면을 피복하기 위한 식물소재로도 개발이 가능할 것으로 생각된다.

예로부터 삼백초는 부종, 해독, 당뇨, 고혈압, 간염 및 황달 등의 치료를 목적으로 이용되어 왔으며(Park and Lee, 2000), 한방에서는 삼백초의 전초를 약재로 사용한다. 잎에는 quercetin, quercetrin, acicularin, rutin 등의 페놀물질을, 뿌리에는 아미노산, 당류 및 탄닌류 등을 함유하고 있어 항암 활성뿐만 아니라 성인병, 고혈압 등에도 효과가 있다(Choe *et al.*, 1994). 또한 항산화, 항균 및 모세혈관 강화작용 등 다양한 약리적 효능이 있으며(Lee *et al.*, 2000; Kim and Song, 2000; Lee *et al.*, 2001), 최근에는 위출혈성 스트레스 위염의 억제효과가 보고된 바 있다(Park and Cho, 2015).

일반인에게 잘 알려져 있는 삼백초는 환경부가 지정한 멸종위기 야생생물 II급에 속해있으며, 식물구계학적 특정식물종 V 등급에 해당하기 때문에(ME, 2007; 2011) 학술적, 생태적으로 희소성이 매우 높다. 그러나 자생지의 파괴로 인해 개체수가 급격히 감소한 상태임에도 불구하고 지금까지 약리효능에 관한 연

*교신저자: leech@chungbuk.ac.kr

Tel. +82-43-261-2526

구가 주로 진행되어 왔으며, 수확시기와 횡수(Nam *et al.*, 2002), 종근 크기에 따른 경엽의 생육(Nam *et al.*, 2007) 등 일부 재배법 관련 연구만 선행되었다. 또한 삼백초는 관행적으로 근경을 이용하여 영양번식을 해왔으나 종근을 이용한 번식은 효율성이 매우 떨어지며, 지하부를 포함한 전초를 약용하기 때문에 종자를 이용한 개체수 대량증식법 개발이 절실히 요구되고 있으나 체계적인 발아연구는 매우 미흡한 실정이다.

야생의 종자는 다양한 휴면유형을 가지고 있으며, 저온층적 및 식물생장조절물질의 인위적인 처리 등을 통해 휴면이 타파되고 발아가 촉진되는 것으로 알려져 있다(Bewley and Black, 1982; Baskin and Baskin, 2004). 종자의 휴면유형은 배의 발달 상태 및 수분 흡수의 난이도 등에 따라 다양하게 분류되며, 휴면의 유형에 따라 타파방법도 달라진다(Baskin and Baskin, 2004). 화학적 발아촉진법은 균일한 발아를 유도하고 발아율을 향상시킬 뿐만 아니라 휴면타파에도 효과가 있는데, 시약의 종류, 농도, 처리시간 및 분류군에 따라서 그 효과가 다르게 나타난다. 특히 GA₃는 저온처리를 대신하여 종자의 휴면을 타파하고 발아율을 향상시킬 수 있는 식물생장조절물질(Bewley, 1997; Cho *et al.*, 2001)이며, 화아 분화, 개화 촉진 및 가수분해 효소의 활성을 유도하는 것으로 알려져 있다(Blázquez *et al.*, 1998; Wilson *et al.*, 1992). 또한 cytokinin 계열의 kinetin은 식물의 세포의 분열, 조직 형성 및 종자발아의 과정에 관여한다(Wittwer and Dedolph, 1963).

종자처리법 중에서 priming은 수분퍼텐셜이 낮은 용액에 일정 기간 종자를 침지하여 흡수를 조절함으로써(Akers and Holley, 1986) 종자 내 분해효소의 활성, 아미노산의 생합성, DNA 복제 및 mRNA의 생합성, 종피의 구조적 변화 등을 유발하여 발아율 향상 및 발아소요일수 단축 등의 효과를 발생시킨다(Braford *et al.*, 1988; Norton, 1988). 또한 세포막의 기능을 회복시켜 종자 내 저장양분의 유출을 방지함으로써 발아잠재력을 향상시키기도 하므로(Coolbear *et al.*, 1984; Khan, 1992), 생장조절물질과 같이 발아를 촉진할 뿐만 아니라 수분흡수에 장애요인을 갖는 종자의 휴면타파에도 이용될 수 있다. 이러한 priming의 효과는 KNO₃를 처리한 좁쌀풀(Lee *et al.*, 2003), 가침박달(Lee *et al.*, 2006) 및 잔대(Kim *et al.*, 1996) 등의 종자에서 확인된 바 있다.

본 연구는 약리적, 관상적 및 식물학적 가치가 매우 높은 삼백초의 종자를 이용하여 휴면유형을 분류하고, 화학적 처리에 따른 발아촉진법을 구명함으로써 체계적인 발아연구를 통한 대량의 실생번식법 확립 및 약용작물로서의 활용도를 높이기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험 재료

삼백초 종자는 충청북도 청원군 남이면 일대의 노지에서 2년간 재배한 모본에서 2013년 10월 중순에 채종한 다음 실내에서 건조한 후 선별하였다. 정선이 완료된 종자 중 일부는 즉시 종자의 형태 조사 및 휴면유형 분류에 사용하였으며, 그 외 종자는 4 ± 1.0°C의 항온저장고에서 silica gel (Mr. Keeper, Sungel, Busan, Korea)을 이용하여 건조저장 하면서 발아조건 및 발아 촉진 연구에 사용하였다.

종자는 형태는 digital vernier calipers (Colorworld, HongKong, China)와 전자저울(IB-610S, Innotem, Daejeon, Korea)을 이용하여 길이와 폭(mm) 및 1,000립 중(mg)을 각 10반복으로 측정하였고, 100립씩 4반복으로 열풍건조(70°C, 48시간)하여 수분 함량을 조사하였다.

종자의 휴면 특성

종자의 휴면유형 분류는 Baskin and Baskin (2004)과 Nicolaeva (2001)의 방법을 응용하여 아래와 같이 종자 내 배의 관찰, 채종 후 순수 종자만을 정선한 다음 즉시 발아검정을 실시하는 직파 발아율 조사 및 종피의 불투수성 검정 등의 3단계로 진행하였다. 이후 종합적인 결과를 토대로 휴면의 유형을 분류하였다.

정선된 종자는 stainless blade (Platinum ST-300, Dorco, Wonju, Korea)를 이용하여 장축 및 단축방향으로 절개한 다음 정밀광학 화상시스템(icamscope, Somatech inc., Seoul, Korea)으로 촬영 및 관찰하였다. 이후 IT Plus 4.0 software로 배의 길이를 측정하여 배종비(E:S ratio, %)를 계산하였다(Vandelook *et al.*, 2007). 또한 배의 발달 정도는 배의 유무 및 자엽의 분화를 기준으로 판단하였다.

직파 발아율 조사를 위하여 정선된 종자를 1차 증류수에 24시간 동안 침지한 다음 직경 8.9 mm의 페트리접시에 2매의 필터페이퍼(90 mm, Advantec, Toyo, Japan)를 깔고 top of paper법으로 치상하였다. 이후 20°C의 명조건(fluorescent lamp, 23 ± 0.5 μmol/m²/s, 24시간 연속광) 또는 암조건에서 30일 동안 관리한 다음 최종발아율(%)을 조사하였다.

종피의 불투수성 검정은 종자를 15ml 테스트튜브에 넣고 증류수에 침지한 다음 냉장(4 ± 1.0°C) 보관하였으며, 이후 24시간 간격으로 종자를 꺼내어 필터페이퍼로 종피에 묻은 수분을 제거하고 무게를 측정하여 다음 세 증류수로 다시 침지하였다. 이

를 7일간 동일한 방법으로 조사한 다음 수분함량 대비 종자의 기간별 수분 흡수율의 변화를 그래프로 나타내었다.

화학적 발아촉진법의 구명

발아율 향상을 위하여 저온건조 조건에서 저장 중이던 종자를 농도별로 희석한 생장조절제와 무기염류 용액에 적정 침지 처리 기간으로 구명된 24시간 동안 각각 침지처리하였다. 이때 생장조절제는 GA₃ (100, 200, 500 mg/L), kinetin (10, 20, 40 mg/L), 99% 1H-indole-3-acetic acid (100, 200, 500 mg/L)를, 무기염류는 KNO₃ (5, 10, 20 mM), Ca(NO₃)₂ (100, 200, 500 mM)를 사용하였다. 처리된 종자는 1차 증류수로 3회 세척하여 페트리 접시에 동일한 방법으로 치상하였으며, 예비실험을 통해 선 발된 25°C, 명조건(fluorescent lamp, 23±0.5 μmol/m²/s, 24시간 연속광)에서 발아조사를 실시하였다.

조사 및 통계분석

발아조사는 24시간 간격으로 진행되었으며, 유근이 종피를 뚫고 1mm 이상 돌출한 종자를 발아종자로 간주하였다. 필터페이퍼가 마르지 않을 정도로 매일 멸균수를 주입하였으며, 오염이 발생한 필터페이퍼와 페트리접시는 즉시 새것으로 교체하였다.

발아조사 항목으로는 최종발아율(Percent germination, %)과 파종 후 전체 발아종자 수 대비 6일 이내 발아된 종자의 비율

인 발아세(Germination energy, %), 발아까지 소요되는 평균일수인 발아 소요일수(Mean germination time, %) 및 발아율이 50%에 도달하는데 소요된 일수(T₅₀, days)를 계산하였다.

모든 발아실험은 100립씩 4반복으로 수행되었으며, SAS version 9.3 (SAS institute Inc., Cary, NC, USA)의 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05의 유의수준에서 통계 분석 하였다.

결과 및 고찰

종자의 형태와 휴면 특성

삼백초 종자는 크기가 1.41 × 1.77 mm (n=10)이며, 종피의 질감이 거친 타원형이었다. 또한 1,000립중은 637.5 mg이며 짙은 갈색의 미립종자였다(Table 1, Fig. 1).

종자의 휴면유형 검정을 위하여 24시간 간격으로 수분 흡수율을 분석한 결과, 7.8%였던 수분함량이(Table 1) 24시간 만에 47.0%로 급증하여 최대 함수율에 도달하였다(Fig. 2). 이후 7일간 유사한 수준을 유지하였으므로, 종피에 의한 물리적 수분흡수 장애가 없이 충분한 수분을 흡수한 것으로 판단되었다. 자생 식물인 난쟁이바위솔 종자는 24시간 침지처리로 39.8%의 최대 함수율을 기록하였으며, 등수국 종자는 48시간 후 31.9%의 최대함수율에 도달하여 각 종자의 적정 침지기간은 각 24, 48시간

Table 1. Seed characteristics of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill.

Width (mm)	Length (mm)	Thousand seeds weight (mg)	Moisture content (%)	E:S ratio (%)
1.41 ± 0.10 ^z	1.77 ± 0.17	637.5 ± 11.18	7.8 ± 0.80	27.7 ± 2.01

^zValues are mean ± SE (n=10).

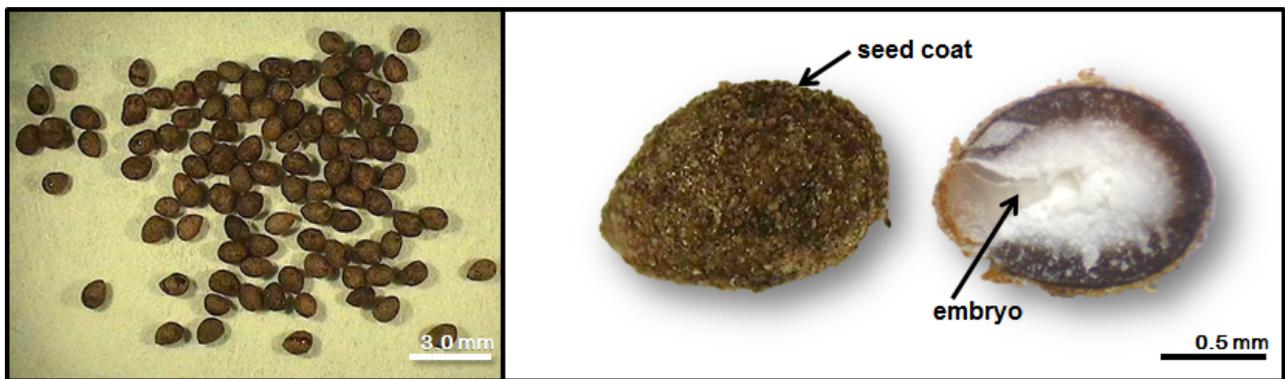


Fig. 1. Seed structure of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. Exterior of 100 seeds (left) and longitudinal section of seed (right).

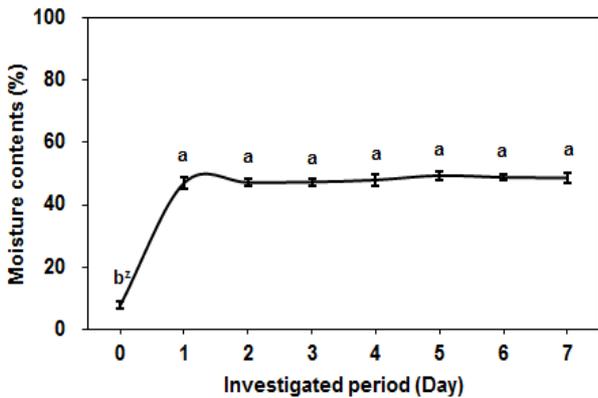


Fig. 2. Moisture content changes of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. seed during soaking period. Bars represent standard errors (n=4).
²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

으로 구명된 바 있다(Cho *et al.*, 2014a, 2014b). 따라서 충분한 수분흡수를 위한 적정 침지기간은 종에 따라 차이가 있는 것으로 생각되며, 본 연구에서 삼백초 종자의 적정 침지기간은 24시간으로 판단되었다.

24시간 동안 침지처리한 종자를 이용하여 직파발아율을 조사한 결과, 20°C, 명조건에서 1주 내에 발아가 진행됨을 확인할 수 있었으나 5% 미만의 저조한 발아율을 보였다(data not shown). 채종 직후의 종자를 절개하여 단면을 관찰한 결과, 배의 존재가 확인되었으나 E:S ratio는 종자 길이의 절반이 되지 않는 27.7%로 분석되었으며(Table 1), 자엽이 분화되지 않은 미숙배가 관찰되었다(Fig. 1). 이는 Johnson (1999)에 의해 채종된 양삼백초 (*Saururus cernuus* L.) 종자의 단면에서 자엽과 배축의 구분이 없는 미숙한 형태의 배가 관찰된 결과 것과 매우 유사하였다.

Baskin and Baskin (2004)은 휴면의 다양성을 설명하기 위해 생리학적 요인과 형태학적 요인을 복합적으로 고려한 다섯 가지의 휴면 유형으로 구분하였으며, 유형에 따른 타파방법도 세분화 하였다. 배가 일정 크기만큼 성장해야 하는 형태적 휴면(MD, morphological dormancy)은 일반적으로 습윤한 조건과 명 또는 암조건의 발아적온에서 4주 안에 배가 성장하고 발아가 진행된다(Baskin and Baskin, 1998). 배의 생리적인 억제 메커니즘에 의해 발생하는 생리적 휴면(PD, physiological dormancy)은 냉습(약 0.5 ~ 10°C), 온습($\geq 15^\circ\text{C}$) 또는 온건조건에 의해 타파된다. 종피의 불투수성(impermeability)로 야기되는 물리적 휴면(PY, physical dormancy) 종자는 물리적 또는 화학적 타파처리(Scarification)에 의해 타파된다. 형태·생리적 휴면(MPD,

morphophysiological dormancy) 또는 복합휴면(PY+PD)과 같은 2가지 이상이 공존하는 휴면 유형의 경우, 각각의 휴면 타파처리가 적용되어야 배가 성장하고 발아가 진행된다(Baskin and Baskin, 2004).

연구의 결과, 삼백초 종자는 종피의 불투수성에 의한 수분흡수에 대한 장애가 없었으나 30일 내에 매우 저조한 발아율을 보였다. 또한 채종 단계에서 종자 내에 형태적으로 미숙한 배가 관찰되었는데, 이는 삼백초와 유일하게 동일 과에 속하는 양삼백초의 종자 내에 배축과 자엽의 구분이 없는 미숙한 형태의 배가 존재하며, 발아 시 자엽이 자유로워지고 배축이 신장하여 내배유를 뚫고 발아한다고 보고와 매우 유사한 결과였다(Johnson, 1999). 따라서 삼백초 종자는 동일 과 내에서 매우 유사한 형태적 동일성을 보이며, 휴면성이 복합적인 형태·생리적 휴면 종자로 판단되어 종자번식을 위해서는 반드시 두 가지 성격의 휴면 타파 처리가 요구될 것으로 생각된다. 하지만 형태·생리적 휴면의 non-deep simple, deep simple, deep complex 등 세부 휴면 단계를 분류하기 위해서는 발아 단계별 온도요구도, GA에 대한 발아반응 등(Walck *et al.*, 2000)의 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

생장조절제 처리에 따른 발아특성

삼백초 종자를 성장조절제인 GA₃, kinetin 및 IAA를 농도별로 조성한 용액에 24시간 동안 침지처리하였다. 이후 25°C, 명조건에서 발아특성을 분석한 결과, 모든 성장조절제는 농도에 관계없이 발아율을 15% 이상 향상시킬 수 있었다(Table 2).

생장조절제 처리에 따른 최종발아율(PG)을 조사한 결과 21.0 ~ 31.3%의 수준이었으며, GA₃ 처리구는 농도가 높을수록 발아를 촉진하는 경향이었으나, 처리구간 유의성은 검증되지 않았다(Table 2). 또한 발아세(GE)는 GA₃ 500 mg/L 처리구에서 46.1%로 가장 높았으나, 모든 처리구에서 발아율이 50%가 되지 않아 T₅₀값은 확인되지 않았다. 발아소요일수(MGT)는 kinetin 및 IAA 처리구에서 증감의 변화가 미비하였으나, GA₃ 처리구에서는 고농도에 따른 단축효과를 확인할 수 있었다.

종자를 고온 또는 저온에서 일정시간 전처리한 다음 발아적온에 파종할 경우 발아촉진 효과가 발생하는데, 잔대 종자는 50°C의 고온에 비해 0°C의 저온처리가 발아에 효과적이었으며(Kim *et al.*, 1995) 섬오갈피나무 종자는 당년도 발아를 위해서 5°C에 비해 15°C의 전처리가 유리하였다(Ko *et al.*, 2003). 그러나 온도를 이용한 종자 전처리는 저장기간이 길고, 처리 중에 종자의 활력이 감소할 우려가 있다.

Table 2. Effect of plant growth regulators concentration on seed germination of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. at 25°C, light condition

Treatment	Concentration (mg/L)	Percent germination (%)	Germination energy ^z (%)	MGT ^y (Days)	T ₅₀ ^x (Days)
GA ₃	0	5.0 c ^w	2.2 d	17.3 a-c	-
	100	21.0 b	7.1 c	16.0 c	-
	200	25.7 ab	13.3 b	14.5 d	-
	500	27.0 ab	46.1 a	8.0 e	-
kinetin	10	31.3 a	3.4 d	16.5 bc	-
	20	30.5 a	6.6 c	17.5 a-c	-
	40	25.0 ab	6.9 c	17.8 ab	-
IAA	100	29.5 a	4.7 d	17.0 a-c	-
	200	26.5 ab	11.3 bc	18.5 a	-
	500	27.3 ab	11.1 bc	17.3 a-c	-

^zNumber of germinated seeds at day 6 / number of total germinated seeds)×100.

^yMean germination time: mean of average days required for germination.

^xDays required for 50% seed germination.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p*<0.05.

화학적 발아촉진법은 균일한 발아를 유도하며, 시약의 종류, 농도 및 처리시간 등이 관여할 뿐만 아니라 종에 따라서도 그 효과가 다르게 나타난다. 특히 GA₃는 저온처리를 대신함으로써 종자의 휴면을 타파하고 발아율을 향상시킬 수 있는 성장조절 물질(Cho *et al.*, 2001)로 이용되고 있다. GA₃를 비롯한 성장조절물질은 10⁻⁶ M 이하의 낮은 농도로도 식물체의 다양한 생육반응을 일으키는데(Bewley, 1997), cytokinin계열의 kinetin은 식물의 세포의 분열, 조직 형성 및 종자발아의 과정에 관여한다(Wittwer and Dedolph, 1963). GA는 휴면의 타파, 발아 촉진, 화아 분화, 개화촉진 및 가수분해효소의 활성을 유도하는 것으로 알려져 있다(Blázquez *et al.*, 1998; Wilson *et al.*, 1992). 특히 이는 종자 내의 배에서 생합성된 GA는 호분층에서 α-아밀라아제의 분비를 촉진시키고, 활성화 상태의 α-아밀라아제는 배유 내 전분과 단백질을 분해하여 배의 발달을 촉진함으로써 발아를 촉진하는 결과를 가지고 온다(Abeles, 1986; Kim *et al.*, 2009). 따라서 성장조절물질인 GA는 미숙배를 발달시킴으로써 종자의 휴면을 타파시킬 뿐만 아니라 발아를 촉진하는 역할도 하는 것이다.

본 연구에서는 4°C의 저온저장 조건이 삼백초 종자의 발아촉진을 유도하지 못하였으며, 모든 성장조절제 처리구에서는 발아율이 향상되는 결과를 보였다(Table 2). 특히 고농도의 GA₃는 발아세 향상 및 발아소요일수 단축 효과가 우수하였기 때문에,

화학적 발아촉진법으로써 대량의 종자를 이용하여 단기간에 균일한 육묘가 가능한 방법으로 생각된다.

무기염류 처리에 따른 발아특성

삼백초 종자에 무기염류인 KNO₃ 및 Ca(NO₃)₂를 농도별로 조성한 용액에 24시간 동안 처리하였다. 이후 25°C, 명조건에서 발아특성을 분석한 결과, KNO₃ 10, 20 mM 처리구에서 발아율이 각 57.7, 54.3%로 무처리구 대비 50% 가량 향상되었다(Table 3). 또한 Ca(NO₃)₂ 처리구에서도 500 mM의 고농도에서 발아율이 58.0%로 크게 향상되어, 무기염류 처리의 효과를 확인할 수 있었다.

처리별 발아세를 분석한 결과, 성장조절제 처리 시 종류에 관계없이 농도가 증가할수록 발아세가 향상되었던 결과(Table 2)와는 대조적으로, 모든 무기염류 처리구에서 1.7~3.5% 수준의 저조한 발아세를 기록하였다. 또한 T₅₀은 Ca(NO₃)₂ 500 mM 처리구에서 16.3일로 가장 짧았으며, 발아소요일수는 KNO₃ 5 mM 처리구에서 14.5일로 기록되었다.

염류를 이용한 hydropriming, osmopriming 및 matripriming 등의 종자 프라이밍은 종자의 수분 흡수를 조절함으로써 발아율을 향상시킨다. 또한 넓은 온도범위에서도 균일한 발아를 가능케 하므로(Bittencourt *et al.*, 2004), 성장조절물질과 같이 발아를 촉진할 뿐만 아니라 수분흡수에 장애요인을 갖는 종자

Table 3. Effect of KNO₃ and Ca(NO₃)₂ concentration on seed germination of *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. at 25°C, light condition

Treatment	Concentration (mM)	Percent germination (%)	Germination energy ^z (%)	MGT ^y (Days)	T ₅₀ ^x (Days)
KNO ₃	0	5.0 d ^w	2.2 b	17.3 a-c	-
	5	49.5 b	3.1 a	14.5 c	-
	10	57.7 a	2.3 b	17.0 b	17.0 ab
	20	54.3 a	3.1 a	18.5 ab	18.0 a
Ca(NO ₃) ₂	100	26.7 c	1.7 c	17.0 b	-
	200	47.5b	3.2 a	19.5 a	-
	500	58.0 a	3.5 a	18.0 ab	16.3 b

^zNumber of germinated seeds at day 6 / number of total germinated seeds)×100.

^yMean germination time: mean of average days required for germination.

^xDays required for 50% seed germination.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p*<0.05.

의 휴면타파에도 이용될 수 있다. 종자의 priming에는 KNO₃, K₃PO₄, CaCl₂, NaCl, MgSO₄, Ca(NO₃)₂ 등의 다양한 무기염류가 사용될 수 있으며, Nerson and Govers(1986)는 인산에 비해 질소를 함유한 염류가 priming에 효과적이라 하였다. 특히 KNO₃를 이용한 priming 처리는 삼투압에 의한 수분흡수 촉진 뿐만 아니라 발아에 필요한 생리적인 준비를 도와 발아의 속도와 균일성을 높이는데(Kim *et al.*, 2001), 처리되는 종자에 질소 성분과 함께 단백질 생합성에 필요한 타 필수영양분을 공급(Lee, 2004)하는 기작을 보인다. 특히 KNO₃는 좁쌀풀(Lee *et al.*, 2003), 가침박달(Lee *et al.*, 2006) 및 잔대(Kim *et al.*, 1996) 등의 종자에서 발아촉진이 확인되었으며 동의나물(La and Jeong, 2008)의 종자에서는 효과가 없었으므로, 종에 따른 효과의 차이가 다른 것으로 생각되었다.

본 연구에서 질산염류 처리는 삼백초 종자의 발아율을 효과적으로 향상시켰으나, 발아속도 및 균일성을 높이지는 못했다. 하지만 고농도의 GA₃ (500 mg/L) 처리는 상대적으로 발아세 및 발아소요일수에 높은 긍정적 효과를 보였다. 따라서 저온저장된 삼백초 종자의 균일한 육묘를 위해서는 육묘 농가에서 확보한 종자량에 따라 발아율과 발아세 향상 및 발아소요일수 단축에 효과적인 성장조절제와 무기염류의 선택적 이용이 가능할 것으로 생각된다. 한편 본 연구를 통해 화학적 처리의 휴면타파 및 발아촉진 효과는 확인되었으나, 추후 저온습윤 및 변온 등 환경적 요인에 관한 연구도 반드시 이루어져야 할 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of Chungbuk National University in 2014).

적 요

본 연구는 삼백초 종자의 체계적인 발아연구를 통한 대량의 실생번식법 확립 및 약용작물로서의 활용도를 높이기 위하여 수행되었다. 채종 후 정선이 완료된 종자는 즉시 휴면유형 분류를 위하여 배 관찰, 직파 발아율 및 불투수성 검정을 실시하였다. 이후 종자를 4 ± 1.0°C에 건조저장하면서 발아특성 연구에 사용하였다. 발아촉진을 유도하고자 성장조절제와 무기염류의 종류 및 농도를 달리한 용액에 24시간 침지처리 하였다. 연구의 결과, 저온처리 되지 않은 삼백초 종자는 분화가 불완전한 미숙 배를 가지고 있었으며, 5% 미만의 낮은 발아율을 기록하였다. 또한 단순 침지처리에 의해 수분흡수가 원활하였으며, 형태적으로 미숙한 배가 신장 후 발아되었기 때문에 형태·생리적 휴면으로 생각되었다. 삼백초 종자는 성장조절제와 무기염류 처리에 의해 유의적인 발아촉진 효과가 확인되었으며, 특히 GA₃ 500 mg/L 처리구에서 발아세(GE)가 46.1%로 가장 높았다. 또한 KNO₃ 10 ~ 20 mM 처리구에서는 최종발아율(PG)이 54.3 ~ 57.7% 수준으로 향상되었으므로, 균일한 육묘를 위한 성장조절제와 무기염류의 선택적 이용이 가능할 것으로 생각된다.

References

- Abeles, F.B. 1986. Role of ethylene in *Lactuca sativa* cv. 'Grand Rapid' seed germination. *Plant Physiol.* 81:780-787.
- Akers, S.W. and K.E. Holley. 1986. SPS: A system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solution. *HortScience* 21:529-531.
- Baskin, C.C. and J.M. Baskin. 1998. Seeds-ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, CA (USA).
- Baskin, J.M. and C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14:1-16.
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9:1055-1066.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol 2. Viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Bittencourt, M.L.C., D.C.F.S. Dias, L.A.S. Dias and E.F. Araujo. 2004. Effects of priming on *asparagus* seed germination and vigour under water and temperature stress. *Seed Sci. Technol.* 32:607-616.
- Blázquez, M.A., R. Green, O. Nilsson, M.R. Sussman and D. Weigel. 1998. Gibberellins promote flowering of *arabidopsis* by activating the LEAFY promoter. *Plant Cell* 10:791-800.
- Bradford, K.J., D.M. May, B.J. Hoyle, Z.S. Skibinski, S.T. Scott and K.B. Tyler. 1988. Seed and soil treatment to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. *Crop Sci.* 28:1001-1005.
- 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).
- Cho, K.S., J.E. Jang, D.L. Yoo, S.Y. Ryu and Y.R. Yong. 2001. Effect of low temperature and GA₃ treatments on the growth and flowering of *Hanabusaya asiatica*. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:116-120 (in Korean).
- Choe, K.H., C.H. Yoon and S.J. Kwon. 1994. A study on chemical composition of Saururaceae growing in Korean on flavonoid constituents of *Saururus chinensis*. *Anal. Sci. Technol.* 7:11-15.
- Kim, K.J., J.W. Lim and I.J. Choi. 2001. The priming technology for increasing seed viability by using KNO₃, K₃PO₄, and plant growth regulators in Cacti. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:346-350 (in Korean).
- Coolbear, P., A. Francis and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature presowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *J. Exp. Bot.* 35:1609-1617.
- Gleason, H.A. and A. Cronquist. 2003. Manual of vascular plants of Northeastern United States and adjacent Canada, Ed. 2. New York Botanical Garden, Bronx, USA.
- Johnson, D.S. 1900. On the development of *Saururus cernuus* L. *Bulletin Torrey Bot. Club* 27:365-372.
- Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 13:131-181.
- Kim, B.H. and W.S. Song. 2000. The dyeability and antimicrobial activity of *Saururus chinensis* (L). *J. Kor. Home Econ. Assoc.* 38:1-9 (in Korean).
- Kim, S., M.S. Park, H.K. Park and Y.S. Jang. 1995. Studies on the seed development and germination of *Adenophora triphylla* DC. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 3:66-70 (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. *Korean J. Plant Res.* 9:171-176 (in Korean).
- Kim, Y.H., M. Hamayun, A.L. Khan, C.I. Na and S.M. Kang. 2009. Exogenous application of plant growth regulators increased the total flavonoid content in *Taraxacum officinale* Wigg. *Afr. J. Biotech.* 8:5727-5732.
- Ko, H.J., C.K. Song and N.K. Cho. 2003. Growth of seedling and germination characteristics of *Acanthopanax koreanum* Nakai. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 11:46-52 (in Korean).
- Korea Biodiversity Information System (KBIS). 2016. <weblink: <http://www.nature.go.kr/>>
- Lee, H.D., S.D. Kim, H.H. Kim, J.H. Kim, J.W. Lee, T. Yun and C.H. Lee. 2003. Effects of storage condition, growth regulator, and inorganic salt on the seed germination of *Lysimachia davurica*. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 21:34-38 (in Korean).
- Lee, H.D., S.D. Kim, H.H. Kim, J.W. Kim, J.H. Lee, 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, J.M. 2004. Seed treatment for production of healthy seedling. *J. Kor. Soc. Seed Sci. Industry* 1:39-57 (in Korean).
- Lee, S.T., J.M. Park, H.K. Lee, M.B. Kim, J.S. Cho and J.S. Heo.

2000. Component comparison in different growth stages and organs of *Saururus chinensis* Baill. Kor. J. Med. Crop Sci. 8:312-318 (in Korean).
- Lee, S.T., Y.H. Lee, Y.J. Choi, Y.H. Lee, J.S. Cho and J.S. Heo. 2001. Yield and bioactive component on different compost amounts and culture method of *Saururus chinensis* Baill. Kor. J. Med. Crop Sci. 9:220-224 (in Korean).
- 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).
- Nam, S.Y., I. J. Kim, M.J. Kim, C.H. Lee and T.S. Kim. 2002. Change of growth and yield of top part by different harvest date and number in *Saururus chinensis* Baill. Korean J. Plant Res. 15:159-163 (in Korean).
- Nam, S.Y., I.J. Kim, M.J. Kim, C.W. Rho, K.B. Min, C.H. Lee, S.K. Jong and H.S. Kim. 2007. Effects of size of rhizome on top part growth in *Saururus chinensis* Baill. Korean J. Plant Res. 20:471-474 (in Korean).
- Nerson, H. and A. Govers. 1986. Salt priming of muskmelon seeds for low-temperature germination. Sci. Hort. 28:85-91.
- Norton, L.R. 1988. Change in survival of *Pisum sativum* seed under water by free gaseous nitrogen, oxygen and carbon dioxide and by urea peroxide addition to soak water. Seed Sci. Technol. 16:167-173.
- Park, J.H. and C.K. Lee. 2000. The encyclopedia of medicinal plants. Shinil Books, Seoul, Korea. p. 202-203 (in Korean).
- Park, S.Y. and Y.J. Cho. 2015. Inhibitory activities of ethanol extracts from *Saururus chinensis* L. against stress-induced hemorrhagic gastritis. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 44:800-808 (in Korean).
- Vandelook, F., N. Bolle and J.A. Van Assche. 2007. Seed dormancy and germination of the European *Chaerophyllum temulum* (Apiaceae), a member of a trans-Atlantic genus. Ann. Bot. 100:233-239.
- Walck, J.L., C.C. Baskin and J.M. Baskin. 2000. Seeds of *Thalictrum mirabile* (Ranunculaceae) require cold stratification for loss of nondeep simple morphophysiological dormancy. Can. J. Bot. 77:1769-1776.
- Wilson, R.N., J.W. Hechman and C.R. Somerville. 1992. Gibberellin is required for flowering in *Arabidopsis thaliana* under short days. Plant Physiol. 100:403-408.
- Wittwer, S.H. and R.R. Dedolph. 1963. Some effects of kinetin on the growth and flowering of intact green plants. Amer. J. Bot. 50:330-336.

(Received 26 January 2016 ; Revised 26 May 2016 ; Accepted 8 June 2016)