

자생 숙은노루오줌의 종자발아에 미치는 환경조건과 화학적 처리의 영향

장보국¹, 조주성², 이철희^{1,2*}

¹충북대학교 축산·원예·식품공학부 생물건강소재산업화사업단, ²충북대학교 축산·원예·식품공학부 원예학전공

Effect of Environmental Conditions and Chemical Treatments on Seed Germination of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai

Bo Kook Jang¹, Ju Sung Cho² and Cheol Hee Lee^{1,2*}

¹Brain Korea 21 Center for Bio-Resource Development, Division of Animal, Horticulture, and Food Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²Major in Horticulture, Division of Animal, Horticultural, and Food Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract - Factors affecting germination of seeds in the forms of various environment and chemical compounds. The present study was aim to produced effective seed propagation method of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai which had expected high value for the cut flower, ornamental and pharmaceutical material. Seed width and length ranged 0.62, 2.22 mm, respectively, and weight of thousand seeds was 40.5 mg. As result of imbibition test, showed moisture content of fresh seed (2.57%) increased rapidly by water-soaking treatment under 24 hours, recording to maximum value of 29.8%, and expansion of the seed coat was observed. Seed germination was the best at 15°C and light conditions (40.8%) among temperature and light conditions treated. Percent germination of seeds was improved under the low (15, 20°C) than high temperature (25, 30°C). In addition, the seed was not germinated at dark condition regardless of temperature. Seeds of *A. koreana* thus seemed that it had low temperature germinability conditions. To improve germination rate, seeds were submerged in various concentrations of growth regulators such as GA₃ and kinetin, and minerals as KNO₃ and KCl. As a results, KNO₃ treatment, regardless of concentrations, promoted germination compared to control. Especially, percent of germination (77.8%), germination energy (96.1%), mean germination time (11.3 days) and T₅₀ (6.5 days) were effectively improved by treatment of KNO₃ 20 mM.

Key words - *Astilbe*, Saxifragaceae, GA₃, Kinetin, KNO₃, KCl

서 언

자생 노루오줌속(*Astilbe*)에는 노루오줌(*A. rubra* Hook f. & Thomson), 숙은노루오줌(*A. koreana* (Kom.) Nakai), 진퍼리 노루오줌(*A. rubra* var. *divaricata* (Nakai) W.T. Lee), 한라노루오줌(*A. rubra* var. *taquetii* H. Hara) 및 흰숙은노루오줌(*A. koreana* f. *albiflora* Y.N. Lee) 등이 있다(KBIS, 2016). 이중 숙은노루오줌은 다년초로 전국에 분포하며 응달 진 숲 속에 자생한다. 초장은 60 cm이며, 꽃은 6~7월에 연홍색의 원추화서로 피고 갈색의 털들이 밀생하는 형태를 보인다. 다른 노루오줌과

의 식물들과는 달리 화서의 끝이 고개를 숙인 것 처럼 기울어져 숙은노루오줌 또는 이끈노루오줌이라는 이명으로도 불린다(Lee, 2003).

노루오줌은 화형과 화색이 아름답고 내한성 및 내서성이 강하여 화단, 분화 및 절화 등의 관상소재로 이용되고 있으며, 유럽에서는 교배를 통한 원예품종이 지속적으로 육성되어 왔다(Armitage, 1993; Jeong, 2006). 자생 노루오줌속 식물들은 주로 포기나누기 번식을 하지만, 종별 식물체의 주년 확보에는 다소 어려움이 있어 종자번식을 병행할 필요가 있다(Ko, 1998). 동속의 숙은노루오줌은 특이한 화형에 따른 절화 및 관상가치가 상당히 우수할 뿐만 아니라 생리조절활성기능(physiological function)으로서 항암, 제2형 항당뇨 및 항비만(Na *et al.*, 2006;

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

Julien *et al.*, 2007) 효과도 보고된 바 있다. 따라서 고부가 가치를 잠재하고 있는 숙은노루오줌의 종자나 분주를 통한 번식법 개발이 요구되나 미비한 실정이며, 더불어 교배 및 품종의 개발 또한 지연되고 있다.

자연상태에서 채취한 종자는 다양한 휴면유형을 가지고 있으며(Baskin and Baskin, 2004), 저온, 층적 및 식물생장조절제 등의 인위적인 처리를 통하여 휴면이 타파되고 발아가 촉진 되는 것으로 알려져 있다(Bewley and Black, 1994). GA₃와 cytokinin 등의 식물생장조절제는 종자의 저온요구 기간을 상쇄하여 휴면을 타파하고 발아를 촉진한다(Hilhorst, 2007; Kim and Lee, 2013). 이밖에 다른 휴면타파법은 KNO₃, K₃PO₄ 등의 무기염류액을 처리하여 종자의 수분흡수를 증가시키고 발아를 촉진할 수 있다(Kang *et al.*, 2003).

본 연구는 향후 관상용 및 의약품 소재로의 개발이 기대되는 숙은노루오줌의 종자번식법을 개발하기 위해 수행되었다. 종자의 특성을 조사하고 발아 환경조건 및 화학적 처리를 이용한 발아촉진 조건을 구명함으로써, 균일한 식물체의 대량증식을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

종자의 기본특성

연구에 사용된 종자는 2012년 강원도 일대에서 채종 후 정선하여 4°C 저장고에 건조 상태로 보관하였다. 버니어캘리퍼스(Digital Vernier Calipers, Colorworld)를 이용하여 종자의 폭과 길이(mm)를 측정하였으며, 무게는 전자저울(IB-610S, Innotem, Korea)을 이용하여 100립씩 10회 반복 측정하여 1,000립중(mg)을 조사하였다. 또한 종피의 내·외부 표면을 정밀 광학 화상시스템(Icamscope, Sometech inc., Korea)으로 관찰하였다.

종자의 수분함량을 측정하기 위하여 100립씩 4반복으로 생체중을 전자저울로 측정하고 열풍건조기(70°C)에 48시간 동안 건조시킨 다음 전체중을 측정하였으며, 측정 전과 후의 무게 차를 측정 전 무게 대비 백분율(%)로 환산하였다. 또한 침지 시간별 수분함량의 변화를 측정하기 위하여 종자를 마이크로튜브(2 ml)에 넣고 1차 증류수로 침지한 다음 냉장보관하였다. 이후 24시간 간격으로 꺼내어 종피에 묻은 수분을 필터페이퍼로 제거한 다음 무게를 측정하였다. 이를 7일간 반복하여 기존 수분함량과 기간별 수분함량을 비교하였다.

발아촉진을 위한 환경조건 및 프라이밍 처리

종자 발아를 위한 환경조건을 구명하고자 온도를 각 15, 20, 25 및 30°C, 광조건은 명조건과 암조건으로 달리 설정된 성장상에서 발아경향을 분석하였다. 발아실험을 위해서 페트리디쉬(10090, SPL Life Sciences Co. Ltd., Korea, 90×15 mm)를 이용하여 필터페이퍼(Fioroni, France, 90 mm) 2매를 깔고 그 위에 종자를 100립씩 4반복으로 파종하였으며, 광량 23±0.5 μmol/m²/s의 성장상에서 발아상태를 조사하였다.

효율적인 발아촉진방법을 찾기 위해서 몇 가지 화학적 프라이밍 처리를 실시하였다. GA₃ (100, 200, 500 mg/L), kinetin (10, 20 mg/L), KNO₃ (10, 20, 40 mM) 및 KCl (100, 200, 300 mM)을 각 농도 별로 처리하였다. 마이크로튜브에 종자를 넣고 GA₃ 등의 시약에 24시간 침지한 다음 종자를 거즈에 걸러서 멸균수로 3회 이상 세척하여 구멍된 환경조건(15°C, 명조건)에 파종하였다. 성장상에 파종한 모든 종자는 수분이 마르지 않도록 멸균수로 충분히 적셔주었으며, 오염된 필터페이퍼와 페트리디쉬는 즉시 교체하였다.

조사항목 및 통계처리

최종발아율(Percent germination, %), 평균발아소요일수(Mean germination time, days), 발아세(Germination energy, %) 및 T₅₀ (days) 등의 항목을 조사하였으며, 발아의 기준은 24시간마다 유근이 종피를 뚫고 돌출된 종자를 계수하여 발아율(%)로 수치화하였다. 통계처리는 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 특성 및 수분흡수 능력

종자의 폭과 길이는 각각 0.62, 2.22 mm였으며 1,000립중은 40.5 mg으로 숙은노루오줌의 종자는 매우 미세하였다(Table 1). 종자는 긴 반달 모양이며, 표면이 거칠고 종피에 미세한 주름이 관찰되었다(Fig. 1). 침지 처리하여 수분흡수가 이루어지면 종피가 팽창하여 둥근 타원형의 형태를 나타냈다.

종자의 기간별 수분흡수율을 조사한 결과, 기존 2.57%였던 건조종자는 침지처리 24시간 후에 수분함량이 29.8%로 증가하여 이후 거의 변화가 없었다. 따라서 숙은노루오줌종자는 24시간 침지만 하여도 충분한 수분을 흡수하는 것으로 판단되었으며(Fig. 2), 종피 외부의 수분흡수를 방해하는 구조적인 문제는

Table 1. Seed characteristics of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai

Width (mm)	Length (mm)	Thousand seeds weight (mg)	Moisture content (%)
0.62 ± 0.082 ^z	2.22 ± 0.110	40.5 ± 0.44	2.57

^zValues are mean ± S.E. (n=10).

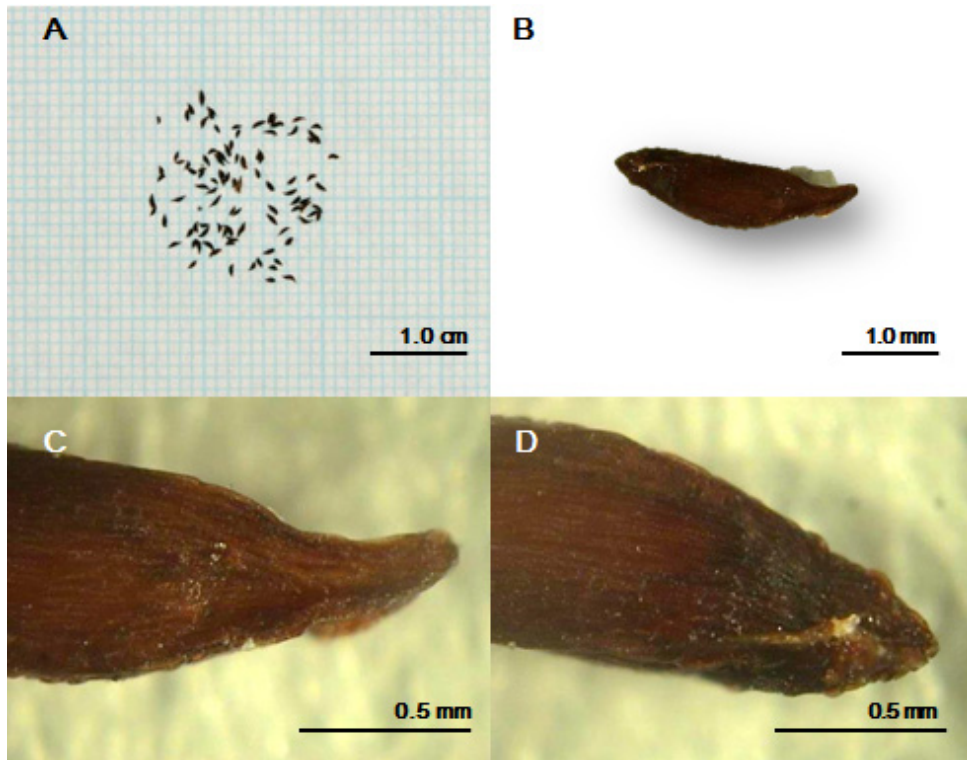


Fig. 1. Seed structure of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai. Seed exterior of 100 (A) and 1 (B) seeds; Structural changes of seed coat before (C) and after (D) imbibition.

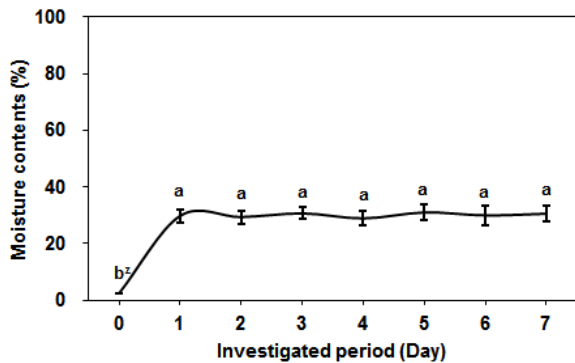


Fig. 2. Changes on moisture content in *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai seed during soaking period. Bars represent standard errors (n=4).

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

존재하지 않는 것으로 생각되었다.

종자의 발아에 앞서 건조로 인한 종자의 수분포텐셜 저하로 인해 침윤현상이 발생하는데, 이때 주공 또는 제를 통해 수분의 흡수, 호흡 및 가스의 확산이 진행되며 효소의 활성화와 저장물질의 가수분해 등 신진대사가 촉진된다. 이로 인하여 대사작용과 생합성이 촉진되며 배가 팽창하고 유근이 종피를 찢고 돌출하여 종자의 발아가 완료된다고 알려져 있다(Bewley, 1997). 따라서 숙은노루오줌 종자의 수분흡수로 종자가 팽창한 것(Fig. 1C, D)은 종자 발아의 시작점으로 생각이 되며, 적정 침지처리의 기간은 24시간으로 구명되었다.

종자 발아를 위한 환경조건

24시간 침지처리한 숙은노루오줌 종자를 사용하여 온도 및 광조건을 달리한 조건에서 발아특성을 조사한 결과, 15°C, 명조

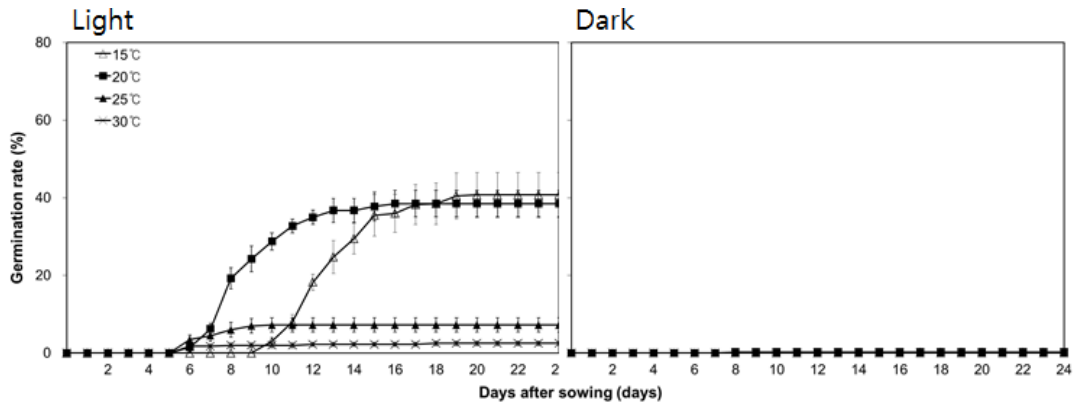


Fig. 3. Effect of light and temperature on seed germination of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai. Bars represent standard errors (n=4).

건에서 30일 내에 최대발아율(40.8%)을 도달하여(Fig. 3), 이 조건이 적정 발아조건으로 구명되었다. 한편 숙은노루오줌종자는 발아상의 온도가 상승할수록 발아율이 낮은 경향을 보였으며, 암조건에서는 전혀 발아가 되지 않았다.

자생 갈퀴덩굴 종자는 저온습윤처리로 인해 1차휴면이 타파되었으며 이후 암조건의 저온 처리구인 10~15°C에서만 발아가 진행되어, 명조건이 2차휴면 타파를 억제하는 것으로 보고된 바 있다(Kim *et al.*, 2002). 본 연구에서도 숙은노루오줌 종자는 비교적 저온에서 높은 발아율을 기록하였으나, 반드시 광조건에서만 발아가 진행되는 상반된 결과를 보였다. 따라서 숙은노루오줌 종자는 명조건에서 휴면성이 타파되어 발아가 진행되는 광발아성 종자로 판단되었다.

한편 비교적 저온인 15, 20°C 처리구는 상대적으로 고온인 25, 30°C에 비해 최종발아율이 현저히 높은 경향을 보였다. 특히 15°C 처리구는 파종 후 9일부터 발아가 개시되어 19일 정도 경과하면 거의 최종발아율에 도달하였다. 반면 25 및 30°C의 고온 처리구에서는 발아율이 매우 낮아 고온에서 발아가 억제되는 경향을 나타내었는데, 특히 30°C에서는 2.5%만 발아하여 모든 온도처리구중 가장 발아율이 낮았다. 이와 같은 결과는 측백나무 종자의 발아적온은 15°C였으며, 발아상의 온도가 상승할수록 발아율이 감소하여 고온에서 발아시키기 부적합한 종자로 판단된 연구결과와 유사하였다(Choi *et al.*, 2006). 따라서 숙은노루오줌 종자는 고온에 비해 저온조건에서 발아가 촉진되는 저온발아성 종자로 판단되었다.

화학적 처리를 이용한 발아촉진법

발아촉진을 목적으로 종자를 KNO₃와 KCl용액에 농도별로 24시간 침지처리한 다음 15°C, 명조건에서 발아특성을 조사·

Table 2. Effect of KNO₃ and KCl concentration on seed germination of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai at 15°C and light condition.

Treatment	Concentration (mM)	PG ^z (%)	GE ^y (%)	MGT ^x (Days)	T ₅₀ ^w (Days)
KNO ₃	0	40.8b ^v	20.0d	16.5a	15.0a
	10	69.0ab	95.5ab	10.8de	7.3b
	20	77.8a	96.1a	11.3c-e	6.5b
	40	78.0a	95.0ab	10.3e	6.8b
KCl	100	35.8bc	80.5b	13.0b-d	-
	200	27.3cd	81.7ab	13.5bc	-
	300	23.0d	61.6c	14.5ab	-

^zPercent germination.

^yGermination energy: (Number of germinated seeds at day 9/number of total germinated seeds)×100.

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

^wDays required for 50% seed germination.

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

분석하였다. 그 결과, KNO₃ 20 mM과 40 mM 처리구에서 최종 발아율이 각 77.8, 78.0%로 유의적인 차이 없이 우수하였으며, 무처리구에 비해 37.0% 이상 발아율이 향상되었다(Table 2). 특히 KNO₃ 20 mM 처리로 발아세도 75.0% 이상 향상시킬 수 있었으며, 평균발아소요일수는 5일 이상을, T₅₀은 8일 이상을 단축시키는 결과를 볼 수가 있었다. 더욱이 무처리구에 비해 발아개시일도 3일 이상이 단축되어, Lee *et al.* (2003)의 좁쌀풀 (*Lysimachia davurica*) 종자가 KNO₃ (5, 10, 20 mM)에서 발아율 향상 효과를 보고한 것과 유사한 결과였다. 한편 KNO₃는 수분포텐셜의 변화를 유도하여 흡수를 연장시키고, 종자 내 대사

Table 3. Effect of GA₃ and kinetin concentration on seed germination of *Astilbe koreana* (Kom.) Nakai at 15°C and light condition.

Treatment	Concentration (mg/L)	PG ^z (%)	GE ^y (%)	MGT ^x (Days)	T ₅₀ ^w (Days)
GA ₃	0	40.8c ^v	20.0c	16.5a	15.0a
	100	49.8bc	80.2b	13.3b	11.3b
	200	61.8ab	87.3ab	12.3b	8.3cd
	500	68.3a	94.3a	9.3c	7.0d
Kinetin	10	46.3c	80.7b	12.3b	12.0b
	20	45.0c	77.3b	13.0b	10.0bc

^zPercent germination.

^yGermination energy: (Number of germinated seeds at day 9/ number of total germinated seeds)×100.

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

^wDays required for 50% seed germination.

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

활성 및 옥신의 생합성을 유발한다고 보고된 바 있다(Khan *et al.*, 1999; Kang *et al.*, 2003). 또한 KNO₃의 질소화합물은 종자 내로 침투하여 영양소로서의 역할을 수행하고 휴면성을 감소시켜 종자의 발아촉진 효과를 나타낸다고 알려져 있다(Nambara *et al.*, 2010).

반면 숙은노루오줌 종자는 모든 KCl 처리구에서 농도에 관계없이 최종발아율이 무처리구에 비해 감소되었으며, 농도가 높아질수록 발아의 억제정도가 큰 것으로 나타났다(Table 2). 뿐만 아니라 발아세와 평균발아소요일수에도 유의적으로 부정적인 효과를 나타내었기 때문에, KCl을 이용한 프라이밍 처리는 숙은노루오줌 종자에 대한 발아촉진 효과가 없는 것으로 확인되었다.

KCl은 프라이밍 효과를 유도하는 대표적인 무기염류 중 하나지만, 고농도에서는 염류장해가 유발될 수 있으며, Yun *et al.* (2004)의 연구에서도 고농도(50, 100 mM)의 KCl 처리에 따른 강피(*Echinochloa hispidula*) 종자의 염류스트레스와 발아 지연에 대해 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서 사용된 KCl 100~300 mM은 숙은노루오줌 종자에 대해 염류장해를 일으킬 수 있는 고농도로 작용하여 종자의 발아에 악영향을 미친 것으로 판단되었다.

GA₃는 종자의 발아생리에 가장 밀접한 연관을 가지는 식물호르몬으로써 cytokinin과 함께 발아를 촉진한다. 또한 프라이밍 효과를 대체하며, 휴면을 유발하는 ABA와 상반되는 물질로서 발아와 휴면의 균형을 조절하는 역할을 한다(Hilhorst, 2007;

Kim and Lee, 2013).

본 연구에서 GA₃ 처리구는 농도에 관계없이 무처리구에 비해 발아율이 향상되었으며, 농도가 높을수록 그 효과도 높게 나타났다(Table 3). GA₃ 500 mg/L에서 발아율이 68.3%로 조사되어 가장 높았고 발아세가 74.3% 향상되었으며, 평균발아소요일수 및 T₅₀이 각 7.2, 8일 단축되었다. 이는 KNO₃ 40 mM (78.0%) 처리구에 비해 비교적 낮은 발아율이었으나, 평균발아소요일수가 더욱 단축된 결과였다. 따라서 인위적인 GA₃ 처리가 프라이밍 효과를 대체하여 휴면을 타파시키고 발아를 촉진한 것(Cho *et al.*, 2014)으로 생각되며, GA₃와 KNO₃의 혼용처리에 따른 효과도 기대해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

한편 kinetin을 농도별로 처리하였을 때, 최종발아율은 무처리구와 유의적인 차이가 없어 발아율 향상 효과가 거의 없었다(Table 3). Kinetin은 cytokinin의 한 종류로, 식물의 세포분열과 종자발아에 영향을 미치는 식물호르몬으로 알려져 있으나, Kim *et al.* (1997)의 연구에서 초피나무 종자가 GA₃에 비해 kinetin에 대한 발아촉진 효과가 거의 없었고, kinetin의 농도가 높아질수록 발아율이 감소하였다는 점에서 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다.

본 연구의 결과, 관상 및 천연의약소재로 이용이 가능한 숙은노루오줌의 균일한 개체수 확보를 위해서는 종자를 KNO₃ 20 mM의 농도에 24시간 침지처리하여 적정 발아환경인 15°C, 명조건에서 발아시키는 것이 경제적이고 효과적인 종자번식법으로 생각되었다.

적 요

본 연구는 절화, 관상 및 의약소재로 이용가치가 높은 자생 숙은노루오줌의 종자 번식법을 개발하고자 수행되었다. 연구에 사용된 종자는 크기가 0.62×2.22 mm이며, 1,000립중은 40.5 mg으로 조사되었다. 종자의 기간별 수분흡수율을 조사한 결과, 2.57%였던 수분함량이 침지처리 24시간 만에 29.8%로 증가하였으며, 종피의 팽창이 관찰되었다. 숙은노루오줌의 종자는 저온요구성 광발아성으로 15°C, 명조건에서 최종발아율(40.8%)이 가장 높았으며, 발아상의 온도가 높아질수록 발아율은 낮아졌다. 암조건에서는 어느 온도조건에서도 전혀 발아되지 않았다. 종자에 성장조절제 및 무기염류를 처리한 결과, KNO₃는 농도에 관계없이 무처리구에 비해 우수한 발아촉진 효과를 나타내었다. 특히 KNO₃ 20 mM 처리구에서 최종발아율(77.8%)과 발아세(96.1%)가 향상되었으며, 평균발아소요일수(11.3일)와

T₅₀ (6.5일)도 효과적으로 단축시킬 수 있었다.

References

- Armitage, A.M. 1993. Specialty Cut Flowers. Varsity Press/Timber Press, Portland, OR (USA). pp. 173-177.
- 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. 1994. Seeds. Physiology of Development and Germination. Plenum Press, NY (USA).
- Cho, J.S., J.H. Jeong, S.Y. Kim, J.Y. Lee and C.H. Lee. 2014. Several factors affecting seed germination of *Hydrangea petiolaris* Siebold & Zucc. Korean J. Plant Res. 27:534-539 (in Korean).
- Choi, C.H., W.S. Tak and T.S. Kim. 2006. Effect of temperature and sodium chloride on seed germination of *Thuja orientalis*. Korean J. Plant Res. 19:97-104 (in Korean).
- Hilhorst, H.W. 2007. Definitions and hypotheses of seed dormancy: In Bradford, K.J. and H. Nonogaki (eds.), Annual Plant Reviews Volume 27: Seed Development, Dormancy and Germination, Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 50-71.
- Jeong, J.H. 2006. Responses of low temperature and photoperiod treatment on growth and flowering of *Astilbe chinensis* var. *dauidii*. Flower Res. J. 14:197-202 (in Korean).
- Julien, S.G., N. Dube, M. Read, J. Penney, M. Paquet, Y. Han, B.P. Kennedy, W.J. Muller and M.L. Termblay. 2007. Protein tyrosine phosphatase 1B deficiency or inhibition delays ErbB2-induced mammary tumorigenesis and protects from lung metastasis. Nat. Genet. 39:338-346.
- Kang, J.S., Y.W. Choi, B.G. Son, Y.J. Lee, C.K. Ahn, I.S. Choi and H.C. Park. 2003. Effect of osmotic priming and solid matrix priming to improved seed vigor and early growth of pepper and tomato seeds. Korean J. Life Sci. 13:433-440 (in Korean).
- Khan, J., M.A. Rauf, Z. Ali and M.S. Khattack. 1999. Different stratification techniques on seed germination of pistachio cv. Wild. Pak. J. Biol. Sci. 2:1412-1414.
- Kim, S.J., J.H. Shin, K.J. Kim, S.D. Park, B.S. Choi and K.U. Kim. 1997. Effect of GA₃, kinetin and physical treatment on the seed germination of *Zanthoxylum piperitum* A.P. DC. Korean J. Med. Crop Sci. 5:43-48 (in Korean).
- Kim, T.J., J.E. Song, J.S. Choi, J.S. Kim and K.Y. Cho. 2002. Seed dormancy and germination characteristics of catchweed bedstraw (*Galium sprium* L.). Korean J. Weed Sci. 22:15-20 (in Korean).
- Kim, Y.H. and I.J. Lee. 2013. Influence of plant growth regulator application on seed germination of dandelion (*Taraxacum officinale*). Weed Turf. Sci. 2:152-158 (in Korean).
- Ko, J.Y. 1998. Perennial Flowers Cultivation Technique (A Textbook of Agricultural-80), R.D.A., Korea. pp. 269-275 (in Korean).
- Korea Biodiversity Information System (KBIS). 2016. <<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, T.B. 2003. Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 469-470 (in Korean).
- Na, M.K., L. Cui, B.S. Min, K.H. Bae, J.K. Yoo, B.Y. Kim, W.K. Oh and J.S. Ahn. 2006. Protein tyrosine phosphatase 1B inhibitory activity of triterpenes isolated from *Astilbe koreana*. Bioorg. Med. Chem. Lett. 16:3273-3276.
- Nambara, E., M. Okamoto, K. Tatematsu, R. Yano, M. Seo and Y. Kamiya. 2010. Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. Seed Sci. Res. 20:55-76.
- Yun, S., S.Y. Lee, H.J. Lim, M.B. Shim, J.K. Sung and T.W. Kim. 2004. Influence of salinity treatment on seed germination and polyamine synthesis in barnyard grass (*Echinochloa hispidula*). Korean J. Soil Sci. Fert. 37:19-24.

(Received 1 February 2016 ; Revised 23 March 2016 ; Accepted 29 March 2016)