

# 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리가 배풍등 종자 발아와 유묘 생육에 미치는 영향

이수광<sup>1</sup>, 김효연<sup>1</sup>, 구자정<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립수목원 유용식물증식센터, <sup>2</sup>국립수목원 산림자원보존과

## Effects of Seed Storage Methods and GA<sub>3</sub> Application on Seed Germination and Seedling Growth of *Solanum lyratum* Thunb.

Su Gwang Lee<sup>1</sup>, Hyo Yun Kim<sup>1</sup> and Ja Jung Ku<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Useful Plant Resources Center, Korea National Arboretum, Yangpyeong 476-845, Korea

<sup>2</sup>Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 487-821, Korea

**Abstract** - This study was conducted to determine the effects of seed storage methods (-20°C, stratification, 2°C dry, 2°C wet and room temperature) and GA<sub>3</sub> application (control, dH<sub>2</sub>O, 10, 100, 1000 ppm) on seed germination and seedling growth of *S. lyratum*. As a result seed germination rate of *S. lyratum* was the highest at 91% when seeds were stored at room temperature and then soaked for 24 hours in GA<sub>3</sub> 10 ppm. And seedlings of *S. lyratum* showed the best quality when seed were stored at 2°C dry and then soaked for 24 hours in GA<sub>3</sub> 1000 ppm, with the growth characteristics of plant height (47 mm), number of leaves (8), leaf width (12 mm), leaf length (19 mm), fresh weight (aerial/root part; 471/476 mg), dry weight (aerial/root; 106/41 mg) and seedling quality indices (106). Therefore, *S. lyratum* seed were stored at 2°C dry, and then soaked for 24 hours in GA<sub>3</sub> 1000 ppm, seed germination rate was more than 80% and production of superior quality container seedlings.

**Key words** - *Solanum lyratum*, Seed storage method, Seed germination, Seedling growth, Gibberellin

### 서 언

가지과(Solanaceae) 가지속(*Solanum*) 식물들은 주요한 식 약용식물자원으로 감자(*Solanum tuberosum* L.), 가지(*S. melongena* L.), 까마중(*S. nigrum* L.), 배풍등(*S. lyratum* Thunb.) 등이 이에 속한다. 배풍등은 줄기의 기부만 월동하는 덩굴성 다년초로 길이 3 m로 자라며 울릉도와 남부지방에 분포 한다(Korea National Arboretum, 2010). 배풍등(排風藤)은 풍 병을 물리치는 덩굴이라는 의미이며 전초를 한방에서 한약명 백모등(白毛藤)이라고도 불리며, 청열이습(淸熱利濕), 거풍해 독(祛風解毒)의 효능으로 사용된다. 최근에는 항종양 작용이 있어 복수암, 자궁경부암 억제 작용이 높고, 신체의 항체 형성 촉진 이 우수한 것으로 알려진(Ahn, 2008) 유용약용자원식물이다. 민간에서는 비상초라 부르며 해열, 해독 및 황달 치료에 널

리 이용되고 있다(Park *et al.*, 2009).

다양한 약효와 잠재적 효능을 지니고 있는 자원식물의 대량 증식 및 생산은 이를 이용한 산업화의 첫 단계로 이미 동속식물 인 감자, 가지, 까마중 등은 대량증식기술이 개발되어(Oh and Koh, 2012) 산업화까지 연계되었다. 지금까지 배풍등 관련 연구로는 향균 및 암세포 증식 억제효과(Shin, 2005), 흰쥐에 대한 간 보호효과(Shin *et al.*, 2003), 화학성분 분석 및 항산화 효과(Shim *et al.*, 1995) 등 주로 약리학 관련 연구가 대부분이며 이는 배풍등이 자생하는 중국과 대만에서도 마찬가지이다(Sun *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2012). 이와는 반대로 대량증식 연구 는 식물조직배양을 이용한 연구(Kuo *et al.*, 2012)가 제한적으로 진행되었을 뿐 배풍등의 실생번식 특히 종자 저장방법과 전 처리에 따른 종자발아와 우수묘 생산연구는 거의 진행된 바 없다. 게다가 국내 종자발아 연구는 실내에서 진행되는 실험이 주 를 이루고 이러한 결과들이 실제 포장에서 재현되지 않는 문제

\*교신저자(E-mail) : jjku@forest.go.kr

가 있다(Kang and Choi, 2006). 또한 가지속 식물 종자는 휴면과 낮은 발아율로 인해 유묘출현시기도 길고 유묘출아율도 낮은 것으로 알려져 있다(Gisbert *et al.*, 2011). 따라서 본 연구는 저장온도와 GA<sub>3</sub>처리에 따른 배풍등의 종자 발아와 우수묘 생산에 미치는 영향을 살펴보고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구에 사용된 배풍등 종자는 2012년 11월 2일 제주도 서귀포시 상효동에 자생하는 배풍등 열매를 채종하여 육질과 종자를 분리한 다음 2°C와 상온(24 ± 4°C) 건조저장하였다.

### 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리에 따른 발아 특성

종자저장방법은 국내 자원식물의 일반적인 저장방법(Kim *et al.*, 2003)인 -20°C 저장, 노천매장, 저온(2°C) 건조 및 습윤저장, 상온(24 ± 4°C) 저장의 5가지로 하였다. -20°C 저장 및 노천매장은 2°C 건조저장된 종자를 파종 60일 전에 저장하였고, 저온습윤저장은 파종 30일 전에 petridish에 여과지(Whatman No. 1) 2매를 깔고 종자를 넣고 증류수 5 ml를 공급한 후 parafilm으로 밀봉하여 저장하였다. GA<sub>3</sub> 처리는 파종 하루 전 대조구, 증류수, 10, 100, 1000 ppm의 5가지로 달리하여 24시간 침지하였다. 처리된 종자는 2013년 4월 18일 클라스만(potgrond H, Klasmann-Deilmann, Germany) 토양이 충전된 72구 트레이의 각 구마다 한 립씩 파종하였으며 총 24립씩 3반복하였다. 관수는 1일 2회(08:00시, 17:00시) 실시하였으며, 모든 실험은 경기도 양평군 용문면에 위치한 국립수목원 유용식물증식센터 비닐온실에서 수행하였다. 자엽이 토양을 뚫고 2 mm 이상 돌출된 것을 발아한 것으로 기준으로 하여, 발아가 완료된 시점인 파종 50일 후 최종 발아율을 조사하였다.

### 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리에 따른 묘 특성

종자저장방법 및 GA<sub>3</sub> 처리에 따른 묘 생육특성인 초장(mm), 엽수(매), 엽폭(mm), 엽장(mm), 근장(mm) 및 생중량(mg, 지상·지하부)을 각 조건 당 9개체씩 6월 7일에 조사하였으며, 건중량(mg, 지상·지하부)은 시료를 15일간 음지에서 충분히 자연건조한 후 전자저울을 이용하여 측정하였다. 엽폭과 엽장은 위에서 2번째 잎으로 완전히 전개된 것을 대상으로 측정하였으며, 근장은 길이가 긴 5개를 측정하여 평균값을 구하였다. 또한 묘목 품질을 나타내는 지표(May, 1985)로 사용되는 묘목묘소지수(SQI;

Seedling Quality Indices)를 다음의 식을 이용하여 구하였다.

SQI :

$$SQI = \frac{\text{Plant height (mm)}}{\text{Root length (mm)}} + \frac{\text{Aerial fresh weight (mg)}}{\text{Root fresh weight (mg)}}$$

### 통계처리

모든 통계처리는 SPSS (ver. 12.0 Kor.) 프로그램을 사용하였다. 집단 간 변이분석은 이원배치 변량분석(two-way ANOVA)을 통해 실시하였으며, 유의성이 있는 경우 Duncan multiple range test (P = 0.05)로 2차 검증을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리에 따른 발아 특성

종자저장방법에 따른 배풍등의 발아율은 저온건조저장의 평균 발아율이 86.9%로 가장 높았고, 그 다음으로 상온저장 80.5%, 저온습윤저장 49.4% 순으로 나타나(Table 1) 저온건조저장이 배풍등의 최적 저장방법인 것으로 판단되었다. 반면, -20°C 저장 종자는 평균 발아율이 3.3%로 매우 저조하였으며, 노천매장 저장 종자는 전혀 발아하지 않았다. 이처럼 저장방법에 따라 발아율에 큰 차이를 보였으며 고도의 유의성이 인정되었다. 종자저장으로 인한 휴면은 식물이 생육하는 환경과 밀접한 관련이 있으며 이를 통해 식물재배에 대한 간접정보를 얻을 수 있다(Linkies and Leubner-Metzger, 2012). 종자저장온도에서 -20°C 저장과 노천매장저장은 배풍등이 자생하는 남부지방의 온도와 매우 다른 환경으로 깊은 휴면에 돌입하여 발아율이 저조한 것으로 생각된다.

GA<sub>3</sub> 처리에 의해서도 배풍등의 발아율에 차이를 나타냈으며, 종자저장방법과 마찬가지로 고도의 유의성이 인정되었다. 상온저장의 배풍등 종자는 GA<sub>3</sub> 처리에 의해 발아율이 유의적으로 상승하여 GA<sub>3</sub> 10 ppm 처리에서 최대 발아율 91%를 나타내었고, 100 ppm 및 1000 ppm 처리시 83%와 77%로 나타나 GA<sub>3</sub> 농도가 높아질수록 배풍등의 발아율이 감소하는 경향을 보였다. 저온건조저장의 배풍등 종자는 대조구, 증류수 및 GA<sub>3</sub> 10 ppm 처리에서 발아율이 각각 88%, 88% 및 90%로 유의적으로 동일한 수준으로 나타났으며 100 ppm 및 1000 ppm 처리시 86%와 80%로 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 저온습윤저장된 배풍등

Table 1. Effects of seed storage method and GA<sub>3</sub> application on the seed germination rate of *S. lyratum*

Storage method	GA <sub>3</sub> application (ppm)						Mean
	Con	dH <sub>2</sub> O	10	100	1000		
-20°C	5.6 ± 6.4h <sup>z</sup>	5.6 ± 6.4h	2.8 ± 2.4h	1.4 ± 2.4h	1.4 ± 2.4h	3.3	
Stratification	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0	
2°C Dry	88.9 ± 6.4ab	88.9 ± 9.6ab	90.3 ± 2.4ab	86.1 ± 8.7bc	80.6 ± 8.7cd	86.9	
2°C Wet	50.0 ± 4.2fg	56.9 ± 13.4f	58.3 ± 4.2f	40.3 ± 2.4g	41.7 ± 8.3g	49.4	
Room Temperature	73.6 ± 6.4e	76.4 ± 4.8de	91.7 ± 0.0a	83.3 ± 7.2cd	77.8 ± 8.7de	80.5	
Storage method (S)			***				
GA <sub>3</sub> application (G)			**				
(S) × (G)			*				

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at *P* = 0.05.

\*Significant at the 5% level.

\*\*Significant at the 1% level.

\*\*\*Significant at the 0.1% level.

종자에서도 GA<sub>3</sub>처리농도가 높아질수록 발아율이 감소하였다. GA<sub>3</sub>처리는 종피에 영향을 미쳐 배 발달을 도와 발아를 촉진시키는 것으로 알려져 있으며(Koornneef, 2002), 가지속 식물은 GA<sub>3</sub>처리로 인해 발아율 향상이 보고(Spicer and Dionne, 1961)된 것처럼 배풍등 또한 GA<sub>3</sub>처리를 통해 발아율을 향상시킬 수 있었다. GA<sub>3</sub> 농도는 일반적으로 100 ppm이 사용되며 *Solanum stramonifolium*과 *S. torvum*에 GA<sub>3</sub> 100 ppm 24시간 침지처리 시 100% 발아하였다고 보고한 것(Hayati *et al.*, 2005)과 달리 배풍등은 GA<sub>3</sub> 10 ppm 처리에서 가장 우수하여 동속 식물이라도 GA<sub>3</sub>처리농도에 따라 발아율에 차이를 보이는 것으로 나타났다.

### 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리에 따른 묘 특성

배풍등의 종자저장방법 및 GA<sub>3</sub>처리에 따른 묘 특성을 살펴본 결과 초장은 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 47 mm로 나타났으며, 엽수, 엽폭 및 엽장 등의 지상부 생육특성 또한 8매, 12 mm 및 19 mm로 다른 조건에 비해 가장 우수하였다(Table 2; Fig. 1). 뿐만 아니라 지상·지하부의 생·건중량 또한 지상·지하부 생중량 471 mg / 476 mg 및 건중량 106 mg / 41 mg으로 근장을 제외한 모든 생육특성이 가장 우수하게 나타났다(Fig. 1, E). 그 다음으로 초장은 저온습윤저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 45 mm로 나타났으며, 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 40 mm로 뒤를 이었다. 작물의 생육특성 중 초장은 식물의 생육특성을 살피는 기본요소이며(Yeates *et al.*, 2002), 지상부 수량에 직접적인 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다(Oh, 2012).

엽수는 저온습윤저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 및 10 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 7.3매와 7매로 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘보다 1매정도 적게 나타났다. 초기 유묘생육특성 중 엽수는 후기생육을 판단하는 지표로 사용될 수 있어(Lee *et al.*, 2000) 엽수가 많은 배풍등 유묘를 정식할 시 수확량을 늘릴 수 있을 것으로 기대된다. 엽폭과 엽장은 저온습윤저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 및 10 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘와 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 9.7 mm 이상, 14.9 mm 이상의 우수한 특성을 보였다. 지상부생중량은 저온건조 및 습윤저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리된 종자를 발아시킨 유묘에서 283 mg 및 250 mg으로 나타났으며, 지상·지하부 건중량도 각각 62 mg / 19 mg 및 66 mg / 20 mg으로 비슷한 경향을 나타냈다. 지하부 생중량은 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub>처리 대조구에서 301 mg으로 우수한 경향을 나타내었으며, 그 다음으로 저온건조 및 습윤저장 후 GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리시 252 mg 및 253 mg으로 나타났다. 생육특성의 요소를 종합하여 묘목의 질을 종합적으로 판단할 수 있는 묘목묘소지수(May, 1985)는 근장을 제외한 모든 생육특성이 가장 우수한 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리 종자의 유묘에서 106으로 가장 우수하였으며, 그 다음 조건인 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub>처리 대조구의 68보다 약 1.5배 이상의 차이를 보였다.

종자저장방법과 GA<sub>3</sub>처리 및 종자저장방법과 GA<sub>3</sub>처리 상호관계에서 엽수와 근장을 제외하고 유의성이 인정되었다. 엽수는 조사 시기가 생육초기인 점으로 인해 큰 차이를 보이지 않은 것으로 생각되며, 근장은 72구 플러그 셀 트레이 용기의 공간이

Table 2. Effects of seed storage method and GA<sub>3</sub> application on the seedling quality of *S. lyratum*

Storage method	GA <sub>3</sub> Appl. (ppm)	Plant height (mm)	No. of leaves	Leaf width (mm)	Leaf length (mm)	Root length (mm)	Fresh weight (mg/plant)		Dry weight (mg/plant)		SQI (Seedling Quality Indices)
							Aerial*	Root*	Aerial*	Root*	
2°C Dry	Con	31.2ef <sup>z</sup>	6.0	7.6de	12.4de	112.8	181.6d	301.4b	41.1cde	25.9b	68.3b
	dH <sub>2</sub> O	21.0h	6.7	3.6f	5.5g	111.9	52.1gh	54.5i	9.7h	4.0h	10.7d
	10	29.5ef	5.7	8.5bcd	12.4de	101.1	114.7ef	147.4fg	24.7efg	10.1fgh	31.5bcd
	100	40.4bc	6.3	9.7bc	17.1ab	101.1	250.1bc	252.8bc	66.0bc	19.2bcd	65.2bc
	1000	47.6a	8.0	12.3a	19.2a	134.3	471.3a	476.2a	106.4a	41.5a	106.4a
2°C Wet	Con	28.6ef	6.3	7.7cde	12.2e	140.1	131.8e	234.7bcd	25.4efg	13.5def	53.1bcd
	dH <sub>2</sub> O	36.8cd	6.3	7.9cde	12.6cde	162.0	268.9b	211.2cde	44.0cd	15.4def	41.1bcd
	10	34.3de	7.0	9.7bc	14.9bc	107.7	257.4bc	237.2bcd	53.8bcd	18.7bcd	51.6bc
	100	45.0ab	6.7	10.2b	15.6b	119.9	283.2b	253.4bc	62.7bc	20.9bc	53.3bc
	1000	29.6ef	7.3	8.5bcd	14.7bc	94.8	195.5cd	220.2cde	40.2cde	14.8def	45.4bcd
Room Temp.	Con	27.2fg	6.7	8.0bcd	12.9cde	113.6	121.4e	178.1def	28.1def	11.0efgh	41.6bcd
	dH <sub>2</sub> O	27.4fg	6.0	4.8f	8.7f	153.3	94.7efg	131.7fg	17.7gh	10.1fgh	34.8bcd
	10	22.3gh	6.3	6.6def	9.7f	109.3	71.0efg	115.4g	14.7gh	9.8gh	29.2cd
	100	18.9h	6.0	6.1ef	8.0f	165.4	60.2fgh	120.1g	12.5h	8.3gh	33.1bcd
	1000	28.2ef	5.7	7.4de	12.1e	97.0	124.5e	157.8ef	27.3def	13.1def	42.5bcd
Storage method (S)		***	ns	***	***	ns	***	***	***	***	*
GA <sub>3</sub> application (G)		**	ns	***	***	ns	***	***	***	**	**
(S) × (G)		***	ns	**	***	ns	***	***	***	***	**

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

<sup>ns</sup>Non significant.

\*Significant at the 5% level.

\*\*Significant at the 1% level.

\*\*\*Significant at the 0.1% level.

제한적이기 때문에 뿌리가 충분히 발달될 수 없었던(Shin, 2009) 것으로 생각된다.

종자에 GA<sub>3</sub>처리시 유묘생육이 촉진되는 사례는 *Cichorium endivia*과 *C. intybus* (Tzortzakis 2009), 고추냉이(*Wasabia japonica*; Choi and Lee, 1995), 금어초(*Antirrhinum majus*; Kang and Choi, 2006) 등에서 보고되었으며, 주요 이유는 GA<sub>3</sub> 처리로 발아기간이 단축되면서 다른 조건에 비해 생육기간이 길어 초기 생육이 상대적으로 월등했기 때문(Park *et al.*, 2013) 인 것으로 생각된다. 하지만 GA<sub>3</sub>처리시 비이상적인 웃자람으로 유묘 품질에 부정적 영향을 미칠 수 있으나 본 연구에서는 비이상적인 생장을 관측할 수 없었고, 오히려 전반적인 생육특성이

우수하였다.

GA<sub>3</sub>처리 대조구에 비해 증류수처리시 묘목묘소지수는 저온 건조저장 58, 저온습윤저장 12 및 상온저장 7 이상의 차이를 보여 증류수처리 배양 등 생육에 긍정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 이는 동속식물인 까마중 종자의 수분처리시 생장이 촉진된다는 보고와 상이하였으며(Oh, 2012), 종에 따라 다른 결과를 나타내는 것으로 사료된다.

이상의 결과로부터 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리된 종자를 파종하면 가장 우수한 배양 등 유묘를 확보할 수 있는 것으로 판단된다.



Fig. 1. Effects of seed storage method and GA<sub>3</sub> application on the seedling quality of *S. lyratum*. A, 2°C Dry GA<sub>3</sub> con. B, 2°C Dry dH<sub>2</sub>O. C, 2°C Dry GA<sub>3</sub> 10 ppm. D, 2°C Dry GA<sub>3</sub> 100 ppm. E, 2°C Dry GA<sub>3</sub> 1000 ppm. F, 2°C Wet GA<sub>3</sub> con. G, 2°C Wet dH<sub>2</sub>O. H, 2°C Wet GA<sub>3</sub> 10 ppm. I, 2°C Wet GA<sub>3</sub> 100 ppm. J, 2°C Wet GA<sub>3</sub> 1000 ppm. K, Room temperature (RT) GA<sub>3</sub> con. L, RT dH<sub>2</sub>O. M, RT GA<sub>3</sub> 10 ppm. N, RT GA<sub>3</sub> 100 ppm. O, RT GA<sub>3</sub> 1000 ppm.

## 적 요

본 연구는 유용약용자원식물 배풍등의 대량생산을 위한 기초 연구로 종자저장방법과 GA<sub>3</sub>처리가 종자발아와 묘 생육특성에 미치는 영향을 구명하고자 수행되었다. 종자저장방법은 -20°C 저장, 노천매장, 저온(2°C)건조 및 습윤저장, 상온(24±4°C)저장의 5가지로 하였으며, GA<sub>3</sub>처리는 대조구, 증류수, 10, 100, 1000 ppm의 5가지로 하였다. 그 결과 배풍등 종자를 상온저장 후 GA<sub>3</sub> 10 ppm 24시간 처리하였을 때 91%의 최대 발아율을 나타내었다. 배풍등의 묘 특성은 저온건조저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리된 종자를 발아시켰을 때 초장 47 mm, 엽수 8매, 엽폭 12 mm, 엽장 19 mm, 생중량(지상 / 지하부) 471 mg / 476 mg, 건중량(지상 / 지하부) 106 mg / 41 mg 및 묘목묘소지수 106으로 우수 묘를 확보할 수 있었다. 따라서 배풍등 종자는 저온저장 후 GA<sub>3</sub> 1000 ppm 처리시 80% 이상의 발아율과 양질의 우수묘 확보가 가능한 것으로 판단된다.

## References

Ahn, D.K. 2008. Illustrated Book of Korean Medicinal Herbs.

Kyohaksa, Seoul, Korea. p. 78 (in Korean).

Choi, S.Y. and K.S. Lee. 1995. Effect of plant growth regulators on the germination and seedling growth of *Wasabia japonica* Matsum seeds. Korean J. Medical Crop Sci. 3:111-115 (in Korean).

Gisbert, C., J. Prohens and F. Nuez. 2011. Treatments for improving seed germination in eggplant and related species. Acta Horticulturae 898:45-51.

Hayati, N.E., S. Sutevee and J. Sunanta. 2005. Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*. Natl. Sci. 39:368-376.

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*). Kor. J. Life Sci. 16:493-499 (in Korean).

Kim, S.H., C.H. Lee, H.G. Chung, Y.S. Jang and H.S. Park. 2003. The germination characteristics of seed in *Kalopanax septemlobus* Koidz. by storage methods and GA<sub>3</sub> concentrations. J. Kor. For. Soc. 92:185-190 (in Korean).

Koornneef, M. 2002. Seed dormancy and germination. Curr Opin Plant Biol. 5:33-36.

Korea National Arboretum. 2010. A Field Guide to Trees &

- Shrubs. Geobook, Seoul, Korea. p. 648 (in Korean).
- Kuo, C.I., C.H. Chao and M.K. Lu. 2012. Effects of auxins on the production of steroidal alkaloids in rapidly proliferating tissue and cell cultures of *Solanum lyratum*. *Phytochem Anal.* 23:400-404.
- Linkies, A and G. Leubner-Metzger. 2012. Beyond gibberellins and abscisic acid: how ethylene and jasmonates control seed germination. *Plant Cell Rep.* 31:253-270.
- Lee, Y.H., J.M. Park, S.T. Lee, D.S. Chung and H.K. Kim. 2000. Effect of seed treatments on germination and growth of *Agrimonia pilosa* Ledeb. *Korean J. Medical Crop Sci.* 8:129-133 (in Korean).
- May, J.T. 1985. Chapter 9; Seedling Quality, Grading, Culling and Counting. *Southern Pine Nursery Handbook*. Atlanta, USA. p. 3.
- Oh, J.S. 2012. Seed germination and plant growth characteristics of *Solanum nigrum* Linne influenced by seed soaking and chilling treatments. MS Thesis, Sunchon National Univ., Suncheon, Korea. p. 17, p. 21 (in Korean).
- Oh, S.J. and S.C. Koh. 2012. Adventitious shoot formation and plant regeneration from explants of *Solanum nigrum* L. *Korean J. Plant Res.* 25:277-284 (in Korean).
- Park, J.H., S.S. Park and J.Y. Bae. 2009. Pharmacognostical studies on the folk medicine 'Bae Pung Dung'. *Kor. J. Pharmacogn.* 40:25-31 (in Korean).
- Park, J.S., Y.I. Choi, Y.H. Kim, S.H. Lee, K.N. Kim, M.C. Suh, G.J. Kim and G.J. Lee. 2013. Optimum germination temperature and seedling root growth characteristics of *Camelina*. *CNU J. Agricult. Sci.* 40:177-182 (in Korean).
- Shim, K.H., H.S. Young, T.W. Lee and J.S. Choi. 1995. Studies on the chemical components and antioxidative effects of *Solanum lyratum* Thunb. *Kor. J. Pharmacogn.* 26:130-138 (in Korean).
- Shin, H.C. 2009. Technique for container seedlings of warm-temperate tree species. *Proceedings of Korean 4th Technique Seminar of KCSRS*. pp. 74-76 (in Korean).
- Shin, M.O., J.H. Park and J.O. Moon. 2003. Effect of *Solanum lyratum* extract on dimethylnitrosamine-induced liver damage in rats. *Kor. J. Pharmacogn.* 34:60-64 (in Korean).
- Shin, M.O. 2005. The effects on antimicrobial and cytotoxicity of *Solanum lyratum* fractions. *Kor. J. Life Sci.* 15:948-654 (in Korean).
- Spicer, P.B. and L.A. Dionne. 1961. Use of gibberellin to hasten germination of *Solanum* seed. *Nature* 189:327-328.
- Sun, L.X., W.W. Fu, W. Li, K.S. Bi and M.W. Wang. 2006. Diosgenin glucuronides from *Solanum lyratum* and their cytotoxicity against tumor cell lines. *Zeitschrift fur Naturforschung Section C, Biosciences* 61:171-176.
- Tzortzakis, N.G. 2009. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. *Hort. Sci. (Prague)*. 36:117-125.
- Yang, J.S., C.C. Wu, C.L. Kuo, Y.H. Lan, C.C. Yeh, C.C. Yu, J.C. Lien, Y.M. Hsu, W.W. Kuo, W.G. Wood, M. Tsuzuki, and J.G. Chung. 2012. *Solanum lyratum* extracts induce extrinsic and intrinsic pathways of apoptosis in WEHI-3 murine leukemia cells and inhibit allograft tumor. *Evid Based Complement Altern Med.* 2012:ID254960.
- Yeates, S.J., G.A. Constable and T.M. Cumstie. 2002. Developing management options for mepiquat chloride in tropical winter seasoncotton. *Field Crops Res.* 74:217-230.

(Received 21 April 2014 ; Revised 21 May 2014 ; Accepted 28 May 2014)