

종자저장온도 및 전처리가 야생 하늘타리와 노랑하늘타리의 종자발아 및 유묘 생육특성에 미치는 영향

이수광 · 김효연 · 구자정[†]

국립수목원 산림자원보존과

Effects of Seed Storage Temperature and Pre-Treatment on Germination, Seedling Quality on Wild *Trichosanthes kirilowii* Maxim and *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* Kitam

Su Gwang Lee, Hyo Yun Kim and Ja Jung Ku[†]

Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 487-821, Korea.

ABSTRACT : This study was conducted to determine the effects of seed storage temperature and pre-treatment on seed germination, seedling quality and vigor index of wild *Trichosanthes kirilowii* and *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica*. As a result the highest germination rate of *T. kirilowii* was the 95% at seed stored in room temperature and then soaking for 24 hours in dH₂O. And the highest germination rate of *T. kirilowii* var. *japonica* was 96% at seed stored in 2°C and then soaking for 24 hours in GA₃ (100 ppm). But the seed germination rate was non-significance in pre-treatment at seed stored in room temperature 2°C. Seedlings of *T. kirilowii* and *T. kirilowii* var. *japonica* showed not only the best seedling quality but also seedling vigor index in seed stored at 2°C and then soaking for 24 hours in GA₃ (100 ppm). In this research, *T. kirilowii* and *T. kirilowii* var. *japonica* seed were stored in room temperature or 2°C, and then sown in peat moss, seed germination rate was more than 90% and production of superior quality seedlings.

Key Words : *Trichosanthes kirilowii* Maxim, *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* Kitam, Seed Germination, Seed Storage Temperature, Pre-Treatment

서 언

하늘타리 (*Trichosanthes kirilowii* Maxim)와 노랑하늘타리 (*Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* Kitam)는 박과 (Cucurbitaceae) 하늘타리속 (*Trichosanthes*)에 속하는 다년생 덩굴식물로 우리나라 중부 이남에 분포한다. 하늘타리는 잎이 단풍잎처럼 길게 갈라지고 열매는 주황색으로 익는다. 하늘타리에 비해 노랑하늘타리는 잎이 열게 갈라지고 열매가 노랑색이다. 예로부터 하늘타리 뿌리에서 녹말을 내어 식용하였으며, 열매, 씨앗 및 뿌리를 약용으로 사용해 왔다 (Lee, 2007a). 한방에서 하늘타리 피층을 벗긴 뿌리를 괄루근, 가루넨 것을 천화분, 열매를 괄루, 종자를 괄루인이라 하여 청열생진 (淸熱生津), 소종배농 (消腫排膿), 윤�폐화담 (潤肺化痰), 산

결골장 (散結滑腸), 이기관흉 (利氣寬胸)의 효능으로 사용하고 있다 (Ahn, 2008). 민간에서 하늘타리는 봄에 뿌리를 삶거나 우려먹고, 전분처럼 이용하기도 하고, 갈아서 수제비로 먹기도 하였다. 노랑하늘타리는 줄기를 절단한 후 수액을 척추치료를 위해 먹기도 하며, 뿌리는 하늘타리와 같은 용도로 사용하였다 (Korea National Arboretum, 2009). 특히 하늘타리와 노랑하늘타리는 독성이 적어 다양한 형태로 적용이 가능한 것으로 보고된 바 있는 (Jeon *et al.*, 1998) 전통 유용약용식물이다. 지금까지 하늘타리에 관한 주요 연구로는 약리학 및 성분 분석연구가 대부분으로 항산화 (Zhoh *et al.*, 2007), 항염 (Ozaki *et al.*, 1996), 항암 (Kim *et al.*, 2008), 항HIV (Lee-Huang *et al.*, 1991) 등의 약리학적 연구와 성분 분석 (Lian *et al.*, 2012), 이화학적 조성 (Jeon and Han, 2005),

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-540-1056 (E-mail) jjku@forest.go.kr

Received 2014 January 13 / 1st Revised 2014 January 20 / 2nd Revised 2014 January 27 / 3rd Revised 2014 February 3 / Accepted 2014 February 3
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.

진분 특성 (Koh, 1981) 등이 보고되었다. 또한 노랑하늘타리는 탈모 질환 예방, 탈모 방지 및 백혈병 세포주 증식억제 효과가 있는 것으로 보고 (Kim *et al.*, 2001a)된 바 있다. 이처럼 하늘타리와 노랑하늘타리가 갖는 다양한 식약용 특성으로 약리학 및 성분 분석연구는 활발한데 비해 종자발아와 재배연구는 토양이 발아에 미치는 영향 (Choi *et al.*, 2010), 종자 휴면에 관한 연구 (Sun *et al.*, 2008), 재배를 위한 토양 및 이식적기 구명연구 (Jo *et al.*, 2007) 등이 진행되었을 뿐 종자저장조건과 파종환경에 따른 종자발아와 이에 따른 유효 생육특성 등이 구명되지 못하였다.

현재 하늘타리와 노랑하늘타리는 재배가 거의 이뤄지지 않아 야생의 하늘타리와 노랑하늘타리를 그대로 채취하여 식약용 목적으로 사용하고 있으나 수요에 비해 공급 양이 부족하기 때문에 부족분 대부분을 중국에서 수입하고 있다 (Jo *et al.*, 2007). 특히 야생의 것은 채취 지역과 환경에 따라 약효와 성분함량이 달라질 수 있기에 (Gupta *et al.*, 2013) 균일 품질의 약용식물 생산과 산업화를 위해서는 재배를 위한 기초 단계인 종자발아와 건전한 유효묘를 획득하는 단계가 구명되어야 한다. 무엇보다 야생종자는 발아하기 적합한 환경이 아니면 휴면에 돌입하거나 발아율이 저조하여 (Bewley, 1997) 종자저장온도와 저장방법 등의 적절한 발아조건 탐색은 야생식물의 재배와 산업화를 위한 가장 중요한 단계이다 (Bonner, 2008). 현재 진행되는 대부분의 약용작물 발아시험은 실험실 수준에서 진행되어 실험실외에서의 발아율과 상이 (Lee *et al.*, 2013) 할 수 있어 현장에서 직접 적용하기 어려운 문제 (Kang *et al.*, 2004)가 있다. 또한 발아율과 건전한 유효묘를 획득하기 위해 종자 전처리시 화학약품, 호르몬제 및 프라이밍 처리와 같은 전문적이고 복잡한 기술이 필요하다 (Nascimento, 2003). 따라서 본 연구는 야생의 하늘타리와 노랑하늘타리 종자발아와 유효 생육특성에 미치는 종자저장온도와 전처리 효과를 농가에서 적용 가능한 수준에서 최대한 단순화하여 살펴 보았다.

재료 및 방법

1. 시험재료

제주도 서귀포시 토평동 일대에 자생하는 하늘타리와 노랑하늘타리의 완전히 성숙된 주황색 및 노란색 열매를 2012년 11월 11일 채취 후 지퍼백에 담아 실험실로 이동하였으며, 이동 후 바로 과육을 제거하고 육안으로 충실한 종자만 선별하였다. 정선된 종자는 야생 종자를 효율적으로 세척하는 방법인 2% NaOCl로 30분간 세척 (Sauer and Burroughs, 1986) 하고 증류수로 5회 이상 수세 후 음지에서 24시간 동안 자연 건조하여 50 ml conical tube에 넣어서 실험 전까지 실험실 상온 (24°C ± 4°C)에 11월 19일 저장하였다.

2. 종자저장온도와 전처리

종자저장온도는 Kim 등 (2001b)과 Hwang 등 (2012)에 의해 종자의 발아력을 상당기간 유지 할 수 있는 -20°C, 2°C, 상온 (실험실 24°C ± 4°C)으로 달리하였으며 -20°C와 2°C는 2월 20일 (60일간)에 저장하였다. 전처리는 파종 하루 전 증류수 및 GA₃ 용액 (100 ppm)에 24시간 침지처리한 처리구와 대조구로 달리하였다. 박과 식물인 참박 (*Lagenaria leucantha* Rusby) 종자 발아시 증류수와 GA₃ 100 ppm 1~2일 침지시 최대 발아율(97%)을 보고 (Kang *et al.*, 2003)한 것과 Sun 등 (2008)에 의해 GA₃ 200 ppm 처리시 최적의 발아율을 보고하였지만 100 ppm과 별 차이 (4%) 없어 효율적인 측면에서 GA₃ 100 ppm을 선택하였다. 전처리된 종자는 피트모스 (potgrond H, Germany)가 충전된 50구 플러그 셀 트레이 (plug cell tray)의 각 구마다 한 립씩 총 16립의 3반복으로 4월 19일 (채종 160일 후)에 파종하였다.

3. 발아율 및 유효 생육특성 조사

종자발아는 자엽이 상토를 뚫고 돌출된 것을 발아 한 것으로 간주하였으며, 발아율은 6월 5일 (파종 35일 후) 데이터를 공시하였다. 유효 생육특성인 초장 (mm), 엽수 (매), 엽폭 (mm), 엽장 (mm), 근장 (mm) 및 생중량 (mg, 지상·하)을 각 조건 당 9개체씩 6월 5일 조사하였으며, 건중량 (mg, 지상·하)은 시료를 15일간 음지에서 충분히 자연건조 한 후 전자저울을 이용하여 측정하였다. 종자저장온도와 전처리에 따른 생중량 대비 건중량의 수분 감소율은 아래의 식으로 계산하였다.

- 수분감소율:

$$(Bw-Dw)/Bw \times 100\%$$

Bw: 생중량 (Biomass weight), Dw: 건중량 (Dry weight)

엽폭과 엽장은 완전히 전개된 위에서 2번째 잎을 대상으로 측정하였으며, 근장은 길이가 긴 5개를 측정하여 평균값을 구하였다. 또한 유효묘의 활력을 나타내는 지표 (Abdul-Baki and Anderson, 1973)로 사용되는 유효활력지수 (Seedling Vigor Index)와 변형된 유효활력지수 (Modified Seedling Vigor Index; Afrakhteh *et al.*, 2013)를 통하여 하늘타리 및 노랑하늘타리의 종자발아와 유효생육에 적합한 조건을 탐색하였다.

- 유효활력지수

(Seedling Vigor Index, SVI):

$$SVI = \text{Germination (\%)} \times [\text{Plant height} + \text{Root length}]$$

- 변형된 유효활력지수

(Modified Seedling Vigor Index, MSVI):

$$MSVI = \text{Germination (\%)} \times [\text{Plant height} + \text{Root length} + \text{Fresh weight (Top, Root)} + \text{Dry weight (Top, Root)}] / 6$$

모든 실험은 경기도 양평군 용문면에 위치한 국립수목원 유용 식물증식센터 비닐온실에서 수행하였다.

4. 통계처리

실험결과는 SPSS (ver. 12.0 Kor) 프로그램을 이용하여 다변량 분산분석 (MANOVA : Multivariate ANOVA)을 통해 처리간 유의성을 살펴보았으며 유의성이 있는 경우 Duncan Multiple Range Test (DMRT) ($p=0.05$)로 2차 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 종자저장온도 및 전처리에 따른 발아율

종자저장온도 (-20°C , 2°C , 상온)와 전처리 (대조구, 증류수 및 GA_3 100 ppm 24시간 침지처리)가 하늘타리와 노랑하늘타리 종자발아에 미치는 영향을 조사한 결과 하늘타리는 상온저장 후 증류수 침지처리에서 95%의 가장 높은 발아율을 나타냈으며, 동일 저장온도의 GA_3 용액 (100 ppm) 침지처리 (94%) 및 대조구 (92%) 순으로 높은 발아율을 보였다 (Table 1, Fig. 1). 하지만 상온저장 조건 내에서 전처리는 유의성이 인정되지 않았다. 노랑하늘타리는 2°C 저온저장 후 GA_3 용액 (100 ppm) 침지처리에서 96%의 가장 높은 발아율을 나타내었으며 동일 저장온도의 대조구 (92%), 증류수 침지처리 (85%) 순으로 높은 발아율을 보였다 (Fig. 2). 하늘타리와 마찬가지로 2°C 저온저장 내에서 전처리는 유의성이 인정되지 않았다.

2°C 와 상온저장에 비해 -20°C 저장종자는 하늘타리 43~66%, 노랑하늘타리 67~72%의 발아율을 보여 2°C 및 상온저장에 비해 발아율이 24~52% 감소하였다. 이러한 결과는 -20°C 저장시 백수오 (*Cynanchum wilfordii*; Hwang *et al.*, 2012)와 황기 (*Astragalus membranaceus*; Kim *et al.*, 2001b)의 발아율이 향상됨을 보고한 결과와 상이하였는데 주요원인은 백수오나 황기는 난온대 일본에서부터 중온대 중국 동북부지역까지 자생 (Lee, 2007a; 2007b)하기 때문에 -20°C 에서도 종자활력을 잃지 않고 오히려 높은 발아율을 나타낸 것으로 생각된다. 하지만 하늘타리와 노랑하늘타리는 우리나라 중남부 이하 및 일본의 난온대 지역에서 자라는 식물로 추운 지역을 싫어하기 때문에 -20°C 에서 저장한 경우 모수가 자라는 환경과 상이하여 장기휴면에 돌입한 것으로 생각된다. 특히 저장온도가 발아율에 고도의 유의성 (하늘타리; $p < 0.001$, 노랑하늘타리; $p < 0.01$)이 인정된 것이 이를 뒷받침하였고, 이미 하늘타리의 최적 종자저장온도를 $25 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 로 보고 (Sun *et al.*, 2008) 한 것과 일치하였다. 또한 하늘타리는 2°C 혹은 상온저장종자의 경우 전처리는 발아율에 유의적인 차이가 인정되지 않았고, -20°C 저장종자 조건에서만 유의성이 인정되었다. 노랑하늘타리는 모든 조건에서 전처리가 발아율에 유의

적인 영향을 미치지 않았다.

하늘타리, 노랑하늘타리 모두 2°C 와 상온에 저장된 종자를 전처리 없이 파종할 시 90% 이상의 높은 발아율을 보였다. 따라서 하늘타리와 노랑하늘타리는 증류수 및 GA_3 용액 (100 ppm) 24시간 침지처리가 종자 발아율 향상에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 박과 식물인 오이, 참외, 호박의 수분 침종 시간에 따라 종자 발아율과 평균 발아시간에 차이를 나타낸 것과 상이한 결과를 나타내었다 (Lee *et al.*, 2009). 그 이유는 하늘타리와 노랑하늘타리는 종자저장온도 (2°C 와 상온)가 적절하여 휴면에 돌입하지 않고 최적의 발아율을 보인 것으로 생각된다.



Fig. 1. Effects of seed storage temperature and pre-treatment on germination and seedling growth of *T. kirilowii*. (A) Storage temperature -20°C , Pre-treatment control (B) 2°C , con (C) RT, con (D) -20°C , dH_2O (E) 2°C , dH_2O (F) RT, dH_2O (G) -20°C , GA_3 100 ppm (H) 2°C , GA_3 100 ppm (I) RT, GA_3 100 ppm.



Fig. 2. Effects of seed storage temperature and pre-treatment on germination and seedling growth of *T. kirilowii* var. *japonica*. (A) Storage temperature -20°C , Pre-treatment control (B) 2°C , con (C) RT, con (D) -20°C , dH_2O (E) 2°C , dH_2O (F) RT, dH_2O (G) -20°C , GA_3 100 ppm (H) 2°C , GA_3 100 ppm (I) RT, GA_3 100 ppm.

Table 1. The germination rate by storage temperature and pre-treatment on seed of *T. kirilowii* and *T. kirilowii* var. *japonica*.

Treatment		Germination rate (%)	
Storage Temperature	Pre-treatment	<i>T. kirilowii</i>	<i>T. kirilowii</i> var. <i>japonica</i> .
-20°C	Con	66.1 ± 18.6 ^b	69.4 ± 4.8 ^{***}
	dH ₂ O	43.3 ± 10.8 ^c	72.2 ± 11.7 ^{bc}
	GA ₃ 100 ppm	56.7 ± 8.8 ^b	67.2 ± 12.1 ^c
2°C	Con	92.2 ± 1.9 ^a	92.2 ± 1.9 ^{ab}
	dH ₂ O	89.4 ± 4.8 ^a	85.6 ± 5.1 ^{ab}
	GA ₃ 100 ppm	93.9 ± 1.0 ^a	96.1 ± 3.5 ^a
Room Temp.	Con	92.2 ± 1.9 ^a	94.4 ± 5.1 ^a
	dH ₂ O	95.6 ± 3.9 ^a	85.6 ± 12.5 ^{ab}
	GA ₃ 100 ppm	94.4 ± 5.1 ^a	76.1 ± 3.5 ^{bc}
Storage Temp. (S)		***	**
Pre-Treat. (P)		*	NS
(S) × (P)		NS	NS

*Values are mean ± SD. Values are means of triplicate.

**Mean separation within columns by the DMRT ($p < 0.05$).

^{NS}, *, **and ***; not significant, significant at the 5, 1 and 0.1% levels of probability, respectively.

하늘타리와 달리 상온 저장된 노랑하늘타리 종자의 GA₃ 침지처리는 대조구나 증류수 처리에 비해 발아율이 9~18% 이상 감소하여 GA₃ 침지시 박 종자의 발아율이 감소됨을 보고한 연구결과 (Kang *et al.*, 2003)와 일치하였다. 하지만 같은 속 근연종인 하늘타리와 큰 차이를 보여 보다 면밀한 원인 분석이 필요한 것으로 생각된다.

지금까지 보고된 하늘타리의 발아율은 송이석에 파종 시 88% (Choi *et al.*, 2010)와 GA₃ 200 ppm 침지처리시 48%로 보고 (Sun *et al.*, 2008) 된 바 있으나 본 연구에서 96%의 발아율을 보였다. 이처럼 발아율에 차이를 보인 이유는 종자저장조건과 토양 (피트모스), 그리고 채종 개체와 지역 차이에서 기인한 것으로 생각된다.

2. 종자저장온도 및 전처리에 따른 유묘 특성

저장온도와 전처리가 유묘의 생육에 미치는 영향을 살펴본 결과 하늘타리는 2°C 저장 후 GA₃ 용액 (100 ppm)에 24시간 침지처리 된 종자를 발아시킨 유묘의 생육특성이 초장 54 mm, 엽수 8매, 엽폭 12 mm, 엽장 13 mm, 근장 113 mm, 생중량 지상부 739 mg, 지하부 723 mg, 건중량 지상부 176 mg, 지하부 103 mg으로 우수하였다 (Table 2). 특히 기존 및 변형된 유묘 활력지수가 각각 15737과 29869로 본 실험조건 중에서 가장 높게 나타났으며 상온저장 후 GA₃ 용액 (100 ppm)에 24시간 침지처리 조건에서도 동일 수준 ($p < 0.001$)에서 우수한 유묘의 생육특성과 활력지수를 나타내었다.

노랑하늘타리 또한 하늘타리와 마찬가지로 2°C저장 후 GA₃ 용액 (100 ppm)에 24시간 침지처리 종자를 발아시킨 유묘의 생육특성이 초장 44 mm, 엽수 10매, 엽폭 21 mm, 엽장 22 mm,

근장 130 mm, 생중량 지상부 553 mg 및 지하부 363 mg, 건중량 지상부 103 mg 및 지하부 93 mg으로 우수하였다 (Table 3). 특히 기존 및 변형된 유묘 활력지수가 각각 16807과 20611로 본 실험조건 중에서 가장 높게 나타났으며 상온 저장 후 GA₃ 용액 (100 ppm)에 24시간 침지처리 조건에서도 동일 수준 ($p < 0.01$)에서 우수한 유묘의 생육특성과 활력지수를 나타내었다.

하늘타리와 노랑하늘타리 종자의 GA₃ 처리로 인해 유묘의 생육특성과 활력지수가 양호해지는 경향이었으며 특히 2°C 저장 종자의 경우 유의적으로 뚜렷한 상승을 나타내었다. 이는 종자의 GA₃ 침지처리는 배축의 신장을 도와 발아를 촉진시키는 것은 물론 발아묘 생육특성까지 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고 (Balaguera-Lopez *et al.*, 2009)된 바와 일치하였다. 유묘 활력지수는 종자 발아 및 생육특성에 대한 정보를 제공하며 무엇보다 후기 생존율과 잠재성장을 결정짓는 매우 중요한 요소이다 (Mishra and Salokhe, 2008). 하지만 유묘 활력지수의 좋고 나쁨은 추후 유묘 활력지수를 바탕으로 등급을 나누어 재배를 통해 검증 (Manangkil *et al.*, 2008)되어야 되기 때문에 본 연구에서 제시된 발아 조건과 유묘 활력지수를 바탕으로 다양한 재배 실험 적용이 필요한 것으로 생각된다.

하늘타리의 -20°C 저장 종자의 전처리 대조구 유묘의 생육 특성 중 생체중 (지상, 지하)은 612 mg, 546 mg으로 나타났으나 건중량 (지상, 지하)은 88 mg, 73 mg으로 최적의 생육을 보인 상온저장 조건의 전처리 대조구에 비해 수분이 큰 폭으로 감소하여 높은 수분감소율을 나타내었으며 노랑하늘타리 또한 비슷한 경향을 나타내었다. 종자저장온도가 적절하지 않으면

종자저장온도 및 전처리가 야생 하늘타리와 노랑하늘타리의 종자발아 및 유묘 생육특성에 미치는 영향

Table 2. Effects of seed storage temperature and pre-treatment on the seedling quality of *T. kirilowii*.

Storage Temperature	Pre-treatment	Plant height (mm)	No. of leaves	Leaf width (mm)	Leaf length (mm)	Root length (mm)	Fresh weight (mg/plant)		Dry weight (mg/plant)		Reduction rate (%)		Seedling Vigor Index	
							Top	Root	Top	Root	Top	Root	Original	Modified
-20°C	Con	59.8 ^{cd}	6.0 ^{bc}	26.0 ^{ab}	29.5 ^{ab}	89.7 ^b	612 ^{bc}	546 ^{bc}	88 ^c	73 ^b	-85.62	-86.63	9881 ^e	16177 ^{e*}
	dH ₂ O	71.7 ^{bc}	6.7 ^{ab}	24.1 ^{bc}	26.0 ^{ab}	74.7 ^c	585 ^{bc}	333 ^c	112 ^{bc}	92 ^a	-80.85	-72.37	6339 ^f	9153 ^g
	GA ₃ 100 ppm	83.6 ^a	8.0 ^{ab}	15.8 ^{cd}	15.5 ^c	111.5 ^a	622 ^{bc}	342 ^c	143 ^{ab}	91 ^a	-77.01	-73.39	11062 ^d	13164 ^f
2°C	Con	63.6 ^{cd}	5.7 ^{bc}	23.6 ^{bc}	25.8 ^{ab}	102.1 ^a	624 ^{bc}	548 ^{bc}	141 ^{ab}	91 ^a	-77.40	-83.39	15277 ^{ab}	24121 ^c
	dH ₂ O	46.4 ^e	4.7 ^c	23.4 ^{bc}	26.7 ^{ab}	72.3 ^c	501 ^c	747 ^a	115 ^{bc}	109 ^a	-77.05	-85.41	10611 ^{de}	23701 ^c
	GA ₃ 100 ppm	54.3 ^{cde}	8.3 ^a	12.7 ^d	13.3 ^d	113.3 ^a	739 ^{ab}	723 ^a	176 ^a	103 ^a	-76.18	-85.75	15737 ^a	29869 ^a
Room Temp.	Con	79.4 ^{ab}	7.7 ^{ab}	19.2 ^c	20.7 ^{bc}	77.5 ^c	853 ^a	515 ^{abc}	184 ^a	98 ^a	-78.43	-80.97	14466 ^b	27766 ^{ab}
	dH ₂ O	55.4 ^{cde}	5.7 ^{bc}	24.0 ^{bc}	27.6 ^{ab}	87.8 ^b	573 ^{bc}	373 ^c	156 ^{ab}	101 ^a	-72.77	-72.92	13689 ^c	21449 ^c
	GA ₃ 100 ppm	74.9 ^{bc}	7.0 ^{ab}	29.4 ^a	29.4 ^a	95.8 ^b	696 ^{bc}	684 ^{ab}	173 ^a	105 ^a	-75.14	-84.65	16114 ^a	28771 ^a
Storage Temp. (S)		**	NS	NS	NS	NS	NS	*	***	*	NS	NS	**	**
Pre-Treat. (P)		*	**	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	**	*
(S) × (P)		**	NS	***	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*

*Mean separation within columns by the DMRT ($p < 0.05$).

^{NS}, *, ** and ***; not significant, significant at the 5, 1 and 0.1% levels of probability, respectively.

Table 3. Effects of seed storage temperature and pre-treatment on the seedling quality of *T. kirilowii* var. *japonica*.

Storage Temperature	Pre-treatment	Plant height (mm)	No. of leaves	Leaf width (mm)	Leaf length (mm)	Root length (mm)	Fresh weight (mg/plant)		Dry weight (mg/plant)		Reduction rate (%)		Seedling Vigor Index	
							Top	Root	Top	Root	Top	Root	Original	Modified
-20°C	Con	47.9 ^{bc}	7.3	20.2	19.8	97.8	416 ^{cd}	483 ^a	71 ^b	78	-82.93	-83.85	10111 ^d	13807 ^{de*}
	dH ₂ O	42.2 ^c	8.0	19.1	22.4	132.1	488 ^{bcd}	333 ^b	102 ^{ab}	112	-79.10	-66.37	12584 ^c	14551 ^{de}
	GA ₃ 100 ppm	55.3 ^{bc}	10.3	16.5	20.6	153.2	421 ^{bcd}	470 ^a	96 ^{ab}	152	-77.20	-67.66	14011 ^{bc}	15092 ^d
2°C	Con	51.5 ^{bc}	12.0	12.0	13.5	103.2	383 ^d	256 ^b	67 ^b	63	-82.51	-75.39	14263 ^{bc}	14194 ^{de}
	dH ₂ O	61.4 ^b	12.0	18.6	20.0	120.6	476 ^{bcd}	313 ^b	104 ^{ab}	74	-78.15	-76.36	15579 ^{ab}	16392 ^c
	GA ₃ 100 ppm	44.6 ^{bc}	10.3	21.0	22.9	130.3	553 ^{ab}	363 ^b	103 ^{ab}	93	-81.37	-74.38	16807 ^a	20611 ^a
Room Temp.	Con	53.8 ^{bc}	9.7	20.7	22.7	104.4	534 ^{ab}	332 ^b	103 ^{ab}	98	-80.71	-70.48	14934 ^b	19276 ^{ab}
	dH ₂ O	47.3 ^{bc}	11.0	18.0	18.6	119.2	508 ^{ab}	346 ^b	98 ^{ab}	86	-80.71	-75.14	14252 ^{bc}	17184 ^{bc}
	GA ₃ 100 ppm	77.7 ^a	13.0	19.3	21.0	139.0	623 ^a	367 ^b	147 ^a	90	-76.40	-75.48	16490 ^a	18310 ^b
Storage Temp. (S)		NS	NS	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	*	*
Pre-Treat. (P)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	**	*
(S) × (P)		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

*Mean separation within columns by the DMRT ($p < 0.05$).

^{NS}, * and **; not significant, significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

종자내부의 식물생장조절제인 GA₃와 ABA가 감소되며 특히 ABA가 비정상적으로 감소하여 결국 내부의 GA₃가 비정상적으로 활성화되어 (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006) 식물세포의 급격한 성장과 수분흡수 (Al-Hawezy, 2013)로 인해 수분 감소율이 하늘타리와 노랑하늘타리에서 가장 높게 나타난 것으로 생각된다 (Tables 2, 3). -20°C 저장 종자의 증류수 및 GA₃ 침지처리로 인해 유묘의 생육특성 및 활력지수가 양호해지는 경향을 나타내었으나 상온 및 2°C 저장 종자에 비해 상대적으로 저조하였다. 따라서 하늘타리와 노랑하늘타리 자생지의 온도조건에 벗어난 저장온도는 종자휴면을 유도하고 내부 식물생장조절물질과 활성물질 저조화로 인해 비정상적인 유묘 생육특성과 저조한 활력지수를 보이는 것으로 나타났다.

본 실험에서 최종발아율을 파종 35일 이후 (6월 5일) 데이터를 공시한 이유는 하늘타리는 35일 이내에 발아가 완료되며 (Sun *et al.*, 2008) 식물생활사 중 발아단계에서 치사율이 가장 높기 (Mark and Prince, 1981) 때문에 치사율이 지난 유묘를 측정하기 위함이었다. 발아단계를 벗어난 수준에서의 최종 발아율 (유묘 획득율)을 조사하는 것은 그만큼 건실한 유묘를 획득하는 의미와 같다. 따라서 본 연구에서는 종자저장 온도와 전처리를 달리하여 90% 이상의 높은 발아율과 양질의 유묘를 획득할 수 있었고 최적의 저장방법과 전처리는 2°C 저장과 GA₃ 100 ppm 24시간 침지처리로 나타났다.

REFERENCES

- Abdul-Baki AA and Anderson JD.** (1973). Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*. 13:630-633.
- Afrakhteh S, Frahmndfar E, Hamidi A and Ramandi HD.** (2013). Evaluation of growth characteristics and seedling vigor in two cultivars of soybean dried under different temperature and fluidized bed dryer. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5:2537-2544.
- Ahn DK.** (2008). Illustrated book of Korean medicinal herbs. Kyohaksa. Seoul, Korea. p.706.
- Al-Hawezy SMN.** (2013). The role of the different concentrations of GA₃ on seed germination and seedling growth of loquat (*Eriobotrya japonica* L.). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 4:3-6.
- Balaguera-Lopez HE, Cardenas-Hernandez JF and Alvarez-Herrera JG.** (2009). Effect of gibberellic acid (GA₃) on seed germination and growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Horticulture*. 821:141-148.
- Bewley JD.** (1997). Seed germination and dormancy. *Plant Cell*. 9:1055-1066.
- Bonner FT.** (2008). The woody plant seed manual. United States Department of Agriculture. Washington, DC, USA. p.86-94.
- Choi SA, Ko MS, Hyun JM, Song KM, Hyun HJ, Yim EY and Song GP.** (2010). Effects of various soil on seed germination and seedling growth of *Trichosanthes kirilowii* Max. from Jeju, Korea. 2010 Fall International Convention of The Plant Resources Society of Korea. p.48.
- Finch-Savage WE and Leubner-Metzger G.** (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 171:501-523.
- Gupta PK, Varshney DK, Kumar U and Bhavna.** (2013). Extraction of pseudoprotodioscin like compound from *Ziziphus ziziphus xylopyrus* wild: Leaves. *Der Pharmacia Lettre*. 5:231-240.
- Hwang IS, Yoo JH, Seong ES, Lee JG, Kim HY, Kim NJ, Lee JD, Ham JK and Ahn YS.** (2012). The effect of temperature and seed soaking on germination in *Cynanchum wilfordii* (Maxim.) Hemsl. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:136-139.
- Jeon BY and Han KS.** (2005). Physicochemical composition of *Trichosanthes kirilowii* Maximowicz. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 13:150-153.
- Jeon GH, Song HJ and Shin MK.** (1998). A herbalogical study on the plants of Cucurbitaceae in Korea. *The Journal of Traditional Korean Medicine*. 8:47-63.
- Jo DH, Jeong BJ and Kim MS.** (2007). Cultivation research of *Trichosanthes kirilowii*. Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services. Naju, Korea. p.64-69.
- Kang JH, Yoon SY and Jeon SH.** (2004). Analysis on practicality of seed treatments for medicinal plants published in Korean scientific journals. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:328-341.
- Kang SY, Kang JH, Choi YW, Jeon BS and Lee SW.** (2003). Single or combined treatment effect of priming, gibberellin and prechilling on germination of gourd seeds. *Korean Journal of Life Science*. 13:137-142.
- Kim DW, Lee JH, Yoo HS, Cho JH, Lee YW, Son CG and Cho CK.** (2008). Effects of *Trichosanthes kirilowii* extract against angiogenesis and various tumor cell's growth. *Journal of Korean Oriental Internal Medicine*. 29:490-499.
- Kim SC, Park SY, Her KH, Kim SJ and Kang HK.** (2001a). HL-60 Effect of extracts of *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* on the growth of HL-60 leukemia cells. *Cheju Journal of Life Science*. 4:95-102.
- Kim YG, Bang JK, Yu HS, Park HW, Bang KH, Seong NS and Son SY.** (2001b). Seed structure and effects of storage on germination of *Astragalus membranaceus*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 9:259-264.
- Korea National Arboretum.** (2009). Folk plants in Korean peninsula III. Jeju-do. Korea National Arboretum. Pocheon, Korea. p.100-101.
- Koh JS.** (1981). A study on the utilization of *Trichosanthes kirilowii* root starch. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 24:59-66.
- Lian L, Fan XM, Chen G, Li W, Lu X, Ma HM, Shen MX and Pei YH.** (2012). Two new compounds from the fruits of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. *Journal of Asian Natural Products Research*. 14:64-67.
- Lee GA, Kim DH, Kim MS, Wu WG, Kim YG, Ahn YS, Park CB and Song BH.** (2013). Studies on germination rates and early seedling growth characteristics by different storing temperatures, durations, and methods in *Aralia cordata* var.

- continentalis*(Kitagawa) Y. C. Chu. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:20-26.
- Lee SW, Chae YS, Ko KJ, Kang HJ, Hong JK and Park SJ.** (2009). Effect of seed soak time on germination of cucumber, oriental melon and squash. Korean Journal of Horticultural Science & Technology. p.53.
- Lee YN.** (2007a). New Korean illustrated plant book I. Kyohaksa. Seoul, Korea. p.639, p.774.
- Lee YN.** (2007b). New Korean illustrated plant book II. Kyohaksa. Seoul, Korea. p.94.
- Lee-Huang S, Huang PL, Kung HF, Li BQ, Huang PL, Huang P, Huang HI and Chen HC.** (1991). TAP 29: An anti-human immunodeficiency virus protein from *Trichosanthes kirilowii* that is nontoxic to intact cells. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 88:6570-6574.
- Manangkil OE, Vu HTT, Yoshida S, Mori N and Nakamura C.** (2008). A simple, rapid and reliable bioassay for evaluation seedling vigor under subemergence in indica and japonica rice(*Oryza sativa* L.). Euphytica. 163:267-274.
- Mark MK and Prince SD.** (1981). Influence of germination data on survival and fecundity in wild lettuce *Lactuca seriola*. Oikos. 36:326-330.
- Mishra A and Salokhe VM.** (2008). Seedling characteristics and the early growth of transplanted rice under different water regimes. Experimental Agriculture. 44:365-383.
- Nascimento WM.** (2003). Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. Scientia Agricola. 60:71-75.
- Ozaki Y, Xing L and Satake M.** (1996). Antiinflammatory effect of *Trichosanthes kirilowii* Maxim, and its effective parts. Biological & Pharmaceutical Bulletin. 19:1046-1048.
- Sauer DB and Burroughs R.** (1986). Disinfection of seed surfaces with sodium hypochlorite. Phytopathology. 76:745-749.
- Sun T, Liu P and Xu G.** (2008). Study on dormancy characteristics of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. Scientia Agricultura Sinica. 12:4237-4280.
- Zhoh CK, Uhm TY and Kim JC.** (2007). Antioxidant effectiveness of *Trichosanthes kirilowii* Maximowicz extracts. Applied Chemistry for Engineering. 18:625-629.