

ORIGINAL ARTICLE

GA₃처리와 저온습윤처리에 의한 흑노호(*Kadsura coccinea*)의 종자발아 및 유묘생장 촉진

제병일 · 전중석 · 강점순 · 최영환*

부산대학교 원예생명과학과

Gibberellic Acid and Cold Stratification Promotes Seed Germination and Seedling Growth in *Kadsura coccinea*

Byoung Il Je, Joong Suk Jeon, Jum-Soon Kang, Young Whan Choi*

Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

Abstract

Kadsura coccinea (Lem.) A.C. Smith is used as a medicinal plant and cosmetic material in China and Southeast Asia. To mass-produce *Kadsura coccinea* seedlings, the effects of gibberellic acid (GA₃) and cold stratification treatments on seed germination were investigated. Seed germination rate with GA₃ treatment was most effective at concentrations of 250 or 500 mg/L. With respect to mean germination time (MGT), mean daily germination, and T₅₀ (days to reach 50% seed germination), the germination-promoting effect was improved as the concentration of GA₃ increased. Stem growth of seedlings was the highest following GA₃ treatments of 250 and 500 mg/L, and the growth promoting effect gradually decreased as the concentration of GA₃ decreased. Root growth was stimulated at GA₃ concentrations of 250-1,000 mg/L. Examination of the effect of stratification treatment for 15, 30 and 60 days at temperatures of 0, 5 and 10°C on the germination rate revealed that the most stratification treatment temperature was 10°C, and the results improved with longer treatment periods. Altogether, GA₃ and stratification treatments improved the seed germination rate, shortened the MGT, improved germination uniformity, and produced healthy seedlings.

Key words : Black tiger, Cold stratification, GA₃, *Kadsura coccinea*, Seedling growth

1. 서 론

흑노호 [*Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith]는 오미자과(Schisandraceae)에 속하는 약용작물로서 오미자와 아주 유사하며, 관목성 상록수로서 대만, 일본 및 중국에서는 오미자 대체 생약제로서 널리 사용되고 있다(Li et al., 2012; Yang et al., 2020b). 흑노호

는 4월에서 6월 사이에 개화하고, 7월에서 11월 사이에 과일이 익으며, 과일의 형태는 거의 구형이며, 적색 또는 진한 자주색이다(Saunders, 1998). 과일은 비타민 C, 비타민 E 및 아미노산 등이 풍부한 것으로 잘 알려져 있다. 흑노호의 생리활성 물질로는 리그난(Zhang et al., 2021)과 테르페노이드(Cao et al., 2019; Tram et al., 2022)가 주목받고 있다. 특히 주요한 생리활성

Received 5 January, 2023; Revised 20 January, 2023;

Accepted 25 January, 2023

*Corresponding author : Young Whan Choi, Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

Phone : +82-55-350-5523

E-mail : ywchoi@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© 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.

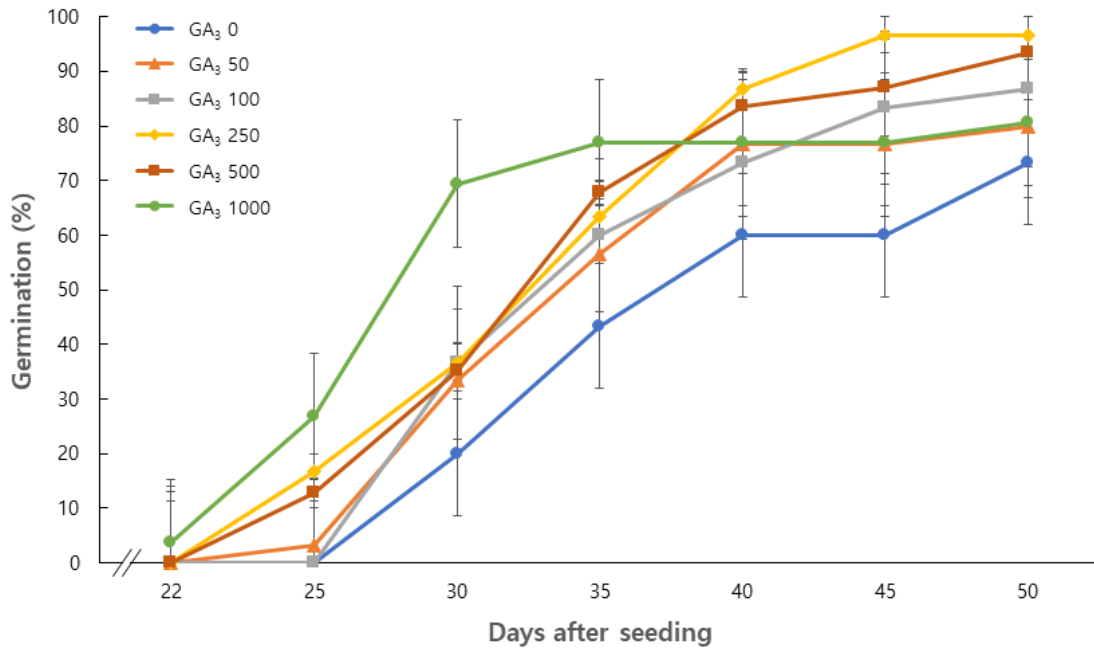


Fig. 1. Effect of GA₃ on seed germination of *Kadsura coccinea*. Seeds were germinated in the dark at 25°C. Values represented mean \pm standard error ($n = 3$).

물질로 알려진 리그난은 dibenzocyclooctadiene lignan 유도체로서 gomisin M1, kadsulignan N, kadsuphilin B, binankadsurin A, gomisin J, deoxyschisandrin, kadsuranin 등의 58종이 보고되어 있다(Yang et al., 2020b). 이러한 다양한 성분으로 인하여 흑노호는 항암(Zhao et al., 2014), 항HIV(Sun et al., 2011), 섭취저해(Luo et al., 2012), 세포독성(Hu et al., 2016), 항염증(Lin et al., 2006), 항간염(Jia et al., 2021), 산화질소 억제(Mulyaningsil et al., 2010), 항혈소판응집(Shi et al., 2013), 신경보호 효과(Dong et al., 2012) 및 항산화(Cao et al., 2019; Long et al., 2022) 등의 다양한 효과가 보고되고 있다.

최근에는 건강증진과 질병예방이 가능한 과일을 기반으로 한 다양한 건강기능 식품들이 각광을 받고 있는 추세이다(Cai, 2019). 이에 따라 수요가 증가하고 있는 기능성 소재는 변식방법을 확립하고 생산성을 높이기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다(Jeon et al., 2015). 야생 식물을 원예작물로 개발하기 위해서는 경질종자 또는 종피의 왁스 층 등이 발달하여 발아율이 낮고 휴면 타파 등의 어려워서 대량증식이 어려운 종자들이 많다.

종자의 발아력을 향상시키기 위한 방법으로는 저온습윤(충적저장) 처리(Yeom et al., 2021), 온도 처리(Yang et al., 2020a), GA₃ 처리(Yang et al., 2020a) 등이 시도되고 있다. 우리나라에서 재배되고 있는 오미자는 흑노호와 형태적으로 매우 유사한 것으로 알려져 있으며(Li et al., 2012), 흑노호와 유사한 오미자는 주로 실생번식, 분주 또는 접목 등의 방법으로 번식되고 있다. 그러나 우리나라에 도입하여서 재배되고 있는 흑노호는 중국에서 수입한 종자를 실생번식으로 번식시키고 있으나 발아율과 입묘율이 낮아서 농가에서 재배 시에 많은 어려움을 겪고 있다. 흑노호는 다양한 생리활성이 잘 알려진 주요한 약용작물이며, 과일의 특이성과 더불어 우리나라의 새로운 소득작물로서 주목을 받을 수 있을 것으로 기대되고 있으나 종자번식을 이용한 실생번식이 거의 보고되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 흑노호의 종자번식 효율을 향상시키기 위해서 GA₃와 저온습윤 처리에 의한 발아촉진 효과를 조사하고, 종자에 처리한 GA₃가 유묘의 생육에 미치는 효과를 조사하여 우량 건전묘의 대량번식 방법을 확립하고자 한다.

Table 1. Germination properties of *Kadsura coccinea* seeds by GA₃ treatments. Seeds were germinated dark at 25°C

GA ₃ concentration (mg/L)	Germination (%)	MGT ^z (days)	MDG ^y (days)	T ₅₀ ^x (days)
Control	73.3 c ^w	6.06 a	1.63 c	36.72 a
50	80.0 bc	5.68 a	2.11 bc	35.72 b
100	86.7 abc	5.38 ab	2.06 bc	33.87 b
250	96.7 a	5.26 ab	2.33 ab	33.02 b
500	93.3 ab	3.93 bc	2.47 ab	33.13 b
1000	80.6 ab	3.54 c	2.85 a	30.41 c

^zMean germination time.^yMean daily germination.^xDays to reach at 50% seed germination. Values represented mean.^wDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.

2. 재료 및 방법

2.1. 흑노호 발아촉진을 위한 GA₃와 저온습윤처리 효과

1) 실험 재료

본 연구에 사용된 흑노호(*Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith.) 종자는 울산광역시 비닐하우스에서 재배하고 있던 식물체로부터 2021년 10월 중에 종자를 채종하였다. 채종한 종자를 깨끗이 씻어서 통풍이 잘되는 상온에서 보관하였으며, 색깔과 크기 등이 균일한 종자를 정선하여 실험에 사용하였다.

2) 종자 발아

종자는 9 cm petridish에 여과지 2장을 깔고 8 ml의 증류수를 가하여 10립씩 3반복으로 하였으며, 25°C의 암조건에서 발아하였다. 온도와 광은 종자 발아와 묘목 성장에 영향을 미치는 환경 요인 중 하나로서 (Aghighi Shahverdi et al., 2019), 식물을 재배한 위도와 유전적 차이로 인하여 발아적온이 다른 것으로 알려져 있다(Saeidnejad et al., 2012). 따라서 본 실험에서는 흑노호가 중국의 고산지대에서 생육하고 있다는 특성을 고려하여서 발아온도를 25°C와 암 조건에서 발아하였다. 발아기간 중에 수분이 부족하지 않도록 증류수를 매일 적당량 보충해 주었다. 종자의 발아는 유근이 종피를 뚫고 1 mm 이상 신장한 것을 발아한 것으로 판단하였고, 발아율은 매일 조사하였다.

3) GA₃ 처리

GA₃ 처리는 0(대조구), 50, 100, 250 및 1,000 mg/L의 GA₃ 각각의 용액 100 ml을 삼각플라스크에 채운 후에 정선한 종자를 넣은 후에 1시간 동안 실온에서 침지하였다. 1시간 동안 침지한 종자는 흐르는 수돗물에서 깨끗이 수세한 다음 10립씩 3반복으로 25°C의 암조건에서 발아하였다.

4) 저온습윤(Cold stratification) 처리

엄선한 종자를 9 cm petridish에 여과지 2장을 깔고 8 ml의 증류수를 가하여 0, 5 및 10°C의 인큐베이터에서 0, 15, 30 및 60일간 암조건에서 저온습윤 처리하였다. 처리한 종자 10립을 9cm petridish에 여과지 2장을 깔고 8 ml의 증류수를 공급한 다음에 25°C의 항온생장상에서 발아율을 매일 조사하였다.

5) 발아특성 조사

유근이 1 mm 이상 출현된 종자를 발아한 것으로 간주하였으며, 발아율은 매일 조사하였다. GA₃ 및 저온층적 처리에 대한 발아율을 조사하여 발아율, 평균발아일수, 평균 발아속도, 50% 발아소요일수 등을 다음의 식으로 계산하였다.

○ 발아율(percent germination: PG) = $(N/S) \times 100$
(N: 총 발아수; S: 총 공시 종자수)

○ 평균 발아일수(mean germination time: MGT) = $\sum (Ti \times Ni)/N$ (Ti: 치상 후 조사일수; Ni: 조사당일 발아수; N, 총발아수)

○ 평균 발아속도(mean daily germination: MDG) = N/T (N: 총 발아수; T: 총 조사일수)

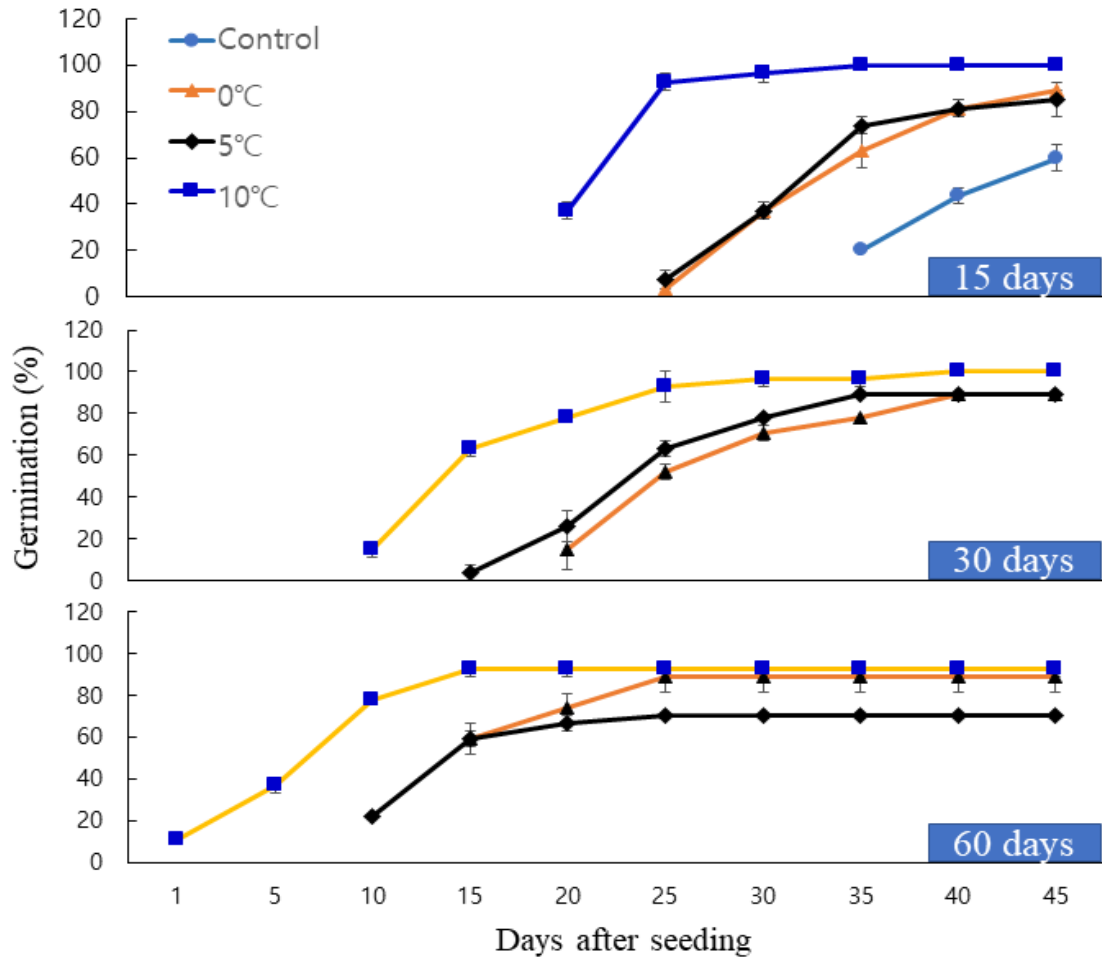


Fig. 2. Change of percent seed germination in different cold stratification treatments of *Kadsura coccinea* seeds. Values represented mean \pm standard error ($n = 3$). Seeds were germinated in an incubator at 25°C.

○ 50% 발아소요일수, T_{50} (days to reach at 50% seed germination) = $T_i + [((N + 1)/2 - N_i)/(N_i - N_j)] \times (T_i - T_j)$ (N: 발아조사 종결일까지의 총 발아수; N_i : N에 대한 50% 직전까지의 총 발아수; N_j : N에 대한 50% 직후까지의 총 발아수; T_i : N_i 시점까지 소요된 발아기간; T_j : N_j 시점까지 소요된 발아기간)

2.2 통계분석

측정 결과의 값은 평균(mean) \pm 표준오차 (Standard Error, SE)로 나타내었고, 통계분석은 SAS 프로그램(SAS9.4, SAS Institute Inc., USA)을

이용하여 평균값 차이를 one-way ANOVA 검증하였고, 사후검정으로 Duncan's multiple range 검증을 하여 통계적인 유의차는 $p \leq 0.05$ 로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. GA₃처리에 의한 종자의 발아 촉진

종자에 GA₃ 처리는 식물의 종, 처리농도 및 처리시간 등에 따라서 발아율이 다르며(Hayati, 2005), 종자 발아, 줄기 신장, 잎 확장 등의 식물 발달 과정을 조절하여(Cornea-Cipcigan et al., 2020), 유묘생육을 촉진

Table 2. Germination properties of *Kadsura coccinea* seeds by cold stratification. Seeds were germinated at 25°C in dark condition

Cold stratification		Germination (%)	MGT ^z (days)	MDG ^y (days)	T ₅₀ ^x (days)
Days	Temperature (°C)				
	Control	73.3 c ^w	40.39 a	1.38 e	38.46 a
15	0	88.9 ab	37.14 b	1.95 e	35.88 b
	5	85.2 ab	34.53 c	2.20 cde	30.19 c
	10	100.0 a	26.84 d	3.06 bc	20.70 e
30	0	88.9 ab	25.57 d	2.47 cd	24.37 d
	5	88.9 ab	23.71 e	2.67 cd	22.70 de
	10	100.0 a	15.35 f	3.82 b	12.36 f
60	0	88.9 ab	15.71 f	3.76 b	12.45 f
	5	70.4 c	12.82 g	3.57 b	12.21 f
	10	92.6 ab	6.08 h	8.33 a	5.00 g
Significance	Duration (A)	*** ^v	**	**	**
	Temp. (B)	**	**	**	**
	A × B	**	**	**	**

^zMean germination time.^yMean daily germination.^xDays to reach at 50% seed germination. Values were represented mean.^wDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.*** denotes significance at $p \leq 0.01$ according to ANOVA.

시킨다고 하였다(Kang and Choi, 2006; Tzortzakakis, 2009). 본 연구에서는 GA₃가 종자의 발아속진과 유효의 생육을 촉진키는 최적의 농도를 규명하기 위하여 GA₃를 0, 50, 100, 250, 500 및 1,000 mg/L의 농도에서 1 hr 동안 침지한 후 종자의 발아율에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 1, Table 1), 1,000 mg/L의 고농도 처리시에 30일 후의 발아율이 70% 이상으로서 가장 높았으나, 최종 발아율은 80.6%로 낮았다. 최종 발아율은 GA₃ 250 mg/L 처리시에 96.7%로 가장 높았으며, 농도가 250 mg/L보다 높거나 낮출수록 발아율은 감소하였다.

발아속도와 관련이 있는 것으로 알려진 평균발아일수(MGT), 평균발아속도(MDG) 및 T₅₀을 조사한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 평균발아일수(MGT)는 대조구에서 36.97로서 가장 길었으며, GA₃ 처리농도가 증가할수록 약간씩 감소하여 1,000 mg/L 처리시에는 26.57일로서 가장 짧았다. 평균발아속도(MDG)는 대조구에서 1.50일로서 가장 짧았으며, 처리농도가

증가할수록 값이 증가하여 발아속도가 빠른 것으로 나타났다. 종자가 50% 발아하는데 소요되는 발아일수인 T₅₀은 대조구에서는 36.72로서 가장 길었으며, GA₃의 처리농도가 높을수록 감소하여 1,000 mg/L GA₃처리시에는 30.41로서 가장 낮았다. 따라서 GA₃의 처리는 농도가 증가할수록 발아속진 효과가 증가되어서 발아일수가 단축되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 종자에 GA₃를 처리하여 포장에 파종시에는 발아균일도를 높이고, 효율적인 육묘와 생산관리가 가능할 것으로 기대된다.

종자의 발아속진을 위한 GA₃의 효과는 식물의 종과 처리시간에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있는데, 일반적으로 GA₃ 처리농도는 100 mg/L이 사용되며, *Solanum stramonifolium*과 *S. torvum*의 경우에는 GA₃ 100 mg/L 24시간 침지처리시 100% 발아하였다는 보고(Hayati, 2005)와는 달리 흑노호는 GA₃ 250 mg/L 처리에서 발아율이 가장 높고, 처리농도가 GA₃ 1,000 mg/L까지 높을수록 빨리 발아하는 경향이였다.

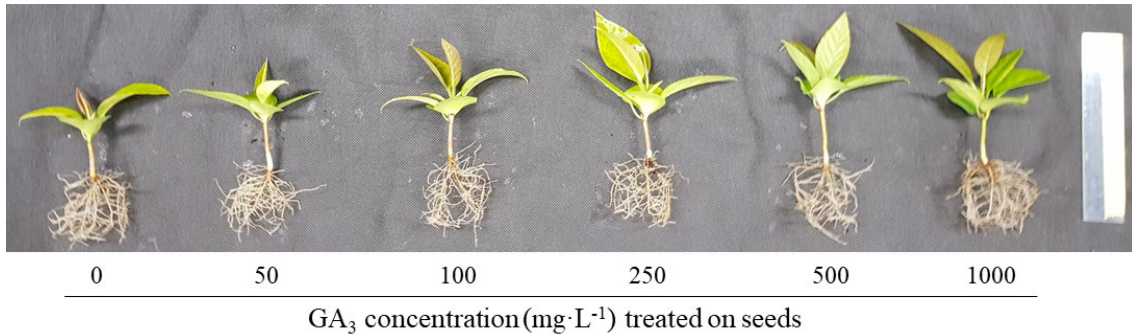


Fig. 3. Effect of GA_3 -treated seeds on plant growth in *Kadsura coccinea* seedlings. Seeds were immersed in GA_3 solutions of various concentrations for 1 hr and then germinated in an incubator at 25°C. Seedlings were grown glass-house at 25°C in day and 15°C in night and then collected 3 months after seeding.

3.2. 저온습윤처리에 의한 발아 촉진

일반적으로 저온습윤처리 온도와 기간은 종자의 발아율 특성(Gremer et al., 2020), 종자 발아율을 증가시키는 중요한 요인이며(Kim et al., 2018), 식물의 종 또는 생육 조건에 따라서 차이가 있으나 일반적으로 0-10°C 저온습윤처리 적온이며, 처리기간에도 상당한 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Plyler and Proseus, 1996; Lee et al., 2012; Zhang et al., 2019). 본 연구에서는 저온습윤 처리 온도 및 처리기간이 흑노호 종자의 발아에 미치는 영향을 알아보고자 종자를 0°C, 5°C 및 10°C에서 0일, 15일, 30일 60일 동안 처리한 결과(Fig. 2), 무처리는 종자의 발아율이 현저히 낮았고, 발아하는데 오랜 기간이 소요되었다. 저온습윤 처리 온도는 10°C에서 발아율이 가장 높았고 초기에 발아하였다. 0°C와 5°C의 저온습윤 처리 온도간에는 차이가 거의 없었다. 또한 저온습윤 처리기간이 길어질수록 초기에 발아하는 경향이었으며, 최고 발아율에 도달하는 기간도 단축되었다. 식물의 종에 따라서 약간의 차이는 있으나 종자의 휴면을 타파하기 위해서 층적저장 또는 저온습윤 처리를 하면 휴면타파물질로 알려진 GA_3 의 함량은 증가하고, 휴면을 유도하는 ABA의 함량은 감소되어 휴면이 타파되고 발아율을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Schopmeyer, 1974). 본 실험의 결과 흑노호는 저온습윤 처리 온도는 10°C가 적당하고 처리기간이 60일까지 길어질수록 발아기간이 단축되는 경향을 보여서 저온습윤 처리는 신속한 발아와 발아율을 높일 수 있는 효과적 방법으로 판단되었다. 또한 0°C와 5°C보다는 10°C의 높은 온도에서 발

아율도 높고, 발아기간도 단축되었는데 이러한 결과는 야생식물인 곰취와 참취 등의 경우에는 낮은 온도가 발아율을 상대적으로 높인다는 보고(Song et al., 2015)와는 상반된 결과로서 작물의 생태적인 특성에 따라서 최적온도가 다르기 때문인(Lee et al., 2012) 것으로 판단된다.

3.3. 저온습윤처리가 발아세에 미치는 영향

저온습윤처리 온도가 발아율에 영향을 미치는 것으로 나타났는데(Table 2), 10°C에서 저온습윤처리시 15일과 30일 후의 최종 발아율은 100%였으나, 60일간 처리시에는 발아율이 93%로서 약간 감소하는 경향이 있었다. 0°C와 5°C의 저온습윤 처리는 대조구보다는 발아율이 증가하였는데, 10°C보다는 현저하게 낮았다. 평균발아일수(MGT)는 대조구에서 가장 긴 40.39일이었으며, 10°C에서 15일간 처리시에는 26.84로 현저하게 감소하였으며, 온도가 낮을수록 길어지는 경향이 있었다. 평균발아일수는 60일간의 저온습윤처리시 약 6.08일로서 대조구보다 6.6배 정도 감소하였으며, 처리기간이 길수록 감소하였으나, 동일한 처리 기간에서는 처리 온도가 낮을수록 길어지는 경향이 있었다. 평균발아속도(MDG)는 대조구에서 가장 짧은 1.38일이었으며, 저온습윤 처리기간이 길어지고, 처리온도가 높을수록 증가하여 10°C에서 60일간의 처리는 8.33일로서 처리기간이 길고 온도가 높을수록 빨리 발아하는 경향이 있었다. 종자가 50% 발아하는데 소요되는 발아일수인 T_{50} 은 저온처리기간이 길어질수록 감소하였으며, 동일한 처리기간 내에서는 처리온도가 낮을수록 길어지는 경향이 있었다. 이

Table 3. Effect of GA₃-treated seeds on shoot growth in *Kadsura coccinea* seedlings

GA ₃ concentration (mg/L)	Plant height (cm)	Stem height (cm)	Stem diameter (mm)	Stem fresh weight (g/plant)	Stem dry weight (mg/plant)
Control	10.8 c ^a	4.2 a	3.66 a	0.47 c	71.9 a
50	12.1 bc	4.1 a	3.72 a	0.57 ab	81.7 a
100	12.9 ab	4.7 a	3.75 a	0.58 ab	81.4 a
250	14.6 a	4.9 a	3.86 a	0.65 a	91.5 a
500	13.8 ab	5.4 a	3.67 a	0.58 ab	81.6 a
1000	14.3 a	5.0 a	3.62 a	0.59 ab	88.1 a

Values represented mean. Seeds were immersed in GA₃ solutions of various concentrations for 1 hr and then germinated in an incubator at 25°C. Seedlings were grown glass-house at 25°C in day and 15°C in night for 3 months.

^aDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.

상의 결과로부터 저온습윤 처리기간이 길어지고 온도가 높을수록 발아율의 증가, 평균발아 일수의 감소, 평균발아 속도의 증가 및 T₅₀의 감소 등은 저온습윤 처리에 의한 발아촉진 효과 때문일 것으로 판단된다.

저온습윤처리의 온도와 기간은 종자의 발아 특성을 결정(Gillard et al., 2017)하는 중요한 요인으로 알려져 있으며(Gremer et al., 2020), 종자 발아율을 증가시킨다고 하였다(Kim et al., 2018; Yang et al., 2020a). 저온습윤 처리 조건은 식물의 생육환경에 따라서 다른데, 일반적으로 겨울이 긴 지역에서 생장한 식물체는 더 긴 처리시간이 요구하나(Zhang et al., 2019), 너무 오랜 기간 동안 처리하면 발아율이 감소되고 유묘의 생존율을 감소시킬 수 있다고 하였다(Plyler and Proseus, 1996). *Spartina alterniflora*는 4°C에서 4개월 동안 저온충적 처리를 하는 것이 최적의 방법이며(Biber and Caldwell, 2008), 처리기간이 더 길거나 짧으면 발아율이 감소된다고 하였다(Seneca, 1974). 본 연구에서는 0°C, 5°C 및 10°C에서 15일 30일 및 60일 동안 저온습윤 처리한 결과, 높은 온도에서 처리기간이 60일까지 증가할수록 빨리 발아하였다. 그러나 10°C에서 처리기간이 너무 길어지면(60일 동안 처리) 발아율은 오히려 감소하였다(Fig. 2, Table 2). 이러한 결과는 저온습윤 처리는 전체적인 발아일수가 단축되어서 빨리 발아되었다는 것을 의미하며, 이로 인하여 동시에 발아된 종자를 포장에 파종한다면 발아 균일도를 높임으로서 효율적인 육묘와 생산관리가 가능할 것으로 생각된다.

3.4. 종자에 GA₃ 처리에 따른 유묘의 생육 특성

흑노호에 GA₃를 0, 50, 100, 250, 500 및 1,000 mg/L로 처리하여 종자를 발아시킨 후에 발아된 종자를 32구 플리그트레이에 파종하여 유묘 생육을 조사하였다(Fig. 3). 줄기의 생장을 조사한 결과, 초장과 경장은 GA₃ 500 mg/L처리에서 각각 14.9 cm와 5.4 cm로서 가장 길었으며, 1,000 mg/L GA₃ 처리구는 통계적인 유의차는 없었으나, 약간 감소하였다. 처리 농도간의 차이는 500 mg/L GA₃보다 농도가 낮을수록 초장과 경장이 짧아지는 경향이였다(Table 3). 경직경은 250 mg/L GA₃ 처리구에서 3.86 mm로서 가장 굵었으며, 이보다 농도가 높거나 낮아질수록 점점 감소하였다. 줄기의 생체중과 건물중도 경직경과 유사하게 250 mg/L GA₃ 처리구에서 가장 생육이 좋았으며 처리 농도가 낮을수록 통계적으로 유의하게 감소하는 경향이였다.

종자에 GA₃처리 후 잎의 생장을 조사한 결과(Table 4), 식물체당 엽수는 대조구의 경우 6.4장이었으며, GA₃의 처리농도가 가장 높은 1,000 mg/L에서는 8.5장으로서 대조구보다 2장 정도 더 많았다. 엽장은 500 mg/L GA₃처리시에 8.2 cm로서 가장 길었으며 대조구에 비해서는 약 2.3 cm 정도 더 길었다. 엽폭도 엽장과 유사하게 500 mg/L GA₃처리시 가장 넓었다. GA₃ 처리에 의한 엽폭에 대한 엽장의 비율[(엽장/엽폭) × 100]은 엽폭보다는 엽장이 2배 정도 긴 것으로 나타났다(대조구의 엽장/엽폭비율 = 208.29). 엽장/엽폭의 비율은 GA₃를 처리하면 증가하는 경향이었는데, 500 mg/L GA₃ 처리시에 245.53으로 가장 높았으며, GA₃ 처리농도가 감소할수록 감소하였는데 이러한 결과는 GA₃처리하는 엽폭에 비하여 엽장의 생장을 촉진시킨 결과로 해석된다. 식물체당 엽면적은 250 mg/L 처

Table 4. Effect of GA₃-treated seeds on leaf growth in *Kadsura coccinea* seedlings

GA ₃ concentration (mg/L)	Leaf no/ plant	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Ratio leaf length/ leaf width	Leaf area (cm ²)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (mg)
Control	6.4 b ^z	5.7 c	2.8 b	208.29 a	43.92 c	1.99 b	279.8 c
50	7.1 ab	6.5 bc	3.2 ab	207.58 a	59.30 b	2.87 a	326.1 bc
100	7.6 ab	6.9 ab	3.2 ab	224.66 a	62.75 ab	2.95 a	383.9 abc
250	8.1 a	7.9 a	3.4 ab	236.05 a	76.16 a	3.57 a	443.8 a
500	7.9 a	7.8 a	3.6 a	245.53 a	67.46 ab	3.29 a	402.5 ab
1000	8.5 a	8.0 a	3.3 ab	246.12 a	70.48 ab	3.27 a	426.4 ab

Values represented mean. Seeds were immersed in GA₃ solutions of various concentrations for 1 hr and then germinated in an incubator at 25°C. Seedlings were grown glass-house at 25°C in day and 15°C in night for 3 months.

^zDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.

리구에서 76.16 cm²로서 가장 넓었으며, 농도가 더 높아지거나 낮아질수록 감소하였다. 잎의 생체중과 건물중 역시 250 mg/L GA₃ 처리구에서 가장 무거웠으며 처리농도가 높아지거나 낮아질수록 감소하였다. 유묘의 생육시에 엽수와 엽면적은 광합성의 효율을 결정하는 요인으로서 후기의 생육을 판단하는 지표가 될 수 있다고 하였는데(Lee, 2000), 흑노호 종자에 GA₃를 처리함으로써 엽수를 증가시키고 이에 따른 충분한 엽면적의 확보는 식물체의 전체 생육을 촉진하여 수확량을 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다.

종자에 GA₃ 처리가 자엽의 생장에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 5), 자엽의 길이와 폭은 GA₃ 1,000 mg/L 처리시에 각각 3.41 cm과 6.35 cm로서 가장 길었으며 농도가 증가할수록 자엽의 길이와 폭이 길어지는 경향이였다. 자엽의 길이/폭의 비율을 조사한 결과, 대조구의 경우에 85.78로서 엽폭이 길이보다 더 넓었으며, GA₃ 처리 농도가 높을수록 길이/폭의 비율이 증가하는 경향이였다. 이러한 결과는 GA₃ 처리는 세포분열을 촉진하여 줄기의 신장생장을 유도하고 잎의 확장 과 발육촉진(Oh, et al., 2015)을 통한 길이 생장을 촉진시키는 것으로 알려져 있는데(Cornea-Cipcigan et al., 2020), 자엽의 경우에도 종자에 GA₃ 처리가 자엽의 폭보다는 신장생장을 촉진시킬 결과라고 생각된다.

종자에 GA₃ 처리가 뿌리의 생장에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 6), 근장, 근 생체중 및 근 건물중은 250 mg/L까지 농도를 높일수록 증가하는 경향이였으나, 250-1,000 mg/L의 농도에서는 차이가 없었다. 식물체당 총 생체중과 건물중 역시 250 mg/L까지 농도를 높일수록 무거워지는 경향이였으나, 250-1,000

mg/L의 농도에서는 차이가 없었다. 작물의 생육특성 중 초장은 식물의 생육특성을 점검하는 기본 요소이며 (Yeates et al., 2002), 지상부 수량에 직접적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Oh, 2012). 종자에 GA₃ 처리는 식물체의 기관에 따라 생육을 촉진시키는 최적의 농도가 달랐으나, 흑노호의 줄기, 잎 및 뿌리의 생장을 촉진시키는 경향이였다. 종자에 GA₃ 처리는 *Cichorium endivia*와 *Cichorium intybus* (Tzortzakakis, 2009), 금어초(Kang and Choi, 2006) 등의 유묘생육을 촉진시킨다고 하였다. 종자에 GA₃가 유묘의 생육을 촉진시키는 원인은 GA₃가 발아기간을 단축시키고, 입묘율을 증가시킴으로서 유묘의 생육기간이 길어졌기 때문일 것으로 추측하였다(Park et al., 2013). 또한 유묘의 생존율과 입묘율을 극대화하기 위하여 식물의 발아시간을 단축시켜야 하는데 (Jaganathan et al., 2015), 지베렐린은 종자 발아, 줄기 신장, 잎 확장 등의 식물 발달 과정을 조절하는 식물 호르몬으로 알려져 있다(Cornea-Cipcigan et al., 2020). 본 연구에서도 종자에 지베렐린을 처리하여 발아시킨 종자를 파종하였을 경우에 생육이 촉진되었는데, 이러한 결과는 지베렐린이 종자의 발아 촉진 (Urbanova and Leubner-Metzger, 2018), 유년기의 단축, 잎의 확장와 발육 촉진 및 줄기의 신장(Oh et al., 2015)을 촉진시키다는 보고와 유사한 결과로 판단된다. 일반적으로 GA₃는 식물체의 신장생장을 촉진시킴으로서(Yu et al., 2021), 건전한 유묘의 생산이 어려울 수도 있을 것으로 예상하였으나, 흑노호의 종자에 GA₃를 처리하였을 때 유묘생장은 촉진되는 경향이였으나 도장하지는 않았다. 이상의 결과들로부터 종자에

Table 5. Effect of GA₃-treated seeds on cotyledon growth of *Kadsura coccinea* seedlings

GA ₃ concentration (mg/L)	Cotyledon length (cm)	Cotyledon width (cm)	Ratio of length/width
Control	3.30 a ^z	3.74 a	85.78 c
50	2.97 b	3.58 a	83.44 c
100	3.28 ab	3.67 a	90.17 bc
250	3.18 ab	3.68 a	89.49 bc
500	3.23 ab	3.46 a	99.28 a
1000	3.41 a	3.65 a	94.82 ab

Values represented mean. Seeds were immersed in GA₃ solutions of various concentrations for 1 hr and then germinated in an incubator at 25°C. Seedlings were grown glass-house at 25°C in day and 15°C in night for 3 months.

^zDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.

Table 6. Effect of GA₃-treated seeds on root growth, total fresh weight, and total dry weight in *Kadsura coccinea* seedlings

GA ₃ concentration (mg/L)	Root			Total fresh weight (g/plant)	Total dry weight (mg/plant)
	Length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (mg)		
Control	8.9 b ^z	0.85 c	102.7 a	3.3 b	454.3 b
50	9.2 ab	0.91 bc	106.5 a	4.3 a	514.4 ab
100	9.4 ab	0.89 bc	101.3 a	4.4 a	566.8 ab
250	9.9 ab	1.14 ab	117.6 a	5.4 a	652.9 a
500	9.6 ab	1.12 ab	107.4 a	4.8 a	571.1 ab
1000	10.2 a	1.19 a	111.0 a	5.1 a	625.4 a

Values represented mean. Seeds were immersed in GA₃ solutions of various concentrations for 1 hr and then germinated in an incubator at 25°C. Seedlings were grown glass-house at 25°C in day and 15°C in night.

^zDifferent letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's multiple range test in the same columns.

GA₃를 처리하여 최아시킨 종자를 파종하면 육묘효율을 높이고 건전묘 확보가 가능할 것으로 판단된다.

지베렐린(GA)은 식물의 다양한 생리작용에 강력하게 관여하는 식물호르몬으로서(Miceli et al., 2019), 채소나 관상용 식물의 표현형의 특성 조절과 생산성을 향상시키기 위해 상업적으로 사용되고 있다(Miceli et al., 2019). 식물체에 GA 처리 또는 함량의 증가는 줄기와 뿌리의 신장, 잎의 확장을 통한 엽면적 증가, 개화, 착과, 영양생장 및 종자의 발아를 촉진하고(Hedden and Sponsel, 2015), 개화 및 꽃 형태, 이온 수송 및 삼투압 조절과 같은 다양한 생리적 활성에 영향을 주어서 과중과 건물 중 등의 식물체 바이오매스 생산을 증가시킨다고 하였다(Khan and Samiullah, 2003). 본 연구의 결과에서도 종자에 GA₃ 처리 후 파종한 결과 줄기, 잎, 뿌리 등의 생장을 촉진시켰으며, 지상부와 지하부의 건물중 등을 촉진시켰으므로 지베렐린 처리가 바이오매스의 생산성을 증가시킨다는 선행의

연구결과와 일치하는 경향이였다.

식물체 잎의 신장생장율(leaf elongation rate)은 식물의 성장과 생산성을 조절하는 중요한 요소이다(Xu et al., 2016), 지베렐린의 처리는 잎의 신장생장율(leaf elongation rate)을 통계적으로 유의하게 증가시키며(Xu et al., 2016), 잎의 길이생장과 지베렐린의 농도는 정의 상관관계에 있으며(Santos et al., 2000), 잎의 길이는 크게 증가하였으나 잎의 폭은 감소한다고 하였다(Cardoso et al., 2012). 본 연구에서도 GA₃를 종자에 처리하여 파종한 결과, 잎의 길이가 길었고, 엽장/엽폭의 비율과 엽면적이 증가하였으며, 엽면적이 증가하였는데, 이러한 잎의 생장촉진은 흑노호의 유묘의 생장을 전체적으로 촉진시킨 것으로 생각된다.

4. 결론

중국과 동남아 등에서 약용식물 또는 화장품 소재로

개발되고 있는 흑노호 [*Kadsura coccinea* (Lem.) A.C. Smith] 유묘를 대량생산하기 위하여 GA₃ 처리와 저온습윤 처리가 종자발아에 미치는 영향과 촉진 효과를 조사하였다. GA₃ 처리에 의한 종자의 발아율은 250 또는 500 mg/L의 농도에서 효과가 가장 좋았으며, 평균발아일수(MGT), 평균발아속도(MDG) 및 T₅₀은 GA₃의 농도가 높을수록 발아촉진 효과가 좋았다. 흑노호 종자에 GA₃를 0, 50, 100, 250, 500 및 1,000 mg/L로 처리하여 유묘 생육을 조사결과, 유묘의 줄기생육은 GA₃ 250 mg/L와 500 mg/L 처리에서 가장 좋았으나, 처리농도가 낮아질수록 생육촉진 효과는 점점 감소하였다. 잎의 생장은 GA₃ 500 mg/L 이상의 처리 농도에서 가장 좋았고, 농도가 낮을수록 감소하였다. 뿌리의 생장은 250 - 1,000 mg/L의 농도에서 생육이 촉진되었다. 종자를 0.5 및 10°C의 온도에서 15일, 30 및 60일 동안 저온습윤처리 후, 저온습윤처리 온도 및 기간이 발아율에 영향을 미치는 영향을 조사한 결과, 평균발아일수(MGT), 평균발아속도(MDG) 및 T₅₀ 등을 고려할 때에 저온습윤처리 온도는 10°C가 가장 좋았으며 처리기간이 길어질수록 그 효과가 좋았다. 따라서 종자에 GA₃ 또는 저온습윤처리는 발아율 향상과 발아일수를 단축시킴으로써 발아 균일도를 높이고 건전한 유묘의 생산이 가능하였다.

감사의 글

이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Aghighi Shahverdi, M., Omid, H., Mosanaiey, H., Pessarakli, M., Mousavi, S. E., Ghasemzadeh, M., 2019, Effects of light and temperature treatments on germination and physiological traits of stevia seedling (*Stevia rebaudiana* Bertoni), *Journal of Plant Nutrition*, 42, 1125-1132.
- Biber, P. D., Caldwell, J. D., 2008, Seed germination and seedling survival of *Spartina alterniflora* Loisel, *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 3, 633-638.
- Cao, L., Shehla, N., Tasneem, S., Cao, M., Sheng, W., Jian, Y., Li, B., Peng, C., Choudhary, M. I., Rahman, A., Liao, D. F., Wang, W., 2019, New cadinane sesquiterpenes from the stems of *Kadsura heteroclita*, *Molecules*, 24, 1664.
- Cardoso, J. C., Ono, E. O., Rodrigues, J. D., 2012, Gibberellic acid in vegetative and reproductive development of *Phalaenopsis* orchid hybrid genus, *Horticultura Brasileira*, 30, 71-74.
- Cornea-Cipcigan, M., Pamfil, D., Sisea, C. R., Mărgăoan, R., 2020, Gibberellic acid can improve seed germination and ornamental quality of selected *Cyclamen* species grown under short and long days, *Agronomy*, 10, 516.
- Dong, K., Pu, J. X., Zhang, H. Y., Du, X., Li, X. N., Zou, J., Yang, J. H., Zhao, W., Tang, X. C., Sun, H. D., 2012, Dibenzocyclooctadiene lignans from *Kadsura polysperma* and their anti-neurodegenerative activities, *J. Nat. Prod.*, 75, 249-256.
- Galanakis, C. M., 2019, *The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness*. 1st ed., Elsevier/Academic Press, London, United Kingdom; San Diego, CA, 35-72.
- Gillard, M., Grewell, B. J., Futrell, C. J., Deleu, C., Thiébaud, G., 2017, Germination and seedling growth of water primroses: a cross experiment between two invaded ranges with contrasting climates, *Front. Plant Sci.*, 8, 1677.
- Gremer, J. R., Chiono, A., Suglia, E., Bontrager, M., Okafor, L., Schmitt, J., 2020, Variation in the seasonal germination niche across an elevational gradient: the role of germination cueing in current and future climates, *Am. J. Bot.*, 107, 350-363.
- Hayati, N. E., Sutevee, S., Sunanta, J., 2005, Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*, *Natl. Sci.*, 39, 368-376.
- Hedden, P., Sponsel, V. A., 2015, Century of gibberellin research, *J. Plant Growth. Regul.*, 34, 740-760.
- Hu, Z. X., Shi, Y. M., Wang, W. G., Tang, J. W., Zhou, M., Du, X., Zhang, Y. H., Pu, J. X., Sun, H. D., 2016, Structural characterization of kadcocinin A: A sesquiterpenoid with a tricyclo [4.4. 0. 03, 10] decane scaffold from *Kadsura coccinea*, *Org. Lett.*, 18, 2284-2287.
- Jaganathan, G. K., Dalrymple, S. E., Liu, B., 2015, Towards an understanding of factors controlling seed bank composition and longevity in the alpine environment, *Bot Rev.*, 81, 70-103.
- Jeon, K. S., Song, K. S., Choi, K. S., Kim, C. H., Park, Y. B., Kim, J. J., 2015, Growth and photosynthetic characteristics of *Atractylodes japonica* by light controls and leaf mold treatment in forest farming, *Kor. J. Med. Crop Sci.*, 23, 161-167.
- Jia, Y. Z., Yang, Y. P., Cheng, S. W., Cao, L., Xie, Q. L., Wang, M. Y., Li, B., Jian, Y. Q., Liu, B., Peng, C. Y., Wang, W., 2021, Heilaohuguosus A-S from the fruits

- of *Kadsura coccinea* and their hepatoprotective activity, *Phytochem.*, 84, 112678.
- Kang, J. S., Choi, I. S., 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.
- Khan, N. A., Samiullah, M., 2003, Comparative effect of modes of gibberellic acid application on photosynthetic biomass distribution and productivity of rapeseed-mustard, *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 9, 141-145.
- Kim, J. H., Suh, J. K., Yoon, S. T., Jourdan, P., Roh, M. S., 2018, Germination of fully developed corylopsis seeds influenced by harvest date and cold stratification, *HortScience*, 53, 1360-1363.
- Lee, K. C., Lee, H. B., Park, W. G., Han, S. S., 2012, Physiological response and growth performance of *Parasenecio firmus* under different shading treatments, *Kor. J. Agri. Forest. Meteorol.*, 14, 79-88.
- Lee, Y. H., Park, J. M., Lee, S. T., Chung, D. S., Kim, H. K., 2000, Effect of seed treatments on germination and growth of *Agrimonia pilosa* Ledeb, *Kor. J. Med. Crop Sci.*, 8, 129-133.
- Lee, J. W., Kim, Y. C., Kim, J. U., Jo, I. H., Kim, K. H., Kim, D. H., 2016, Effects of gibberellic acid and alternating temperature on breaking seed dormancy of *Panax ginseng* CA Meyer, *Kor. J. Med. Crop Sci.*, 4, 284-293.
- Li, H. X., Fan, J., Hu, W., Wang, C., Kitanaka, S., Li, H. R., 2012, Triterpenes from *Kadsura coccinea*, *J. Tradit. Complement. Med.*, 2, 154-157.
- Lin, L. C., Shen, C. C., Shen, Y. C., Tsai, T. H., 2006, Anti-inflammatory neolignans from *Piper kadsura*, *J. Nat. Prod.*, 69, 842-844.
- Long, H., Xia, X., Liao, S., Wu, T., Wang, L., Chen, Q., Wei, S., Gu, X., Zhu, Z., 2022, Physicochemical characterization and antioxidant and hypolipidaemic activities of a polysaccharide from the fruit of *Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith, *Front. Nutr.*, 9, 903218.
- Luo, X., Shi, Y. M., Luo, R. H., Luo, S. H., Li, X. N., Wang, R. R., Li, S. H., Zheng, Y. T., Du, X., Xiao, W. L., Pu, J. X., Sun, H. D., 2012, Schilancitrilactones A-C: Three unique nortriterpenoids from *Schisandra lancifolia*, *Org. Lett.*, 14, 1286-1289.
- Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L., Vetrano, F., 2019, Effect of gibberellic acid on growth, yield, and quality of leaf lettuce and rocket grown in a floating system, *Agronomy*, 9, 382.
- Mulyaningsil, S., Younns, M., El-Readi, M. Z., Ashour, M. L., Nibret, E., Sporer, F., Herrmann, F., Reichling, J., Wink, M., 2010, Biological activity of the essential oil of *Kadsura longipedunculata*, (Schisandraceae) and its major components, *J. Pharm. Pharmacol.*, 62, 1037-1044.
- Oh, J. S., 2012, Seed germination and plant growth characteristics of *Solanum nigrum* Linne influenced by seed soaking and chilling treatments, MS Thesis, Suncheon National Univ., Suncheon, Korea.
- Oh, W., Kim, J., Kim, Y. H., Lee, I. J., Kim, K. S., 2015, Shoot elongation and gibberellin contents in *Cyclamen persicum* are influenced by temperature and light intensity, *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 56, 762-768.
- Park, J. S., Choi, Y. I., Kim, Y. H., Lee, S. H., Kim, K. N., Suh, M. C., Kim, G. J., Lee, G. J., 2013, Optimum germination temperature and seedling root growth characteristics of *Camelina*, *CNUJ. Agricult. Sci.*, 40, 177-182.
- Plyler, D. B., Proseus, T. E., 1996, A Comparison of the seed dormancy characteristics of *Spartina patens* and *Spartina alterniflora* (Poaceae), *Am. J. Bot.*, 83, 11-14.
- Santos, P., Nunez, J. J., Davis, R. M., 2000, Influence of gibberellic acid on carrot growth and severity of *Alternaria* leaf blight, *Plant Dis.*, 84, 555-558.
- Saeidnejad, A. H., Kafi, M., Pesarakli, M., 2012, Evaluation of cardinal temperatures and germination responses of four ecotypes of *Bunium persicum* under different thermal conditions, *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 4, 1266-1271.
- Saunders, R. M. K., 1998, Monograph of *Kadsura* (Schidandraceae), *Systematic Botany Monographs*, 54, 1-106.
- Schopmeyer, C. S., 1974, Seeds of woody plants in the United States. USDA Agric. Handb. No. 450, Forest Service, Washington D.C., USA.
- Seneca, E. D., 1974, Germination and seedling response of Atlantic and gulf coasts populations of *Spartina alterniflora*, *Am. J. Bot.*, 61, 947-956.
- Shi, Y. M., Wang, X. B., Li, X. N., Luo, X., Shen, Z. Y., Wang, Y. P., Xiao, W. L., Sun, H. D., 2013, Lancolides, antiplatelet aggregation nortriterpenoids with tricyclo[6.3.0.0 (2,11)] undecane-bridged system from *Schisandra lancifolia*, *Org. Lett.*, 15, 5068-5071.
- Song, K. S., Jeon, K. S., Choi, K. S., Kim, C. H., Park, Y. B., Kim, J. J., 2015, Characteristics of photosynthesis and leaf growth of *Peucedanum japonicum* by leaf mold and shading level in forest farming, *Kor. J. Med. Crop Sci.*, 23, 43-48.
- Sun, R., Song, H. C., Wang, C. R., Shen, K. Z., Xu, Y. B., Gao, Y. X., Chen, Y. G., Dong, J. Y., 2011, Compounds

- from *Kadsura angustifolia* with anti-HIV activity, Bioorg. Med. Chem. Lett. 21, 961-965.
- Tram, L. H., Huong, T. T., Thuy, L. T., Thong, N. V., Anh, N. T., Minh, N. H., Ha, T. T., Dung, D. A., Thao, N. P., Thuong, P. T., Le, D. D., Hiep, N. D., Shin, H. J., 2022, A New triterpenoid from the stems of *Kadsura coccinea* with antiproliferative activity, Nat. Prod. Res., 36, 2542-2546.
- Tzortzakakis, N. G., 2009, Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory, Hort. Sci. (Prague), 36, 117-125.
- Urbanova, T., Leubner-Metzger, G., 2018, Gibberellins and seed germination, Annu. Plant Rev., 49, 253-284.
- Xu, Q., Krishnan, S., Merewitz, E., Xu, J., Huang, B., 2016, Gibberellin-regulation and genetic variations in leaf elongation for tall fescue in association with differential gene expression controlling cell expansion, Sci. Rep., 6, 30258.
- Yan, L., Chen, D. F., 2009, Analysis of *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*, J. Chromatogr. A, 1216, 1980-1990.
- Yang, L. E., Peng, D. L., Li, Z. M., Huang, L., Yang, J., Sun, H., 2020a, Cold stratification, temperature, light, GA₃, and KNO₃ effects on seed germination of *Primula beesiana* from Yunnan, China, Plant Diver., 42, 168-173.
- Yang, Y. P., Hussain, N., Zhang, L., Jia, Z. X., Jian, Y. Q., Li, B., Choudhary, M. U., Rahman, A., Wang, W., 2020b, *Kadsura coccinea*: A rich source of structurally diverse and biologically important compounds, Chin. Herb. Med., 12, 214-223.
- Yeates, S. J., Constable, G. A., Cumstie, T. M., 2002, Developing management options for mepiquat chloride in tropical winter season cotton, Field Crops Res., 74, 217-230.
- Yeom, M. S., Nguyen, T. K. L., Cho, J. S., Oh, M. M., 2021, Improving germination rate of coastal *Glehnia* by cold stratification and pericarp removal, Agronomy, 11, 944.
- Yu, K. M. J., McKinley, B., Rooney, W. L., Mullet, J. E., 2021, High planting density induces the expression of GA₃-oxidase in leaves and GA mediated stem elongation in bioenergy sorghum, Sci. Rep., 11, 46.
- Zhang, L., Jia, Y., Li, B., Peng, C., Yang, Y., Wang, W., Liu, C., 2021, A Review of lignans from genus *Kadsura* and their spectrum characteristics, Chin. Herb. Med., 13, 157-166.
- Zhang, K., Yao, L., Zhang, Y., Baskin, J. M., Baskin, C. C., Xiong, Z., Tao, J., 2019, A Review of the seed biology of *Paeonia species* (Paeoniaceae), with particular reference to dormancy and germination, Planta, 249, 291-303.
- Zhao, Q. J., Song, Y., Chen, H. S., 2014, Cytotoxic dibenzocyclooctadiene lignans from *Kadsura coccinea*, Arch. Pharm. Res., 37, 1375-9.

-
- Assistant Professor. Byoung-Il Je
Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University
bije@pusan.ac.kr
 - Doctor's course. Joonng-Suk Jeon
Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University
jjhcjsw011@naver.com
 - Professor. Jum-Soon Kang
Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University
kangjs@pusan.ac.kr
 - Professor. Young-Whan Choi
Department of Horticultural Bioscience, Pusan National University
ywchoi@pusan.ac.kr