

인삼 묘삼 휴면 조기타파에 미치는 GA₃ 및 변온 처리 효과

김동휘[†] · 김영창 · 방경환 · 김장욱 · 이정우 · 조익현 · 김영배 · 손승우 · 박종배 · 김기홍

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Effects of GA₃ and Alternating Temperature on Breaking Bud Dormancy of *Panax ginseng* C. A. Meyer Seedling

Dong Hwi Kim[†], Young Chang Kim, Kyong Hwan Bang, Jang Uk Kim,
Jung Woo Lee, Ick Hyun Cho, Young Bae Kim, Seung Woo Son, Jong Bae Park and Kee Hong Kim

Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background : Considerable time and effort is required to develop new *Panax ginseng* varieties. Ginseng breeders have been developing techniques to shorten the breeding cycle to resolve this problem. In this study, we investigated the effects of adding GA₃ and alternating temperature (AT, 2°C → -2°C → 2°C) on breaking bud dormancy in the varieties (Chungsun and Sunun) of ginseng root.

Methods and Results : The GA₃ soaking treatment and AT were applied to one year old roots, which greatly accelerated the emergence of new buds. In one year old roots, new buds emerged from the 4th day post transplanting and after breaking dormancy with GA₃ and AT treatments. The emergence of new buds was completed within two weeks. The rate of bud emergence for Chungsun was 60% - 98% over 15 - 60 days after the AT and GA₃ treatments. The emergence rate of Sunun was 46% - 92%. Normal growth of the ginseng seedling was observed in spite of the early breaking of bud dormancy by combined GA₃ and AT treatments.

Conclusions : GA₃ and AT treatments shortened the dormancy period and facilitated the stable emergence of ginseng seedlings. However, some plants suffered deformities and early sprouting owing to the combined GA₃ and AT treatments. Early sprouting was free from dormancy after leaf fall from the aerial part of the plant.

Key Words : *Panax ginseng* C. A. Meyer, Alternating Temperature, Dormancy Breaking, GA₃, Seedling

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 다년생 작물로 그 특성상 최초 개화에 3년 이상이 소요된다. 일반적으로 4년을 1세대로 보고 있으나, 육종가의 노력여하에 따라 3년을 1세대로 하여 육종 프로그램을 진행할 수 있다. 그렇다 하더라도 신품종의 육성에 장기간이 소요되는 것은 불가피하다. 다른 1년생 주요작물에 비하면 육종에 3 - 4배 이상의 기간이 걸린다 할 수 있다.

인삼의 최초 개화와 결실에 소요되는 시간을 인위적으로 단축하기는 쉽지 않으므로, 적절한 세대단축기술의 적용이 필요

하다. 다른 1년생 주요작물 (벼, 참깨 등)은 필요한 환경을 조성하여 1년에 2 - 3세대의 진전이 가능하나, 인삼의 경우는 이에서 자유롭지 못하다. 인삼의 식물체 특성 상 종자의 개갑, 종자와 묘삼의 휴면타파를 위한 추가적 시간이 필요하기 때문이다. 이에 인삼육종의 효율성을 증진하기 위한 연구가 그동안 수행되어 왔다. 인삼 세대단축 연구 (Ahn *et al.*, 1985, 1986)와 인삼 종자의 휴면을 단축시키기 위한 저온처리 (Lee *et al.*, 1986) 및 생장조절물질에 대한 연구가 보고되었다 (Son *et al.*, 1979). 묘삼의 휴면타파에 관한 연구로는 GA가 근아 (根芽)의 발아를 촉진시키고 휴면기간을 단축하며, 신아 (新芽)의 휴면타파 및 발아는 ABA와는 관계가 없고 온도조건

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5531 (E-mail) kimodh@korea.kr

Received 2015 August 28 / 1st Revised 2015 September 7 / 2nd Revised 2015 September 18 / 3rd Revised 2015 September 21 / Accepted 2015 September 21

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.

에 지배되어 나타나는 GA의 생합성 능력과 그에 의한 활성증가와 밀접한 관계가 있다고 보고하였다 (Choi *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1979).

그동안의 연구에 의해 종자와 묘삼의 휴면에 관여하는 요인 및 휴면을 조기에 타파하기 위한 방안 등에 대해 일정 부분 성과를 거두었으나, 인삼분야 다른 결과들에 (Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015) 비해 부족한 면이 없지 않으며, 육종 프로그램에 직접 이용하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 묘삼의 휴면기간을 대폭 단축하고 이를 실제로 신품종 육성에 이용하기 위해, 온도처리의 변화와 함께 휴면을 타파하는데 가장 효과적인 물질로 알려져 있는 GA₃ (Ittersum *et al.*, 1993) 처리를 통해 묘삼의 휴면타파 및 출현에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

본 실험은 국립원예특작과학원 인삼특작부 (충북 음성) 온실에서 2014년 10월부터 2015년 5월까지 수행되었다. 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 묘삼의 휴면을 조기에 타파하기 위한 기술을 개발하기 위해 GA₃ (MB Cell, Los Angeles, CA, USA)와 저온처리를 하였다. 시험재료는 2013년 11월 상순경 인삼과 시험포장에 청선과 선운 품종의 개갑종자를 파종하여 2014년 10월에 수확한 1년생 묘삼을 시험에 이용하였다. GA₃ 처리는 저온저장 전 30분간 묘삼을 100 ppm 용액에 침지한 후 비닐 지퍼백에 넣고 저온처리를 하였다. 저온처리는 상시저온 (-2℃) 및 변온 (2, -2, 2℃)으로 하였다. 상시저온은 -2℃에서 15, 30, 45, 60일을 처리하였다. 변온은 온도를 달리하면서 저온처리를 하였는데 15일의 경우에는 2, -2, 2℃로 온도를 달리하면서 각 5일간 처리를 하였으며, 30, 45, 60일 처리에서는 각기 10, 15, 20일간 처리를 하였다 (Table 1). 처리구별로 GA₃ 및 저온처리가 끝난 후 10월 17일을 시작으로 차례대로 온실에서 사각포트 (L: 52 × W: 36 × H: 32 cm)에 묘삼을 식재하였다. 묘삼재배에 사용한 토양은 표준인삼경작방법에 의해 2년간 예정지 관리한 토양을 사용하였으며, 시험구 배치는 완전임의배치 2반복 (반복 당 25개체)으로 하였다. 재배온실의 온도는 생육기간 동안 일평균 19℃ 정도로 유지하였다. 출현은 지표면 위로 식물체가 출현한 때로 하였으며, 생육사항은 이식 60일 후 처리 당 10개체를 조사하였다. 지상부 생육을 조사하였으며, 조사항목은 경장, 엽병장, 엽장 및 엽폭으로 하였다. 실험결과는 SAS version 9.2 (Statistical Analysis System 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA에 의한 최소유성검정 (Least Significant Difference, LSD)으로 처리간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. GA₃와 저온처리에 따른 묘삼의 출현

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 다년생 작물로 우리나라 기후의 특성 상 가을이 되어 지상부가 지고나면 겨울의 저온을 거쳐 봄에 다시 출현하게 된다. 이를 온전히 온도적인 관점에서만 검토해보면 가을과 초겨울의 서늘한 기후, 겨울의 저온, 봄철의 상대적으로 따뜻한 온도에 감응하는 즉 자연상태에 잘 순화되어 있는 것으로 판단된다 (Fig. 1). 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 진행되는 겨울과 봄철의 온도 변화의 주기를 인위적으로 조절해주면 즉 온도의 변화주기 기간을 단축시켜 주면 묘삼의 휴면 조기타파에 긍정적 영향을 미칠 것으로 생각하여 실험을 수행하였다. 또한, GA₃를 병행 처리해 주면 휴면타파 기간을 더욱 단축할 수 있을 것으로 판단되어 GA₃ 처리와 함께 온도 처리를 달리하여 이에 대한 효과를 검토하였다 (Table 1). GA₃를 처리하지 않은 묘삼의 출현은 변온처리 45일 이상에서만 나타났다. 시험재료로 사용한 청선과 선운 품종 모두에서 정식 후 10일 이상에서 처음 출현이 시작되었으며, 마지막 출현은 정식 후 45일까지 이루어졌다. 청선은 45, 60일 처리에서 각 56, 80%의 출현율을 나타내었으며, 선운은 각 18, 76%의 출현을 나타내었다. 45일 처리에서 선운의 출현율이 청선에 비해 낮았는데, 이는 품종적인 차이로 판단된다. 다만 시험재료로 사용된 묘삼의 소질이 예정지 관리의 문제로 충분히 양호하지 않은 점도 어느 정도 영향을 미친 것으로 생각된다 (Fig. 2). GA₃와 함께 변온을 처리한 묘삼은 모든 처리구에서 GA₃를 처리하지 않은 처리구보다 묘삼의 출현이 현저히 빠르게 나타났다 (Fig. 3). 정식 후 4일째부터 출현이 시작되었으며, 2주만에 출현이 완료되었다. 15일간의 짧은 처리에서도 출현이 가능하였다. 청선은 변온처리 15, 30, 45, 60일에서 각 60-98%의 출현율을 나타냈으며, 선운은 46-92%의 출현율을 보였다. GA₃를 처리하지 않은 상시저온 처리구에서는 묘삼의 출현이 이루어지지 않았으며, GA₃를 병행한 처리에서도 60일 처리에서만 출현이 이루어졌다. 최종적으로 청선과 선운의 출현율은 각기 12, 10%로 낮게 나타났다 (Fig. 4). 일반적으로 인삼 묘삼의 휴면타파는 2-4℃에서 2개월 이상의 시간을 필요로 한다고 알려져 있다 (Grushvitskii, 1961). Choi 등 (1989)은 저온 (4℃)에서 60일 처리 후 15℃에 정식할 경우 30일 후 35%, 60일 후에는 100%의 개체가 휴면이 타파되어 출현하였으나, 4℃나 15℃에서 연속처리한 경우에는 전혀 휴면이 타파되지 않았다고 하였다. 또한, Kim 등 (2012)은 인삼의 세대축진 및 개화 조절방법이란 특허에서 묘삼에 GA처리, 예냉 (질석 충전, 수분함량 70%), 단계별 저온처리 (5, 3, 1℃)를 함으로써 30-40일만에 휴면타파가 가능하다고 하였으나, 구체적인 결과들 (출현율, 출현기간, 출현 후

Table 1. GA₃ and temperature treatments of one year old ginseng root.

Temperature	GA ₃	Method
Low-temperature	×	15, 30, 45, 60 days at -2℃
	○	15, 30, 45, 60 days at -2℃
Alternating temperature	×	each 5, 10, 15, 20 days at 2, -2 and 2℃
	○	each 5, 10, 15, 20 days at 2, -2 and 2℃

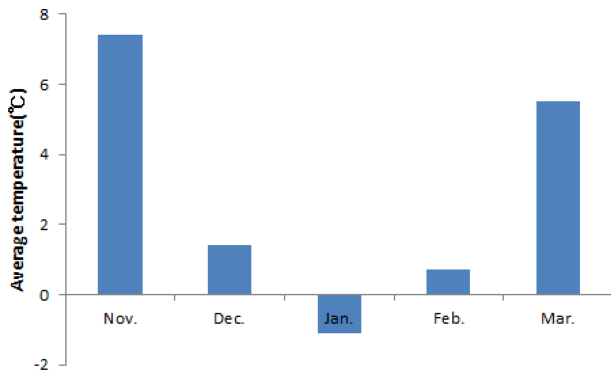


Fig. 1. The monthly mean temperature of Korea (November-March, 1981 - 2010). The source of data is the Korea Meteorological Administration.

생육 등)에 대해서는 알려져 있지 않다. GA 처리는 인삼의 종자 및 묘삼 휴면타파에 효과가 있다고 알려져 있다. 저온과

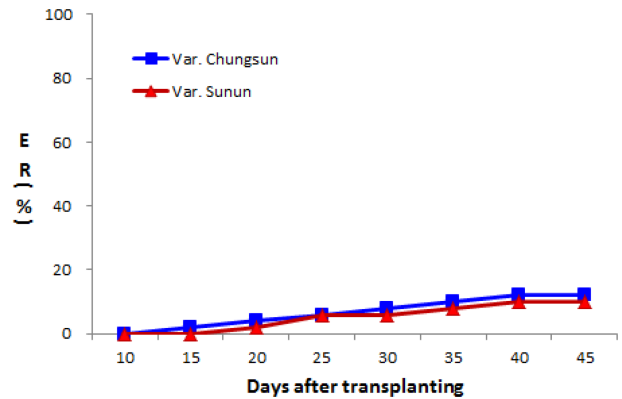


Fig. 4. The emergence rate (ER) of ginseng seedling by GA₃ and low temperature treatment (60days). GA₃; ginseng seedlings were soaked for half an hour at 100 ppm. Var.; variety.

GA 병행 처리 시 단순 저온처리에 비해 묘삼의 출현이 5.8일 빨랐음이 보고되어 있다 (Park *et al.*, 1979). 기존의 연구들 (Lee *et al.*, 1986; Park *et al.*, 1979)에서도 GA 및 저온처리에 의한 인삼 종자와 종묘의 휴면타파 결과가 있으나, 인삼 육종의 효율성 증진을 위한 육종프로그램에 적용하기 위해서는 좀 더 개선된 기술이 필요하다. Choi 등 (1989)의 결과는 묘삼의 저온저장부턴 출현에 이르는 시간이 90 - 120일로 장기

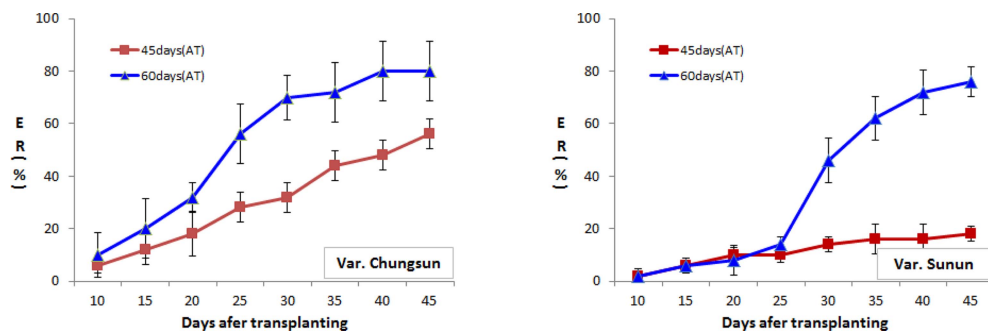


Fig. 2. The emergence rate (ER) of ginseng seedling by no GA₃ and alternating temperature (AT) treatments. Vertical bars indicate means $\pm$ SD. Var.; variety.

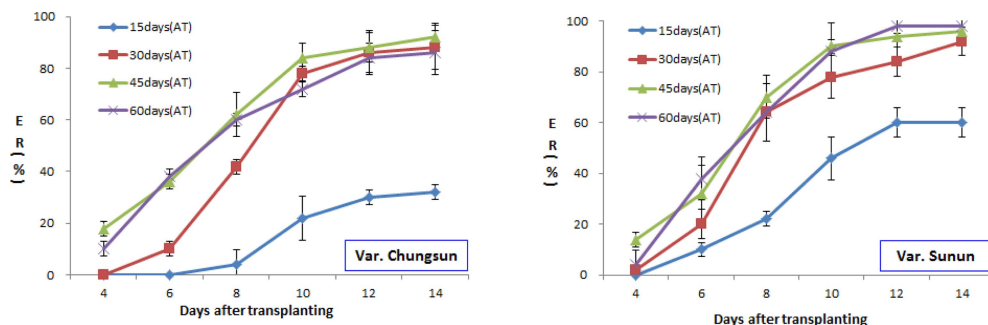


Fig. 3. The emergence rate (ER) of ginseng seedling by GA₃ and alternating temperature (AT) treatments. Vertical bars indicate means $\pm$ SD. GA₃; ginseng seedlings were soaked for half an hour at 100 ppm. Var.; variety.

간이 소요되고, Kim 등 (2012)은 앞에서 설명한 바와 같이 처리과정이 다소 복잡하다. 좀 더 묘삼의 출현에 이르는 기간을 단축하고 처리과정을 단순화 할 필요가 있으며, 변온의 효과에 대해서도 추가적인 검토가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 GA₃ 처리와 함께 변온처리를 함으로써 묘삼의 출현기간을 대폭 단축하고, 출현의 안정성을 확보할 수 있었다. 이는 GA₃뿐만 아니라 변온에 의한 저온처리도 인삼 묘삼의 휴면타파에 영향을 미치는 결과로 판단된다. 묘삼의 휴면타파와 관련된 내부기작이 변온처리에 의해서도 영향을 받았을 것으로 판단된다. 본 결과로 종합해 보면 묘삼을 수확하고 즉시 GA₃와 변온처리를 실시함으로써, 15일만의 처리에서 다음세대의 진전을 가능하게 할 수 있었다. 30일 이상의 처리 (변온 + GA₃)에서는 묘삼의 안정적 출현이 가능하며, 이를 인삼 육종 프로그램에 적용하면 인삼 육종의 효율성 향상과 함께 육종기간의 단축에도 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. GA₃와 저온처리에 따른 묘삼의 생육

정식 60일 후 처리별 생육을 조사하였다. 지금까지의 선행 연구는 종자 및 묘삼의 휴면 타파 (Konsler, 1984; Lee *et al.*, 1985), 생장조절물질의 생성 및 변화 등에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다 (Choi *et al.*, 1985; Chung *et al.*, 1989). 휴면이 초기에 타파된 종묘의 정상적인 생육 가능성 및 세대진전 가능성에 대한 검토는 거의 이루어지지 않았다. GA₃와 변온 병행 처리구의 정식 60일 후 생육은 조사항목 모두에서 변온처리기간에 (15 - 60일) 따라 유의적인 차이를 보여주지 못했다 (Table 2). 직접적인 비교는 생육환경이 달라 무리이나, 노지 2년생과 생육차이를 비교해 보았다. 전체적인 생육은 노지에 비해 저조한 편이나, 이는 온실이라는 특수한 상황을 감안하면 과히 저조한 생육은 아닌 것으로 판단된다. 이상의 결과로 판단할 때 변온과 GA₃ 처리에 의해 초기에 휴면이 타파된 식물체는 안정적인 생육이 가능하며, 이를 실제 인삼

Table 2. The growth characteristics of two ginseng seedling varieties after transplanting 60 days of GA₃ and alternating temperature (AT) treatments.

Variety	Period of AT treatment	Stem length (cm)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Chungsun	15 days	3.8	4.7	5.6	2.8
	30 days	5.2	4.9	5.5	2.7
	45 days	4.7	4.7	5.3	2.8
	60 days	4.3	5.1	5.7	3.1
	CV (%)	14.72	6.78	6.12	5.63
LSD (0.05)		ns	ns	ns	ns
Sunun	15 days	4.4	5.6	5.2	2.8
	30 days	4.3	6.2	5.5	2.9
	45 days	5.4	5.8	5.5	3.0
	60 days	4.6	5.8	5.9	3.3
	CV (%)	11.48	5.77	6.40	8.24
LSD (0.05)		ns	ns	ns	ns
Chungsun	Field	6.8	3.6	6.8	3.1
Sunun	culture	6.5	3.5	6.4	3.0

Data are means of three experiments performed in triplicate ($p < 0.05$).
GA₃; ginseng seedlings were soaked for half an hour at 100 ppm.

Table 3. The growth characteristics of two ginseng seedling varieties after transplanting 90 days of alternating temperature (AT) treatments.

Variety	Period of AT treatment	Stem length (cm)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Chungsun	45 days	1.6	1.5	4.2	2.1
	60 days	1.8	2.2	4.8	2.6
	CV (%)	10.15	9.88	7.86	5.63
LSD (0.05)		ns	ns	ns	4.70
Sunun	45 days	1.2	2.0	3.8	2.1
	60 days	1.3	2.8	4.5	2.9
	CV (%)	14.71	11.79	12.98	11.31
LSD (0.05)		ns	ns	ns	ns

Data are means of three experiments performed in triplicate ($p < 0.05$).

육종에 이용해도 문제가 없을 것으로 생각된다. 한 가지 특이한 점은 엽병장이 노지재배에 비해 비정상적으로 길다는 점이다. 실제 길이도 길고 경장과 엽병장 비율로 따지면 더욱 현저하다. 이는 GA₃가 인삼의 엽병장에 영향을 미친 것으로 판단된다. 다른 작물에서도 이런 결과는 보고되어 있는데 (Metzger, 1988; Oh and Kim, 2014), 인삼에서도 경장과 엽병장의 변화에 대한 종합적인 검토가 앞으로 필요할 것으로 생각된다. 다만 변온처리만 하고 GA₃ 처리를 하지 않은 시험구의 생육은 현저히 떨어지고 정상적인 생육을 보여주지 못했다. 정식 후 90일이 지나도 경장의 길이가 2.0 cm에 미치지 못하였고, 나머지 형질들의 생육도 전반적으로 부진하였다 (Table 3).

3. GA₃와 저온처리에 따른 기타 변화

묘삼에 대한 인위적인 온도 변화 및 GA₃ 처리가 묘삼에 미치는 부정적 영향은 없는지 검토하였다. 앞에서도 언급한 바와 같이 엽병장이 길어지고, 일부 비정상 개체가 나타났다. 비정상 개체의 유형에는 잎을 제대로 전개하지 못하고 고사하거나, 경장이 비정상적으로 길어지면서 완전한 출현에 애를 먹는 개체가 나타났다 (Fig. 5). 이는 GA₃ 처리의 부작용 또는 묘삼이 일찍 휴면이 타파됨으로써 나타나는 부작용으로 생각된다. 그러나, 묘삼 출현 완료 후 비정상 개체의 발생비율은 모든 처리에서 10% 이하 (자료 미제시)로 낮게 나타나, 적용에 큰 무리는 없을 것으로 판단된다. 또 한 가지 주목할 점은 생육을 마치고 지상부가 고사한 후 별도의 처리를 가하지 않

았는데도, 새로운 눈이 휴면을 거치지 않고 바로 지상부로 출현하여 생육을 계속 이어가는 현상이 나타났다 (Fig. 5). 모든 식물체에서 이런 현상이 나타나지는 않았지만, 상당수의 개체에서 이런 양상을 보였다. 심지어 일부 개체는 지상부가 아직 완전히 고사하지 않았는데도 불구하고, 새로운 눈이 지상부로 출현하는 현상을 나타내기도 하였다. 이러한 원인은 변온과 GA₃의 영향이 다음 세대에까지 미친 것으로 판단되는데, 이것이 변온과 GA₃의 상호작용에 의한 것인지 아니면 단독작용에 의한 것인지는 아직 정확히는 알 수 없다. 다만 GA₃의 영향이 더 크지 않을까 생각된다. 추후 이에 대해서는 심도 있는 검토가 필요하다고 하겠다. 이 현상이 언제까지 유지될지는 예상하기 어렵지만 계속 유지할 수 있다면, 세대축진을 위해서 인삼을 수확하여 저온처리를 해주는 수고로운 과정을 거치지 않아도 된다. 이는 인삼 육종의 효율성 향상에도 크게 기여할 수 있는 흥미로운 결과라 하겠다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 인삼종자 채종 효율성 향상 연구 과제(과제번호: PJ01049401)의 연구비 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn SD, Choi KT, Chung CM and Kwon WS. (1985). Study on the acceleration of breeding cycle of ginseng plant. I. Histological study on the development of bud of ginseng being cultivated in phytotron. Korean Journal of Breeding Science. 17:316-320.
- Ahn SD, Chung CM, Choi KT and Kwon WS. (1986). Study on the acceleration of breeding cycle of ginseng plant. II. Growth of ginseng plants cultivated in phytotron. Korean Journal of Breeding Science. 18:27-31.
- Choi KT, Yang DC and Yang DC. (1985). Effects of phytohormone on the root formation of stem cuttings in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Ginseng Science. 9:42-53.
- Choi SY, Lee KS and Ryu JH. (1989). Changes in abscisic acid and gibberellin levels during stratification in *Panax ginseng* roots. Korean Journal of Crop Science. 34:7-13.
- Chung CM, Nam KY and Kim YT. (1989). Effects of growth regulators on dormancy breaking of dormant bud in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Breeding Science. 21:47-51.
- Grushvitskii IV. (1961). Ginseng: Biological problems. Akademiia Nauk SSSR. Leningrad, USSR. p.260.
- Ittersum MK, Scholte K and Warshavsky S. (1993). Advancing growth vigor of seed potatoes by a halum application of gibberellic acid and storage temperature regimes. American Potato Journal. 70:21-34.
- Kim DH, Xu YH, Kim YC, Bang KH, Kim JU, Cha SW, He ZM, Yang H, Jang IB and Zhang LX. (2015). Clinical study



Fig. 5. Unusual phenomenon of ginseng seedling by GA₃ and alternating temperature treatment. A; failure of leaf development, B; bending of stem, C; emergence of ginseng seedling, D; root before the emergence.

- on food safety evaluation of *Panax ginseng*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:185-189.
- Kim YB, Bang JK, Chang YS and Kim KS.** (2012). Methods for control of flowering, shortening the growing period of ginseng plants. Korea. Patent. 101,123,199.
- Konsler TR.** (1984). Root chilling dormancy requirements for American ginseng. Proceeding of the 4th International Ginseng Symposium. p.49-55.
- Lee JC, Byen JS and Proctor JTA.** (1986). Dormancy of ginseng seed as influenced by temperature and gibberellic acid. Korean Journal of Crop Science. 31:220-225.
- Lee JC, Strik BC and Proctor JTA.** (1985). Dormancy and growth of American ginseng as influenced by temperature. Journal of American Society for Horticultural Science. 110:319-321.
- Lee SW, Park KH, Lee SH, Jang IB, Jin ML and Kim KH.** (2015). Effect of application level of calcium hydroxide on brown leaf symptom and root yield of *Panax ginseng* cultivated in paddy soil. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:150-154.
- Metzger JD.** (1988). Gibberellin and light regulated petiole growth in *Thlaspi arvense* L. Plant Physiology. 86:237-240.
- Oh W and Kim KS.** (2014). Light intensity and temperature regulate petiole elongation by controlling the content of and sensitivity to gibberellin in *Cyclamen persicum*. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 55:175-182.
- Park H, Kim KS and Bae HW.** (1979). Effect of gibberellin and kinetin on bud dormancy breaking and growth of Korean ginseng root(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Ginseng Science. 3:105-112.
- Son ER, Park WM and Pertzsch C.** (1979). Effects of plant growth regulators on physiology of germinating *Panax ginseng* seed. Korean Journal of Crop Science. 24:99-106.