

生長調節劑에 의한 人蔘(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 器內 花芽形成 調節

李幸順^{1,2} · 李光雄² · 梁承均¹ · 劉長烈¹

(¹ 韓國科學技術研究院 遺傳工學센터 植物細胞生物學 研究室; ² 서울大學校 自然科學大學 植物學科)

Control of *In Vitro* Flowering of Ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) by Growth Regulators

Lee, Haeng Soon^{1,2}, Kwang-Woong Lee²,
Seung Gyun Yang¹ and Jang Ryol Liu¹

(¹ Plant Cell Biology Lab., Genetic Engineering Center, Korea Institute of Science and Technology,
P.O. Box 131, Cheongryang, Seoul; ² Department of Botany, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

Ginseng zygotic embryos, seedlings, and excised cotyledonary nodes were cultured on Murashige and Skoog's(MS) medium, supplemented with 6-benzyladenine(BA) and gibberellic acid(GA₃) to induce flower buds. As the concentration of nitrogen compounds in MS medium was reduced to half of its strength, the flowering frequency of zygotic embryos increased up to 90%. The optimum concentration of sucrose in the medium for flowering of seedlings was 30-60 g/l. In all cases flower buds were formed on elongated axillary branches from the cotyledonary node, while the apices remained vegetative. When zygotic embryos and excised cotyledonary nodes were cultured on the medium, supplemented with all possible combinations of BA, GA₃, and abscisic acid(ABA) of 5 μM each, flowering was induced on the medium with either BA, BA+GA₃, or BA+GA₃+ ABA. However, when seedlings were employed, flowering was induced on the medium with either BA, BA+GA₃, BA+ABA, or BA+GA₃+ABA. In addition, inclusion of 5 μM indole-3-acetic acid(IAA) in the above combinations did not affect flowering. These results suggest that cytokinins, gibberellins, and inhibitors play primary, permissive, and preventive roles, respectively, in the induction of flowering of ginseng.

緒 論

組織培養技術을 이용하여 花芽形成을 器內에서 행하면 여러 환경 요인, 영양분, 生長調節劑 등의 조건을 목적에 따라 손쉽게 달리할 수 있을 뿐만 아니라, 식물체의 일부분을 제거하거나 혹은 적출하여 배양함으로써 花芽形成에 있어서 식물체의 기관간의 상호 영향(correlative influence)을 최소화할 수 있는 잇점이 있다(Scorza, 1982). 器內 花芽形成 연구를 통하여

cytokinin(Nitsch and Nitsch, 1967; Wardell and Skoog, 1969a; Srinivasan and Mullins, 1978; Scorza and Janick, 1980), 糖(Nitsch and Nitsch, 1967), RNA 염기 유도체(Wardell and Skoog, 1969b)는 일반적으로 花芽形成을 촉진하고 GA_3 (Harada, 1967; Nitsch and Nitsch, 1967; Wardell and Skoog, 1969a)와 고농도의 auxin(Wardell and Skoog, 1969a)은 억제한다는 것이 밝혀졌으나 種과 개체의 발달 정도에 따라서 그 효과가 달리 나타나므로 花芽形成은 단일 요인이 아닌 복합 요인(multiple factor flowering stimulus)에 의하여 이루어지는 현상으로 이해되고 있다(Cleland, 1978; Scorza and Janick, 1980).

Chang과 Hsing(1980)은 6年生 人蔘의 뿌리 조직을 배양하여 얻은 體細胞胚로부터 발달한 幼植物體에서 花芽를 유도하였다. 이것은 보통 圃場 조건에서 소요되는 2년의 幼形期(juvenile phase)를 2달 정도로 단축시킨 것으로서 이렇게 단시간에 花芽를 유도할 수 있었던 것은 成形期(adult phase)에 있는 뿌리로부터 材料(explant)를 채취하였기 때문이 아닌가 하는 추론을 낳게 하였다(Scorza, 1982). 그런데 Lee등(1989)은 幼形期の 극히 초기에 있는 接合胚(zygotic embryo)의 子葉組織에서 體細胞胚를 유도하고 이로부터 발달한 幼植物體가 수주 만에 器內에서 花芽形成이 가능하다는 것을 증명함으로써 Chang과 Hsing(1980)이 幼植物體에서 花芽를 유도할 수 있었던 것은 成形期の 조직을 材料로 사용하였기 때문이 아니라는 것을 밝혔다.

한편 人蔘의 體細胞胚에서 발달한 幼植物體에서 花芽形成이 가능하다면 接合胚를 재료로 하였을 때도 發芽된 幼植物體에서 花芽形成이 가능할 것인지에 대한 의문이 대두된다. 또한 Chang과 Hsing(1980)은 人蔘의 體細胞胚를 배양할 때 BA와 GA_3 를 배지에 함께 넣어 줌으로써 花芽形成이 가능하였는데, 과연 이 때 花芽形成을 위하여 BA와 GA_3 모두가 필요한 것인지 혹은 어느 하나 만이 요구되는지에 대하여서도 보고된 바 없다.

본 연구에서는 이러한 의문들을 해결하기 위하여 人蔘의 接合胚, 接合胚로부터 발아된 幼植物體, 그 子葉 마디(cotyledonary node)와 莖頂端(shoot apex)을 각각 여러 生長調節劑를 첨가한 배지에서 배양함으로써 花芽形成을 誘導하고 花芽形成에 있어서 生長調節劑의 역할을 규명하고자 한다.

材料 및 方法

開匣된 人蔘(*Panax ginseng* C. A. Meyer)種子를 4°C의 暗所에 저장하면서 실험에 사용하였는데, 먼저 種子의 外皮를 벗기고 70% ethanol로 5분, 그리고 50% 상업용 표백제(NaOCl 함유량 4% 이상)로 20분 동안 표면 살균한 다음, 멸균 증류수로 3회 세척한 후 이를 무균 배양하였다.

幼植物體를 재료로 하고자 할 때에는 種子를 White(1943)의 무기염에 100 mg/l myo-inositol, 0.4 mg/l thiamine · HCl, 20 g/l sucrose를 첨가한 배지에 처상한 후 25°C의 暗所에서 1주일 동안 발아하여 자란 것을 사용하였다. 또한 子葉 마디는 幼植物體의 子葉과 上·下胚軸을 제거한 길이 2-3 mm의 것을, 莖頂端은 上胚軸 4-6 mm의 것을 각각 사용하였다.

花芽形成을 위한 배지는 Murashige와 Skoog(1962)의 조성 중 NH_4NO_3 와 KNO_3 의 농도를 1/2배로 희석한 무기염에 100 mg/l myo-inositol, 0.4 mg/l thiamine · HCl, 30 g/l sucrose를 첨가한 것을 기본 배지로 사용하였다. 모든 배지는 8 g/l의 Bacto Agar(Difco)로 고형화하였으며, pH는 121°C에서 15분간 멸균하기 전에 5.8로 조정하였다. 질소 화합물의 농도가 花芽形成

에 미치는 영향을 살펴보기 위한 실험에서는 接合胚를 재료로 하여 MS의 무기염 중 NH_4NO_3 와 KNO_3 의 농도를 1, 1/2, 1/4, 1/8배로 희석시킨 배지에 BA와 GA_3 를 각각 $5 \mu\text{M}$ 씩 첨가하여 사용하였다. Sucrose 농도가 花芽形成에 미치는 영향을 조사하기 위하여 幼植物體를 재료로 하였는데 기본 배지에 BA와 GA_3 를 각각 $5 \mu\text{M}$ 씩 첨가한 후 sucrose 농도를 0, 15, 30, 60, 90, 120 g/l로 조절하여 사용하였다. Chang과 Hsing(1980)이 人蔘의 花芽形成을 유도하기 위하여 사용한 生長調節劑인 BA와 GA_3 가 각각 단독으로 花芽形成에 미치는 영향을 조사하기 위하여 接合胚를 재료로 하였는데 기본 배지에 BA와 GA_3 를 각각 0, 2.5, 5, 10, 20 μM 로 조절하여 사용하였다. 아울러 BA, GA_3 , ABA의 3가지 生長調節劑의 조합이 花芽形成의 유도에 미치는 효과를 조사할 때에는 接合胚, 幼植物體 및 子葉 마디를 재료로 하였으며 기본 배지에 生長調節劑의 농도를 각각 $5 \mu\text{M}$ 를 첨가하여 사용하였다. $5 \mu\text{M}$ 의 IAA를 포함하는 4가지 生長調節劑의 조합의 경우에는 子葉 마디와 莖頂端을 재료로 사용하였다. 사용된 生長調節劑 중에서 GA_3 , ABA, IAA는 멸균된 0.45 μm membrane으로 여과하여 고압 멸균 후 45°C 정도로 식힌 배지에 첨가하였다.

모든 배지는 100 ml의 Erlenmeyer flask에 50 ml씩 넣었으며 재료는 flask 당 5개씩 치상하였고, 처리 당 10개의 flask로 반복하였다. 배양온 25°C , 16(光) : 8(暗)시간의 光週期로 하여 약 2,000 lux의 cool-white fluorescent lamp로 照射된 항온기에서 10주간 수행하였다. 花芽形成의 빈도는 해부 현미경으로 관찰하여 전체 재료중에서 花芽形成이 이루어진 것의 백분율로 표시하였다.

結 果

배지 중 질소 화합물의 농도가 接合胚 배양시의 花芽形成에 미치는 영향 MS 배지의 NH_4NO_3 와 KNO_3 를 본래 농도의 1/2배로 희석함에 따라 花芽形成의 빈도가 90%까지 증가하였는데, 이것은 본래의 MS 배지 질소 화합물의 농도에서보다 25% 정도 높은 것이었다(Fig. 1). 따라서

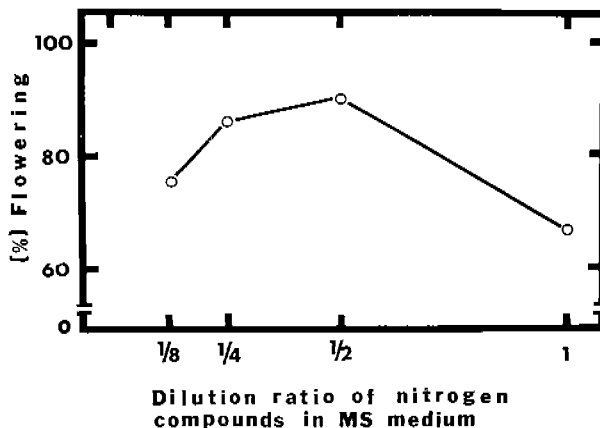


Fig. 1. Effect of varying the concentration of the nitrogen compounds in MS medium on the flowering response of dissected ginseng embryos. The medium contained $5 \mu\text{M}$ GA_3 and $5 \mu\text{M}$ BA. Data were collected after 10 weeks of culture.

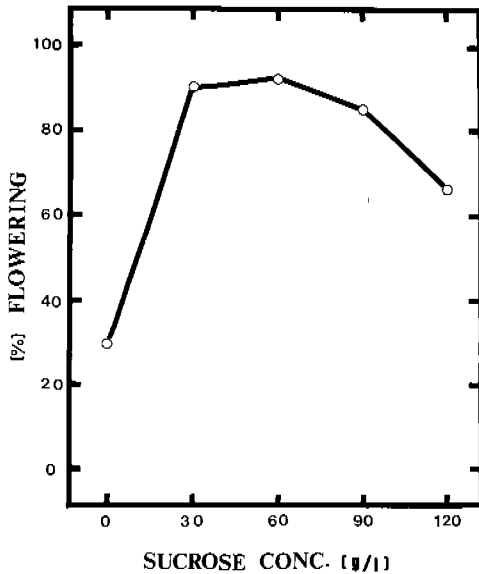


Fig. 2. Effect of varying the concentration of sucrose in MS medium on flowering of ginseng seedlings. The medium contained 5 μ M BA and 5 μ M GA₃. Data were collected after 10 weeks of culture.

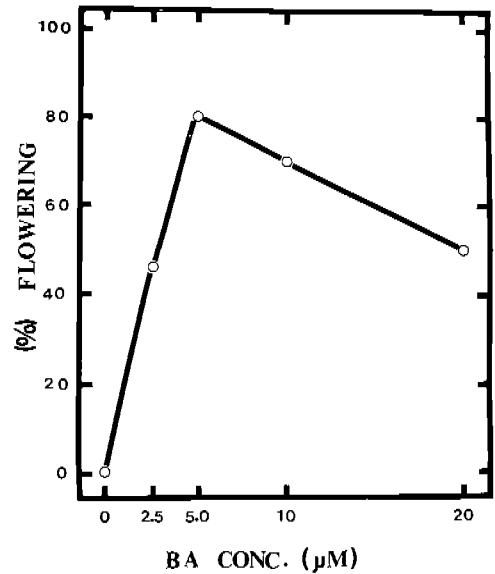


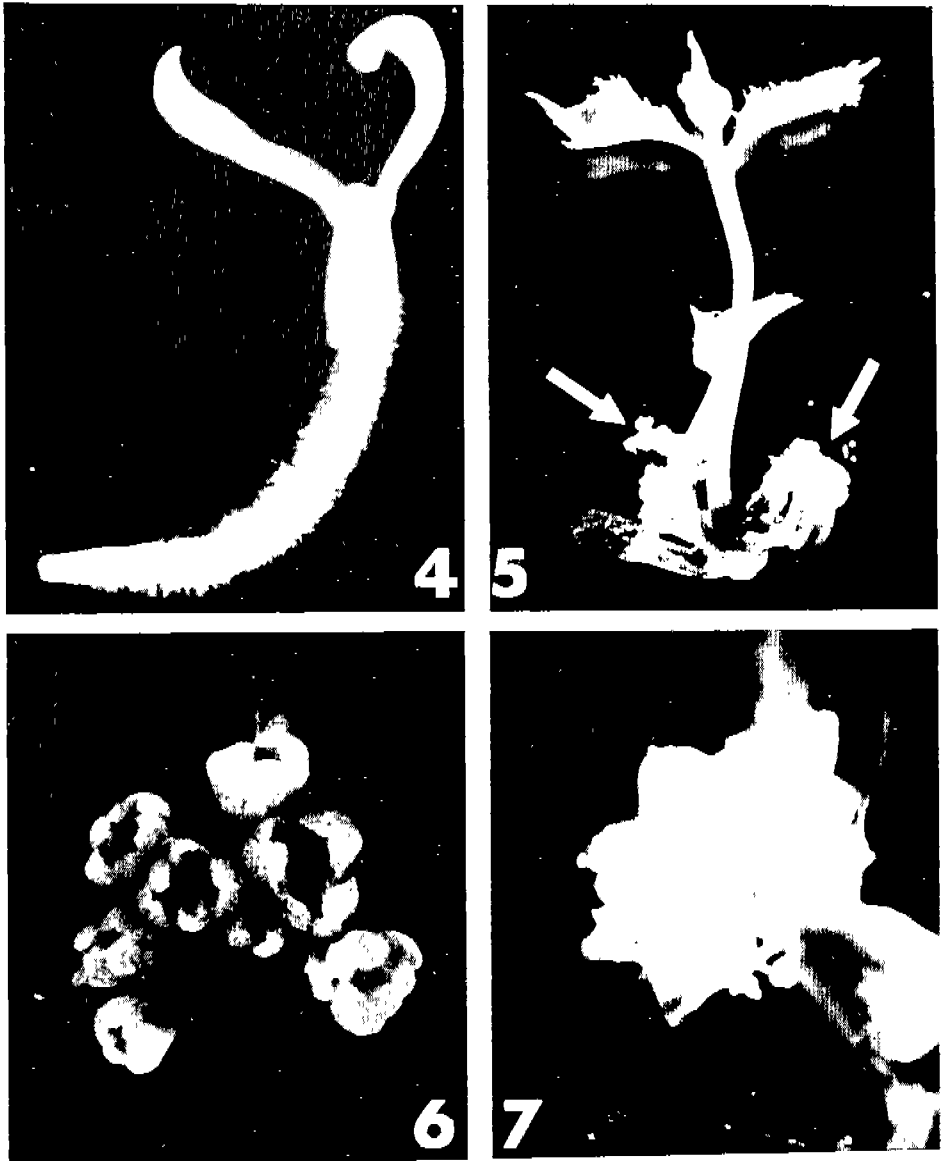
Fig. 3. Effect of various concentrations of BA in MS medium on flowering of ginseng embryo explants. Data were collected after 10 weeks of culture.

Chang과 Hsing(1980)이 사용한 1/2 MS 배지는 질소 화합물의 농도가 花芽形成에 적합하게 조절되었던 것으로 판단되었다. 배양을 시작한 지 6주 이내에 花芽를 관찰할 수 있었는데, 上胚軸이 자라 그 頂端에서 花芽가 形成되는 것이 아니라 子葉 마디 부위에서 腋芽가 伸張되어 새로운 側枝를 2-3개 형성하고 이로부터 花梗이 뻗어나와 꽃이 피었으며 이것들은 서로 모여 우산(umbel) 모양을 이루었다(Figs. 5 and 6).

배지 중 sucrose 농도가 幼植物體 배양시의 花芽形成에 미치는 영향 Sucrose가 전혀 첨가되지 않았을 경우에는 식물체가 비교적 빈약하게 성장하였으며 花芽形成 빈도는 30% 정도였다. Sucrose 농도를 60 g/l까지 높임에 따라 빈도가 증가 하였으며, 90 g/l 이상으로 증가시켰을 경우에는 점차 감소하는 경향을 보였다. 또한 sucrose 농도가 60 g/l 이상 첨가되면 식물체의 외형이 보다 작아졌으며 뿌리 부위에서는 켈러스가 형성되었는데 이러한 현상은 90 g/l에서 가장 심하였다(Fig. 2).

배지 중 BA 농도가 接合胚 배양시의 花芽形成에 미치는 영향 BA를 전혀 첨가하지 않았을 경우 花芽形成은 되지 않았다. BA 농도를 5 μ M로 높였을 때에 花芽形成 빈도는 80%에 이르렀으며 그 이상의 농도에서는 점차 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). Chang과 Hsing(1980)이 6年生 뿌리 조직에서 유도한 體細胞胚로부터의 花芽形成에 사용한 1 mg/l(4.4 μ M)의 BA 농도는 본 실험에서 接合胚로부터의 花芽形成을 위한 최적 농도와 거의 비슷하였다. 또한, Chang과 Hsing(1980)은 1 mg/l BA와 0.5-1 mg/l GA₃를 동시에 첨가한 배지에서 花芽를 유도하였으나, 본 실험에서 보는 바와 같이 BA 단독으로도 花芽形成이 가능하였다.

器 내에서 형성된 꽃은 일반적으로 크기가 작거나 혹은 외형이 비정상적인데 (Scorza and Janick, 1980; Tran Thanh Van, 1973) 人蔘의 경우에도 마찬가지로 圃場 조건에서 성장한 것에 비하여 크기가 작은 꽃들이 얻어졌다. 꽃의 구조는 연한 황백색을 띤 화관이 5개, 연한 녹색을 띤 악편이 5개, 藥은 5-10개로 이루어졌으며 2개의 子房이 서로 붙어 있었다. 그중 일부는 體細胞



Figs. 4-7. *In vitro* flowering of ginseng seedlings.

4. A seedling employed as explant.

5. A seedling bearing flowers (arrows).

6. An umbell with 8 flowers.

7. Immature fruits from flowers.

Table 1. Interactions among BA, GA₃ and ABA on flowering of ginseng of cultured seedlings and cotyledonary node explants. Presence of any one hormone of 5 μM is designated as "+" and its absence as "-".

Treatment			Percentage of flowering explants		
BA	GA ₃	ABA	Zygotic embryo	Seedling	Cotyledonary node
+	+	+	80.0±23.9	80.3±14.2	74.0±20.0
+	+	-	80.5±24.8	84.4±16.7	100.0
+	-	+	0	56.0±20.7	0
+	-	-	78.0±20.0	84.0±12.7	54.0±17.7
-	+	+	0	0	0
-	+	-	0	0	0
-	-	+	0	0	0
-	-	-	0	0	0

(± standard deviations)

배지 중 GA₃ 농도가 接合胚 배양시의 花芽形成에 미치는 영향 GA₃ 단독으로는 어떠한 농도에서도 花芽形成이 일어나지 않았다. 다만 모든 처리구에서 100%의 接合胚가 發芽되어 子葉 마디 부위로부터 2-3개씩의 側枝가 발달하였다(상세한 데이터는 제시되지 않았음).

BA, GA₃ 및 ABA가 花芽形成에 미치는 영향 接合胚를 재료로 하였을 때 BA가 없으면 花芽는 형성되지 않았으며 BA가 있다 할지라도 ABA가 함께 존재하면 花芽形成이 되지 않았다. 그러나 여기에 GA₃를 첨가하였을 경우 花芽形成 능력이 회복되었다. 즉, BA, BA + GA₃, BA+GA₃+ABA의 3처리구에서 花芽形成이 이루어졌다(Table 1). 다만 ABA는 接合胚의 發芽 자체를 저해하였기 때문에 BA+ABA, ABA 처리구에서는 發芽가 되지 않았으므로 ABA가 花芽形成에 미치는 영향을 관찰할 수 없었다.

따라서 接合胚를 White 배지에서 1주일 동안 發芽시킨 幼植物體(Fig. 4)를 재료로 하여 花芽形成을 조사하여 본 결과, ABA를 단독으로 처리하였을 경우에는 花芽形成이 일어나지 않았다. 다른 처리구에서의 花芽形成 여부는 接合胚를 재료로 하였을 경우와 마찬가지로였으나, 接合胚와는 달리 BA+ABA 처리구에서 花芽形成이 가능하였다. 식물체의 잎, 뿌리 등의 여러 기관이 花芽形成에 미치는 상호 영향을 줄이기 위하여 花芽를 형성하는 가지로 발달될 腋芽를 가진 子葉 마디를 재료로 사용하였을 때에는 接合胚의 경우와 마찬가지로 BA, BA+GA₃, BA+GA₃+ABA의 3처리구에서 花芽形成이 가능하였다(Table 1).

세가지 재료의 생장은 GA₃에 의하여 촉진되었고 BA에 의하여는 더욱 왕성하게 자랄 수 있었지만 ABA에 의하여 저해되었다. 花芽形成의 빈도는 幼植物體의 BA + ABA 처리를 제외하면 3가지 재료에서 거의 비슷하였다(Tablc 1). 특히 子葉 마디의 경우 BA + GA₃ 처리구에서 100%의 花芽形成 빈도를 나타내었다. 모든 경우에 있어서 花芽가 형성되는 위치는 재료에 관계없이 앞서 밝힌 바와 같이 子葉 마디에서 신장된 側枝였다. 꽃의 발달 정도는 BA만을 첨가한 배지에서보다는 BA+GA₃ 혹은 BA+GA₃+ABA를 첨가한 배지에서 촉진되었다. 接合胚를 재료로 하였을 경우 개체 당 핀 꽃의 평균수(± 표준편차)는 BA만을 처리하였을 때 1.7(± 1.6)개, BA+GA₃를 처리하였을 경우는 2.8(±3.1)개, 여기에 ABA를 더 첨가시켰을 때는 1.5(±1.6)개였다. 꽃은 같은 처리구에서도 개체에 따라 발달 정도의 차이를 보였으며 圃場 조건에서 성장한 2-4년생의 식물체에서 맺는 수에 해당하는 1-30개 정도의 꽃이 피었다. 또한

胚를 재료로 하였을 때(Lee et al., 1989)와 마찬가지로 器內에서 직경 5 mm 정도의 연한 황색을 띤 열매로 발달하였으나(Fig. 7), 더 이상 성숙하지 못하고 죽었다.

IAA가 花芽形成에 미치는 영향 花芽形成은 IAA 존재와는 관계없이 BA, BA + GA₃, BA + GA₃ + ABA을 포함하는 6개의 처리구에서 이루어졌다(상세한 데이터는 제시되지 않았음). 아울러 IAA가 식물체의 생장을 억제시키는 ABA에 대응함으로써 植物體가 정상적인 생장을 할 것으로 기대하였지만, ABA는 IAA의 존재에 상관없이 식물체의 생장을 억제하였다. 또한 莖頂端을 재료로 앞서의 방법처럼 BA, GA₃, ABA, IAA를 조합으로 처리하여 花芽形成 여부를 조사하였는데 어떠한 처리구에서도 花芽形成이 이루어지지 않았으며 여전히 葉芽(vegetative bud)로 남아있었다.

考 察

人蔘의 器內 花芽形成에는 BA가 필수적이었다. 또한 BA와 GA₃를 함께 처리한 경우에 꽃의 수가 더 많고 질적으로 더 나았던 것으로 보아 GA₃는 花芽形成의 보조적인 역할을 하는 것으로 사료된다. 그러나 BA와 함께 ABA가 존재하면 子葉 마디를 재료로 하였을 경우에는 花芽形成이 완전히 억제되었다(接合胚를 재료로 하였을 때는 發芽 자체가 되지 않았다). ABA의 이러한 저해 작용은 GA₃에 의하여 효과적으로 극복되었다. 이러한 결과는 人蔘의 花芽形成에 있어서 cytokinin은 주된(primary) 역할을 하며, ABA는 저해(preventive) 작용을 하고, gibberellin은 ABA의 저해 작용을 극복하여 cytokinin의 작용을 허용하는(permissive) 역할을 한다는 가설을 가능케 한다. 다만 이러한 가설이 성립하는데 장애가 되는 것은 幼植物體 전체를 재료로 하였을 경우이다. 즉, BA 외에 ABA가 함께 존재함에도 불구하고 花芽形成이 가능하였다는 점이다. 그러나 이것 역시 幼植物體는 상대적으로 부피가 훨씬 작은 子葉 마디와는 달리 內生 gibberellin을 상당한 정도 생성하고 있어서 처리하여 준 ABA를 외부의 gibberellin 처리가 없더라도 스스로 극복할 수 있었다고 보면 해결된다.

이러한 가설은 種子의 發芽에 관여하는 生長調節劑 중 gibberellin이 發芽의 주된(primary) 역할을 하고, 저해제(inhibitor는 저해(preventive) 작용을 하지만 cytokinin이 저해제의 작용을 극복하여 gibberellin의 작용을 허용하는(permissive) 역할을 수행한다는 Khan(1971)의 가설과 비교하여 볼 수 있다. 種子 發芽에서는 gibberellin이, 人蔘의 花芽形成에서는 cytokinin이 주된 역할을 하고, 種子發芽에서는 cytokinin이, 人蔘의 花芽形成에서는 gibberellin이 각각 저해제의 효과를 상쇄시킨다는 것은 대단히 흥미롭다. 이제까지 보고된 生長調節劑에 의한 모든 花芽形成 연구는 주로 1종류 혹은 2종류의 生長調節劑를 사용하였으며, 2종류를 사용하였을 경우 상호간의 관계를 규명한 예가 있으나(Miginiac and Lacombe, 1973), 본 연구에서와 같이 3종류 이상의 生長調節劑를 사용하여 花芽形成에 있어서 상호간의 관계를 규명한 보고는 아직 없었다.

또한 일반적으로 GA₃가 자연상태의 식물체의 花芽 유도에 중요한 역할을 한다고 알려져 왔는데(Evans, 1971), 본 실험 결과는 GA₃가 花芽形成의 필수적인 요인이 아니라 花器의 발달에 도움을 주는 보조적인 것으로 작용한다는 Lang(1965)의 이론을 뒷받침하였다. Cytokinin은 많은 器內 花芽形成 시스템에서 필수적인 요인으로 보고되고 있다(Nitsch and Nitsch, 1967; Wardell and Skoog, 1969; Srinivasan and Mullins, 1978; Scorza and Janick, 1980). 그러나 담배

(Wardell and Skoog, 1969)나 *Passiflora*(Scorza and Janick, 1980)에서 밝혀진 바와 같이 成形成의 조직과는 달리 幼形期の 조직으로부터는 cytokinin이 함유된 배지에서 花芽形成이 불가능하였다. 따라서 본 연구는 cytokinin에 의해 幼形期の 재료로부터 花芽를 早期 유도한 새로운 예가 될 수 있을 것이다. 이에 반하여 auxin은 人蔘의 器內 花芽形成 조절에 중요하게 관여하는 것 같지 않다.

人蔘의 器內 花芽形成에서는 기존 葉芽가 花芽로 전환되는 것이 아니라 子葉 마디에 존재하는 腋芽가 신장한 側枝에서 花芽가 形成되었는데, 이 側枝는 圃場 조건외 1年生 幼植物體에서는 보통 성장하지 않고 休止(quiescent) 상태에 있으며 2年生 이후에 신장을 개시하게 되는 것으로 추측된다. 또한 본 연구 결과로 미루어 볼 때 人蔘이 圃場에서 幼形期 동안 花芽形成을 하지 못하는 것은 內生 cytokinin이 충분하지 못하기 때문이라고 할 수 있다. (앞서 幼植物體에서 추측한 바와 같이 內生 gibberellin은 충분할 것이므로 ABA와 같은 저해 호르몬에 의한 花芽形成이 억제된다는 가정은 성립되기 어렵다). Cytokinin은 주로 뿌리에서 생합성된다는 견해가 폭넓은 지지를 받고 있다는 것을 감안한다면(Latham, 1978) 幼形期 동안 人蔘은 뿌리가 작아서 그만큼 cytokinin을 충분히 생합성하지 못하므로 花芽를 형성하지 못한다고 할 수 있겠다. 長日植物인 *Sinapis alba*는 長日 처리에 의한 花芽 유도 조건에서 뿌리의 滲出物에 cytokinin의량이 증가하였다는 것은(Lejcunc et al., 1988) 人蔘의 幼形期에 대한 본 설명과 일맥 상통한다. 人蔘의 경우 圃場에서 뿌리가 성숙하면 cytokinin을 충분히 합성하게 되고 이 cytokinin이 子葉 마디에 위치한 休止 상태의 腋芽의 성장을 촉진하여 花芽가 형성되는 것으로 사료된다. 그러나 BA를 첨가한 배지에서 莖頂端으로부터 花芽가 형성되지 않은 것은 人蔘의 花芽形成에 cytokinin 외에 다른 요인이 결정적으로 관여하고 있음을 시사한다. 이는 다른 연구자들이 cytokinin을 花芽形成에 관여하는 복합 요인 중의 하나로 이해하고 있는 것과 맥을 같이 한다(Cleland, 1978; Scorza and Janick, 1980).

한편 배지에 sucrose를 전혀 첨가하지 않았을 때 花芽形成이 어느 정도 가능할 수 있었던 것은 子葉의 저장 물질과 器內에서의 광합성으로 생장에 필요한 최소한의 sucrose를 충족하였던 것으로 보인다. 그러나 Lee 등(1989)이 人蔘의 體細胞胚를 BAGA₃를 처리하여 暗所에서 배양을 하였을 때에도 花芽形成이 가능하였으므로 人蔘의 器內 花芽形成에는 빛이 직접 관여하는 것 같지 않다. 또한 體細胞胚를 재료로 하여 밝혀진 바와 같이 본 연구에서도 Chang과 Hsing(1980)이 人蔘의 幼植物體에서 花芽를 유도할 수 있었던 것은 成形成의 조직을 배양하였기 때문이 아니라는 것을 재확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 圃場에서 소요되는 2-3년의 幼形期를 2개월 정도로 단축시킬 수 있게 됨으로써 人蔘의 育種面에서 볼 때 본 연구는 중요한 의미를 가진다. 특히 花芽 중 일부가 열매로 발달하였음은 單爲生殖의 결과라기 보다는 器內受精이 일어났음을 반영한 것이라 할 것이다.

이상과 같이 生長調節劑를 처리하여 얻은 결과를 토대로 人蔘의 器內 花芽形成의 조절에는 cytokinin이 주된 역할을 하고 ABA와 같은 저해제는 花芽形成을 저해하는 역할을 하며 gibberellin은 저해제의 작용을 극복하여 cytokinin의 작용을 허용한다는 가설이 제안된다. 더 나아가서 圃場에서 재배되는 人蔘의 幼形期和 成形成에서의 內在 호르몬의 조성과 定性的 변화를 밝히고 이에 따른 花成信號에 의하여 花芽形成에 관여하는 遺傳子가 작동되어 발현되는 단백질에 관한 생화학적인 연구까지 병행된다면 人蔘의 花芽 유도 메커니즘을 보다 분명하게 이해할 수 있게 될 것이다.

摘 要

人蔘(*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 接合胚, 幼植物體, 子葉 마디를 재료로 하여 BA와 GA₃가 첨가된 배지에서 花芽를 유도하였다. 接合胚를 재료로 하였을 때의 花芽形成에는 MS 배지의 질소 화합물의 농도를 1/2배로 희석함에 따라 花芽形成 빈도가 90%까지 증가하였으며, sucrose의 농도는 幼植物體를 재료로 하였을 때 30-60 g/l가 최적이었다. 花芽形成은 재료에 관계없이 항상 子葉 마디 부위에서 신장된 새로운 側枝에서 이루어졌다. 花芽形成에 있어서 生長調節劑 상호간에 미치는 영향을 알아보기 위하여 BA, GA₃, ABA를 각각 5 μM씩 조합하여 처리하였는데, 接合胚와 子葉 마디를 재료로 하였을 때에는 BA, BA+GA₃, BA+GA₃+ABA의 3개의 처리구에서 花芽形成이 가능하였으며, 幼植物體를 재료로 하였을 때에는 BA, BA+GA₃, BA+ABA, BA+GA₃+ABA의 4개의 처리구에서 花芽形成이 가능하였다. 한편 幼植物體의 莖頂端을 재료로 하였을 때에는 어떠한 처리구에서도 花芽形成이 일어나지 않았다. 또한 子葉 마디를 재료로 해서 BA, GA₃, ABA를 조합한 처리구에 5 μM IAA를 더 첨가하여 16개의 처리로 花芽形成을 시도하였으나 IAA의 존재와는 상관없이 BA, BA+GA₃, BA+GA₃+ABA를 포함하는 6개의 처리구에서 花芽形成이 이루어졌다. 따라서 人蔘의 器內 花芽形成에서는 cytokinin이 주된 역할을 하며, ABA와 같은 저해제는 저해작용을 하고, gibberellin은 저해제의 작용을 극복하여 cytokinin의 작용을 허용하는 역할을 하는 것으로 사료된다.

謝 辭

본 논문은 과학기술처 특정연구개발과제의 연구결과 (N118(5)-2545-5와 BSN 7009-20-4)이다. 이 원고에 대하여 세심한 논평과 수정을 가하여 준 洪周奉, 鄭革, 吳勳一, 鄭賢淑, 鄭相浩 博士와 타이핑을 하여 준 趙鍾淑 嬢에게 감사한다.

參 考 文 獻

- Chang, Wei-Chin and Y. Hsing. 1980. *In vitro* flowering of embryoids derived from mature root callus of ginseng(*Panax ginseng*). *Nature(Lond)* **284** : 341-342.
- Cleland, C.F. 1978. The flowering enigma. *BioScience* **28** : 265-269.
- Evans, L.T. 1971. Flower induction and the florigen concept. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **22** : 365-394.
- Harada, H. 1967. Flower induction in excised shoot apices of *Pharbitis* and *Chrysanthemum* cultured *in vitro*. *Nature(Lond.)* **214** : 1027-1028.
- Khan, A.A. 1971. Cytokinins: permissive role in seed germination. *Science* **171** : 853-859.
- Lang, A. 1965. Physiology of flower initiation. In., W. Ruthland(ed) *Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag, New York. pp. 1380-1536.
- Lee, H.S., K.-W. Lee, S.G. Yang, J.H. Jcon and J.R. Liu. 1989. Plant regeneration through somatic embryogenesis from cultured mature zygotic embryos of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) and flowering of plantlets. *Korean J. Bot.* **32** : 145-150.
- Lejeune, P., J. -M. Kinet and G. Bernier. 1988. Cytokinin fluxes during floral induction in the long day plant *Sinapis alba* L. *Plant Physiol.* **86** : 1095-1098.
- Latham, D.S. 1978. Cytokinins. In, D. S. Latham, P.B. Goodwin and T.J.V. Higgins(eds.). Vol. 1, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam. pp. 205-263.

- Miginiac, E. and N. Lacombe. 1973. Influence de phenomcnes d'antagonisme entre organes et entre regulateurs sur le developpement floral de bourgeons cotyledonaires chez le *Scrofularia arguta* Sol. *Can. J. Bot.* **51** : 465-473.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* **15** : 473-497.
- Nitsch, C. and J.P. Nitsch. 1967. The induction of flowering *in vitro* in stem segments of *Plumbago indica* L. II. The production of reproductive buds. *Planta* **72** : 371-384
- Scorza, R. 1982. *In vitro* flowering. *Hort. Rev.* **4** : 106-127.
- Scorza, R. and J. Janick. 1980. *In vitro* flowering of *Passiflora suberosa*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **105** : 892-897.
- Srinivasan, C. and M.G. Mullins, 1978. Control of flowering in the grapevine(*Vitis vinifera* L.). Formation of inflorescences *in vitro* by isolated tendrils. *Plant Physiol.* **61** : 127-130.
- Tran Thanh Van, K. 1973. *In vitro* control of *de novo* flower bud, root, and callus differentiation from excised epidermal tissues. *Nature(Lond.)* **246** : 44-45.
- Wardell, W.L. and F. Skoog. 1969a. Flower formation in excised tobacco stem segments. I. Methodology of effect of plant hormones. *Plant Physiol.* **44** : 1402-1406.
- Wardell, W.L. and F. Skoog. 1969b. Flower formation in excised tobacco stem segments. II. Reversible removal of IAA inhibition by RNA base analogucs. *Plant Physiol.* **44** : 1407-1412.
- White, P.R. 1943. Nutrient deficiency studies and an improved inorganic nutrient for cultivation of excised tomato roots. *Growth* **7** : 53-65.

(1989. 8.23 接受)