

기내배양을 통한 고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)조직의 NaCl에 대한 반응

윤재호, 송원섭¹⁾, 이미숙²⁾, 신동일³⁾, 양덕춘^{4)*}

구례야생화 연구소, ¹⁾순천대학교 농업생명과학대학, ²⁾한남대학교 식품영양학과,

³⁾공주대학교 식물자원학과, ⁴⁾경희대학교 생명과학부

In vitro Culture Response to NaCl of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) Tissues

Jae-Ho Yoon, Won-Seob Song¹⁾, Mee Sook Lee²⁾, Dong-il Shin³⁾, Deok Chun Yang^{4)*}

Institute of KuRae Wild Flower, Kurae 542-800, Korea

¹⁾College of Agriculture and Life Sciences, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea

²⁾Dept. of Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

³⁾College of Industrial Sciences, Kongju National University, Kongju 340-802, Korea

⁴⁾College of Life Science, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea

ABSTRACT

High salt concentrations in the ginseng nursery soil environment of Korea is one of important reducing factors for the stable production of quality ginseng. These studies were accomplished for check the response on germination of ginseng seed, somatic embryogenesis of zygotic embryo, and biosynthesis of ginsenoside from ginseng hairy root against NaCl. Ratio of germination was at the 3% and 84.5% on the basic media with 0.1M and free of NaCl respectively, but 0% at the upper of 0.2M NaCl. Somatic embryogenesis from zygotic embryo were the highest when immatured embryo was cultured on free of NaCl concentration, and which was intend to decrease at treatment of NaCl. However, in case of using the matured embryo, treatment of 0.05M NaCl resulted in better embryogenesis than NaCl free media. Red pigment was synthesized from ginseng hairy root cultured on the medium with various NaCl concentration(from 0.04 to 0.08M) and its pigment was analyzed as spectrum of anthocyanine by spectrophotometer scanning. This cell line biosynthesized lots of crude saponin and total ginsenoside than other cell lines, also had 2 times of panaxadiol than panaxatriol.

Key words: anthocyanine, ginsenoside, germination, hairy root, NaCl, somatic embryogenesis

* 교신저자 : E-mail : dcyang@khu.ac.kr

서언

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 다년생 숙근초로서 옛부터 고려인삼, 만주인삼, 회진종, 운주종 또는 개성인삼, 금산인삼, 풍기인삼 등과 같이 품종명처럼 부르고 있지만 이러한 종자는 같은 장소에서 같은 조건에 재배하면 모두가 같아서 구별하기가 어렵다(최, 1983, 1988). 인삼은 다른 작물과 달리 해가림 구조하에서 재배하므로 재식위치, 수광량, 강우량, 온도, 바람의 강도, 토양의 비옥도, 수분함량, 통기성, 토양의 경도, 산도, 염류농도 등의 환경적 요인(Kim, 1964; 남, 1991)에 따라 형태적, 생태적, 생리적 형질의 변이가 심하지만 신품종육성에 장기간이 소요되는 인삼에서의 유전적 변이는 다양한 것이며, 품종의 분화가 이루어지지 않은 혼계상태의 인삼집단에서 유용한 유전자형을 선발하여 우수품종으로 육성할 수 있는 가능성은 충분하다(최, 1983; 남, 1991). 그러나 인삼은 4-6년후에 수확하는 다년생 작물로서, 목적으로하는 것이 뿌리이기 때문에 생육 초기의 지상부형질을 통하여 인삼이 좋고 나쁨을 직접 판별할 수 없고, 또 지하부 형질, 즉 뿌리를 조사하기 위하여 재배 도중에 인삼을 채굴한다는 것은 매우 어려워 간편한 기내배양을 통해서 이런 일들이 진행될 필요가 있다(Arya *et al.*, 1991; Chang and Hsing, 1980; Choi *et al.*, 1998a, 1998b). 인삼의 묘삼을 키우기 이전부터 예정지관리를 하여야 하는데 이러한 예정지 토양에서의 농후한 가축분뇨 시용은 물론 1970년대 이후 일반 농작물재배에서도 많은 량의 화학비료 연용과 축산폐기물의 시용 등으로 토양에서의 염류집적이 심화되어 가고 있다. 이미 인삼토양의 염류집적에 대하여는 묘삼생산연구에서 가축분뇨 시용구가 약토(부엽토) 시용구에 비해 염류농도가 높고 NO_3^- -N과 NH_4^+ -N 등이 현저히 많았다고 하여 인삼포의 염류집적은 심각한 상황을 보고한바 있다(남, 1991). 이에 인삼의 염류에 대한 반응연구는 우선 NaCl에 대한 내성 식물체를 생산함으로써 염류의 집적으로 인하여 수확량이 감소되는 국내토양에서 수확량의 증대를 꾀할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 인삼의 기내배양에서 체세포배의 발생에

원형질분리방법을 이용할 경우 많은 체세포배를 생산할 수 있는데 그동안 sucrose에 의한 원형질분리를 유도하였지만(Choi and Soh, 1997; Choi *et al.*, 1998a, 1999), NaCl를 통해서도 가능할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 우선 인삼종자의 NaCl에 대한 반응 정도를 조사하고, 또한 체세포배의 발생시 및 인삼모상근에서 인삼사포닌의 생성에 미치는 반응을 조사하였던 바, 이에 대한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

NaCl 내성 인삼계통의 선발

염류중에서 NaCl에 대한 내성 인삼계통을 선발하기 위해서 고농도(0, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5M)의 NaCl을 MS기본배지(GA 100mg/L 함유된 배지)에 추가로 첨가하여 선발배지를 만든다음 개갑처리만 되고 저온처리가 되지 않은 인삼종자를 멸균하여 인삼배(胚)를 적출하고 배지에 접종하여 30일간 배양한 후 발아정도를 조사하였다.

NaCl 함유배지에서 인삼체세포배의 발생

식물호르몬이 전혀 첨가되지 않은 MS기본배지에 추가로 NaCl의 농도를 0, 0.05, 0.1, 0.2M 로 처리하여 첨가하여 인삼의 접합자 배를 접종하여 체세포배의 발생여부를 조사하였다. 인삼의 접합자 배는 개갑후 저온처리를 하지 않은 미숙배와 저온처리가 된 성숙배를 사용하였다. 접종은 상기 2종의 접합자 배로 부터 채취한 자엽절편을 접종하여 체세포배의 형태 및 발생여부를 조사하였다. 배양용기로 플라스틱 패트리접시(10 × 1.5 cm)에 배지를 약 30 ml씩 분주하여 사용하였으며 배양실 조건은 1,900 Lux 백색형광등으로 16시간 조명하였고 온도는 25 °C로 유지하였다. 배양 결과는 각 실험에서 모두 배양한지 약 2달 후에 실험 결과를 조사하였으며, 배양된 재료에서 체세포 배의 발생율은 배양재료의 수에서 1개 이상의 체세포 배를 발생시킨 배양재료의 수를 세어 백분율을 구하였다.

인삼모상근의 생장에 미치는 NaCl의 영향

인삼모상근(Yang *et al.*, 1998)은 *Agrobacterium rhizogenes* 처리에 의하여 형질전환된 조직을 사용하였으며 식물호르몬 무첨가 MS배지에서 계속적으로 계대배양한 뿌리를 사용하였다. 인삼모상근의 생장에 미치는 NaCl의 농도를 조사하기 위하여 0, 0.08, 0.15, 0.24, 0.32M로 조절하여 MS현탁배지를 만들었으며 초기 접종량 1g 생체중을 40ml배지에서 30일간 암상태에서 배양하였고 인삼사포닌의 분석은 Park 등(2000)의 방법에 의하여 수행하였다.

결과 및 고찰

배발아에 대한 NaCl의 영향

NaCl농도를 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5M과 GA가 100mg/l첨가된 1/2MS배지에 저온처리가 되지 않은 미숙인삼배를 절취하여 치상 30일후 발아정도를 조사하였던 바, NaCl이 첨가되지 않은 배지에서는 84.5%가 발아되었으나 0.2M이상의 처리구에서는 전혀 발아가 되지 않았으며 0.1M에서는 3%만이 발아되었다(Table 1). 그러나 0.05M에서는 10.3%에서 발아되었으며 0.01M에서는 68%가 발아되었다(Table 1).

인삼의 염류에 대한 반응연구는 토양에 너무 많이 집적된 염류로 인하여 인삼의 성장량이 감소되어 이에 따른 대책강구 측면에서 기내배양을 통해서 염류내성 인삼의 선발이 필요하다. 이미 타식물에서도 많은 NaCl내성세포주를 선발하고자 하는 연구가 진행되었는데 Chae등(1988)은 수도의 켈러스에서 NaCl 내성 세포주 선발연구, Ryu등(1991) 조직배양

에 의한 알팔파의 내염성 계통 선발, 귀리 및 벼의 내염성 켈루스로부터 재분화된 식물체는 내염성을 나타내었으며 다음세대에서도 내염성을 유지하였다(Nabors *et al.*, 1975; 1980; Crougham *et al.*, 1978). 또한 Sea salt와 NaCl을 농도별로 처리하여 벼의 켈러스유도와 생장을 조사한바 있으나(Chae *et al.*, 1988), 인삼에서는 아직 이런 연구가 진행되어 있지 않다. 그러나 본 연구와 같이 인삼종자를 통해서 우수계통을 선발하고자 하는 연구는 본 연구팀에서 이미 수행한 바 있으며(Yoon *et al.*, 2004), 그 결과 MS배지의 약 2.5배의 염류의 추가에 의해서 염류내성 계통을 선발할 수 있음을 보고한 바 있다. 그러나 본 실험 결과 적어도 NaCl를 단독으로 사용할 경우에는 0.2M이상에서는 전혀 생장이 되지 않았고, 0.1M에서는 3%에서만 발아가 되었다(Table 1). 따라서 인삼종자에서 염류내성계통을 선발하기 위해서는 0.1M의 NaCl농도에서 선발한다면 가능할 것으로 생각되면 이렇게 기내에서 배배양 방법을 활용하여 인삼종자의 선발방법을 이용한다면 조기에 염류내성 인삼계통을 선발할 수 있을 것으로 생각된다.

NaCl함유배지에서 인삼체세포배의 발생

상기 배배양을 이용한 방법은 계통선발이 이미 되어있는 경우에 가능하지만 순계분리가 되어 있는 많은 세포주에서 염류내성세포주를 선발하기 위해서는 체세포배발생방법을 활용하여야 한다. 본 실험은 식물호르몬이 전혀 첨가되지 않고 NaCl의 농도가 0, 0.05, 0.1, 0.2M이 함유된 MS배지에 인삼의 미숙배와 성숙된 배로부터 채취한 자엽절편을 접종하여 체세포배의 발생여부를 조사하였던 바, 발아시와는 달리 더 높은 NaCl농도에서 생장이 가능하였으

Table 1. Effect of NaCl on the germination of ginseng immature embryo cultured on the 1/2 MS medium without any phytohormone

Concentration of NaCl(M)	Ratio of germination(%)	Concentration of NaCl(M)	Ratio of germination(%)
0.00	84.5	0.1	3.0
0.01	68.0	0.2	0.0
0.05	10.3	0.5	0.0

며, NaCl의 농도에 따라 체세포배의 상태가 매우 달라짐을 확인할 수 있었다. 즉 NaCl의 농도가 증가할수록 미성숙체세포배가 형성되었는 바, 배양 30일 후에 NaCl무첨가 배지에서는 torpedo상태의 체세포배상태이었지만 0.05M NaCl농도에서는 heart상태, 0.1M 상태에서는 globular 및 callus상태로 되었다 (Table 2). 또한 체세포배의 형성율도 매우 차이가 났으며 미숙배의 자엽을 이용할 경우 0.2M에서는 전혀 형성되지 않았지만 배의 발아가 거의 되지 않은 0.1M 농도에서도 16.7%의 체세포가 발생되었으며 0.05M에서는 79.2%의 매우 높은 빈도의 체세포가 형성되었다. 그러나 성숙배의 자엽을 이용할 경우에는 NaCl무첨가배지에서 52.5%로 감소되었으나, 0.1M 농도에서는 오히려 33.3%로 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 특히 NaCl첨가시 사용하는 재료와 첨가농도에 따라 체세포배의 발생이 차이가 났는데 미숙배에서는 NaCl 무첨가배지에서 가장 체세포배 발생이 양호하였으며 농도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 반면에 성숙배에서는 NaCl 무첨가 배지보다 0.05M첨가배지에서 더 양호한 경향을 보였다(Table 2).

인삼에서 체세포배 발생을 통해서 식물체의 재분화에 대한 연구는 이미 많이 보고 되어 있으나, 주로 식물호르몬을 사용하기 때문에 융합된 체세포배의 빈도가 높아 정상적인 뿌리를 형성하는 경우가 매우

낮았다(Choi and Soh, 1997; Choi *et al.*, 1998a, 1999). 그러나 원형질 분리를 이용하여 체세포배를 유기할 경우 단일배의 발생빈도가 높아 정상적인 뿌리를 생성하여 토양에서 활착이 매우 높게하였으며 이때 사용되는 원형질분리물질로는 주로 sucrose를 사용하였다(Choi *et al.*, 1999). 단일배발생을 위해서는 0.5M 보다 1M의 sucrose첨가배지에서 더 높은 빈도의 형질전환 체세포배가 발생함을 보고한 바 있으며, 벼의 미숙배에서도 10%의 sucrose처리에 의해서 형질전환배의 형성이 증대되었다고 보고하였으며(Chae *et al.*, 1988), 0.2 M MgSO₄ 처리를 30분간 하였을때에도 인삼자엽세포에 전혀 독성을 나타내지 않았으며 형질전환율을 증대하였다(Choi and Soh, 1997). 그러나 본 실험에서 NaCl 첨가배지의 경우에는 훨씬 낮은 농도인 0.05M에서 단일배의 발생이 높아 (Table 2) 사용물질에 따라서 차이가 있음을 나타내었다. 그러나 아직 왜 원형질분리처리가 체세포배의 발생증대에 효과가 있는지에 대해서는 밝혀지지 않았지만 세포의 안으로 DNA를 전달하는데 원형질막이 방해물질임이 밝혀져(Fennell and Hauptmann, 1992; Gabriele, *et al.*, 1990; Glaser *et al.*, 1993; Gulick and Dvorak, 1992), 세포들이 융합되지 못하고 단독으로 각자의 세포가 체세포배로 변형되어 단일배의 형성이 된 것이 아닌가 생각된다.

Table 2. Effect of NaCl on somatic embryogenesis of ginseng immatured and matured zygotic embryos cultured on the 1/2MS medium without any phytohormone

Type of somatic Embryo	Concentration of NaCl(M)	No. of total explant(T)	No. of total embryo(E)	Ratio(%) of embryogenesis(E/T)	Remark
Immature	0.00	26	22	84.6	torpedo
	0.05	24	19	79.2	heart
	0.10	18	3	16.7	globular / callus
	0.20	20	0	0	
Mature	0.00	40	21	52.5	torpedo
	0.05	39	27	69.2	heart
	0.10	21	7	33.3	globular / callus
	0.20	21	0	0	

Table 3. The effect of NaCl on the growth of ginseng hairy root cultured under dark condition

NaCl(M)	Fresh wt. (g/flask)	Dry wt. (g/flask)
0	11.55 ± 0.43	0.81
0.08	10.10 ± 0.60	0.71
0.15	8.95 ± 0.85	0.63
0.24	8.45 ± 0.55	0.59
0.32	7.95 ± 0.65	0.56

인삼모상근의 생장에 미치는 NaCl의 영향

인삼모상근(Yang *et al.*, 1998)의 생장에 미치는 NaCl의 농도를 조사하기 위하여 초기 접종량 1g 생체중을 40ml배지에서 30일간 암상태에서 배양한 결과 Table 3과 같이 NaCl의 농도가 증가함에 따라 모상근의 생장은 감소하는 경향을 보였으며 NaCl 0.32M첨가 배지에서는 무첨가배지에 비해 약 40%의 생체중이 감소하였다. 또한 광상태에서 NaCl를 첨가하여 배양할 경우 인삼모상근에서 붉은색의 색소를 형성하였는데 0.04M에서부터 색소가 형성되기 시작하여 0.08M에서는 눈으로 확인이 가능할 정도의 많은 량의 색소를 형성하였다(Fig. 1-A). 이런 색소는 안토시아닌으로 규명되었으며 광상태하에서 NaCl의 농도가 증가할수록 안토시아닌의 생성이 증가한 반면 모상근의 생장은 감소하는 경향을 보였

다(Fig. 1-B).

동일 세포주로 고정하여 선발되었지만 배양과정 중에서 간혹 인삼 모상근이 20리터 공기부양식 배양기의 배양액속에 잠겨 계속적으로 성장한 세포주와 공기중으로 노출 20리터 배양기에서 선발된 세포주는 계속 성장과정중 대부분의 세포주는 하얀색을 띄고 있었지만(Fig. 2-A), 일부는 모상근이 굵어지면서(Fig. 2-B), 녹색(Fig. 2-C-right)을 띄우고 있었고, 일부는 가늘면서도 붉은 색깔(Fig. 2-C-left)을 띄우고 있었다. 이렇게 붉은색을 띄우는 세포주는 root tip 부위는 하얀색이었지만 생장이 되면서 빨간색으로 변해가는 경향을 보였다(Fig. 2-D). 빨간색을 띄우는 세포주는 대부분 NaCl를 처리했을때 나타나는 안토시아닌을 많이 함유하고 있었으며 Table 4에서 보는바와 같이 다른 세포주에 비해 crude saponin뿐만 아니

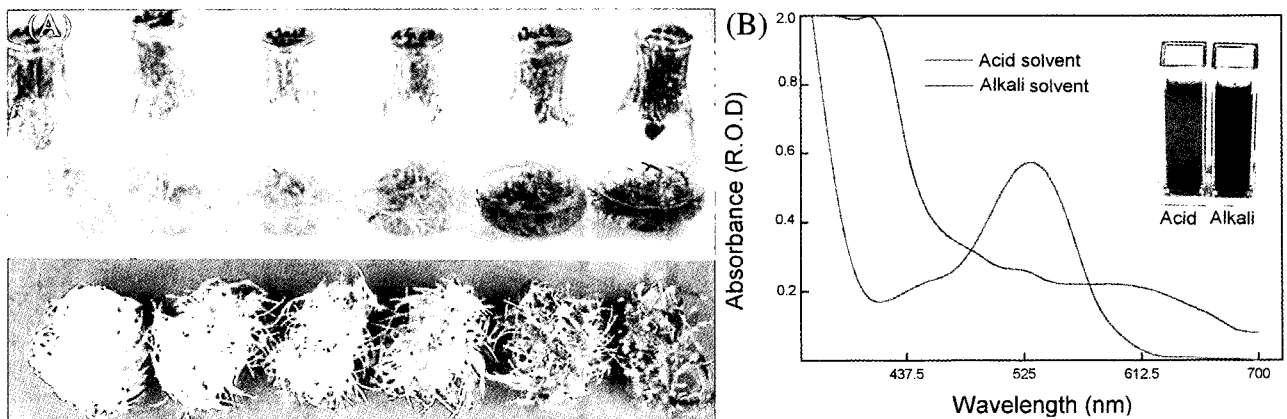


Fig. 1. Pigment synthesis from ginseng hairy root cultured on the medium with various NaCl concentration and its analysis spectrum of anthocyanine by spectrophotometer. Red and blue color solutions were extracted by MeOH mixed with 1% HCl and NaOH respectively.

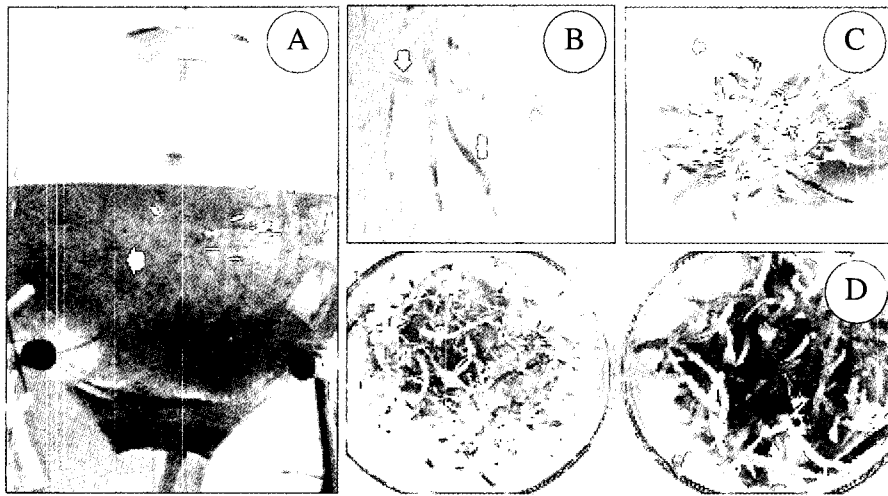


Fig. 2. Various type of ginseng hairy root selected by different culture condition(A: 20L air-lift type bioreactor, B: hairy roots with thickness and color, C: changing aspect from white to red color. D: left, hairy root with red color; right, green color).

라 total ginsenoside의 함량도 높은 경향을 보였다. 4종의 세포주간의 crude saponin은 비슷하였으나 total ginsenoside의 함량에는 많은 차이를 보여주었는데 빨간 색을 나타낸 세포주에서 일반 세포주보다 약 2배의 많은 ginsenoside의 함량을 가지고 있었다 (Table 4). 또한 색깔을 나타낸 세포주에서는 ginsenoside중에서도 panaxatriol 보다 panaxadiol 훨씬 많이 형성되었으며 빨간색의 경우에는 약 2배의 panaxadiol이 많았으나 녹색의 세포주에서는 3배의 panaxadiol이 많았다(Table 4). 이렇게 색깔을 가지고 있는 세포주에서 인삼의 주요 성분인 사포닌의 함량이 증가됨으로써 인삼모상근에서 NaCl처리에 사포닌 증대효과를 체계적으로 조사할 필요가 있는 것으로 사료된다.

적요

인삼포장에서 염류의 집적은 우량인삼의 생산에 많은 장애요인이 되고 있다. 본 연구는 인삼종자의 NaCl에 대한 반응정도를 조사하고, 또한 체세포배의 발생시 및 인삼모상근에서 사포닌의 생성에 미치는 반응을 조사하였다. 인삼 접합자 배를 NaCl이 첨가되지 않은 배지에 접종한 결과 84.5%가 발아되었으며 0.1M에서는 3%만이 발아되었고, 0.2M이상의 처리구에서는 전혀 발아가 되지 않았다. 또한 체세포배 발생은 미숙배를 이용할 경우 NaCl 무첨가배지에서 가장 양호하였으며 농도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 반면에 성숙배에서는 NaCl 무첨가배지보다 0.05M첨가배지에서 더 양호한 경향을 보였다. 뿌리 상태인 인삼의 모상근의 경우에는 광상태에서 NaCl를 첨가한 배지에 배양시 0.04M에

Table 4. Total ginsenoside in various type of ginseng hairy root by different culture condition

Cell lines	Crude saponin (mg/g)	Total ginsenoside (mg/g)	Panaxatriol (mg/g)	Panaxadiol (mg/g)
Cell line in media(solution)	30	9.7	5.8	3.9
Cell line out media(air)	31	10.14	4.5	5.64
Cell line with red color	37	19.56	6.7	12.86
Cell line with green color	35	13.97	3.31	10.66

서부터 안토시안이 형성되기 시작하여 0.08M에서는 눈으로 확인이 가능할 정도의 많은 양이 형성되었다. 안토시안을 함유한 세포주는 다른 세포주에 비해 crude saponin뿐만 아니라 total ginsenoside의 함량도 높은 경향을 보였으며 panaxatriol보다 panaxadiol이 2배이상 많았다.

사사

본 연구는 Biogreen 21(사포닌 합성관련 유전자의 조절을 통한 신기능성 물질개발) 연구비로 일부 수행된 연구결과입니다. 연구비 지원에 대해서 감사드립니다.

인용문헌

- Arya, S., J.R. Liu and T. Eriksson. 1991. Plant regeneration from protoplasts of *Panax ginseng* C.A. Meyer through somatic embryogenesis. *Plant Cell Reports* 10:277-281.
- Chae, Y.A., J.G. Heu and J.W. Lee. 1988. *In vitro* breeding for salt-tolerance rice: Callus growth in stepwise increase of saline stress and the nature of salt tolerance. *Korea J. Breeding* 21:46-50.
- Chang, W.C. and Y.I. Hsing. 1980. Plant regeneration through embryogenesis in root-derived callus of ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Theor. Appl. Genet.* 57:133-135.
- Choi, Y.E. and W.Y. Soh. 1977. Enhanced somatic single embryo formation by plasmolyzing pretreatment from cultured ginseng cotyledons. *Plant Sci* 130:197-206.
- Choi, Y.E., D.C. Yang and K.T. Choi. 1998a. Induction of somatic embryos by macrosalt stress from mature zygotic embryos of *Panax ginseng*. *Plant Cell. Tissue and Organ Culture* 52: 77-181.
- Choi, Y.E., D.C. Yang, E.S. Yoon and K.T. Choi. 1999. High efficiency plant production via direct somatic single embryogenesis from pre-plasmolysed cotyledons of *Panax ginseng* and possible dormancy of somatic embryos. *Plant Cell Report* 18:493-499.
- Choi, Y.E., D.C. Yang, J.C. Park, W.Y. Soh and K.T. Choi. 1998b. Regeneration ability of somatic single and multiple embryos from cotyledones of Korean ginseng on hormone-free medium. *Plant Cell Reports* 17(6): 584-551.
- Croughan, S.F., S.J. Stavarek and D.W. Rains. 1978. Selection of a NaCl tolerant line of cultured alfalfa cell. *Crop Sci.* 18:959-963.
- Fennell, A. and R.M. Hauptmann. 1992. Electroporation and PEG delivery of DNA into maize microspores. *Plant Cell Repor* 11:567-570.
- Gabriele, M., M.S. Jurgan and J.B. Hans. 1990. Direct screening of a small genome: Estimation of the magnitude of plant gene expression changes during adaptation to high salt. *Mol. Gen. Genet.* 224:347-356.
- Glaser, H.U., D. Thomas, R. Gaxiola, F. Montrichard, S.K. Yolande and R. Serrano. 1993. Salt tolerance and methionine biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* involve a putative phosphatase gene. *The EMBO Journal* 12(8):3105-3110.
- Gulick, P. J. and J. Dvorak. 1992. Coordinate gene response to salt stress in *Lophopyrum elongatum*. *Plant Physiol.* 100:1384-1388.
- Kim, J.H. 1964. Sun- and Shade-tolerance, and optimum light intensity for the growth of ginseng plant. *Seoul Univ. J.(B)*15:94-101.
- Nabors, M.W., A. Daniels, L. Nadolny and C. Brown. 1975. Sodium chloride tolerant lines of tobacco cells. *Plant Science Letters* 4:155-159.
- Nabors, M.W., S.E. Gibbs, C.S. Bernstein and M.E. Meis. 1980. NaCl-tolerant tobacco plants from cultured cells. *Z. Pflanzenphysiol. Bd.* 97.S:13-17.
- Park, H.J., S.Y. Oh, K.W. Choi, E.S. Yoon and D.C. Yang. 2000. Effects of jasmonic acid and methyl

- jasmonate on the production of ginsenosides in the hairy roots of Korean ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer). J. Ginseng Research 24(2):74-78.
- Ryu, J.H., T.H. Kwon and S.Y. Choi. 1991. Tissue culture for the selection salt tolerant lines in Alfalfa(*Medicago sativa* L.). Korean J. Plant Tissue Culture 4:239-246.
- Yang, D.C., Y.H. Kim, D.C. Yang, B.H. Min, S.L. Shin and K.T. Choi. 1998. Selection of active grow hairy root lines in ginseng. Korean J. Plant Tissue Culture 25(6):525-530.
- Yoon, Y.S., M.S. Kim, and D.C. Yang. 2004. Selection of ginseng superior lines tolerant to salt stress through zygotic embryo culture. Korean J. Plant Res. 17(3):257-264.
- 남기열. 1991. 토양염류 농도가 고려인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 박사학위논문, 충남대학교 대학원.
- 최광태. 1983. 인삼재배. 한국농업기술사. p377-383.
- 최광태. 1988. 21세기를 향한 육종전략. 한국육종학회지 제20권 별호:43-45.
- (접수일 2004. 9. 10)
(수락일 2004. 11. 18)