

# 두릅나무 '자오'의 체세포배 유도과 식물체 형성에 미치는 생장조절제 및 삼투압제 효과

김지아, 문흥규\*, 김용욱  
국립산림과학원 생물공학과

## Effect of Growth Regulators and Osmoticums on Somatic Embryogenesis and Plants Regeneration in *Aralia elata* Cultivar 'Zaoh'

Ji-Ah Kim, Heung-Kyu Moon\*, Yong-Wook Kim

Biotechnology Division., Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

**ABSTRACT** Effective micropropagation system via somatic embryogenesis was established for a *Phytophthora* resistant *Aralia elata* cultivar. Different kinds of growth regulators were needed to induce embryogenic callus with different explant sources. When leaf explants were used, a combination of 2,4-D, TDZ and L-glutamine was needed, whereas when petiole and root explants needed only 1.0 mg/L 2,4-D. Embryogenic callus induction rate under the optimum culture condition was 75.0%, 67.0% and 83.0% from leaf, petiole and root segment, respectively. Somatic embryo germination and plantlet conversion rate appeared to be influenced greatly by various osmoticums. More than 90% of embryos germinated when treated with sucrose, glucose and maltose. However, the highest conversion rate (72%) was recorded on medium with 2% sucrose only. The converted plantlets grew normally on 1/2MS basal medium, were acclimatized on artificial soil mixture and survived more than 95% in the greenhouse condition. The results suggest that the species can be clonally propagated through in vitro culture system via somatic embryogenesis.

**Key words:** Japanese angelica tree, *Phytophthora* resistant cultivar

### 서 론

두릅나무 (*Aralia elata* Seem.)는 두릅나무과에 속하는 다년생 관목으로 수고 4-5m에 달한다. 봄철의 새순을 식용으로 사용하며 뿌리와 줄기는 약용으로 쓰이고, 특히 근피 추출물은 전통적으로 신경쇠약이나 류머티즘, 당뇨병, 간염 그리고 위경련 등의 치료에 사용되어 왔다. 또한 항미생물 활성물질을 포함하고 있어 항균제로써의 사용가치가 크고, 최근에는 두릅나무의 줄기에서 추출한 새로운 cytotoxin protein인 Aralin이라는 물질이 사람의 암세포의 자연적 사멸을 유도하는 것으로 보고된 바 있다 (Tomatsu

et al. 2003).

두릅나무의 번식은 종자를 이용한 실생 번식법과 뿌리를 이용한 근삽법이 사용되고 있으나, 실생 번식은 채종상의 문제와 육묘시에 균일한 묘목을 얻기 어렵기 때문에 번식은 주로 근삽법을 이용하고 있다. 그러나 근삽 역시 시기가 봄철에 국한되고, 근삽수 채취를 위해서는 다량의 묘목이 필요한 단점이 있다 (Moon et al. 1999a). 더욱이 배수가 불량한 토양에서는 삼목 후 토양에서 뿌리의 상처부위를 통해 감염되는 역병의 피해가 심각하여 두릅재배의 치명적인 문제가 되기도 한다 (Amemiya et al. 1990).

두릅나무 '자오'는 일본에서 개발 육성된 품종으로 두릅나무의 재배시 문제가 되는 입고역병 (*Phytophthora cactorum*)에 대한 저항성 품종으로 알려져 있다 (Amemiya et al. 2002). 또한 다른 두릅 품종에 비해 결눈이 커서 측

\*Corresponding author Tel 031-290-1163 Fax 031-290-1020  
E-mail: hkmoon@foa.go.kr

성재배 시 수확량이 우수하고 이로 인해 두릅나무재배 농가에서 선호하는 품종중 하나이지만 국내에서는 공급이 부족하여 비싼 가격으로 묘목이 거래되고 있다.

기내번식법은 기존의 방법으로 번식이 어려운 여러 목본 수종의 효과적인 번식 수단으로 (Rodriguez and Vendrame 2003), 두릅나무에서도 체세포배 유도 및 생물반응기를 이용한 대량 번식법이 제시된 바 있으나 (Park et al. 1994; Jhang et al. 1993, 1994; Moon and Yoon 1999a; Moon et al. 1999b; Lee et al. 2004), 아직 '자오'에 대한 체계적인 체세포 배발생 연구는 보고된 바 없다. 본 연구는 두릅나무 '자오'의 효율적인 기내 번식법을 확립하고자 체세포배 유도에 미치는 배양 절편, 생장조절제 효과, 체세포배 발아 및 식물체 형성에 미치는 삼투압제의 영향을 구명하였다.

## 재료 및 방법

### 식물재료

국립산림과학원 조직배양실에서 기내 생육중인 두릅나무 '자오'를 재료로 하였다. 식물체는 2% sucrose (w/v)와 0.3% gelrite (w/v)를 첨가한 1/2 MS 배지 (Murshige and Skoog 1962)에서 약 4주간의 계대배양 주기로 1년 이상 유지해 온 것으로 본 실험에 사용한 시료는 새로운 배지에 계대배양한 후 3~4주 정도 자란 5~6 cm 크기의 건전한 식물체를 재료로 사용하였다.

### 캘러스 및 체세포배 유도

캘러스 유도를 위해 뿌리는 0.7 cm, 엽병은 0.3 cm의 길이로 절단하여 사용하였고, 잎은 엽연을 제거하고 0.4×0.5 cm 정도의 크기로 절단하여 절편으로 사용하였다. 본 실험에 사용한 식물생장 조절물질 종류 및 농도는 다음과 같다. MS 배지에 2,4-D, TDZ, L-glutamine을 첨가한 4가지 종류의 배지 [① 2,4-D 1.0 mg/L, ② 2,4-D 1.0 mg/L + TDZ 0.01 mg/L, ③ 2,4-D 1.0 mg/L + L-glutamine 1 g/L, ④ 2,4-D 1.0 mg/L + TDZ 0.01 g/L + L-glutamine 1g/L]에 3% sucrose (w/v), 0.3% (w/v) gelrite를 사용하였다. 모든 배지는 pH 5.7로 맞추고 121℃에서 15분간 고압 멸균한 다음 1회용 Petri-dish (87×15 mm)에 25 mL씩 분주하여 사용하였다. L-glutamine은 멸균 후에 filtering 첨가하였다. 배양은 1일 16시간 조명 (40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 광량)속 밀도, 온도 24±2℃가 유지되는 배양실에서 실시하였다. 잎 절편은 뒷면이 배지에 접촉되도록 치상하고, 엽병과 뿌리는 수평으로 배지에 접촉 되도록 Petri-dish 당 5~6개씩 치상하여 20반복하였다. 치상 4주 후 각 처리에 대한 비배발생 및 배발생 캘러스 유도율을 조사하였다.

### 체세포배 발아 및 재분화에 미치는 삼투압제 효과

어뢰형 단계에서 초기 자엽형 단계의 배를 선별하여 발아 및 식물체 재분화에 미치는 삼투압제 종류 및 농도별 효과를 시험하였다. 배지는 1/2MS 배지에 5가지 삼투압제 (sucrose, glucose, maltose, sorbitol, mannitol)를 1, 2, 3% (w/v) 농도로 처리하였으며, 0.3% (w/v) gelrite로 경화하였다. Petri-dish 당 약 30개의 체세포배를 치상하여 처리별로 3반복하였다. 배양 4주 후 처리별로 발아, 재분화 및 식물체의 형태적 특징을 조사하였다. 여기에서 의미하는 발아는 배축이 신장되고 뿌리가 내리는 것을 말하며, 식물체 형성은 뿌리가 내린 다음 자엽이 전개되어 정상적인 식물체 형태를 갖춘 것을 기준으로 하였다.

### 식물체 재분화 및 순화

정상적인 유식물체 (3~5 cm)를 1/2MS 배지 (sucrose 2%, gelrite 0.3%)에서 3~4주 간 배양한 다음 병에서 꺼내어 수돗물로 뿌리의 gelrite를 제거한 후 인공상토에 이식하였다. 상토는 peatmoss, perlite, vermiculrite를 동량 (1:1:1 v/v/v)으로 섞어 사용하였고, 플라스틱 상자 (45×65×25 cm)에 높이 15 cm 까지 상토를 채운 후 유묘를 이식하였다. 이식 후 충분히 관수하고 투명 비닐과 아크릴 판을 덮어 충분한 습도를 유지 하였으며, 3~5일이 지난 후부터는 간헐적인 관수와 환기하여 활착을 유도하였다.

## 결과 및 고찰

### 배발생 캘러스 및 체세포배 유도

4종류의 캘러스 유도배지에서 어느 절편에서나 배양 2주 후부터 절단면을 중심으로 캘러스가 형성되기 시작하였으며, 4주 후에는 절편에 따라 배발생 캘러스가 관찰되었다. 배발생 캘러스는 노란색을 띠며 캘러스 조직이 부서지기 쉬운 반면, 녹색과 흰색을 띠는 비배발생 캘러스 특징은 조직이 단단하고 수분이 많은 형태로 배발생 캘러스와 육안적인 식별이 가능하였다. 또한 어느 절편에서나 비배발생 캘러스 혹은 배발생 캘러스가 동시에 형성되었으며, 이미 형성된 배발생 캘러스에서는 체세포배가 유도되어 기형으로 발아되기도 하였다. 노란색의 부서지기 쉬운 캘러스는 두릅나무에서 관찰되는 전형적인 배발생 캘러스로 Jhang 등 (1994), Moon and Yoon (1999), Moon 등 (1999)의 결과에서도 관찰된 내용이다.

4가지 배지에서 절편별 캘러스 유도 반응은 매우 다르게 나타났다. 잎 절편은 절단면을 중심으로 캘러스 형성 후 체세포배가 유도되었다 (Figure 2A). 생장조절제로는 1.0 mg/L

2,4-D 및 0.01 mg/L TDZ의 혼합처리가 배발생 캘러스의 유도에 주효하여 75% 이상 형성되었고, 2,4-D의 단독 처리는 갈색 또는 백색의 비배발생 캘러스가 형성되고 배발생 캘러스는 2% 미만으로 그 효과가 떨어졌다.

엽병과 뿌리 절편에서는 절단면에서 캘러스가 형성된 다음 절편전체가 부풀어 오르는 형태로 캘러스가 형성되었다. 초기의 캘러스 형성은 4가지 배지에서 거의 비슷하게 나타났으나, 배발생 캘러스의 유도는 2,4-D 단독 처리에서 더 양호하였다 (Figure 1). 4주간의 배양 결과 MS+2,4-D 1.0 mg/L 조건에서 엽병은 67%, 뿌리는 83%의 배발생 캘러스 형성을 보였고, L-glutamine 처리 시에는 62%와 72%로 다소 낮은 배발생 캘러스 형성을 보였다. 더욱이 동일 배지에 TDZ 및 L-glutamine 의 처리 시에는 각각 21% 및 27%의 저조한 배발생 캘러스가 형성되어 두릅나무 '자오'의 엽병 및 뿌리를 절편으로 한 배발생 캘러스 유도에는 2,4-D의 단독 처리가 주효한 것으로 나타났다 (Figure 1). 한편 이미 형성된 배발생 캘러스에서는 체세포배가 산발적으로 유도되어 서로 다른 발달 단계의 배로 발달되었다 (Figure 2, BC).

L-glutamine은 nitrogen을 환원시켜 stress 요인을 유발하여 체세포 배발생을 촉진시키는 것으로 보고된바 있다 (Tachikawa et al. 1998). 본 실험 결과 잎 절편에서 2,4-D와 TDZ의 혼합 처리구에서 L-glutamine 처리시 배발생 캘러스 유도율이 75%로 높게 나타났다 (Figure 1, Leaf D). 그러나 엽병과 뿌리 절편에서는 성장조절제에 관계없이 L-glutamine이 처리가 배발생 캘러스 유도에 효과가 없는 것으로 나타나 절편에 따른 차이를 보였다. 따라서 엽조직에서 나타난 L-glutamine의 처리효과가 두 가지 성장조절제와의 상승작용에 기인한 것인지 혹은 Tachikawa 등 (1998)의 결과와 같이 stress 효과인지는 불분명하다. 그러나 잎 절편에서 유도되는 체세포배는 캘러스가 형성된 이후에 캘러스로부터 분화되거나, 혹은 절단조직에서 직접 유도되는 형태로 관찰되어 L-glutamine이 배발생 캘러스유도에 효과를 미친 것으로 추정된다.

동종의 두릅나무라 하더라도 배발생 캘러스 유도 조건은 매우 다양하게 나타난다. Kaimori (1986)와 Amemiya 등 (1990)은 엽병에서 2,4-D 단독 혹은 2,4-D와 BA의 혼합처리로 효과적으로 배발생 캘러스를 유도하였고, Jhang 등 (1993)은 엽육을 절편으로 2,4-D 단독처리로 캘러스를 얻지 못한 반면, TDZ 고농도의 단독처리로 높은 배발생 캘러스 유도율을 보고하였다. 한편 Jhang 등 (1994)은 엽병에서 2,4-D와 TDZ의 혼합처리가 효과적이라고 하여 절편에 따른 성장조절제의 요구도가 다른 것을 보여주었다. 최근의 결과에 따르면 두릅나무는 종내의 유전자형에 따라 배발생에 많은 차이를 보이는 것으로 발표된 바 있다 (Moon et al. 2001). 본 실험결과 엽병에서는 Kaimori (1986)와 Amemiya (1990)의 결과와 유사하지만, 엽육과 뿌리에서는 Jhang 등 (1994)의 결과와 유사하여 동일한 개체라 하더라도 절편에

따라 성장조절제 및 아미노산의 요구도가 다른 것을 확인할 수 있었다. 따라서 동일한 식물체라 할지라도 절편의 종류에 따라 체세포배 유도에 요구되는 배양조건의 적정화가 필요함을 시사해 준다. 한편 절편체 종류와는 상관없이 체세포배는 대개 절단면 부위에서 더 많이 유도되는 경향을 보이는데 이는 wounding에 의한 stress 효과가 나타난 것으로 추정된다 (Hernandez et al. 2003).

체세포배 발달 및 식물체 형성

어뢰형 단계에서 초기 자엽형의 체세포배를 선별하여 체세포배 발달과 및 식물체 형성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 삼투압제 무처리 배지에서는 발아율 51%, 식물체 형성을 15%로 매우 저조하였고 차후 식물체의 발달이 저조하여 새로운 배지로 계대배양 후에도 정상적인 생육이 어

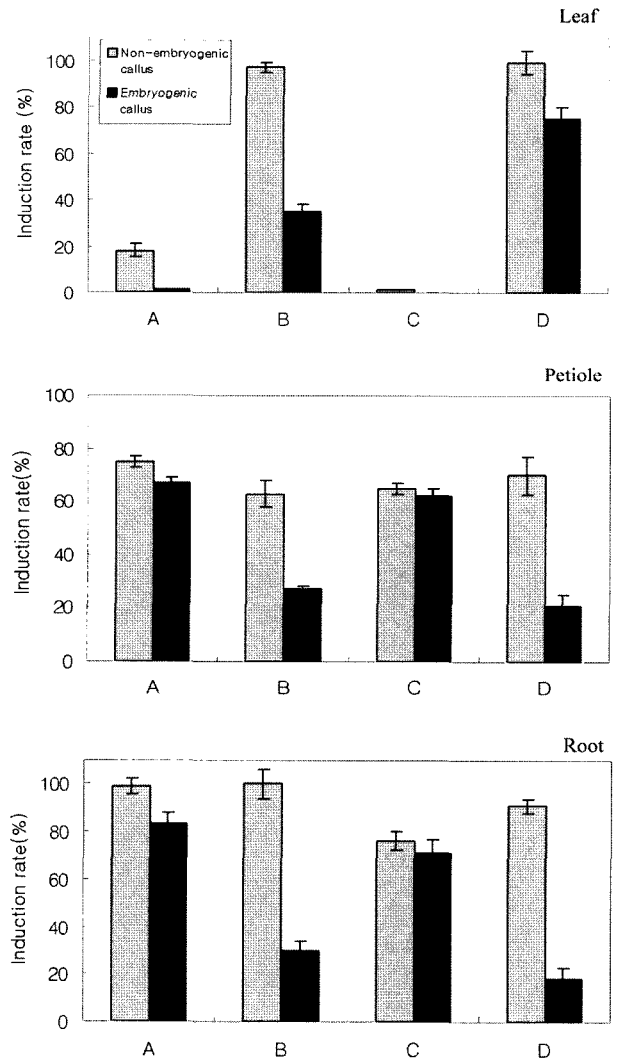


Figure 1. Effect of plant growth regulators on non-embryogenic callus and embryogenic callus induction of *Aralia elata* CV. 'Zaoh'. A: MS+2,4-D 1.0 mg/L, B: MS+2,4-D 1.0+TDZ 0.01 mg/L, C: MS+2,4-D 1.0 mg/L+L-glutamine 1g/L, D: MS+2,4-D 1.0 mg/L+TDZ 0.01 mg/L+L-glutamine 1g/L.

려운 것으로 나타났다. 발아 및 식물체 형성은 2% sucrose 에서 가장 좋은 95% 및 72%를 각각 나타내었고 (Table 1, Figure 2E), 식물체의 생장 또한 이 농도에서 가장 양호 하고 뿌리의 발달도 좋은 것으로 나타났다. 농도에 따라서는 어느 삼투압제에서나 농도가 높아질수록 잎이 진녹색을 띠고 뿌리의 발달이 촉진되었으나 3% 수준에서 식물체 형성 율은 감소되었다. 이러한 결과는 배지의 삼투압이 지나치게 높거나 탄소원의 독성에 의한 해로운 작용으로 추측된다 (Mamiya and Sakamoto 2000).

Glucose 처리시는 1%에서 95.5%의 발아율과 63.9%의 가장 좋은 식물체 형성율을 나타냈으며, 잎의 생장과 뿌리 발달에 있어서도 2% sucrose 처리와 유사하였다 (Figure 2F). 따라서 glucose는 1%에서 sucrose를 대체하여 사용하 여도 두릅나무 ‘자오’의 체세포배 발아 및 식물체 형성에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. Maltose는 1~3% 농도에서 90% 이상 체세포배 발아율을 나타냈으나, 식물체의 형성은 모든 농도에서 50% 이하로 저조하였다. 또한 잎의 발달이 sucrose와 glucose에 비해 좋지 않았다 (Figure 2G). Sorbitol 과 mannitol의 처리시는 1~3% 농도에서 체세포배 발아율 57~75%로 나타났으나, 식물체 형성은 4~10%로 저조하 고 잎의 발달과 뿌리의 생장이 저조하게 나타나 식물체 생 육에 부적당한 것으로 나타났다 (Table 1).

Sucrose는 식물 조직배양에서 가장 보편적으로 사용하는 탄소원 혹은 삼투압제 이지만 (Fuentes et al. 2000), 저산소 stress나 식물체내의 대사작용 촉진을 통해 에탄올에 의한

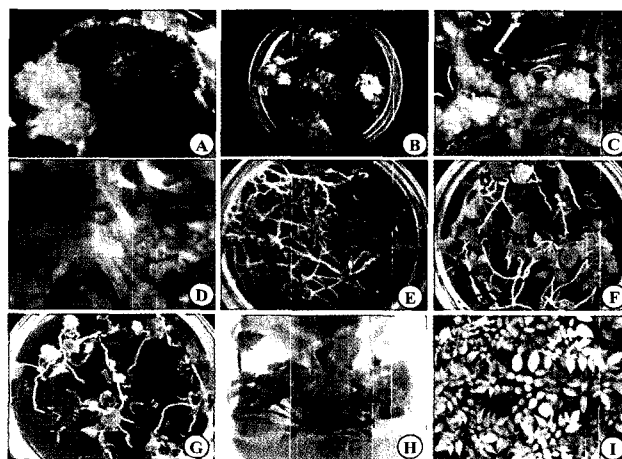
피해를 줄 수 있으므로, 이러한 경우에는 다른 탄소원으로 대체하여 사용할 수 있음이 시사되었다 (Ramarosandratana et al. 2001). 본 실험에서의 체세포배 발아 및 재분화는 2% sucrose 처리로 양호한 결과를 나타내어 다른 탄소원으로의 대체가 필요 없지만, 만약 sucrose의 대체용 탄소원이 필요 하다면 1% glucose를 사용하여도 크게 문제가 없을 것으 로 생각된다.

기내배양된 다양한 식물에서 탄소원은 에너지원으로의 역할 뿐만 아니라 삼투압 조절을 통한 세포와 조직, 기관의 생장 그리고 잎과 뿌리 등의 형태형성에 관여한다고 알려 져 있다 (Karhu 1997). Iraqi와 Tremblay (2001)는 white spruce와 black spruce의 체세포배 유도에서 sucrose는 탄 소원이나 에너지원, 삼투조절제로의 역할뿐 아니라 체세포 배의 성숙을 조절하는 요소로서도 중요하다고 하였으며, sucrose를 이용한 가수분해와 이로 인해 만들어진 저장 단 백질은 체세포배의 성숙기간 동안 축적되어 이것이 발아와 식물체로의 재분화에 영향을 준다고 하였다. 또한 당근의 체세포배 발아와 재분화에서는 sucrose가 신호조절 체계로 서의 역할을 하는 것으로 추정하였다 (Yang et al. 2004). 한편, 배지내 삼투압제의 처리는 단독처리보다 혼용처리가 더 좋은 결과를 보이기도하며 농도에 있어서도 식물에 따 라 다소 다르다. Biahou와 Bonneau (1999)는 sucrose의 단독 처리보다는 glucose 혹은 maltose 등과 적정 비율로 혼용처리 하는 것이 체세포배의 성숙과 식물체 형성에 효 과가 있음을 시사하였고, 오이에서는 sucrose와 glucose의

**Table 1.** Effect of different osmoticums on somatic embryo germination and plantlet conversion.

Osmoticums	Concentration (%)	Germination* (%)	Plant conversion* (%)
Control	0	51.6	15.3
Sucrose	1	73.0	58.5
	2	95.2	72.0
	3	91.9	62.3
Glucose	1	95.5	63.9
	2	95.3	57.1
	3	91.9	31.9
Maltose	1	96.5	39.7
	2	93.9	46.3
	3	95.3	50.2
Sorbitol	1	65.7	10.8
	2	58.0	8.0
	3	69.9	5.5
Mannitol	1	65.4	4.9
	2	57.1	5.4
	3	75.3	5.8

\* The frequency was observed after 4 weeks of culture.



**Figure 2.** Somatic embryogenesis and plant conversion from different explants of *Aralia elata* CV. 'Zaoh'. A- Embryogenic callus and somatic embryos induction from leaf explant; B-Somatic embryo induction and germination from petiole explants; C- Induction of various developmental stage embryos and secondary somatic embryos from root segment; D- Abnormally germinated somatic embryos from root explants; E, F and G - Converted plantlets on 1/2 MS basal medium by different osmoticums treatment (E- 2% sucrose, F- 1% glucose and G- 1% maltose); H- Normally growing plantlets on 1/2 MS basal medium; I- Acclimatized plantlets in artificial soil mixture.

혼용처리로 높은 체세포배의 형성과 발아를 통한 식물체를 얻을 수 있었다 (Lou and Kako 1995). 반면, Alfalfa에서는 3~% sucrose 농도에서 체세포배의 성숙 및 식물체 형성율이 증가하였고, 오이와 담배에서는 sucrose, glucose와 fructose의 혼용처리로 유사한 결과를 얻었으나, 체세포배의 발아율은 sucrose에서 더 높게 나타났다고 하였다 (Ladyman and Girard 1992). 그 외 체세포배의 발아와 식물체 형성에 있어서 sucrose의 농도는 종에 따라 차이를 보이고 있으나, 많은 식물에서 2~5%의 농도 범위에서 좋은 결과를 얻고 있다.

순화 및 pot묘 육성

식물체로 형성되어 1.5~2cm 정도로 자란 유식물체는 1/2 MS (sucrose 2%, gelrite 0.3%) 기본배지를 분주한 유리병 (10 × 5 cm)에 옮겨 4주간 배양하였고, 거의 모든 식물체가 정상적으로 성장하였다. 어린 식물체 (5~7 cm)는 조심스럽게 병에서 꺼내어 뿌리에 붙은 배지를 흐르는 물로 제거한 후 플라스틱 상자의 인공상토 (vermiculrite, peatmoss, perlite, 1:1:1 v/v)에 이식하여 순화하였다. 순화 3주 후 95%의 활착율을 보였고, pot로 이식하여 정상적으로 성장하였다 (Figure 2 I).

적 요

체세포배 유도를 통해 두릅나무 역병 저항성 개체인 '자오'의 효율적인 재분화가 가능하였다. 절편에 따라 배발생 캘러스에 요구되는 생장조절제의 종류가 다르게 나타났다. 앞의 경우 MS 배지에 2,4-D와 TDZ, L-glutamine이 처리된 배지에서 캘러스와 체세포배의 유도가 양호하였으며, 엽병과 뿌리는 2,4-D 단독처리 시 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 적정 배양조건하에서 배발생캘러스 유도율은 잎, 엽병, 뿌리로부터 각각 75%, 67% 및 83%를 나타냈다. 삼투압제 처리에 따른 체세포배의 발아율은 sucrose, glucose, maltose 모두 90% 이상의 발아율을 보였으나, 식물체 형성은 2% sucrose에서 72%로 가장 좋았다. 어린 식물체는 생장조절제를 첨가하지 않은 1/2MS 배지에서 정상 식물체로 성장하였고, 인공상토에 이식하여 95% 이상 순화하였다. 본 실험결과는 두릅나무 역병 저항성 개체 '자오'의 체세포배 발생을 통한 기내 대량증식이 가능함을 보여주었다.

인용문헌

Amemiya K, Fujiki T, Hyuga S (1990) Mass propagation by tissue culture in Japanese angelica tree (*Aralia elata*). Ann. Rep. Yamanasi Agri Exp Stn (Japan) 5: 11-22  
 Amemiya K, Mochizuki T (2002) Somatic embryo formation and plant regeneration in 'Zaoh' line No. 2 of Japanese

Angelica tree (*Aralia elata* Seem.). Plant Biotech 19: 383-388  
 Biahoua A, Bonneau, L (1999) Control of *in vitro* somatic embryogenesis of the spindle tree (*Euonymus europaeus* L.) by the sugar type and the osmotic potential of the culture medium. Plant Cell Rep 19: 185-190  
 Fuentes SRL, Calheiros MBP, Manetti-Filho J, Vieira LGE (2000) The effects of silver nitrate and different carbohydrate sources on somatic embryogenesis in *Coffea canephora*. Plant Cell Tiss Org Cult 60: 5-13  
 Hernandez I, Celestino C, Alegre J, Toribio M (2003) Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis: II. Plant regeneration from selected cork oak trees. Plant Cell Rep 21: 765-770  
 Iraqi D, Tremblay FM (2001) The role of sucrose during maturation of black spruce (*Picea mariana*) and white spruce (*Picea glauca*) somatic embryos. Physiol Plant 111: 381-388  
 Jhang HH, Park CH, Cho DH, Shin YB (1993) Callus induction and plant regeneration from leaf tissue culture of *Aralia elata* S. Kor J Crop Sci 38: 366-370  
 Jhang HH, Park CH, Lee YS, Shin YB (1994) Somatic embryogenesis and plant regeneration in suspension cultures of *Aralia elata* Seem. Kor J Plant Tiss Cult 21: 167-171  
 Kaimori N (1986) Mass propagation of Japanese angelica tree (*Aralia elata*) through biotechnology. Agri Hort 61: 75-77  
 Karhu ST (1997) Sugar use in relation to shoot induction by sorbitol and cytokinin in apple. J Am Soc Hort Sci 122: 476-480  
 Ladyman JAR, Girard B (1992) Cucumber somatic embryo development on various gelling agents and carbohydrate sources. HortSci 27: 164 - 165  
 Lee WS, Choi EG, Kim JH (2004) Mass propagation of somatic embryos and plantlets of *Aralia elata* through bioreactor culture. Kor J Plant Biotech 31: 219-223  
 Lou H, Kako S (1995) Role of high sugar concentration in inducing somatic embryogenesis from cucumber cotyledons. Sci Hort 64: 11-20  
 Mamiya K, Sakamoto Y (2000) Effect of concentration and strength of basal medium on conversion of somatic embryos in *Asparagus officinalis* L. Sci Hort 84: 15-26  
 Moon HK, Youn Y (1999) Somatic embryogenesis from winter buds of 10-year-old *Aralia elata*. In : SM Jain, PK Gupta, RJ Newton (eds.), Somatic Embryogenesis in Woody Plants Vol 5, Kluwer Aca Pub, pp 129-134  
 Moon HK, Oh KE, Son SH (1999) Factors influencing somatic embryo induction and plant regeneration in *Aralia elata* Seem. Kor J Plant Tiss Cult 26: 275-280  
 Moon HK, Hong YP, Kim YW, Lee JS (2001) Genotype effect on somatic embryogenesis and plant regeneration of 15 *Aralia elata*. Kor J Plant Tiss Cult 28: 129-134  
 Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol

- Plant 15: 437-479
- Park CH, Lee YS, Jhang HH, Kim NS, Shin, YB (1994) Effect of media and plant growth regulator on germination of somatic embryos of *Aralia elata* SEEM. Kor J Med Crop Sci 2: 241-245
- Ramarosandratana A, Harvengt L, Bouvet A, Galvayrac R, Paques M (2001) Effect of carbohydrate source, polyethylene glycol and gellan gum concentration on embryonal-suspensor mass proliferation and maturation of maritime pine somatic embryos. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 37: 29-34
- Rodriguez APM, Vendrame WA (2003) Micropropagation of tropical woody species. In : SM Jain and K Ishii (eds.), Micropropagation of Woody Trees and Fruits, Kluwer Academic Pub, pp 153-179
- Tachikawa Y, Saitou T, Kamada H, Harada H (1998) Changes in protein pattern during stress induction of carrot (*Daucus carota* L.) somatic embryogenesis. Plant Biotechnol 15: 17-22
- Tomatsu M, Ohnishi-Kameyama M, Shibamoto N (2003) Aralin, a new cytotoxic protein from *Aralia elata*, inducing apoptosis in human cancer cells. Cancer Lett 199: 19-25
- Yang Z, Zhang L, Diao F, Huang M, Wu N (2004) Sucrose regulates elongation of carrot somatic embryo radicles as a signal molecule. Plant Mol Biol 54: 441-459

(접수일자 2005년 4월 11일, 수리일자 2005년 5월 18일)