

두릅 (*Aralia elata*)의 체세포배 유도, 발아 및 식물체 재분화에 미치는 요인

문흥규* · 오경은 · 손성호
임업연구원 임목육종부

Factors Influencing Somatic Embryo Induction and Plant Regeneration in *Aralia elata* Seem.

MOON, Heung Kyu* · OH, Kyoung Eun · SON, Sung Ho

Department of Tree breeding, Forestry Research Institute, Suwon, 441-350, Korea

ABSTRACT In order to find optimum conditions for somatic embryogenesis from different individual (2-year-old) in *Aralia elata* were cultured on MS medium supplemented with 1.0 mg/L 2,4-D, 3% sucrose, and 0.3% gelrite. We also investigated the effect of MS medium salt concentration, BA and ABA on the embryo germination and plant regeneration. While noticeable difference was observed on somatic embryo induction among different individual tree, no apparent difference was seen in both germination and regeneration frequencies. Compared with non-embryogenic calli, embryogenic calli tended to look yellow and/or pale brown in color, slowly growing and soft in their texture. Regardless of BA or ABA treatment, half-strength MS salt medium proved to be better than full strength MS medium in both embryo germination and plant regeneration. Both hypocotyl and cotyledon developments were slightly promoted by adding 0.1 mg/L BA. However, its effect on germination and regeneration seemed inferior to control. ABA treatment on somatic embryos at their torpedo and early cotyledonary stages resulted in poor response in germination and regeneration. Although most regenerated plantlets varied greatly in cotyledon number and shape, they could be developed into normal plants after 4 weeks in culture. More than 95% plantlets were acclimatized in an artificial soil mixture, successfully transplanted to nursery bed and grew normally without any phenotypic abnormality.

Key words: Individual tree, salt concentration, embryo germination and regeneration

서 론

식물 기내배양에 영향을 주는 요인은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 외부적 요인, 즉 배지의 조성, 성장조절물질, 온도 및 빛 등의 배양환경이며, 또 하나는 배양하는 조직의 생리적 상태, 조직의 종류, 성숙도, 눈 (bud)의 위치효과 그리고 유전적인 요인을 들 수 있다 (Pierik 1987). 조직배양으로 식물체의 재분화가 효과적으로 이루어지려면 이러한 제 요인이 적절히 충족되어야 한다. 임목은 주로 타가 수정을 하고, 장

수성 수종이며, 유전적인 변이가 초본성 농작물 보다 크다 (Hackett 1987). 많은 경우 이러한 임목의 특성은 조직배양에서도 나타나 다른 초본식물보다 조직배양이 어려운 경우가 많다. 따라서 임목 조직배양의 성패는 배양조건의 적정화는 물론 배양이 잘되는 클론이나 개체의 선택이라는 요인에 좌우될 수 있다 (Ahuja 1983).

두릅나무 (*Aralia elata* Seem.)는 관목 수종으로 수고는 4~5 m에 달한다. 봄철에 새순을 식용으로 하고, 뿌리는 약용으로 가치가 크다 (Kim 1996). 최근에는 건강식품에 대한 국민의 선호도가 커지면서 두릅의 수요도 증대하여 재배를 통한 농한기 단기 소득 수종으로도 장려되고 있다 (Jhang et al. 1994). 이 수종은 비교적 기내 분화력이 높아 조직배양 연구가 많이 이루어져 캘러스 배양 (Choi and Park 1991)과 엽조

*Corresponding author. Tel 0331-290-1199
E-mail jesuismhk@ppp.kornet21.nm.kr

직 등을 이용한 체세포배 유도 및 식물체 재분화의 연구가 이루어져 왔다 (Lee and Soh 1993a, 1993b; Jhang et al. 1993, 1994; Park et al. 1994a, 1994b; Moon et al. 1998). 우리는 기 보고 (Moon et al. 1998)를 통해 10년 생 두릅나무의 동아 유조직을 절편으로 체세포배 발생을 통한 식물체 재분화를 보고한 바 있다. 본 연구는 두릅의 체세포 배발생에 미치는 개체목간의 차이와 체세포배 발아 및 식물체 재분화에 미치는 배지염류 농도, BA 및 ABA의 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

식물재료

임업연구원 임목육종부의 구내 야산에서 2년 생 두릅나무 11본 (수고 1 m 내외)을 임의로 선정하였다. 개체별로 정아가 있는 줄기를 약 15 cm로 절단하여 실험실로 운반하고, 다시 정아 부분을 약 3~5 cm 길이로 절단하여 수돗물로 수회 세척한 다음 이전의 방법 (Moon et al. 1998)으로 표면살균하였다.

캘러스와 체세포배 유도

MS (Murashige and Skoog 1962) 기본배지에 2,4-D 1.0 mg/L, sucrose 3%를 첨가하고 0.3% gelrite로 경화하여 1 회용 Petri dish에 25 ml 씩 분주하여 사용했다. 표면살균 된 절편의 조제는 해부용 칼로 동아의 인편을 벗겨낸 후 노란색의 어린잎을 2~3 mm 길이로 잘게 나누어 샤페 당 5~10 개씩 치상하여 5 반복을 두었다. 캘러스 유도배지에서 4 주간 배양된 캘러스를 염류를 반감시킨 1/2 MS, sucrose 2%, 0.3% gelrite 경화배지에 계대하여 체세포 배를 유도하였다.

체세포배 발아 및 식물체 재분화

배지는 1/2 MS 및 MS 배지에 BA는 0, 0.1, 0.5 mg/L로 각각 처리하고, ABA는 0.1, 0.5 mg/L로 멸균 여과하여 사용하였다. 발아 및 식물체 재분화 실험은 체세포배 발생빈도가 가장 양호하였던 6번 개체를 재료로 (Table 1) 어뢰형에서 자엽 초기 단계에 이르는 것을 선별하여 처리 당 30 개씩 이용하였다. 모든 배양체는 4 주마다 새로운 배지로 계대배양 하였고, 1일 16시간 조명 ($40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 냉백색 형광등), $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지되는 배양실에서 배양했다.

식물체 순화

재분화된 유식물체는 인공배양토 (피트모스, 버미큘라이트, 펄라이트 1:1:1, v/v/v)가 담긴 비닐 포트에 옮겨 공중습도를

높게 유지하며 환경순화하였다. 3주간 순화 후 포지로 이식하였다.

결 과

체세포배 유도에 미치는 개체목의 효과

모든 배양된 조직의 절편에서 캘러스가 유도되었다. 캘러스는 절편의 잘린 부분에서 먼저 형성되었고 색깔은 담황색에서 노란색, 혹은 연녹색 등 다양하게 나타났다. 캘러스는 1/2 MS 기본배지로 계대배양 후 캘러스의 생장이 빠르게 이루어져 배양 3주 후에는 거의 모든 캘러스가 직경 0.5~1.0 cm까지 자랐다. 체세포 배는 주로 노란색 계통의 캘러스에서 유도되었고 (Figure 1A), 간혹 담황색의 캘러스에서도 관찰되었다. 그러나 연녹색을 띠고 생장이 빠르게 이루어진 캘러스에서는 체세포 배가 유도되지 않았다. 체세포 배의 형성은 캘러스의 상부에서 주로 형성되었다 (Figure 1B). 어떤 것은 배지 접촉 부위에서 유도되기도 하였다. 체세포 배는 1~2 개씩 간헐적으로 형성되는 것과 캘러스 전체가 체세포배화 되어 전체가 덩어리를 이루는 것도 있었다. 체세포 배는 보울링핀형이나 나팔형 등 기형 (abnormal type)이 많았다. 개체목에 따른 체세포 배 형성의 어떤 특징은 없었으나 캘러스의 색깔이나 생장 등은 차이를 보여 이러한 외형적 특징으로도 어느 정도는 체세포배 형성 능력을 추정할 수 있었다. 배양 3주 후 체세포배 형성율은 개체목에 따라 31%~88%까지 차이를 보였고, 평균 70%의 비교적 높은 체세포 배 형성율을 보였다 (Table 1). 일단 유도된 체세포 배는 발아 및 생장이 빠르게 이루어져 일부는 자엽단계 까지 자랐으며 (Figure 1C), 이 때문에 여러 발달단계의 체세포 배를 동시에 관찰할 수 있었다. 이것은 재분화된 식물체의 계대배양이 필요하여 작업상의 효율을 떨어뜨렸다. 한편 재생된 식물체의 하배축과 연결된 뿌

Table 1. Effects of individual tree on somatic embryo induction of 2-year-old *Aralia elata*.

No. of individual tree	No. of callus cultured	No. of calli forming somatic embryo (%)
1	32	10 (31.3)
2	30	22 (73.3)
3	32	24 (75.0)
4	25	11 (44.0)
5	28	20 (71.4)
6	35	31 (88.6)
7	38	33 (86.8)
8	24	19 (79.2)
9	14	10 (41.7)
10	15	11 (73.3)
11	7	6 (85.7)
Total	280	197 (70.4)

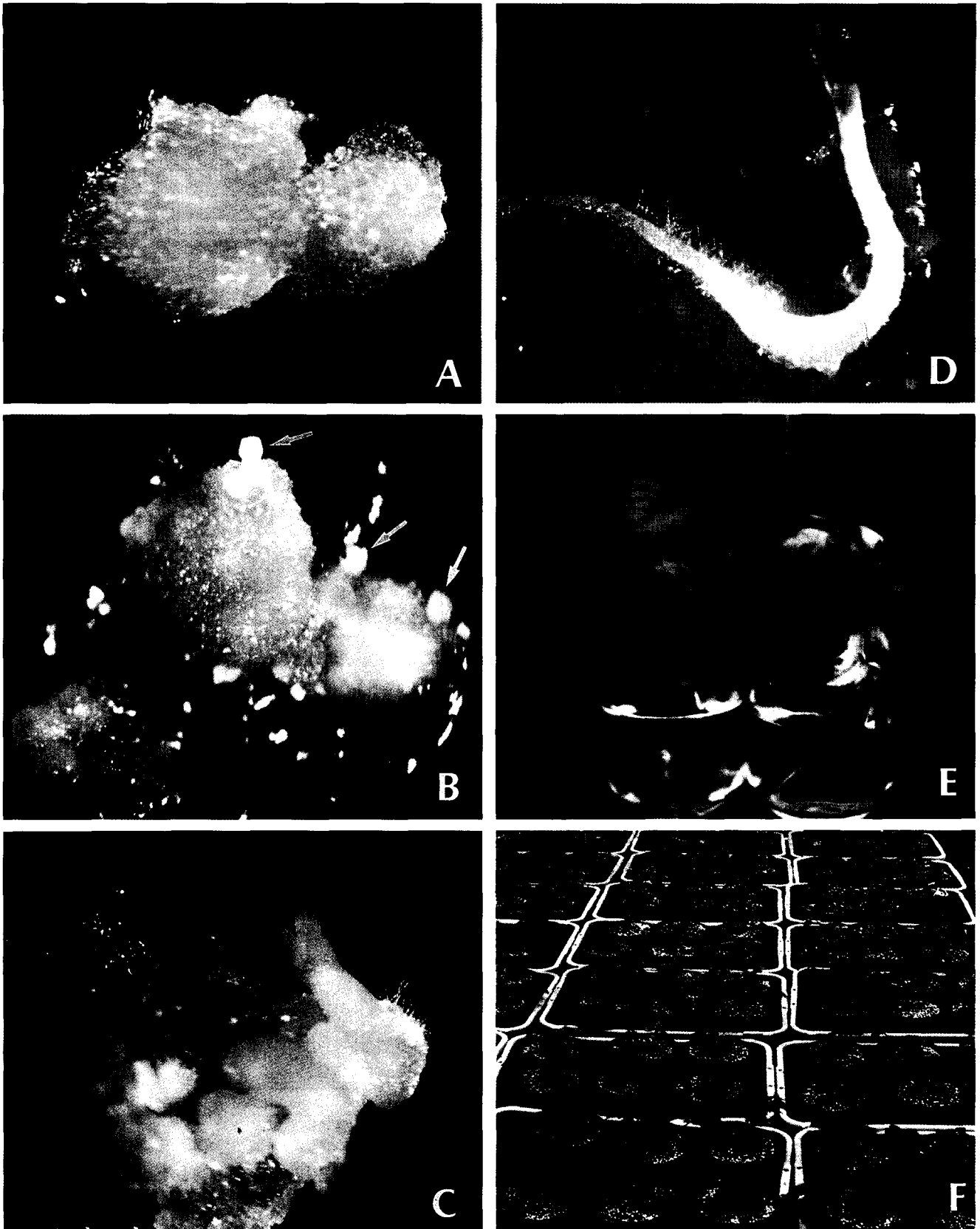


Figure 1. Somatic embryogenesis and plantlets regeneration of 2-year-old *Aralia elata*.

(A) Embryogenic callus showing yellow and/or pale brown in color; (B) Early stage of somatic embryos (globular stage, arrows) formed on the surface of embryogenic callus; (C) Germinating somatic embryo showing cotyledonary stage; (D) Well germinated somatic embryo with elongated hypocotyl and root; (E) Normally growing plantlets derived from somatic embryos; (F) Acclimatized plantlets in vinyl pots after 3 weeks of transplanting.

리부분을 중심으로 계속된 2차 배발생이 이루어져 배발생 덩어리를 이루었다.

체세포배 발아 및 식물체 재분화

Table 2에서처럼 체세포 배의 발아 및 식물체 재생에는 배지 염류의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 1/2 MS 배지에서 MS 배지보다 매우 양호한 결과를 나타냈다. 효과적인 발아 및 식물체 재분화는 호르몬이 무첨가된 1/2 MS 기본배지 또는 1/2 MS 배지에 0.1 mg/L BA를 처리한 경우로 나타났다. BA 처리는 자엽의 성장과 배축의 발달을 촉진하는 것으로 나타났으나 기본배지에서는 배축이 긴 식물체로 재생된 반면 (Figure 1D) BA 처리는 배축이 비대해지고 짧게 자라는 특징을 보였다. BA 농도 0.5 mg/L에서는 배축이 지나치게 비대해지고 뿌리의 발달이 억제되어 오히려 식물체의 재생율이 떨어지는 것으로 나타났다. 한편 ABA 처리는 조기 배발아가 억제되어 비교적 균일하게 발아가 시작되었다. 그러나 발아가 시작되기 까지 최소 3주가 소요되어 재분화 효율이 매우 낮았다. 더욱이 ABA 농도 0.5 mg/L에서는 배발아 및 식물체 재생이 심하게 억제되었고 배양 4 주 후에도 거의 발아되지 못하는 것으로 나타났다 (Table 2). 발아된 체세포배는 1/2 MS 기본배지에서 잎과 뿌리의 발달이 양호하게 성장하였다 (Figure 1E). 한편 MS 배지에서는 전반적으로 배발아 및 재분화가 모두 저조하였으며, BA나 ABA 처리 역시 처리에 따른 효과를 보이지 않았다. 이 같은 결과는 Jhang 등 (1994)의 결과에서도 관찰된 바 있다. 따라서 두릅 체세포배의 발아는 1/2 MS 기본배지를 사용하고, 잎과 배축의 발달을 위해서는 저농도의 BA (0.1 mg/L 이하)를 처리함이 좋을 것으로 생각되나 다양한 농도로 그 효과를 재검토할 필요가 있다. 이전의 보고 (Moon et al. 1998)에서는 MS 배지에서 평균 14%의 식물체 재분화를 나타냈는데, 이것은 MS 배지의 높은 염류 농도가 발아 및 재분화를 억제하였기 때문으로 사료된다.

풋트모 육성

공중습도를 높게 유지하며 환경순화 하였을 때, 토양 이식 1주 후에는 95% 이상 활착이 가능하였고, 3주 후에는 포지 이식이 가능한 묘목으로 성장하였다 (Figure 1F). 포지에 이식된 묘목은 형태적으로 변이 없이 정상 생장이 가능하였다.

고 찰

기내배양에서 유전자형이나 클론에 따른 조직배양의 난이도는 여러 식물에서 보고되고 있다 (Bekele et al. 1995; Popescu 1996; Maes et al. 1996; Sreenivasu et al. 1998; Castillo et al. 1998). 식물에 따라서는 유전자형의 차이가 배양에 크게 영향하지 않지만 어떤 식물에서는 배양에 결정적인 영향을 미친다 (May and Sink 1995; Sharma and Rajam 1995). 본 시험의 두릅나무는 배발생 능력에 있어 개체목에 따른 차이를 나타내었으나 이것은 유전자형의 차이라기보다는 채취 당시 개체목의 생리적 상태의 차이로 추정된다. 절편을 채취한 장소가 한 지역에서 집단을 이루고 있는 매우 유사한 집단이며 2년 생이기 때문에 모수령의 효과도 크지 않았다고 생각된다. 그러나 배발생 과정에서 개체목에 따라서 캘러스의 형성이나 성장 색깔 등에서 상당한 차이가 있음을 감안하면 배발생 능력의 차이를 고려하여 기내반응이 양호한 개체를 선발할 필요는 있다. 어느 개체목에 있어서나 배발생의 캘러스는 노란색 계통의 부드러운 캘러스로 형성되었고, 비배발생 캘러스는 백색이나 연녹색을 띠며 생장이 비교적 빠르게 이루어 졌다.

일단 배발생을 보인 개체는 발아 및 식물체 재분화에 큰 어려움이 없었다. 염류를 반감시킨 1/2MS 기본배지에서 체세포배는 85% 이상 모두 식물체 재생 가능하였다. 그 이후 환경순화 과정, 풋트모 육성 및 포지이식 후 활착에 있어서도 개체목에 따른 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다. 따라서 이 수준의 체세포 배 발생 이후 식물체의 재분화는 개체목의 차이

Table 2. Effect of MS media salt and PGRs on embryo germination and plant regeneration.

Media	PGRs, mg/L	No. of embryos cultured	No. of embryos germinated (%)	No. of embryos regenerated (%)
1/2 MS	Control	30	27 (90.0)	26 (86.7)
	BA 0.1	30	27 (90.0)	26 (86.7)
	BA 0.5	30	24 (80.0)	21 (70.0)
	ABA 0.1	30	16 (53.3)	15 (50.0)
	ABA 0.5	30	15 (50.0)	6 (20.0)
MS	Control	30	9 (30.0)	7 (23.3)
	BA 0.1	30	11 (36.7)	7 (23.3)
	BA 0.5	30	9 (30.0)	6 (20.0)
	ABA 0.1	30	8 (26.7)	5 (16.7)
	ABA 0.5	30	3 (10.0)	2 (6.7)

를 크게 고려할 필요가 없을 것이다. 또한 이전의 결과 (Moon et al. 1998)에서는 10년 생을 재료로 배발생 후 식물체 재분화가 가능함을 얻은 바 있어 적절한 절편을 사용하면 모수령에 따른 요인도 문제되지 않을 것으로 보인다.

한편 BA의 처리는 발아 및 재분화에 크게 영향하지 않았으나 배측과 자엽의 발달에 다소 촉진효과를 나타냈다. 그러나 0.1 mg/L 에서도 배측의 생장이 둔화되는 등 생장억제 현상이 나타나 처리 농도는 0.1 mg/L 이하에서 결정할 필요가 있다. ABA는 여러 식물에서 체세포배의 유도, 발아 및 재분화에 중요한 요소로 보고되고 있지만 (Nickle and Yeung 1994; Label and Lelu 1994), 본 수종에서는 효과가 거의 없었다. 특히 MS 배지에 처리한 ABA 0.1 mg/L 농도에서는 배의 발아 및 성숙이 심하게 억제되었으며, 0.5 mg/L 에서는 거의 발아가 이루어지지 않았다. 다만 본 실험에서는 어뢰형에서 자엽 단계의 배를 사용하였는데 서로 다른 발달단계의 배를 재료로 ABA의 효과를 검토할 필요가 있다.

한편 재분화 되는 식물의 자엽은 그 수나 형태에 있어 다양한 변이를 보였다. 두릅은 쌍자엽 식물로 쌍떡잎을 가지는 것이 정상이나 본 실험에서는 단일엽, 쌍자엽, 3자엽, 4자엽 및 그 이상의 다자엽을 지니는 형태가 관찰되었다 (결과 미제시). 그러나 이러한 다양한 자엽이 나타남에도 불구하고 차후 정상 식물체로의 성장에는 별 영향이 없었다. 앞으로 자엽수와 관련된 배지나 성장조절물질의 검토가 필요하며, 보다 효율적인 재분화를 위해서는 현탁배양 세포로부터 직접 배발아 및 식물체 재분화를 도모할 필요가 있다. 또한 발아되어 재분화된 식물체에서는 하배측과 뿌리를 중심으로 다량의 2차 배가 형성되었다. 이러한 2차 배는 조직의 표면에서 직접 발생되는 pre-embryogenic determined cell (PEDC) 형의 체세포 배로 보여지는데, 이것을 재료로 연속적인 배발생이 가능할 것으로 기대되었다. 그러나 2차 체세포 배는 생장이 빨라 덩어리져 성장하였고 이 때문에 정상적인 식물체의 재생과 발달을 억제하였다. 이러한 2차 배의 문제는 다른 연구에서도 발표된 바 있다 (Ammirato 1987). 따라서 2차 체세포 배를 억제시키는 방법과, 다른 한편으로는 이것을 재료로 연속적인 배발생 및 식물체 재분화를 시험할 필요가 있다. 2차 배는 정상적인 식물체 재분화를 억제시키지만 한편으로는 반복적인 배발생을 이용할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

이상의 결과로 볼 때 두릅의 캘러스 유도 단계에서 관찰되는 개체목 간의 차이는 차후 배의 증식, 발아 및 식물체의 재생에 어려움이 없기 때문에 크게 고려할 필요는 없다고 생각된다. 그러나 본 실험은 동일한 지역의 한 집단내에서 선발된 어린 개체목을 대상으로 하였기 때문에 유전적 구성이 거의 유사할 가능성이 있다. 따라서 멀리 격리된 집단에서 선발된 개체간의 차이를 검토할 필요가 있다. 본 실험에서 확인되었듯이 두릅의 체세포배 발아에는 배지의 염류 농도가 결정적으로 영향하므로 MS 배지의 경우 염류의 농도를 감량하여 사용해야 한다. 그리고 BA나 ABA 처리는 두릅 체세포배의

발아 및 재분화에 뚜렷한 효과는 없으나 BA 농도는 0.1 mg/L 이하의 농도에서, ABA는 여러 발달 단계의 배에 처리하여 그 효과를 재검토할 필요가 있다.

적 요

두릅나무 (*Aralia elata* Seem.) 2년 생 11개체의 동아를 1.0 mg/L 2,4-D, 3% sucrose, 0.3% gelrite를 포함한 MS 고체 배지에서 체세포배 형성, 발아 및 식물체 재분화에 미치는 개체목의 효과를 조사하였다. 배발생 캘러스의 유도는 개체목에 따른 차이가 있었으나 발아 및 식물체 재분화는 차이가 뚜렷하지 않았다. 배발생 캘러스는 대체로 노란색을 띠었고, 조성은 비배발생 캘러스보다 부드럽고 생장은 다소 느렸다. 체세포배의 발아 및 식물체 재분화는 MS 배지의 염류 농도가 크게 영향하였고, 기본배지보다는 염류 농도를 반감시킨 1/2 MS 배지에서 BA 및 ABA의 처리에 관계없이 양호한 배발아 및 식물체 재분화를 나타냈다. BA 처리는 0.1 mg/L 농도에서 배측과 자엽 발달에 다소 촉진효과를 나타냈으나 발아와 재분화율은 기본배지보다 우수하지 못했다. 발아되는 배는 자엽수 및 형태에 있어 다양한 변이를 나타냈다. ABA 처리는 두릅 체세포배의 발아 및 재분화에 비효과적이었다. 재분화된 식물체는 인공배양토에서 95% 이상 환경순화되어 포지에 이식 후 형태적 변이 없이 정상생장이 가능하였다.

인용문헌

- Ahuja MR (1983) Somatic cell differentiation and rapid clonal propagation of aspen. *Silvae Genetica* 32:131-135
- Ammirato PV (1987) Organizational events during somatic embryogenesis. In: Green CE, Somers DA, Hackett WP, Biesboer DD (eds.), *Plant Tissue and Cell Culture*, Alan R. Liss, Inc. Press, New York, pp 57-81
- Bekele E, Klock G, Zimmermann U (1995) Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf and root explants and from seeds of *Eragrostis tef* (Gramineae). *Hereditas* 123:183-189
- Castillo AM, Egana B, Sanz JM, Cistue L (1998) Somatic embryogenesis and plant regeneration from barley cultivars grown in Spain. *Plant Cell Rep* 17:902-906
- Choi EK, Park HB (1991) Effects of growth regulation on the callus formation and organogenesis in *Aralia continentalis*. *ChunBuk Nat'l Univ Agricul Rep* 22:153-159
- Hackett WP (1987) Juvenility and maturity. In: Bonga JM and Durzan DJ (eds.) *Cell and Tissue Culture in Forestry*, Vol 1. Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht/ Boston/ Lancaster, pp 216-231
- 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* S. Kor J Plant Tiss Cult **21**:167-171
- Kim TJ** (1996) Korean Resources Plant. III. Seoul Nat'l Univ Press, Seoul, pp 345
- Label P, Lelu MA** (1994) Influence of exogenous abscisic acid on germination and plantlet conversion frequencies of hybrid larch somatic embryos (*Larix × leptoeuropaea*). Plant Growth Regul **15**:175-182
- Lee KS, Soh WY** (1993a) Somatic embryogenesis and structural aberrancy of embryos in tissue cultures of *Aralia cordata* Thunb. Kor J Plant Tiss Cult **20**:77-83
- Lee KS, Soh WY** (1993b) Effects of cytokinins on the number of cotyledons of somatic embryos from cultured cells of *Aralia cordata* Thunb. Kor J Plant Tiss Cult **20**:171-175
- Lee KS, Soh WY** (1994) Effect of abscisic acid on the number of somatic embryo cotyledons in tissue cultures of *Aralia cordata* Thunb. Kor J Plant Tiss Cult **21**:287-291
- Maes OC, Chibbar RN, Caswell K, Leung N, Kartha KK** (1996) Somatic embryogenesis from isolated scutella of wheat: effects of physical, physiological and genetic factors. Plant Sci **121**:75-84
- May RA, Sink KC** (1995) Genotype and auxin influence direct somatic embryogenesis from protoplasts derived from embryogenesis cell suspensions of *Asparagus officinalis* L. Plant Sci **108**:71-84
- Moon HK, Youn Y, Yi JS** (1998) Somatic embryogenesis, plant regeneration, and field establishment from tissue culture of winter buds of 10-year-old *Aralia elata*. J Kor For Soc **87**:57-61
- Murashige T, Skoog F** (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant **15**:473-497
- Nickle TC, Yeung EC** (1994) Further evidence of a role for abscisic acid in conversion of somatic embryos of *Daucus carota*. In Vitro Cell Dev Biol **30P**:96-103
- Park CH, Lee YS, Jhang HH, Kim NS, Shin YB** (1994a) Effects of media and plant growth regulators on germination of somatic embryos of *Aralia elata* Seem. Kor J Med Crop Sci **2**:241-245
- Park CH, Lee YS, Kim NS, Shin YB** (1994b) *In vitro* germination of encapsulated somatic embryos of angelica tree (*Aralia elata* Seem.). J Oriental Bot Res **7**:133-136
- Pierik RLM** (1987) *In vitro* culture of higher plants. Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht/ Boston/ Lancaster, pp 344
- Popescu CF** (1996) Somatic embryogenesis and plant development from anther culture of *Vitis vinifera* (L.). Plant Growth Regul **20**:75-78
- Sharma P, Rajam MV** (1995) Genotype, explant and position effects on organogenesis and somatic embryogenesis in eggplant (*Solanum melongena* L.). J Exp Bot **46**:135-141
- Sreenivasu K, Malik SK, Kumar PA, Sharama RP** (1998) Plant regeneration via somatic embryogenesis in pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp). Plant Cell Rep **17**:294-297

(접수일자 1999년 9월 1일)