

액아유도에 의한 *Eucalyptus pellita*의 기내번식

문흥규*, 김지아, 이현신¹, 강호덕²

임업연구원 생물공학과, ¹인도네시아 코린도 그룹 KTH사, ²동국대학교 산림자원학과

Micropropagation via Axillary Bud Induction of *Eucalyptus pellita*

Heung-Kyu Moon*, Ji-Ah Kim, Hyun-Shin Lee¹, Ho-Duck Kang²

Division of Biotechnology, Forestry Research Institute (KFRI), 44-3, Omokdong, Suwon, Gyeonggido 441-350, Korea

¹Kantor Pusat, Jl. Korindo No 77. Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah, Indonesia

²Depart. of Forest Resources, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

ABSTRACT In order to develop an efficient micropropagation protocol for *Eucalyptus pellita*, an *in vitro* culture system has been established by inducing axillary buds from greenhouse stock materials. Among 6 different media tested, DKW medium was the best to induce both shoot proliferation and growth. Average number of proliferated shoots of 4.3 per explant was obtained at the concentration of 0.1 mg/L BA. Most of the stem materials excreted phenolic compounds at the proximal part of the explants and caused darkening of the media. Therefore, it was necessary to transfer frequently to a fresh medium and/or to add activated charcoal at the concentration of 0.02% (w/v). Generally *in vitro* roots were formed easily on 1/2 DKW medium with NAA treatment. All the explants rooted at the medium containing 0.2 mg/L NAA and displayed vigorous root growth in *in vitro* culture conditions. After transferred to an artificial soil mixture (peatmoss : vermiculite : perlite, 1:1:1, v/v/v) in the greenhouse, most rooted plantlets survived well without any morphological abnormalities. The results show that the species can be micropropagated effectively by the application of axillary bud culture systems.

Key words: *Eucalyptus*, liquid culture, filter paper bridge, shoot multiplication and rooting

서 론

전통적으로 산림은 자연 상태에서 채취한 종자를 통해 혹은 인위적으로 조성한 채종원 (seed orchard)이나 선발된 수형목의 종자로부터 조성되어 왔다. 이러한 실생묘의 대부분은 생장, 형태, 활력에 있어 변이가 매우 크다. 클론임업 (clonal forestry)이란 접삽목의 방법 등 영양번식으로 이루어지는 임업의 형태를 말하는데 모수의 유전적 특성을 그대로 유지하는 장점이 있다. 또한 클론으로 번식을 시키면 균일한 묘목으로 생산되어 식재, 관리 및 수확에 있어 유리한 점이 많다. 이러한 클론임업의 형태는 일본에서 삼나무 (*Cryptomeria japonica*)를 재료로 수세기에 걸쳐 실행된 바 있고, 최근에는

독일과 스웨덴에서 독일가문비나무를 재료로, 브라질에서는 *Eucalyptus* 속 수종으로, 뉴질랜드에서는 나디아타 소나무를 재료로 실행된 바 있다 (Ahuja 1993). 그러나 전통적인 클론번식의 방법, 즉 접목이나 삽목묘 육성은 환경조건의 제약을 받으며 더욱이 모수령이 증가될수록 삽목발근이 어려워 대량생산이 곤란한 경우가 많다. 이러한 특성은 참나무류, 너도밤나무류, 유칼리류 등의 활엽수와 대부분의 침엽수종에서 일반적인 현상으로 나타나며, 오랫동안 삽목으로 번식되어온 포플러류에 있어서도 European aspen (*Populus tremula*) 이나 quaking aspen (*Populus tremuloides*) 등은 발근이 어려워 영양번식의 적용이 곤란한 것으로 알려져 있다 (Ahuja 1993). 이러한 문제의 극복에 있어 조직배양 기술은 유용한 번식 수단을 제공한다. 이 기술은 계절에 관계없이 증식시험이 가능하고, 또한 형질전환을 통한 유전적인 개량도 가능하기 때문이다. 이러한 측면에서 생물공학 기술은 나무를 개량시키기 위한 전통적인

*Corresponding author Tel 031-290-1163 Fax 031-290-1020
E-mail jesusmhk@hanmail.net

육종기술에 연계하여 사용될 수 있다 (Bonga and Von Aderkas 1992).

유칼리나무는 오스트랄리아가 원산으로 티모르, 뉴기니아, 필리핀, 인도네시아, 인도 등에서 천연적으로 분포하는 수종이다. 이 수종은 펄프재 및 제지생산의 우수한 재료가 되며 생장이 빠르고 생육범위가 넓어서 남미, 아프리카, 아시아, 스페인, 포르투갈 등 58개국에 달하는 나라에서 식재하고 있다 (Gupta and Mascarenhas 1987).

유칼리속 수종의 조직배양은 클론임업의 실행에 있어 매우 유용한 도구가 될 수 있음이 여러 연구결과를 통해 입증되고 있다 (Ahuja 1993; Bandyopadhyay et al. 1999; Cheng et al. 1992; Hartney 1982; Mehra-Palta 1982; Rao and Venkateswara 1985; Zobayed et al. 2000). 그러나 유전자형에 따른 차이가 커서 조직배양의 적정화에 어려움이 따른다. 본 시험의 공시수종인 *Eucalyptus pellita*는 인도네시아 Kalimantan의 Pangkalan Bun 지역에서 우수한 생장을 보이고 있는 유망한 수종으로 수형목의 선발에 의한 클론임업의 실행에 있어 효과적인 번식법의 개발이 시급한 상태에 있으나 기내번식법은 아직 개발되지 못하고 있다. 임업연구원은 인도네시아 코린도 그룹의 KTH사와 열대림 조성관리시험의 공동연구를 수행하고 있으며, 본 연구는 *Eucalyptus pellita clone*의 효율적인 기내번식법을 개발에 있어 실생 묘묘를 재료로 액아배양을 통한 증식, 발근 및 포트묘의 육성을 시험하였다.

재료 및 방법

종자발아 및 초대배양

인도네시아 Korindo 그룹의 KTH사로부터 *Eucalyptus pellita* 종자를 도입하여 모래상에 파종하였다. 파종 3주 후 5 cm 정도로 자란 묘묘의 정아 및 액아를 절편으로 사용하였다. 표면살균을 위해 잎을 제거한 신초 줄기를 약 5 cm로 절단하여 50 개 정도 300 mL 삼각플라스틱에 넣고 tween 20을 한 방울 넣고 흔들어 거품을 낸 다음 수돗물로 수회 씻어내었다. 다음 clean bench 안에서 70% 에탄올로 30초, 2% 차아염소산 나트륨 (sodium hypochlorite)으로 5분간 표면살균하고 멸균증류수로 3~5회 세척하고 30분정도 침지하였다. 그다음 해부용 칼로 정아줄기는 약 2 cm 길이로, 절간줄기는 액아가 1~2개씩 볼도록 2~3 cm 길이로 절단하여 준비된 배지에 1개씩 치상하였다. 절편은 배지별로 20개씩 2반복을 두었다. 배지는 MS (Murashige and Skoog 1962) 및 1/2MS 배지, DKW (Driver and Kuniyuki 1984), LM (Litvay et al. 1985), WPM (Llyod and McCown 1980) 및 GD (Gresshoff and Doy 1972) 배지를 사용하였다. 각각의 배지는 0.2 mg/L BA, 3% sucrose를 공히 처리하였고, 배지 경화는 0.3% gelrite로 하였다. 배지의 산도는 고압 멸균 전에 5.6으로 조정하였다. 배지는 15×2.5 cm 유리시험관

에 8 mL씩 주입하고 알루미늄 호일로 봉한 다음 121°C, 20분간 고압멸균 후 사용하였다. 치상 후 1일 16시간 조명 (40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 냉백색 형광등), 온도 25±2°C로 조절되는 배양실에서 배양하였다.

다경유도 및 발근유도

이상의 실험결과를 토대로 증식에 가장 좋았던 DKW 배지를 선정하여 여러 농도의 BA (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 mg/L)를 처리하여 다경 유도를 시험하였다. 다경 유도는 시험관 (15×2.5 cm)의 액체배지에 filter paper로 약 1.5 cm 높이의 bridge를 만들어 중앙에 구멍을 내고 여기에 액아마다가 1~2 개씩 볼도록 절편을 조제하여 치상하였다. 한편 증식된 줄기의 발근은 1/2DKW 배지에 NAA 농도별 처리 (0, 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0 mg/L)로 기내 발근을 유도하였다. 발근유도는 2% sucrose, 0.3% gelrite로 경화하여 시험하였다. 배지의 조제 및 배양환경은 상기의 조건과 동일하게 수행하였다.

포트묘 육성

발근된 어린 식물체는 조심스럽게 꺼내어 수돗물로 gelrite를 잘 씻어 내고 준비된 상태에 이식하였다. 상토는 peatmoss, perlite 및 vermiculite를 등량용적비 (1 : 1 : 1 v/v/v)로 섞어 사용하였다. 배양토는 45×65×25 cm 플라스틱 상자에 높이 15 cm까지 채운다음 식물체를 50~70개씩 이식하였다. 이식 후 충분히 관수하고 투명한 비닐을 덮고 다시 투명한 아크릴판을 덮어 수분을 포화 상태로 유지하며 온실에서 순화하였다. 이식묘는 매일 1~2회 정도 뚜껑을 열어 환기해 주고 건조하지 않도록 관수하였다. 1주 후부터는 뚜껑을 자주 열어 외부에 점차 순화하였다.

결 과

초대배양

배양된 절편은 1주 후에 약 50%가 오염되었다 (데이터 미 제시). 오염원은 주로 박테리아 계통의 오염원으로 나타났으며 이로 인해 초대배양시 절편의 절반 정도를 폐기하였다. 온실의 상토에서 발아되어 자란 묘목인 것을 감안할 때 초대배양시 이 수종의 오염제거는 좀더 주의를 요할 필요가 있다. 그러나 오염이 안된 줄기의 기내 증식이 효율적이기 때문에 초대배양시 오염 문제는 크게 문제시 되는 것 같지는 않다. 한편 배양 3일 후부터는 절편의 기부로부터 페놀성 물질이 분비되어 배지를 검게 만들었다. 이러한 페놀성 물질은 배양기간이 경과되면서 점차 심해져 배지를 검게 만들었으며 새로운 배

지로 계대배양하지 않으면 줄기의 생장이 억제되고 심한 경우 줄기가 고사 되었다.

정아를 절편으로 치상한 것은 거의 하나의 줄기만으로 자랐으나 (Figure 2A) 절간 액아 절편은 대부분 다경 (multiple shoot)으로 유도되었다 (Figure 2B). 그러나 다경유도는 배지에 관계없이 절편에 따라 차이를 보여 유전자형의 차이가 증식에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 배지에 따라서는 DKW, 1/2MS 및 WPM 배지가 비교적 정상적인 줄기 성장을 보였고, 나머지 배지는 저조하였다. 특히 GD 배지는 줄기생장 및 상태가 가장 저조하여 이 수종의 증식배지로는 부적합한 것으로 나타났다 (데이터 미제시).

다경유도

초대배양에서 얻은 결과를 토대로 DKW 배지를 선정하여 BA 처리 효과를 시험하였다 (Table 1). 초대배양에서 gelrite 고형배지를 사용시 페놀성 물질의 분비가 하나의 억제요인으로 나타나 다경유도 시험에서는 액체배지에 filter paper bridge로 시험하였다. 그 결과 페놀성 물질의 분비가 상당히 억제되었

으나 절편에 따라서는 계속 문제시되어 액체배지에서도 새로운 배지로의 계대배양이 필요하였다. BA 처리 농도에 관계없이 대체로 다경유도가 가능하였으나 절편에 따라서는 하나의 줄기만으로 자라기도 하였다. 하나의 줄기로 유도된 것은 잎의 발달이 좋고 줄기가 굵고 튼튼하게 자랐으며 일부 절편에서는 발근도 이루어졌다. 다경으로 자라는 절편의 기부는 예외 없이 직경 0.5 cm 정도의 캘러스가 형성되었다. 한편 잎의 색깔에 있어 진녹색, 연녹색 혹은 잎의 이면이 붉게 착색되는 것 등 다양한 형태로 나타났고, 줄기에 따라서는 잎의 이면이나 가장자리에서 캘러스가 형성되어 잎이 오그라들기도 하였다. 이러한 배양과정에서 나타나는 여러 가지의 성장형태는 유전자형에 따른 차이와 더불어 배양조건의 적정화가 이루어지지 않았기 때문으로 추정되었다. Table 1에 나타난 것처럼 BA의 처리는 처리 농도가 높아질수록 촉진 효과를 보였으나 줄기의 생장은 억제되었다. 다경유도는 BA 1.0 mg/L 처리시 절편당 5.8개로 가장 양호하였으나 생장은 매우 저조하였다. 전반적으로 다경유도 및 줄기의 성장상태를 고려할 때 BA 0.1 mg/L 수준에서 이 수종의 액아배양을 통한 증식에 무리가 없을 것으로 생각되었다. 한편 액체배지에서 계속 배양시 일부의 절편에서는 잎에서 과수화 (hyperhydration) 현상이 나타났으나 증식에는 크게 문제되지 않았다.

발근유도

발근은 배양 1주 후부터 가능하였다. 동일한 처리 조건에서

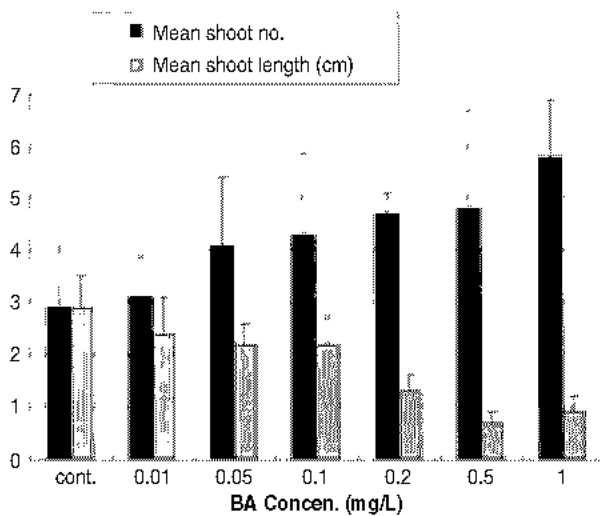


Figure 1. Effect of BA on shoot proliferation from axillary buds of *E. pellita*. Culture period was 4 weeks.

Table 1. Effect of NAA on rooting of *E. pellita* explants.

NAA concen. (mg/L)	Rooting rate (%)	Mean no. of primary root
cont.	40.0	3.0
0.01	42.9	4.3
0.03	71.4	7.0
0.05	85.7	7.2
0.1	71.4	8.2
0.2	100.0	6.0
0.5	100.0	4.7
1.0	85.7	4.2

Roots were induced on 1/2 DKW medium for 3 weeks

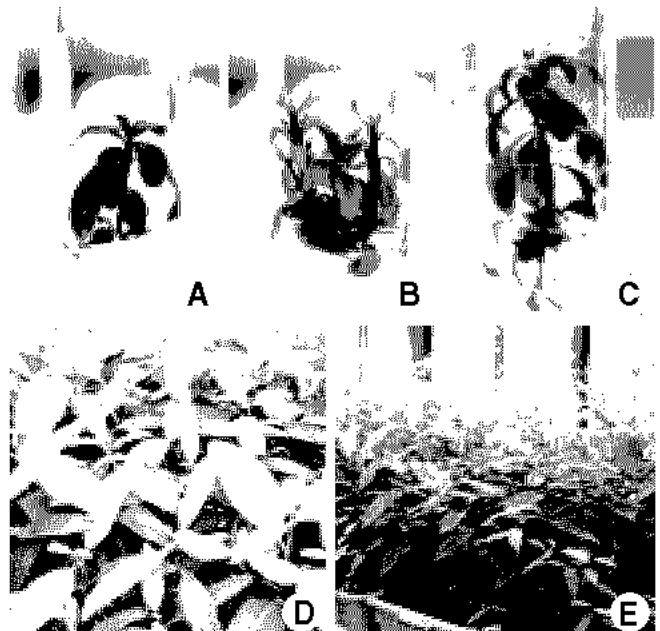


Figure 2. Micropropagation of *Eucalyptus pellita* using nodal axillary bud culture. A, Elongated shoot from apical bud explant; B, Multiple shoots from nodal axillary bud explant; C, Rooted plantlet in vitro; D, Acclimatized plantlets in artificial soil; E, Two-month-old plantlets growing in greenhouse condition.

도 절편에 따라 발근에 차이를 보여 증식에서 관찰된 것처럼 유전자형의 차이가 발근에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 잎이 정상적으로 전개되고 투명화가 안 된 줄기라면 NAA 처리 농도에 관계없이 발근이 이루어져 이 수종의 기내발근은 문제가 없는 것으로 나타났다. NAA 처리별 발근은 0.2 mg/L 및 0.5 mg/L 처리시에 100% 발근되었고 특히 0.2 mg/L 처리시 1차근 (primary root)의 유도가 가장 좋아서 적절한 농도로 생각되었다. 무처리구나 NAA의 저농도 처리시에도 비교적 발근이 잘 되는 것으로 보아 이 수종은 내생오옥신의 농도가 높은 것으로 추측되었다. 발근되는 뿌리의 형태도 캘러스의 형성 없이 직접 뿌리를 내리고 뿌리의 발달도 여러 방향으로 잘 발달되었다 (Figure 2C).

꽃묘 육성

발근묘는 상토로 이식하여 3주간 순화 후 100% 활착되었다 (Figure 2D). 묘는 균일하게 그리고 비교적 빠르게 성장하였으며 2개월 후에는 묘고 40 cm 이상으로 성장하였다 (Figure 2E).

고 찰

*E. pellita*의 실생묘 액아 배양은 개체에 따라 다경 유도 및 줄기의 성장 상태가 달라서 적정배지의 선정이 어려웠으나 DKW, 1/2MS 및 WPM 배지의 사용으로 줄기의 증식이 가능한 것으로 나타났다. 특히 DKW 배지는 호도나무의 기내번식을 위해 개발된 배지 (Driver and Kumiyuki 1984)인데 본 시험에서도 다경유도 및 생장이 양호하여 *E. pellita* 기내증식의 적정배지로 선정할 수 있었다. 이 수종의 액아배양에서 나타나는 하나의 문제점은 절편의 기부에서 분비되는 페놀성 물질이었다. 페놀성 물질이 분비되면 줄기가 점차 활력을 잃어 생장이 느리고 심한 경우는 절편체가 고사되기도 하였다. 이러한 페놀성 물질의 분비는 여러 목본식물의 배양에서 흔히 관찰되는 현상인데 이것을 제거하는 방법으로는 액체배지를 사용한 절편의 전처리, 새로운 배지로의 계대배양, PVP 혹은 활성탄의 처리가 제시되고 있다 (George 1996). 본 실험에서는 새로운 배지로의 계대배양 혹은 액체배지의 사용으로 이러한 문제를 극복할 수가 있었고, 배지에 활성탄을 0.02% 정도 처리하면 교체배지를 사용해도 거의 페놀문제를 해결할 수가 있었다.

목본류의 조직배양에서 가장 보편적으로 사용해온 사이토키닌은 BA이다. 유칼리속 수종의 경우에도 예외는 아니며 저농도의 오옥신과 고농도의 사이토키닌을 겸용 처리한 경우가 많다. 흥미로운 것은 동일한 수종에서도 적정 성장조절제의 사용이 매우 다양하다는 사실이다. *Eucalyptus nitens*의 경우 NAA/BA 처리 (Gomes and Canhoto 2003; Furze and Cresswell

1985), BA/IBA 처리 (Hartney and Baker 1980), IAA/zeatin (Williams et al. 1992), 그리고 thidiazuron/NAA (Tibok et al. 1994)로 효과적인 액아증식을 보고한 바 있다. 동일한 수종에서 이렇게 다양한 성장조절제가 사용되는 것은 유전자형이나 클론의 차이 혹은 배양절편의 생리적 상태에 따른 차이에 기인한 것으로 생각된다.

*E. pellita*의 기내발근은 저농도의 NAA 처리로 비교적 용이하게 이루어 졌다. 싸이토키닌이 처리된 배지에서도 배양기간이 경과하면 절편에 따라 발근되는 개체가 발견되어 아마도 내생오옥신의 함량이 높은 수종으로 생각되었다. Bennett 등 (1994)은 목본류의 기내배양에서 발근유도 단계가 가장 중요하며 하나의 제한점이 된다고 시사하였는데 이 수종의 발근은 NAA 처리로 전혀 문제가 없고 발근형태도 직근은 물론 세근의 발달도 양호하여 차후의 토양 순화에 어려움이 없었다. 본 연구는 *E. pellita*의 선발클론의 증식을 목적으로 한 기초실험으로 앞으로 선발클론의 맹아지, 접목된 줄기, 삽목묘의 이용 등 재유령화된 줄기를 절편으로 사용한다면 기내증식에 크게 문제가 되지 않으리라 생각된다. 더욱이 증식된 줄기의 발근유도, 상토이식 및 순화에 큰 어려움이 없고 활착 후의 성장에도 정상적으로 성장되어 기내증식에 의한 대량생산이 가능하다고 생각된다. Kridmanee 등 (1995)은 기내번식의 성공여부는 생산된 식물체를 온실이나 포지로의 이식결과를 통해 평가되어야 한다고 제시하였는데 이상의 실험결과는 이 수종의 기내번식 실용화의 가능성을 시사해준다. 하지만 액체배양, 생물반응기의 이용, 증식된 줄기의 기외삽목 기술 등 보다 다양한 배양기술의 개발을 통해 보다 효율적이고 경제적인 배양방법의 시험은 계속 필요하다.

적 요

*Eucalyptus pellita*의 효율적인 기내번식법을 개발하고자 온실의 유묘를 재료로 액아배양을 실시하였다. 6개의 기본배지를 시험한 결과 액아의 증식 및 성장에 있어 DKW 배지가 가장 양호하였다. 0.1 mg/L BA가 처리된 DKW 배지에서 절편당 평균 4.3개의 신장된 줄기를 얻었다. 배양과정에서 절편의 기부에서 페놀성 물질이 분비되어 배지를 검게 만들었으며, 새로운 배지로 계대배양하거나 배지에 0.02%의 활성탄을 첨가할 필요가 있었다. 기내발근은 1/2 DKW 배지에 NAA 처리로 비교적 무난하게 유도되었다. 0.2 mg/L NAA 처리시 100% 발근되었으며 뿌리의 발달이 정상적으로 이루어졌다. 발근묘는 인공상토 (peatmoss : vermiculite : perlite, 1 : 1 : 1, v/v/v)에 이식하여 온실에서 순화하였을 때 모두 생존되었으며, 형태적인 변이 없이 성장하였다. 이상의 결과는 액아유도를 통해 이 수종의 효율적인 기내번식이 가능함을 보여주었다.

인용문헌

- Ahuja MR (1993) Biotechnology and Clonal Forestry. In: Ahuja MR and Libby WJ (eds.), Clonal Forestry I. Genetics and Biotechnology. Springer-Verlag, pp 135-144
- Bandyopadhyay S, Cane K, Rasmussen G, Hamill JD (1999) Efficient plant regeneration from seedling explants of two commercially important temperate eucalypt species-*Eucalyptus nitens* and *E. globulus*. Plant Sci 140: 189-198
- Bennett, IJ, McComb JA, Tonkin CM, McDavid DAZ (1994) Alternating cytokinins in multiplication media stimulates *in vitro* shoot growth and rooting of *Eucalyptus globulus* Labill. Ann Bot 74: 53-58
- Bonga JM, Von Aderkas P (1992) *In Vitro* Culture of Trees. Kluwer Aca Pub. pp 236
- Cheng B, Peterson CM, Mitchell RJ (1992) The role of sucrose, auxin and explant source on *in vitro* rooting of seedling explants of *Eucalyptus sideroxylon*. Plant Sci 87: 207-214
- Driver JA, Kuniyuki AH (1984) *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. Hortsci 19: 507-509
- Furze and Cresswell (1985) Micropropagation of *Eucalyptus grandis* and *nitens* using tissue culture techniques. S Afr For J 135: 20-23
- Hartney VJ, Baker PK (1980) Vegetative propagation of *Eucalyptus* by tissue culture. In: Symposium and workshop on genetic improvement and production of fast growing tree species. Sao Paulo, Brazil, IUFRO, pp 791-793
- Hartney VJ (1982) Vegetative propagation of *Eucalyptus in vitro*. In: Colloque Intern. sur la Culture *in vitro* des Essences Forestieres. Fontainebleau. IUFRO, AFOCEL, pp 175-180
- George EF (1996) Plant propagation by tissue culture. Part 2 In Practice, Exegetics Limited, pp 639-669
- Gomes F, Canhoto JM (2003) Micropropagation of *Eucalyptus nitens* maiden (Shining Gum). In Vitro Cell Dev Biol-Plant 39: 316-321
- Gresshoff PM, Doy CH (1972) Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). Planta 107: 161-170
- Gupta PK, Mascarenhas AF (1987) *Eucalyptus*. In: JM Bonga, DJ Durzan (eds), Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol. 3, Martinus Nijhoff Pub, pp 385-399
- Kirdmanee C, Kitaya Y, Kozai T (1995) Effects of CO₂ enrichment and supporting material *in vitro* on photoautotrophic growth of *Eucalyptus* plantlets *in vitro* and *ex vitro*. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 31: 144-149
- Litvay JD, Verma DC, Johnson MA (1985) Influence of a loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Culture medium and its components on growth and somatic embryogenesis of the wild carrot (*Daucus carota* L.). Plant Cell Rep 4: 325-328
- Lloyd G, McCown B (1980) Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. Proc Intl Plant Soc 30: 421-427
- Mehra-Palta A (1982) Clonal propagation of *Eucalyptus* by tissue culture. Plant Sci Lett 26: 1-11
- Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15: 473-497
- Rao KS, Venkateswara R (1985) Tissue culture of forest trees: clonal multiplication of *Eucalyptus grandis* L. Plant Sci 40: 51-55
- Tibok A, Davey MR, Power JB (1994) Plant regeneration from cultured hypocotyl explants of *Eucalyptus* and *Acacia* seedlings. VIII International Congress Plant Tissue and Cell Culture, Firenze, pp 165
- Williams D, Whiteman P, Cameron J, Chandler SF (1992) Inter- and intra-family variability for rooting capacity in micropropagated *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. In: Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species. Vol II. Symposium Bordeaux. AFOCEL/IUFRO pp 177-181
- Zobayed SMA, Afreen-Zobayed F, Kubota C, Kozai T (2000) Mass propagation of *Eucalyptus camaldulensis* in a scaled-up vessel under *in vitro* photoautotrophic condition. Ann Bot 85: 587-592

(접수일자 2003년 8월 25일, 수리일자 2003년 9월 20일)