

## 음나무 (*Kalopanax septemlobus*) 체세포배를 이용한 인공종자 조제 및 발아

김용욱<sup>1</sup>, 최용의<sup>2</sup>, 이재선<sup>2</sup>, 문흥규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 생물공학과, <sup>2</sup>강원대학교 산림자원학부

### Germination of Artificial Seeds by Encapsulation of Somatic Embryos of *Kalopanax septemlobus* with Alginic Acid

Yong Wook Kim<sup>1</sup>, Yong Eui Choi<sup>2</sup>, Jae Seon Yi<sup>2</sup>, and Heung Kyu Moon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Biotechnology Division, Korea Forest Research Institute (KFRI), Suwon, Gyonggido 441-350, Republic of Korea

<sup>2</sup>Division of Forest Resources, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Republic of Korea

**ABSTRACT** Artificial seeds were produced by encapsulation of somatic embryos of *Kalopanax septemlobus* and investigated the effects of alginic acid concentration, size of somatic embryos, additives in capsules and nursery seedbeds for germination. The most suitable concentration of alginic acid was 3% for germination of encapsulated seeds. Germination was suppressed at higher concentration more than 3% alginic acid. For germination of artificial seeds, 1/2 MS medium with 0.02% activated charcoal was effective. There was no significant differences on the germination among the different size of somatic embryos. Additives in hydrated capsule was very important for germination and post-germinative growth of artificial seeds. Germination was severely inhibited in hydrated capsule containing only distilled water. Both sucrose and MS medium addition in hydrate capsule was effective for germination of artificial seeds. When artificial seeds were transferred to soilbed, germination rate was high in perlite containing 3% sucrose but very low in perlite with only water. These results indicate that nursery additives in both hydrate capsules and soilbeds was important for germination of artificial seeds in *Kalopanax septemlobus*.

#### 서 론

음나무 (*Kalopanax septemlobus* (Thunb. ex Murray) Koidz)는 두릅나무과의 낙엽교목으로 전국에 자생하며, 해발 100~1800 m에 생육하고 분포 중심지는 400~500 m 부근이다. 수피는 암회색이고, 가지에 가시가 많다. 잎은 등글고 길이와 너비가 각각 10~30 cm 이고, 가장자리는 5~9개로

갈라지며, 열편은 난형 또는 타원형이다. 꽃은 양성으로 산형화서이며, 열매는 등글고 길이 4 mm, 지름 6 mm로 10월에 흑색으로 성숙한다 (Kim 1999).

초봄의 새싹은 유용한 산채식품이고, 수피는 약재로 사용할 수 있으며, 목재로서의 가치도 매우 높아 농산촌 소득수종으로도 유망한 수종이다. 음나무는 오랜 기간 우리나라 환경에 적응한 자생수종으로서 생태적으로 안정한 임분을 유지해 나갈 수 있는 수종일 뿐만 아니라, 위장약 및 신경통 등 전통적인 한약재로서도 가치가 있는 수종이다 (Lee et al. 1995).

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

한편 으나무의 자연상태 분포를 보면 군집성이 없어 단목으로 산재하는 경우가 많고, 번식에 있어서도 배의 내부 휴면과 단단한 종피에 의한 휴면으로 인해 발아에 2년에 걸리는 특성이 있는 수종이다. 최근에는 자연식품 및 한약재료의 높은 가치 때문에 무분별한 남획이나 도벌이 일어나 이에 대한 보존 및 관리방안이 시급한 상태에 있다 (Kang and Lee 1998).

으나무의 번식은 종자를 이용한 실생번식 및 녹지 삼목 번식기술 (Yeoung et al. 2001), 근삽에 의한 으나무의 무성 번식 (Kim et al, 2002) 등이 있으며, 최근에는 조직배양 기술을 이용하여 액아 배양에 의한 기내번식 (Moon et al. 2002), 체세포 배 유도에 의한 대량증식 (Moon et al. 2005)의 연구가 선행되었다.

체세포배는 일반종자와 같이 발아하여 줄기와 뿌리를 가지는 묘종이 될 수 있다는 점에서 일반종자와 유사하다. 다만 일반종자와는 달리 배유와 종피가 없다. 그래서 인공종피를 만들어 일반종자처럼 취급하려는 일련의 연구가 많이 진행되었다 (Redenbaugh et al. 1986). 인공종자화를 하는데 있어 체세포배는 아주 이상적인 재료가 되기 때문에 인공종자 연구는 체세포배를 이용하는 방법이 가장 좋다고 할 수 있다. 인공종자는 대부분 알긴산을 재료로 종피를 만드는데 이러한 인공종자는 저장 및 운반이 용이하고, 더욱이 캡슐 속에 해당작물의 생장호르몬이나 공생하는 박테리아를 넣어 발아 및 발아 후 생장을 촉진할 수 있는 장점도 있다 (Bapat

and Rao 1988, Padmaja et al. 1995; Onay et al. 1996). 한편 인공종자는 저온저장의 좋은 재료가 될 수도 있는데 장기간의 저장과 발아효율 증진을 위한 살균제의 첨가 등은 더욱 연구가 필요한 상태이다 (Antonietta et al. 2007).

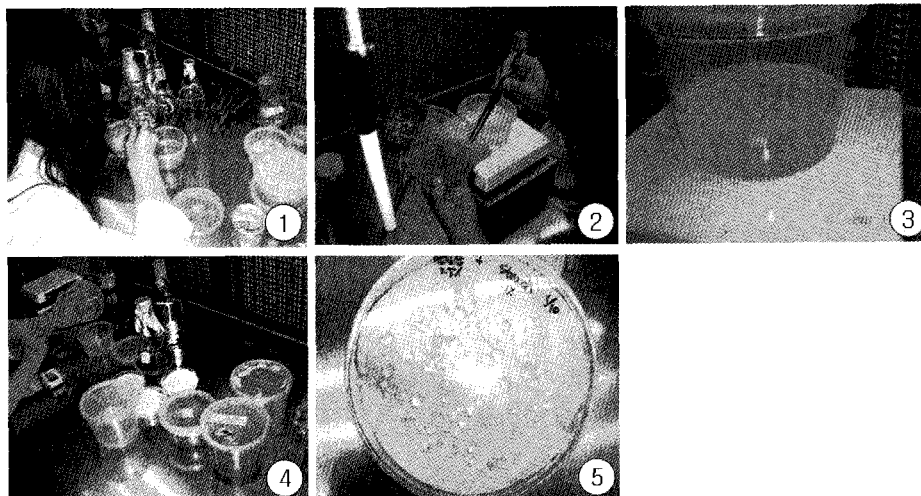
본 연구는 으나무 (*Kalopanax septemlobus*)의 체세포배를 재료로 알긴산을 이용한 인공종피의 조제 및 인공종자의 발아에 미치는 몇 가지 요인을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 체세포배 유도 및 인공종자 유도

으나무 (*Kalopanax septemlobus*)로부터 체세포배의 유도는 문 등의 결과 (Moon et al. 2005)로 얻은 어뢰형 단계~초기 자엽형의 체세포배를 공시재료로 사용하였다. 인공종자의 유도 및 발아시험은 다음의 실험방법에 따라 수행하였다.

인공종자의 고형화는 무균 작업대의 교반기 위에 멸균한 1.0% CaCl<sub>2</sub> 수용액을 담은 용기를 올려 놓고, 멸균한 액체 알긴산 용액에 으나무 체세포를 넣어 섞은 후 핀셋으로 집어 구슬모양으로 떨어뜨린 다음 약 15~20분 후에 멸균수로 3~4번 세척하고 filter paper로 물기를 제거한 후 Petri-dish에 만든 인공종자를 완성하였다 (Figure 1). 준비된 인공종자는 필요에 따라 4°C 냉장고에 암조건으로 저장하였다.



**Figure 1.** Procedure of artificial seed production after encapsulation of somatic embryos by alginate acid. ① Dip of somatic embryos in liquid alginate acid; ② Encapsulated bead production by alginate acid; ③ Solidification of artificial seeds in CaCl<sub>2</sub> under sterilization; ④ Washing of artificial seeds; ⑤ Finally prepared artificial seeds

알긴산의 농도, 체세포배 크기 및 첨가물의 영향

체세포배에 씌우는 캡슐을 제작하기 위해서 우선 30 g/L sucrose 가 첨가된 1/2 MS (Murashige and Skoog, 1962) 배지에 알긴산의 농도를 3.0%, 3.5% 및 4.0%로 달리한 다음 pH를 5.7~5.8로 조정하였다. 발아용 배지로는 1/2 MS 기본배지 혹은 0.02%의 activated charcoal을 처리하였다 (Table 1). 발아는 25±1°C, 1일 16시간 유지되는 광조건하에서 2주간 실시하였고, 처리별로 10개씩 5반복을 두었다. 이하의 실험에서 동일한 반복으로 시험하였다.

체세포배 크기에 따른 인공종자의 발아율을 조사하기 위하여 음나무 체세포배를 크기 별 (1.5~2.0, 2.0, 4.0, 5.0 mm)로 구분하여 인공종자를 제조하였는데 이때 인공종피는 MS 배지에 3% sucrose와 2.5% 알긴산을 첨가하여 제작하였다. 제작된 인공종자는 1/2MS배지+2% sucrose+0.3% gelite 또는 1/2MS 배지+2% sucrose+0.3% gelite+0.02% A.C.를 사용하였다 (Table 2).

종피의 첨가물에 따른 효과를 알아보기 위해 증류수에 2.5% 알긴산을 넣어 종피를 제작하거나, 증류수에 3% sucrose를 첨가한 경우 혹은 MS 액체배지를 첨가하여 인공종자를 제작하였다. 발아는 2% sucrose가 첨가된 1/2MS 기본배지에서 수행하였다 (Table 3).

이상의 실험결과를 토대로 4종류의 종피첨가물 및 4종류의 발아배지를 준비하여 음나무 체세포배의 인공종자 조제 및 발아에 미치는 영향을 종합검토 하였다 (Table 4). 사용한 체세포배는 약 3 mm 크기의 초기 자엽형 배를 사용하였다. 종피의 조제는 2.5% 알긴산으로 1) 증류수, 2) 증류수 + 3% sucrose, 3) MS 배지, 4) 1/2 MS 배지를 처리하여 종피를 조제하였고, 발아배지로는 1) 1/2MS 배지+2% sucrose + 0.3% gelite, 2) 1/2MS 배지+2% sucrose + 0.3% gelite+A.C 0.02%, 3) 증류수 + 3% sucrose + 1% gelite, 4) 증류수 + 1% gelite로 조제하였다.

상토 및 수용액 처리에 따른 인공종자의 발아율

2.5% 알긴산을 4종류의 수용액 (증류수, 3% sucrose 수용액, 1/2MS 액체배지 및 MS 액체배지)으로 조제 한 다음 perlite입자 크기별 상토에 파종하여 발아율을 조사하였다 (Table 5). 캡슐의 조제는 어뢰형~초기 자엽형의 배를 재료로 하였다.

결과 및 고찰

알긴산 농도에 따른 발아율

표 1에서 보여주는 것처럼 발아에 미치는 알긴산의 농도는 유의적인 차이는 없으나 알긴산 농도가 증가할수록 발아

Table 2. Influence of somatic embryo size on germination of artificial seeds\*

Length of somatic embryo (mm)	Germination rate (%)	
	1/2 MS	1/2 MS + A.C. 0.02%
1.5~2.0	97.6	97.2
2.0	99.0	100
4.0	99.0	98.4
5.0	100	97.3

\*Artificial seeds were encapsulated with 2.5% alginic acid containing in MS medium and 3% sucrose

Table 3. Effect of additives in artificial seeds on germination\*

Additive	Germination rate (%)	Result
Water	25.0	Slow germination
Water + 3% sucrose	93.8	Rapid germination
MS liquid medium + 3% sucrose	94.4	Browned after germination

\*Artificial seeds were encapsulated with 2.5% alginic acid and germinated on 1/2MS medium

Table 1. Germination of artificial seeds solidified with different concentrations of alginic acid on medium with or without activated charcoal

Germination medium	Con. of alginic acid* (%)	Germination rare (%)	Result
1/2 MS cont	3.0	94.0	Normal germination
	3.5	91.0	Normal germination
	4.0	82.0	Root growth inhibited
1/2 MS + A.C 0.05%	3.0	95.0	Normal germination
	3.5	94.0	Normal germination
	4.0	88.4	Root growth inhibited

\*Artificial seeds were encapsulated with 1/2 MS liquid medium, 3% sucrose, and different concentration of alginic acid

**Table 4.** Germination of artificial seeds with different constituents of artificial endosperm and different conditions of germination medium

Constituent in artificial seed*	Germination medium	Germination rate (%)	Average germination rare (%)
Water	① 1/2 MS, S 2%, gel 0.3%	73.3	75.0
	② 1/2 MS, A.C 0.02%, gel 0.3%	81.3	
	③ 3% sucrose, gel 1.0%	45.5	
	④ Distilled water, gel 1.0%	100	
3% sucrose	①	90.9	76.4
	②	95.0	
	③	26.7	
	④	92.9	
MS liquid medium	①	95.0	88.7
	②	94.7	
	③	65.0	
	④	100	
1/2 MS liquid medium	①	89.5	85.2
	②	90.0	
	③	66.7	
	④	94.4	

\*Artificial seeds were encapsulated with 2.5% alginic acid

**Table 5.** Effect of perlite grain size and nutrient treatment on *ex vitro* germination of artificial seeds

Perlite size	Germination of seeds (%)			
	Distilled water	3% sucrose	1/2 MS liquid medium	MS liquid medium
Large	0	61.1	50.0	50.0
Middle	0	64.3	66.7	34.6
Small	5.6	65.2	50.0	53.3
Mean	5.6	63.5	55.6	45.9

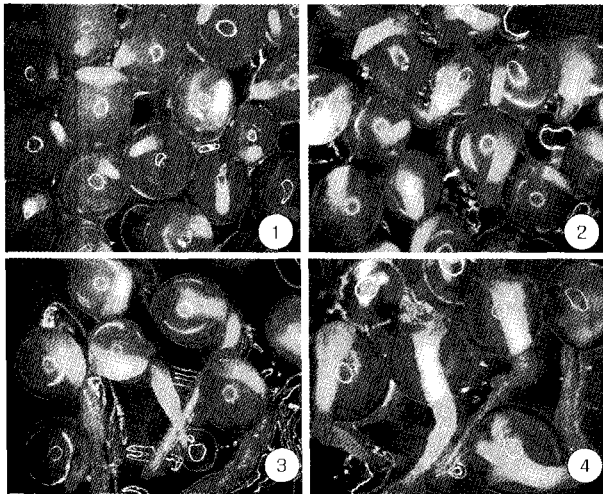
율은 감소하는 경향을 보였다. 인공종자의 발아배지에 활성탄 첨가효과를 조사한 결과 1/2 MS 기본배지에 활성탄을 첨가한 경우 발아율이 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 특이한 점은 알진산 농도가 높아질수록 발아체의 뿌리발달이 다소 억제되는 경향을 보인 점이다. 따라서 알진산의 농도는 3%로 사용하고, 뿌리발달을 위해 활성탄이 첨가된 1/2 MS 배지에 파종함이 좋을 것으로 나타났다. 알진산은 한천과 같이 해초 (*Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum* 및 다양한 종의 *Laminaria*)에서 추출되는 친수성 다당체이다 (Haug and Smidsrød 1965). 따라서 알진산의 농도가 높아질 경우 뿌리의 발달이 억제 되는 원인은 알진산 자체가 한천 및 젤라이트와 같이 고형제로서 역할을 수행하기 때문에 고농도 시 수분스트레스와 관련된다고 생각된다.

#### 체세포배 크기에 따른 발아효과

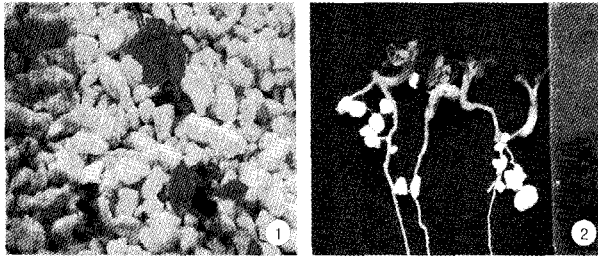
체세포배의 크기를 달리하여 인공종자를 조제 한 후 발아에 미치는 요인을 조사한 결과는 표 2와 같다. 체세포배의 크기에 따른 현저한 발아율의 차이를 보이지 않았다. 2 mm 크기의 체세포배가 가장 발아율이 높았으나 유의적인 차이가 없고, 발아배지에 따라서도 차이를 보이지 않았다. 본 실험 결과는 체세포배의 크기가 작아도 인공종자 조제 후 발아력에 문제가 없다는 것을 시사하며, 다만 인공종피 조제 시 작업의 편의성을 위해 보다 큰 체세포배를 이용해도 문제가 없음을 보여주었다.

#### 종피내 첨가물이 발아에 미치는 효과

종피 내 첨가물이 발아에 미치는 효과는 표 3과 같다. 종



**Figure 2.** Germination of artificial seeds of *Kalopanax septemlobus*. ①② - Early germination stage of artificial seeds; ③④ - Radicle growth of germinated artificial seeds.



**Figure 3.** *Ex vitro* germinated artificial seeds of *Kalopanax septemlobus*. ① Artificial seed germinants in large size perlite; ② Root morphology of the germinants.

피에 영양분의 공급이 없이는 발아율이 현저히 저조하고 발아속도 역시 늦은 것으로 나타났다. 흥미롭게도 탄소원으로 sucrose 3%를 처리한 경우에도 정상발아가 가능하고 93%의 높은 발아율을 나타낸 점이다. 3% sucrose 와 MS 배지의 염류를 공히 처리한 경우에도 발아율은 94%를 나타내어 3% sucrose 만을 처리한 경우보다 현저한 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 본 실험은 읍나무 체세포배의 인공종자는 탄소원으로 3% sucrose 첨가만으로도 정상적인 발아가 가능함을 보여주었다. 자연상태의 종자는 배를 둘러싸고 있는 배유가 있어서 체세포배의 발아 및 식물체 성장에 영양원을 제공해 주기도 하고, 일부 무배유 식물의 경우는 자엽이 크게 비대하여 영양원으로 사용된다.

체세포배를 알진산으로 캡슐화 시킨 경우는 자연상태의 종자와 가장 큰 차이점은 인공배유에 배의 발아 및 성장에

이상적인 영양물이 결핍되어있다는 점이다. 따라서 체세포배를 캡슐화한 인공종자의 경우는 특별한 양육 배지 및 토양 조건 또는 인공배유의 구성물에 처리가 필요하다고 본다. 또한 인공종피에 설탕을 넣어 제작하여 멸균된 토양에 파종하는 경우는 오염 등의 문제점이 없지만 오염된 노지의 토양에 발아시키는 경우는 설탕은 쉽게 미생물의 성장을 촉진시킬 수 있고 설탕용액이 토양에 확산될 수 있다. 이러한 원인으로 Jung 등 (2004)은 가시오갈피의 인공종자 종피에 탄소원으로서는 전분을 넣어서 발아가 촉진됨을 확인하였고, 인공종자의 체세포배가 전분을 당으로 분해하여 발아 시 이용되는 것을 밝혔다. 따라서 인공종자를 실용화하기 위하여서는 인공종자의 종피에 이상적인 영양물질, 즉 미생물에 보호 받을 수 있으며 서서히 지속적으로 배의 발달에 영양원을 공급할 수 있는 인공배유의 조성에 관한 연구가 필요하다고 본다.

#### 인공종피 조제 및 배지에 따른 기내 발아율 비교

표 4는 종피 조제 시 첨가물 4종류와 발아배지 4종류를 사용하여 읍나무 인공종자의 발아에 미치는 효과를 종합적으로 조사한 결과이다. 발아 배지의 경우 증류수만을 넣고 1% gelrite로 경화한 배지 또는 활성탄이 첨가된 1/2 MS 배지에서 양호하나 종피 첨가물에 따라 다소 차이를 나타냈다. 한편 인공 종피에 3% sucrose를 처리한 배지에서는 발아가 가능하였으나 시간이 경과하면서 체세포배가 점차로 갈변되어 고사하는 것으로 나타났다. MS 배지로 종피를 조제한 경우는 발아 후의 체세포배 생장이 양호한 것으로 나타나 이 수준의 발아 및 초기 성장에 양분의 요구도가 많은 수중임을 나타내었다. 한편 증류수만 처리한 배지에서는 모두 생존하고 발아가 가능하였으나 자엽발달이 저조하고 배양 시간이 경과할수록 새로운 줄기가 올라오는 정상적인 식물체로의 생장이 곤란하였다.

종합적으로 판단해 볼 때 읍나무의 인공종자는 종피내 양료 성분을 많이 함유할수록 발아 후 식물체로 성장하는데 있어서 효과적임을 확인하였다. 또한 발아배지로는 활성탄이 첨가된 1/2 MS 기본배지 혹은 sucrose가 첨가되지 않은 1% gelrite 배지를 사용해도 문제가 없는 것으로 나타났다.

#### 기외발아에 미치는 perlite 크기 및 수용액 처리 효과

인공종자의 상토에 파종 시 발아에 미치는 상토입자 크기

및 수용액의 처리효과는 표 5와 같다. 3% sucrose를 처리한 경우 전체적인 발아율이 양호하게 나타났으며 증류수만을 처리한 경우는 거의 발아되지 않았다. 한편 상토입자의 크기에 따른 차이는 현저하지 않았고 뿌리는 대부분 1차근으로 내리는 것으로 나타났다 (Figure 3). 상토는 공극과 수분 보유력이 중요한 요인으로 나타나는데 음나무 인공종자의 발아에는 perlite 입자의 크기에 크게 영향 받지 않음을 보여 주었다. 한편 발아 후의 생장을 위해서는 1/2 MS 액체배지 혹은 0.2% 하이포넥스 수용액의 주기적인 처리를 요하였다.

결론적으로 음나무의 체세포배를 이용하여 인공종자를 조제하여 발아율을 조사한 결과, 체세포배를 캡슐화 하는 알진산의 최적 농도, 발아배지의 최적 조성, 인공종피에 첨가물 등이 적절하게 조성되었을 경우 모든 인공종자가 발아되었고, 발아 후 정상적인 식물로 생육됨을 알 수 있었다. 차후 인공종자의 발아를 극대화하고 실용화하기 위해서는 인공배유의 최적 조성물에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 적 요

음나무의 체세포배를 이용하여 인공종자를 조제하고 발아에 미치는 알진산 농도, 체세포배의 크기, 종피내 첨가물 그리고 인공상토(펄라이트)에 파종시 입자의 크기 및 수용액 처리에 따른 발아율을 조사한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 알진산의 농도는 3%로 인공종피를 조제함이 차후 정상적인 발아에 좋은 것으로 나타났고, 알진산 농도가 증가할수록 발아율은 감소하는 경향이였다. 발아배지는 0.02% 활성탄이 첨가된 1/2 MS 배지에서 다소 양호하였다.
2. 체세포배의 크기에 따라서는 1.5~5.0 mm의 체세포배를 사용하였을 때 인공종자의 발아에 크게 영향이 없었다. 따라서 인공종자화를 위한 체세포배의 크기는 배의 발달 단계에 따라 다소 작거나 큰 체세포배를 사용해도 발아에 문제가 없음을 보여주었다.
3. 인공종자의 정상적인 발아를 위해서는 종피 조제시 첨가물이 중요하게 나타났다. 증류수를 첨가시에는 발아가 매우 저조하게 나타났으며, MS 배지 염류를 첨가시키는 것이 발아 및 차후 생장에 좋은 것으로 나타났다.
4. 인공종자의 발아율은 종피내 함유물이 발아에 크게 영향

하여 양료배지를 첨가시에 발아에 양호하였다. 인공종자의 발아는 1% gelrite로 고형화 시킨 배지에서도 발아가 가능하지만 발아 후의 정상적인 생장은 억제되는 것으로 나타나 종피에 배지를 첨가하고, 발아배지 또한 양료 배지를 사용하는 것이 발아 후의 식물체 생장에 중요한 요인으로 나타났다. 이 같은 결과는 음나무의 발아 및 유묘의 생장에는 양료의 요구도가 높다는 것을 시사한다.

5. 인공종자를 상토에 직접 파종하여 발아율을 조사한 결과 발아율은 3% sucrose 수용액 처리시 전체적인 발아율이 가장 양호하게 나타났고 증류수 처리시는 거의 발아되지 않았다. 상토입자의 크기에 따라서는 발아율에 현저한 차이를 보이지 않았다.

## 사 사

본 연구는 국립산림과학원 연구과제 FG 0701-1996-01의 지원금 일부로 수행되었으며, 실험을 도와준 동국대학교 산림자원학과 황혜경, 이진희 학생에게 감사를 표합니다.

## 인용문헌

- Antonietta GM, Ahmad HI, Maurizio M and Alvaro S (2007) Preliminary research on conversion of encapsulated somatic embryos of *Citrus reticulata* Blanco, cv. Mandarin Tardivo di Ciaculli. *Plant Cell Tiss Org Cult* 88:117-120
- Ara H, Jaiswal U, Jaiswal VS (1999) Germination and plantlet regeneration from encapsulated somatic embryos of mango (*Mangifera indica* L.). *Plant Cell Rep* 19: 166-170
- Castillo B, Smith MAL, Yadava UL (1998) Plant regeneration from encapsulated somatic embryos of *Carica papaya* L. *Plant Cell Rep* 17: 172-176
- Haug A, Smidsrød O (1965) Fractionation of alginates by precipitation with calcium and magnesium ions. *Acta Chem Scand* 19: 1221-1226
- Jung SJ, Yoon ES, Jeong JH, Choi YE (2004) Enhanced post-germinative growth of encapsulated somatic embryos of Siberian ginseng by carbohydrate addition in encapsulation matrix. *Plant Cell Rep* 23: 365-370
- Kang HS, Lee DK (1998) Site and growth characteristics of *Kalopanax septemlobus* growing at Mt. Joonwang in Pyungchang-gun, Kangwondo. *Jour Korean For Soc* 87: 483-492
- Kim CW, Song JM, Bae CH, Park BJ, Moon HK, Hwang SI, Yi JS (2002) Asexual propagation of *Kalopanax pictus*

- by root cutting. J For Sci Kangwon Nat'l Univ 18: 1-6
- Kim TW (1999) The Woody Plants of Korea in Color. Kyohak Pub Co LTD, Seoul, Korea pp 643
- Lee EJ, Choi, MY, Park HJ, Cha BC, Cho SH (1995) Chemical constituents and biological activity of *Kalopanax* cortex. Kor J Pharmcogn 26: 122-129
- Lim KS (1999) Development of production technique for *Kalopanax pictus* (Thunb.) Nakai planting stocks by root cutting. MS thesis, KonKuk Univ., Korea pp 33
- Moon HK, Kim SH, Kim BK (2002) Micropropagation of *Kalopanax pictus* Nakai via axillary bud cultures. Jour Korean For Soc 91: 775-780
- Moon HK, Kim YW, Lee JS, Choi YE (2005) Micropropagation of *Kalopanax pictus* tree via somatic embryogenesis. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 41: 303-306
- Redenbaugh, K, Paasch, BD, Nichol, JW, Kossler, ME, Viss, PR, Walker, KA (1986) Somatic seeds: encapsulation of asexual plant embryos. BioTechnol 4: 797-801
- Yeoung YR, Lee MH, Kim BS, Kim HK, Kim JH (2001) Seed germination and softwood cutting technique of *Kalopanax pictus* Nakai. Korean J Plant Res 14: 53-59

(접수일자 2007년 6월 25일, 수리일자 2007년 7월 13일)