

너도밤나무속(*Fagus*)수종들의 시험관내번식에 대한 연구동향

박룡호, 로철민

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들에서는 경제적가치가 있고 우리 나라의 기후풍토에 맞는 좋은 수종의 나무를 얻어내고 그것을 널리 퍼치기 위한 연구사업을 적극 추진하여야 합니다.》

(《김정일선집》 증보판 제24권 329페이지)

너도밤나무속수종들은 참나무과에 속하는 수종들로서 생태학적으로, 경제적으로 중요하다. 이 수종들은 200년 혹은 그이상 살수 있지만 대체로 80~120년 자란 나무를 베어 리용한다. 일부 변종들은 나무갓모양과 잎의 관상적가치가 매우 높아 전형적인 정원수로 리용되는것을 비롯하여 너도밤나무속수종들의 리용범위는 대단히 넓다.

문론에서는 세계적으로 이 수종들을 시험관내번식방법으로 번식시키기 위한 연구과정에 이룩된 결과들에 대하여 논의하였다.

1. 체세포배를 리용한 시험관내번식

너도밤나무속수종들에서 체세포배발생을 통하여 시험관내번식을 실현하기 위한 많은 연구들이 진행되였다.

한 연구자는 출발재료로 숲너도밤나무(*F. sylvatica*)의 미성숙접합배를 리용하였는데 7월 첫 두주동안에 미성숙접합배를 취하여 500mg/L 글루타민, 500mg/L 카제인물작용분해물, 2.22 μ mol/L BA와 2.26~4.52 μ mol/L 2,4-D를 첨가한 MS배지에서 반복적인 계대배양을 진행한 결과 배발생조직까지는 유도하였지만 완전한 식물체는 얻지 못하였다.

다른 연구자는 7월말에 미성숙접합배를 취하여 1g/L 글루타민, 50mg/L 글리신, 50mg/L 아르기닌, 0.45~4.52 μ mol/L 2,4-D와 2.22 μ mol/L BA가 포함된 반고체WPM배지에서 5주동안 배양[1]한 다음 그것들을 낮은 농도의 BA(0.44~0.89 μ mol/L)와 2,4-D대신 0.27~0.54 μ mol/L NAA가 들어있는 배지에 옮겼을 때 그중의 일부 체세포성배들이 4주후에 싹단체로까지 발육하였지만 완전한 식물체로 된것은 하나도 없었다. 그러나 4~5달후에 일부 배양물에서 배발생과정으로 보아지는 누르스름하고 투명하며 점액성의 유상조직이 발생하였다. 이 유상조직을 0.22~2.26 μ mol/L 2,4-D와 0.45 μ mol/L BA, 1/3질산염이 들어있는 1/2MS액체배지에서 배발생세포현탁배양을 진행하였는데 배양은 어둡조건과 90r/min의 진탕배양조건에서 진행되였다. 체세포성배들은 단세포들로부터 출발한것으로서 배가 액체배지에 있을 때에는 구형단계에서 발생이 더 진행되지 않았지만 구형배들을 낮은 농도의 생장조절물질과 글루타민, 주요염들이 1/2배 들어있는 1/2MS배지에 접종하였을 때에는 싹단체로까지 발육되였다. 이 단계에서 성공률은 생장조절물질보다도 어떤 계통의 나무를 출발재료로 취하였는가에 더 의존하였다. 이것은 너도밤나무배발생배양에서 배지보다 계통 즉 유전형이 더 중요한 요인이라는것을 보여주었다.

한 연구자는 500mg/L 글루타민, 30mg/L 세틴과 BA, 2,4-D가 들어있는 MS배지에서

숲너도밤나무의 꽃가루를 배양하였는데 배양 두달 지나서 1개의 배가 꽃가루에서 발육하였다.[2, 3]

다른 연구자는 숲너도밤나무의 미성숙종자로부터 배축을 갈라내어 9.1 μ mol/L 2,4-D와 2.2 μ mol/L BA가 들어있는 WPM배지에서 유상조직을 유도한 다음 이 유상조직으로부터 식물체를 재생시켰다.[4] 이 결과들은 시험관내체세포배양물로부터 유도된 잎이나 줄기 단편들에서 막난논의 발육이 가능하다는것을 보여주었다.

2. 결눈을 리용한 시험관내번식

1) 어린 재료의 결눈을 리용한 시험관내번식

너도밤나무속수종들의 결가지를 재료로 하여 식물체를 재생시키기 위한 연구가 진행되었는데 여기에서는 숲너도밤나무씨앗모의 싹끝과 마디단편을 취하여 시토키닌류인 PBA, BA와 TDZ가 각이한 농도로 포함된 MS, WPM배지에서 배양하였다. 배양에 가장 적합한 배지는 0.1~0.6mg/L BA와 0.02~0.1mg/L IBA가 들어있는 WPM배지였으며 이 배지에서 새로운 싹이 4~6주안에 나타났다. TDZ는 낮은 농도(0.001~0.005mg/L)에서 싹형성을 촉진하였지만 높은 농도에서는 유상조직형성을 촉진하고 싹생장을 억제하였다.

배양물로부터 취한 싹들을 0.3mg/L IBA와 0.1mg/L NAA가 포함된 WPM배지에서 배양할 때 3~4주안에 뿌리가 유도되었는데 뿌리유도률은 계통에 따라 차이났다. 배양물들 중에서 잘 발육된 싹들의 밑부분을 아욱신가루에 살짝 묻혀 뿌리유도처리를 진행한 다음 재배단지에서 키울 때 뿌리가 유도될수 있는가도 조사하였는데 6~8주안에 18~64%의 싹들에서 토양에서의 생장에 적합한 뿌리들이 형성되었다. 빛과 높은 습도조건에서 순화 두달후에 잎들이 형성되고 그늘진 온실에서 식물이 성장하였다.

숲너도밤나무시험관내번식을 위한 실험은 어린 조직으로부터도 진행되었다. 너도밤나무 종자로부터 잘라낸 배축을 BA가 들어있는 시험관안에서 발아시켜 시험관식물체를 얻고 그 식물체의 싹을 절단하여 싹증식배양에 리용하였다.[5] 초기 배축을 배양하기 위해 종자들을 70%(v/v) 에타놀에서 1min동안, 4% 활성염소용액에서 20min동안 표면소독을 진행하고 멸균한 증류수로 3번 세척한 다음 배축들을 해부하여 BA가 0, 0.1, 1.0, 2.5mg/L 들어있는 WPM배지에서 배양하였다. BA를 넣지 않은 배지에서는 배축의 27%가 8주후에 어린 식물체로 발육하였는데 이 식물체는 1~3cm 되는 줄기에 2~3개의 잎, 3~4cm 되는 배축과 가는 뿌리를 가졌지만 결눈이 없었다. BA를 0.1~1.0mg/L 되게 첨가한 배지에서는 발아률이 높아졌고(61%) 싹잎마디들에서 싹들이 유도되었지만 배축과 뿌리들이 짧아졌다. 1.0mg/L의 BA를 배지에 첨가할 때 싹들이 제일 많이 얻어졌으며 이 싹들을 증식계대배양에 리용하였다. 여러가지 무기염배지에 성장조절물질(0.1~1.0mg/L BA, 1~2mg/L 제아틴, 0~0.2mg/L NAA)을 각이하게 첨가하여 실험을 진행한 결과 싹증식에 적합한 배지는 0.5mg/L BA, 2mg/L 제아틴, 0.2mg/L NAA가 들어있는 WPM배지였다. 배양실조건은 16h 빛조건, 비침도 2 000lx, 낮과 밤온도는 각각 25, 20°C였다. 증식배지에서 배양 6주후에 외식체당 1.8~4.0개의 싹들이 생겼다.

싹증식을 보다 개선하기 위하여 유도된 싹들을 8~10mm의 꼭대기단편과 밑부분단편으로 가르고 그것들의 증식률을 비교하였다.[5] 같은 시기에 매 외식체형에 대해 두가지 계대배양방식 즉 같은 배지에 6주동안 유지하는 방식과 6주의 증식과정에 두주에 한번씩 새 배지로 바꾸어 계대하는 방식의 효과성을 비교하였다. 배양방식에는 관계없이 싹들은

꼭대기단편보다 밑부분단편에서 더 잘 유도되었으며 증식률은 두주에 한번씩 새 배지에 옮겨주었을 때 높아졌다.[6] 두주에 한번씩 새 배지로 옮겨서 배양할 때 증식률이 더 높은것은 너도밤나무싹들의 시험관발육에 필요한 영양분을 충분히 공급해줄수 있는것과 관련된다.

뿌리유도실험[5]에서는 15~20mm 되는 싹들을 증식배양물로부터 분리하여 뿌리유도 배지(다량원소와 자극제가 없는 1/2WPM배지)에 옮겼다. 싹들의 밑부분을 1g/L IBA용액에 1min동안 담그어 전처리하든가 3mg/L IBA 혹은 3mg/L IBA+0.1mg/L NAA가 들어있는 배지에 옮겨 배양하였을 때 10일째부터 뿌리가 유도되기 시작하였다. 담금처리에서 특히 중요한것은 초기 7일동안 어둡조건을 보장해주어 뿌리유도능력을 높여주는것인데 이렇게 하면 뿌리발생이 촉진되어 뿌리유도률이 88.8%로까지 높아졌다.[5, 6] 한달후 뿌리유도 배지에서 자란 10~15mm의 뿌리길이를 가진 60개의 어린 식물체들을 니탄기질과 진주암을 2:1로 섞은 재배단지에 옮기고 대기습도가 80% 되는 온실에서 자래웠는데 8주후의 사름률은 72%였으며 살아남은 식물체들은 모두 새로운 생장을 시작하였다.

3달~2년동안 자란 너도밤나무속의 한 종(*F. grandiflora* Ehrh.)의 종자모에서 눈을 취하여 AC배지(생장조절물질로서 0.89 μ mol/L BA, 0.27 μ mol/L NAA를 첨가)를 넣은 시험관에 접종한 다음 배양하였다. 배양후 증식물을 12.3mmol/L IBA에서 1min동안 담금처리한 다음 뿌리유도배지에 접종하여 뿌리를 유도하였다.[7]

2) 성숙한 재료의 결눈을 리용한 시험관내번식

다 자란 너도밤나무로부터 취한 외식체들은 일반적으로 시험관안에서 자래우거나 분화시키기 힘들다. 례를 들어 70년자란 세가지 숲너도밤나무의 변종들로부터 눈외식체를 취하여 낮은 농도의 식물호르몬이 들어있는 WPM배지에서 배양하였는데 한 변종(*F. purpurea*)에서만 싹들이 일부 나왔을뿐 이 싹들로부터의 증식과 뿌리유도는 성공하지 못하였다.

다 자란 너도밤나무의 시험관내배양은 접붙이기[8]와 같은 회복조직을 리용하거나 그루터기싹, 뿌리싹[7]을 리용하였을 때 성과적으로 진행되었다. 10~100년이상 자란 여러가지 계통의 숲너도밤나무들의 시험관내번식을 진행한 시험[8]에서는 초기외식체로서 두가지 눈을 리용하였다. 즉 2월 또는 3월에 싹의 꼭대기부분으로부터 길이가 20mm인 휴면눈들을 취하였는데 다 자란 나무로부터 눈을 직접 취하거나 1년전에 심은 접가지로부터 나온 싹들로부터 눈을 취하였다. 시험관배양에 제일 적합한 배지는 4.5 μ mol/L BA, 1g/L 카제인물작용분해물과 15g/L 과당이 들어있는 WPM배지였으며 싹체대배양에 적합한 배지로는 일반적으로 WPM, SH, GD배지였는데 10년생 나무로부터 얻은 싹들을 GD배지에서 배양하였을 때 최대로 증식하였다.

너도밤나무껍질병에 저항성이 강한 다 자란 너도밤나무속의 한 종(*F. grandiflora*)을 리용한 시험관내배양[7]에서는 나무의 성숙가지로부터 얻은 외식체(눈)들과 뿌리싹으로부터 얻은 얻은 외식체들(싹끝)의 배양특성을 비교하였다. 모든 경우에 외식체들을 0.5% 차아염소산나트륨으로 5~15min동안 소독하고 0.89 μ mol/L BA, 0.27 μ mol/L NAA, 20g/L 사탕이 들어있는 AC배지에서 배양하고 증식시켰다. 33개의 뿌리싹단편들가운데서 24개의 단편들(73%)이 싹유도처리에 반응하였으며 이것들중 13개(초기 33개의 39%)가 성과적으로 배양되었다. 이와 반면에 성숙한 가지들로부터 취한 41개의 눈외식체들가운데서 6개(15%)가 시험관안에서 증식되었으며 이 배양물들은 뿌리싹들을 재료로 취한것보다 더 천천히 생장하였다. 싹들을 12.3mmol/L IBA용액에 1min동안 잠금처리를 진행한 다음 20g/L 사탕이 들어있는 1/2AC배지에서 배양하였을 때 뿌리가 유도되었다. 뿌리유도률을 보면 뿌리싹으로부터

유도된 싹들인 경우에는 48~97%, 성숙한 눈으로부터 유도된 싹들인 경우에는 50~97%였다. 모든 경우에 숲너도밤나무배양에서와 마찬가지로 해당한 농도의 IBA용액에 싹의 밑부분을 일정한 시간 잠금처리하는것이 뿌리유도배지에 낮은 농도의 IBA를 첨가하는것보다 뿌리가 더 잘 유도되었다.[5, 8]

3. 막난눈을 리용한 시험관내번식

초대의식체로서 어린 숲너도밤나무의 배축을 리용하였을 때 배축우에서 막난눈이 분화되었다.[5] 특히 $4.44\mu\text{mol/L}$ BA가 들어있는 배지에서 배양한 식물체의 29%에서 막난눈이 분화되었다. 막난눈형성능력은 접합배의 시험관배양에 의해 생긴 세주 지난 종자모로부터 분리한 배축과 싹잎단편에서도 나타났는데 $2.22\mu\text{mol/L}$ BA+ $0.54\mu\text{mol/L}$ NAA이 들어있는 배지에서 배양할 때 그러한 단편들의 20%가 막난눈을 형성하였다.

1) 잎을 외식체로 썼을 때 막난눈유도

선행연구[5]에서와 같은 싹증식배지에서 숲너도밤나무씨앗모로부터 취한 재료를 배양하였을 때 얻어지는 배양물로부터 유도된 잎들이 막난눈으로 발육할수 있는가를 보았다.[9] 실험에서는 제일 웃쪽에 있는 2개의 잎을 절단하여 가운데잎줄부분과 잎변두리부분으로 갈라서 그 배양특성을 비교하였다. 싹유도배지로는 30g/L 사탕, 7g/L 우무, $2.9\mu\text{mol/L}$ IAA와 BA(4.4, 8.9, $17.8\mu\text{mol/L}$) 또는 TDZ(0.2, 2.3, 4.5, $9.1\mu\text{mol/L}$)이 포함된 WPM배지를 리용하였다. 잎줄면이 배지에 닿게 하고 8주동안 배양하였는데 막난눈은 일반적으로 잎꼭지유상조직우에서 5~7주후에 발생하였다. 실험결과 유도배지종류에 관계없이 막난눈은 잎변두리부분보다 가운데잎줄부분을 재료로 취하였을 때 더 잘 형성되었는데 가장 좋은 결과는 $8.9\mu\text{mol/L}$ BA 또는 $2.3\mu\text{mol/L}$ TDZ가 들어있는 유도배지에서 가운데잎줄부분을 배양하였을 때 얻어졌다.

막난눈의 생장을 촉진시기키고 싹유도와 싹생장에 미치는 TDZ의 영향을 밝히기 위한 연구도 진행되었는데 잎꼭지부분절편들을 $2.3\mu\text{mol/L}$ TDZ가 들어있는 유도배지에서 1~4주동안 배양한 다음 외식체들을 증식배지에 옮겨 4주동안 배양하였다. 결과 TDZ처리시간에 따라 유상조직발생능력이 차이났으며 싹이 재생되는 외식체비율은 TDZ처리 4주후에, 처리 3주후에는 외식체당 평균싹수가 최대가 되었다.

처리시간을 늘일 때 싹길이가 짧아졌는데 이것은 시토키닌류생장조절물질들중에서 TDZ의 활성이 더 높은것과 관련된다. TDZ가 첨가된 배지에서 계속 배양하는 경우 싹무지들에서는 일반적으로 생장이 거의나 멎었는데 BA배지에서 유도된 싹보다 생장속도가 아주 낮았다. 실험결과 TDZ가 들어있는 배지에서 3주동안 배양할 때 싹생성과 생장에 가장 효과적이었다. 이와 같은 결과는 선행연구[10]에서도 얻어졌다. 너도밤나무속의 한 종(*F. orientalis*)으로부터 얻은 여러 계통의 두달 된 종자모의 잎을 TDZ를 처리하였을 때 싹눈이 유도되었다. 이때 막난눈으로 발육하는 외식체들의 비율은 70~90%였다.

2) 마디단편을 외식체로 썼을 때 막난눈유도

두가지 계통의 숲너도밤나무와 너도밤나무속의 한 종(*F. orientalis*)의 5가지 계통으로부터 취한 마디단편의 막난눈형성능력을 평가하였다.[11] 재료들을 시험관배양물로부터 수집하였으며 매 배양물당 2개의 맨 웃마디들을 잘라 2~3mm 단편으로 가른 다음 $2.9\mu\text{mol/L}$ IAA와 $0.4\sim 17.8\mu\text{mol/L}$ TDZ 또는 $0.4\sim 17.8\mu\text{mol/L}$ BA가 첨가된 WPM유도배지에서 배양하였다. 유도배지에서 배양 4주후에 외식체들을 증식배지에 옮겨 8주동안 더 배양

하였다. 결과 두가지 숲너도밤나무계통들과 너도밤나무속 한 종(*F. orientalis*)의 네가지 계통들의 줄기마디단편에서 생긴 유상조직으로부터 막난눈들이 형성되었다.

유상조직은 실지 싹형성에서 기본중간물로 되는데 오직 1개 계통에서만 유상조직이 유도되지 못했다. 잎을 외식체로 하였을 경우와 마찬가지로 이 연구결과는 시험관싹재생에서 외식체의 유전형이 얼마나 중요한가 하는것을 보여주었다. 생성된 평균싹수는 종과 계통에 따라 달라졌는데 너도밤나무종인 *F. orientalis*의 세가지 계통들에서 $4.5\mu\text{mol/L}$ TDZ를 처리하는 경우 다른 시험구에 비해 현저하게 좋았다.

마디단편으로부터 막난눈을 유도하는데서 TDZ는 BA보다 더 효과적이었는데 그 최적 농도는 $4.5\mu\text{mol/L}$ 였고 BA는 $17.8\mu\text{mol/L}$ 였다. TDZ의 농도가 높으면 미세한 싹들이 밀집된 무지가 형성되는데 개체로는 발육하지 못하였다. 이것은 TDZ가 시토키닌산화효소활성을 억제[12]하여 식물체자체의 시토키닌함량을 높여주는것[10]과 관련된다. TDZ를 개별적인 아옥신들인 $2.9\mu\text{mol/L}$ IAA나 IBA와 조합한 배지를 리용할 때 마디외식체들의 싹형성능력이 증가되었다.[11]

줄기에서 밑부분보다 윗부분을 리용하는 경우 막난눈으로 발육하는 외식체들의 비율이 높았고 발육한 싹의 개수도 더 많았다.

3) 싹증식과 뿌리유도

막난눈을 리용한 시험관내번식은 앞에서 본 초대배양과 분화과정의 효과성뿐아니라 유도된 싹으로부터 얻은 시험관계통들의 증식과 뿌리분화에도 의존한다. 이것을 밝히기 위하여 막난눈을 가지고있는 잎과 마디단편들을 막난눈유도배지에서 배양한 후 8주(잎), 12주(마디)후에 새로운 증식배지에 옮겨다. 싹생장은 외식체들을 두주에 한번씩 새로운 배지에 옮겨주었을 때 촉진되었다. 2~3달후 즉 막난눈싹들의 길이가 $1.5\sim 2.0\text{cm}$ 되면 그것들을 잎이나 마디외식체로부터 떼내어 증식배지에서 계대배양하였다.[9-11] 마디외식체들에서 생긴 막난눈들을 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 의 어둡조건에서 두달동안 보관하였다가 표준배양 조건으로 옮겨 배양하였을 때 막난눈들의 70%에서 싹생장이 진행되었으며 랭조건에 보관하지 않은데서는 40%의 막난눈들에서만 싹생장이 진행되었다.

막난눈들이 생긴 계통으로부터 얻은 싹들을 4.9mmol/L IBA용액에 2min동안 밑부분 잠금처리한 다음 아옥신이 없는 $1/2\text{WPM}$ 배지에 옮겨 계대배양을 진행하였는데 첫 8일 동안은 어둡조건에서 배양하였다. 잎외식체의 막난눈으로부터 생긴 2개의 싹계통들의 뿌리분화률은 잎을 외식체로 리용한 시험관내어미식물의 뿌리분화률(83%)과 차이가 없었다.[9] 너도밤나무속수종들의 시험관내번식에 대한 자료를 표에 개괄하여주었다.

고전적인 번식방법으로는 산림조성에 필요한 너도밤나무속수종들에서 유전적으로 우량한 개체들을 많이 생산할수 없다. 이로부터 우량한 개체의 배나 어린 또는 성숙한 우량 개체의 싹끝이나 다른 조직들을 시험관에서 배양하여 증식된 배양물로부터 식물체들을 재생하는것이 주목되게 되었다. 위에서 설명한바와 같이 시험관내번식은 체세포배발생, 결싹증식과 막난눈유도를 통하여 진행된다. 결눈배양방법을 리용하여 일부 계통들의 어린 또는 성숙한 개체로부터 취한 재료를 리용한 시험관내번식이 가능하게 되었다. 다 자란 나무에서 취한 재료를 리용하여 시험관내번식을 진행하는 경우 직접 형태발생으로까지 유도하기 힘들지만 어린 접그루에 접하거나 뿌리싹의 유도에 의해 유년화시킨 조직들을 리용하는 경우 좋은 결과들이 얻어졌다. 일반적으로 결눈배양으로부터 얻어진 싹들의 뿌리분화와 순화는 진행할수 있지만 앞으로는 토양이나 포전에서 뿌리분화된 어린 식물체들을 순화시키기 위한 연구가 필요하다.[16, 17]

표. 너도밤나무속수종들의 시험관내번식

종	외식체원	배양배지	생장반응	참고 문헌
<i>F. sylvatica</i>	종자모의 끝눈과 결눈	WPM, MS, DKW+PBA 혹은 BA(0.44~ 2.7 μ mol/L)+IBA(0.49~0.98 μ mol/L)	싹증식, 뿌리유도, 토양에서 생장	[7, 9, 10]
	다 자란 나무의 눈	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+NAA(0.1 μ mol/L)+ 2,4D(0.09 μ mol/L)	제한된 싹분화	[16]
	배성외식체	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+NAA(0.1 μ mol/L)	싹형성	[16]
	미성숙접합배	MS+BA(2.2 μ mol/L)+2,4D(2.3~4.5 μ mol/L)	체세포성배발생	[1]
	꽃가루집	MS+BA(0.5~10 μ mol/L)+2,4D(0.5~ 10 μ mol/L)	체세포성배발생, 반수성배발생	[3]
	다 자란 나무의 눈	MS+AC+IAA(5 μ mol/L)+GA ₃ (5 μ mol/L)+ Z 혹은 BA(5 μ mol/L)	눈싹트기, 싹생장	[13]
	미성숙접합배	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+2,4D(0.45~ 4.5 μ mol/L)	체세포성배발생, 어린 식물체재생	[1]
	배축	WPM+BA(4.4 μ mol/L)	어린 식물체 발육	[5]
	두달 된 어린 식물체 의 끝눈, 마디단편	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+Z(9.1 μ mol/L)+ NAA(1.08 μ mol/L)	싹증식, 뿌리분화, 토양에서 생장	[5]
	싹잎, 배축	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+NAA(0.54 μ mol/L)	막난눈형성	[5]
	다 자란 또는 어린 나무, 접그루로부터 얻은 겨울눈	WPM+BA(4.5 μ mol/L)	싹증식, 뿌리유도	[8]
	싹배양물로부터 얻은 잎	WPM+IAA(2.9 μ mol/L)+BA(8.9 μ mol/L) 혹은 TDZ(2.3 μ mol/L)	막난눈형성, 뿌리유도	[9]
	싹배양물로부터 얻은 마디단편	WPM+IAA(2.9 μ mol/L)+TDZ(2.3~ 4.5 μ mol/L)	막난눈형성, 뿌리유도	[11]
	싹배양물로부터 얻은 끝눈	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+Z(9.1 μ mol/L)+ IAA(2.9 μ mol/L)와 여러가지 탄소원	싹증식	[11]
<i>F. orientalis</i>	싹배양물로부터 얻은 잎	WPM+IAA(2.9 μ mol/L)+TDZ(4.5 μ mol/L)	막난눈유도	[14]
	싹배양물로부터 얻은 마디단편	WPM+IAA(2.9 μ mol/L)+TDZ(4.5 μ mol/L)	막난눈형성, 뿌리유도	[11]
	싹배양물로부터 얻은 끝눈	WPM+BA(2.2 μ mol/L)+Z(9.1 μ mol/L)+ IAA(2.9 μ mol/L) 여러가지 탄소원	싹증식	[11]
	싹배양물로부터 얻은 잎과 마디 단편	WPM+IAA(2.9 μ mol/L)+TDZ(4.5 μ mol/L) 여러가지 탄소원	막난눈형성	[11]
	배축	MS+BA(2mg/L)+IAPhe(2mg/L)	뿌리생장, 싹유도, 유상조직저온보존	[15]
<i>F. gran- diflora</i>	종자모로부터 얻은 끝눈, 뿌리싹과 다 자란 나무의 가지	AC+BA(0.89 μ mol/L)+NAA(0.27 μ mol/L)	싹증식, 뿌리유도, 토양에서 식물생장	[7]

배양배지: AC는 황철나무배양배지(Aspen Culture medium)[14], DKW배지[20], MS배지, WPM배지;
식물생장조절물질: BA는 벤질아데닌, IAPhe는 인돌초산페닐알라닌, IBA는 인돌-3-버러산, NAA는
1-나프탈린초산, PBA는 N-(페닐메틸-9-테트라히드로-2H-피란-2-일)-9H-푸린-6-아민,
TDZ는 티디아주론, Z는 제아틴임.

너도밤나무속수종들의 시험관내번식의 성공률은 유전적특성과 외식체의 종류, 배지에 첨가하는 시토키닌의 종류와 농도에 의존한다.[18, 19]

그러므로 유전적특성에 따라 적합한 외식체의 종류와 외식체를 취하는 시기, 배지안의 식물생장조절물질의 종류와 농도 등 배양조건을 찾기 위한 연구들이 진행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] F. J. Vieitez et al.; Plant Cell Rep., 11, 609, 1992.
- [2] J. Jorgensen; J. Plant Physiol., 136, 373, 1990.
- [3] J. Jorgensen; Woody Plant Biotechnology, 138, 353, 1991.
- [4] Teresa Hazubska-Przybyl et al.; Dendrobiology, 73, 135, 2015.
- [5] A. M. Vieitez; In Vitro Cell Biol., 29, 4, 183, 1993.
- [6] B. Thiebaut; Can. J. Bot., 68, 202, 1990.
- [7] M. J. Barker; Plant Cell Tiss. Org. Cult., 51, 209, 1997.
- [8] K. Meier; Plant Cell Tiss. Org. Cult., 39, 231, 1994.
- [9] M. C. San Jose; In Vitro Cell Dev. Biol. Plant, 32, 140, 1996.
- [10] C. A. Huetteman; Plant Cell Tiss. Org. Cult., 33, 105, 1993.
- [11] B. Cuenca; Plant Growth Regul., 32, 1, 2000.
- [12] S. Eapen; Plant Cell Tiss. Org. Cult., 53, 217, 1998.
- [13] B. L. Nadel; J. Plant Physiol., 138, 596, 1991.
- [14] B. Cuenca; In Vitro Cell Dev. Biol. Plant, 35, 326, 1999.
- [15] V. C. Pence; Cryobiology, 27, 212, 1990.
- [16] Fethi Ahmet Ozdemir; TABAD-Res. J. Agric. Sci., 1, 62, 2014.
- [17] Olaf Thomas Bouman; Ecological Indicators, 99, 167, 2019.
- [18] Katarzyna Nuc; Trees, 30, 1831, 2016.
- [19] Quynh Ngoc Nguyen; Trees, 31, 1215, 2017.
- [20] J. A. Driver; HortScience, 19, 507, 1984.

주체110(2021)년 4월 5일 원고접수

Research Trends on *in vitro* Propagation of Trees in *Fagus*

Pak Ryong Ho, Ro Chol Min

This paper describes the methods for *in vitro* propagation of trees that is belonging to *Fagus* using several explants.

Keywords: *Fagus*, *in vitro* propagation