

참나리 (*Lilium lancifolium* Thunb.) 인편으로부터 부정아 발생과 캘러스 유도를 통한 식물체 재생

남상욱*, 김혜영
동국대학교 생물학과

Plant Regeneration Through Adventitious Bud Formation and Callus Induction from Scales of *Lilium lancifolium* Thunb.

Sang-Wook Nam*, Heiyoung Kim-Lee
Department of Biology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

ABSTRACT This study was performed to investigate the effects of various media compositions in regeneration of *Lilium lancifolium*. The adventitious bud initiation from microscale was the best on MS medium supplemented with BAP 1.0 mg/L and NAA 0.1 mg/L after 4 weeks of culture. However, from bulb scales, adventitious bud initiation was the best in dark condition on MS medium supplemented with BAP 0.5 mg/L and NAA 0.1 mg/L. On the other hand, callus induction was found to be the best from the microscales incubated in complete dark condition for 8 weeks on MS medium supplemented with 2,4-D 1.0 mg/L and BAP 0.1 mg/L. The highest plantlet regeneration from callus was obtained after incubation in the light condition for 8 weeks on MS medium supplemented with NAA 0.5 mg/L and BAP 0.1 mg/L. Rooting of shoots was obtained easily on MS medium and the plantlets were transferred to soil pots after 8 weeks. The chromosome analysis of the root tip cells was revealed that the callus-derived plantlets had normal chromosome number, $2n=24$. No variation was observed in the morphology of the plantlets.

Key words: Chromosome number, culture condition, lily, microscale

서 론

*Lilium*속은 백합과에 속하는 단자엽 식물로 전 세계적으로 130여 종이 분포하고 있으며 우리나라에도 자생나리가 10여 종 서식하고 있다. 이들 자생나리들은 모두 꽃의 모양과 색깔이 독특하고 아름다워 화훼작물로서 가치가 매우 높으며 뛰어난 자생력과 번식력으로 새로운 육종자원으로서의 가치가 매우 높다 (Jeong and Kim 1991). 이중 참나리 (*Lilium lancifolium* Thunb.)는 아시아특계 나리로서 비교적 키가 크고 등

적색의 꽃이 반하향 개화하며 꽃자루가 길고 엽액에 주아가 달리며 초세가 강건하여 유전 육종학적 측면에서 매우 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

Robb (1957)에 의해 처음으로 백합류의 조직배양이 시도된 후 증식과 재분화 (Pelkonen and Kauppi 1999)에 관한 많은 연구가 수행되었고, 대량증식 (Hwang et al. 2000, Kim et al. 1999a)에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 나리의 조직배양은 거의 모든 부위의 사용이 가능하며 (Niimi 1984) 그 중에서도 주로 인편 (Woo et al. 2000)과 화기 (Arzate et al. 1997)가 배양 재료로서 가장 많이 사용되고 있으며, 특히 인편으로부터 직접적인 부정아 발생이나 캘러스 유도를 통한 재분화로 소인경 나리의 생산이 가능하다. 그러나 대부분의 연구보고가 나팔나리의 증식 및 재분화와 캘러스 배양에 대

*Corresponding author Tel 02-2260-3319 Fax 02-2269-3833
E-mail yjfather@hanmail.net

한 연구 (Simmonds and Cumming 1976)에 국한되어 있는 실정이다. 일반적으로, 참나리는 Easter lily에 비해 저온에서 더 활발한 생육이 이루어지며 (Son and Han 2000), 생장율도 더 낮고, 발아에도 더 많은 시간을 요하는 것으로 알려져 있다 (Choi 1985).

일반적으로 조직배양에서 식물의 재분화는 부정기관을 거쳐 기관형성이 이루어지는 기관발생과정과 절편에서 체세포배를 형성하였다가 발아하여 식물체로 재분화되는 체세포배 발생과정으로 나눌 수 있다.

본 연구는 우리나라 자생 참나리의 기내 인편과 실생 인편을 재료로 몇 가지 성장조절제들이 부정이 발생과 캘러스 유도를 통한 식물체 재생에 미치는 영향을 조사함으로써 자생 참나리의 대량증식 및 형질전환을 통한 기내육종의 기초를 닦는 데 기여하고자 실시하였다.

재료 및 방법

식물재료

충청남도 태안군에 위치한 태안 백합시험장과 경기도 사사리의 영주농장에서 참나리 (*Lilium lancifolium* Thunb.) 종자와 3년생 인경을 분양 받았다. 종자는 흐르는 수돗물에 깨끗이 씻은 후 증류수로 3회 세척하고 clean bench내에서 70% ethanol로 1분간 소독한 다음 멸균수로 세척한 후 Tween20을 소량 첨가한 1% sodium hypochlorite 용액에 종자를 10분간 소독하고 멸균수로 3회 세척하였다. 소독된 종자를 MS (Murashige and skoog 1962)배지에 치상하여 일장 16시간 광과 8시간 암주기로 70일간 배양한 기내 소식물체의 소인편을 실험재료로 사용하였다. 실생 참나리 인경은 수돗물에 깨끗이 씻은 후 70% ethanol로 1분간 소독한 다음 멸균수로 세척한 후 Tween20을 소량 첨가한 5% sodium hypochlorite 용액에 인편을 20분간 소독하고 멸균수로 3회 세척하여 지름 1 cm 내외로 자른 절편을 사용하였다.

배지조제와 배양조건

기본배지는 MS배지에 sucrose 30 g/L와 한천 9 g/L을 첨가하고, pH는 5.8로 조정하였다. 부정아를 발생시키기 위하여 MS 배지에 naphthaleneacetic acid (NAA) 0.1 mg/L와 6-benzylamino purine (BAP) 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 mg/L을 혼합처리한 4종의 배지에 기내배양한 종자에서 유래한 길이 1.0 cm의 소인편과 실생 참나리 인편을 치상한 후 4주간 명배양 혹은 암배양 하여 발생률을 조사하였다.

캘러스를 유도하기 위하여 MS배지에 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) 0, 0.5, 1.0, 2.0 mg/L, BAP 0, 0.1, 0.5 mg/L 그리고 NAA 0.5, 1.0 mg/L을 혼합처리한 12종의 배지에 기내

배양한 종자에서 유래한 소인편을 치상한 후 8주간 암상태에서 배양하여 캘러스 유도율을 조사하였다. 캘러스로부터 식물체 재분화를 유도하기 위하여 NAA 0, 0.5, 1.0 mg/L 와 BAP 0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 mg/L을 혼합처리한 9종의 배지에 0.5 g의 유도된 캘러스를 치상한 후 8주간 명배양하여 소인경과 shoot를 유도하고 재분화율과 소인경의 크기를 조사하였으며 이것을 MS배지에서 8주간 명배양하여 뿌리를 성장시켰다. 각각의 배지는 $\phi 87 \times 15$ mm petri dish에 20 mL씩 분주하거나 $\phi 20$ mm 시험관에 10 mL씩 분주하였다.

배양조건은 온도 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 암배양은 24시간 암상태를 유지하고, 명배양은 형광등으로 일장 16시간 및 광도 2,000 Lux ($27 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)의 광상태를 유지하였다.

염색체 검경

재분화 전, 후의 염색체 이상을 확인하기 위하여 염색체수의 변화를 조사하였다. MS배지에서 종자로부터 발아한 근단조직과 2,4-D 1.0 mg/L, BAP 0.1 mg/L를 첨가한 MS배지에서 캘러스를 유도한 후, NAA 1.0 mg/L, BAP 1.0 mg/L이 첨가된 MS배지에 배양하여 재분화시킨 후 MS기본배지에서 발근시킨 재분화 식물체의 근단조직을 채취하여 얼음물에 24시간 전처리한 후 Farmer's solution에서 2일간 고정시키고 1% aceto-carmin에 1시간 동안 염색하였다. 염색된 염색체는 squash method로 광학현미경 ($\times 400$)하에서 관찰하였다.

통계처리

처리구당 절편체 10개씩 3번 반복하여, 부정이 발생률과 발생수, 캘러스 유도율, 재분화율과 재분화수를 Means \pm SE로서 표시하였다.

결과 및 고찰

참나리의 기내 배양 소인편과 실생 인편을 성장조절제가 첨가된 배지에 배양하였을 때 1주 후에는 소인편의 기부 양 끝부분이 약간 부풀어오르고, 2주 후부터는 밝은 노란색을 약간 띠면서 동그란 부정아가 융기되기 시작하며, 이후 배양기간이 경과함에 따라 부정아 발생수가 증가하며 3주에서 4주 사이에 최대 부정아 발생률을 보였다.

참나리 인편으로부터 부정아 발생에 있어서 성장조절제인 NAA와 BAP의 농도에 따른 효율을 알아본 결과 (Table 1, Figure 1), 기내배양 소인편의 부정아 발생률은 NAA 0.1 mg/L와 BAP 1.0 mg/L가 혼합 처리된 MS배지에서 명배양, 암배양 두 조건 모두 90%로 가장 높았으며, 실생 인편의 부정아 발생률은 NAA 0.1 mg/L와 BAP 0.5 mg/L가 혼합처리된 MS배지에서 명배양시 83%, 암배양시 93%로 가장 높았다. 절편당

발생한 부정아 갯수는 기내배양 인편과 실생 인편 모두 NAA 0.1 mg/L와 BAP 1.0 mg/L가 혼합 처리된 MS배지에서 4주간 암배양하였을 때 각각 1.9개와 4.0개로 가장 많았다. 부정아 발생위치는 기내배양 소인편의 경우는 기부 양쪽 끝 부분에서 2개가 먼저 형성되는 것이 일반적이었는데, 이는 소인편의 기부 양쪽 끝 부분이 높은 재생율을 나타내는 부위임을 보여주는 간접적인 증거라 할 수 있다. 참나리 주아, 나팔나리 그리고 몇 가지 나리류에서도 인편 배양시 기부조직에서 부정아의 발생과 생장이 가장 양호한 것으로 보고되었다 (Chung

et al. 1981; Paek and Shin 1983; Lim et al. 1998). 실생 참나리의 경우는 절편에서 부정아가 불규칙하게 발생하나 대부분 배지와 접촉하고 있는 부분에서 0~10개가 집중적으로 발생하는 경향을 보인다. 이러한 현상은 절편의 절단시 발생하는 상처부위로 성장조절물질이 이동하여 왕성한 기관형성을 유도한 결과이거나, 배지로부터 성장조절물질을 직접적으로 공급받을 수 있는 배지접촉부위에서 더 높은 기관형성능을 보이는 결과로 생각된다. 인편배양에 의한 부정아 발생 목적을 절편에서 많은 자구를 생산하려는 대량증식에 둔다면 기내배양 인편보다는 실생 인편을 사용하는 것이 더 효과적일 것으로 사료된다.

Table 1. Effect of NAA and BAP on adventitious bud formation from *Lilium lancifolium* after 4 weeks of culture.

Treatment (mg/L)			Callus induction(%)
2,4-D	NAA	BAP	Microscale
0.0		0.0	0
0.5		0.0	0
0.5		0.1	3±4.7
0.5	0.5	0.1	33±3.6
0.5		0.5	13±9.4
1.0		0.0	7±4.7
1.0		0.1	37±9.4
1.0	1.0	0.1	30±2.6
1.0		0.5	17±4.7
2.0		0.0	7±4.7
2.0		0.1	30±8.2
2.0		0.5	7±4.7

$27 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ of fluorescent lamp under 16 hours photoperiod a day.

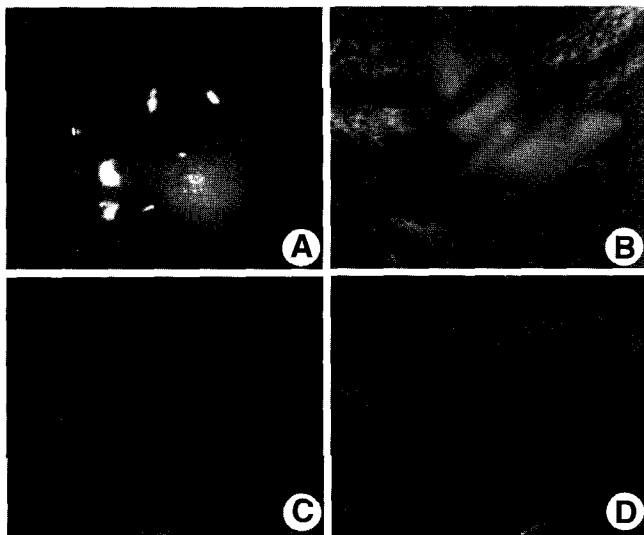


Figure 1. Adventitious buds of *Lilium lancifolium* after 4 weeks of culture. A, B, microscale-derived adventitious buds on MS medium supplemented with BAP 1.0 mg/L and NAA 0.1 mg/L in the 16 hrs light condition; C, D, bulb-scale-derived adventitious buds grown on MS medium supplemented with BAP 0.5 mg/L and NAA 0.1 mg/L in the dark condition.

나리의 부정아 형성시 광의 영향에 대해서는 여러 상반되는 보고들이 있으나 (Han et al. 1999), 본 실험에서는 부정아 발생률이 대체로 암배양에서 약간 더 높았으며, 소인경의 크기도 조금 더 큰 경향을 보였다. 치상 4주 후 부정아 형성을 통하여 소인경의 모양이 갖추어졌고, 이것을 절편으로부터 분리하여 MS배지에 치상한 후 4주가 지나면서 뿌리가 발달하기 시작했다.

캘러스를 유도하기 위하여 기내 배양 소인편을 성장조절제가 첨가된 MS배지에 배양한 결과 (Table 2, Figure 2), 소인편은 2,4-D 1.0 mg/L와 BAP 0.1 mg/L 혼합 처리구에서 8주간 암배양하였을 때 캘러스 형성율이 37%로 가장 높았다. 2,4-D와 BAP 혼합 처리구에 대한 NAA 첨가시와 비첨가시의 캘러스 유도율을 비교해보면, 2,4-D를 0.5 mg/L처리한 혼합 처리구에서는 NAA 첨가시에 훨씬 더 높은 유도율을 나타내지만, 2,4-D를 1.0 mg/L처리한 혼합 처리구에서는 NAA 첨가효과가 나타나지 않고, 오히려 캘러스 유도율을 약간 감소시키는 것으로 나타났다. 이는 같은 auxin계열인 2,4-D와 NAA가 각각 0.5 mg/L 정도의 저농도에서 함께 작용하면 캘러스 유도에 상승효과를 나타낼 수 있지만, 1.0 mg/L 정도의 고농도에서 함께 작용하면 캘러스 유도에 상승효과를 나타내지 않는 것으로 생각된다. Park 등 (2000)은 캘러스 유도에서 오리엔탈 백합류의 강한 재생력을 보고하였는데, 본 실험의 자생 참나리 또한 캘러스 유도배양 초기과정에서 다시 딱딱하게 경화되면서 캘러스 형성이 멈추고, 기관분화하려는 경향을 보이는 등 캘러스 유지가 어려웠다. 유도된 캘러스의 상태는 배양 5주

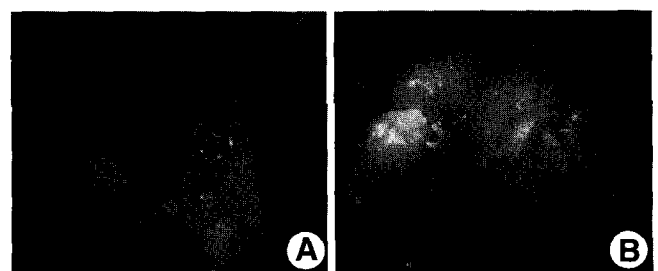


Figure 2. Callus induction from microscale of *Lilium lancifolium* cultured on MS medium supplemented with 2,4-D 1.0 mg/L and BAP 0.1 mg/L. A, 5 weeks after culture; B, 10 weeks after culture.

Table 2. Effect of 2,4-D, NAA and BAP on callus induction from microscale of *Lilium lancifolium* in the dark condition after 8 weeks.

Cultural condition	Treatment (mg/L)		Microscale		Bulbscale	
	NAA	BAP	Formation frequency (%)	No. of adventitious bud/explant	Formation frequency (%)	No. of adventitious bud/explant
Light ¹	0.1	0.1	40±8.2	0.5±0.8	43±12.5	1.2±1.3
	0.1	0.5	83±4.7	1.5±1.1	83±17.0	2.8±2.1
	0.1	1.0	90±8.2	1.8±0.7	72±4.7	3.9±3.5
	0.1	2.0	37±9.4	0.5±0.4	43±20.6	1.2±1.6
Dark	0.1	0.1	50±14.1	0.8±1.1	50±8.2	1.2±1.4
	0.1	0.5	87±9.4	1.8±1.2	93±9.4	3.9±2.5
	0.1	1.0	90±8.2	1.9±0.9	87±4.7	4.0±2.8
	0.1	2.0	53±18.9	1.1±0.3	53±9.4	1.9±2.1

후에는 밝은 노란색의 가장 양호한 상태를 보였고, 6주가 지나면서 재분화가 시작되고, 10주 후에는 몇 개의 소인경이 형성되고 색깔이 변하면서 경화되었다. Stimart와 Ascher (1978)에 의하면 나팔나리 (*Lilium longiflorum*)종들은 식물체 각 부위에서 쉽게 캘러스를 얻을 수 있으며, Han 등 (2000)의 보고에서는 성장조절제가 전혀 첨가되지 않은 배지에서도 캘러스 유도가 47% 일어났고, kinetin과 NAA를 적절히 첨가하면 캘러스가 100% 유도된다고 보고하였다. 그러나 자생 참나리의 경우는 성장조절제가 전혀 첨가되지 않은 배지에서는 캘러스가 유도되지 않았으며, 2,4-D 1.0 mg/L와 BAP 0.1 mg/L 혼합 처리구에서도 캘러스 유도가 37%에 그쳤고 캘러스 유도시에도 동시에 부정아를 형성하는 등 강한 기관 형성능을 보였다. 이는 참나리의 강한 재분화 능력 때문에 나팔나리류에 비해서 캘러스 형성이 어려운 것으로 생각된다.

캘러스로부터 식물체를 재분화하기 위하여 2,4-D 1.0 mg/L와 BAP 0.1 mg/L를 혼합 처리한 캘러스 유도배지에서 5주간 배양한 캘러스 절편을 성장조절제가 첨가된 MS배지에 8주간 명배양한 결과 (Table 3, Figure 3), NAA 0.5 mg/L와 BAP 0.1 mg/L 혼합처리구에서 캘러스의 재분화율이 77%로 가장 높았으며, 이때 절편당 5.1개의 소인경이 재분화하였다. 그러나 재분화 소인경의 크기는 1 mm 이하로 매우 작았다. 치상 후 4주가 지나면서 캘러스 표면이 좀더 단단해지고, 색깔이 짙어지며, 조그마한 둥근 알갱이 모양을 형성하였다. 재분화시에 배지내 혼합 처리한 성장조절제의 농도 변화에 따라서 발아하는 소인경의 수와 크기가 달라졌다. 예를 들면, 캘러스당 재분화하는 소인경의 수는 NAA 0.5 mg/L와 BAP 0.1 mg/L 혼합 처리구에서 가장 많아서 절편당 5.1개가 재분화하였으나 재분화 소인경의 직경이 1 mm 이하로 매우 작았으며, NAA 1.0 mg/L와 BAP 0.5 mg/L의 혼합처리구에서 재분화하는 소인경은 절편당 0.6개가 재분화하였으나 재분화 소인경의 직경이 약 3 mm로 가장 컸다. 즉, BAP의 농도가 2.0 mg/L이하여서 NAA의 농도가 0.5 mg/L일 때보다 1.0 mg/L일 때 대체로 재분화하는 소인경의 크기가 조금 더 큰 경향을 보였다. 소인경의 뿌리를 발달시키기 위하여, 8주간 MS배지에서 성장시켰을 때 90%이상이 굵고 긴 뿌리를 갖춘 완전한 식물체로

Table 3. Plant regeneration from callus in microscales of *Lilium lancifolium* after 8 weeks in the light condition.

Treatment (mg/L)		Microscale		
NAA	BAP	Formation frequency (%)	No. of regeneration microbulb	Size
0.0	0.0	53±20.6	0.6±0.7	+
0.5	0.1	77±12.5	5.1±3.7	+
0.5	0.5	47±4.7	1.3±1.5	+
0.5	1.0	30±8.2	0.5±0.8	++
0.5	2.0	70±8.2	2.3±2.0	+
1.0	0.1	3±4.7	0.1±0.3	+
1.1	0.5	54±4.7	0.6±0.6	+++
1.0	1.0	63±4.7	1.3±1.2	+++
1.0	2.0	63±12.5	2.8±2.5	++

¹Microbulb diameter : +, less than 1 mm; ++, 1~3 mm; +++, more than 3 mm

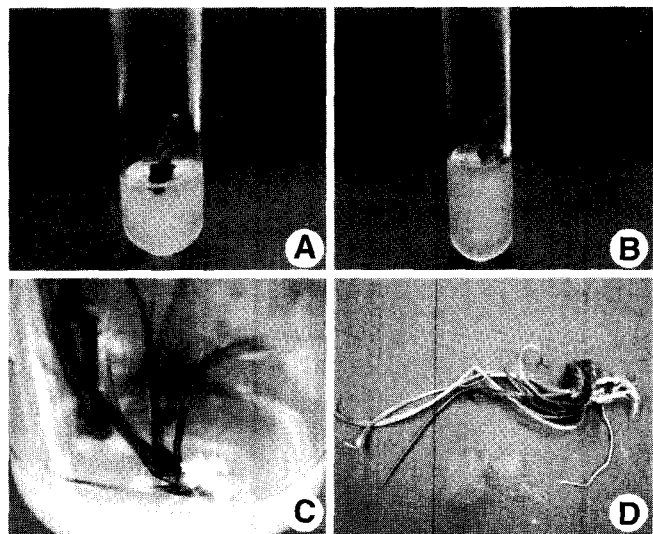


Figure 3. Regenerated plantlet from callus of *Lilium lancifolium*. A, single-shoot regeneration plantlet from callus on MS medium supplemented with NAA 1.0 mg/L and BAP 0.5 mg/L; B, multi-shoot regeneration from callus on MS medium supplemented with NAA 1.0 mg/L and BAP 2.0 mg/L; C, development of roots on MS medium; D, regenerated plantlet.



Figure 4. Chromosome (2n=24) of root tip cell (×400). A, seed-derived plantlet; B, callus-derived plantlet.

성장하였다.

조직배양된 식물체는 염색체 이상에 의한 변이체의 발생 가능성이 있으므로 재분화 전, 후의 염색체 수를 확인하고자 염색체 검경을 실시한 결과 (Figure 4), 염색체 수가 2n=24로서 조직배양에 의한 염색체수의 변화가 없음을 확인하였다. 이와 같은 결과는 섬말나리의 조직배양시에 염색체의 수적인 변화가 관찰되지 않았다는 Kim 등 (1999b)의 결과와도 일치하는 것이다.

본 실험에서는 참나리의 인편으로부터 부정아 발생을 통한 기관 형성을 유도할 수 있는 적절한 배지조성과 배양조건을 통하여 절편당 4.5개의 부정아와 최고 93%의 부정아 발생률을 얻을 수 있었다. 또한 참나리 인편으로부터 최고 37%의 캘러스 발생률과 최고 77%의 재분화율 및 절편당 5.1개의 재분화 소인경을 얻을 수 있었다. 참나리의 식물체 재생방법은 유용유전자의 도입을 위한 형질전환 시스템 개발에 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

적 요

여러가지 생장조절제를 첨가한 MS배지에 참나리의 기내 배양 소인편과 실생인편을 치상하여 재분화 과정을 알아보았다. 소인편의 부정아 발생은 BAP 1.0 mg/L와 NAA 0.1 mg/L을 혼합 처리한 MS배지에서 4주간 배양했을 때 가장 왕성하게 일어났으며, 실생인편의 부정아 발생률은 BAP 0.5 mg/L와 NAA 0.1 mg/L에서 4주간 암배양했을 때 가장 높았다. 소인편의 캘러스 발생은 BAP 0.1 mg/L와 2,4-D 1.0 mg/L 혼합 처리구에서 가장 높았다. 또한, 캘러스의 재분화는 NAA 0.5 mg/L와 BAP 0.1 mg/L를 혼합 처리한 MS배지에서 8주간 명배양했을 때 가장 높았다. 뿌리는 MS배지에서 쉽게 발달되었으며, 8주 후 굵고 긴 뿌리를 갖춘 완전한 재분화 식물체로 성장하여 화분에 이식하였다. 참나리의 재분화 전, 후의 염색체 수는 모두 2n=24로서 조직배양에 의한 염색체수의 변화가 없음을 확인하였다.

사사 - 본 연구는 동국대학교의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

인용문헌

- Arzate FAM, Nakazaki T, Okumoto Y, Tanisaka T (1997) Efficient callus induction and plant regeneration from filaments with anther in lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). *Plant Cell Rep* 16: 836-840
- Choi ST (1985) Effects of scaling time, temperature, and light condition on the leaf emergence of bulblet during the scaling of *Lilium* spp. *J Kor Soc Hort Sci* 26: 150-157
- Chung JD, Chun CK, Suh YK, Park JK (1981) In vitro culture of bulbil scale of *Lilium lancifolium*. I. Effect of auxins on bulblet formation and growth of seedlings. *J Kor Soc Hort Sci* 22: 131-138
- Han BH, Yae BW, Goo DH, Ko JY (1999) Effect of inorganic salts in MS medium, sucrose, and activated charcoal on bulblet formation from in vitro bulbscales in *Lilium* oriental hybrid 'Casa Blanca'. *Korean J Plant Tissue Cult* 26: 103-107
- Han BH, Yae BW, Park CH (2000) Bulblet Regeneration through the callus culture induced from Bulb scales of *Lilium longiflorum* 'Gelria'. *Korean J Plant Tissue Cult* 27: 447-451
- Hwang HY, Lee EK, Lee YB (2000) Micropropagation of bulbs of *Lilium longiflorum* by liquid shaking culture. *Korean J Plant Tissue Cult* 27: 25-29
- Jeong JH, Kim KS (1991) Morphological characteristics of Korean native lilies. *J Kor Soc Hort Sci* 32: 411-418
- Kim EY, Choi JD, Park KI, Byun MS, Kim KW (1999a) Enhancement of proliferation rate through multiple shoot induction from culture of microscale section in *Lilium*. *J Kor Soc Hort Sci* 40: 459-462
- Kim KW, Kim KA, Byun MS (1999b) Physiological changes before and after breaking dormancy of *Lilium hansonii* bulblets regenerated in vitro. *J Kor Soc Hort Sci* 40: 751-754
- Lim S, Seon JH, Son SH, Han BH, PaeK KY (1998) Effect of explant sources and plant growth regulators on bulblet formation in *Lilium*. *J Kor Soc Hort Sci* 39: 111-114
- Murashige T, Skoog P (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15: 473-497
- Niimi Y (1984) Bulblet productivity of explants from scales, leaves, stems and petals of *Lilium rubellum* Barker. *Sci Hort* 22: 391-394
- Paek KY, Shin SH (1983) Factors affecting regeneration ability and physiology of dormancy in the mature bulbil segments of *Lilium lancifolium* in vitro. *J Kor Soc Hort Sci* 24: 149-157
- Park KI, Choi JD, Byun MS, Choi JJ, Kwon KH, Kim KW (2000) Induction and proliferation of callus in *Lilium* oriental hybrids in vitro. *J Kor Soc Hort Sci* 41: 641-646
- Pelkonen VP, Kauppi A (1999) The effect of light and auxins on the regeneration of lily (*Lilium regale* Wil.) cells by somatic embryogenesis and organogenesis. *Intl J Plant Sci* 160: 483-490
- Robb SM (1957) The culture of excised tissue from bulbscales of *Lilium speciosum* Thunb. *J Exp Bot* 8: 348-352
- Simmonds JA, Cumming BG (1976) Propagation of *Lilium* hybrids.

- II .production of plantlets from bulb-scale callus cultures for increased propagation rates. *Sci Hort* 5: 161-170
- Son KC, Han MS (2000) Effect of DIF on the growth and flowering of *Lilium lancifolium* native to Korea. *J Kor Soc Hort Sci* 41: 207-211
- Stimart DP, Ascher PD (1978) Tissue culture of bulb-scale sections for asexual propagation of *Lilium longiflorum* Thunb. *J Amer Soc Hort Sci* 103: 182-184
- Woo JH, Han YY, Sim YG, Lee HS, Choi KB, Choi JD, Kim KW (2000) Effects of growth regulators and culture method on shoot formation from microscale in *Lilium* oriental hybrid 'Casa Blanca'. *J Kor Soc Hort Sci* 41: 297-300

(접수일자 2002년 10월 29일, 수리일자 2003년 3월 3일)