

아시아틱 백합 (*Lilium asiatic hybrid* 'Gran Paradiso')의 약배양에 의한 식물체 재생

고정애*

전북대학교 원예학과 농업과학기술연구소

Plant Regeneration by Anther Culture of *Lilium asiatic hybrid* 'Gran Paradiso'

KO, Jeong Ae

*Institute of Agricultural Science & Technology, Department of Horticulture, Chonbuk National University,
Chonju, 561-756, Korea*

ABSTRACT In order to obtain plantlet derived by anthers, the anthers of *Lilium asiatic hybrid* 'Gran Paradiso' were cultured on Murashige and Skoog's medium supplemented with various combinations of auxin and cytokinin. The most suitable pollen stage of anther culture for the callus induction was 3 days before anthesis at the early to late binucleate stage. Organogenic calli were induced on MS medium supplemented with 5.0 mg/L 2,4-D alone and the combination of 1.0 mg/L 2,4-D and 1.0 mg/L kinetin, however, the combination of NAA and BA was more effective than that of 2,4-D and kinetin on plant regeneration through organogenesis. Shoots were formed from the induced callus on the medium with 0.5 mg/L NAA and 1.0 mg/L BA after 180 days of culture. Multiple shoots with 3-4 leaves, roots, and bulblets were formed on the medium with the combination of 2.0 mg/L NAA and 2.0 mg/L BA after 250 days of culture. The chromosome from root tip of the regenerated plantlet showed the diploid ($2n=2x=24$). Diploid plants were transferred to the pots and all plants were flowered in two years.

Key words: Pollen stage, bulblet formation, diploid plants

서 론

백합류의 조직배양은 Robb (1957)가 *Lilium speciosum*의 인편배양을 시도한 이래 기내 다량증식체계를 확립할 목적으로 주로 인편배양이 실시되었다 (Stimart and Ascher 1978, Takatama and Missawa 1983). 그러나 인편조직은 배양중 오염과 모구의 손실이 심해 노력과 비용면에서 문제점으로 제기되고 있다. 이러한 문제점은 화기조직 (Meyer 1976), 엽조직 (Hussey 1975; Niimi and Onozawa 1979), 주아 (Chung

1981), 성장점 (Maesato et al. 1991), 화사 및 화주 (Lee et al. 1982) 등을 사용하여 식물체를 재생시킬 수 있어 보완이 가능하다. 한편 백합의 약배양에 관한 보고 (Lee et al. 1992)는 *Lilium elegance* 'Enchantment'에서 소포자유래의 식물체가 재생된것을 제외하고는 약배양에 관한 연구는 미흡한 상태이다. 따라서 본 실험에서는 유전 육종 및 신품종육성에 재료가 되는 소포자유래의 식물체를 재생시키기 위해 절화용으로 각광을 받고있는 아시아틱 백합 'Gran Paradiso'의 약을 재료로 화분의 발육단계와 식물생장조절제가 캘러스유도와 기관분화, 소자구형성 및 식물체 재생에 미치는 효과를 조사하였다.

*Corresponding author. Tel 0652-270-2580

E-mail kjam@moak.chonbuk.ac.kr

Table 1. Characteristics of flower bud.

Pollen stage ^a	Bud length (cm)	Bud width (cm)	Anther length (cm)	Anther color	Days before anthesis
I	1.48 ± 0.09 ^b	1.16 ± 0.08	0.72 ± 0.04	Greenish Yellow	20
II	3.36 ± 0.27	1.47 ± 0.09	1.22 ± 0.02	Yellow	7
III	4.88 ± 0.15	1.47 ± 0.09	1.72 ± 0.04	Scarlet	3

^aI: Dyad-Tetrad stage, II: Early uninucleate microspore stage, III: Early or late binucleate pollen stage.

^bMean values ± SE of 5 replications.

재료 및 방법

재료는 전주시 개인농장에서 재배하고 있는 아시아틱 백합 'Gran Paradiso'의 화뢰를 채취하여 화뢰의 크기별로 약의 길이 및 색깔을 조사하고 (Table 1) 화분을 적출하여 2% propiono carmine으로 염색한 후 발육정도를 조사하였다.

배지는 MS (Murashige and Skoog 1962)기본배지에 2,4-D 단용처리와 2,4-D와 kinetin, NAA와 BA를 혼용처리하였으며 30 g/L sucrose를 첨가한 후 pH 5.8이 되도록 조절한 다음 8 g/L의 한천을 첨가하여 121°C의 고압 증기멸균기에서 15분간 멸균하여 사용하였다. 치상재료의 소독은 화뢰를 95% 에탄올에 수초간 침지한 다음 7% calcium hypochlorite 수용액에서 10분간 소독하고, 멸균수로 4-5회 수세한 후 무균상에서 화사를 완전히 제거하고 약을 치상하였다. 배양조건은 20°C 배양상에서 암배양하였으며 유도된 캘러스를 25 ± 2°C 배양상에 옮겨 2,000 lux의 형광조명하에서 계대배양하였다. 한편 약육재 식물체의 배수성을 조사하기 위해 근단을 채취한 후 0.1% colchicine 수용액에 4시간 전처리하고 Farmers 액에 24시간 고정한 후 염산 해리액으로 6분간 해리시킨 다음 Feulgen용액에 염색하여 검경하였다.

결과 및 고찰

화분의 발육단계별 캘러스유도 및 식물체 재생

소포자의 발달과정을 조사하기 위하여 자연상태의 약을 적출하여 2% propiono carmine으로 염색한후 squash법으로 광학현미경 하에서 검경하였던 바 개화 20일 전의 약내에서는 2분자기 (Figure 1A) 및 4분자기 (Figure 1B) 상태의 소포자가 대부분을 차지하고 있었으며 4분자기의 소포자는 배열상태가 isobilateral type의 형태를 취하였다. 개화 7일 전의 소포자는 타원형의 소포자 내에 핵은 한쪽으로 치우치고 세포질의 합성이 적어 열게 염색된 초기 1핵성 소포자 (Figure 1C)와 핵이 커지고 세포질 합성도 증가되어 원형에 가까운 후기 1핵성의 소포자 (Figure 1D)가 대부분이었고 드물게 핵분열이 진행되고 있는 소포자도 관찰할 수 있었다 (Figure

1E). 개화 3일 전의 약에서는 이미 핵분열을 마친 상태로 비슷한 크기로 염색 정도가 열은 영양핵과 길게 염색된 생식핵으로 구분되는 2핵성의 화분들로 (Figure 1F) 화분내 세포질 생성량은 훨씬 증가되어 길게 염색된 성숙화분들이 대부분이었으나 핵분열상태에 미치지 못한 1핵성의 소포자들도 상당수 관찰되었다. 한편, 개화당일의 약내에는 2핵성 및 3핵성의 화분과 진한염색으로 화분내 세포들이 구별되지 않는 성숙화분이 많았으나 아직까지도 핵분열상태에 이르지 못한 지체화분들도 있었다 (Figure 1G). 약의 배양적기를 구명하기 위해 이와 같이 구분된 약을 발육단계별로 2,4-D와 kinetin이 1.0 mg/L씩 첨가된 배지에 배양하였다 (Table 2).

배양적기 구명을 위한 본 실험에서 치상당시 2분자기 및 4

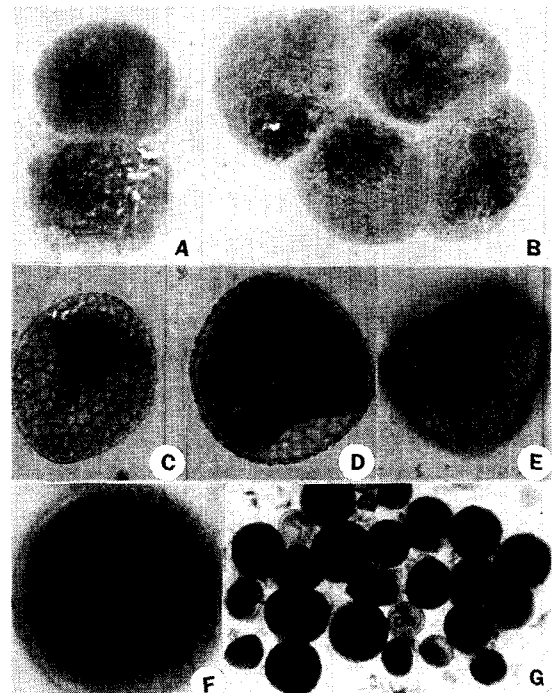


Figure 1. Stages in pollen development in *Lilium asiatic* hybrid 'Gran Paradiso' *in vivo*. Dyad (A) and tetrad (B) on 20 days before anthesis (Pollen stage I). Vacuolated haploid spore before DNA replication (C), haploid spore with large nucleus after DNA replication (D), and haploid spore in first pollen division (E) on 7 days before anthesis (pollen stage II). (F):Diploid pollen grain just after vegetative (v), regenerative nuclei (g), and degenerated pollen (de) formation 3 days before anthesis (pollen stage III).

분자기의 어린 약 (pollen stage I)은 배양 1주일 후부터 갈변하기 시작하여 배양기일이 경과됨에 따라 점차적으로 흑변, 고사하였기 때문에 배양 도중 어떠한 반응도 관찰할 수 없었다. 개화 7일 전의 핵분열 전기의 소포자 (pollen stage II)와 개화 3일 전의 후기소포자 (pollen stage III) 역시 배양 120일 까지도 대부분의 약은 육안관찰시 치상당시와 동일한 상태를 취하였으나 극소수 약에서는 갈변된 약강 내부에서 담황색의 점액성 캘러스가 발생되었다. 배양 150일경에는 점액성 캘러스상에 백색 돌기형태의 기관분화성 캘러스가 유도되었고 배양 180일경에는 돌기형태의 캘러스는 녹색을 띤 shoot로 분화되었고 shoot의 기부가 비대해지면서 가늘고 긴 뿌리가 형성되어 배양 210일경에는 캘러스당 5~6개체의 식물체를 분리할 수 있었다. 특히 핵분열 전기인 초기 1핵성 약은 캘러스 발생률이 4.6%이었으나 핵분열을 마친 초기 및 후기 2핵성의 약에서는 7.4%의 캘러스가 형성되어 초기 1핵성 약보다 캘러스의 증식 및 식물체 재생이 훨씬 양호하였다 (Table 2). 약배양에서 약의 적정채취시기 결정은 곧 약배양의 성패와 연결되는 중요한 요인으로 식물종류뿐만 아니라 동종의 식물

일지라도 초령, 초세 등 생육환경에 따라 그 시기가 다르다. 비교적 약배양이 잘되는 담배같은 식물은 4분자기 및 초기 1핵성의 소포자기 (Nakata and Tanaka 1968), 소포자기의 초기에서부터 성숙화분 (Sunderland and Wicks 1971)에 이르기까지 배양적기의 폭이 상당히 넓다. 그러나 이와 같이 약배양이 잘되는 식물에서도 핵분열을 중심으로 전후기 (Sunderland 1974)가 가장 효과적이라 하였는데 필자들의 실험결과 약배양이 성공적이었던 *Lilium elegance* 'Enchantment' (Lee et al. 1992), *Platycodon grandiflorum* (Lee et al. 1993), *Ranunculus sceleratus* (Lee et al. 1993), *Ranunculus japonicus* (Ko et al. 1994), *Zantedeschia aethiopica* (Ko et al. 1996)에서도 핵분열 (제1유사분열) 전후기에서 가장 효과적인 반응을 보였다. 본 실험재료인 아시아틱 백합 'Gran Paradiso'는 1핵성 말기 및 2핵성 초기의 소포자기에서 캘러스 및 배의 발생이 양호하였던 *Lilium elegance* 'Enchantment' (Lee et al. 1993)보다 배양 적기가 다소 늦어 핵분열을 마친 2핵성의 초기 및 세포질이 왕성하게 생성되는 후기 2핵성의 시기가 약배양에 적합하였다.

Table 2. Effect of pollen stage on callus, shoot, and bulblet formation from anther culture of *Lilium asiatic* hybrid 'Gran Paradiso' after 210 days of culture.

Pollen stage ^a	No. of anthers cultured	% of anthers forming callus	% of anthers forming shoot	% of anthers forming bulblets	No. of regenerated plantlets
I	68	0.0	0.0	0.0	0
II	65	4.6	4.6	23.1	5
III	68	7.4	9.7	47.1	7

^aPollen stage is the same as table 1.

Table 3. Effect of plant growth regulators on callus, shoot, and bulblet formation from anther culture of *Lilium asiatic* hybrid 'Gran Paradiso' after 210 days of culture.

Growth regulators (mg/L)		No. of anthers cultured	% of anthers forming callus	% of anthers forming shoot	% of anthers forming bulblet	No. of regenerated plantlet
auxins	cytokinins					
2,4-D						
0.0	0.0	60	0.0	0.0	0.0	0
0.2	0.0	60	0.0	0.0	0.0	0
0.5	0.0	62	0.0	0.0	0.0	0
1.0	0.0	60	0.0	0.0	0.0	0
2.0	0.0	64	0.0	0.0	0.0	0
5.0	0.0	68	1.5	8.1	8.1	7
2,4-D						
	kinetin					
0.5	1.0	60	0.0	0.0	0.0	0
1.0	1.0	60	3.3	11.7	8.7	12
2.0	2.0	60	0.0	0.0	0.0	0
NAA						
	BA					
0.5	0.5	60	5.0	15.3	13.3	15
1.0	1.0	60	8.3	30.0	13.7	14
2.0	2.0	60	15.0	36.7	30.7	30

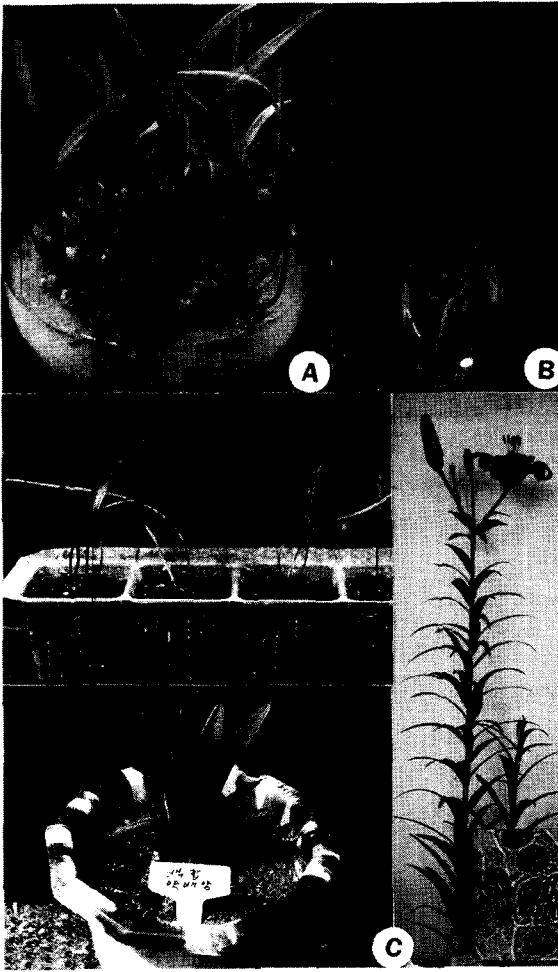


Figure 2. Regenerated plantlets from the anther culture of *Lilium asiatic* hybrid 'Gran paradiso'. Multiple shoots (A) and bulblets with roots (B) cultured on MS medium containing 2.0 mg/L NAA + 2.0 mg/L BA after 200-250 days of culture. Diploid plantlets ($2n=2x=24$, C) were transferred to soil.

약배양에 영향을 미치는 생장조절제의 효과

배양약의 생장조절제에 대한 반응을 조사하기 위해 개화 3 일전의 약을 2,4-D 단용, 2,4-D와 kinetin, NAA와 BA를 혼용처리하여 배양한 결과는 table 3과 같다.

백합의 경우 대체적으로 다른 식물에 비해 약으로부터 캘러스 유도까지 오랜 기간이 소요되었는데 초기 캘러스 유도는 배지내 첨가된 식물생장조절제에 따라 다소 차이가 있었다. 즉 2,4-D 단용처리의 경우 배양 120일경에 본 실험중 가장 높은 농도인 5.0 mg/L를 처리한 곳에서, 1.0 mg/L씩 2,4-D와 kinetin을 혼용처리 하였을 때에는 단용처리보다 뒤늦은 배양 150일경에 갈변된 약의 약적 내부가 벌어지면서 회백색을 띤 점액성의 캘러스가 유도되었다. 기관형성을 유도하기 위해 25°C의 2000 lux 조명하에 옮겨 배양된 캘러스 가운데 5.0 mg/L 2,4-D 단용 및 1.0 mg/L 2,4-D와 1.0 mg/L kinetin의 혼용처리구에서는 회백색의 점액성 캘러스상에 유연한 백색의 캘러스가 증식되었는데 배양 150일경에는 일부 캘러스

에서는 녹색을 띤 가늘고 긴 shoot가 발생되었으며 shoot의 길이가 7~10 cm 정도 신장되었을 때 shoot의 기부가 비대되면서 소인경을 형성하였고 배양 210일이 경과되었을 때 소인경의 기부에서 가늘고 긴 뿌리가 분화되기 시작하였다. 그러나 NAA와 BA처리구에서는 배양 130일경부터 배지면에 접한 약의 중앙부위가 벌어지면서 내부에서 담황색의 단단한 캘러스가 유도되었고 배양 180일에는 캘러스로부터 기관이 분화되었는데 처리농도에 따라 차이점이 발견되었다. 즉 0.5 mg/L NAA와 1.0 mg/L BA 혼용처리에서 유도된 캘러스에서는 shoot가 (Figure 2A), 그리고 1.0 mg/L씩의 NAA와 BA 처리에서는 뿌리가 먼저 분화 (Figure 2B)되었으며 NAA와 BA가 각각 2.0 mg/L씩 처리된 구에서는 캘러스에서 shoot와 뿌리가 거의 동시에 분화되어 기관분화에 가장 적합하였다 (Figure 2C). 따라서 백합의 약유래 캘러스로부터 완전한 식물체를 급속 다량증식시키기 위해 NAA와 BA처리에서 유도된 캘러스들 가운데 아직까지 기관의 형성없이 증식된 캘러스를 분리하여 NAA와 BA가 각각 2.0 mg/L씩 처리된 배지에 옮겨 계대배양하였다. 이들 캘러스는 계대배양 40일 (배양 170일)이 경과되었을 때 캘러스는 단단한 돌기형태로 왕성하게 증식되었고 계대배양 70일 (배양 200일)경에는 단단한 돌기의 캘러스에서 소자구가 형성되는 것을 관찰하였다 (Figure 3A). 그러나 증식된 캘러스 가운데 부드럽고 유연한 캘러스는 계대배양 전과 비슷한 양상으로 계속적으로 shoot가 분화되었는데 shoot분화성 캘러스에서는 평균 3~4개의 shoot가 부착된 multiple shoot로 분화 신장되었다. 이와 같이 형성된 소자구를 번식용 모구로 사용하기 위해 분리, 동일배지에 배양한 결과 250일경에는 소인경당 3~4개의 shoot가 분화 신장하였고 비대해진 소자구 기부에서 굵은 뿌리가 분화되어 완전한 식물체가 다량으로 재생되었다 (Figure 3B). 한편 기내에서 재생된 식물체를 선별한 후 근단에서 염색체를 검경한 결과 모두 모본과 동일한 2배체 ($2n=2x=24$)로 확인되었으며, 재생된 유식물체는 vermiculite 용토에 이식, 순화과정을 거쳐 화분에 옮겨 심은 후 2년이 경

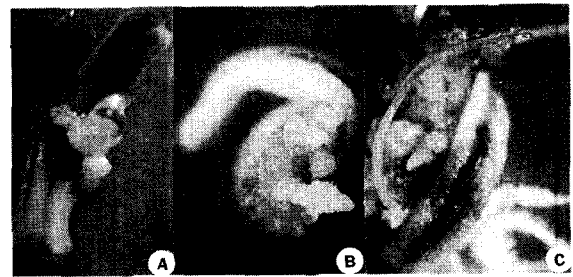


Figure 3. Organ differentiation from the anther derived callus on MS medium with NAA and BA after 180 days of culture. Shoots (A) and roots (B) were formed on the medium containing 0.5 mg/L NAA + 1.0 mg/L BA and 1.0 mg/L NAA + 1.0 mg/L BA, respectively. Shoots and roots (C) produced in the same anther on the medium containing 2.0 mg/L NAA and 2.0 mg/L BA.

과되었을 때 전체 식물체가 개화되는 것을 관찰할 수 있었다 (Figure 3C).

약배양에 영향을 미치는 제반요인 중 배지 및 식물생장조절제의 효과는 종류와 농도에 따라 식물에 대한 반응이 다르다. 백합의 경우 본 실험에 사용하였던 2,4-D 단용 및 kinetin과의 혼용 그리고 NAA와 BA를 혼용처리한 결과 캘러스 유도시기 및 기관분화양상 그리고 식물체 재생에 이르는 과정이 현저한 차이를 보였다. 즉 2,4-D 단용 및 kinetin과의 혼용처리효과에서는 단지 5 mg/L 2,4-D 단용이나 1.0 mg/L씩의 2,4-D와 kinetin이 혼용처리 되었을 때에만 반응을 나타냈는데 이것은 5~10 mg/L 2,4-D 단용처리에서 효과적이었던 *Hyocyanus niger* (Corduan 1975), *Digitalis purpurea* L. (Corduan and Spix 1975)와 2,4-D와 kinetin을 1.0 mg/L씩 혼용처리해서 반응을 보인 *Brassica oleracea* (Kameya and Hinata 1970) 그리고 0.5 mg/L 2,4-D 단용처리와 1.0 mg/L씩 2,4-D와 kinetin을 혼용처리하여 소포자 유래의 캘러스 및 배발생이 양호하였던 *Lilium elegance* 'Enchantment' (Lee et al. 1992)등에서와 같은 결과였다. 또한 식물에 따라서는 동일한 조건하에서 2,4-D와 kinetin 혼용처리보다 NAA와 BA의 혼용처리에서 효과적인 것과 그 반대의 경우가 있는데 *Ranunculus sceleratus* (Lee et al. 1993), *Ranunculus japonicus* (Ko et al. 1994), *Platycodon grandiflorum* (Lee et al. 1993)과 같은 식물은 전자의 경우에 속한다. 한편 *Zantedeschia aethiopica* (Ko et al. 1996)에서는 1.0 mg/L씩 2,4-D와 kinetin의 혼용처리에 기관형성 캘러스가, 0.5 mg/L NAA와 1.0 mg/L BA, 그리고 2.0 mg/L 씩의 NAA와 BA 혼용처리시에는 배형성 캘러스가 발생되었다고 하였는데 본 실험재료에서는 약배양 결과 배형성 캘러스의 유도는 관찰하지 못했으나 2.0 mg/L씩의 NAA와 BA 혼용처리가 기관분화성 캘러스의 유도, 소자구형성 및 식물체 재생에 효과적이었으며 이와 같은 화훼식물의 약배양에는 2,4-D와 kinetin의 혼용처리보다 NAA와 BA가 적합하다고 생각된다. 또한 본 실험결과 약배양의 목적인 반수체는 발견하지 못했으나 근단의 염색체 검경결과와 개화 후 잎, 화기의 형태 모두 모본과 동일한 2배체로 확인되었다.

적 요

아시아백합 'Gran Paradiso'의 약유래 식물체를 획득하기 위해 auxin과 cytokinin을 다양하게 조합한 MS 배지에 약배양을 실시하였다. 배양 약은 초기 및 후기 2핵기인 개화 3일 전의 약이 캘러스 유도에 가장 적합하였다. MS 배지에 5.0 mg/L 2,4-D 단용처리나 1.0 mg/L 2,4-D와 1.0 mg/L kinetin이 혼용처리되었을 경우 기관분화성 캘러스가 발생되었으나 NAA와 BA 혼용처리가 2,4-D와 kinetin 혼용처리보다 기관분화를 통한 식물체 재생에 효과적이었다. 캘러스에서

shoot는 0.5 mg/L NAA와 1.0 mg/L BA 혼용처리에서 배양 180일에 분화되었으며 3~4개의 잎이 부착된 다아체와 뿌리 및 소자구는 2.0 mg/L NAA와 2.0 mg/L BA 혼용처리에서 배양 250일 후에 관찰되었다. 재생된 식물체의 근단조사 결과 2배체 ($2n=2x=24$)로 확인되었으며 식물체를 분에 옮긴 후 2년이 경과되었을 때 모두 개화되었다.

사사 - 본 논문은 1997년도 전북대학교 학술장학재단지원비에 의해 수행된 연구의 일부임.

인용문헌

- Chung JD, Chun CK, Suh YK, Park JK (1981) *In vitro* culture of bulblet scale of *Lilium lancifolium*. I. Effect of auxins on bulblet formation and growth of seedlings. *Kor Hort Sci* 22:131-138
- Corduan G (1975) Regeneration of anther derived plants of *Hyocyanus niger* L. *Planta* (Berl) 127:27-36
- Corduan G, Spix C (1975) Haploid callus and regeneration of plants from anthers of *Digitalis purpurea* L. *Planta* 124:1-11
- Hussey G (1975) Totipotency in tissue explants and callus of some members of the *Liliaceae*, *Iridaceae* and *Amaryllidaceae*. *J Expt Bot* 26:253-262
- Kameya T, Hinata K (1970) Induction of haploid plants from pollen grains of Brassica. *Jap J Breed* 22:82-87
- Ko JA, Kim YS, Kim MJ, Eun JS (1994) Immature pollen-derived plant regeneration in anther culture of *Ranunculus japonicus* Thunb. *Kor J Plant Tiss Cult* 21:293-297
- Ko JA, Kim YS, Eun JS (1996) Embryogenesis and plant regeneration by the anther culture of *Zantedeschia aethiopica* spp. *J Kor Soc Hort Sci* 37:468-474
- Lee BK, Eun JS, Ko JA, Lee YH (1982) Studies on the tissue culture of *Lilium longiflorum* Thunb. I. Effect of auxin and kinetin on callus and organ differentiation of style and filament segments cultured *in vitro*. Thesis, Agri Chonbuk Nat' l Univ 13:43-48
- Lee BK, Ko JA, Park BM (1992) Plant regeneration by the anther culture of *Lilium elegance* 'Enchantment'. *Bulletin of the Agri Chonbuk Nat' l Univ* 24:9-18
- Lee BK, Ko JA, Kim YS, Eun JS (1993) Embryogenesis and plant regeneration in anther cultures of *Platycodon grandiflorum*. *Kor J Plant Tiss Cult* 20:153-157
- Lee BK, Ko JA, Kim YS, Eun JS (1993) Plant regeneration by the anther culture of *Ranunculus sceleratus* L. *Kor J Plant Tiss Cult* 20:147-151
- Maesato K, Sarma KS, Fukui H, Hara T (1991) *In vitro* bulblet induction from shoot apices of *Lilium japonicum*. *HortSci* 26:211
- Meyer M (1976) Propagation of daylilies by tissue culture. *HortSci* 11:485-487
- Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth

- and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* **15**:473-479
- Nakata K, Tanaka M** (1968) Differentiation of embryoids from developing germ cells in anther culture of tobacco. *Jap J Genet* **43**:65-71
- Niimi Y, Onozawa T** (1979) *In vitro* bulblet formation from leaf segments of lilies, especially *Lilium rebelum* Baker. *Scientia Hort* **11**:379-389
- Robb SM** (1957) The culture of excised tissue from bulb scales of *Lilium speciosum* Thunb. *J Exp Bot* **8**:348-352
- Sunderland N** (1974) Anther culture as a means of haploid induction. In: Kasha KJ (ed). *Haploids in Higher Plants. Adv and Potential* (Univ Guelph pp.91-122
- Sunderland N, Wick FM** (1971) Embryoid formation in pollen grains of *Nicotiana tabacum*. *J Exp Bot* **22**:213-226
- 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
- Takayama S, Missawa M** (1983) A scheme for mass propagation of *Lilium in vitro*. *Scientia Hort* **18**:353-362

(접수일자 1998년 6월 26일)