

고추 약배양 후대식물체의 다양성

권오열* · 김용권 · 윤화모¹
농협중앙회 종묘개발센터*, 배재대학교 원예학과¹

Diversity of Anther-derived Plants in Hot pepper (*Capsicum annuum* L.)

KWEON, Oh-Yeol* · KIM, Yong-Kwon · YOON, Wha-Mo¹

Seed Research and Development Center, N.A.C.F., Anseong, 456-820, Korea: and ¹Dept. of Horticulture, Paichai Univ.,
Taejon, 302-735, Korea.*Corresponding author.

Anthers of three cross combinations of hot-pepper(*Capsicum annuum* L.) were cultured on Dumas De Vaulx medium supplemented with some growth regulators. The embryo production efficiency and the diversity for agronomic traits in A₂ lines were investigated. The embryo production frequencies of hybrid combinations were ranged from 16.4% to 43.4%, the highest embryo induction combination was DGSB × C-NH with 43.4% embryogenic efficiency. Among total 275 A₂ lines, phenotypic variants were found in six lines, 2.1% variant frequency. The diversity of A₂ lines derived from anther culture was different according to the cross combinations. Fruit color was within parental range, no transgressive variation was observed. However leaf color showed transgressive variation. In fruit length, fruit width and fruit weight, one C-HC × DGSB and DGSB × C-NH showed great diversity compared with donor parents while Cheokjo 1 × C-NH crossed with Cheokjo 1 with big fruit shape showed small diversity. Stem length to 1st branch was relatively similar to or longer than donor parents. Stem thick exhibited remarkable diversity. Node number to 1st branch distributed almost within the range of donor parents in C-HC × DGSB combination, however great transgressive variations were observed in DGSB × C-NH and Cheokjo 1 × C-NH combinations.

Key words: hot pepper (*Capsicum annuum* L.), variability, A₂ lines, diversity, embryo induction, transgressive variation

약배양을 통한 반수체 육종기술은 자식성 작물의 경우 단세대에서 고정계통이 얻어지기 때문에 품종 육성기간을 크게 단축시킬 수 있고, 타식성 작물에서는 교잡친을 조기에 homozygous화 시킴으로써 일대잡종 생산에 효율적으로 이용할 수 있기 때문에(Bajaj 1983) 여러작물에서 육종 방법의 한 분야로 발전하게 되었다. 약배양 기술은 채소작물의 경우 고추를 포함한 배추, 양배추, 브로콜리 및 무 등에서 실용적으로 이용되고 있다(Keller and Armstrong, 1979; Lee et al., 1993; Sharma and Bhojwani, 1985). Guha와 Maheshwari(1964)는 가지과인 *Datura innoxia*의 약을 이용하여 배상체가 발생함을 처음으로 보고하였고, 발생 배상체가 반수체임을 확인하였다. 고추 약배양에 대한 연구는 미성숙 화분 유래 배발생을 통해 반수체 식물을 얻는데 처음 성공한 이후(Wang et al., 1973) 국내에서도 식물체 분화 연

구가(Ham et al., 1975; Kim and Kim, 1984; Yoon et al., 1991) 활발하게 진행되어 약배양 효율을 증진시켜 왔다. 배상체 발생은 배지 및 기내 배양환경(Dumas De Vaulx et al., 1981), 유전형(Lee et al., 1993), 모식물체의 생리적 상태 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하며, 벼를 포함한 몇가지 식물의 약배양 후대에서 다양한 변이체들이 출현한다는 것이 보고되고 있다(Lee et al., 1995; Sohn et al., 1995; Takanori et al., 1989; Yang et al., 1989). 약배양 과정 중 발생하는 변이의 원인으로는 염색체 이상, DNA 증폭, transposable element 등이 알려지고 있지만(Christopher and Rajam, 1996) 아직 변이의 정확한 기작이나 원인은 구명되지 않고 있다. F₁이나 분리계통의 약배양 후대에서는 다양한 개체들이 출현되는데, 다양성 정도에 의해 육종효율을 판단할 수 있다. 그러나 고추 약배양 후대 계통에 대한 다

양성 연구는 없는 실정이다.

따라서 고추 교잡계통의 약배양 후대를 재료로 배상체 발생률과 주요 농업형질에 대한 다양성을 조사하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 재료는 농협 종묘개발센터에서 교배조합으로 작성한 3개 F₁과 각 모본을 1995년 온실에 재배하면서 3차 분지 이후에 형성된 화뢰를 채취, 이용하였다. 시료는 9시 전후에 ¼~½ 자색으로 착색된 화뢰를 70% 에탄올에 20초 살균 후 7% 칼슘 하이포크로라이드 용액에 10분간 표면 살균하여 'C' (Dumas De Vaulx et al, 1981) 배지를 기본 배지로 하여 kinetin과 2,4-D를 혼용 첨가한 배지에 치상한 후 암상태의 항온기에 35°C로 7일간 고온처리 하였다. 고온처리 후 25°C 암상태의 항온기에서 배가 발생할 때까지 배양하였다. 약에서 배상체가 발생하면 호르몬이 첨가되지 않은 MS배지로 계대배양하여 식물체를 분화시켰다. 1996년 약배양에서 얻어진 식물체를 자가수분시켜 A₂ 계통의 종자를 얻었으며 1997년 포장에 A₂ 계통을 계통당 5주씩 재배하여 약배양 계통내 개체분리 여부를 조사하고 청과색, 엽색, 과장, 과경, 1과중, 1차 분지경까지의 경장, 주경 굵기, 1차 분지경까지의 마디수 등 농업형질을 조사하였다.

결과 및 고찰

본 실험에 사용한 고추의 약배양 효율(Table 1)을 보면 모본들의 배상체 출현율은 1.5~40.5%로 계통에 따라 큰 차이를 보였다. 재래종인 C-HC가 1.5%로 가장 낮았으나 남방계인 DGSH는 40.5%로 가장 높았다. 교배조합들의 배상체 출현율은 16.4%~43.4%로 DGSH×C-NH 조합이 43.4%로 가장 높았으며, 모본중 배상체 출현율이 가장 높았던 DGSH를 모본으로 사용한 조합이 상대적으로 높았다. 모본의 유전형(genotype)에 따라 배상체 발생률의 차이를 보였는데 이것은 Christopher와 Rajam(1996)의 보고와 일치하였

Table 2. Frequency of varied lines in A₂ population derived from anther culture of hot pepper.

| Cross combination | in A ₂ lines | | Tot. | Variant Frequency(%) |
|-------------------|-------------------------|--------|------|----------------------|
| | Homozygous | Varied | | |
| C-HC×DGSH | 108 | 5 | 113 | 4.4 |
| DGSH×C-NH | 125 | 1 | 126 | 0.8 |
| Cheokjo 1×C-NH | 42 | 0 | 42 | 0 |
| Total | 275 | 6 | 281 | 2.1 |

Table 3. Fruit color of A₂ lines derived from anther culture.

| Parent or cross combination | Fruit color | | | Tot. |
|-----------------------------|-------------|-------|------------|------|
| | Pale green | Green | Dark green | |
| C-HC | | 5 | | 5 |
| DGSH | | | 5 | 5 |
| C-NH | | 5 | | 5 |
| Cheokjo 1 | | 5 | | 5 |
| C-HC×DGSH | | 73 | 39 | 112 |
| DGSH×C-NH | | 61 | 61 | 122 |
| Cheokjo 1×C-NH | | 37 | | 37 |

다.

약배양 후대 A₂계통들의 계통내 변이성을 조사하였다 (Table 2). 계통당 5주씩 재식하여 5주의 형태적 특성을 보고 계통내 변이성을 판별하였다. 3개 조합 총 281 계통중 계통내에서 차이를 보인 것은 6계통으로 2.1%의 변이를 나타냈다. 이론상 약배양 후대 계통들은 유전적으로 동형접합형이므로 변이를 보이지 않아야 하나 변이 계통들이 출현하였다. 변이계통들은 계통내에서 개체별로 형태적 특성이 비슷하면서 미미한 차이만을 보였다. 본 실험에서 변이의 원인을 알 수 없었으나 변이의 원인으로 엽색체 이상, DNA 증폭, transposable element 등이 보고되고 있다 (Christopher and Rajam, 1996).

약배양 유래 A₂ 계통들의 주요 농업형질에 대한 다양성을 조사하였다. 과색은 녹과형과 농녹과형 계통이 교배된 C-HC×DGSH와 DGSH×C-NH 조합에서 녹과와 농녹과가 출현하였고 녹과 계통간 즉, 적조 1호와 C-NH가 교배된 조합에서는 녹과만이 출현하여 transgressive 분리는 보이지

Table 1. Embryo induction in anther culture of hot pepper (*Capsicum annuum* L.)

| Generation | Parent or cross combination | No. of cultured anthers | No. of anthers inducing embryo | No. of embryos formed | Frequency of embryo production(%) |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| P | C-HC | 259 | 2 | 4 | 1.5 |
| P | DGSH | 310 | 60 | 125 | 40.5 |
| P | C-NH | 492 | 56 | 110 | 22.3 |
| P | Cheokjo 1 | 320 | 27 | 46 | 10.8 |
| F ₁ | C-HC×DGSH | 4,562 | 501 | 1,016 | 22.3 |
| F ₁ | DGSH×C-NH | 5,063 | 1,160 | 2,194 | 43.4 |
| F ₁ | Cheokjo 1×C-NH | 8,240 | 996 | 1,353 | 16.4 |

Table 4. Leaf color of A2 lines derived from anther culture.

| Parent or cross combination | Leaf color | | | Tot. |
|-----------------------------|------------|-------|------------|------|
| | Pale green | Green | Dark green | |
| C-HC | | 5 | | 5 |
| DGSH | | | 5 | 5 |
| C-NH | | 5 | | 5 |
| Cheokjo 1 | | 5 | | 5 |
| C-HC × DGSH | | 55 | 57 | 112 |
| DGSH × C-NH | | 35 | 86 | 122 |
| Cheokjo 1 × C-NH | | 36 | 3 | 39 |

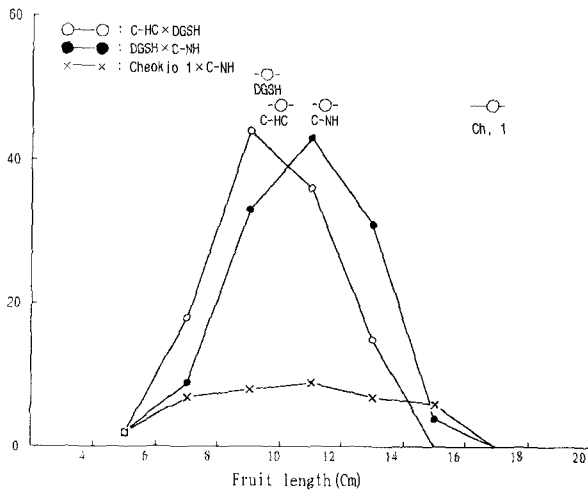


Figure 1. Fruit length of A2 lines derived from anther culture.

않았다(Table 3). 엽색의 분리양상(Table 4)을 보면 녹엽과 농녹엽 계통간 교배된 C-HC × DGSH 조합에서 녹엽과 농녹엽이 1:1의 비율로 출현하였으나 DGSH × C-NH 조합에서는 담녹엽, 녹엽, 농녹엽이 출현하여 모본에 없던 담녹엽이 나타났고 녹엽과 농녹엽 출현 비율을 비교해 보면 녹엽보다는 농녹엽이 훨씬 많았다. 녹엽 계통간 교배된 적조 1호 × C-NH 조합에서 대부분 녹엽 계통이었으나 일부는 모친에 없는 농녹엽도 출현 하였다.

모친의 과장은 C-HC, DGSH, C-NH가 각각 9.9cm, 9.5cm, 11.7cm로 중과종이고, 적조 1호는 17.1cm로 대과종에 속한다. 과장의 분포도(Figure 1, Figure 2)를 보면 중과종간의 교배 조합인 C-HC × DGSH나 DGSH × C-NH 조합에서는 모친보다 작거나 큰 계통들이 많이 출현하여 폭넓은 다양성을 보였다. 중과종과 대과종간 교배된 적조 1호 × C-NH 조합의 경우 많은 계통들이 모친의 과장 범위에 있었고 장과종 적조 1호보다 큰 계통은 없었으나 중과종 C-NH 계통보다 작은 계통들은 상당수 있었다.

과경과 1과중의 A2 계통들의 분포양상(Figure 3, Figure 4)은 두 형질간 비슷한 경향을 보였다. 과경과 1과중이 비슷한 모친간 조합인 C-HC × DGSH와 DGSH × C-NH 조합에서 모친과 비슷한 계통들이 다수 있었고 모친보다 큰 것이

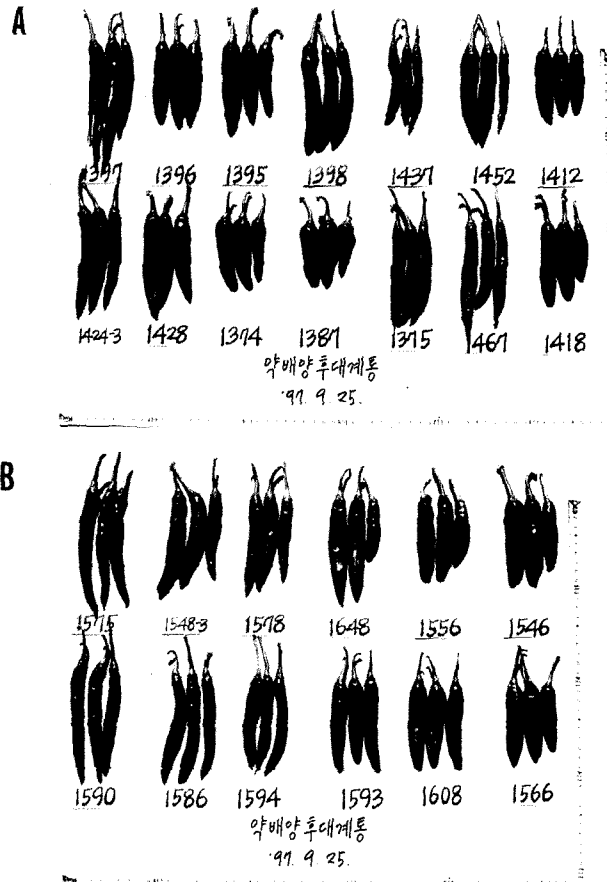


Figure 2. Fruit shape of A2 lines derived from anther culture A: C-HC × DGSH cross combination. B: DGSH × C-NH combination.

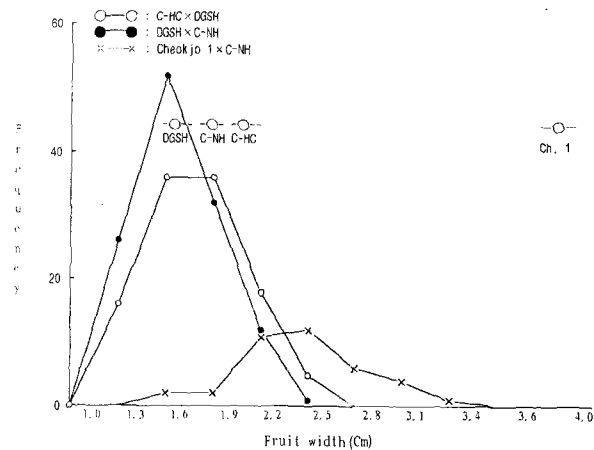


Figure 3. Fruit width of A2 lines derived from anther culture.

나 작은 것이 정규 분포 형태로 출현하였다. 과경이 크면서 1과중이 무거운 적조 1호가 교배된 적조 1호 × C-NH 교배 조합의 경우 과경과 1과중이 모친중 작은 계통 C-NH 보다 짧거나 가벼운 것은 출현하였으나 큰 계통 적조 1호보다 길

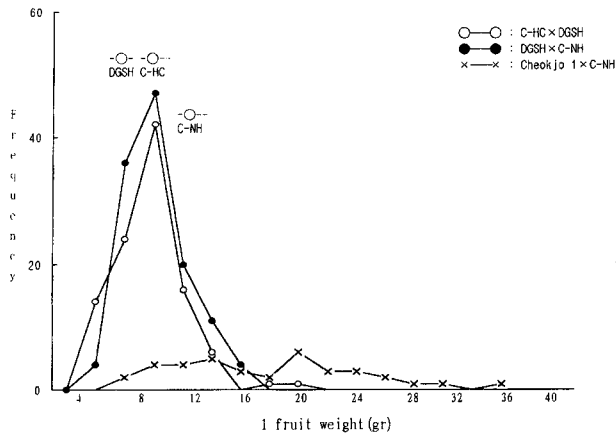


Figure 4. One fruit weight of A₂ lines derived from anther culture.

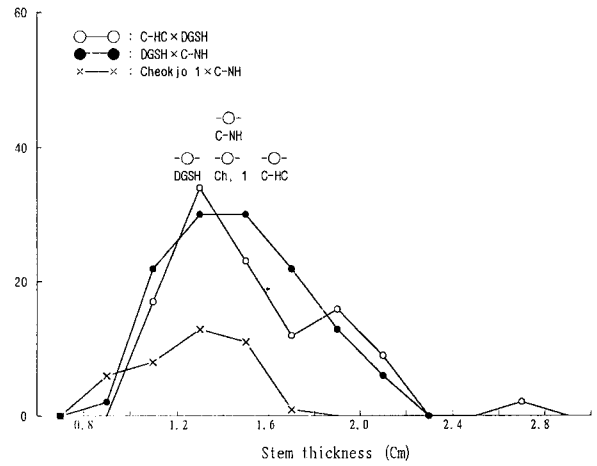


Figure 6. Stem thickness of A₂ lines derived from anther culture.

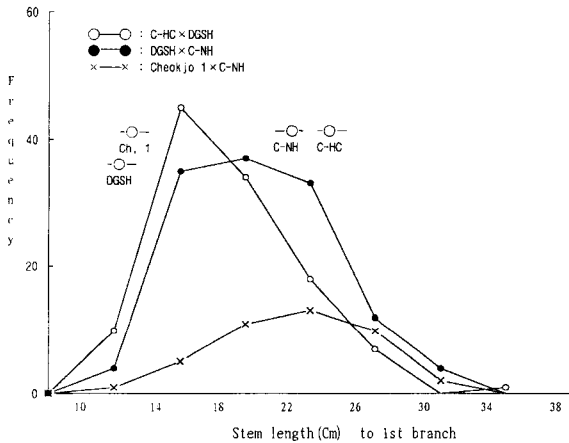


Figure 5. Stem length to 1st branch of A₂ lines derived from anther culture.

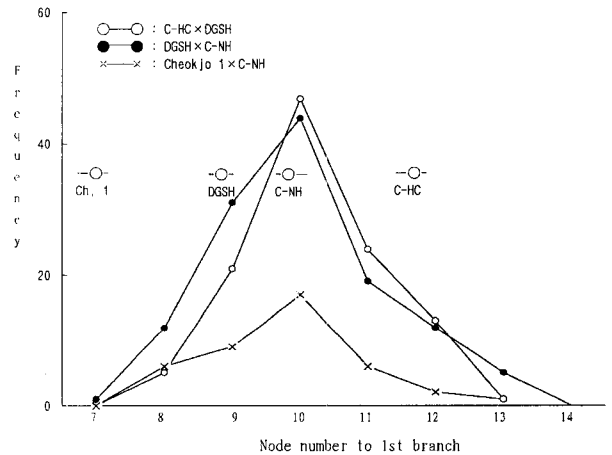


Figure 7. Node number to 1st branch of A₂ lines derived from anther culture.

거나 무거운 것은 없었다.

1차 분지경까지의 경장(Figure 5)은 3개 조합 공히 다양한 분포양상을 보였다. 1차 분지경까지의 경장은 모친의 범위 내에 가장 많이 분포하였고 모친보다 짧거나 긴 것도 있으나 긴 쪽이 더 많았다.

주경 굵기(Figure 6)는 모친의 경우 1.3~1.7cm로 큰 차이를 보이지 않았지만 3개 교배조합의 A₂ 계통들은 변이의 폭이 넓게 분포하였다. 특히 C-HC×DGSH 조합과 DGSH×C-NH 조합에서 폭 넓은 다양성을 보였다.

1차 분지경까지의 마디수(Figure 7)는 C-HC×DGSH 조합에서 대부분 모친의 마디 수 범위에 존재하였으나 DGSH×C-NH 조합에서는 모친보다 마디수가 적거나 많은 것이 상당히 있어 폭 넓은 다양성을 보였다. 1차 분지경까지의 마디수가 7개인 적조 1호와 12개인 C-NH 계통간 교배조합 적조 1호×C-HC의 A₂ 계통중 마디수가 13개였던 1계통을 제외한 모든 계통이 모친의 분포범위에 있었다.

이와 같이 과색을 제외한 엽색, 과장, 과경, 1과중, 1차 분지경까지의 경장, 주경 굵기, 1차 분지경까지의 마디수에서 조합별 다양성 정도는 다르지만 폭 넓은 다양성을 보였는데 이것은 유전재료의 변이폭을 넓혀서 육종재료의 선발효율을 증진시켜 줄 것이다. 약배양 후대에서의 형질 분리양상과 단교잡시 F₂에서의 분리양상을 비교하여 어느 육종방법이 후대 계통에서 다양성이 큰가를 검토해 볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

적 요

고추 교잡계통의 약배양 후대를 재료로 하여 배상체 발생률과 주요 농업형질에 대한 다양성을 조사하였다. 교배조합간 약배양 효율이 16.4%부터 43.4%까지 분포하였고 교배조합중 약배양 효율이 높은 계통 DGSH와 교배된 DGSH×

C-NH 조합에서 배 발생율이 43.4%로 가장 높았다. 3개 교배조합에서 얻은 약배양 후대 275개 A₂ 계통 중 계통내 개체별 분리를 보이는 계통은 총 6계통으로 2.1%를 차지하였다. A₂ 계통들의 형태적 다양성을 보면 청과색은 양친이 녹색과인 것이 교배된 조합에서는 녹색과만, 그리고 녹색과와 농녹과가 교배된 조합의 후대에서는 녹색과와 농녹과 계통만 출현하였다. 엽색에서도 조합에 따라 출현 빈도는 다르지만 녹색잎과 농녹색 잎의 발현 현상은 청과색과 비슷하였지만 모친에 없는 엽색도 소수 나타났다. 과장, 과경, 1과중은 C-HC×DGSB, DGSB×C-NH 조합에서 얻어진 A₂ 약배양 계통들에서 양친보다 다양한 변이양상을 보인 계통들이 많이 출현하였으나 과장, 과경, 1과중이 현저하게 큰 적조 1호가 교배된 적조 1호×C-HC 조합에서 얻어진 약배양 후대 계통들은 다양성이 낮았다. 1차 분지점까지의 줄기 길이는 3개 조합 공히 양친과 비슷한 것들이 많이 출현하였고 양친보다 긴 것도 다수 출현하였다. 주경의 굵기는 양친들의 주경 굵기보다 적거나 큰 것들이 다수 출현하여 큰 다양성을 보였다. 1차 분지점까지 마디수는 C-HC×DGSB 조합에서 양친과 비슷한 것이 가장 많았으나, DGSB×C-NH 조합과 적조 1호×C-NH 조합에서는 양친의 마디수 보다 적거나 많은 것들도 많이 출현하여 큰 다양성을 보였다.

인용 문헌

- Bajaj YPS (1983) *In vitro* production of haploids. pp 228-289. In: Evans(ed). Handbook of plant cell culture. Vol 1. Macmillan New York
- Christopher T, Rajam MV (1996) Effect of genotype, explant and medium on *in vitro* regeneration of red pepper. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 46:245-250
- Dumas De Vaulx RD, Chambonnet D, Pochard E (1981) Culture *in vitro* d'antheres de piment (*Capsicum annuum* L.): Amelioration des taux d'obtention de plantes chez differents genotypes par des traitements at 35°C. Agronomie 1: 859-864
- Guha S, Maheshwari SC (1964) *In vitro* production of embryos from anther of *Datura*. Nature 204:497
- Guha S, Maheshwari SC (1966) Cell division and differentiation of embryos in the pollen grains of *Datura in vitro*. Nature 212: 97-98
- Ham CR, Kim MZ, Choi KJ, Lee YI (1975) Studies on the anther culture of *Capsicum annuum*. Korean J Plant Tissue Culture 3: 1-7
- Keller WA, Armstrong KC (1979) Stimulation of embryogenesis and haploid production in *Brassica campestris* anther culture by elevated temperature treatment. Theor Appl Genet 55:65-67
- Kim MZ, Kim YR (1984) Basic studies on the induction of microspore - originated calluses or embryos in the anther culture of *Capsicum annuum* L.. Korean J Plant Tissue Culture 12: 75-112
- Lee JH, Baek SB, Lee MS (1993) Genotypic effect on callus formation in anther culture of barley, Korean J Breed 25: 108-113
- Lee SS, Yoon YJ, Shin HH, Woo JG (1988) Production of plants through anther culture and their seed bearing ability in chinese cabbage. Korean J Breed 20: 12-17
- Lee SY, Lee JK, Kang HJ, Shin HT, Lee SY (1995) Some characteristics and electrophoretic patterns of seed protein rice variants derived from tissue culture. Korean J Breed 27: 259-267
- Sharma KK, Bhojwani SB (1985) Microspore embryogenesis in anther culture of two indian cultivars of *Brassica juncea* (L.). Czern. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 4: 235-239
- Sohn JK, Yi GH, Oh BG, Lim SJ (1995) Variation of some agronomic traits in anther - derived rice plants. Korean J Breed 27: 404-408
- Takanori S, Takeshi N, Masashi H (1989) Varietal differences in embryogenic ability in anther of chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. pekinesis). Japan J Breed 39: 149-157
- Wang YY, Sun CS, Wang CC, Chien NF (1973) The induction of the pollen plantlets of triticale and *Capsicum annuum* from anther culture. Sci Sin 16: 147-151
- Yang SJ, Oh BG, Chung GS, Sohn JK (1988) Variability of anther-derived plantlets in rice (*Oryza sativa* L.). Korean J Breed 20: 18-21
- Yang SJ, Oh BG, Lee SK, Chung GS (1989) Variability of anther - derived plantlets in rice (*Oryza sativa* L.). IV. Classification of plants derived from Tongil / Japonica F₁ hybrid pollen. Korean J Breed 21: 35 - 39
- Yoon YJ, Lee KS, Chang SK (1991) Plant induction by anther culture of hot - pepper (*Capsicum annuum* L.). J Korean Soc Sci 32: 8-16

(1997년 12월 30일 접수)