

연자성 세라믹 분말에 의한 식물세포 및 조직의 생장촉진 효과

¹안 준 철 · 김 유 정 · ²박 찬 영 · †황 백

전남대학교 생물학과, ¹서남대학교 생물학과, ²전남대학교 응용화학공학부

(접수 : 1998. 5. 10., 게재승인 : 1998. 6. 16.)

Stimulation Effect of a Soft Ferrite Ceramic Powder on Growth in Plant Cell and Tissue Cultures

Jun Cheul Ahn¹, Yu Jung Kim, Chan Young Park², and Baik Hwang[†]

Department of Biology, Chonnam Nat'l University, Kwangju 500-757, Korea

¹Department of Biology, Seonam University, Namwon, Chonrabukdo 590-170, Korea

²Faculty of Applied Chemical Engineering, Chonnam Nat'l University, Kwangju 500-757, Korea.

(Received : 1998. 5. 10., Accepted : 1998. 6. 16.)

The addition of the ceramic powder as state of bare in culture medium has stimulated the growth of *Achyranthes japonica* in both the disorganized cell and the plantlet. The growth rate of *Hyoscyamus niger* adventitious root and *Platycodon grandiflorum* hairy root was enhanced up to 100 and 250%, respectively, even though *Scopolia parviflora* hairy root and *Hyoscyamus albus* adventitious root were not. The ceramic powder has enhanced the growth of *H. niger* adventitious root even in a test tube immersed into its culture medium to irradiate alone without any direct contact. The ceramic powder seems to have a significant role on both the growth and the physiological action of some plants.

Key Words : Ferrite powder, stimulation, plant cell culture

서 론

탄화규소나 실리카, 질소 혼합물 등 비탄화 세라믹 20 여가지를 점토나 금속과 섞어서 1,600 - 1,800 °C에서 소성하여 만들어지는 세라믹 중에서 단파장에서 장파장까지 거의 모든 영역에 걸친 전자파를 흡수하여 그 흡수한 에너지를 원적외선 영역에 해당하는 열에너지 형태로 전환하여 방사하는 세라믹을 일명 원적외선 방사 세라믹이라고 한다. 이 세라믹이 방사하는 원적외선은 파장이 긴 5.6에서 15 마이크로 사이이면서 그 강도는 미미하지만 식물이나 동물에 투사하면 이 동식물들 세포속에 있는 단백질을 비롯한 고분자 화합물들의 고유 흡수파장과 같은 파장에서 공명 또는 공진하여 살아있는 세포를 여기시켜 생물은 신진대사나 생장이 촉진되거나 활력이 유지되어 신선도가 유지되기도 하며 병균에 대한 저항력이 증진된다고 보고되었다(1, 2). 따라서 이러한 세라믹은 이미 공학적으로 곡물을 온열로 건조시키거나 연수를 제조하는 데 쓰이기도 하며, 땅이 든 곳을 치료하는데 이용하는 등 의학적으로 많이 이용되고 있다(3). 최근에는 세라믹을 고추나 무우 씨앗을 발아시키는데 이용하거나

벼 유묘를 빨리 기르는데 이용하기도 했으며 상추나 토마토 발아에 이용하기도 하였다(4, 5, 6). 이 외에도 세라믹을 은으로 처리하여 무우씨나 콩나물을 항균 재배하여 좋은 효과를 보기도 하였다(7).

한편, 식물세포나 조직배양방법은 온도, 빛, 배지성분 등의 물리, 화학적 생육환경의 일정한 유지가 가능하기 때문에 인위적으로 조절하는 외부요인의 변화로 인하여 일어나는 생리적 변화를 쉽게 관찰할 수 있어 세라믹의 효과를 보다 정확히 입증하는데 활용이 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 원적외선 방사효과가 있다고 알려진(1) 두 종류의 연자성 세라믹을 택하여 기내 배양중인 몇 종류 약용 식물의 현탁배양세포, 부정근, 모상근 및 유식물의 생장에 미치는 효과를 조사하므로써 일부 세라믹의 생리활성 효과의 유무를 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

세라믹 및 식물재료

세라믹 분말은 A (Fe_2O_3 , 42.46%; ZnO , 9.97%; MgO , 38.9%; MnO_2 , 7.6%; Dy_2O_3 , 0.73%, RuO_2 , 0.23%)와 B (Fe_2O_3 , 61.4%; ZnO , 26.1%; MnO_2 , 5.6%; Dy_2O_3 , 0.62%; RyO_2 , 2.3%), 두 종류를 사용하였으며, Kim 등(7) 방법에 따라 합성하여 사용하였다. 식물재료로는 본 연구실에서 배양, 유지되고 있는 *Achyranthes japonica*(쇠무릅), *Centella asiatica*(병

† Corresponding Author : Department of Biology, Chonnam Nat'l University, Kwangju 500-757, Korea
Tel : 062-530-3392, Fax : 062-530-3392
e-mail : bhwang@chonnam.chonnam.ac.kr

폴), *Ginkgo biloba*(은행), *Scopolia parviflora*(미치광이풀), *Platycodon grandiflorum*(도라지), *Hyoscyamus niger*, *Hyoscyamus albus*(히오시아머스) 등의 현탁세포, 부정근, 모상근 및 유식물체를 이용하였다.

세포배양

C. asiatica 세포배양은 Paek 등(8)의 방법에 따라 0.2 mg/L NAA가 첨가된 MS (9) 액체배지(3% sucrose, pH 5.8)에 세라믹 분말을 0.02%, 0.1% 농도로 각각 첨가하였고, *A. japonica* 세포배양은 Kim 등(10)의 방법에 따라 1 mg/L 2,4-D가 첨가된 SH (11) 액체배지(3% sucrose, pH 5.8)에 세라믹 분말을 0.05%, 0.1% 농도로 각각 첨가하여 배양하였다. *G. biloba* (12)는 MS 배지에 1 mg/L NAA와 0.1 mg/L kinetin이 첨가된 배지에 0.01%와 0.05% 세라믹을 첨가하여 배양하였다. 조사방법은 각 배지에 생중량 0.5 g의 현탁배양 세포를 30ml 배지가 담겨있는 100 ml 삼각플라스크에 이식하여 암배양(25°C, 100 rpm) 또는 명배양(1000 lux, 25°C, 100 rpm) 조건 하에 배양하였다. 배양시료는 배양 3주 후 현탁세포만을 수집하여 여과지로 습기를 충분히 제거한 다음 생중량을 측정하였고, 48시간 동안 동결건조하여 건중량을 측정하였다.

부정근과 모상근 배양

부정근은 일본 약용작물재배시험장의 Shmamura 박사로부터 분양받은 *H. niger*와 *H. albus*를 MS (3% sucrose, pH 5.8)와 WPM (13) 액체배지(3% sucrose, pH 5.7)에 각각 배양하였으며, *Agrobacterium rhizogenes* A₄에 의하여 형질전환된 *S. parviflora* (14)와 *P. grandiflorum* (15) 모상근은 1/2 B5 (16) 배지에 sucrose 농도를 각각 5%와 3% (pH 5.7)로 하여 사용하였다. 세라믹 분말은 0.01%, 0.05% 농도로 첨가하고 각배지에 약 1 cm 정도의 성장점이 있는 뿌리끝 3개씩을 30ml 배지/100 ml 삼각플라스크에 이식한 후 암조건(25°C, 100 rpm) 하에서 3주간 배양하여 생중량과 건중량을 측정하였다.

한편 배지에 직접 첨가하는 세라믹 성분 중 배지성분의 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인을 제거하고자 삼각플라스크 내에 밀폐된 유리봉을 설치하고 세라믹 분말을 0.001% ~ 0.5% 농도 범위로 유리봉안에 넣고 뿌리끝은 유리봉 바깥의 배지에 이식하므로써 세라믹분말과 배지의 직접적 접촉없이 성장촉진효과의 유무를 확인하고자 하였다. 배양조건은 상기 조건과 동일하게 수행하였다.

유식물 배양

실험재료로 사용한 유식물인 *A. japonica*와 *C. asiatica*는 종자를 무균발아하여 유도하였고(8, 10), *S. parviflora*는 위에 언급한 Shmamura 박사로부터 분양받아 사용하였다. 유식물의 경우 *C. asiatica*는 1/2 B5 고체배지(gelite 0.25%)를, *A. japonica*와 *S. parviflora*는 MS 고체배지를 이용하였으며, 세라믹 분말은 0.05%와 0.1%의 농도로 처리하였다. 이식에 사용한 유식물체는 동일한 배지를 사용하여 약 3주 동안 전 배양한 다음 성장부위를 일정한 크기로 절단한 정아 또는 축아를 30 ml 배지의 시험관(φ40 mm × 130 mm)에 5 처리구 씩 이식하여 생장을 측정에 사용하였다. *A. japonica*, *C. asiatica*와 *S. parviflora*는 각각 4주, 5주 및 7주 배양 후에 생중량과 건중량을 측정하였다.

결과 및 고찰

세라믹이 탈분화된 세포배양에 미치는 효과

세라믹이 탈분화된 세포의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 A, B 두 종류의 세라믹 분말을 농도 별로 첨가하여 조사하였다. *G. biloba* 세포배양은 세라믹 처리의 경우 작지만 오히려 성장감소의 결과가 있었다(data 미제시). *C. asiatica* 세포현탁배양에서는 명배양에서 세라믹 첨가에 따른 의미있는 차이를 보이지 않았으며(data 미제시), 암배양에서 대조구(0.22±0.01 g, dry wt)와 비교하여 0.1% A 세라믹 처리구(0.24±0.01 g, dry wt)와 0.1% B 세라믹 처리구(0.26±0.01 g, dry wt)에서 약간의 성장촉진 효과를 보였다(Figure 1). 반면에 *A. japonica* 현탁세포배양에서는 대조구(hght, 0.12±0.02 g; dark, 0.08±0.03 g, dry wt)와 비교하여 0.1% B 세라믹 처리구(hght, 0.16±0.01 g; dark, 0.13±0.02 g, dry wt)의 light와 dark 배양에서 각각 1.3, 1.6배의 성장촉진효과를 나타내었다(Figure 2).

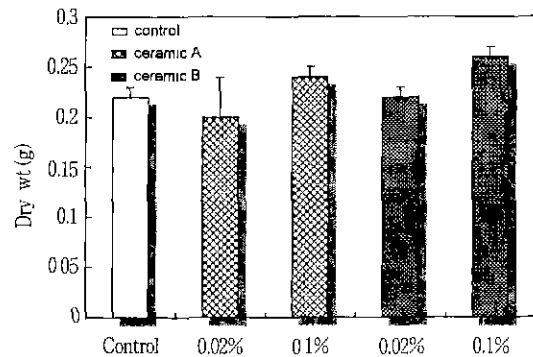


Figure 1. Effect of ceramic powders on the growth of *Centella asiatica* callus after 3 weeks culture in MS liquid medium containing 0.2mg/L NAA under the light condition.

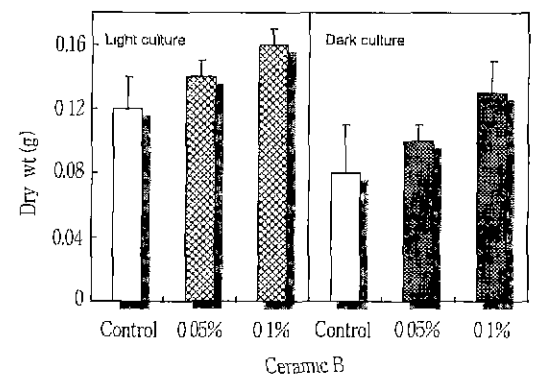


Figure 2. Effect of ceramic powders on the growth of *Achyranthes japonica* callus after 3 weeks culture in SH liquid medium containing 1 mg/L 2,4-D

세라믹이 부정근과 모상근의 생장에 미치는 영향

세라믹이 뿌리배양인 부정근(*H. niger*와 *H. albus*)과 모상근(*S. parviflora*와 *P. grandiflorum*)의 생장에 미치는 영향을 조사하였다. *H. albus* 부정근에서는 대조구(0.10±0.03 g, dry wt)와 비교하여 0.05% A 세라믹 처리구(0.12±0.03 g, dry wt)와 0.05% B 세라믹 처리구(0.09±0.02 g, dry wt)에서 효과를 확

인하기 어려웠으며, *S. parviflora* 모상근 역시 분명한 성장촉진 효과를 보이지 않았다(Data 미제시). 반면에 *P. grandiflorum*은 대조구(light, 0.08 ± 0.01 ; dark, 0.24 ± 0.02)와 비교하여 0.1% B (light, 0.1 ± 0.01 ; dark, 0.23 ± 0.02)와 0.5% B (light, 0.2 ± 0.02 ; dark, 0.3 ± 0.01) 세라믹 처리구에서 성장촉진효과가 있었으며

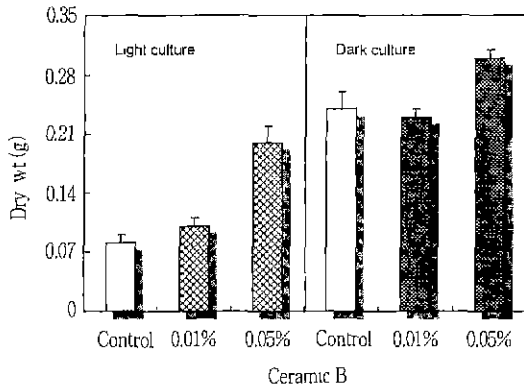


Figure 3. Effect of ceramic powders on the growth of *Platycoodon grandiflorum* hairy root D 10 after 4 weeks culture in 1/2 B4 liquid medium. Initial inoculum was 3 root tips (ca. 0.005 g).

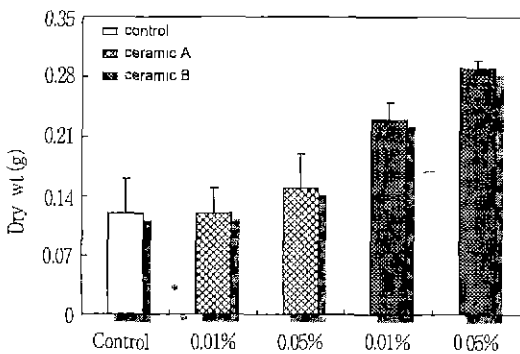


Figure 4. Effect of Ceramic powders on the growth of *Hyoscyamus niger* adventitious roots after 3 weeks culture in MS liquid medium (contact condition) Initial inoculum was 3 root tips (ca. 0.005g).

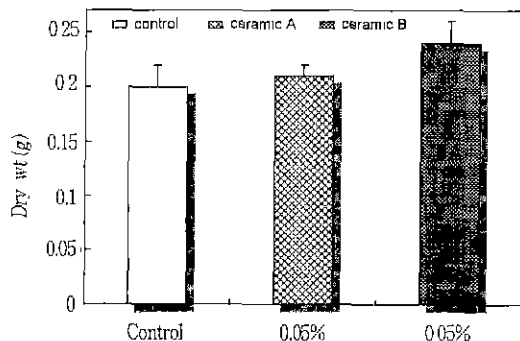


Figure 5. Effect of ceramic powders on the growth of *Hyoscyamus niger* adventitious root after 3 weeks culture (in MS liquid medium) in condition without direct contact of media and ceramic powders Initial inoculum was 3 root tips (ca. 0.005g)

(Figure 3), *H. niger* 부정근 배양에서도 대조구(0.12 ± 0.04 g, dry wt)에 비교하여 0.05% B 세라믹 처리구(0.29 ± 0.01 g, dry wt)에서 약 2배 이상의 성장촉진효과를 나타냈다(Figure 4). 특히 *H. niger* 부정근을 재료로 하여 세라믹 분말과 배지와와의 비접촉 조건에서의 실험에서도 대조구(0.11 ± 0.03 g, dry wt)와 비교하여 0.05% A 세라믹 처리구(0.18 ± 0.03 g, dry wt)와 0.05% B 세라믹 처리구(0.18 ± 0.01 g, dry wt)에서 약 1.4배의 성장촉진효과가 나타났다(Figure 5). 비접촉성 조건 하에서 B 세라믹의 농도별 처리에 따른 성장촉진효과는 0.05%에서 최대를 보이고 그 이상의 농도에서는 점차 감소하는 것으로 나타났다(Figure 6).

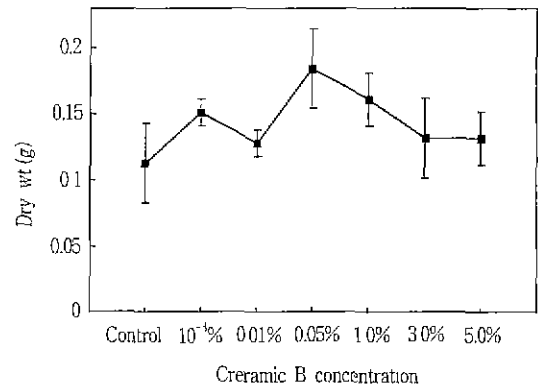


Figure 6. Effect of various ceramic powder concentrations on the growth of *Hyoscyamus niger* adventitious roots after 3 weeks culture (in MS liquid medium) in condition without direct contact of media and ceramic powders. Initial inoculum was 3 root tips (ca. 0.005g)

세라믹이 유식물의 생장에 미치는 영향

세라믹이 배양기 내에서 자라는 유식물의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 0.05% A, B 세라믹 분말을 첨가한 고체배지(gelrite 0.25%)에서 *A. japonica* (Figure 7, 8)와 *S. parviflora* (Figure 9)를 배양한 결과, B 세라믹 처리구에서 각각 1.8, 1.3배의 성장촉진효과를 보였다. *C. asiatica*는 대조구(0.08 ± 0.01 g, dry wt)에 비교하여 0.05% A, B 세라믹이 첨가된 처리구 (A, 0.08 ± 0.01 g, B, 0.08 ± 0.02 g, dry wt)에서 유의적인 변화를 관찰할 수 없어 성장촉진효과를 확신할 수 없었다

두 종류의 연지성 세라믹이 몇 가지 식물의 배양세포, 뿌리배양, 유식물 배양 등에 미치는 영향 중 배양 기간대비 성장속도의 촉진효과에 대하여 조사하였다. 첫째 조사한 식물 중 몇 종 (*A. japonica*, *H. niger* 및 *P. grandiflorum*)에 있어서는 세라믹의 성장촉진효과가 있음이 확인되었으며, 효과의 정도는 동일 농도에서도 식물 종간의 차이가 존재하였다. 둘째 *C. asiatica*는 세포배양과 유식물 모두에서 효과가 없었으나, *A. japonica*의 경우처럼 탈분화된 세포배양에서의 세라믹에 대한 효과가 있는 경우는 형태 분화가 된 어린 유식물에서도 효과가 있어 세라믹이 식물에 갖는 성장촉진효과는 분화, 탈분화에 상관없는 세포수준의 효과로 추정되었다 셋째 세라믹 조성성분에서 차이가 있는 두 종류의 세라믹 중 B 세라믹의 효과가 대부분 높은 것으로 보아 세라믹의 종류 또는 조성상의 차이가 식물에 미칠 수 있는 효과의 차이로 연결될 수 있음이 추정되었다.

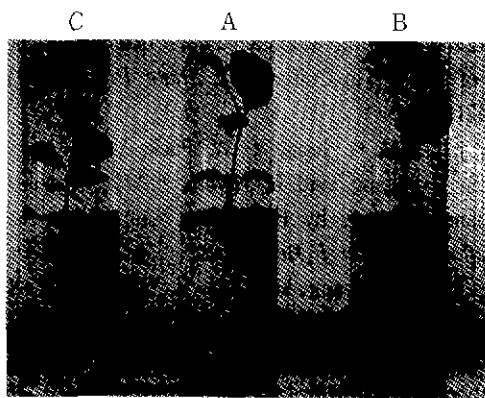


Figure 7. The growth of *Achyranthes japonica* plantlets after 4 weeks culture in MS solid medium. C, control; A, 0.05% ceramic A treatment; B, 0.05% ceramic B treatment.

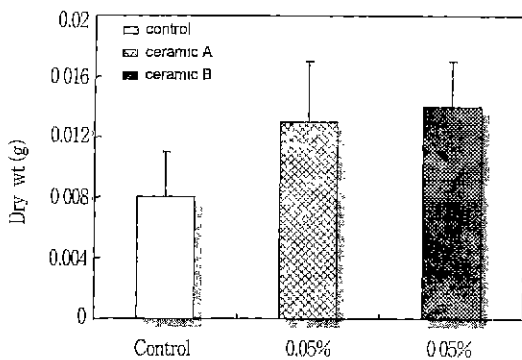


Figure 8. Effect of ceramic powders on the growth of *Achyranthes japonica* plantlets after 4 weeks culture in MS solid medium.

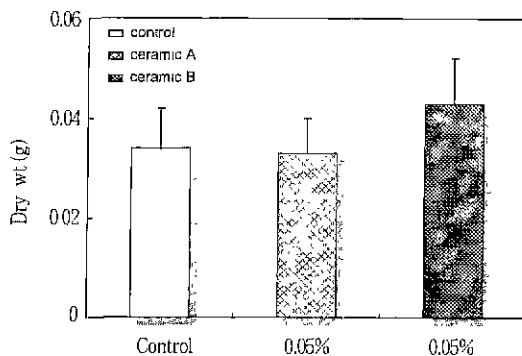


Figure 9. Effect of ceramic powders on the growth of *Scopolia parviflora* plantlets after 7 weeks culture in MS solid medium.

한편, Chung 등(4)은 또 다른 종류의 세라믹(BL 700, 코니바이 올라이트)을 0.5 mg/L로 처리하여 상추와 토마토의 증자발아와 발아 후 초기생장을 조사하여 무처리구에 비하여 발아율과 상배 축과 하배축의 생장에 좋은 효과가 있음을 보고하였고, 이러한 효과의 원인을 세라믹에서 내는 원적외선에 의한 온열효과에 기인한 것으로 보고한 바 있다. 또한 Chung 등(6)은 동일 세라믹을 powder, ball 및 pad 형식으로 수경재배하는 오이에 적용하여 동일기간 동안 오이의 생육과 과일의 수량 증대효과를 보고하기도 하였다. 이러한 연구결과와 본 보고에서 수행한 결과들

종합하여 볼 때, 일부 세라믹은 식물의 성장 또는 생리활성에 영향을 주는 것으로 보이며, 이에 따른 세라믹의 종류에 따른 활성의 차이나 적용 가능한 식물 종의 범위 등에 관한 보다 상세한 검토가 따라야 할 것으로 생각된다.

요 약

비양액에 침가한 연자성 세라믹 분말은 *Achyranthes japonica* 세포와 유식물체 모두에서 성장촉진효과를 나타냈다. *Hyoscyamus niger* 부정근과 *Platycodon grandiflorum* 모상근 역시 0.05% B 세라믹 처리구에서 대조구에 비교하여 각각 100%, 250%의 성장촉진효과가 있었다. 반면에 *Scopolia parviflora* 모상근과 *Hyoscyamus albus* 부정근 배양에서는 성장촉진효과를 보이지 않았다. 이러한 결과와 세라믹 분말을 배지와 직접 접촉없이 처리한 비접촉성 실험에서도 *H. niger* 부정근의 성장촉진효과가 있는 것으로 보아, 일부 연자성 세라믹 분말은 몇몇 식물에 대해 성장촉진 또는 생리활성효과가 있는 것으로 확인되었다.

감 사

본 연구는 교육부 기초과학연구조성비(BSRI-97-4424)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 岩出 功, 北村 伸一, 中村 克也 (1989), 遠赤外線 放射體의 作成, New Ceramic No. 1, 81-88.
2. 三宅 仁 (1989), 遠赤外線と 生體, New Ceramic No 1, 101-104.
3. Uchida, A., S. Nade, E. McCartney, and W. Ching (1987), Growth of Bone Marrow Cells on Porous Ceramics *in vitro*. *J. Biomed Matter. Res.*, 21, 1-10.
4. Chung, S J., B. S. Lee, and J. P. Lee (1992), Germination Responses of Lettuce and Tomato Seeds as Affected by the Treatment of Bioceramic Powder, *Agriculture Forestry and Fishery*. 37, 59-66.
5. 이철원 (1990), 遠赤外線による農産物の乾燥に関する研究, 博士學位論文 日本北海道大學.
6. Chung, S J., B. S. Lee, J. P. Lee, and J. G. Kang (1992), Effects of Bioceramics in Root-Zone on the Growth and Fruit Yield of Hydroponically Grown Cucumber (*Cucumis sativus* L.), *Agriculture Forestry and Fishery* 37, 67-76.
7. Kim, K. S., H. S. Sun, K. W. Bae, and C. Y. Park (1997), Disinfecting Effect and Growth Enhancement of Silver Coated Ceramic Powder in Vegetables. *Korean J. biotechnol Bioeng.*, 12, 35-39.
8. Paek, Y. W., S. J. Hwang, D. H. Park and B. Hwang (1996), Multiplication and Transformation of Medicinal Plants for Production of Useful Secondary Metabolites II. Establishment of Hairy Root Cultures of *Centella*

- asiatica*, *J. Plant Biol.*, **39**, 161-166.
9. Murashige, T. and F. Skoog (1962), A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plant.*, **15**, 473-497.
 10. Kim, K. S. N. S. Seung, M. W. Kim, B. Hwang (1998), Micropropagation of *Achyranthes japonica* through Axillary Buds Culture, *Korean J. Plant Tissue culture*, **25**, 357-360.
 11. Schenk, R. U. and A. C. Hildebrandt (1972), Medium and Techniques for Induction and Growth of Monocotyledons and Dicotyledons Cell Cultures *Can. J. Bot.*, **50**, 199-204.
 12. Kim, G. S. Y. W. Paek, K. M. Ko, S. J. Hwang, Y. J. Kim, S. J. Chung, and B. Hwang(1996), Detection of Flavonoid Compounds by Cell Culture of *Ginkgo biloba* L., *Korean J. Biotechnol. Bioeng.*, **11**, 1.
 13. Lloyd, G. and B. McCown (1981), Commercially-feasible Micropropagation of Mountain Laurel, *Kalmia latifolia*, by Use of Shoot Tip Culture. *Int. Plant Prop. Soc. Proc.*, **30**, 421.
 14. Ahn, J. C. B. G. Jung, Y. W. Paek, Y. J. Kim, K. K. Ko, S. J. Hwang, and B. Hwang (1993), Production of Tropane Alkaloids by Hairy Root Cultures of *Scopolia parviflora*. *Korean J. Bot.*, **36**, 225-231
 15. Ahn, J. C. B. Hwang, H. Tada, K. Ishimaru, K. Sasaki, and K. Shimomura(1996), Polyacetylenes in Hairy Roots of *Platycodon grandiflorum* *Phytochemistry*, **42**, 69-72
 16. Gamborg, O. L. R. A. Miller, and K. Ojima (1968), Nutrient Requirement of Suspension Cultures of Soybean Root Cells. *Exp. Cell Res.* **50**, 151-158.