

고구마 경단 유래 배발생 캘러스로부터 식물체 재분화에 미치는 성장조절제의 영향

이은모* · 藤岡昭三¹ · 櫻井成¹ · 문창식 · 노태홍²

충남농촌진흥원, ¹일본 이화학연구소 식물생활환연구실, ²농촌진흥청 열대농업관실

Effects of Growth Regulators on Plant Regeneration in Shoot-Tip-Derived Embryogenic Callus Cultures of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*)

Eun Mo LEE*, Shozo FUJIOKA¹, Akira SAKURAI¹, Chang Sik MOON, and Tae Hong ROH²

Chungnam Provincial RDA, Taejon, 305-313; ¹The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN), Wako-shi, 351-01, Japan; and ²International Technical Co-operation Center RDA, Suwon, 441-100. *Corresponding author.

The hormonal regulation of organ differentiation was investigated in the tissue culture of sweet potato. Embryogenic callus was induced from shoot tips cultured on MS medium supplemented with 1 mg/L 2,4-D. When embryogenic callus was transferred to medium containing 0.1 mg/L GA₄, its proliferation was stimulated. The callus gave rise to plantlets when cultured on medium containing 0.1 mg/L BA. Addition of 0.1 mg/L jasmonic acid or 0.01 mg/L brassinolide to medium was effective for the development of healthy normal plantlets.

Key words: non-embryogenic callus, somatic embryo

고구마는 탄수화물 및 단백질원으로 매우 중요한 식용작물이며, 또한 메탄올 및 에탄올 생산을 위해서도 재배되고 있다(Liu and Cantliffe, 1983). 고구마는 교잡육종 등 품종개발을 위해 종자번식을 하지만, 보통은 경삼에 의한 영양번식을 주로 하고 있다. 영양기관으로 번식을 하는 다른 작물과 마찬가지로 대부분의 고구마는 바이러스 혹은 병균이 전신에 감염되어져, 양질의 괴근 및 수량을 증대시키기 위해서는 매년 건전 모식물체의 생산보급이 필요하다(Bouxs, 1976). 우량종묘 생산을 위해서 경단배양을 하고 있으나, 경단배양은 작업이 까다롭고 식물체 육성까지 시간이 많이 소요되어 비능률적이다. 따라서 경단배양에 의해서 얻어진 소수의 식물체를 실용적으로 보급하기 위해서는 기내 대량증식과 이의 체계적인 보급이 필요하다. 조직배양에서 대량번식은 배지에 첨가되는 유기, 무기물이나 성장조절제의 종류 및 농도, 환경조건의 조절로서 효과적으로 유도된다. 특히 성장조절제의 적절한 구성은 다른 요인보다 큰 영향을 주므로, 적합한 성장조절제의 처리는 대량증식 및 효과적인 보급체계를 도모할 수 있다(Park and Lee, 1980). Liu 등(1989)은 고구마 경단조직을 0.5-3.0 mg/L 2,4-D 첨가배지에서 배발생 캘러스 및 체세포배를 유도할 수 있으며, 이런 체세포배는 0.02 mg/L ABA와 0.02 mg/L 2iP 첨가배지에 이

식하면 소식물체로 발육할 수 있다고 하였다. 배형성 없이 배발생 캘러스의 유지 증식은 10 uM 2,4-D와 1 uM BAP 혼합배지 혹은 5 uM 2,4-D 액체배지에서, 비형태발생 캘러스 유지는 1 uM 2,4-D 함유된 액체배지에서 가능하였다(Raymode et al., 1988). 또한 Kim 등(1992)은 기내배양된 고구마 뿌리를 kinetin이 함유된 배지에 배양하여 식물체로 분화시켰다. 이런 관점에서 본 연구는 고구마 우량종묘의 대량증식 체계를 확립하고자, 경단배양으로부터 배발생 캘러스를 유도하고, 이로부터 얻어진 유식물체를 건전하게 발육시키기 위해서 각 분화 및 생장에 미치는 성장조절제의 효과를 구명하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

경단배양

고구마(*Ipomoea batatas* L. cv Big One) 종자를 98% H₂SO₄ 용액에 45분간 처리한 다음 흐르는 수도물에 6시간 세척하였다. 세척된 종자는 vermiculite에 파종하여 7일간 25°C 연속광 향온기에서 육묘하였다. 육묘된 유묘는 자엽을

제거한 후 길이 3 cm 정도 잘라, 절단면을 파라핀으로 coating하여 10배로 희석된 차아염소산나트륨 용액(유효염소 성분 10%)에 15분간 살균한 후 멸균수로 4-5회 세척하였다. 소독된 재료는 해부현미경 하에서 엽원기 1매를 포함한 경단을 채취하여 미리 준비된 배지에 이식하였다. 배지는 sucrose 3%, 한천 0.8% 첨가된 MS 기본배지에 2,4-D를 0, 0.5, 1, 2, 4 mg/L 첨가하여 petridish (90 mm × 12 mm)에 30 mL씩 분주한 후 4개의 경단을 치상하여 4반복으로 실시하였다. 치상 후 연속 암조건 하에서 0, 10, 20, 30, 40, 50일 배양한 후 기관형성을 조사하였다. 캘러스 성장정도는 캘러스 직경을 측정하여 면적(mm²)으로 표시하였다.

배발생캘러스 배양

KIST 유전공학연구소에서 분양받은 고구마(*Ipomoea batatas* L. cv White Star) 배발생 캘러스(1 mg/L 2,4-D 첨가된 MS배지에서 4주 간격으로 배지를 교환하면서 유지 증식함)를 직경 2-3 mm 크기로 절단, 30 mL 배지가 함유된 petridish (90 mm × 12 mm)에 6개씩 이식하여 처리당 4반복으로 하였다. 배지는 NH₄NO₃ 및 inositol, nicotinic acid, pyridoxine-HCl, thiamine-HCl, glycine이 함유되지 않은 MS 기본배지에 sucrose 5% 및 한천 0.8%을 첨가하여, BA와 GA₄를 각각 0, 0.01, 0.1, 1 mg/L로 복합처리하였다. 25°C, 9 시간 광주조건 하에서 7주간 배양한 후 배발생 캘러스, shoot 수, 근수, 캘러스형성율을 조사하였다.

체세포배 배양

배발생캘러스 배양에서 얻어진 체세포배를 30 mL 배지가 함유된 petridish (90 mm × 12 mm)에 7절편씩 이식하여 처리당 4반복으로 하였다. 배지는 NH₄NO₃이 함유되지 않은 MS 기본배지에 sucrose 5% 및 한천 0.8%을 첨가하여, BA와 GA₄를 각각 0, 0.01, 0.1, 1 mg/L로 복합처리하였다. 배양 조건은 배발생캘러스 배양 실험과 동일하게 실시하였으며, 체세포배, shoot수, 엽수, 근수, 캘러스 형성율을 조사하였다.

유식물체 배양

고구마(*Ipomoea batatas* L. cv White Star) 배발생 캘러스를 성장조절제가 첨가되지 않는 MS 기본배지에 이식하여 shoot를 형성시켰다. 형성된 shoot의 정단을 크기 5 mm로 절단하여, 10 mL 배지가 함유된 시험관(22 mm × 150 mm)에 1점씩 치상 15반복으로 하였다. 배지는 NH₄NO₃이 함유되지 않은 MS배지에 sucrose 5% 및 한천 0.8%을 첨가하여, 0, 0.01, 0.1, 1, 10 mg/L ABA, 0.01, 0.1, 1, 8 mg/L jasmonic acid 및 0.001, 0.01, 0.1 mg/L brassinolide를 처리하

였다. 배양은 25°C, 9시간 광주조건 하에서 5주간 배양한 후 엽수, 초장, 근수 및 근장을 조사하였다.

결 과

고구마 경단배양시 2,4-D 농도 및 배양기간이 기관형성에 미치는 영향

절편체는 배양기간에 관계없이 0-2 mg/L 2,4-D 첨가배지에서는 90% 이상 생존하였다. 그러나 4 mg/L 첨가한 경우에는 배양 30일까지는 60% 이상 생존하였으나, 이보다 배양기간이 길어질수록 절편체는 갈변하면서 조직 성장도 억제되고 생존율도 저하되었다(Figure 1A). Shoot는 2,4-D를 첨가한 배지에서는 전혀 형성이 안 되었으며, 2,4-D 무첨가 배지에서만 배양 20일후에 약 44%, 30-50일 사이에 65-69% 형성되었고(Figure 1B), Shoot 생육은 암조건에서 배양한 관계로 백색으로 생육도 저조한 편이었다. 뿌리는 2,4-D 무첨가구에서만 13% 발근되었다. 0.5-2 mg/L 2,4-D 첨가배지에서는 배양 10일부터 대부분의 절편체에서 캘러스가 비교적 높은 빈도로 유도되지만, 이런 캘러스는 다른 기관형성을

Table 1. Effects of BA and GA₄ concentrations on organ formation from embryogenic callus^a of sweet potato cv White Star.

BA (mg/L)	GA ₄	Embryogenic callus growth ^b (1-12)	No. shoots	No. roots	Callus (%)
0	0	5.5	0.3	1.0	0
	0.01	7.1	0.3	2.3	0
	0.1	11.5	0.7	3.1	0
	1	6.5	0.5	1.1	0
0.01	0	4.1	0.3	0.5	0
	0.01	3.3	0.6	1.2	0
	0.1	3.3	0.8	0.7	0
	1	4.0	0.1	0.9	0
0.1	0	3.5	1.0	0.7	13
	0.01	3.2	0.8	1.0	25
	0.1	2.6	0.5	1.5	58
	1	2.5	0.2	0.5	50
1	0	2.3	0.5	0.1	52
	0.01	4.5	0.8	0.4	21
	0.1	1.8	0.3	0.1	70
	1	2.7	0.4	0.1	54
		F value ^c			
BA		9.2**	NS	4.5**	15.9**
GA ₄		NS	NS	NS	NS
BA × GA ₄		NS	NS	NS	NS

^aEach embryogenic callus (about 2-3 mm in diameter) was excised and 7 explant cultured on 30 mL of MS medium without vitamin and NH₄NO₃, supplemented 5% sucrose and 0.8% agar. Cultures were maintained under 9 hour light conditions for 7 weeks.

^bValues indicate 1 as 5 mm in diameter of callus.

^cNS, *, **: nonsignificant and significant at P=0.05 or 0.01, respectively.

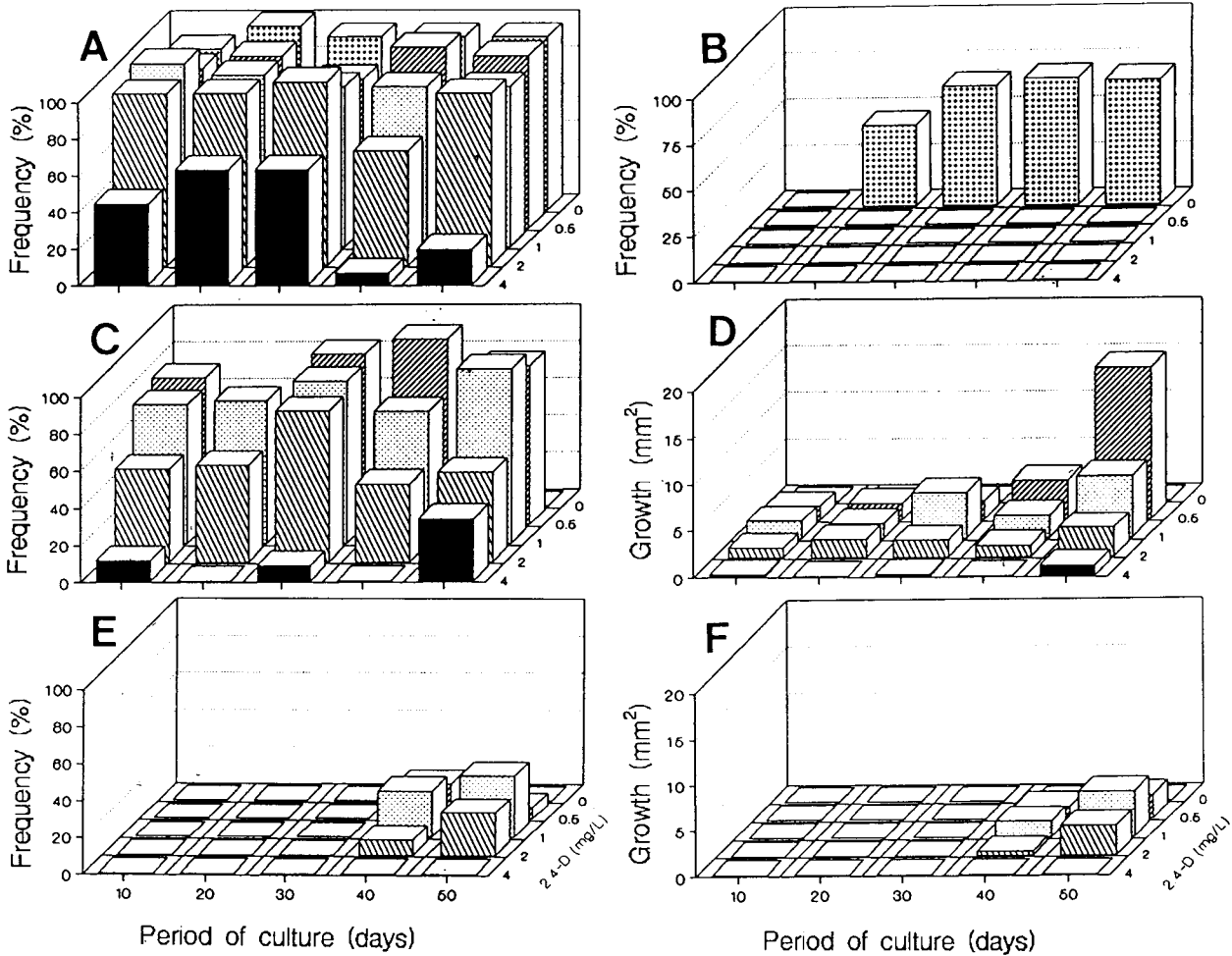


Figure 1. Organ formation from shoot tips of sweet potato cv Big One cultured on medium containing different concentrations of 2,4-D. A: Survival frequency of explants: B: Shooting frequency: C: Frequency of non-morphogenic callus formation: D: Growth of non-morphogenic callus: E: Frequency of embryogenic callus formation: F: Growth of embryogenic callus.

볼 수 없는 비형태발생 캘러스였다(Figure 1C). 비형태발생 캘러스는 배양 20일까지는 완만한 성장을 보이나, 30일경부터 성장량이 증가하기 시작하였고, 특히 0.5 mg/L 2,4-D 첨가배지에서는 배양 50일경에 급격한 증가를 보였다(Figure 1D). 배발생 캘러스는 배양 30일까지는 형성되지 않으나, 배양 40일경부터 0.5-1 mg/L 첨가배지에서 비형태발생 캘러스와 혼재하면서 형성되었으며(Figure 1E), 형태는 표면이 매끈하면서 노랑고 단단한 조직으로 구성되었다(Figure 2A). 특히 1 mg/L 2,4-D 첨가배지에서 배양 50일경에 캘러스형성이 33.3%로 가장 높았고, 성장도 5 mm² 정도로 가장 왕성하였다(Figure 1F).

BA 및 GA₄ 복합처리가 고구마 배발생 캘러스의 형태 형성 특성

배발생 캘러스 증식은 0.1 mg/L GA₄ 단독첨가시 가장 많이 되었으나 GA₄ 농도간 차이는 현저하지 않았다(Table 1).

또한 BA를 첨가하면 캘러스 증식은 일반적으로 억제되는 경향이었고, 특히 BA 농도가 높을수록 그 정도는 심하였다. 배발생 캘러스로부터 shoot는 0.1 mg/L BA 단독 첨가구에서 절편체당 평균 1.0개로 가장 많이 형성되었으나, 성장조절제의 종류 및 농도간 형성 차이는 없었다(Figure 2B). 절편체로부터 뿌리는 0.1 mg/L GA₄ 단독첨가시 3.1개로 가장 발근 되었으나, BA를 첨가하면 발근이 저해되고 특히 1 mg/L BA를 첨가하면 거의 발근되지 않았다. 배발생 캘러스 배양 중 녹색의 단단한 캘러스를 관찰할 수 있었는데, 이런 캘러스는 0.1-1 mg/L BA 첨가배지에서만 형성되었고, GA₄ 농도에 따른 차이는 없었다.

BA 및 GA₄ 복합처리에 의한 고구마 체세포배의 형태 형성 특성

고구마 체세포배를 BA 및 GA₄ 복합처리된 배지에 배양하는 경우에는 처리농도간 형태형성 차이는 현저하지 않았

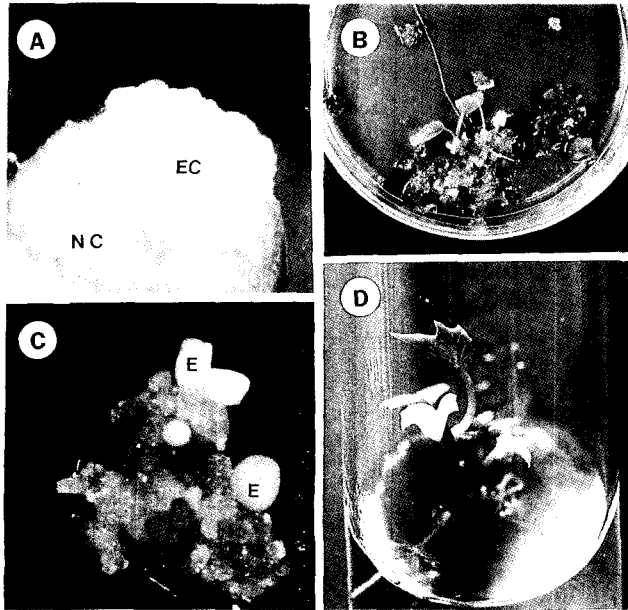


Figure 2. Plant regeneration through somatic embryogenesis of sweet potato cv White Star. A: Embryogenic callus (EC) and non-morphogenic callus (NC) derived from shoot tip explant; B: Shoots formed from the embryogenic callus; C: Somatic embryo (E) developed from the embryogenic callus; D: Plantlet regenerated from somatic embryo.

Table 2. Effects of BA and GA₄ concentrations on organ formation from somatic embryo cultures of sweet potato cv White Star.

BA (mg/L)	GA ₄ (mg/L)	No. somatic embryos	No. shoots	No. leaves	No. roots	Callus (%)
0	0	0.8	0.8	5.5	1.1	0
	0.01	0.6	0.9	4.5	0.9	0
	0.1	0.9	0.8	2.7	1.0	0
	1	1.1	0.3	5.7	0.5	0
0.01	0	1.4	0.5	2.8	0.5	0
	0.01	0.4	1.4	4.3	1.8	0
	0.1	1.2	0.3	2.7	0.4	0
	1	0.6	0.3	3.7	0.1	41.8
0.1	0	1.1	0.4	3.2	0.8	8.3
	0.01	0.3	1.3	6.8	2.3	8.3
	0.1	0.4	0.7	4.2	0.6	66.8
	1	1.1	1.3	3.4	0.3	83.5
1	0	0.9	0.6	5.0	0.2	16.8
	0.01	0.5	0.6	4.5	0.9	0
	0.1	0.3	1.9	3.3	0.1	25.0
	1	0.9	0.4	3.5	0.5	58.3
		F value ^a				
BA		NS	NS	6.6*	NS	5.8*
GA ₄		3.2*	NS	3.3*	3.9*	11.1**
BA × GA ₄		NS	NS	NS	NS	2.3*

^aNS, *, **: nonsignificant and significant at P=0.05 or 0.01, respectively.

다. 계속적으로 발생하는 체세포배는 BA 농도간에 큰 차이가 없었으나, GA₄ 농도에는 다소 차이가 있었다(Table 2).

Table 3. Effects of ABA, jasmonic acid, and brassinolide on organ formation and growth in embryogenic callus-derived shoot cultures of sweet potato cv White Star.

Growth regulators (mg/L)	No. leaves	Plantlet height (cm)	No. roots	Root length (cm)	
ABA	0	6.5	4.8	2.0	14.7
	0.01	8.6	5.1	2.5	14.0
	0.1	7.2	4.9	1.7	16.5
	1	4.7	3.0	0.8	16.8
	10	4.3	1.6	0.8	2.8
Jasmonic acid	0.01	8.3	5.2	2.1	12.4
	0.1	9.8	5.6	2.8	10.7
	1	8.3	6.0	2.8	9.6
	8	5.5	2.2	1.4	2.5
	Brassinolide	0.001	7.2	4.7	2.3
0.01		9.0	6.5	3.9	10.0
0.1		6.7	6.1	2.7	3.5

특히 0.01 mg/L BA 첨가조건에서 1.4개로 가장 많았다 (Figure 2C). Shoot는 0.01 mg/L BA 및 0.01 mg/L GA₄ 복합 처리, 1 mg/L BA 및 0.1 mg/L GA₄ 복합처리에서 각각 1.4, 1.9개가 형성되었으나, 생장조절제의 종류 및 농도간 차이는 없었다(Figure 2D). Shoot로부터 잎의 형성은 BA 0.1 mg/L BA와 0.01 mg/L GA₄ 복합처리시 6.8개로 가장 많았다. 발근은 1 mg/L BA 및 0.1 mg/L GA₄ 복합처리를 제외하고, shoot 형성이 양호하였던 처리구에서 많은 경향이였다. 캘러스 형성은 앞의 실험과 마찬가지로 BA가 첨가된 배지에서 주로 발생되었으나, 앞의 실험과 다르게 GA₄ 고농도에서 형성율이 증가하는 경향이였다.

ABA, Jasmonic acid 및 Brassinolide 처리에 의한 고구마 소식물체 생육특성

경단배양 유래 배발생캘러스로부터 얻어진 shoot 정단(크기 5 mm)을 배양할 경우, ABA 0.01 mg/L 저농도에서는 대조구에 비교하여 잎의 형성이 양호하였으나, 초장, 근장, 근수에는 큰 차이가 없었다(Table 3). 그러나 1 mg/L 이상 ABA 농도에서는 소식물체의 생육 및 뿌리 형성이 억제되고, 특히 10 mg/L ABA 처리구에서는 뿌리 생육이 더욱 억제되었다. Jasmonic acid는 0.01-1 mg/L 농도범위에서는 대체로 지상부의 생육을 촉진시키는 경향이였으나, 뿌리 생육에는 큰 영향이 없었다. 그러나 ABA와 같이 jasmonic acid도 8 mg/L의 고농도에서는 지상부 및 뿌리 생육을 저해하였다. Brassinolide는 0.001 mg/L 저농도에서는 지상부 및 지하부 생육은 대조구와 별로 차이가 없으나, 0.01 mg/L 첨가구에서는 다소 소식물체 생육을 촉진하였다. 또한 0.1 mg/L 첨가구에서는 뿌리의 생육을 현저히 억제시켰다.

영양번식 작물의 경단배양에 의한 배발생캘러스 유도는 우량종묘생산, 기내대량증식 및 인공종자 생산 등의 목적으로 이용되고 있다. 식물의 조직배양시 생장조절제의 종류와 농도를 변화시킴으로써 다양한 형태분화를 유도할 수 있는데, Liu 등(1992)은 고구마 정단분열조직을 배양시 단일 생장조절제(2,4-D)를 단일 농도(1 mg/L)로 처리하더라도 절편체가 이에 노출되는 기간에 따라서 형태분화가 다양하게 일어남을 보고하였다. 또한 2,4-D 농도를 높이거나 낮추어 주면, 형태발생의 결정기간이 달라질 것으로 기대되고 있으나, 본 연구에서는 형태형성에 요하는 기간은 2,4-D의 농도에 영향을 받지 않았다. 즉, 비형태발생 캘러스는 배양 약 10일 후에 형성되고 배발생 캘러스는 40일경에 형성되었다. 또한 Liu 등(1992)의 보고와는 다르게 shoot 형성과 발근은 2,4-D 무첨가 배지에서만 관찰되었는데, 이러한 결과는 shoot 형성과 발근에는 2,4-D가 억제작용을 하나, 배발생캘러스와 비형태 발생캘러스의 형성은 2,4-D가 촉진적으로 작용하는데, 특히 이들의 생장은 그 농도가 많은 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그리고 본 연구의 결과가 Liu 등(1992)의 결과와 다른 이유는 실험에 사용한 고구마의 품종이 다르기 때문에 식물생장조절제에 대한 품종간의 감수성의 차이에 기인하는 것으로도 생각되나, 이점에 관해서는 앞으로 좀 더 상세하게 검토할 필요가 있다고 생각된다.

조직 절편체로부터 기관형성의 형태는 보통 절편체의 품종 및 부위 그리고 생장조절제와 배양환경조건 등의 차이에 의해서 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 배발생캘러스는 2,4-D가 첨가된 배지에서 유지 및 증식될 수 있고, 이런 배발생캘러스는 생장조절제의 무첨가 배지나, ABA에 일정기간 배양 후 무첨가배지에 계대배양함으로써 식물체를 재형성시킬 수 있다(Liu et al., 1989; Raymond and Cantliffe, 1988). 본 연구 결과에서는 생장조절제를 무첨가한 배지에서 0.3개 shoot가 형성된 반면, BA 0.1 mg/L 첨가된 배지에서 1.0개 형성되었다. 따라서 이러한 결과는 BA를 이용하면 식물체의 재형성율을 종래보다 향상시킬 수 있음을 나타낸다. 또한 Kim 등(1992)은 BA가 첨가된 배지에서 Callus like tissue가 유도되는데 이런 조직들은 괴근의 형태와 유사한 것으로 보고하고 있으나, 본 실험에서 얻어진 캘러스는 재형성 능력이 없는 것이었다. 이런 캘러스 조직은 금후에 조직학적 특성 및 분자 수준에서의 발생 요인이 구명된다면 의미가 있을 것으로 여겨진다.

기내에서 생육중인 shoot을 기내 재배양시 ABA를 저농도로 첨가하면 대조구와 비슷한 성장과 형성 효과를 나타내고 있으나, 고농도로 첨가시에는 잎과 뿌리 형성을 억제시켰다. Jasmonic acid와 다른 jasmonate는 ABA와 마찬가지로 식물체내에 넓게 분포하는 새로운 생장조절제로 식물의 생육 또는 잎의 노화를 촉진하는 물질로 알려져 있으며 (Meyer et al., 1984), brassinolide는 옥신과 강한 상호작용을 하거나, 비슷한 효과를 나타내는 물질로, 특히 유묘의 신장

을 촉진하는 것으로 알려져 있다(Sakurai and Fujioka, 1993). 본 실험에서 jasmonic acid와 brassinolide를 고농도로 처리한 경우에는 유묘의 성장에 억제적이거나, 0.1 mg/L jasmonic acid 혹은 0.01 mg/L brassinolide를 처리한 경우에는 shoot 생육에는 촉진적이었다. 따라서 비교적 저농도의 jasmonic acid와 brassinolide를 이용하면 건전한 소식물체의 생산 가능성이 제시되었다.

적 요

고구마 경단배양에 의한 우량종묘 대량증식 과정에서 분화 및 생육에 미치는 생장조절제의 효과를 구명하기 위하여 실험을 수행하였다. 고구마 경단조직은 1 mg/L 2,4-D 첨가된 MS배지에서 배양 40일경 배발생 캘러스가 형성되었다. 또한 형성된 배발생 캘러스는 0.1 mg/L GA₄ 첨가된 배지에 배양한 경우, 효과적으로 배발생 캘러스를 유지 및 증식이 가능하였으며, 배발생캘러스로부터 shoot 재분화는 0.1 mg/L BA가 유효하였다. 체세포배로부터 shoot 재분화는 0.01 mg/L BA와 0.01 mg/L GA₄ 혹은 0.1 mg/L BA와 0.01 mg/L GA₄ 혼합배지에서 양호하였으며, 0.1-1 mg/L BA를 첨가된 배지에서는 배발생 캘러스 및 체세포배로부터 녹색의 단단한 캘러스가 형성되었다. 체세포배를 배양하여 얻어진 5 mm 크기의 shoot 정단을 재배양 시, 0.1 mg/L jasmonic acid 또는 0.01 mg/L brassinolide가 첨가된 배지에서 소식물체의 생육이 가장 양호하였다.

사사 본 실험은 일본 과학기술청 STA Fellowship 프로그램에 의해서 수행된 연구 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다. 또한 원고에 대하여 세심한 수정과 논평을 해주신 유장렬 박사께 심심한 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

- Boxus P (1976) Rapid production of virus-free strawberry by in vitro culture. *Acta Hort* 66: 35-38
- Kim JH, Jung H, Park SW, Jeon JH (1992) Plant regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) from root tissue cultured in vitro. *J Kor Soc Hort Sci* 33: 111-117
- Liu JR, Cantliffe DJ (1984) Somatic embryogenesis and plant regeneration in tissue cultures of sweet potato (*Ipomoea batatas* Poir.). *Plant Cell Reports* 3: 112-115
- Liu JR, Cantliffe DJ, Simonds SC, Yuan JF (1989) High frequency somatic embryogenesis from cultured shoot apical meristem domes of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *SABRAO J* 21: 93-101
- Liu JR, Min SR, Yang SG (1992) 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid at a

single concentration determining various morphogenesis patterns in shoot apical meristem culture of sweet potato (*Ipomoea batatas*). Korean J Plant Tissue Culture **19**: 167-170

Meyer A, Miersch O, Buttner C, Dathe W, Sembdner G (1984) Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plants. J Plant Growth Regul **3**: 1-8

Park KH, Lee YB (1980) Effect of cytokinin and auxin on organ formation in leaf scale tissue of *Allium sativum* L. Res Rept Agri Sci Tech Chungnam Nat'l Univ **7**: 65-75

Raymond PC, Cantliffe DJ (1988) Selective enhancement of *Ipomoea batatas* Poir. embryogenic and non-embryogenic callus growth and production of embryos in liquid culture. Plant Cell Tissue and Organ Culture **15**: 149-159

Sakurai A, Fujioka S (1993) The current status of physiology and biochemistry of brassinosteroids. Plant Growth Regulation **13**: 147-159

(1994년 7월 15일 접수)