

마의 器內增殖을 위한 小塊莖形成

장광진*·유창연**·박철호**

In vitro Tuberization of *Dioscorea alata* Linne.

Kwang Jin Chang*, Chang Yeon Yu** and Cheol Ho Park**

ABSTRACT : This study was carried out to develop the propagation system using *in vitro* induced-microtubers of yams (*Dioscorea alata* L.). Effects of kinds of media, mineral composition, sucrose concentration (0, 2, 4, 6, 8, 10%), photoperiod (0, 8, 12, 16, 24h), and growth regulators (NAA, IAA, ZR, JA-Me, ABA) on the development of microtubers, roots, and shoots in nodal stem segment cultures of *D. alata* L. were evaluated. Microtuberization in nodal stem segment occurred on all the media supplemented with growth regulator and sucrose. Among basic media, 1/2MS medium was the best in microtuber induction. NAA was shown to be the most effective among the growth regulators. Optimal NAA concentration was 1mg/l. The microtuberization was the highest at the concentration of 6% sucrose. When the nodal stem segment were cultured under darkness, the tuberization was increased markedly compared to those cultured under light condition. It was also noticeable that the culture in medium with NAA produced only microtubers and roots, but no shoots, in nodal segments. In this study, the optimal medium composition for microtuberization in nodal stem segment was found to be 1/2MS medium supplemented with 1mg/l NAA and 6% sucrose under dark condition at 25°C.

Key words : microtubers, yams, stem segment, growth regulator, tuberization

서 론

마 (*Dioscorea* spp.)는 열대·아열대지역뿐만 아니라 온대지역까지 광범위하게 분포하고 있으며 그 종(種)의 분화도 다양한 식물이다. 마의 종류는

세계적으로 약 600종이 분포되어 있는데, 그 중에서 50여종이 식용으로 이용되고 있다 (Coursey, 1967; Hayashi et al., 1991).

우리나라에서 재배되고 있는 마는 괴경의 형태에 따라 장형종을 장마, 편형종은 불장마, 괴형종은 둥근마 등으로 칭하고 있다. 특히 괴형종에는

* 한국농업전문학교 특용작물과 (Dept. of Industrial Crops, Korea National Agriculture College, RDA, Hwasung 445 - 890, Korea)

** 강원대학교 농업생명과학대학 (College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200 - 701, Korea)

< '99. 6. 15 접수 >

대화마(大和芋), 이세마(伊勢芋) 등이 도입되어 활발하게 재배되고 있으며 최근에는 *D. alata* 계통의 둥근마도 재배되고 있다(朴 등, 1988; 佐藤一郎, 1974).

마에는 전분 15~20%, 단백질 1.0~1.5%가 함유되어 있고, 비타민 C도 풍부하다. 주요 약용성분을 보면 Cholin, Saponin, Musin, Arginine 등이 있어서 인체의 소화기능 향상과 지사작용, 자양작용, 거담작용 등의 약리작용이 보고되고 있고 또한 조단백질, 전분, Amino acid 등을 함유한 건강식품으로도 활용도가 높다. 최근 마는 건강식품으로 인기가 높아 스테미너식으로 소비가 급증하면서 소득작물로서의 재배면적이 증가하고 있는 추세이다(이 등, 1996; 朴 등, 1988). 우리나라의 마 재배 현황을 살펴보면, 1990년에 104ha 였던 것이 1997년에는 무려 351ha로서 크게 증가추세를 보이고 있으며 생산량에서도 1990년의 664.4M/T에 비하여 1997년에는 2,104M/T으로 매년 상승 추세에 있다. 현재 마는 전국 각지에서 재배되고 있으나 재배면적의 약 80%인 284ha가 안동을 중심으로 경북 지방에서 재배하고 있다. 그러나 10a당 생산량을 보면 1990년의 645kg에서 1997년에는 608kg으로 후퇴하는 경향을 보이고 있는바 마의 운작 체계 확립과 우량 유전자원의 육성보급이 시급한 실정이다.

대부분 농가에서는 한약재료용 건마 생산을 위해서 장마를 재배하고 있으나 토양상태 및 수확작업 시 노동력의 문제를 고려하여 괴경의 길이가 짧은 단마를 재배하고자 하는 농가가 증가하고 있다.

이에 수량성과 육질이 우수한 유전자원인 동남아산 *D. alatas*는 식용 및 약용작물로 중요성이 더욱 인식되고 있다. 마는 영양계의 괴경이나 영여자로 번식하고 있으나 *D. alatas*는 영여자가 형성되지 않아서 번식이 중요한 과제 중의 하나이다(Hayashi et al, 1991; 林滿 등, 1990). 이에 조직배양법을 이용하여 소괴경을 대량증식하여 인공종자 생산 체계를 확립하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

지역적응성이 높은 다수확 우량마인 Arata 품종

을 4월 25일 사양토의 포장에 심은 후 신장한 줄기를 공시재료로 사용하였다.

채취한 줄기의 1절을 약 2~3cm 길이로 절단하여 엽병의 기부를 2~3mm 남기고 엽부를 제거하였다. 재료의 소독은 절단한 단편(斷片)을 흐르는 물에 3분 정도 씻은 후 ethyl alcohol 70% 수용액에 1분간 침적하였다. 그 후 전착제인 Tween 20액을 0.1% 첨가한 1% sodium hypochlorite용액에 30분간 표면을 살균 후 살균수로 3회 씻은 다음 액아를 중심으로 1cm의 길이로 줄기를 절단하여 배양하였다.

배지의 종류가 괴경형성에 미치는 영향

Murashige & Skoog (MS), White (Koda et al., 1983), Linsmair & Skoog (LS) 및 Knop (Asahira et al., 1979)의 4종류 배지에 NAA 1mg/l, Sucrose 40g/l 를 첨가하였다. White배지는 pH 5.6, 기타 배지는 pH 5.8로 조정 한 후 한천 8g/l 를 첨가하였다. 이 배지를 20×120mm의 시험관에 20ml씩 분주하여 120℃에서 20분간 고압 살균하였다. 이 배지에 무균경단편을 시험관당 1개씩 치상하여 25℃, 14시간 일장, 광도 5,000lx의 형광등이 설치된 인공기상실 내에서 재배하였다.

배지질소원이 괴경형성에 미치는 영향

실험 1의 결과로 괴경 형성율이 가장 좋았던 MS배지에 대하여 괴경형성에 대한 무기염류의 조성, 특히 질소원의 영향에 대하여 검토하였다.

MS배지, MS배지에서 무기염류를 1/2량으로 감소한 배지 (1/2MS) 및 MS, 1/2MS배지에서 NH₄NO₃의 전량을 제외한 4종류의 배지를 이용하였다. 이 배지에 NAA 1mg/l, sucrose 40g/l를 첨가하고 pH 5.8로 조정 한 후 한천 8g/l를 첨가하였다. 이 배지에 실험 1과 같은 방법으로 무균경단편을 치상하여 같은 온도, 일장조건 하에 배양하여 배양 후 10, 20, 30 및 40 일간의 괴경형성율과 괴경의 횡경을 측정하였다.

Sucrose 농도 및 조명시간이 괴경형성에 미치는 영향

실험 2의 결과에 있어서 괴경형성율이 1/2MS 배지에서 가장 좋은 결과를 보였기 때문에 1/2MS 배

지를 사용하여 sucrose의 농도와 조명시간의 영향에 대하여 검토하였다.

NAA 1mg/l 첨가한 후 pH 5.8로 조정하고 한천 8g/l를 첨가한 1/2MS 배지에 sucrose의 농도를 2, 4, 6, 8 및 10%로 조정하여 각각 무균경단편을 치상한 후 25℃, 5,000lx로 조명시간 0, 8, 12, 16 및 24시간의 조건 하에 30일간 배양한 후 괴경형성을 및 괴경의 횡경을 측정했다. 처리 1구의 경단편수는 20개로 3반복하였다.

식물생장조절제가 괴경형성에 미치는 영향

실험 3의 결과로 괴경형성율은 sucrose 농도 6%의 암흑조건하에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 이에 배양기간의 단축을 위하여 6%농도의 sucrose를 첨가한 1/2MS 배지를 이용하여 암흑조건 하에서 식물생장조절제의 영향을 검토하였다. 성장조절물질로는 BA와 NAA를 이용하여 0, 0.1, 1, 2mg/l 농도 용액을 조합하였다. 첨가한 16종류의 배지에 무균경단편을 치상하여 30일간 배양 후 괴경형성을 및 괴경의 횡경을 측정하였다. 1구의

경단편은 20개로 실험은 3반복하였다.

결과 및 고찰

배지의 종류가 괴경형성에 미치는 영향

괴경형성, 맹아(경엽의 발생) 및 발근은 모든 배지에서 형성되었고 형성되어진 괴경의 횡경은 큰 변화가 없었다(Table 1). 맹아율로 보면 LS 및 MS배지의 맹아율이 각각 85.0 및 84.2%로 높는데 비해 White, Knop배지에서는 45.0%, 44.4%로 낮았다. 또한 발근을 및 괴경형성율에 대해서도 MS, LS배지를 비교할 경우 주 목적 기관인 괴경의 형성과 크기에 있어서 MS배지가 LS배지 보다 높았다.

MS, White, LS 및 Knop 배지는 지금까지 근채류의 번식용 종묘생산에 이용되어 왔다(Gregory, 1956 ; Koda et al., 1983). 이 4종류의 배지에 NAA 1mg/l, Sucrose 40g/l 을 첨가하여 마 괴경형성에 미치는 영향을 비교 검토한 결과, MS배지에서 괴경형성율이 다른 배지에 비해 높았으므로

Table 1. Effect of media on tuberization, sprouting and rooting in cultured nodal segments of *D. alata* L.

Medium	Tuberization (%)	Sprouting (%)	Rooting (%)	Width of tuber (mm)
MS	78.9 (15/19) ^x	84.2 (16/19) ^y	84.2 (16/19) ^z	4.1±0.47
White	60.0 (12/20)	45.0 (9/20)	65.0 (15/20)	4.3±0.41
LS	70.0 (14/20)	85.0 (17/20)	70.0 (14/20)	3.7±0.35
Knop	55.5 (10/18)	44.4 (8/18)	55.5 (10/18)	3.2±0.38

^x Number of stem segments tuberized/Number of stem segments cultured.

^y Number of stem segments sprouted/Number of stem segments cultured.

^z Number of stem segments rooted/Number of stem segments cultured.

Table 2. Effect of modified MS media on tuberization, sprouting and rooting in cultured nodal segments of *D. alata* L.

Medium	Tuberization (%)	Sprouting (%)	Rooting (%)	Width of tuber (mm)
MS	75.0 (15/20) ^x	85.0 (17/20) ^y	80.0 (16/20) ^z	4.1±0.51
MS-NH ₄ NO ₃	73.6 (14/19)	84.2 (16/19)	78.9 (15/19)	3.9±0.34
1/2MS	95.0 (19/20)	100.0 (20/20)	100.0 (20/20)	3.5±0.32
1/2MS-NH ₄ NO ₃	85.0 (17/20)	80.0 (16/20)	80.0 (16/20)	3.0±0.30

^x Number of stem segments tuberized/Number of stem segments cultured.

^y Number of stem segments sprouted/Number of stem segments cultured.

^z Number of stem segments rooted/Number of stem segments cultured.

우선 MS의 사용을 결정하였다.

이러한 괴경형성율의 차이는 White, Knop배지의 무기성분 조성과 염류농도가 MS, LS배지에 비하여 낮는데 기인하는 것으로 보인다.

배지의 조성이 괴경형성에 미치는 영향

MS배지에 있어서 괴경형성율, 맹아율 및 발근율은 각각 75.0, 85.0 및 80.0%를 보였으나 MS배지에서 질산암모늄을 제외한 배지(MS-NH₄NO₃)에 있어서는 73.6, 84.2 및 78.9%로 MS 기본 배지보다 낮은 비율이었다(Table 2).

다음에 1/2 MS배지에 있어서 괴경형성률, 맹아율 및 발근율은 각각 95.0, 100.0 및 100.0%로 MS 기본배지의 수치보다 높았다. 또한 1/2MS 배지에서 초산 암모니아를 제외한 배지(1/2MS-NH₄NO₃)의 경우는 기본 배지의 경우와 같은 비율로 낮게 나타났다.

한편 괴경의 크기는 MS>MS-NH₄NO₃>1/2MS

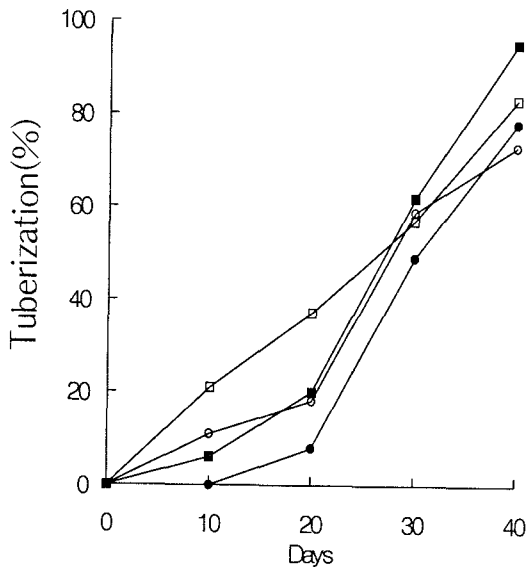


Fig. 1. Effects of modified MS media on in vitro tuberization of yam (*D. alata* L., cv. Arata). Nodal stem segments were cultured under 14-photoperiod at 25°C for 40 days.

Media : ● ; MS, ○ ; MS-NH₄NO₃,
■ ; 1/2MS, □ ; 1/2MS-NH₄NO₃

1/2MS-NH₄NO₃로 질산암모늄을 제외한 처리구에서는 괴경이 작아지는 경향이 있었다.

Mantell 등(1989)은 암모늄 이온이 괴경형성에 크게 관여하여 그 존재에 의해 괴경형성이 억제된다고 보고하였다. 본 실험의 결과는 질산암모늄을 감소시킨 경우 괴경형성 및 생장이 조금 억제되는 경향이 있었으나 그 영향은 크지 않았다.

배양중의 괴경형성률의 추이를 Fig 1에 표시하였다. 경단편의 배양은 우선 최초에 그 액아부위에 백색의 해면상 조직의 출현이 육안으로 관찰되었다. 그 조직은 비대하면서 서서히 구형의 괴경체를 형성하였다. 조직의 형성은 배양 20일까지는 배지에서 질산암모늄을 제외한 구에서 빠른 경향이 있었다. 구형 모양의 형성은 배양 30일까지 구간별 큰 차이가 없었으나 40일째는 1/2MS 배지에서 96%로 높은 형성을 나타내었다.

Sucrose 농도 및 조명시간이 괴경형성에 미치는 영향

괴경형성율에 대한 Sucrose 농도의 효과를 비교하면(Table 3), 그 형성률은 농도 2%에 비해서 4% 처리구에서 급상승해서 4%, 6% 및 8%처리구에서는 높았으나 10%처리구에서는 크게 저하되었다.

4%, 6% 및 8%처리구에 있어서 형성률은 67.6, 87.7 및 73.3%로서 6%처리구에서 높게 나타나는 경향을 보였다.

다음에 조명시간의 영향을 비교하면 괴경형성율은 조명 0시간(암흑 조건)의 구와 조명한 4개의 처리구 간에 큰 차이가 인정되었다. 괴경형성 양식은 조명 하와 암흑 하에서는 완전히 다른 차이를 보였다. 조명이 있는 처리구에서는 조명시간에 관계없이 처음부터 액아부가 맹아하고 그 줄기의 기부에 괴경이 형성되며 동시에 뿌리가 발생한다. 이에 비해 암흑에서는 액아의 측부에 해면상의 괴경 조직이 분화하여 다음으로 구형의 괴경으로 발달하며, 그 괴경으로부터 뿌리가 발생하였다. 이와 같이 형성된 괴경에서 줄기가 발생한 개체가 소수 있었으나 잎의 출현은 전혀 없었다.

괴경의 크기에 대한 당농도와 조명 시간의 영향을 보면, 괴경형성율이 높았던 Sucrose 농도구에는 괴경도 큰 영향을 보여 암흑조건과 8시간 조명

Table 3. Effects of sucrose concentration and photoperiod on *in vitro* tuberization in cultured nodal segments of *D. alata* L.

	Sucrose (%)									
	2		4		6		8		10	
	T*	W**	T	W	T	W	T	W	T	W
0	20.0	1.2	67.6	2.8	87.7	3.9	73.3	4.8	40.0	2.8
8	13.3	1.3	40.0	3.0	53.4	3.5	40.0	4.0	33.3	3.0
12	21.4	1.5	50.0	2.7	57.1	3.1	35.7	2.7	28.5	2.0
16	20.0	1.0	60.0	2.6	66.6	2.5	46.6	2.3	20.0	2.1
24	28.6	1.8	57.1	1.9	50.0	2.6	57.1	2.2	35.7	2.5

* Percentage of tuberization for 30 days

** Width of tubers after 30 days

구에서 괴경의 비대가 가장 크게 나타났다. 괴경의 횡경은 암흑의 Sucrose 8%구에서 가장 컸다.

마의 소괴경 생산에 관한 연구는 증식을 목적으로 하더라도 경엽과 괴경의 생육을 같이 확보하는 것에 주안점을 두어 주로 조명하에서 검토되어 왔다 (Ammirato, 1976 ; Asahira et al, 1979 ; John et al, 1993 ; Viana et al., 1988). 이에 대하여 소괴경 생산을 주안으로 한 본 실험에서는 괴경의 수량확보를 촉진하고 경엽의 생장을 억제하기 위하여 암흑 하에서 검토를 했다. 그 결과, 암흑조건에서 괴경형성율과 괴경의 크기가 조명조건 보다 괴경형성율과 괴경의 생장이 크게 향상되었다. 암흑하의 괴경형성은 조명하의 괴경과 달라서 무균경단편의 액아 부위에 괴경만 형성되어 액아의 맹아나 새로이 형성된 괴경으로부터 경엽의 발생이 없어 소괴경 생산에 가장 좋은 조건을 만들었다.

식물생장조절제가 괴경형성에 미치는 영향

마의 괴경 형성 기간을 단축하기 위하여 식물생장조절제 BA와 NAA를 조합했다. 그 조합된 생장조절제를 첨가한 16개 실험구에서 30일간 배양한 결과를 Table 4에 표시했다. 1/2MS배지에 6%농도의 Sucrose를 첨가 하였으나 BA와 NAA를 전혀 처리하지 않은 배지의 괴경 형성율은 40%, 괴경의 횡경은 3.0 mm 였다.

BA만 첨가한 0.1, 1 및 2mg/l 구의 형성율은 높아야 60%였다. 그러나 NAA만 첨가한 NAA 0.1, 1 및 2mg/l구의 괴경형성율은 각각 83.3, 94.7 및

66.6%로 NAA첨가에 의해 괴경의 형성율은 크게 촉진되었다.

또한 NAA와 BA를 조합한 구에서 상승효과는 인정되지 않아 BA의 첨가는 NAA의 효과를 조금씩

Table 4. Effects of NAA and BA on *in vitro* tuberization of yam.

NAA (mg/l)	BA (mg/l)	Tuberization (%)	Width of tuber (mm)
0	0	40.0 (8/20) [*]	3.0
0	0.1	45.0 (9/20)	3.3
0	1	60.0 (12/20)	3.4
0	2	50.0 (10/20)	3.4
0.1	0	83.3 (15/18)	3.0
0.1	0.1	65.0 (13/19)	3.0
0.1	1	65.0 (13/19)	2.8
0.1	2	70.0 (14/20)	3.1
1	0	94.7 (18/19)	3.4
1	0.1	85.0 (17/20)	3.2
1	1	84.2 (16/19)	2.7
1	2	66.6 (12/18)	3.0
2	0	66.6 (12/18)	3.6
2	0.1	80.0 (16/20)	3.5
2	1	63.1 (12/19)	2.5
2	2	60.0 (12/20)	2.5

* Number of stem segments tuberized tubers/Number of stem segments cultured.

억제하는 경향이 나타났다. 괴경의 비대생장에 대한 촉진 효과는 모든 구에서 검출되지 않았다.

이상의 결과에서 소괴경 형성에 최적의 배양 조건은 NAA 1mg/l, Sucrose 6%를 첨가한 1/2MS 배지에 무균경단편을 치상하여 25℃ 암흑조건하에 배양한 것이었다(Photo 1).

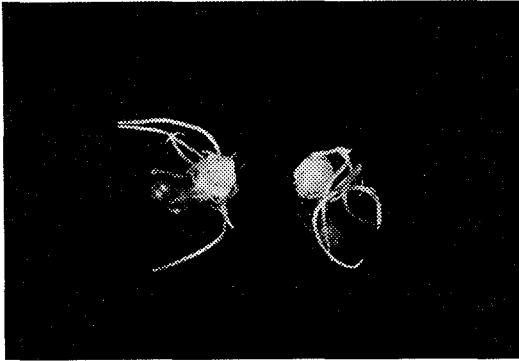


Photo. 1. Typical in vitro microtuber of yam (*D. alata* L.). Nodal stem segments were cultured on 1/2 MS medium supplemented with 1mg/l and 6% sucrose under the dark condition at 25℃ for 30 days.

영여자가 생기지 않는 도입마에 있어서 소괴경 (microtuber) 체제를 이용하면 대량번식이 가능하며 운반할 때 용이성과 저장기간을 연장할 수 있는 장점도 지니고 있다.

본 연구를 통해서 얻어진 결과를 바탕으로 도입 육종된 다수확 우량마의 증식체계가 확립되고 인공종자의 생산이 가능하게 되었다. 이러한 결과를 바탕으로 소괴경의 개체수 증가를 위한 방법이 필요하다고 본다.

적 요

본 연구는 조직배양을 이용하여 도입된 다수확 우량마 (*Dioscorea alata* L.)의 대량증식을 위한 배양체계를 확립하였다.

식물생장조절제 (NAA) 및 sucrose를 첨가한 MS배지에서 마의 무균경단편을 배양하면 경단편에 괴경이 형성되었다. 이 괴경 형성에 미치는 식

물생장조절제의 종류와 농도, Sucrose의 농도 및 광조건에 대한 영향을 조사한 결과, 마의 괴경 형성은 식물 생장조절제의 첨가에 의해 촉진되어서 괴경형성율은 NAA 1mg/l을 첨가한 배지에서 최고 율이었다. Sucrose 농도를 높일수록 형성률이 상승되어 6%처리구에서 최고에 달했다. 괴경 형성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 광조건으로 암흑조건의 형성율은 명조건 보다 크게 상회하였다. 그리고 암조건에서는 액아부위가 맹아하지 않고 무균경단편에 괴경만이 형성되었다.

이상의 결과에서 마의 괴경 형성에 최적의 배양 조건은 NAA 1mg/l, sucrose 6%를 첨가한 1/2MS 배지에 무균경단편을 치상하여 25℃ 암흑조건하에 배양한 것이었다.

LITERATURE CITED

- Ammirato, P. V. 1976. Hormonal control of tuber formation in cultured axillary buds of *Dioscorea bulbifera* and *D. alata*. *Plant Physiol.* 57 (suppl) : 66
- Asahira, T. and S. Yazawa 1979. Bulbil formation of *Dioscorea oposita* cultured in vitro. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto Univ.* 113 : 39-51.
- Chang, K. J., H. Shiwachi and M. Hayashi. 1995. Ecophysiological Studies on Growth and Enlargement of Tuber in Yams (*Dioscorea* spp.). II. Detection of effect of plant growth regulators on growth and enlargement of microtubers of yams, *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 39(2) 67-75.
- Chang, K. J. and M. Hayashi. 1993. Studies on the Growth and Enlargement of Tubers in Yams. *Tuberization in vitro* of yams. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 37 Extra issue 2. pp. 25-26.
- Chang, K. J. and M. Hayashi. 1995. Studies on the Growth and Enlargement of Tubers in Yams. Detection of activith of the endogenous substance in microtuber test. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 39 Extra issue 1. pp. 33-34.
- Coursey, D. G. 1967. *Yams*. Longmans. (London) p. 230.

- Gregory, E. L. 1956. Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J. Bot. 43 : 281 - 288.
- Hayashi, M., Y. Sakata, S. Tominaga, S. Taura and M. Nakamura. 1991. Introduction of tropical plants. Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac. Occasional Papers No. 21 : 13 - 16.
- John, J. L., W. H. Courtney and D. R. Decoteau. 1993. The influence of plant growth regulators and light on microtuber induction and formation in *Dioscorea alata* L. cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 34 : 245 - 252.
- Koda, Y and Y. Okazawa. 1983. Influences of environmental, hormonal and nutritional factors on potato tuberization *in vitro*. Japan. Jour. Crop Sic. 52 : 582 - 591.
- Mantell, S. H. and S. A. Hugo. 1989. Effects of photoperiod, mineral medium strength, inorganic ammonium, sucrose and cytokinin on root, shoot and microtuber in shoot cultures of *Dioscorea alata* L. and *D. bulbifera* L. yams. Plant Cell. Tissue and Organ Culture 16 : 23 - 37.
- Shiwachi, M, K. J. Chang and M. Hayashi. 1995. Ecological and Morphological Characterization and Geberak Evaluation of the Introduced Yams (*Dioscorea alata* L.), The bulletin of the faculty of agriculture, Kagoshima University. 45 : 1 - 17
- Sawada, E., T. Yakuwa and S. Imakawa. 1958. Studies on the formation of aerial tubers in Chinese yam. (II) On the aerial tuber formation in sterile culture of vine segments. J. Hort. Sci. 27 : 241 - 244
- Viana, A. M. and G. M. Felipe. 1988. Root formation in cuttings of *Dioscorea composita*. J. Agric. Sic. Camb. 110 : 451 - 454.
- 이승택 · 채영암, 약용작물학, 향문사, 1996, pp 130 - 136.
- 朴來敬 · 朴根龍 · 裴聖浩. 1988. 作物栽培의 新技術 (特用作物編) 明倫堂 p289 - 297
- 林滿 · 石畑清武. 1990. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育ならびに塊莖の肥大生長について第1報. ソロヤム (*Dioscorea alata* L.) の生育特性. 熱帯農業 34 : 151 - 155.
- 林滿 · 石畑清武. 1991. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育ならびに塊莖の肥大生長について第2報. ソロヤム (*Dioscorea alata* L.) の塊莖の肥大生長におよぼす環境要因の影響. 熱帯農業 35 : 79 - 83.
- 佐藤一郎. 1974. ナガイモ-植物としての特性. 農業技術大系 野菜編 農山漁村文化協會 (東京) p1 - 56.