

# 다수확 우량 마(*Dioscorea alata* L.)의 대량증식 체계 확립

장광진 · 유창연\* · 김남수\* · 허필준\*\* · 장용운\*\*\*

(한국농업전문학교 특용작물과 · \*강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부 ·  
\*\*홍천농촌지도소 · \*\*\*독농가)

## Studies on the Establishment of *in vitro* propagation system in high quality and yield yam(*Dioscorea alata* L.)

Kwang-Jin Chang · Chang-Yeon Yu\* · Nam-Soo Kim \*  
Pill-Jun Her \*\* · Yong-Eun Chang \*\*\*

Dept. of Industrial Crop, Korea National Agric. College, RDA, Hwasung 445-890, \*Div. of Applied Plant Sciences, Coll. of Agric. and Life Sciences, Kangwon Nat. Univ. Chuncheon, 200-701, \*\*Hong Chun Rural Guidance Office, Hong Chun, 250-800, \*\*\*Diligent Farmer, Hong Chun

### 적 요

본 연구는 조직배양을 이용하여 도입된 다수확 우량마(*Dioscorea alata* L.)를 대량증식하고 인공종자 생산을 위하여 배양체계를 확립하였다.

식물 생장조절제(NAA) 및 Sucrose를 첨가한 MS배지에서 마의 무균경단편을 배양하면 경단편에 소괴경이 형성되었다. 이 소괴경 형성에 미치는 식물 생장조절제의 종류와 농도, Sucrose의 농도 및 광조건에 대한 영향을 조사한 결과, 마의 소괴경 형성은 식물 생장조절제의 첨가에 의해 촉진되어서 괴경형성율은 NAA 1mg/l을 첨가한 배지에서 최고율이었다. Sucrose 농도를 높일수록 형성률이 상승되어 6%처리구에서 최고에 달했다. 소괴경 형성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 광조건으로 암흑조건의 형성율은 명조건 보다 크게 상회하였다. 그리고 암조건에서는 액아부위가 맹아하지 않고 무균 경단편에 소괴경 만이 형성되었다.

이상의 결과에서 마의 소괴경 형성에 최적의 배양조건은 NAA 1mg/l, Sucrose 6%를 첨가한 1/2MS 배지에 무균경단편을 치상하여 25℃ 암흑조건하에 배양한 것이었다.

### 1. 서 론

마(*Dioscorea* spp.)는 열대지역에서 온대지역까지 광범위하게 분포하고 있으며 그 종(種)의 분화도 다양한 식물이다.

마의 종류는 세계적으로 약 600종이 분포되어 있는데 그 중에서 50여종이 식용으로 이용되고 있다.<sup>6,8)</sup>

우리나라에서 재배되고 있는 마(*D. opposita*, *D. Japonica*)는 괴경의 형태에 따라서 장형종을 장마, 편형종은 은행마, 괴형종은 환마 등으로 호칭하고 있으며 특히 괴형

종에는 대화마(단마), 이세마 등의 이름을 가진 변형종들이 있다.<sup>15,17)</sup>

마에는 전분 15~20%, 단백질 1.0~1.5%가 함유되어 있고, 비타민 C도 풍부하다. 주요 약용성분을 보면 Amylose, Cholin, Saponin, Musin, Ararginine 등이 있어서 인체의 소화기능 향상과 지사작용, 자양작용, 거담작용 등의 약리작용도 있다. 또한 조단백질, 전분, Amino acid 등을 함유한 강장 식품으로도 활용도가 높은 것으로 나타났다. 최근 마는 건강식품으로 인기가 높아 스테미나 식으로 소비가 급증하면서 소득작물로서의 재배면적이 증가하고 있는 추세이다.

우리나라의 마재배 현황을 살펴보면, 1990년에 104ha인데 비하여 1996년에는 무려 404ha로서 거의 4배 정도의 증가추세를 보이고 있다. 생산량에서도 1990년의 664.4M/T에 비하여 1996년에는 2,788M/T으로 매년 급상승 추세에 있다. 그러나 10a당 생산량을 보면 1990년의 645kg인데 비하여 1996년에는 699kg으로 거의 변화없는 경향을 보고 있다. 마의 우량종우 증식에 따른 대량생산 체계 확립을 위해서 우량 유전자원의 육성보급이 시급한 실정에 있다.

현재 마는 전국 각지에서 재배되고 있으나 약 80% 정도를 경북 안동을 중심으로 재배하고 있다. 번식방법도 영양번식법을 택하며 한약재료인 건마 생산을 위하여 대부분 농가들이 장마를 재배하고 있다. 그러나 가공 및 수확작업시 노동력의 문제를 고려하여 괴경의 길이가 짧은 단마를 재배하는 농가가 증가하고 있어 수확이 용이하고 육질과 수량성이 뛰어난 우량마품종의 선발이 요구되고 있다.

이에 강원도 춘천 지역에서 도입된 유전자원인 동남아산(産) 마(*Dioscorea alata* L.)의 적응시험을 수행하였다. 40여종의 *D. alata*계통마의 실험 재배결과 수량성과 육질이 우수하고 지역적응성도 높은 품종의 가능성을 확인하였다.

*D. alata*는 열대 및 아열대지역에서 중요한 식용 및 약용작물로 그 번식은 영양계의 괴경이나 영여자로 하고 있으나 영여자가 형성되지 않는 좋은 우량품종을 보급하는데 중우생산은 중요한 과제 중의 하나이다.<sup>8,9)</sup> 도입마 (*D. alata* L.)도 영여자가 전혀 형성되지 않아 증식에 큰 장애가 되고 있다. 이에 조직배양법을 이용하여 다수확 우량 종우(種芋)를 대량증식하고 인공종자 생산 체계를 확립하여 농가에 보급하고자 본 연구를 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

동남아산(産) 마(*Dioscorea alata* L.)의 실험 결과 수량성과 육질이 우수하고 지역적응성이 높은 다수확 우량마 No. 56(이하 Arata) 품종을 4월 말경 사양토의 포장(강원대학교 실험농장)에 심은 후 신장한 줄기를 공시재료로 사용하였다.

채취한 줄기의 1절을 약 2~3cm 길이로 절단하여 엽병의 기부를 2~3mm 남기고 엽부를 제거하였다. 재료의 속독은 절단한 단편을 흐르는 물에 5분 정도 씻은 후 ethyl alcohol 70% 수용액에 1분간 침적하였다. 그후 전착제로서 Tween 20액을 0.1% 첨가한 1% sodium hypochlorite용액에 30분간 표면살균 후 살균수로 3회 씻은 후 액이를 중심으로 1cm의 길이로 줄기를 절단 후 배양재료로 각각의 조건하에 배양하였다.

### 실험 1. 배지의 종류가 괴경형성에 미치는 영향

Murashige & Skoog(MS), White<sup>12)</sup>, Linsmair & Skoog(LS) 및 Knop<sup>2)</sup>의 4종류 배지에 NAA 1mg/l, Sucrose 40g/l를 첨가하였다. White 배지는 pH 5.6, 기타 배지는 pH 5.8로 조정해서 한천 8g/l를 넣었다. 이 배지를 20×120mm의 시험관에 20ml씩 분주하여 120℃에서 20분간 고압 살균하였다. 이 배지에 무균경단편을 1시험관당 1개씩 치상하여 25℃, 명기 14시간, 암기 10시간, 광도 5000lx의 형광등이 설치된 인공기상실 내에서 재배하였다.

### 실험 2. 배지의 조성이 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(1/2 MS) 및 MS, 1/2 MS배지에서 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>의 전량을 제외한 4종류의 배지를 이용하였다. 이 배지에 NAA 1mg/l, Sucrose 40g/l를 첨가하고 pH 5.8로 조정 한 후 한천 8g/l를 첨가했다. 이 배지에 실험 1과 같은 방법으로 무균경단편을 치상하여 같은 온도, 일장조건 하에 치상하여 배양후 10, 20, 30 및 40 일간의 괴경형성율과 괴경의 횡경을 측정했다.

### 실험 3. Sucrose 농도 및 조명시간이 괴경형성에 미치는 영향

실험 2의 결과에 있어서 괴경형성율이 1/2MS 배지에서 가장 좋은 성적을 보였기 때문에 1/2MS 배지를 채용하여 Sucrose의 농도와 조명시간의 영향에 대하여 검토하였다.

NAA 1mg/l 첨가하여 pH 5.8로 조정된 후 한천 8g/l를 첨가한 1/2MS 배지에 Sucrose의 농도를 2, 4, 6, 8 및 10%로 조정하여 각각 무균경단편을 치상하여 25℃, 5000lx로 조명시간 0, 8, 12, 16 및 24시간의 조건 하에 30일간 배양한 후 괴경형성율 및 괴경의 횡경을 측정했다. 처리 1구의 경단편수는 20개로 3반복했다.

#### 실험4. 식물생장조절제가 괴경형성에 미치는 영향

실험 3의 결과로 괴경형성율은 Sucrose 농도 6%의 암흑 조건하에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 이에 배양기간의 단축을 위하여 6%농도의 Sucrose를 첨가한 1/2MS 배지를 이용하여 암흑조건 하에서 식물호르몬의 영향을 검토하였다. 호르몬은 BA와 NAA를 이용하여 양물질의 0, 0.1, 1, 2mg/l 농도 용액을 조합하였다. 첨가한 16종류의 배지에 무균경단편을 치상하여 30일간 배양하여 괴경형성율 및 괴경의 횡경을 측정하였다. 1구의 경단편은 20개로 실험은 3반복하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 실험 1. 배지의 종류가 괴경형성에 미치는 영향

괴경형성, 맹아(경엽의 발생) 및 발근은 모든 배지에서 인정되었고 형성되어진 괴경의 횡경은 큰 변화가 없었다 (Table 1). 맹아율로 보면 LS 및 MS배지의 맹아율이 각각 83.3 및 80.0%로 높는데 비해서 White, Knop배지에서는 45.0%, 43.3%로 낮았다. 또한 발근율 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<sup>7, 12)</sup>. 이 4종류의 배지에 NAA 1mg/l, Sucrose 40g/l을 첨가하여 마 괴경 형성에 미치는 영향을 비교 검토한 결과, MS배지에서 괴경형성율이 다른 배지에 비해 높았으므로 우선 MS의 채용을 결정했다.

#### 실험 2. 배지의 조성이 괴경형성에 미치는 영향

MS배지에 있어서 괴경형성율, 맹아율 및 발근율은 각각 77.0, 83.1 및 81.7%를 보였으나 MS배지에서 질산암모늄을 제외한 배지(MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)에 있어서는 73.3, 81.7 및 78.3%로 MS 기본 배지보다 낮은 비율이었다. (Table 2)

다음에 1/2 MS배지에 있어서 괴경형성율, 맹아율 및 발근율은 각각 96.0, 100.0 및 100.0%로 MS 기본배지의 수치보다 높았다. 또한 1/2MS 배지에서 초산 암모니아를 제외한 배지(1/2MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)의 경우는 기본 배지의 경우와 같은 비율로 낮게 나타났다.

한편 괴경의 크기는 MS > MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> > 1/2MS > 1/2MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>로 질산암모늄을 제외한 처리구에서는 괴경이 작아지는 경향을 보였다.

Mantell 등<sup>14)</sup>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 괴경 형성률의 추이를 (Fig 1)에 표시하였다. 경단편의 배양은 우선 최초로 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 고율을 나타내었다.

#### 실험 3. 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.

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

Medium	Tuberization (%)	Sprouting (%)	Rooting (%)	Width of tuber (mm)
MS	79.8	80.0	82.7	4.2±0.46
White	61.7	45.0	65.0	4.3±0.41
LS	70.5	83.3	71.7	3.7±0.35
Knop	51.7	43.3	55.5	3.2±0.38

The basal media supplemented with 1mg/l NAA and 4% sucrose was held under 14-h photoperiod at 25°C for 40 days.

Table 2. Effects 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	77.0	83.1	81.7	4.1±0.34
MS-NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	73.3	81.7	78.3	3.9±0.34
1/2MS	96.0	100.0	100.0	3.5±0.32
1/2MS-NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	83.1	81.7	80.0	3.0 ±0.30

The basal media supplemented with 1mg/l NAA and 4% sucrose was held under 14-h photoperiod at 25°C for 40 days.

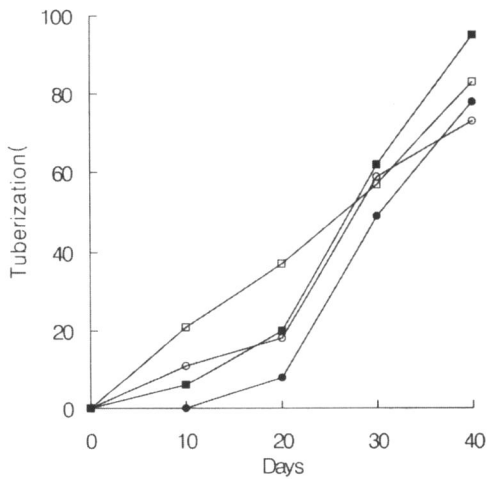


Fig. 1. Effects of modified MS media on in vitro tuberization of yam (*D. alata* L., cv. Arata). Nodal stem segments were cultured under 14-h photoperiod at 25°C for 40 days.  
Media : ● ; MS, ○ ; MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ■ ; 1/2MS, □ ; 1/2MS-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

괴경형성 양식은 조명 하와 암흑 하에서는 완전히 틀렸다. 조명이 있는 처리구에서는 조명시간에 관계없이 처음부터 액아부가 맹아하고 그 줄기의 기부에서 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, 괴경 형성율이 높았던 Sucrose 농도구에는 괴경도 큰 영향을 보여 암흑조건과 8시간 조명구에서 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<sup>1, 2, 11, 19)</sup>. 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 조명 조건 보다 괴경형성율과 괴경의 생장이 크게 향상되었다. 암흑하의 괴경형성은 조명하의 괴경과 달라서 무균경단편의 액아 부위에 괴경만 형성되어 액아의 맹아나 새롭이 형성된 괴경으로부터 경엽의 발생이 없어 소괴경 생산에 가장 좋은 조건을 만들었다.



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

PHOTO-PERIOD (h)	Sucrose (%)									
	2		4		6		8		10	
	T**	W**	T	W	T	W	T	W	T	W
0	18.0	1.3	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

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

NAA (mg/l)	BA (mg/l)	No. of explants	tuberization (%)	Width of tuber (mm)
0	0	20	40.0	3.1
0	0.1	20	44.3	3.3
0	1	20	60.0	3.4
0	2	20	50.0	3.4
0.1	0	20	81.6	3.0
0.1	0.1	20	65.7	3.0
0.1	1	20	66.7	2.8
0.1	2	20	71.6	3.1
1	0	20	91.7	3.4
1	0.1	20	86.7	3.2
1	1	20	81.7	2.7
1	2	20	66.7	3.0
2	0	20	66.7	3.6
2	0.1	20	80.0	3.5
2	1	20	63.3	2.5
2	2	20	60.0	2.5

Nodal stem segments were cultured on 1/2 MS medium under the dark condition at 25°C for 30 days.

**실험4. 식물생장조절제가 괴경형성에 미치는 영향**

마의 괴경 형성 기간을 단축하기 위하여 식물생장조절제 BA와 NAA를 조합했다. 그 조합된 호르몬을 첨가한 16 실험구에서 30일간 배양한 결과를 Table 4에 표시했다. 1/2MS 배지에 6%농도의 Sucrose를 첨가 하였으나 BA와

NAA를 전혀 처리하지 않은 배지의 괴경 형성율은 40%, 괴경의 횡경은 3.1 mm 였다.

BA만 첨가한 0.1, 1 및 2mg/l 구의 형성율은 높아야 60%였다. 그러나 NAA만 첨가한 NAA 0.1, 1 및 2mg/l 구의 괴경형성율은 각각 81.6, 91.7 및 66.7%로 NAA첨가에 의해 괴경의 형성율은 크게 촉진되었다.

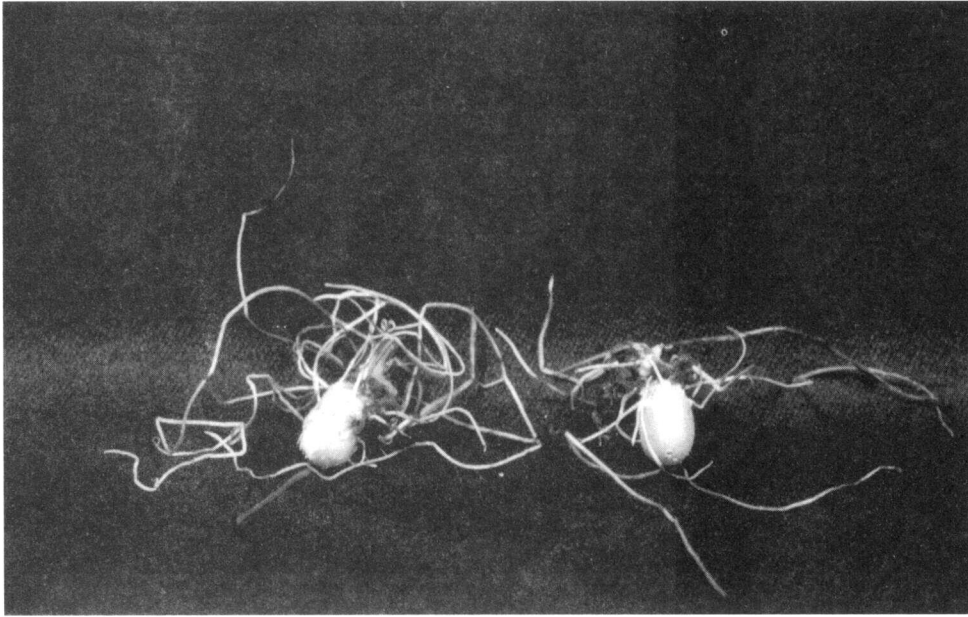


Fig. 2. Typical *in vitro* microtuber of yam (*D. alata* L.).  
Nodal stem segments were cultured on 1/2 MS medium supplemented with 1mg/l and 6% sucrose under the dark condition at 25°C for 30 days.

또한 NAA와 BA를 조합한 구에서 상승효과는 인정되지 않아 BA의 첨가는 NAA의 효과를 조금씩 억제하는 경향이 나타났다. 괴경의 비대생장에 대한 촉진 효과는 모든 구에서 검출되지 않았다.

이상의 결과에서 소괴경 형성에 최적의 배양조건은 NAA 1mg/l, Sucrose 6%를 첨가한 1/2MS 배지에 무균경단편을 치상하여 25°C 암흑조건하에 배양한 것이었다(Fig 2.)

마는 농산물의 수입개방화에 대응한 새로운 농가소득 작물로 개발하여 수출이 가능하며 다양한 가공식품으로도 개발할 수 있다. 다수확 우량 마의 선발이 이루어지고 마의 대량번식 체계를 세우게 되면, 다수확 우량 종우를 신속히 농가에 보급하여 소득에 기여할 것으로 기대된다.

영여자가 생기지 않는 도입마의 우량 종우 생산에 있어서 소괴경 (microtuber) 체제를 이용하면 우량종자 생산이 가능할뿐 아니라 장기 저장이 용이하다는 장점도 지니고 있다.

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

#### 참고문헌

1. Ammirato, P. V. 1976 Hormonal control of tuber formation in cultured axillary buds of *Dioscorea bulbifera* and *D. alata*. *Plant Physiol.* 57 (suppl):66
2. 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.
3. Chang, K. J., Shiwachi, H. and Hayashi, M. 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.
4. Chang, K. J. and Hayashi, M. 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.
5. Chang, K. J. and Hayashi, M. 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.
  6. Coursey, D. G. 1967 Yams. Longmans. (London) p.230.
  7. Gregory, E. L. 1956 Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J. Bot. 43:281-288.
  8. Hayashi, M., Sakata, Y., Tominaga, S., Taura, S. and Nakamura, M. 1991 Introduction of tropical plants. Kagoshima Univ. Res. Center S.Pac. Occasional Papers No. 21: 13-16.
  9. 林滿 · 石畑清武 1990 ヤムイモ(*Dioscorea* spp.)의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.)의生育特性. 熱帯農業 34: 151-155.
  10. 林滿 · 石畑清武 1991 ヤムイモ(*Dioscorea* spp.)의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.)의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.
  11. 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.
  12. 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.
  13. 이승택 · 채영암 1996 약용작물학. 향문사(서울) pp130-136.
  14. Mantell, S. H. and S. A. Hugo 1989 Effects of photppereod, 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.
  15. 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
  16. Shiwachi, M, Chang, K. J. and Hayashi, M. 1995. Ecological and Morphological Characteriztion and Geberak Evaluation of the Introduced Yams (*Dioscorea alata* L.), THE BULLETIN OF THE FACULTY OF AGRICULTURE, KAGOSHIMA UNIVERSITY No 45:1-17
  17. 佐藤一郎 1974 ナカイモ-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) p 1-56
  18. Sawada, E., Yakuwa, T. and Imakawa, S. 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
  19. Viana, A. M. and G. M. Felipe 1988 Root formation in cuttings of *Dioscorea composita*. J. Agric. Sic. Camb. 110: 451-454.

도입 마 (*Dioscorea alata* L.)의 특성

정리번호	도입선	전괴경중/주 g	괴경수/주	최대괴경중 g	괴경색	엽색
01	Indonesia	903±192	3.4±1.8	994	백 색	녹 색
02	Indonesia	624±182	4.0±1.2	300	백 색	녹 색
03	Indonesia	492±220	3.0±0.7	194	백 색	녹 색
04	Indonesia	502± 58	2.0±0.0	293	백 색	녹 색
05	Indonesia	307±136	2.0±0.0	229	적자색	녹 색
06	Indonesia	635±235	2.3±1.5	550	백 색	담녹색
08	Indonesia	287±254	1.3±0.6	290	적자색	담녹색
09	Indonesia	823±443	3.2±1.5	1600	백 색	녹 색
11	Nauru	248± 64	2.0±1.0	209	백 색	농녹색
16	P. N. G	400±143	2.0±1.4	478	백 색	담녹색
17	Palau Is	414± 13	1.5±0.7	423	백 색	농녹색
19	Palau Is	98 ± 17	2.3±0.6	110	적자색	농녹색
20	Palau Is	90 ± 15	2.5±0.7	100	적자색	담녹색
28	Palau Is	790±237	2.0±1.0	836	백 색	농녹색
29	Palau Is	501±231	2.8±0.5	544	백 색	녹 색
30	Palau Is	713± 91	4.5±0.7	207	백 색	농녹색
31	Palau Is	677±250	4.0±0.0	347	백 색	농녹색
32	Palau Is	597±292	4.0±0.7	337	백 색	농녹색
33	Palau Is	399±197	1.8±0.4	215	적자색	농녹색
34	Palau Is	126± 34	1.5±0.7	102	적자색	농녹색
35	Okinawa	411±145	3.5±1.6	580	녹 색	녹 색
36	Pohnpei	2147±401	2.2±0.4	1200	백 색	농녹색
40	P. N. G	979±563	3.7±0.6	302	백 색	농녹색
41	P. N. G	398± 51	3.5±0.7	172	백 색	녹 색
42	P. N. G	1105±637	2.8±1.7	2000	백 색	녹 색
44	P. N. G	975±164	3.0±1.4	519	백 색	녹 색
45	P. N. G	253±113	2.0±0.8	420	적자색	녹 색
47	P. N. G	803±357	2.3±0.6	398	담황색	녹 색
48	P. N. G	167± 83	3.7±1.5	404	백 색	녹 색
49	Kagosima	232±130	3.5±0.6	98	적자색	녹 색
50	Kagosima	283± 48	4.7±1.2	110	백 색	녹 색
54	Kagosima	961±416	4.0±1.8	488	백 색	녹 색
56	Kagosima	1806±826	2.4±1.7	2200	백 색	녹 색
평균		610±219	2.8±1.1	503		

\* P. N. G: Papua New Guinea

