

## 둥근마(*Dioscorea opposita* Thunb.)의 괴경비대 및 성분특성

장광진\*, 박병재<sup>1)</sup>, 박주현<sup>2)</sup>, 김선림<sup>3)</sup>, 박철호<sup>1)</sup>

한국농업전문학교, <sup>1)</sup>강원대학교 농업생명과학대학, <sup>2)</sup>동양물산 중앙기술연구소,

<sup>3)</sup>농촌진흥청 작물과학원

### Tuber Enlargement and Chemical Components of Yams (*Dioscorea opposita* Thunb.)

Kwang Jin Chang\*, Byoung Jae Park<sup>1)</sup>, Ju Hyun Park<sup>2)</sup>, Sun Lim Kim<sup>3)</sup> and Cheol Ho Park<sup>1)</sup>

Korea National Agricultural College, Hwasung, Gyeonggi-Do 445-893 Korea

<sup>1)</sup>College of Agri. and Life Sciences, Kangwon National University Chunchon 200-701, Korea

<sup>2)</sup>Tongyang Moolsan Co. LTD., Yongin 449-870 Korea

<sup>3)</sup>National Crop Expt. Sta., RDA, Suwon 441-100, Korea

#### ABSTRACT

Tuber yield and content of general component and diosgenin which is a main bioactive property were investigated in order to determine the growth characteristics of round typed yam(*Dioscorea opposita* L.) and the potential of artificial culture at Suwon, Korea. Tubers of round yam were initiated to form at 60 days after planting and then enlargement of tubers lasted by 160 days after planting. Compared to short typed yam(108g), tuber weight of round yam was higher(127g) on the basis of dry weight at 200 days after planting. In comparison of general component between round yam and short yam, protein of round yam(3.62%) was higher than short yam(2.10%). Water content in round yam(64.5%) was lower in short yam(79.4%), indicating a higher dry weight ratio of round yam. Hardness of round yam was 2787.6 while short yam showed about two times higher hardness(4946.9). Lightness was higher in round yam(77.4). In tuber extracts analysis, diosgenin content was respectively 3.32% in round yam and 2.61% in short yam.

**Key words :** *Dioscorea opposita*, round typed yam(Dungeun-ma), Dan-ma(short typed yam), diosgenin, enlargement of tubers

#### 서언

우리나라에 분포 재배되고 있는 마는 *Dioscorea*

*opposita*, *D. japonica* 2 종이 주를 이룬다(장 등, 2000; Coursey, 1967). 마의 생육적온은 25℃~30℃의 고온 성 작물로 지온은 30℃인데 우리나라에 분포된 마는

\* 교신저자 : E-mail : chang@kn.ac.kr

비교적 저온에 잘 견디므로 전국 어느 곳에서나 재배가 가능하다.

마속(*Dioscorea* spp.) 식물의 괴경은 주성분인 amylose 이외에도 인체의 소화기능 향상과 자양 및 거사작용 등의 약리효능을 가지고 있는 cholin, saponin, araginine 등의 화합물이 많다(江原, 1967). 특히 점액성 당류인 mucin 성분을 많이 함유하고 있어 장을 튼튼하게 하여 건강의 기초를 다지는 식품으로 선진외국을 포함하여 우리나라에서도 점차 소비가 늘어가고 있다. 최근, diosgenin은 성호르몬 관련물질로서 이용되고, 당뇨병, 동맥경화 대한 약리작용이 있어 건강식품으로 재배면적이 증가하고 있으며, 생산량도 매년 늘어나고 있는 실정이다. 한편 한방에서는 마의 껍질을 벗겨 말린 것을 산약이라 부르며 자양, 익정, 보폐 등의 효과가 있어 신체허약, 폐결핵, 정력부족, 야뇨증, 설사, 당뇨병 등을 치료하는데 사용하고 있다(성 등, 2003).

현재 연구가 진행되는 괴경모양이 원형인 도입 둥근마는 장마나 단마에 비하여 괴경이 형성되는 심도가 아주 얇아(15cm이내) 굴삭기나 굴취기 등의 대형 농기계를 사용하지 않고도 감자처럼 호미로 손쉽게 수확할 수 있다. 또한 둥근마는 점액성을 띠는 약리성분인 mucin도 장마 및 단마와 비교하여 아주 높고 가공특성이 좋아서 최근 일본에서는 가장 비싼 가격으로 소비자들에게 판매되고 있다.

이와 같이 둥근마는 현재 건강식품의 하나로 각광받고 있는 식용마 가운데에서 품질, 소비자의 선호도, 농가수익성 등의 모든 면에서 장마나 단마보다 뛰어나 재배희망농가가 급증하고 있으나, 이에 수반하는 둥근마의 새로운 생산체계의 개발은 절실한 실정이라 생각된다.

둥근마의 원산지인 丹波지방은 예로부터 벼에 대해서 3~4년에 1회의 비율로 둥근마를 윤작하는 답전윤환방식으로서, 벼, 둥근마 각각의 생산력을 향상시키면서 한편으로는 지력을 배양하고, 다른 쪽으로는 병충해의 밀도를 낮춰, 재배의 합리화와 생산향상에 힘써왔다(藤井, 1983). 그러므로 둥근마는 우리나라에서도 논 대체 작목으로 가능성이 높다고 생각된다.

본 연구는 마의 수요에 대비하고 신품종 육성을 통한 마 산업의 경쟁력 제고를 위한 우수 품종을 선발하기 위하여 둥근마 계통인 단파마(丹波芋)를 도입·재배하여 수량 및 성분 특성을 구명하고, 국내에서 재배되고 있는 단마와 수량성 및 특성을 비교 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 생육 및 괴경 비대

공시재료는 괴경의 육질이 희고 점성이 높으며 식미, 수량성이 우수한 일본 단파산의 도입 품종 *D. opposita*의 둥근마를 이용하였다(장 등, 2001). 이 마는 2001년 이후 수원에서 수확하여 5℃로 보존 저장하여 온 것이다. 현재 재배종(*D. opposita* Thumb)은 5℃에 저장하여 온 단마를 공시하였다.

씨마는 베노밀수화제 200배액으로 10분간 침지 소독하고, 50g정도로 절단하여 절단면을 TPN제로도포하여 건조시켰다. 이때 절단면의 건조를 촉진시키기 위하여 약 1주간 실내에 두었다. 이후 괴경의 최아를 촉진하기 위하여 온실을 설치하고 버미큐라이트 내에 관수하였다. 4월 25일, 휴폭 100m, 휴고 30cm, 주간 50cm로 각 품종 50개씩 5cm 깊이로 심었다.

맹아 후 씨마에서 발생한 줄기는 2.5m의 지주로 유인하였다. 조사는 정식 후 70일 부터 30일 간격으로 6회 실시하였으며, 매회 마다 품종별로 5주씩 조사하여 평균치로 나타내었다.

괴경 조사는 신생마의 생체중 등을 측정하였고, 괴경의 횡경과 종경을 더하였다. 괴경을 80℃에서 48시간 건조한 것을 건물중으로 하였다. 신마는 두께 5cm이하 크기 20cm<sup>2</sup> 정도 잘라 건조하였다.

### 마의 성분특성

마의 괴경 중 일반성분 분석은 2003년 11월 재배 포장에서 괴경을 채취하여 건조한 후에 AOAC법(1990)에 의하여 실시했다.

색도는 spectro colormeter (model JS555 techno

Table 1. Analytical conditions of HPLC for diosgenin

Waters Co., USA	
Detector	Waters 2487 Dual $\lambda$ Absorbance
Wave length	213nm
Column	$\mu$ Bondapak C18 (3.9 $\times$ 300mm)
Mobile phase	Isopropanol : Acetonitrile : Water (60:30:10, v/v)
Flow rate	0.7 ml/min

system Co. LTD. Japan)을 사용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였다. 이들 수치가 클수록 색은 선명하게 되고 0에 가까울수록 색이 탁해져 가는 것을 나타낸다.

경도는 texture analyser(stable micro systems Ltd, TA-XT2, England)로 측정하였고, 측정조건은 Part No, P/5 cylinder( $\phi$ :5mm)이용하였고, pre speed는 2.0 mm/sec, test speed는, 5.0mm/sec, post speed는 5.0mm/sec로 하였으며, distance를 10mm로 하였다.

**Diosgenin의 분석**

Diosgenin의 분석은 단마 및 등근마의 괴경 각각 5g을 2N HCl 20ml를 가하고 105℃에서 환류시켜 가수분해시킨 다음 No. 2의 여과지로 filtering하고 남은 건조된 잔사를 Petroleum ether로 여과후 얻어진 시료를 4시간 초음파를 이용하여 추출하였다. 추출물은 0.45 $\mu$ m Millipore filter로 여과하여 감압농축시키고 농축된 추출물은 2ml Hexane로 희석하여 HPLC로 분석하였다. 분석에 사용된 시약은 모두 HPLC용을 사용하였고, 표준물질로 사용한 diosgenin은 Sigma Chemical Co.(USA)로부터 구입하였다. 분석조건은 Table 1과 같다.

**결과 및 고찰**

**괴경의 생육**

마를 식재한 토양의 산도는 중성에 가까운 pH 6.68 정도이며, 유기물은 일반 경작지에 비하여(평균 2~3%) 척박한 토양으로 인산도 부족하였다. 그러나 양이온인 K와 Ca는 적정 수준이었고 Mg의 함량은 비교적 많은 토양이었다(Table 2).

재배기간 중의 월별 기온, 지하 5cm와 10cm의 지온, 강수량 및 일조시간은 Table 3과 같다. 정식시기부터 수확 때 까지 강한 서리는 없었으나, 저온장해에 의해 경엽이 변화하였다. 최저평균기온이 4.8℃ 이하까지 떨어진 11월 초순에는 두 품종 모두 지상부의 생육이 정지되었다. 괴경의 비대기가 시작되는 8월의 강우량이 작년(487.3mm)보다 적으나 평년과 비슷한 293.7mm가 내려 생육에 큰 지장이 없었고 9월의 강수량(271.5mm)은 최근 3년 평년치(80mm 이상)에 비하여 많아서 괴경의 생육 및 비대를 상승시키는 경향을 보였다. 등근마 생산의 중심지인 일본 단파지방의 재배 적지조건을 보면 기상은 연간 강우량은 1,600~1,800mm. 마의 비대기에는 160~200mm의 강수량을 기록했다(江原, 1967). 이러한 강수량과 丹波지방의 독특한 낮과 밤의 온도교차가 상당히 큰 것에 의해 괴경으로 양분의 이동이 활발히 행해진다. 그것이 형상이 좋은 마를 기르고 있다. 이러한 기

Table 2. Chemical compositions and pH of soil in the cultivation of yams

pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	T-N (mg/kg)	Ex.Cation(cmol <sup>+</sup> /kg)		
				K	Ca	Mg
6.68	2.56	147	159	0.61	5.57	2.41
6.0~6.5	2.0~3.0	300~500		0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0

Table 3. Meteorological factors in the field during the experiment period

Month	Air temperature(°C)			Average Soil Air temperature(°C)		Monthly precipitation(mm)	Hours of month light(hr)
	Mean	Max.	Min.	In depth of 5cm	In depth of 10cm		
Apr.	12.4	17.9	7.6	13.1	13.6	182.0	172.9
May	18.8	24.6	13.2	19.9	20.3	85.5	230.6
Jun.	21.3	25.8	17.5	22.6	23.2	159.0	128.7
Jul.	23.8	27.7	20.5	24.4	25.1	341.9	117.4
Aug.	24.2	27.9	21.3	25.0	25.8	293.7	98.3
Sep.	21.0	25.4	17.2	22.0	22.9	271.5	126.8
Oct.	13.6	19.4	8.4	15.0	16.0	30.6	219.5
Nov.	9.3	14.0	4.8	10.0	10.5	51.6	124.8

상조건이 적지의 조건의 하나이다. 둥근마는 토양조건에 민감해, 적당한 토양으로는 사양토·양토·식양토 등이 좋다. 이들 토양은 배수가 좋고, 보수력이 있는 토양이라고 한다. 또 토양의 경토는 깊고, 지력이 높고, 토양수분과 양분의 과부족이 없는 원활한 공급이 가능한 토양일 것, 부식이 적은 토양은 물을 주면 일시적으로 과잉 함유하지만, 수분 보급이 줄면, 건조하고 수분 부족을 일으키기 쉽다.

단마의 신생 괴경은 서서히 증가하는 경향으로 둥근마 괴경의 생체중, 건물중도 130일까지는 거의 같은 속도로 증가하였다. 양 종의 신생괴경의 착생은 2g정도로 작았지만 정식 후 50일부터 시작되었다. 130일 후에 단마 괴경이 길이로 신장하여 종경이 비대하였으나, 둥근마는 횡경의 신장이 서서히 일어났다. 단마와 둥근마의 차이는 괴경 형태를 만들어 가는 중요한 생육 패턴을 보여 주고 있다.

林과 石畑(1990, 1991) 등은 *D. alata*는 신생 마 괴경의 형성은 광주성과 관계없이 어린 식물체에 착생되며, 형성개시기는 정식 후 70일 이전으로 보고 있다. 그러나, 본 실험에서는 둥근마의 생육은 초기인 정식 후 50일에 괴경이 형성되어 꾸준하게 비대하는 것으로 나타났다. 이것은 단마와 같은 패턴을 보인 것으로 비대의 요인에 대해서 林과 石畑(1990, 1991)은 열대마는 온도보다는 일장시간에 더 큰 영향을 받았다고 하였는데, 둥근마 비대의 주요 요인도 단일조건일 가능성이 높고 온도의 변화가 병행하는 것

으로 보인다.

또한, 단마와 둥근마의 괴경 생육은 지상부와 밀접한 관계를 가지는데 단파(丹波)마의 분지 발생에 대한 보고(池内 등, 1968)가 있다. 개체별 엽수도 160일까지는 증가하였으나, 그 후에는 서서히 고사하여 지하부로 빠르게 전류가 진행된 것으로 생각된다.

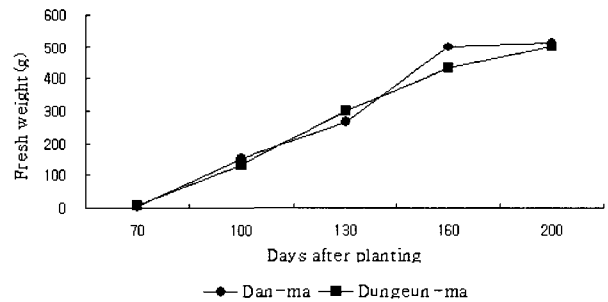


Fig. 1. Changes in fresh weight of largest tubers according to days after planting in yams.

Fig. 1과 2는 단마와 둥근마의 괴경 생체중과 건물중의 변화를 본 것으로 외부 환경의 변화에 따라 차이는 있지만 생체중의 무게에 비하여 둥근마의 건물중이 높았다. 둥근마의 괴경은 형성 후 지속적으로 비대생장이 일어나 160일까지 비대한 후 등숙하였다. 200일째 단마의 괴경중이 512g으로 둥근마 498g으로 약간 높았으나, 건물중은 단마의 108g보다 둥근마가 127g으로 높아서 전분 함량 및 성분의 우수

성을 시사하였고, 괴경의 모양이 동근 타입으로 재배 및 이용면에서 수월하였다.

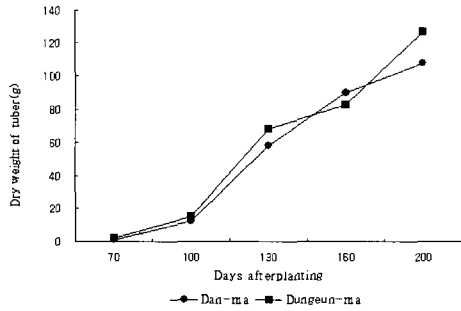


Fig. 2. Changes in dry weight of largest tubers according to days after planting in yams.

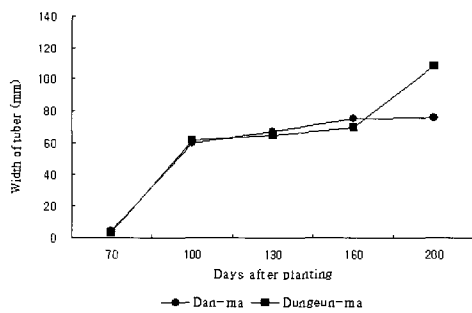


Fig. 3. Changes in width of tubers according to days after planting in yams.

Fig. 3은 단마와 동근마 횡경의 비대 성장을 나타내고 있다. 양 종의 괴경 비대는 160일 전후로 급격히 늘어나는데 단마는 종경 비대, 동근마는 횡경의

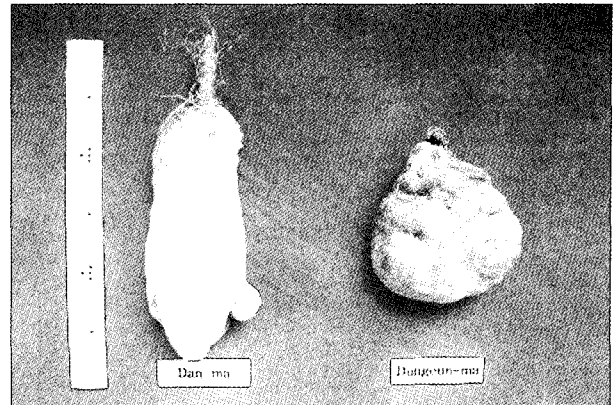


Fig. 6. Growth and enlargement of tubers in yams. Left: Dan-ma, Right: Dungeun-ma.

비대로 괴경 타입이 결정되어 지는 것으로 추정된다.

따라서, 이때에 충분한 관수 및 포장관리가 마 괴경의 외형상 품질을 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있다. 동근마는 주 재배지인 일본 단파지방에서 10a당 1,600kg을 목표로 하고 있다(內藤, 1987). 수원 지역에서 재배하더라도 수량성은 충분히 인정된다고 보인다. 그러나, 수원지역보다 일교차의 변화가 있으며 재포생육 기간이 긴 지역에서 수량성이 더 안정될 것으로 생각된다.

**마의 성분특성**

동근마의 수분함량은 64.53%로 단마 79.38%보다 건물량이 높은 편이다. 이것은 동근마의 주성분인

Table 4. Chemical compositions of the tubers of yams

	Moisture (%)	Protein (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Fat (%)
Dan-ma	79.38	2.10	1.39	1.42	0.95
Dungeun-ma	64.53	3.62	0.66	1.35	0.67

Table 5. Hardness and color of different yams

	Hardness	Internal color		
		L	a	b
Dan-ma	4946.9	67.37	2.90	22.6
Dungeun-ma	2787.6	77.37	-0.23	11.42

※ a : Redness, b : Yellowness, L : Lightness.

전분이 20% 이상 함유되어 있고 독특한 성분인 점질물이 단마보다 우수하다는 것을 말해준다. 또한 단백질함량이 3.62%로 단마 2.10%보다 우수하나 섬유, 지방의 함량은 낮았다(Table 4). 등근마의 우수성이 밝혀지면 최근에 붐을 이루는 미용, 건강음료, 인스턴트 식품의 소재로 폭넓게 이용할 수 있다. 약용으로는 보신익정제(補腎益精劑), 발한제(發汗劑), 발한억제제(發汗抑制劑), 구충제(驅蟲劑), 궤양(潰瘍), 적리(赤痢) 등의 치료약으로써 가치가 높다.

단마의 경도를 보면 4946.9로 등근마 2696.2보다 약 2배 정도 높고, 색도 중 명도(L)는 등근마가 77.37으로 단마 보다 높고, 황색도(a) 및 적색도(b)는 등근마가 -0.23과 11.42로서 단마 보다 낮은 것으로 나타났다. 따라서 등근마가 단마에 비해 밝은 색을 띄고 있는 것을 알 수 있었다(Table 5).

#### Diosgenin의 분석

단마와 등근마의 괴경 추출물을 HPLC로

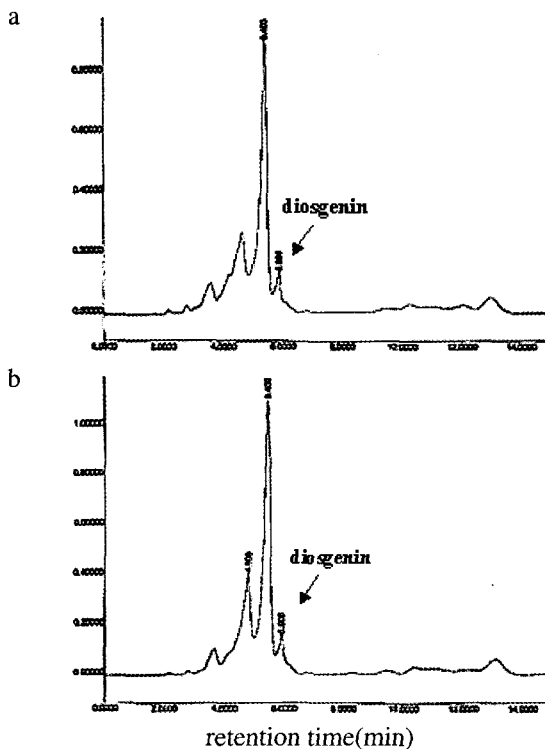


Fig. 4. HPLC chromatograms of diosgenin in tuber of Dan-ma(a) and Deugun-ma(b).

diosgenin의 함량을 측정 한 결과는 Fig. 4와 같다. 두 품종의 괴경으로부터 추출한 물질은 diosgenin의 표준물질과 일치하는 피크를 얻었으며, retention time은 약 5.9에서 나타났다. 등근마의 괴경에서 diosgenin은 3.32%의 함량을 나타낸 반면 단마에서는 2.61%로 낮은 함량치를 나타냈다. Akira(1965)는 diosgenin의 함량은 마 괴경 중에서 가장 많이 함유되어 있으며 종에 따라 있으나 줄기에도 diosgenin을 함유하는 종과 그렇지 못한 종이 있음을 보고하였다. 또한 diosgenin은 *D. balcanica*, *D. deltoidea* 및 *D. floribunda* 등 많은 *Dioscorea*속에서 발견되었다(Savikin et al., 1998; Akira, 1965; Fumanowa and Guewska, 1988). 특히 온대지역에서 단풍마(*D. quinqueloba*)를 비롯한 도꼬로마(*D. tokoro*) 등의 몇몇 종에서도 발견되었다(Akira, 1965; Kun 등, 1993).

한국에서 일반적으로 재배되고 있는 마는 *D. opposita*, *D. japonica* 등이다. 양 종은 온대 지역이 재배 기원이지만 *Dioscorea*속의 많은 종은 열대, 아열대가 기원이다.

그러나 품종 도입에 대한 연구는 미미한 실정으로, 1997년 작물시험장에서 지방 재래종인 장마보다 생육과 수량이 양호한 일본 도입종인 대화마를 농가에 보급하여 재배하고 있다. 아프리카 가나에서 도입한 마는 포기당 1,500kg까지 생산되고, 나이지리아에서 도입한 TRD608 품종은 1,100kg까지 생산된다는 연구(김 등, 1995)가 있었으나 쓴맛 성분이 강하여 직접 식용하기에는 어려움이 있고 육질에 대한 충분한 연구가 부족한 실정이다.

마는 지하부인 괴경의 길고 짧음에 따라 장마와 단마로 구분하고 있으며, 원형형태의 마를 등근마라고 부르고 있다(장 등, 2000). 우리나라에서 재배되는 마는 경북 안동권과 경남 진주권을 중심으로 장마가 대량으로 생산되고 있으며, 단마도 이들 지역을 중심으로 하여 부분적으로 재배되고 있다. 장마와 단마는 재배형태에 있어 차이는 없지만 땅속 50 cm~1m이상 깊이 내려가는 특성이 있어 수확할 때 굴삭기를 사용하지 않고는 상품성이 높은 마의 수확이 어려운 재배상 단점이 있다.

이에 비해 등근마는 수확이 용이하고 육질과 수

량성이 뛰어나며 전분량도 장마(8%)에 비해 우수하다. 동근마는 육질과 점도면에서 장마보다 우수하기 때문에 앞으로 약용뿐만 아니라 가공용 및 요리용 스테미나 식품으로 일반 소비가 확대되리라 기대한다.

이러한 우수한 계통이 우리나라에 도입되어 재배가 정착되기까지는 다각도의 연구가 필요하다. 본 시험은 도입의 기초 단계로 동근마의 생육특성을 조사하고 그 유연관계를 추적하였으며, 안정적인 수확 가능성에 접근하여 육질과 수량성이 좋은 우량 마의 결과를 얻었다.

그러나, 생육의 패턴 및 생리 생태학적으로 더 깊은 연구가 필요하며, 마의 완숙기 및 성분, 전분함량에 대한 조사가 병행되어야 하는 숙제도 안고 있다. 더불어 도입마의 저장성, 휴면관계에 대한 연구도 해결해야 될 과제 중의 하나이다.

이번 실험을 통하여, 수확이 용이하고 육질과 수량성이 뛰어난 도입마의 재배 가능성을 확인하였고, 금후 종합적인 실험을 계속하여 재배법 및 저장, 성분량을 규명하고자 한다.

## 적요

동근마(*Dioscorea opposita* L.) 계통 중 품질이 우수하고 이용 가치가 기대되는 단파마를 우리나라에서 재배 시 그 가능성과 재 기관의 생육특성을 밝히기 위하여 실시하였다. 두 *D. opposita*의 괴경의 수량성 및 성분특성을 비교하여 재배 가능성을 시험하였다. 동근마의 괴경형성은 정식 60일 정도에서 일어나, 그 후 지속적으로 비대생장이 일어나 160일까지 비대한 후 등숙하였다. 200일째 단마의 괴경중이 512g으로 동근마 498g보다 약간 높았으나 건물중은 108/127g으로 동근마가 높아 모양과 건물중이 우수하였다. 동근마의 일반성분을 측정 한 결과 단백질 함량에서 단마(2.10%)보다 3.62%로 높았으며 섬유, 지방의 함량이 낮았다. 수분함량은 64.53%로 단마(79.38%)보다 건물량이 높았다. 동근마의 경도를 보면 2787.6로 단마의 4946.9 보다 약 2배정도 낮고, 색

도 중 명도(L)는 동근마가 77.37으로 단마보다 높았다. 동근마의 괴경으로부터 추출한 물질은 diosgenin의 표준물질과 일치하는 피크를 얻었으며, retention time은 약 5.9에서 나타났다. 동근마의 괴경에서 diosgenin은 3.32%의 함량을 나타낸 반면 단마에서는 2.61%로 낮은 함량치를 나타냈다.

## 사사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 자생식물이용기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 M103KD010009-03K0401-00912)에 의해 수행되었습니다.

## 인용문헌

- Akira, A. 1965. Studies on the steroidal components of domestic plants-steroidal saponinins contained in Japanese *Dioscorea* sp. *Phytochemistry* 4(1):97~106.
- 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.
- Coursey, D. G. 1967. *Yams*. Longmans.(London).
- Furmanowa, M. and J. Guzewaska. 1988. *Dioscorea: in vitro* culture and the micropropagation of diosgenin-containing species, in: Y.P.S. Bajaj(Ed.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry 7, Medicinal and Aromatic Plants II*, Springer, Berlin. pp.162-184.
- Kun, H.S., K.Y. Jung and J.C. Do. 1993. Saponin constituents from the Rhizomes of *Dioscorea quinqueloba*. *Korean Journal of Pharmacognosy* 24(3):187-191.
- Lakshmi, K.R. and C.S. Easwari. 1980. Studies on

- variability and correlation in Asian greater yam *Dioscorea alata* (L.). J. Root Crops 6:29~32.
- Nakatani, M., A. Oyanagi and Y. Watanabe. 1988. Tuber sink potential in sweet potato(*Ipomoea batatas* Lam). I. Development of tuber sink potential influencing the source activity. Japan. Jour. Crop Sci. 57(3):535~543.
- Savikin, K., D. Grubisic, L.J. Culafic, N. Menkovic and M. Ristic. 1994. Diosgenin content in calluses and organs of *Dioscorea balcanica* and *D. caucasica*, regenerated in *in vitro* cultures. Rastit. Resur. 30:102-106.
- Son, K.H., K.Y. Jung and J.C. Do. 1993. Saponin constituents from the Rhizomes of *Dioscorea quinqueloba*. Korean Journal of Pharmacognosy 24(3):187-191.
- 金丁坤, 朱永熙, 吳潤鎮, 金剛權. 1995. 마 種根 種類 와 크기가 生育 및 收量에 미치는 影響. 국제농업 개발학회지. 7(1):53~58.
- 성환길, 장광진, 변성애. 2003. 건강식물의 효능과 이용. P351. 문예마당. 서울.
- 장광진, 유기억, 박철호, 박종인, 홍규현, 박주현. 2001. 도입마(*Dioscorea alata* L.)의 특성분석. 한국농업전문학교 현장농업연구지3:48~69.
- 장광진, 이승택, 박철호. 2000. 알기쉬운 약·특작 생 산기술 pp 9~25. 도서출판 진솔. 서울.
- 江原敦郎. 1986. 야마토이모 食用栽培とたね用栽培. 農山漁村文化協會. pp.107~ 113.
- 內騰幸雄. 1987. 야마노이모-栽培·貯藏·利用. 農山漁村文化協會. pp. 33~66.
- 藤井建雄. 1983. 菜蔬の栽培技術 p.651~656, 誠文堂. 新光社. 東京.
- 林滿, 石畑清武. 1990. 야무이모(*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. 熱帶農業 34: 151-155.
- 林滿, 石畑清武. 1991. 야무이모(*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 生長におよぼす環境要因 の 影響. 熱帶農業35(2):79- 83.
- 佐佐木修. 1989. 甘薯の地上部の發達と塊根形成との關係. I. 1次分枝の形成部位の差異が地上部の發達及び塊根形成に及ぼす影響. 鹿大農學術報39:1~7.
- 池內康雄, 紫田進, 高見武夫. 1968. 丹波야마노이모의 地上部の 生育といもめ肥大に關する 研究. 兵庫縣農業試驗場研究報告書 第10號:89.
- (접수일 2004. 9. 07)  
(수락일 2004. 10. 04)