

## 재배마의 동위효소와 생육특성 비교

박충헌\*·성낙술\*·안병옥\*·김춘식\*·이승택\*

### Comparison of Isozymes and Growth Characteristics of Cultivars in *Dioscorea batatas* DECNE

Chung Heon Park\*, Nak Sul Seong\*, Byunng Og Ahn\*, Choon Shik Kim\* and Seung Tack Lee\*

**ABSTRACT** : This study was carried out to compare isozyme band pattern, growth characteristics and tuber yield of *Dioscorea batatas* to get basic information for varietal classification.

It could be identify clearly by protein and esterase band pattern of leaf, petiole and stem tissue in three cultivar but with peroxidase band it was difficult to identify because of similar pattern in leaf and petiole tissue.

Three cultivars has different leaf shape as Dan-ma and Jang-ma were lanceolate, Sukunea was long-heart shape in upper part of plants. In phyllotaxis, Dan-ma and Jang-ma shows alternate and opposite but Suwon 2 shows opposite in upper parts of stem.

Root length shows significant difference from 9.7cm to 51cm respectively as 30cm, 51cm and 9.7cm in Dan-ma, Jang-ma and Sukunea. Tuber yield of three cultivars were 27.5M/T in Dan-ma, 22.8M/T in Jang-ma and 22.8M/T/ha in Sukunea.

## 緒 言

마(*Dioscorea batatas* Decne)는 우리나라를 비롯한 전 세계에 분포하며, 마속(*Dioscorea*)에 속하는 우리나라 분포 식물로는 참마(*D. japonica* Thunb), 둥근마(*D. bulbifra* L), 도꼬로마(*D. tokoro* Makino), 부채마(*D. nopponica* Makino), 각시마(*D. tenuipes* Fr. et Sav.), 단풍마(*D.*

*quineloba* Thunb), 국화마(*D. septemloba* Thunb) 등이 있다<sup>4,7,11</sup>.

한방에서는 마와 참마를 산약(*Dioscorea radix*)이라 부르며 자양, 익정, 보폐 등의 효과가 있어 신체허약, 폐결핵, 정력부족, 야뇨증, 설사, 당뇨병, 대하증, 소변 자주보는 병을 치료하는데 처방되며, 부채마와 단풍마는 천산룡(穿山龍)이라 하여 관절염, 요통, 타박상, 해소, 천식에 사용하고 있다.

본 논문은 1992~1995년도 과학기술처 국가선도기술개발과제 (G7) 연구비 지원에 의해 수행된 연구결과중의 일부분

\* 농촌진흥청 작물시험장 (National Crop Experiment Station, RDA, Suwon, 441 - 100, Korea)

동양 3국의 산약에 관한 약전규정을 살펴보면 한국약전(KP)과 일본약전(JP)은 참마(*Dioscorea japonica* Thunb)와 마(*Dioscorea batatas* Decne)의 뿌리를 이용하는 것으로 중국약전(CP)에는 *Dioscorea opposita*를 사용하는 것으로 규정되어 있다.

山藥은 많은 양의 전분을 함유하고 있으며 비타민 C가 풍부하며 약용성분으로는 아밀로스(Amylose), 콜린(Cholin), 사포닌(Saponin), 뮤신(Mucin), 아라기닌(Araginine), 요노게닌 등이 들어있다<sup>4, 6, 14, 15</sup>.

야생마에 함유되어 있는 스테로이드(Steroid) 물질을 이용해서 현대 의학적으로는 먹는 피임약과 성호르몬을 생산하고 있으며<sup>3, 6</sup>, 관절염 치료제인 코르티손(Cortisone)도 야생마에서 뽑아낸 코르티코스테로이드(Corticosteroid)가 주원료로 알려져 있다<sup>14, 15, 19</sup>.

우리나라의 산약재배 면적은 90년 104ha이었던 데 비하여 95년에는 338ha로 3배 증가하여 생산량은 1,641M/T에 이르고 있다. 10a당 평균 수량은 497kg 정도지만 생산량의 20%가 종근으로 다시 필요하며 출아율도 저조한 실정이다<sup>8, 10</sup>.

지금까지 마 재배생산에 관한 연구로는 우량품종으로 단마를 식용마 재배용으로 선발하였고, 표준 재배법 개선연구로 적정파종기, 재식밀도, 시비량등이 구명된 바 있으나 전술한 바와 같이 산약으로 이용될 수 있는 식물종이 다양하므로 기원식물을 올바르게 이용하기 위한 식물의 구분, 확인기능이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 식물종별 외형특성 비교와 아울러 세포유전학적기술을 적용하여 식용으로 많이 이용되는 단마, 약용으로 쓰이는 장마 그리고 최근 도입육성된 수원2호를 대상으로 생육특성과 수량성 그리고 동위효소를 비교 분석하여 품종간 차이를 구명하고 육종의 기초자료로 활용하고자 수행한 결과를 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. 마 재배품종의 동위효소 분석

공시재료는 농촌진흥청 작물시험장에서 수집 보

존하고 있는 마(*Dioscorea batatas* Decne) 재배품종 3품종을 포장에 재배하여 분석시료로 이용하였다.

마의 세포유전학적 분석으로는 산약으로 가장 많이 이용되는 마(*D. batatas*) 중에서 단마와 장마 그리고 일본에서 도입한 筑根種의 동위효소를 분석하였는데, 시료는 부위별로 엽과 엽병 그리고 줄기조직으로 구분하여 사용하였다. 전기영동에 의한 동위효소 banding pattern을 조사하기 위하여 수직식 Slab, gel 전기영동장치(비전과학)를 이용하여 discontinuous buffer system으로 constant 60mA로 전기영동 하였다.

Gel의 농도는 stacking gel 4% (C 0.3%), seperating gel 12% (C 0.3%)를 첨가하여 소형 유발에서 마쇄하여 7,000 xg로 20분간 원심분리시킨 뒤 상등액을 이용하였다.

전기영동이 끝난 gel은 단백질의 발색을 위하여 Coomassie Blue R 250 250mg, Ethanol 95ml을 넣은 염색액에 acetic acid 10ml, D. W. 95ml을 넣어 overnight 시킨 뒤 30% ethanol, 7% acetic acid에서 back ground가 깨끗해질때 까지 탈색시켰으며, Peroxidase는 2% Benzidin solution과 0.05% Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 그리고 증류수를 1 : 1 : 4의 비율로 혼합하여 염색하였다.

Esterase는 phosphate buffer에 10분간 안정시킨 다음,  $\alpha, \beta$ -Naphthylacetate를 넣어 Fast bule RR salt와 Hydrogen peroxide를 혼합한 염색액에서 발색시켰다. 동위효소의 비교는 band의 위치와 수를 조사하여 다이아그램을 작성하였다.

### 2. 마 재배품종의 생육 특성 및 수량비교

재배품종인 장마, 단마, 및 筑根種을 공시하여 생육특성과 수량성을 비교하였는데 포장정식은 1994년 4월 22일에 재식밀도를 60×20cm로 조정하여 작후로 이랑재배하였다.

시비량 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)은 기비를 19-17-16kg/10a, 1차 추비는 6월 25일에 13-11-10kg/10a, 그리고 2차 추비는 7월 15일 11-0-6kg/10a를 시용하였다.

생육특성으로 엽형과 엽서 그리고 줄기색과 줄기감는 방향등을 조사하였으며 수량형질로는 괴근

수, 괴근장, 괴근중 등과 전분 및 비타민 함량을 측정하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 마 주요품종의 동위효소 분석

마(*Dioscorea batatas* Decne) 유전자원으로 단마, 장마(긴마), 및 筑根種을 수집하여 작물시험장 표준재배법으로 재배하면서 분석재료로 활용하였다.

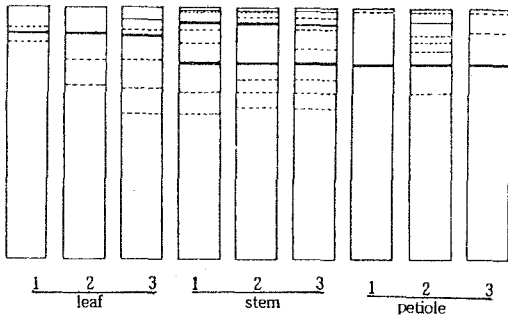


Fig. 1. Diagrams of gels stained for protein

1) Dan-ma 2) Jang-ma 3) Sukunea

생약으로는 동일하게 산약(山藥)으로 사용되는 마(*D. batatas*)이지만 생육특성이 상이한 단마, 장마 및 筑根種의 부위별 단백질 pattern을 보기 위하여 전기영동한 결과는 그림 1과 같다.

먼저 앞에서서의 banding pattern을 보면 단마와 장마가 3개의 band를 가진 반면 筑根種은 6개의 band를 가지고 있었다. main band의 위치는 모두 Rm 0.11에 있었고 색이 옅고 가늘은 minor band는 Rm 0.23과 0.35에 위치하고 있었다. 또한, 筑根種의 경우는 Rm 0.06, 0.10, 0.23, 0.35, 0.37에 있었다.

단마에는 minor band가 Rm 0.09, 0.16에 있었고, 장마와 筑根種에는 Rm 0.23과 0.35가 함께 관찰되었고, 筑根種에는 단마와 장마에 없는 Rm 0.06과 0.10 그리고 0.47이 나타났다.

줄기에서의 banding pattern을 비교하여 보면 main band가 Rm 0.07과 0.24에서 공통으로 나타났고 minor band로는 Rm 0.01, 0.37, 0.44가 동일하게 관찰되었다.

그러나 단마에는 Rm 0.10, 0.16이 있었고 장마와 筑根種에는 Rm 0.04, 0.31, 0.37이 모두 있었으며 筑根種에는 Rm 0.09와 0.18이 있었다.

엽병의 banding pattern은 3종 모두 Rm 0.24가 main band로 보였고 단마는 main band 외에 단순한 pattern을 보인 반면 장마는 Rm 0.06, 0.11, 0.14, 0.19, 0.31 등이 존재하였다. Clements는 감귤 과실에서 단백질을 전기영동하여 품종 구분 등에 이용할 수 있다고 보고하였는데 마의 경우에도 단마, 장마 및 筑根種 3품종간에도 banding pattern의 차이를 보여 구분이 가능하였다.

3종류의 마에서 부위별로 Peroxidase를 비교한 결과는 그림 2와 같다.

앞에서는 단마, 장마, 그리고 筑根種 모두 Rm

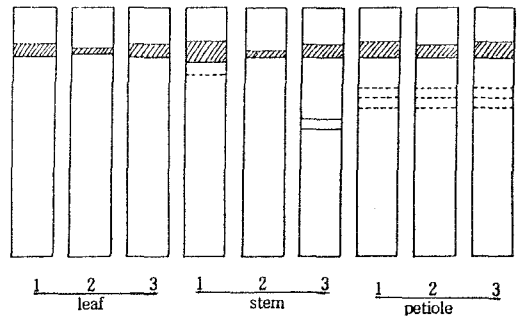


Fig. 2. Diagrams of gels stained for peroxidase

1) Dan-ma 2) Jang-ma 3) Sukunea

0.16과 0.23 사이에 띠를 형성하고 0.37, 0.41, 0.46에서 동일하게 관찰되어 차이가 없었다.

그러나 줄기에서는 차이를 보여 단마는 Rm 1.16과 0.26 사이에 띠를 형성하고 Rm 0.13에 minor band가 있었고 장마에는 Rm 0.20과 0.23 사이에 띠만 있었고 筑根種는 Rm 0.17과 0.23에 띠를 보이고 Rm 0.51, 0.56에 band가 있어 3종간의 구분이 가능하였다.

동위효소로 esterase의 전기영동 banding pattern을 비교한 결과는 그림 3과 같다. 잎의 비교에서 단마는 공통적으로 나타나는 부분인 Rm 0.16과 0.21 사이의 띠와 0.61에 minor band만 있었고 장마는 Rm 0.41이 특이하게 있는 반면, 筑根種은 Rm 0.10, 0.51에 독특한 band를 보여 구분이 가능하였다.

줄기에서는 Rm 0.04, 0.07, 0.10과 0.57에서 3종 모두 동일한 띠가 있었고 장마에는 Rm 0.14와 0.23 사이에 있었다. 筑根種은 공통으로 보여지는 band 이외에 장마에도 나타나는 Rm 0.09만 있었다. 엽병의 비교에서도 공통으로 나타나는 band도 없었고, 단마는 Rm 0.04, 0.10에 minor band가 있었고 0.13과 0.20 사이에 띠가 보였다.

장마는 Rm 0.01, 0.07, 0.10에 minor band가 있

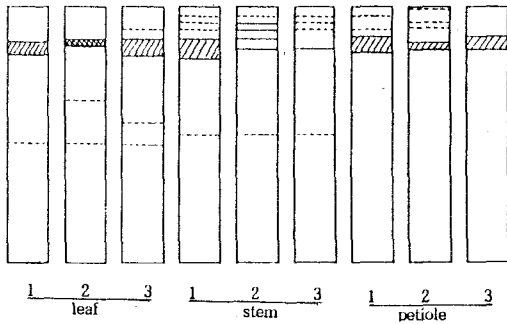


Fig. 3. Diagrams of gels stained for esterase

1) Dan-ma 2) Jang-ma 3) Sukunea

고 0.15와 0.19 사이에 띠가 관찰되었고 筑根種은 Rm 0.13과 0.19 사이에 띠만 있었다. 최근 esterase는 보리의 호위축병바이러스 저항성 품종 구분의 marker로 널리 이용되고 있는데, 마의 품종에 따라서도 band pattern의 뚜렷한 차이를 보였다.

## 2. 마 재배품종의 생육특성 및 수량비교

국내의 마 주요 품종의 생육특성을 조사한 결과는 표1과 같다.

엽형에 있어 상위엽은 단마와 장마는 피침형 하위엽은 장심장 모양이었으며 筑根種은 상위엽이 장심장형이고 하위엽은 심장형이었다. 잎착생에 있어서는 상위엽은 단마와 장마가 호.대생을 보인 반면 수원 2호는 대생이었고 하위엽은 모두 호생을 보였다. 줄기 신장특성으로 단마와 장마는 우측으로 감아 올라갔고 수원 2호는 좌측으로 신장하였다. 줄기색은 단마는 녹-갈색, 장마는 자-갈색이었고 筑根種은 녹-자색을 띠었다.

출아일은 장마와 단마가 5월 12일로 筑根種에 비하여 2일이 빨랐으나 괴근 형성기는 筑根種이 7월

Table 1. Characteristics of three cultivar of *Dioscorea batatas* DECNE.

Cultivar	Leaf shape		Phyllotaxis		Stem winding	Stem color	Emergence date	Tuber formation date
	Upper part	Lower part	Upper part	Lower part				
Dan-Ma	Lanceolate	Long heart	Altermate & Opposite	Altermate	Right	Green -Brown	May 12	July 25
Jang-Ma	Lanceolate	Long heart	Altermate & Opposite	Altermate	Right	Purple -Brown	May 12	July 25
Sukunea	Long heart	Cordate	Opposite	Altermate	Left	Green -Brown	May 14	July 22

Table 2. Tuber growth and yield in three cultivar of *Dioscorea batatas* DECNE.

Cultivar	No. of tuber	Tuber length (cm)	Tuber weight (g)	Water content (%)	Yield (kg/10a)		Index
					Fresh weight	Dry weight	
Dan-ma	1.2	30	324	75	2,751	670	100
Jang-ma	1.3	51	198	75	2,288	565	83
Sukunea	1.0	9.7	214	70	1,785	520	78

22일로 장마와 단마보다 3일 빠르게 나타났다.

표2는 마 품종간 뿌리의 비대생장과 근수량을 비교한 결과이다.

괴근형성수는 筑根種이 1개로 단마 1.2개 장마 1.3개보다 적었으며 괴근장은 장마가 51cm로 가장 길었고 단마가 30cm인 반면 筑根種은 9.7cm로 현저히 짧았다. 단위면적당 수량은 단마가 가장 높아 2,751kg/10a를 보였고 筑根種은 1,785kg/10a로 단마나 장마보다 적었지만 기계화 수확이 유리한 단괴 특성을 지니고 있었다.

Table 3. Starch and vitamin contents in three cultivar of *Dioscorea batatas*

Cultivar	Starch content (%)	Vitamin (mg/100g)		Remarks
		A	B 1	
Dan-ma	74	0	0.15	No. bitter taste
Jang-ma	72	0	0.14	No. bitter taste
Sukunea	70	0	0.15	Proper type for mechanical harvesting

표3은 마 품종간 전분과 비타민 함량을 조사한 결과이다. 전분함량은 단마 74%, 장마 72% 그리고 筑根種은 70%의 순이었으며 비타민 함량은 0.14~0.15의 수준이었다. 단마는 쓴맛이 없으며 전분과 비타민 함량이 높아 저장성이 높은 특성이 있었으며 筑根種은 단괴형으로 생력기계화에 적응하

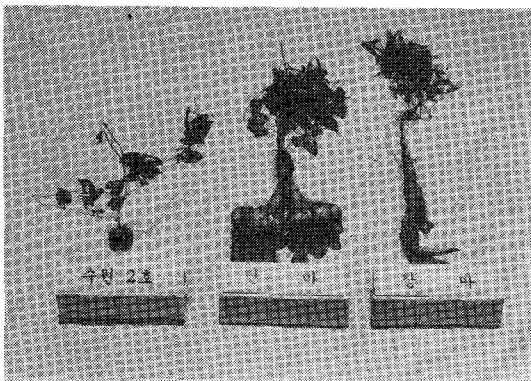


Photo 1. Plant growth among three main cultivar in *Dioscorea batatas*  
a) Sukunea b) Dan-ma c) Jang-ma

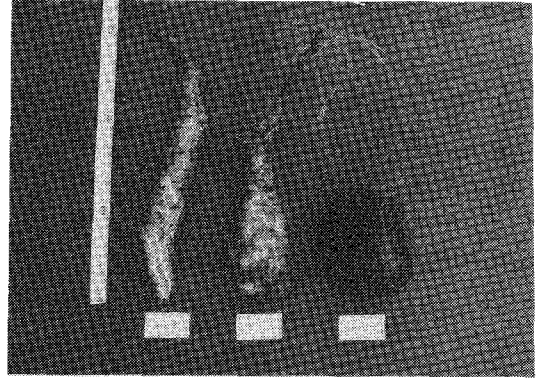


Photo. 2. Comparison of tuber shape among three main cultivar in *Dioscorea batatas*  
a) Jang-ma 2 b) Dan-ma c) Sukunea

는 품종특성을 가지고 있었다.

## 摘 要

국내에 재배되는 마 (*Dioscorea batatas*) 주요품종으로는 식용으로 널리 쓰이는 단마, 약용으로 이용되는 장마 그리고 최근 식용마로 도입육성된 筑根種 등이 있다.

본 연구는 이들 세종류의 마 주요품종을 대상으로 동위효소 분석과 생육특성 및 수량성을 비교하여 얻어진 결과이다.

### 1. 마 주요품종의 동위효소 분석

마 주요품종의 동위효소를 분석한 결과 단백질의 band pattern은 잎, 엽병, 줄기 모두에서 Band의 수와 위치의 차이를 보였다. Peroxidase의 동위효소는 잎과 엽병은 거의 동일하게 조사되었으나 줄기조직에 의해 구분이 가능하였다. 그리고 Esterase의 경우는 잎과 엽병, 줄기 모두에서 band pattern의 차이를 보여 품종간 구분이 가능하였다.

### 2. 마 주요품종의 생육특성 및 수량비교

엽형비교에서 단마와 장마는 상위엽이 피침형이고 筑根種은 장삼장형이었으며, 엽서는 장마와 단마의 상위엽이 호.대생을 보인반면 筑根種은 대생이었다. 뿌리 생육과 수량성 비교에서 괴근수가 단

마 1.2개, 장마 1.3개지만 筑根種은 1개였다. 괴근장은 단마와 장마가 각각 30cm와 51cm로 길었지만 筑根種은 9.7cm로 짧았다. 괴근수량은 단마가 2,751kg/10a로 가장 높았고 장마가 2,288kg/10a였으며, 筑根種은 1,785kg/10a였다. 筑根種의 수량은 단마와 장마에 비하여 적었으나 단괴형이어서 기계화 수확에 유리한 품종으로 생각되었다.

## 引用文獻

1. Agnes E. Uduebo. 1971. Effect of external supply of growth substance on axillary proliferation and development in *Dioscorea bulbifera*.
2. Asahira, T. and S. Yazawa. 1979. Bulbil formation of *Dioscorea opposita* cultured in vitro. *Memoris of the college of Agriculture. Kyoto Univ.* 113 : 39 - 51.
3. Bajaj Y.P. S, Furmanowa MA, Olszowska 1988. *Biotechnology of the micropropagation of medicinal and aromatic plants in agriculture and forestry*, vol 4. Medicinal and aromatic plants I. pp 60 - 103.
4. 채영복, 김완주, 지옥표, 안미자, 노영주. 1988. 한국유용식물자원연구총람. 한국화학연구소. pp 771 - 775.
5. 한국의약품 수출입협회. 1995. 95 의약품등 수출입 실적표. pp 591.
6. 중국의과학원 약용식물자원개발 연구소. 1991. 중국약용식물재배학. 농업출판사. pp 1375.
7. 김재길, 신영철. 1992. 약용식물 재배학. 남산당. pp 520.
8. 이정일, 이승택, 성낙술, 박래경. 1991. 국내 약용작물 연구현황과 금후 연구방향. 약용작물의 안정생산과 연구방향. 작물시험장. pp 6 - 3.
9. Mantell, S. H, S. Q, Haque and A. P, Whitehall. 1978. Clonal Multiplication of *Dioscorea alata* L. and *Dioscorea rotundata* Poir. yams by tissue culture *Journal of Horticultural Science* 53 : 95 - 98.
10. 농림수산부, 1995. 95 특용작물 생산실적. pp 127.
11. 박인현, 이상태, 안상득, 송원섭. 1990. 약용작물재배. 선진문화사. pp 357.
12. Sita, G. L., R. K. Bammi and G. S. Randhawa. 1976. Clonal propagation of *Dioscoreae floribunda* by tissue culture. *Journal of Horticultural Science* 51 : 551 - 554.
13. Song W, When W. 1981. Induction of tuber plants of *Dioscorea zingiberensis* Wright. *Bull Nanjing Bot Garden. Mem Sun Yat Sen.* p 189.
14. Stohs S. J. el-Olemy M. M. 1972a. Metabolism of progesterone by *Dioscorea deltoidea* suspension cultures. *Phytochemistry* 11 : 1397 - 1400.
15. Stohs J. S., Wegner C. L., Rosenberg H. 1975. Steroids and sapogenins of *Dioscorea deltoidea* tissue cultures. *Planta Med* 28 : 101 - 105.
16. Tal B, Golderg I. 1982. Growth and diosgenin production by *Dioscorea deltoidea* cells in batch and continuous cultures. *Planta Med* 44 : 107 - 110.
17. Tal B., Gressel J., Goldberg I. 1982. The effect of medium constituents on growth and diosgenin production by *Dioscorea deltoidea* cells grown in batch cultures *Planta Med* 44 : 111 - 115.
18. Tang S, Ting C. 1978. The preliminary experiment on the callus tissue culture of *Dioscorea zingiberensis* Wright. *Proc Symp Plant tissue culture. Science Press, Peking.* pp 481 - 484.
19. Tang S, Zhang H, Dong Y., L. F. Ding Z. 1979. The quantitative analysis and identification of steroidal sapogenins of the *Dioscorea* plant, *Acta Bot Sin* 21 : 171 - 176.