

## 마(산약) 생산을 위한 시비법 개선연구

신종희<sup>†</sup> · 김상국 · 강동균 · 박상조

경상북도 농업기술원

### Effect of Fertilizer and Organic Matter Level on Marketable Tuber Production in Chinese Yam (*Dioscorea opposita*)

Jong-Hee Shin<sup>†</sup>, Sang-Kuk Kim, Dong-Kyoon Kang, and Sang-Zo Park

Gyeongsangbuk-do Provincial Agricultural Research and Extension Services, Daegu 702-708, Korea

**ABSTRACT** Yams (*Dioscorea spp.*), which are edible or medicinal tuber crops, are an important crop in South Korea. Yams require a high level of soil fertility. The various cultural practices such as fertilizing and plowing were tested for marketable tuber production in Chinese yam (*Dioscorea opposita*). Tuber yield was also affected by organic matters in soil. Application higher level of organic matters result in increased each tuber weight and tuber yield per unit area. The nutrient absorption quantity of the plant such as nitrogen, phosphoric acid, calcium and potassium was increased from 100~120 days after planting, which time to begin tuber enlargement. The tuber yield was increased when the fertilization increased in quantity. Total yield and marketable ratio were the highest in 31~32 kg/10a of nitrogen fertilizer. From above result, income become larger with increase of marketable yield and quality improvement at 63% (27 kg/10a) level of conventional N fertilization (43 kg/10a). The tuber yield was not significantly different between with in various application level of potash fertilizer. Tuber size and weight decreased accordingly to decreased fertilizing level, so the rates of small tubers increased greatly at cultivation without chemical fertilizer. In considering the accumulation rates of allantoin in Chinese yam tubers, the apt harvest season was after October. The allantoin quantity of it was not influenced with nitrogen fertilizing. Moreover it was advantageous with decrease of chemical fertilizer and appropriate fertilizing in soil environment protection. Commercial tuber's number and yield were increased in trenching before planting with trencher compared with rotavating with tractor.

**Keywords** : yam, fertilization, nutrient absorption, allantoin

마는 백합목 마과식물(*Dioscoreaceae*)로 한국, 일본, 중국 지역과 열대, 아열대 지역에 널리 분포하고 있는 다년생 덩굴식물이며, 전 세계적으로 장마, 단마, 환마, 참마, 산마, 부채마, 단풍마 등 650 여종이 알려져 있다(Onwueme, 1978). 국내에서 식용하는 마는 *D. opposita*로 분류되고 식약청이 식품원료로 지정한 한약재이며, 주로 생식으로 소비되고 있다. 설사, 당뇨병, 대하증, 식욕부진, 유정의 치료 작용(Kim & Lim, 1998; Kwon *et al.*, 2001), 간과 신장의 보호(Lee *et al.*, 2002), 소장의 기능개선(Chen *et al.*, 2003), 혈액의 콜레스테롤 저하(Kwon *et al.*, 1999; Chen *et al.*, 2003), 항산화효과(Araghiniknam *et al.*, 1996) 등의 기능성이 밝혀지면서 마에 대한 관심이 증가하고 있고, 또한 lectins(Pusztai & Bardocz, 1996), dioscorins(Hou *et al.*, 2001) 등 영양적인 관점에서 중요한 기능을 하는 단백질, 신경세포의 상호작용에 관련하는 glycans(Kleene & Schachner, 2004)이 함유되어 있어 기능성 식품재료로 부각되고 있다. 마의 생리활성성분으로 비교적 많은 양이 함유된 allantoin 함량분석에 대한 연구로는 1989년 Sagara 등이 액체크로마토그래피법으로 시판 마 분말 제품에 함유된 allantoin 함량을 분석한 결과, 0.11~0.72%로 함량 차이가 크다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 질소시비량과 생육시기에 따른 마 allantoin 함량변화를 분석하였다.

마는 다비성 작물로 관행 시비량을 10a 당 질소 43 kg, 인산 28 kg, 칼리 32 kg와 퇴비 3,600 kg을 추천하고 있으

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-53-320-0276 (E-mail) szzong91@korea.kr

<Received 24 February, 2014; Revised 21 March, 2014; Accepted 27 March, 2014>

나 지상부 과번무에 따른 병발생과 도복의 피해가 발생하는 경향을 보이고 비료의 과용으로 인한 토양 중 인산을 비롯한 유효양분의 과다한 집적 문제가 논의되기 시작한 지 오래다. 마와 마 재배 후 작물 재배를 위해 토양 중 양분함량을 적절히 고려한 현실적인 시비 추천량이 요구되는 실정이다. 마의 수량과 상품성을 향상시키기 위해서는 심경에 의한 토양물리성 개선(Park *et al.*, 1999)과 적당한 크기의 씨마 선정, 비료의 적절한 시비 등이 필요하다. 여러 토성이 마의 수량과 품질에 미치는 영향을 검토한 결과 양토와 사양토에서 분지 발생이 적고, 모양이 양호하고 수량성이 높다(Park *et al.*, 1999)고 보고된 바 있다. 마의 뿌리는 깊게 자라는 특성이 있어서 경운 깊이가 깊고 토양이 부드러울수록 마의 뿌리 생육이 유리하다. 이러한 마의 특성과 수확시 마의 크기 등을 고려하여 경운 방법을 결정한다. 산약의 원료로 이용되는 마는 쟁기 경운과 쇠토 후 이랑을 높게 만들어 배수가 잘 되도록 하고 조밀하게 파종하여 비교적 가늘고 짧게 자라도록 재배하고 있으며, 생식용으로 이용하는 마는 대부분 굵고 길게 자라도록 재배하기 위해 120 cm 까지 심경이 가능한 회전식 트랜처(일명 물레쟁기)로 경운한다(Park *et al.*, 1999). 일본에서도 트랜처를 이용한 심경 재배로 괴경의 비대를 좋게 하고 기형마의 발생을 줄여 마의 상품성을 높이고 있으며, 일본과 토양조건은 다르지만 우리나라 토양에서 트랜처를 이용한 마의 심경재배효과와 트랜처 깊이에 따른 마 괴경의 형태적 특성 및 수량성의 변화를 검토한 결과(Park *et al.*, 1999)를 보고한 바 있다. 작물생산성을 유지하는 동시에 환경오염을 경감시키기 위한 시비관리 방안으로는 토양 중 적정 양분 상태를 유지하는 방법 또는 작물자체의 양분상태를 기준으로 시비량과 시비시기를 결정하는 방안이 논의되고 있다(Roppongi, 1998). 따라서 본 연구에서는 화학비료의 투입을 줄이기 위한 재배법으로 적정 유기물시용과 비료 시용량을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 마 재배시 유기물 시용효과

본시험은 경북농업기술원 생물자원연구소의 사양토 포장에서 2년간 단마 주아씨마를 이용하여 재배한 연구결과이다. 마 재배시 시용되는 질소질 비료량을 줄이기 위한 적정 유기물 시용과 감비 처리효과를 검토하기 위하여 3월 상순경 본포에 우분과 수피를 주성분으로 하는 퇴비를 10a당 3톤 시용하고 관행 시비량인  $N-P_2O_5-K_2O = 42-28-32$  kg/10a로 처리된 시험구를 대조로 하여 퇴비 5톤 처리 후 비료량은 관행의 50%, 72%로 줄여 사용하거나, 화학비료 시용없

이 퇴비 10톤 단독처리, 유기물 시용 없이 화학비료만 반량, 관행시비량, 배량 시용한 처리 등으로 구분하여 살포 하였다. 단마 주아씨마를 3월 하순에서 4월 상순에 1.2 m 간격으로 작휴된 휴상에 주간을 20 cm로 3열로 정식하고 지상부가 출현할 때 철재지주와 오이망을 이용하여 줄기를 유인하여 재배하였다. 지상부가 고사한 후 10월 하순정도에 수확하여 지하부 수량을 조사하였다.

### 유기물 시용과 경운방법에 따른 생육과 수량 비교

유기물 시용과 경운 방법이 마의 수량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 유기물을 10a당 0~10 톤으로 비료 없이 단용처리하고 10a당 3톤의 유기물을 처리하고 관행의  $N-P-K=43-28-32$  kg/10a로 비료 시용한 구를 대조구로 하여 경운 방법을 트랜처 경운(폭 16 cm, 깊이 120 cm로 경운 쇠토)과 로타리 경운으로 하여 실험하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였다. 단마 주아씨마를 재료로 3월 하순에서 4월 초순경에 트랜처 경운구의 0.8 m 휴상에 주간 15 cm로 정식하고 로타리 경운구의 1.2 m 휴상에 주간 20 cm로 3열로 정식하고 지상부가 출현할 때 상기 실험과 동일한 방법으로 지상부를 유인 재배하였으며, 10월 하순에 수확된 지하부의 수량을 조사하여 유기물 시용량과 경운 방법에 따른 지하부 특성과의 상관관계를 분석하였다.

### 질소와 칼리비료 시비량 개선

질소 및 칼리비료 시비량이 마 지상부 및 지하부 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 별도의 유기물 시용을 하지 않고 질소시비량을 0, 15, 20, 25, 30, 45 kg/10a로 처리하였다. 인산과 칼리는 각각 20 kg/10a 시용 하여 질소시비량에 따른 출아정도, 엽록소 함량, 지하부 수량 등을 조사하였다. 장마와 단마의 노두를 재료로 1.2 m로 작휴된 휴상에 주간 20 cm 3열로 정식하여 네트망 지주를 설치하여 지상부를 유인하였으며, 정식 후 77일 경과한 시기에서 엽록소 함량(SPAD값)을 측정하였다. 칼리 비료의 경우도 0, 10, 20, 30, 40 kg/10a로 한 처리에 질소는 30 kg/10a, 인산은 20 kg/10a로 고정하여 처리한 후 질소처리와 동일한 방법으로 재배, 수확 후 지하부 괴경의 특성을 조사 하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 DMRT 5% 수준에서 처리간 유의성을 검정하였다. 질소시비량에 따른 단마와 장마의 수량은 2년간의 수량을 분석하여 적정 시용량을 추정하였다.

### 마의 생장변화와 식물체내 무기성분 변화

마 생육 기간 중 식물체의 N, P, K 흡수량 측정을 통하여

마의 시비량을 개선하기 위한 실험으로 경운전 유기물 3톤과 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=28-20-20 kg/10a 처리한 토양에 1.2 cm의 휴상을 만들고 단마 주아씨마를 20×30cm로 정식하여 철재지주와 네트망을 설치하여 지상부를 유인 재배하였다. 지상부가 출아하여 식물 시료의 채취가 가능한 시기부터 20일 간격으로 식물체 시료를 채취하여 지상부, 지하부로 구분하여 생육변화정도를 측정하였으며 마 생육기간 중 식물체내 N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn 흡수량을 조사 하였다.

**생육기간 중 allantoin 함량 변화**

3월 하순에 정식한 단마의 지상부와 지하부를 6월부터 10월까지 20일 간격으로 채취하여 건조분말 0.2 g에 25 ml의 인산완충용액을 첨가하여 allantoin을 추출하였다. 검량선 작성을 위하여 150 ppm allantoin 표준물질을 단계적으로 희석하여 사용하였다. HPLC(spectra system. THERMO)용 양이온 흡착 칼럼(TSK/gel-scs, 7.8×300 mm, TOSOH)을 이용하여 인산완충액을 이동상으로 하였고 PDA 검출기로 210 nm에서 모니터링하였다. PDA 검출기를 사용해 머무름시간과 흡광스펙트럼을 비교하여 시료에 대한 allantoin 피크를 확인하고 면적을 구하여 검량식으로 함량을 계산하였다. 질소 시비량에 따른 마 allantoin 함량변화를 알아보

기위하여 10a당 퇴비를 3톤, 인산과 칼리를 각각 20 kg을 시비하고 질소는 0, 15, 20, 25, 30, 45 kg로 조절하여 처리하였다. 10월 중순에 수확한 마괴경 건조분말을 allantoin 함량 분석용 시료로 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**마 재배시 유기물사용 효과**

단마의 괴경 수량은 화학비료를 사용을 줄일수록 감소하였는데, 질소시비량이 높은 관행재배(43-28-32 kg/10a, 퇴비 3톤)에서 2,058 kg/10a의 수량을 보인데 비해 화학비료를 사용하지 않고 10톤의 유기물만 사용한 시험구와 유기물 없이 관행시비량의 반량(22-14-16 kg/10a)을 시비한 시험구는 각각 1,322 kg, 1,404 kg/10a로 수량이 감소하였다(Table 1). 5톤의 유기물을 사용하고 비료량을 관행대비의 50%또는 72%로 줄여 사용한 경우와 유기물 없이 관행시비를 할 경우 수량의 유의성이 없었으며, 비료를 배량 증시할 경우 시비량 증가에 따른 수량증수 효과가 나타나지 않았다.

**유기물 사용량과 경운방법에 따른 생육과 수량 비교**

유기물만을 사용하여 단마를 재배할 경우 일반적인 쟁기

**Table 1.** Effect of organic matter and fertilizer level on tuber growth in *D. opposita* cv. Dan-ma (short type tuber).

Organic matter, Ton/10a (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O, kg/10a)	Tuber length (cm)	Tuber diameter (mm)	Tuber weight (g/tuber)	Tuber yield (kg/10a)	Marketable tuber rate <sup>†</sup> (%)
3 (43-28-32)	26	54	204	2,058 <sup>a‡</sup>	24.2
5 (22-14-16)	23	57	158	1,587 <sup>ab</sup>	20.7
5 (31-20-23)	24	65	191	1,795 <sup>ab</sup>	24.1
10 (0-0-0)	24	50	156	1,322 <sup>b</sup>	10.9
0 (22-14-16)	23	56	143	1,404 <sup>b</sup>	10.9
0 (43-28-32)	29	66	174	1,794 <sup>ab</sup>	25.8
0 (86-56-64)	26	60	186	1,797 <sup>ab</sup>	27.2

<sup>†</sup>Marketable tuber means each tuber weight over 260 g  
<sup>‡</sup>Same letters are not significantly different at P=0.05 by DMRT.

**Table 2.** Effect of organic matter and plowing method for *D. opposita* cv. Dan-ma (short type tuber) tuber growth.

Tuber characteristics	Plowing method	Organic matter(ton/10a)			
		0	3	10	3 (N-P-K=43-28-32 kg/10a)
Length (cm)	Tractor rotavating	23	24	28	31
	Trencher	34	35	34	31
Fresh weight (g/tuber)	Tractor rotavating	105	105	160	183
	Trencher	180	179	209	220
Marketable tuber rate (%)	Tractor rotavating	1	3	23	33
	Trencher	23	23	24	35

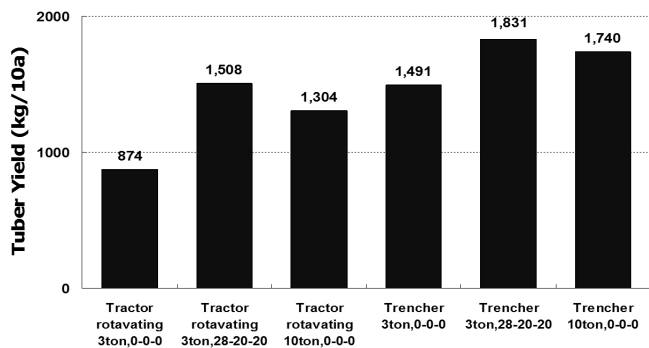


Fig. 1. Effect of fertilizing and plowing for *D. opposita* cv Dan-ma tuber production.

경운에서는 10 ton/10a 이상을 사용하여야 기준시비량 처리구의 86%의 수량을 확보할 수 있었으며, 트랜처심경 재배에서는 유기물 처리량간의 유의성은 없었으나 유기물 10 ton/10a 처리에서 기준시비량 처리구의 95%의 수량을 확보하는 효과가 있었다(Table 2, Fig. 1). 마 수량과 관계된 형질인 괴경 길이, 두께, 평균 괴경 무게, 상품마(평균 괴경 무게 260g 이상) 생산비율 등은 유기물 시용과 경운방법에 의해 유의한 영향을 받는 것으로 분석되었으며 유기물 처리와 경운방법 교차 효과는 괴경 길이를 제외한 다른 형질에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다(Table 3).

### 질소와 칼리비료 시비량 개선

마 밭 질소 시비량이 마 지상부 생육 특성에 미치는 영향을 조사한 바, 질소시비량이 많아질수록 출아일수가 길어지는 경향을 보였으며(Table 4) 엽록소 함량은 시비량이 증가할수록 높아지는 경향이였다(Table 5).

질소 시비량에 따른 마 지하부 특성 및 수량은 년차별 차이를 보이기는 했지만 장마와 단마에서 질소시비량 32 kg/10a에서 최고를 보여(Fig. 2), 마밭의 적정 질소시비 수준은 최대수량을 보이는 시비수준의 85%인 27 kg/10a로 판단되었다. 질소의 시비량이 장마와 단마의 수량에 영향을 미치는 것과는 달리 칼리 비료의 시비량은 마의 수량에 유의적인 영향을 미치지 않았다(Table 6).

### 마의 생장변화와 식물체내 무기성분 변화

마 생육기간 중 지상부와 지하부의 생육은 지하부의 경우 정식 후 3개월 정도 경과 한 시점에서 괴경 비대가 급속히 이루어 졌으며(Fig. 3), 생육 기간 중 식물체내에 흡수되는 영양분의 요소별 흡수정도는(Fig. 4), 괴경 비대가 시작되는 7월 중순경부터 대량요소와 미량요소의 흡수량이 생체 및 건물 중의 증가와 동시에 증가하는 경향이였다. 질소, 인산과 칼리는 생육이 진행됨에 따라 식물체내 함량이 증가하는 경향이였으며, 미량원소 중에는 철과 망간의 함량이 생육 경과에 따라 높아졌다.

Table 3. Relationship between organic matter treatment, plowing method and tuber characteristics.

Variable	Tuber length	Tuber diameter	Tuber weight	Marketable tuber product <sup>†</sup>
Organic matter amount (A)	* <sup>‡</sup>	ns	***	***
Plowing method (B)	***	*	***	***
A × B	***	ns	ns	ns

<sup>†</sup>Marketable tuber means each tuber weight over 260 g

<sup>‡</sup> \*,  $p < 0.05$ , \*\*\*,  $p < 0.001$ , ns; non-significant.

Table 4. Effect of Nitrogen level on sprouting from yam (*D. opposita*) seed tubers.

N level (kg/10a)	0	15	20	25	30	45
Requested time for sprouting(days)	49 <sup>c†</sup>	52 <sup>bc</sup>	59 <sup>abc</sup>	61 <sup>ab</sup>	62 <sup>ab</sup>	69 <sup>a</sup>

<sup>†</sup>The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

Table 5. Effect of Nitrogen level on SPAD value of yam (*D. opposita*) leaves

N level (kg/10a)	0	15	20	25	30	45
SPAD value <sup>†</sup>	33.1 <sup>c‡</sup>	39.4 <sup>b</sup>	39.4 <sup>b</sup>	41.5 <sup>ab</sup>	41.1 <sup>ab</sup>	42.6 <sup>a</sup>

<sup>†</sup>SPAD value was evaluated at 77days after seeding

<sup>‡</sup>The same letters in the table indicate no difference at 0.05 significance level.

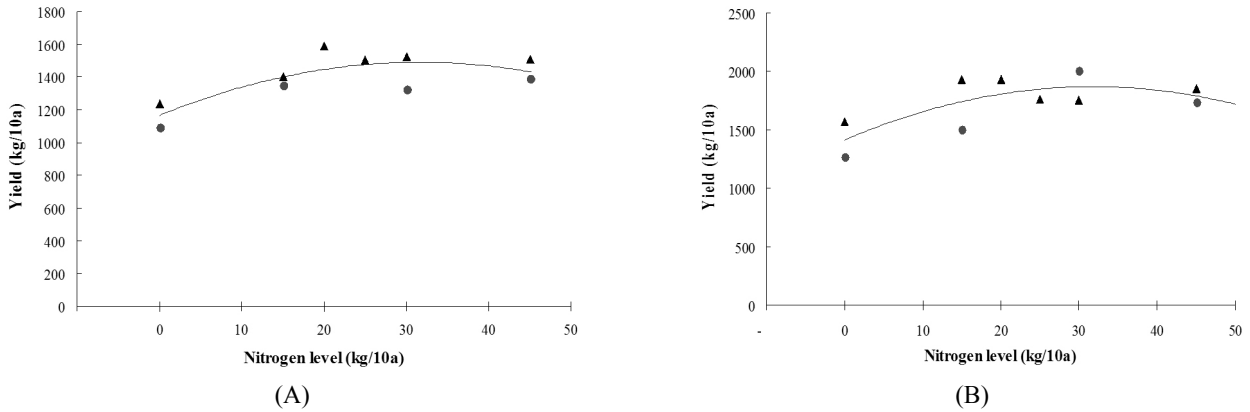


Fig. 2. Tuber yield with applied N levels in different yam cultivars, *D. opposita* cv. Dan-ma (A; short type tuber) and cv. Jang-ma (B; long type tuber)(A; ●, 2004, ▲, 2006, B; ●, 2005, ▲, 2006). Regression equations are  $y=-0.3235x^2+20.461x+1166.2$ ,  $r^2=0.708^*$  (A),  $y=-0.4526x^2+28.744x+1413.6$ ,  $r^2=0.566^{ns}$  (B).

Table 6. Effect of applied potassium (K) level on tuber yield in different yam cultivars.

Potassium level (Kg/10a)	Tuber yield (kg/10a)	
	<i>D. opposita</i> cv. Dan-ma	<i>D. opposita</i> cv. Jang-ma
0	1,612 <sup>ns†</sup>	2,194 <sup>ns</sup>
10	1,638	2,088
20	1,539	2,057
30	1,458	2,112
40	1,524	2,052

†In each column, there are not significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range test.

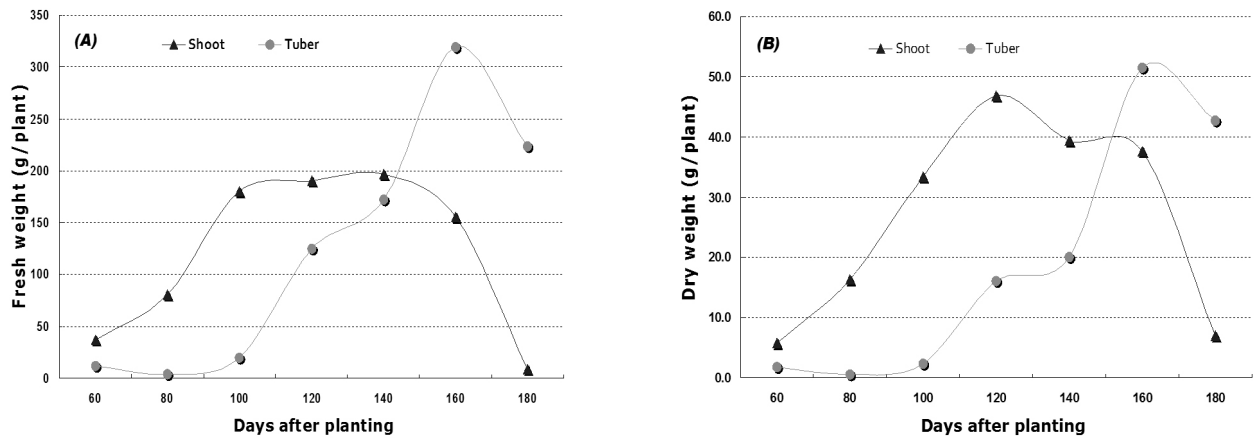


Fig. 3. Growth phase of *D. opposita* cv. Dan-ma distinguished as a fresh (A) and dry (B) weight of shoot and tuber.

생육기간 중 allantoin 함량변화

allantoin은 식물체내에서는 질소원으로 사용되고 인체에 대한 기능성으로는 세포재생 효과가 있어 상처치료제로서 이용된다(Durmus *et al.*, 2012). 마에는 비교적 많은 양의 allantoin이 함유되어 있으며 이들 함량은 지상부와 지하부

에서 생육시기별로 차이가 난다. 지상부의 경우 allantoin함량은 6월부터 8월까지 건물 중의 0.6% 정도의 함량을 보이다가 9월 이후 지상부고사와 함께 급격히 감소하였다. 지하부 allantoin함량 피경 형성기인 6월 하순(정식후 100일)부터 증가하여 피경의 급속한 비대와 함께 단위 무게당 함량

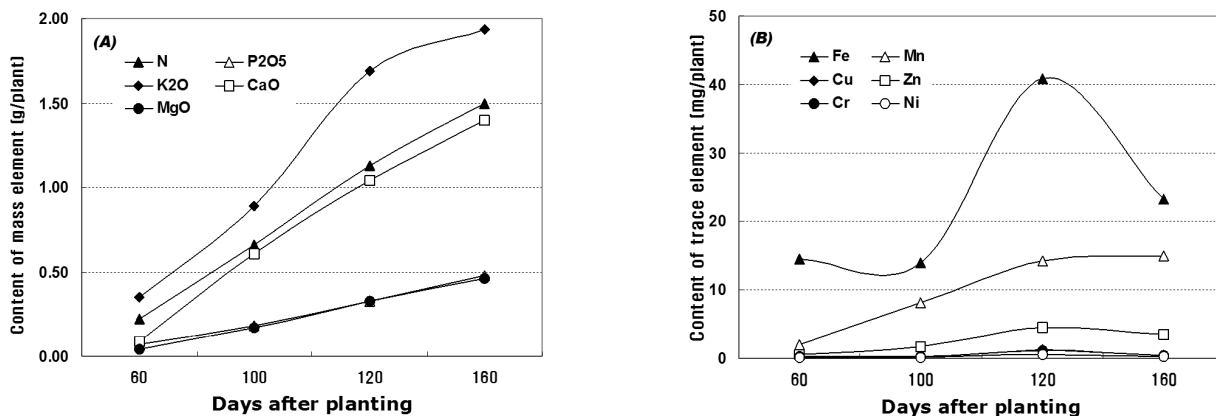


Fig. 4. Change of mass (A) and trace elements (B) content in yam (*D. opposita*) plant during the period of growing up.

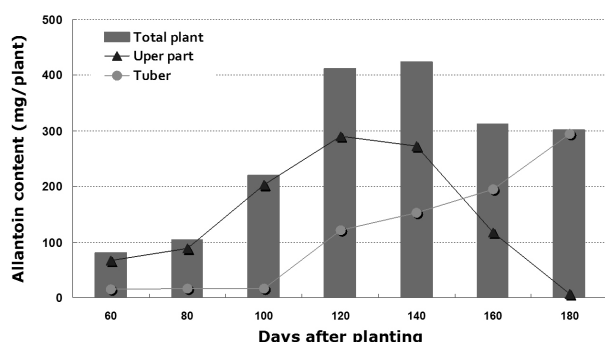


Fig. 5. Allantoin content of yam plant during the period of growth.

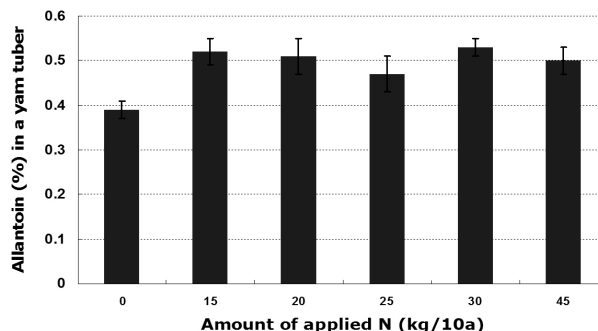


Fig. 6. Effect of nitrogen application on allantoin content of yam tuber. All values shown are means±standard deviations.

이 감소하였지만 식물체 전체에 함량은 증가하였다(Fig. 5). 마 괴경 수량은 9월이 되면 최종수량의 90% 이상이 되고 마 가격도 이시기가 가장높게 형성되기 때문에 조기에 수확하는 경향이 있다. 그러나 9월말까지 아직 괴경의 성숙이 완성되지 않은 시기이며 또한 allantoin 축적도 충분히 이루어 지지 않아 괴경의 품질이 떨어지는 결과를 초래한다. 수확시기가 빠를수록 마의 저장성도 낮아져 장기저장을 위해선 11월 이후 수확하는 것이 유리하다. 마의 수확시기는 10월 이후가 좋으며 땅이 얼기 전까지 수확이 가능하고 월동도 가능한 작물이다.

마는 다비성 작물로 알려져 질소 시비량이 10a당 43 kg으로 매우 높은 실정이다. 생물자원연구소에서 마 적정 질소 시비량을 연구한 결과, 10a당 질소시비량을 27kg까지 감비하여도 수량에 큰 차이가 없음을 확인하였다. 그러나 괴경에 함유된 allantoin은 질소를 구성성분으로 합성되는 물질로 질소감비에 따라 allantoin함량에 미치는 영향이 있을 것으로 생각되어 질소수준별로 allantoin 함량을 분석하였다(Fig. 6). allantoin함량은 질소시용을 하지 않은 시험구에

서 수확한 마의 경우 0.39% 정도로 낮았으나 질소시비량 15 kg/10a에서 45 kg/10a로 처리한 시험구에서 수확한 마 괴경에서는 0.47~0.53%로 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 마괴경내에서 allantoin이 질소대사(purine catabolism) 물질로 작용함으로 변화의 폭이 적은 것으로 생각된다. 질소시비량에 따른 괴경수량과 allantoin 함량을 고려할 경우에도 적정 질소시비량을 27 kg/10a로 감비할 경우 문제가 없는 것으로 판단되었다.

## 적 요

본 연구내용은 마 재배에 적합한 유기물 및 화학비료 시용량을 검토하였으며, 생육기간 동안 마 성장량, 무기성분 및 allantoin 함량의 변화 등을 조사한 결과이다

### 마 재배시 유기물시용 효과

단마의 괴경 수량은 화학비료를 줄여 사용할 경우 감소하였는데, 질소시비량이 높은 관행재배(43-28-32 kg/10a, 퇴

비 3톤)에서 2,058 kg/10a의 수량을 보인데 비해 화학비료를 사용하지 않고 10톤의 유기물만 시용한 시험구와 유기물 없이 관행시비량의 반량(22-14-16 kg/10a)을 시비한 시험구는 각각 1,322 kg, 1,404 kg/10a로 수량이 감소하였다. 비료를 배량 증시할 경우 시비량 증가에 따른 수량증수 효과가 나타나지 않았다.

#### 유기물 시용과 경운방법에 따른 생육과 수량 비교

유기물만을 시용하여 단마를 재배할 경우 일반적인 쟁기 경운에서는 10톤/10a 이상을 사용하여야 기준시비량 처리구의 86%의 수량을 확보할 수 있었으며, 트렌처심경 재배에서는 유기물 10톤/10a 처리에서 기준시비량 처리구의 95%의 수량을 확보하는 효과가 있었다.

#### 질소와 칼리비료 시비량 개선 시험

질소 시비량에 따른 마 지하부 특성 및 수량은 단마와 장마 모두 질소 32kg/10a에서 최고를 보였으며, 마 밭의 적정 질소시비 수준은 최대수량을 보이는 시비수준의 85%인 27kg/10a로 판단되었다. 칼리 비료의 시비량은 마의 수량에 유의적인 영향을 미치지 않았다.

#### 마의 생장변화와 식물체내 무기성분 변화

마의 지하부 생육은 정식 후 3개월 정도 경과 후 괴경 비대가 급속히 이루어졌으며, 생육기간 중 식물체내에 흡수되는 영양분의 요소별 흡수는 괴경 비대가 시작되는 7월 중순 경부터 생체 및 건물 중의 증가와 동시에 증가하는 경향이 있었다.

#### 생육 기간중 allantoin 함량변화

생육 기간중 allantoin 함량은 지상부생육이 활발한 7~8월경으로 주로 지상부에 많이 포함되어 있으며, 지하부 괴경의 allantoin 함량축적에 따른 마 수확적기는 10월 이후가 적당하며 질소시비량에 따른 allantoin 함량은 큰 차이가 없었다.

### 인용문헌(REFERENCES)

Araghiniknam, M., S. Chung, T. Nelson-White, C. Eskelson, and R. R. Watson. 1996. Antioxidant activity of dioscorea

- and dehydroepiandrosterone (EHEA) in older humans. *Life Sci.* 59 : 147-157.
- Chen, H., C. Wang, C. T. Chang, and T. Wang. 2003. Effects of Taiwanese yam (*Dioscorea haponica* Thunb var. *pseudo-japonica* Yamamoto) on upper gut function and lipid metabolism in Balb/c mice. *Nutrition* 19 : 646-651.
- Durmus, A. S., M. Yaman, and H. N. Can. 2012. Effects of *extractum cepae*, heparin, allantoin gel and silver sulfadiazine on burn wound healing: an experimental study in a rat model. *Veterinari Medicina* 57(6) : 287-292.
- Hou, W. C., M. H. Lee, H. J. Chen, W. L. Liang, C. H. Han, Y. W. Liu, and Y. H. Lin. 2001. Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) tuber. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 4956-4960.
- Kim, M. W. and S. J. Lim. 1998. Effects of fractions of *Dioscorea Japonica* Thumb on blood glucose level and energy metabolism in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J. food and Nutrition.* 31(7) : 1093-1099.
- Kleene, R. and M. Schachner. 2004. Glycans and neural cell interactions. *Nature Review Neuroscience* 5 : 195-208.
- Kwon, C. S., I. S. Son, J. H. Shim, I. S. Kwon, and K. M. Chung. 1999. Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *Korean J. food and Nutrition.* 32(6) : 637-643.
- Kwon, E. K., E. M. Choi, and S. J. Koo. 2001. Effects of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECENE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33(6) : 795-801.
- Lee, S. C., C. C. Tsai, J. C. Chen, J. G. Lin, C. C. Lin, M. L. Hu, and S. Lu. 2002. Effect of Chinese yam on hepatonephrotoxicity of acetaminophen in rats. *acta Pharmacol. Sin.* 23 : 503-508.
- Onwueme, I. C. 1978. The tropical tuber crops; yams, cassava, sweet potato and coco yam. John Wiley Chichester, Uk.
- Park, S. G., D. K. Kang, Y. H. Kim, S. H. Chung, and B. S. Choi. 1999. Effects of trenching depth on tuber characteristics and yield in *Dioscorea opposita* Thunb. 7(3) : 167-171.
- Pusztai, A., and S. Bardocz. 1996. Tends glycosci. *Glycotecnol.* 8 : 149-165.
- Roppongi, K. 1998. Study on nutrient management in vegetable green house soil by real time diagnosis. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutri.* 69 : 235-238.
- Sagara, K., M. Ojima, K. Suto, and T. Yoshida. 1989. Quantitative determination of allantoin in *Dioscorea rhizome* and an oriental pharmaceutical preparation, hachimi-gan, by high-performance liquid chromatography. *Plant Med.* 55(1) : 93.