

과제구분	기본연구	수행시기	전반기		
중장기 Code	A	RIMS Code	2007B00110000049		
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
동해안 발작물 특성화 연구		재배생리 LS02	'00~	해안농업시험장 작물연구실	김두열
1) 동해안 식용마 대량증식체계 기술개발		특용.약용 LS0205	'05~'07	해안농업시험장 작물연구실	김기선
색인용어	식용마, 증식체계, 줄기삽목, 영여자				

ABSTRACT

Dioscorea. alata L, is a variety of Yam, has rapid growth velocity and excellent yield potential. It is, however, hard to cultivate because it does not produce bulbil at stems.

Therefore, The purpose of research was to develop technique that were able to get mass propagation in a short time by considering lateral bud culture by using plant hormone like JA-Me or micro tubers which were by using stem cutting.

The effect of kind of growth regulators(JAA, Kinetin, NAA, JA-Me) and concentration of the culture medium on formation of micro tubers was examined. JA-Me was shown to be the most effective among the growth regulator for lateral bud culture for Yam(*D. alata* L). Optimal JA-Me concentration was 2.0mg·L. Furthermore, experiment for production of seed tubers by using micro tubers will be made in the future.

In addition, The best results for propagation of stem cutting, It was combination of sand and fungicide, and survival ratio was 87% in situation(a node of a leaf) . It also find out possibility of production of seed tubers by micro tuber with stem of Yam(*Dioscorea. alata* L).

1. 연구목표

국내의 마에 대한 수요는 건강식품의 관심과 더불어 해마다 증가하고 있으며, 특히 생식 용외에 부가가치가 높은 가공식품 개발 및 기능성물질 추출 등 다양하게 연구가 시도되고 있다. 전세계적으로 마는 600여종 이상의 품종이 알려져 있으며, 재배지의 기후 및 토양에 따라 식용부위의 크기나 품질이 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 현재 우리나라에서 주로 재배되고 있는 계통은 장마(*D. batatas*), 단마(*D. japonica*)가 주종을 이루고 있으며 등근 마(*D. opposita*)도 점차 면적이 늘어나고 있다. 하지만 장마의 경우 괴경이 직근형으로서 토심이 깊은 하천변 미사질토양 환경으로 재배지가 한정되어 있고, 단마는 괴경의 형태가 불규

칙하여 상품성이 떨어지는 단점을 지니고 있다. 이에 비해 등근마는 수확작업이 쉽고 괴경의 고형물 함량이 다른 계통에 비하여 높지만 수량이 적고, 지상부 영여자가 거의 착생되지 않아 번식이 어렵다. 도입단마(*D.alata*)는 토질의 적응성이 다른 계통에 비하여 우수하며, 생장속도도 무척 빨라 기존 재래종에 비하여 2~3배정도 수량이 많다. 괴경형태는 원통형으로 가공에 적합한 형태를 지니고 있어 향후 대량생산 가능한 제품의 원료로 이용될 수 있다. 그러나 이 계통은 지상부의 영여자가 착생되지 않아 증식이 어려우며, 동절기에 저장성이 약하여 쉽게 부패되거나, 감모율이 높은 문제점을 안고 있다. 따라서 도입단마(*D.alata*)의 안정적 생산기반을 위하여 국내 재배가 가능한 계통의 특성검정과 우리나라 여건에 알맞은 재배법 개발, 대량증식 기술개발, 가공분야의 확대를 위한 저장환경 구명 등 체계적인 연구가 필요하다

2. 재료 및 방법

가. 도입단마(*D.alata*) 조직배양 이용 소괴경 생산 기술개발

시험재료는 도입된 계통중 생산성과 근형이 양호하고 저장성이 비교적 강하여 품종등록 예정인 일본수집종을 사용하였다. 배지의 치상시기는 도입단마의 경엽신장기인 7월상순부터 중순까지 줄기액아부분을 채취하여 사용하였으며 살균처리는 20% NaHCl₂액에 5분 침지 후 멸균수로 3회 세척하여 1% 벤레이트T액에 30분 침적 후 다시 세척하였다. 그리고 1% Chlorinate 수용액에 15분간, 70% 알코올에 1분간 침적 후 멸균수로 2회 세척하여 1절 절단면을 치상하였다.

1년차('05~'06)에서 배지조성은 기존 장마 및 단마의 경절조직배양에 생육이 양호한 것으로 보고되었던 5가지 배지조합(표 1)을 도입단마의 액아배양에 적용하였다.

표 1. 1차 배지조성('05~'06) (단위 : mg/L)

구 분	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
MS배지	기준량	1/2량	1/2량	기준량	기준량
Sucrose	3%	6%	3%	3%	3%
IAA	2	-	-	1	
Kinetin	2	-	-	1	1
NAA	-	1	-	1	1
Jasmonic acid	-	-	3	-	-
활성탄	0.1%	-	-	-	0.1%
Agar	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%

2년차('06~'07)에서 배지조성은 MS배지1/2, Sucrose 6%, Agar(8g/ℓ), 활성탄(1g/ℓ)을 기본배지로 소과경 착생에 적합한 성장조정제 JA(Jasmonic acid) 농도를 설정하기 위하여 무처리, 1, 2, 3, 4, 5mg/ℓ 수준으로 처리하였다. 배지의 조제 순서는 증류수에 처리별 성장조정제와 Sucrose 넣어 pH 5.7~5.8로 조정하고 가열하면서 0.7% 한천과 활성탄을 넣은 후 고압멸균기에서 120℃, 20분간 멸균하였다. 배양조건은 형광등 1,500lx 광도로 1일 16시간 동안 조명하고 배양 실내의 온도는 25±3℃로 유지되도록 조절하였다

나. 도입단마 줄기삽목 재배 기술 개발('06~'07)

소과경 생산을 위한 줄기삽목 시험은 시험포장에서 줄기를 1엽1절로 채취하여 시설하우스 내 육묘상자의 상토에 삽목하였다. 상토의 조합은 모래, 모래와 버미큘라이트(1:1), 버미큘라이트 3수준이며, 약제처리는 살균제(디치오카바메이트), 성장조정제(NAA) 5ppm, 루틴(분의)을 삽목 직후 1회 살포한 후 시기별로 생육특성을 조사하였다. '07년도에는 전년도 연구결과에서 생육이 가장 양호하였던 모래를 사용하여 7월1일부터 8월31일까지 15일간격으로 삽목한 후 생육 및 소과경 수량성을 조사하였다. 삽목상은 50% 차광막으로 터널을 설치하였고, 지표면이 마르지 않도록 관수를 조절하였으며 각 처리구당 20주씩 3반복으로 조사하였다.

다. 도입단마 소과경 종근 생산성

'06년도 줄기삽목 시험에서 생산된 소과경을 온실내 모래상자에서 움저장한 후 3월10일 72공트레이에 파종하여 관리하였다. 60일간 육묘한 소과경 트레이묘의 재식밀도는 60×25cm이며 정식한 후 H형 지주로 유인, 단마재배 기준으로 포장관리 후 10월25일 수확하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배지조합별 생육상황('05~'06)

치상 후 120일기준으로 배지종류에 따른 생육(표 2)을 보면 M₁배지에 첨가된 성장조정제 IAA, Kinetin 2mg/L의 효과에 대하여 이 등(1994)은 단마(*D. japonica*)의 액아배양시 IAA와 Kinetin에 활성탄을 첨가하는 것이 Shoot 유기에 가장 효과적임을 보고 하였고, Torpe(1980)는 기내배양체의 발근을 위하여 IBA, IAA와 cytokinin의 혼합 첨가가 유효하다고 하였다. 또한 성 등(1996)은 cytokinin류인 kinetin처리시 영양자로부터 맹아한 Shoot의 초기 기내생육이 매우 양호하다고 하였는데, 본 시험결과 도입단마의 액아조직배양에서는 신탄의 출아율 및 지상부 생육은 양호하여 이 등과 성 등의 결과와 일치하였으나, 발근정도는 약하여 소과경은 형성되지 않았다. 이것은 계통차이에 의한 생리적 반응이 다른 것으로 사료된다. 따라서 M₁배지는 도입단마(*D. alata*)의 Shoot 유기 및 지상부 생육상황이 다른 배지보다 가장 왕성하여 소과경 생산보다는 계대배양 통해 기내 대량증식을 위한 배지로 적합하였다. 소과경이 형성된 배지는 M₂, M₃배지로 특히 M₂ 배지에 첨가된 NAA는 오옥신류로서 근원기 형성에 필요한 물질로 알려져 있다. 장 등(1997)은 도입단마(*D. alata*)액아를 NAA 1mg/L가 첨가된 배지에 치상할 경우 지하부 소과경이 착생된다고 하였는데, 시험결과에서도 다른 배

지에 비하여 지상부 신초생장 보다 지하부 발근정도가 강하게 나타났으며, 지하부 소괴경 형성율도 38.3%로 가장 높았다. M₃배지는 Jasmonic acid 3mg/L 첨가된 배지로서 Jasmonic acid의 식물체내 작용은 일반적으로 발아나 광합성 등이 억제되는 반면, 저장 단백질의 형성이 촉진되고, 특히 감자괴근의 유기를 촉진한다고 알려져 있는데(변 등, 1995), 시험결과 M₂배지보다 흙아울과 지하부 소괴경형성율은 다소 낮게 나타났으나, 유일하게 지상부 액아에서 22.3%의 부정근이 형성되어 조적배양으로 지상부 소괴경 생산이 가능한 배지로 판단되어졌다.

표 2. 배지조합별 생육상황('05~'06)

구 분	출아율 (%)	엽수 (매)	출 아 일 수 (일)	발근 소요일수 (일)	발 근 ^b 정 도	소괴경 형성율 (%)	지상부 부정근율 (%)
M ₁	92.1	23.2	5	15	+	-	-
M ₂	73.2	9.8	6	7	+++++	38.3	-
M ₃	42.3	12.3	11	9	+++	12.2	22.3
M ₄	32.5	8.2	7	4	+++	-	-
M ₅	93.2	8.4	5	10	++	-	-

^b 발근정도 : +(약) → +++++(강)

표 3. Jasmonic acid 농도별 생육상황('07)

구 분	생존율 (%)	초장 (cm)	엽수 (매)	분지수 (개)	지상부 부정근	지하부 발근	소괴경수 (개/주)	지상부 소괴경형성율 (%)
무처리	74	9.2	9.0	2.2	+	++	2.2	86
1 mg/L	72	9.6	8.5	2.0	+	++	1.0	85
2 mg/L	71	11.9	10.7	2.3	++	++	1.8	93
3 mg/L	64	10.2	11.1	2.5	++	++	2.2	91
4 mg/L	56	8.2	13.5	2.3	+++	++	1.8	89
5 mg/L	46	9.5	17.0	2.0	+++	++	1.2	82

표 3에서 JA농도별 처리에 따른 생존율은 농도가 높을수록 낮아지는 경향을 보였다. 하지만 지상부의 부정근의 발생정도는 저농도보다 고농도에서 강하게 나타나 성장조정제 JA가 도입단마 액아의 부정근 유기에 일정 부분 관여하는 것으로 사료된다. 지상부 소괴경형성율은 1년차 3mg/L농도 처리의 22.3% 보다 모두 80%이상 양호하게 형성되었는데, 이것은 전자의 치상된 액아가 제대배양에 얻어진 기내액아인 반면 후자는 활력이 강한 실생액아를 이

용한 재료의 차이로 보여지며 추후 액아의 선택에 대한 정확한 검토가 요구되어졌다.

위의 처리결과를 종합해 볼 때 도입단마의 줄기액아를 조직배양으로 소괴경을 생산할 경우 1/2MS배지, Sucrose 6%, Agar(8g/ℓ), 활성탄(1g/ℓ)을 기본배지로 성장조정제 JA 2mg/L을 첨가한 배지조성이 가장 양호한 것으로 나타났다

나. 도입단마 줄기삽목 재배 기술 개발('06~'07)

식물체의 줄기삽목 방법은 종묘확보를 위한 효과적인 증식방법으로서 영여자가 착생되지 않지만, 지상부 생육은 왕성한 도입단마의 특성을 고려할 때 줄기삽목에 의한 소괴경 생산 기술 개발은 꼭 필요하다. 삽목에 대하여 Poulsen 등(1980)은 삽수의 부위 및 길이는 부정근 형성에 중요한 인자라고 보고 하였는데, 본 시험결과 도입단마 삽수부위로 줄기의 1엽1절을 사용하여 삽목할 경우(표 4) 모래 > 모래+버미쿨라이트 > 버미쿨라이트 순으로 생육이 양호하였다. 이는 도입단마의 줄기는 경경이 굵고 절단면이 넓어 토양의 물리적 공극이 버미쿨라이트에 비하여 작은 모래가 수분공급 측면에서 유리한 원인으로 사료된다. 약제처리 시험결과 성장조정제 처리보다 살균제(디치오카바메이트)표준농도처리의 활착율이 87%로 가장 양호하였는데, 이것은 덩굴성 작물인 더덕의 삽목시험에서 Pacllobutrazol 침지처리시 루트에 비해 부정근 형성 및 활착에 유리하다는 보고(김 등, 2004)를 감안할 때 삽목시기가 8월의 고온다습 여건에 따른 병발생의 억제작용에 의한 것으로 생각된다.

표 4. 상토종류 및 처리약제별 활착율('06) (단위 : %)

구분	약제처리			
	무처리	살균제	루톤	성장조정제
모래	71	87	75	77
모래+버미쿨라이트	66	81	67	60
버미쿨라이트	43	58	27	11

표 5. 줄기삽목 시기별 생육상황('07. 11월20일 조사)

구분	생존율 (%)	신초장 (cm)	분지수 (개)	절수 (매)	엽수 (개)	과 경			소괴경수 (개/주)	신초 발생율 (%)	소괴경 형성율 (%)
						길이 (mm)	폭 (mm)	무게 (g/개)			
1차(7/1)	82	26.5	1.6	63	9.0	16.9	15.7	3.1	1.6	96	95
2차(7/16)	85	45.0	1.0	7.5	9.5	16.6	15.8	2.9	1.1	95	93
3차(8/1)	84	11.5	1.2	4.1	4.1	14.6	17.2	1.8	1.1	92	95
4차(8/16)	80	13.7	1.0	3.2	3.9	14.3	11.8	1.3	0.8	66	75
5차(9/1)	81	12.7	1.3	2.7	2.2	10.1	10.4	0.9	0.6	33	42

삽목시기에 따른 묘 생육(표 5)은 시기가 빠를수록 신허장과 엽 등 지상부의 생육이 양호하였으며, 생존율은 80~85%로 처리시기에 관계없이 비슷한 경향을 보였다. 지하부 소괴경의 생육은 3차(8/1)삽목시기까지 90%이상의 소괴경 형성율을 보였으며, 이후에는 생육이 급격히 불량하였고 소괴경의 크기도 작아졌다. 이점은 조사시점인 11월 20일을 기준으로 소괴경 형성에 필요한 한계일수가 최소 110일 이상 확보되어야 안정적 소괴경 생산이 가능함을 의미한다. 따라서 도입단마 줄기를 다량으로 채취가 가능한 경엽신장기가 7월상순 이후 인점을 감안할때 소괴경 생산을 위한 삽목시기는 7월상~하순이 적합한 것으로 판단된다.

다. 도입단마 소괴경 종근 생산성(07)

표 6에서 전년도에 생산된 소괴경을 72공트레이에서 60일간 육묘하면 초장 7cm, 2~3매의 정식하기에 알맞은 플러그묘를 만들 수 있었다. 또한 묘를 노지포장에 정식 후 종근생산성을 검정한 결과(표 7) 주당 2.7개의 50g정도 종근이 생산된다. 따라서 영여자가 착생되지 않는 계통의 증식방법으로 지상부 줄기를 삽목하여 소괴경을 생산할 경우 종근의 자가생산이 가능함을 확인하였다.

표 6. 소괴경 트레이육묘 묘소질(07. 파종 후, 60일)

초장(cm)	엽폭(cm)	엽수(매)	절수(개)	줄기수(개)	출현 소요일수
7.1	5.4	2.2	2.1	1.6	32

표 7. 소괴경배배 종근 생육상황(07)

길이(cm)	괴 경			줄기수(개)
	폭(cm)	갯수(개/주)	무게(g)	
5.7	3.8	2.7	49.3	2.3

4. 적 요

가. 도입단마(*D.alata*) 조직배양 이용 소괴경 생산 기술개발

- M₁배지는 성장조절제 IAA, Kinetin 2mg/L처리로 출아율은 높았으나 발근정도가 낮았고 소괴경이 형성되지 않았음.
- 조직배양으로 소괴경 생산을 위한 배지는 1/2MS배지, Sucrose 6%, Agar(8g/ℓ), 활성탄(1g/ℓ), 성장조절제 JA 2mg/L을 첨가한 조성이 생존율 71%, 소괴경형성율 93%로서 가장 적합하였음.

나. 도입단마 줄기 삽목을 이용한 종근 생산기술

- 도입단마 줄기(1엽 1절)를 상토 및 약제처리결과 마사토 + 살균제처리구가 활착율 87%로 가장 양호하였음
- 도입단마 줄기의 삽목시기는 다량으로 채취할 수 있고, 안정적 소괴경생산이 가능한 7월상~하순이 알맞음.

다. 도입단마 소괴경 종근 생산성('07)

- 소괴경을 72공트레이에서 60일간 숙묘한 후 노지에 정식하면 주당 2~3개의 50g 정도 종근 생산이 가능하였음.

5. 인용문헌

- 1) 이효승, 이정일, 유수노, 김석동, 김성해. 1994. 산약의 기내배양에 미치는 배지 및 생장 조절물질과 활성탄의 영향. 약용작물학회지. 2(1):51~59.
- 2) Torpe, TA .1980. Organogenesis in vitro : Structural, Physiological and biochemical aspects., Int. Rev. Cytol., Suppl. II A : p. 71~111.
- 3) 성낙술, 박충현, 박준근, 이승택, 박상일. 1996. 마(*Dioscorea batatas* DECNE) 우량종묘 생산을 위한 생장점 배양 및 순화조건. 28(2):134~141.
- 4) 장광진, 유창연, 김남수, 허필준, 장용운. 1997. 다수확 우량 마(*Dioscorea. alata* L.)의 대량증식 체계 확립
- 5) 변재균, 정계동. 식물생장조절물질. 농원. p. 411~413.
- 6) Poulsen, A , A.S. Andersen. 1980. Propagation of *Hedera helix*. Influence of irradiance to stock plants. length of internode and topophysis of cutting. *Physio; Plant* 49:359~365
- 7) 김학현, 황주광, 신연동. 더덕의 수량증대를 위한 적심, 적화처리 및 삽목번식기술 개발. 2004. 한국원예학회지. 22(2):183~187.

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2007년도(3년차)	논문게재	마(<i>Dioscorea.alata</i> .L) 소괴경 생산을 위한 대량증식방법 고찰
2007년도(3년차)	영농활용	등근마(<i>D.alata</i>) 줄기삽목을 이용한 종근 생산

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
					05	06	07	08
책임자	해안농업시험장 작물연구실	지방농업 연구사	김기선	세부과제 총괄	○	○	○	
공동 연구자	"	"	조병욱	세부과제 자료 수집 및 분석	○	○	○	
공동 연구자	"	"	맹진희	시험사업 생육조사		○	○	
공동 연구자	해안농업시험장	지방농업 연구관	김두열	세부과제 조사분석 협의		○	○	