

씨마 대량생산을 위한 수경재배 조건 연구

장광진*, 이희선, 김현준¹, 박병재², 박철호²
한국농업전문학교, 고령지농업연구소¹, 강원대학교 생물산업공학과²

Development of Hydroponic Culture System for Seed Tuber Production of Yam (*Dioscorea opposita*)

Kwang Jin Chang*, Hee Sun Lee, Hyun Jun Kim¹, Byoung Jae Park²
and Cheol Ho Park²

Korea National Agricultural College, Hwasung, Kyonggi-do 445-893, Korea

¹National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyongchang 232-955, Korea

²College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University Chunchon,
200-701, Korea

Abstract - This study was carried out to establish of hydroponic culture system for year-round mass production of yam and for supply of disease-free seed tubers from the superior yam species. There were not difference in tuber weight between 9 hrs photoperiod(640mg) and natural photoperiod(600mg). However, longer photoperiod than 9 hrs such as 12 hrs and 15 hrs decreased tuber weight to 490 and 500g, respectively, which suggested that long photoperiod showed adverse effect for tuber enlargement. Tuber enlargement of *Dioscorea opposita* according to ionic strength was higher at 50% nutrient of Sanyak's standard solution. The optimal concentration of NAA for the best tuber growth showed at 100mg/L as a 560mg while control showed a relatively lower tuber growth(350mg).

Key words - *Dioscorea opposita*, Hydroponic culture, Year-round cultivation, Seed tuber production

서 언

마는 신라시대 향가인 서동요의 소재로 이용될 만큼 우리민족이 오래 전부터 널리 이용해 온 식물이다. 마의 껍질을 제거하여 말린 산약은 보양제로 한방치료에 많이 이용해 왔으며 최근 웰빙 생활패턴 속에 한약재뿐만 아니라 식용으로써 마의 수요가 증가하고 있는 실정이다(성 등, 2003).

이 중에 등근마는 장마와 단마보다 식미 및 가공성이 좋고 재배면에서도 생산비가 저렴하며 수확이 용이하다는 장점이 있어 마 재배 농가의 소득 증대에 기여하는 바가 매우 클 것으로 판단된다. 또한 등근마의 경우는 논으로의 재배확대가 가능하므로 토지 이용률을 증대 할수 있고 마 재배에서 나타나는 선충피해를 예방하여 품질이 좋은 등근마를 생산할 수 있을 것으로 기대된다(內藤, 1987).

마는 주로 지하영양기관인 괴경을 절단하여 번식시키는데 장마와 단마인 경우에는 잎 기부에서 발생하는 영양체인 영여자(霧余子)를 이용하기도 한다. 그러나 등근마는 장마나 단마와는 달리 자상부

영양체 번식기관인 영여자(주아)의 생성률이 매우 낮고, 형성된 영여자의 크기도 매우 작아 종묘로서의 이용이 불가능하다. 따라서 등근마의 종묘는 전적으로 전년도에 수확한 괴경에 의존해 왔다.

등근 씨마는 바이러스 감염률이 대단히 높고 종우비가 과도한 점이 재배희망농가의 가장 큰 애로사항으로 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서 조직배양으로 생성된 영여자를 씨마로 활용하는 방법을 고안하였다. 즉, 씨마로 이용 가능한 직경 20mm 이상으로 비대를 촉진시킬 수 있는 재배기술에 관한 연구를 바탕으로 수경재배법을 확립하여 이를 무병 씨마의 대량생산 기술로 발전시키고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에 사용된 재료는 조직배양을 통해 생산된 등근마(*D. opposita*)의 유식물체로 전개엽수가 2~3매, 초장은 평균10±2cm

*교신저자(E-mail) : chang@kn.ac.kr

Table 1. Nutrient composition used for culture of *D. opposita* in this experiment.

Division	Nutrient salt		Requirement (g/KL)
Macronutrient	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	Calcium nitrate	850
	KNO ₃	Potassium nitrate	455
	NH ₄ NO ₃	Ammonium nitrate	72
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	Magnesium sulfate	443
	KH ₂ PO ₄	Monopotassium Phosphate	122
Micronutrient	FeSO ₄ · 7H ₂ O	Ferric sulfate	15-25
	H ₃ BO ₃	Boric acid	2-3
	MnSO ₄ · 4H ₂ O	Manganese sulfate	2-3
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zink sulfate	0.22
	CuSO ₄ · 5H ₂ O	Copper sulfate	0.05
	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	Sodium molybdate	0.02

이며 소과경이 형성된 것을 각각의 시험용 묘로 이용하였다.

묘는 물로 세척한 후 유리온실 내 50 l의 플라스틱 수경재배기에 정식 후 1주일간 신문지로 덮어서 순화시켰다. 또한 배양액의 용존산소농도를 높이기 위하여 기포발생용 펌프를 설치하였고, pH는 5.8~6.3 범위를 유지시켰다.

일장이 소과경 비대에 미치는 영향

자연일장, 9시간 일장(명기9시간, 암기15시간), 12시간 및 15시간 일장 조건하에 30회 일장처리하여 일장이 소과경 비대에 미치는 영향을 조사하였다.

조직배양을 통해 생산된 둥근마의 묘는 수경재배상에 정식하여 100% 산약배양액(Table 1)을 공급하였다. 정식 30일 후 주당 지상부의 생체중을 측정하고, 지하부는 과경생체중, 횡경, 종경을 측정하였다. 자연일장 시험을 행한 9월 1일부터 9월 30일까지의 평균적 산일조시간은 172.1시간, 평균온도는 21.3℃였다. 9월 평균 최고온도는 26.3℃, 최저온도는 17℃였다. 처리구당 10주씩 이식하고 처리당 3반복으로 수행했다.

배양액의 농도가 둥근마의 비대에 미치는 영향

조직배양한 묘를 수경재배 용기에 정식한 후, 산약배양액을 50%, 70%, 100% 및 150%의 농도로 지하수를 이용하여 조성해 40일간 재배한 후 마의 과경비대에 미치는 영향을 조사했다.

각 실험구의 배양액은 pH는 5.8~6.0 범위를 유지시켰고 주1회 부족분을 보충하며 pH와 EC를 측정하여 주었다. 실험은 유리온실 내에서 처리구 당 12주씩 정식하고 처리 당 2반복으로 수행했다.

소과경 비대에 미치는 NAA의 영향

NAA는 0, 50, 100, 200mg/L로 보정하여 사용하였고, 각각의 농도별 용액에 조직배양을 통해 생산된 소과경 묘를 20주씩, 2반복으로 치상하고 5주 후에 생육 및 수량성을 조사하였다.

결과 및 고찰

일장이 소과경 비대에 미치는 영향

자연일장, 9시간 일장(명기9시간, 암기15시간)의 조건하에 30회 처리하여 주당 과경생체중, 횡경, 종경을 측정된 결과, 일장과 온도의 영향은 자연일장에서 과경이 600mg, 9시간 단일에서 640mg으로 큰 차이가 없었으나 12시간 처리구와 15시간 처리구에서는 490 및 500mg으로 각각 나타났다.

자연일장을 이용한 시험은 9월 1일부터 9월 30일까지 수행하였다. 9월의 평균적산일조시간은 172.1시간으로 단일조건하에 들어있었고 평균온도는 21.3℃였다. 그러나 9월 평균 최고온도는 26.3℃, 최저온도는 17℃로 주야간의 차이가 컸다. 자연일장을 제외하고 일장조절이 가능한 생육상에서 재배한 것을 감안하면 단일뿐만 아니라 주야간의 온도 변화도 과경비대에 영향을 미친다고 추정할 수 있다. 따라서 변온에 대한 시험도 추후 수행되어야 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

대부분의 식물들은 일조시간이 길어야 동화작용이 왕성해져서 유기양분의 생성이 잘되고 충실한 발육을 하여 수확물의 생산이 증가된다. 그러나 본 연구에서 둥근마의 과경 형성 및 비대를 촉진하는 환경요인으로 일장이 큰 영향을 주고 있는 것으로 밝혀졌다.

Table 2. Effect of photoperiod on enlargement of tuber in yam (*Dioscorea opposita*)

Photoperiod (hr)	Top weight (g)	Tuber		
		Width(mm)	Length(mm)	Weight(mg)
Natural	7.9	10.9±1.6	7.2±1.5	600±45
9	6.8	11.5±1.8	8.1±1.7	640±36
12	4.7	9.7±2.3	6.7±2.8	490±39
15	5.4	9.5±2.8	7.1±1.5	500±44

Table 3. Effect of ionic strength on the growth of yam (*Dioscorea opposita*)

Ionic strength (%)	No. of leaves	Tuber		
		Width(mm)	Length(mm)	Weight(mg)
50	4.9±2.8	10.9±1.6	6.4±1.5	420±44
70	2.9±1.8	10.1±2.8	6.4±1.7	350±32
100	3.0±1.4	10.3±2.3	6.2±2.8	281±34
150	3.2±2.1	10.4±2.6	7.1±2.4	380±43

林과 石畑(1991)은 *Dioscorea alata* 계통의 마에서도 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보고 한 바 있다. 즉, 마 괴경비대에 관여하는 조건에 관하여 林, 石畑(1990, 1991)는 *D. alata*는 온도 조건보다는 일장에 더 큰 영향을 받았다고 보고하였는데, 본 실험에서도 비대의 요인은 단일조건일 가능성이 높은 것으로 보인다.

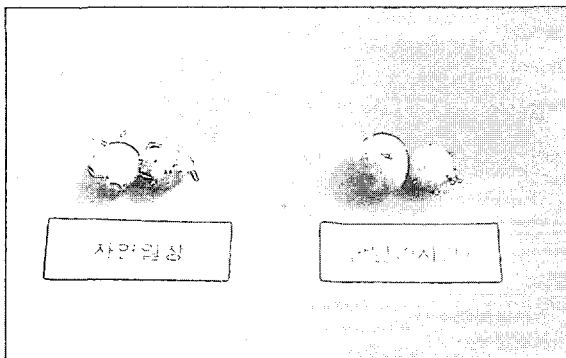


Fig. 1. Non-treatment (Natural Photoperiod): left and 9 hour Photoperiod: right.

배양액의 농도가 등근마의 비대에 미치는 영향

배양액의 농도가 등근마의 비대에 미치는 영향을 조사하기 위하여 육묘한 마를 물로 세척한 후 50 l의 플라스틱 수경재 배양기에 정식하였다. 양액은 산약액(Table 1)을 각 50%, 70%, 100%, 150% 농도로 지하수를 이용하여 조성하여 40일

간 처리한 후 배양액의 농도가 마의 괴경비대에 미치는 영향을 조사했다(Table 3).

배양액의 농도에 따른 등근마의 잎수, 괴경 횡경, 종경 및 무게는 Table 3과 같다. 등근마의 잎수는 산약 배양액 50% 용액에서 4.9개, 70% 용액에서 2.9, 100% 용액에서 3.0, 150% 용액에서 3.2개가 형성되었는데 가장 낮은 농도인 50% 용액에서 지상부의 생장이 크게 증가하여 잎수도 증가하였다. 본 시험의 주 목적인 마 괴경 비대는 50% 용액에서 420mg로 70% 용액에서 350, 100% 용액의 281, 150% 용액에서 380mg보다 크게 나타났다. 이와 함께 50% 용액에서 괴경의 횡경, 종경도 다른 처리구에 비해 좋은 결과를 나타내었다. 50% 용액에서 괴경의 횡경 및 종경은 기내배양에서도 같은 결과를 보이는데(Chang, et al., 1995) 생육 초기의 괴경 비대에는 저농도의 배양액이 효과가 있는 것으로 사료된다. 그러나, 50% 용액의 괴경 형태가 등근형태에서 약간 평평한 형태로 변하는 것은 배양액의 농도에 따라 마의 성장 양상이 변화되는 것으로 보인다. 앞으로 비대 시기에 따른 배양액 농도 증감에 대한 연구가 더 필요하다고 생각된다.

NAA가 소괴경 비대에 미치는 영향

식물의 생장은 식물 호르몬의 변동이 깊이 관여하며 특히 NAA 등 옥신류의 성장조절물질이 마의 괴경 형성 및 비대에 효과적 이라고 알려져 있다(Chang, et al., 1995). 본 실험에서는 NAA 농도에 따른 마의 성장을 조사하였으며 이 결과를 Table 4에 나타

Table 4. Effect of NAA concentration on the growth of yam(*Dioscorea opposita*)

Conc. of NAA(mg/L)	Weight of tops (g)	Tuber		
		Width(mm)	Length(mm)	Weight(mg)
control	6.3	8.9±3.6	7.2±3.5	350±21
50	5.0	9.1±2.8	7.4±2.7	450±23
100	5.6	12.3±3.3	9.9±2.8	560±20
200	5.4	10.4±3.8	8.2±3.5	500±27

내었다.

NAA를 50, 100, 200mg/L로 조절한 용액에 각각 농도별로 침지 처리하였으며 처리 후 20주씩 치상하여 5주후 조사하였다.

등근마의 지상부 생체중은 대조구에서 6.3g으로, NAA50mg/L에서 5.0g, 100mg/L에서 5.6g 및 200 mg/L에서 5.4g보다 무거웠다. 이와 달리 지하부의 괴경중은 대조구에서 350mg, NAA 50mg/L에서 450mg, 100mg/L에서 560mg 및 150 mg/L에서 500mg으로 대조구보다 증가하였다. 등근마는 NAA 100mg/L에서 가장 큰 비대효과가 있어서 효과적으로 이용할 수 있는 것으로 사료된다.

등근마의 수경재배 종유작출을 위해서는 대량생산이 가능해야 하고 대량생산을 위해서는 균일한 비대가 되어야 한다. 괴경 비대를 위하여 NAA의 처리가 효과적 이었다. 그러나 계절적 환경에 따라 비대율이 변하는 점에 관해서도 연구가 병행되어야 할 것으로 생각된다.



Fig. 2. Growth of *D. opposita* according to NAA concentration (NAA conc: 0, 50, 100 and 150 mg/L).

영양변식을 하는 감자는 바이러스에 의한 씨감자의 병리적 퇴화가 생산성에 커다란 영향을 미치므로 씨감자 생산은 전문기관을 두어 기본종-기본식물-원원종-원종-보급종 등 5단계의 증식체계를 세워 국가에서 무병씨감자를 생산하여 농가에 보급하고 있으며(Lee, 1987) 병이 없는 양질의 씨감자를 생산하기 위하여 기술

수준, 규모, 예산 등의 여건에 따라 감자 관련기관 및 업체들이 조직배양 기술을 통하여 무병식물체를 획득한 후 경삽, 기내소괴경 생산기술 등을 이용하여 상위급 종서를 생산하고 있다(Kim *et al.*, 1993, 1994).

등근마도 현재 건강식품의 하나로 각광받고 있고 농가수익성 등이 뛰어나 재배희망농가가 급증하고 있다. 그러나 비싼 종유비용 및 씨마보급 체계가 확립되지 않아 재배면적의 확대에 가장 큰 장애인으로 작용하고 있다. 감자처럼 등근마의 새로운 종묘생산체계의 개발은 절실한 실정이라 생각된다.

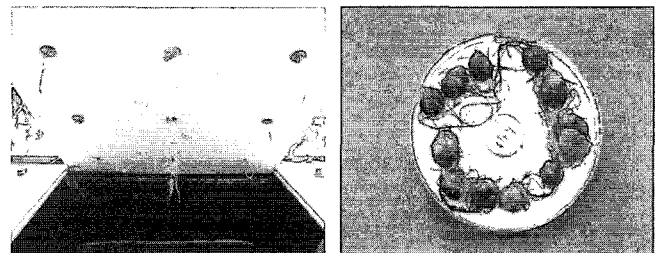


Fig. 3. Portable set for hydroponic culture Fig. 4. Dungungma harvested 30 after inoculation.

특히 수경재배 소괴경의 경우 언제라도 연중 계속 생산하여 저장하였다가 적기에 파종할 수 있는 장점이 있으나(Yiem *et al.*, 1990) 배양시 투여되는 막대한 시설비, 인건비를 감안하면 비교적 단순한 시설을 이용하는 양액재배방법이 훨씬 경제적인 것으로 생각되었다. Fig. 3와 4에서 보는 바와 같이 시설 내에서 관수 등 집약관리가 안되면 수량을 기대하기가 어려우며 환경적응성이 약해서 건조하면 말라죽고 습하면 부패 위험이 높아 농민이 직접 파종하기에는 어렵다. 그러나 수경재배산 종유는 Table 3와 4에서 보듯이 개당 크기가 5g 정도로 짧은 기간 내에 대량생산이 가능할 것으로 생각되었다.

더욱이 분할하지 않는 통마의 형태로 파종되기 때문에 기계파종이 용이하고 파종 후 씨마의 부패를 방지할 수 있는 효과도 기대할 수 있다. 현재 상토재배로 조직배양산 씨마를 대량생산하고 있으나 보다 효율적인 수경재배 방법이 제시되리라 본다. 마의 소비량이

증가하고 생산량이 확대되어 농민이 필요로 하는 양으로 공급하고 자 할 때 수경재배를 포함하여 효율적인 종우 생산기술을 추가적인 연구를 통하여 보다 체계화할 필요가 있다.

적 요

1. 일장과 온도의 영향은 자연일장에서 괴경이 600mg, 9시간 단일에서 640mg으로 큰 차이가 없었으나 12시간 처리구, 15시간 처리구에서는 490, 500mg으로 일장이 영향을 미쳤다.
2. 배양액의 농도가 마의 비대에 미치는 영향을 조사한 결과 양액은 50% 용액에서 420mg으로 다른 처리구에 비해 높게 나타났다.
3. 호르몬농도는 NAA100mg/L에서 560mg으로 무처리 및 다른 농도구에 비하여 가장 좋았다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 자생식물이용기술 개발사업단의 연구비지원(과제번호 PF0310108-00)에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

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.

林滿, 石畑清武, 1990. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の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.) の生育特性. 熱帯農業 34: 151-155.

林滿, 石畑清武, 1991. ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の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.) の生長におよぼす環境要因の影響. 熱帯農業35(2): 79-83.

홍정기, 함승시, 박철호, 장광진, 김원배. 1999. 산채생산이용학. 도서출판 진술(서울) pp. 406

Kim H. J, K. S. Kim, W. B. Kim and K. S. Choi. 1993. Studies on small seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J Agri Sci 35: 524-529

Kim H. J, S. Y. Ryu, B. H. Kim, J. K. Kim and B. H. Hahn. 1994. Seed potato production in Korea. Proceedings of fourth APA Triennial conference 1: 179-185

Lee C. D. 1987. Alpine agriculture. Kangwon Univ., Press. pp. 115-131

内藤幸雄. 1987. ヤマノイモ-栽培・貯藏・利用. 農山漁村文化協會 pp. 33-66.

성환길, 장광진, 변성애. 2003. 건강식물의 효능과 이용. pp. 351. 문예마당. 서울

Yiem M.S., Y. H. Park, J. K. Kim, S. Y. Kim, H. M. Cho and B. H. Hahn. 1990. Studies on seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by microtuberization and its practical use. Res. Rept. RDA (H) 32: 46-53

(접수일 2005.12.12 ; 수락일 2006.3.19)