

培養系を利用したサトイモの簡易増殖法

新井正善

A Simple Micropropagation System of Taro (*Colocasia antiquorum* Schott var. *esculenta* Engl.)

Masayoshi ARAI

目 次

I 緒 言	15	2. 研究結果	35
II サトイモにおける大量増殖技術の確立	16	3. 考 察	36
1. 供試材料と試験方法	16	4. 要 約	37
2. 研究結果	19	V 種芋の簡易保存法確立	38
3. 考 察	29	1. 供試材料と試験方法	38
4. 要 約	31	2. 研究結果	38
III 植物ホルモンを用いない増殖法の簡易化	32	3. 考 察	41
1. 供試材料と試験方法	32	4. 要 約	41
2. 研究結果	32	VI 総合考察	42
3. 考 察	34	VII 摘 要	43
4. 要 約	34	付 記	44
IV 簡易増殖法により得られた種苗の生育と収量	34	引用文献	46
1. 供試材料と試験方法	34	Summary	47

I 緒 言

サトイモは熱帯アジアを原産地とする暖かい気候を好む栄養繁殖性の植物である²⁾。秋田県でも「山内いものこ」でなじみの深い作物で、山内村を中心とした横手・平鹿地方を主産地とする(附表1)。この地方を含め、冬季に雪が多く気温も低い地域では種芋の保存が難しく、貯蔵方法の開発が重要課題となってきた。種子消毒により貯蔵率が高まるとの報告もある¹⁾ものの、いまだ満足すべき結果が得られていない。現地では種芋確保のため、選抜した優良系統を千葉県など関東地方で委託生産している。しかし、生産量が安定せず種芋単価が年毎に大きく変動している上、年々高騰する傾向にあり、生産農家への負担が大きくなっている(附表2)。また、都市化に伴う土地不足や委託生

産者の高齢化及び後継者不足が問題となっており、将来的に安定した種芋供給が難しくなっている。こうした状況から、JAあきたふるさと(旧横手農協)山内支所より、安定した優良種苗確保のため、培養系利用による大量増殖の試験が要望されていた。この要望に応えるため、秋田県での主産地である山内村で状況を調査した結果、種芋保存の難しさだけでなく、栽培中に親芋部分から腐敗が進行する病気が蔓延している現状も確認した。現地では連作傷害を避けるためサトイモ栽培の経験がない圃場での栽培を行っているにも関わらず、この現状は変わらないことから、種芋が病気に感染していると推察される。

このことから、安定した種芋生産のためには優良無

病種苗を確保することが必要であると考えられる。優良無病種苗の確保には培養系を利用したクローン増殖が有効である^{7, 8)}。培養系による大量増殖法が確立されれば、選抜した優良系統を短期間で増殖することが可能となる。茎頂分裂組織は葉など他の部位と異なり、そのままシュートに発達する組織であり、ウイルスなどの病原体が存在しないことが知られており、茎頂培養は優良無病種苗のクローン増殖に多くの園芸作物で利用されている^{4, 7, 8)}。サトイモでも優良無病種苗生産に有効な手段であると考えられる。しかし、サトイモは従来、枝変わり選抜を中心として育種されてきた²⁾経緯があり、培養系を利用しても変異が多発する可能性が危惧される。また、各地の試験研究機関から培養変異が報告されている^{3, 5)}。従って、優良無病種苗の生産には変異を発生させない培養方法の開発が必要である。さらに、種芋の安定生産のためには、種苗の増殖体系の確立と種苗から種芋を生産する技術の開発が必要である。しかし、サトイモでの大量増殖による種苗生産の実用例は少なく、秋田県の気候に対応した現地生産の検討も必要である。

以上のことから、本研究では優良無病種苗の生産体

系を確立するため、茎頂培養手法と変異発生頻度との関係、茎頂培養で得られた培養物の増殖方法と変異発生頻度との関係、変異発生のない増殖方法の確立簡易化、及び、簡易増殖法により得られた種苗の現地での生育特性について検討した。その結果、簡易な手法による優良種苗生産法が確立したので報告する。併せて、現地では種芋の自前生産の希望が強いため、培養苗を栽培して得た芋の保存についても検討したので報告する。

報告にあたり、現地栽培試験の実施では山内村・照井儀兵衛氏、西仙北町・嵯峨重昌氏、山内村農政課、JAあきたふるさと山内支所、山内村里芋生産者組合、横手地域農業改良普及センターにそれぞれご協力をいただいた。特に山内村・照井儀兵衛氏には多大な労をお願いした。また、大潟村試験圃場での栽培管理には圃場管理業務の田口正敏氏（現秋田県花き種苗センター）、成田修二氏（1997年度退職）及び、非常勤職員の和田節子氏に、培養試験には囑託の佐藤恵美子氏、加成徳子氏（1997年度退職）に、多大な労をお願いした。ここに記して謝意を表する。

II サトイモにおける大量増殖技術の確立

本研究の目的である優良無病種苗の生産体系を確立するためには、茎頂培養による優良系統の無病化及びクローンの大量増殖技術確立が必要である。しかし、既に述べたように、サトイモでは培養変異が危惧されるため、増殖個体の形質を確認し、変異発生のない培養手法を選定することが不可欠である。このため本章では、茎頂培養手法、茎頂培養で得た培養物を大量増殖する手法、及び、各培養手法の変異発生について検討するため、茎頂培養試験、継代培養試験、圃場栽培試験を行った。茎頂培養試験では、培地に添加する植物ホルモンの組成及び茎頂採取部位と得られる培養物の種類について検討した。サトイモの増殖では、増殖時の植物ホルモン添加の効果が報告されている^{8, 10)}。また、種芋分割による増殖が報告されている⁵⁾一方、培地中のシヨ糖濃度を高めると塊茎形成が促進することが認められている（1986年山口県農業試験場成績概要）。そこで本研究では、植物ホルモンを用いて増殖した個体の形質変異発生について検討した。また、植物ホルモン添加では高い増殖率が期待されるものの、

形質変異の発生が危惧されるため、植物ホルモンを用いない塊茎を利用した増殖方法について検討した。圃場栽培試験では各増殖個体の形質変異発生を調べるため、生育中の植物体及び収穫物の諸形質について調査した。さらに、圃場栽培は冬季に行うことができないため、冬季に増殖個体の形質変異発生を調べる一手段として温室におけるポット栽培の可能性について検討した。

1. 供試材料と試験方法

1) 供試品種

山内村農家から調達した現地の主力品種である土垂を供試品種系統とした。

2) 基本培地と培養条件

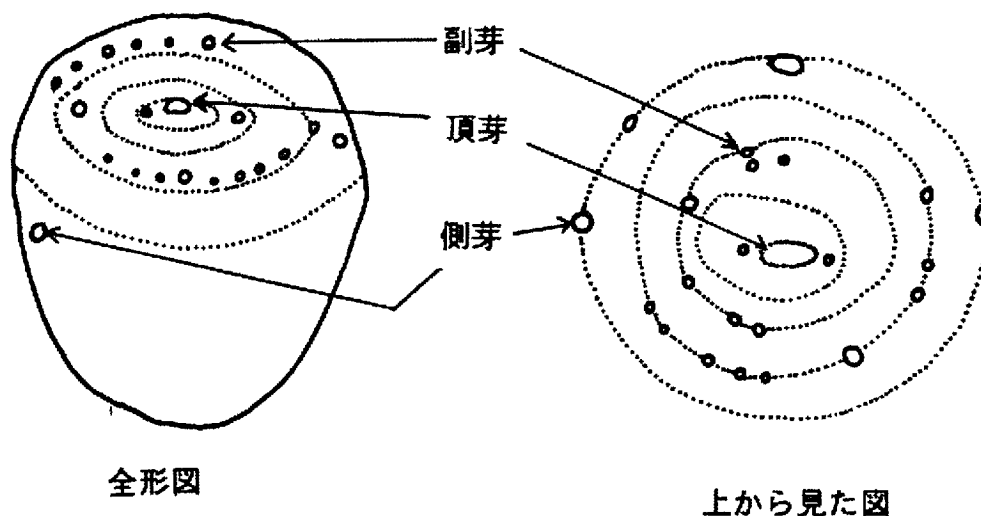
シヨ糖87.7mM (30g/L)を含むMurashige-Skoogの培地⁹⁾(MS培地)を改変した液体培地を基本培地とし、試験に応じて、植物ホルモン、種々の糖類、及び、寒天8g/Lまたはゲランガム2g/Lを添加した。いずれも、pH5.8に調整後、25mL容ガラス管ビンの場合には10mLずつ、200mL容培養ビンの場合は25mL

ずつ分注し、121℃、15分間、オートクレープで殺菌した。各培養は25℃、 $26 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、16時間日長で行った。

3) 茎頂培養

サトイモの種芋における芽は頂部に頂芽が1つ、その周りに数個の側芽と多数の副芽が同心円状に分布している(第1図)。そこで、種芋の根や土を大まかに取り除いた後、各芽を含む1片1~2cmの切片を調整した。各切片を流水中で1時間洗浄後、 1gL^{-1} 塩化ベンザルコニウム液で15分間、次いで、 1gL^{-1} 次亜

塩素酸ナトリウム液で30分間表面殺菌後、滅菌水で2回洗浄した。培地は基本培地に α -ナフタレン酢酸(NAA)、インドール-3-酢酸(IAA)、6-ベンチルアミノプリン(BA)、カイネチン(kin)を添加し、 8g L^{-1} 寒天または 2g L^{-1} ゲランガムを含む固形培地、及び、液体培地を用いた。いずれも、培養器は25mL容ガラス管ビンとした。各品種系統の種芋から採取した径約0.5mmの大きさの茎頂を各培地に置床後、2ヶ月間培養した。



第1図 サトイモの芽の分布

4) 継代培養

継代用には特に断らない限り、 8g L^{-1} 寒天を含む基本培地を用いた。植物ホルモンの添加試験ではNAA及びBAを0~ 10mg L^{-1} 添加した培地で、培地の支持体試験では液体培地、 8g L^{-1} 寒天または 2g L^{-1} ゲランガムを含む固形培地を用いた。茎頂培養で得られた培養物のうち、多芽体の場合は径5mmの大きさに切り分けた。シュートあるいは植物体の場合は余分な葉や根を取り除いた後、1芽ごとに切り分けた。これらを継代用の培地に移植し、固形培地では静置で、液体培地では静置または60rpmで振とうし、2ヶ月間培養した。また、必要に応じて、1芽ごとに切り分け、さらに継代培養を行った。

塊茎を利用した増殖の可能性を確かめるため、まずシヨ糖濃度の異なる継代用培地でシュートを培養し、塊茎の形成・肥大とシュート及び根の生長について調べた。また、培養中のシヨ糖濃度変化の影響を調べるため、シュートを基本培地で培養後シヨ糖濃度の異なる

培地を再添加して培養した。一方、シヨ糖以外の糖の影響を調べるため、基本培地のシヨ糖濃度を 0.05M (17.1g L^{-1})とし、各糖を $0.05 \sim 0.25 \text{M}$ 添加して培養した。次に、塊茎に形成されている複数の腋芽を利用した増殖の可能性を検討するため、植物体から塊茎を切り離して培養し、シュート形成数や塊茎形成数について調査した。調査したデータは必要に応じて、Turkeyの多重比較法による分散分析を行った。

継代培養で増殖した個体のうち、発根していないもの及び草丈が2cm以下のものは、1芽ごとに切り分けた後、基本培地で培養して植物体を伸長及び発根させ、次の順化・育苗に用いた。

5) 順化・育苗

発根した植物体は水道水で培地を洗い流した後、育苗培土(げんきくん1号、コープケミカル)を入れた6cmまたは7.5cm黒ポリポットに植え付け、プラスチックカバーで覆い、最低温度 15°C のガラス温室で管理した。2週間かけてカバーを徐々に外し、生育に応じて

鉢替えをし、定植時まで育苗した。

6) ポット栽培

基本培地で発根した培養苗を順化後、以下の3つの試験を行った。試験1：順化後、7.5cmポリポットで育苗し、最低温度20℃のガラス温室内で生育に応じて15cmポリポットに鉢替えして栽培した。順化開始は1994年10月18日、育苗期間は同年11月2日～12月1日、4月18日に掘り上げ、収穫物を調査した。試験2：順化後、7.5cmポリポットで育苗し、15cmポリポットに移植して温室外で栽培した。順化開始は1995年5月11日、育苗期間は同年5月28日～6月25日、11月10日に掘り上げて収穫物を調査した。試験3：試験2のポット栽培で得られた親芋、子芋、孫芋を乾燥・調製後、市販の育苗培土を入れた7.5cmポリポットに植え付け、最低温度20℃のガラス温室内で栽培した。植え付けは1995年12月25日、1ヶ月後に15cmポリポットに鉢替えし、1996年4月18日に掘り上げて収穫物を調査した。いずれの試験も、葉が枯れ始めたら灌水を中止し、完全に乾燥後、掘り上げて調査した。

7) 試験圃場栽培

順化・育苗した培養苗、及び、1作して得た子芋を大潟村の生物工学部試験圃場(1994～1996年)、山内村土淵の照井儀兵衛氏圃場(1995～1996年)、及び西仙北町土川上野の嵯峨重昌氏圃場(1995年)で試験栽培した。いずれもサトイモ栽培の経験がない圃場を用い、大潟村試験圃場では元肥として、チッソ10.4kg/10a、リン酸18.4kg/10a、カリ8.4kg/10a、苦土石灰24.8kg/10a、堆肥2,000kg/10aを施肥した。他の試験圃場では現地慣行法に準じた。

(1) 1994年度

培養苗の特性、特に植物ホルモンの影響を調べるため、培養経歴の異なる各系統を生物工学部の大潟村試験圃場で試験栽培した。1993年8月26日～1994年4月12日にかけて順化した培養苗を最低温度15℃のガラス温室で定植時まで育苗した。定植は5月23日、畝幅1m、株間50cmの1条植えとした。また、必要に応じて灌水を行った。

(2) 1995年度

圃場2作目での植物ホルモンの影響を調べるため、1994年度に圃場栽培した各培養系統の収穫物を種芋として再び大潟村試験圃場で栽培し、特性を調査した。また、現地試験として、山内村土淵の照井儀兵衛氏圃場及び西仙北町土川上野の嵯峨重昌氏圃場で試験栽培を行った。

大潟村試験圃場では培養苗と1作球の特性を比較した。培養苗は系統により、4月20日、5月11日、5月24日の3回に分けて行い、定植時まで最低温度20℃のガラス温室内で育苗した。定植は6月2日と6月8日の2回に分けて行った。

山内村圃場では在来種芋と培養由来種芋の特性比較及び培養由来種芋の大きさによる生育と収量の比較を目的として、培養苗を1作して得られた子芋(10～50g)の試験栽培を行った。対照は50g以上の在来種芋とした。併せて、現地での培養当代苗(当年順化・育苗苗)の生育特性を調べた。定植は子芋が5月19～20日、培養当代が6月24日とした。さらに、栽培地域による違いを調べるため、西仙北町圃場でも試験栽培した。対照として50g以上の種芋、試験区として培養苗を1作して得られた子芋(10～50g)を供試材料にし、5月19日に定植した。いずれも畝幅1m、株間50cmの1条植えのマルチ栽培とし、他は現地慣行栽培に準じた。

(3) 1996年度

植物ホルモンを用いない増殖手法で得た培養苗及び培養苗1作球の特性を大潟村試験圃場及び山内村圃場で調べた。供試材料は培養苗を圃場で1作して得た子芋、培養苗を最低温度20℃のガラス温室内でポット栽培して得た芋を用いた。各芋は4月19日より最低温度20℃のガラス温室で発芽させ、同温室内で市販の育苗培土を入れた15cmポリポットで定植まで育苗した。畝幅1.2m、株間50cmの1条植えのマルチ栽培とし、必要に応じて灌水を行った。定植はいずれも5月21日に行った。

8) 試験栽培での調査

本試験では形質変異のない、あるいは、非常に起こりにくい培養による増殖方法の確立を目的としている。そこで、形質変異が認められた場合の原因を究明するため、茎頂の違い、継代培養回数、茎頂の違い、継代培養回数、茎頂培養及び各継代培養時の培地の種類など、培養経歴の異なるものをすべて別系統として調査した。圃場での栽培は1994～1996年にかけて行ったが、各年の天候が大きく異なった(付表4～7)。同一系統でも栽培年により生育時の諸形質や収量などが大きく異なったため、栽培年度ごとに各系統間の比較を行った。

生育時に草丈、最大葉長、最大葉幅、芽数、斑入り・葉柄部の着色・葉鞘部の奇形・葉身面の奇形など形態的奇形の有無を調査した。調査日は1994年9月13日、1995年9月4～19日、1996年8月26～30日とした。また、掘り上げ時に親芋重、子芋の大きさ別の数、奇形

芋の数などを調査した。掘り上げ日は1994年11月21～22日、1994年10月19、24～25日、1996年9月9日、10月21日、11月12日とした。

調査したデータは必要に応じてTurkeyの多重比較法による分散分析を行った。

2. 研究結果

1) 茎頂培養

第1表に茎頂培養結果を示す。生存率と添加植物ホルモンの濃度との間には相関関係が認められず、他の要因の関与が考えられた。シュートの形成は植物ホルモン無添加区でも観察されたが、0.3mgL⁻¹以下のBA添加で形成数が増加した。根及び塊茎の形成はNAA 0.01～0.1mgL⁻¹及びBA0.01～1 mgL⁻¹の添加で高くなる傾向が認められた。BA0.1～1 mgL⁻¹で多芽体が

形成され、NAA0.03～0.1mgL⁻¹添加で形成率が高まった。一方、いずれの区でもPLBは形成されなかった。カルスは添加する植物ホルモン濃度が高くなると形成率も高まる傾向が認められた。このように、土垂の茎頂培養は基本培地でも可能であるが、大量増殖に有利な多芽体や複数のシュートを得るにはNAA及びBAの添加が必要であった。多芽体の形成率はNAA0.1mgL⁻¹及びBA0.03mgL⁻¹添加区で、シュート形成数はNAA0.1mgL⁻¹及びBA0.3mgL⁻¹添加区で、最も高かった。

茎頂の採取部位と茎頂培養結果の関係を第2表に示す。本試験で行った表面殺菌法では頂芽ほど生存率が低かった。また、生存した茎頂は頂芽が最もシュート、根及び塊茎の形成率が高かった。

第1表 茎頂培養結果

ホルモン(mgL ⁻¹)		生存率 (%)	組織・器官形成率 (%)						シュート形成数	
NAA	BA		シュート	根	多芽体	塊茎	カルス	肥大のみ		
0	0	30	100	33	0	33	0	0	1.0	
	0.01	40	100	100	0	100	0	0	1.0	
	0.03	50	40	40	0	20	20	40	0.4	
	0.1	50	100	80	40	80	20	0	2.2	
	0.3	40	100	50	25	50	75	0	2.5	
	1	30	100	100	67	67	67	0	2.7	
	3	30	0	0	0	0	100	0	0	
	0.01	0	55	91	91	0	91	0	0	0.9
		0.01	70	100	71	0	100	0	0	1.0
0.03		60	100	67	0	100	0	0	1.0	
0.1		70	100	100	0	100	0	0	2.7	
0.3		45	100	67	0	100	0	0	3.3	
1		50	80	60	40	100	60	0	2.0	
0.03	0	55	100	73	0	100	18	0	1.0	
	0.01	40	88	63	50	75	0	25	2.0	
	0.03	30	50	33	33	83	17	0	0.7	
	0.1	70	100	57	14	79	0	0	1.0	
	0.3	40	75	75	38	50	38	0	1.9	
	1	60	100	58	8	58	33	0	1.4	
0.1	0	50	100	80	40	80	40	0	2.0	
	0.01	30	100	100	33	100	33	0	1.3	
	0.03	40	60	100	75	100	50	0	2.3	
	0.1	50	80	80	40	60	40	20	3.4	
	0.3	50	100	80	40	80	80	0	4.6	
	1	60	100	100	38	100	83	0	1.2	
IAA	kin	60	33	17	33	0	50	50	0.5	
	0.1	54	86	100	0	43	14	0	1.0	

試験年度：1993年。置床数は1区当たり10～20個。生存率：置床した茎頂の数のうち、組織・器官(肥大のみを含む)を形成した茎頂の比率。組織・器官形成率：生存した茎頂のうち、各組織・器官を形成した茎頂の比率。シュート：分割可能な大きさのシュート。多芽体：1芽ごとに分けることのできない大きさの小芽の塊。塊茎：芋状の構造をし、腋芽を持つもの。肥大のみ：2ヶ月間培養後でも径約5mm以下にしか生育せず、いずれの組織とも判別できないもの(生育後、枯死したものを含む)。シュート形成数：(総シュート数)/(生存茎頂数)。

第2表 茎頂の摘出部位と茎頂培養結果の関係

茎頂摘出部位	生存率 (%)	シュート形成率 (%)	シュート形成数 (本)	発根率 (%)	塊茎形成率 (%)
頂芽	33	100	1.7	67	33
側芽	47	50	0.5	50	0
副芽	74	88	1.0	47	13

試験年度：1993年。置床数は1区当たり10～20個。他は第1表と同じ。

2) 植物ホルモンを用いて増殖した個体の形質変異
 第3表に種々の濃度の植物ホルモンを添加して茎頂培養及び継代培養した培養系統の生育調査結果を示す。茎頂培養時にNAAを添加すると形質変異個体が発生し、濃度が高まると発生頻度も高まった。しかし、茎頂培養時にBAのみ添加した場合(系統1)は形質変異の発生が認められず、同一培地で1回継代すると草丈及び葉の大きさが増大し、芽数は減少した(系統8)。基本培地で1回継代(系統7)すると同様な結果が得られたが、BA添加区に比べて草丈や葉は小さかった。また、BA添加区には認められなかった形質変異がこの区では観察された。他の試験区では形質変異が認められるか、草丈や葉の大きさが著しく低下した。特に、NAA、BAともに高濃度の区で顕著であった。これら各系統の収穫調査結果を第4表に示す。茎頂培養時のNAA添加は親芋重、子芋数、総重量、長形率、いずれも低下させた。茎頂培養時にBAのみを添加した系統では、継代回数が多いほど、また、継代培養時の添加植物ホルモン濃度が高いほど、収量が低くなる傾向が認められた。長形率と他の調査項目及びホルモン濃

度との間に相関関係は認められなかった。継代培養時にNAAを添加した系統(11~17、21~30)は収量が低い傾向が認められたが、同時にBAを添加し、その後基本培地で継代した一部の系統(13、19、20、26)では収量が高まった。以上のように、植物ホルモンを添加して茎頂培養及び継代培養した場合、一部の組み合わせでは生育や収量が高まるものの、繰り返し添加したり高濃度を添加すると、形質変異の発生が高まり、生育や収量が減少した。

そこで、茎頂培養の経歴のみが異なる各系統の圃場2作目の形質を調べた。各系統の生育調査結果を表5に示す。植物ホルモン、特に、オーキシン(NAAまたはIAA)を添加して茎頂培養した系統(2~4、8、9)は、草丈及び葉が大きくなる傾向が認められた。IAAのみを添加して茎頂培養した系統は、草丈、葉の大きさ、芽数ともに、最も値が高かった。NAA、IAA、または、BAのみを添加して茎頂培養した系統では一部の個体に葉身部にわずかな斑入りが認められた(データ示さず)。これらの系統の収穫調査結果を第6表に示す。収量が最も低いのはkinのみを添加して茎

第3表 各系統別の生育調査結果(一部抜粋)

系統 番号	ホルモン濃度 (mgL ⁻¹)				継代 回数	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	葉長 (cm)	芽数	葉幅 /葉長	形質変異個体率 (%)			
	茎頂培養		継代培養*								葉柄	葉鞘	斑入	奇形
	NAA	BA	NAA	BA										
対照	—	—	—	—	—	50.5	24.5	33.5	7.0	0.73	0	0	0	0
1	0	0.1	—	—	0	51.0	19.0	28.0	16.0	0.68	0	0	0	0
2	0.01	0.1	—	—	0	51.3	26.5	34.8	9.8	0.76	0	50	17	0
3	0.03	0	—	—	0	60.0	27.0	36.0	14.5	0.75	0	25	25	0
4	0.03	0.01	—	—	0	71.5	28.5	38.5	14.5	0.74	0	0	100	0
5	0.03	0.1	—	—	0	64.6	27.2	37.2	11.6	0.73	0	20	30	0
6	0.03	1	—	—	0	47.8	20.6	27.8	9.2	0.74	0	11	11	0
7	0	0.1	0	0	1	70.8	26.3	36.0	13.0	0.74	0	25	50	0
8	0	0.1	0	0.1	1	82.0	30.0	40.0	11.0	0.75	0	0	0	0
9	0.01	0.1	0	0	1	35.0	19.1	25.0	6.9	0.76	0	58	0	0
10	0.01	1	0	0	1	30.9	17.5	23.5	5.9	0.74	0	25	38	13
11	0.1	0	0.1	0	1	47.0	28.0	36.0	11.0	0.78	0	100	0	0
12	0.1	0.01	0.1	0	1	26.0	14.0	22.0	10.0	0.64	0	0	0	0
13	0.1	0.01	0.1	0.01	1	58.0	34.0	45.0	15.0	0.76	0	0	0	0
14	0.1	0.1	0.1	0	1	53.0	22.0	30.7	15.3	0.72	0	33	0	0
15	0.1	0.1	0.1	0.1	1	32.0	18.0	26.0	9.0	0.69	0	0	0	0
16	0.1	1	0.1	0	1	34.0	17.0	24.0	8.0	0.71	0	0	50	50
17	0.1	1	0.1	0.01	1	46.0	24.0	32.0	4.0	0.75	0	0	0	0
18	0	0.1	0	0.1	2	51.4	25.1	32.6	13.9	0.77	0	0	60	0
19	0	0.1	0	1	2	39.1	21.1	27.9	8.3	0.76	7	27	53	0
20	0	0.1	0	10	2	55.9	25.7	35.0	10.1	0.74	0	0	47	0
21	0.1	0	0.1	0.1	2	29.5	16.1	21.9	6.7	0.75	0	56	10	40
22	0.1	0	0.1	1	2	21.5	12.4	17.4	6.3	0.71	0	20	50	50
23	0.1	0.1	0.1	0	2	32.0	17.0	24.0	16.0	0.71	0	100	100	0
24	0.1	0.1	0.1	1	2	25.4	14.3	19.4	8.0	0.73	0	52	5	27
25	0.1	0.1	0.1	10	2	18.8	13.2	17.2	5.8	0.77	0	40	0	40
26	0.1	0.1	1	0.1	2	58.0	27.0	35.0	12.0	0.77	0	0	0	0
27	0.1	0.1	1	1	2	23.7	13.3	18.9	4.7	0.71	0	61	42	22
28	0.1	0.1	1	10	2	11.0	8.0	10.6	4.0	0.76	0	0	0	0
29	0.1	1	0.1	1	2	41.5	22.5	30.5	10.0	0.74	0	50	0	50
30	0.1	1	0.1	10	2	39.4	20.5	26.9	5.9	0.76	0	30	20	25

1994年度栽培結果。表の値は各区5株の平均値を示す。

*：継代培養に用いた培地の中で最も高いホルモン濃度。

頂培養した系統であり、次いで植物ホルモン無添加の系統及びNAAとBAをとともに添加した系統であった。逆に最も収量の高いのはNAAのみを添加した系統、BAのみを添加した系統で、これらは生育時の調査で特に生育がよいわけではなかった。しかし、同じ組成でも収量が大きく異なる系統（5と6）も認められた。最も子芋数が多いのはNAAのみを添加した系統3、次いで系統2であり、最も子芋数が少ないのは植物ホ

ルモン無添加系統であった。他の系統では子芋数はほぼ同じであった。子芋1個当たりの重量が最も高いのはBAのみを添加した系統（6、7）であり、最も低いのはIAA及びkinを添加した系統であった。長形芋率が最も低いのはホルモン無添加系統であり、最も高いのはIAA及びkinを添加した系統であった。以上のように、圃場2年目でも茎頂培養時の植物ホルモンの影響が現れることが示された。

第4表 各系統別の収量調査結果（一部抜粋、1994年度）

系統番号	親芋重量 (g)	子芋数						合計	総重量 (g)	長形率 (%)
		正 常			長 形					
		大	中	小	大	中	小			
対照	179	10.0	18.0	5.0	1.0	4.0	1.0	39.0	1194	15.4
1	84	2.0	9.0	14.0	3.0	2.0	1.0	31.0	749	19.4
2	66	2.7	11.8	6.3	0.2	0.8	0.5	22.3	364	6.7
3	87	4.8	11.5	6.0	0.3	1.8	0.3	24.5	537	10.6
4	86	8.5	9.5	4.5	0.0	0.0	0.0	22.5	593	0.0
5	87	5.5	8.8	9.3	0.3	0.5	0.5	24.8	490	8.6
6	53	1.3	9.0	7.8	0.2	1.2	0.7	20.2	325	14.6
7	111	5.7	18.0	4.7	3.3	1.7	1.0	34.3	736	16.0
8	97	7.0	11.0	3.0	0.0	0.0	0.0	21.0	516	0.0
9	31	0.0	3.9	5.3	0.3	0.4	0.0	9.9	115	4.2
10	33	0.0	5.1	7.4	0.1	0.3	0.6	13.5	143	6.5
11	67	8.0	9.0	5.0	0.0	0.0	0.0	22.0	399	0.0
12	32	0.0	6.0	16.0	0.0	2.0	1.0	25.0	188	12.0
13	90	5.0	11.0	10.0	0.0	0.0	1.0	27.0	427	3.7
14	66	8.0	13.5	4.0	0.5	1.5	0.0	27.5	618	8.9
15	49	0.0	10.0	7.0	0.0	1.0	1.0	19.0	220	10.5
16	22	0.0	4.5	8.0	0.5	2.0	0.5	15.5	153	21.1
17	56	1.0	7.0	5.0	0.0	0.0	0.0	13.0	230	0.0
18	83	1.9	11.3	4.2	0.5	0.5	1.0	19.5	372	9.5
19	58	5.0	14.5	7.5	0.0	0.0	0.5	27.5	500	2.1
20	79	4.8	11.2	4.7	0.3	0.5	0.1	21.4	494	4.4
21	56	4.6	4.0	3.5	0.0	0.0	0.0	9.1	256	0.1
22	43	1.8	4.3	3.7	1.0	0.1	0.1	11.0	216	27.6
23	42	0.0	12.0	5.0	0.0	0.0	0.0	17.0	232	0.0
24	35	0.3	5.7	7.8	0.0	0.0	0.0	13.8	175	0.0
25	35	0.0	2.3	4.3	0.0	0.0	0.0	6.6	77	0.0
26	182	5.0	6.0	2.0	0.0	0.0	0.0	13.0	550	0.0
27	32	0.0	3.5	1.7	0.0	0.1	0.0	5.3	69	0.7
28	27	0.3	2.0	6.5	0.1	0.1	0.1	9.2	89	2.8
29	58	1.0	9.0	3.0	0.0	0.0	1.0	14.0	140	11.1
30	61	1.5	6.1	5.5	0.0	0.1	0.1	13.3	255	1.1

各系統番号は表3の系統番号に対応する。表の値は各区5株の平均値を示す。

（長さ）／（直径）> 3の子芋を長形とした。

子芋の大きさは重量別に、大>30g、30g≧中≧10g、10g>小とした。

長形率：（長形子芋数）／（子芋数）×100（％）。

第5表 茎頂培養時の植物ホルモンと2作目の諸形質との関係（1996年）

系統No.	植物ホルモン(mgL ⁻¹)				試験区	草丈 (cm)	最大葉幅 (cm)	最大葉長 (cm)	芽数	葉身奇形 (%)	草姿奇形 (%)
	NAA	BA	IAA	Kin							
1	0	0	0	0	①	61	34	43	14	0	0
2	0.1	0	0	0	②	68	40	49	12	25	0
3	0.1	0	0	0	②	62	33	43	11	0	0
4	0.1	0.1	0	0	③	65	32	43	11	0	0
5	0	0.1	0	0	④	63	38	47	12	0	0
6	0	0.1	0	0	④	57	31	42	13	0	0
7	0	0.3	0	0	⑤	68	35	43	12	25	0
8	0	0	0.1	0	⑥	75	40	51	15	25	0
9	0	0	0.1	0.1	⑦	60	30	39	8	0	0
10	0	0	0	0.1	⑧	59	33	43	12	0	0

各データは少なくとも5個体の平均値を示す。

葉身奇形：葉の形が通常の形と異なる株および葉身面に凸凹が認められる株の比率。

草姿奇形：葉鞘部の奇形により、葉が地際に垂れる草姿となっている株の比率。

第6表 茎頂培養時の植物ホルモンと2作目の諸形質との関係(1996年)

系統 No	植物ホルモン(mgL ⁻¹)				試験区	親芋重 (g)	子芋数				子芋総重 (g)	子芋平均重 (g)	長形芋率 (%)
	NAA	BA	IAA	Kin			L	M	S	計			
1	0	0	0	0	①	147	5.0	12.5	3.0	20.0	674	33.7	3
2	0.1	0	0	0	②	167	8.0	16.5	2.5	27.0	1047	38.8	15
3	0.1	0	0	0	②	122	2.5	18.0	8.0	30.5	944	31.0	14
4	0.1	0.1	0	0	③	132	2.0	19.0	3.5	24.5	688	28.1	12
5	0	0.1	0	0	④	161	2.0	18.5	3.0	23.5	757	32.2	8
6	0	0.1	0	0	④	146	11.5	12.5	1.0	25.0	1025	41.0	15
7	0	0.3	0	0	⑤	195	11.5	11.0	2.0	24.5	1009	41.2	10
8	0	0	0.1	0	⑥	251	9.0	12.5	3.5	25.0	953	38.1	18
9	0	0	0.1	0.1	⑦	107	1.0	19.0	3.0	23.0	555	24.1	22
10	0	0	0	0.1	⑧	123	3.5	18.5	3.5	25.5	785	30.8	16

各データは少なくとも5個体の平均値を示す。
長形芋率；(長径/短径) > 2となる子芋の比率(%)。

3) 植物ホルモンを用いない増殖法の検討

第7表に継代培養で得たシュート及び多芽体を培地の支持体を変えて培養した結果を示す。培地の支持体の種類に関わりなく、多芽体の方が鉢上げ可能な発根植物体数は多かったが、芽の大きさが不揃いになった。シュートを培養した場合、ゲランガム及び液体培地で供試数とほぼ同数かそれ以上の芽が順化可能となった。多芽体を培養した場合、いずれも植え込み数よりも多くの個体を順化でき、その差はわずかであった。また、芽の大きさや発根等には支持体の違いによる差は認められなかった。データには示さないが、作業のしやすさでは根に培地が絡みにくい点で、液体培地が最も優れていた。

シュートの生長及び塊茎の形成・肥大に及ぼすショ糖の影響を調べるため、異なるショ糖濃度でシュートを培養した結果を第8表に示す。塊茎形成率にはショ糖濃度の影響は認められなかったが、175mM以上で塊茎重量が増加した。しかし、263mMでは芽や根の伸長が阻害された。このように、芽や根の伸長及び塊茎肥大にショ糖濃度が影響することが示されたため、

ショ糖濃度変化の影響を調べた。まず、基本培地で培養した培養物にショ糖濃度の異なる培地を再添加したときの影響を調べた。再添加培地のショ糖濃度が高まると形成塊茎数及び塊茎重量が増加した(第9表)。しかし、最大塊茎重及び平均塊茎重は263mM以上ではほぼ同じであった。さらに、ショ糖濃度が高まるほど極小塊茎(径2mm以下)の数も増加した(データ示さず)。

次にショ糖以外の糖の影響を調べるため、継代培地にさまざまな糖を添加して培養した(第10表)。ショ糖及びマルトース添加区では濃度が高まるとシュート数も多くなった。逆に、ソルビトール添加区では濃度が高いほどシュート数が減少した。他の糖類添加区では相関関係は認められなかった。塊茎数や総塊茎重は糖の種類によらず、添加する糖の濃度が高まると増加した。しかし、一部の糖を除き、0.25M添加区では総塊茎重は低下した。また、表には示さないが、糖濃度が高まると、糖の種類によらず、発根率や根長が低下した。糖濃度を高めた培地で得られるシュートには、形態的奇形はほとんど観察されず、一部の区に見られ

第7表 植込材料及び培地の支持体と鉢上げ可能な芽数との関係

供試材料	支持体	供試数	鉢上げ可能な芽数	鉢上げ率
シュート	液体	45	44	98
	ゲランガム	36	50	139
	寒天	30	26	87
多芽体	液体	50	88	176
	ゲランガム	50	99	198
	寒天	50	95	190

継代培養で得たシュート及び多芽体を基本培地で2ヶ月間培養した結果を示す。試験年度1994年。

鉢上げ率：(鉢上げ可能な芽数)/(供試数)×100。

支持体：各支持体の濃度はゲランガム；2g/L、寒天；7g/L。

た奇形も糖濃度を下げた培地に継代すると認められなくなった。シュート数の増加及び塊茎の肥大にはソルビトール添加区で最も効果が認められ、塊茎数の増加

にはマルトース添加区で最も効果が認められた。しかし、いずれもショ糖のみの添加でも同等の効果が認められた。

第8表 継代培養時のショ糖濃度の影響

ショ糖濃度 (mM)	最大芽長 (cm)	最大根長 (cm)	形成球数 (個)	総球重 (g)	1球重 (g)
87.7	10.6	27.3	1.57	1.76	0.11
175.4	8.8	30.1	1.43	3.44	0.24
263.2	3.6	13.0	1.63	3.46	0.21

継代培養で得た腋芽(平均 3.0cm)をショ糖濃度を変えた基本培地で70日間培養した結果を示す。

試験年度：1994年。

形成球数：1芽当たりの平均形成塊茎数。

総球重：培養ビン当たりの形成塊茎重量。

1球重：(総球重)/(形成球数)。

第9表 塊茎形成・肥大に及ぼす再添加したショ糖濃度の影響

ショ糖濃度 (mM)	形成塊茎数 (個)	総塊茎重 (g)	最大塊茎重 (g)	1塊茎重 (g)
87.7	9.5	1.64	0.36	0.17
175.4	19.3	4.29	0.66	0.22
263.2	19.3	5.86	1.15	0.30
350.9	24.3	6.77	1.16	0.28

200mL容培養ビン(25mLの基本培地)に10本の芽を植え、60日間培養後、各ショ糖濃度の基本培地25mLを再添加し、さらに90日間培養を続けた。

データはいずれも各試験区(培養ビン4つ)の平均値を示す。

試験年度：1995年。

形成塊茎数：1培養ビン中に形成された塊茎数。

総塊茎重：1培養ビン中に形成された塊茎の総重量。

最大塊茎重：1培養ビン中に形成された塊茎のうちで最大の重量。

1塊茎重：(総塊茎重)/(形成塊茎数)。

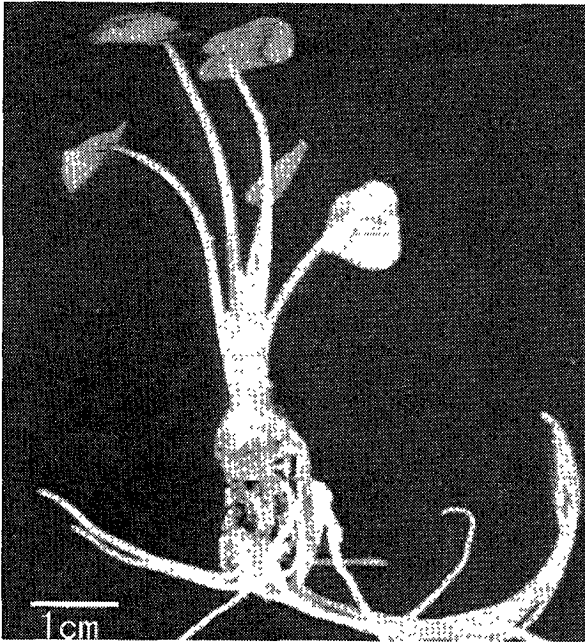
第10表 シュート形成及び塊茎形成におよぼす糖類の影響

糖類	濃度 (mM)*	シュート数	塊茎数	総塊茎重 (g)
対照	—	2.2	1.3	0.20
ショ糖	50	1.5	1.3	0.38
	150	3.7	2.3	0.65
	250	3.5	2.0	0.36
マルトース	50	2.2	1.7	0.33
	150	3.3	2.4	0.39
	250	3.7	2.5	0.22
グルコース	50	3.4	1.8	0.28
	150	2.7	1.8	0.42
	250	3.3	2.3	0.42
ソルビトール	50	4.4	1.5	0.20
	150	2.9	1.7	0.69
	250	2.7	1.7	0.24
フラクトース	50	1.9	1.4	0.26
	150	2.6	2.0	0.44
	250	2.3	1.8	0.48

表の値は各区5個体の試験を5回繰り返した平均値を示す。

試験年度：1995年。*：基本培地に添加した濃度を示す。

そこで、ショ糖添加による増殖及び塊茎形成についてさらに検討した。基本培地で培養して得られた植物体(第2図)をシュート部と塊茎部に切り分け、ショ糖濃度の異なる基本培地で培養した結果を第11表に示す。増殖率は高くないものの、いずれの外植体を用いても増殖が可能であった。また、シュートを培養した場合、増殖率に差は認められなかったが、塊茎形成率は219mMまではショ糖濃度が高いほど高く、263mM区では逆に低下した。塊茎を培養した場合、明らかな傾向は認められなかったが、219mM区で最も増殖率が高く、175mM区で最も塊茎形成率が高かった。これらのことから、ショ糖濃度は219mMまでにとどめるのが良いと推定される。次に、適正な培地量を推定



第2図 塊茎を形成した培養植物体

するため、一定量の液体基本培地で異なる芽数を培養して芽の生長や塊茎の形成・肥大を調べた(第12表)。芽の形成には植付数の影響は認められなかったが、10本区で芽の伸長が低下した。逆に、根の伸長が1本区で低下した。また、植付数が増加すると塊茎の形成率と重量が低下した。以上のことから、本試験で用いている200mL容の培養ビンに25mLの培地を入れて培養する場合、5本前後、多くても7本程度にとどめるのが良いと考えられた。次に、ショ糖濃度の変化のみで繰り返し増殖が可能であるかを調べた。第11表の試験で得られたシュート及び塊茎を同じ培地で3回培養し、得られた植物体を用いて行った培養試験結果を第13表に示す。いずれの外植体も増殖が可能であるが、塊茎部を培養した場合に増殖率が高かった。しかし、この場合、形成される塊茎は小さくなった。また、ショ糖濃度別に見ると、シュート部は低濃度区で、塊茎部は高濃度区で増殖率が高かった。シュートや根の伸長は高濃度(263mM)区で著しく阻害された。以上から、ショ糖濃度の変化のみで繰り返し増殖が可能であること、増殖は塊茎の利用が有利であること、塊茎形成はシュートの利用が有利であることが確かめられた。液体培地での振とう効果を調べた結果を第14表に示す。シュート部では静置培養の方が振とう培養よりも増殖率が高かった。塊茎部では増殖率は振とうの有無でショ糖濃度への反応が異なり、振とうした場合は高濃度区で、静置では低濃度区で、それぞれ、増殖率が高かった。最も増殖率の高かったのは静置培養の低濃度区であった。以上から、液体静置培養で増殖が可能であることが確かめられた。

第11表 ショ糖濃度および外植体と増殖率との関係

外植体	ショ糖濃度(mM)	供試数	増殖率	塊茎形成率
シュート	87.7	94	1.9	1.1
	131.6	105	1.4	1.3
	175.4	103	1.6	1.2
	219.3	80	1.9	1.7
	263.2	44	2.0	1.4
塊茎	87.7	77	2.0	1.3
	131.6	60	2.6	1.6
	175.4	42	2.1	1.9
	219.3	34	2.9	1.1
	263.2	24	1.5	1.4

10mL入りの培養管ビンに外植体をそれぞれ1個ずつ入れて60日間培養した。

試験年度：1995年。

増殖率：(形成シュート数)/(供試数)。

塊茎形成率：(形成塊茎数)/(供試数)。

第12表 植付数と芽の生長及び塊茎の形成・肥大との関係

植付数 (本)	腋芽数 (個)	最大芽長 (cm)	最大根長 (cm)	形成球数 (個)	球形形成率 (%)	総球重 (g)	1球重 (g)
1	2.1±1.3	9.1±3.5	11.8±5.2	2.1±1.3	100	0.75±0.18	0.44±0.17
3	1.9±0.5	11.7±2.2	23.7±6.6	1.7±0.4	89	0.41±0.05	0.26±0.08
5	1.8±0.5	9.7±2.5	22.2±5.8	1.3±0.5	84	0.26±0.05	0.20±0.06
7	1.5±0.7	8.9±1.3	24.9±4.7	1.2±0.4	84	0.22±0.03	0.19±0.06
10	2.4±1.9	6.4±1.9	20.2±4.1	1.6±0.6	66	0.17±0.02	0.12±0.04

表の値は継代培養で得た腋芽(平均 3.0cm)を基本培地の入った培養ビン(200mL容、培地量 25mL)で2ヶ月間培養した結果を平均±標準偏差(n=10)で示す。

試験年度:1994年。

腋芽数:植付数当たりの形成腋芽数。形成球数:植付数当たりの形成塊茎数。

球形形成率:(形成球数)/腋芽数×100。総球重:植付数当たりの形成塊茎重量。

第13表 ショ糖濃度とシュートおよび塊茎形成との関係

外植体	ショ糖濃度 (mM)	増殖率	芽長 (cm)	根長 (cm)	総球重 (g)	1球重 (g)
シュート	87.7	2.7	10.5	26.5	1.93	0.14
	175.4	2.1	8.1	28.7	3.61	0.35
	263.2	2.3	4.3	18.9	4.73	0.42
塊茎	87.7	3.6	10.7	28.0	1.59	0.09
	175.4	3.6	9.5	31.4	3.26	0.18
	263.2	4.5	2.7	5.7	1.88	0.08

表の値は1培養ビンに5個ずつ植え、培養ビン5個ずつ5回繰り返した平均値を示す。

試験年度:1996年。

増殖率:(形成シュート数)/(植付数)。

芽長:1培養ビン中で最も大きいシュートの草丈。

根長:1培養ビン中で最も長い根の長さ。

総球重:1培養ビン中に形成された塊茎の総重量。

1球重:(総球重)/(増殖率)。

第14表 培養部位と振とう培養の増殖率におよぼす影響

振とう*	培養部位	ショ糖濃度(mM)	増殖率**
○	シュート	175.4	1.6
	塊茎	87.7	3.7
		175.4	5.6
—	シュート	87.7	1.3
		175.4	2.4
	塊茎	87.7	6.4
		175.4	1.5

試験年度:1996年。供試数5、2反復。

*:振とう培養(60 cycles/min)した場合は○、静置培養した場合は—とした。

**:(継代培養で形成された分割移植可能な芽数)/(植付数)。

4) ポット栽培

ポットで栽培中に斑入り及び葉や草姿の奇形発生が一部の株で見られたが、培養経歴の全く同じ株は同様な生育を示した。試験1の株は温室内であるにも関わらず、すべて栽培6ヶ月頃葉が枯れ始め、掘り上げ時(栽培6ヶ月間)には完全に休眠状態になっていた(第15表)が、再植付後まもなく発芽した。一方、試験3の株(掘り上げ時で植付後約5ヶ月)はすべて生育中であった(第17表)。試験1での増殖率(子芋数+孫芋数)は平均で8倍であった(第15表)のに対し、試験3での増殖率は平均で5倍であった(第17表)。試験2では培養系統間で増殖率に大きな差が認められた。しかし、生育及び収量の高い系統でも親芋重14.4g、総重量57.0g、増殖率8.7倍であり、全個体平均の増殖率は6.6倍であった(第16表)。以上から、培養苗はポット栽培6ヶ月間で休眠すること、ポット栽培で培養苗の形質変異が推測できること、培養苗のポット栽培で6倍以上の増殖が見込めることが確かめられた。

第15表 6ヶ月間ポット栽培した各株の増殖率

株No.	株の状態	増殖率
1	休眠	8
2	休眠	12
3	休眠	6
4	休眠	9
5	休眠	7
6	休眠	12
7	休眠	9
8	休眠	5
9	休眠	7
10	休眠	5
11	休眠	10
12	休眠	10
13	休眠	6
平均		8.2

1994年10月18日順化開始、1995年4月18日掘上げ。

第16表 ポット栽培した各培養系統の収量

系統	親芋重 (g)	子芋数		孫芋数		総重量 (g)	増殖率
		正常	奇形	正常	奇形		
1	11.8	6.7	0	0.5	0	51.2	7.2
2	5.9	1.6	0	0.1	0	11.4	1.7
3	13.5	7.5	0	0.8	0	57.0	8.3
4	14.4	6.0	0	0.7	0	38.2	6.7
5	10.7	7.2	0	0.6	0	36.2	7.8
6	12.7	7.6	0	1.1	0	42.3	8.7
7	11.3	7.1	0	1.1	0	46.6	8.3
8	4.5	0.9	0.5	0.2	0	5.6	1.6
平均	10.8	5.9	0.1	0.7	0	38.6	6.6

表の値は10~20個体の平均を示す。1995年5月11日順化開始、1995年11月10日掘上げ。

第17表 ポット2作めの増殖率

元株	株No.	植付芋	株の状態	増殖率	元株	株No.	植付芋	株の状態	増殖率
土垂1	1	親芋	生育中	6	土垂7	1	親芋	生育中	6
	2	子芋	生育中	4		2	子芋	生育中	5
	3	子芋	生育中	6		3	子芋	生育中	4
	4	子芋	生育中	5		4	子芋	生育中	6
	5	子芋	生育中	5		5	子芋	生育中	6
	6	子芋	生育中	5		6	子芋	生育中	5
	7	子芋	生育中	6		7	孫芋	生育中	3
	8	子芋	生育中	6		8	孫芋	生育中	4
	9	子芋	生育中	4		9	孫芋	生育中	5
	10	孫芋	生育中	6		10	孫芋	生育中	5
	11	孫芋	生育中	4					
					全個体平均				5.1

1995年12月25日植付け、1996年4月18日掘上げ。

5) 栽培地域による違い

第18表に異なる3つの地域で栽培した収量を示す。大瀧村圃場では対照区が収量（総重量及び子芋重+孫芋重）、倍率（子芋数+孫芋数）ともに最も低かった。また、1作球や培養当代株の収量や倍率には有意な差は認められなかった。山内村圃場では対照区が収量及び倍率が最も高かったが、親芋を除いた収量は1作球が最も高かった。培養当代株の収量は対照及び1作球に比べて著しく低かったが、倍率にはあまり差がなかつ

た。山内村圃場での3試験区の収量、芋の数及び大きさを比較すると、収量の差は子芋及び孫芋のL球の数の差であることがわかった。山内村圃場及び西仙北町圃場の1作球を比較すると、収量は山内村圃場で高かったが、倍率は西仙北町圃場で高かった。最も収量が高かったのは山内村圃場の対照区、次いで1作球であった。しかし、培養当代株の収量は大瀧村圃場で高かった。倍率が最も高かったのは大瀧村圃場の1作球、次いで大瀧村圃場の培養当代株であった。

第18表 栽培地域別収量調査結果（1995年度）

試験場所	系統	親芋重 (g)	子芋数			孫芋数			総重量 (g)	子芋+ 孫芋(g)	倍率 (倍)
			L	M	S	L	M	S			
大瀧村	対照*	61	0.2	7.7	1.4	0	0	1.9	313	252	11.2
	1作球*	108	1.0	20.2	2.8	0	2.4	2.5	720	612	28.1
	培養当代	99	1.2	18.1	2.8	0	1.9	3.7	653	554	27.3
山内村	対照**	549	5.5	1.5	0.5	1.5	6.0	2.5	1517	968	17.5
	1作球**	300	4.0	3.5	0.3	0.8	5.8	2.5	1331	1031	16.8
	培養当代	94	0.5	6.5	0	0	7.0	1.5	443	349	15.5
西仙北町	1作球*	—	4.5	8.5	0	0	10.5	2.3	—	798	25.8

数値は各試験区とも最低5株の平均値を示す。—：測定せず。

子芋及び孫芋の大きさは、L：50g以上、M：10g以上、50g未満、S：10g未満とした。

親芋の腋芽が肥大したものを子芋、子芋の腋芽が肥大したものを孫芋とした。

倍率：（子芋と孫芋の合計数）/（種芋数）。

*：種芋はMの大きさを用いた。**：種芋はLの大きさを用いた。

6) 圃場栽培におけるシヨ糖濃度の影響

次に、順化直前の培地のシヨ糖濃度の影響を調べた。培養系統を圃場栽培して得た子芋を茎頂培養し、種々のシヨ糖濃度の培地で増殖して得た株の圃場での生育調査結果を第19表に示す。親系統の形質がそのまま各培養系統にも現れ、生育が悪く奇形が高頻度に認められた株（系統）から茎頂を採取した系統（第19表の培養系統1）では草丈、葉の大きさ、芽数の値が低く、すべての株に葉身及び草姿に奇形が認められた。同一系統ではシヨ糖濃度が低い区で草丈、葉の大きさ、芽数が高く、濃度が高まると低下した。また、山内村圃場では高濃度シヨ糖区に葉の奇形が高頻度に観察された。特に、120gL⁻¹区で顕著であった。これらの系統の収量調査結果を第20表に示す。収量の低い親系統か

ら得た系統（培養系統1）では他の系統に比べて収量が著しく低かった。同一系統では高濃度シヨ糖区で収量が低く、大瀧村圃場での90gL⁻¹区、山内村圃場での120gL⁻¹区で、それぞれ、最も収量が低かった。逆にシヨ糖濃度の低い区では収量が高く、いずれも30gL⁻¹区で最も収量が高かった。山内村圃場では培養系統3を2回に分けて収穫した。この結果、9月9日収穫では60~90gL⁻¹区で収量が高く、30gL⁻¹及び120gL⁻¹区で収量が低かった。しかし、10月21日収穫では30gL⁻¹区で最も収量が高く、次いで90gL⁻¹区であり、120gL⁻¹では顕著に収量が低かった。また、大瀧村圃場では高濃度シヨ糖区で長形芋率が低く、逆に山内村圃場では低濃度シヨ糖区、特に30gL⁻¹区で長形芋率が低かった。

第19表 各系統の生育中の諸形質に及ぼすシヨ糖濃度の影響 (1996年)

圃場	親系統	培養 系統No.	シヨ糖濃度 (g/L ⁻¹)	草丈 (cm)	最大葉幅 (cm)	最大葉長 (cm)	芽数	葉奇形 (%)	草姿奇形 (%)
大瀧村	A*	1	30	21	14	19	10	100	100
			45	21	14	20	9	100	100
			60	22	15	19	10	100	100
			75	19	13	17	10	100	100
			90	19	13	16	10	100	100
	C	3	30	58	32	41	17	0	0
			45	44	30	39	13	0	0
			60	51	31	42	14	0	0
			75	47	30	37	11	0	0
			90	44	27	34	11	0	0
山内村	A*	1	30	28	15	22	8	100	100
			45	18	11	16	4	100	100
			60	23	14	20	4	100	100
			75	25	12	18	6	100	100
			90	24	14	21	4	100	100
			120	23	15	21	4	100	100
	C	3	30	76	31	43	8	33	0
			45	69	27	38	8	20	0
			60	66	28	38	8	0	0
			75	70	30	42	9	10	0
			90	69	28	37	8	30	0
			120	67	31	39	9	46	0
	C	5	30	79	30	42	9	0	0
			45	58	27	36	7	7	0
			60	67	30	41	7	0	0
75			72	29	39	9	6	0	
90			67	30	39	8	34	0	
120			68	32	41	9	73	0	

各データは少なくとも5個体の平均を示す。

* : 前年度の圃場栽培で奇形が高頻度に認められた系統。

葉奇形：葉の形が通常の形と異なる株および葉身面に凸凹が認められる株の比率。

草姿奇形：葉鞘部の奇形により、葉が地際に垂れる株の比率。

第20表 各系統の収量諸形質に及ぼすシヨ糖濃度の影響（一部抜粋、1996年）

圃場	親系統	培養系統No.	シヨ糖濃度 (g/L ⁻¹)	収穫月/日	親芋重 (g)	子芋数				子芋総重 (g)	子芋平均重 (g)	長形芋率 (%)
						L	M	S	計			
大潟村	A*	1	30	11/12	63	0.0	7.7	8.2	15.9	174	10.7	1.6
			45	11/12	33	0.0	3.2	9.2	12.4	90	7.2	3.6
			60	11/12	41	0.0	5.2	7.9	13.0	130	10.0	1.0
			75	11/12	30	0.0	3.0	9.0	12.0	90	7.5	1.5
			90	11/12	24	0.0	1.8	9.2	11.0	59	5.3	0
	C	3	30	11/12	145	9.0	20.4	4.2	33.6	1217	36.2	14.4
			45	11/12	105	3.6	15.6	2.2	21.4	696	32.5	5.4
			60	11/12	116	5.6	17.2	2.0	24.8	852	34.3	4.7
			75	11/12	135	3.8	15.6	5.0	24.4	688	28.2	3.5
			90	11/12	123	2.0	12.0	4.4	18.4	475	25.8	2.7
山内村	C	3	30	9/9	79	0.2	12.8	7.4	20.4	214	10.5	0
			60	9/9	87	0.8	13.6	3.6	18.0	339	18.9	0
			90	9/9	84	0.0	12.8	6.0	18.8	277	14.8	1.1
			120	9/9	70	0.2	9.3	5.2	14.5	223	15.2	1.4
	C	3	30	10/21	147	3.2	13.6	4.0	20.8	605	29.1	2.7
			60	10/21	122	1.0	13.4	4.0	18.4	461	25.0	2.7
			90	10/21	148	2.2	13.0	5.0	20.2	588	29.2	8.2
			120	10/21	117	0.0	8.2	2.8	11.0	239	21.7	15.0
	C	5	30	10/21	155	1.4	14.4	4.4	20.2	520	25.8	2.4
			60	10/21	111	0.9	12.4	5.2	18.5	392	21.5	10.3
			90	10/21	111	1.0	10.6	4.2	15.6	362	23.2	7.4
			120	10/21	125	1.4	7.6	5.8	14.8	314	21.2	8.5

各データは少なくとも5個体の平均値を示す。

*：前年度の圃場栽培で収量が悪かった系統。

長形芋率（長径/短径）>2となる子芋の比率。

3. 考 察

NAAとBAを添加した培地での茎頂培養結果（第1表）から、生存率は添加植物ホルモン濃度と相関関係は認められず、植物ホルモン以外の要因が大きく関わっていることが示された。同様に、シュート形成にも添加植物ホルモン以外の要因が大きく関与していると推察される。摘出部位別の茎頂培養結果では頂芽、側芽、副芽の違いにより生存率や器官形成率が異なった（第2表）。側芽は頂芽の腋芽、副芽は側芽の腋芽に相当し、それぞれの部位で生長点の大きさや生長点を覆う

葉の枚数が異なる。したがって、表面殺菌や茎頂採取の際のダメージが各部位により異なることが想像される。第1表の試験では茎頂の採取部位を区別していなかったため、生長点の大きさやそのダメージの違いにより、植物ホルモンへの反応が変わったと考えられる。しかし、基本培地で発根植物体を得られることが確認された。根の形成はシュート形成した区のみで認められ、シュートの伸長とともに発根すると推察される。塊茎形成はシュート及び根を形成し、伸長が良い個体のみで認められ、植物体の生育に従って形成されると

考えられる。多芽体はオーキシンとサイトカイニンのバランスにより形成が促進されることが示唆された。これらの組織は基本培地での継代で多数の植物体を得られ、培養ビンでの増殖に利用可能であることが示された。優良系統のクローン増殖では親の形質を保持したまま無病化することが必須条件であり、茎頂培養はこの目的を果たすのに最も有効な手段である。さらに大量増殖のためには、茎頂培養で増殖に適する組織を得ることが望ましい。多芽体は容易に植物体に再分化し、大きさもコンパクトであるため、増殖に適した組織である。しかし、圃場栽培試験結果(第3~4表)から、茎頂培養時のみに植物ホルモンを用いても形質変異の発生する危険性が示された。この形質変異は圃場栽培を繰り返しても保持された(第5~6表)。基本培地で茎頂培養した系統は生育も良く奇形発生が認められなかったことから、形質変異発生を抑えるためには植物ホルモン無添加で茎頂培養するのがよいと推察される。また、継代培養時に植物ホルモンを添加して増殖した個体は生育や収量が低下したり、奇形個体の発生が認められ、増殖回数が多いほどその傾向が強まった(第3~4表)。サトイモや近縁種のカラジウムでの培養で報告されている^{3, 5, 10)}ように、本研究でも植物ホルモンを用いた増殖で形質変異を誘発する危険性が示された。これに対し、基本培地で増殖した個体は親系統と同様の形質を示した(第19~20表)。以上のことから、植物ホルモンの使用は茎頂培養、継代培養を問わず、本研究の目的である形質変異のない増殖には適さないことが示された。一方、植物ホルモン無添加でも茎頂培養や継代培養は可能で、しかも形質変異の発生を抑えてシュートや無菌植物体を得ることができることを確認された。

培地のシヨ糖濃度を変えた培養試験から、培地のシヨ糖濃度を高めることにより、複数の塊茎を形成したり、塊茎の肥大を促進させることが可能であることが示された(第8~9表)。また、塊茎に形成された腋芽を利用した増殖が可能であることが示された(第11~14表)。すなわち、シュートを高シヨ糖濃度で培養して肥大した塊茎を持つ植物体を得、シュート部と塊茎部を切り分けた後、塊茎部を低シヨ糖濃度で培養すると塊茎の腋芽が伸長し、複数のシュートを得ることができた。シュートは低シヨ糖濃度では発根植物体に、高シヨ糖濃度では再び塊茎の肥大した植物体に生長した。この時のシヨ糖濃度はシュートや根の生長及び形成される塊茎の大きさを考慮すると、それぞれ、175mM

(60g L^{-1})及び88mM(30g L^{-1})が良いと推察される(第11表及び第13表)。これらの増殖個体はすべて正常であり、順化後順調に生育し、定植可能な苗になった。シヨ糖と同じ二糖類であるマルトース、アルドヘキソースであるグルコース、ケトヘキソースであるフラクトース、糖アルコールであるソルビトールでも同様な効果が認められた(第10表)が、効果が著しい差はなく、培地作成の簡便さからシヨ糖を用いるのがよいと考えられる。培地の支持体による差は認められず(第7表)、培地作成の簡便さと作業性を考慮すると液体培地が適当であると思われる。液体培地での培養では酸素の供給量を増加させるため、及び、屈性を狂わせて増殖率を高めるために、一般に振とう培養が採用されている⁷⁾。しかし、本研究ではいずれの部位でも静置培養で増殖率が高く(第14表)、培養物の生長に差が認められなかった。従って、本増殖方法では静置培養が良いと思われる。この際の植付数は200mL容の培養ビンでは25mLの液体培地に対して5本程度が適当であることが示された(第12表)。以上から、植物ホルモンを用いずにシヨ糖濃度変化のみで増殖が可能であることが確かめられた。

この手法により増殖した個体の圃場栽培試験結果から、茎頂採取に用いる親株の奇形発生頻度が増殖個体の奇形発生頻度に反映する(第19~20表)ことが示された。このことは、植物ホルモンを用いずにシヨ糖濃度変化のみで増殖した個体は親の形質を保持していることを示唆している。また、高濃度のシヨ糖を含む培地で得た個体は、低濃度のシヨ糖区と比較して、生育に差は認められない(第19表)ものの、収量が低下する(第20表)ことが示された。高濃度シヨ糖区では培養中も植物体の生育が悪い(第13表)ことが示されている。このことは、高濃度のシヨ糖による生育阻害効果が圃場での生育や収量にも影響することを示唆している。従って、シヨ糖濃度は培養中の生育、圃場での生育・収量が極端に低下しない60g L^{-1} 程度にとどめる必要があると思われる。

以上の結果をふまえ、植物ホルモンを用いず、シヨ糖濃度変化のみによる増殖手法を考案した。手順(第3図)は以下のとおりである。茎頂培養で得られた植物体(第2図)をシュート部と塊茎部に切り分け、シュート部はシヨ糖60g L^{-1} 、塊茎部はシヨ糖30g L^{-1} の液体基本培地で、それぞれ1ヶ月間静置培養する。得られた培養物を再びシュート部と塊茎部に分けて同様に培養する。以後これを繰り返し、必要数に達したら順化・

育苗をし、定植用の苗とする。これにより、最低でも1ヶ月で3倍に増殖できると推察される。この増殖法により得た培養苗は、圃場での生育が良く、収量が高い上、形質変異は認められなかった(第19~20表)。

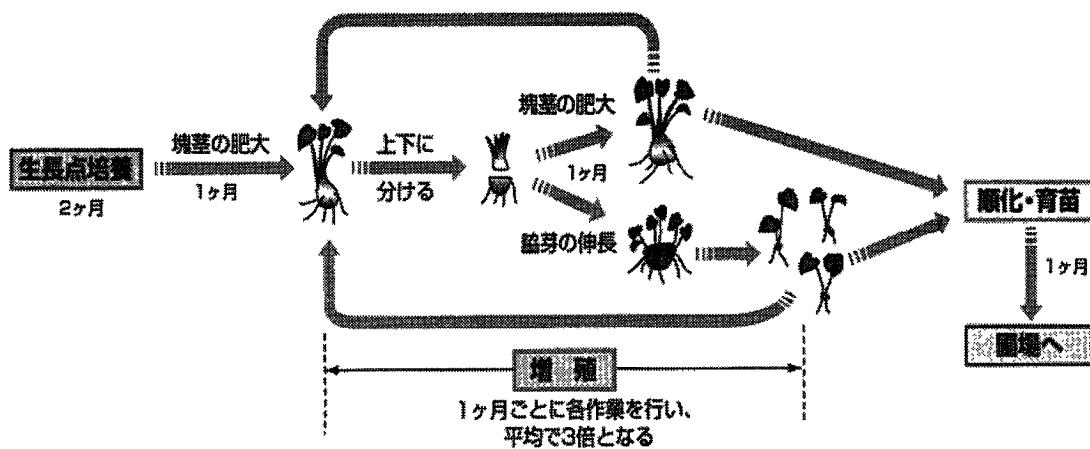
サトイモは育種経緯²⁾から考えると通常栽培でも枝変わりが発生しやすいと推察される。従って、茎頂培養の際に変異した生長点を採取する可能性があり、培養により変異した個体を増殖する危険性がある。本研究でも、同一親から茎頂培養で得た系統間で形質のことなるものが認められた(第19~20表)。このため、変異発生のない増殖法の開発と同時に、変異の有無を増殖中に確認する必要がある。そこで、増殖中の個体を一部順化してポット栽培することにより、変異発生を確認できるか検討した。併せてポット栽培による増殖の可能性についても検討した。その結果、圃場栽培と同様に、培養経歴が同じ株では同様な形質を示した。また、ポット栽培では温度に関わらず栽培6ヶ月間で休眠し(第15表)、再植付後まもなく発芽した。この時の増殖率は培養当代株では8倍程度であるが、栽培を繰り返すと低下した(第16~17表)。以上から、ポット栽培することにより、圃場定植の6~7ヶ月前の冬期間に加温温室で培養苗の形質変異の有無を増殖と兼ねて行うことが可能であることが確認された。

気候条件や土壌条件が異なる栽培地区での圃場栽培試験の比較結果から、同じ栽培地区では増殖率は定植苗の大きさに関係なかったが、栽培地区により得られる子芋の大きさと増殖率が異なることが示された(第

18~20表)。しかし、各系統間差はいずれの栽培地区でも反映された。従って、培養により増殖した苗の栽培はその目的(倍率を高めるのか、1球の大きさを高めるのか)によって、栽培環境を変える必要があると思われる。

4. 要 約

形質変異をおこさないサトイモの種苗増殖が可能であることが示された。親株として形質が確認されている株を用いることにより、優良系統を増殖できる。ショ糖 30gL^{-1} を含む基本培地(MS培地)で茎頂培養が可能で、その結果、形質変異発生を抑えることができる。増殖には液体基本培地を用いる。茎頂培養で得た植物体をシュート部と塊茎部に切り分け、シュート部はショ糖濃度 60gL^{-1} の培地で、塊茎部はショ糖濃度 30gL^{-1} の培地で、それぞれ、静置培養する。シュート部からは塊茎形成した植物体が、塊茎部からは発根植物体が得られる。塊茎形成した植物体は再びシュート部及び塊茎部に切り分け、同様に培養する。発根植物体はショ糖濃度 60gL^{-1} の培地で培養し、塊茎形成させる。この作業を繰り返すことにより、増殖が可能で、1回の培養で平均3倍に増殖する。この増殖法で得られた個体は形質変異がなく、生育・収量とも良好である。増殖中の個体はそのまま鉢上げし、順化・育苗することができる。増殖中に一部の個体を親茎頂別に順化・育苗し、温室内のポット栽培で各増殖系統の形質を調査して優良系統のみを残し、さらに増殖する。必要数に達したら、順化・育苗し、圃場栽培の種苗とする。



第3図 サトイモ簡易増殖法の流れ図

Ⅲ 植物ホルモンを用いない増殖法の簡易化

Ⅱ章で植物ホルモンを用いない、形質変異のない増殖法が確立した。この手法は茎頂培養を除き、液体培地での静置培養で可能であるなど、他のクローン増殖法^{6, 7, 8, 10)}と比較して簡易である。しかし、組織培養では種々の薬品が必要であり、培地作成に蒸留水を用い、pH調整を行うなど、必要な機器も多く、コストもかかる⁹⁾。特に、増殖用の培地は作成する回数も量も多く、合計では相当なコストになる。一方、茎頂培養は無菌的に極小な茎頂を切り出すなど、技術的に簡易化が難しいものの、いったん優良増殖系統を得れば、確立した増殖法を繰り返す限り、少量を1回行うだけで済むため、コストや施設・人手はわずかである。そこで、増殖培地作成の簡便化を検討し、より簡易な増殖法の確立をめざした。

1. 供試材料と試験方法

1) 供試材料

供試品種には秋田県内の主産地である山内村で、近年生産比率が高まっている早生品種の乙女を用い、生産現場で収穫した株を茎頂採取親とした。子芋から芽を含む1片1~1.5cmの切片を調整し、流水中で30分洗浄後、0.5%ピューラックスで15分間表面殺菌した。0.2~0.5mmの大きさの茎頂を切り取り、2g/L⁻¹ゲランガム、30g/L⁻¹シヨ糖を含むpH5.8のMS基本培地に置床した。培養ビン及び培養条件はⅡ章の茎頂培養方法に準じた。2ヶ月間培養後、塊茎を形成した個体のうち、生育が旺盛な2個体を選抜し、シュート部と塊茎部に切り分け、Ⅱ章で確立した増殖法により繰り返し増殖した。増殖後、得られた植物体をシュート部と塊茎に分け、供試材料とした。

2) 試験方法

増殖培地を簡略化するための試験として段階的に培地作成を簡略化した3つの試験を行った。試験1は基本培地であるMS培地のビタミン類の影響を調べた。増殖培地としてビタミン類を除いたシヨ糖濃度30g/L⁻¹及び60g/L⁻¹のMS液体培地を用い、通常どおりビタミン類を添加した培地を対照とした。各培養ビンには外植体を5つずつ入れ、60日間培養した。シヨ糖濃度30g/L⁻¹の培地では塊茎部を、60g/L⁻¹の培地ではシュート部を、それぞれ培養した。各区とも培養ビン5本ずつの試験を2回行った。試験2は培地作成に用いる水質の影響を調べた。通常の培地作成に用いている蒸留

水の代わりに、大潟村の水道水、秋田市の水道水、山内村の水道水をそれぞれ用いて、ビタミン類を含まないシヨ糖濃度30g/L⁻¹及び60g/L⁻¹のMS液体培地を作成した。各培養ビンには外植体を5つずつ入れ、30日間培養した。シヨ糖濃度30g/L⁻¹の培地では塊茎部を、60g/L⁻¹の培地ではシュート部を、それぞれ培養した。各区とも培養ビン2本ずつの試験を5回繰り返した。また、各培地作成の際に、pH調整前の値を測定した。試験3では培地のpHの影響を調べた。大潟村の水道水を用いたビタミン類を含まないシヨ糖濃度30g/L⁻¹及び60g/L⁻¹のMS液体培地を作成し、4.5~7.0の各pHに調整後、各培養ビンには外植体を5つずつ入れ、40日間培養した。シヨ糖濃度30g/L⁻¹の培地では塊茎部を、60g/L⁻¹の培地ではシュート部を、それぞれ培養した。各区とも培養ビン5本ずつの試験を2回繰り返した。いずれの試験でも、各培地はpH調整後、200mL容の培養ビンに25mLずつ分注し、オートクレーブで121°C、15分間殺菌した。調整するpHは試験3を除き、5.8とした。培養条件はすべて25°C、16時間日長とした。

2. 研究結果

シヨ糖濃度に関わらず、ビタミン類を含まない培地で増殖率及び塊茎重が高かった(第21表)。逆に、シュート長はビタミン類を含む区で高かった。しかし、t検定の結果、いずれの調査項目もビタミン類の有無で有意な差は認められなかった。蒸留水及び3つの水道水を用いて作成した培地試験では、山内村の水道水を用いた区では他の区に比べて増殖率が高く、シュート長及び根長が小さかった(第22表)。しかし、分散分析の結果、いずれの調査項目にも有意な差は認められなかった。培地のpHを4.5~7の範囲で変えても、各調査項目にあまり差がなく(第23表)、分散分析の結果でも有意な差は認められなかった。2年間にわたり、各水道水で培地を作成してpHを測定したが、いずれも5.2~6.5の範囲であった(第24表)。シュート部と塊茎部を合計した増殖率(各試験でのシヨ糖30g/L⁻¹区及び60g/L⁻¹区の増殖率の合計)は、いずれも平均3倍以上であった。第21~23表には早生品種である乙女を用いた結果を示したが、主力品種である土垂を用いても同様な結果が得られた(データ省略)。

第21表 シュートの生育に及ぼす培地中のビタミンの影響 (1996年)

シヨ糖濃度 (gL^{-1})	ビタミン の有無	増殖率 (倍)	シュート長 (cm)	根長 (cm)	塊茎重 (g)
30	有	3.4 ± 0.6	9.0 ± 2.6	16.3 ± 3.7	0.72 ± 0.06
30	無	4.1 ± 0.9	8.2 ± 1.0	17.0 ± 3.9	0.79 ± 0.08
60	有	2.8 ± 0.3	7.2 ± 2.8	13.3 ± 2.6	0.93 ± 0.05
60	無	3.2 ± 0.3	6.5 ± 2.5	12.6 ± 2.8	0.97 ± 0.08

MS液体培地を用い、60日間培養した。表の数値は平均値±標準偏差を示す (n = 50)。
シュート長：最大シュート長、根長：最大根長。

第22表 シュートの生育に及ぼす水質の影響 (1996年)

シヨ糖濃度 (gL^{-1})	培地作成に 用いた水	増殖率 (倍)	シュート長 (cm)	根長 (cm)
30	蒸留水	2.1 ± 0.9	7.5 ± 2.4	19.7 ± 5.8
	大瀧村水道水	2.5 ± 1.0	7.2 ± 1.9	22.5 ± 7.6
	秋田市水道水	2.6 ± 1.1	7.7 ± 3.9	23.9 ± 10.7
	山内村水道水	3.6 ± 2.3	4.5 ± 1.6	18.4 ± 5.7
60	蒸留水	1.4 ± 0.7	6.2 ± 2.2	21.5 ± 8.8
	大瀧村水道水	1.5 ± 0.5	3.9 ± 1.2	19.7 ± 5.8
	秋田市水道水	1.5 ± 0.6	3.9 ± 1.7	22.5 ± 7.6
	山内村水道水	1.7 ± 0.7	3.0 ± 0.9	12.2 ± 4.1

いずれもビタミンを含まないMS培地を用い、30日間培養した。
表の数値は平均値±標準偏差を示す (n = 50)。

第23表 シュートの生育に及ぼす培地のpHの影響 (1996年)

シヨ糖濃度 (gL^{-1})	pH	増殖率 (倍)	シュート長 (cm)	根長 (cm)	塊茎径 (mm)
30	4.5	2.2 ± 0.8	7.7 ± 1.7	24.8 ± 3.6	—
	5.0	1.9 ± 0.8	7.0 ± 1.9	21.8 ± 4.2	—
	5.5	1.8 ± 0.5	7.4 ± 1.6	23.6 ± 5.6	—
	6.0	1.9 ± 0.7	7.8 ± 1.9	24.6 ± 6.1	—
	6.5	2.0 ± 1.1	6.9 ± 1.4	23.8 ± 3.6	—
	7.0	2.3 ± 0.8	6.8 ± 1.2	23.2 ± 5.1	—
	60	4.5	1.6 ± 0.4	2.9 ± 0.3	13.4 ± 2.6
5.0		2.0 ± 0.6	2.9 ± 0.8	12.9 ± 3.0	9.4 ± 1.1
5.5		1.8 ± 0.4	2.5 ± 0.5	12.4 ± 2.1	9.2 ± 1.0
6.0		1.9 ± 0.4	2.9 ± 0.5	13.8 ± 2.5	10.0 ± 0.9
6.5		1.6 ± 0.4	3.3 ± 0.9	14.4 ± 2.1	9.9 ± 0.8
7.0		1.4 ± 0.3	2.6 ± 0.7	13.4 ± 2.7	9.6 ± 0.7

いずれも大瀧村水道水を用いたビタミンを含まないMS培地で40日間培養した。
表の数値は平均値±標準偏差を示す (n = 50)。—：測定せず。

3. 考 察

試験1からビタミン類の有無は各培養物の生育には影響せず(第21表)、本簡易増殖法でサトイモを増殖する場合、ビタミン類を除いても差し支えないことが確認された。試験2では蒸留水の他、異なる3種類の水道水、すなわち、生活排水及び農業排水が流れ込む湖水を水源とする大潟村水道水、1級河川を水源とする秋田市水道水、湧き水を主に利用する山内村水道水を用いて培地作成したが、いずれも培養物の生育には影響せず(第22表)、培地作成に水道水を用いても支障ないことが示された。試験3から、4.5~7.0の範囲では培地のpHは培養物の生育に影響しないことが示された(第23表)。各水道水で作成した培地は調整前でも生育に支障がないpH5.2~6.5の範囲であり(第24表)、培地作成には水道水の利用が可能で、pH調整も必要がないことが明らかとなった。MS培地の作成では一般に、ビタミン類の混合ストック液を作成し、微生物の繁殖防止のため凍結保存したものを使用する⁹⁾。ビタミン類を添加する必要がないということは、培地の組成が簡略化するだけでなく、ストック液を保存する冷凍庫も必要がなく、それだけ使用する機器が簡略化することを示している。また、MS培地は含まれる塩類の種類も多く、濃度も他の培地と比較して高い。植物ホルモンを添加する場合、植物ホルモンの種類によってはストック液をアルカリにすることも多く、培地のpHを一定にするためにpH調整は不可欠である。また、培地の支持体として寒天などのゲル化剤を用いる場合、特定のpHの範囲でないと固化しないなど、やはりpH調整は不可欠である。しかし、本試験での

第24表 水道水を用いた各培地のpH

採水地	pH
大潟村	5.5~6.5
秋田市	5.2~6.0
山内村	5.5~6.0

表の値は1996~1997年度に作成したビタミンを含まないMS培地のpH調整前の値の範囲を示す。

目的であるサトイモの簡易増殖では液体培地を用い、植物ホルモンも使用しない。従って、培地作成上でもpH未調整で支障がないと思われる。このことは培地作成に必要な機器のうち、蒸留水作成装置もpHメーターも必要ないことを示唆している。また、現在ではビタミン類を除く、すべての塩類を含むMS混合塩類も比較的安価に市販されており、さらに培地作成は簡略化できると思われる。さらに、現地生産を希望している山内村の水道水では有意な差は認められなかったものの、増殖率が高く、シュート長や根長が小さかった。シュートや根が小さいと継代培養の際、作業がしやすい。また、増殖率が少しでも高いことは繰り返し増殖する大量増殖に有利である。このことは、本増殖法は山内村での現地生産に適していることを示唆している。

4. 要 約

サトイモの組織培養による増殖で、非常に簡易な培地での増殖が可能であることが示された。使用する培地は水道水で作成したショ糖30及び60g/L⁻¹のMS液体培地であり、pH調整も必要がない。

IV 簡易増殖法により得られた種苗の生育と収量

前章で非常に簡略化した方法によりサトイモの増殖が可能であることが示された。そこで、この簡易増殖法により得られた種苗を現地圃場で栽培し、生育特性及び収量について検討した。

1. 供試材料と試験方法

1) 供試材料

供試材料には乙女の培養1作球、乙女及び土垂の培養当代苗を用いた。対照として、現地生産用の乙女及び土垂の種芋(それぞれ平均50g)を用いた。1996年度に簡易増殖法(II章で確立した手法)により増殖した乙女を同年大潟村圃場で栽培し、得られた収穫物を

最低温度13℃で乾燥状態のまま保存した子芋のうち、平均30g及び10gのものを培養1作球(それぞれ、M球及びS球)として用いた。培養当代苗の育成は次のように行った。大潟村水道水を用いた簡易増殖培地で増殖した乙女及び土垂の培養苗を、乙女は1997年4月18日に、土垂は同年5月21日に、それぞれ、順化した。順化は市販の育苗培土を入れた7.5cmポリポットに移植し、最低温度15℃のガラス温室内で定植時まで育苗した。

2) 試験方法

試験場所は山内村の照井儀兵衛氏圃場とし、土垂の

培養当代苗は1997年6月20日、他の試験区は5月21日に定植した。畝幅1m、株間45cmの1条植え、マルチ栽培とし、他は現地慣行栽培に準じた。9月8日に草丈、最大葉長、最大葉幅、芽数、及び、奇形の有無を調査した。10月15日に掘り上げ、親芋重、子芋の個数及び重量を調査した。子芋は現地の出荷規格にあわせ、大きさ別に、50g以上をL、30~50gをM、10~30gをS、10g未満をSS、親芋化した子芋を規格外のAとした。

2. 研究結果

第25表に各試験区の生育調査結果を示す。乙女の培養当代苗は生育初期（6月20日調査）には種芋を植えた他の区と差がないほど生育が良く、最も草丈や葉が

大きかった。また、7月22日の調査時でも草丈は対照並、葉や芽数は最も大きかった。しかし、9月8日の生育調査時には種芋を植えた区に比べて草丈や葉が小さかった。対照区はいずれの品種も平均で草丈90cm以上、葉長は45cm以上になった。一方、培養当代苗は対照区と比較して草丈で30cm以上、葉長で10cm以上小さかったが、芽数は差がなかった。さらに、乙女培養当代苗は7月22日調査時と9月8日調査時で葉の大きさや芽数は変わりなかった。種芋を植えた区では種芋が大きいほど9月8日調査では草丈及び葉が大きかったが、芽数には差がなかった。しかし、培養1作球では7月22日及び9月8日調査でS球よりM球で草丈、葉

第25表 生育調査結果（1997年）

試験区*	調査日	調査個体数	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	葉長 (cm)	芽数
①乙女対照	6月20日	20	13.1	9.1	11.6	1.0
	7月22日	50	48.8	23.5	31.8	2.2
	9月8日	50	98.2	36.1	47.4	8.3
②乙女培養当代苗	6月20日	20	14.2	11.0	14.4	1.0
	7月22日	50	48.7	28.9	36.6	8.6
	9月8日	50	63.7	27.7	35.0	7.9
③乙女培養1作球S	6月20日	20	10.2	8.4	9.5	1.0
	7月22日	50	28.4	18.6	24.1	2.1
	9月8日	50	66.5	29.6	37.3	7.4
④乙女培養1作球M	6月20日	20	10.1	10.2	12.3	1.1
	7月22日	50	38.1	24.3	30.1	5.2
	9月8日	50	86.9	34.9	44.6	8.0
⑤土垂対照	6月20日	10	19.8	14.7	18.9	1.0
	7月22日	50	68.9	29.8	39.0	4.1
	9月8日	50	92.6	34.7	45.2	9.4
⑥土垂培養1作球M	6月20日	20	9.1	7.8	9.6	1.0
	7月22日	50	39.9	23.4	30.8	3.4
	9月8日	50	92.6	34.7	45.2	9.4
⑦土垂培養当代苗	7月22日	20	26.3	19.7	27.3	3.3
	9月8日	20	44.4	27.2	34.0	8.3

表の値は調査個体の平均値を示す。

*：各試験区の定植苗は次のようにした。

- ①乙女対照；平均50gの在来乙女種芋。
- ②乙女培養当代苗；簡易増殖法により増殖した乙女培養苗（4月18日順化）。
- ③乙女培養1作球S；同乙女培養当代苗を圃場で1作して得た子芋（平均10g）。
- ④乙女培養1作球M；同乙女培養当代苗を圃場で1作して得た子芋（平均30g）。
- ⑤土垂対照；平均50gの在来土垂種芋。
- ⑥土垂培養1作球M；簡易増殖法により増殖した培養当代苗を圃場で1作して得た子芋（平均30g）。
- ⑦培養当代苗；簡易増殖法により増殖した土垂培養苗（5月21日順化）。

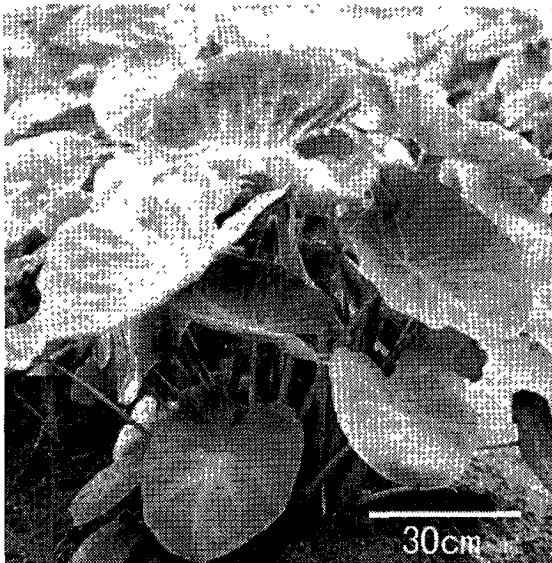
の大きさが優った。7月22日調査ではM球で芽数が多かったが、9月8日調査ではあまり差がなくなった。土垂では、培養1作球は7月22日まではどの調査項目でも対照に比べて値が低かった。特に、草丈が著しく低かった。しかし、9月8日調査では対照と同じであった。定植が遅かった培養当代苗はいずれの調査時でも他の区に比べて値が小さかった。品種を問わず、いずれの区にも生育中及び収穫物中に形質変異は認められなかった(第4~5図)。

第26表に各試験区の収穫調査結果を示す。乙女では、培養当代苗は他の区に比べて親芋重比率が小さく、子芋数が多かった。種芋を植えた区では種芋が大きいほど収量が高かった。定植日が同じ場合、培養当代苗は種芋を植えた区よりも収量が高く、M球以上のサイズが多かった。土垂でも同様の傾向が認められ、定植日の遅い土垂の培養当代苗は対照に比べて収量が低かったが、1作M球よりは収量が高かった。この培養当代区の子芋数は種芋を植えた区よりも子芋数は多かったが、対照区と比べて大きい子芋、特にL球の子芋数が少なかった。

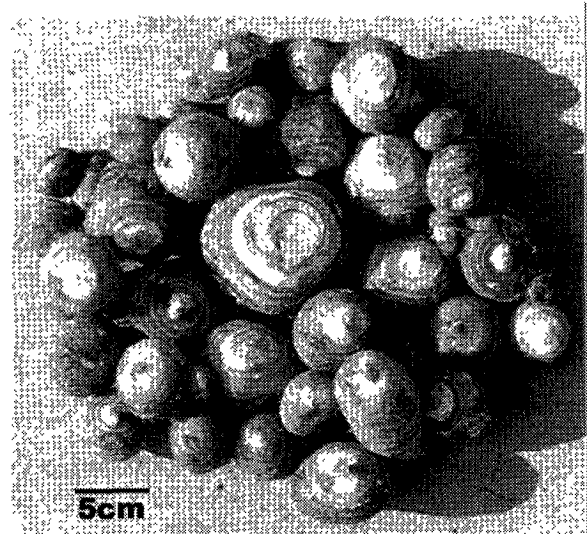
3. 考 察

培養当代苗及び培養1作球いずれも、対照と同様に形質変異は認められず、本研究で確立した簡易増殖法では形質変異を抑えた増殖が可能であることが示された。各区の定植日を同一とした乙女の試験結果から、培養当代苗は草丈や葉が小さいものの、収量が高いことが示された。また、初期生育が早く、収穫物では親芋が収量の割に小さかった。培養1作球では生育や収

量は種芋の大きさに比例しており、培養苗の特徴は形質変異ではなく、当年限りの培養効果であると推察される。土垂でも同様の結果が得られ、定植日が1ヶ月遅い培養当代苗は草丈や葉は小さかったものの、収量は培養1作球よりも高かった。子芋数は対照区より多く、乙女の培養当代苗とほぼ同数であり、M球以下の小さい子芋が多かったことから、定植日を早くして生育期間を長くすれば収量の増大が期待される。以上から、本研究で開発した簡易増殖法で生産した苗は現地生産に利用可能であることが示された。また、いずれの品種も培養当代苗の収量増加は子芋の数の増加であることから、培養当代苗は販売芋の生産用苗としても使用可能であるが、種芋の生産用苗として利用するのがより有利であることが示唆された。培養1作球は培養当代苗と比較して草丈が高いものの収量が低く、その収量は在来種芋と同じく種芋の大きさに決まることから、草丈が低いのに収量が高くなる培養苗の効果は圃場で1作するとなくなることが明らかとなった。慣行栽培の種芋を植えた区では収穫物の一部に親芋に腐敗が認められたのに対し、培養苗及び培養苗を1作して得た芋を植えた区ではこれらの症状は観察されなかった(データ示さず)。また、生育中にもウイルス病などの症状はいずれの区にも観察されなかった。したがって、培養苗の効果が圃場1作でなくなるのは病気のためではないと推察される。また、ポット栽培の結果(第15表)と同様に、培養当代苗は10月の掘り上げ時には多くの葉が枯れていたが、種芋を植えた区では定植6ヶ月後でも生育中であった(データ示さず)。培



第4図 圃場で生育中の培養苗(定植90日後)



第5図 収穫した培養由来苗1株の芋

養苗は定植時にはポット内で十分に根が張っており地上部も生育中であるのに対し、種芋を植えた区では種芋からの養分供給はあるものの、根や地上部の生育が不十分である。こうした定植時の苗の生育状況の違いが培養苗の効果として現れていると推察される。さらに、培養当代苗の収穫物は大きな子芋が多く、現地で

求めている大きな種芋の生産に適していると思われる。

4. 要 約

簡易増殖法で得た培養当代苗は草丈が小さく、収穫物の親芋重が小さいものの、収量、特に大きな子芋が増大するため、販売芋の生産用苗としてだけでなく、種芋生産用苗として利用価値が高いことが示された。

第26表 収量調査結果 (1997年)

試験区	調査個体数	親芋重 (g)	子芋*							計	可販**
			L	M	S	SS	A				
①	50	166	361	293	57	18	235	964	947		
			5.5	8.2	3.7	2.7	3.4	23.5	20.8		
②	50	98	539	403	60	19	249	1270	1251		
			7.6	11.4	4.3	3.2	4.1	31.5	27.4		
③	50	86	45	232	76	20	149	521	501		
			0.6	7.0	4.7	3.7	3.3	19.3	15.6		
④	50	168	174	3.5	48	14	240	781	767		
			2.9	8.7	3.2	2.5	4.7	22.0	19.5		
⑤	50	158	243	313	39	18	368	980	962		
			3.7	8.6	2.6	2.9	6.2	24.0	21.1		
⑥	50	100	66	169	35	12	157	549	537		
			1.0	5.1	2.4	2.6	3.5	14.6	12.0		
⑦	20	73	61	362	109	30	168	730	700		
			1.1	11.1	7.5	5.6	5.0	30.3	24.7		

表の値は調査個体の平均値を示す。*：表の上段は重量(g)を、下段は個数を示す。

*：現地出荷規格に従い、規格外=A、 $L \geq 50g > M \geq 30g > S \geq 10g > SS$ とした。

**：L、M、S、Aの合計を販売可能数量として示した。

各試験区の定植苗は次のようにした。

- ①：平均50gの在来乙女種芋。
- ②：簡易増殖法により増殖した乙女培養苗(4月18日順化)。
- ③：同乙女培養当代苗を圃場で1作して得た子芋(平均10g)。
- ④：同乙女培養当代苗を圃場で1作して得た子芋(平均30g)。
- ⑤：平均50gの在来土垂種芋。
- ⑥：簡易増殖法により増殖した培養当代苗を圃場で1作して得た子芋(平均30g)。
- ⑦：簡易増殖法により増殖した土垂培養苗(5月21日順化)。

V 種芋の簡易保存法確立

以上述べてきたように、植物ホルモンを全く用いずに優良個体を増殖する技術が確立できた。この増殖法で得た種苗は生育、収量とも良好であった。しかしながら、現地で必要な種苗数は莫大な数であり、山内村だけでも20万本に達する。これだけの種苗を培養により生産するためには、巨大な培養施設と育苗温室が必要である。また、その費用も莫大なものになると予想されるため、生産農家としてはメリットが少ない。培養で得た種苗を圃場で栽培して得た収穫物を保存する技術が確立されれば、圃場での増殖率は最低でも10倍になると予想される(第20表及び第26表)ため、培養で生産する種苗の本数も少なく済み、小規模の施設での生産も可能となる。そこで、培養で得た種苗を栽培して得た種芋の簡易な保存法について検討した。併せて、現地山内村で行われた簡易保存試験結果についても報告する。

1. 供試材料と試験方法

1) 簡易保存試験

種芋の簡易な保存のための試験として3つの試験を行った。試験1では18cmポリポットで6ヶ月間栽培した培養当代株の収穫物を最低2週間風乾した後、種々の方法により保存した。保存場所は生物工学部ガラス温室の通路とした。この場所は暖房施設はないものの、床がコンクリート敷きで屋根はガラス、四方をガラス窓入りのアルミサッシで囲まれ、加温温室とガラスで仕切られている。このため、加温温室からの熱により、ある程度の保温効果が見込まれる。また、コンクリート敷きであるため、湿度も低い場所である。保存開始は1995年12月18日、1996年4月10日に保存を終了し、各芋の保存状態を調査した。この期間の最低温度は3.1℃、最高温度は42.8℃であった。保存方法は次の7種類で行った。鉢保存：ポットに植わったままの状態に保存した。風乾調整1：鉢から株を抜いて土を落とした後、親芋及び子芋に調整し、各個体ごとに網袋に詰めて風乾状態で保存した。風乾調整2：鉢から株を抜いて土を落とした後、親芋及び子芋に調整し、各個体ごとに網袋に入れ、さらに段ボール箱に詰めて保存した。風乾未調整1：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に詰めて風乾状態で保存した。風乾未調整2：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に入れ、さらに段ボール箱に詰めて保

存した。未調整初穀：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に入れ、さらに初穀中に埋め込んで保存した。調整初穀：鉢から株を抜いて土を落とした後、親芋及び子芋に調整し、各個体ごとに網袋に入れ、さらに初穀中に埋め込んで保存した。試験2では系統別に2種類の温度で保存した。供試材料は培養で増殖し、圃場で1作した土垂の収穫物を用いた。対照は在来種芋を圃場で1作して得られた収穫物とした。保存方法は試験1の風乾未調整1で行った。保存場所は試験1と同様に生物工学部温室通路及び温室内のベンチ上とした。各保存場所の最低温度は温室通路が3℃、温室内ベンチ上が13℃であった。保存期間は1996年12月1日～1997年4月1日とし、保存終了後直ちに各芋の保存状態を調査した。試験3では各株ごとの違いを調査した。供試材料、保存方法、保存場所、保存期間は試験2と統一した。いずれの試験でも腐敗が認められず、発芽可能な芋を生存とし、試験数に対しての生存率を算出した。

2) 現地簡易保存試験

供試材料は1996年度に山内村試験圃場で栽培した培養当代苗及び培養1作球の収穫物とした。掘上げ後約1ヶ月間無加温パイプハウス内で乾燥した。同パイプハウス内に深さ45cmの穴を掘り、初穀を敷き詰めて各収穫物を埋め込んだ。保存開始は同年11月21日、1997年4月11日に取り出して腐敗している芋数を調査し、生存率を算出した。品種はいずれも土垂とした。

2. 研究結果

鉢に植わったまま乾燥保存した個体は親芋、子芋、ともに90%以上の生存率を示した(第27表)。風乾及び初穀に埋め込んだ保存では、未調整の場合に親芋で80%以上、子芋で90%以上の生存率であった。調整した場合、風乾及び初穀埋め込み、いずれでも未調整と比べて生存率が低下した。特に、親芋の生存率が顕著に低かった。風乾調整区の場合、生存していない親芋はほとんどのものが乾燥しすぎて干からびていた。調整初穀区の場合、生存していない親芋はほとんどのものが腐敗していた。保存中段ボールに詰めた区は他の区とあまり差が認められなかった。親芋の生存率が最も高かったのは鉢保存区及び風乾未調整1区であった。子芋の生存率が最も高かったのは風乾未調整1区であり、98.5%とほとんどすべてが生存した。

最低温度13℃で保存した場合、系統に関わらず、すべての株の芋が健全に生存した（第28表）。最低温度3℃では系統により、生存率が異なった。対照区及び生育・収量が悪かった系統（系統1、3～5）は生存率も低かった。また、親芋の生存率が高い系統は子芋の生存率も高かった。親芋の生存率が低かった系統は多くの場合、子芋の生存率も低かったが、子芋の生存率が高い系統（系統12、13）も一部に見られた。さらに、培養後圃場で2作した系統のうち、生育・収量の良かった系統（系統16）は親芋、子芋、いずれも生存率が高かった。株別に比較すると、同一系統では多くの場合、同様な生存率を示した（第29表）。しかし、系統7では他の4株の生存率が高かったのに対し、収量が他の4株に比べて特に低い株No.4ではすべての芋

が生存しなかった。系統3では収量の低かった4株は全く生存していなかったが、収量が高かった株No.1では親芋及び一部の子芋が生存した。また、網袋に入れる都合で風乾前に小分けした株（系統9の株No.2、3、5）は生存率が著しく低かった。さらに、親芋が生存していなかった株はいずれも子芋の生存率が低かった。

現地山内村で行った簡易保存試験結果を第30表に示す。培養当時は系統により生存率が異なったものの、いずれも84%以上が良好に生存した。これに対し、培養1作球では生存率が75%に低下していた。この試験区は籾殻の上をさらに土で覆った区であるが、土で覆わなかった区では30%以下の生存率であった（データ省略）。また、在来種芋を栽培して得た収穫物では全く生存していなかった（データ省略）。

第27表 保存処理方法による生存率の違い

処理	親芋			子芋		
	総数	生存数	生存数(%)	総数	生存数	生存数(%)
鉢保存	99	92	92.9	731	692	94.7
風乾調整1	50	3	6.0	292	179	61.3
風乾調整2	24	0	0	197	131	66.5
風乾未調整1	68	63	92.6	528	520	98.5
風乾未調整2	19	19	84.2	147	138	93.9
未調整籾殻	54	48	88.9	425	409	96.2
調整籾殻	42	6	14.3	372	270	72.6

18cmポリポットで栽培した培養当代株の収穫物を最低2週間風乾し、1995年12月18日～1996年4月10日、生物工学部カラス温室の通路に保存した。この期間の最低温度は3.1℃、最高温度は42.8℃であった。供試品種：土垂。

鉢保存：ポットに植えたままの状態に保存した。

風乾調整1：鉢から株を抜いて親芋及び子芋のみに調整し、各個体ごとに網袋に詰めて風乾状態で保存した。

風乾調整2：鉢から株を抜いて親芋及び子芋のみに調整し、各個体ごとに網袋に入れ、さらに箱に詰めて保存した。

風乾未調整1：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に詰めて風乾状態で保存した。

風乾未調整2：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に入れ、さらに箱に詰めて保存した。

未調整籾殻：鉢から株を抜いて土を落とした後、各個体ごとに網袋に入れ、さらに籾殻中に埋め込んで保存した。

調整籾殻：鉢から株を抜いて親芋及び子芋のみに調整し、各個体ごとに網袋に入れ、さらに籾殻中に埋め込んで保存した。

第28表 系統ごとの保存試験結果

系統	保存温度 (°C)	親芋			子芋		
		総数	生存数	生存率(%)	総数	生存数	生存率(%)
対照	3	5	0	0	119	5	4
1	3	5	0	0	61	1	2
2	3	5	5	100	62	56	90
3	3	5	1	20	48	5	10
4	3	5	0	0	68	9	13
5	3	5	1	20	44	14	32
6	3	5	5	100	57	51	90
7	3	5	4	80	69	54	78
8	3	5	2	40	99	39	39
9	3	5	2	40	96	44	46
10	3	5	3	60	59	41	69
11	3	5	5	100	58	43	74
12	3	5	0	0	119	90	76
13	3	5	1	20	86	63	73
14	3	5	2	40	111	91	82
15	3	5	0	0	99	49	49
16	3	2	2	100	37	30	81
対照	13	3	3	100	74	74	100
14	13	26	26	100	424	424	100

供試品種：土垂。保存期間：1996年12月1日～1997年4月1日。保存温度：保存期間中の最低温度。

対照：在来種芋を栽培して得た収穫物、*：生育・収量の悪かった系統、**：培養後圃場で2作した系統。

第29表 各株ごとの保存試験結果

系統	株No.	親芋	子芋		
			総数	生存率	生存率(%)
対照	1	×	26	0	0
	2	×	28	0	0
	3	×	23	0	0
	4	×	15	3	20
	5	×	27	2	7
1	1	×	16	1	6
	2	×	15	0	0
	3	×	11	0	0
	4	×	12	0	0
	5	×	7	0	0
2	1	○	12	12	100
	2	○	10	6	60
	3	○	10	10	100
	4	○	17	16	94
	5	○	13	13	100
3	1	○	15	5	33
	2	×	8	0	0
	3	×	9	0	0
	4	×	8	0	0
	5	×	8	0	0
7	1	×	7	0	0
	2	○	19	17	90
	3	○	19	15	79
	4	○	13	12	92
	5	○	11	10	91
9	1	○	17	15	88
	2*	×	22	3	14
	3*	×	17	2	12
	4	○	22	22	100
	5*	×	18	2	11

供試品種：土垂。保存期間：1996年12月1日～1997年4月1日。いずれも最低温度3°Cに保存。

親芋：保存後健全であったものを○、腐敗等により傷みの認められたものを×で示した。

*：風乾前に株を割って網袋に入れた株。

第30表 現地簡易保存試験結果

試験区	系統No.	供試数	生存芋数	生存率 (%)*
培養当代	1	132	111	84.1
	2	106	100	94.3
	3	92	92	100.0
	4	80	72	90.0
	5	138	125	90.6
	6	104	104	100.0
	7	64	60	93.8
	8	81	76	93.8
	合計	797	740	92.9
培養1作球**		367	274	74.7

供試品種：土垂。保存期間：1996年11月21日～1997年4月11日。

*：腐敗していない子芋を生存しているとし、供試数当たりの比率を生存率 (%) とした。

**：この区のみ、籾殻の上にさらに土で覆った。

3. 考 察

ポット栽培で得た収穫物の保存試験結果（第27表）から、最低温度3℃を確保できれば種芋の保存が可能であることが示された。しかし、培養経験のない株では最低温度13℃では保存できるものの、3℃では保存できなかった（第28表）。また、培養で増殖した個体でも生育が悪く収量が低い系統では生存率が低かった。このことは3℃程度でも種芋保存が可能であるものの、培養で得た生育の良い株の収穫物であることが必要なことを示している。保存方法で比較すると、掘り上げたまま乾燥した状態で保存した場合では、風乾状態、段ボール箱内保管、籾殻埋め込み、いずれでも生存率が高かったが、株を小分けしたり（第29表）、親芋から子芋を切り離す（第27表）など、株を傷つけると極端に生存率が低下し、株を分ける際にできた傷口から腐敗が進んでいた。このことは掘り上げた株は傷つけてはいけないことを示している。千葉らも同様の結果を報告しており、殺菌剤の必要性を示唆している¹⁾。また、培養苗を栽培して得た芋は、鉢栽培での小さな芋（第16表）でも圃場栽培での大きな芋（第26表）でも生存率が高く（第27表及び第29表）、芋の大きさに関わらず生存率の高いことが明らかとなった。以上の結果から簡易な施設での種芋保存の可能性が示唆された。これまでに殺菌剤処理により貯蔵率の向上が示さ

れている（千葉ら1995、平成5年度秋田県農業試験場試験研究成果概要）が、5～8℃の貯蔵用冷蔵庫での結果であり、健全芋率は70%以下であった。これに対し、本保存試験での生存率は100%であり、簡易でありながら有用な保存法であると思われる。その際の条件として、最低温度は3℃以上を確保する、乾燥したままの状態を保てる、培養により得た生育良好な株の収穫物である、掘り上げた株はできるだけ傷つけずに十分乾燥することが必要であると思われる。

現地山内村で行った簡易保存試験から、無加温パイプハウスでの種芋保存が可能であることが示された。しかし、培養当代では90%以上が生存していたのに対し、培養1作球では生存率が低下した。このことは保存する種芋には培養当代のものが適することを示している。

4. 要 約

培養による増殖で得た無病優良種苗を栽培して得られた収穫物は次の方法により、簡易な施設で冬季の貯蔵が可能である。圃場栽培で得られた収穫物はできるだけ株を傷めずに掘り上げて十分に乾燥し、乾燥したまま最低温度3℃を確保できる施設に保存する。保存温度は一定にする必要はなく、箱等に詰めて保存も可能である。さらに、この種芋は無加温のパイプハウス利用でも山内村で十分に保存可能である。

VI 総 合 考 察

本研究結果から、サトイモでは植物ホルモンを用いた増殖が可能であるものの、変異が発生しやすく、その頻度は植物ホルモン添加により増大することが示された。一方、植物ホルモン無添加でもショ糖濃度変化による増殖が可能であることが示された。ショ糖濃度を高めた培地で培養すると塊茎の形成・肥大が促進された。サトイモでは代謝されない糖アルコールであるソルビトールでも同様な効果が認められたことから、ショ糖添加の効果は浸透圧変化も一因であると考えられる。しかし、ソルビトール添加は低濃度ではシュート数を増加させたが、高濃度では効果がないのに対し、ショ糖では高濃度でシュート増加を促進した。このことから、ショ糖添加の効果は浸透圧変化以外の要因も関与していると推察される。本研究では他の要因を推定する実験を行っていないが、ショ糖と同じ2糖類であるマルトースよりもショ糖の構成単糖であるグルコースやフラクトースでより類似した効果が認められることから、ショ糖の代謝産物も影響しているのであろう。ショ糖濃度を高めた培養では、培養期間が長くなると塊茎形成・肥大への効果が高まるが、長期間では植物体は枯死した。また、植付芽数当たりの培地量が多いほどこの効果は高まった。培地の再添加や次回の培養でショ糖濃度を高めてもその効果が認められた。このことは、植物体が消費できるショ糖量により、塊茎の形成・肥大の調節が可能であることを示唆している。しかし、繰り返し高濃度の培地で培養すると植物体の生長も塊茎の形成・肥大も悪くなった。一方、ショ糖濃度の異なる培地を交互に用いると、塊茎の形成・肥大効果が高まるだけでなく、シュート数も増加した。このことは植物ホルモンを用いなくてもサトイモの増殖が可能であることを示している。形成された塊茎には伸長しているシュートの他に複数の腋芽が認められ、頂芽に相当するシュート部を切り離して塊茎部のみを培養すると腋芽からシュートが伸長した。特に、ショ糖濃度が低い培地でより多くのシュートが伸長した。塊茎からシュートを切り離すことにより腋芽が伸長するのは、培養で形成された塊茎でも頂芽優勢が働いていることを示している。また、高濃度のショ糖は腋芽の伸長を阻害する効果があると推察される。これらを総合すると、ショ糖濃度の高い培地と低い培地を交互に用いて塊茎形成と塊茎からの腋芽伸長を繰り返すこ

とにより増殖が可能であると推察される。第11～13表の結果から、1回の増殖率は3倍程度と高くないものの、実際にこれが可能であることが示された。増殖を繰り返すことにより、1年間で 3^{11} (=177,000) 倍に増殖が可能である。このショ糖濃度変化により塊茎形成と腋芽伸長を繰り返して増殖した培養植物体は圃場栽培しても形質変異が全く認められなかった。また、初期生育が良く、収量も増加することが確かめられた。従って、この増殖法は形質変異を起こさずに優良種苗を増殖するという本研究の目的に適合する。

この増殖法では、液体静置培地で十分であり、培地中のビタミン類を除いても増殖率や塊茎の形成・肥大には支障がなかった。さらに、培地のpH調整も必要がなく、培地作成に用いる水も水道水で十分であることが示された。これらのことから、非常に簡易な培地作成が可能であることがわかる。増殖だけを対象にすると、試薬保管用の冷凍庫、蒸留水製造装置、pH測定器、いずれも、全く使用しないで培地作成が可能である。このことは現地での培養による種苗生産に非常に有利である。現在、MS混合塩類が安価に販売されており、これを利用することにより、煩雑であったMS塩類の調整^{6,9)}が必要なくなり、また、多くの試薬を買い揃えること、試薬保管庫及び培地の混合塩類ストックを保管する冷蔵庫も準備する必要がなくなる。増殖の継代作業も塊茎部のシュート及び塊茎から伸長したシュートを切り離すのみであり、他の培養法^{5,7,8,10)}に比べて非常に簡単である。以上のことは増殖だけに限れば、現地への技術移転が容易に行える可能性を示唆している。

茎頂培養は顕微鏡下で0.5mm以下の小さな組織を無菌的に切り取る高度な技術を要する作業が不可欠⁴⁾であり、生産現場への技術移転は容易ではない。しかし、植物ホルモンを含まない培地でも培養が可能であることから、将来的には技術移転も夢ではないであろう。この植物ホルモンを含まない培地での茎頂培養は生存率がやや低いものの、得られた植物体には形質変異が認められなかった。一方、植物ホルモンを添加して培養した茎頂培養物ではしばしば形質変異が認められた。このことは茎頂培養でも植物ホルモンを添加せずに培養するのが良いことを示唆している。以上から、上記簡易増殖法と併せ、全く植物ホルモンを用いないサト

イモの増殖が可能であることが示された。しかし、サトイモは現地での主力品種である土垂や乙女を含め、多くの品種が枝変わり（形質変異）選抜により育成されてきている²⁾。このことは培養により形質変異が発生しなくても、圃場栽培で形質変異の危険性があることを示唆している。そこで、茎頂培養後、茎頂ごとに系統分けし、各系統の特性調査をする必要があると考えられる。ポット栽培でもこの形質確認が可能であると確認されたため、形質変異系統を増殖する危険性を回避する上で、圃場栽培ができない冬期間に増殖を兼ねてポット栽培による系統別形質調査を行うことが必要であると思われる。一方、この培養法で得られた苗は形質変異が認められず、初期生育が旺盛であった（第25表）。また、収量が高く、子芋、特に大きい芋の数が増加していた（第26表）。現地での食味試験から、食味は変わらず、芋が煮崩れしにくい利点も確かめられた。さらに、生物工学部及び現地での保存試験結果から、この手法で増殖した苗を栽培して得た収穫物は現地山内村でも簡易な施設で保存が可能であることが示された。

筆者は山内村村長、山内村役場農政課職員、JAあきたふるさと（旧横手農協）のサトイモ担当者、山内村サトイモ生産農家にたびたび会い、本増殖法の簡便さ及び培養苗利用の優位性を試験結果資料をもとに繰り返し説いてきた。その結果、1995年10月19日には山内村サトイモ生産者組合主催のサトイモ試験圃場現地検討会及び培養由来サトイモの食味検討会を、1996年3月19日には山内村役場農政課に培養苗の現地生産の提案を、同年5月23日には同じく山内村役場に培養施

設のレイアウト案の提出、同年10月21日には山内村農業総合指導センター主催のサトイモ試験圃場現地検討会及び培養由来サトイモの食味検討会を経て、同年11月8日には山内村村長、山内村役場農政課職員、山内村農協のサトイモ担当者、山内村サトイモ生産農家、横手地域農業改良普及センター普及員、平鹿農林事務所職員、県農産園芸課職員、農業試験場の野菜担当研究員、同専門技術員、県種苗センター職員、JAあきたふるさと職員が一堂に会する、サトイモ生産振興に係る打ち合わせ会議が開催されるに至った。その席での培養苗利用の優位性が理解されたこと、及び、培養由来の芋の味が在来芋以上に良かったことなどから、山内村役場主導の本簡易増殖法を利用した培養施設が建設された。この培養施設は培地作成及び無菌操作をする培養作業室、培養室、及び、順化・育苗用加温温室から構成され、最大2万本の培養苗が生産可能となった。これと並行して、本研究で開発したサトイモの簡易増殖法を、生産農家、JAあきたふるさと、横手地域農業改良普及センターに技術移転した。その結果、1997年には山内村主導の「山内村里芋培養施設」が設置され、翌年には、JAあきたふるさと運営による培養を利用した里芋生産事業が開始された。また、1998年4月14日には「バイオ種苗導入産地支援対策」県支援班会議が開催され、県農産園芸課、横手地域農業改良普及センター、専門技術員、秋田県農業試験場生物工学部による技術支援がスタートした。培養苗の普及は着実に高まってきており（付表3）、優良種苗の確保により、山内村でのサトイモ生産が安定することが期待される。

VII 摘 要

- 1) 植物ホルモンを用いないサトイモの茎頂培養及び大量増殖が可能であることを明らかにした。
- 2) ポット栽培を行うことにより、培養で増殖した個体の形質変異発生の有無を確認できることを明らかにした。
- 3) 植物ホルモンを全く用いない、簡易な増殖法を確立した。この手法で用いる培地は植物ホルモン、ビタミン類、及び、寒天などのゲル化剤の添加が不要で、水道水で作製できる。また、pH調整も不要である。
- 4) 増殖には2種類の培地を用いる。塊茎形成した植

- 物体をシュート部と塊茎部に切り分け、前者はショ糖 60gL^{-1} の培地で、後者はショ糖 30gL^{-1} の培地で、1ヶ月間培養する。前者からは塊茎形成した植物体が再び得られ、後者からは腋芽が伸長した発根植物体が得られる。再びシュート部（または植物体）と塊茎部に切り分け、それぞれ、ショ糖濃度 30gL^{-1} 及び 60gL^{-1} の培地で培養する。これを繰り返すことにより、1ヶ月で平均3倍に増殖する。
- 5) 増殖で得られた発根植物体は塊茎の有無に関係なく、容易に順化・育苗できる。育苗後、圃場で栽培すると草丈はやや低いものの、順調に生育し、収量

- も高い。また、形質変異も発生しない。
- 6) 得られた収穫物は保存性が高く、簡易な方法で冬季保存ができる。まず、芋を分けずに掘上げて株のまま乾燥し、凍結しない程度の温度で保管する。無加温パイプハウス内に掘った穴に籾殻を入れ、その中に埋めて保存することにより、山内村でも種芋貯蔵が可能であることが確かめられた。
- 7) 培養苗の生育が早く、収量が高い、保存性が高い

- などの特長は圃場で栽培すると効果が低下する。従って、培養苗を栽培して得た芋は翌年の種芋にし、この種芋で得た芋は販売用の芋とすることが優良種苗確保には大切である。
- 8) 以上により、茎頂培養、簡易増殖法、簡易種芋保存技術を組み合わせたサトイモの種苗生産体系が完成した。

付 記

本研究報告は生物資源総合開発利用センター試験研究課題「特産作物の大量増殖技術の確立」の1項目「サトイモ」として1993～1997年度に行った試験研究をまとめたものである。

付表1 山内村のサトイモ栽培の推移

年度	出荷量 (t)	販売額 (千円)	作付面積 (ha)	栽培農家数 (戸)
1992	78.5	33,020	11	94
1993	78.6	34,973	11	91
1994	82.9	41,908	11	90
1995	97.0	36,240	11	90

山内村里芋生産者部会1996年度運営委員会資料より。

付表2 種芋販売量の推移

年度	販売量 (t)	20kg単価 (円)	栽培面積 (ha)	種子単価 (円/10a)
1992	16.5	5,825	12.7	40,775
1993	16.4	14,000	12.6	98,000
1994	16.2	8,100	12.5	56,700
1995	17.2	10,500	13.2	73,500
1996	17.0	12,500	13.0	87,500

J Aよこて(当時)資料による。
種芋使用量は140kg/10a。

付表3 山内村培養施設で生産されたサトイモ苗の普及率

年度	販売苗		冬季保管 重量 (kg)	普及面積(%) 生産農家当たり			利用農家		
	数 (本)	品種		苗	種芋	小計	数 (戸)	比率 (%)	普及面積 (%)
1998	3060	土垂	1020	1.4		1.4	19	21.1	5.8
1999	2700	土垂	850	1.2	6.6	7.9	9	10.0	91.7
2000	3595	土垂	1650	1.6	5.5	7.2	19	21.1	38.7
2001	4050	乙女	1740	1.8	10.7	12.6	32	35.6	41.4
2002	4450	乙女	1830	2.0	11.3	13.3	25	27.8	56.1

J A秋田ふるさと営農センター資料より作成。山内村の全作付け面積は11ha、栽培農家数は90戸、苗の栽植密度は2株/m²、種芋は140kg/10aとして計算。

冬季保管重：当年度の販売苗を定植して得られた収穫物のうち、出荷量及び自家消費分を除いた重量。

付表4 年次別温度推移（大潟村）

月	平均気温				最高気温				最低気温			
	1996年	1995年	1994年	平年	1996年	1995年	1994年	平年	1996年	1995年	1994年	平年
1月	-0.5	-0.7	-0.8	-0.3	2.1	1.7	2.1	2.2	-3.4	-3.7	-4.0	-3.2
2月	-0.4	0.3	0.8	0.0	2.1	3.3	3.2	2.5	-3.3	3.0	-2.1	-2.9
3月	2.2	3.1	2.2	2.8	5.3	6.7	5.0	6.1	-1.3	-1.4	-0.8	-1.1
4月	6.8	8.9	8.2	8.4	10.8	13.1	12.8	12.6	2.4	3.8	2.9	3.7
5月	11.9	14.4	14.6	13.5	15.2	18.0	19.1	17.4	8.5	10.5	9.8	9.2
6月	17.7	17.6	17.6	18.0	20.7	21.2	21.0	21.6	14.3	14.2	14.1	14.3
7月	21.9	21.9	23.5	21.7	24.9	24.5	26.9	25.2	19.3	19.2	20.1	18.4
8月	22.6	23.5	25.9	23.6	26.9	26.5	29.9	27.5	18.2	20.5	22.1	19.7
9月	18.5	18.4	21.1	19.1	23.1	22.3	25.2	23.3	13.7	13.5	17.4	14.9
10月	13.2	14.6	14.4	13.1	18.0	18.7	18.6	17.4	8.0	10.3	9.6	8.3
11月	6.9	7.5	7.4	7.3	10.1	10.6	11.7	11.1	3.6	4.2	2.8	3.2
12月	2.4	2.5	2.1	2.7	5.7	4.7	4.9	5.5	-1.0	-0.2	-0.8	-0.4
年形	10.3	11.0	11.4	10.8	13.7	14.3	15.0	14.4	6.6	7.3	7.6	7.0

表の値はアメダスデータによる。

付表5 年次別降水量及び日照時間の推移（大潟村）

月	降水量				日照時間			
	1996年	1995年	1994年	平年	1996年	1995年	1994年	平年
1月	46	109	97	83.7	50.4	36.9	56.2	41.9
2月	51	62	72	64.4	59.4	83.4	71.0	65.9
3月	100	97	50	72.3	111.6	132.1	124.2	129.3
4月	61	113	34	88.7	159.9	152.6	184.5	159.5
5月	92	101	74	92.5	132.0	143.1	147.5	160.3
6月	123	36	35	97.8	113.1	121.8	138.4	129.1
7月	96	189	95	135.7	83.5	78.0	166.2	139.0
8月	38	274	108	154.5	198.0	84.8	160.5	175.7
9月	54	81	121	165.9	151.5	150.2	97.0	137.7
10月	151	194	86	141.4	152.9	142.5	151.0	136.2
11月	170	180	82	146.9	60.6	75.6	94.6	85.0
12月	125	154	102	130.2	70.4	40.0	34.8	47.1
年形	1107	1590	956	1374.0	1343.3	1241.0	1425.9	1406.7

表の値はアメダスデータによる。

付表6 年次別温度推移(横手)

月	平均気温			最高気温			最低気温		
	1996年	平年	1995年	1996年	平年	1995年	1996年	平年	1995年
1月	-2.1	-1.7	-2.6	0.5	0.8	0.0	-5.2	-4.5	-5.5
2月	-1.7	-1.2	-0.9	1.2	1.6	2.2	-4.2	-4.2	-3.8
3月	1.3	1.9	2.3	4.6	5.8	6.3	-2.0	-1.8	-1.6
4月	6.4	8.7	8.9	11.8	14.2	14.3	1.8	3.6	3.7
5月	12.6	14.4	14.9	17.6	19.9	20.1	8.4	9.2	10.3
6月	18.6	19.0	18.1	23.3	23.9	22.5	14.6	14.7	14.4
7月	22.9	22.6	22.5	27.3	27.0	26.5	19.4	18.9	19.2
8月	23.5	24.4	23.8	28.6	29.3	27.7	19.1	20.3	20.4
9月	19.1	19.5	18.4	24.3	24.2	23.2	14.9	15.6	14.3
10月	13.1	12.8	14.3	19.2	17.8	19.1	8.1	8.4	10.4
11月	6.3	6.5	5.6	10.0	10.7	9.7	2.8	2.6	2.0
12月		1.2	0.5		4.1	3.0		-1.6	-2.1
年形	10.9	10.7	10.5	15.3	14.9	14.6	7.1	6.8	6.8

表の値はアメダスデータによる。

付表7 年次別降水量及び日照時間の推移(横手)

月	降水量			日照時間		
	1996年	平年	1995年	1996年	平年	1995年
1月	136.0	164.5	188.0	33.6	39.8	40.1
2月	115.0	123.4	68.0	66.0	58.4	77.6
3月	105.0	78.7	82.0	99.0	110.2	101.4
4月	66.0	89.8	138.0	128.4	135.1	117.9
5月	116.0	98.2	98.0	122.7	143.5	131.1
6月	169.0	118.2	90.0	75.2	115.7	81.7
7月	123.0	158.7	217.0	76.9	124.0	66.1
8月	176.0	163.7	368.0	194.7	158.4	86.5
9月	59.0	148.0	111.0	132.2	119.1	133.6
10月	54.0	133.0	135.0	151.5	126.5	131.7
11月	178.0	159.8	198.0	61.9	80.6	67.6
12月		169.2	221.0		44.7	33.2
年形	1297.0	1605.2	1914.0	1142.1	1256.0	1068.5

表の値はアメダスデータによる。

引用文献

- 千葉泰弘・佐々木祐二・阿部 隆 1994. 種用サトイモの貯蔵法. 東北農業研究 47, 315-316.
- 飛高義雄 1989. サトイモ=植物としての特性. 野菜園芸大百科13. 279-308p. 農山漁村文化協会, 東京.
- 軽部 稔・市 和人・宝満正治 1983. サトイモの茎頂培養による形質変異について. 園学雑 52 別1, 459.
- 森 寛一 1997. 茎頂培養, 植物細胞組織培養, 119-160p, 理工学社, 東京.
- 森下正博 1988. フキ・サトイモの大量増殖と変異性. 農業技術 43, 73-76.
- Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid growth and Bio Assays with Tobacco Cultures. Physiol. Plant. 15, 473-497.
- 大澤勝次・栗山尚志・菅原裕幸 1981. 組織培養による栄養繁殖性野菜の大量増殖と利用に関する

- 研究. 野菜試験場報告 A. 9, 30-34.
- 8) 大澤勝次 1985. 野菜の組織・細胞培養の実際と展望. 増補/園芸植物の器官と組織の培養. 318-353p. 誠文堂新光社, 東京.
- 9) 庄野邦彦 1972. 培地の組成と作り方. 植物組織培養. 41-85p. 朝倉書店, 東京.
- 10) 首藤博敏 1993. サトイモ苗の組織培養による大量増殖とその実用的栽培について. 日作東北支部報 36, 87-88.
- 11) 朱玉・矢澤進・浅平端 1993. カラジウムの葉身切片の培養で再生した植物体における葉色変異の品種間差異. 園学雑 62, 431-435.

Summary

- 1) It was made clear that shoot apex culture and micropropagation of taro need no growth regulators.
- 2) It is able to be confirmed for occurring variations of characters in propagated plants by cultivation in pots.
- 3) The micropropagation method of taro was established using no growth regulators, and preparing nutrient media in propagation stage with tap water and MS salts without MS vitamins or pH adjustment.
- 4) Outlines of this system are as follows; Plantlets with tubers provided with shoot tip cultures are cut into shoot- and tuber-parts, and are used in the propagation stage. The shoots are cultured in MS liquid medium of 60gL^{-1} sucrose, and the tubers are cultured in the medium of 30gL^{-1} sucrose. The culture is done with liquid media by no shaking for each one month. After the culture, the shoots grow to plantlets with tubers, and axillary buds of the tubers grow to plantlets. Minimum 3 times increases are possible at one time propagation stage by repeating this.
- 5) Provided plantlets can easily acclimatize in a greenhouse and grow well in a field, and their yielding is very high. In addition, no variation of characters are occurred in the plantlets.
- 6) The crop thing had easily kept healthy in winter by the simple method, as well as in San Nai Village.
- 7) These characters of them disappear after one-year cultivation in a field. Therefore, it is important for getting superior plants that only the yielding of them from one-year cultivation in fields are used for seed taros.
- 8) The production system of seed taros is completed by combination with the shoot apex culture, the simple micropropagation method, and the simple keeping method.

要 旨

さまざまな培養及び栽培試験の結果、植物ホルモンを全く用いないサトイモの種苗増殖技術が確立された。増殖は非常に簡略化でき、水道水を用いたpH未調整のMS液体培地での静置培養が可能である。増殖にはショ糖濃度 30gL^{-1} 及び 60gL^{-1} の培地を用い、茎頂培養で得られた植物体の塊茎部を前者の培地で、シュート部を後者の培地で、それぞれ1ヶ月間培養する。培

養後、塊茎部からは伸長したシュートが、シュート部からは塊茎形成した植物体を得られるため、切り分けて再び同様に培養する。これを繰り返すことにより、1回の増殖で最低3倍の増殖が可能である。得られた培養苗は容易に順化・育苗でき、圃場での生育も良く、収量も高かった。また、収穫物は簡易な手法により、現地山内村でも容易に保存ができた。