

## ヤマイモ (*Dioscorea* spp.) における導入系統の 生態および形態的特徴と評価

志和地弘信・張 光 鎮・林 満  
(作物生産学講座)

平成6年8月10日 受理

### Ecological and Morphological Characterization and General Evaluation of the Introduced Yams (*Dioscorea alata* L.)

Hironobu SHIWACHI, Kwang Jin CHANG and Mitsuru HAYASHI  
(Laboratory of Crop Science)

#### 緒 言

東南アジアで栽培化されたダイジョ (*Dioscorea alata* L.) は、熱帯・亜熱帯地域において、おもに主食および野菜として利用されるが、天然色素等の材料としても重要な作物である<sup>18)</sup>。わが国のジネンジョ (*D. japonica*) やナガイモ類 (*D. opposita*) は、おもに生食用や菓子の材料として使われるが、最近の食品加工技術の発達に伴い水産加工食品やそばなどの加工原料としても需要が伸びてきている。しかし、ナガイモ類は、台風などの自然災害に弱く、災害の多い南九州の気候下ではダイジョの栽培がむしろ有利であると考えられる。ダイジョは沖縄や南九州において古くから栽培されており、コウシャマン、ツクリイモなどと呼ばれ、なじみの深い作物である。そして、ナガイモよりも粘性が強く、食味に優れる系統のあることから、高級和菓子の原料のジネンジョやツクネイモ (*D. opposita*) の代替種として、ナガイモよりもむしろ利用されることが多い。南九州の市場においてダイジョは「つくね芋」の呼び名で販売されており、ツクネイモと混同されている場合が多い。

ダイジョは生育が旺盛で、栽培しやすく、台風災害などからの回復が早いことなど、地域適応性の高いことが知られているにもかかわらず、南九州では作型及び品種の分化に乏しく、いまだ数種が在来種として利用されているにすぎない<sup>16,17,22)</sup>。その理由は、ダイジョの品種・系統の生理・生態的特徴に関する南九州での研究が比較的になく、これまで

品種・系統の導入が積極的に行われなかったためであると推察される。

そこで、導入系統並びに南九州や沖縄の在来種について、南九州におけるそれらの生態的および形態的特徴を比較解析し、利用可能な形質および特性等を明確にすることが品種や作型の分化促進にとって有効であると考え、本実験を行った。

#### 材 料 と 方 法

主に1970年代以降、鹿児島大学農学部を導入され、保存されている56系統のダイジョ (*D. alata*)<sup>6,11)</sup>のうちから、種芋の数の確保が可能であった36系統 (Table 1) を選び、供試した。その36系統の内訳は、インドネシアの8系統、パラオの10系統、パプアニューギニアの10系統、ナウルおよびポナペのそれぞれ1系統、沖縄 (Nos.34,35)、奄美諸島 (Nos.49,54) および鹿児島 (Nos.55,56) に在来の6系統であった。その中で、系統番号のNo.56は鹿児島の在来品種「あらた」であり、また、No.9はインドネシアからの導入品種「ソロヤム」<sup>8,9,10,12)</sup>で、いずれも南九州において品質、収量性に高い評価を得ている。

収穫後15℃で貯蔵されていた塊茎を初春に室温条件下にもどして、休眠を覚醒させ、催芽させた。そして、種芋はチウラム・ベノミル剤200倍溶液で10分間消毒した後、約75gに切り揃え、TPN剤を塗布し、さらに切断面の乾燥を促すために、約1週間室内に放置した。

種芋は、4月21日から27日にかけて、大学内の砂

Table 1. Strain number and country of origin of the tested water yam (*D. alata* L.)

Strain No.	Country or area of origin						
	Indonesia	Palau ls.	P.N.G.*	Nauru	Pohnpei ls.	Okinawa	Kagoshima
1		17	12	11	36	34	49
2		19	16			35	54
3		20	40				55
4		22	41				56
5		28	42				
6		29	43				
8		30	44				
9		31	45				
		32	47				
		33	48				

Nos. 9 and 56 are "Solo Yam" and "Arata" cultivar, respectively. \*: Papua New Guinea

壤土の圃場並びに 8 liter の砂壤土をつめたポットに植付けた。なお、圃場栽培の栽植密度は 90cm×50cm とし、ポット栽培では 1 ポットあたり 1 個ずつ植付けた。なお、実験 1-1) のみ 1 ポットあたり 4 個ずつ植付けた。

施肥量は全ての実験において同一基準とし、炭酸苦土石灰を 100kg/10a, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 10:10:10 の固形肥料を基肥料として成分量で 20kg/10a, 追肥として 2 kg/10a を施した。

つるは 1 m の支柱に誘引し、通常の栽培管理を行った。

#### 実験 1. 塊茎の着生時期および生育の系統間の比較

##### 1) 着生時期

系統番号の Nos. 1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 16, 22, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 40, 42, 44, 45, 47, 48, 49, 54, および 56 の 25 系統を供して、それぞれの種芋を各系統 80 個ずつポットに植付けた。植付け後 2 週間目から 3 日おきに中庸な生育の株の中から同一葉数の植物体を 5 株ずつ選び、株を掘取って、塊茎の着生時期を肉眼で調査し、80% 以上の株で塊茎の形成が確認された時を着生時期とした。そして、その時点における葉数を測定した。

##### 2) 生育および塊茎の含水率

圃場に栽培された 36 系統の中から、実験 1) と同じ 25 系統を供し、植付け後約 3 カ月を経過し、大多数の系統で塊茎の肥大生長の開始期であろうと推定される 8 月初旬から 1 カ月ごとに 12 月初旬まで生育調査を行った。それぞれの調査には、3 株ずつを供し、株を掘取り、水洗した後、株ごとに根を除去し、葉（葉柄を含む）、茎および塊茎に分け、それらの

生体重を測定し、次に 85℃ で 4 日間乾燥後のそれぞれの乾物重を測定した。

#### 実験 2. 日長処理に対する感応の系統間の比較

ヤムイモでは萌芽期に伸長するつるの数は系統によって異なり、結果的には株あたりの塊茎数が系統によって大きく変異する傾向が認められるので、つるが 1 本だけ伸長する系統に合わせて、最初に萌芽伸長したつるを 1 本だけ残して他のつるは剪除した。そして、生育初期および生育中期の植物体について日長処理を行い、実験 1-2) と同様の掘取り調査を行った。なお、処理開始時の株についても同じ項目の測定を行った。

##### 1) 生育初期

早晩性および収集地域が異なる系統番号の Nos. 2, 9 (ソロヤム), 34 および 56 (あらた) の 4 系統を供した。植付け後 40 日目の生育初期の植物体について、各系統から生育の中庸な 20 株ずつを選び、9 時間日長および自然日長の条件下にそれぞれ 10 株ずつを置いて日長処理を行った。そして、処理回数 30 回および 50 回目に各区の 5 株ずつについて、株の掘取り調査を行った。なお、処理期間中の 6 月および 7 月の月平均気温はそれぞれ 23.8℃ および 26.2℃ であり、処理開始時の自然日長区の日長は 14 時間 06 分であった。

##### 2) 生育中期

生育初期の実験と同じ基準で選んだ系統番号の Nos. 2, 9, 35, および 56 の 4 系統を供した。植付け後 90 日目の生育中期の植物について、各系統から生育の中庸な 30 株ずつを選び、11 時間、12 時間および自然日長の 3 条件下に、それぞれ 10 株ずつを置

いて日長処理を行った。そして、処理回数10回および20回目に各区の5株ずつについて、株の堀取り調査を行った。処理期間中の7月および8月の平均気温はそれぞれ26.2℃および27.1℃であり、自然日長区の処理開始時の日長は13時間58分であった。

**実験3. 茎葉および塊茎の形態的特徴**

圃場で栽培した36系統を供した。6月11日に萌芽の調査を、7月20日および9月3日に茎葉の形態調査を、12月13日に塊茎の形態調査を行った。それぞれの調査には各系統5株ずつを供し、各形態調査における調査項目および方法は農林水産省野菜・茶業試験場の種苗特性分類調査基準<sup>26,27)</sup>に従った。なお、つるの翼の有無など *D. alata* 種に共通する特性に関する項目は除外した。調査項目は以下のとおりである。

- 1) 萌芽茎数, 2) 生育最盛期における茎葉繁茂度 (弱=3, 中=5, 強=7, 極強=9), 3) 生育最盛期のつるの分枝の程度 (小=3, 中=5, 多=7), 4) つるの太さ (15節位のつるの直径mm), 5) つるの色 (15節位のつるの色), 6) 葉の形, 7) 葉の色 (15節位の葉色), 8) 葉長, 9) 葉幅, 10) 葉脚部のくぼみの深さ, 11) 葉の肩張り, 12) 葉形指数 (葉長/葉幅), 13) 葉柄長 (15節位の葉柄の長さ), 14) 葉柄の着色の有無, 15) 葉えき部中心の着色の有無, 16) 葉の着生状態, 17) むかごの着生程度, 18) 塊茎の外皮色, 19) 塊茎の肉色, 20) 塊茎の形, 21) 一株当たり塊茎重 (g), 22) 一株当たり塊茎数, 23) 塊茎の重さ (g), 24) 塊茎の長さ, 25) 塊茎の太さ (長径), 26) 同 (短径), 27) L/W率 (塊茎の長さ/塊茎の長径)。

なお、上記2), 3)の調査項目については、基準に従えば *D. alata* 種の系統間の比較が出来ないために、生育が旺盛なNo.56 (あらた品種)の生育にそれぞれスコア7を与えた新たな基準を設け、系統間の比較を行った。

**実験4. 塊茎の休眠および貯蔵性**

圃場に栽培された36系統について、12月初旬に収穫された塊茎を各系統10個ずつ20±2℃の恒温室内に置き、1週間ごとに萌芽率と塊茎の生体重を測定した。萌芽基準は、芽が3mm以上伸長した時を塊茎の萌芽とし、萌芽率が50%以上に達するまで測定を行った。また、生体重の測定結果から、20±2℃における各系統の塊茎の貯蔵性の良否を推定した。

**実験5. 塊茎のおろし液の粘性**

系統番号の Nos. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8,

9, 11, 12, 16, 17, 19, 20, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 42, 43, 45, 47, 48, 49および54の29系統を12月初旬に収穫し、収穫塊茎を15℃の恒温室内に35日間貯蔵した。この29系統に鹿児島県の山野で採集されたジネンジョ (*D. japonica*)と市場で買い求めたナガイモ (*D. oppisita*)の2系統を加えた31系統を供し、それらの塊茎のおろし液 (トロロ液)の粘度を測定した。粘度の測定方法は以下のとおりであった。

塊茎の皮を厚めに剥き、それを卸し金 (目の幅0.5mm, 目の長さ2mm, 目どうしの間隔2mm, 列の間隔2mm)で円を描くようにすり下ろした。次にそのおろし液50gに対して、水を40mlの割合で加え、ミキサーで正確に1分間攪拌した。そして、25℃の水を循環させたステンレス製カップ (内径47mm, 高さ102mm)におろし液を入れ、25℃におけるおろし液の粘度を測定した。測定にはB8M型粘度計 (共軸円筒式回転粘度計, 東京計器製)を使用し、ロータはNo.4を用いた。そして、ロータの回転速度を0.3から0.6, 1.5, 3, 6, 12, 30および60 rpmまで順次変えて、それぞれの回転速度における指示値を読みとった。なお、この実験方法とロータの組み合わせによる計器定数は次のとおりである。

$$\text{ずり速度} : D = 0.215N (S^{-1}) \dots\dots\dots\text{①}$$

$$\text{ずり応力} : S = 12.9\theta \text{ (dyn/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots\text{②}$$

$$\text{みかけ粘度} : \eta_a = 6000 \cdot \theta / N \text{ (cp)} \dots\dots\dots\text{③}$$

N:ロータ rpm,  $\theta$ :粘度計指示値

そして、各回転速度における読みとり値 $\theta$ から、ずり速度、ずり応力およびみかけの粘度を計算で求めた。

一般にヤムイモおろし液では、みかけ粘度とずり速度の関係が凝塑性の次の流動方程式で表される<sup>14,15)</sup>

$$\eta_a = \mu D^{n-1} \quad 1 > n > 0 \dots\dots\dots\text{④}$$

ここで $\mu$ は非ニュートン粘性係数,  $n$ は非ニュートン粘性指数であり、この④式の対数をとれば、

$$\log \eta_a = \log \mu + (n-1)\log D \dots\dots\dots\text{⑤}$$

となり、データから $\mu$ および $n$ が求められる。ここで $n$ は流体の凝集構造の強弱を示し、指数が小さいほど構造が破壊され易いとされる。

次に、食品の流動特性は次のCasson方程式に従うものが多いとされている<sup>14,15,25)</sup>。

$$\sqrt{S} = \sqrt{S_c} + \sqrt{\mu_c} \sqrt{D} \dots\dots\dots\text{⑥}$$

Sc: Casson降伏値 (dyn/cm<sup>2</sup>),  $\mu_c$ : Casson 粘度 (P) として、 $\eta_a$ ,  $\mu_c$ およびScが大きいほど、加工材料

としての品質にすぐれていると考えられる。

### 結果と考察

#### 実験1. 塊茎の着生時期および生育の系統間の比較

##### 1) 着生時期

ナガイモ類 (*D. opposita*) の塊茎は萌芽後まもなく茎の基部に着生する<sup>7,24)</sup>が, *D. rotundata*<sup>19,20,21)</sup>や *D. alata* のソロヤム品種<sup>4)</sup>では, 塊茎の着生に植付け後8~10週間を要し, それは展開葉数10~11枚程度の幼植物であった。また, 塊茎の肥大生長の開始期も種および品種によって異なることが報告されており<sup>4,7,24)</sup>, これらの報告は塊茎の着生時期および肥大生長の開始期の違いが種のものであること示唆するものであった。しかし, 同じ種における系統間の差異についてはいまだほとんど検討されていなかった。そこで, 本実験では収集地域の異なる *D. alata* 種の25系統を用いて, 塊茎の着生時期が系統間でどのような違いを示すかについて調査した。

塊茎着生の時期および着生時における葉数を Table 2に示した。

Table 2. Comparisons of new tuber initiation in 25 strains of water yam (*D. alata* L.)

Strain No.	Days after planting	No. of leaf
1	37	7.5
2	37	9.0
3	34	10.5
4	34	6.0
5	31	6.5
9	37	10.0
11	37	4.0
12	31	5.0
16	37	8.0
22	40	8.0
29	31	8.5
30	37	8.5
32	34	7.5
34	23	3.0
35	26	5.0
36	34	6.0
40	37	8.0
42	31	6.0
44	29	4.5
45	34	6.0
47	31	4.5
48	46	9.0
49	34	4.0
54	43	11.0
56	14	3.5

塊茎の着生時期をみると, 植付け後14日ですでに着生が認められたNo.56 (あらた) から46日間を要したNo.48まで系統間に大きな差異が認められた。次に展開葉数と塊茎着生との関係を見ると, 3~4葉で塊茎の着生が認められたNos.11, 34, 49および56の系統から, 10葉以上で認められたNos.3, 9および54の系統まで, 着生時期と葉数の間にも系統間に大きな差異が認められた。25系統の植付けから塊茎着生までに要した日数の平均値は, 植付け後4.8週, 展開葉数にして6.8枚であり, ダイジョの塊茎の着生時期はナガイモのそれよりも遅いと推定された。

ヤムイモでは種芋塊茎の貯蔵期間と塊茎の着生に要する日数には負の相関が報告されている<sup>21)</sup>が, 本実験では収穫塊茎が同一条件下に貯蔵され, 貯蔵期間がどの系統も同一であったことから, 塊茎着生時期の系統間の大きな差異は貯蔵条件等の影響よりもむしろ系統固有の特性であろうと考えられた。

ナガイモ栽培では, 塊茎の早期形成と肥大の促進が早掘出荷に重要な要因といわれており<sup>24)</sup>, ダイジョの場合にも, 塊茎が早期に形成され, 早期に肥大し始める特性をもつ系統の選抜が南九州においては重要であると考えられ, 肥大生長の開始期の系統間の違いについても, さらに検討を加えることとした。

##### 2) 生育および塊茎の含水率

熱帯におけるヤムイモの栽培期間は栽培地域の環境条件のみならず種および品種・系統によっても異なるが, ダイジョでは最低7ヵ月を要する<sup>2,3)</sup>。南九州におけるヤムイモ栽培の場合, 栽培期は春季から秋季にかけての約8ヵ月間に制約されるために, 早生系統であることが適応品種選定の一つの重要な要件と考えられる。しかし, 南九州では, ほとんどの系統が初冬の降霜時まで茎葉をつけ, 生育を続けるために, 地上部の茎葉の観察のみで早晩性を判断することが困難である。そこで, 早晩性の判定には塊茎の登熟度を比較することが有効であろうと考え, 塊茎の含水率の推移から登熟の程度を推定し, それをもとに適応性の評価を試みた。

ヤムイモの含水率は登熟に伴って低下し, 含水率80%程度を未熟と成熟の境界として考察が行われてきた<sup>4)</sup>。この基準に従って, 塊茎の含水率が栽培期間中に大きく低下する系統群と低下しない系統群に分け, 月別の含水率の推移をそれぞれ Table 3および4に示した。

Table 3. Monthly changes in moisture content (%) of tuber in 18 strains of water yam (*D. alata* L.)

Strain No.	Moisture content (%)				
	August	September	October	November	December
5	87.1	85.9	81.3	76.7	72.9
11	86.3	85.7	85.7	82.6	74.9
16	88.7	84.6	80.9	76.7	79.6
19	87.3	85.9	83.8	81.9	74.4
22	84.0	81.7	78.7	79.5	77.4
30	83.9	83.4	81.4	81.2	80.8
31	83.2	81.0	80.1	78.1	77.2
32	86.1	83.2	80.4	78.5	77.1
34	86.6	86.6	83.2	79.4	69.3
36	81.6	82.0	80.1	79.0	78.2
40	86.7	85.7	81.4	79.4	75.0
42	86.9	84.9	80.9	79.7	76.9
44	85.7	82.2	81.1	78.1	76.4
45	86.8	83.7	79.4	79.2	74.6
47	90.5	91.0	91.0	84.3	81.2
48	82.7	86.1	82.9	77.9	77.0
49	83.9	88.5	86.1	83.7	79.5
56	86.5	83.5	82.8	78.6	78.1
Mean	85.8±2.2	84.8±2.4	82.3±2.9	79.7±2.1	76.7±2.8

Table 4. Monthly changes in moisture content (%) of tuber in 7 strains of water yam (*D. alata* L.)

Strain No.	Moisture content (%)				
	August	September	October	November	December
1	85.6	85.6	87.3	86.9	83.4
2	87.4	86.3	89.5	86.5	87.5
3	85.8	86.6	88.5	86.2	83.4
4	86.4	87.7	83.0	83.5	83.5
9	87.1	88.6	88.4	86.3	83.8
29	85.7	87.4	88.6	87.9	84.5
54	85.8	86.4	88.0	83.1	83.9
Mean	86.3±0.7	86.9±0.9	87.6±2.0	85.8±1.7	84.3±1.4

Table 3の18系統では、8月の調査時における塊茎含水率は、No.36の81.6%から、No.47の90.5%まで系統間で違いがあったが、平均値は85.8%であった。その後、これらの系統では生育に伴って、9月および10月の含水率が84.8%および82.3%とやや低下傾向を示し、11月には18系統中13系統が80%以下となり、含水率の大きな低下が始まり、塊茎の登熟

が進んでいるのが確認された。さらに12月の含水率の平均値は76.7%になり、登熟がより進行し、これらの18系統群では、肥大生長期から収穫期に至るまでの期間に塊茎の含水率が約10%低下するという共通した特徴がみられた。なお、No.30とNo.47では12月の収穫時においても80%前後の塊茎含水率であったが、これらの塊茎含水率の推移が他の16系統と類

似していたため、2系統をこの系統群に含めた。

一方、Table 4の7系統の塊茎含水率は、その平均値が8月に86.3%であったが、肥大生長の期間中も高い含水率を維持し、12月の収穫時においても、84.3%と依然として高い含水率であり、これらはTable 3の18系統とは明らかに異なる含水率の変化を示す系統群であった。

ダイジョの収穫時の塊茎含水率は65~85%<sup>18)</sup>とされ、その系統間の変異が大きく、収穫塊茎の含水率を単純に比較して、系統の早晩性を判定することに少し無理な点もあると考えられるが、生育中の塊茎の含水率の推移から、塊茎の登熟度を推定することは可能であろうと考えられてきた<sup>4,5)</sup>。熱帯におけるヤマイモの生活環は活動相と休眠相より成り、それらの相がそれぞれ雨季および乾季と一致することが認められており<sup>3)</sup>、また、温帯におけるダイジョの生活環も春季から秋季にかけて活動相、冬季に休眠相を呈すると考えられることから、休眠相への転換に備えて含水率が早期に低下する系統は、生育期間も比較的短い早生系統と推定することが出来よう。それ故に、初冬まで、塊茎が高い含水率を維持したTable 4の7系統は晩生系統と推定され、塊茎の含水率が早期に低下したTable 3の18系統の中に早生の系統が多く含まれるものと推定された。

以上のように、塊茎の登熟のパターンが系統群で分けられ、この違いが系統の早晩性に関連していると推察されたことから、塊茎の肥大生長のパターンも系統群で異なるであろうと考え、系統群の塊茎の肥大生長の開始期および塊茎の肥大生長の経時的な変化について検討した。

ダイジョのソロヤム品種は塊茎の肥大生長が9月初旬以降に始まり、感光性の強い品種であると推定されるが、この肥大生長の開始期の9月を一つの判定基準とすると、塊茎の肥大生長の開始期が9月よりもかなり早い8月以前であった3系統、9月以前であった15系統および9月以降であった7系統の3群に分けられた。そして、この3群について、塊茎の肥大生長の経時的な変化をそれぞれの系統群の塊茎の乾物重の平均値でFig. 1に示した。

Nos. 36, 44および56の3系統の系統群は、8月以前に塊茎が肥大を開始していたと考えられ、その中でもとくにNo. 36は8月の測定時において、塊茎の乾物重はすでに9.98gに達しており、かなり早期に肥大生長が始まっていたと推定された。その後も塊茎は急激に肥大し続けたが、塊茎の最大の生長期

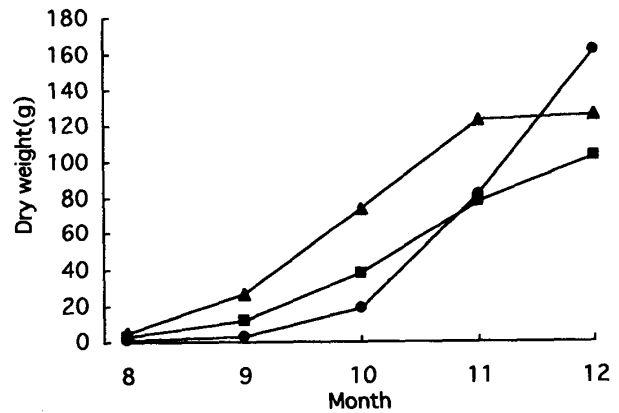


Fig. 1. Monthly changes in growth and enlargement of tubers in late, medium and early maturing strains of water yam (*D. alata* L.).

Symbol: -●-, -■- and -▲- represented a mean value of dry weight for 7 late maturing strains, 15 medium maturing strains and 3 early maturing strains, respectively.

が11月前後になり、11月以降生長が停止した。また、15系統の系統群では、塊茎の肥大生長の開始期は8月から9月であり、塊茎は9月以降12月まで直線的に肥大しつづけた。一方、7系統の系統群では塊茎の肥大生長の開始期は遅く、9月以降であり、その中でもNo. 1の系統がとくに遅く、10月以降に肥大を開始した。その後塊茎は10月以降急激に肥大し、11月以降も肥大を続け、気温の大きな低下がなければさらに肥大を続けるとみられたが、降霜によって生長は中断された。

このように、塊茎の肥大生長のパターンは3つの系統群で異なり、肥大生長の開始期には系統間で約3カ月程度の差異が認められた。また、上述の塊茎の登熟の程度とこのパターンの違いを総合して考察すると、塊茎の肥大生長の開始期は塊茎の含水率が栽培期間中に低下する系統群で早く、それらの18系統では塊茎の肥大生長と登熟がほぼ同時に進行することが分かった。そして、栽培期間を通して塊茎が高い含水率を維持した7系統では肥大生長の開始が概して遅い傾向が認められた。

以上のことから、25系統の早晩性は、塊茎の肥大生長の開始および登熟の遅い7系統が晩生と推定された。また、一般に、ダイジョの塊茎の肥大生長は9月から始まるとされ<sup>22)</sup>、これが、ダイジョの栽培が暖地以外で困難であることの理由にされている

が、南九州におけるダイジョの塊茎の肥大生長の開始期は系統間で違いがあることが確かめられ、9月以前に肥大する系統も少なからず存在することが明らかになった。南九州では降霜の有無がダイジョの系統の選定に大きく影響するために、無霜地域では晩生系統の導入も可能であると考えられるが、降霜地域では、早生および中生の系統の中から、降霜期以前に収穫の出来る系統を選定することが理想的である。そのためには、塊茎が早期に肥大しはじめ、早く登熟する系統の選抜が肝要であり、そのような指針によって早生系統を育成することが栽培地域の拡大に有効であると考えられた。また、極早生と考えられる3系統では塊茎の肥大生長の開始期に違いはあるものの、その塊茎の生長パターンは、*D. opposita* のナガイモ品種<sup>24)</sup> および丹波ヤマノイモ品種<sup>7,13)</sup> に近似しており、ダイジョのなかにも温帯性のナガイモ類に類似した生育パターンを持つ系統があることが明らかとなり、このような生育パターンを示す系統は、南九州の降霜地域に適応する系統と考えられ、ナガイモ類と同じように、塊茎の早期着生と早期肥大が重要な要件であることが分かった。

なお、塊茎の系統間の収量差について、地上部の生長量が影響しているといわれている<sup>4)</sup>。本実験の36系統においても、塊茎乾物重(y)と生育期間中における莖葉の最大乾物重(x)との間には、 $y=0.73x+58.93$ ,  $r=0.85^{**}$ の相関係数が得られた。これは地上部の生長量が大であれば塊茎の収量も大であるという関係の存在<sup>4)</sup>を再確認したもので、地上部の生長量の大きい系統を選抜すれば収量性の高い系統が得られる確率が大であることを示唆するものであった。

### 実験2. 日長処理に対する感応の系統間の比較

実験1の結果において、塊茎の肥大生長の開始期が系統によって異なったのは、系統の感光性程度の違いによって生じたものであろうと考えられた。そして、早晩性の異なる系統では肥大生長の開始期が異なったことから、早生と晩生の系統について日長処理を行い、塊茎の肥大生長の開始に及ぼす日長の影響について検討を行った。

生育初期における処理時の植物体の生長量には系統間にそれほど大きな違いはなく、葉数が12.3~12.7枚であった。そして、この植物体は実験1で述べたように、塊茎の着生がようやく肉眼で認められる幼植物であった。生育中期では処理時の生長量が系統間で若干異なり、その葉数はNo.2で48.7枚、

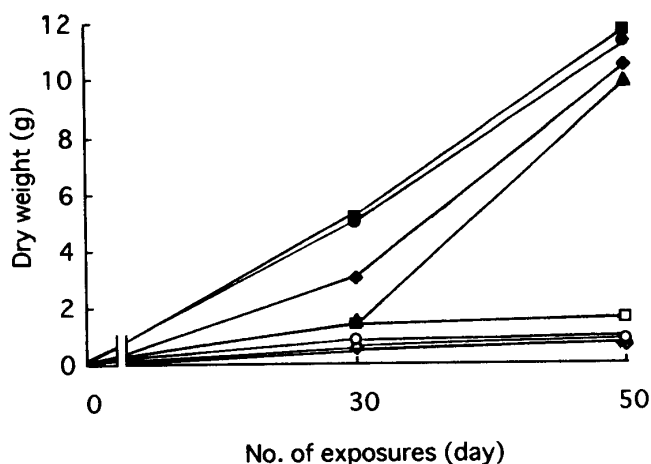


Fig. 2. Effect of day length on growth and enlargement of tubers during the early stage of development.

Strain: ◇; No. 2, △; No. 9, □; No. 34, ○; No. 56, Day length: close; 9 hours, open; Natural day length. Planting date: April 24. Duration of treatment: June 3 to July 23

No. 9で50.7枚, No. 35で74.5枚およびNo. 56で71.0枚であった。そして、いずれの系統においても塊茎はいまだ肥大しておらず、塊茎の乾物重はそれぞれ0.57g, 0.62g, 0.75g, および0.88gであり、系統間にそれほど大きな差異はなかった。

生育初期における塊茎の肥大生長の開始に対する日長処理の効果を Fig. 2 に示した。塊茎の肥大生長の開始に対して、自然日長下での処理はいずれも無効であり、処理期間中の塊茎の乾物重はほとんど不変であった。一方、9時間日長区の30回処理時の測定において Nos. 2, 34 および 56 の系統では、塊茎は肥大生長を開始していたが、No. 9 では塊茎の肥大生長の開始について明確な徴候は認められなかった。次に50回処理ではNo. 9 でも塊茎の肥大生長が開始していることがはっきり認められた。このように9時間日長に対する感応は系統間で違いが認められ、Nos. 34 および 56 は感応が大で、No. 2 は2系統よりやや小で、No. 9 の系統では感応は最も小であった。

光周反応の加齢効果がソロヤム品種ですでに認められている<sup>5)</sup>ことから、生育中期では、生育初期よりも日長時間を延ばして、11時間、12時間および自然日長に対する4系統の感応について検討し、その結果を Fig. 3 に示した。11時間および12時間日長の10回処理において、No. 56 (あらた) の塊茎では

両処理において、すでに肥大生長が開始しているのが認められたが、他の系統では肥大が認められず、No.56系統は他の系統よりも感応が大であった。11時間および12時間日長の20回処理では、全ての系統で塊茎の肥大が開始しているのが確認された。そして、全ての系統において11時間および12時間処理では処理間に感応の大きな差異は認められず、生育中期の植物体は12時間日長条件下で塊茎の肥大生長を誘起するのに十分な効果があったものと推察された。しかし、生育初期の日長処理においては、日長の変化に対する感応の程度が各系統で異なり、生育中期ではNo.56(あらた)の感応が最も大であったことから、No.56はNos.2, 9および35に比べて感光性程度が著しく弱い品種であろうと推定された。また、生育中期において、No.56の塊茎は自然日長区で肥大生長を開始しており、この肥大生長の開始期が、10回処理時の7月30日頃であったことから、夏至から7月下旬にかけての日長の変化に感応したものと考えられ、No.56の「あらた」は極めて弱い感光性を有する品種であることが確認された。

以上の結果から、ヤムイモの塊茎の肥大生長は第一義的には短日によって誘起されるが、その光周反応は系統間で異なることが分かり、生育の進行に伴

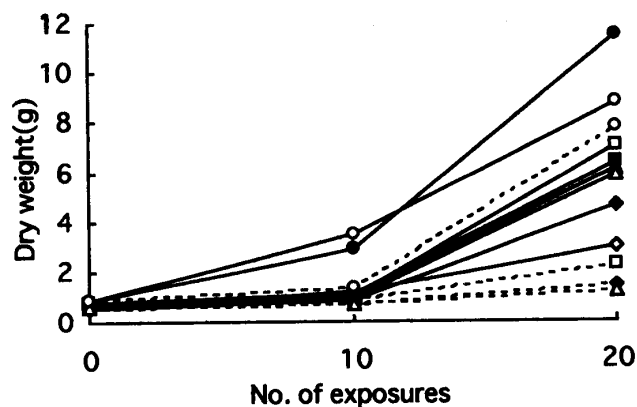


Fig. 3. Effect of day length on growth and enlargement of tubers during the middlestage of development.

Strain: ◇; No. 2, △; No. 9, □; No. 35, ○; No. 56. Daylength: solid and closed symbol; 11 hours, solid and open symbol; 12 hours, dotted and open symbol; Natural day length. Planting date; April 21. Duration of treatment: July 20 to August 9

う加齢効果のあることが確認された。

ソロヤム品種を初春に植付けた場合、塊茎は幼植物に着生するが、塊茎の生長は長期にわたって停滞し、茎葉のみが生長する栄養成長期を経過してから、初秋以降に肥大生長が開始するという特徴的な生育パターンを示す<sup>4)</sup>。この肥大生長は第一義的には短日によって誘起されることが明らかにされてきた<sup>5)</sup>。また、実験1において、塊茎の肥大生長の開始期が系統によって異なるのは系統固有の特性によって生じたものであり、これらは栄養生長から塊茎の肥大生長への転換期が感光性程度の弱い系統ほど早いことを示唆するものであった。それ故に、実験1において塊茎の肥大生長の開始期がNo.56系統と同程度に早かったNos.36および44の2系統は、感光性の弱い系統であると推察されたこと、さらに、これらの系統では塊茎の含水率の低下が塊茎の肥大生長と同時進行して、結果的に極早生であったことを考え合わせると、早生系統は感光性が弱く、塊茎が早期に肥大し始め、さらに、早期に登熟過程にはいる特性を有すると推察された。

なお、早生の系統の選抜には幼植物に短日処理を施し、新しい塊茎の早期肥大を確認する手法の応用が有効であろうと考えられた。

### 実験3. 茎葉および塊茎の形態的特徴

茎葉および塊茎の形態に関する調査の結果をTable 5に示した。なお、供試系統のうち一部の系統の葉形はすでに報告がなされていた<sup>11)</sup>ので、1991年以降導入された系統で、報告されていなかった系統の葉形だけをFig. 4に記載した。また、主要な形質間の相関を求め、Table 6に示した。

系統の特徴を示すと考えられた塊茎の形質と茎葉の形質との間の相関は、全体的にやや低く、ほとんどの形質は系統間で類似し、系統の相違の識別には応用し難いものであったが、それらの中で系統の分類に利用しうる形質は、茎や塊茎のアントシアニンの発現の有無、萌芽基数および葉形などであろうと推定された。

まずアントシアニンの発現について、アントシアニンの発現は萌芽時の茎や茎の翼に認められるが、発現したものの中には生長に伴って次第に不明瞭となり、後には全く消失する系統も含まれた。地上部にアントシアニンの発現がなかった系統は全体の59.5% (25系統)であり、それらの系統では塊茎外皮色が淡褐色から褐色で、塊茎肉色は白色から黄白色であった。アントシアニンは、成株の葉柄や葉え



Table 5. Morphological characters in 36 strains of water yam (*D. alata* L.)

Strain No.	Plant vigor	Ranif. cation	No. of vines	Stem			Leaf			Petiole			Leaf axil			Type of setting			Tuber									
				Diameter (mm)	Color	Shape	Length (cm)	width (cm)	Index	Base depth (cm)	Width of shoulder (cm)	Length (cm)	Reddish color	ness	color	ness	position	leaf	Setting of bulbils	Epi-dermis color	Flesh color	Shape	Total weight /stump(g)	Number /stump	Individual wt. (g)	Length (cm)	Width (longcm)	Width (shortcm)
1	7	5	3.0	4.46	5	2	5	18.5	10.6	1.7	4.3	6.2	8.9	1	1	3	3	1	1	1	8	2,205.0	2.3	980.0	11.1	8.7	5.5	1.3
2	7	5	2.4	4.41	5	2	5	17.0	10.5	1.6	4.0	6.0	8.8	1	1	3	1	1	1	8	1,044.0	2.0	665.0	9.9	12.6	7.0	0.8	
3	7	7	2.6	4.88	5	2	5	17.1	10.3	1.7	4.1	4.8	7.8	1	1	1	1	1	1	8	1,495.0	1.5	936.7	9.1	11.7	4.6	0.8	
4	5	4	1.0	3.43	5	2	5	17.1	8.7	2.0	3.2	4.2	7.1	9	9	1	0	4	lor2	8	1,132.5	1.3	906.0	12.5	12.6	4.7	1.0	
5	5	3	1.6	3.41	5	4	5	14.9	9.1	1.6	1.9	7.6	7.9	9	9	3	1	4	3	6	800.0	1.4	571.4	14.3	8.8	4.4	1.6	
6	5	2	2.3	3.53	3	3	3	15.0	7.9	1.9	3.5	4.5	6.6	1	1	3	0	3	1	9	766.7	2.3	328.6	10.1	8.1	5.9	1.2	
8	5	2	1.5	3.50	3	2	3	13.3	7.8	1.7	2.9	3.9	6.4	9	9	3	1	4	3	8	484.0	1.4	268.9	5.9	8.3	4.9	0.7	
9	7	5	1.5	4.11	5	2	5	17.7	10.4	1.7	4.6	4.2	7.5	1	1	1	0	3	1	8	1,500.0	1.0	1,500.0	11.1	16.3	6.8	0.7	
11	5	3	1.4	4.26	7	3	7	17.8	9.4	1.9	3.5	4.9	7.3	9	9	2	0	4	lor2	8	716.0	1.4	447.5	12.3	10.4	5.2	1.2	
12	5	5	1.5	3.88	5	2	5	13.4	9.1	1.5	3.7	4.2	7.4	9	9	1	0	5	3	8	548.0	1.8	304.4	8.1	9.5	4.3	0.9	
16	5	3	1.4	4.25	3	3	3	20.1	9.9	2.0	3.8	7.8	7.7	9	9	2	0	5	1	8	666.0	1.2	555.0	12.4	9.7	4.1	1.3	
17	3	2	1.3	4.41	7	1	7	14.3	9.0	1.6	3.3	5.5	6.8	1	1	2	0	5	1	4	306.0	1.2	255.0	13.6	4.3	3.8	3.2	
19	3	2	1.0	3.79	7	2	7	13.2	7.7	1.7	3.1	3.5	5.4	9	9	1	0	4	3	4	472.0	1.0	472.0	15.5	7.3	6.3	2.1	
20	3	2	1.6	2.80	3	2	3	16.3	7.1	2.3	3.1	4.2	6.9	9	9	1	0	4	lor3	4	420.0	1.5	280.0	14.2	6.0	4.7	2.4	
22	4	3	3.0	2.84	3	4	3	13.6	7.0	1.9	2.0	4.7	6.1	9	9	1	0	4	1	9	577.8	2.0	288.9	9.2	6.4	5.5	2.1	
28	5	5	1.2	5.25	7	2	7	14.9	9.8	1.5	3.4	5.8	7.1	1	1	1	0	1	1	4	400.0	1.2	373.3	16.0	7.6	5.5	2.1	
29	5	5	2.2	3.56	5	3	5	16.0	9.0	1.8	3.5	4.9	7.2	1	1	1	0	1	1	9	762.0	1.8	423.3	10.8	9.8	4.5	1.1	
30	4	3	3.0	3.61	7	4	7	13.7	7.5	1.8	2.1	5.9	6.6	1	1	2	0	1	1	9	774.0	3.4	227.7	10.2	5.4	4.6	1.9	
31	3	4	2.0	4.30	7	4	7	15.4	9.3	1.7	3.2	6.7	7.8	1	1	1	0	3	1	9	1,012.0	2.4	421.7	9.5	6.4	5.2	1.5	
32	3	4	2.0	4.39	7	4	7	16.3	9.3	1.8	3.0	6.8	7.4	1	1	2	0	3	lor2	9	856.0	2.4	356.7	9.5	6.1	5.6	1.6	
33	3	2	1.2	5.35	7	2	7	16.6	10.1	1.6	3.8	5.0	8.3	9	9	1	0	5	3	8	1,472.0	1.5	981.7	11.0	15.2	9.1	0.7	
34	3	4	3.7	4.21	7	4	7	14.9	8.6	1.7	2.3	6.8	7.9	9	9	1	3	5	lor3	5	368.0	1.8	204.4	10.2	6.3	3.5	1.6	
35	4	5	3.6	4.67	5	4	5	17.0	9.1	1.9	3.3	6.9	9.4	1	1	1	0	1	1	4	962.0	2.2	437.3	12.1	9.9	3.8	1.2	
36	3	3	1.2	3.89	7	4	7	15.4	10.3	1.5	3.4	7.6	7.4	9	9	2	0	1	1	2	802.0	1.4	572.9	32.3	5.4	4.7	6.0	
40	3	4	2.5	4.72	7	4	7	17.4	9.4	1.9	3.4	9.4	10.2	1	1	3	3	1	1	4	960.0	1.5	640.0	10.2	9.5	6.2	1.1	
41	3	2	1.0	2.63	5	4	5	12.5	8.3	1.5	1.7	5.4	6.0	9	9	3	0	3	1	4	125.0	1.5	83.3	13.2	2.8	2.3	4.7	
42	2	2	3.0	3.48	5	4	5	16.3	9.3	1.8	3.0	7.3	10.5	1	1	1	0	1	1	4	928.0	2.8	331.4	13.9	6.1	3.9	2.3	
43	3	2	1.3	3.36	5	4	5	16.1	8.6	1.9	2.7	6.5	9.4	1	1	1	0	4	2	3	677.5	2.0	338.8	10.9	5.7	4.9	1.9	
44	4	3	1.3	4.21	5	4	5	20.4	12.6	1.6	2.8	11.5	10.8	1	1	2	0	1	1	6	785.0	1.3	628.0	13.0	12.7	3.8	1.0	
45	5	4	2.4	3.47	5	4	5	15.4	8.7	1.8	1.9	7.2	8.4	9	9	1	0	4	3	4	645.0	1.3	483.8	15.8	6.8	4.3	2.3	
47	5	2	1.0	5.91	5	2	5	22.4	13.4	1.7	5.9	4.8	11.4	9	9	1	1	3	2	2	885.0	1.0	885.0	32.1	7.4	7.3	4.3	
48	3	3	2.0	3.60	5	4	5	20.0	12.8	1.6	4.1	9.6	9.6	9	9	1	0	4	1	9	242.5	4.0	60.6	6.6	3.2	2.8	2.1	
49	4	2	1.2	3.97	5	2	5	13.3	7.6	1.8	2.1	4.6	7.6	9	9	1	0	4	3	8	754.0	1.8	418.0	9.3	9.5	4.3	1.0	
54	7	5	1.8	3.71	5	2	5	17.2	10.3	1.7	4.1	4.2	9.7	1	1	1	0	1	1	8	1,196.0	1.4	854.3	8.2	10.3	5.3	0.8	
55	7	7	3.0	4.71	5	4	5	18.9	10.2	1.9	4.1	9.3	12.2	1	1	1	1	3	1	4	1,014.0	2.6	390.0	13.9	7.3	3.3	1.9	
56	7	7	3.8	4.59	5	4	5	19.4	10.7	1.8	4.9	8.3	9.9	1	1	1	3	3	1	4	1,892.0	2.8	556.5	14.3	10.5	3.9	1.4	

The items and methods are based on description for Yams of National Research Institute of Vegetables, Ornamental plants and Tea, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

Table 6. Correlation coefficients between characters in 36 strains of water yam (*D. alata* L.)

Organ	Item	Stem		Leaf		Petiole		Tuber					
		Diameter	Length	Width	Base depth	Shoulder length	Length	Number	Total weight /stump	Individual weight	Length	Width (long)	Width (short)
Stem	Diameter	1	0.524	0.595	0.642	0.161	0.457	-0.132	0.416	0.435	0.284	0.374	0.436
Leaf	Length		1	0.837	0.722	0.442	0.765	0.114	0.462	0.453	0.271	0.319	0.129
	Width			1	0.693	0.485	0.689	0.070	0.341	0.414	0.333	0.243	0.101
	Base depth				1	-0.039	0.469	0.007	0.534	0.542	0.266	0.377	0.383
	Shoulder length					1	0.650	0.411	0.056	-0.171	0.089	-0.156	0.369
Petiole	Length						1	0.256	0.368	0.219	0.192	0.141	-0.045
Tuber	Number							1	0.095	-0.421	0.336	0.362	0.327
	Total wt./stump								1	0.750	-0.019	0.607	0.380
	Individual wt.									1	0.164	0.786	0.585
	Length										1	-0.171	0.130
	Width (long)											1	0.516
	Width (short)												1

きに発現するが、全体の40.5% (17系統) で発現が認められ、そのうちの15系統では塊茎外皮色が暗赤褐色から赤紫色であり、この15系統のうち Nos.5,

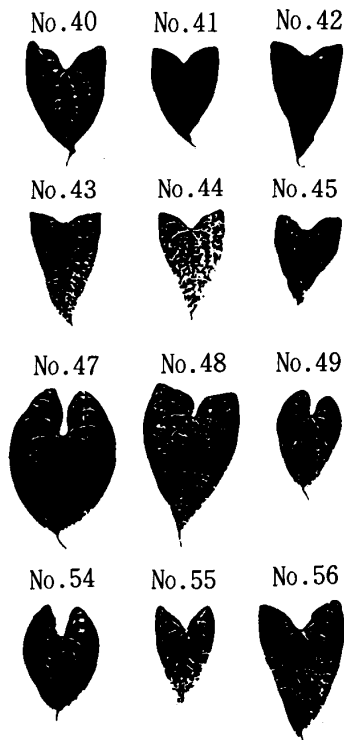


Fig. 4. Shape of leaf in 12 strains of water yam (*D. alata* L.), introduced after 1991. The tested other strains were described on No.11 references.

8, 12, 19, 33, 45および49の7系統が外皮色のみならず肉色も赤紫色であった。つまり、葉柄部および葉えき部にアントシアニンが発現する形質は塊茎外皮の着色にも深く関連する形質ではあるが、塊茎肉色が赤紫色に着色したのは、地上部にアントシアニンが発現した系統の内の41.2%であり、地上部と塊茎肉色のアントシアニン発現の数は必ずしも一致しなかった。しかし、地上部にアントシアニンの着色の見られない系統で塊茎が赤紫色に着色するものは皆無であったことから、色素原料等の系統育種で茎葉のアントシアニンの発現の有無は系統選抜に有効に利用しうる形質と考えられる。

ヤムイモの大多数の種では1茎に1個の塊茎が形成されるが、種によって若干の違いがある<sup>3)</sup>。ダイジョでは1茎に1個、1株に1個から数個の塊茎を着生する<sup>18)</sup>が、本実験でも着生した塊茎数は1個から4個まで系統間で差異が認められた。そこで萌芽時の茎数と塊茎数の関係を調査した。Fig. 5は36系統において植付け後46日目(6月11日)に伸長していた茎数と収穫時の塊茎数の関係を示したものである。萌芽時の茎数の多少が収穫時の塊茎数の多少に連動しており、両形質の間には高い相関関係が認められ、ダイジョでは萌芽茎数から収穫時の塊茎数が高い確率で推計出来ることが分かった。塊茎数と収量の関係については、ストロンの先端が肥大する*D. esculenta*では塊茎数の増加が収量に影響を及ぼすと報告されている<sup>1)</sup>が、Table 5に示したように、

ダイジョでは塊茎数と一株当たり塊茎重との間の相関は低く、塊茎数の増加が必ずしも塊茎重の増大に結びつかないことが示された。しかし、前述したように収量と茎葉の生長量との間には正の高い相関があることから、塊茎の大きい系統が望まれる場合には茎数が少なく、茎葉の大きい系統を選抜し、適当なサイズの塊茎が数個着生する系統が望まれる場合には、萌芽時において茎数の多い系統を選抜することが効果的であると考えられた。

葉形は心臓形からくさび形まで変異が大であったが、供試した36系統中、心臓形が41.7%、その中間形が11.1%を占めた。萌芽時の茎数と収穫時の塊茎数との関係を示した Fig. 5 において、萌芽時の茎数が2本未満の系統集団 I、並びに2本以上の系統集団 II について、両系統集団における各葉形の占める割合を比較したところ、I の集団には心臓形から中間形のもの73.7% (Nos.4, 8, 9, 11, 12, 16, 17, 19, 20, 28, 33, 47, 49および54) と多く、くさび形が26.3% (Nos.5, 36, 41, 43および44) と少なく、逆に II の集団ではくさび形が70.6%

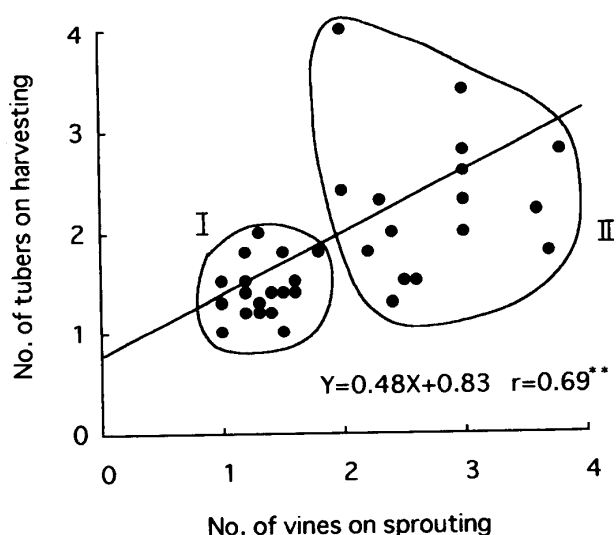


Fig. 5. Relationship between No. of vine on sprouting and No. of tuber on harvesting in 36 strains of water yam (*D. alata* L.). No. of vine was observed on 46 days after planting and No. of tuber was observed in harvesting on December. I and II are classified according to No. of vine on sprouting in less than 2 vines or over.

(Nos.22, 30, 31, 32, 34, 35, 40, 42, 45, 48, 55および56) と多く、心臓形と中間形が29.73% (Nos.1, 2, 3, 6, および29) を占めた。このような萌芽期の茎数および収穫時の塊茎数と葉形との関係から、心臓形にはいも重型、くさび形にはいも数型とも呼べる形質の発現が大であり、これは系統の選抜にある程度利用しうる形質と考えられた。

地上部と塊茎に関する種々の特徴の総合的な考察から、葉の大きさは中程度で、草勢強く、塊茎は塊状となり多収の「ソロヤムタイプ」と、葉が小さく、草勢は中程度で、塊茎は球状で多収の「丸いもタイプ」が利用性において有望と判定された。そして、供試系統のうちで、Nos.1, 2, 3, 9および54がソロヤムタイプに、Nos.31および32が丸いもタイプに類別されるものであった。また、供試系統のうちで特異的な系統はNo.47およびNo.48であり、No.47は草勢は強いが分岐が少なく、葉が丸くて大きく、塊茎は棒状で一個だけ着生するという特徴があり、No.48は葉形が他とは若干異なり、草勢は中程度で、小さい形の塊茎が多数着生するが、塊茎の収量が少ない特徴を有し、*D. alata* 種の中ではやや特異的な形質を有した。なお、形態と導入地域との関連性は明確ではなかった。

#### 実験 4. 塊茎の休眠および貯蔵性

貯蔵中の塊茎の生体重の変化を Fig. 6 に示した。収穫塊茎を20±2℃に貯蔵した場合、塊茎の休眠期間が、10週間であったNos.28, 40および47系統から、20週間以上のNo.22系統まで系統間に大きな違いがあり、全系統における休眠期間の平均は14週間であった。また、14週の休眠期間をもつ系統は全体の25%であり、Nos.1, 3, 4, 9, 16, 29, 30, 31および32の9系統であった。ついで12週間の休眠期間を有する系統が16.7%あり、Nos.6, 11, 12, 34, 42, 43, 49および54の8系統であった(図表省略)。生体重の減少は各系統とも貯蔵初期に大きく、とくに、4週間後の減少率は平均で8.1%と大きく、その後低下速度は減速され、大多数の系統の休眠が覚せいした14週間後の平均減少率は、13.7%であった。生体重の平均減少率は13.5%であったが、減少率が8.3%と最も小さかったNo.6から21.4%と最も大きかったNo.55まで系統間の差異が大であった。これらの系統間の差異について、休眠期間の長短と生体重の減少量の多少との間には相関は認められなかった。

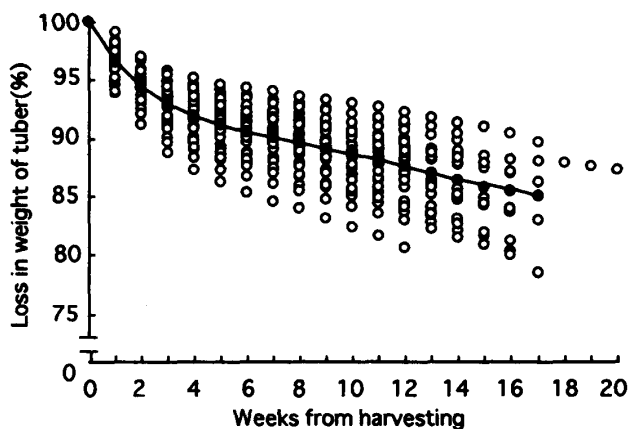


Fig. 6. Change in flesh weight of tubers during dormancy period in 36 strains of water yam (*D. alata* L.) under  $20 \pm 2$  °C storage condition. ○: value of each strain, —●—: mean value

ダイジョの塊茎の貯蔵適温は15~17°Cであり、20°C以上の高温では休眠期間が短縮される<sup>12,18)</sup>。本実験の貯蔵条件は、休眠の覚せいを促進する20°Cであったために、塊茎の平均的な休眠期間は14週間であったが、もし、貯蔵適温が保持されれば、収穫時から初春の植付け期まで休眠状態での貯蔵が可能であることが明らかとなった。そしてこの貯蔵性は他のいも類よりもすぐれているものと推察された。イモの貯蔵性は貯蔵期間中に重量の大きな減少および萌芽や腐敗などによる品質の低下が少ないものほど良好であると考えられる。このような特性を示したのは、Nos.19, 20, 22および36であり、特に、No.36は早生で、しかも休眠期間が長く、優れた貯蔵性を備えた系統であることが明らかとなった。

#### 実験5. 塊茎のおろし液の粘性

かるかん、饅頭などの和菓子やそば及びはんぺんなどの加工食品ではヤマイモの粘りが品質に大きく影響を与えと言われる。一般に、ヤマイモのトロロの粘性は、トロロを手または箸で引っ張り上げ、そのときの感触から粘りの程度を経験的に判定する手法がとられている。しかし、この方法では多くの系統の粘性の細かな違いを知るのは困難であるため、粘度計によって物性の測定を行い、各系統の粘性の評価を行った。評価には、加工適性の優れたジネンジョとダイジョのなかで粘性が強く、品質が良いとされるソロヤム品種<sup>12,28)</sup>および加工適性に劣るが生食用に重要なナガイモを基準として用いた。

測定値から計算によって得たデータを Table 7 に示した。

各系統のみかけ粘度は低ずり速度域と高ずり速度域とで大きさが異なったため、低ずり速度 (1.5 rpm) と高ずり速度 (60 rpm) における計算値を示した。1.5 rpm におけるみかけ粘度の数值はジネンジョの数值が非常に高く、ダイジョの中にはこれに匹敵するものではなく、Nos.6,20および22がソロヤムの数值に近似した。60 rpm でもみかけ粘度はジネンジョが大きかったが、ソロヤムの粘度に近似した系統は低ずり速度域とは少し異なり、Nos.6.11および17であった。その他の系統のみかけ粘度はナガイモと同程度であった。

みかけ粘度が粘度計の回転数によって異なるため、回転数に左右されない、非ニュートン粘性係数の $\mu$ および粘性指数の $n$ 値でみると、 $\mu$ 値が大きかったのはみかけ粘度の場合と同じようにジネンジョであり、ダイジョではNos.11, 20および22がソロヤム程度に値が大きかったが、これらの系統はみかけ粘度が大であった系統とは一部異なった。そして、その他の系統の $\mu$ 値は、ナガイモの値と同程度であった。また、 $\mu$ 値の大きかったNos.20および22では品質に影響するとされる $n$ 値も小さく、これらは加工適性の大きい系統であることが示された。

つぎに、ずり応力 $S$ とずり速度 $D$ を計算し、各品種・系統についてCassonプロット図を作成し、種の異なるジネンジョ、ナガイモおよびソロヤムのCassonプロットをFig. 7に示した。3種のCassonプロットはその傾きが異なり、経験的に知られている粘度の程度の違いがはっきり区別された。また、Cassonプロットの傾きの違いの他に、ジネンジョのCassonプロットではずり速度が大きくなるに伴い、ずり応力が直線的に増大する傾向があるのに対して、ナガイモおよびソロヤムではCassonプロットの $D=0.645\text{S}^{-1}$ を境にして、プロットの傾きがその前後で異なった。これは、この点のずり速度においておろし液が構造上の初期破壊を完了し、それ以上のずり速度では比較的安定した擬塑性流動をしたためと考えられた。ダイジョのほとんどの系統が、ナガイモおよびソロヤムと同じCassonプロットのパターンを示したが、Nos.1, 3, 11および17の4系統ではジネンジョと同様にプロットにめだつた転換点が認められなかった。そして、これらの系統とジネンジョは、非ニュートン粘性指数の $n$ 値が大

Table 7. Mechanical characteristic of the grated yam (Tororo) in Jinenjyo (*D. japonica*), Nagaimo (*D. opposita*) and 29 strains of water yam (*D. alata*)

Strain No. or Variety	Apparent dial viscosity ( $\eta$ )		$\mu^*$	n <sup>**</sup>	Casson Viscosity ( $\mu c$ )		Casson yield value (Sc)
	Viscometer dial				Apparent share rate		
	1.5	60.0			0.065-0.645 <sup>s<sup>-1</sup></sup>	Over 1.290 <sup>s<sup>-1</sup></sup>	
Jinenjyo	122800	10180	55463	0.251	20.462	34.081	294.919
Nagaimo	34000	1550	12794	0.162	12.440	1.263	68.351
1	35600	1730	13614	0.121	1.044	2.016	102.623
2	27600	1350	11858	0.180	4.463	1.394	67.578
3	32000	1970	12853	0.181	3.156	4.239	80.931
4	29200	1880	11967	0.204	7.030	4.081	65.077
5	20400	1220	8472	0.175	4.136	1.553	49.144
6	77200	2470	12853	0.181	8.673	0.511	194.605
8	27200	1790	11641	0.206	5.281	3.595	64.913
9	67200	2880	25351	0.118	5.401	2.022	178.223
11	52000	3800	22182	0.213	9.230	10.202	124.872
12	32000	2110	13122	0.239	18.316	4.473	55.782
16	40800	2090	15488	0.183	15.697	2.690	79.088
17	34000	3840	16406	0.301	7.907	18.181	77.327
19	21600	2030	10304	0.278	9.065	6.824	45.031
20	62800	1980	21777	0.067	5.099	0.164	165.423
22	70400	2150	23878	0.048	6.859	0.406	115.209
28	27200	2810	13305	0.309	13.438	10.218	52.850
29	35200	2040	13772	0.232	28.778	2.887	52.695
30	30400	1710	11749	0.227	15.441	3.010	51.850
31	26800	1270	10666	0.147	3.042	0.852	68.613
32	28000	1270	11092	0.126	3.468	0.852	74.026
33	28800	1630	11776	0.191	5.580	2.186	66.344
35	36800	1640	14093	0.136	4.530	1.182	91.945
42	29600	1710	12445	0.202	15.341	2.050	57.879
43	34800	1420	12560	0.138	13.182	0.671	69.064
45	23200	1340	9594	0.187	4.564	1.879	54.599
47	32000	1340	12050	0.125	14.500	0.542	66.273
48	20800	1250	8780	0.121	6.881	1.718	43.676
49	36800	1900	14256	0.172	9.306	2.442	80.423
54	40400	1980	15849	0.149	7.663	1.930	96.836

\* : Non-Newtonian coefficient of viscosity

\*\* : Non-Newtonian index of viscosity

きいことも共通しており、ずり変形を加えられても、構造が破壊されにくい特性を持つと推定された。

Casson 粘度はほとんどの系統で低ずり速度において高く、高ずり速度において低くなったが、Casson プロットに転換点の見られなかったジネンジョとダイジョの4系統では逆の関係となり、ナガイモやダイジョの他の系統とは異なった。Casson 降伏値は流体が流動し始める応力の限界値であり、降伏

値が大きい程粘度が高い<sup>14)</sup>。上述のように、Casson プロットパターンにおいて特異的なグループの存在が明らかになったので、低ずり速度における値を用いて Casson 降伏値の比較を行ったところ、Casson 降伏値が最も大きかったのはジネンジョであり、ソロヤムとNos. 6 および20が次に大きい値を示した。

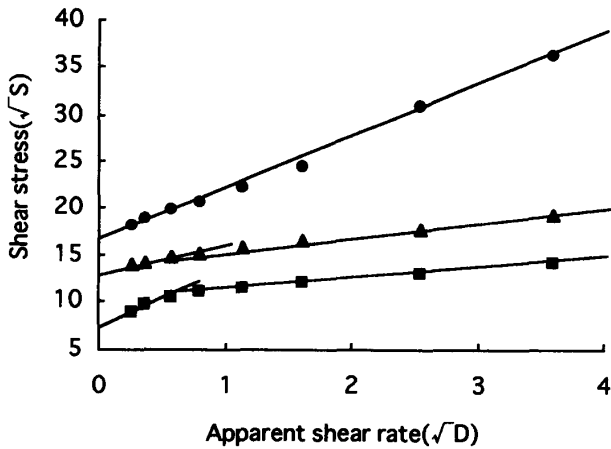


Fig. 7. Casson plot of the grated yam (Tororo) in Jinenjyo (*D. japonica*), Nagaimo (*D. opposita*) and Solo Yam (*D. alata*).

●: Jinenjyo, ■: Nagaimo, ▲: Solo Yam

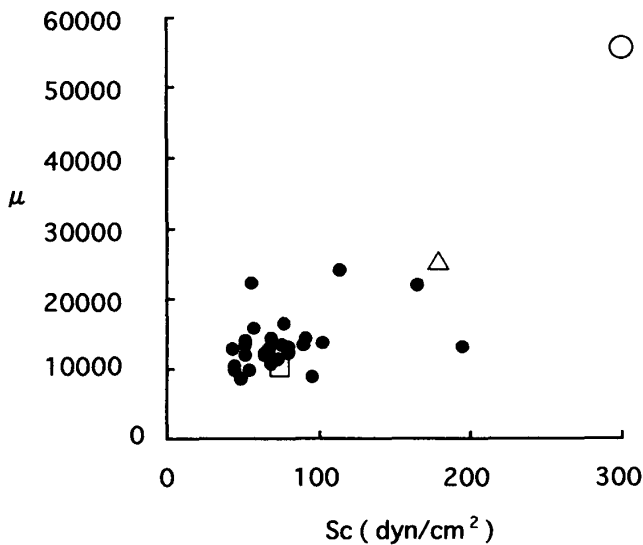


Fig. 8. Relationship between Casson yield value ( $Sc$ ) and Non-Newtonian coefficient viscosity ( $\mu$ ). ○: Jinenjyo (*D. japonica*), □: Nagaimo (*D. opposita*), △: Solo Yam (*D. alata*), Small symbols: other strain (*D. alata*)

Fig. 8 に非ニュートン係数  $\mu$  と Casson 降伏値の関係を示した。これらの相関係数は  $r=0.81^{**}$  であった。この関係においてもジネンジョ、ナガイモおよびソロヤム並びにその他の系統の経験的に知られる粘度の相違がはっきり区別された。そして、粘

性がジネンジョに及ぶものはなかったが、ダイジョの中でソロヤムと同程度の強い粘性を有した系統は Nos.6, 20 および 22 であり、その他の 25 系統の粘性はナガイモと同程度であった。ヤマイモの粘度の大きさは粘質多糖類の含量と相関があることが報告されている<sup>28)</sup>。本実験では各系統の粘度と塊茎含水率の相関を求めてみたが、相関は認められず、粘性の違いはこの粘質多糖類の含有量の差などの系統固有の特性に起因すると推察された。

なお、導入地域との比較において、パプアニューギニアから導入された系統は概して、粘度の低いものが多かった。

### 摘 要

36 系統のダイジョ (*D. alata* L.) について系統の特性の解析と評価を行い、南九州に適応する系統を選定するための基礎資料を得た。

1. ダイジョにおける塊茎の着生時期、着生期の展開葉数および塊茎の大きさは系統間で変異した。そして、植付け期から塊茎着生期までの期間の平均値は 34 日であり、着生期の展開葉数の平均値は 6.8 枚であった。

ダイジョにおける塊茎の肥大生長の開始期は系統によって約 2 カ月の違いがあり、その後の登熟過程における塊茎の水分含量の変化も系統によって変異した。この肥大生長の開始期と登熟過程における水分含量の推移を基礎に系統を 2 グループに分類することが明らかとなった。その 1 つは肥大生長期から収穫期にかけて、塊茎の水分含量が約 10% 低下するという共通的な特性を有し、他のグループは肥大生長期から収穫期にかけて塊茎の水分含量はほとんど不変で高い値を維持した。そして、前者のグループでは、塊茎の肥大生長が早期に開始され、塊茎の肥大生長と登熟がほぼ同時に進行し、後者のグループでは肥大生長の開始期が概して遅く、肥大生長と登熟が同時に進行しないことが明らかとなった。

生育パターンの異なる系統の日長に対する感応から、ヤマイモの塊茎の肥大生長は第一義的に、短日によって誘起されるが、その光周反応は系統間で異なること、さらに、いずれの系統においても生育の進行に伴う加齢効果が認められることが明らかとなった。

以上の結果を総合して、早生系統は感光性が弱く、塊茎が早期に肥大し始め、さらに早期に登熟過程に入る特性を有し、晩生系統は逆に感光性が強く、塊

茎の肥大生長の開始および登熟が遅い特性を有すると推定された。

つぎに、塊茎の乾物重 (y) と生育期間中の茎葉の乾物重 (x) との間には  $y=0.73x+58.93$ ,  $r=0.85^{**}$  の高い相関関係の存在が確認された。

2. ダイジョの茎葉および塊茎の形質は系統間で類似のものが多く、系統の識別には応用し難いものであったが、それらの形質の中で、アントシアニンの有無、萌芽茎数および葉形などは、系統の分類や選抜並びに適応品種の選定に利用しうることが明らかとなった。

茎と塊茎のアントシアニンの発現は必ずしも連動するものではなかったが、茎と塊茎外皮色のアントシアニンの発現は約90%が連動し、茎と塊茎肉色とは40%が連動した。

萌芽時の茎数と収穫時の塊茎数の間には高い相関関係が認められ、萌芽茎数から収穫塊茎数を高い確率で推計できることが明らかとなった。

ダイジョの葉形は心臓形からくさび形まで変異が大であり、供試系統中、心臓形が42%、くさび形が47%、中間形が11%を占めた。萌芽時の茎数が2本以下の系統集団では心臓形から中間形のもの74%、くさび形が26%を占め、2本以上の系統群では逆にくさび形が70%、心臓形と中間形が30%を占めた。このような萌芽期の茎数および収穫時の塊茎数と葉形との関係から、心臓形にはいも重型、くさび形にはいも数型とも呼べる形質の発現が大であり、これらは系統選抜にある程度利用しうる形質と考えられた。

3. ダイジョの収穫塊茎を20℃で貯蔵した場合、塊茎の休眠期間は10週から20週まで系統間に大きな違いがあり、供試系統の平均休眠期間は14週であった。そして、貯蔵適温が保持されれば収穫期から春の植付け期まで休眠状態で高品質の塊茎の貯蔵が可能であることがわかった。なお、この貯蔵期間中に塊茎の生体重が平均で13.5%減少したが、休眠期間の長短と生体重との間には相関は認められなかった。

4. ダイジョの下ろし液の粘度を25℃の条件下でB型粘度計で測定した。その測定値からみかけ粘度、非ニュートン粘性係数および粘性指数を求め、つぎに、ずり速度およびずり応力から Casson プロットを作成した。この特性値から、ジネンジョの値はいずれもナガイモやソロヤムの値よりも大きく、ジネンジョが加工適性に優れたヤムイモであることが分かった。また、ソロヤムと同程度の強い粘性および

高い加工適性をもつ有望系統Nos.6, 20および22の存在とその他の系統の値はナガイモの値に類似であることが明らかとなった。

#### 参 考 文 献

- 1) Abraham, K. and Nair, S. G. : Correlation studies in lesser yam (*Dioscorea esculenta* BURK) . *J. Root Crops*, **6**, 25-27 (1980)
- 2) Barrau, J. : Subsistence agriculture in Melanesia. *Bernice P. Bishop Museum Bulletin*, **219**, 43-46(1958)
- 3) Coursey, D. G. : Yams. P.68-107, Longmans, London (1967)
- 4) 林 満・石畑 清武 : ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育並びに塊茎の肥大生長について 第1報. 導入品種ソロヤム (*Dioscorea alata* L.) の生育の特徴. *熱帯農業*, **34**, 151-155(1990)
- 5) 林 満・石畑 清武 : ヤムイモ (*Dioscorea* spp.) の生育並びに塊茎の肥大生長について 第2報. 導入品種ソロヤム (*Dioscorea alata* L.) の塊茎の肥大生長に及ぼす環境要因の影響. *熱帯農業*, **35**, 79-83(1991)
- 6) Hayashi, M., Sakata, Y., Tominaga, S., Taura, S. and Nakamura, M.: Introduction of tropical plants. *Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac., Occasional Papers*, No. 21, 13-16(1991)
- 7) 池内 康夫・柴田 進・高見 武夫 : 丹波ヤマノイモの地上部の生育といもの肥大に関する研究. *兵庫県立農業試験場研究報告*, **16**, 89-90(1968)
- 8) 石畑 清武・福村 和則・中崎 明 : インドネシア産ソロヤム Solo Yam, *Dioscorea alata* L. の植付け時期が収量に及ぼす影響. *鹿大農場研報*, **9**, 13-17(1984)
- 9) 石畑 清武・福村 和則・福崎 ミチエ : ソロヤム Solo Yam, *Dioscorea alata* L., の芋生産に及ぼす生長調節剤の影響と収穫期別の生産性. *鹿大農場研報*, **10**, 13-18(1985)
- 10) 石畑 清武・福村 和則・福崎 ミチエ : ソロヤム Solo Yam, *Dioscorea alata* L. の種子芋の形状が芋の形状および生産に及ぼす影響. *鹿大農場研報*, **11**, 1-6(1986)
- 11) 石畑 清武・林 満・福村 和則 : 導入ダイジョの2, 3の特性に関する記載. *鹿大農場研報*, **15**, 1-23(1990)
- 12) 石畑 清武・林 満・福村 和則・井立田 三郎 : 熱帯地方より導入した *Dioscorea* 属の利用性に関する研究. ダイジョの粘度特性について. *鹿大農場研報*, **16**, 3-17(1991)
- 13) 川上 幸治朗 : ヤマノイモ栽培の改良点. *農業および園芸*, **40**, 85-89(1965)
- 14) 川崎 種一 : 回転粘度計による粘性測定の実際. *New Food Industry*, **22**, 1-30(1980)
- 15) 川崎 種一 : 流動食品の粘度データ. *New Food Industry*, **23**, 84-86(1981)
- 16) 鹿児島県の農作物 : 鹿児島県の適品種野菜. 鹿児島県農政部農蚕園芸課, 鹿児島県, p. 163(1992)
- 17) 熊沢 三郎 : 総合野菜園芸各論 (第4版). p. 268-277, 養賢堂, 東京 (1959)
- 18) Martin, F. W.: Tropical Yams and their potential. part 3, *Dioscorea alata*. *Agriculture Handnook*, No.495. U.S.D.A. pp.40 (1976)
- 19) Nijoku, E., Nwoke, F.I.O., Okonkwo, S.N.C. and Oyolu, C. : Pattern of growth and development in *Dioscorea rotundata* Poir. *Tropical Agriculture*. **61**, 17-19(1984)
- 20) Nwoke, O., Njoku, Eni and Okonkwo, S.N.C.: Effect of sett

- size on yield of individual plants of *Dioscorea rotundata* Poir. *Tropical Agriculture*, **61**, 99-101(1984)
- 21) Onwueme, I.C. : The tropical tuber crops. p.3-106. John Wiley & Sons Ltd, New York (1978)
- 22) 岡 昌二：ヤマイモ。野菜園芸大辞典, p.1052-1060, 養賢堂, 東京 (1985)
- 23) 岡上 伸雄：ヤム類についてのいくつかの問題。熱帯農業, **29**, 58-63(1985)
- 24) 佐藤 一郎：砂丘地ナガイモの栄養生理に関する研究 (第1報) 生育相と生育に伴う体内成分の消長。鳥取大学農学部砂丘研究実験所報告, **5**, 1-13(1964)
- 25) 清水 美智代・外山 マサ・田附 きつ：ヤマノイモの粘度。 *New Food Industry*, **21**, 41-45(1978)
- 26) 高柳 謙治・大沢 勝次・山岸 博・山辺 守：ヤマイモ品種・系統特性調査。農林水産省野菜試験場育種部研究年報, 136-144(1983)
- 27) 高柳 謙治・西田 宏・大沢 勝次：主成分分析によるヤマイモ品種・系統の特性解析。農林水産省野菜試験場育種部研究年報, 136-144(1983)
- 28) 田之上 隼雄・穂原 関夫・石畑 清武：ゲルロ過法によるヤマノイモ粘質多糖の定量およびその測定値と「トロロ」物性との相関。日本食品工業学会誌, **35**, 595-603 (1988)

### Summary

A number of clones of the genus *Dioscorea* have been introduced into Kagoshima University from tropical and subtropical regions since 1974. Using 36 strains of water yams (*Dioscorea alata* L.) sampled from them, ecological and their morphological characteristics were investigated to evaluate their adaptability to the Southern Kyushu.

1. New tubers were formed on young plants in all strains. The initiating periods of tuber formation, however, differed from one strain to another, ranging from 14 to 45 days. The average period was 34 days. The number of leaves at this stage varied from 3.5 to 11.0 with the average of 6.8.

To verify if the changes of moisture content of tubers would decide their maturity or not, the 25 strains having sufficient observations were scrutinized. First their properties on moisture content of tubers were analyzed. It was found that 18 strains decreased the moisture content about 10% along with the advance of growth and enlargement of tubers. On the other hand, seven strains sustained a high level of moisture of 80% during the growth period.

The former 18 strains seemed to be the early or intermediate maturing type and the latter strains appeared to be the late maturing type. Then the 25 strains were further assessed for their patterns of growth and enlargement of tubers. Depending on growth patterns, they were classified into three types. The early maturing type, three strains of them fitted in, began to grow their tubers before August while the intermediate type shared by 15 strains started to enlarge sometime between August and September. The rest of them were the late maturing type and initiated growth and enlargement after September (Fig.1). Those classified as either the early or the intermediate maturing type happened to be the same strains the moisture content of tubers of which decreased with growth. And the late maturing strains corresponded to those keeping rather high moisture content.

The difference of the beginning of growth and enlargement of tubers seemed to relate to photoperiodic sensitivity (Figs. 2 and 3). This result was considered to be reasonable since the shortening of the day length was found to be the main factor to trigger growth and enlargement of tubers in a previous report.

Considering these results, it would be reasonable to conclude as follows. Early maturing strains are low in photoperiodic sensitivity, and hence tubers commence growth early. In contrast, late maturing strains have relatively high photoperiodic sensitivity. Consequently they are slow to mature.

2. The dry weight of a tuber was highly correlated with the maximum dry weight during the growth period ( $r=0.85^{**}$ ) in the 25 strains examined in detail. The number of sprouted vines were also correlated with that of tubers on harvesting ( $r=0.69^{**}$ ) in 36 strains originally studied.

3. The anthocyanin appearance was observed on petiole, epidermis of a tuber and tuber-flesh. The appearance between petiole and epidermis of a tuber was linked in about 90% of 36 strains. Between petiole and



tuber-flesh, however, only 40% of the strains demonstrated some associations. Since all of the strains presenting no anthocyanin appearance on petiole indicated any distinct color on neither epidermis of a tuber nor tuber-flesh, the color of aerial part could be a reliable index of the color of subterranean part. In fact strains of yam containing less anthocyanin on their petioles were either white or yellowish-white in tuber-flesh color.

4. There were differences among the 36 strains in periods of dormancy as well as the patterns of decrease in flesh weight of tubers under the storage condition of 20 °C. The periods of dormancy ranged from 10 to 20 weeks while the rates of decrease in flesh weight varied from 9.4 to 22.7%. Their averages were 14 weeks and 13.5%, respectively.

5. On viscosity of Jinenjyo (*D. japonica*) was the most suitable for processing. Nos. 6, 9 (Solo Yam), 20 and 22 were superior to others among the introduced strains (*D. alata*) regarding this property. Measurements of viscosity of the 25 strains studied were similar to those of Nagaimo (*D. opposita*).