

# 甘しょ品種の塊根の組織構造とでん粉蓄積能力との関係に関する育種学的研究\*

国 分 禎 二

(1972年8月31日受理)

## Thremmatological Studies on the Relationship between the Structure of Tuberos Root and its Starch Accumulating Function in Sweet Potato Varieties

Teiji KOKUBU

(Laboratory of Plant Breeding)

### 目 次

緒 論

第1編 塊根組織に関する基礎的研究

序 説

第1章 不定根の根端部における組織の分化

第1節 緒 言

第2節 実験材料および実験方法

第3節 実験結果

1. 根 冠

2. 皮 層

3. 中心柱

第4節 考 察

第5節 摘 要

第2章 不定根の塊根形成

第1節 緒 言

第2節 実験材料および実験方法

第3節 実験結果

1. 栽植5日後

2. 栽植10日後

3. 栽植15日後

4. 栽植20日後

5. 栽植25日後

6. 栽植30日後

第4節 考 察

第5節 摘 要

第3章 塊根の肥大に伴う塊根の組織諸形質の推移

第1節 緒 言

第2節 実験材料および実験方法

第3節 実験結果

1. 塊根の肥大経過

2. 皮部の厚さ

i 皮部の厚さ

ii 皮部率

3. 皮部の篩管面積

i 単位巾(1mm)の皮部の篩管面積

ii 皮部の篩管面積率

iii 皮部の全篩管面積

4. 木部の篩管面積

i 周辺部の篩管面積率

ii 中心部の篩管面積率

iii 平均篩管面積率および全篩管面積

5. 木部の道管面積

i 周辺部の道管面積率

ii 中心部の道管面積率

iii 平均道管面積率および全道管面積

6. 木部の柔細胞の大きさ

7. 木部の大型柔細胞分裂の頻度

第4節 考 察

第5節 摘 要

第4章 塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係

第1節 緒 言

第2節 実験材料および実験方法

第3節 実験結果

1. 塊根のでん粉蓄積経過

2. 塊根の乾物率と皮部の厚さとの関係

3. 塊根の乾物率と皮部の篩管面積との関係

4. 塊根の乾物率と木部の篩管面積との関係

i 周辺部の篩管面積率

ii 中心部の篩管面積率

5. 塊根の乾物率と木部の道管面積との関係

i 周辺部の道管面積率

ii 中心部の道管面積率

6. 塊根の乾物率と木部の柔細胞の大きさとの関係

7. 塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂の頻度との関係

第4節 考 察

第5節 摘 要

\* 本論文は京都大学審査学位論文である。

## 第2編 塊根の組織諸形質の品種・系統間変異および遺伝に 関する研究

### 序 説

#### 第5章 高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号の 幼根の組織諸形質の比較

##### 第1節 緒 言

##### 第2節 実験材料および実験方法

##### 第3節 実験結果

- 1 幼根の直径、皮層の厚さおよび中心柱の直径
- 2 原生木部
- 3 介在柔組織
- 4 木部柔組織の細胞分裂
- 5 でん粉粒の蓄積

##### 第4節 考 察

##### 第5節 摘 要

#### 第6章 主要品種における幼根の組織諸形質の特性と幼塊 根の肥大程度および生育後期の塊根のでん粉含有 率との関係

##### 第1節 緒 言

##### 第2節 実験材料および実験方法

##### 第3節 実験結果

- 1 幼根の外部形態および生育後期の塊根の乾物率
- 2 幼根の組織諸形質の品種間変異
  - i 皮部の厚さおよび中心柱の直径
  - ii 原生木部
  - iii 介在柔組織の発達程度
  - iv 木部大型柔細胞分裂の頻度
  - v 中央道管周囲の木化細胞数
  - vi 中央道管周囲の篩管数
  - vii 木部柔細胞のでん粉粒蓄積
- 3 幼根の組織諸形質の特性と根の直径および生育後  
期塊根の乾物率との関係

##### 第4節 考 察

##### 第5節 摘 要

#### 第7章 高でん粉近交系統における幼塊根の組織諸形質の 特性と幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率との 関係

##### 第1節 緒 言

##### 第2節 実験材料および実験方法

##### 第3節 実験結果

- 1 幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率の系統間変  
異
- 2 幼塊根の組織諸形質の系統間変異
  - i 皮部の厚さ
  - ii 皮部率
  - iii 皮部の篩管面積
  - iv 皮部の篩管面積率
  - v 木部の篩管面積
  - vi 木部の篩管面積率
  - vii 木部の周辺部の道管面積率
  - viii 木部の柔細胞の大きさ
  - ix 木部の大型柔細胞分裂の頻度
- 3 幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度な

らびにでん粉含有率との関係

- i 皮部の厚さと幼塊根の直径
  - ii 皮部率と幼塊根の直径
  - iii 木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径
  - iv 皮部の篩管面積と幼塊根の乾物率
  - v 木部の大型柔細胞分裂の頻度と幼塊根の乾物率
- 4 幼塊根の組織諸形質の特性と祖先品種との関係
- i 供試系統と主要祖先品種との近縁係数
  - ii 供試系統の主要祖先品種に対する近縁係数と供  
試系統の幼塊根の組織諸形質の特性との相関

##### 第4節 考 察

##### 第5節 摘 要

#### 第8章 甘しょと *I. trifida* との種間雑種諸系統における 幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度お よび生育後期塊根のでん粉含有率との関係

##### 第1節 緒 言

##### 第2節 実験材料および実験方法

##### 第3節 実験結果

- 1 幼塊根の諸形質および生育後期塊根のでん粉含有  
率の品種・系統間変異
  - i 幼塊根の肥大程度
  - ii 生育後期の塊根の乾物率
  - iii 皮部の厚さ
  - iv 原生木部の放射列数
  - v 介在柔組織の発達程度
  - vi 二次形成層の発達程度
  - vii 皮部の篩管面積率
  - viii 木部の篩管面積率
  - ix 木部の道管面積率
  - x 木部の柔細胞の大きさ
  - xi 木部の大型柔細胞分裂の頻度
- 2 幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度と  
の関係
  - i 皮部の厚さと幼塊根の直径
  - ii 介在柔組織の発達程度と塊根の直径
  - iii 二次形成層の発達程度と幼塊根の直径
  - iv 皮部の篩管面積率と幼塊根の直径
  - v 木部の篩管面積率と幼塊根の直径
  - vi 木部の道管面積率と幼塊根の直径
  - vii 木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径
  - viii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と幼塊根の直径
- 3 幼塊根の組織諸形質の特性と生育後期の塊根の乾  
物率との関係
  - i 皮部の篩管面積率と塊根の乾物率
  - ii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率
  - iii 二次形成層の発達程度と塊根の乾物率

##### 第4節 考 察

##### 第5節 摘 要

#### 第9章 主要品種・系統における収穫期の塊根の組織諸形 質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率と の関係

##### 第1節 緒 言

##### 第2節 実験材料および実験方法

## 第3節 実験結果

- 1 塊根の諸形質の品種・系統間変異
  - i 塊根の直径
  - ii 塊根の乾物率
  - iii 皮部の厚さ
  - iv 皮部の篩管面積率
  - v 木部の周辺部の篩管面積率
  - vi 木部の中心部の篩管面積率
  - vii 木部の平均篩管面積率
  - viii 木部の周辺部の道管面積率
  - ix 木部の中心部の道管面積率
  - x 木部の平均道管面積率
  - xi 木部の柔細胞の大きさ
  - xii 木部の大型柔細胞分裂の頻度
- 2 塊根の組織諸形質の特性と塊根の肥大程度との関係
  - i 皮部の厚さと塊根の直径
  - ii 皮部の篩管面積率と塊根の直径
  - iii 木部の篩管面積率と塊根の直径
  - iv 木部の道管面積率と塊根の直径
  - v 木部の柔細胞の大きさと塊根の直径
  - vi 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の直径
- 3 塊根の組織諸形質の特性と塊根の乾物率との関係
  - i 皮部の篩管面積率と塊根の乾物率
  - ii 木部の柔細胞の大きさと塊根の乾物率
  - iii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率

## 第4節 考察

## 第5節 摘要

## 第10章 幼塊根の組織諸形質の統計遺伝学的解析

## 第1節 緒言

## 第2節 実験材料および実験方法

## 第3節 実験結果

- 1 F<sub>1</sub>実生個体の幼塊根の直径および乾物率の交配組合せによる差異
- 2 F<sub>1</sub>実生個体の幼塊根の組織諸形質の交配組合せによる差異
- 3 幼塊根の組織諸形質の親子回帰
- 4 幼塊根の組織諸形質のヘテロシス
- 5 幼塊根の直径のヘテロシスと幼塊根の組織諸形質のヘテロシスとの関係
- 6 幼塊根の乾物率のヘテロシスと幼塊根の組織諸形質のヘテロシスとの関係

## 第4節 考察

## 第5節 摘要

## 第11章 総合考察

## 第1節 緒言

## 第2節 木部の柔細胞の分裂特性

## 第3節 木部の柔細胞の分裂特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係

## 第4節 木部の柔細胞の分裂型から見た塊根組織の構造模型と塊根のでん粉蓄積能力との関係

総括

引用文献

Summary

Plate

## 緒論

作物の栄養器官が同化産物の貯蔵器官として特に発達している場合、その器官の植物組織学的特徴を観察した報告は多い。しかし、これらの貯蔵器官における貯蔵物質の含有量が作物の品種によって異なる場合、その貯蔵器官の組織構造にも品種間差異が認められるかどうか、さらに、貯蔵器官が同化産物を蓄積するためには、どのような組織構造を具備するのが最も機能的であろうか、と云う農学的観点から、貯蔵器官の組織構造を把握しようとした試みは極めて少い。わずかに、てん菜において、二次形成層の密度と蔗糖含量との関係が報告されているにすぎない<sup>2)3)4)</sup>。

近年、作物の光合成に関する研究が盛となり、単葉の光合成率の種・品種間差異と、葉の組織構造の差異との関係を明かにした興味ある結果が報告されているが<sup>1)12)18)53)62)</sup>作物の物質生産の機能やその転移および蓄積機能の種・品種間差異と器官の組織構造との関係に関する研究は、まだ緒についたばかりで全く未開拓の分野である。角田<sup>52)</sup>は作物の外部形態に基づき作物品種の多収性の原理に関する見解を明らかにしているが、作物の生産態勢を完全に把握するためには、さらに、細胞群(組織)、細胞および細胞内器官のレベルの問題を解明する必要を指摘し、根については莖葉にもまして、特に、組織、細胞レベルの研究の必要性を認めている。

甘しょの塊根は不定根が貯蔵根として特に発達したものであって、植物組織学的または栽培学的観点から肥大生長を起す細胞の増殖生長(増生)様相や組織構造の特性が明らかにされている<sup>2)25)33)56)</sup>。とくに、戸刈<sup>56)</sup>は栽培学的観点から塊根の肥大機構を組織学的に明らかにし、甘藷栽培の理論的根拠を示した。

しかし、既往の研究は、いずれも比較的少数の品種を用いて塊根の肥大現象と塊根の組織学的特性との関係をみたものであって、多数の品種を用いて塊根の組織構造の品種間差異とでん粉蓄積能力との関係を明らかにし、貯蔵器官としての塊根のでん粉蓄積能力を解明しようとする試みはなされていない。従って、以上の研究は、いずれも、その研究成果を育種に応用するには、なお、解明すべき多くの点を残している。

筆者は、以上のごとき研究の現状ならびに観点より、貯蔵器官の組織構造とその機能の発現とに関する基礎資料を得る目的で、甘しょの不定根を用い、はじめに、塊根の形成および肥大過程における細胞の増生

・分化様式や細胞の大きさおよび維管束の密度などについて基礎的な観察をおこない、つぎに、これらの諸形質によって示される塊根の組織構造の品種間変異、および品種、系統の塊根の組織諸形質の特性と塊根の肥大程度ならびにでん粉含有率との関係を検討し、さらに、組織諸形質の遺伝様式の解析をおこない、それらの結果に基づいて、如何なる組織構造の塊根がでん粉の貯蔵根として最も適しているかを明らかにし、高でん粉多収型甘しょの育種法について考察をおこなった。

本論文は以上の研究結果をとりまとめたものであり、まだ解明すべき余地も少くはないが、一応、初期の目的を達成することができたので、ここに報告する次第である。

なお、1961年、前京都大学教授故赤藤克己博士を主任研究員とする「導入種利用による甘しょ高でん粉遺伝子集積法に関する研究」(昭和36年～昭和38年)が農林省九州農業試験場、京都大学および鹿児島大学の共同研究によって始められ、この研究は同教授を主任研究員とする「甘藷の収量発現機構に関する遺伝学的研究」(昭和39年～41年)に引き継がれた。その間、著者は甘藷の塊根の組織構造とでん粉蓄積能力および肥大能力との関係の解明を分担した。本論文の研究はこのときに、大部分は鹿児島大学において、また一部は京都大学においておこなったものである。

本文に入るに先だち、本論文の校閲を賜った京都大学教授山県弘忠博士に深謝の意を表す。また、本研究の当初より、終始懇切な指導と激励をいただいた恩師鹿児島大学宮司佑三教授に衷心より感謝するとともに、本研究の端緒を与えられ、研究の遂行にあたり、常にあたたかい鞭撻を賜った前京都大学教授故赤藤克己博士の霊前に深く感謝の意を表す。また、坂井健吉博士(現農事試験場)、広崎昭太技官(現農業技術研究所)をはじめとする九州農業試験場作物第二研究室の各位、および同第一研究室安藤隆夫技官(現東海近畿農業試験場)、四方俊一技官(現中国農業試験場)、湯之上忠技官、宮崎司技官の各位には、実験材料の供与および貴重な助言を頂いた。記して厚く謝意を表す。さらに、実験の遂行上、数々の協力を受けた本研究室員大西節氏、田川文信氏および専攻学生の各位に感謝の意を表す。

なお、本研究の一部は、農林漁業試験研究費補助資金によっておこなった。ここに記して、関係各位に謝意を表す。

## 第1編 塊根組織に関する基礎的研究

### 序 説

甘しょの塊根の組織学的諸特性に関しては、初期には植物組織学的観点から<sup>25)</sup> その後は実用的見地から<sup>2)33)56)</sup> 詳細な観察がおこなわれているが、組織の分化特に維管束の分化に関しては、なお、不明な点が多く残されている。

本編は、上記研究において不明の諸点を明らかにし、甘しょの塊根組織に関する明確な基礎的知見を得ることを目的として、でん粉の貯蔵器官にとってとくに重要と考えられる維管束の分化と柔細胞の増生に焦点をあてながら、発生初期の不定根から収穫期の塊根にいたる一連の組織観察の結果について述べたものであって、第1章では不定根の先端部における組織の分化様式を、第2章では不定根の塊根形成に伴う組織諸形質の分化、特に、一次形成層の内側部の木部柔組織における細胞の増生・分化を、第3章では第2章で明らかにした塊根の組織諸形質の特性が塊根の肥大に伴ってどのように推移するかを、さらに第4章では塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係を論述した。

## 第1章 不定根の根端部における組織の分化

### 第1節 緒 言

甘しょの塊根は、外部形態的には、不定根が或程度伸長した後に、その不定根の先端からやや隔った或る特定の部位が次第に肥大してくることによって形成されるものであり、その肥大する部位は品種および環境条件によって多少異っている。<sup>21), 27), 28), 29), 32)</sup>

一般に不定根の伸長は、組織学的には、初生分裂組織(primary meristem)である根端部の頂端分裂組織(apical meristem)により新しい細胞が次々に増生されることによって起こり、また、不定根の或る特定部位の肥大は、頂端分裂組織によって増生され、一旦、永存組織(permanent tissue)として分化した柔組織が、再び分裂活性を回復して、後生分裂組織(secondary meristem)となり、側面分裂組織(lateral meristem)として盛んに細胞の増生をおこなうことによって起こ

るものである<sup>14)</sup>。

ところで、甘しょの不定根の塊根形成経過に関しては、これまでに多くの組織学的観察がおこなわれており、その肥大部においては、諸種の側面分裂組織が観察されている。しかし、塊根の肥大に対しては、一次形成層の活動程度と中心柱細胞の木化程度とを重視する見解<sup>56)</sup>、あるいは一次および二次の両形成層の活動を重視する見解<sup>22), 23)</sup>などがあり、また、形成層の発達様式や、篩管および道管の分化順序などに関しても研究者により多少の見解の相違が認められる。これらの側面分裂組織に関する不明確な点は、根端部から肥大部までの各部位の組織を観察して、頂端分裂組織から側面分裂組織に至る一連の組織の変化を連続的に把握し、かつ、両分裂組織による細胞の増生・分化様式を比較することにより、一層明確にすることが出来るものと考えられる。

本章は以上の観点にたつて、発生初期の不定根の先端部における細胞の増生・分化様相を観察したものである。

## 第2節 実験材料および実験方法

実験材料として沖縄百号を供試した。1962年6月17日に、不定根採取用の苗を圃場に栽植した。なお、苗は7節の蔓先苗を用い、その基部4節を水平挿として土中に埋め、75×35cmの間隔で栽植した。栽植5日後に、苗の基部から数えて第3節目から発根して約10cmに伸長した不定根を採取した。採取した不定根はその先端部から1cmごとに切断し、採取部位別にF. A. A. によって固定したのち、parafin法によって、それぞれ15 $\mu$ の厚さに縦断および横断し、Safranin O. と Fast green FCF とによって染色して組織標本を作製した。なお観察は、主に1962におこなったが、不明な点はさらに同様の方法により1967年に追試した。

## 第3節 実験結果

根の伸長は根端分裂組織による細胞の増生に基づくものであるから、先端から基部の方に向って、細胞・組織の分化が認められる<sup>39)</sup>。従って、組織の分化過程の究明は、主として、縦断面の観察によっておこなわれることが多く、本実験においても、主として、縦断面による観察をおこない、さらに、横断面の観察をも併用して、組織の分化過程を立体的に把握するように

努めた。観察結果は以下に述べるとおりである。

### (1) 根冠 (root cap)

不定根の先端部の中心を通る縦断面は写真1—A, —B, および第1図に示すとおりである。写真1—A, —B, および第1図から明らかなように、根冠の最内層を構成する1層の細胞層は比較的大きく、皮層の外側を覆っている。この細胞層は、根の基部においては表皮細胞 (epidermis) となっているので、表皮原 (protoderm) である<sup>14) 20)</sup>。

表皮原の最先端部には、表皮原に接して頂端部側に分裂直後と考えられる薄い細胞層があり、この薄い細胞よりさらに頂端側には、軸方向に配列し、細胞内容が染色され難い比較的大型の細胞層が認められる。根冠の中央部を構成するこの細胞層は、中心を通る縦断面では、5～6列の細胞列からなる縦列構造を示し、軸方向には、分裂直後の細胞を含めて15～16個の細胞層からなっており、その長さは約320 $\mu$ である。また、この縦列構造は、横断面では、写真2に示すように、5～6角の多角形の細胞により構成され、根冠の先端部では、核をもった細胞は少ないが、基部の分裂組織に近づくに従って、多くの細胞に核が認められる。根冠のこの中央構造は、横断面では、輪状または放射状などのごとき一定の細胞配列様式を示さない。根端分裂組織 (apical meristem) の近辺における横断面では、この中央構造は約25～30個の細胞からなっている。すなわち、根冠の中央構造は、立体的には、25～30列の縦軸方向に長い細胞列から構成されている円柱構造である。

不定根の軸の中心を通る縦断面では、写真1—B および第1図に示すように、中央構造の外側に接して表皮原の先端部の頂端側に、分裂直後と考えられる長短径がほぼ等しい小型の細胞があり、この小型の細胞よりさらに頂端側には、やや長い大型の細胞層があって根冠の側層構造をなしている。側層構造の細胞層は中央構造に対して全体として斜に接している。根端分裂組織付近の横断面では、写真2に示すように5～6層の細胞層が中央構造を取り囲んでいる。中央構造の細胞が比較的染色性にとぼしいのに対し、側層構造を構成する細胞は中心部側の細胞壁によく染色される部分が認められる。

以上の根冠部の観察結果から、根冠の形成に関しては以下の如き分裂様式が推定される。すなわち、根冠の中央構造およびその側層構造のいずれにおいても、表皮原の先端部の頂端側に分裂直後の細胞が認められ

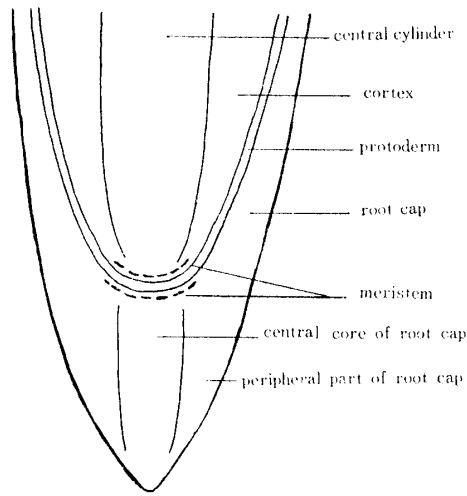


Fig. 1. Root tip of adventitious root in median longitudinal section.

るので、根冠の形成には、表皮原が関与しておりこの根冠形成に関与する始原細胞は、その相対的位置によって、中央部の始原細胞と、外側部の始原細胞とに区別することができる。前者、すなわち、中央部の始原細胞は表皮原の先端部の細胞に由来するものであって、表皮原が根軸に対して直層的な分裂をおこない、1個は表皮原として留まり、他の1個は中央構造の始原細胞になり、この始原細胞はその後ほとんど分裂せず、急速に生長して中央構造を構成する。一方、表皮原の先端部の細胞が根軸に対して並層的な分裂を1~2回おこなって、その derivative は外側部におしだされ、次第に表皮原としての性格が明瞭となる。このように外側におしだされ、根軸の中心部から2~3個の細胞層をはさんだ外側部に生じた表皮原は、並層的な分裂をおこない、その1個はそのまま表皮原としての性格を保つが、他の1個は根冠の側層構造の始原細胞となる。この始原細胞は急速に生長して、根冠の中央構造に対して、斜に接する方向に伸長し、根冠の側層構造を構成する。前述のごとく、側層構造は、横断面においては、5~6層の細胞からなり、輪状に中央円柱構造を取り囲んでいるので、側層構造の細胞増生は、表皮原の先端部の頂端側の平面において、中央構造を取り囲む円周上で一定方向に順次おこなわれるものと推定される。

## (2) 皮層 (cortex)

表皮原は、根の先端近辺の縦断面では、隣接する根冠および皮層細胞よりも染色性にとり比較的大型の細胞

からなるが、根の基部に向うに従い、その細胞は次第に染色され難い細長い細胞となり、やがて表皮 (epidermis) となる。

皮層の最先端部は、写真1—B、が示すように、中心柱の最先端部と識別し難い。皮層と中心柱との境界が明瞭に識別できるのは、中心柱の最外側を構成する内鞘細胞層が他の細胞層と明瞭に識別できるまでに分化した場合である。内鞘細胞層は表皮原細胞層の最先端部から3~4個の細胞を介する基部側においてはじめて、これに接する皮層細胞および中心柱細胞と区別出来るようになるが、皮層および他の中心柱細胞層に比較して、大きな核をもった染色性の高い大型の細胞より構成されている。

軸の中心を通る縦断面でみると、根端部の皮層細胞列の湾曲部では皮層細胞の並層分裂が認められ、この部位から基部側に向って細胞層は急速に増加する。しかし、これよりさらに基部側にあつて細胞列が軸に平行な配列をとる部分においては、皮層細胞層はほとんど増加せず、約8層の細胞層からなっている。先端部の皮層細胞は縦断面では細長い細胞であるが、基部に向うに従って次第に軸に対する直角方向の長さすなわち横径が増し、やがて縦径より横径の長い細胞となる。しかし、この部分よりさらに基部においては、再び縦軸方向に長い細胞となる。

一方、軸に対して垂直な横断面では、根端分裂組織に近い皮層細胞層は、軸に対して湾曲しており、細胞が斜に切断されるので、放射状の長い細胞配列として観察される。根端分裂組織から基部へ約200 $\mu$ の位置の横断面では、皮層は接線方向にやや長い細胞より構成され、同心円状に中心柱を取り囲み、整然と配列している。また、この部位の皮層には、既に、離生細胞間隙が認められる。

以上の観察結果で明らかのように、皮層細胞の始原を中心柱細胞の始原と識別することは困難である。しかし、頂端分裂組織に近い部分では、皮層細胞は小形で、軸方向に長い特徴を有する。この特徴によれば、皮層細胞は表皮原最先端部の基部側に接する一層の分裂細胞のうち、軸の中心から2~3番目の細胞の位置まで識別することができる。このことから、上記分裂細胞層のうち、軸の中心からやや離れた位置の分裂細胞が、皮層細胞の始原となるものと推定される。

## (3) 中心柱 (central cylinder)

中心柱の最先端部は、軸の中心を通る縦断面では、表皮原先端部の基部側の分裂組織に接して、不整

形で染色性の高い細胞からなり、かつこれらの細胞は、しばしば多核となっている。この不整形の細胞からなる部分は、CLOW<sup>8)</sup>が静かな中心 (quiescent center) と指摘した部位である。

内鞘細胞は、軸の中心を通る縦断面では、中心柱を包む染色性の高い一層の細胞層として識別され、先端に近い湾曲部では、やや縦径が長い、これより少し基部側の、軸に平行な細胞配列をとる部分では、横径が長くなる。これは細胞の直層分裂ならびに横径自体の増加によるものと考えられる。これよりさらに基部側においては、縦軸方向に伸長して、軸方向に長い細胞となる。細胞の形のこのような変化は、前述の表皮および皮層細胞でも認められた現象である。すなわち表皮、皮層、および内鞘の三種の細胞層は、ほぼ同部位で、同様の形の変化を示す。一方軸に垂直な横断面では、根端部の内鞘細胞は、はじめ、不整な細胞配列を示す中心柱と、放射状配列を示す小型の皮層細胞とはさまれた染色性の高い、1層の小型の細胞として識別される。その構成細胞は形が不整で、接線方向に長い場合もあれば、放射方向に長い場合もある。なお中心柱の最先端部から基部の方に約150 $\mu$ 隔った位置の横断面では、将来、原生篩管が分化する部位の中心柱細胞および、これに接する内鞘細胞の染色性が次第に増加し、周囲の組織と明瞭に識別されるようになる。

原生篩管は、縦断面では、中心柱の最先端部から基部側に約500 $\mu$ 隔った位置に達して初めて、染色性の低い細長い細胞の列よりなる管として明瞭に識別され、また、この位置の横断面では内鞘細胞に接して放射状に配列する5~6個の、染色されない細胞間隙の如き部分として識別される。この位置よりさらに基部寄りの横断面では、原生篩管は一層明瞭となり、先端部では原生篩管近辺の細胞にのみ限られていた高い染色性が、内鞘細胞およびこれに接する2~3層の中心柱周辺部の全細胞に及ぶようになる。

一方、中心柱内部の将来原生木部が発生する部位は、次第に、染色性が劣るようになり、やがて原生木部が発生してくる。原生木部の道管は、先端から基部へ約1cmの位置では識別できないが、約2cm隔った位置では、内鞘に接し、原生篩管の間に介在して、5~6個所に放射状に散在する厚膜化した細胞として識別される。この部位の原生木部は、2~3個の相接して配列する厚膜化した細胞からなり、内鞘に接する細胞は小さく、中心に向かってやや大きくなる。その細胞膜の厚膜化は進行しているが、Safraninによって染色

されない。なお第2章で述べるように完成された各原生木部は、道管数が4~5個またはそれ以上となっており、Safraninで、赤色に濃染される。従って上記の原生木部は、分化の初期段階にあるものと判断される。

以上の観察結果から、原生木部道管の分化は、原生篩管が分化する位置よりもさらに基部に近い位置において起こること、すなわち原生木部の分化は原生篩管の分化よりおくれることが結論される。

なお軸の中心を通る縦断面では、大きな核をもち、縦横ほぼ同径の比較的大型の細胞からなる一列の細胞層が、軸の中心に沿って根の先端部の、いわゆる、静かな中心、(quiescent center)のごく近くまで達するのが認められる。この細胞列は、後に中央道管になると考えられる。

さらに、静かな中心 (quiescent center) は前述のごとく、不整形の細胞からなっているが、これらの細胞は基部に向うにつれて、次第に軸方向に長い細胞となる。quiescent centerに接する基部側では、しばしば柔細胞の縦分裂が観察されるが、中心柱の柔細胞が長い細胞層となるのはこのような縦分裂と、細胞の伸長生長とによるものと考えられる。なお中心柱では、皮層において認められたような、構成細胞の横径が長くなる部位は認められず、また根の基部に向うに従って、柔細胞の軸方向の長さは、皮層細胞の軸方向の長さより長くなる。

一方横断面では、先端部から約200 $\mu$ 程基部の方に隔った位置における中心柱の柔細胞は、5~6角の多角形を示し、その中心部の細胞は周辺部の細胞より大形である。また、中心柱細胞は、いずれの部位においても、皮層細胞または根冠の側層構造のような輪状の配列様式を示さず、根冠の中央構造と同様、不整配列となっている。

#### 第4節 考察

根端分裂組織の構造とその形態形成の機能に関しては多くの説があるが、古典的で、現在でも最も基本的な説は HANSTEIN<sup>16)18)</sup>によって提示された原組織説 (histogen theory) である。この説は、(i) 植物の本体 (main body) は表面の細胞 (superficial cell) からではなく、相当内層部にある分裂組織の集まりから生ずるものであり、(ii) この分裂組織の集まりは、その起源と発達の方向の差違によって区別できる三つの部分、すなわち、原組織 (histogen) からなっているとすものである。すなわち、表皮 (epidermis) は原表皮

(dermatogen), 皮層 (cortex) は原皮層 (periblem), 中心柱 (central cylinder) は原中心柱 (plerome) から生じ, 原表皮, 原皮層および原中心柱はそれぞれ, 頂端分裂組織の最先端の層にある 1 個ないし数個の細胞に始まると言うものである。その後, この説に基づく多くの研究の結果, 植物の種類によって根端分裂組織の構造は異なるが, 一般に表皮は独立の始原細胞をもつことは少なく, 根冠または皮層と共通の始原細胞をもつのが普通であることが明らかとなった<sup>44)</sup>。

近年, CLOW<sup>8)</sup> は histogen 説を修正した quiescent-center 説を提唱し, 注目されている。CLOW によれば quiescent-center は, ほぼ半球形の非分裂状態の細胞群であって, この細胞群は根端の構造が決定され, 根が発育している期間中は静止的 (quiescent) となっているが, 分裂活性を回復し得る能力は依然留めている。古典的な概念では, 始原細胞として, 少数の細胞をとるが, quiescent-center 説は, 多数の始原細胞を仮定している。

本実験の観察結果では, 甘しょの不定根の表皮細胞は, 根冠と共通の始原細胞に由来するものと推定される。従って, この共通の始原細胞は GUTTENBERG<sup>45)</sup> が示している dermatocalyptrogen に相当する。根冠組織は, 前述の如く軸の中央部にあるこの dermatocalyptrogen の細胞の分裂によって増生される中央構造と, その外側にある細胞の分裂によって増生される側層構造とに区別出来る。

根冠の構造に関して, CLOW<sup>8)</sup> は根冠の中心部と周辺部とが区別される場合, この中心部を collumella と称し, 両者が区別できるのは根冠の中央部で細胞の縦の分裂が起こらないためとしている。

本観察では, 不定根の根端部において分裂組織と見なされる細胞層は, dermatocalyptrogen をはさんで基部側と頂端側にあり, 頂端側にあるものは, 根冠を形成し, 基部側にあるものは, 皮層と中心柱の形成に関与するものと考えられる。ただし, 基部側の中央部には, 前述のごとく多核で不整形の細胞層があり, これは, CLOW の指摘する, quiescent center に相当すると考えられ, この center を囲む基部側の細胞が, 中心柱の始原細胞となるものと思われされる。

PILLAI<sup>46)</sup> は, *Conifers* の根端において, (i) 中心柱と collumella (ii) 皮層と根冠の周辺部が, それぞれ共通の始原細胞をもつものと解釈し, (ii) の始原細胞は (i) の始原細胞およびその直接の分裂細胞 (recent derivatives) を取りまいていているとしている。根冠側層構造と皮層とが同じ輪状の細胞列を, また根冠の中央

構造と中心柱とが同じ不整形の細胞配列を示し, 従って, 中心柱と根冠中央構造, 皮層と根冠側層構造はそれぞれ同じ細胞分裂様式により形成されるとみられる。すなわち甘しょの不定根の頂端分裂組織は, PILLAI の説に近い分裂様式をとるものと考えられる。

維管束の分化に関しては, ESAU<sup>18)</sup> が *Nicotiana* において認めているように, 甘しょの不定根においても, まず, 篩部が分化成熟し, つづいて, 木部道管が成熟する。また, 中心を通る縦断面では, 根端分裂組織に極めて接近した部位に至るまで, 軸の中央部に比較的大型の一列の細胞が認められるが, これは BÜNNING<sup>6)</sup> が指摘する如く, 将来中央道管に分化する中心細胞列であると考えられる。

## 第5節 摘 要

- 1 甘しょ品種沖繩百号の栽植5日後の不定根を供試して, 根端部における組織の分化様相を観察した。
- 2 根冠はその中央部を構成する中央構造とその側層を構成する側層構造からなっている。
- 3 横断面では, 根冠の中央構造の細胞は一定の配列様式を示さないが, 根冠の側層構造の細胞は, 中央構造を取り囲む輪状配列を示している。
- 4 根冠の最内層は表皮原となっている。
- 5 表皮原に接して頂端側 (根冠側) と基部側 (皮層及び中心柱側) の両側に分裂組織がある。
- 6 皮層は約8層の細胞層からなり, 横断面では, 中心柱を取り囲む輪状構造を示し, 根端部から約200 $\mu$ の部位では, 細胞間隙が認められる。
- 7 内鞘細胞は, 表皮原先端部の基部側にある分裂組織から2~3個の細胞を隔てた極先端部において識別できる。
- 8 中心柱の先端部には表皮原の基部側の分裂組織に接して, 不整形の細胞よりなる半球形の部分が存在する。
- 9 原生篩管は, 中心柱の先端部から約500 $\mu$ の部位において, 明瞭に認められる。
- 10 原生木部道管の厚膜化が認められるのは, 中心柱の先端から1cmないし2cmの間である。
- 11 中心柱の柔細胞は, 縦軸方向では皮層細胞より長く, また横断面におけるその細胞配列には一定の様式がみられない。
- 12 軸の中心を通る縦断面では, 中心柱の中心部には大きな核をもった比較的大形の細胞からなる一列の細胞があって頂端分裂組織のごく近くまで達して



いる。

## 第2章 不定根の塊根形成

### 第1節 緒言

甘しょ不定根の塊根形成に関する組織学的研究には、MC CORMICK<sup>25)</sup> ARTSCHWAGER<sup>2)</sup>、小倉<sup>33)</sup>および戸刈<sup>56)</sup>等の研究があり、いずれも、塊根の横断面において、塊根の周辺部に認められる一次形成層に対して、一次形成層の内側にある道管の周囲に同心円状に発達する分裂組織を第二次形成層として認め、この分裂組織による柔細胞の増生が、第一次形成層による柔細胞の増生とともに、塊根肥大に重要な意義をもつものとしている。これらの研究によって塊根の組織学的特性はほぼ明確にされているが、なお、その詳細な点に関する研究者の見解は必ずしも一致していない。たとえば木部柔組織内の道管と無関係の部位に発達する分裂組織に関して、MC CORMICK<sup>25)</sup>は、木部内篩部 (interxylary phloem) がまず分化した後になって、その周囲に形成層が認められるとし、ARTSCHWAGER<sup>2)</sup>は維管束と無関係の部位にも帯状または円形の第二次形成層が発達することを指摘し、小倉<sup>33)</sup>は道管と無関係の部位に発達する形成層を道管の周囲に発達する第二次形成層に対して第三次形成層と認むべきものとし、第三次形成層は第一次形成層に類似しており、品種によってはこの形成層の発達が顕著であると述べている。戸刈<sup>56)</sup>は塊根形成には塊根周辺部の一次形成層の活性が持続することと、中心柱の柔細胞が木化しないことが前提条件であるとし、木部柔組織内における形成層の発達にはあまり注目していない。

以上のごとく、これまで研究はいずれも道管の周囲に発達する分裂組織が柔細胞をさかんに増生することには特に注目を払っているが、この分裂組織が維管束を分化するかどうか、すなわち、この分裂組織が維管束形成層であるかどうかについては、明瞭な観察を欠いている。もっとも、木部柔組織内で道管と関連のない部位に発達する分裂組織、すなわち小倉<sup>33)</sup>のいう第三次形成層が塊根周辺部の一次形成層と同じく、維管束形成層であることは、多くの研究者の指摘するところとなっている。いずれにせよこれまでの観察結果によれば、木部柔組織内における前記二種の分裂組織は、発生過程および発生部位を異にしており、両者はむしろ異質の分裂組織でないかとの疑いが持たれる。

塊根組織における維管束の分化発達は、柔細胞の増生とともに、甘しょの塊根がでん粉の貯蔵根としての機能を発揮する上に極めて重要な意義をもっているが、前述のごとく、既往の甘しょ塊根の組織学的研究の多くは、塊根の肥大現象と塊根内部の細胞増生とを関係づけるべく分裂組織による柔細胞の増生にのみ焦点があてられたため、形成層による維管束の分化については、十分な検討がなされていない。本章はこのような観点ならびに現状に鑑み、塊根肥大に伴って内部組織が形成される過程のうち、特に、転流組織としての維管束の形成と貯蔵組織としての柔細胞の増生とに焦点をあて、観察をおこなったものである。

### 第2節 実験材料および実験方法

1 供試品種：実験材料として沖縄百号と九州34号とを用いた。1961年6月10に、6節苗の基部3節を土中に埋めて直立挿とし、35×75cmの間隔で圃場に栽植した。

2 材料の採取：材料の採取は栽植5日後から5日おきに、1か月間計6回行った。

採取方法は、1回につき10株掘り取り、下記のごとく、10個の根を採取した。するわち、肉眼的に肥大が認められない生育初期には、比較的伸長が早く、太い根を選定して基部から先端まで根全体を採取し、以下の方法により最肥大部位を決定した。すなわち、肥大が明瞭な1か月後の材料について、基部から最肥大部までの長さを計測し、その平均の長さを生育初期の材料にあてはめて最肥大予想部位とした。また、外観的に肥大が明瞭となる後期には、肥大良好な根10個を選定した。以上のような方法により、不定根の最肥大部位または、その予想部位を時期別に採取し、水洗後ただちにF.A.Aで固定した。

3 組織標本の作製：固定材料をparafin法によって、厚さ10 $\mu$ の横断および縦断の組織切片とし、SafraninとFast greenとによって複染して、組織標本を作製した。組織標本の観察には主として横断切片を用いたが、立体構造の判断の資料として縦断切片の観察もおこなった。

### 第3節 実験結果

塊根の肥大は、主として、側面分裂組織による細胞の増生に基づく。そこで本実験では塊根の最肥大部の

横断面の観察によって、細胞の増生・分化による形態形成を把握するように努めた。第2図は実験結果に基づき不定根の塊根形成過程を模式的に示したものである。なお、供試材料として沖縄百号および九州34号の2品種を用いたが、不定根の塊根形成様式には、両品種間に本質的の差異は認められなかったため、ここでは主として沖縄百号の観察結果を中心に述べることにする。

### 1 栽植5日後

栽植5日後では、不定根は約13cmに伸長しているが、外観上肥大は全く認められず、観察した最肥大予想部位は根の基部から約7cmの位置である。横断

面は写真1—A、—Bに示すとおりであって、これらの写真および第2図Aより明らかなように、表皮(epidermis)は小型の外方に突出した一層の細胞からなり、その細胞膜はSafraninで赤色に染色され、厚膜化している。外皮(exodermis)は表皮下にあつて、表皮細胞よりやや大きい細胞からなるが、この細胞層はこれより内部の皮層細胞と形態的に区別し難いことが多い。しかし、往々、表皮に接する側の細胞膜が厚膜化し、Safraninで赤色に染色される場合がある。外皮より内側は約7層の皮層(cortex)細胞からなるが、皮層は比較的大型の細胞からなり、離生細胞間隙に富む。皮層細胞は円形に近い多角形を示し、表皮に近い外側の細胞と内皮に近い内側の細胞はやや小さく、両

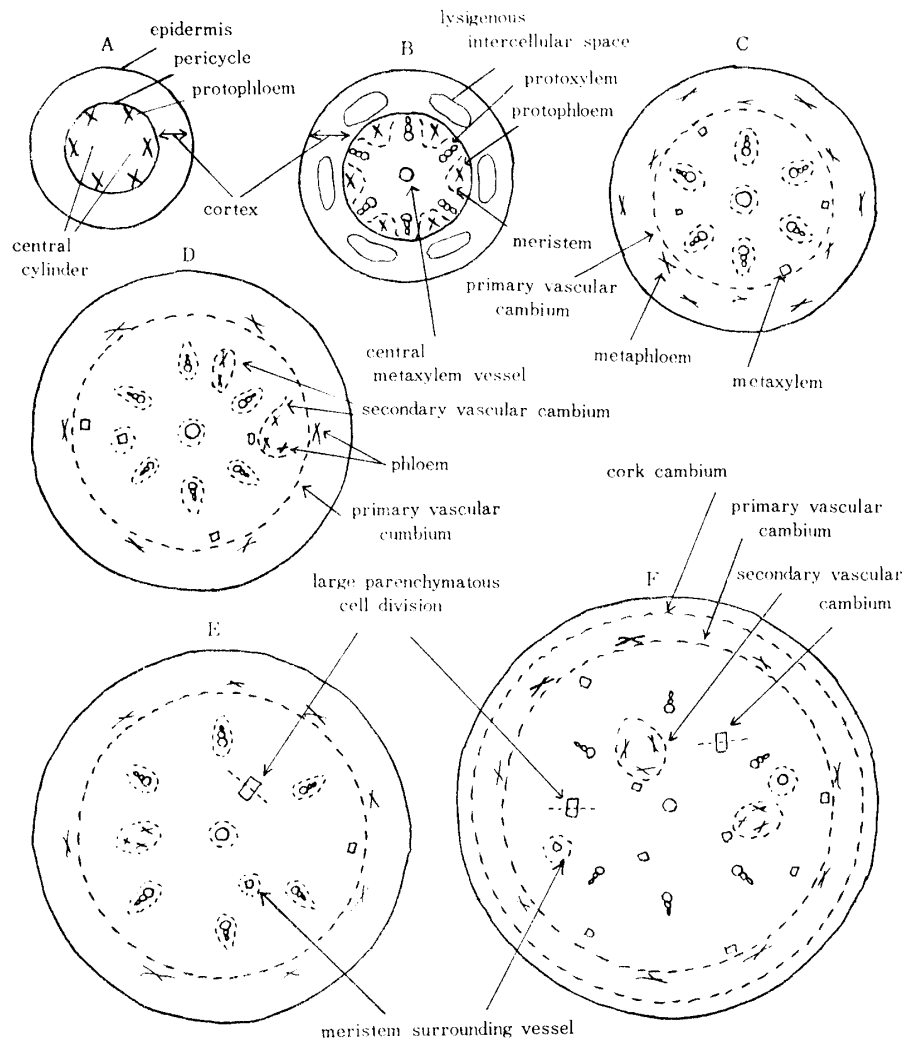


Fig. 2. Development of tuberous root.

者の中間部にある細胞は大きい。Fast green による被染色性に乏しく、細胞質は少ないものと推察される。内皮 (endodermis) は皮層細胞中最内部にあって内鞘に接する一層の細胞であるが、この時期には、その外側の他の皮層細胞よりやや小さいこと以外には特に形態的特徴は認め難い。内鞘 (pericycle) は中心柱 (central cylinder) の外側を構成する一層の細胞層で、内皮細胞とほぼ同じ大きさである。この時期には、既に、その並層分裂 (pericrinal division) によって内鞘細胞自身の細胞数が増加し、その結果、中心柱の円周が増大しているのが観察される。

原生篩部 (protophloem) は中心柱の外周部 5～6 個所に、内鞘に接して放射状に散在しているのが観察される。既にこの時期には、原生篩部に接近して、伴細胞 (companion cell) を伴う後生篩部 (metaphloem) の分化が認められる。原生木部 (protoxylem) は内鞘 (pericycle) に接し、放射状に原生篩部の間に介在している。各原生木部放射列を構成する道管は、内鞘に接するものは小さく、中心部に向うに従って次第に大型となっており、各道管の間に柔細胞は介在しない。原生木部を構成する道管の細胞膜は厚膜化しているが、Safranin では赤色に染色されず、従って、完全には木化していないものと判断される。中心柱の柔細胞は、中心部ほど大型で、周辺部の細胞は小さい。

以上の観察結果から明らかなように、栽植 5 日後の不定根はまだ、通常の根の組織構造を示しているが、ここで二、三の特徴を指摘することができる。たとえば皮層の細胞層数は、第 1 章で述べた根端部における皮層細胞層数とほぼ同じである。従って、皮層の細胞層数は根の先端部において比較的早期に決定されることがうかがわれる。また、皮層には離生細胞間隙が顕著に認められるが、このことから皮層は通気組織としての意義が大きいものと考えられる。さらに内鞘細胞の分裂による中心柱径の増加はこの時期における細胞増生の特徴としてあげられる。なお維管束の分化に関しては、篩部では原生篩部とともに後生篩部の成熟が認められるのに対し、木部では原生木部の成熟もまだ起こっていない。つまり、第 1 章で述べた先端部における維管束の分化と同じように、この時期の最肥大予想部位でも、篩部の成熟が木部の成熟に先行することは明らかである。

## 2 栽植10日後

栽植 10 日後の不定根の横断面は写真 5—A、—B および第 2 図 B に示すとおりである。写真 5—A から

明らかなように、表皮の形態は栽植 5 日後とほとんど変わらず、皮層の細胞層数も同様約 7 層である。この時期の皮層部における特徴は、写真 5—A に示されるように、原生篩部に対応する皮層部に、顕著な破生細胞間隙 (lysigenous intercellular space) が認められることである。内皮細胞はほぼ卵形の細胞となり、円形に近い他の皮層細胞と区別しやすくなる。また、内皮細胞の一部はすでに崩壊している場合がある。内鞘細胞の直層および並層分裂は極めて顕著で栽植 5 日後に比較して、中心柱径がさらに増加している。原生篩部はこの時期には極めて大きくなり、これを取り囲む細胞も大型でその細胞内には澱粉粒が認められる。また、原生篩部の周囲では後生篩部の発達が極めて顕著である。一方、栽植 5 日後には、いまだ Safranin によって染色されなかった原生木部道管の細胞膜が、鮮やかに赤色に染色され、その顕著な肥厚が観察される。また原生木部を構成する道管のうち内鞘に接する外側部の道管が Safranin による被染色性にやや劣るのが観察されるが、これは内鞘細胞の並層分裂によって中心柱側に送りこまれた新細胞の木化が、まだ、充分に進行していないためであろう。つまり、原生木部放射列を構成する道管の成熟は、前項記述の如く、栽植 5 日後では、内鞘に近い細胞から中心部に向かって求心的におこなわれるが、この時期では、内鞘細胞の分裂によって原生木部の外側部に送りこまれた新細胞を起点として遠心的にもおこなわれるものと考えられる。なお、中心柱のほぼ中央部には 1～2 個の極めて大型の後生木部道管が認められる。さらにこの時期には、原生篩部およびその周囲に発達した後生篩部を扇形に取り囲む薄い細胞層からなる分裂組織の発達が認められる。この分裂組織は後に一次形成層に発達するものであり、その中心部側には、後生木部道管の前駆と推定される大きな孔隙が認められる場合がある。なお、中心柱の木部柔細胞には澱粉粒が認められる。

この時期の特徴を要約すれば、皮層部における破生細胞間隙の生成、原生木部道管および中央後生木部道管の成熟、篩部を取り囲む扇形の分裂組織の発生があげられる。このように、維管束の成熟に引続いて、内鞘細胞以外の新しい分裂組織が形成され、次期の塊根の急速な肥大生長が予期される。

## 3 栽植15日後

栽植 15 日後の不定根の横断面は、写真 6—A、—B および第 2 図 C に示すとおりである。写真 6—A から明らかなように、表皮の脱落している場合があ

り、この場合は、その内側の細胞、つまり外皮細胞 (exodermis) が厚膜化しているか、または木化していることが多い。この時期には外皮細胞は長短径がほぼ等しいやや大型の細胞となっている。また、外皮の内側には原形質に富む細胞の層が認められ、この細胞層では並層分裂 (pericinal division) が観察される。これより内側の皮層では、細胞は接線方向に長く大きくなって中心柱の直径の増大には対応しており、細胞分裂は認められない。栽植 10 日後に、篩部に対応する皮層にのみ認められた破生細胞間隙は、この時期には内鞘に接して皮層の全周におよび、内皮細胞の多くは破壊している。内鞘細胞は、横断面においては、中心柱を取りまく極めてうすい細胞層となり、栽植 10 日後の時期に引続き、この時期においても、直層分裂による内鞘細胞自身の増生と、並層分裂による中心柱細胞の増生とを極めて旺盛におこなっているのが観察される。篩部においては、後生篩部の発達が一層顕著になる。また、栽植 10 日後に厚膜化していた後生道管は木化が進行して、Safranin で赤色に染色される。さらに、内鞘細胞の並層分裂によって増生された柔細胞層が、原生木部と内鞘との間に介在するようになり、この細胞層が分裂を開始する。この分裂組織は、前期の栽植 10 日後に、篩部の内側に発達した分裂組織と連絡して中心柱を取りまき、塊根の周辺部の一次形成層に発達している。一方、この一次形成層の内側では、原生木部道管および中央後生道管を取り囲む柔細胞が、分裂を開始し、新しい分裂組織として認められる。この時期における形態形成の特徴は、皮層部では破生細胞間隙の拡大、中心柱では一次形成層の完成および、道管周囲における新しい分裂組織の発達である。

#### 4 栽植 20 日後

栽植 20 日後の不定根の横断面は、写真 7, 8—A, —B, 9—A, —B および第 2 図 D に示すとおりである。写真 7 から明らかなように、皮層細胞は大部分脱落し始めている。内鞘細胞は前期と同様に分裂を続けてその細胞数を増し、中心柱の外側を取り囲んでいる。一方、前期の栽植 15 日後に完成された一次形成層による細胞の増生もまた極めて活発で、その外側に篩部を、内側部に木部を増生している。写真 8—A, —B は一次形成層および一次形成層による組織増生の様相を示したものであって、一次形成層により増生される細胞の多くは柔細胞であるが、篩管および道管も、それぞれ、一次形成層の外側および内側の極く近接した部位に認められる。

篩管はやや厚膜化した鋭角の細胞膜をもった小形の細胞として認められ、しかも、細胞質にとみ Fast green で濃染する伴細胞を伴っている。周囲の柔細胞とは明瞭に識別出来る。また、形成層に最も近接した篩管と形成層との間には柔細胞がほとんど介在していないので、篩管は形成層細胞の直接の分裂によって形成されたものと判断される。一方、一次形成層の内側部にあって Safranin には染色されず分化直後とみられる道管は一次形成層との間に殆んど柔細胞を介在せしめない。従って、道管もまた篩管と同様形成層細胞の直接の分裂によって形成され、次第に木化成熟するものと思われる。形成層の分裂によって分化した道管の木化は、その後急速に進行するものごとく、形成層からやや隔った内部にある道管は Safranin によって赤色に染色される。

このように篩管および道管は形成層細胞の直接の分裂によって形成されるものと考えられるが、形成層を挟んで篩管と道管の対応が認められないので、形成層による篩管と道管の分化は同時的ではないと判断される。ただ、興味深いのは、形成層の外側に篩管が認められる場合、これに対応する形成層の内側の木部に道管が常に存在することは限らないが、逆に、形成層に近接した内側の木部に道管が認められる場合には、これに対応する形成層の外側の篩部には、必ず、篩管が認められることである。すなわち、形成層によって篩部に篩管が分化する場合は、形成層を挟んで反対側の木部には、道管または柔細胞のいずれかが分化するが、逆に木部に道管が分化する場合には、篩部には、必ず、篩管が分化する。

栽植 15 日後に、原生木部および中央の後生木部道管の周囲に認められたごとき分裂組織が、その後、新しく形成された道管が成熟するにつれて、それら道管の周囲にも認められるようになる。すなわち、一次形成層の近接部に未成熟で Safranin に染色されない厚膜の道管が認められる時点では、これらの道管の周囲の柔細胞は未だ分裂性を示さないが、中心部に向かうに従い、次第に成熟して Safranin に染色される木化した道管が認められ、これらの木化した道管は写真 9—A, —B で示すようにその周囲を分裂細胞によって取りまかれているのが観察される。道管周囲のこの分裂組織は、写真 9—A, —B から明らかなように、以下のごとき特徴をもっている。

(i) 一次形成層に比較して、分裂状態にあると判断されるうすい細胞層が、やや多層である。(ii) このうすい分裂細胞は、既存の道管に接しており、道管

近接細胞が常に分裂の始原細胞となっている。(iii) 一次形成層による分化と異なり、この分裂組織に近接して篩管および道管が生ずることはない。

以上の観察結果から明らかのように、道管周囲に同心円状に発達する分裂組織は、一次形成層とは異なる分裂組織で、直接に維管束を分化形成する、いわゆる形成層とは認め難く、単に木部柔細胞の増生のみおこなう分裂組織であると判断される。

一方、一次形成層の外側部に形成される篩部のほかに、一次形成層内側部の木部柔組織内にも、新しい篩部の発達が認められる。この新しい篩部(木部内篩部 interxylary phloem)は写真9—A, —Bに示すごとく、既存の道管の近辺に分化することもあれば、道管とは相当隔った部位において発達することもある。発達の初期には、少数の篩管からなるが、篩管数が多くなるに従って、近接する柔細胞が分裂性を回復し、次第に、多数の篩管、伴細胞および柔細胞からなる比較的大型の篩部に発達する。このようにして発達した大型の木部内篩部は、横断面において、円形、馬蹄形あるいは帯状など種々の形態を示し、分裂組織がこれに接しており、分裂組織をはさんで篩部の反対側には、厚膜化した未成熟の道管または Safranin 被染色性の木化した成熟道管が認められる場合がある。木部内篩部が既存の道管の比較的近辺に形成される場合には、この木部内篩部に接する分裂組織を挟んで、既存の道管側には、新しい道管の分化は認められるが篩管の分化は認められない。

新しく木部内篩部のまわりに形成された分裂組織は、その分化過程ならびに接する維管束の配列に関し以下の如き諸点において、一次形成層と全く同じ特徴を示している。すなわち、(i) 篩管が先に分化し、ついでこれに接して分裂組織が発達する。(ii) 篩管が分裂組織に近接した位置に認められる。(iii) この分裂組織を介して篩管の反対側には、分裂組織に近接して木化が進行中の未成熟道管が存在し、分裂組織からやや隔った部位には木化した成熟道管が認められる。従って、これらの維管束はこの分裂組織によって直接分化したものであり、この新しい分裂組織は、一次形成層と同じく維管束を形成するいわゆる、形成層(vascular cambium)であると判断される。この意味において、木部柔組織内に発達したこの分裂組織を、周辺部に存在する一次形成層と区別して二次形成層と呼称すべきであると考えられる。

## 5 栽植 25 日後

栽植 25 日後における不定根では、皮層は多く脱落している。内鞘細胞の直層分裂による細胞の増生がなお、認められる場合もあるが、内鞘の一部が既に脱落し始めている場合もある。一次形成層による篩部および木部の増生は旺盛である。栽植 20 日後までに認められた道管周囲の分裂組織、木部内篩部(interxylary phloem)および二次形成層の発達なども前期同様に旺盛である。以上の分裂組織のほかに、この時期には、写真 10 および第 2 図 E に示すように、木部柔組織内の比較的大型の柔細胞が、2~数個の同種柔細胞に分裂し、その分裂に維管束の分化を伴わない場合が認められる。この種の柔細胞の分裂は、先に道管の周囲に認められた分裂組織や、新しい篩部に接して認められる二次形成層のように、多数の細胞が分裂細胞層を形成することはなく、個々の大型の細胞が比較的孤立的に分裂するので、著者はこの細胞分裂を、前述の諸種の細胞分裂に対して、特に、大型柔細胞分裂として区別した。この時期の細胞増生の特徴は、この木部柔組織における大型柔細胞分裂の開始であるとする事ができる。

## 6 栽植 30 日後

栽植 30 日後の不定根では、皮層はほとんど脱落し、コルク形成層の発達が認められる。従って、この時期には一次形成層の外側では、写真 11 および第 2 図 F に示すように、(i) 形成層近接部の篩管が多く存在する部分、(ii) その外側の澱粉粒にとむ篩部柔組織、(iii) さらにその外側の比較的澱粉粒の少ないコルク皮層、コルク形成層、および最外側のコルク層などからなるいわゆる広義の皮部が完成される。一方、一次形成層の内側では、原生木部道管および後生木部道管が、柔組織の中に散在し、道管の周囲には分裂組織が発達し、さらに、新しい篩管の形成と二次形成層の発達が認められ、一応、甘しょ塊根の組織学的諸特性が完成される。なお、中央道管の周囲では、うすい細胞層が少なくなり、その分裂組織の活性はややおとろえているように観察される。

以上の観察結果から、塊根肥大に寄与する細胞の増生は、第 2 図 F に示すように、コルク形成層、一次形成層、二次形成層、道管周囲の柔細胞分裂および、大型柔細胞分裂などによると結論されるが、これらのうち、一次形成層と二次形成層とは、ともに篩管と道管とを形成することができる分裂組織、すなわち、維管束形成層であり、また、道管周囲の柔細胞分裂と大型柔細胞分裂とは、ともに、柔細胞の増生のみをおこな

い、維管束の分化を伴わない細胞分裂である。

#### 第4節 考 察

甘しょの塊根の肥大が、塊根の周辺部における通常の一次形成層による細胞の増生と、一次形成層内側の木部道管の周囲に同心円状に発達する、いわゆる「第二次形成層」による細胞増生とによっておこなわれることは、これまでの研究によって、一応、定説となっており、小倉<sup>34)</sup>によって、特に、サツマイモ型 (Batatas type) として例示されている。しかしながら、既往の研究報告を詳細に検討した結果、一次形成層と、この「二次形成層」との組織形成機能に関する比較検討が不充分であることが明らかとなった。例えば、小倉<sup>34)</sup>は道管周囲の柔細胞の分裂層を二次形成層とした論拠として、この分裂組織によって増生された細胞について、以下のごとく述べている。「これらの細胞は、殆んど全く柔細胞からなり、澱粉粒を含み、そのどこが木部か篩部か判断し難い。然し、所々道管に近い方の細胞が厚膜となり、又外部に近い細胞が数細胞に分れているのがあり、これら、夫々厚膜木部柔細胞と篩管を代表するものと看做し、形成層は、内外に夫々木部と篩部とを作るものと了解することが出来る。」また、ARTSCHWAGER<sup>2)</sup>も道管周囲の分裂柔細胞を二次形成層 (secondary cambium) として記述しているが、この二次形成層の維管束の分化については、何ら記述していない。さらに MC CORMICK<sup>25)</sup>も secondary cambium が道管のまわりに同心円状に発達し、この secondary cambium が木部および篩部を分化することができるとしているが、詳細な記述または写真ないしは図は示していない。戸刈<sup>56)</sup>は、諸種の道管の周囲に環状に形成層が発達することを記しているが、維管束の分化については、何等述べていない。以上のごとく、既往の観察では、きわめてうすい同心円状の細胞層が、道管の周囲に顕著に識別されることに着目して、この分裂細胞層が維管束を形成する機能を有するか否かについての詳細な観察をおこなうことなく、この分裂細胞層を一次形成層と同様の機能をもつ形成層と断定し、二次形成層 secondary cambium と命名している。しかし、第3節において詳述したごとく、一次形成層と道管周囲の分裂組織は、たがいに組織形成の機能を異にし、異種の分裂組織であることは明らかであって、道管の周囲に発達している分裂組織がいわゆる形成層であるとは認め難い。

一方、一次形成層の内側の木部柔組織内に形成され

る篩部は、前述のごとく、既存の道管の近くに分化することもあり、また、維管束とは無関係な位置に分化する場合もあるが、いずれの場合にも、篩部の周囲にはやがて分裂組織が発達する。この篩部は、MC CORMICK<sup>25)</sup>によって、木部内篩部 (interxylary phloem) と呼ばれ、その周囲に発達する分裂組織は、小倉によって、第三次形成層と呼ばれているが、数個の木部内篩部が既存の道管の近辺に発達する場合には、篩部の周囲に発達する分裂組織が相連結して、既存の道管を取り囲むように形成される場合がある。この場合には、篩部の周囲に発達した分裂組織が、さきに述べた道管の周囲に同心円状に発達した分裂組織であると誤認される可能性はあろう。しかし、写真9にも示すように、これら両分裂組織が、異質の発生経過を辿ったものであることは以下の事実から明らかである。すなわち、(i) 既存の道管の外周を二次形成層が取り囲んでいても、既存の道管に接する分裂細胞層は依然として認められ、両者の間には成熟柔細胞が介在しており、さらに、(ii) 種々の程度に発達した両分裂組織が、近接した位置において共存しているのが観察される。

つぎに篩部、木部および形成層の分化発達の順序をみると、第1章および本章の結果から明らかなように、根端部においては、原生篩部の成熟は原生木部の成熟にはるかに先行し、また塊根の最肥大部においてはまず後生篩部が分化してから後に、その周囲に第一次形成層が分化し、最後にこの形成層をはきんで、後生篩部とは反対側に後生木部道管が成熟してくる。このような塊根形成初期に認められる各組織形成分化の順序、ならびにこれらの組織の位置的関係は、塊根組織の分化の後期に、木部柔組織内に前述の篩部が形成され、これに接して形成層が発達し、この形成層を介して篩部と反対側に道管が分化し形成される場合と全く相同である。このような分化順序および分化位置の相同性、さらには、第3節で述べたように、篩管と道管はいずれもそれぞれの分裂組織から直接分化したものであると判断されること、などによって木部柔組織内の新しい篩部の周囲に発達する分裂組織は、一次形成層と同質の分裂組織であって、維管束を形成する形成層と認定でき、さきに、塊根の周辺部に発達した一次形成層に対して、二次形成層と呼称すべきである。

従来甘しょの塊根組織に関する研究においては、大型柔細胞分裂について論述されたものはない。しかし、前述のごとく栽植30日後の塊根分化の後期においては、沖縄百号の木部柔組織ではこの大型柔細胞分

裂の頻度は極めて高い。この大型柔細胞分裂の様式は、澱粉貯蔵柔細胞が極めて大型に生長した後、澱粉粒が消失し、中央部に隔膜が出来て、2～3個の同種柔細胞に分裂すると云う方法で起こり、この分裂が比較的孤立的であるので、同じ木部柔細胞の増生でも、道管隣接部に同心円状に発達する分裂とは明らかに分裂様式が異なる。この大型柔細胞分裂では、分裂時に細胞内に貯蔵された澱粉粒の消失をきたすので、塊根の澱粉含量と密接な関係をもつものと考えられる。なお、このような大型柔細胞分裂の分裂様式は、大根では渡辺<sup>10)</sup>も一般の柔細胞分裂として認めている。さらに同氏は、この大型柔細胞分裂に対して、道管隣接部の柔細胞分裂を、その始原細胞または、分裂直後の細胞の形態から、篩部繊維様細胞に由来する柔細胞の増生と呼んでいる。

### 第5節 摘要

1 甘しょ品種沖繩百号および九州34号を供試して、栽植5日後より1ヵ月間、5日おきに合計6回不定根を採取し、不定根の最肥大部または最肥大予想部位の組織標本を作製して、塊根組織の分化発達過程を追跡した。

2 栽植5日後には、皮層は約8層の細胞層からなり、離生細胞間隙にとむ。内鞘細胞はその並層分裂により中心柱の細胞数を増加し、直層分裂によって内鞘細胞自身の数を増加してその円周を増加している。原生篩部は内鞘に接して、5～6個所に放射状に認められ、その周囲には、すでに伴細胞を伴う後生篩部が分化している。原生木部構成道管の細胞は厚膜化しているが、まだ木化しておらず、原生木部は完熟していない。

3 栽植10日後には、原生篩部に対応する皮層部に破生細胞間隙が認められる。原生木部道管および中央後生木部道管が木化し、成熟する。また、篩部を取り囲む扇形の分裂組織が発達する。

4 栽植15日後には、中心柱では一次形成層が完成し、道管周囲に分裂組織が発達する。

5 栽植20日後には、一次形成層による維管束ならびに柔細胞の増生が旺盛となる。道管周囲の分裂組織による柔細胞の増生も顕著であるが、この分裂組織は直接には維管束の分化をおこなわないので、いわゆる形成層とは認め難い。木部柔組織内に新しい篩部が分化し、この篩部に接して分裂組織が発達する。この分裂組織は維管束を分化するので、形成層と認められる。従って、この木部内に発達した篩部 (interxylary

phloem) に接する分裂組織は先に分化した塊根周辺部の一次形成層に対して、二次形成層 (secondary cambium) と呼称すべきである。

6 栽植25日後には、前期までに認められた諸種の分裂組織による細胞の増生は依然旺盛であるが、さらに、木部柔組織の個々の大型の柔細胞が、比較的孤立的に分裂するのが観察される。この種の細胞分裂は維管束の分化を伴わず、また一連の分裂細胞層の形をとらないので、前期までの諸種の細胞分裂に対して、とくに大型柔細胞分裂として区別できる。

7 栽植30日後には、皮層はほとんど脱落し、新しくコルク形成層が発達して皮部を形成する。中央道管の周囲の分裂組織の活性はややおとろえる。この時期に、甘しょ塊根の組織学的諸形質は完成する。

8 以上の観察結果から、塊根肥大に寄与する細胞の増生は、コルク形成層、一次形成層、二次形成層、道管周囲の柔細胞分裂および大型柔細胞分裂によるものと結論される。これらの細胞分裂の中で、一次形成層と二次形成層とは、ともに篩管と道管とを形成することが出来るいわゆる維管束形成層である。また道管周囲の柔細胞分裂と大型柔細胞分裂とは、ともに柔細胞の増生のみをおこない、維管束の分化を伴わない細胞分裂である。

## 第3章 塊根の肥大に伴う塊根の組織諸形質の推移

### 第1節 緒言

甘しょの不定根が塊根として形成されてゆく過程は、多くの研究者によって、組織学または形態形成の立場から詳細に究明されている。しかし、不定根が塊根としての組織学的諸形質を完成してから後、その諸形質が、塊根肥大に伴ってどのような推移を示すかに関する報告は極めて少ない。筆者は第2章において、特に、転流組織としての維管束の形成と、貯蔵組織としての柔細胞の増生とに着目して不定根の塊根形成過程を観察し、この二点に関して、従来の甘しょの塊根形成に関して認められた組織学的見解に対して、更に新しい基礎的知見を明らかにした。すなわち、甘しょの塊根形成および肥大には、周皮を形成するコルク形成層、維管束の分化と柔細胞の増生をおこなう一次および二次形成層、柔細胞の増生のみをおこなう道管周囲の柔細胞分裂および木部の大型柔細胞分裂が関与していることを明示した。本章では、これら異種類の細

胞分裂によって形成された塊根の組織諸形質が、塊根の肥大に伴ってどのような量的変化を示すかに関して、生育の全期間にわたって観察した結果について述べる。

### 第2節 実験材料および実験方法

1 供試品種：供試した品種は来歴，でん粉含有率および塊根肥大程度などを異にするコガネセンガン，(Kogane) 農林二号 (N-2)，九州34号 (K-34)，L-4-5，九州31号 (K-31)，沖縄百号 (O-100) および台農57号 (T-57) の7品種である。

2 栽植方法：6節苗を用いて，3節を地中に埋めて斜挿とし，1967年6月24日に栽植した。栽植本数は，各品種1プロット10株とし，試験区の配置は，2ブロックの乱塊法によった。

3 材料の採取および組織標本の作製：材料の採取は，7月10日（栽植16日後），7月24日（栽植30日後），8月24日（栽植61日後，以下60日後と表示），9月23日（栽植91日後，以下90日後と表示），10月

15日（栽植113日後，以下110日後と表示）11月11日（栽植130日後）の計6回行った。掘取は，株別に行ない，諸重，諸長，諸の最肥大部最大直径などの外部形態を調査した。組織標本に供用する塊根は，外部形態の調査を終った塊根の中から，諸重の大きなものを各品種10個ずつ選定し，ただちに塊根の最肥大部を横断して，生育初期の小さな幼塊根では横断した全切片を，また，生育後期の肥大した塊根では，第3図に示すように皮部および，一次形成層を含む塊根の周辺部と塊根の中心部とを区別して，大きさ約1cm<sup>2</sup>，厚さ0.5cmの切片として切り取り，これをF，A，Aで固定した。また，第2章同様に，組織標本は，この固定材料をパラフィン法により，厚さ15μの横断切片とし，SafraninとFast greenとによって，複染して，永久プレパラートとした。塊根の組織諸形質の測定方法は，実験結果と共に後述する。

### 第3節 実験結果

#### 1 塊根の肥大経過

塊根がどのような肥大経過を示すかを明らかにするために，組織標本の作製に供用した塊根の最肥大部最大直径を測定した。各品種の平均値の生育時期による推移は第1表および第4図に示すとおりである。第1表および第4図から明らかなように，栽植後30日から60日までの生育初期における塊根の肥大速度は，いずれの品種においても，きわめて顕著である。また栽植60日後から90日後に至る期間では，九州34号のように，肥大速度がややおとろえる品種と，沖縄100号およびコガネセンガンのように，前期同様，旺盛な肥大を続ける品種とがある。沖縄100号は90日以後も，なお，旺盛な肥大を示している。以上の結果は，甘しょの塊根の肥大速度は，塊根の組織諸形質が完成した後の約1か月間すなわち，栽植30日後から60日後までの生育初期には，いずれの品種において

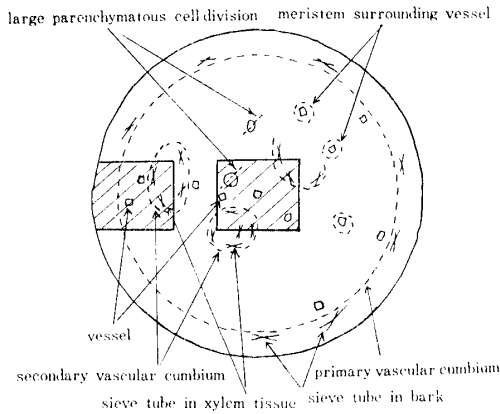


Fig. 3. Measured part of tuberous root in transection. (■)

Table 1. Changes of diameter of tuberous root during growing-period (mm)

Variety	Days after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	3.8±2.7	36.8± 8.0	41.8± 6.3	48.5± 9.4
Okinawa No. 100	6.6±2.3	47.0± 6.1	55.5± 6.8	66.9± 8.3
Kyushu No. 31	9.2±2.2	35.8± 8.0	42.1± 4.1	53.4±11.3
Norin No. 2	8.3±2.2	35.5±11.6	48.3± 9.5	51.8±10.3
Koganesengan	9.5±2.7	39.3± 5.0	54.1±10.5	57.1± 5.6
L-4-5	4.2±0.8	31.3± 7.0	42.6± 7.7	54.1±21.6
Kyushu No. 34	5.1±2.3	34.7± 5.6	39.4±11.8	43.7± 2.2



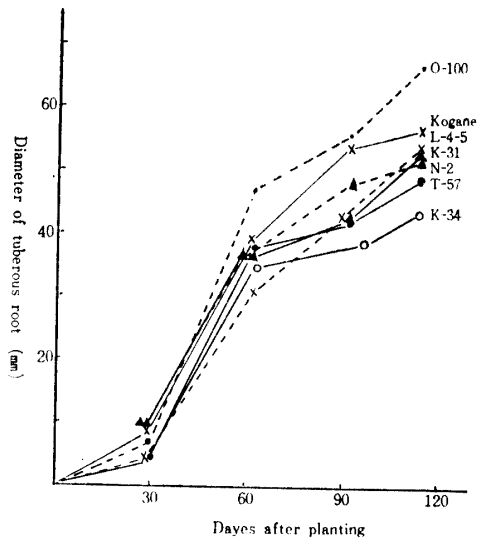


Fig. 4. Changes of tuberous root diameter.

も極めて旺盛であるが、その後は、ややおとろえる品種と、さらに生育後期までは旺盛な肥大を続けるものがあることを示している。なお、栽植15日後には、コガネセンガンおよび、台農57号の、ごく少数の不定根がすでに肥大しているのが認められたが、その他の品種では、肥大は認められなかった。また栽植30日後には、いずれの品種においても不定根の肥大、すなわち塊根が認められた。このように、坂井ら<sup>41)</sup>、小野田<sup>36)</sup>の指摘するごとく、塊根肥大の早晩性ばかりでなく、塊根の肥大開始時期も品種により、多少異なるものと考えられる。

2 皮部の厚さ

i 皮部の厚さ

第2章で述べたごとく、一次形成層より外側の部分は、篩部、コルク皮層、コルク形成層およびコルク層

からなっている。この部分は、塊根組織の最外側を構成しているので、土壌環境の影響を直接うけ、また、側根の発生によって養水分の吸収と深い関係を有し、さらには、この部分における篩部の発達によって、同化有機養分の転流とも密接な関係を有している。従って、この部位の発達は、塊根の肥大とかなり深い関連性を有するものではないかと考えられる。以上の観点から、一次形成層より外側の組織を広義の皮部とみなし、皮部の発達程度を示す指標としてその厚さをメカニカルステージの移動により測定した。その品種平均値の生育時期による推移は第2表に示すとおりである。

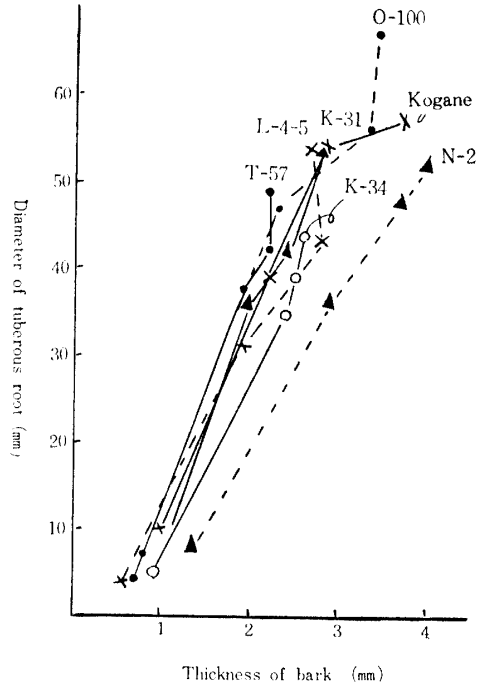


Fig. 5. Relationship between tuberous root diameter and bark thickness.

Table 2. Changes of bark-thickness during growing-period (mm)

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	0.7±0.4	1.9±0.3	2.2±0.4	2.2±0.4
Okinawa No. 100	0.8±0.2	2.3±0.5	3.3±0.6	3.4±0.5
Kyushu No. 31	1.1±0.2	2.0±0.3	2.4±0.5	2.8±0.5
Norin No. 2	1.4±0.3	2.9±0.5	3.7±0.7	4.0±0.5
Koganesengan	1.0±0.2	2.2±0.3	2.8±0.4	3.7±0.4
L-4-5	0.6±2.1	1.9±0.3	2.8±0.4	2.7±0.4
Kyushu No. 34	0.9±0.1	2.4±0.4	2.5±0.6	2.6±0.7

Table 3. Correlation between diameter of tuberous root and bark-thickness

Variety	Correlation coefficient
Taino No. 57	0.950*
Okinawa No. 100	0.966**
Kyushu No. 31	0.988**
Norin No. 2	0.945*
Koganesengan	0.960**
L-4-5	0.983*
Kyushu No. 34	0.980**
All varieties	0.879***

第2表から明らかなように、皮部の厚さは、いずれの品種においても、栽植後日数の経過とともに増加し、塊根の肥大経過とほぼ同様の傾向を示している。そこで、塊根の肥大と皮部の厚さの増加との関係をさらに明確にするため、各生育時期における各品種の塊根の直径およびその皮部の厚さの測定値を用いて、両者の関係を図示したのが第5図である。

第5図から明らかなように、いずれの品種においても両形質は密接な関連を有し、塊根の肥大に伴って、皮部の厚さも増加する。なお、各品種の塊根の直径とその皮部の厚さとの相関係数を求めた結果は第3表に

Table 4. Changes of bark rate during growing-period

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	18.4	5.2	5.3	4.5
Okinawa No. 100	12.1	4.9	5.9	5.1
Kyushu No. 31	12.0	5.6	5.7	5.2
Norin No. 2	16.9	8.2	7.7	7.7
Koganesengan	10.5	5.6	5.2	6.5
L-4-5	14.3	6.1	6.6	5.0
Kyushu No. 34	17.6	6.9	6.3	5.9

示すとおりであって、いずれの品種においても有意である。

#### ii 皮部率

塊根の直径に対する皮部の厚さの割合（皮部率）は、第5図からも明らかなように品種によってことなり、農林2号は、他の供試品種に比較して、塊根の直径に対して厚い皮部をもつ品種である。ちなみに、生育の各期における各品種の皮部率は第4表に示すとおりであって、いずれの品種も生育初期には高い値を示しているが生育中後期では、生育時期による差はなくなる。

### 3 皮部の篩管面積

#### i 単位幅（1mm）の皮部の篩管面積

一次形成層の外側部の皮部の厚さは、塊根の肥大に伴って増加することが明らかとなったが、この皮部に存在する篩管の面積も塊根の肥大に伴って増加するかどうかを明らかにするため、まず以下の方法によって単位幅（1mm）の皮部の篩管面積を求めた。すなわちメカニカルステージを平行移動することにより、一次形成層から外皮に向かって外皮の接線に対して垂直に一定幅（約1.28mm）の皮部組織を帯状に観察し、視野内に認められる篩管の面積を網状方眼マイクロメーターの網目によって測定した後、この測定篩管面積を単位幅（1mm）の皮部に存在する篩管面積に換算した。その品種平均値について生育時期による推移をみると

Table 5. Change of sieve-tube dimensions in bark in 1 mm width (mm<sup>2</sup>)

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	0.037±0.015	0.074±0.014	0.044±0.017	0.047±0.011
Okinawa No. 100	0.061±0.016	0.071±0.016	0.069±0.020	0.077±0.024
Kyushu No. 31	0.068±0.010	0.095±0.018	0.077±0.033	0.077±0.033
Norin No. 2	0.107±0.019	0.158±0.040	0.108±0.034	0.156±0.049
Koganesengan	0.058±0.020	0.088±0.029	0.078±0.023	0.074±0.021
L-4-5	0.065±0.006	0.104±0.029	0.082±0.021	0.108±0.020
Kyushu No. 34	0.030±0.008	0.103±0.040	0.095±0.039	0.095±0.029

第5表に示すとおりである。第5表から明らかなように、単位幅の皮部に含まれる一次形成層外側部の篩管面積（皮部の篩管面積）は、いずれの品種においても栽植30日後においては、やや小さい値を示しているが、栽植60日後には、多少増加し、60日以後では、ほとんど増加せず、むしろ、多少減少傾向を示す品種がある。そこで塊根の肥大と皮部の篩管面積との関係を明らかにするため、塊根の直径と単位幅の皮部に存在する篩管面積との関係を示したのが第6図である。前述のごとく皮部の厚さは塊根の肥大に伴って増加するが、第6図からも明らかなように、単位幅の皮部に存在する篩管面積は、塊根の肥大に伴って必ずしも増加していない。

ii 皮部の篩管面積率

皮部組織の中で、篩管面積の占める割合を示す指標として、単位幅（1mm）の皮部に存在する篩管面積をその皮部面積（1mm×皮部の厚さ）で除した値を皮部の篩管面積率とした。第6表は皮部の篩管面積率の生育時期による推移を、また第7図は塊根の直径と皮部篩管面積率との関係を示したものである。

皮部の厚さは塊根肥大に伴って増加するが、皮部に存在する篩管面積の割合（皮部の篩管面積率）は、第6表および、第7図からも明らかなように、塊根の肥大に伴って減少する。なお、第5表において、農林二号、L-4-5では、栽植90日後に、皮部の篩管面積がとくに減少しているが、このことは堀取時期の温度、湿度などの環境条件が、篩管発達の消長に相当影響することを示唆するものではないかと考えられる。また、農林二号の皮部の篩管面積は、生育時期によって大きな変動があるにも拘らず、常に他品種より大で

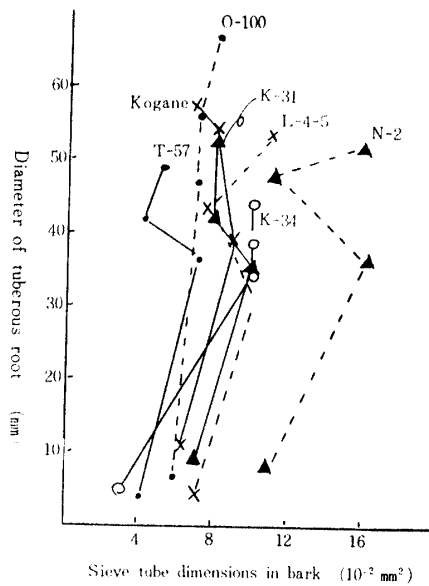


Fig. 6. Relationship between the tuberous root diameter and sieve tube dimensions in bark.

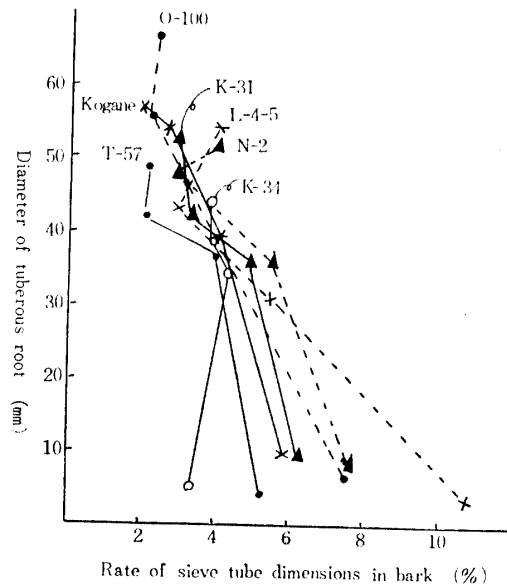


Fig. 7. Relationship between the tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in bark.

Table 6 Changes of the rate of sieve-tube-dimensions in bark during growing-period (%)

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	5.3	3.9	2.0	2.1
Okinawa No. 100	7.6	3.1	2.1	2.3
Kyushu No. 31	6.2	4.8	3.2	2.8
Norin No. 2	7.6	5.4	2.9	3.9
Koganesengan	5.8	4.0	2.8	2.0
L-4-5	10.8	5.5	2.9	4.0
Kyushu No. 34	3.3	4.3	3.8	3.7

Table 7. Changes of total sieve-tube-dimensions in bark during growing-period

Variety	Days after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	0.3	8.0	5.5	6.8
Okinawa No. 100	1.0	9.9	11.0	15.1
Kyushu No. 31	1.6	9.6	9.5	12.1
Norin No. 2	1.9	15.3	14.4	22.4
Koganesengan	1.4	10.1	12.4	11.9
L-4-5	0.6	8.8	10.0	17.2
Kyushu No. 34	0.3	9.3	10.3	12.0

あり、皮部の篩管面積に品種間差異があることを示している。

### iii 皮部の全篩管面積

単位幅（1 mm）の皮部に存在する篩管面積は、塊根の肥大に伴って必ずしも増加しないことが明らかとなったが、一次形成層の外周の皮部全体に存在する皮部の全篩管面積は如何なる推移を示すかを明らかにするため、皮部を、一次形成層の円周を長さとし、その厚さを幅とする帯状部と考え、次式によって皮部の全篩管面積を算出した。

$$\text{皮部の全篩管面積} = \frac{\text{一定幅の皮部篩管面積}}{\text{観察された一定幅}}$$

形成層の直径  $\times \pi$

皮部の全篩管面積の生育時期による推移は第7表に示すとおりである。

第7表から明らかなように、皮部の全篩管面積は、いずれの品種においても、栽植後30日の塊根形成直後にはまだ小さいが、栽植60日後までの間に急激に増大している。その後、栽植60日後から90日後までの間では、増加傾向がややにぶり、農林二号、台農57号のごとく、多少、減少傾向を示す品種もあるが、さらに、栽植90日後から110日後までの間では再び多少増加傾向を示している。しかし、多くの品種では、概して塊根の肥大経過とほぼ同様の傾向を示しているので、塊根の直径と皮部の全篩管面積との関係をさらに明確にするため、各品種の生育の各期における塊根の直径と皮部の全篩管面積との関係を図示したのが第8図である。

第8図から明らかなように、概して、皮部の全篩管面積の増加は、塊根の直径の増加に比例している。たゞし農林二号、台農57号では、塊根の直径が増加するにも拘らず、皮部の全篩管面積はほとんど増加しないか、または、減少する場合がある。これは、前述の如く、一定幅の皮部帯に存在する篩管面積の減少に基づくものである。なお、塊根の直径と皮部の全篩管面

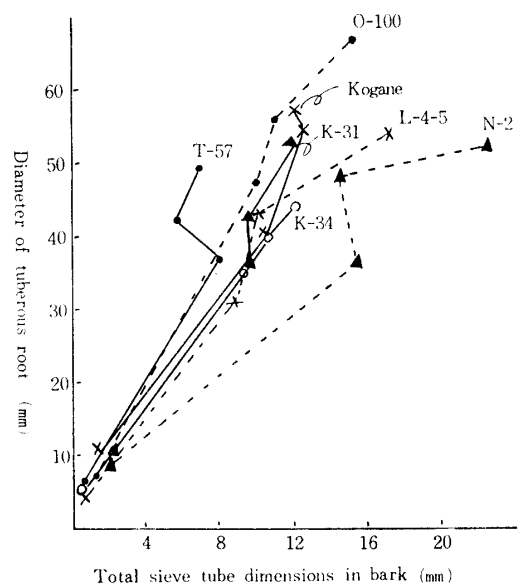


Fig. 8. Relationship between the tuberous root diameter and the total sieve tube dimensions in bark.

積との比例関係は、品種によって、多少異っている。

### 4 木部の篩管面積

塊根の横断面において、その周辺部を輪状に取り囲む一次形成層輪の外側の皮部に存在する篩管（皮部の篩管）に対して、一次形成層の内側部の木部柔組織内に分化する篩管を木部の篩管と称する。この木部の篩管面積が、塊根の肥大に伴ってどのような推移を示すかを明らかにするため、メカニカルステージを平行移動することによって、一定幅（約1.28mm）の木部柔組織を帯状に観察し、視野内に認められる篩管の面積を網状方眼マイクロメーターの網目によって測定した。その全測定篩管面積を、測定された全視野面積によって除し、この値をパーセントで示した比率を木部柔組織内における篩管面積率とした。なお、観察は塊根の周辺部および中心部についておこなった。

Table 8. Changes of the rate of sieve-tube-dimensions in periphery-part of xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Dayes after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	0.4±0.1	0.4±0.3	0.5±0.3
Okinawa No. 100	1.3±0.4	1.1±0.5	1.3±0.5
Kyushu No. 31	1.6±0.7	1.5±0.8	1.4±0.5
Norin No. 2	1.7±0.8	1.3±0.4	2.0±0.8
Koganesengan	1.3±0.5	1.3±0.5	1.3±0.3
L-4-5	1.7±0.2	1.0±0.4	1.1±0.3
Kyushu No. 34	1.7±0.1	1.6±0.9	1.6±1.0

Table 9. Changes of the rate of sieve-tube-dimensions in central part of xylem tissue during growing period (%)

Variety	Dayes after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	0.7±0.2	0.2±0.2	0.5±0.4
Okinawa No. 100	1.4±0.5	1.0±0.4	1.2±0.5
Kyushu No. 31	2.1±0.4	1.2±0.7	1.2±0.5
Norin No. 2	1.9±0.7	1.1±0.5	1.2±0.4
Koganesengan	1.3±0.4	1.4±0.6	0.9±0.4
L-4-5	1.0±0.2	0.9±0.3	0.9±0.2
Kyushu No. 34	1.1±0.4	0.8±0.7	0.7±0.4

i 周辺部の篩管面積率

木部周辺部の篩管面積率の生育期による推移は第8表に示すとおりである。

第8表から明らかなように、木部周辺部の篩管面積率は、栽植60日後から110日後の間では、農林二号、L-4-5の場合のごとく、生育時期によって多少変動

することもあるが、概して生育時期による変動が比較的少ない組織特性である。従って、第9図に示すように、塊根の直径と木部周辺部の篩管面積率との間には特に関連性はない。

ii 中心部の篩管面積率

木部中心部の篩管面積率の生育時期による推移は、第9表に示すとおりである。

第9表から明らかなように、木部の中心部の篩管面積率は、概して、生育後期の栽植90日後、110日後よりも生育初期の栽植60日後において高い値を示している。なお、中心部の篩管面積率は、生育時期による差異と共に、品種間差異も顕著である。塊根の肥大程度と中心部の篩管面積率との関係を明らかにするため、塊根の直径と中心部の篩管面積率との関係を図示したのが第10図である。

第10図から明らかなように、中心部の篩管面積率は、いずれの品種においても、概して、塊根径の増加にともなって多少、減少する傾向を示している。なお、木部の周辺部と中心部とで篩管面積率に差異があるかどうかを明らかにするため、第8表と第9表との値から、両部における篩管面積率の差(周辺部-中心部)を求めて、第10表に示した。

第10表から明らかなように、栽植60日後では、台

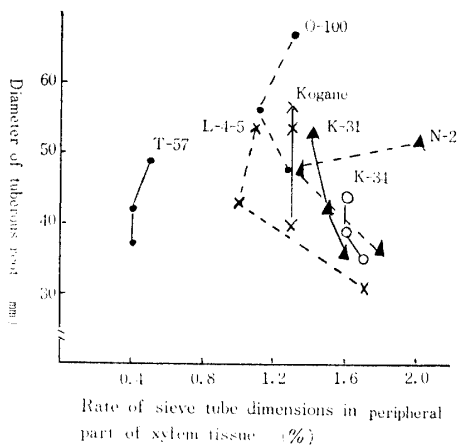


Fig. 9. Relationship between the tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in periphery part of xylem tissue.

Table 10. Difference between the rate of sieve-tube-dimensions in periphery part of xylem tissue and that in central part (periphery-central) (%)

Variety	Days after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	-0.3	+0.2	0.0
Okinawa No. 100	-0.1	+0.1	+0.1
Kyushu No. 31	-0.5	+0.3	+0.2
Norin No. 2	-0.1	+0.2	+0.8
Koganesengan	0.0	-0.1	+0.4
L-4-5	+0.7	+0.1	+0.2
Kyushu No. 34	+0.6	+0.8	+0.9

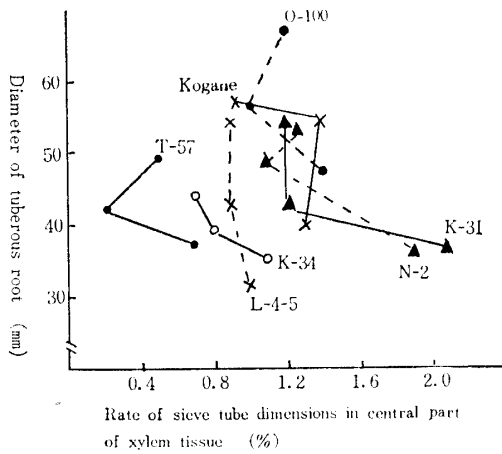


Fig. 10. Relationship between the tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in central part of xylem tissue.

農 57 号以下 4 品種が負の値を示し、コガネセンガン以下 3 品種は正の値を示している。また、栽植 90 日後では、コガネセンガンのみが負で、その他の品種は正の値を示し、さらに、栽植 110 日後では供試全品種が正の値を示している。すなわち、生育初期には、塊根の周辺部の篩管面積率より中心部の篩管面積率が大きい品種と、逆に周辺部の篩管面積率が中心部の篩管面積率より大きい品種とがある。しかし、前者に属する品種も、生育の後期には、中心部の篩管面積率は周辺部と同じか、または、周辺部の篩管面積率より小さくなる。これは、前述の如く、多くの品種では、周辺部の篩管面積率は生育時期による変動は少ないが、中心部の篩管面積率は、生育の後期に減少することによる結果である。なお、栽植 90 日後では、必ずしも明確ではないが、栽植 30 後と 110 日後では、でんぷん含量の高い品種ほど、周辺部の篩管面積率が大きい傾向を示していることは興味ある事実である。

### iii 平均篩管面積率および全篩管面積

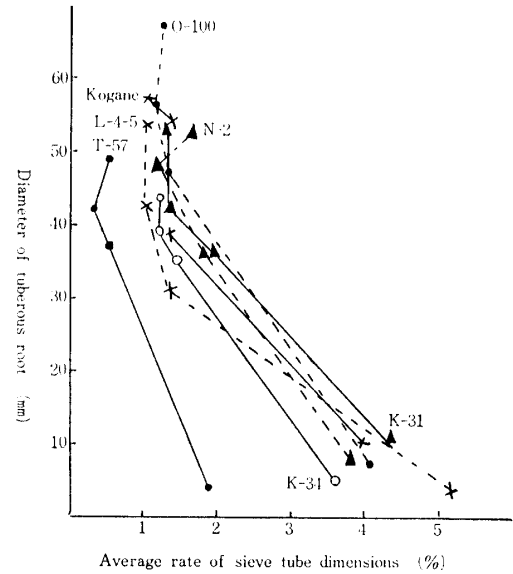


Fig. 11. Relationship between the tuberous root diameter and the average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue.

塊根の横断面における木部の平均的篩管面積率の生育時期による推移を明らかにするため、前述の周辺部と中心部との篩管面積率の平均値を木部全体の平均篩管面積率とし、この平均篩管面積率の生育期による推移と第 11 表に、また塊根の肥大との関係を、第 11 図に示した。なお、栽植 30 日後の値は、塊根の直径が、1 cm 以下のものが多いので、根の一次形成層輪の直径全体に対して測定した篩管面積率である。

第 11 表から明らかなように、木部の平均篩管面積率は、生育初期の栽植 30 日後には、比較的高い値を示しているが、栽植 60 日後では、生育期による変動は概して少ない。また、平均篩管面積率と塊根の肥大との関係は、第 11 図から明らかなように、生育初期で塊根径が 10mm 以下の場合には、いずれの品種においても平均篩管率は高い値を示している。然し、生

Table 11. Changes of the average rate of sieve-tube-dimensions in xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Days after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	1.9±0.8	0.5±0.2	0.3±0.3	0.5±0.3
Okinawa No. 100	4.1±1.5	1.3±0.5	1.1±0.4	1.2±0.5
Kyushu No. 31	4.4±0.7	1.9±0.6	1.3±0.7	1.3±0.5
Norin No. 2	3.8±0.9	1.8±0.7	1.2±0.4	1.6±0.6
Koganesengan	4.0±1.8	1.3±0.5	1.3±0.6	1.1±0.3
L-4-5	5.2±1.6	1.3±0.2	1.0±0.4	1.0±0.2
Kyushu No. 34	3.6±1.5	1.4±0.3	1.2±0.8	1.2±0.8

Table 12. Changes of total sieve-tube-dimensions in xylem tissue during growing-period (mm<sup>2</sup>)

Variety	Days after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	0.1	4.8	3.9	8.0
Okinawa No. 100	0.8	19.7	21.0	37.1
Kyushu No. 31	1.9	14.7	15.4	24.1
Norin No. 2	0.9	12.8	16.8	25.6
Koganesengan	1.9	13.0	25.8	21.4
L-4-5	0.3	7.3	10.7	19.7
Kyushu No. 34	0.4	8.5	10.8	14.1

育後期になり塊根の直径が30mm 以上の場合には、平均篩管面積率は、塊根の直径の増加に伴って、多少減少する品種もあるが、その減少傾向は顕著ではない。木部柔組織に存在する全篩管面積が、生育時期ならびに塊根の肥大に伴って、どのような推移を示すかを明らかにするため、木部柔組織を一次形成層で囲まれた円をみなしてその面積を算出し、この面積に前述の平均篩管面積率を乗じて、塊根の横断面における木部の全篩管面積を算出した。第12表は、上述方法により求めた木部の全篩管面積の生育時期による推移を示したものである。

第12表から明らかなように、全篩管面積は生育の後期程大となり、塊根の肥大経過と同様の傾向を示している。第12図は、塊根の肥大に伴う木部の全篩管面積の推移を明らかにするため、塊根の直径と木部の全篩管面積との関係を図示したものである。第12図から明らかなように、木部の全篩管面積は、塊根の直径の増加に伴っているが、その増加傾向は品種によって多少異なる。

### 5 木部の道管面積

前章において述べたごとく、一次形成層はその外側に篩部を分化するとともに、内側部には木部柔組織

および道管を分化する。さらに、木部柔組織内では、後生木部道管の分化および二次形成層による道管の分化も起こる。これらの全ての道管が木部柔組織内にお

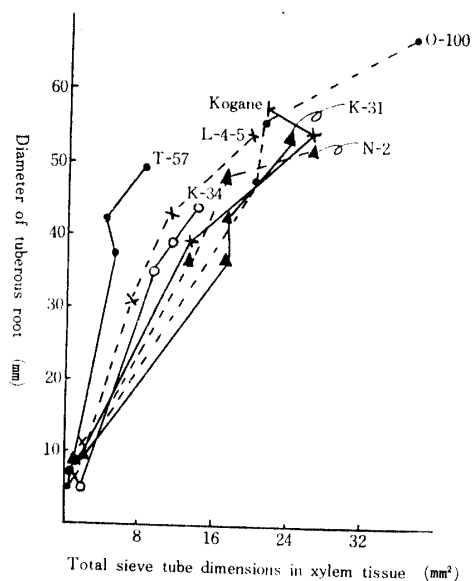


Fig. 12. Relationship between the tuberous root diameter and the total sieve tube dimensions in xylem tissue.

Table 13. Changes of the rate of vessel-dimensions in periphery part of xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Days after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	0.4±0.3	0.4±0.3	0.6±0.3
Okinawa No. 100	1.0±0.4	1.4±0.6	1.4±0.7
Kyushu No. 31	1.7±1.0	1.5±0.9	1.0±0.4
Norin No. 2	1.2±0.6	1.2±0.6	1.6±0.7
Koganesengan	1.0±0.5	1.0±0.4	1.2±0.6
L-4-5	1.6±0.0	1.3±0.7	1.3±0.6
Kyushu No. 34	1.8±0.8	2.1±1.7	1.9±1.2

いてしめる面積が、塊根の肥大に伴ってどのような推移を示すかを明らかにするため、前述の篩部面積の場合と同様、メカニカルステージを平行移動することによって、木部柔組織の一定幅（約1.28mm）を帯状に観察し、視野内に認められる道管の面積を網状方眼ミクロメーターの網目によって測定した。測定した道管面積を全視野面積で除して、この値をパーセントで示した比率を木部柔組織内における道管面積率とした。なお、この場合も前述の篩部面積の場合と同様、観察は木部の周辺部および中心部についておこなった。

#### i 周辺部の道管面積率

木部周辺部の一次形成層に接する柔組織では、後生道管の分化または二次形成層による道管の分化はほとんど起こらないので、この場所の道管は主として一次形成層によって分化されたものと考えられる。前記方法により測定し算出した木部周辺部における道管面積率の生育時期による推移は、第13表に示すとおりである。

第13表から明らかのように、木部周辺部の道管面積率の生育時期による推移は、品種によって異なり、台農57号、農林2号では、生育後期に増加しているが、九州31号は減少傾向を示している。しかし、周辺部の道管面積率は、概して品種内における生育時期による差異より、品種間差異が大である。また塊根の直径と木部周辺部の道管面積率との間には第13図に示すごとく、一定の関連性は認められず、むしろ、品種間差異の方が顕著である。

#### ii 中心部の道管面積率

第2章において述べたごとく、木部柔組織においては、一次形成層によって分化された道管の外に、後生道管および二次形成層による道管の増生がおこなわれるが、一方では、道管周囲の柔細胞分裂、大型柔細胞分裂、さらには、二次形成層の発達による柔細胞の増生など種々の柔細胞増生が盛んにおこなわれる。従っ

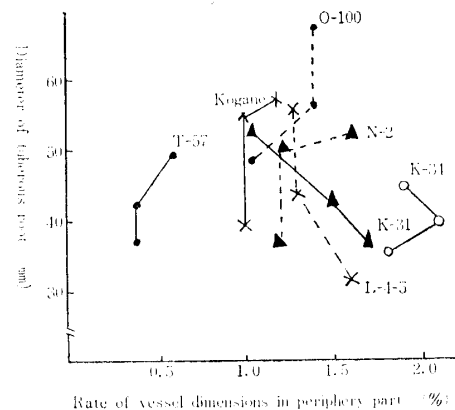


Fig. 13. Relationship between the tuberosity diameter and the rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue.

て、木部の中心部は、周辺部とは多少異なる組織構造をもつことが予想される。以上の観点から木部の中心部の道管面積率(%)を前述の方法で測定算出し、生育時期による推移をみると第14表に示すとおりである。

第14表から明らかのように、道管面積率は、栽植60日後ではいずれの品種においても比較的高い値を示しているが、生育の後期には減少傾向を示している。また、道管面積率の品種による変異の幅は生育初期の栽植60日後には、0.62~1.65%であって、品種間差異が比較的大きいが、生育後期の栽植110日後には、0.54~0.78%であって初期に大であった九州31号、九州31号などの品種も、その他の品種の道管面積率に接近し、品種間差異が少なくなる傾向を示している。

中心部の道管面積率と塊根の肥大程度との関係は、第14図に示すとおりであって、沖繩百号を除き、いずれの品種も、塊根の肥大にともなって道管面積率は減



Table 14. Changes of the rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Dayes after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	0.7±0.5	0.6±0.4	0.5±0.6
Okinawa No. 100	0.6±0.3	0.9±0.3	0.8±0.3
Kyushu No. 31	1.7±0.6	1.0±0.5	0.7±0.3
Norin No. 2	1.2±0.6	1.0±0.6	0.8±0.4
Koganesengan	0.9±0.3	0.7±0.3	0.6±0.4
L-4-5	1.1±0.3	0.9±0.2	0.8±0.4
Kyushu No. 34	1.4±1.2	0.9±0.8	0.7±0.5

Table 15. Difference between the rate of vessel-dimensions in periphery part of xylem tissue and that in central part (periphery-central) (%)

Variety	Dayes after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	-0.3	-0.2	+0.1
Okinawa No. 100	+0.4	+0.5	+0.6
Kyushu No. 31	+0.1	+0.5	+0.3
Norin No. 2	0.0	+0.2	+0.9
Koganesengan	+0.1	+0.3	+0.6
L-4-5	+0.5	+0.3	+0.5
Kyushu No. 34	+0.4	+1.2	+1.2

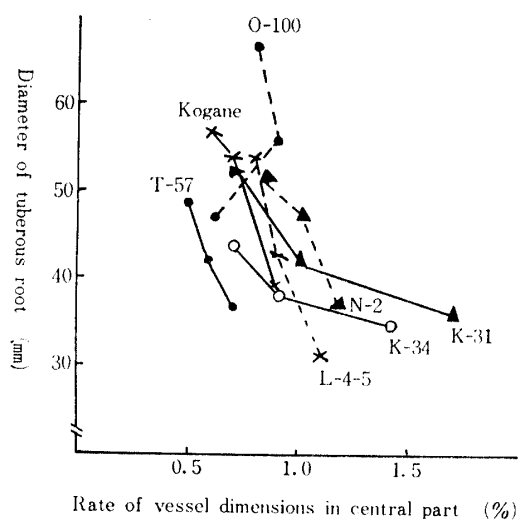


Fig. 14. Relationship between the tuberous root diameter and the rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue.

少しており、減少速度は品種によって多少異っている。つぎに木部の周辺部と中心部との道管面積率に差異があるかどうかを明らかにするため、第13表および第14表の値から、両部の道管面積率の差を求めたところ第15表の結果を得た。第15表の値は、周辺部の道管面積率から、中心部の道管面積率を差引いたもの

である。

第15表から明らかなように、台農57号を除き、いずれの品種も周辺部の道管面積が大である。この結果は、塊根周辺部は一次形成層より分化した直後の若い組織で、細胞はまだ十分に生長しておらず、さらにこの部位では第2章で述べたとき木部柔組織に認められる種々の柔細胞増生も、いまだ微弱なためと推察される。

### iii 平均道管面積率および全道管面積

以上のごとく、道管面積率は周辺部と中心部とは相異なるので、木部の平均的道管面積率を明らかにするため前述の周辺部と中心部との道管面積率の平均値を木部全体の平均的道管面積率とし、その生育時期による推移を第16表に、また、塊根の肥大との関係を第15図に示した。なお、第16表の栽植60日後の値は、篩管の場合と同様塊根の一次形成層輪の直径に互って測定した値から算出した。

第16表から明らかなように、木部の平均的道管面積率は、栽植30日後では生育後期に比し、いずれの品種においても高い値を示している。すなわち、幼塊根では柔細胞面積に対して道管面積の占める割合が大きく、まだ多分に吸収根的特性を示しているものと考えられる。栽植60日後では、平均的道管面積率は九

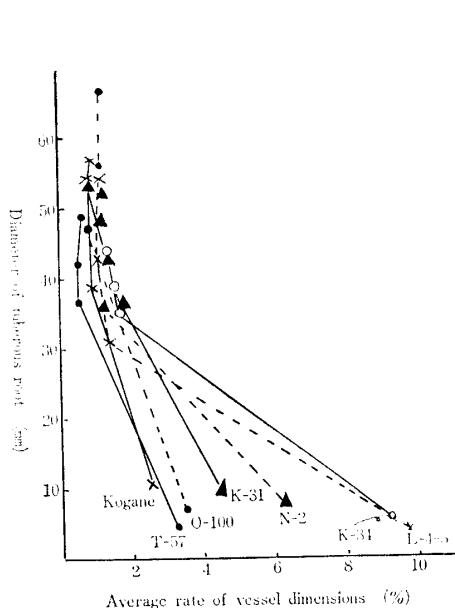


Fig. 15. Relationship between the tuberous root diameter and the average rate of vessel dimensions in xylem tissue.

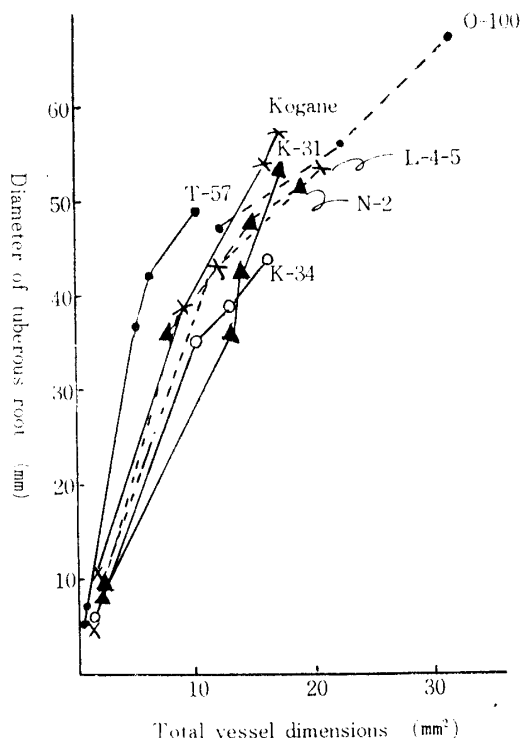


Fig. 16. Relationship between the tuberous root diameter and the total vessel dimensions in xylem tissue.

Table 16. Changes of the average rate of vessel-dimensions in xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	3.3±2.0	0.5±0.6	0.5±0.5	0.6±0.7
Okinawa No. 100	3.5±1.5	0.8±0.4	1.1±0.4	1.1±0.5
Kyushu No. 31	4.5±1.3	1.7±0.8	1.2±0.7	0.8±0.4
Norin No. 2	6.2±2.5	1.2±0.6	1.1±0.6	1.2±0.6
Koganesengan	2.6±1.2	0.9±0.4	0.8±0.4	0.9±0.5
L-4-5	9.7±5.6	1.3±0.2	1.1±0.5	1.1±0.5
Kyushu No. 34	9.3±6.0	1.6±1.0	1.5±1.3	1.3±0.9

Table 17. Changes of the total vessel-dimensions in xylem tissue during growing-period (mm²)

Variety	Dayes after planting			
	30	60	90	110
Taino No. 57	0.2	4.8	6.4	9.5
Okinawa No. 100	0.7	11.8	22.2	31.8
Kyushu No. 31	1.9	13.3	13.7	15.1
Norin No. 2	1.5	8.3	15.2	18.6
Koganesengan	1.2	9.2	15.5	16.8
L-4-5	0.6	7.3	12.4	20.3
Kyushu No. 34	0.9	9.8	13.2	16.3

州 31 号のように多少時期的変動を示す品種もあるが、概して生育時期による変動は少ない。また、第 15 図に示すとおり、塊根の直径が 10mm 以下の場合、道管面積率は高い値を示すが、塊根の直径が 30mm より大きくなれば九州 31 号のように、多少、減少する場合もあるが、概してあまり変化しない。

つぎに塊根の木部柔組織に存在する全道管面積が、生育の時期ならびに塊根の肥大に伴ってどのような推移を示すかを明らかにするため、篩管面積の場合と同様、前述の平均道管面積率に一次形成層内側の木部面積を乗じて、塊根の木部の全道管面積を算出した。第 17 表は、上述の方法により算出した木部の全道管面積の生育時期による推移を示したものである。

第 17 表から明らかのように、全道管面積はいずれの品種においても、生育の初期には小さく、生育の後期程大となっており、塊根の肥大と同様の傾向を示している。

第 16 図は、塊根の直径と全道管面積との関係を示したものである。第 16 図から明らかのように、全道管面積は塊根の肥大に伴って増加するが、その傾向は品種により多少異なる。

### 6 木部柔細胞の大きさ

塊根におけるでん粉の主要な貯蔵細胞である木部の柔細胞が、塊根の肥大に伴ってどのような大きさの推

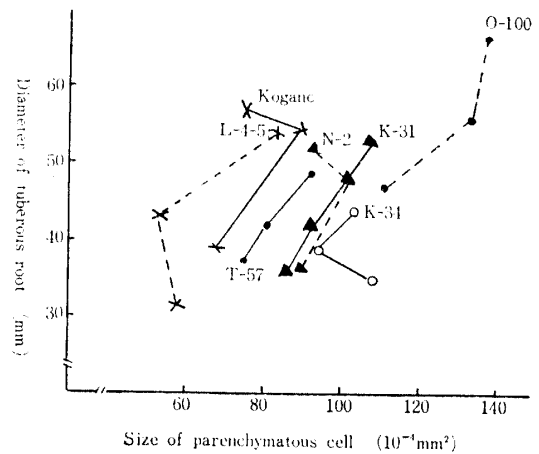


Fig. 17. Relationship between the tuberous root diameter and the size of parenchymatous cell in xylem tissue.

移を示すかを明らかにするため、塊根の中心部の組織標本を用い、これを約 98 倍に拡大し、維管束が発達していない部位を選定して、35mm 写真に撮影し、その一定視野内 (約 1.126mm<sup>2</sup>) に入る細胞数から、1 細胞の大きさを算出し、生育時期による推移をみた。結果は第 18 表に示す。

第 18 表から明らかのように、台農 57 号、沖縄百号および九州 31 号では、生育後期ほど細胞が多少大きくなっているが、農林二号、コガネセンガン、L-4

Table 18. Changes of the size of parenchymatous cell in xylem tissue during growing-period (10<sup>-4</sup>mm<sup>2</sup>)

Variety	Dayes after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	74	80	92
Okinawa No. 100	110	132	137
Kyushu No. 31	86	93	108
Norin No. 2	89	102	92
Koganesengan	67	89	74
L-4-5	58	53	83
Kyushu No. 34	108	93	103

一 5 および九州 34 号では、このような傾向は必ずしも明らかではない。塊根の直径と木部柔細胞の大きさとの関係を図示すると第 17 図のようである。

第 17 図から明らかのように、台農 57 号、沖縄百号、および九州 31 号では、塊根の直径が増加するに従って木部柔細胞も大きくなっている。しかし、九州 34 号、農林二号などのように、柔細胞の大きさが、塊根直径の増加と必ずしも相伴なわない品種もある。

以上のように、塊根の直径と木部の柔細胞との大きさとの関係については明確な傾向を認め難い。

### 7 木部の大型柔細胞分裂の頻度

第 2 章において述べたごとく維管束の分化を伴わない柔細胞の増生には、道管周囲における柔細胞分裂と大型柔細胞分裂とがある。観察結果によれば、この両者は概して、相伴うようであるが、道管周囲の柔細胞

Table 19. Changes of the frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue during growing-period (%)

Variety	Days after planting		
	60	90	110
Taino No. 57	11.6	14.7	12.4
Okinawa No. 100	9.5	15.2	12.7
Kyushu No. 31	6.5	7.1	9.5
Norin No. 2	8.3	7.2	7.8
Koganesengan	3.9	4.7	4.0
L-4-5	5.1	3.8	7.5
Kyushu No. 34	5.1	4.8	2.7

分裂の程度は、細胞の形態に基礎をおく組織学的手法では、数量的に計測することが困難である。従って、木部柔組織における維管束を伴わない柔細胞増生の指標として、大型柔細胞分裂の頻度を取りあげた。大型柔細胞分裂の頻度は、前述の柔細胞の大きさの測定に用いた写真によって、全細胞中で大型柔細胞分裂をおこなった細胞の数をかぞえて算出した。

第19表は、上記方法により算出した大型柔細胞分裂の頻度の生育時期による推移を示したものである。

第19表から明らかなように、栽植後60日から110日後までの間では大型柔細胞分裂の頻度は、生育の初期も後期も大差はなく、いずれの品種においても生育時期による変動には一定の傾向を認め難い。塊根の直径と大型柔細胞分裂の頻度との関係は第18図に示すとおりであって、塊根の直径の増加と大型柔細胞分裂

の頻度との間には一定の傾向を認め難い。なお、大型柔細胞分裂の頻度の品種間差異は顕著であり、台農57号、沖縄百号などでん粉含有率の低い品種の大型柔細胞分裂の頻度が高いことは興味深い事実である。

#### 第4節 考 察

甘しょ塊根の皮部の厚さは、供試品種の中で最も厚い農林二号の場合でも、生育初期の栽植30日後で1.4mm、生育後期の栽植130日後でも約4mmであり、塊根の直径に対する比率（皮部率）は、生育初期の栽植30日後で16.9%、栽植130日後では9.7%にすぎない。しかし、品種内においても、また供試品種をこみにした値を用いた場合にも、塊根の直径と皮部の原さとの極めて密接な相関を示す（第5図）ことは、皮部の機能が塊根の直径の増大に深い関連をもっていることを示唆するものと考えられる。

皮部は、前述のごとく、一次形成層に接する篩管部、その外側部の細胞間隙に富む柔組織、最外側のコルク皮層、コルク形成層およびコルク層からなっているが、皮部組織の中で、塊根の肥大に対して生理的に重要な意義をもつものとして篩管部および細胞間隙に富む柔組織を考えるのはきわめて自然である。しかし、単位幅（1mm）の皮部の篩管面積は、前述のごとく、塊根の直径との間に特定の関連性を示さず（第6図）、皮部の中で篩管面積が占める割合（皮部の篩管面積率）は、塊根の直径の増加に伴って却って減少している（第7図）。このことから、皮部組織の中で、塊根の直径の増加と密接な関係をもつ組織は、細胞間隙に富む皮部柔組織であろうと推察される。

ここで皮部柔組織が塊根の肥大に果たす役割について考察したい。まず、塊根の肥大は細胞分裂による細胞数の増加と細胞の生長とによるものであり、また、増生された柔細胞では、転流して来た糖からでん粉の合

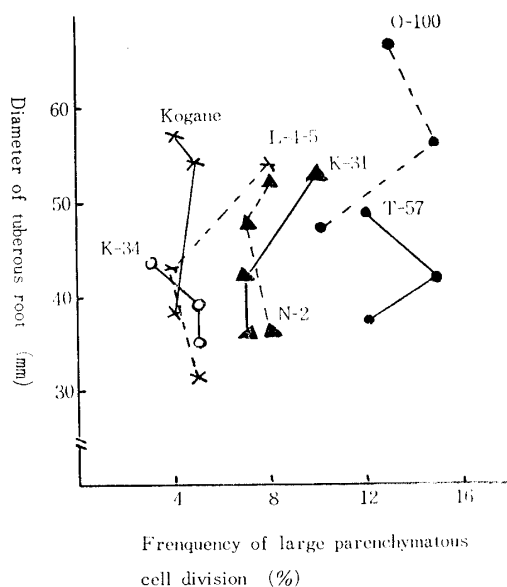


Fig. 18. Relationship between the tuberous root diameter and the frequency of large parenchymatous cell division.

成が行なわれるのであるが、これら細胞の分裂、生長およびでん粉合成のいずれにおいても、必要なエネルギーは呼吸によって得られるものである。呼吸に関して津野<sup>58)</sup>は、塊根呼吸と塊根肥大率との間に密接な関係があることを指摘しており、また、甘しょ塊根の肥大が概して、土壌中に酸素の多い場合良好で、不足する場合不良なことは、多くの実験結果<sup>23)49)</sup>および実際栽培において指摘されることである。これらのことから、塊根肥大に必要な酸素の多くは土中から供給されるものとみられるが、一次形成層の外側にある皮部の柔組織はこのような土中酸素の供給源組織としての役割を演じているのではないかと考えられる。

なお、塊根分化の初期に、原生篩部に外接する皮層の柔組織に極めて顕著な破生細胞間隙が認められることは、多くの研究者<sup>2)33)56)</sup>の指摘するところであり、著者も第2章においてこのことを認めたが、塊根形成期およびその後の肥大過程において、根部の表層部に細胞間隙に富む組織が発達することは興味深い事実である。

単位幅(1mm)の皮部の篩管面積が、塊根の肥大程度と関連なくほぼ一定しているということ(第6図は、皮部の篩管による同化転流養分の分配範囲が塊根全体には及ばず比較的小範囲に限られていることを示すものであろう。すなわち、皮部の篩管による転流同化養分は、主として、これに接する一次形成層の細胞分裂や、外界からの無機養分吸収などのエネルギー源として使われるものと推察される。一方、木部内に二次的に形成される木部の篩管面積(全篩管面積)と塊根の直径とが密接に関連している(第12図)ことから、これらの篩管による転流同化養分は、主として木部内における諸種の細胞分裂やでん粉の蓄積に貢献しているものと推察される。結局、一次形成層の分裂活性のみでなく、木部内の二次形成層の分裂活性もまた、塊根の肥大には極めて重要であって、両形成層によって増生される皮部の篩管と木部の篩管とが相関連して、同化養分の転流をおこない、この同化転流養分を材料として、再び一次および二次形成層、さらに木部内の諸種の細胞分裂による細胞の増生がおこなわれ、その結果、塊根が肥大するものと考えられる。

## 第5節 摘要

- 1 沖縄百号ほか6品種を供試して、塊根の肥大に伴う塊根の組織諸形質の推移を調べた。
- 2 塊根の肥大は、生育初期の栽植30日後から60

日後までは、いずれの品種においても旺盛である。しかし、その後の塊根の肥大速度は品種によって異なり、ややおとろえるものと、生育後期まで旺盛なものがある。

3 皮部の厚さは、いずれの品種においても、塊根の肥大に伴って増加する。

4 単位幅(1mm)の皮部の篩管面積は、塊根の肥大に伴って増加しない。

5 木部の周辺部の篩管面積率と塊根の直径とは関連性がない。

6 木部の中心部の篩管面積率は、塊根の肥大に伴って減少する品種もあるが、その傾向は必ずしも明らかでなく、むしろ、品種間差異が顕著である。

7 木部の周辺部の道管面積率と塊根の直径との間には、一定の関連性はない。むしろ、品種間差異が顕著である。

8 木部の中心部の道管面積率は沖縄百号を除き、いずれの品種も、塊根の肥大に伴って減少する。

9 木部柔細胞の大きさは、台農57号、沖縄百号および九州31号では、塊根の肥大に伴って増加する。しかし、その他の品種においては、この傾向は必ずしも明確でない。

10 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根肥大との間には一定の関係は認め難い。むしろ、品種間差異が顕著である。

## 第4章 塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係

### 第1節 緒言

甘しょでは、光合成により同化されたでん粉は、一部は葉茎に貯蔵されるが、他は直ちに生育に利用されるかまたは貯蔵器官に移行する<sup>48)57)58)</sup>。また、甘しょの塊根のでん粉含有率は、塊根の肥大初期には低く、生育が進み、塊根が肥大するに従って次第に高くなるということが明らかにされている<sup>37)42)50)60)</sup>。このように、でん粉の蓄積と塊根の形成とが時間的に併列しておこなわれるので、両者は深い関連をもつことが推測される。従来、甘しょの塊根のでん粉蓄積に関しては、多くの研究が報告されているにも拘らず<sup>1)26)50)</sup>、塊根のでん粉蓄積能力とでん粉貯蔵器官としての組織構造との関係をみた報告は極めて少ない。本章では、以上の観点から、第2章において明らかにした甘しょ塊根の組織諸形質に着目して、塊根のでん粉蓄積経過と塊根

の組織諸形質との関連性について検討をおこなった。

### 第2節 実験材料および実験方法

供試品種、栽植方法、材料の採取、組織標本の作製、および組織諸形質の測定などは、全て第3章の材料および方法と同一である。なお、塊根のでん粉含有率の測定は厳密には化学分析法によらねばならないが、育種においては、多数の材料を処理せねばならないので種々のでん粉含有率の簡易検定法が用いられている。本実験においても、塊根の乾物率が塊根のでん粉含有率ときわめて高い相関を有し<sup>37)</sup>、その測定が容易であるので、塊根のでん粉含有率の指標として乾物率を測定した。塊根の乾物率の測定には、組織標本の作製に用いた塊根の残余の部分の細切してよく混合し、塊根1個につき生重約10gを1点として採取した。1品種当り塊根10個を用いたので、結局、1品種につき総計10点、生重約100gをとったことになる。採取し

た細切材料は電熱乾燥にて75°Cで8時間、その後105°Cで4時間乾燥し、乾重を測定して乾物率を算出した。なお、栽植30日後には、塊根はまだ小さくて、乾物率を測定するのに十分な塊根量を得ることが出来ない品種もあったので、乾物率の測定は九州31号、農林2号およびコガネセンガンの3品種のみについておこなった。

### 第3節 実験結果

#### 1 塊根のでん粉蓄積経過

塊根のでん粉含有率が生育時期によってどのような推移を示すかを明らかにするため、前述のごとく塊根のでん粉含有率の指標として、塊根の乾物率を生育の各期にわたって測定算出した。乾物率の生育時期による推移は、第20表および第19図に示すとおりである。第20表および第19図から明らかなように、塊根の乾物率は、生育初期の栽植30日後においては生育後期に比較してかなり低いが、栽植60日後までの間に急速に高くなる。栽植60日後から90日後の間では、増加傾向は多少鈍化するが、なお、いずれの品種においてもさらに高くなっている。しかし栽植90日後から110日後の間では、L-4-5、九州34号、およびコガネセンガンでは引き続き増加しているが、沖縄百号、台農57号では増加の傾向が鈍化し、農林2号、九州31号では減少の傾向を示している。さらに、110日後から130日後の間では、塊根乾物率は、いずれの品種においても減少している。すなわち、塊根の乾物率は、生育の後期ほど高くなるのではなく、生育途中のある時期に最高値に達し、その後はかえって減少する。本実験では最高値が、栽植90日後(9月22日)頃にある品種と、栽植110日後(10月12日)頃にある品種とが認められるが、このように乾物率が最高値を示す時期は、品種によって異なる。

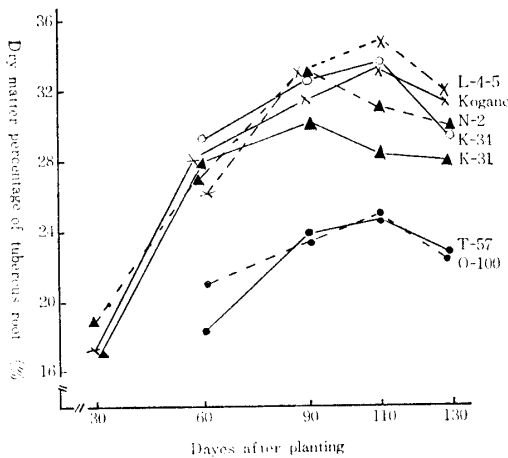


Fig. 19. Changes of the dry matter percentage of tuberous root.

Table 20. Changes of the dry matter percentage of tuberous root during growing-period (%)

Variety	Days after planting				
	30	60	90	110	130
Taino No. 57		18.3±1.6	23.7±1.5	24.6±1.4	22.7±1.7
Okinawa No. 100		20.9±1.8	23.6±0.7	24.7±1.3	22.6±2.0
Kyushu No. 31	16.9±1.9	28.0±1.5	30.1±2.1	28.3±4.5	28.0±2.5
Norin No. 2	18.8±1.2	27.1±2.3	33.0±1.8	31.0±3.0	29.9±4.6
Koganesengan	17.0±2.1	28.3±1.0	31.4±3.1	33.1±3.0	31.1±2.4
L-4-5		25.8±3.1	33.1±3.1	34.9±2.6	31.1±2.0
Kyushu No. 34		29.1±1.2	32.6±4.4	33.3±2.8	29.3±5.4

Table 21. Change of the dry matter percentage of each different part of tuberous root during growing-period (%)

Variety	Part	Dayes after planting								
		90			110			130		
		Central	Periphery	Difference	Central	Periphery	Difference	Central	Periphery	Difference
Ohinawa No. 100	Basal	25.0±1.2	25.5±1.6	-0.5	25.7±2.8	23.0±3.0	2.7*	23.8±1.9	21.1±2.7	2.7*
	Most thickend	23.6±0.7	24.4±2.3	-0.8	24.7±1.3	24.1±2.3	0.6	22.6±2.0	21.4±2.9	1.2
	Apical	24.2±1.4	23.9±2.6	0.3	25.3±2.1	23.9±2.5	1.4	23.6±2.2	21.3±1.1	2.3**
Norin No. 2	Basal	32.6±2.3	30.4±2.8	2.2	32.4±3.0	27.4±3.3	5.0**	28.6±3.9	27.4±3.7	1.2
	Most thickend	33.0±1.8	30.6±2.0	2.4*	31.0±3.0	29.8±3.0	1.2	29.9±4.6	28.4±2.8	1.5
	Apical	33.3±1.6	29.8±2.0	3.5**	31.3±3.9	27.5±3.4	3.8*	28.6±4.7	27.0±3.8	1.6
Koganese-ngan	Basal	33.0±3.4	28.6±3.7	4.4**	33.1±3.8	27.4±2.8	5.7**	30.9±5.4	28.1±5.6	2.8
	Most thickend	31.4±3.1	26.9±3.1	4.5**	33.1±3.0	28.5±2.4	4.6**	31.1±2.4	27.3±3.3	3.8
	Apical	31.2±3.9	26.2±3.2	5.0**	30.1±2.9	25.5±3.3	4.6**	28.9±3.9	26.2±5.7	2.7**

塊根の部位別のでん粉蓄積の様相を明らかにするために、沖縄百号、農林二号およびコガネセンガンの3品種について、塊根を基部、最肥大部および尾部の3部位に別け、さらに、それぞれの横断面について、塊根の中心部と周辺部とを区別して、乾物率を測定した。その結果は第21表に示すとおりである。

第21表から明らかなように、栽植90日後には、沖縄百号ではいずれの部位においても中心部と周辺部との間に乾物率の差は認められないが、農林二号では最肥大部と尾部において、また、コガネセンガンではすべての部位において、中心部の方が周辺部より、5%または、1%水準で、有意に高い値を示している。また、栽植110日後においては、沖縄百号の基部、農林二号の基部および尾部、コガネセンガンのすべての部位において、さらに、栽植130日後においては、沖縄百号の基部および尾部、コガネセンガンの最肥大部において、中心部の乾物率が周辺部の乾物率よりも有意に高い値を示している。以上の結果は、品種および生育期によって多少の差異はあるが、塊根の中心部は周辺部より概してでん粉含有率が高いことを示すものと考えられる。なお第21表の90日後および110日後で、低でん粉品種沖縄百号より、比較的高でん粉の品種農林二号およびコガネセンガンにおいて中心部の乾物率の高い傾向が顕著であることは興味深い。さらに、塊根の基部、最肥大部および尾部の間の乾物率の差異を検討した結果、栽植110日後におけるコガネセンガンの中心部および周辺部において、最肥大部と尾部の間に、それぞれ5%水準で有意な乾物率の差が認

められた以外は、いずれの時期および品種においても部位の間に有意な差は認められなかった。

## 2 塊根の乾物率と皮部の厚さとの関係

塊根のでん粉蓄積経過と皮部の厚さとの関係を明ら

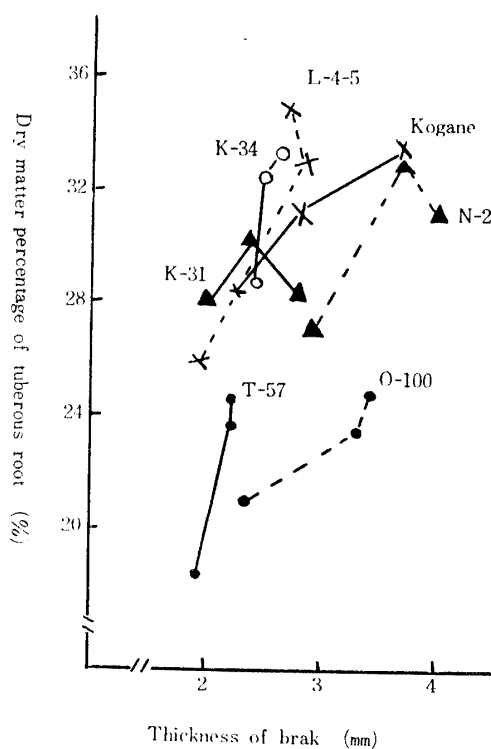


Fig. 20. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the bark thickness.

かにするため、各生育時期における塊根の乾物率および皮部の厚さの測定値を用いて、乾物率の推移と皮部の厚さとの関係を図示したのが第20図である。

第20図では、両形質間の関係に顕著な特徴を結論し難いが、この図の成績は予期せぬ障害のため乱されている点があるので、著者が別に行った同種の実験の成績を併せ考慮すれば、第20図の結果はいずれの品種においても、生育初期から乾物率が最高値を示すに至るまでは、乾物率と皮部の厚さとは相伴って増加するが、その後乾物率が減少する場合にも皮部の厚さはさらに増加すると解釈することができる。なお、第20図は乾物率と皮部の厚さとの間には品種間差異があり、乾物率の低い台農57号は皮部がうすく、乾物率の高いコガネセンガンは皮部がやや厚い傾向があることを示している。そこで、このような両形質の関係をさらに明らかにするため、生育時期別に、各品種の測定値を用いて両形質に関する相関係数を求めた。その結果は第22表の第1行に示すとおりであって、いずれの時期においても両形質間で有意な相関は認められない。以上のごとく、品種内、品種間いずれについても、乾物率と皮部の厚さとの間には直接の関連性はないものと考えられる。なお、第22表には皮部の厚さのほか塊根の組織各形質についても、皮部の厚さの場合と同様、乾物率との間の相関々係を示した。これらについては次項以降で論述する。

3 塊根の乾物率と皮部の篩管面積との関係

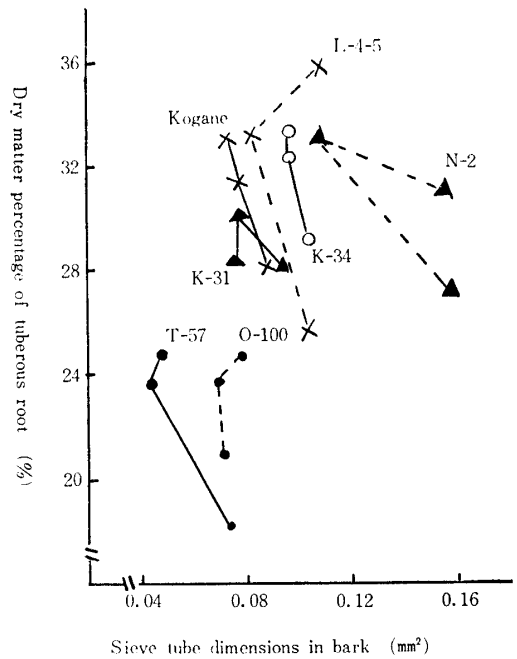


Fig. 21. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the sieve tube dimensions in bark in 1 mm width.

塊根のでん粉蓄積経過と皮部の篩管面積（単位幅（1mm）の皮部に存在する篩管の面積）との関係を明らかにするため、各生育時期における塊根の乾物率およびその単位幅の皮部に存在する篩管面積の測定値を用いて、品種別に両形質の関係を図示したのが第21図である。

Table 22. Correlation coefficients between the dry matter percentage of tuberous root and the structural character of root

Structural character	Days after Planting		
	60	90	110
Thickness of bark	0.340	0.187	0.178
Sieve-tube-dimensions in bark in 1mm width	0.525	0.824*	0.511
Rate of sieve-tube-dimensions in periphery part of xylem tissue	0.825*	0.611	0.425
Rate of sieve-tube-dimensions in central part of xylem tissue	0.496	0.496	-0.038
Rate of vessel-dimensions in periphery part of xylem tissue	0.788*	0.478	0.543
Rate of vessel-dimensions in central part of xylem tissue	0.768*	0.478	0.333
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	-0.006	-0.455	-0.637
Frequency of large parenchymatous cell division	-0.869*	-0.961**	-0.868*

\* Significant at 5% level

\*\* Significant at 1% level



第21図から明らかなように、いずれの品種においても、乾物率と皮部の篩管面積との間には一定の傾向は認められない。つぎに、このような品種内における両形質の関係に対して、両形質に関する品種の分布をみれば、塊根乾物率が低い台農57号および沖縄百号の皮部の篩管面積は小で、乾物率が高いL-4-5、九州34号および農林二号の皮部の篩管面積は大となっている。品種間におけるこのような両形質の関係をさらに明らかにするために、乾物率と皮部の篩管面積に関する各品種の生育時期別の測定値から、両形質に関する相関係数を求めた結果は、第22表の第2行に示すとおりであって、栽植60日後と110日後での相関は有意でないが、栽植90日後では5%水準で有意な正の相関が認められる。

以上の結果は、品種内においては、塊根のでん粉蓄積経過と皮部の篩管面積との間に一定の関係はないが、品種間においては、概して高でん粉品種が低でん粉品種より皮部の篩管面積が大きいことを示唆していると考えられる。

#### 4 塊根の乾物率と木部の篩管面積との関係

##### i 周辺部の篩管面積率

塊根のでん粉蓄積経過と木部の周辺部における篩管の発達程度との関係を明らかにするため、各生育時期における乾物率ならびに周辺部の篩管面積率に関する測定値を用いて、品種別に両形質の関係を図示したのが第22図である。

第22図から明らかなように、供試した各品種にお

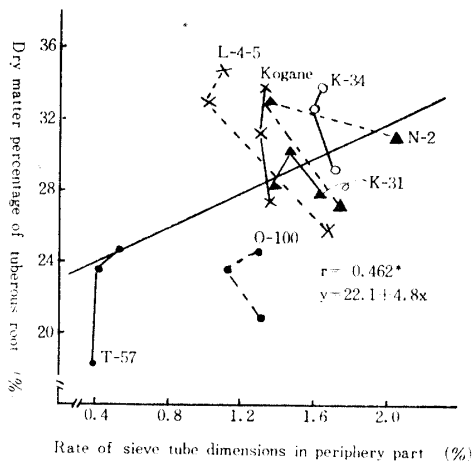


Fig. 22. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the rate of sieve tube dimensions in periphery part of xylem tissue,

いては、塊根の乾物率と木部の周辺部における篩管面積率との間に特定の関係は認められない。同一品種内におけるこのような両形質間の関係に対して、品種間においては、乾物率が低い台農57号および沖縄百号では周辺部の篩管面積率も小さく、乾物率が高い九州34号および農林二号では周辺部の篩管面積率も高い値がみられる。第22表で両形質間の相関関係をみると、栽植60日後においては相関係数は0.825と高く、5%水準で有意であるが、栽植90日後から110日後にかけて、相関係数は次第に減少し、有意ではなくなる。なお、各品種の全生育時期の測定値を用いて算出した両形質間の相関係数も5%水準で有意である( $\gamma = 0.462$ )。

以上の結果は品種内においては、塊根のでん粉蓄積経過と塊根の周辺部の篩管面積率との間には一定の関連性がないこと、および品種間においては、生育初期のでん粉含有率が比較的低い時期には、概して、高でん粉品種は低でん粉品種よりも周辺部における篩管の発達が良好であり、また、生育の後期においてはこの傾向が減少することを示唆するものではないかと考えられる。

##### ii 中心部の篩管面積率

iの周辺部の篩管面積率の場合と同じ目的、同じ方法で塊根の乾物率と中心部の篩管面積率との関係を図示すると第23図のようである。すなわち、供試品種の多くは、塊根の乾物率が増加するに従って中心部の篩管面積がやや減少する傾向を示している。また両形質間の相関関係は、第22表に示すとおりであり、い

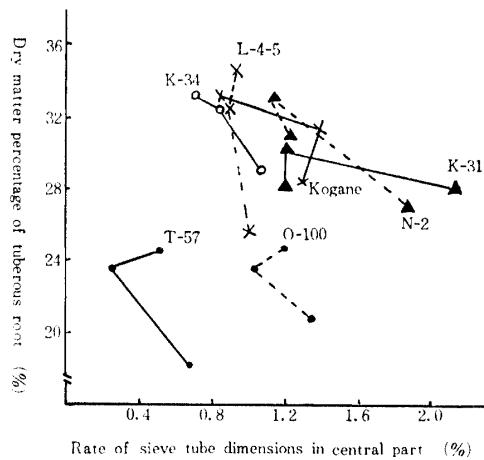


Fig. 23. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the rate of sieve tube dimension in central part of xylem tissue,

ずれの時期においても乾物率と中心部の道管面積率との間には有意な相関は認められない。

## 5 塊根の乾物率と木部の道管面積との関係

### i 周辺部の道管面積率

塊根のでん粉蓄積経過と木部の周辺部における道管面積率との関係を明らかにするために、各生育時期における乾物率および木部の周辺部の道管面積率の測定値を用いて、両形質の関係を図示したのが、第24図である。

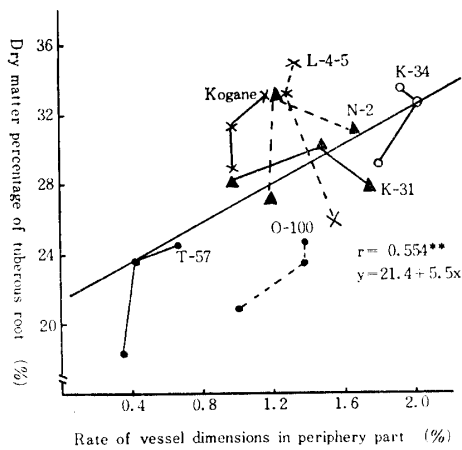


Fig. 24. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue.

第24図から明らかなように、台農57号や沖縄百号のように乾物率の増加に伴って周辺部の道管面積率も増加している品種、九州31号や農林二号のごとく両形質の間に一定の関係が認められない品種、さらに、L-4-5のように乾物率の増加に対して周辺の道管面積率が、やや減少している品種がある。このように、両形質の関係は品種によって異なるが、第24図から明らかなように品種間においては、低乾物率の台農57号では周辺部の道管面積率が小さく、高乾物率の九州34号では高い。このような関係をさらに明確にするために、生育時期別に、両形質間の相関を求めた結果は、第22表に示すとおりであって、栽植90日後および110日後における相関は有意でないが、栽植60日後においては5%水準で有意な正の相関が認められる。なお、全生育時期の測定値を用いて算出した両形質間の相関係数も1%水準で有意である。

以上の結果から、同一品種内における塊根のでん粉

蓄積経過と周辺部の道管面積率との関係は品種によって異なるが、品種間では、両形質は正の相関々係を有し、概して、高でん粉品種ほど周辺部の道管面積率が大きくなる傾向があると考えられる。

### ii 中心部の道管面積率

前項iの周辺部の道管面積率の場合と同じ目的および方法の下に、塊根の乾物率と中心部の道管面積率との関係を図示したのが第25図である。

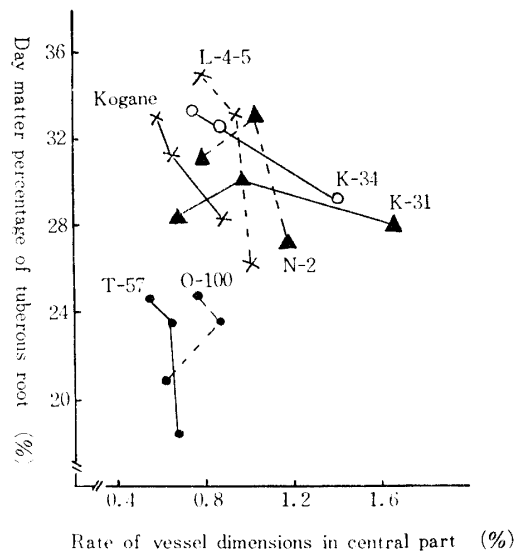


Fig. 25. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue.

第25図から明らかなように、沖縄百号を除き、概して乾物率の増加に伴い、中心部の道管面積率は減少する傾向がある。同一品種内におけるこのような負の相関々係に対して、品種間においては、周辺部の道管面積率の場合と同様、中心部の道管面積率は低乾物率の台農57号では比較的小さく、高乾物率の九州34号およびL-4-5などでは、概して高い値を示している。品種間におけるこのような傾向をさらに第22表によって検討すると、栽植60日後では、両形質間の相関係数は0.768で5%水準で有意な正の値を示すが、栽植90日後と110日後では、次第に、相関係数は小さくなりかつ有意でなくなる。なお、全生育時期の測定平均値を用いて算出した両形質間の相関は有意ではない。

以上の結果は、塊根のでん粉含有率が最高値を示す以前の、生育初期においては、概して、高でん粉品種は中心部の道管面積率が大きい、生育の後期では、この傾向は次第に認められなくなることを示唆する。

**6 塊根の乾物率と木部の柔細胞の大きさとの関係**

木部の柔細胞の大きさが塊根のでん粉蓄積経過とどのような関係を有するかを、塊根の乾物率と木部の柔細胞の大きさとの関係によって図示したのが第26図である。

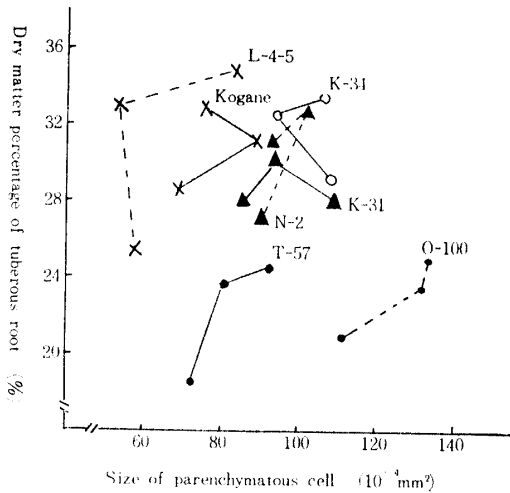


Fig. 26. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the size of parenchymatous cell in xylem tissue.

第26図によれば、沖繩百号および台農57号では乾物率の増加に伴って木部の柔細胞も大となっているが、その他の品種ではこのような関係は認め難い。また品種間においては、乾物率の低い沖繩百号の木部柔細胞は大きく、乾物率の高いL-4-5の柔細胞は小さいが、第22表によれば、生育のいずれの時期においても、両形質間に有意な相関は認められない。ただし、生育後期ほど両形質に関する負の相関係数は大きくなり、栽植110日後では有意に近い負の相関係数が認められる。この結果は、生育の後期では、コガネセンガン、L-4-5などの高でん粉品種は、台農57号、沖繩百号などの低でん粉品種に比較して、木部柔細胞が小さいことを示唆するものと考えられる。

**7 塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂の頻度との関係**

塊根のでん粉蓄積経過に大型柔細胞分裂の頻度が関連しているかどうかを明らかにするため、塊根の乾物率と大型柔細胞分裂の頻度との関係を図示したのが第27図である。

第27図から明らかなように、乾物率の増減と大型柔細胞分裂の頻度との間には一定の傾向は認められな

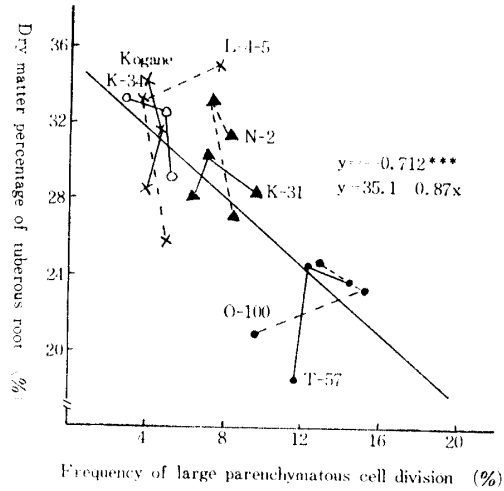


Fig. 27. Relationship between the dry matter percentage of tuberous root and the frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue.

い。然しながら、品種間においては、両形質は極めて密接な関連性を示し、大型柔細胞分裂の頻度は乾物率の低い沖繩百号および台農57号で高く、乾物率の高い九州34号、L-4-5、およびコガネセンガンで低い。品種間におけるこのような両形質の関係をさらに第22表によってみると、生育のいずれの時期においても、塊根乾物率と大型柔細胞分裂の頻度との間には有意な負の相の相関が認められる。なお、全生育時期の測定値を用いて算出した両形質間の相関係数は0.1%水準で有意である。

以上の結果から、同一品種内においては、塊根のでん粉蓄積経過と大型柔細胞分裂の頻度の増減との関係は明確ではないが、品種間で比較すると、概して、高でん粉品種は大型柔細胞分裂の頻度が少ないと考えられる。

**第4節 考察**

塊根のでん粉含有率の生育時期に伴う変化に関しては、でん粉含有率は生育初期から急激に増加して9月中、下旬に最高値を示し、その後はほとんど増加せず最高値を維持すると云う報告<sup>42)50)</sup>や、でん粉含有率は最高値を示した後一時期だけ低下し、再びもとの値にもどると云う報告<sup>19)51)60)</sup>がある。本実験では、塊根の乾物率は栽植30日後から60日にいたる生育初期に急速に高くなるが、最高値を示す時期は品種によって多少異なっており、最高値が栽植90日後頃にある品種と110日後頃にある品種とが認められた。しかし、最

高値を示した後は、いずれの品種においても乾物率がやや減少している点が上述の報告と多少異なる結果である。塊根のでん粉含有率は、生育時期のほか、生育期間中の気温、地温および降雨などの気象条件によっても変化して実験結果に影響を与えるものと考えられる。

生育時期の進行に伴う乾物率の推移と塊根の組織諸形質との関係を検討した結果、木部の中心部における篩管および道管の面積率は、塊根の乾物率の増加に伴って多少減少する傾向が認められた(第23図、第25図)。篩管および道管の面積率の減少は、これらの組織を分化する二次形成層の発達が悪であるか、または柔細胞の増生が相対的に旺盛であるかのいずれかに依ると考えられる。しかし、第2章および第3章において論述したごとく、木部の中心部では周辺部に比較して柔細胞の増生は少ないとみられるので、中心部における篩管および道管の面積率の減少は、これらを分化する二次形成層の発達が柔細胞の増生に対して相対的に小さいことに依るものと考えられる。つまり、塊根の木部の中心部は、概して、細胞の増生や維管束の分化の少ない、比較的安定な組織構造を示すものと考えられる。

木部柔組織内においては、機能を有しない道管はその中に填充体(tylosis)が発達した状態で組織の中に残存するが、篩管は機能がおとろえるに従って次第に破壊され、組織内から消滅(obliterate)する(Esau 1948)。したがって、本実験において乾物率が最高値を示す時期においても、なお中心部に篩管が認められると云うことは、中心部では依然として同化養分の移行蓄積が行われていることを示すものであり、このことによって中心部の乾物率は周辺部より次第に高くなる(第21表)ものと考えられる。塊根が生育時期の進行に伴って次第に乾物率を増加するのは、上述の如き木部の中心部の比較的安定な柔組織におけるでん粉の蓄積が大きくなるとともに、このでん粉含有率の高い中心部の構造が次第に周辺部までにおよび、塊根の全容量に対して大きな比率を占めることによるものと考えられる。

なお、皮部の篩管面積、または木部の周辺部の篩管および道管の面積率と乾物率との間には品種内においては一定の関係が認められなかったが、品種間においては、概して、乾物率の高い品種ではこれらの面積率が高い傾向が認められた(第21図、第22図、第24図)。このことは高でん粉品種における旺盛な維管束の分化を示唆している。すなわち高でん粉品種では一次形成

層による篩管および道管の増生が顕著であり、さらに木部の周辺部においては二次形成層による篩管の分化も旺盛であるため、皮部および木部の周辺部における篩管の面積率が大きくなり、これが塊根の周辺部における同化でん粉の移行能率を高め、その結果塊根周辺部のでん粉の含有率が高くなる。一方同時に、塊根の中心部は比較的安定して残存している篩管により転流同化養分が蓄積されるので、結局塊根は高でん粉含有率を示すことになるかと推察される。これに対して低でん粉品種では一次形成層による篩管および道管の分化が比較的少なく、また、二次形成層による篩管の分化も少ないが、柔細胞の増生が旺盛であるため、塊根の周辺部の篩管面積率は相対的に小さくなり、同化でん粉の移行蓄積は不良となって周辺部のでん粉含有率が低くなる。しかも、このような周辺部の柔組織構造が中心部までおよぶため、(第3章、第10表)、結局塊根は低でん粉含有率を示すことになるかと推察される。

## 第5節 摘要

- 1 沖縄百号ほか6品種を供試して、塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係を検討した。
- 2 塊根の乾物率は生育初期から急速に高くなるが、生育後期ほど高くなるのではなく、乾物率の最高値が栽植後90日頃にある品種と栽植後110日頃にある品種とが認められた。また、塊根の部位別では、中心部の乾物率が概して周辺部の乾物率より高い。
- 3 皮部の厚さは、生育の初期から塊根の乾物率が最高値を示す時期までは、乾物率の増加と相伴っている。しかし、その後乾物率が減少する場合にも、皮部の厚さはさらに増加するので、両形質間に直接の関連性はないものと考えられる。
- 4 塊根の乾物率と皮部の篩管面積率との間には、品種内においては一定の関連性はないが、品種間においては、概して、高乾物率の品種は低乾物率の品種より、皮部の篩管面積率が大きい。
- 5 塊根の乾物率の増減に対して、塊根の周辺部の篩管面積率は、品種内では、一定の傾向を示さないが、品種間では、概して、高乾物率の品種は周辺部の篩管面積率が高い。
- 6 塊根の乾物率が増加するに従って、中心部の篩管面積率は減少する傾向を示す。
- 7 塊根乾物率の増減に対して、周辺部の道管面積率が増加する品種と関連を示さない品種があり、両形質の関係は品種によって異なる傾向を示す。なお、品

種間では、概して、高乾物率の品種は、周辺部の道管面積率が高い。

8 塊根の乾物率の増加するに従って、塊根の中心部における道管面積率は減少する。

9 塊根の乾物率の増加に対して、木部の柔細胞の大きさが大となる品種と関連を示さない品種とがあり、両形質の関係は品種によって異なり、一定の関係は認められない。

10 塊根の乾物率と大型柔細胞分裂の頻度との関係は、品種間においては明確ではない。しかし、品種間においては明らかに高乾物率の品種は、大型柔細胞分裂の頻度が少ない。

## 第2編 塊根の組織諸形質の品種・系統間変異および遺伝に関する研究

### 序 説

第3章および第4章で供試した少数の品種においても、塊根の組織諸形質には顕著な品種間差異が認められた。

本編は第1編において明らかにした塊根の組織諸形質の特性に関して、品種・系統間変異を調べ、その結果に基づいて、でん粉貯蔵根として機能的な塊根の組織諸形質はどのような特性を有するかを検討したものであり、第5章および第6章では、夫々典型的な高低でん粉品種および主要品種の幼根ならびに幼塊根について、また、第7章および第8章では、夫々近交系統および種間雑種系統の幼塊根について、さらに第9章では第1章から第8章までに供試された主要な品種・系統の収穫期の塊根についてのその組織諸形質と塊根の肥大程度ならびにでん粉含有率との関係を明らかにし、第10章では幼塊根の組織諸形質の統計遺伝学的解析をおこなった結果を述べ、さらに第11章では第10章までの観察結果を総合して、でん粉貯蔵根として機能的な塊根の組織構造とその育種法について考察をおこなった。

## 第5章 高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号の幼根の組織諸形質の比較

### 第1節 緒言

従来、甘しょでは、不定根の塊根形成および肥大現

象を解明するために、幼根の組織諸形質に関する研究が数多く行なわれてきた。

本章は、このような従来の研究で着目されてきた幼根の組織諸形質に関して、高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号との比較をおこなったものである。

### 第2節 実験材料および実験方法

供試品種は高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号である。苗は九州農業試験場より分譲を受け、1961年6月10日に6節苗を3節直立挿とし、35×75cmの間隔で圃場に栽植した。材料の採取は、栽植後5日おきに1か月間、合計6回おこなった。材料の採取にあたっては、毎回、両品種とも10株を掘りとり、これらから10個の根を採取した。なお、肉眼的に肥大が認められない生育初期には、比較的伸長が早く太い根を選定し、肥大が明確になる1か月後の採取には、例外的に大きな1～2個の幼塊根を除き、大きいものから10個を選び、ただちにF.A.Aで固定した。組織標本の作製方法は第2章と同様である。

### 第3節 実験結果

#### 1 幼根の直径、皮層の厚さおよび中心柱の直径

不定根の塊根形成は、第2章において述べたごとく、中心柱における細胞の増生・分化に基づくものであるが、塊根を形成するにいたるまでの幼根の大きさおよびその内部組織に品種間差異が認められるかどうかを明らかにするため、幼根の直径、皮層の厚さ、および中心柱の直径を測定した。それらの生育時期による推移は第28図に示すとおりである。第28図から明らかなように、沖繩百号(O-100)の幼根の直径は、いずれの時期においても、九州34号(K-34)の幼根の直径よりも大であり、とくに、栽植15日後からその差が顕著になっている。中心柱の直径も幼根の直径と同様の傾向を示しているが、皮層の厚さは両品種間に大差がなく、皮層は栽植15日後から、20後日にかけて脱落し始める。従って、第28図からも明らかなように、幼根の直径に認められる両品種間の差異は皮層の厚さの差によるものではなく、中心柱の直径の差異に基づくものである。以上の結果は、第2章でも明らかにしたごとく、不定根が塊根を形成する以前においても、中心柱では柔細胞の増生が間断なくおこなわれており、その増生には、すでに、品種間差異があることを

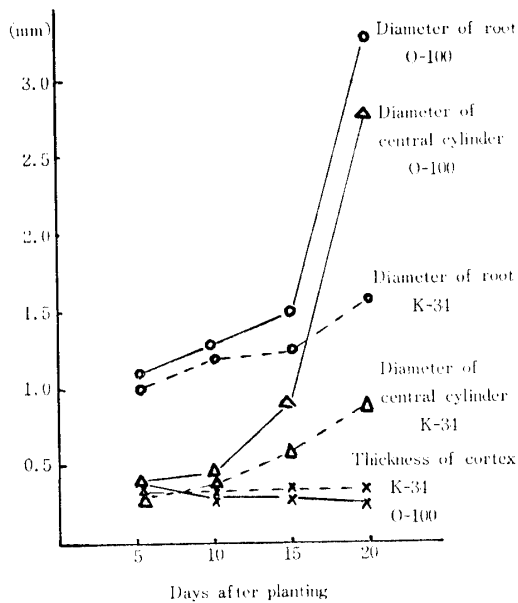


Fig. 28. Changes of young root diameter and central cylinder, and bark thickness.

Table 23. Frequency-distributions of a lot of radially arranged ridges in protoxylem system

Variety	Class interval				Mean	Standard deviation
	4	5	6	7		
Okinawa No.100		7	21	2	5.83	1.22
Kyushu No. 34	3	20	5	2	5.20	0.71

Table 24. Frequency distributions of number of vessels constituting each radially arranged ridges in protoxylem system

Variety	class interval						Mean	standard deviation
	4	5	6	7	8	9		
Okinawa No. 100		5	9	8	5	1	6.53	1.07
Kyushu No. 34	15	10	3	1	1		4.77	1.00

第23表から明らかなように、沖縄百号の放射列数は5から7、九州34号の放射列数は4から7にわたっているが、概して、沖縄百号では6原型が、九州34号では5原型が多い。両品種の原生木部の放射列数の平均値の差は1%水準で有意であって、沖縄百号の幼根は九州34号より多数の放射列数を有する。

原生木部の放射列は多数の小道管から構成されているが、その構成道管数に品種間差異があるかどうかを明かにするため、放射列数を調査した材料について、各放射列を構成する道管数を数えた。各放射列を構成する道管数の変異は第24表に示すとおりである。

示すものである。

## 2 原生木部

沖縄百号および九州34号のいずれの品種においても、栽植5日後の幼根では、原生木部道管となるべき細胞はその細胞膜が肥厚しているが、木化の進行程度は顕著ではない。また両品種とも、原生木部道管はSafraninとFast greenとの複染によって栽植10日後には淡赤色に、15日後には濃赤色に染色された。ただし、Safranin染色性によって木化程度の品種間差異を判別することは困難であった。

つぎに、原生木部道管の放射列数は不定根の肥大性と関連して着目されてきた形質であるので、この放射列数が品種内および品種間においてどのような変異を示すかを明かにするため、各品種の栽植10日後、15日後および20日後の材料それぞれ10個体、合計30個体について原生木部道管の放射列数を調査した。両品種の原生木部の放射列数の変異は第23表に示すとおりである。

第24表から明らかなように、沖縄百号では5から9個、九州34号では4から8にわたっている。両品種の平均値の差は5%水準で有意であって、沖縄百号の幼根の原生木部の各放射列は九州34号よりも多くの道管から構成されている。観察の結果によれば、沖縄百号では原生木部の各放射列が2列の道管層から構成されている場合、あるいは各放射列の内側に接する側が多数の小道管群から構成される場合が多いのに対し、九州34号では原生木部の各放射列は、多くの場合、1列の細胞層からなっている。

Table 25. Changes of a lot of parenchymatous cell layers intercalated between the inner most vessel of protoxylem and the central metaxylem vessel during early growiny-period

Variety	Dayes after planting		
	10	15	20
Okinawa No. 100	1.9	4.3	15.4
Kyushu No. 34	0.5	0.8	0.05

### 3 介在柔組織

第2章において述べたごとく、栽植10日後には原生木部道管の分化に引続いて、塊根の中央部に後生木部道管が分化する。この中央後生木部道管と原生木部道管との間に介在している柔組織が分裂能力を保持するか、あるいは木化が進行して分列能力を失い原生木部道管と中央後生木部道管とが連絡するかが、塊根の肥大と密接に関係していることは、これまでに、多くの研究者が指摘するところである<sup>2)33)56)</sup>。この介在柔組織の発達程度に品種間差異があるかどうかを明らかにするため、中央後生木部道管と各原生木部道管との間に介在する細胞層数を数え、その平均を各個体の介在柔組織の発達程度とした。第25表はこのような方法により調べた介在柔細胞層数の生育時期による推移を示したものである。第25表から明らかのように、沖縄百号は栽植10日後には平均約2層の介在柔細胞層を有するが、栽植15日後および20日後にはそれぞれ約4層および15層となる。一方、九州34号では、栽植10日後には平均して一層にみえず、栽植15日後および20日後においても増加せず、むしろ減少している。観察結果によれば、沖縄百号では、中央後生木部道管の分化後もこの道管に隣接する柔細胞は殆んど木化せず、次第に分裂性を回復し、分裂による細胞の増生によって、介在柔細胞数は増加し、原生木部道管は次第に中央後生木部道管から離れ、塊根の比較的周辺部に位置するようになる。これに対して九州34号では、中央後生木部道管の分化に引続いて、この道管の周囲の柔細胞の木化が急速に進行し、原生木部道管は中央後生木部道管と連絡し、多くの場合星状を示す

ようになる。もっとも、同一根においても、全ての原生木部道管の放射列が、中央後生木部道管と連絡するとは限らず、例えば5原型の原生木部放射列のうち、1~2個は中央後生木部道管から離れて位置し、中央後生木部道管との間に介在柔組織をもつ場合がある。

### 4 木部柔組織の細胞分裂

一次形成層の内側の木部柔組織内においては、第2章において明らかにしたごとく、諸種の細胞分裂が認められるが、これらの細胞分裂の程度に品種間差異があるかどうかを明かにするため、i) 道管の周囲の柔細胞分裂の程度、ii) 大型柔細胞分裂の頻度およびiii) 二次形成層の発達程度を比較した。i) については、道管の周囲の細胞質にとむ、うすい細胞層を分裂状態の細胞層とみなし、この細胞層が、道管の周囲に存在するか否かによってその程度を判定した。またii)については、維管束が発達せず木部柔細胞のみからなる部位を選び、観察柔細胞中、大型柔細胞分裂を行なったと判定される柔細胞の割合をもって表わした。さらにiii)については、視野内に認められる二次形成層の大きさと数によって判定した。第26表は、以上の方法によって得た結果を一括して示したものである。

第26表から明らかのように、沖縄百号の道管の周囲の柔細胞分裂、および大型柔細胞分裂の頻度は、九州34号より大であり、二次形成層の発達程度は、両品種間で大きな差異を認め難い。なお、木部柔組織を観察して、沖縄百号の柔細胞の配列が極めて不整であるのに対し、九州34号の柔細胞の配列は比較的整然としているのが認められる。沖縄百号の柔細胞の配列を乱す原因の一つは、沖縄百号の大型柔細胞分裂の頻

Table 26. Cell division in xylem parenchymatous tissue

Variety	Degree of parenchymatous cell division surrounding vessel			Frequency of large parenchymatous cell division	Degree of secondary vascular cambium
	No.	+	+		
Okinawa	No. 100	+	+	17.4±3.4	+ -
Kyushu	No. 34		+	8.2±3.2	+ +

度が高いことにあるものと考えられる。

### 5 でん粉粒の蓄積

不定根の塊根形成に伴って、塊根内には、種々の柔組織が增生され、これらの柔組織内にてん粉粒が蓄積されるが、でん粉粒蓄積程度の組織による差異、さらに、同一組織内の細胞による差異などについて両品種間の比較を行なった。

観察結果によれば、一般に、細胞内でのん粉粒の大きさには種々の変異があり、大型の細胞内に極少数のでん粉粒が蓄積されている場合にはそのでん粉粒は大きく、反対に小さい細胞に比較的多数のでん粉粒が蓄積されている場合には、そのでん粉粒は小さいようである。従って、細胞内でのん粉粒数は、厳密には、細胞でのん粉蓄積程度の指標とすることはできないが、観察結果から、大方の指標としては、大過ないものと判断された。一方、中心柱の柔細胞のうち、木部柔細胞は塊根でのん粉蓄積の主要部であるので、そのでん粉粒蓄積の様相を明らかにする事が必要と考えられた。以上の点を考慮し、木部柔細胞内でのん粉粒数を数えるとともに、でん粉粒が細胞内で占める割合(断面積)を観察によって10段階に判別した。観察には、1区10個体、1個体について10個の細胞を供試した。第29図は、上記方法により観察した木部柔細胞内でのん粉粒数、およびでん粉粒が細胞内で占める割合の生育時期による推移を両品種について示したものである。

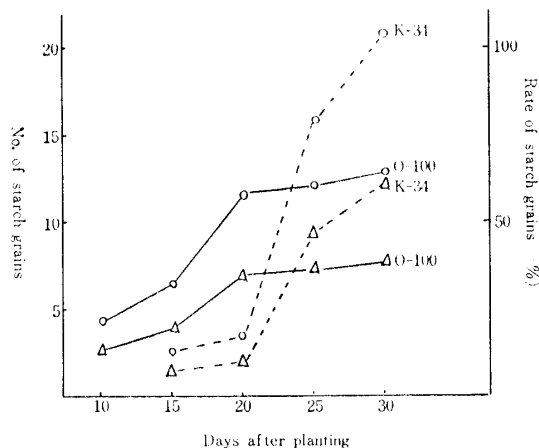


Fig. 29. Changes of starch content in parenchymatous cell in xylem tissue.  
 ○ ... No. of starch grains.  
 △ ... Rate of starch grains.

第29図から明らかなように、木部柔細胞内でのん粉粒数は、栽植20日後までは、沖繩百号が九州31号より大であるが、25日以後は逆転し、栽植30日後に

は、九州31号では平均12.7粒、沖繩百号では平均12.7粒となっている。またでん粉粒が細胞内で占める割合も、細胞内でのん粉粒数と同様の傾向を示し、栽植20日後までは、沖繩百号が九州31号より大であるが、25日以降は九州31号が大となり、栽植30日後には、九州31号では62.1%、沖繩百号では38.1%を示している。すなわち、木部柔細胞におけるでん粉蓄積の早晚性には、品種による多少の差異はあるが、収穫期に高でん粉の品種である九州31号は、収穫期に低でん粉の品種である沖繩百号よりも、生育の比較的初期にすでに高いでん粉含有率を示し、高でん粉品種の特性を発揮している。

組織によるでん粉粒蓄積程度の差異を栽植30日後の材料を用いて比較観察した結果によれば、沖繩百号、九州31号両品種とも、概して、でん粉の蓄積は一次形成層の外側部の篩部柔組織が最も大であり、次が木部内に新しく形成される篩部柔細胞で、木部柔組織は最も少ない傾向が認められた。同一組織におけるでん粉粒蓄積程度の品種間差異を比較した結果、前記両篩部柔組織については、大きな品種間差異はなかったが、木部柔組織については、きわめて顕著な品種間差異が認められた。

### 第4節 考察

ARTSCHWAGER<sup>24</sup>は、原生木部の放射列数が多い不定根は塊根として肥大しやすいことを指摘し、戸刈、明宰<sup>55</sup>もこれを認めている。さらに、伊東ら<sup>22</sup>は、その詳細な研究により、不定根の原生木部放射列数が根の部位によって異なり、基部程多いことを認め、さらに、良苗から発生した太い不定根は原生木部放射列数が多く、塊根を形成し易いことを認めている。以上の研究は主として、同一品種について不定根の肥大性と原生木部放射列数との関係を検討したものであって、この関係が品種によってどのように異なるかについては、十分に検討されていない。本観察の結果によれば、原生木部放射列数には、明らかに品種間差異が認められ、原生木部放射列数の多い沖繩百号の不定根は放射列数の少ない九州31号の不定根よりも根の直径が大である。さらに、原生木部を構成する道管数に関しても、九州31号と沖繩百号との間に極めて顕著な差異が認められる。これらのことは、塊根形成前の不定根組織においてもすでに、品種間差異が存在することを示す極めて興味深い事実である。

原生木部道管と中央後生木部道管との間に介在して



いる柔細胞が、分裂能力を保持しているか、或いはまた、木化して分裂能力を失うかが、不定根が塊根として肥大するか否かと密接な関係をもっていることは、ARTSCHWAGER<sup>2)</sup>、小倉<sup>33)</sup>、戸刈<sup>36)</sup>等多くの研究者の指摘するところである。とくに、戸刈は、若い不定根が塊根、梗根または細根へ発達してゆく場合の組織学的特徴として、一次形成層の活動程度と中心柱細胞の木化程度とを基準とすべきことを提唱し、肥大しない根は発根初期に中心柱細胞の大部分が木化し、かつ、一次形成層の活動が弱い、肥大する根はこれに反するとした。また、小倉<sup>33)</sup>は、分化の進まない幼根において、原生木部から求心的に道管が形成されている際、道管周囲の柔細胞が厚膜となる以前に活動して、その大きさと量を増すことが、塊根形成の前兆であるとした。これらの諸説は、いずれも、将来肥大する根では、原生木部道管と後生木部道管との間に介在する柔組織が発達して、両道管は隔てられるが、肥大しない根では介在柔組織が発達せず、両道管は連絡する場合が多いことを認めている。しかし著者は、実験結果で述べたごとく、九州34号では介在柔細胞の発達は極めて不良であり、相当肥大した塊根においても、原生木部道管と中央後生木部道管とが連絡している場合が多いことを認めた。従って、著者は、幼根組織の分化発達の過程において、原生木部と中央道管とが連絡してその間に柔細胞が介在しない場合でも、なお、幼根は塊根へ発達する可能性をもっているものと考える。

一次形成層から増生された木部柔組織内に種々の分裂組織が認められることは、従来多くの研究者の指摘するところで、とくに、道管の周囲の柔細胞分裂は、これまでの研究者によって、二次形成層として注目され、一次形成層とともに塊根の肥大に対して重要な役割を果たしていることが指摘されてきた。著者は第2章において、塊根の一次形成層内における細胞の増生を柔細胞のみを増生する細胞分裂と、柔細胞と維管束とを増生する細胞分裂とに区別し、柔細胞のみを増生する細胞分裂として、道管の周囲の柔細胞分裂と大型柔細胞分裂とをあげ、維管束と柔細胞とを増生する細胞分裂として、二次形成層の細胞分裂をあげた。これらの細胞分裂に関して、高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号とを比較した結果、二次形成層の発達には大差はないが、九州34号では、道管の周囲の柔細胞分裂、および大型柔細胞分裂など柔細胞の増生のみをおこなう細胞分裂が少なく、沖繩百号ではこれらの分裂が多いことが明らかとなった。これらの結果は、甘しょの塊根組織の構造とでん粉蓄積能力との関

係を明らかにする上に興味ある事実である。

組織によるでん粉蓄積程度の差異を調べた結果、でん粉粒の蓄積は、一次形成層の外側にある皮部の篩部、木部柔組織内篩部および木部柔組織の順に大であり、かつ、両篩部柔組織におけるでん粉粒の蓄積程度は両品種間で大差がないが、木部柔組織におけるでん粉粒蓄積程度は両品種間で顕著な差異があることを認めた。これらのことから、両品種のでん粉含有率の差は、木部柔組織細胞のでん粉含有率の差および木部内篩部柔組織の発達程度の差によるものと推察される。

## 第5節 摘要

1 高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号との塊根形成過程における幼根組織諸形質を比較した。

2 皮層の厚さは、両品種間で差が認められないが、中心柱の直径は、沖繩百号が九州34号より大である。

3 原生木部の放射列数および放射列構成道管数のいずれも、沖繩百号が九州34号より多い。

4 原生木部と中央後生木部道管との間に介在する柔組織の発達は沖繩百号が九州34号より大である。

5 木部柔組織内における諸種の柔細胞分裂のうち、二次形成層の発達程度は両品種間で顕著な差異が認められないが、道管の周囲の柔細胞分裂および大型柔細胞分裂の程度は沖繩百号が九州34号より大である。

6 でん粉粒の蓄積程度は、いずれの品種においても篩部柔組織が木部柔組織より大である。また、でん粉蓄積程度は篩部柔組織では、品種による差は少ないが、木部柔組織では、九州34号が沖繩百号に比較して著しく大である。

## 第6章 主要品種における幼根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度および生育後期の塊根のでん粉含有率との関係

### 第1節 緒言

第5章においては、高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖繩百号とを供試して、従来から不定根の塊根形成に関連して注目されてきた、塊根形成過程極初期の幼根組織諸形質の特性に品種間差異が認められる

ことを明らかにした。

本章では、第5章で得られた知見に基づき、品種間差異について更に詳細な検討をおこなうため、九州34号および沖縄百号の両品種の外に、でん粉含有率および塊根肥大程度を異にする15品種を供試して、幼根の組織諸形質の変異を観察するとともに、幼根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度および生育後期の塊根のでん粉含有率との関係について検討をおこなった。

## 第2節 実験材料および実験方法

供試品種は第5章において供試した九州34号および沖縄百号の外に、でん粉含有率を異にする我が国の主要な15品種であって、品種名は第27表に示すとおりである。苗は農林省九州農業試験場作物第二部より分譲をうけた。栽培方法は7節苗の基部4節を土中に埋めて水平挿とした。栽植株数は1品種当り30株であって、10株づつ3畦に栽植した。株間および畦間は35cm×75cmである。生育前期の調査には3畦のうち両側の畦に栽植された材料を供用し、生育後期における調査には品種間および畦間競合をさけるため中央畦の栽植材料を供用した。材料の採取は生育前期の栽植20日後および30日後と、生育後期の9月25日におこなった。生育前期の採取材料については根部の組織標

本を作製して幼根の組織諸形質の特性を検討し、後期の採取材料については塊根乾物率を測定算出してでん粉含有率の指標とした。塊根乾物率の測定には、各品種について生重2kgの塊根を供用した。まず、生諸を約1cm<sup>3</sup>に細切して、この中から100g2点を取り、通風電気乾燥機にて75°Cで15時間、その後105°Cで4時間乾燥した後、秤量して乾物率を算出した。組織標本の作製方法は前章と全く同じである。なお、栽植20日後には、品種によっては根の肥大部位が外観上明確でないものもあるが、これらの品種では、根の基部から先端までを切断しないように固定して保存しておく。栽植30日後に根の肥大が明瞭となった材料につき、基部から肥大部位までの長さを測定し、この測定平均値をその品種の不定根の肥大部位として、さきに保存しておいた栽植20日後の材料から、この肥大部位を採取して標本を作製した。

## 第3節 実験結果

1 幼根の外部形態および生育後期の塊根の乾物率  
組織標本の作製に供用した根部の外部形態、およびでん粉含有率の指標である生育後期の塊根の乾物率は第27表に示すとおりである。

なお、栽植20日後に不定根の肥大が認められた品種では、いずれの品種においても栽植20日後におけ

Table 27. Morphological data on the young root and the dry matter percentage of mature tuberous root

Variety	Dayes after planting				Dry matter percentage
	20		30		
	Diameter of root	Most thickend part	Diameter of root	Most thickend part	
Norin No. 2	1.3±0.16mm	7.0 cm	7.9±1.00mm	7.1±2.94cm	36.2%
Kyushu No. 34	1.6±0.30	10.0	7.0±1.56	13.0±3.24	35.2
Kyushu No. 38	2.8±0.81	6.6±1.26	9.7±0.40	6.6±1.79	34.9
Nakamurasaki	2.1±0.59	10.0	8.3±1.02	9.9±0.88	33.5
Norin No. 1	2.2±0.63	7.3±2.15	7.6±1.31	8.6±3.03	33.3
Norin No. 3	1.7±0.36	5.0	10.6±0.92	5.2±0.85	33.2
Kyushu No. 1	1.1±0.12	7.0	6.4±1.76	7.0±2.19	32.5
Tsurunashigenji	1.6±0.23	7.5	8.6±0.16	7.7±1.11	32.0
Tamayutaka	1.5±0.27	9.0	7.1±1.99	9.1±0.70	31.4
Kyushu No. 31	2.5±0.63	6.5±1.27	9.3±0.81	7.6±1.31	31.2
4-33	2.8±0.66	6.3±0.58	11.8±1.80	6.2±1.28	31.1
Kyushu No. 39	1.6±0.24	6.8	9.9±1.36	6.2±2.10	31.0
Benisengan	2.1±0.37	7.0±1.00	10.2±0.85	9.0±1.97	30.0
Norin No. 9	2.4±0.26	6.2±1.03	8.3±0.61	7.0±1.05	27.8
Okinawa No. 100	3.0±1.06	6.5±1.88	8.1±0.98	7.3±1.69	27.7
Shirosengan	1.9±0.61	8.0	10.9±2.40	8.0±1.39	27.1
Murasakibaru N o.3	1.9±0.36	7.0±1.44	10.7±1.23	7.6±1.36	26.1

る不定根の基部から最肥大部までの長さで栽植30日後におけるそれとの間に有意な差が認められない。すなわち、塊根の最肥大部分は品種によってほぼ一定しているものと判断される。

第27表から明らかなように、栽植20日後の幼根の直径は、九州1号の平均1.1mmから沖縄百号の3mm、また、栽植30日後の根の直径は九州1号の6.4mmから4-33の11.8mmにわたっており、極初期の幼根の肥大程度にすでに品種間差異が認められる。幼塊根の最肥大部分は根の基部から5~13cmの範囲にあり、これもまた品種によって多少異なっている。生育後期の塊根の乾物率の最高は農林二号の36.2%で最低は紫原3号の26.1%であり、最高と最低の間に約10%の差が認められる。

## 2 幼根の組織諸形質の品種間変異

### i 皮層の厚さおよび中心柱の直径

第2章および第5章において述べたごとく、栽植15日後から20日後にかけて、皮層の破生細胞間隙は皮層の全周におよぶため、皮層は次第に脱落しはじめる。本章の栽植20日後の材料においても、品種により多少の差異はあるが、多くの品種で皮層がすでに脱落し始めているのが観察された。従って、この時期に皮層の厚さを測定することは正確さを欠くうらみはあるが、栽植20日後における根の直径の品種間差異が、前章の九州34号と沖縄百号とにおいて認められたごとく、皮層の厚さの増加によるものではなく、中心柱の直径の増加によるものであるかどうかを明らかにするため、皮層の厚さと中心柱の直径とを測定した。測定値の分散分析の結果は第28表に、その平均値および標準偏差は第29表に示すとおりである。

第28表の分散分析の結果から明らかなように、根の直径および中心柱の直径では、品種の分散は個体の分散に対して極めて大であって0.1%水準で有意な値

Table 28. Analysis of variance of root diameter, central cylinder diameter and bark thickness

Source of variation	Root-diameter			Central cylinder diameter			Bark-thickness		
	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
Variety	16	3.24	11.57***	16	3.38	10.24***	16	0.012	2.00*
Error	153	0.28		153	0.33		153	0.006	

note \*.....significant at 5% level  
 \*\*\*.....significant at 1% level

Table 29. Mean and standard deviation of young root diameter, central cylinder diameter and bark-thickness (mm)

Variety	Root diameter	Central cylinder diameter	Bark-thickness
Norin No. 2	1.30±0.49	0.67±0.15	0.33±0.05
Kyushu No. 34	1.60±0.30	0.88±0.33	0.39±0.11
Kyushu No. 38	2.97±0.81	2.37±0.94	0.33±0.12
Nakamurasaki	2.06±0.57	1.50±0.61	0.30±0.05
Norin No. 2	2.18±0.63	1.59±0.67	0.31±0.06
Norin No. 3	1.69±0.36	0.98±0.41	0.38±0.07
Kyushu No. 1	1.11±0.12	0.61±0.10	0.28±0.07
Tsurunashigenji	1.63±0.23	0.96±0.22	0.36±0.07
Tamayutaka	1.53±0.27	0.91±0.32	0.34±0.07
Kyushu No. 31	2.55±0.63	2.01±0.65	0.29±0.06
4-33	2.76±0.66	2.00±0.74	0.40±0.08
Kyushu No. 39	1.63±0.24	0.98±0.21	0.34±0.06
Benisengan	2.31±0.35	1.77±0.45	0.32±0.08
Norin No. 9	2.38±0.51	1.76±0.64	0.35±0.09
Okinawa No. 100	3.01±1.06	2.48±1.06	0.30±0.09
Shirosengan	1.86±0.60	1.24±0.66	0.34±0.05
Murasakibaru No. 3	1.85±0.36	1.29±0.40	0.31±0.07

を示している。一方、皮層の厚さに関しては、品種の分散は個体分散に対して5%水準で有意な値を示しているが、第29表の平均値から明らかなように、皮層の厚さの品種平均値は0.29mmから0.40mmの範囲にあって、品種による差は大きくない。観察の結果によれば、皮層の脱落時期は品種によって多少異なり、この脱落の早晩が皮層の厚さの測定値にかなりの影響を与えていると考えられる。なお、皮層の最外側から2番目の細胞層が並層分裂を行なっている場合が観察されたが、このような細胞層の増加は、皮層最外層の脱落および皮層における破生細胞間隙の増加による皮層の厚さの減少と相殺されて、皮層の厚さの増加には、殆んど効果はないものと考えられた。

栽植20日後における根の直径の品種間差異が、主として、中心柱の直径の差に基づくものであることを明確にするために、第29表の測定平均値を用いて、根の直径と中心柱の直径とに関する品種の分布を示したのが、第30図である。

第30図は根の直径と中心柱の直径との間に高い相関があること、すなわち根の直径の品種間差異は中心柱の直径の差に基づくものであることを示している。

ii 原生木部

原生木部の放射列は不定根分化の初期に認められる

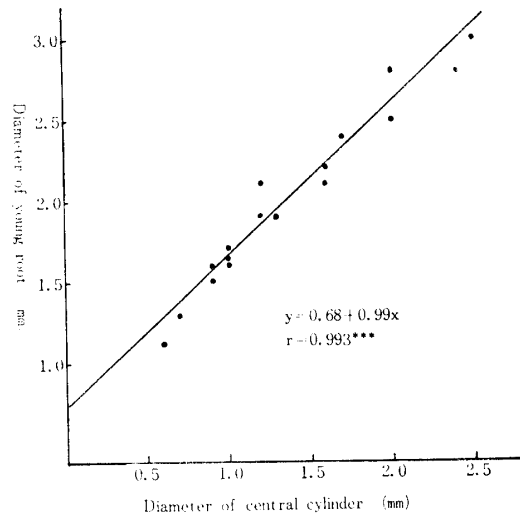


Fig. 30. Relationship between young root diameter and the central cylinder diameter.

ので、その多少は塊根肥大性と関連してこれまでに多くの研究者によって検討されている。著者は、第5章において、原生木部の放射列数に関し九州34号と沖繩百号との間に差異が認められることを明らかにしたが、本章の供試品種間における変異を知るため、栽植20日後の材料、各品種10個体について原生木部の放

Table 30. Analysis of variance of structural characters of young root

Source of variation	No. of radially arranged ridge in protoxylem system			No. of vessels constituting each ridge			Degree of development of parenchymatous tissue intercalated		
	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
Variety	16	2.58	5.86***	16	3.97	4.05***	16	290.35	9.82***
Error	153	0.44		153	0.98		153	29.58	

Source of variation	Frequency of large parenchymatous cell division			No. of lignified cells surrounding central vessel			No. of sieve tube surrounding central vessel		
	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
Variety	16	1769	36.9***	16	447.6	12.9***	16	370.7	5.10***
Error	153	48		153	34.6		153	72.7	

Source of variation	No. of starch grains in xylem parenchymatous cell			Rate of starch grains in xylem parenchymatous cell		
	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
Variety	16	192.8	32.7***	16	26.5	24.1***
Error	153	5.9		153	1.1	

note \*\*\* significant at 0.1% level

Table 31. Frequency distributions of a lot of radially arranged ridges in protoxylem system

Variety	class interval						Mean	Standard deviation
	3	4	5	6	7	8		
Norin No. 2			4	6			5.6	0.52
Kyushu No. 34		2	6	1	1		5.1	0.88
Kyushu No. 38			5	5			5.5	0.53
Nakamurasaki		2	4	4			5.2	0.79
Norin No. 1		3	5	2			4.9	0.74
Norin No. 3		1	2	4	3		5.9	0.99
Kyushu No. 1		5	5				4.5	0.53
Tsurunashigenji			4	6			5.6	0.52
Tamayutaka			2	7	1		5.9	0.57
Kyushu No. 31	1	1	7	1			4.8	0.79
4-33		1	7	2			5.1	0.57
Kyushu No. 39				8	1	1	6.3	0.67
Benisengan				9	1		6.1	0.32
Norin No. 9			4	4	2		5.8	0.79
Okinawa No. 100			2	7	1		5.9	0.57
Shirosengan			4	5	1		5.7	0.67
Murarakibaru No. 3			1	8	1		6.0	0.47

Table 32. Frequency distributions of a lot of vessels constituting each radially arranged ridge

Variety	Class interval							Mean	Standard deviation
	2	3	4	5	6	7	8		
Norin No. 2		1	2	7				5.01	0.68
Kyushu No. 34		3	6		1			4.33	0.74
Kyushu No. 38	1	1	4	3		1		4.83	1.38
Nakamurasaki			1	3	5	1		6.02	0.82
Norin No. 1			2	5	2	1		5.57	0.86
Norin No. 3			2	4	4			5.55	0.80
Kyushu No. 1		4	4	2				4.24	0.76
Tsurunashigenji			6	3	1			4.75	0.89
Tamayutaka			4	2	3		1	5.58	1.24
Kyushu No. 31		2	3	4	1			4.83	0.93
4-33				6		2	2	6.38	1.28
Kyushu No. 39			3	4	2	1		5.58	0.89
Benisengan				3	6	1		6.33	0.75
Norin No. 9			2	4	4			5.67	0.90
Okinawa No. 100			3	3	1	3		5.86	1.19
Shirosengan		2	3	3	1	1		5.17	1.32
Murasakibaru No. 3		1	4	1	4			5.31	0.94

射列数を観察した。測定値の分散分析の結果は第30表に、また、測定値の分布および測定平均値は第31表に示すとおりである。

第30表の原生木部の放射列数に関する品種の分散は0.1%水準で有意な値を示し、原生木部の放射列数は品種によって明らかに異なる。しかし、第31表によれば、原生木部放射列数は、全測定値を通じて最小

3から最大8の分布を示しているが、その変異の中は品種によって多少異なり、農林二号、ベニセンガンなどのごとく小さい品種と九州34号や農林三号などのごとく大きい品種とがある。また品種平均値は九州31号の4.8から九州39号の6.3にわたっている。

原生木部を構成する道管数に品種間差異があることは第5章で明らかにしたが、本章の多数の供試品種が

どのような変異を示すかを明らかにするため、栽植20日後の材料を用いて、原生木部の各放射列を構成する平均道管数(原生木部の放射列構成道管数)を調べた。原生木部の放射列構成道管数の分散分析の結果は第30表に、また、変異は第32表に示すとおりである。

第30表から明らかなように、原生木部の放射列構成道管数に関する品種の分散は0.1%水準で有意であり、また、第32表から明らかなように構成道管数は最小2から最大8の分布を示し、品種平均値では、九州1号の4.24から4-33の6.38にわたっている。なお、同一栄養系である品種内にも、かなりの変異があることは留意すべきである。

### iii 介在柔組織の発達程度

原生木部道管と中央後生木部道管との間に介在する柔組織の発達程度が、九州34号と沖縄百号との間で顕著に異なり、九州34号では原生木部の放射列と中央道管との間に柔細胞を介在することは少ないが、沖縄百号ではこの介在柔細胞層数は栽植後日数の増加とともに急増することを第5章で示した。本章において供試した多数品種についても、介在柔組織の発達程度には顕著な品種間差異が認められたが、介在柔組織の細胞層は品種によっては極めて多層となっている場合があるので、第5章において発達程度の指標として用いた細胞層数を算える方法は、多数品種を比較する場合には正確を欠くおそれがあり、さらに、幼塊根の肥

大程度も品種によって異なるので、本章ではこれらを考慮して、介在柔組織の発達程度の比較には第5章の測定法とは異なった方法を用いた。すなわち、原生木部の最内側の各道管を中央後生木部道管との間隔をミクロメーターにて測定、平均し、その平均値の根径に対するパーセンテージを介在柔組織の発達程度の指標とした。このようにして求めた介在柔組織の発達程度の分散分析の結果は第30表に、また、発達程度の変異と平均値は第33表に示すとおりである。第30表から明らかなように、介在柔組織発達程度に関する品種の分散は0.1%水準で有意であって、介在柔組織の発達程度には明らかに品種間差異がある。また、第33表から明らかなように、介在柔組織の発達程度は全品種を通じて最小は5%以下から最大は25%以上に達し、品種平均値については、農林3号の4.6%からベニセンガンの24.4%におよんでいる。すなわち、介在柔組織の発達程度は、同一品種内のみならず、品種間においてもかなりの変異を示している。

### iv 木部大型柔細胞分裂の頻度

第5章で示したごとく、九州34号と沖縄百号とで木部の大型柔細胞分裂の頻度は著しく異なる。本章においても、第5章におけると同様の方法により、栽植30日後の材料各品種について、維管束が発達していない部位を選定して観察し、視野内の柔細胞のうち、大型柔細胞分裂を示す細胞数を算定し、その分裂頻度をパ

Table 33. Frequency distributions of the development-degree of the parenchymatous tissue intercalated between the innermost vessel of protoxylem and the central metaxylem vessel

Variety	Class interval							Mean	Standard deviation
	1	5	10	15	20	25	30		
Norin No. 2	3	4	2	1				8.8	4.6
Kyushu No. 34	3	5	1	1				6.9	5.1
Kyushu No. 38	2	3	2	2	1			11.2	6.9
Nakamurasaki		2	5	3				13.2	3.4
Norin No. 1			3	6	1			16.0	2.9
Norin No. 3	7	2		1				4.6	5.5
Kyushu No. 1	2	3	4	1				9.2	5.5
Tsurunashigenji	1		4	3		1		13.0	6.0
Tamayutaka		1	4	5				15.6	3.3
Kyushu No. 31	1	5	3	1				10.3	4.2
4-33	3	5	2					6.6	3.7
Kyushu No. 39		1	3	3	2	1		15.8	6.4
Benisengan			2		3	4		24.4	6.6
Norin No. 9	3	1	3	3				10.1	5.9
Okinawa No. 100			2	4	3	1		18.5	5.3
Shirosengan				4	5			17.9	2.8
Murasakibaru No. 3				2	5	2		20.6	6.4

Table 34. Frequency distributions of the division of large parenchymatous cell (%)

Variety	Class interval						Mean	Standard deviation
	10	20	30	40	50	60		
Norin No. 2	2	8					14.0	3.1
Kyushu No. 34	8	1	1				8.0	6.1
Kyushu No. 38	7	1	2				12.2	9.9
Nakamurasaki	1	6	2	1			19.6	8.0
Norin No. 1	9	1					5.6	3.6
Norin No. 3	9	1					7.2	2.7
Kyushu No. 1	7	3					8.2	7.3
Tsurunashigenji	9	1					6.4	2.8
Tamayutaka	3	4	3				16.2	7.5
Kyushu No. 31	7	2	1				11.2	7.8
4-33	6	4					10.4	4.8
Kyushu No. 39	1	8	1				15.6	3.9
Benisengan			2	7	1		34.6	7.2
Norin No. 9		1	1	2	6		39.0	9.9
Okinawa No. 100	2	7		1			18.2	6.1
Shirosengan		1	1	3	4	1	39.8	10.1
Murasakibaru No. 3				3	4	2	47.6	9.5

Table 35. Frequency distributions of a lot of lignified cells surrounding central metaxylem vessel

Variety	Class interval					Mean	Standard deviation
	10	20	30	40	50		
Norin No. 2							
Kyushu No. 34	3	6	1			14.1	4.9
Kyushu No. 38	1	5	4			17.0	6.5
Nakamarasaki	8	2				6.2	5.9
Norin No. 1	8	2				5.4	4.3
Norin No. 3	9	1				4.6	4.1
Kyushu No. 1	1	1	4	3	1	27.5	11.3
Tsurunashigenji	7	3				8.2	4.8
Tamayutaka	6	2	2			9.1	7.9
Kyushu No. 31	8	2				5.4	4.6
4-33	8	2				5.5	4.9
Kyushu No. 39	7	3				7.9	3.3
Benisengan	5	4	1			8.8	8.0
Norin No. 9	9	1				3.9	3.6
Okinawa No. 100	1	6	2	1		19.1	7.2
Shirosengan	7	3				4.6	5.4
Murasakibaru No. 3	8	2				5.6	4.3
	10					1.4	2.1

ーセンテージで示した。分裂頻度の分散分析の結果は第30表に、また分裂頻度の変異は第34表に示すとおりである。第30表から明らかのように、大型柔細胞分裂の頻度に関する品種の分散は0.1%水準で有意である。また、第34表から明らかのように、大型柔細胞分裂の頻度は10%以下から60%以上までの変異を示し、品種平均で最小は農林1号の5.6%、最大は紫原3号の47.6%であって、品種間差異が顕著である。

v 中央道管周囲の木化細胞数

第2章において述べたごとく、木部柔組織内で道管が分化すれば、その道管の周囲の柔細胞はやがて分裂性を回復して分裂組織となるが、その後、再び、その分裂活性はおとろえる。すなわち、道管周囲の柔細胞分裂の活性の程度は道管の新旧によって異なる。従って、道管周囲の柔細胞分裂の活性の程度を品種間で比較する場合には、ほど、同じ時期に分化した道管を選定

しなければならない、木観察では分化がほぼ同時期であると考えられる中央後生木部道管を選定し、その周囲の柔細胞分裂の活性の程度を調べた。なお、従来の報告では、活性の程度は道管の周囲のうすい細胞層数の多少によって判定されているが、このような方法で多数の品種を比較することは困難である。そこで、道管に接する木化細胞はその周囲の柔細胞が木化したものとみなし、その木化細胞数を指標として逆に道管周囲の柔細胞の分裂活性を判定することを考えた。以上の観点から測定した中央道管周囲の木化細胞数に関する分散分析の結果は、第30表に示すとおりであって、品種の分散は0.1%水準で有意な値を示している。また、第35表から明らかなように、木化細胞数は大多数の品種では10個以下の場合が多く品種平均値でみると、最少な紫原3号の1.4、最多は農林3号の27.5である。

#### vi 中央道管周囲の篩管数

第2章において明らかにしたように、木部柔組織内には第二次形成層の活動によって篩管が増生される。この篩管の増生程度の指標として、中央道管を中心とする10×10の視野内に認められる篩管数と数えた。篩管数の分散分析の結果は第30表に、また篩管数の変異は第36表に示すとおりである。

第30表の篩管数に関する分散分析の結果から明らかなように、品種の分散は0.1%水準で有意であり、中央道管周囲の篩管数は品種によって異なる。また36表

によれば、九州31号のように、篩管数の変異の幅が広い品種と紫原3号のように比較的狭い品種とがある。同一品種内において幅広い変異がみられる原因の一つは、品種の特性によるものであろうが、測定した視野面積が根の横断面積に対して必ずしも充分ではなかったことによる観察数の偏りもまた一因ではないかと考えられる。平均篩管数でみると、九州34号の30.6が最大でシロセンガンおよび紫原3号の9.0が最小である

#### vii 木部柔細胞のでん粉粒蓄積

塊根の主要なでん粉蓄積細胞は木部の柔細胞である。第5章と同様の方法により、栽植30日後の組織標本を用いてその横断面における木部柔細胞内のでん粉粒数、および細胞内ででん粉粒が占める割合(断面積)を測定して10段階に分けた。細胞内ででん粉粒数に関する分散分析の結果は第30表に、また変異は第37表に示すとおりである。第30表の結果から明らかなように、品種の分散は0.1%水準で有意であり、細胞内ででん粉粒数の品種間差異は顕著である。また、第37表から明らかなように、細胞内ででん粉粒数は最高20粒以上に達し、品種平均値の最高は農林2号の22粒、最低はシロセンの7.9粒である。

一方、細胞内においてでん粉粒の占める割合(細胞内ででん粉粒面積率)に関する分散分析の結果は、第30表に示すとおりであって、品種の分散は0.1%水準で有意であって、細胞内ででん粉粒が占める割合にも顕著な品種間差異が認められる。この観測値の変異は第38

Table 36. Frequency distributions of a lot of sieve tube surrounding central metaxylem vessel (in the field of 10×10 microscopic vision)

Variety	Class interval						Meane	Standard deviation
	10	20	30	40	50	60		
Norin No. 2	1	6	2		1		20.5	10.0
Kyushu No. 34	2	1	3	1	1	1	30.6	19.2
Kyushu No. 38	1	6	3				17.1	4.8
Nakamurasaki	2	4	3	1			18.4	9.6
Norin No. 1	4	4	1	1			14.3	8.2
Norin No. 3	1	5	4				18.0	5.6
Kyushu No. 1	1	5	3		1		20.2	9.0
Tsurunashigenji		8		2			18.1	8.4
Tamayutaka		5	3	1	1		23.2	10.3
Kyushu No. 31		2	5	2	1		26.2	8.3
4-33	2	5	3				16.4	7.1
Kyushu No. 39	3	6	1				13.8	4.7
Benisengan	8	2					9.6	2.5
Norin No. 9	5	5					11.0	4.3
Okinawa No. 100	1	5	2	2			22.1	10.6
Shirosengan	6	4					9.0	2.7
Murasakibaru No. 3	6	4					9.0	3.3



Table 37. Frequency distributions of a lot of starch grains in xylem parenchymatous cell

Variety	Class interval					Mean	Standard deviation
	5	10	15	20	25		
Norin No. 2			2	8		22.0	2.6
Kyushu No. 34			4	6		20.8	2.7
Kyushu No. 38		7	3			14.5	2.5
Nakamurasaki		2	4	4		18.9	3.7
Norin No. 1		1	6	3		18.7	2.6
Norin No. 3		1	5	4		20.0	2.9
Kyushu No. 1		7	3			14.5	2.7
Tsurunashigenji		4	6			15.7	2.1
Tamayutaka		3	7			16.4	2.0
Kyushu No. 31		6	4			19.2	2.5
4-33	2	7	1			12.7	2.2
Kyushu No. 39	3	6	1			12.3	2.4
Benisengan	5	5				10.6	1.9
Norin No. 9	5	5				10.9	2.4
Okinawa No. 100	3	7				11.3	1.8
Shirosengan	9	1				7.9	1.5
Murasakibaru No. 3	8	2				8.8	1.9

Table 38. Frequency distributions of the rate of starch grains to xylem parenchymatous cell-size

Variety	Class interval					Mean	Standard deviation
	2	4	6	8	10		
Norin No. 2			6	4		8.3	0.7
Kyushu No. 34		1	8	1		7.7	1.1
Kyushu No. 38			6	4		8.1	1.1
Nakamurasaki		1	6	3		8.0	1.1
Norin No. 1			9	1		7.6	0.7
Norin No. 3		1	3	6		8.4	1.2
Kyushu No. 1			2	8		8.8	0.5
Tsurunashigenji		3	7			7.0	1.1
Tamayutaka		5	5			6.4	0.7
Kyushu No. 31		4	6			6.5	0.9
4-33		4	4	2		7.1	1.4
Kyushu No. 39		4	5	1		6.8	1.5
Benisengan		5	5			6.6	1.2
Norin No. 9		5	5			4.7	0.8
Okinawa No. 100		2	8			4.9	0.6
Shirosengan	2	7	1			3.3	0.9
Murasakibaru No. 3	2	4	4			3.9	1.4

表に示すとおりである。すなわち、細胞内ででん粉粒の占める割合は2割に満たないものから8割以上に及ぶものまであり、また、その品種平均値はシロセングンの3.3割から九州1号の8.8割に及んでいる、なおこれらの結果は前述のでん粉粒数の場合とほぼ同じであり、細胞内でん粉粒数と細胞内ででん粉粒の占める割合はでん粉粒蓄積程度を示す指標として大差がないとみてよい。

### 3 幼根の組織諸形質の特性と根の直径および生育後期塊根の乾物率との関係

第5章において、九州34号および沖縄百号の両品種間に認められたような幼根の組織諸形質の特性の差異はこれまで明らかにしてきたごとく、塊根のでん粉含有率および肥大程度を異にする多数の品種間においても認められる。そこで、品種の特性とみられるこれら幼根の組織諸形質の特性が、塊根の肥大程度およびでん粉含有率とどのような関係を有するかを明らかに

Table 39. Correlation coefficients between structural characters of young root and the root diameter and the dry matter percentage of mature tuberous root

Structural characters of young root	Diameter of root (20 days after planting)	Diameter of root(30 days after planting)	Dry matter percentage of mature tuberous root
Diameter of central cylinder	0.976***	0.337	-0.289
No. of radially arranged ridge	0.000	0.390	-0.424
No. of vessel constituting each ridge	0.432	0.560**	-0.484*
Degree of development of intercalating parenchyma	0.122	0.145	-0.587*
Frequency of the division of large parenchymatous cell	0.119	0.374	-0.769***
No. of sieve tube surrounding central metaxylem	-0.112	-0.569**	0.566*
No. of vessels surrounding central metaxylem vessel	-0.261	-0.051	0.331
No. of starch grains in xylem parenchymatous cell	-0.299	-0.472	0.857***
Rate of starch grains in xylem parenchymatous cell	-0.297	-0.353	0.912***

\*...significant at 5% level

\*\*...significant at 1% level

\*\*\*...significant at 0.1% level

するため、それぞれの品種平均値を用いて、幼根の組織諸形質の特性と、栽植20日後および30日後における根の直径、および生育後期における塊根の乾物率との相関を求めた結果は、第39表に一括して示すとおりである。なお、前述のごとく、組織特性の中で、中心柱径、原生木部放射列数、放射列構成道管数は、栽植20日後の材料について測定したものであり、介在柔組織の発達程度、大型柔細胞分裂の頻度、中央道管周囲の道管数、中央道管周囲の篩管数、柔細胞内でん粉粒およびでん粉粒の占める割合は栽植30日後の標本について観察したものである。

第39表から明らかなように、原生木部放射列を構成する道管数と栽植20日後の根の直径との相関は有意ではないが、栽植30日後の幼塊根の直径とは1%水準で有意な正の相関を示し、また、生育後期の塊根の乾物率とは5%水準で負の相関を示している。従って、本実験供試品種の範囲では、根部における原生木部放射列構成道管数が多い品種は概して幼塊根の肥大は良好であるが生育後期におけるでん粉粒率は少ない。つぎに介在柔組織の発達程度と生育後期の塊根の乾物率とは5%水準で有意な負の相関を示している。従って、生育初期に介在柔組織の発達が良好な品種、すなわち、原生木部道管が中央道管から離れて比較的塊根周辺部に位置するような品種は、概して生育後期

のでん粉含有率は低い。また、大型細胞分裂の頻度は生育後期の塊根の乾物率と0.1%水準で有意な負の相関を示している。従って、生育初期の幼塊根における大型柔細胞分裂の頻度が高い品種は概して生育後期の塊根の乾物率は低い。さらに、中央道管周囲における篩管数は、栽植30日後の幼根の直径と0.1%水準で有意な負の相関を、また生育後期の塊根乾物率とは5%水準で正の相関を示している。従って、木部柔組織における新しい篩部の発達が良好な品種は幼根が小さく、生育後期における塊根のでん粉含有率は高い。さいごに、木部柔細胞内でん粉粒数およびでん粉面積率は、生育後期における塊根乾物率との間に極めて高い正の相関を有している。従って、生育初期における、木部柔組織内でん粉蓄積程度によって、生育後期のでん粉含有率をかなり正確に推定することが可能である。

#### 第4節 考察

第5章において九州34号と沖縄百号との間で幼根の組織諸形質の特性に差異が認められたが、本章の多数の供試品種についても同様な品種間差異が認められた。しかも、これら組織諸形質の特性の中には、幼塊根の肥大程度または生育後期における塊根の乾物率

(でん粉含有率の指標)と有意な相関に係を示すものがあることも明らかとなった。たとえば、原生木部の放射列を構成する道管数が多い品種は幼塊根が肥大し易く、生育後期の塊根のでん粉含有率が低い傾向を示している。幼塊根の肥大程度と収穫期における塊根の大きさがどの程度関連するかについてはさらに詳細な検討が必要であるが、放射列構成道管数が、生育後期のでん粉含有率との間に有意な相関を示すことは、幼根の組織特性によって、収穫時の塊根のでん粉含有率を或程度推定し得る可能性を示すものとして興味深い。なお、原生木部放射列構成道管数は栽植30日後の根の直径と正の相関を示し、生育後期塊根の乾物率とは負の相関を示すのに対し、後生維管束である中央道管周囲の篩管の数は前者とは負の、後者とは正の相関を示している。

このように、幼根における維管束の発達程度と、幼塊根の肥大程度ならびに生育期塊根の乾物率との相関を係において、原生維管束と後生維管束とは逆の傾向が認められたことは興味深く考えられる。また、大型柔細胞分裂の頻度と生育後期の乾物率との間には負の相関があり、高でん粉品種を育成する場合には、大型柔細胞分裂の頻度を減少させる必要があると考えられる。さらに、介在柔組織の発達程度と生育後期の乾物率とが負の相関を示すことは、高でん粉品種においては、木部柔組織における柔細胞の増生が少ないことを示唆するものと考えられる。

## 第5節 摘要

1 沖縄百号、および九州34号を含むでん粉含有率を異にする我が国の主要17品種を供試して、栽植20日後および30日後の幼根の組織諸形質の特性を調べ、幼塊根の肥大程度および生育後期の塊根のでん粉含有率との関係を比較検討した。なお、塊根のでん粉含有率の指標として塊根の乾物率を用いた。

2 栽植20日後の幼根の平均直径は最小は九州1号の1.1mm、最大は沖縄百号の3mmであり、栽植30日後では、最小は九州1号の6.4mm、最大は4-33の11.8mmであった。乾物率の最高は農林二号の36.2%、最低は紫原3号の26.1%であった。

3 幼根の直径は中心柱径と高い正の相関を示す。

4 原生木部放射列数は、品種によって異なるが、根の直径または、生育後期の塊根の乾物率との間に有意な相関はない。

5 原生木部各放射列を構成する道管数は品種によ

って異なり、栽植30日後の幼塊根の直径とは正の、また、生育後期の塊根の乾物率とは有意な相関を示す。

6 中央後生木部道管と原生木部放射列との間に介在する柔組織の発達程度は品種によって異なり、生育後期の塊根の乾物率との間に負の相関を示す。

7 木部柔組織における大型柔細胞分裂の頻度は品種によって異なり、生育後期の塊根の乾物率と負の相関を示す。

8 中央道管周囲の木化細胞数には品種間差異があり、農林三号、農林九号、九州34号、農林二号などは、他の品種より多い。

9 中央道管周囲の篩管数は、品種によって異なり、栽植30日後の幼塊根の直径とは負の、また生育後期の塊根の乾物率とは正の相関を示す。

10 木部柔細胞内のでん粉粒数および細胞内のでん粉粒が占める割合はともに品種により相伴って変化し、いずれも生育後期の塊根の乾物率と高い正の相関を示す。

## 第7章 高でん粉近交系統における幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係

### 第1節 緒言

甘しょ塊根のでん粉含有率には遺伝の相加的効果が強く作用しており、一方、塊根の肥大程度には遺伝子の非相加的効果がかかり作用していることが明らかにされている<sup>44)</sup>。従って、高でん粉多収性品種を育成するためには、まず、同来歴の系統群内で交配と選抜を重ねてでん粉含有率の向上を計り、高でん粉近交系統を養成する。しかし、これらの高でん粉近交系統は近交弱性により塊根の肥大が不良となるので、来歴の異なる高でん粉近交系統間で他系交配を行なうことにより、その後代には塊根の肥大性に関してヘテロシス効果を期待することができる。このような育種方法により高でん粉多収急品種を育成し得るとの見解のもとに、強度の近交系統が養成されている<sup>44) 45)</sup>。

本章は、上記の如く強度の近親交配と選抜とをかさねて得られた高でん粉近交系統が、著者がこれまで着目してきた幼塊根の組織諸形質に関してどのような特性を示すかを、沖縄百号、農林二号、コガネセンガンなどの実用品種ならびに母本養成の素材として導入さ

Table 40. Varieties or lines used for observations

Group of line	No. of line	Name	Inbreeding coefficient	Source of origin
I	1	FV62-41	0	Seed from Brazil
	2	S. 21-102	0	Santo Amaro×Yacaret
	3	I. 95-193	0	Kanto No. 48 × LM-17
	4	Taino No.57(T-57)	0	Formasa variety
	5	S. 912-82	0	N. 7-1095×L-4-5
	6	S. 103-144	0	L-4-5×white star
	7	Kyushu No. 58	0	Kanto No.48×LM-17
	8	Koganesengan(Kogane)	0	(T. No.3×Kyushu No.13)×L-4-5
	9	Okinawa No. 100(0-100)	0	Shichifuku×Choshu
	10	Norin No.7 (N-7)	0	Yoshida×Okinawa No. 100
	11	L-4-5	0	U. S. A. variety
	12	Kyukei 17-3028	0	Mulama×No.226
II	13	Kyushu No. 38	0.05	Kakei 3-96×Kanto No. 11
	14	Kyushu No. 48	0.05	" × "
	15	I. 215-95	0.06	I. 942-10×Kyushu No. 34
	16	I. 121-96	0.11	Kyushu No.38×I.95-57
	17	S. 138-179	0.16	Tsukumoaka×Kakei 17-120
	18	Kyukei 14-54	0.16	Kyushu No.34×Kurakei 7-1290
	19	S. 106-50	0.22	" × Kanto No. 45
	20	Kyukei 17-2053	0.25	S. 106-50×I.12-112
	21	Kyukei 17-2059	0.25	" × "
	22	Kyukei 17-3104	0.25	S. 103-126×S.103-144
	23	Kyukei 17-3106	0.25	" × "
III	24	S. 214-342	0.27	I. 101-99×I.101-109
	25	S. 392-14	0.28	Capela×Kanto No. 48
	26	S. 392-26	0.28	" × "
	27	I. 391-17	0.29	I. 121-96×I. 121-82
	28	I. 391-20	0.29	" × "
	29	S. 24-163	0.31	H.7-1095×L-4-5
	30	S. 24-365	0.31	" × "
	31	S. 395-10	0.38	Kyushu No.34×Kanto No.45
	32	S. 395-115	0.38	" × "
	33	S. 395-134	0.38	" × "

れた外国品種を比較の対照品種として、明らかにしようとしたものである。

## 第2節 実験材料および実験方法

1. 供試系統：供試系統は農林省九州農業試験場において養成された高でん粉品種育成用交配母本（近交系統）と、母本養成の素材として導入された外国品種ならびに沖縄百号、農林二号およびコガネセンガンなどの実用品種を含む合計33系統または品種で、その米歴は第40表に示すとおりである。

2. 耕種法：肥料はa当り硫酸アンモニア1.5kg、過燐石灰2.2kg、塩加カリ1.8kg、堆肥75kgを元肥として施用し、畦幅70cm、株間20cmとし、5節苗

を3節の斜挿として、1966年6月9日に栽植した。

3. 材料の採取：栽植41日後の7月20日に各系統または品種当り10株掘取り、その中から最も肥大した諸10個を選び組織標本の材料とした。

4. 組織標本の作製および乾物率の測定：組織標本の作製には、採取諸の最肥大部を厚さ0.5cmの横断切片として採取し、FAAで固定したものをを用いた。組織標本はパラフィン法によって厚さ15ミクロンの横断切片を作りSafraninとFast greenとによって複染した。作製した組織標本の数は、各諸につき1枚、すなわち1系統あたり10枚である。なお、組織標本の作製に供用した諸の最肥大部を除く他の部位を細切し、諸別に約10g採り、85°Cで8時間、その後105°Cで4時間、電熱乾燥器にて乾燥した後秤量し、乾物

を算出して、でん粉含有率の指標とした。栽植材料の一部はそのまま圃場で栽培し、10月20日に収穫して乾物率を測定し、収穫期における塊根のでん粉含有率の指標とした。組織諸形質の測定法については、実験結果とともに述べる。

### 第3節 実験結果

#### 1 幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率の系統間変異

幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率の系統間変異を明らかにするため、組織標本の作製に用いた幼塊根の最肥大部最大直径および乾物率および生育後期塊根の乾物率を測定した。測定値の分散分析の結果は第41

表に示すとおりである。第41表から明らかのように、幼塊根の直径の系統間分散はきわめて高い有意性を示し、生育の初期においても塊根の肥大程度には顕著な系統間変異が認められる。また、乾物率についても、生育の初期、後期とも系統間にきわめて高い有意な分散がみられる。

供試系統は、第40表に示すように種々の近交係数を示すので、近交係数0の系統（Ⅰ群）、0.01から0.25の系統（Ⅱ群）、および0.26から0.38の系統（Ⅲ群）の3系統群に分け、以下系統群ごとに諸形質の検討をおこなうことにする。第42表は幼塊根の直径の系統平均値の変異を上述の3系統群別に示したものである。

第42表によれば、近交係数0のⅠ群には、幼塊根

Table 41 Analysis of the variance of young tuberous root-diameter and dry matter percentage of the root and dry matter percentage of mature tuberous root

Source of variation	Diameter of young tuberous root			Dry matter percentage of young tuberous root			Dry matter percentage of mature tuberous root		
	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
Line	32	273.5	227.9**	32	68.4	23.6**	29	159.0	16.9**
Error	283	1.2		283	2.9		266	9.4	

note \*\*...significant at 1% level

Table 42. Frequency distributions of young tuberous root diameter (mm)

Group of lines	class interval									
	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ⅰ		1	3	5	1					2*
Ⅱ		1	5	1	2	1			1**	
Ⅲ	2		2	4	2					

note \*: Koganesengan, Okinawa No. 100  
 \*\*: Kyukei 17-2053

Table 43. Frequency distributions of dry matter percentage of tuberous root both at early and late growing periods

Growing period	Group of line	Class interval								
		14	17	20	23	26	29	32	35	38
Early	Ⅰ	2	3	6	1					
	Ⅱ		2	2	7					
	Ⅲ		1	5	3	1				
Late	Ⅰ				3	2	3	2	2	
	Ⅱ						5	2	3	
	Ⅲ			1		1		2	2	1

の直径が25mm以上で初期肥大が良好な沖縄百号およびコガネセンガンが、またⅡ群の中にも、幼塊根の直径が23mm以上で初期肥大の良好な九系17-2053が含まれている。しかし、上記以外の多数の系統については、系統群間に顕著な差異はない。

第43表は生育の初期および後期の塊根の乾物率の系統平均値を、上記の3系統群別に示したものであるが、第43表から明らかなように、塊根の乾物率は生育の初期および後期ともに系統群によって異なり、ⅠⅡ、Ⅲ群の順に高乾物率の系統が多く含まれている。なお、塊根の乾物率は生育の後期が初期より高い値を示しているが、両生育時期間の相関は第31図に示すようであり、1%水準で有意であって、乾物率が生育の初期に高い系統は、概して、生育の後期においても高いことを示している。これは、従来の試験結果と同様の傾向である。

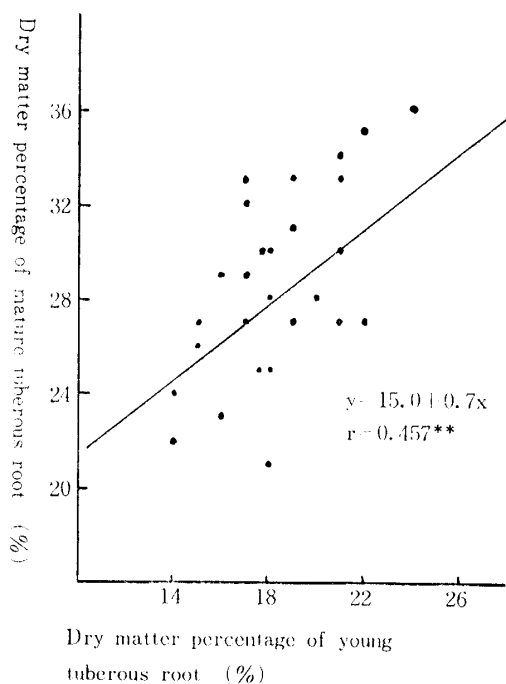


Fig. 31. Correlation between the dry matter percentage of young tuberous root and that of mature tuberous root at harvesting time.

## 2 幼塊根の組織諸形質の系統間変異

観察した幼塊根の組織諸形質およびそれらの測定方法は以下に述べるとおりである。

皮部の厚さ：メカニカルステージによってプレパラートを平行移動させ、その目盛によって、一次形成層外側の厚さ（韌皮および周皮を含む）を測定した。

皮部率：幼塊根の直径で皮部の厚さを除した値であ

る。

皮部の篩管面積：メカニカルステージによって、プレパラートを最大根径部の直径にそって平行移動せしめ、一定幅（約0.71mm）の視野内に入る一次形成層の両外側部の皮部に存在する篩管とその伴細胞の面積を方眼マイクロソーターの網目によって測定し、その平均値を皮部の篩管面積とした。

皮部の篩管面積率：上記方法により測定した皮部の篩管面積を皮部の観察面積（厚さ×観察幅）で除した値で、皮部の他の組織に対して篩管面積が占める割合の指標とした。

木部の篩管面積：一次形成層輪の最大直径にそってプレパラートを移動せしめ、一定幅（約0.71mm）の視野内に入るすべての篩管とその伴細胞との面積を方眼マイクロメーターの網目によって測定し、木部の篩管面積とした。

木部の篩管面積率：上記木部の篩管面積を観察面積（一次形成層の直径×観察幅）で除した値で、木部柔組織において篩管面積が占める割合を示す指標とした。

木部の周辺部の道管面積率：一次形成層から約5細胞層の範囲内にある木部における道管面積を前記方眼マイクロメーターにより、一次形成層輪の全円周または一定の長さによって測定し、測定値を観察面積によって除した値で、一次形成層から分化する木部組織の中で道管の占める割合を示す指標とした。

木部の柔細胞の大きさ：木部の柔細胞の大きさは同一プレパラート内でも変異が比較的大きいので、系統間差異を比較するためには出来るだけ多くの細胞を測定することが望ましく、また、細胞の形が不整形であるため、その面積の実測は容易ではない、などの理由から、本観察では、以下の方法により細胞の大きさを比較することにした。すなわち、方眼マイクロメーターを用いて一定視野内（約0.5mm<sup>2</sup>）の細胞数を数え、測定視野面積を細胞数で除した値を細胞の大きさを示す指標とした。なお、測定部位は、一次形成層と中心部とのほぼ中間部で、維管束が発達していない部位を選んだ。

木部の大型柔細胞分裂の頻度：方眼マイクロメーターを用い、一定視野内の細胞数とその中の分裂細胞数を数え、分裂頻度を算出した。測定部位は前記の柔細胞の大きさを測定した部位と同じである。

以上の方法により測定し、算出した各組織の測定値の分散分析の結果は第44表に一括して示すとおりである。第44表から明らかなように、各組織の測定値の系統間の分散はいずれも極めて高い水準で有意であ

Table 44. Analysis of variance of structural characters of young tuberous root

Source of variation	Thickness of bark			Rate of bark			Sieve tube dimensions in bark		
	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.
Line	32	0.66	33.0**	32	45.1	15.6**	32	29.7	8.0**
Error	283	0.02		283	2.9		283	3.7	

Source of variation	Rate of sieve tube dimensions in bark			Sieve tube dimensions in xylem tissue			Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue		
	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.
Line	32	33.8	8.5**	32	293.7	106.8**	32	24.0	16.0**
Error	283	4.0		283	27.5		283	1.5	

Source of variation	Rate of vessel dimensions in xylem tissue			Size of parenchymatous cell in xylem tissue			Frequency of the division of large parenchymatous cell		
	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.	D.f	M.s	F.
Line	32	1.93	24.1**	32	3659	326.7**	32	3832	155.8**
Error	283	0.08		283	11.2		283	24.6	

note \*\*.....Significant at 1% level

り、供試系統の幼塊根の組織諸形質には、いずれも顕著な系統間変異が認められる。幼塊根組織諸形質の変異の様相をさらに詳細に検討するために、各組織の系統平均値の変異を前述の近交係数の大小で分類した3系統群ごとに区別して示すと、第45表から第53表のようである。

**i 皮部の厚さ**

第45表は皮部の厚さの系統平均値の変異を示したものであるが、第45表で明らかなように、系統群間には大差は認められない。なお、皮部の厚い系統は、I群ではS21-102(1.6mm)、沖繩百号(1.5mm)、九州55号(1.4mm)、九州58号(1.5mm)、Fv62-41(1.5mm)、I95-193(1.5mm)、II群では九系17-2053(1.

6mm)、S106-50(1.4mm)、III群ではS392-26(1.4mm)、S214-342(1.8mm)であった。また、皮部の薄い系統は、I群では台農57号(0.8mm)、九系17-3028(0.9mm)、II群ではI121-96(0.8mm)、I215-95(1.0mm)であり、III群では、S24-163(0.8mm)I391-20(0.9mm)であった。

**ii 皮部率**

第46表は皮部率の系統平均値の変異を示したものであるが、第46表で明らかなように、系統群間に大差は認められない。なお、皮部率の高い系統はI群ではS21-102(11.1%)、I95-193(12.7%)、II群では九系17-3106(11.1%)、III群ではS395-10(14.8%)、S214-342(13.2%)などであり、また皮部率の

Table 45. Frequency distributions of bark-thickness (mm)

Group of line	Class interval										
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
I	1	1	3	1			1	4	1		
II	1		1	2	2	3	1		1		
III	1	1	1	4	1		1				1

Table 46. Frequency distributions of bark-rate (%)

Group of line	class interval										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
I	1	4	1		1	3	1	1			
II		1	1	4	1	3	1				
III		1	1	2	2	2			1	1	

Table 47. Frequency distributions of sieve-tube dimensions of bark

Group of lines	class interval*									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	1			2	3	6				
II		1	3		3	2	2			
III	1		3		5				1	

note \* ...1 umite  $\approx$  0.005 mm<sup>2</sup>

低い系統は、I群では九州55号(5.5%)、沖縄百号(6.1%)、II群では九系17-2053(6.7%)、III群ではS24-163(6.9%)などであった。

### iii 皮部の篩管面積

第47表は皮部の篩管面積の系統平均値の変異を示したものである。

第47表によれば、近交係数の高いIII群の中に篩管面積の特に大きなI系統が含まれているが、その他の大多数の系統については、系統群による大差は認められない。ただし、近交係数0のI群の系統には近交係数がこれより高いII、III群より皮部篩管面積の大なる系統がやや多い傾向がうかがえる。なお、皮部の篩管面積の大なる系統は、I群では沖縄百号(9.5但し、1単位約0.005mm<sup>2</sup>、以下同様)、農林七号(9.5)、L-4-5(9.6)、九系17-3028(9.6)、II群では九系17-3106(9.0)、S138-175(10.5)、S106-50(9.3)、九系17-2059(10.6)、III群ではS214-342(13.0)などであり、小なる系統はI群では台農57号(4.8)、II群では九系17-3104(5.8)、III群ではI391-17(4.1)などであった。

### iv 皮部の篩管面積率

第48表は皮部の篩管面積率の系統平均値の変異を示したものであるが、第48表から明らかなように、系統群間で差異はない。なお、皮部の篩管面積率の高い系統は、I群ではS912-82(6.7%)、農林七号(6.7%)、L-4-5(6.7%)、九系17-3028(7.7%)、II群ではS138-179(6.9%)、I215-95(6.5%)、III群ではS24-163(7.7%)であり、また、低い系統は、I群ではS21-102(3.2%)、II群では九系17-3104(3.2%)、III群ではI391-17(2.7%)などであった。

### v 木部の篩管面積

第49表は木部の篩管面積の系統平均値の変異を示したものである。第49表によれば、特に篩管面積の大きな系統がI群に2系統、III群に1系統含まれているが、その外の多くの系統については系統群間で大差はない。なお木部の篩管面積がとくに大きな系統は、I群の農林七号(70.1但し、1単位0.005mm<sup>2</sup>、以下同様)、九系17-3028(82.8)、およびIII群のS24-365(127.2)であり、面積の小さい系統はI群の台農57号(22.7)、S912-82(25.7)、S103-144(29.9)、あるいはIII群のI391-17(28.2)、S395-10(27.8)、S392-26(25.1)などであった。

Table 48. Frequency distributions of the rate of sieve-tube dimensions of bark

Group of lines	Class interval					
	3	4	5	6	7	8
I		2	5	1	3	1
II		3	2	2	3	1
III	1	0	4	3	1	1

Table 49. Frequency distributions of sieve-tube dimensions in xylem tissue

Group of lines	Class interval									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110*
I		3	3	4			1	1		
II			5	4	2					
III		3	1	2	2	1				1

note \* ...1 umite  $\approx$  0.005 mm<sup>2</sup>



Table 50. Frequency distributions of the rate of sieve-tube dimensions in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval						
	2	3	4	5	6	7	8
I	3	7	1		1		
II		8	3				
III	1	4	1	2	1		1

Table 51. Frequency distributions of vessel-dimensions in periphery part of xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval								
	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3
I		4	5	2			1		
II	1		6	2	1				1
III	1	1	4	2			2		

Table 52. Frequency distributions of the size of parenchymatous cell in xylem tissue

Group of lines	Class interval*										
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
I			2	3	3	2					2
II	1			3		2	1	2	1	1	
III			3	2	5						

note \* ...1 umite=0.0005mm<sup>2</sup>

vi 木部の篩管面積率

第50表は木部の篩管面積率の系統平均値の変異を示したものである。第50表によれば、IおよびIII群に、篩管面積率がとくに高い1~2系統が含まれているが、その他の系統については、I群、II群、III群の順に、すなわち近交際が高くなるにつれて篩管面積率の高い系統がやや多くなる傾向がうかがえる。なお、木部の篩管面積率が高い系統は、I群では農林七号(3.9%)、九系17-3028(4.9%)、III群ではS24-365(7.4%)、I391-20(5.5%)であり、また、低い系統は、I群では台農57号(1.7%)、九州55号(1.3%)、沖繩百号(1.4%)など、II群では九系17-2053(2.0%)、III群ではS392-26(1.7%)などであった。

vii 木部の周辺部の道管面積率

第51表は木部の周辺部の道管面積率の系統平均値の変異を示したものである。

第51表によれば、道管面積率が特に高い系統がII群に1系統、また、低い系統がIIおよびIII群にそれぞれ1系統含まれているが、その他の系統については、I、II、III群の順に、道管面積率が高い系統がわずかに多くなる傾向がうかがわれる。なお、道管面積率が高い系統は、I群ではI95-193(2.2%)、II群では

九系17-3106(2.0%)、九系17-2059(3.0%)、III群ではS24-365(2.2%)、S395-10(2.2%)であり、また、低い系統はII群では九州38号(0.9%)、III群ではI391-17(0.7%)であった。

viii 木部の柔細膜の大きさ

第52表は木部の柔細胞の大きさの系統平均値の変異を示したものである。

第52表によれば、I群には木部柔細胞の特に大きい系統が2系統あり、II群は小さい系統から大きい系統まで幅広い変異を示している。II群の系統の柔細胞はいずれも比較的小さい。なお、木部柔細胞が大きい系統は、Iでは沖繩百号(31.9但し、1単位0.0005mm<sup>2</sup>、以下同様)、農林七号(30.8)、II群では九系17-2053(29.6)、九系17-2059(26.9)などであり、また、小さい系統は、I群ではL-4-5(14.1)、九系17-3028(15.4)、II群ではS138-179(12.4)、III群ではS24-365(15.4)、S395-10(15.1)、I391-20(15.6)などであった。

ix 木部の大型柔細胞分裂の頻度

第53表は木部の大型柔細胞分裂の頻度の系統平均値の分布を示したものである。

第53表によれば、I群には大型柔細胞分裂の頻度

Table 53. Frequency distributions of the division of parenchymatous cell in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval								
	5	8	11	14	17	20	23	26	29
I	1	1	4		2		3		1
II	1	5	2	2	1				
III		3	2	3	2				

のとくに高い系統が含まれており、また、概してⅡ群およびⅢ群より大型柔細胞分裂の頻度の高い系統がやや多い。なお、木部の大型柔細胞分裂の頻度が高い系統はⅠ群では台農 57 号(29.1%)、沖繩百号(25.0%)、農林七号(23.4%)、九系 17—3028(25.1%)などであり、また、頻度の低い系統は、Ⅰ群では S 103—144(4.6%)、九州 58 号(6.1%)、Ⅱ群では九系 14—54(4.1%)、S 106—50(7.3%)、九系 17—3104(7.0%)、Ⅲ群では、I 391—17(7.0%)、S 392—26(5.6%)、I 391—20(6.6%)などであった。

以上のごとく、供試系統の幼塊根の組織諸形質は、系統によって著しく異なるが、近交係数の大小による差異は必ずしも明確でなかった。ただ、わずかに、Ⅰ群よりⅡ、Ⅲ群の中に篩管面積率の高い系統がやや多く、またⅠ群の中に、ⅡおよびⅢ群より大型柔細胞分裂の頻度の高い系統がやや多く認められる程度である。

### 3 幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度ならびにでん粉含有率との関係

供試系統の幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を明らかにするため、各系統の測定平均値を用いて、幼塊根の組織諸形質と幼塊根の直径および乾物率との相関係数を求め

た。その結果は第 54 表に一括して示すとおりである。

第 54 表から明らかなように、幼塊根の直径と皮部の厚さおよび木部の柔細胞の大きさとの間には有意な正の相関があり、このことは塊根の肥大の良好な系統は、概して、皮部が厚く、かつ木部の柔細胞が大きいことを示している。また、塊根の直径と皮部率との間には有意な負の相関があり、幼塊根の肥大の良好な系統は幼塊根の直径に対する皮部の厚さの割合が小さいことを示している。

以上のごとく、幼塊根の組織諸形質の中には、幼塊根の肥大程度およびでん粉含有率と密接な関係を示す形質がある。

そこで、幼塊根の組織諸形質と幼塊根の直径および乾物率とに関する系統の分布図によって、塊根の肥大性に関する組合せ能力が高いとみなされている沖繩百号および農林二号と近交系統との間にどのような差異が認められるかを検討した。

#### i 皮部の厚さと幼塊根の直径

第 32 図は皮部の厚さと幼塊根の直径とに関する系統の分布を示したものである。

第 32 図および第 54 表から明らかなように、幼塊根の肥大の良好な系統は、概して、厚い皮部をもっているが、沖繩百号はこの回帰直線からかなり離れた上側に位置し、皮部の厚さの割には幼塊根の直径が非常に

Table 54. Correlation coefficients between the structural characters of young tuberous root and the diameter and dry matter percentage of the root

Structural character	Diameter	Dry matter percentage
Bark-thickness	0.501**	0.010
Bark-rate	-0.651**	0.189
Sieve tube dimensions in bark	0.292	-0.375*
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.183	-0.301
Sieve tube dimensions in xylem tissue	0.262	-0.215
Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	-0.339	-0.049
Vessel dimensions	-0.200	-0.033
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	0.508**	-0.083
Frequency of the division large parenchymatous cell	0.270	-0.562**

note \*.....significant at 5% level

\*\*.....significant at 1% level

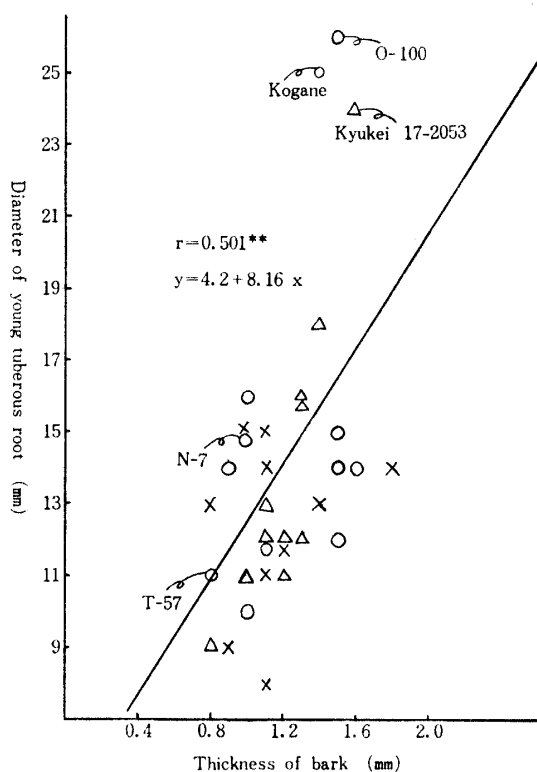


Fig. 32. Distribution of lines in relation to young tuberous root diameter and bark-thickness.

- ... inbreeding coefficient 0,
- △ ... inbreeding coefficient 0.01~0.25,
- × ... inbreeding coefficient > 0.25.

大きい品種である。ユガネセンガンも沖縄百号に近い傾向をもつが、農林七号は比較的回帰線に近接して分布している。近交係数が0.01~0.25のⅡ群(△印)の中で、九系17-2053(近交係数0.25)は沖縄百号に近い特性を示しているが、近交係数が0.26以上のⅢ群(×印)の中にはこのような系統は存在せず、多くの系統は幼塊根の直径が小さく皮部もうすい。

ii 皮部率と幼塊根の直径

第33図は皮部率と幼塊根の直径とに関する系統の分布を示したものである。

第33図および第54表から明らかなように、皮部率は幼塊根の直径と負の相関を示し、幼塊根の直径が大きい系統は皮部率が概して小さいが、沖縄百号、コガネセンガンおよび九系17-2053などは回帰線からかなり離れた上側に分布し、皮部率の割には幼塊根の直径が大である。近交係数が高いⅢ群(×印)にはこのような系統は存在せず、多くの系統は幼塊根の直径が小で皮部率が大きく、かつ、概して、回帰線の下側に分布している。

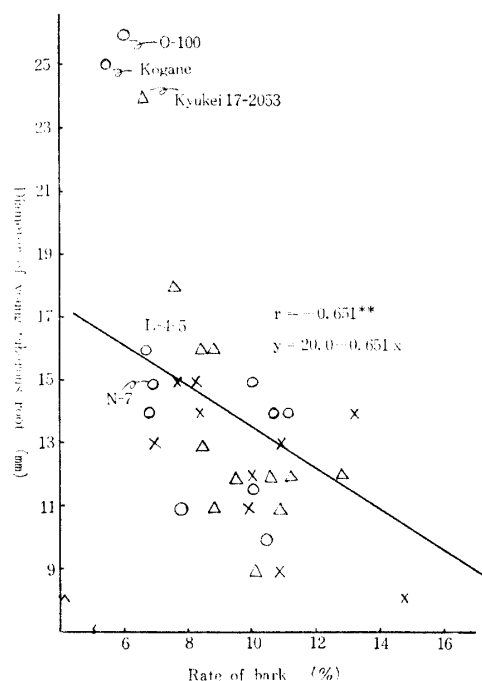


Fig. 33. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the bark-rate.

- ... inbreeding coefficient 0,
- △ ... inbreeding coefficient 0.01~0.25
- × ... inbreeding coefficient > 0.25.

iii 木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径

第34図は木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径とに関する系統の分布を示したものである。第34図および第54表から明らかなように、木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径とは正の相関を示し、概して塊根肥大の良好な系統は柔細胞が大きい。沖縄百号、コガネセンガン、九系17-2053はこの回帰線よりかなり離れた上側に位置し、他の系統に比べると細胞の大きさに対して塊根の直径がとくに大である。

また、農林七号は回帰線の下側に位置し、幼塊根の直径はとくに大きくはないが、細胞は比較的大きい。前述の近交係数による系統群別に系統の分布をみれば、Ⅰ群(○印)またはⅡ群(△印)の系統の中には、細胞の大きさに関して沖縄百号および農林七号の近辺に分布する2~3の系統があるが、Ⅲ群(×印)は細胞が比較的小さく、そのような系統はない。なお、ここで、高でん粉多収品種コガネセンガンは回帰線からかなり離れた上部に分布しており、細胞が小さいにも拘らず塊根の肥大が良好な系統であること、およびコ

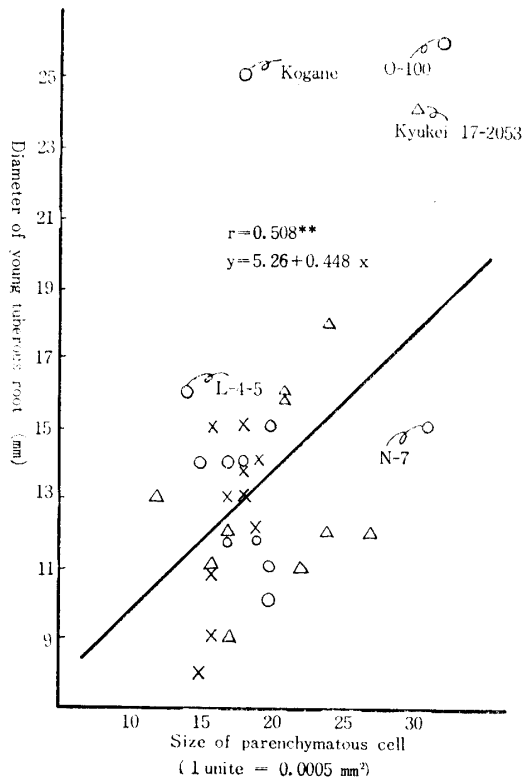


Fig. 34. Distribution of lines in relation to young tuberous root diameter and parenchymatous cell size in xylem tissue.

- ... inbreeding coefficient 0,  
 △ ... inbreeding coefficient 0.01~0.25  
 × ... inbreeding coefficient > 0.25.

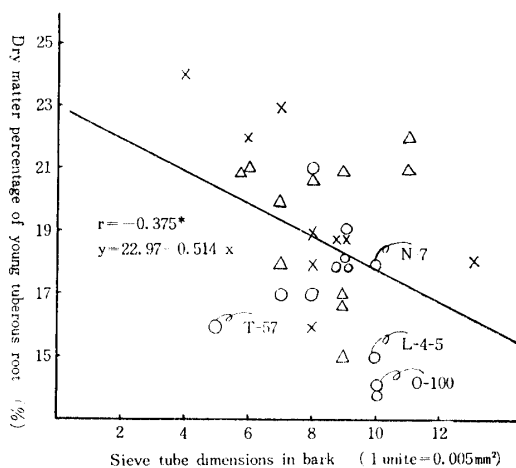


Fig. 35. Distribution of lines concerning the dry matter percentage of young tuberous root and the rate of sieve tube dimensions in the bark.

- ... inbreeding coefficient 0,  
 △ ... inbreeding coefficient 0.01~0.25,  
 × ... inbreeding coefficient > 0.25

ガネセンガンの片方の親でありかつ、多くの高でん粉系統育成の母本となった米国導用品種 L-4-5 の細胞が小さいことは興味深い事実である。

#### iv 皮部の篩管面積と幼塊根の乾物率

第 35 図は皮部の篩管面積と幼塊根の乾物率とに関する系統の分布を示したものである。第 35 図および第 54 表から明らかなように、皮部の篩管面積と乾物率とは負の相関を示し、乾物率が高い系統は皮部の篩管面積が小さい傾向が認められるが、系統群別による大差は認められない。なお、沖縄百号はこの回帰直線からやや離れた下側に分布し、皮部の篩管面積が大で乾物率は極めて低い。また、農林七号は皮部の篩管面積は沖縄百号とほぼ同じであるが、乾物率は高く、ほぼ、回帰直線上に分布している。

#### v 木部の大型柔細胞分裂の頻度と幼塊根の乾物率

第 36 図は、幼塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂とに関する系統の分布を示したものである。

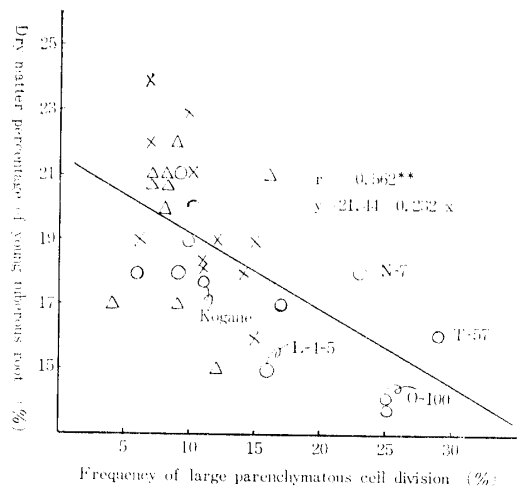


Fig. 36. Distribution of lines in relation to the dry matter percentage of young tuberous root and the frequency of the division of large parenchymatous cell in the xylem tissue.

- ... inbreeding coefficient 0,  
 △ ... inbreeding coefficient 0.01~0.25  
 × ... inbreeding coefficient > 0.25.

第 36 図および第 54 表から明らかなように、幼塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂の頻度とは負の相関を示し、乾物率が高い系統は大型柔細胞分裂の頻度が少ない傾向がうかがえる。沖縄百号は乾物率が低く、大型柔細胞分裂の頻度が高い品種であり、回帰直線の下側に分布している。また、農林七号は回帰直線の上側に分布し、大型柔細胞分裂の頻度は高いが、乾物率も比較的高い。系統群別に分布をみれば、近交係数が

高いⅡ群(△印)およびⅢ群(×印)には大型柔細胞分裂の頻度の高いものはない。

以上の結果を要約すれば、沖縄百号および農林七号などの実用品種と比較して、育成された近交系統(△, ×印)は概して、皮部がうすく(第32図)、皮部の篩管面積も少ない(第35図)。また、一次形成層の内側の木部柔組織では細胞が小さく(第34図)、大型柔細胞分裂の頻度が少ない(第36図)。すなわち、全体的には育成された近交系統にみられる乾物率の上昇は、一次形成層、および一次形成層内側の木部柔組織における細胞の分裂活性の減退を伴っている。

4 幼塊根の組織諸形質の特性と祖先品種との関係

以上の如く、沖縄百号、農林七号、コガネセンガンなどの実用品種と近交系統との間には幼塊根の組織諸形質の特性に差異が認められるが、このような差異が近親交配による内婚弱勢ないしは遺伝子のホモ化によって発現したものであるかどうかを明らかにするため、幼塊根の組織各形質の測定値と近交係数との相関を求めたが、木部の篩管面積率で5%水準の(第37図  $r = 0.370$ ) 有意な相関が認められた以外は有意な相関は見出せなかった。従って、これらの近交系統の特性が実用品種と異なるのは、単なる内婚弱勢ないしは遺伝子のホモ化のみによるものではなく、選抜の効果も大きいと推定される。

i 供試系統と主要祖先品種との近縁係数

近交系統の塊根組織諸形質の特性が近親交配と選抜とによって集積された結果であるかどうかを明らかにするため、まず、供試系統とその祖先品種との血縁関係を系統図と近縁係数とによって検討した。第55表

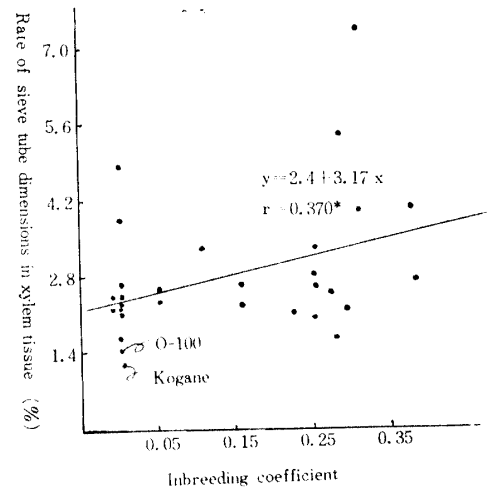


Fig. 37. Correlation between the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue and the inbreeding coefficient.

は、供試各系統の主要な祖先品種に対する近縁係数を求め、それぞれの近縁係数を示す系統数の変異を祖先品種別に示したものである。第55表から明らかのように、蔓無源氏は供試33系統中18系統の祖先品種となっており、しかも、供試系統との近縁度が高く近縁係数は0.25以上である。吉田、七福、潮州も多くの供試系統の祖先品種となっているが、供試系統との近縁係数はほとんど0.25以下で、近縁度は、概して、蔓無源氏より低い、また外国品種ではL-4-5、近縁種では、T<sub>11</sub>が交配母本として比較的多く用いられているのが認められる。

ii 供試系統の主要祖先品種に対する近縁係数と供

Table 55. Frequency distributions of coefficient of the relationship between the line used for observation and their ancestral varieties

Ancestral variety		Coefficient of relationship										Total number of line
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	
Internal variety	Tsurunashigenji					3		5	9		1	18
	Yoshida		9	4	5	3					1	22
	Shichifuku	6	3	9	4	2					1	25
	Shichifuku-298	2	3									5
	Choshu	11	4	5		1					1	22
	Genki	6	7		2							15
	Benikawa		7	8								13
	Nago-oranda	13										13
	Kurakawa	13										13
Foreign variety Related species	L-4-5			4		3					7	14
	T <sub>11</sub>			3		4						7

Table 56. Correlation coefficient between structural characters of young tuberous root and coefficient of the relationship to their ancestral varieties

Ancestral variety	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
Tsurunashigenji	0.328	0.121	0.275
Yoshida	-0.375	-0.286	0.048
Shichifuku	-0.479*	-0.184	-0.265
Choshu	-0.545*	-0.377	-0.039
L-4-5	-0.015	0.801*	0.267
T <sub>11</sub>	0.752	0.333	0.813*
Ancestral variety	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue
Tsurunashigenji	-0.030	0.046	0.017
Yoshida	0.386	0.594*	0.206
Shichifuku	0.149	0.275	0.455*
Choshu	0.457*	0.327	0.313
L-4-5	-0.417	0.216	-0.480
T <sub>11</sub>	-0.028	0.214	0.579
Ancestral variety	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division
Tsurunashigenji	-0.030	-0.278	-0.244
Yoshida	-0.246	0.421	0.721**
Shichifuku	-0.091	0.512**	0.693**
Choshu	-0.212	0.545**	0.737**
L-4-5	0.523	-0.130	0.446
T <sub>11</sub>	0.669	0.723**	0.446

note \*...significant at 5% level

\*\*\*...significant at 1% level

## 試系統の幼塊根の組織諸形質の特性との相関

供試系統の幼塊根の組織諸形質が祖先品種の影響をどの程度うけているかを明らかにするため、各系統の幼塊根の組織諸形質の測定値と、それら系統の各祖先品種に対する血縁程度との関連性を相関図および相関係数によって検討した。血縁程度は近縁係数の大小によって判定した。第56表は各系統の幼塊根の組織諸形質の測定値とその系統の主要な祖先品種に対する近縁係数との相関関係を示したものである。なお、これらの相関関係の中で代表的あるいは特徴的なものについては、第38図以下に相関図を示した。

第56表および第38図から明らかなように供試近交系統の皮部の厚さと、祖先品種である七福および潮州に対する近縁係数との間には5%水準で有意な負の相関関係があり、皮部の厚さは七福および潮州との血縁関係が増大するに従って、うすくなる傾向がうかがえる。これに対し、第56表および第39図から明らかなように、蔓無源氏およびT<sub>11</sub>については有意ではないが正の相関があり、近交系統ではこれら品種・系統との血縁関係が増加するに従って皮部が厚くなる傾向が

うかがわれる。

つぎに、第56表および第40図から明らかなように、供試近交系統の皮部率とL-4-5に対する近縁係数との間には有意な正の相関があり、L-4-5との血縁関係が増加するに従って近交系統の皮部率は高くなる傾向がある。

また、第56表および第41図から明らかなように、皮部の篩管面積とT<sub>11</sub>に対する近縁係数との相関係数は有意な正の値を示し、近交系統がT<sub>11</sub>との血縁関係を増加するに従って、皮部の篩管面積も増加する。

同様に第56表および第42図から明らかなように、近交系統の皮部の篩管面積率と、祖先品種潮州に対する近縁係数との間にも有意な正の相関があり、近交系統の皮部の篩管面積率は潮州との血縁関係が増加するに従って高くなる傾向がうかがわれる。

また、第56表および第43図から明らかなように、近交系統の木部の篩管面積と、祖先品種吉田に対する近縁係数との相関係数は有意な正の値を示し、近交系統の木部篩管面積は吉田との血縁関係が高くなるに従って増加する傾向が認められる。

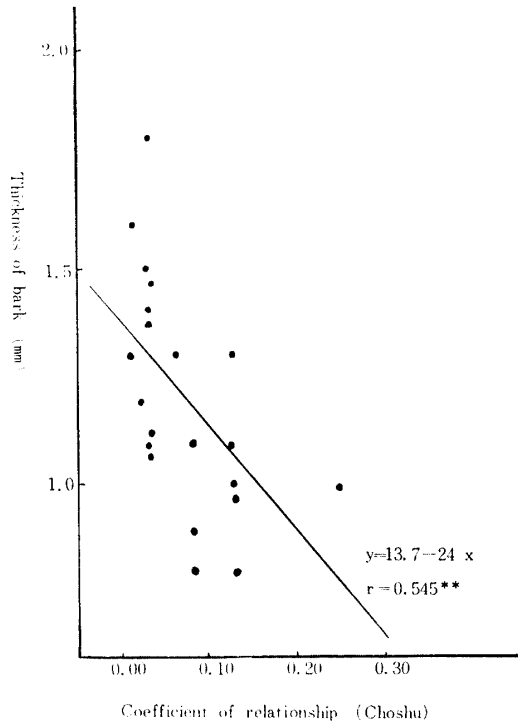


Fig. 38. Relationship between the bark thickness in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Choshu.

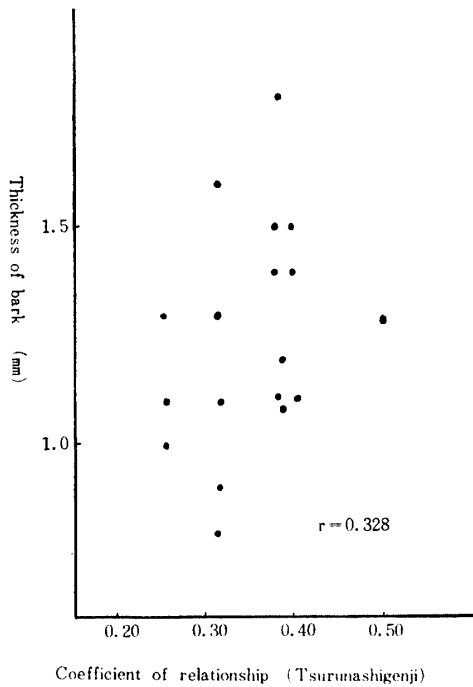


Fig. 39. Relationship between the bark thickness in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Tsurunashigenji.

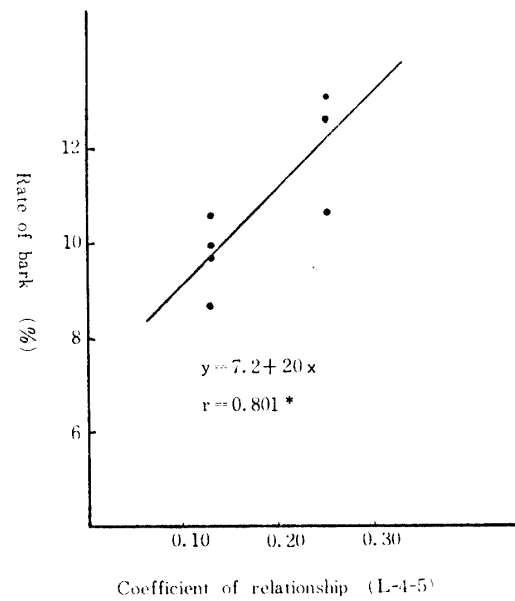


Fig. 40. Relationship between the bark rate in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety L-4-5.

おなじく、第56表および第44図から明らかなように、木部の篩管面積率と、祖先品種七福に対する近縁係数との相関係数は有意な正の値を示し、近交系統の木部の篩管面積率は七福との血縁関係が高くなるに従って増加する傾向が認められる。

さらに、第56表および第45図から明らかなように、木部の柔細胞の大きさと、祖先品種七福、潮州およびT<sub>11</sub>に対する近縁係数との相関係数はいずれも有

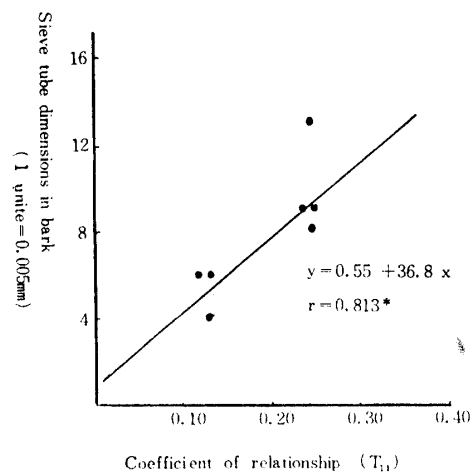


Fig. 41. Relationship between the sieve tube dimensions in bark in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety T<sub>11</sub>.

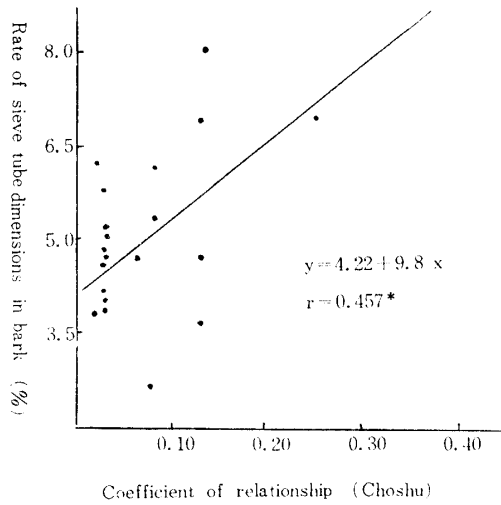


Fig. 42. Relationship between the rate of sieve tube dimensions in bark in inbred lines and the relationship coefficient of the line to their ancestral variety Choshu.

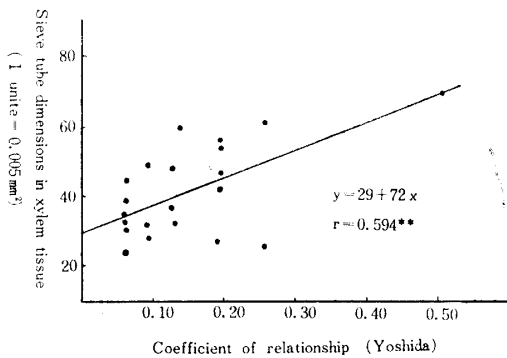


Fig. 43. Relationship between the sieve tube dimensions in xylem tissue in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Yoshida.

意な正の値を示し、近交系統の木部の柔細胞の大きさはこれら祖先品種との血縁関係が高くなるに従って大きくなる傾向がある。

最後に、第56表および第46図から明らかなように、近交系統の木部の大型柔細胞分裂の頻度と、祖先品種吉田、七福および潮州に対する近縁係数との間にも有意な正の相関関係があり、近交系統とこれら祖先品種との血縁関係が高くなるに従って、大型柔細胞分裂の頻度も増加する傾向が認められる。

塊根組織諸形質に対する特定の祖先品種の遺伝的作用力、交雑実験により、さらに厳密に検討する必要があるが、以上の結果から、供試高でん粉近交系統の幼塊根の組織諸形質が、単なる近交弱勢の影響のみでなく、特定の祖先品種の影響を強く受けていることは

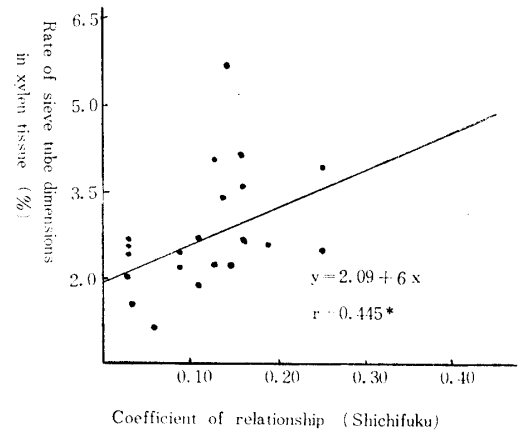


Fig. 44. Relationship between the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Shichifuku.

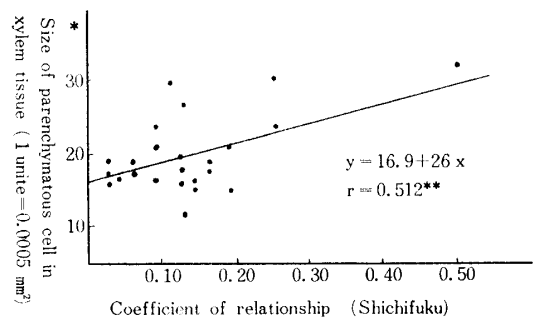


Fig. 45. Relationship between the size of parenchymatous cell in xylem tissue in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Shichifuku.

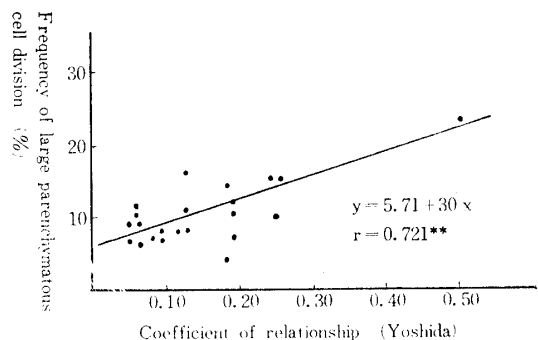


Fig. 46. Relationship between the frequency of large parenchymatous cell division in inbred lines and the relationship coefficient of the lines to their ancestral variety Yoshida.



明らかである。

#### 第4節 考察

わが国の甘しょ品種は少数の祖先品種から出発したもので、高でん粉系統間の交配は必然的に同一祖先品種間またはその祖先品種と血縁関係にある品種・系統間の交配を反覆するようになる。その結果、たとえば第55表に示されるように、本章の供試系統についても、その多くは、高でん粉祖先品種蔓無源氏との近縁係数が25%以上となっている。

著者は、第4章において、木部柔組織における柔細胞の増生の中で、大型柔細胞分裂はでん粉含有率を下げることが、二次形成層による柔細胞の増生は維管束の分化を伴うので、でん粉含有率を下げることなく、塊根の肥大をおこなうことができることを明らかにした。

しかるに、ここに供試した近交系統では、近交係数の増加にともなって、木部の篩管面積率は向上しているが、この篩管面積率の向上は、第54表に示されるように、幼塊根の乾物率の向上には直接貢献していない。したがって、幼塊根の乾物率はむしろ、移行された同化炭水化物が如何に利用されるかによって、決定されるものと考えられる。すなわち、本章の供試材料では、第54表から明らかのように、幼塊根の乾物率の向上は木部柔組織における大型柔細胞分裂の頻度の減少に依存しているように推察される。このような、供試近交系統における大型柔細胞分裂の頻度の減少とでん粉含有率の向上は近交系統が、吉田および七福などの遺伝的成分を排除し、蔓無源氏を中心として養成された結果ではないかと考えられる。その根拠は以下のごとくである。すなわち、既述の観察結果から、(i) 蔓無源氏との近縁度が高くなるとともに皮部の厚さ、皮部の篩管面積は多少増加する傾向が認められること、従って、蔓無源氏を反覆して交配に用いても、一次形成層の分裂活性が極端に弱勢化しないのではないかと考えられる(第56表)、(ii) 蔓無源氏と血縁関係にある系統は大型柔細胞分裂の頻度が少ない傾向を示している(第56表)、(iii) 一方、吉田および七福との血縁関係が高くなれば、木部の道管面積およびその面積率、大型柔細胞分裂の頻度は大きくなるが、皮部の厚さは、急速にうすくなり、皮部の篩管面積も減少する傾向を示し、従って、一次形成層の分裂活性の弱勢化がおり、塊根の肥大が妨げられるのではないかと考えられる。

従って、今後は、皮部の篩管はある程度発達するが、

木部の大型柔細胞分裂の頻度が極度に減少する蔓無源氏型(皮部篩管発達型)のみでなく、木部柔組織内における二次形成層の発達の良い型(木部内篩管発達型)の母本を養成する必要があるのではないかと考えられる。また、本供試材料の観察結果から、母本を養成する場合の高でん粉含有率に対する強い選抜は、このような二次形成層の発達に関与している遺伝子を失う可能性もあるのではないかと考えられる。

てん菜では、ARTSCHWAGER<sup>4)5)</sup>が二次形成層の密度と蔗糖含量との関連性を指摘し、OLAH<sup>38)</sup>は形成層輪数の平均11.4のてん菜と平均6.6の飼料用ビートとの交雑F<sub>1</sub>で平均8.6の形成層輪が認められたことを報告している。これらの報告は、維管束の発達が含有成分量と密接な関連があることを示しているものと考えられる。

本章に供試した系統の中で、沖繩百号および農林七号は大型柔細胞の分裂頻度は大きい、皮部における篩管の発達が顕著な品種であり、従来試験結果からも収量に関する組合せ能力が高いことが認められており興味深い。沖繩百号および農林七号以外にも皮部における篩管面積の良い1、2の系統(S24—365、九系17—3028)が認められる。従って、これらの系統を中心として、二次組織の発達がどのような遺伝的支配を受けているかを明らかにすることは、でん粉含有率と塊根肥大性との両形質の向上を期するために興味ある問題と考えられる。

#### 第5節 摘要

- 1 高でん粉近交系統の生育初期における幼塊根の組織諸形質の特性を観察した。
- 2 皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度には顕著な系統間変異が認められる。
- 3 幼塊根の直径と皮部の厚さとは正の相関を示し、概して、近交係数が小さい系統は幼塊根の直径が大で皮部が厚く、近交係数が大きい系統は根径が小で皮部がうすい場合が多い。
- 4 幼塊根の直径と皮部率とは負の相関を示し、近交係数が小さい系統は根径が大で皮部率が小さく、近交係数が大きい系統は根径が小さく、皮部率が高い場合が多い。
- 5 幼塊根の直径と木部の柔細胞の大きさは正の

相関を示し、近交係数が小さい系統は根径が大で木部の柔細胞も大きい、近交係数が大きい系統は根径は小で木部の柔細胞も小さい場合が多い。

6 幼塊根の乾物率と皮部の篩管面積とは負の相関を示し、近交係数が高い系統は乾物率が高く皮部の篩管面積は小さく、近交係数が小さい系統は乾物率が低く皮部の篩管面積が大きい場合が多い。

7 幼塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂とは負の相関を示し、近交係数が大きい系統は乾物率が高く木部の大型柔細胞分裂の頻度は少なく、近交係数が小さい系統は乾物率が低く大型柔細胞分裂の頻度が高い場合が多い。

8 近交係数と木部内篩管面積とは正の相関を示し、近交係数の増加に伴って、木部内篩管面積率が増加している。

9 供試近交系統のでん粉含有率の向上は、主として、大型柔細胞分裂の頻度および皮部の篩管面積の減少に依存しており、篩管面積率には依存していない。

10 供試近交系統の幼塊根組織の各形質と、特定の祖先品種との近縁係数の間に関連性が認められ、近交系統の塊根の皮部の厚さおよび皮部の篩管面積は、祖先品種蔓無源氏との近縁度とともに増加し、木部の篩管面積、木部柔細胞の大きさ、および大型柔細胞分裂の頻度は、祖先品種吉田、七福、潮州などとの近縁度とともに増加する。

## 第8章 甘しょと *I. trifida* との種間雑種諸系統における幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度および生育後期塊根のでん粉含有率との関係

### 第1節 緒言

*I. trifida* は、1955年、京都大学西山市三教授により、メキシコから種子で導入された甘しょの近縁野生種であり、甘しょ品種に比べ、蔓が細く、巻性があり、根部も梗根程度に発達するにすぎない全くの野生型である<sup>30) 31)</sup>。しかし、甘しょ品種との交配が可能であり、その種間雑種第一代系統 ( $F_1$ ) は、*I. trifida* と甘しょ品種のほぼ中間の性状を示し、根は塊根を形成する。この種間雑種第一代系統 ( $F_1$ ) と甘しょ品種とを交配した戻し交配第一代系統 ( $B_1$ ) は、甘しょの品種間交配による雑種系統と大差はみられなくなる。これ

らの種間雑種系統の中には、線虫抵抗性ならびに高でん粉含有の系統が出現し、すでに高でん粉系統九州58号などのすぐれた系統も選抜されている<sup>46) 47)</sup>。これら種間雑種系統は従来の甘しょ品種とはその来歴を非常に異にするので、塊根の組織諸形質においても、前章までに明らかにした甘しょ品種・系統とは異なる特性を示すのではないかと考えられる。

本章は以上の観点から、上記種間交雑によって得られた高でん粉系統のでん粉含有率の向上が塊根のどのような組織諸形質の特性と関連しているかを明かにするため、前章までの知見に基づき、甘しょ品種、*I. trifida* およびそれらの種間雑種諸系統の幼塊根組織諸形質を比較検討したものである。

### 第2節 実験材料および実験方法

供試系統は甘しょ7品種、甘しょの高でん粉選抜系統5系統、*I. trifida* 7系統、種間雑種第一代系統 ( $F_1$ ) 4系統、 $F_1$  雑種を甘しょ品種へ1回戻し交配した系統 ( $B_1$ ) 4系統、同じく甘しょ品種へ2回戻し交配した系統 ( $B_2$ ) 9系統、 $B_1$  雑種間の交配系統 ( $B_1 \times B_1$ ) 7系統、合計46系統であり、その来歴は第57表に示すとおりである。

苗は農林省九州試験場より分譲をうけ、1963年6月19日に圃場に栽植した。組織標本を作製するための材料の採取は栽植1か月後の7月19日におこなった。材料の採取方法、および標本作製方法は第7章と同様である。なお雑種系統が育成過程の系統で苗数が充分に得られなかったため、でん粉含有率の指標を得るためには組織標本の作製に供する材料を採取後、その蔓先を用いて7月20日に7節苗を4節の斜挿に栽植し、これを10月20日に収穫して第7章と同様の方法により各系統の塊根の乾物率を測定した。組織諸形質の測定方法は第4章および第5章とほぼ同様であるが、その詳細については実験結果とともに述べる。

### 第3節 実験結果

#### 1 幼塊根の諸形質および生育後期塊根のでん粉含有率の品種・系統間変異

##### i 幼塊根の肥大程度

幼塊根の肥大程度に関する系統間変異を明らかにするため、組織標本を作成した幼塊根の最肥大部最大直径を測定した。測定数は系統あたり10個体である。各系統の測定平均値の変異は第58表に示すとおりで

Table 57. Varieties or lines used for observations

Group of lines	Name	Source of origin
Sweet potato variety	Norin No. 2 (N-2)	Introduce from U.S.A.
	Okinawa No. 100 (O-100)	
	Tamayutaka	
	Kyushu No. 34 (K 34)	
	Kyushu No. 38	
	Kanto No. 48	
Sweet potato line selected for high starch content	L-4-5	Kyushu No. 34 × Kurakei 7-1290 Kyushu No. 34 × Kanto No. 45 " × " " × " " × "
	Kyukei 14-54	
	S. 106-152	
	S. 106-464	
	S. 106-598	
<i>I. trifida</i> line	S. 106-331	Introduce from Mexco " " " " " "
	T <sub>5</sub>	
	T <sub>6</sub>	
	T <sub>11</sub>	
	T <sub>12</sub>	
	T <sub>19</sub>	
	T <sub>20</sub>	
Interspecific hybrid F <sub>1</sub> line	T <sub>100</sub>	Kanto No. 48 × T <sub>5</sub> " × " " × " " × " Kyushu No. 34 × T <sub>100</sub> " " " "
	Kyukei 15-2120	
	Kyukei 15-2164	
	I. 15-163	
	I. 15-145	
	I. 116-132	
B <sub>1</sub> line**	I. 116-139	Kanto No. 48 × LM-17* " × " " × " " × "
	I. 117-81	
	I. 95-57	
	I. 95-193	
B <sub>2</sub> line**	I. 95-206	Kyushu No. 38 × I. 95-193 " " " Kyushu No. 38 × I. 95-57 " × " " × " " × " " × " I. 95-193 × Kyushu No. 38 " " " "
	I. 95-214	
	I. 120-22	
	I. 120-150	
	I. 121-47	
	I. 121-71	
	I. 121-82	
	I. 121-85	
	I. 121-98	
I. 125-3		
(B <sub>1</sub> × B <sub>1</sub> <sup>1</sup> ) line	I. 125-36	I. 95-57 × I. 95-206 " × " " × " " × " I. 95-206 × I. 95-57 " " " "
	I. 125-47	
	I. 127-6	
	I. 127-11	
	I. 127-65	
	I. 127-87	
	I. 128-67	I. 95-206 × I. 95-57 " " " " " "
	I. 128-182	
	I. 128-185	

note \* LM-17... (L-4-5 × T<sub>11</sub>)  
\*\* B<sub>1</sub>... (sweet potato variety × F<sub>1</sub> hybrid) line  
B<sub>2</sub>... (sweet potato variety × B<sub>1</sub>) line

Table 58. Frequency distributions of the diameter of young tuberous root (mm)

Group of line	Class interval							No. of lines	Mean	Standard deviation	
	2	4	6	8	10	12	14				16
Sweet potato variety			1		3	1	1	1	7	9.9	3.39
Sweet potato line selected for high starch content		1		1	2	1			5	8.8	1.50
<i>I. trifida</i> line		7							7	3.0	0.82
Interspecific hybrid F <sub>1</sub> line			2		2		3		7	8.6	3.95
B <sub>1</sub> line		1		1	1	1			4	8.0	3.16
B <sub>2</sub> line			1	1	2	4	1		9	9.7	2.29
(B <sub>1</sub> × B <sub>1</sub> ) line		1	1	5					7	6.1	1.57

ある。第 58 表から明らかなように、*I. trifida* はいずれの系統も根径 4 mm 以下であって、その根部は塊根として肥大する能力を欠き、梗根状を呈していた。これに対し、甘しょと *I. trifida* との種間雑種第一代系統 (F<sub>1</sub>) では、塊根の直径が 4~14 mm の範囲に分布し、甘しょ品種の塊根の直径の分布とほぼ同じであり、種間雑種第一代系統の幼塊根の肥大能力は甘しょ品種に劣らないことを示している。また、1 回戻し交配系統 (B<sub>1</sub>) 2 回戻し交配系統 (B<sub>2</sub>) も、種間雑種第一代系統とほぼ同様の根径の分布を示している。甘しょ品種への 1 回戻し交配系統間の交配による後代系統 (B<sub>1</sub> × B<sub>1</sub>) では、上記の種間雑種系統群よりやや根径が小さい系統が多い。これは、近交弱性の効果を示す結果ではないかと考えられる。一方、甘しょの高でん粉選抜系統の中にも、幼塊根の肥大生長が甘しょ品種に劣らない系統も存在している。

#### ii 生育後期の塊根の乾物率

塊根のでん粉含有率を示す指標として、塊根の乾物率を測定した。実験方法の項で述べたように、栽植時期が遅れたため生育後期の塊根の乾物率は別におこなった実験成績に比較して、全供試品種・系統を通じてやや低い値を示したが、各品種の乾物率の高低の順位には大きな変化はなかったため、この測定結果は各系統の塊根のでん粉含有率の相対的な値を示す指標とし

て大過なきものと判断される。供試系統の塊根の乾物率の変異は第 59 表に示すとおりである。なお、*I. trifida* は梗根を形成するにすぎず、乾物率を測定するのに十分な材料が得られなかったため測定資料を欠いている。

第 59 表から明らかなように、*I. trifida* と甘しょとの種間雑種第一代系統 (F<sub>1</sub>)、およびその後代系統 (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> × B<sub>1</sub>) の中には甘しょ品種群に比較して、高乾物率の系統が多く存在し、甘しょの高でん粉選抜系統より更に高乾物率の系統も二、三認められる。

#### iii 皮部の厚さ

栽植 30 日後の幼塊根においては、すでに、皮層は脱落し、幼塊根の外側は第一次形成層から形成された篩部、および最外側のコルク形成層から形成された組織が発達している。第一次形成層の外側の部分は通常、広義の皮部と称されているが、この皮部の厚さの系統平均値の変異は第 60 表に示すとおりである。第 60 表から明らかなように、皮部の厚さは系統間で大きく変異し、*I. trifida* の諸系統は、甘しょ品種に比べると概して皮部がうすく、*I. trifida* と甘しょとの種間雑種第一代系統 (F<sub>1</sub>)、およびその後代系統 (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> × B<sub>1</sub>) は *I. trifida* と甘しょ品種の間に広く分布している。

#### iv 原生木部の放射列数

Table 59. Frequency distributions of the dry matter percentage of young tuberous root (%)

Group of line	Class interval							No. of lines	Mean	Standard deviation	
	20	22	24	26	28	30	32				34
Sweet potato variety	1	1		2		3			7	25.3	3.51
Sweet potato line selected for high starch content							2	2	4	32.7	1.15
<i>I. trifida</i> line									—	—	—
Interspecific hybrid F <sub>1</sub> line			1	3	1	1		1	7	29.0	3.16
B <sub>1</sub> line					1	2		1	4	31.5	2.38
B <sub>2</sub> line			1	2	1	4	1	1	10	30.4	3.01
(B <sub>1</sub> × B <sub>1</sub> ) line				1	2		1		4	30.0	2.45

Table 60. Frequency distributions of bark-thickness (mm)

Group of line	Class interval											No. of lines	Mean	standard deviation	
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6				
Sweet potato variety		1					4		1			1	7	1.1	0.27
Sweet potato line selected for high starch content						1		1	2				4	1.2	0.14
<i>I. trifida</i> line	2		2	2	1								7	0.8	0.15
Interspecific hybrid					1		1	3				2	7	1.2	0.21
F <sub>1</sub> line					1		1	3				2	7	1.2	0.21
B <sub>1</sub> line		1					1		1	1			4	1.1	0.31
B <sub>2</sub> line			1		1		2	3			2		9	1.2	0.22
(B <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ) line		1			1		3		2				7	1.1	0.20

Table 61. Frequency distributions of a lot of radially arranged ridges in xylem system

Group of line	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2				
Sweet potato variety			1	3			2			1	7	5.3	0.47
Sweet potato line selected for high starch content	1	1	2	1							5	5.0	0.18
<i>I. trifida</i> line	2	2	1	2							7	5.0	0.33
Interspecific hybrid	1			1		1	3	1			7	5.4	0.43
F <sub>1</sub> line	1			1		1	3	1			7	5.4	0.43
B <sub>1</sub> line	1	2				1					4	4.9	0.34
B <sub>2</sub> line	1			3	1	3	1				9	5.2	0.32
(B <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ) line	2	2				1	1	1			7	5.1	0.49

Table 62. Frequency distributions of the development degree of parenchymatous tissue intercalated (%)

Group of lines	Class interval								No. of lines	Mean	standard deviation
	2	4	6	8	10	12	14	16			
Sweet potats variety	1	1	1		3	1			7	6.8	3.91
Sweet potato line selected for high starch content	4	1							5	1.2	1.08
<i>I. trifida</i> line	7								7	0.2	0.30
Interspecific hybrid		3	1	1		1		1	7	6.6	4.77
F <sub>1</sub> line		3	1	1		1		1	7	6.6	4.77
B <sub>1</sub> line	1	2				1			4	4.7	3.65
B <sub>2</sub> line		1	1	1	4	2			9	8.1	2.89
(B <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ) line	1	2	2	2					7	4.3	2.29

原生木部の放射列数の系統平均値の変異は第 61 表に示すとおりである。 *I. trifida* の諸系統および甘しょの高でん粉選抜系統の中には放射列数が多い系統 (5.4 以上) は認められないが、甘しょ品種、および甘しょ品種と *I. trifida* との種間雑種第一代系統 (F<sub>1</sub>)、ならびにその後代系統では少ない系統から多い系統まで、比較的広い範囲に分布している。

V 介在柔組織の発達程度

第 6 章において述べたごとく、中央後生木部道管と原生木部道管との間に介在する柔組織の発達程度は、

中央道管と各原生木部道管との平均距離を全根径で除して、これを百分率で示した。第 62 表はこのようにして算出した介在柔組織の発達程度の系統間変異を示したものである。

第 62 表から明らかなように、 *I. trifida* の諸系統はいずれも介在柔組織の発達が悪く、7 系統中 4 系統では中央道管と原生木部とが接して、介在柔組織は認められず、3 系統ではわずかに認められた。

甘しょの高でん粉選抜系統群の介在柔組織の発達程度がいずれも悪いことは第 7 章の結果と一致する。甘

Table 63. Frequency distributions of the development degree of secondary vascular cambium

Group of lines	class interval*												No. of lines	Mean	Standard deviation
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
Sweet potato variety				1	1	1	3	1					7	10.7	2.63
Sweet potato line selected for high starch content			1	1	1	1		1					5	9.2	4.02
<i>I. trifida</i> line	7												7	0.1	0.37
Interspecific hybrid															
F <sub>1</sub> line				3	1		1			1		1	7	12.0	6.93
B <sub>1</sub> line		2			1	1							4	6.0	1.69
B <sub>2</sub> line				1	1		1	2	3	1			9	13.8	4.06
(B <sub>1</sub> × B <sub>2</sub> ) line	1	2		1	1		2						7	6.7	4.72

\* 1 unite = 100%

しょ品種、および *I. trifida* と甘しょとの種間雑種諸系統では、介在柔組織の発達が悪なものから、良好なものまで幅広く分布している。なお F<sub>1</sub> 系統群の中に甘しょ品種より更に発達良好な系統があり、一方、(B<sub>1</sub> × B<sub>1</sub>) 系統群の中に発達良好な系統が存在しないことは、この形質に関するヘテロシスと近交弱勢の影響を示唆しているのではないかと考えられるが、この点については後章で述べる。

## vi 二次形成層の発達程度

第2章において述べたごとく、木部柔組織内で維管束を形成する分裂細胞層を全て第二次形成層とし、以下の方法で二次形成層の長さを測定して、その発達程度の指標を算出し比較した。すなわち、まずプレパラートを40倍に拡大した映像を projection screen に投影し、次に、メカニカル・ステージにより、プレパラートを塊根の直径にそって移動せしめ、projection screen に投影されて視野内に現われる全ての二次形成層の長さ（または円周）を curvimeter によって trace して測定し、その長さの総和を根の直径で除して、二次形成層の発達程度の指標とした。第63表はこのような方法によって測定算出した二次形成層の発達程度

の系統による変異を示したものである。

第63表から明らかなように、*I. trifida* の二次形成層の発達程度は極めて不良であり、7系統中4系統において、わずかに認められたにすぎない。これに対し、*I. trifida* と甘しょとの種間雑種第一代系統では二次形成層が甘しょ品種と同程度に発達し、そのうち2系統は甘しょ品種より発達が良好である。

1回戻し交配系統 (B<sub>i</sub>) には甘しょ品種より二次形成層の発達が悪い系統もあるが、2回戻し交配9系統 (B<sub>2</sub>) の中には、甘しょ品種より発達良好な系統が4系統も存在している。一方、1回戻し交配系統間の交配後代 (B<sub>1</sub> × B<sub>1</sub>) には、二次形成層の発達程度の著しく不良な系統があり、かつとくに発達良好な系統はない。なお、甘しょ高でん粉選抜系統の二次形成層発達程度は甘しょ品種と大差はない。

## vii 皮部の篩管面積率

一次形成層より外側は広義の皮部であるが、この皮部の形成層に近接する部分は、組織学的には篩部であって、多数の篩管が認められる。皮部組織の中でこの篩管の占める割合を次の方法により測定した。すなわち、組織標本の最大根径部をその直径にそって移動せ

Tabl 64. Frequency distributions of rate of sieve-tube dimensions in bark (%)

Group of lines	Class interval												No. of lines	Mean	Standard deviation
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
Sweet potato variety			1	4	1	1							7	7.4	1.90
Sweet potato line selected for high starch content			2	2									4	5.8	1.12
<i>I. trifida</i> line					2	1	2	1				1	7	13.2	4.60
Interspecific hybrid															
F <sub>1</sub> line			2	4	1								7	6.4	1.13
B <sub>1</sub> line		1	1	2									4	5.4	1.69
B <sub>2</sub> line		2	4	3									9	5.3	1.59
(B <sub>1</sub> × B <sub>1</sub> ) line			3	3	1								7	6.3	1.37

Table 65. Frequency distributions of rate of sieve-tube dimensions in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval												No. of lines	Mean	Standard deviation
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0				
Sweet potato variety				1	1	1	3	1					7	3.3	0.68
Sweet potato line selected for starch content				1	2			1					4	3.1	0.68
<i>I. trifida</i> line	6	1											7	0.3	0.57
Interspecific hybrid		1	1		3	2							7	2.6	0.80
F <sub>1</sub> line				1	1		2						4	1.8	1.42
B <sub>1</sub> line				1	1		2						4	1.8	1.42
B <sub>2</sub> line	1		3		1	2				1		1	9	2.8	1.55
(B <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ) line			1	1	2	1	2						7	2.9	0.66

しめつつ、一次形成層外側から表皮まで観察し、視野内に入る篩管面積を方眼マイクロメーターによって算出して、全測定面積に対する割合、すなわち篩管面積率(%)を算出した。第64表は上記方法により算出した供試諸系統の皮部の篩管面積率の変異を示したものである。第64表によれば、*I. trifida*の諸系統には甘しょ品種に比べ、皮部の篩管面積率が高いものが多い。しかし、甘しょと*I. trifida*との雑種系統は、いずれも、甘しょ品種にほぼ近い変異を示している。

viii 木部の篩管面積率

木部柔組織に二次的に分化する篩管は皮部の篩管とともに有機養分の通導組織として、塊根の肥大生長やでん粉蓄積と密接な関係があると考えられる。この木部内の篩管面積率を次の方法により算出した。すなわち、組織標本において一次形成層の内径が最大となる部位を選定し、組織標本をその直径にそって移動せしめ、視野内に認められる篩管面積を方眼マイクロメーターの網目によって算定して観察した全面積に対する比率(%)を求め、これを、木部の篩管面積率とした。第65表は、上記方法により算出した木部の篩管面積率の系統変異を示したものである。

第65表によれば、*I. trifida*の諸系統はいずれも甘

しょ品種に比し、木部の篩管面積率が極めて小さい。なお、*I. trifida*の諸系統は第58表において示したように、殆んど肥大せず梗根状を呈し、一次形成層の発達には認められるが、木部柔組織は殆んど木化しており、わずかに、原生木部の放射列の外側部に放射状に柔組織を残すのみで、7系統中、4系統では、木部内に篩管は認められない。*I. trifida*は甘しょ品種に比し、篩管面積率が少ない。2回戻し交配系統群(B<sub>2</sub>)には、篩管面積率が少ないものから、甘しょ品種群よりさらに大なる系統まで含まれ、変異の幅が広い。また、甘しょの高でん粉選抜系統群と甘しょ品種群との間にはほとんど差異が認められない。

ix 木部の道管面積率

木部の道管面積率を前記篩管面積率と同様の方法により算出した。第66表は供試系統の木部道管面積率の変異を示したものである。

第66表によれば、*I. trifida*の各系統では、道管面積率が極めて高い。これは、前述のごとく、木部柔組織が殆んど木化しているためである。しかし、*I. trifida*と甘しょとの種間雑種系統群では甘しょ品種群の変異と大差がない。

X 木部の柔細胞の大きさ

Table 66. Frequency distributions of vessel-dimensions in xylem tissue

Group of lines	Class interval														No. of lines	Mean	Standard deviation			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	...	40	50				60	70	
Sweet potato variety	4		1														7	8.0	7.36	
Sweet potato line selected for high starch content	3		1														4	4.3	1.91	
<i>I. trifida</i> line														1	4	1	1	7	57.8	9.38
Interspecific hybrid	2	2	1	2													7	3.9	2.13	
F <sub>1</sub> line																	4	8.5	4.45	
B <sub>1</sub> line		1	1		1	1											4	8.5	4.45	
B <sub>2</sub> line	2	4	3														9	3.3	1.88	
(B <sub>1</sub> ×B <sub>1</sub> ) line	1	2	1	1	1	1											7	7.3	3.31	

Table 67. Frequency distributions of the size of parenchymatous cell in xylem tissue ( $10^{-4}\text{mm}^2$ )

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
Sweet potato variety				1	3	1		1			6	49.7	12.23
Sweet potato line selected for high starch content				1	1	1	1				4	49.0	13.31
<i>I. trifida</i> line	6	1									7	7.7	2.14
Interspecific hybrid				2	2	1	2				7	48.9	12.93
F <sub>1</sub> line													
B <sub>1</sub> line		1		1			1			1	4	52.8	32.71
B <sub>2</sub> line				2	4	1		1		1	9	52.3	20.17
(B <sub>1</sub> × B <sub>2</sub> ) line			1	3	1	1	1				7	42.1	15.00

Table 68. Frequency distributions of the divisions of large parenchymatous cell in xylem tissue (%)

Group of line	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30			
Sweet potato variety			2		1		1			1	7	15.5	7.58
Sweet potato line selected for high starch content		3	1								4	5.5	1.00
<i>I. trifida</i> line	7										7	0.6	0.79
Interspecific hybrid													
F <sub>1</sub> line		1	2	2			1	1			7	11.1	6.91
B <sub>1</sub> line		3	1								4	5.3	2.06
B <sub>2</sub> line				4	4	1					9	8.6	2.07
(B <sub>1</sub> × B <sub>2</sub> ) line		5	2								7	4.3	1.60

塊根の大部分を占める木部柔組織の細胞の大きさを、以下の方法により測定した。すなわち塊根の中心部と周辺部とのほぼ中間部で、維管束が発達していない部位を選定し、これを約98倍に拡大して36mmフィルムで撮影し、撮影された組織の面積を構成細胞数で除して、細胞一個の横断面積を算出した。各系統の柔細胞の大きさと、このようにして算出した細胞の大きさを10個の組織標本について平均した値であり、第67表はこのようにして算出された各系統の木部の柔細胞の大きさの変異を示したものである。

第67表によれば、*I. trifida*の木部柔細胞の大きさは、甘しょ品種に比較して極めて小さい。しかし、種間雑種第一代系統群(F<sub>1</sub>)は、甘しょ品種と同じ変異の巾を示している。また、1回房し交配系統群(B<sub>1</sub>)は*I. trifida*に近いものから、甘しょ品種よりさらに大きなものまで含んでいる。

#### Xi 木部の大型柔細胞分裂の頻度

前記細胞の大きさを算出した写真を用いて、大型柔細胞分裂を示している細胞数の頻度を算出した。第68表は、供試系統の大型柔細胞分裂の頻度の変異を示したものである。

第68表によれば、*I. trifida*の諸系統では、いずれも、甘しょ品種に比し大型柔細胞分裂の頻度が少な

い。種間雑種第一代系統群(F<sub>1</sub>)では甘しょ品種とはほぼ同様の変異の巾を示すが、その他の雑種系統群では甘しょ品種群より分裂頻度の少ない系統が多く、系統による変異の幅もせまい。なお、甘しょの高でん粉選抜系統は甘しょ品種より、概して大型柔細胞分裂の頻度が少ない。

#### 2 幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度との関係

前述のごとく、*I. trifida*の諸系統、甘しょ各品種および種間雑種諸系統相互間には幼塊根の組織諸形質に関して種々の程度の変異が認められたが、これらの諸系統において、幼塊根の組織諸形質の特性と幼塊根の肥大程度とがどのような関連性をもっているかを明らかにするため、幼塊根の組織各形質および幼塊根の直径の測定平均値を用いて、両者間の相関を算出した。その結果は第69表に示すとおりである。

第69表から明らかなように、幼塊根の直径に対して皮部の厚さ、介在柔組織の発達程度、二次形成層の発達程度、木部柔細胞の大きさおよび大型柔細胞分裂の頻度などの諸形質は正の相関を、また皮部の篩管面積率と木部の道管面積率は負の相関を示している。そこで、これら諸形質に関して、*I. trifida*甘しょ品種



Table 69. Correlation coefficients between structural characters of young tuberous root and the root-diameter

structural character	Correlation coefficient
Thickness of bark	0.762**
No. of radially arranged ridge in protoxylem system	0.051
Degree of development of parenchymatous tissue intercalated	0.591**
Degree of development of secondary vascular cambium	0.701**
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.638**
Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	0.209
Rate of vessel dimensions in xylem tissue	-0.671**
Size of parenchymatous cell in xylem	0.775**
Frequency of large parenchymatous cell division	0.612**

note \*\*.....significant at 1% level

および種間雑種諸系統群が幼塊根の直径に対してどのような分布を示すかを相関図によって検討した。その結果、特徴のある分布を示したものについて以下に述べる。

i 皮部の厚さと幼塊根の直径

第47図は皮部の厚さと塊根の直径とに関する系統の分布を示したものである。第47図から明らかなように、*I. trifida* の諸系統 (△印) は、回帰直線の下側に分布し、甘しょ品種 (○印) の多くは回帰直線の上

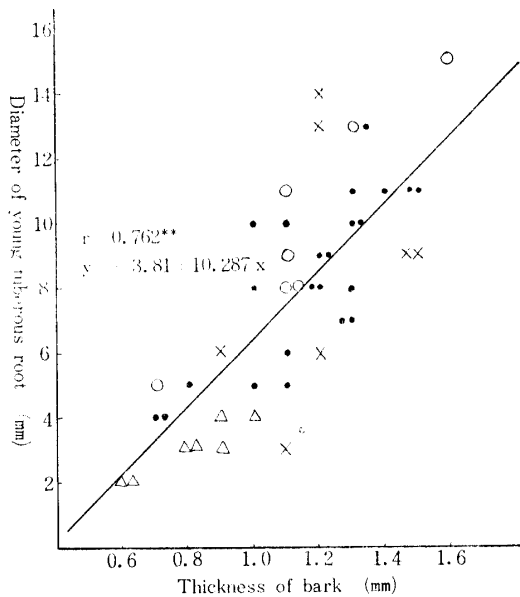


Fig. 47. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the bark thickness.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

側に分布している。一方、種間雑種第一代諸系統 (×印) は回帰直線の下側と上側にほぼ同数ずつ分布している。すなわち、*I. trifida* の諸系統は、概して、根径に対して皮部が厚く、甘しょ品種は、根径に対して、皮部がうすい傾向が認められ、種間雑種第一代系統では、両者の中間的傾向を示している。なお、種間雑種第一代系統の中には根径に対して皮部が特に厚い系統と特にうすい系統とが存在している。

ii 介在柔組織の発達程度と幼塊根の直径

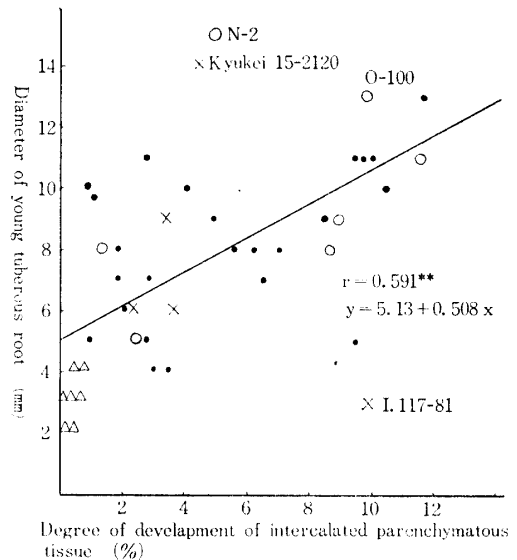


Fig. 48. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the developmental degree of intercalated parenchymatous tissue.

- ... sweet potatoes variety,
- △ ... *I. trifida* line
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>.
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

第48図は介在柔組織の発達程度と幼塊根の直径とに関する供試諸系統の分布を示したものである。

第48図から明らかなように、*I. trifida*の諸系統(△印)はすべて回帰直線の下側に分布している。なお、既述のごとく、*I. trifida*で介在柔組織の発達が認められたのは、供試7系統中3系統である。甘しょ品種は回帰直線の両側に分布し、とくに、農林二号は回帰線よりかなりはなれた上側に分布している。すなわち農林二号は介在柔組織の発達がそれ程顕著でないにもかかわらず根の直径が特に大なる品種である。また、*I. trifida*と甘しょとの種間雑種第一代諸系統(×印)の中には、農林二号と同様、介在柔組織の発達がそれ程顕著ではないにもかかわらず根径が大なる系統九系15-2120と、介在柔組織の発達良好な割には、根径が小なる系統I17-81とがあり、その他の種間雑種第一代系統は回帰線に近い直線の両側に分布している。なお、上記の介在柔組織がそれ程発達していないにもかかわらず、根径が大い九系15-2120は、後述のごとく、二次形成層の発達が極めて顕著な系統であり、農林二号も二次形成層の発達が比較的良好な品種である。

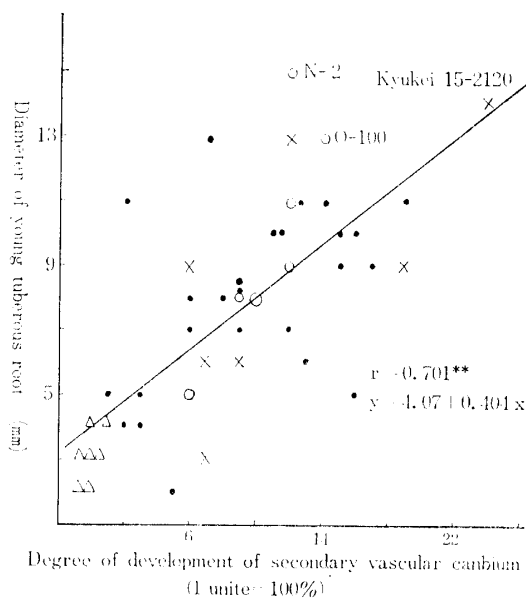


Fig. 49. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the degree of development of secondary vascular cambium.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

### iii 二次形成層発達程度と幼塊根の直径

第49図は二次形成層の発達程度と幼塊根の直径に関する系統の分布を示したものである。前述のごとく、*I. trifida*は、7系統中わずかに1系統に二次形成層が認められたのみで、第49図から明らかなように、*I. trifida*の諸系統(△印)はいずれも回帰直線の下側に分布している。甘しょ品種(○印)は回帰直線の上下に分布し、種間雑種第一代諸系統(×印)も甘しょ品種とほぼ同様に回帰直線の上下に分布している。なお、前述のごとく、甘しょ品種農林二号は比較的二次形成層の発達良好な品種ではあるが、回帰直線よりかなり隔った上側に位置しており、二次形成層の発達程度以上に塊根の肥大が大なる品種である。

### iv 皮部の篩管面積率と幼塊根の直径

第50図は皮部の篩管面積率と幼塊根の直径とに関する各系統の分布を示したものである。

前述のごとく、皮部の篩管面積率は全供試系統については根径と負の相関を示しているが、第50図から明らかなように、*I. trifida*の多くの系統(△印)は回帰直線の下側に、一方、甘しょの多くの品種(○印)は回帰直線の上側に分布しており、種間雑種第一代系

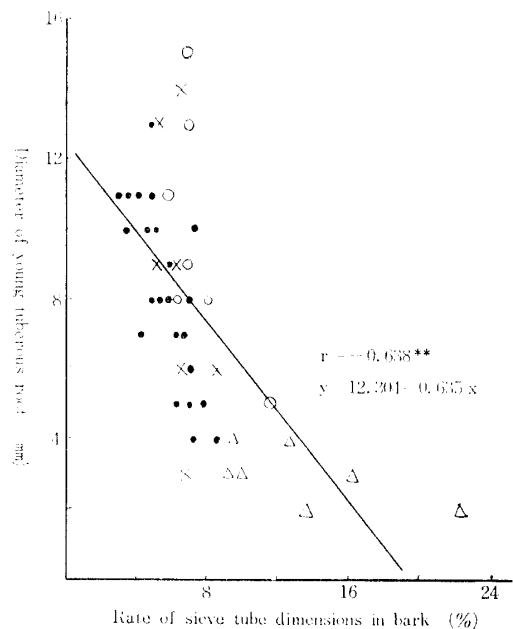


Fig. 50. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in the bark.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* lenec
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

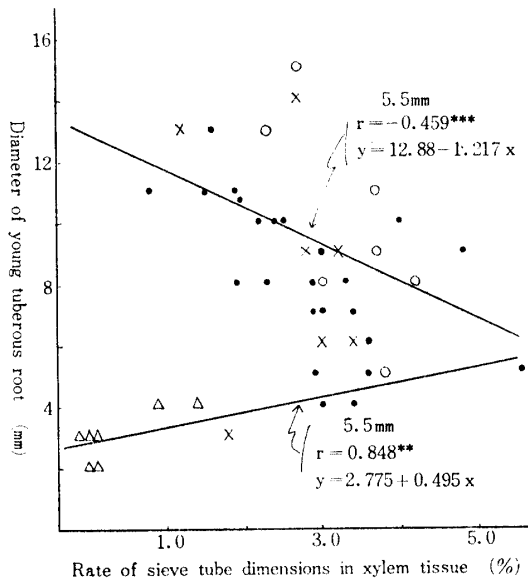


Fig. 51. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue of the root.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

統(×印)は, *I. trifida* と甘しょ品種との中間的分布を示し, 回帰直線の上, 下両側に分布している。

**V 木部の篩管面積率と幼塊根の直径**

第51図は木部の篩管面積率と幼塊根の直径に関する供試系統の分布を示したものである。第69表に示すごとく, 全供試系統についてみると両形質の相関は有意ではない。しかし, 第51図から明らかなように, 根の直径が5.5mm以下の系統群と5.5mm以上の系統群とに分けた場合, 前者では, 根の直径と木部の篩管面積率との間に正の有意な相関 ( $r = 0.848^{***}$  0.1%水準で有意) があり, 後者では, 負の相関 ( $r = -0.459^{***}$  1%水準で有意) が認められる。ちなみに, 根の直径が5.5mm以下の場合, 外観上, 肥大部位は必ずしも明確でなく, 根は梗根に近い形態を示し, 5.5mm以上になれば肥大部位が明瞭となり, 根は塊根としての外観を呈している。*I. trifida* の諸系統(△印)の根はいずれも直径が5.5mm以下であって, 梗根状を呈しており正の相関を示す回帰直線に沿って分布している。また, 甘しょ品種(○印)はいずれも, 根の直径が5.5mm以上であり, 負の相関を示す回帰直線の近くに分布している。さらに, 種間雑

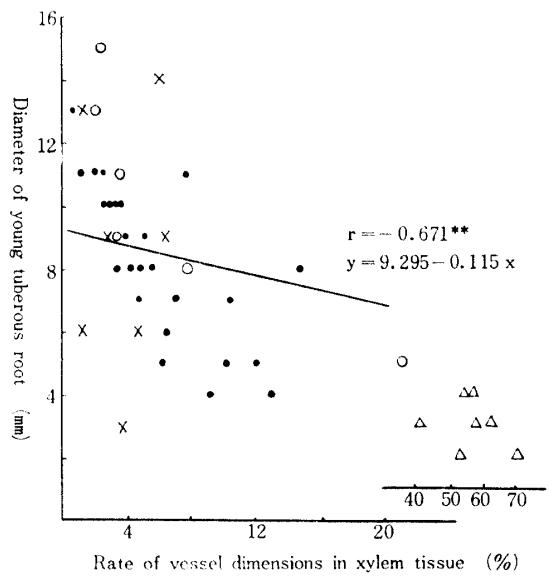


Fig. 52. Distribution of line in relation to the young tuberous root diameter and the rate of vessel dimensions in xylem tissue of the root.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line,
- × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,
- ... subsequent prsgeny of interspecific hybrid.

種第一代系統(×印)はそれぞれの根の直径の大小によって, いずれかの回帰直線の近くに分布している。

**Vi 木部の道管面積率と幼塊根の直径**

第52図は木部の道管面積率と塊根の直径とに関する供試系統の分布を示したものである。

第52図および第69表から明らかなように供試系統全体を通じてみると, 木部の道管面積率と塊根の直径とは負の相関を示し, 塊根肥大の良好な系統は概して, 木部の道管面積率が小さい。*I. trifida* の諸系統(△印)はいずれも, 根の直径が小さく, 木部の道管面積率はきわめて大である。また, 甘しょ品種(○印)は, 概して, 塊根の直径が大きくなるに従って木部の道管面積率は小さくなっている。しかし *I. trifida* と甘しょとの雑種第一代系統(×印)では, このような両形質間の関連性は認められない。なお, 甘しょへの戻し交配諸系統では, 甘しょへの戻し交配の回数が多くなるに従って, 甘しょ品種の分布に近づく傾向を示した。

**vii 木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径**

第53図は木部の柔細胞の大きさと幼塊根の直径とに関する供試系統の分布を示したものであ。第53図および第69表から明らかなように, 幼塊根の直径と

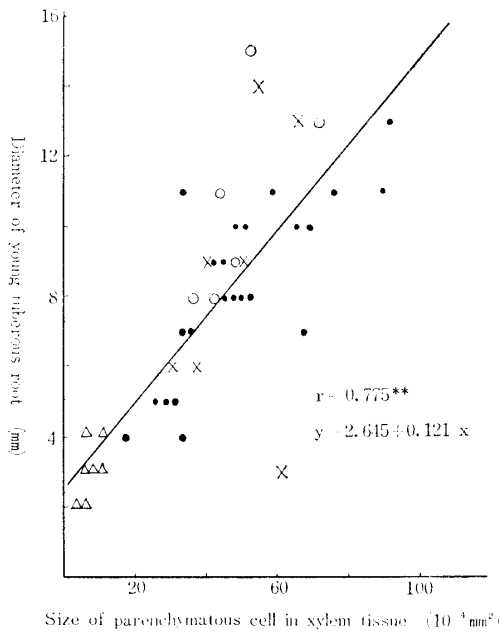


Fig. 53. Distribution of lines in relation to the young tuberos root diameter and the size of parenchymatous cell in xylem tissue of the root.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line,
- × ... interspecific hybrid  $F_1$ ,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

木部柔細胞の大きさと正に相関を示し、幼塊根の肥大が良好な系統は木部柔細胞も大きい傾向がある。すなわち、*I. trifida* の諸系統(△印)は根の直径は小で木部柔細胞の大きさも小さく、甘しょ品種(○印)は根の直径が大で柔細胞の大きさも大である。種間雑種第一代系統(×印)は根の直径および柔細胞の大きさに関して、甘しょ品種に近い分布を示している。

#### viii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と幼塊根の直径

第54図は木部の大型柔細胞分裂の頻度と幼塊根の直径とに関する供試系統の分布を示したものである。第54図および第69表から明らかなように、幼塊根の直径と木部の大型柔細胞分裂の頻度とは正の相関を示し、幼塊根の肥大程度が大なる系統は、概して、大型柔細胞分裂の頻度が大なる傾向を示している。たとえば、*I. trifida* の諸系統(△印)では根の直径が小さく大型柔細胞分裂の頻度も小さいが、甘しょ品種(○印)では比較的根の直径が大であり、かつ直径の増大と大型柔細胞分裂の頻度の増大とが比例関係を示してい

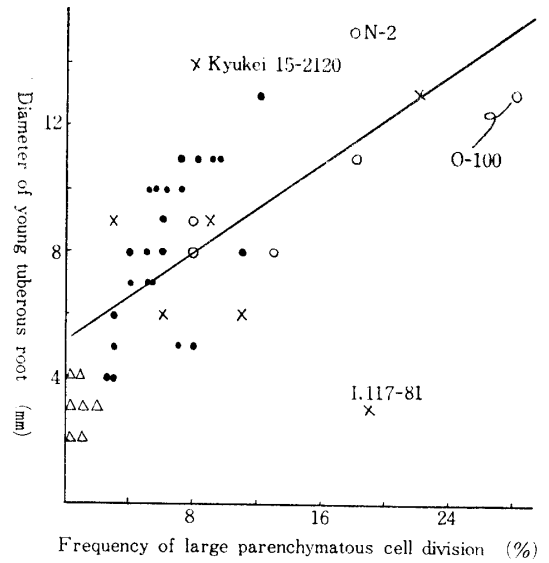


Fig. 54. Distribution of lines in relation to the young tuberos root diameter and the frequency of large parenchymatous cell-division in xylem tissue of the root.

- ... sweet potato variety,
- △ ... *I. trifida* line,
- × ... interspecific hybrid  $F_1$ ,
- ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

る。種間雑種第一代系統(×印)は両者の中間的な分布を示しているが、この中には回帰直線から隔たり、根径が大きいかにも拘わらず、大型細胞分裂頻度の小さな系統九系15-2120と、根径が小さいにも拘わらず大型柔細胞分裂の頻度の大きな系統I117-81とが存在している。なお、前者、九系15-2120が二次形成層の発達の良好な系統であることは前に述べておいた。

以上要するに、*I. trifida* 甘しょ品種および種間雑種を含む全供試系統を通じてみると、幼塊根の肥大程度と幼塊根の組織諸形質との間には第69表に示すとき相関関係が認められ、概して、種間雑種は甘しょ品種と*I. trifida*との中間の様相を示すが、その相関の内容をさらに詳細に検討すれば、種間雑種に特徴的な傾向が認められる。すなわち、例えば、第49図において、根の直径は二次形成層の発達と正の相関を示しているが、甘しょ品種では、二次形成層の発達程度は14(但し、1単位100%)が最高であり、根径が大なる品種でも二次形成層がこれ以上の発達程度を示すものはない。しかるに、種間雑種では根径の増加に伴って、これを凌駕する系統が6系統も出現しており、特に、九系15-2120の発達程度は顕著である。また、第51図において、根の直径が5.5mm以上の場合

Table 70. Correlation coefficients between the structural Characters of young tuberous root and the dry matter percentage of mature tuberous root

Structural character	correlation coefficient
Thickness of bark	0.160
No. of radially arragned ridges in protoxylem system	-0.198
Degree of development of parenchymatous tissue intercalated	0.163
Degree of development of sccondary vascular cambium	0.151
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.354*
Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	0.162
Rate of vessel dimensions in xylem tissue	-0.028
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	-0.118
Frequency of the division of large parenchymatous cell	-0.631**

についてみると、木部の篩管面積率と根の直径とは負の相関を示すが、甘しょ品種は該当する6品種中5品種はこの回帰直線の上側にある。種間雑種第一代系統、および戻し交配諸系統のうち、5系統は甘しょ品種と同様、この回帰直線からかなり上側にあるが大多数の系統はこの回帰直線上または、この回帰直線より下側に分布している。すなわち篩管面積率が同じ場合は種間雑種は概して甘しょ品種より根径が小さい。このことは、後で述べるでん粉蓄積能力と塊根組織諸特性とに関連して、興味深い事実である。また、第54図において、大型柔細胞分裂の頻度と根の直径とは正の相関を示すが、甘しょ品種と種間雑種第一代系統は回帰直線の上下に均等に分布しているのに対し、*I. trifida* は下側に、戻し交配系統は上側に分布する系統が多いこと、すなわち、種間雑種系統の中には、大型柔細胞分裂の少ない割に根径が大なる系統があることを示している。特に九系15-2120はこの傾向が顕著な系統である。幼塊根組織諸形質の特性における甘しょ品種と種間雑種の違いとして特にあげられる点は、種間雑種系統には二次形成層の発達の良好な系統が認められること、およびその反面、大型柔細胞分裂の頻度が少ない系統や道管周囲の柔細胞分裂（介在柔組織の発達）の少ない系統が認められること、さらに、同一篩管面積率の場合、種間雑種諸系統は、概して、甘しょ品種より根径が小さいことである。

3 幼塊根の組織諸形質の特性と生育後期の塊根の乾物率との関係

*I. trifida* と甘しょとの種間雑種系統の中に多くの高でん粉系統が得られているが、これらの系統におけるでん粉蓄積能力と塊根の組織諸形質の特性との関係が、これまでに甘しょ品種において認められた関係と

同様であるか、或いはまた、種間雑種特有の形質の発現が認められるかについて検討をおこなった。第70表は系統平均値を用いて組織諸形質と生育後期の塊根の乾物率との相関を示したものである。

第70表から明らかなように、塊根の乾物率と相関が認められるのは皮部の篩管面積率と木部の大型柔細胞

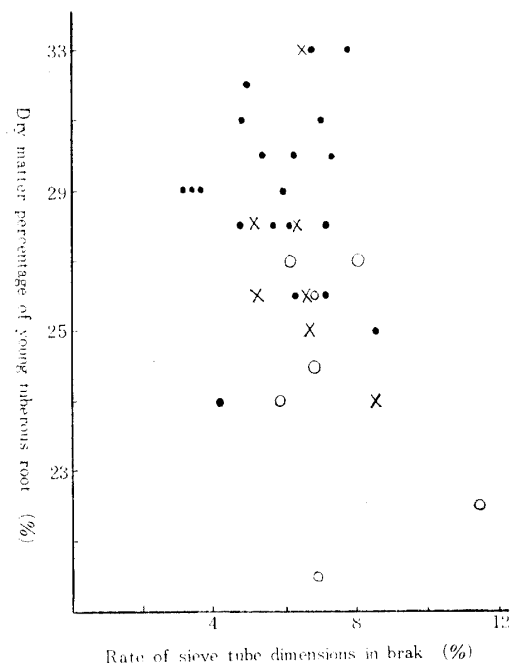


Fig. 55. Distributions of lines in relation to the dry matter percentage of young tuberous root and the rate of sieve tube dimensions in bark of the root.  
 ○ ... sweet potato variety,  
 △ ... *I. trifida* line,  
 × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,  
 ● subsequent progeny of interspecific hybrid.

胞分裂の頻度であり、これらは、ともに負の相関を示している。塊根の乾物率と塊根の組織諸形質とに関して種間雑種と甘しょ品種とがどのような分布を示すかを相関図によって詳細に検討すると以下のようである。

**i 皮部の篩管面積率と塊根の乾物率**

第55図は皮部の篩管面積率と塊根の乾物率とに関する供試系統の分布を示したものである。第55図および第70表から明らかなように、全供試系統を通じてみると、皮部の篩管面積率と塊根の乾物率とは負の相関を示すが、種間雑種系統(×, ●印)は甘しょ品種(○印)に比較して、篩管面積率が小さく乾物率の大きい系統が多い。また、甘しょ品種では回帰直線の下側に、種間雑種では上側に分布する場合が多い。

**ii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率**

第56図は木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率とに関する供試系統の分布を示したものである。第56図、および第70表から明らかなように、供試全品種・系統を通じてみると、両形質の間には負の相関が認められるが、種間雑種諸系統(●印, ×印)は、

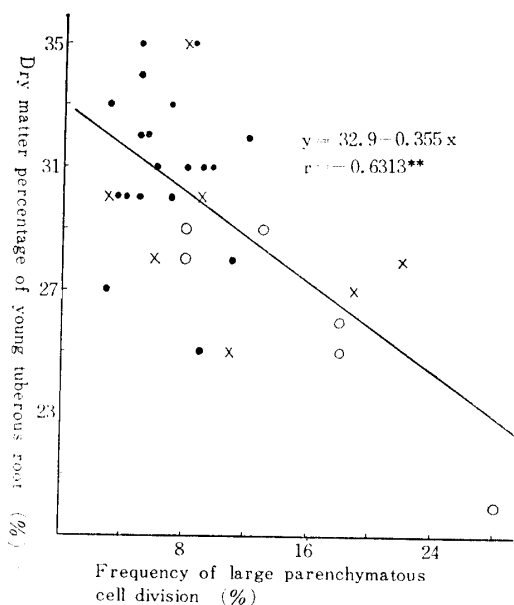


Fig. 56. Distribution of lines in relation to the dry matter percentage of young tuberos root and the frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue of the root.  
 ○ ... sweet potato variety,  
 △ ... *I. trifida* line,  
 × interspecific hybrid F<sub>1</sub>,  
 ● ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

甘しょ品種(○印)に比べ、概して大型柔細胞分裂の頻度が小さく乾物率が高い。

**iii 二次形成層の発達程度と塊根の乾物率**

二次形成層は一次形成層と同様維管束の分化と細胞の増生をおこなうので、その発達は塊根の肥大およびでん粉蓄積に特に関連が深いものと考えられる。

第57図は二次形成層の発達程度と乾物率とに関する供試系統の分布を示したものである。両形質間には有意な相関は認められないが、その分布をみれば、種間雑種、およびその後代系統のうちで、二次形成層の発達程度が大きい系統の中には、乾物率が低い系統は認められない。従って、二次形成層の発達程度が良好なことは、乾物率を向上せしめる上に少なくとも負の要因とはならないものと考えられる。ちなみに、種間雑種第一代系統(×印)だけについてみると明らかに、二次形成層の発達と乾物率の向上とは相伴っている。

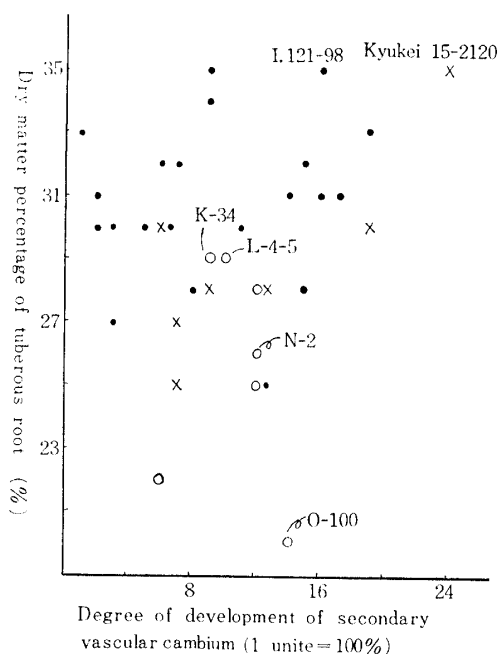


Fig. 57. Distribution of lines in relation to the dry matter percentage of tuberos root and the degree of development of secondary vascular cambium in xylem tissue of the root.  
 ○ ... sweet potato variety,  
 △ ... *I. trifida* line,  
 × ... interspecific hybrid F<sub>1</sub>,  
 ● ... subsequent progeny of interspecific hybrid.

#### 第4節 考察

甘しょと甘しょの近縁種、*I. trifida* との種間雑種系統の中には高でん粉系統が往々出現するので、近縁野生種の利用は甘しょのでん粉含有率を高める上に極めて有効であることが明らかにされつつある。本章では、*I. trifida* と甘しょの種間雑種系統の中から選抜された高でん粉系統が、従来の甘しょ品種とは異った塊根組織特性を有するかどうかについて、検討をおこなった。その結果、皮部の厚さ、介在柔組織の発達程度、二次形成層の発達程度、木部の柔細胞の大きさおよび大型柔細胞の分裂頻度は塊根の直径と正の相関を示した(第69表)。これらの諸形質は、*I. trifida* の諸系統では小、甘しょ品種では大であり、種間雑種系統はほぼその中間的性質を示した。しかし、形質により、その特性の発現は一樣ではなく、例えば、種間雑種系統の中には二次形成層の発達程度が甘しょ品種以上に大なるものが多数認められた。また、木部の篩管面積率と根の直径との相関関係は、根径5.5mm以下の系統と5.5mm以上の系統とで傾向を異にし、前者では正、後者では負の相関を示し、さらに、篩管面積率が同一な場合には、甘しょ品種が種間雑種系統より根径が大きい傾向が認められた。

一方、乾物率と有意な相関を示した組織形質は、皮部の篩管面積率と木部の大型柔細胞分裂の頻度である。皮部の篩管面積率は、*I. trifida* では、比較的大であるが、種間雑種は甘しょ品種に近い値を示した。また、木部の大型柔細胞分裂の頻度は従来甘しょ品種においてみられたごとく、乾物率と高い負の相関を示した。なお、大型柔細胞分裂の頻度は *I. trifida* においては極めて少なく、種間雑種では、一般に甘しょとの中間的性質を示したが、多くの種間雑種系統は大型柔細胞分裂の頻度の割には、根の直径が大であった。

以上の如き結果から、種間雑種諸系統のでん粉蓄積能力の向上にとくに効果があると考えられる組織特性は、木部柔組織における大型柔細胞分裂の頻度の減少である。この特性は、一方では塊根の肥大には負の効果をもつが、大型柔細胞分裂の頻度の減少による細胞数の減少、すなわち、塊根の直径の減少は他の種類の細胞の増生によって或程度補われるものと推察される。

第2章に述べた塊根における種々の細胞の分裂増生の様式、すなわち、一次形成層、道管周囲の細胞分裂、二次形成層および大型柔細胞分裂による細胞の増

生のうち、少なくとも、二次形成層の発達については、種間雑種諸系統の中に甘しょ品種を凌駕する系統が多数認められた。これらのことから種間雑種系統では大型柔細胞分裂の頻度の減退による細胞増生の減少を二次形成層の発達が補っているものと考えられる。

木部の篩管面積率は塊根の肥大程度および乾物率と深い関連性があると思われるが、本観察の範囲では、いずれも有意な値を示していない。しかし、第51図に示すように同一篩管面積率の場合は、概して、甘しょ品種が根径大で種間雑種系統が小であることは、地上部からの有機養分が甘しょ品種では塊根の肥大に、種間雑種ではでん粉の蓄積により多く利用されることを意味するものではないかと推察される。

結論として、種間雑種諸系統は二次形成層の発達によって、大型柔細胞分裂の減退による細胞数の減少、従って、塊根の肥大程度の減退を防ぎ、かつ乾物率の向上に好適な組織特性を具備したものと推察される。

#### 第5節 摘要

1 甘しょ品種とその近縁野生種 *I. trifida*、およびその種間雑種諸系統の幼塊根の組織諸形質を比較検討した。

2 *I. trifida* の諸系統はいずれも根の肥大能力を欠き、その根部は梗根状を呈する。しかし、種間雑種第一代諸系統の幼塊根は甘しょ品種に劣らない肥大能力を示す。

3 種間雑種系統の中には、甘しょ品種よりさらに高いでん粉含有率を示す系統が多数認められる。

4 幼塊根の皮部が厚い系統は塊根の肥大が良好な傾向があるが、概して *I. trifida* の諸系統は塊根の直径に対する皮部の厚さの割合が大きく、甘しょ品種はその割合が小さい。種間雑種第一代系統の中にはとくに皮部が厚い系統とうすい系統とが認められる。

5 介在柔組織の発達程度が良好なる系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向があるが、種間雑種第一代系統の中には、甘しょ品種農林二号と同様、介在柔組織の発達程度が顕著ではないにも拘らず、幼塊根の肥大が良好な系統と介在柔組織の発達が良好な割には、幼塊根の肥大が不良な系統とがある。

6 二次形成層の発達程度の良い系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向が認められるが、種間雑種系統の中には、甘しょ品種より二次形成層の発達が良好な系統が多数認められる。

7 皮部の篩管面積率が大きな系統は塊根の肥大が

不良な傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は皮部の篩管面積率が大き、根は肥大せず、これに対して甘しょ品種は皮部の篩管面積率が小で塊根肥大が良好である。種間雑種諸系統はその中間的傾向を示す。

8 根の直径が5.5mm 以下の場合には、木部の篩管面積率が大きな系統、根の直径が5.5mm 以上の場合には、木部の篩管面積率が小さな系統が幼塊根の肥大が良好な傾向が認められる。種間雑種系統はこのような篩管面積率と幼塊根の直径の関係について、甘しょ品種と *I. trifida* との中間的な性質を示す。

9 木部の道管面積率が小さい系統は幼塊根の肥大が良好な傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は、木部の道管面積率が大き根の直径が小であり、甘しょ品種は道管面積率が小で根の直径が大である。種間雑種諸系統は *I. trifida* と甘しょ品種との中間的な性質を示す。

10 木部の柔細胞の大きい系統は幼塊根の肥大が良好な傾向が認められ、*I. trifida* 諸系統は木部柔細胞が小さく、根の肥大が不良であり、甘しょ品種は木部の柔細胞が大き、幼塊根の肥大が良好である。種間雑種諸系統は両形質に関して甘しょ品種に近い傾向を示す。

11 大型柔細胞の分裂頻度が高い系統は、幼塊根の肥大が良好なる傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は大型柔細胞分裂の頻度が小で根の肥大は不良であり、甘しょ品種は大型柔細胞の分裂頻度が大き幼塊根の肥大が良好である。種間雑種諸系統は両形質に関して *I. trifida* と甘しょ品種との中間的な性質を示すが、根の直径の割に大型柔細胞分裂の頻度がきわめて大なる系統と小なる系統とが存在している。

12 皮部の篩管面積率が高い系統は、塊根の乾物率が低い傾向があるが、種間雑種諸系統は、皮部の篩管面積率が小で塊根の乾物率が高く、甘しょ品種は皮部の篩管面積率が大き乾物率は低い。

13 木部の大型柔細胞分裂の頻度が高い系統は、塊根の乾物率が低い傾向が認められる。種間雑種系統は大型柔細胞分裂の頻度が低く、塊根の乾物率が高い。甘しょ品種は、大型柔細胞分裂の頻度が高く、塊根の乾物率は低い。

14 種間雑種諸系統では、概して、二次形成層の発達が良好で柔細胞の増生と維管束の分化が活発であり、このことが大型柔細胞の分裂頻度の減退による細胞数の減少を補い、したがって幼塊根の肥大程度の減退を防ぎ、乾物率の向上に好適な組織特性を具備せしめるに至ったものと推察される。

## 第9章 主要品種・系統における収穫期の塊根の組織諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係

### 第1節 緒言

前章までは、品種・系統間の変異、およびそれら諸形質の特性と塊根の肥大性およびでん粉蓄積能力との関係について、種々の検討をおこない、多くの知見を得てきた。その場合、幼塊根を用いた理由は、塊根の組織諸形質の全容を正確に把握するためには生育後期の太い塊根より生育初期の細い幼塊根が都合であるためであった。しかし、第3章および第4章で明らかにしたごとく、塊根の組織諸形質の中には、塊根の肥大、ないしは、でん粉の蓄積に伴って、その特性が次第に変化するものがある。すなわち、品種系統間差異が幼塊根において顕著な形質もあれば、生育後期の塊根において明確になる形質もあるので、幼塊根に関する知見は、生育後期の塊根に関する知見と必ずしも一致するものではない。

本章は、以上の観点から、幼塊根を用いて得られた前章までの知見を、生育後期の塊根についてさらに明確にするため、主要品種・系統の収穫期における塊根の組織諸形質の変異、ならびにそれら諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係について検討をおこなったものである。なお、本章では記載の便宜上、品種(群)を系統(群)と呼称する場合がある。

### 第2節 実験材料および実験方法

1 供試系統：供試系統は第71表に示すとおりで、国内における祖先品種群、国内の育成品種群、高でん粉遺伝子を集積する目的で、国内品種間で近親交配をおこなった国内遺伝子集積系統群、同じ目的で国内品種と外国品種との交配をおこなった国内・外国品種間交配系統群、外国品種群、外国品種間で高でん粉遺伝子の集積を意図した外国遺伝子集積系統群、および種間雑種系統群の7系統群からなり、総計56系統である。

2 耕種法：肥料はa当り硫酸アンモニア1.5kg、過磷酸石灰2.2kg、塩化カリ1.8kg、堆肥75kg、畦幅70cm、株間20cmとして、1966年6月10日に5節



Table 71. Varieties or lines used for observations

Group of lines	name	origin	
Internal ancestral variety	Shichifuku		
	Tsurunashigenji Taihaku		
Internal breeding variety	Norin No. 1	Genki	× Shichifuku
	Norin No. 2	Yoshida	× Okinawa No. 100
	Norin No. 3	"	× 7-539
	Norin No. 7	"	× Okinawa No. 100
	Shirosengan	Matayoshi	× Kyushu No. 1
	Fukuwase	Shichifuku	× Ohinawa No. 104
	Nakamurasaki	Ninomiya	× Taihaku
	Okinawa No. 100	Shichifuku	× Choshu
	Gokokuimo	Genki	× Shichifuku
	Kanto No. 11	Tsurunashigenji	× Okinawa No. 100
	Kyushu No. 12	Benikawa	× Kanto No. 3
	Kakei No. 3-96	Kyushu No. 12	× Norin No. 5
	Ariakeimo	Gokokuimo	× Shirosengan
	Satsumaaka	Kanto No. 33	× Okimasari
	Kyushu No. 34	Kakei 3-96	× Tsurunashigenji
	Kyushu No. 38	"	× Kanto No. 11
Kyushu No. 48	"	× "	
Kanto No. 48	Tsurunashigenji	× Kakei 3-268	
MR 22-23	S. 108-280	× Satsumaaka	
Internal breeding line for especially high starch content	S. 106-50	Kyushu No. 34	× Kanto No. 45
	S. 395-10	S. 106-464	× S. 106-50
	S. 395-115	S. 106-464	× S. 106-50
	S. 395-134	S. 106-464	× S. 106-50
Line produced from the cross between internal line and foreign one	Kyushu No. 55	Kakei 7-120	× L-4-5
	S. 24-163	S. 912-82	× S. 912-98
	S. 24-365	"	× "
	S. 138-179	Tsukumoaka	× Kakei 7-120
	S. 392-14	I. 130-41	× I. 130-17
	S. 392-26	"	× "
Foreign variety	L-4-5	Introduced from U.S.A	
	Yacaret	"	" Brazil
	Mulalama	"	" Uganda
	Tinnian	"	" Mexico
	Taino No. 57	"	" Formasa
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content	S. 103-144	L-4-5	× White star
	Kyukei 17-3104	S. 103-126	× S. 103-144
	Kyukei 17-3106	S. 103-126	× S. 103-144
	S. 21-102	Santo Amaro	× yacaret
	Fv 62-41	Seedling introduced from Brazil	
	Kyukei 17-3028	Mulalama	× No. 226
	Interspecific hybrid line	LM-17	L-4-5
Kyukei 15-2120		Kanto No. 48	× T <sub>5</sub>
I. 116-139		Kyushu No. 34	× T <sub>2</sub>
Kyushu No. 58		Kanto No. 48	× LM-17
I. 95-57		"	× "
I. 95-193		"	× "
Kyukei 17-2053		S. 106-50	× I. 12-112
I. 42-15		K. 38-35	× Kyukei 15-2120
I. 121-96		Kyushu No. 38	× I. 95-57
I. 390-2		I. 121-82 self	
I. 391-14		I. 121-96	× I. 121-82
I. 391-17	"	× "	
I. 391-20	"	× "	

苗を3節の斜挿として栽植した。

3 材料の採取：材料の採取は1966年10月20日に各品種・系統当り10株掘り取り、この中から最も肥大した塊根10個を選び組織標本の材料とした。

4 組織標本の作製：組織標本の作製方法は、第3章とほぼ同様であって落の最肥大部を厚さ0.5cmの横断切片として採取し、塊根の中心部および形成層を含む皮部を約1cm×1cmの方形に切りとって、F, A, A, で固定した(第3章第3図参照)。固定材料をparaffin法により、厚さ15 $\mu$ の横断切片とし、SafraninとFast greenで複染して組織標本を作製した。作製した組織標本の数は1系統当り20枚である。すなわち、前記方法で採取した1系統当り10個の塊根を用いて、各塊根の周辺部に中心部から各1枚の横断組織標本を作った。組織諸形質の測定法は第3章と同様である。

5 乾物率の測定：組織標本に用いた塊根の残余の材料を細切して、これを混和し、各塊根から約10g、従って1系統10点、合計系統あたり約100gをとって乾物率測定に供し、でん粉含有率の指標とした。

### 第3節 実験結果

#### 1 塊根の諸形質の品種・系統間変異

##### i 塊根の直径

1系統あたり10株掘り取り、各株の着生落の中から最大の直径を示すもの各1個計10個を選び、それらの直径の平均値をその系統の塊根の直径とした。第72表は上記方法により、測定した各系統の塊根の直径の変異を、前述の7系統群別に示したものである。

第72表において直径が7cm以上のものを塊根の肥

大の良好な系統とみなせば、塊根の肥大の良好な系統は、国内育成品種群の3品種シロセンガン(7.4cm)フクワセ(7.3cm)沖繩百号(7.8cm)、外国品種群の1品種台農57号(6.5cm)、および外国遺伝子集積系統群の1系統九系17-3028(8.3cm)である。その母品種のMulalamaはUgandaの品種であり、父品種のNo.226はMexicoの品種であって、異なる地域から導入された品種間の交配後代であり、雑種強勢を示していると考えられる。また、種間雑種系統群の中には、特に顕著ではないが、国内育成品種に劣らない塊根肥大性を示す系統、例えば根径が6.0cmの九州58号、5.9cmの九系17-2053が存在しており、これらはいずれも、*I. trifida*と甘しょ品種との種間雑種第一代系統をさらに甘しょ品種へ1回反交配した系統である。また、直径が3cm以下のものを塊根の肥大の不良な系統とみなせば、国内遺伝子集積系統群4系統のうち3系統は塊根肥大の不良な系統であり、この系統群は塊根肥大の不良な系統群であると云える。なお国内育成品種群、種間種雑系統群の中にそれぞれ1系統、塊根肥大の不良な系統が認められる。

##### ii 塊根の乾物率

第73表は各系統の塊根の乾物率の変異を系統群別に示したものである。第73表において、乾物率が30%以上の系統を高乾物率の系統とみなせば、国内祖先品種群には高乾物率品種は含まれない。国内育成品種群は、乾物率の変異の幅が広く、比較的乾物率の低い品種から高い品種まで含まれ、乾物率が30%以上の高乾物率の品種も3品種含まれている。また国内遺伝子集積系統群の変異の幅は、国内育成品種群とほぼ同様で、高乾物率を示す系統が1系統含まれている。国内、外国品種間交配系統群の乾物率の変異の幅は狭

Table 72. Frequency distributions of tuberous root diameter (cm)

Group of lines	Class interval									No. of lines	Mean	Standard deviation
	2	3	4	5	6	7	8	9				
Internal ancestral variety			1		1	1				3	5.4	1.45
Internal breeding variety		1	3	5	4	3	3			19	5.3	1.41
Internal breeding line for especially high starch content		3			1					4	3.3	1.52
Line produced from the cross between internal line and foreign one			2		4					6	4.8	1.11
Foreign variety			2	1		1	1			5	5.0	1.79
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content				3		2				6	5.8	1.52
Interspecific hybrid	1	5	4	2	1					13	4.2	1.03

Table 73. Frequency distributions of the dry matter percentage of tuberous root (%)

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38			
Internal ancestral variety		1	1		1						3	25.3	3.24
Internal breeding variety	3	4	2	4	2	1	1		1		18	25.7	4.25
Internal breeding line for especially high starch content	1		1	1			1				4	26.5	5.00
Line produced from the cross between internal line and foreign one				1	2	2					5	29.2	1.52
Foreign variety		2		3							5	24.8	2.19
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content			2	1	1	1	1				6	27.7	3.38
Interspecific hybrid				1	1	3	2	3	3		13	32.6	3.33

く、しかも比較的高乾物率系統が多く、乾物率が30%以上の系統が2系統含まれている。外国品種群には比較的低乾物率の系統が多く、高乾物率の系統は含まれていないが、外国遺伝子集積系統群の中には乾物率が30%以上の高乾物率を示す系統が2系統含まれ、高でん粉遺伝子集積の効果が認められる。種間雑種系統群には、乾物率が30%を越す高乾物率の系統が多数含まれているが、このことは、*I. trifida* が塊根の乾物率を向上せしめるのに有効な遺伝子源であったことを示すものと思われる。なお、高乾物率を示した系統をあげれば、国内育成品種では、農林一号(30%) 関東48号(33%) および九州34号(36%)であり、国内遺伝子集積系統ではS395-134(33%)であった。また、国内・外国品種間交配系統群ではS392-14(30%) S392-26(31%)であり、外国遺伝子集積系統群ではS103-144(33%) 九系17-3104(30%)であった。さらに、線間雑種系統群は多数の系統が高乾物率を示しているが、特に、九系15-2120(37%) I391-14(37%) および I391-17(36%) などが顕著であった。

iii 皮部の厚さ

第74表は供試系統の皮部の厚さの変異を示したものである。

第74表において、皮部の厚さが4.5mm以上の系統を皮部が厚い系統とみなせば、国内祖先品種群の中には皮部が厚い系統は含まれない。国内育成系統群では、変異の幅が広く、皮部の厚さが4.5mm以上の系統が2品種含まれている。国内遺伝子集積系統群、国内、外国品種間交配系統群および外国品種群の中には皮部の厚い系統は認められない。外国遺伝子集積系統群には比較的低乾物率の厚い系統が多く、厚さ4.5mm以上の系統が1品種含まれている。種間雑種系統群は、国内育成品種群と同様に変異の幅が広く、かつ皮部の厚さが4.4mm、以上の系統が3系統も含まれている。なお、皮部が厚い系統をあげれば、国内育成系統では農林二号(5.48mm)とアリアケイモ(4.62mm)、外国遺伝子集積系統ではFv.62-41(5.4mm)、また、種間雑種ではI116-139(4.8mm)、九州58号(4.7mm) および I95-193(4.7mm) である。

Table 74. Frequency distributions of bark-thickness (mm)

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5				
Internal ancestral variety		1		1			1				3	2.9	1.16
Internal breeding variety			4	2	3	5	3	1	1		19	3.4	0.94
Internal breeding line for especially high starch content		2	1			1					4	2.3	0.81
Line produced from the cross between internal line and foreign one				2	3	1					6	3.1	0.35
Foreign variety		1	1	1		2					5	2.7	0.76
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content					2	1	2		1		6	4.0	0.80
Interspecific hybrid			1	3	4	1	1	3			13	3.5	0.92

Table 75. Frequency distributions of the rate of sieve tube dimensions in bark (%)

Group of lines	Class interval											No. of lines	Mean	Standard deviation
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0			
Internal ancestral variety			1		1	1						3	2.6	0.62
Internal breeding variety			3	4	2	6	1	1	1		1	19	3.0	1.05
Internal breeding line for especially high starch content			1		1		1		1			4	3.3	1.16
Line produced from the cross between internal line and foreign one				1	3	1	1					6	2.9	0.61
Foreign variety			2		1	1		1				5	2.8	1.03
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch	1	1	1	2	1							6	2.3	0.71
Interspecific hybrid		2	7	1			1	1	1			13	2.6	1.00

Table 76. Frequency distributions of the rate of sieve tube dimensions in the periphery part of xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5				
Internal ancestral variety	1	1				1					3	1.5	1.13
Internal breeding variety	3	8	4	1	3						19	1.5	2.71
Internal breeding line for especially high starch content			1	1	1						3	1.7	0.36
Line produced from the cross between internal line and foreign one			3	1	1	1					6	1.8	0.63
Foreign variety	3	1	1								5	1.0	0.54
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content	2	1	1								4	1.2	0.44
Interspecific hybrid	5	4	1	1					1		12	1.4	1.00

#### iv 皮部の篩管面積率

第75表は皮部の篩管面積率の変異を示したものである。

第75表において、篩管面積率が4.0%以上の系統を篩管面積率が高い系統とみなせば、国内祖先品種群、国内・外国品種間交配系統群および外国遺伝子集積系統群の中には、皮部の篩管面積率が高い品種系統はない。国内育成品種群および種間雑種系統群では変異の幅が広く、篩管面積率4.0%以上の系統が前者で3系統、後者で2系統含まれている。国内遺伝子集積系統群および外国品種群の中には、それぞれ1系統皮部の篩管面積率の高い系統が含まれている。なお、皮部の篩管面積率が高い系統をあげれば、国内育成品種群では、農林三号(4.0%)、九州12号(4.8%)、鹿系3-96(5.5%)など、国内遺伝子集積系統ではS106-50(4.7%)、外国品種群ではMulalama(4.2%)である。また、種間雑種系統群では、I121-96(4.6%)、I391-20(4.4%)などの系統がある。

#### v 木部の周辺部の篩管面積率

第76表は木部の周辺部の篩管面積率の変異を示したものである。第76表において、篩管面積率が2.5%以上の系統を篩管面積率が高い系統とみなせば、そのような系統は国内祖先品種群の中に1品種、国内育成品種群の中に3品種、国内・外国品種間交配系統群および種間雑種系統群の中にそれぞれ1系統認められる。しかし、篩管面積率の変異の幅については系統群間に顕著な差異は認められない。

なお、木部の周辺部における篩管面積率の高い系統をあげれば、国内祖先品種では大白(2.7%)、国内育成品種群では、農林二号(2.9%)、アリアケイモ(2.7%)、九州38号(2.6%)など、国内・外国品種間交配系統では九州55号(2.9%)である。ちなみに、九州55号は後にコガネセンガンとして命名されたでん粉原料用の多収系統で、農林二号とともに高い篩管面積率を示したことは興味深い。種間雑種ではI391-20(4.3%)が非常に高い篩管面積率を示している。

Table 77. Frequency distributions of the rate of sieve tube dimensions in the periphery part of xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval								No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8			
Internal ancestral variety	1		2						3	0.7	0.26
Internal breeding variety		1	4	6	3	1	1		19	1.0	0.28
Internal breeding line for especially high starch content				2	1				3	1.1	0.14
Line produced from the cross between internal line and foreign one		2	1	1	1		1		6	1.0	0.39
Foreign variety		3	1		1				5	0.8	0.70
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content		2	2		1	1			6	0.9	0.33
Interspecific hybrid	1	2	8	1					12	0.8	0.14

Vi 木部の中心部の篩管面積率

第77表は木部の中心部の篩管面積率の変異を示したものである。第77表において木部の中心部の篩管面積が1.4%以上の系統を篩管面積率が高い系統とみなせば、国内祖先品種の中には、篩管面積率が高いものではなく、いずれの品種も、篩管面積率は比較的低い。国内育成品種群の中には比較的高い系統が認められ、国内遺伝子集積系統群も国内祖先品種群に比べれば比較的高い。国内・外国品種間交配系統群、外国遺伝子集積系統群の中には、それぞれ篩管面積率が高い系統が1系統含まれ、種間雑種系統の中には篩管面積率が高いものは認められない。なお、中心部の篩管面積率が比較的高い系統をあげれば、国内育成品種群では、アリアケイモ(1.5%)、MR 22-23(1.6%)、国内・外国品種間交配系統群では九州55号(1.7%)、外国遺伝子集積系統群では九系17-3104(1.4%)などである。なお、種間雑種では九系15-2120(1.0%)が最も

高い。

Vii 木部の平均篩管面積率

前述の周辺部と中心部の篩管面積率を平均した平均篩管面積率の系統群別の変異は第78表に示すとおりである。第78表において、平均篩管面積率が(1.8%)以上の系統を平均篩管面積率が高い系統とみなせば、国内祖先品種群、国内育成品種群、国内遺伝子集積系統群、および国内・外国品種間交配系統群の中に比較的平均篩管面積率が高い系統が含まれており、外国品種および外国遺伝子集積系統の中には高いものはない。なお、平均篩管面積が高い系統としては、国内祖先品種群では、大白(1.9%)の1品種、国内育成品種群では、農林二号(2.0%)、アリアケイモ(2.1%)および九州38号(2.1%)の3品種、国内遺伝子集積系統群ではS395-10(2.2%)とS395-15(2.0%)の2系統があり、国内・外国品種間交配系統群では九州55号(2.3%)とS24-365(1.9%)の2系統、種間雑種

Table 78. Frequency distributions of the average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4			
Internal ancestral variety	1		1					1			3	1.2	0.67
Internal breeding variety		4	6	4			2		3		19	1.3	0.42
Internal breeding line for especially high starch content						2			1	1	4	1.8	0.39
Line produced from the cross between internal line and foreign one				3		1		1		1	6	1.4	1.24
Foreign variety	1	2	1		1						5	1.0	0.28
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content	2	1	2		1						6	1.1	0.32
Interspecific hybrid	3	3	3	2	1			1			13	1.1	0.35

Table 79. Frequency distributions of the rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval											No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6			
Internal ancestral variety			2			1						3	1.1	0.39
Internal breeding variety	1	2	2	3	3	2	1	1		1		19	1.5	0.59
Internal breeding line for especially high starch content			1	2								3	1.0	0.14
Line produced from the cross between internal line and foreign one	1	1		1	1	1		1				6	1.3	0.50
Foreign variety	2	1			1	1						5	1.0	0.47
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content	2		1	2	1							6	1.0	0.36
Interspecific hybrid		1	2	4	1	1	1	1	1			12	1.4	0.44

系統群では I391-20 (1.8%) の 1 系統がある。ここで、後にコガネセンガンとして命名され、でん粉原料用品種として、その優良性が認められた九州 55 号の平均篩管面積率 (2.3%) がこの品種が育成されるまでの長い間、でん粉原料品種として栽培されていた農林二号 (2.0%) より、さらに、高い値を示していることは興味深い結果である。

#### viii 木部の周辺部の道管面積率

第 79 表は木部の周辺部の道管面積率の変異を系統群別に示したものである。第 79 表において道管面積率が 2.0% 以上の系統を道管面積率が高い系統とみなせば、周辺部の道管面積率が高い系統は国内育成品種群の中に 2 系統、国内・外国品種間交配系統群の中に 1 系統、さらに、種間雑種系統の中に 2 系統あり、国内祖先品種群、国内遺伝子集積系統群、外国品種群および外国遺伝子集積系統群の中には、道管面積率が高い系統は含まれていない。なお、木部の周辺の道管面積

率の高い系統としては、国内育成品種群では農林一号 (2.1%) および農林二号 (3.2%)、国内・外国品種間交配系統群では S24-365 (2.0%)、種間雑種系統群では I116-139 (2.0%) および I391-20 (2.3%) がある。

#### ix 木部の中心部の道管面積率

第 80 表は木部の中心部の道管面積率の変異を示したものである。第 80 表によれば、国内祖先品種群の中にそれぞれ 1 系統、道管面積率のとくに高い系統があるが、全体を通じて変異の幅は系統群間であまり異ならない。なお、各系統群で道管面積率の高い系統をあげれば、国内祖先品種群では大白 (1.7%)、国内育成品種群では農林二号 (1.3%) およびアリアケイモ (1.3%)、国内遺伝子集積系統群では S106-50 (1.6%) および S395-115 (1.2%)、国内・外国品種交配系統群では S24-163 (1.0%)、S24-365 (1.1%) および S392-26 (1.0%)、外国品種群では、Mulalama (1.3%) 外国遺伝子集積系統群では九系 17-3104 (1.3%)、

Table 80. Frequency distributions of the rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval										No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8				
Internal ancestral variety			1			1				1	3	1.1	0.52
Internal breeding variety		2	6	2	6	1	2				19	0.7	0.30
Internal breeding line for especially high starch content				1			1			1	3	1.1	0.51
Line produced from the cross between internal line and foreign one			2	1		3					6	0.8	0.30
Foreign variety				1	1	2	1				5	1.0	0.24
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content			2	3			1				6	0.7	0.30
Interspecific hybrid	1	2	5	1	1						12	0.7	0.26

Table 81. Frequency distributions of the average rate of vessel dimensions in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval											No. of lines	Mean	Standard deviation
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3			
Internal ancestral variety			1	1		1						3	1.4	0.39
Internal breeding variety		4	7	4	3		1					19	1.1	0.42
Internal breeding line for especially high starch content		1		1			1				1	4	1.9	1.00
Line produced from the cross between internal line and foreign one			2	2	1		1					6	1.1	0.46
Foreign variety			1	2	2							5	1.1	0.22
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content	1	1	2	2								6	0.9	0.33
Interspecific hybrid		2	4	4	2					1		13	1.2	0.47

種間雑種群では I390-2 (1.2%) などである。

x 木部の平均道管面積率

前述の周辺部と中心部とにおける道管面積率の平均値によって、木部の平均道管面積率を求めた。平均道管面積率の変異は第 81 表に示すとおりである。

第 81 表において、平均道管面積率 2.1% 以上を示す系統は国内育成品種群の中に 1 系統、国内遺伝子集積系統群の中に 2 系統、種間雑種系統群の中に 1 系統ある。なお、平均道管面積率が高い系統は、国内育成系統群では農林二号 (2.3%)、国内遺伝子集積系統群では S395-10 (3.1%) および S395-115 (2.1%)、種間雑種系統群では I95-193 (2.6%) である。

xi 木部の柔細胞の大きさ

第 82 表は各系統の木部の柔細胞の大きさの変異を示したものである。

第 82 表において 22 (但し、1 単位  $10^{-3}mm^2$ 、以下

同様) 以上の系統を柔細胞の大きな系統とみなせば、そのような系統は国内育成品種群、国内・外国品種間交配系統群および種間雑種系統群の中に認められる。国内遺伝子集積系統群は概して柔細胞の小さい系統からなり、国内・外国品種間交配系統群では、柔細胞の小さいものから大きい系統まで変異の幅が広い。また、外国品種群の中には、柔細胞がとくに小さい系統がある。なお、木部の柔細胞の大きい系統をあげれば国内育成品種群では農林七号 (22.4)、フクワセ (23.0) 関東 11 号 (23.6) および九州 34 号 (21.6) などであり、国内・外国品種間交配系統群では S24-16 (24.4)、種間雑種系統群では I391-14 (26.4) がとくに大きい。また、木部の柔細胞が小さい系統としては、国内遺伝子集積系統群では S106-50 (10.8)、国内・外国品種間交配系統群では S392-26 (11.4) があり、外国品種群では L-4-5 (10.0) および yacaret (9.2) などがある。

Table 82. Frequency distributions of the size of parenchymatous cell in xylem tissue ( $10^{-3}mm^2$ )

Group of lines	Class interval*											No. of lines	Mean	Standard deviation
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28			
Internal ancestral variety			2				1					3	15.0	4.35
Internal breeding variety			5	2	4	2	2	3	1			19	17.2	3.94
Internal breeding line for especially high starch content		1		1	1							3	14.0	2.65
Line produced from the cross between internal line and foreign one		1	1		1		2		1			6	17.3	4.45
Foreign variety	1	1			2	1						5	14.0	4.18
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content				2	3	1						6	15.7	1.48
Interspecific hybrid				1	6	2	3			1		13	18.3	3.13

note \*...1 unite =  $10^{-3}mm^2$

Table 83. Frequency distributions of the division of large parenchymatous cell in xylem tissue (%)

Group of lines	Class interval												No. of lines	Mean	Standard deviation
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	26			
Internal ancestral variety			1	1			1						3	8.0	3.61
Internal breeding variety	1	1	1	2	5	3	2		1				19	9.7	4.01
Internal breeding line for especially high starch content			1				1		1				3	11.0	5.56
Line produced from the cross between intrnal line and foreign one				3	2		1						6	8.0	2.10
Foreign variety		1	1	2								1	5	10.6	7.39
Breeding line produced from the cross between foreign lines for high starch content				2	2	1	1						6	9.0	2.10
Interspecific hybrid	2	3	3	1	1	2			1				13	7.5	4.28

### Xii 木部の大型柔細胞分裂の頻度

木部の大型柔細胞分裂の頻度の変異は第83表に示すとおりである。

第83表によれば、大型柔細胞分裂の頻度は系統群によって変異の幅が大きく異なり、国内育成品種群、国内遺伝子集積系統群および種間雑種系統群および種間雑種系統群で広く、国内祖先品種群および国内・外国品種間交配系統群で狭い。なお、国内育成品種群では、大型柔細胞分裂の頻度の最低系統はMR22—23 (2.4%)、最高の系統は農林七号 (18.0%) であり、国内遺伝子集積系統群では、低い系統はS106—50 (5.2%)、高い系統はS395—115 (15.8%) である。また、外国品種群の中で特に高い系統は mulalama (24.6%) であって、他の系統は比較的lowく、外国遺伝子集積系統群は、ほぼ中程度の分裂頻度を示す。種間雑種では、低い系統としては九系15—2120 (2.6%) およびI391—20 (2.0%) があり、高い系統としてはLM—17 (16.2%)、I116—139 (12.8%) およびI390—2 (12.0%) などがある。

### 2 塊根の組織諸形質の特性と塊根肥大程度との関係

以上のごとく、収穫期における塊根の組織諸形質には、幼塊根の場合と同様に、系統間または系統群間において顕著な変異が認められたが、さらに、これまでに幼塊根において明らかにしてきたと同様に、収穫期における塊根の組織諸形質の特性が、塊根の肥大程度とどのような関連性をもつかについて検討をおこなった。第71表に示した供試全品種・系統について、塊根の組織諸形質と塊根の直径との相関係数および相関図を示すとそれぞれ第84表および第58図～第65図

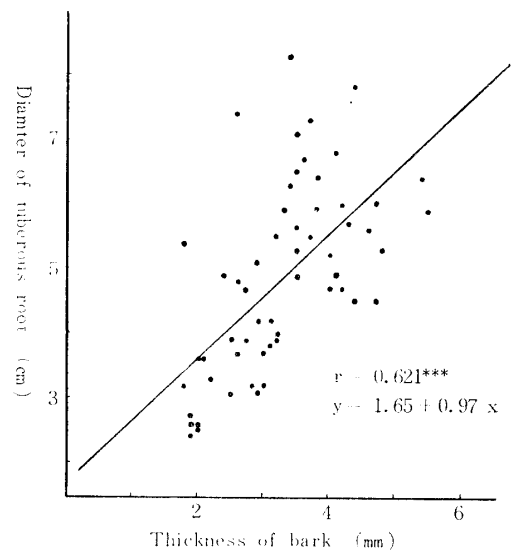


Fig. 58. Distribution of lines in relation to the young tuberous root diameter and the bark thickness of the root.

のごとくである。

#### i 皮部の厚さと塊根の直径

第84表および第58図から明らかなように、皮部の厚さと塊根の直径との間には高い正の相関が認められ、塊根の肥大が良好な系統は塊根の皮部が厚い傾向があることを示している。このような関係は、前述の第7章および第8章の幼塊根における場合の結果と一致する。すなわち、生育のいずれの時期においても、塊根の肥大良好な系統は概して、厚い皮部を持っている。

#### ii 皮部の篩管面積率と塊根の直径

第84表および第59図から明らかなように、皮部の



Table 84. Correlation coefficients between the structural characters of tuberous root and the root-diameter

Structural character	Correlation coefficient
Thickness of bark	0.621***
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.337***
Rate of sieve tube dimensions in periphery part of xylem tissue	-0.149
Rate of sieve tube dimensions in central part of xylem tissue	-0.234
Average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	-0.306**
Rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue	-0.042
Rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue	-0.312***
Average rate of vessel dimensions in xylem tissue	-0.490***
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	-0.194
Frequency of large parenchymatous cell division	0.025

note \*\* ..... significant at 1 % level  
 \*\*\* ..... significant at 0.1 % level

篩管面積率と塊根の直径との間には負の相関が認められる。この結果は、第8章の種間雑種諸系統の幼塊根を供試した場合の結果と一致する。したがって、第7章の高でん粉近交系統の幼塊根を供試した場合に有意な相関が認められなかったことについては、第59図で両形質に関する系統の分布にかなりの幅があることから推察して、高度の近親交配と選抜とがその原因ではないかと考えられる。

すなわち、本章の結果と第7章の結果との不一致は供試系統の差異によるものであって、幼塊根と収穫期における塊根との差異を示すものではないと考えられ

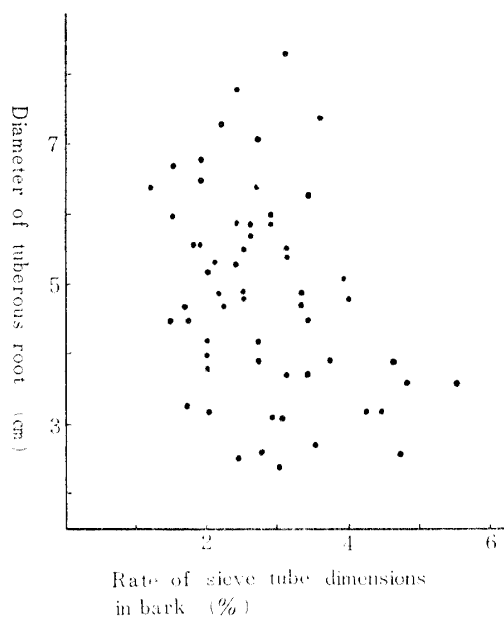


Fig. 59. Distribution of lines in relation to the tuberous root diameter and the rate of sieve tube dimensions in root-bark.

る。第7章、第8章、および本章の結果をあわせ考えれば、皮部の篩管面積率と塊根の直径とは、概して負の相関を示すものと結論される。

### iii 木部の篩管面積率と塊根の直径

第84表から明らかなように、木部の篩管面積率のうち、塊根の周辺部および中心部の篩管面積率は、いずれも、塊根の直径とは有意な相関を示さないが、両者の平均値を用いた平均篩管面積率は塊根の直径との間に有意な負の相関を示している。この結果は、第7章の高でん粉近交系統の幼塊根を用いた場合の傾向 ( $r = -0.339$ ) と一致するが、第8章の種間雑種諸系統を供試した場合の傾向 ( $r = 0.209$ ) とは一致しない。このような差異については、高でん粉近交系統は木部柔組織内の細胞分裂が抑制されたものであり、一方種間雑種系統の多くは、木部柔組織内の二次形成層の発達が良好であったことから推察して、供試系統が異なることによるものと考えられる。

なお、第60図から明らかなように、九州55号(コガネセンガン)、アリアケイモ、農林二号(N-2)などの優良品種はいずれも回歸直線の上側に分布し、同一篩管面積率を示す他の供試系統より、概して塊根の肥大が良好である。

### iv 木部の道管面積率と塊根の直径

第84表から明らかなように、木部の周辺部の道管面積率と塊根径との間に有意な相関は認められないが、中心部における道管面積率および平均道管面積率と塊根の直径との間には負の相関が認められる。これは、第7章および第8章の幼塊根において認められた結果と同様であって、幼塊根においてもまた生育後期の塊根においても、一次形成層から直接分化する道管

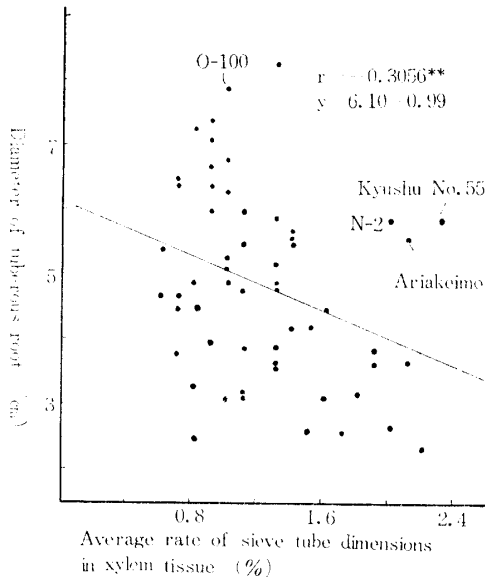


Fig. 60. Distribution of lines in relation to the tuberous root diameter and the average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue of the root.

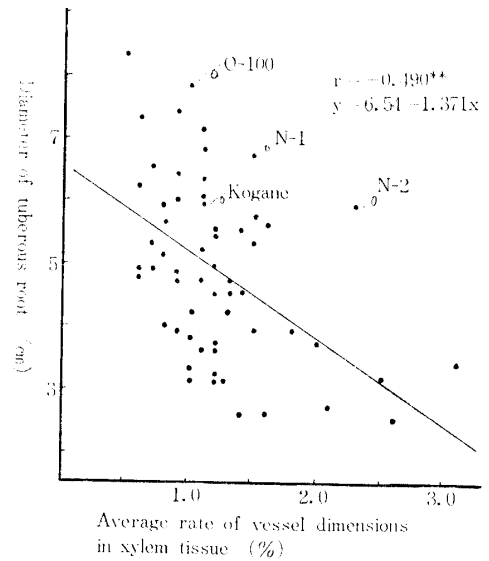


Fig. 62. Distribution of lines in relation to the tuberous root diameter and the average rate of vessel dimensions in xylem tissue of the root.

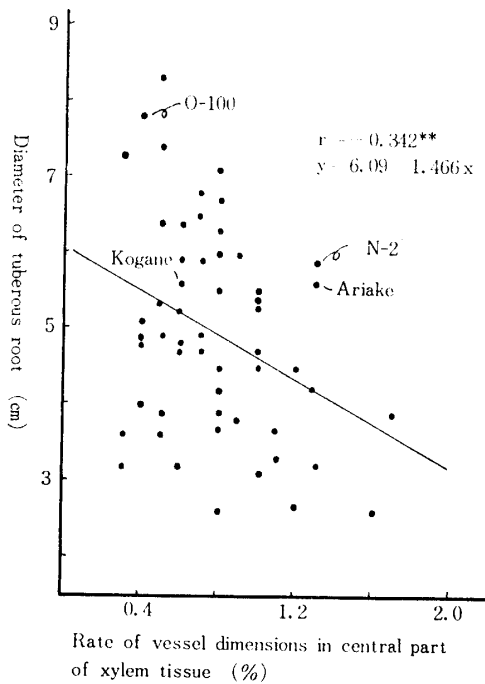


Fig. 61. Distribution of lines in relation to the tuberous root diameter and the rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue of the root.

すものと考えられる。なお、第 61 図および第 62 図から明らかなように、農林二号 (N-2)、コガネセンガン (Kogane) および沖繩百号 (O-100) などの主要品種はいずれも回帰直線より上側に分布し、同一道管面積率を示す他の供試系統より概して、塊根の肥大が良好である。このことは、これらの品種では、他の系統に比し、道管の分化とともに柔細胞の増生もまた顕著であることを示している。

v 木部の柔細胞の大きさと塊根の直径

第 84 表から明らかなように、木部の柔細胞の大きさと塊根の直径との間には有意な相関は認められない。この結果は、第 7 章および第 8 章の幼塊根において正の相関が認められた結果とは相異なっている。塊根の直径は細胞の大きさと細胞の数とによって決まると考えられるが、第 7 章および第 8 章の結果は、幼塊根においては、増生される細胞の数より細胞の大きさ、すなわち、細胞の生長速度が塊根の肥大程度に大きく作用していることを示すものであり、本章の結果は、生育後期の塊根においては、生育初期とは異なり、細胞の大きさが塊根の肥大程度の決定要因とはならないことを表わしている。細胞の生長速度は、第 3 章において認めたごとく品種により異なっており、生育期が進み、塊根が肥大するに従って細胞も次第に生長して大きくなる系統と、塊根が肥大してもその細胞はあまり生長せず大きくならない系統がある。一方、細胞の

の多少は塊根の直径とは特に関連性を示さないが、一次形成層の活動によって増生された木部柔組織内における道管の増加は概して、塊根の肥大と負の相関を示

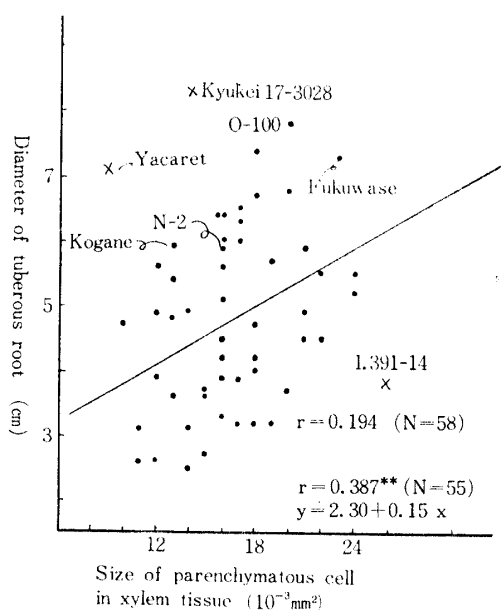


Fig. 63. Distribution of lines in relation to the tuberous root diameter and the size of parenchymatous cell in xylem tissue of the root.

増殖速度も系統によって異なるため、生育時期が進むにつれて、系統によって増殖される細胞の総数に次第に大きな差異が生じるものと推察される。以上のごとく、細胞の生長と増殖の速度が系統によって異なる結果、生育の後期においては、塊根の肥大程度と柔細胞の大きさおよび柔細胞の数との関係は系統により次第に差異を生じ、その結果、塊根の直径と柔細胞の大きさとの間に単純な相関関係がみられなくなるものと考えられる。ただし、第63図に示されるように、外国品種 yacaret, 種間雑種九系 17—3028 および I 391—14, などの特異的な3系統を除けば、概して、細胞の

大きい系統が塊根の直径も大きい傾向はうかがえる。

vi 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の直径

第84表から明らかなように、木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の直径との間に有意な相関は認められない。これは第7章の結果とは一致するが第8章の結果とは相異なる結果である。

3 塊根の組織諸形質の特性と塊根の乾物率との関係

収穫期における塊根の組織諸形質の特性が塊根のでん粉含有率の指標である乾物率とどのような関係を有するかを明らかにするため、収穫期における塊根組織の諸形質と塊根の乾物率との相関を求めた結果は第85表に示すとおりである。

i 皮部の篩管面積と塊根の乾物率

第7章および第8章では、塊根乾物率と皮部の篩管面積率との間には有意な負の相関が認められたが、本章の収穫期における塊根の場合は、相関は有意でない。しかし、第7章および第8章の場合も両形質に関する相関係数はそれほど高くないので、本章の結果と必ずしも相反するものではないと考えられる。

ii 木部の柔細胞の大きさと塊根の乾物率

第85表から、木部の柔細胞の大きさと塊根乾物率との間には有意な正の相関が認められる。これは、前述の第7章および第8章の結果とは相異なるものである。第64図は、収穫期における塊根の乾物率と木部柔細胞の大きさとの関係を示したものである。

第64図によれば、塊根の乾物率と木部の柔細胞の大きさとの間に正の相関関係が認められる。すなわち、極高でん粉系統では、木部柔細胞の大きさが大きい傾向が認められる。この結果は、これらの極高でん

Table 85. Correlation coefficients between the structural characters and the dry matter percentage of tuberous root

Structural character	Correlation coefficient
Thickness of bark	0.252
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.196
Rate of sieve tube dimensions in periphery part of xylem tissue	0.026
Rate of sieve tube dimensions in central part of xylem tissue	-0.116
Average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	-0.105
Rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue	0.167
Rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue	-0.070
Average rate of vessel dimensions in xylem tissue	-0.060
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	0.359***
Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue	-0.256

note \*\*\* ..... significant at 0.1 % level

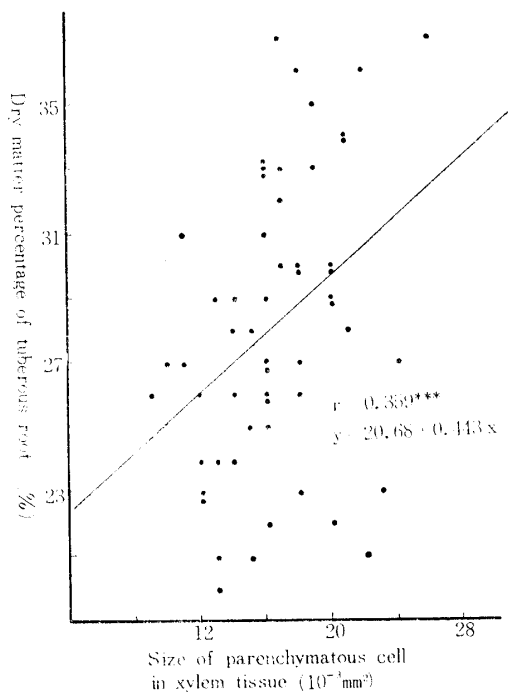


Fig. 64. Distribution of lines in relation to the dry matter percentage of tuberous root and the size of parenchymatous cell in xylem tissue of the root.

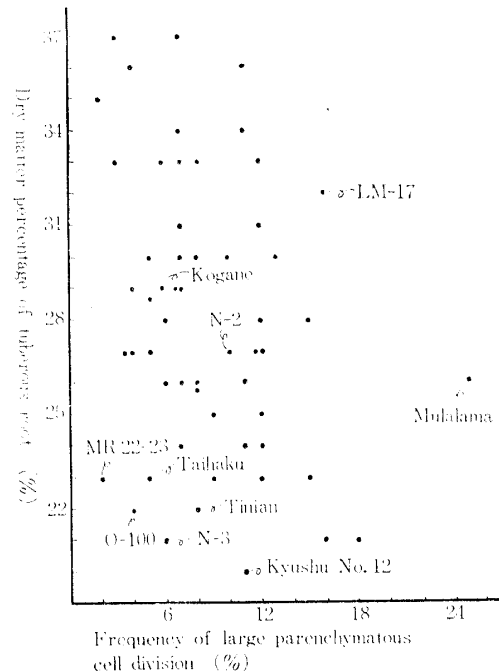


Fig. 65. Distribution of lines in relation to the dry matter percentage of tuberous root and the frequency of the division of parenchymatous cell in xylem tissue of the root.

粉系統では、塊根の肥大とともに漸次その木部柔細胞も生長したことを示すものと思われる。すなわち、第7章および第8章のごとく生育初期には、これらの極高でん粉系統の細胞はとくに大きくはないが、生育が進むに従い次第に生長してその面積を増大したことを示すものと思われる。

### iii 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率

木部の大型柔細胞分裂の頻度は、第85表から明らかのように、第7章および第8章の幼塊根の場合とは異なり、塊根乾物率との間に有意な値を示していない。しかし第85表に示す $-0.256$ は5%の有意水準に近い値であって、両形質間には幼塊根の場合のように密接ではないが、負の相関があるのではないかと考えられる。なお、この大型柔細胞分裂の頻度は塊根の中心部の組織標本を観察した結果であって、第65図に示すごとく、乾物率が低い系統の中にも大型柔細胞分裂の頻度の少ない系統があるために、幼塊根の場合とは多少異なる結果が生じたものと考えられる。

## 第4節 考 察

前章までは、主として幼塊根を用いて、組織諸形質

の品種間変異、ならびに組織諸形質の特性と塊根肥大性およびでん粉集積能力との関係について検討をおこなったが、本章では、収穫期の塊根について、これらの検討をおこなった。その結果、収穫期の塊根における組織諸形質の変異、およびそれら諸形質の特性と塊根肥大程度ならびにでん粉含有率との関係は、幼塊根における場合とほぼ一致したが、形質によっては収穫期の塊根に特徴的な傾向も認められた。幼塊根の組織と収穫期の塊根の組織とで一致した点は、皮部の厚さと塊根の直径が正の相関を示すこと、篩管面積率と塊根の直径とが概して負の相関を示すこと、および木部の道管面積率と塊根の直径が負の相関を示すことであった。必ずしも一致しない点は、木部の柔細胞の大きさおよび大型柔細胞分裂の頻度と、塊根の直径および乾物率との関係である。

木部の柔細胞の大きさと塊根の直径とは、幼塊根では有意な相関を示すが、収穫期の塊根では有意な相関を示さない。この理由は、既述のごとく、幼塊根においては、細胞の生長速度が塊根の肥大と深い関係を有するが、生育後期の塊根においては、細胞の大きさとともに細胞数もまた、塊根の肥大と密接な関係をもつ

ようになり、しかも塊根の肥大に対する寄与が品種によって異なるためと推察される。

また、木部の柔細胞の大きさと塊根の乾物率とは、幼塊根においては有意な相関は示さないが、収穫期の塊根においては有意な正の相関を示し、両形質に関する系統の分布を検討した結果、実験結果の項において述べたごとく、とくに、極高でん粉系統において、このような傾向が著しい。極高でん粉系統の塊根では、これまでに明らかにしてきたごとく、大型柔細胞分裂、道管周囲の柔細胞分裂、木部内篩部の分化または二次形成層の発達など、木部の柔細胞の再分裂が少ないので、柔細胞は生育時期が進み塊根が肥大するに従って漸次生長し、収穫期には比較的大型の柔細胞をもつに至ると推察される。

木部の大型柔細胞分裂の頻度を塊根の直径とは、幼塊根においては、正の相関を示すが、収穫期の塊根では有意な相関を示さない。このことは、幼塊根の比較的周辺部を構成していた組織が塊根が肥大するに従って、次第に塊根の比較的中心部を構成するに至る場合、なお依然として、高い大型柔細胞分裂性を示すか否かは、塊根の肥大とは必ずしも関係しないことを意味しており、大型柔細胞分裂以外の柔細胞の増生および生長が塊根の肥大と複雑に関連していることを示している。

さらに、木部の大型柔細胞分裂と塊根の乾物率とは、幼塊根では負の相関を示しているが、収穫期の塊根での相関は有意ではなく両形質の関連性は密接ではない。これは、でん粉含有率の低い系統の中にも、塊根の中心部における大型柔細胞分裂の頻度が少ない系統が存在するためである。すなわち、収穫期における塊根の中心部の大型柔細胞分裂の頻度は、でん粉含有率を異にする品種間でも、顕著な差異を示さなくなる。一般に、同一塊根においては、一次形成層から増生された直後の一次形成層近接部の柔組織では、専ら柔細胞の生長がおこなわれて大型柔細胞分裂はおこらず、これより次第に内側部に向うに従って大型柔細胞分裂の頻度が高くなり、塊根の中心部に近づくに従い再び分裂頻度が少なくなる傾向が認められる。このことから類推して、収穫期の塊根においては、塊根の容量が大となっているので、大型柔細胞分裂の頻度の高低とともに、大型柔細胞分裂がおこる部位の多少もまた塊根の乾物率に影響を与えているものと考えられる。すなわち、乾物率が低い系統は、この大型柔細胞分裂が盛んにおこる層が比較的中心部までおよび、乾物率が高い系統ではこの層が薄く、大型柔細胞分裂の

頻度が少ない部分が多いものと推察される。

## 第5節 摘要

1 主要品種・系統の収穫期の塊根の組織諸形質の変異、ならびにそれら諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を検討した。

2 塊根の皮部の厚さと塊根の直径とは、幼塊根の場合と同様収穫期の塊根においても高い正の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は塊根の皮部が厚い。

3 塊根の皮部の篩管面積率と塊根の直径とは、幼塊根の場合と同様概して負の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は皮部の篩管面積率が小さい傾向がある。

4 木部の篩管面積率と塊根の直径とは負の相関を示す。しかし、農林二号、コガネセンガンなどの優良品種は、塊根の直径も大で、かつ、篩管面積率も比較的大である。

5 木部の道管面積率と塊根の直径とは幼塊根の場合同様負の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は木部の道管面積率が小さい傾向がある。

6 木部の柔細胞の大きさと塊根の直径との間には、幼塊根にみられた有意な正の相関は認められない。これは生育後期の塊根では細胞の大きさとともに細胞の数もまた塊根の肥大と密接に関連しているものと推察される。

7 収穫期の塊根の中心部における大型柔細胞分裂の頻度と塊根の直径とは関連はなく、塊根の直径が大なる系統の中にも、大型柔細胞分裂が少ない系統がある。

8 収穫期における塊根の皮部の篩管面積率と塊根の乾物率との相関は有意ではない。しかし、この結果は幼塊根において有意な負の相関が認められたことと必ずしも相反するものではない。

9 木部の柔細胞の大きさと塊根の乾物率とは、幼塊根の場合とは異なり、有意な正の相関を示す。この傾向は極高でん粉系統において著しいが、実用品種群では明確ではない。

10 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の乾物率との間には、幼塊根にみられた有意な負の相関は認められない。これは、乾物率が低い系統の中にも中心部の大型柔細胞分裂の頻度の低い系統が存在するためである。

## 第10章 幼塊根の組織諸形質の統計遺伝学的解析

### 第1節 緒 言

前章までに、多数系統の幼塊根または生育後期の塊根の組織を詳細に検討し、塊根の組織諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を明らかにした。特に第7章においては、近交系統の幼塊根の組織諸形質の特性を検討し、高でん粉多収性品種育成のためには、皮部および木部における篩管の発達を計るような母本の養成法が必要であること、さらに、近交系統の幼塊根の組織諸形質の特性は、単に遺伝子のホモ化ないし内婚弱勢の影響だけでなく、祖先品種の

影響をも強く受けていることを近縁係数によって示唆した。

本章は、以上の知見に基づき、甘しょの塊根の組織諸形質の特性がいかなる遺伝的支配を受けているかをさらに明確にするため、第7章で検討した近交系統とそれらの相互交配により得られたF<sub>1</sub>実生個体の幼塊根の組織諸形質を統計遺伝学的に比較検討したものである。

### 第2節 実験材料および実験方法

1 実験材料：実験材料は第7章において用いた沖繩百号、農林七号、コガネセンガンなどの実用品種ならびに近交系統からなる33品種または系統と、これら品種・系統間の交配による30組合せのF<sub>1</sub>実生個体である。その交配組合せは第86表に示すとおりである。

Table 86. Cross combination used for observations

Experiment	No. of combination	Cross combination		Inbreeding coefficient		Coefficient of relationship
		♀	♂	♀	♂	
I	1	S. 395-115	× S. 138-179	0.38	0.16	0.06
	2	Kyukei 17-3028	× I. 391-17	0.	0.29	0.
	3	Kyukei 17-2053	× S. 24-163	0.25	0.31	0.03
	4	Fv 62-41	× S. 138-179	0.	0.16	0.
	5	Okinawa No. 100	× S. 912-82	0.	0	0.13
	6	I. 391-17	× S. 21-102	0.29	0	0
	7	I. 215-95	× S. 103-144	0.06	0	0.03
	8	S. 106-50	× S. 103-144	0.22	0	0
	9	S. 395-134	× L-4-5	0.38	0	0
	10	S. 392-26	× Koganesengan	0.28	0	0.01
	11	S. 106-50	× Okinawa No. 100	0.22	0	0.06
	12	S. 392-26	× Fv. 62-41	0.28	0	0
	13	S. 392-14	× Kyukei 17-3106	0.28	0.28	0
II	14	S. 103-144	× Norin No. 7	0.	0.	0.
	15	I. 95-193	× Kyukei 14-54	0.	0.16	0.12
	16	S. 395-10	× I. 121-96	0.38	0.11	0.16
	17	Kyukei 17-2059	× S. 24-365	0.25	0.31	0.02
	18	Kyukei 17-2053	× L-4-5	0.25	0.	0.
	19	S. 392-26	× S. 24-365	0.28	0.31	0.02
	20	S. 214-342	× Koganesengan	0.27	0.	0.08
	21	S. 395-10	× S. 24-365	0.38	0.31	0.04
	22	Kyukei 17-3104	× Kyukei 17-2053	0.25	0.25	0.
	23	Kyushu No. 48	× Kyukei 17-3106	0.05	0.25	0.
	24	S. 395-10	× I. 391-20	0.38	0.29	0.16
	25	I. 95-193	× Norin No. 7	0.	0.	0.03
	26	Kyushu No. 48	× Kyukei 17-3104	0.05	0.25	0.
	27	I. 95-193	× Kyushu No. 38	0.	0.05	0.07
	28	S. 395-115	× Taino No. 57	0.38	0.	0.
	29	S. 214-342	× S. 24-365	0.27	0.31	0.08
	30	Kyushu No. 58	× I. 121-96	0.	0.11	0.14

2 耕種法：F<sub>1</sub>種子は常法により、硫酸処理後充分に水洗し、1966年3月31日に電熱温床に播種した。

発芽したF<sub>1</sub>実生個体は4月30日から5月2日にかけて仮植し、6月9日に本圃に1交配組合せあたり25個体植付けた。なお、本圃植付ける苗は実生苗の直根を切除して、1実生苗を1株として栽植した。また、近交系統も同時に本圃に栽植した。その他の耕種法は第7章の場合と全く同様である。

3 材料の採取：近交系統は栽植41日後の7月20日に1系統あたり10株掘り取り、これらの中から最も肥大した薯10個を選び、幼塊根の組織標本の材料とした。また、実生個体はすべて近交系統と同時に採取する予定であったが、作業の都合上、一部の組合せは近交系統と同時の7月20日に採取し、残りの組合せは、9日後の7月29日に採取した。実生個体は各組合せについて全個体を掘り取り、各個体から最大の薯1個を採取して組織標本の材料とした。ただし、2、3の組合せに欠株があったので、組織標本の観察に供したのは1組合せあたり約20個体である。

4 組織標本の作製および幼塊根の乾物率の測定：

組織標本の作製法および幼塊根乾物率の測定法は第7章の場合と全く同様である。

5 幼塊根の組織諸形質の測定：幼塊根の組織諸形質の測定方法も第7章の場合と全く同様である。

### 第3節 実験結果

F<sub>1</sub>実生個体の掘り取りは、前節の実験材料および実験方法において述べたごとく、掘り取り作業の都合上前後2回にわたっておこなったが、掘り取り時期が甘しょの生育の旺盛な盛夏であるため、後期掘り取りの組合せでは塊根の肥大ならびにでん粉の蓄積がかなり進行することが予測された。そこでそこでこの掘り取り時期の差異による誤差の混入をさけるために、前期採取区を実験Ⅰ、後期採取区を実験Ⅱとして区別し、検討した。

#### 1 F<sub>1</sub>実生個体の幼根の直径および乾物率の交配組合せによる差異

F<sub>1</sub>実生個体の幼塊根の組織諸形質の検討をおこな

Table 87. Analysis of variance of the diameter and the dry matter percentage of young tuberous root

Experiment	Source of variation	Diameter			Dry matter percentage		
		Df	Ms	F	Df	Ms	F
I	Between cross combination	12	27.50	1.67	12	100.73	8.86**
	Error	241	16.46		239	11.37	
II	Between cross combination	16	85.06	19.87**	16	188.04	20.80**
	Error	307	4.28		307	9.04	

note \*\*..... significant at 1% level

Table 88. Frequency distributions of the diameter and the dry matter percentage of young tuberous root

#### (1) Diameter (mm)

Experiment	Class interval									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
I	1		3	5	4					
II		2	4	2	4	1	1	2	1	

#### (2) Dry matter percentage (%)

Experiment	Class interval						
	16	18	20	22	24	26	28
I	2	4	6		1		
II		1	2	2	3	6	3

う前に、幼塊根の肥大程度ならびにでん粉含有率が、交配組合せによってどの程度異なるかを明らかにするため、組織標本の作製に用いた幼塊根の最肥大部最大直径および乾物率を測定した。その測定値の分散分析の結果は第 87 表に示すとおりである。

第 87 表によれば、幼塊根の直径に関しては、組合せ間の分散は実験 I では有意ではないが有意水準に近く、実験 II ではきわめて高い有意性を示している。また、乾物率に関しては、実験 I および II ともに組合せ間の分散はきわめて高い有意性を示している。すなわち塊根の肥大程度については実験 II において、また塊根のでん粉含有率については実験 I および II において、組合せによる差異が認められる。

なお、 $F_1$  実生個体の幼塊根の直径および乾物率に関する交配組合せごとの平均値は第 88 表の分布を示す。第 88 表によれば、幼塊根の直径および乾物率ともに実験 I より実験 II において、大きい値を示す組合せが多いが、これは、組合せの差異によるものではなく、掘取時期の差によるものであろう。

次に、塊根の肥大程度ならびにでん粉含有率に関する交配親と  $F_1$  実生個体との関係を明らかにするために、幼塊根の直径および乾物率について、 $F_1$  実生個体の組合せごとの平均値の、両親平均への回帰を求めた結果は第 89 表に示すとおりである。

第 89 表によれば、幼塊根の直径に関しては、 $F_1$  平均値の両親平均値への回帰は実験 I では有意ではないが、実験 II では有意な正の値を示しており、また、幼塊根の乾物率については実験 I および II ともに有意な

正の値を示している。従って、幼塊根の肥大が良好な両親からの  $F_1$  実生個体は概して幼塊根の肥大が良好であり、また、でん粉含有率の高い両親からの  $F_1$  実生個体はでん粉含有率が高いことが推論される。しかし、親子回帰が幼塊根の直径については実験 II のみで、また幼塊根の乾物率については実験 I および II ともに有意であることは、両形質に関する親子回帰の強さに差異があることを示唆するものと考えられる。

親子回帰を弱める原因の一つに、ヘテロシスの発現が予測される。そこで、 $F_1$  実生個体における塊根の直径および乾物率に関するヘテロシスの発現と両親の表現型との関係を明らかにするため、ヘテロシスを  $F_1$  平均 ( $F_1$ ) と両親平均 (M. P.) との差 ( $F_1 - M. P.$ ) で示し、( $F_1 - M. P.$ ) の M. P への回帰を求めた結果は第 90 表に示すとおりである。

第 90 表によると、幼塊根の直径に関するヘテロシス ( $F_1 - M. P.$ ) の両親平均 (M. P) への回帰は実験 I および II ともに有意な負の値を示し、両親平均値が小さい場合ほど  $F_1$  に大きなヘテロシスが発現することを示唆している。また、乾物率に関するヘテロシス ( $F_1 - M. P.$ ) の両親平均 (M. P) への回帰は、実験 I では有意ではないが、実験 II では有意な負の回帰を示し、塊根の直径と同様両親平均値が小さい場合に  $F_1$  にヘテロシスが発現することを示唆している。このようにヘテロシスの両親平均への回帰が、直径については実験 I および II ともに有意であり、乾物率については実験 II のみで有意であることは、ヘテロシスが乾物率より直径において強く発現する傾向を示唆するものであ

Table 89. Regression coefficients of  $F_1$  progeny mean value to mid parent value of the diameter and the dry matter percentage of young tuberous root

Experiment	Diameter	Dry matter percentage
I	-0.05	0.67*
II	0.22**	0.25**

note \* ... significant at 5 % level  
\*\* ... significant at 0.1 % level

Table 90. Regression coefficients of heterosis ( $F_1 - MP$ ) to mid parent value (MP) of diameter and dry matter percentage of young tuberous root

Experiment	Diameter	Dry matter percentage
I	-3.58**	-2.15
II	-7.58	-5.93**

note \*\* ... significant at 1 % level



らう。

親子回帰およびヘテロシス発現様相に関する以上の結果は従来<sup>4)</sup>の知見と一致し、でん粉含有率に関しては高伝子の相加的効果が、また、塊根の肥大性に関してはヘテロシス効果がかかり関与することを示している。

**2 F<sub>1</sub> 実生個体の幼塊根の組織諸形質の交配組合せによる差異**

前述の如く、幼塊根の直径および乾物率については、ともに交配組合せによって差異が認められるので、前章までの知見から、両形質と密接な関係のある皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの塊根の組織諸形質についても、交配組合せによって差異があるものと考えられる。そこで第

7章の方法によって F<sub>1</sub> 実生個体の幼塊根の組織諸形質を測定し、得られた測定値を分散分析した結果を示すと第 91 表のとおりである。

第 91 表によると、各形質とも組合せ間の分散は実験 I、II いずれにおいても有意であり、F<sub>1</sub> 実生個体における幼塊根の組織諸形質の特性は、交配組合せによって明らかに異なる。

なお、F<sub>1</sub> 実生個体の幼塊根の組織諸形質に関する組合せごとの平均値の分布は第 92 表に示すとおりである。

第 92 表によると、皮部の厚さ、皮部率および木部の柔細胞の大きさは、実験 I より実験 II においてやや大きい傾向がある。しかしこれらの諸形質は、第 3 章において明らかにしたごとく、塊根の肥大に伴う変化が大きい形質であるので、実験 I と II の差異は、組合せの差によるものではなく、掘取時期の差異に基づくものと考えられる。なお、他の塊根組織諸形質につい

Table 91. Analysis of variance of structural characters of young tuberous root

Experiment	Source of variation	Thickness of bark			Rate of bark			Sieve tube dimensions in bark		
		D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
I	Between cross combination	12	390	29.2**	12	103491	30.0**	12	25762	17.6**
	Error	241	13		241	3449		239	1461	
II	Between cross combination	16	672	28.6**	16	206506	29.2**	16	39614	3.68**
	Error	307	23		307	7068		307	10753	

Experiment	Source of variation	Rate of sieve tube dimensions in bark			Sieve tube dimensions in xylem tissue			Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue		
		D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
I	Between cross combination	12	11221	17.5**	12	325170	3.28**	12	1625	4.10**
	Error	239	643		241	99014		241	396	
II	Between cross combination	16	15053	3.70**	16	359102	4.28**	16	1795	5.36**
	Error	307	4086		307	83870		307	335	

Experiment	Source of variation	Rate of vessel dimensions in xylem tissue			Size of parenchymatous cell in xylem tissue			Frequency of large parenchymatous cell division		
		D.f	M.s	F	D.f	M.s	F	D.f	M.s	F
I	Between cross combination	12	812	5.13**	12	88585	21.94**	12	44706	3.58**
	Error	241	158		241	4037		241	12499	
II	Between cross combination	16	1256	6.24**	16	151526	6.78**	16	29569	2.40**
	Error	307	201		307	22325		307	12296	

note \*.....significant at 5% level  
 \*\*.....significant at 1% level

Table 92. Frequency distributions of the respective F<sub>1</sub> progeny mean on structural characters of young tuberous root

(1) Thickness of bark (mm)

Experiment	Class interval						
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
I	3	3	6	1			
II		2	3	5	4	1	2

(2) Rate of bark (%)

Experiment	Class interval								
	14	15	16	17	18	19	20	21	22
I	2	3	4	2	2				
II	2	1	5	2	0	2	3	1	1

(3) Sieve tube dimensions in bark

Experiment	Class interval*							
	7	8	9	10	11	12	13	14
I		3	5	3	1		1	
II	1	1	3	3	4	3	1	1

note \* 1 unite  $\div$  0.005 mm<sup>2</sup>

(4) Rate of sieve-tube dimensions in bark (%)

Experiment	Class interval				
	6	7	8	9	10
I	4	2	6		1
II	5	5	5	1	1

(5) Sieve tube dimensions in xylem tissue

Experiment	Class interval					
	10	20	30	40	50	60
I	3	3	4	1	1	1
II	1	3	11	1	1	

note \* 1 unite  $\div$  0.005 mm<sup>2</sup>

(6) Rate of sieve-tube dimensions in xylem tissue (%)

Experiment	Class interval				
	1	2	3	4	5
I	5	5	1	1	1
II	4	10	2	1	

ては、両実験間に大差は認められない。

3 幼塊根の組織諸形質の親子回帰

前項において、F<sub>1</sub> 実生個体の皮部の厚さ、皮部率、

(7) Rate of vessel dimensions in xylem tissue

Experiment	Class interval									
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
I	2	1	1	3	1	4		1		
II	1	1	1	5	3	1	1	2	1	1

(8) Size of parenchymatous cell in xylem tissue

Experiment	Class interval*								
	12	14	16	18	20	22	24	26	28
I	2	1	3	1	6				
II			4	2	4	5	1		1

note \*...1 unite  $\div$  0.0005 mm<sup>2</sup>

(9) Frequency of large parenchymatous cell division (%)

Experiment	Class interval			
	4	8	12	16
I	3	5	3	2
II	2	9	5	1

皮部の篩管面積、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔組織の細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの幼塊根の組織諸形質が、交配組合せによって異なることが明らかとなったので、これら諸形質の遺伝様相を明らかにするため、幼塊根の組織の各形質の測定値について、F<sub>1</sub> 実生個体の交配組合せごとの平均の両親平均への回帰を求めた。その結果は第93表に示すとおりである。

第93表において、実験Ⅰまたは実験Ⅱのいずれかにおいて統計的に有意な親子回帰を示す幼塊根組織は、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の道管面積率および大型柔細胞分裂の頻度である。また、木部の柔細胞の大きさは実験ⅠおよびⅡのいずれにおいても、有意ではないが有意水準に近く、木部の篩管面積率も実験Ⅱにおいて有意水準に近い値を示している。従って、これらの諸形質は両親の影響をかなり受ける形質であると考えられる。一方皮部の厚さと皮部の篩管面積は、実験ⅠおよびⅡのいずれにおいても親子回帰係数が有意でなく、従ってこれらの形質は両親の影響をあまり受けないと考えられる。

なお、この場合の親子回帰係数は狭義の遺伝力を示すものであるから、回帰係数が有意な値を示したものについては、形質の発現に遺伝子の相加的効果がかかり関与しているものと考えられる。ここで実験Ⅰにお

Table 93. Regression coefficients of F<sub>1</sub> progeny mean to mid parent value on some structural characters of young tuberous root

Experiment	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
I	0.355	0.199	0.517
II	0.152	0.612**	0.354

Experiment	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue
I	0.631*	1.361**	0.450
II	0.306	0.182	0.252

Experiment	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division
I	0.411	0.382	0.195
II	0.511*	0.523	0.575*

note \*...significant at 5% level  
 \*\*...significant at 1% level

Table 94. Frequency distributions of heterosis (F<sub>1</sub>-MP) on some structural characters of young tuberous root

(1) Thickness of bark (mm)

Experiment	Class interval								
	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
I	1		3	4	4	1			
II	1		1	1	3	4	4	1	2

(2) Rate of bark (%)

Experiment	Class interval						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
I		2	1	4	3	3	
II	1	2	3	7	4		

(3) Sieve tube dimensions in bark

Experiment	Class interval*							
	-1	0	1	2	3	4	5	6
I	1	5	3	3				
II	1	3	2	3	2	4	2	

note \*...1 unite ÷ 0.005mm<sup>2</sup>

(4) Rate of sieve-tube dimensions in bark (%)

Experiment	Class interval						
	-2	-1	0	1	2	3	4
I			3	3	4	2	1
II		2	4	2	3	4	2

(5) Sieve-tube dimensions in xylem tissue

Experiment	Class interval						
	-50	-40	-30	-20	-10	0	10
I				1	7	3	2
II		4	1	1	3	5	3

note \*...1 unite ÷ 0.005mm<sup>2</sup>

(6) Rate of sieve-tube dimensions in xylem tissue (%)

Experiment	Class interval							
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
I				2	5	1	4	1
II		2	2	5	6	2		

(7) Rate of vessel dimensions in xylem tissue (%)

Experiment	Class interval							
	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	0.2	0	0.2	0.4
I				2	1	5	4	1
II		1	1	7	4	3	1	

(8) Size of parenchymatous cell in xylem tissue

Experiment	Class interval*						
	-9	-6	-3	0	3	6	9
I		3	2	6	1	1	
II			1	8	5	2	1

note \*...1 unite  $\div$  0.0005mm<sup>2</sup>

(9) Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue (%)

Experiment	Class interval								
	-12	-9	-6	-3	0	3	6	9	12
I				2	3	4	1	2	1
II		1	1	6	4	5			

Table 95. Regression coefficients of heterosis ( $F_1-MP$ ) to mid parent value (MP) on some structural characters of young tuberous root

Experiment	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
I	-0.645**	-0.848**	-0.480
II	-0.848**	-0.347	-0.646

Experiment	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue
I	-0.368	0.361	-0.549
II	-0.710**	-0.818**	-0.748**

Experiment	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue
I	-0.638*	-0.618**	-0.805**
II	-0.978**	-0.477	-0.425

note \* ..... significant at 5% level  
 \*\* ..... significant at 1% level

ける木部の篩管面積の回帰係数, すなわち, 遺伝力は 1.36 で, 遺伝力の定義からすれば明らかに不当に大きい値である. これは標本誤差によるものと考えられるが, この点についてはさらに詳細な検討を必要とする.

4 幼塊根の組織形質のヘテロシス

前述のごとく, 皮部の厚さおよび皮部の篩管面積などは親子回帰係数が有意でなく, 両親の影響をあまり受けない形質であるが, このような形質には甘しょの育種において重要な意義をもつヘテロシス効果が大きく関与していることが予測される. このようなヘテロシス効果関与の有無を明らかにするため, 塊根の組織の各形質に関する  $F_1$  実生個体の組合せごとの平均 ( $\bar{F}_1$ ) と, その両親平均 (M. P) との差 ( $F_1-M. P$ ) を  $\bar{F}_1$  実生個体におけるヘテロシスと考え, ヘテロシス発現の様相を検討した.

第 94 表は塊根の組織の各形質について, 各交配組合せのヘテロシス発現程度 ( $\bar{F}_1-M. P$ ) の変異を示し

たものである. 第 94 表によると, ヘテロシス ( $\bar{F}_1-M. P$ ) はいずれの形質においても負から正にわたって変異し, 交配組合せによって異なるが, 全体を通じてみるとそれほど顕著ではない. なお, 概して皮部の篩管面積のヘテロシスは正の値を, また木部の篩管面積のヘテロシスは負の値を示す.

ヘテロシス発現の両親平均 (M. P) の大小によるちがいを明らかにするため, ヘテロシス ( $\bar{F}_1-M. P$ ) の両親平均 (M. P) への回帰を求めた結果は第 95 表に示すとおりである.

第 95 表から明らかなように, ヘテロシスの両親平均への回帰は皮部の篩管面積を除き, いずれの組織においても実験 I または II のいずれかにおいて有意な負の値を示しており, これらの諸形質におけるヘテロシスは両親平均値が小さい場合に発現し, 両親平均値が大きい場合には両親を越えるようなヘテロシスは発現し難い傾向があることを示している.

次に,  $F_1$  実生個体におけるヘテロシスの発現が, 親の近親交配の程度ならびに両親間の血縁関係の差異と

Table 96. Regression coefficients of heterosis ( $F_1$ -MP) to the difference of inbreeding coefficient between  $F_1$  progeny and parents ( $f_{F_1}-f_{MP}$ )

Experiment	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
I	-0.065	0.071	-4.26
II	0.362	2.44	-0.265

Experiment	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve-tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve-tube dimensions in xylem tissue
I	-2.75	1.45	8.18*
II	-3.30	102.77**	6.90*

Experiment	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue
I	-0.329	-16.73	0.746
II	-0.165	-5.10	47.785

note \* ..... significant at 5% level

\*\* ..... significant at 1% level

関係があるかどうかについて検討をおこなった。このため、親の近親交配の程度を近交係数で、また両親間の血縁関係の差異を近縁係数で表わし、さらに近親交配の進んだ近交系統間においてどの程度の他系交配がおこなわれたかの指標として、 $F_1$ の近交係数と両親の近交係数の平均との差 ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) を用いた。なお、親の近縁係数は子の近交係数である<sup>24)</sup>。

第96表は、幼塊根の組織諸形質に関するヘテロシス ( $\bar{F}_1$ -MP) の、 $F_1$ と両親の近交係数の差 ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) への回帰係数を示したものである。

第96表によれば、木部の篩管面積率は実験IおよびIIのいずれにおいても有意な正の回帰を示し、木部の篩管面積は実験IIにおいて有意な正の回帰を示している。すなわち、木部の篩管面積率については、ヘテロシスの発現程度は $F_1$ と両親との近交係数の差 ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) の大きさと並行している。この場合、第86表から明らかなように、 $F_1$ の近交係数 ( $f_{F_1}$ 、両親の近縁係数)には大差がないので、 $F_1$ と両親との近交係数の差 ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) の大きさは主として両親の近交係数 ( $f_{MP}$ ) に依存している。つまり、木部の篩管面積率のヘテロシスは、両親の近親交配の程度が小さい場合には起り易いが、両親の近親交配の程度が進めば $f_{MP}$ は大、従って ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) は小となり、木部の篩管面積率のヘテロシスは起りにくくなると考えられる。この結果は高でん粉母本を養成する場合、あまりに強度の近親交配をおこなえば、ヘテロシスによっ

て木部の篩管面積または篩管面積率の向上を期待するのが困難になることを示唆するものと考えられる。なお、木部柔細胞の大きさは、実験Iにおいて、5%の有意水準に近い負の回帰係数を示している。すなわち、木部の柔細胞の大きさにおけるヘテロシスは、前述と同様の理由により、両親の近交程度が大なる場合に発現し易いことがうかがわれる。

上記以外の組織諸形質に関しては、ヘテロシスの発現の、 $F_1$ と両親との近交係数の差 ( $f_{F_1}-f_{MP}$ ) への回帰は有意ではない。

##### 5 幼塊根の直径のヘテロシスと幼塊根組織諸形質のヘテロシスとの関係

甘しょの収量にはヘテロシス効果がかかり作用していることが従来の試験結果から明らかにされている<sup>43)</sup>。本供試材料においても、第90表に示すように、実験IおよびIIのいずれにおいても、幼塊根の直径のヘテロシスの、両親平均への回帰は有意な負の値を示し、ヘテロシスの発現は両親平均値が小さい場合ほど強く現われている。このような幼塊根の直径におけるヘテロシスの発現が幼塊根の組織の各形質のヘテロシスと関係があるか否かを明らかにするため、幼塊根の直径のヘテロシス ( $\bar{F}_1$ -MP) の、幼塊根の組織の各形質のヘテロシス ( $\bar{F}_1$ -MP) への回帰を求めたところ、第97表に示す結果が得られた。

第97表から明らかなように、幼塊根の直径におけ

Table 97. Regression coefficients of heterosis of the thickness of young tuberous root to that of structural characters of the root

Experiment	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
I	17.50*	-1.056**	-0.168
II	13.49**	-0.947**	0.554

Experiment	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue
I	-1.470	-0.167	-2.185**
II	-0.651	0.110*	-0.400

Experiment	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue
I	-5.290	0.778**	0.322
II	-1.548	0.516*	0.653**

note \* ..... significant at 5% level  
\*\* ..... significant at 1% level

るヘテロシスの、幼塊根の各組織のヘテロシスへの回帰のうち、皮部の厚さ、木部の篩管面積、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度に関する各回帰係数は実験 I および II の両実験区または、そのいずれかにおいて正の有意な値を示している。従って、幼塊根の肥大に認められるヘテロシスが、内部組織におけるヘテロシス、すなわち皮部の厚さ、木部の篩管面積、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度のヘテロシスと密接の関係を有するこ

とは明らかである。

一方、塊根の直径におけるヘテロシスの皮部率および木部の篩管面積率のヘテロシスへの回帰係数は負の有意な値を示し、皮部の篩管面積率のヘテロシスへの回帰係数も 5% の有意水準に近い値を示している。従って、塊根の肥大に関してヘテロシスが起る場合には、皮部率、皮部の篩管面積率および木部の篩管面積率のヘテロシスは概して負の値をとると考えられる。

Table 98. Regression coefficients of heterosis of the dry matter percentage of young tuberous root to that of structural characters of the root

Experiment	Thickness of bark	Rate of bark	Sieve tube dimensions in bark
I	-0.050	-0.049	-0.346
II	-0.403	0.496	0.083

Experiment	Rate of sieve tube dimensions in bark	Sieve tube dimensions in xylem tissue	Rate of sieve tube dimensions in xylem tissue
I	-0.351	0.080	0.475
II	0.173	-0.050	-0.723

Experiment	Rate of vessel dimensions in xylem tissue	Size of parenchymatous cell in xylem tissue	Frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue
I	7.057**	-0.033	0.022
II	0.366	-0.169	-0.597**

note \*\* ..... significant at 1% level

## 6 幼塊根の乾物率のヘテロシスと幼塊根の組織諸形質のヘテロシスとの関係

塊根のでん粉含有率に関するヘテロシスの効果が少ないことはすでに従来の試験結果で明らかにされている<sup>43)</sup>。本実験の結果も、でん粉含有率についてのヘテロシスの効果が少ないことを示している(第90表)が、なお、多少のヘテロシス効果は認められる。そこで幼塊根のでん粉含有率に関するヘテロシス効果と幼塊根の組織の各形質に認められるヘテロシス効果との関係を明らかにするため、幼塊根乾物率のヘテロシスの、幼塊根の組織の各形質のヘテロシスへの回帰を求めた結果は第98表に示すとおりである。

第98表から明らかなように、幼塊根乾物率におけるヘテロシスの、幼塊根の組織各形質におけるヘテロシスへの回帰の中で、木部の道管面積率のヘテロシスへの回帰係数は有意な正の値を、また大型柔細胞分裂の頻度への回帰係数は負の値を示している。従って、幼塊根の乾物率のヘテロシスが顕著な場合には、木部の道管面積率のヘテロシスは大きく、木部の大型柔細胞分裂の頻度のヘテロシスは逆に小さい傾向がうかがわれる。

## 第4節 考察

著者は第7章において、でん粉含有率を向上させるため、遺伝子の相加的集積を目的として育成した近交系統と実用品種との間で幼塊根の組織諸形質を比較し、近交系統では皮部および木部の篩部面積および木部の大型柔細胞分裂頻度が減少すること、および全体的に細胞分裂活性の低下とでん粉含有率の向上とが相伴っていることから、高でん粉交配母本の養成にあたっては積極的に塊根組織における篩部面積の増加を計る必要があることを示唆しておいた。さらに、高でん粉遺伝子の集積を目的として育成した近交系統間で交配を行ない、これによって得られる $F_1$ の塊根がどのような組織特性を示すかを明らかにすることは、甘しょの育種にヘテロシス効果を利用する場合きわめて重要である。

ところで、第93表に示したごとく、幼塊根の組織諸形質の親子回帰による狭義の遺伝力は、木部の篩部面積で高い値が認められ、木部の篩部面積率に関しても5%の有意水準に近い値を示している。すなわち、木部の篩部面積または木部の篩部面積率の形質発現には、遺伝子の相加的効果がかなり働いているものと考えられるので、交配母本の選定あるいは交配組合せの

決定にあたっては、収量性やでん粉含有率とともに、これら形質の集積効果をもあわせ考慮することが大切である。

なお、第95表に示すように、 $F_1$ の塊根組織諸形質におけるヘテロシスは、両親平均(MP)が小さい場合には発現し易いが、両親の値が大きい場合には発現し難いので、ヘテロシス効果に多くを期待することはできない。また、第96表に示すように、皮部率、皮部の篩部面積、皮部の篩部面積率、木部の道管面積率および木部の大型柔細胞分裂の頻度などの形質においては、ヘテロシスの発現と、両親と $F_1$ 間の近交係数の差との間には必ずしも一定の傾向は認められないが、木部の篩部面積および篩部面積率についてはヘテロシスの発現が、 $F_1$ の近交係数と両親の近交係数との差の大きさ—この場合は主として両親の近交係数が小さいこと—と正の相関を示すので、両親の近交程度が大きくなれば木部の篩部面積のヘテロシス発現は困難になることが予測される。このような場合には近交系統における内婚弱勢による塊根肥大の劣悪化をヘテロシスによって回復することは困難であろう。従って、強度の近交系統を育成する場合には、木部の篩部面積を減少せしめないよう特に留意すべきであると考えられる。

幼塊根の肥大に関するヘテロシスの発現が幼塊根組織諸形質のうち、皮部の厚さ、木部の柔細胞の大きさおよび大型柔細胞分裂の頻度におけるヘテロシスの発現と正の相関を示すこと、また幼塊根のでん粉含有率に関するヘテロシスの発現が、道管面積率および大型柔細胞分裂頻度のヘテロシスとそれぞれ正、負の相関を示すことは、幼塊根の肥大ならびにでん粉含有率に関するヘテロシス発現の組織学的根拠を示唆するものとして興味深い。

## 第5節 摘要

1 甘しょの塊根の組織諸形質の遺伝様相を明らかにするため、近交系統および実用品種を含む33系統と、それらの相互交配30組合せの $F_1$ 実生個体との幼塊根の組織諸形質の特性を比較した。

2 供試した $F_1$ 実生個体の幼塊根の肥大程度、でん粉含有率、皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩部面積、皮部の篩部面積率、木部の篩部面積、木部の篩部面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの組織各形質には、交配組合せによって顕著な差異が認められた。

3 幼塊根の組織諸形質の測定値の親子回帰のうち、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の道管面積率および大型柔細胞分裂の頻度などに関する親子回帰は有意な値を示した。従って、これらの組織諸形質には遺伝子の相加的作用がかなり関与しており、これらの形質の発現に対して集積効果を期待することが出来る。

4 幼塊根の組織諸形質のヘテロシスの発現 ( $\bar{F}_1 - M. P$ ) は、組合せ全体を通じて、それほど顕著ではない。なお、皮部の篩管面積のヘテロシスは概して正の値を示すが、木部の篩管面積のヘテロシスは負の値を示す傾向が認められる。

5 しかし、ヘテロシスの発現は交配組合せによって異なっており、皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などのヘテロシスは、いずれも、両親平均値が小さい場合には発現するが、両親平均値が大きい場合には発現し難い傾向が認められる。

6 木部の篩管面積および篩管面積率におけるヘテロシスは、両親の近交程度が大きい場合には発現し難い傾向がある。従って、強度の近交系統を交配母体として養成する場合には木部の篩管面積または篩管面積率を減少せしめないよう留意する必要がある。

7 幼塊根の直径におけるヘテロシスの発現は皮部の厚さ、木部柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの組織諸形質におけるヘテロシスの発現と正の相関を有しており、一方皮部率、皮部篩管面積率および木部道管面積率におけるヘテロシスの発現とは負の相関を有している。

8 幼塊根のでん粉含有率におけるヘテロシスの発現は道管面積率におけるヘテロシス発現と正の、また大型柔細胞分裂の頻度のヘテロシスとは負の相関関係を示す。

## 第11章 総合考察

### 第1節 緒言

前章までに着目してきた塊根の組織諸形質の中で主要な形質とこれらの形質と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との相関関係は第99表に要約して示すとおりで、その詳細についてはそれぞれの章において述べたので、省略するが、これらの諸形質は、一次形成層の外側にある形質と内側にある形質とに分けることが

できる。

TROLL<sup>59)</sup>は種々の植物の根の肥大様式を篩部肥大型、Beta型および木部肥大型の3型に大別している。篩部肥大型はニンジンなどのごとく形成層輪の外側の篩部が肥大する型であり、Beta型はてん菜によって代表されるもので根の外側に次々と多環状に形成層輪が形成される型であり、木部肥大型は大根や甘しょの如く形成層輪の内側の木部が肥大する型である。

上記の分類で木部肥大型とされる甘しょの塊根は、第2章および第3章で明らかにしたごとく、一次形成層による木部柔組織の増生、木部柔組織細胞の再分裂による細胞数の増加ならびにそれら増生された細胞の生長とによって肥大するものである。従って、塊根が肥大するためには、まず、一次形成層の分裂活性が大であることが必要であって、このことは、甘しょの塊根組織を観察した全ての研究者も指摘するところである。なお、一次形成層の外側に道管が発達する例外的な系統が認められたが、この点については本研究ではふれていない。

そこで甘しょの塊根組織の特徴は一次形成層より内側の木部の柔細胞の再分裂性にあると考えられるので、この点に焦点をあてて考察をおこなう。

### 第2節 木部の柔細胞の分裂特性

一次形成層によって増生された木部柔組織内における細胞の再分裂は、第2章において指摘したごとく、道管周囲の細胞分裂、大型柔細胞分裂、木部内篩部および二次形成層の発達など異種類の細胞分裂に区別されるが、再分裂の結果増生される細胞や組織の種類あるいは細胞の分裂活性の程度から、上記区別とは別に次の4型に大別できよう。

(A) 細胞の増生分裂；大型柔細胞分裂および道管周囲の細胞分裂

(B) 細胞の分化分裂；木部内篩部および二次形成層の発達

(C) 細胞の生長；柔細胞の再分裂の不活性化

(D) 細胞の木化；柔細胞の木化

塊根の木部柔組織において、上記の(A)および(B)の細胞分裂が起る場合には、通常の一次形成層のみによる根部の肥大生長とは異なり、異常肥大生長である<sup>34)</sup>。また、(C)および(D)の場合は、肥大に要する細胞数の増加は一次形成層のみに依存するので、いわゆる通常の肥大生長である。なお、(D)の場合は根根であり、樹木の根の肥大生長と同じである。



Table 99. Correlation coefficients between structural characters of tuberous root and the diameter and the dry matter percentage of the root

Structural character	Diameter of tuberous root			Dry matter percentage of tuberous root		
	Late growing period (1)	Early growing period		Late growing period (1)	Early growing period	
		Hybrid (2)	Inbred (3)		Hybrid (2)	Inbred (3)
Thickness of bark	0.621***	0.762***	0.501**	0.252	0.160	0.010
Rate of bark	-0.432***	-0.856***	-0.651**	0.503***	0.026	0.189
Sieve tube dimensions in bark	0.243	-0.298	0.292	0.077	-0.231	-0.375*
Rate of sieve tube dimensions in bark	-0.337***	-0.638***	-0.183	-0.196	-0.354*	-0.301
Sieve tube dimensions in xylem tissue	0.801***	0.845***	0.262	-0.161	-0.070	-0.215
Rate of sieve tube dimensions in periphery part of xylem tissue	-0.149			0.026		
Rate of sieve tube dimensions in central part of xylem tissue	-0.234			-0.116		
Average rate of sieve tube dimensions in xylem tissue	-0.306**	0.209	-0.339	-0.105	0.162	-0.049
Vessel dimensions in xylem tissue	0.785***	0.464**		-0.132	0.090	
Rate of vessel dimensions in periphery part of xylem tissue	-0.042			0.167		
Rate of vessel dimensions in central part of xylem tissue	-0.342***			-0.070		
Average rate of vessel dimensions in xylem tissue	-0.490***	-0.671***	-0.200	-0.060	-0.028	-0.033
Size of parenchymatous cell in xylem tissue	0.194	0.775***	0.508**	0.359***	-0.118	-0.083
Frequency of large parenchymatous cell division	0.025	0.612***	0.270	-0.256	-0.631***	-0.562**
Development degree of secondary vascular cambium		0.701***			0.151	

note (1).....See Chapter 9, (2).....See Chapter 8, (3).....See Chapter 7

\*.....significant at 5% level \*\*.....significant at 1% level

\*\*\*.....significant at 0.1% level

甘しょの塊根は、塊根の部位または生育時期によっても多少異なるが、上述の4型の細胞の分裂特性を種々の程度にあわせて持っていることは、前章までに詳述したとおりである。

### 第3節 木部の柔細胞の分裂特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係

前章までの各観察結果を総合して、前節記述の木部柔細胞における4つの型の分裂と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を要約すれば、第100表に示すとおりである。すなわち、第100表に示すように、塊根の肥大程度に関しては、木部柔組織が(A)の特性をつよくもつ塊根は柔細胞の増生が大きく極良好な肥大をおこす。しかし、(A)の特性のみをもつ塊根では、同化養分の転流は、すべて、一次形成層の外側の皮部の篩部にのみ依存することになる。つぎに木部柔

組織が(B)の特性を強くもつ塊根では、柔細胞の増生は(A)の特性をつよくもつ塊根には及ばないが、木部内に篩管が形成されるので、同化養分の転流は皮部の篩管と木部の篩管とによっておこなわれる。また木部柔組織が(C)の特性を強くもつ塊根では、木部における柔細胞の増生が極めて少なく、細胞数の増加は主として一次形成層による柔細胞の増生のみ依存し、木部柔組織内で塊根の肥大に貢献するのは主として細胞の生長のみである。さらに、木部柔組織が(D)の特性のみをもつ塊根では、木部の柔細胞は一次形成層によって分化された後早急に木化するもので、細胞の生長すら充分にはおこなわれず、この種の根は梗根となって樹木の根と変わらず、肥大が最も不良となる。以上要するに、塊根の肥大は、一般に、(A)、(B)、(C)、(D)の順に次第に不良となる。

つぎに、塊根のでん粉含有率に関しては、木部の柔組織が(A)の特性のみをもつ塊根は、前述のごとく、木

Table 100. Relationship between the four types of the divisions of parenchymatous cell in xylem tissue of tuberous root, and thickening and starch content of the root

Characteristics of parenchymatous cell of tuberous root	Division		Non-division	
	Proliferation (A)*	Differentiation (B)*	Growth of cell (C)	Lignification of cell (D)
Thickening	Very good	Good	Bad	Very bad
Starch content	Low	High	Very high	Very low

note (A)……Large parenchymatous cell division, Cell division surrounding vessel

(B)……Secondary vascular cambium cell division

部柔組織内における柔細胞の増生は旺盛であるが、木部内には篩管の分化が起らないため、同化養分の転流は専ら皮部のみ依存することになり、塊根が肥大するに従って塊根の全容量に対する篩管の割合はますます小さくなる。すなわちでん粉を貯蔵する柔細胞数は多いが、でん粉の転流組織が少ない組織構造をとることになる。換言すれば、木部柔組織は篩管を欠き、道管のみを保持することになるので、でん粉よりもむしろ水分の貯蔵組織としての構造になると云えよう。木部柔組織が(B)の特性をつよく示す場合には、木部柔組織では、でん粉を貯蔵する柔細胞ならびに同化養分を転流する篩管が増生・発達するので、でん粉の貯蔵に好適な組織構造をとるようになる。木部柔組織が(C)の特性のみを示す場合には、木部内では細胞の再分裂が起らず、もちろん、篩管の分化も起らない。従って、同化養分の転流は(A)の場合と同様、専ら、皮部の篩管のみに依存することになるが、もし一次形成層から増生された柔細胞に、ただちに、充分なでん粉粒が蓄積されるならば、その後は柔細胞の再分裂と云うでん粉消失の要因が働かないのであるから、塊根のでん粉含有率の向上を期待することができる。しかしたといそのようなことが実現したとしても、塊根の総でん粉蓄積量を考慮した場合この種の塊根ではそれに充分な篩管およびでん粉貯蔵柔細胞の増生をおこなう能力はもたないと考えられる。

木部柔組織が(D)の特性をつよく示す場合は、一次形成層より増生された木部はすべて木化して細胞質が消失するため、根部はでん粉の蓄積をおこなわず、専ら地下部からの養水分の吸収の機能をはたすに留まり、皮部の篩管による転流同化養分は、根の形態形成および養分吸収のエネルギー源として利用されるものと考えられる。

#### 第4節 木部の柔細胞の分裂型から見た塊根組織の構造模型と塊根のでん粉蓄積能力との関係

まず前述の木部柔細胞の4つの分裂型について考察すると、一次形成層より増生された直後の柔細胞は急速に生長するのみであって、C型の特性を示し、それより内側の生長した細胞はやがてA型の増生分裂、すなわち、大型柔細胞分裂および道管周囲の柔細胞分裂をおこない、これよりさらに内側ではB型の分化分裂すなわち、木部内篩部の発達および二次形成層の発達を示す。塊根の中心部に近づけば、やがて、細胞の再分裂は少なくなり、柔細胞はわずかに生長するのみで再びC型となる。

柔細胞の分裂型によって上記のごとく4層に大別された木部柔組織各層の量と増根のでん粉含有率との関係は、前章までの観察結果から、模式的には、第66図に示すような、低でん粉型、中でん粉型、高でん粉型、および極高でん粉型の4型に類別されよう。すなわち、低でん粉型は、中でん粉型に比較して、C層がうすく、ただちA層すなわち、大型柔細胞分裂や道管周囲の柔細胞分裂が旺盛な層となり、かつ、このA層が厚い。さらに、その内層のB層はうすく、木部内篩部の発達や二次形成層の発達は顕著ではない。最内層のC層も中でん粉型に比較すれば小さい。

これに対して、高でん粉型はC層すなわち、一次形成層より増生された細胞の生長は、中でん粉型と大差はないが、その内側のA層すなわち増生分裂層がうすく、さらにその内側のB層、すなわち分化分裂の層があつく、盛んに木部内篩部の発達および二次形成層の増生がおこなわれる。

極高でん粉型では、最外層のC層があつく、一次形成層より増生された細胞の生長速度は小さい。しか

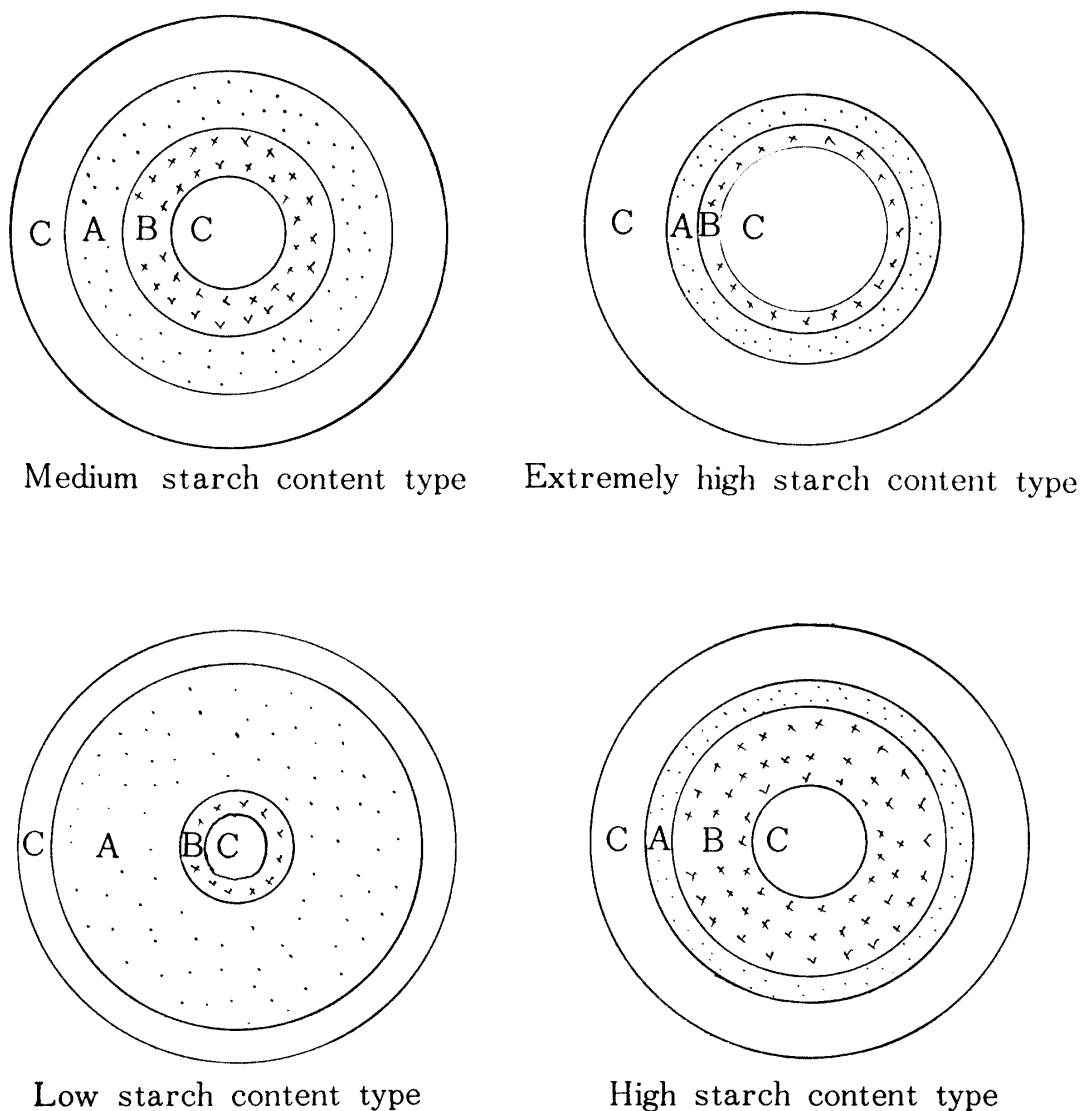


Fig. 66. Relationship between the structural characteristics of xylem tissue of tuberous root and the starch content of the root.  
 A ... proliferation cell division (cell division surrounding vessel, large parenchymatous cell division).  
 B ... differentiation cell division (secondary cambium cell division).  
 C ... Non cell division (gradual cell growth).

も、その内側のA層およびB層はうすく、わずかに増生分裂と分化分裂がおこなわれ、中心部のC層、すなわち柔細胞が殆んど再分裂を行わず、わずかに生長を続けるだけの層が大である。

塊根の肥大程度は、前述のごとく、柔細胞の増生量と生長量とによるが、概して、低でん粉型、中でん粉型、高でん粉型、極高でん粉型の順に不良となり、とくに、極高でん粉型は、一次形成層の分裂活性がよほど旺盛でない限り、木部柔組織における柔細胞の増生量が少なく塊根の肥大は不良となる。従って、高でん

粉、多収の実用品種の育成にあたっては、一次形成層の分裂活性が旺盛で、盛んに皮部側に篩管および篩部柔組織を、また中心部側に道管および木部柔細胞の増生をおこない、さらに、一次形成層により増生された木部柔組織内においては、A層でなく、B層によって旺盛な柔細胞の増生ならびに維管束の分化をおこなう高でん粉型の構造をまず育種目標とすべきであろう。

結局、でん粉の貯蔵に最も好適な塊根の組織構造が形成されるためには、前述の考察結果から、一次形成層および二次形成層の分裂活性が大であることが必要

である。さらに、細胞分裂によって増生される組織諸形質に着目した場合、一次形成層の分裂活性と関連して、皮部の厚さ、皮部の篩管面積が大であること、また、二次形成層の分裂活性と関連して、木部内の篩管面積が大であり、大型柔細胞分裂の頻度が少ないことなどが指摘される。

甘しょの高でん粉多収性品種の育種を行なう場合、塊根に上記の高でん粉型の組織諸形質の諸特性を具備させるための育種方法として、これらの諸形質の特性の集積効果を期待する方法と諸特性にヘテロシスの発現を期待する方法が考えられる。

これらの点に関し、塊根の組織諸形質の遺伝を検討した結果、親子回帰が有意な値を示し、従って、形質の発現に遺伝子の相加的作用が関与しており、その形質の特性の集積効果を期待できるのは、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の道管面積率および大型柔細胞分裂の頻度などの諸形質であった。

また、塊根の組織諸形質の特性の発現に対するヘテロシス効果を検討した結果、皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などに関するヘテロシスは、一般に、両親平均値が大きい場合には発現し難い傾向があった。しかしそのような場合でも、第8章の種間雑種において認められたように、遺伝的に極めて遠縁の系統間の交雑であれば、二次形成層にヘテロシスの発現を期待することができる。

ここで、でん粉蓄積能力の集積を計る場合について考察したい。もし、高でん粉含有能力がどのような組織構造に基づくものであるかについて十分な検討がなされないならば、第7章の高でん粉近交系統において認められたように、木部内の柔細胞の増生と維管束の分化とが共に不良な極高でん粉型系統の選抜がおこなわれる可能性がある。このような極高でん粉型の選抜が強力におこなわれ、両親の近交程度が大きくなれば、木部の篩管面積および篩管面積率に関するヘテロシス効果は、他系交配によっても期待し難くなる傾向があるので、交配母本の育成にあたってはとくに篩管面積の減少をとまわらないように留意せねばならない。

## 総 括

作物の栄養器官が同化産物の貯蔵器官として特に発達し、その器官の貯蔵物質の含有率が作物の品種によ

って異なる場合、含有率の差異が貯蔵器官のどのような構造の差異に基づくものであるかと云う観点から、貯蔵器官の構造とその機能の発現との関係を解明した研究は、きわめて少ない。

本研究は、以上のような観点より、作物の同化産物の貯蔵器官の組織構造とその蓄積能力との関係に関する基礎的資料を得る目的で、甘しょの塊根を材料としておこなったものであって、塊根の組織諸形質の品種・系統間変異、およびその遺伝を検討し、塊根の組織諸形質の特性から得られた知見に基づいて、甘しょ高でん粉多収性品種の育種に関して考察をおこなったものである。

## A 塊根の組織構造

塊根組織に関する明確な基礎的知見を得ることを目的として、でん粉貯蔵器官にとってとくに重要と考えられる維管束の分化と柔細胞の増生に焦点をあてながら、発生初期の不定根から収穫期の塊根に至る一連の組織観察の結果を論述した。

### 1 不定塊の根端部における組織の分化

甘しょ品種沖繩百号の栽植5日後の不定根を供試して、根端部における組織の分化様相を観察した。

1 根冠はその中央部を構成する中央構造とその側層を構成する側層構造とからなっている。

2 横断面では、根冠の中央構造の細胞は一定の配列様式を示さないが、根冠の側層構造の細胞は、中央構造を取り囲む輪状配列を示している。

3 根冠の最内層は表皮原となっている。

4 表皮原に接して頂端側（根冠側）と基部側（皮層および中心柱側）の両側に分裂組織がある。

5 皮層は約8層の細胞層からなり、横断面では、中心柱を取り囲む輪状構造を示し、根端部から約200 $\mu$ の部位では、細胞間隙が認められる。

6 内鞘細胞は、表皮原先端部の基部側にある分裂組織から2～3個の細胞を隔てた極先端部において識別できる。

7 中心柱の先端部には表皮原の基部側の分裂組織に接して、不整形の細胞よりなる半球形の部分が存在する。

8 原生篩管は、中心柱の先端部から約500 $\mu$ の部位において明瞭に認められる。

9 原生木部道管の厚膜化が認められるのは、中心柱の先端から1cmないし2cmの間である。

10 中心柱の柔細胞は、縦軸方向では皮層細胞より長く、また、横断面におけるその細胞配列には一定の様式がみられない。

11 軸の中心を通る縦断面では、中心柱の中心部には大きな核をもった比較的大型の細胞からなる一列の細胞列があって、頂端分裂組織のごく近くまで達している。

## II 不定根の塊根形成

沖縄百号および九州 34 号を供試して、栽植 5 日後より 1 ヶ月間 5 日おきに合計 6 回不定根を採取し、不定根の最肥大部または最肥大予想部位の組織標本を作成して、塊根組織の分化発達過程を追跡した。

1 栽植 5 日後には、皮層は約 8 層の細胞層からなり、離生細胞間隙にとむ、内鞘細胞はその並層分裂により中心柱の細胞数を増加し、直層分裂によって内鞘細胞自身の数を増加してその円周を増加している。原生篩部は内鞘に接して、5～6 個所に放射状に認められ、その周囲には、すでに伴細胞を伴う後生篩部が分化している。原生木部構成道管の細胞膜は厚膜化しているが、まだ木化しておらず、原生木部は完熟していない。

2 栽植 10 日後には、厚生篩部に対応する皮層部に破生細胞隙が認められる。原生木部道管および中央後生木部道管が木化し、成熟する。また、篩部を取り囲む扇形の分裂組織が発達する。

3 栽植 15 日後には、中心柱では一次形成層が完成し、道管周囲に分裂組織が発達する。

4 栽植 20 日後には、一次形成層による維管束ならびに柔細胞の増生が旺盛となる。道管周囲の分裂組織による柔細胞の増生も顕著であるが、この分裂組織は直接には維管束の分化をおこなわないので、いわゆる形成層とは認め難い。木部柔組織内に新しい篩部が分化し、この篩部に接して分裂組織が発達するこの分裂組織は維管束を分化するので、形成層と認められる。従って、この木部内に発達した篩部 (interxylary phloem) に接する分裂組織は、先に分化した塊根周囲の一次形成層に対して、二次形成層 (secondary cambium) と呼称すべきである。

5 栽植 25 日後には、前期までに認められた諸種の分裂組織による細胞の増生は依然旺盛であるが、さらに、木部柔組織の個々の大型の柔細胞が、比較的孤立的に分裂するのが観察される。この種の細胞分裂は維管束の分化を伴わず、また一連の分裂細胞層の形をとらないので、前期までの諸種の細胞分裂に対して、

とくに、大型柔細胞分裂として区別できる。

6 栽植 30 日後には、皮層はほとんど脱落し、新しく、コルク形成層が発達して皮部を形成する。中央道管の周囲の分裂組織の活性はやや衰える。この時期に、甘しょの塊根の組織学的諸形質は完成する。

7 以上の観察結果から、塊根肥大に寄与する細胞の増生は、コルク形層、一次形成層、二次形成層、道管周囲の柔細胞分裂および大型柔細胞分裂によるものと結論される。これらの細胞分裂の中で、一次形成層と二次形成層とは、ともに篩管と道管とを形成することができる、いわゆる維管束形成層である。また、道管周囲の柔細胞分裂と大型柔細胞分裂とは、ともに、柔細胞の増生のみをおこない、維管束の分化を伴わない細胞分裂である。

## III 塊根の肥大に伴う塊根組織諸形質の推移

沖縄百号ほか 6 品種を供試して、塊根の肥大に伴う塊根の組織諸形質の推移を調べた。

1 塊根の肥大は、生育初期の栽植 30 日後から 60 日後までは、いずれの品種においても旺盛である。しかし、その後の塊根の肥大速度は品種によって異なり、やや衰えるものと生育後期まで旺盛なものがある。

2 皮部の厚さは、いずれの品種においても、塊根の肥大に伴って増加する。

3 単位幅 (1 mm) の皮部の篩管面積は、塊根の肥大に伴って増加しない。

4 木部の周辺部の篩管面積率と塊根の直径とは関連性がない。

5 木部の中心部の篩管面積率は、塊根の肥大に伴って減少する品種もあるが、その傾向は必ずしも明らかでなく、むしろ、品種間差異が顕著である。

6 木部の周辺部の道管面積率と塊根の直径との間には、一定の関連性はない。むしろ、品種間差異が顕著である。

7 木部の中心部の道管面積率は沖縄百号を除き、いずれの品種も、塊根の肥大に伴って減少する。

8 木部の柔細胞の大きさは、台農 57 号、沖縄百号および九州 31 号では、塊根の肥大に伴って増加する、しかし、それ他の品種においては、この傾向は必ずしも明瞭でない。

9 木部の大型柔細胞分裂の頻度と塊根の肥大との間には一定の関係は認め難い。むしろ、品種間差異が顕著である。

#### IV 塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係

沖縄百号ほか6品種を供試して、塊根のでん粉蓄積経過と塊根の組織諸形質との関係を検討した。

1 塊根の乾物率は、生育初期から急速に高くなるが、生育後期ほど高くなるのではなく、乾物率の最高値が、栽植90日後頃にある品種と栽植110日後頃にある品種とが認められた。また、塊根の部位別では、中心部の乾物率が概して、塊根の周辺部の乾物率より高い。

2 皮部の厚さは、生育の初期から塊根の乾物率が最高値を示す時期までは、乾物率の増加と相伴っている。しかし、その後乾物率が減少する場合にも、皮部の厚さはさらに増加するので、両形質間に直接の関連性はないものと考えられる。

3 塊根の乾物率と皮部の篩管面積率との間には、品種内においては一定の関連性はないが、品種間においては、概して、高乾物率の品種は低乾物率の品種より、皮部の篩管面積率が大きい。

4 塊根の乾物率の増減に対して、塊根の周辺部の篩管面積率は、品種内では一定の増減傾向を示さないが、品種間では、概して、高乾物率の品種は周辺部の篩管面積率が高い。

5 塊根の乾物率が増加するに従って、中心部の篩管面積率は減少する傾向を示す。

6 塊根乾物率の増減に対して、周辺部の道管面積率が増加する品種と関連を示さない品種があり、両形質の関係は品種によって異なる傾向を示す。なお、品種間では、概して、高乾物率の品種は周辺部の道管面積率が高い。

7 塊根の乾物率が増加するに従って、塊根の中心部における道管面積率は減少する。

8 塊根の乾物率の増加に対して、木部の柔細胞の大きさが大となる品種と関連を示さない品種とがあり、両形質の関係は品種によって異なり、一定の関係は認められない。

9 塊根の乾物率と大型柔細胞分裂の頻度との関係は、品種内においては明確ではない。しかし、品種間においては明らかに高乾物率の品種は、大型柔細胞分裂の頻度が少ない。

#### B 塊根の組織諸形質の品種・系統間変異および遺伝

塊根の組織諸形質の品種・系統間変異、ならびに組織諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率

との関係を明らかにするため、近交系統および種間雑種系統を含む多数の品種、系統の幼塊根および収穫期の塊根の組織諸形質を観察し、塊根組織諸形質の遺伝を検討した。さらに、これらの観察結果を総合して、でん粉貯蔵根として機能的な塊根の組織構造とその育種方法について考察をおこなった。

#### V 典型的な高、低でん粉品種の幼根組織

高でん粉品種九州34号と低でん粉品種沖縄百号との塊根形成過程における幼根の組織諸形質を比較した。

1 皮層の厚さは両品種間で差が認められないが、中心柱の直径は沖縄百号が九州34号より大である。

2 原生木部の放射列数および放射列構成道管数のいずれも、沖縄百号が九州34号より多い。

3 原生木部と中央後生木部道管との間に介在する柔組織の発達度は沖縄百号が九州34号より大である。

4 木部柔組織内における諸種の柔細胞分裂のうち、二次形成層の発達程度は両品種間で顕著な差異が認められないが、道管周囲の柔細胞分裂および大型柔細胞分裂の程度は、沖縄百号が九州34号より大である。

5 でん粉粒の蓄積程度は、いずれの品種においても、篩部柔組織が木部柔組織より大である。また、でん粉蓄積程度は篩部柔組織では品種による差は少ないが、木部柔組織では、九州34号が沖縄百号に比較して著しく大である。

#### VI 主要品種の幼根組織

沖縄百号および九州34号を含むでん粉含有率を異にする我が国の主要17品種を供試して、栽植20日後および30日後の幼根の組織諸形質の特性を調べ、幼塊根の肥大程度および生育後期の塊根のでん粉含有率との関係を比較検討した。なお、塊根のでん粉含有率の指標として塊根の乾物率を測定した。

1 栽植20日後の幼根の平均直径は最小は九州1号の1.1mm、最大は沖縄百号の3mmであり、栽植30日後では、最小は九州1号の6.4mm、最大は4—33の11.8mmであった。乾物率の最高は農林2号の36.2%、最低は紫原3号の26.1%であった。

2 幼根の直径は中心柱径と高い正の相関を示す。

3 原生木部放射列数は、品種によって異なるが、根の直径または乾物率との間に有意な相関はない。

4 原生木部各放射列を構成する道管数は、品種によって異なり、栽植30日後の幼塊根の直径とは正の、

また、生育後期の塊根の乾物率とは負の有意な相関を示す。

5 中央後生木部道管と原生木部放射列との間に介在する柔組織の発達程度は品種によって異なり、生育後期の塊根の乾物率との間に負の相関を示す。

6 木部柔組織における大型柔細胞分裂の頻度は品種によって異なり、生育後期の塊根の乾物率と負の相関を示す。

7 中央道管周囲の木化細胞数には品種間差異があり、農林三号、農林九号、九州34号、農林二号などは、他の品種より多い。

8 中央道管周囲の篩管数は、品種によって異なり、栽植30日後の幼塊根の直径とは負の、また、生育後期の塊根の乾物率とは正の相関を示す。

9 木部柔細胞内のでん粉粒数および細胞内ででん粉粒が占める割合はともに品種により相伴って変化し、いずれも生育後期の塊根の乾物率と高い正の相関を示す。

## VII 高でん粉近交系統の幼塊根組織

高でん粉近交系統の生育初期における幼塊根の組織諸形質の特性を観察した。

1 皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび大型柔細胞分裂の頻度には顕著な系統間変異が認められる。

2 幼塊根の直径と皮部の厚さとは正の相関を示し、概して近交係数が小さい系統は幼塊根の直径が大で皮部が厚く、近交係数が大きい系統は幼塊根の直径が小で、皮部が薄い場合が多い。

3 幼塊根の直径と皮部率とは負の相関を示し、近交係数が小さい系統は幼塊根の直径が大で、皮部率が小さく、近交係数が大きい系統は根径が小さく、皮部率が高い場合が多い。

4 幼塊根の直径と木部の柔細胞の大きさととは正の相関を示し、近交係数が小さい系統は根径が大で木部の柔細胞も大きい、近交係数が大きい系統は根径は小で木部の柔細胞も小さい場合が多い。

5 幼塊根の乾物率と皮部の篩管面積とは負の相関を示し、近交係数が高い系統は乾物率が高く皮部の篩管面積は小さく、近交係数が小さい系統は乾物率が低く皮部の篩管面積が大きい場合が多い。

6 幼塊根の乾物率と木部の大型柔細胞分裂とは負の相関を示し、近交係数が大きい系統は乾物率が高く大型柔細胞分裂の頻度は少なく、近交係数が小さい系

統は乾物率が低く大型柔細胞分裂の頻度が高い場合が多い。

7 近交係数と木部内篩管面積率とは正の相関を示し、近交係数の増加に伴って木部内篩管面積率が増加している。

8 供試近交系統のでん粉含有率の向上は、主として、大型柔細胞分裂の頻度および皮部の篩管面積の減少に依存しており、篩管面積率には依存していない。

9 供試近交系統の幼塊根組織の各形質と、特定の祖先品種との近縁係数の間に関連性が認められ、近交系統の塊根の皮部の厚さおよび皮部の篩管面積は、祖先品種蔓無源氏との近縁度とともに増加し、木部の篩管面積、木部柔細胞の大きさおよび大型柔細胞分裂の頻度は祖先品種吉田、七福、潮州などの近縁度とともに増加する。

## VIII 種間雑種系統の幼塊根組織

甘しょ品種とその近縁野生種 *I. trifida* およびその種間雑種諸系統の幼塊根の組織諸形質を比較検討した。

1 *I. trifida* の諸系統はいずれも根の肥大能力を欠き、その根部は梗根状を呈する。しかし、種間雑種第一代諸系統の幼塊根は甘しょ品種に劣らない肥大能力を示す。

2 種間雑種系統の中には、甘しょ品種よりさらに高いでん粉含有率を示す系統が多数認められる。

3 幼塊根の皮部が厚い系統は塊根の肥大が良好な傾向があるが、概して、*I. trifida* の諸系統は塊根の直径に対する皮部の厚さの割合が大きく、甘しょ品種はその割合が小さい。種間雑種は両者の中間的傾向を示す。しかし、種間雑種第一代系統の中にはとくに皮部が厚い系統とうすい系統とが認められる。

4 介在柔組織の発達程度が良好なる系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向があるが、種間雑種第一代系統の中には、甘しょ品種農林二号と同様、介在柔組織の発達程度が顕著ではないにも拘らず、幼塊根の肥大が良好な系統と、介在柔組織の発達が良好な割には、幼塊根の肥大が不良な系統とがある。

5 二次形成層の発達程度が良好な系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向が認められるが、種間雑種系統の中には、甘しょ品種より二次形成層の発達が良好な系統が多数認められる。

6 皮部の篩管面積率が大きな系統は幼塊根の肥大が不良な傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は皮部の篩管面積率が大き、根は肥大せず、これに対して甘し

上品種は皮部の篩管面積率が小で塊根肥大が良好である。種間雑種諸系統は、その中間的傾向を示す。

7 根の直径が5.5mm以下の場合には、木部の篩管面積率が大きな系統、根の直径が5.5mm以上の場合には、木部の篩管面積率が小さな系統が幼塊根の肥大が良好な傾向が認められる。種間雑種系統はこのような篩管面積率と幼塊根の直径の関係について、甘しょ品種と *I. trifida* との中間的な性質を示す。

8 木部の道管面積率が小さい系統は幼塊根の肥大が良好な傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は木部の道管面積率が大き根の直径が小であり、甘しょ品種は道管面積率が小で根の直径が大である。種間雑種系統は、*I. trifida* と甘しょ品種との中間的な性質を示す。

9 木部柔細胞の大きい系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向が認められ、*I. trifida* 諸系統は、木部柔細胞が小さく、根の肥大が不良であり、甘しょ品種は木部柔細胞が大きく、幼塊根の肥大が良好である。種間雑種諸系統は、両形質に関し、甘しょ品種に近い傾向を示す。

10 大型柔細胞の分裂頻度が高い系統は、幼塊根の肥大が良好な傾向が認められ、*I. trifida* の諸系統は、大型柔細胞分裂の頻度が小で根の肥大は不良であり、甘しょ品種は大型柔細胞の分裂頻度が大き幼塊根の肥大が良好である。種間雑種諸系統は両形質に関し、*I. trifida* と甘しょ品種との中間的な性質を示すか、根の直径の割に大型柔細胞分裂の頻度がきわめて大きな系統と小さな系統とが存在している。

11 皮部の篩管面積率が高い系統は、塊根の乾物率が低い傾向があるが、種間雑種諸系統は、皮部の篩管面積率が小で塊根の乾物率が高く、甘しょ品種は皮部の篩管面積率が大き乾物率は低い。

12 木部の大型柔細胞分裂の頻度が高い系統は、塊根の乾物率が低い傾向が認められる。種間雑種系統は大型柔細胞分裂の頻度が低く、塊根の乾物率が高い、甘しょ品種は大型柔細胞分裂の頻度が高く、塊根の乾物率は低い。

13 種間雑種諸系統では、概して、二次形成層の発達が良好で柔細胞の増生と維管束の分化が活発であり、このことが大型柔細胞の分裂頻度の減退による細胞数の減少を補い、したがって幼塊根の肥大性の減退を防ぎ、乾物率の向上に好適な組織特性を具備せしめるに至ったものと推察される。

## IX 主要品種・系統の収穫期の塊根組織

主要品種・系統の収穫期の塊根の組織諸形質の変異、ならびにそれら諸形質の特性と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を検討した。

1 塊根の皮部の厚さと塊根の直径とは、幼塊根の場合と同様、収穫期の塊根においても、高い正の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は塊根の皮部が厚い。

2 塊根の皮部の篩管面積率と塊根の直径とは、幼塊根の場合と同様、概して、負の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は皮部の篩管面積率が小さい傾向がある。

3 木部の篩管面積率と塊根の直径とは、負の相関を示す。しかし、農林二号、コガネセンガンなどの優良品種は塊根の直径も大で、かつ、篩管面積率も大である。

4 木部の道管面積率と塊根の直径とは、幼塊根の場合同様、負の相関を示し、塊根の肥大良好な系統は木部の道管面積率が小さい傾向がある。

5 木部の柔細胞の大きさと塊根の直径との間には、幼塊根にみられた有意な正の相関は認められない。これは生育後期の塊根では、細胞の大きさとともに細胞の数もまた塊根の肥大と密接に関係しているものと推察される。

6 収穫期の塊根の中心部における大型柔細胞分裂の頻度と塊根の直径とは関連がなく、塊根の直径が大なる系統の中にも大型柔細胞分裂が少ない系統がある。

7 収穫期における塊根の皮部の篩管面積率と塊根の乾物率との相関は有意ではない。しかし、この結果は幼塊根において有意な負の相関が認められた場合と必ずしも相反するものではない。

8 木部の柔細胞の大きさと塊根の乾物率とは、幼塊根の場合とは異なり、有意な正の相関を示す。この傾向は極高でん粉系統において著しいが、実用品種群では明確ではない。

9 木部の大型柔細胞の分裂頻度と塊根の乾物率との間には、幼塊根にみられた有意な負の相関は認められない。これは、乾物率が低い系統の中にも、中心部の大型柔細胞分裂の頻度の低い系統が存在するためである。

## X 幼塊根の組織諸形質の遺伝

甘しょ塊根の組織諸形質の遺伝様相を明らかにするため、近交系統および実用品種を含む33系統と、それらの相互交配30組合せのF<sub>1</sub>実生個体との幼塊根の組織諸形質の特性を比較した。



1  $F_1$  実生個体の幼塊根の肥大程度、でん粉含有率、皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの組織各形質には、いづれも、交配組合せによって顕著な差異が認められた。

2 幼塊根の組織諸形質の測定値の親子回帰のうち、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の道管面積率および大型柔細胞分裂の頻度などに関する親子回帰は有意な値を示した。従って、これらの組織諸形質には遺伝子の相加的作用がかなり関与しており、これらの形質の発現に対して遺伝子の集積効果を期待することができる。

3 幼塊根の組織諸形質のヘテロシスの発現 ( $\bar{F}_1 - MP$ ) は、組合せ全体を通じて、それほど顕著ではない、なお皮部の篩管面積のヘテロシスは概して正の値を示すが、木部の篩管面積のヘテロシスは負の値を示す傾向が認められる。

4 ヘテロシスの発現は交配組合せによって異なっており、皮部の厚さ、皮部率、皮部の篩管面積率、木部の篩管面積、木部の篩管面積率、木部の道管面積率、木部の柔細胞の大きさ、木部の大型柔細胞分裂の頻度などのヘテロシスは、いづれも、両親平均値が小さい場合には発現するが、両親平均値が大きい場合には、発現し難い傾向が認められる。

5 木部の篩管面積および篩管面積率におけるヘテロシスは、両親の近交程度が大きい場合には、発現し難い傾向が認められる。従って、強度の近交系統を交配母本として養成する場合には、木部の篩管面積または篩管面積率を減少せしめないよう留意する必要がある。

6 幼塊根の直径におけるヘテロシスの発現は皮部の厚さ、木部の柔細胞の大きさおよび木部の大型柔細胞分裂の頻度などの組織諸形質におけるヘテロシスの発現と正の相関を有しており、一方皮部率、皮部の篩管面積率および木部の道管面積率におけるヘテロシスの発現とは負の相関を有している。

7 幼塊根のでん粉含有率におけるヘテロシスの発現は道管面積率におけるヘテロシス発現と正の、また大型柔細胞分裂の頻度のヘテロシスとは負の相関々係を示す。

## XI 総合考察

I~Xにおいて、甘しょの塊根の組織諸形質の特性について検討してきた結果を総合して、塊根の組織構

造と塊根の肥大程度およびでん粉含有率との関係を論じ、高でん粉品種育種法を検討した。

1 塊根の木部柔組織における細胞分裂は分裂の結果増生される細胞や組織の種類あるいは分裂活性の程度によって次の4型に大別できる。A、細胞の増生分裂、B、細胞の分化分裂、C、細胞の生長、D、細胞の木化、

2 柔組織における細胞の分裂型によって4層に大別された木部柔組織各層の量と塊根のでん粉含有率との関係は模式的には、低でん粉型、中 でん粉型、高でん粉型、極高でん粉型の4型に類別できる。

3 甘しょの高でん粉、多収品種の育種においては、木部柔組織内において旺盛な分化分裂をおこなう高でん粉型の構造をまづ育種目標とすべきである。

4 上記高でん粉型の塊根を育成するためには、分化分裂の旺盛な系統間の交配により、でん粉含有率の向上を計り、その結果得られた高でん粉系統間の他系交配により分化分裂の程度をさらに向上せしめる必要がある。

## 引用文献

- 1) 相見霊三 (1955) 甘藷に於ける澱粉の形成と蓄積に関する細胞生理学的研究日作紀24, 3: 201~205
- 2) ARTSCHWAGER, E. F. (1924) On the anatomy of the sweet potato root with notes on internal breakdown. *Journal of Agricultural Research* vol. 27, 3: 157-166
- 3) (1930) A study of the structure of sugar beets in relation to sugar content and type. *Journal of Agricultural Research* vol. 40, 10
- 4) (1952) Sugar beet types based on internal morphology. *Amer. Soc.* 7: 434-440
- 5) ARTSCHWAGER, E. F. (1954) Characterization of sugar beet varieties on the basis of their internal structure together with the effect of environment on the variability of diagnostic characters in inbred lines. *Amer. Soc.* 8 part 2, 118-124
- 6) BÜNNING, E. (1951) Über die differenzierungsvorgänge in der cruciferenwurzel. *planta*. Bd. 39. s. 126-153
- 7) BÜNNING, E. (1954) Polaritätsstörungen bei pflanzenzellen durch äthylem *planta*, Bd 43. s. 472~476
- 8) CLOWES, F. A. L. (1961, a) Apical meristems. *Botanical monographs*. vol. 2. Oxford, Blackwell.
- 9) CLOWES, F. A. L. (1961, b) Effect of  $\beta$ -radiation on meristem *Expt. cell. Res.* 25: 529~534
- 10) (1963) X-irradiation of root meristem. *Ann. Bot.* 27: 343-364
- 11) EL-SHARKAWY, M. A. et al (1965) Photosynthesis Among Species in Relation to Characteristics of Leaf Anatomy and  $CO_2$  Diffusion Resistances *Crop. Sci.* 5: 517-21
- 12) (1967) Apparent Reassimilation of Respiratory Carbon Dioxide by Different Plant Species. *Physiol. planta.* 20: 171-186

- 13) ESAU, K. (1943) Origin and development of primary vascular tissues in seed plants. Bot. Rev. 9 : 125-206
- 14) ----- (1965) Plant anatomy second edition, Wiley Toppan
- 15) GUTTENBERG, H. (1960) Von Grundzüge der histogenese höherer pflanzen I. Die Angiospermen. In : Handbuch der pflanzenanatomie, Band 8. teil 3. Berlin, Gebürder Borntraeger.
- 16) HANSTEIN, J. (1868) Die Sकेitelzellgruppe in vegetationspunkt der Phanerogamen. Festschr. Niederrhein. Gessell. Natur-und Heilkunde 1868 : 109-134
- 17) ----- (1870) Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und der Dikotylen. Bot. Abhandl. 1 (1) : 1-112.
- 18) HESKETH, J. D. et al. (1967) Light and Carbon Assimilation by plant Communities. Crop Sci. 7. 285-293,
- 19) 日高輝夫 (1958) 宮崎県工試報告
- 20) 猪野俊平 (1954) 植物組織学 東京内田老鶴圃
- 21) 今福民三 (1938) 甘藷塊根の形成機構に関する研究 農及円 13, 4 : 954-964
- 22) 伊藤秀夫, 森田義彦, 鈴木耕三, 林隆之助, (1946) 甘藷の塊根形成に関する研究 農及円, 21, 4 : 147-152, 5 : 199-202, 6 : 255-256
- 23) 伊東秀男, 森英男 (1947) 甘藷の塊根の肥大生長と通気 農学 1 : 46-48
- 24) 木村資生 (1960) 集団遺伝学概論 培風館
- 25) Mc CORMICK F. A. (1916) Note on the anatomy of the young tuber of Ipomoea Batatas LAM. Botanical Gazette, vol. 61, 388-398
- 26) 中潤三郎 (1962) 甘藷の生育過程に関する作物生理学的研究 香川大学農学部紀要, 第9号 : 1-96
- 27) 西内光 (1944 a) 甘藷塊根肥大に関する研究 日作紀 16, 3.4 : 17-19
- 28) ----- (1944 b) 温度系効果による甘藷塊根形成の実験 日作紀 16, 3-4, 48-49
- 29) NISHIUCHI, H. (1953) Experiment of Artificial Tubertization of the Root of Sweet potato in a glass pipe by the Temperature Gradient Referring to the effect of the Temperature-system, and Relation of the partial Moisture to the Tubertization. Bulletin of the Naniwa University. Sereiss B Agricultural and Natural Science val. 3.
- 30) 西山市三, 藤瀬一馬, 寺村貞, 宮崎司 (1961, a) 甘藷とその近縁植物に関する研究 育種学雑誌 11, 1
- 31) ----- (1961, b) 甘藷とその近縁植物に関する研究 育種学雑誌 11, 4
- 32) 野口弥吉, 菅原友太 (1940) 甘藷塊根の形成機構に関する研究 農及円 15, 1 : 1-8
- 33) 小倉謙 (1945) 甘藷の塊根形成に関する解剖学的考察 農及円 20, 8 : 331-334, 9 ; 381-383
- 34) 小倉謙 (1958) 植物解剖及形態学 養賢堂
- 35) 小野田利正 (1938) 甘藷の澱粉歩合検定法 農及円, 13. 5 : 1227.
- 36) ----- (1941) 育種上より見たる甘藷品種の早晚性に就て, 農及円, 16, 9
- 37) ----- (1955) ミキサー利用簡易澱粉検定に関する試験 澱粉工誌 3(2) : 76-82
- 38) OLAH L. (1950) La Fecundacion de "Beta vulgaris" L.
- 39) 太田行人 (1965) 細胞の分化 東京大学応用微生物研究所シンポジウム 第7集 14
- 40) PILLAI A. (1964) Root apical organization in gymnosperms-some conifers. Torrey Bot. club Bul. 91 : 1-13
- 41) 坂井健吉, 広崎昭太 (1958) 甘藷における塊根肥大の早晚性に関する研究 日作紀 27, 2
- 42) ----- 丸峰正吉 (1960) 甘藷の生育経過に関する試験 澱粉工誌 8(2) 39-47
- 43) ----- (1961) 甘藷育種における主要量的形質の変異の向上拡大に関する統計遺伝的研究ならびに高度変異体の選抜法に関する数理統計学的研究 学位論文
- 44) ----- (1964) 甘藷育種における変異の拡大と選抜法の改善に関する研究 九農試報 9, 3 : 247-397
- 45) 坂井健吉 広崎昭太 (1965) 甘藷高澱粉多収性品種育成の現状と将来, 農業技術 20, 3 : 124-128, 4 : 171-176
- 46) 赤藤克巳 (1963) 導入種利用による甘藷高澱粉遺伝子集積法に関する研究 京都大学農学部育種学研究室
- 47) 赤藤克巳 (1966) 甘藷の収量発現機構に関する遺伝学的研究 京都大学農学部育種学研究室
- 48) 関岡行 (1961) 甘藷における sucrose-c<sup>14</sup> の転流蓄積におよぼす温度の影響 月作紀 30 27-30
- 49) 菅原友太 (1938) 甘藷の水耕実験 農及円 13, 1 : 185
- 50) 鈴木繁男, 田村太郎, 広幡哲夫, 根本芳郎, 荒井克祐 (1957) 甘藷の生長, 肥大に関する生化学的研究, 農化誌, 31, 762-767
- 51) 武井仁 (1959) 農村工業研究所報告,
- 52) 角田重三郎 (1964) 作物品種の多収性の研究 日本学術振興会
- 53) ----- 神田幸枝 高野義大 (1967) 十字花科の野生, 栽培植物の導管の発達と葉の光合成能力との関係 育種学雑誌 17 別 2, 127-128.
- 54) ----- (1968) 光合成, 物質生産に関する研究の動向, 農及円 43, 12
- 55) 戸刈義次, 明峰英夫 (1945) 甘藷の塊根形成に関する研究, 農及円 20, 2
- 56) 戸刈義次 (1950) 甘藷塊根形式に関する研究 農事試験場報告 68 1-96
- 57) ----- 白沢義信 (1955) 甘藷の生育に伴う体内成分の消長 日作紀 24, 2 : 99-102
- 58) 津野幸人, 藤瀬一馬 (1965) 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究, 農技研報告 D 13. 1-126
- 59) TROLL, W. (1954). Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie Teil I. p. 242 Jena
- 60) 山村頼 (1958) 澱粉工業会講演
- 61) 渡辺光太郎 (1958) 大根肥大生長の解剖学的考察, 日本の大根, 日本学術振興会 79-97
- 62) WILSON D. et al. (1967) Assimilation of Lolium in Relation to Leaf Mesophyll. Nature 214 989 992

## Summary

With the aim of obtaining a general view of the relationship between the structure and the starch accumulating function of tuberous root of sweet potato in order to breed high-starch yielding variety, the structure of tuberous root in sweet potato varieties was observed.

In the present thesis, the structural characteristics of tuberous root of sweet potato and their variations among varieties were investigated with special reference to the starch content and its thickness; the structural characteristics being analysed genetically.

#### A. Structure of tuberous root

For the purpose of obtaining a general view of the structure of tuberous root, the structure of tuberous root in several sweet potato varieties was observed from early stage to harvest time; stress being laid on differentiation of vascular bundles and proliferation of storage parenchyma cells.

##### I. Differentiation of tissue in root tip

The root tip structure of sweet potato variety Okinawa No. 100 was observed five days after planting.

1. Root cap consisted of a central core part and its peripheral part.
2. In transsections, central core part showed no regular arrangement of cells, but the peripheral part showed cell arrangement surrounding the core part in a ring.
3. Innermost cell layer of root cap and epidermis had a common origin, called dermatocalyptrogen.
4. There were two meristems observed in the basal part and the apical part of dermatocalyptrogen.
5. In transection view, cortex consisted of about eight cell layers, with the formation of a structure surrounding the central cylinder in a ring. It was about 200 micron away from the root apex that intercellular spaces were apparently observed in cortex.
6. Pericycle was delimited at two-or three-cell-space-distance from the meristem in basal part of the dermatocalyptrogen.
7. Semispherical zone consisting of irregular shaped cells was observed close to the meristem of the basal part of dermatocalyptrogen in root tip.
8. Protophloem was apparently delimited at about 500 micron from the top of central cylinder.
9. The thickening of the cell walls of protoxylem elements was observed 1 cm to 2 cm distant from the top of central cylinder.
10. The cells of central cylinder were longer than those of cortex in longitudinal sections, and the arrangement of central cylinder cells was irregular in transsections.
11. In median longitudinal sections, an arrangement of large cells close to the apex was observed in the central part of central cylinder.

##### II. Tuberization of adventitious root

With the purpose of making observation on the process of tuberization, the adventitious root of varieties Okinawa No. 100 and Kyushu No. 34 were dug up 6 times at 5-day-intervals from 5 days to 30 days after planting, and the structure of the most thickened part or that of the part expected to grow thickest was observed.

1. 5 days after planting, the cortex consisted of 8 cell-layers and contained many schizogenous intercellular spaces. Pericycle was multiplying not only the number of cells of central cylinder by its periclinal division, but also the cells and ring size of pericycle itself by its anticlinal division. Five or six protophloem elements occurred in radial arrangement inside the pericycle and they were surrounded by metaphloems with companion cells. The cell walls of protoxylem were sclerenchymated but not lignified.
2. 10 days after planting, lysigenous intercellular spaces were observed in cortex corresponding to protophloems. Protoxylem and central metaxylem vessel lignified. The meristems surrounding phloem pole developed in a holding-fan form.
3. 15 days after planting, the primary cambium was accomplished in the periphery of central cylinder, and the meristem surrounding the vessel developed.
4. 20 days after planting, the primary cambium vigorously multiplied the number of vascular bundles and the related parenchymatous cells. The meristems surrounding vessels also prominently multiplied parenchymatous cells, but no differentiation of vascular bundles was made by these meristems. Hence the author's assumption is that these meristems are not vascular cambium. New phloems were differentiated in xylem parenchyma, then new meristems were differentiated close to these interxylary phloems. These meristems close to interxylary phloem were judged by the author to be vascular cambium, because they differentiated vascular bundles and the related parenchymatous cells. The author called these meristems the secondary cambium corresponding to the

primary cambium in the periphery of central cylinder.

5. 25 days after planting, all the meristems observed at the preceding stages continued to increase intensively the parenchymatous cells, and another new cell division occurred in xylem parenchyma; namely, some large parenchymatous cells independently divided themselves into two or three daughter cells respectively. This type of cell division was not accompanied by vascular differentiation, and did not show the meristematic cell layer either. The author called this specific type of cell division "the large parenchymatous cell division".

6. 30 days after planting, the greater part of cortex fell off, and new cork cambium was differentiated, forming bark. The activity of the meristem surrounding central metaxylem vessel was weakened gradually. The structural characteristics of tuberous root of sweet potato were accomplished at this time.

7. From the above observations, the author classified the type of cell divisions contributing to tuberous root thickening into the cell division in cork cambium, primary vascular cambium, secondary vascular cambium, meristem surrounding vessel, and the large parenchymatous cell division. Of these cell divisions, both cell divisions in primary and secondary vascular cambium differentiated phloem and xylem, so the term of vascular cambium should be given to them. The cell division in the meristem surrounding vessels and the large parenchymatous cell divisions multiplied only parenchymatous cells not differentiating vascular bundle, so they should not be called vascular cambium.

### III. The change of structural characteristics resulting in the thickening of tuberous root

The changes of structural characteristics resulting in the thickening of tuberous root in six varieties containing Okinawa No. 100 were compared.

1. In any variety observed, the thickening of tuberous root was very prominent in early growing stage from 30 to 60 days after planting. But the varieties could be classified into two types in accordance with the speed of thickening in later stage; one type kept high speed of thickening till later growing stage and another type reduced the speed down in later growing stage.

2. The thickness of bark increased with the thickness-increase of tuberous root in all varieties observed.

3. The sieve tube dimensions in bark did not increase with increasing thickness of tuberous root.

4. The rate of the sieve tube dimensions in the periphery of xylem tissue was not correlated to the thickness of tuberous root.

5. The rate of the sieve tube dimensions in the central part of xylem tissue decreased with increasing thickness of tuberous root in some varieties, but did not decrease in others. Intervarietal difference was very prominent in this characteristic.

6. The rate of the vessel dimensions in the periphery of xylem tissue was not correlated to the diameter of tuberous root. Intervarietal difference in this characteristic was very prominent.

7. The rate of the vessel dimensions in the central part of xylem tissue decreased with increasing thickness of tuberous root in all varieties observed, except Okinawa No. 100.

8. The size of xylem parenchymatous cells in Taino No. 57, Okinawa No. 100 and Kyushu No. 31 increased with increasing thickness of tuberous root. But this tendency was not clear in others.

9. The frequency of the large parenchymatous cell division had no relation with the thickness of tuberous root. Intervarietal difference was very prominent also in this characteristic.

### IV. The relationship between the process of starch accumulation and the change of structural characteristics in tuberous root

The relationship between the process of starch accumulation and the change of structural characteristics in the tuberous roots was compared among six varieties including Okinawa No. 100.

1. Dry-matter percentage as an index of starch content of tuberous root had rapidly increased already in early growing stage, and reached the maximum at about 90 days or 110 days after planting. The day showing the maximum dry-matter percentage varied with the variety. Dry-matter percentage of the central part of tuberous root was higher than that of the periphery part in any variety, observed.

2. The thickness of bark increased with the increasing thickness of the tuberous root, and still continued to increase even after the dry-matter percentage of tuberous root reached the maximum and then began to decrease. So it was concluded that there was no direct relationship between the dry-matter percentage of tuberous root and the thickness of bark.

3. Although the dry-matter percentage of tuberous root had no relation with the rate of the sieve tube

dimensions in bark within the same variety, yet the rate of the rate of the sieve tube dimensions in bark was generally higher in the varieties with high dry-matter percentage of tuberous root than in the varieties with low dry-matter percentage.

4. The rate of the sieve tube dimensions in periphery of xylem tissue had no relation with the dry-matter percentage of tuberous root in the same variety, but was generally higher in the varieties with high starch content than in the varieties with low content.

5. The rate of the sieve tube dimensions of the central of xylem tissue decreased as the dry-matter percentage of tuberous root increased.

6. The rate of the vessel dimensions in the periphery of xylem tissue increased with the increasing dry-matter percentage of tuberous root in some varieties, but not in other varieties. The relationship between the two characters varied much with variety. The varieties with high dry-matter percentage of tuberous root generally showed high rate of the vessel-dimensions in the periphery of xylem tissue.

7. The rate of the vessel-dimensions in the central part of xylem tissue decreased as the dry-matter percentage of tuberous root increased.

8. The size of cells in xylem parenchyma became larger as the dry-matter percentage of tuberous root increased in some varieties, but not in other varieties. The relationship between the two characters markedly varied with variety.

9. The frequency of the large parenchymatous cell division in xylem parenchyma had no relation with the dry-matter percentage of tuberous root in the same variety. But high-starch-content-varieties showed generally low frequency of the large parenchymatous cell division.

#### B. Intervarietal variation and genetical analysis of the structural characteristics of tuberous root

To clarify the intervariatal variation of the structural characteristics of tuberous root, and the relationship between the characteristics and the thickness and starch-content of tuberous root, the structures of the tuberous root were observed at early and harvesting stages in many varieties or lines containing high-starch-content-inbred-lines and interspecific hybrid lines, and the structural characteristics were analyzed genetically. Finally, general discussion on the relationship between structure and starch accumulating function of tuberous root was tried, a type of tuberous root structure promising for good thickening and high starch accumulation was shown as a breeding objective, and its breeding method was discussed.

#### V. Comparison of the young root structure between a typically high-starch-content-variety and a typically low-starch-content-variety

The structure of young tuberizing root were compared between a high-starch-content-variety, Kyushu No. 34 and a low-starch-content-variety, Okinawa No. 100.

1. The thickness of cortex did not differ between Okinawa No. 100 and Kyushu No. 34. The diameter of the central cylinder of Okinawa No. 100. was larger than that of Kyushu No. 34.

2. The number of ridges of protoxylem and the number of vessels composing the ridges were larger in Okinawa No. 100 than those in Kyushu No. 34.

3. The parenchyma between protoxylem and central metaxylem vessel showed more prominent development in Okinawa No. 100 than in Kyushu No. 34.

4. Of the many kinds of cell divisions in xylem parenchyma, the development of secondary cambium produced little difference between both varieties, but the cell divisions surrounding vessels and the large parenchymatous cell divisions were more prominent in Okinawa No. 100 than in Kyushu No. 34.

5. The starch accumulation in phloem parenchyma was more prominent than that in xylem parenchyma in both varieties. Either variety showed little difference as to the former, but Kyuthu No. 34 was more prominent than Okinawa N o. 100 as for the latter.

#### VI. The structure of young tuberous root in leading varieties

The structural characteristics of young tuberous root of 17 leading varieties including Okinawa No. 100 and Kyushu No. 34 were observed on the twentieth day and the thirtieth day after planting. Dry-matter percentage of tuberous root was measured at matured stage as the index of starch content.

1. Twenty days after planting, the diameter of young tuberous root ranged from 1.1 mm (Kyushu No. 1)

to 3 mm (Okiuawa No. 100). In some varieties, the thickened part of the root was not yet clear at this growing stage. Thirty days after planting, the thickness of the tuberous root ranged from 6.4 mm (Kyushu No. 1) to 11.8 mm (4-33). The dry-matter percentage of tuberous root ranged from 36.2% (Norin No. 2) to 26.1% (Murasakibaru No. 3).

2. The diameter of young tuberous root highly correlated to that of the central cylinder.
3. The number of radially arranged ridge of protoxylem vessels varied with the variety, not correlating to the diameter or the dry-matter percentage of tuberous root.
4. The number of vessels composing the radially arranged ridges of protoxylem varied with the variety, and had positive and negative correlations to the diameter of young tuberous root observed thirty days after planting and to the dry-matter percentage of tuberous root, respectively.
5. The degree of development of the parenchyma between protoxylem ridge and central metaxylem vessel varied with the variety, and had positive and negative correlations to the diameter of young tuberous root thirty days after planting and to the dry-matter percentage of tuberous root, respectively.
6. The frequency of the large parenchymatous cell division in xylem parenchyma of tuberous root varied with the variety, and had a negative correlation to the dry-matter percentage of tuberous root.
7. The number of lignified cells surrounding the central metaxylem of tuberous root was especially larger in Norin No. 3, Norin No. 9, Kyushu No. 34, and Norin No. 2 than that in other varieties used.
8. The number of interxylary phloem in the surroundings of central metaxylem vessel varied with the variety, and had negative and positive correlations to the diameter of young tuberous root thirty days after planting and to the dry-matter percentage of tuberous root, respectively.
9. Both the number of starch grains per cell and the volume ratio of the starch grains to the cells varied similarly with the variety, having a positive correlation to the dry-matter percentage of tuberous root.

#### VII. The structure of young tuberous root in inbred lines with high starch content

For making clear the characteristics of inbred lines strongly inbred and selected for high starch content, the structures of young tuberous root of the inbred lines with high starch content were compared with those of the economical varieties, Okinawa No. 100, Norin No. 7 and Koganesengan.

1. The thickness of bark, the ratio of the thickness of bark to the diameter of tuberous root, the sieve tube dimensions in bark, the ratio of sieve tube to bark-dimensions, the rate of the sieve tube dimensions in xylem parenchyma, the rate of xylem vessel dimensions, the size of cell in xylem parenchyma and the frequency of large parenchymatous cell division varied with the line and the variety.
2. The diameter of tuberous root had a positive correlation to the thickness of bark. Generally, the lines with small inbreeding-coefficient had large tuberous root with thick bark, and those with large inbreeding-coefficient had small tuberous root with thin bark.
3. The diameter of tuberous root was negatively correlated to the ratio of the thickness of bark to the diameter of tuberous root. Generally, small inbreeding-coefficient lines showed large diameters and small rates of bark, on the other hand, large inbreeding coefficient lines showed small diameters and large rates of bark.
4. The diameter of tuberous root was positively correlated to the size of cell in xylem parenchyma. Generally, small inbreeding-coefficient lines showed large sizes of cell in xylem parenchyma, on the other hand, large inbreeding-coefficient lines showed small sizes of cell in xylem parenchyma.
5. The dry-matter percentage of tuberous root was negatively correlated to the dimensions of bark. Generally, large inbreeding-coefficient lines showed high dry-matter percentage and small dimensions of the bark; on the other hand, small inbreeding-coefficient lines showed small dry-matter percentage and large dimensions of the bark.
6. The dry-matter percentage of tuberous root was negatively correlated to the frequency of the large parenchymatous cell division in xylem parenchyma. Generally, large inbreeding-coefficient lines showed large dry-matter percentage and small frequency of the large parenchymatous cell division, on the other hand, small inbreeding-coefficient lines showed small dry-matter percentage and large frequency of the large parenchymatous cell division.
7. The inbreeding-coefficient in the observed lines was positively correlated to the rate of interxylary phloem dimensions of tuberous root.
8. The high starch content of tuberous root in large inbreeding-coefficient lines was mainly dependent on the low frequency of the large parenchymatous cell division in xylem parenchyma and the small sieve tube di-

mensions in bark, but not dependent on the increasing of the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue.

9. Several structural characteristics of tuberous root in the lines observed were correlated to the coefficient of relationship of lines or varieties to their specific ancestral varieties; the thickness of bark and the sieve tube dimensions in bark were correlated to the coefficient of relationship of lines or varieties to their ancestral variety Tsurunashigenji; the sieve tube dimensions and the large parenchymatous cell division in xylem tissue were correlated to the coefficient of relationship of lines or varieties to their ancestral varieties Yoshida, Shichifuku and Choshu.

#### VIII. The structure of young tuberous root of interspecific hybrid lines

The varieties of sweet potato *I. batatas*, the lines of its allied species *I. trifida*, and the lines of F<sub>1</sub> and the subsequent progenies of interspecific hybrids were compared on the structural characteristics of young tuberous root.

1. The roots of each line of *I. trifida* hardly showed thickening development, but the young root of F<sub>1</sub> lines of interspecific hybrid showed vigorous thickening development as well as that of sweet potato varieties.

2. Many lines with starch content higher than sweet potato varieties were found out among the interspecific hybrid lines.

3. Generally, the thickness of tuberous root was correlated to the thickness of bark. The rate of the thickness of bark to that of root was larger in the lines of *I. trifida* than in the varieties of sweet potato, and generally showed medium value between the two species in the hybrid lines. However, some of F<sub>1</sub> hybrid lines, proved to be in possession of extremely high or low rate.

4. The thickness of tuberous root was correlated to the development of parenchyma tissue intercalary between protoxylem vessel and central metaxylem vessel. Two types of the hybrid lines were observed as to the above relationship. One was the lines in which tuberous root grew vigorously though the development of the intercalary parenchyma tissue was not so well, such as Norin No. 2; another was the lines in which tuberous root showed poor thickening in spite of remarkable development of the tissue.

5. The thickness of tuberous root was correlated to the development of the secondary cambium in xylem parenchyma tissue. Many lines showed better development of the secondary cambium than sweet potato varieties.

6. The thickness of tuberous root was negatively correlated to the rate of the sieve tube dimensions in bark. The root of the lines of *I. trifida* hardly thickened and showed high rate, and that of the varieties of sweet potato thickened vigorously and showed low rate. The tuberous root of the hybrid lines showed the medium type between *I. trifida* lines and sweet potato varieties.

7. The thickness of tuberous root was positively correlated to the rate of the sieve tube dimensions in xylem parenchyma at the time when the diameter of tuberous root was less than 5.5 mm, but negatively correlated, when the diameter of tuberous root was more than 5.5 mm. The tuberous root of the hybrid lines showed the medium type between *I. trifida* lines and sweet potato varieties, in regard to the relationship between the thickness of tuberous root and the rate of the sieve tube dimensions.

8. The thickness of tuberous root was negatively correlated to the rate of the vessel dimensions in xylem tissue. Generally, the lines of *I. trifida* showed small thickness and large rate, the sweet potato varieties showed large thickness and small rate, and the hybrid lines showed the medium type between *I. trifida* lines and sweet potato varieties.

9. The thickness of tuberous root was correlated to the size of cell in xylem tissue. Generally, the lines of *I. trifida* showed poor thickening and small size of cell, and the lines of sweet potato varieties showed good thickening and large size of cell. The lines of hybrid showed almost the same tendency as sweet potato varieties.

10. The thickness of tuberous root was correlated to the frequency of large parenchymatous cell division in xylem tissue. *I. trifida* lines showed little thickening and low frequency, and the sweet potato varieties showed vigorous thickening and high frequency. The interspecific hybrid lines showed generally the medium tendency between *I. trifida* lines and sweet potato varieties, but several lines were found showing high or low frequency for the thickness of tuberous root.

11. The dry-matter percentage of tuberous root was negatively correlated to the rate of the sieve tube dimensions in bark. The inter-specific hybrid lines showed high dry-matter percentage and low rate of the sieve tube dimensions in bark, and the sweet potato varieties showed a reverse trend.

12. The dry-matter percentage of tuberous root was negatively correlated to the frequency of the large parenchymatous cell division in xylem tissue. The interspecific hybrid lines showed high dry-matter percentage and

low frequency of the cell division, and this was reverse in the sweet potato varieties.

13. Generally, the tuberous root of interspecific hybrid lines showed vigorous proliferation of vascular bundles and the related parenchymatous cells, by good development of secondary cambium. This is assumed to be the main factor of the fact that the tuberous roots of many interspecific hybrid lines showed high starch content and good thickening.

#### IX. The structure of tuberous root at harvest time in leading varieties or lines

The structural characteristics of the tuberous root at harvest time were observed in leading varieties or lines, and the relationship of the structural characteristics to the thickness or the starch content of tuberous root were discussed.

1. The thickness of tuberous root at harvest time was highly correlated to the thickness of bark; tuberous root thickened well showed thick bark. This was the same result as that obtained in tuberous root at early growing stage.

2. The thickness of tuberous root at harvest time was negatively correlated to the rate of the sieve tube dimensions in bark; well thickening tuberous root showed low rate. This was the same result as obtained in tuberous roots at early growing stage.

3. The thickness of tuberous root at harvest time was negatively correlated to the rate of the sieve tube dimensions in xylem tissue. But Norin No. 2, Koganesengan and some of other superior varieties showed relatively vigorous thickness of tuberous root and high rate of the sieve tube dimensions.

4. The thickness of tuberous root at harvest time was negatively correlated to the rate of the vessel dimensions in xylem tissue; well thickening tuberous root showed low rate. This was the same result as obtained in tuberous root at early growing stage.

5. The thickness of tuberous root at harvest time was irrelevant to the size of cell in xylem tissue. This was different from the result obtained in tuberous root at early growing stage. From such a result, it was assumed that the thickness of tuberous root at harvest time was largely dependent on the number of cells in xylem tissue as well as on the size of cells.

6. The thickness of tuberous root at harvest time was not correlated to the frequency of large parenchymatous cell division in the central part of xylem tissue; some lines in which tuberous root showed vigorous thickening and low frequency of large parenchymatous cell division in the central part of xylem tissue were found out.

7. The dry-matter percentage of tuberous root at harvest time was not significantly correlated to the rate of the sieve tube dimensions in bark. But this result was considered to be not necessarily opposed to the significant correlation obtained at early growing stage.

8. The dry-matter percentage of tuberous root at harvest time was positively correlated to the size of cell in xylem tissue. This was a relationship different from the result obtained in the tuberous root at early growing stage.

9. The dry-matter percentage of tuberous root at harvest time was not significantly correlated to the frequency of the large parenchymatous cell division. This was a relationship different from the negative correlation obtained in the tuberous root at early growing stage. This relationship can be explained by the fact that some of low starch content varieties have the tendency to reduce the frequency of large parenchymatous cell division in central part of xylem tissue at harvest time.

#### X. Inheritance of structural characteristics of tuberous root

For making clear the inheritance of structural characteristics of tuberous root, 33 varieties or lines including high starch content inbred lines and economical varieties, and 30  $F_1$  lines obtained from the cross combination among them were used for experiments.

1. Following characters in the  $F_1$  seedlings varied with cross combination; the thickness and starch content of tuberous root, the thickness of bark, the ratio of bark thickness to the thickness of tuberous root, the sieve tube dimensions and the rate of sieve tube dimensions in bark, the sieve tube dimensions and the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue, the rate of vessel dimensions in xylem tissue, the size of cell in xylem tissue, and the frequency of large parenchymatous cell division.

2. Parent offspring regression coefficients were significant for rate of bark, rate of sieve tube dimensions in bark, sieve tube dimensions in xylem tissue, rate of vessel dimensions in xylem tissue and frequency of large parenchymatous cell division. Additive effects of genes were presumed for the manifestation of these characters;



so we can expect an accumulation-effect for each of these characteristics.

3. The degree of heterosis expressed by  $(\bar{F}_1 - MP)$  was not so prominent over all cross combinations. The  $(\bar{F}_1 - MP)$  values for sieve tube dimensions in bark were generally positive, while those in xylem tissue were negative.

4. The degree of heterosis varied with cross combination. Heterosis over parents in the following items, namely, thickness of bark, rate of bark, rate of sieve tube dimensions in bark, sieve tube dimensions in xylem tissue, rate of sieve tube dimensions in xylem tissue, rate of vessel dimensions in xylem tissue, size of cell in xylem tissue, and frequency of large parenchymatous cell division was expected when the parents value MP was small, and rarely expected when MP was large.

5. Manifestation of heterosis was sometimes difficult even in cross combination between different inbred lines when the inbreeding coefficients of parents were extremely large. In case of breeding an extremely high inbreeding coefficient line as a parent for hybridization, it is necessary to take note on preventing the decrease of sieve tube dimensions or the rate of sieve tube dimensions in xylem tissue.

6. Heterosis in thickness of tuberous root was closely correlated to that in thickness of bark, size of cell in xylem tissue and frequency of large parenchymatous cell division, and was negatively correlated to that in rate of bark, rate of sieve tube dimensions in bark, and rate of vessel dimensions in xylem tissue.

7. Heterosis in starch content of tuberous root was correlated to that in rate of vessel dimensions in xylem tissue, and was negatively correlated to that in frequency of large parenchymatous cell division.

#### XI. General discussion

Based on the result obtained from chapter I to chapter X, the relationship between structure and thickening-or starch accumulating-function of tuberous root, and the method for breeding high starch and high yielding varieties were discussed.

1. Cell divisions in xylem tissue of tuberous root were classified into 4 types based on the form and degree of cell division;

- A..... proliferation division of cell (division of cells surrounding vessel, large parenchymatous cell division)
- B..... Differentiation division of cell (secondary cambium cell division)
- C..... Non-division of cell (gradual growth of cell)
- D..... Non-division of cell (lignification of cell)

2. Based on the relationship between the relative volume of the tissue with respective type of cell division and the starch content of tuberous root, the structural type of xylem tissue of tuberous root was classified diagrammatically into 4 types; low, medium, high and extremely high starch content type.

3. Of these 4 types of tuberous root structure, the high-starch-content-type may be the most promising type for breeding a high starch and high yielding variety.

4. We could expect to obtain a high starch and high yielding variety by the following breeding procedure; firstly crossing between the lines with high starch content type of tuberous root structure described above, and then out crossing between the progeny lines from the former crossing selected for the above type.

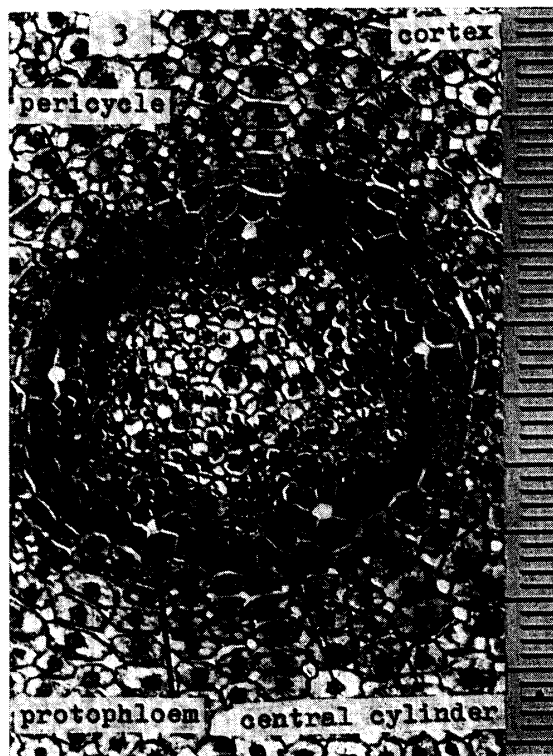
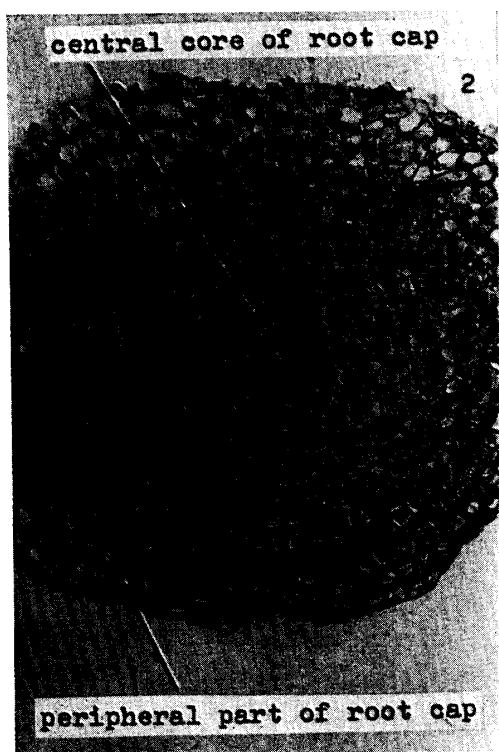
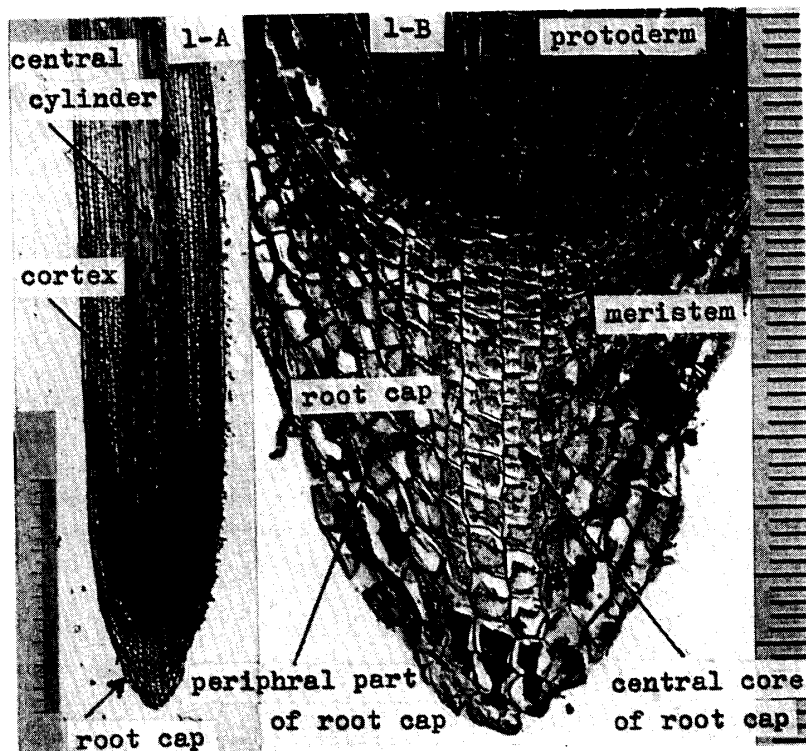


plate 1. 1—A, 1—B, Root tip of adventitious root in median transection.  
 2. Root cap in cross section.  
 3. Central cylinder in cross section.

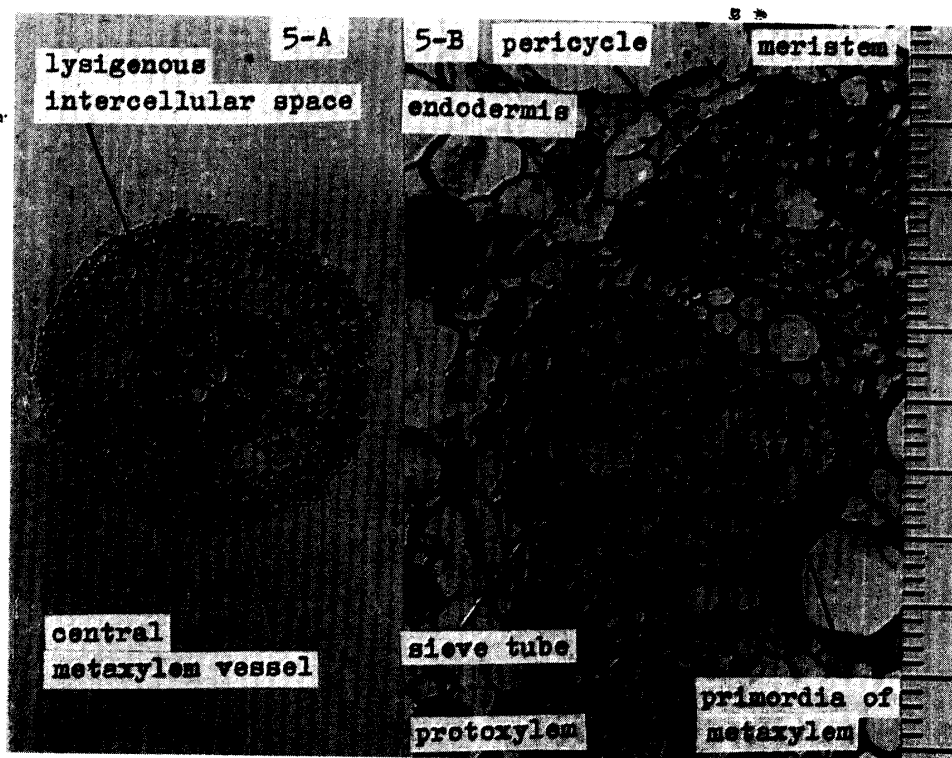
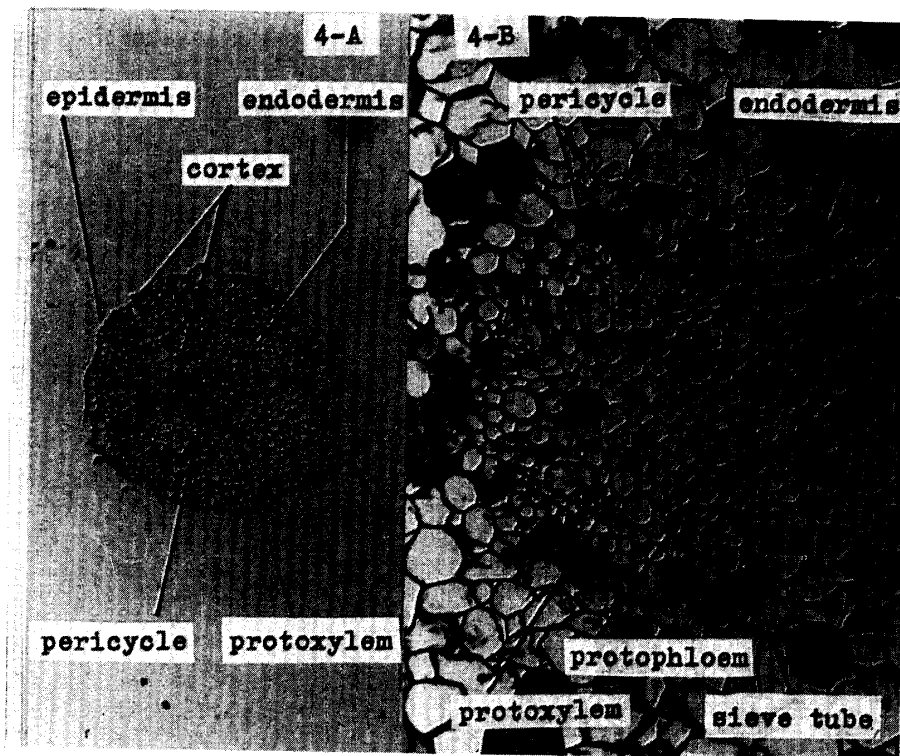


plate 2. 4-A, 4-B, Young root at 5 days after planting in cross section.  
5-A, 5-B, Young root at 10 days after planting in cross section.

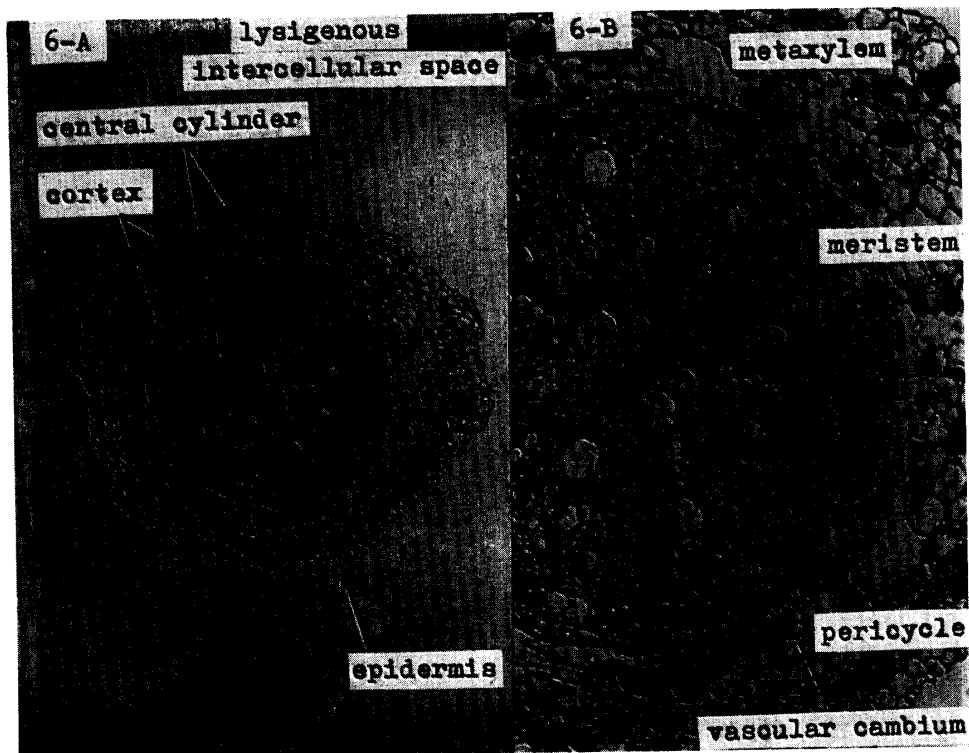


plate 3. 6—A, 6—B. Young root at 15 days after planting in cross section.  
7. Young root at 20 days after planting in cross section.

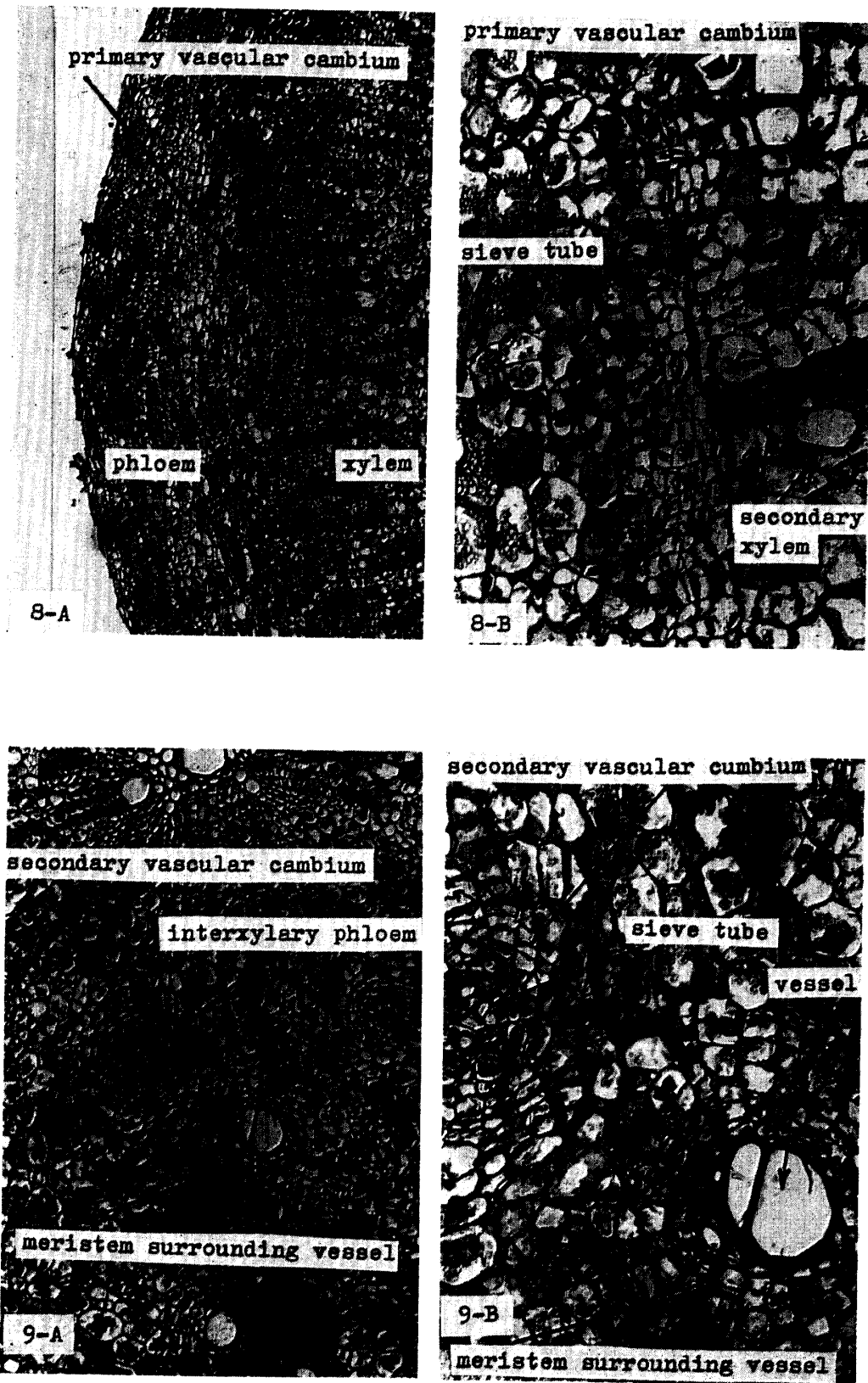


plate 4. 8—A, 8—B Proliferation and differentiation of cell at the both sides of primary vascular cambium.

9—A, 9—B Meristem surrounding vessel and secondary vascular cambium.

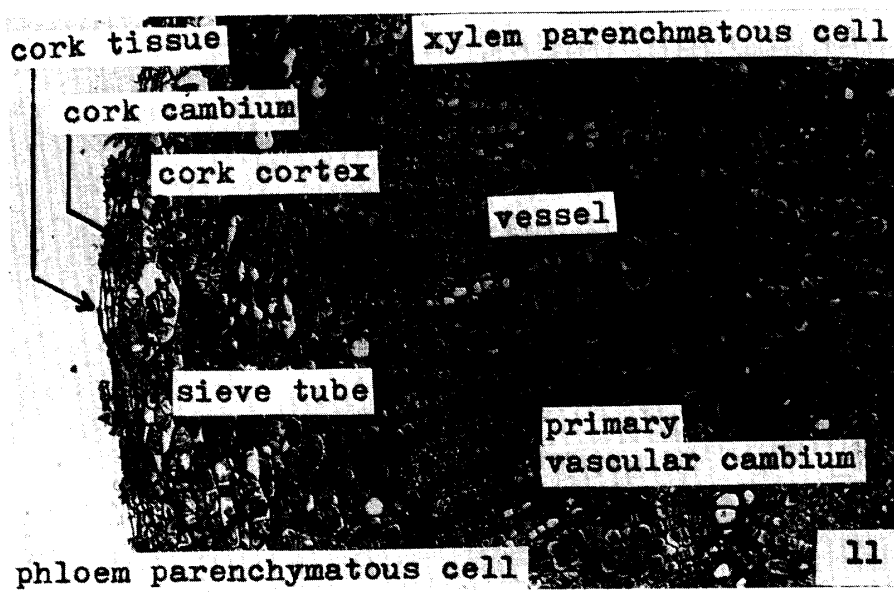
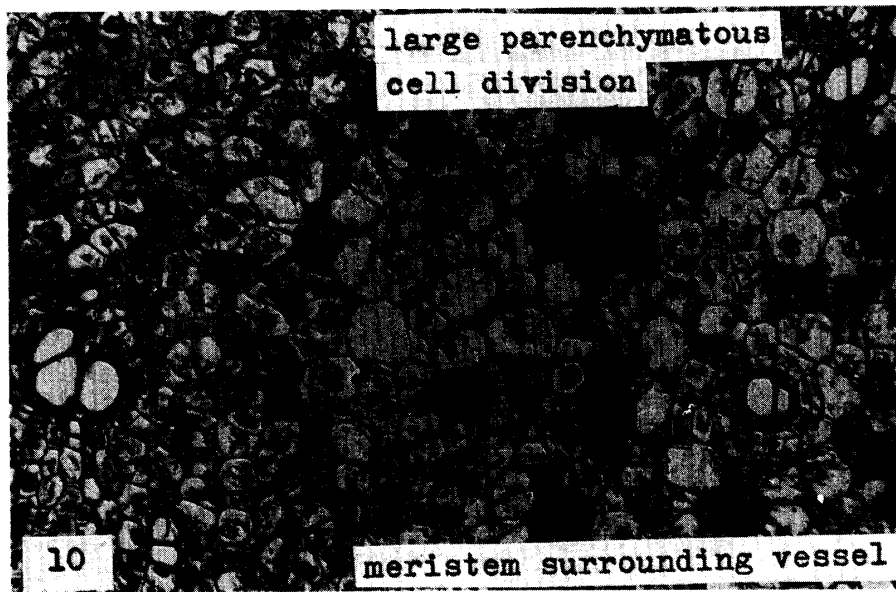


plate 5. 10. Large parenchymatous cell division.

11, Outer and inner tissue of primary vascular cambium of young tuberous root 30 days after planting, in cross section.