

## 肥大初期における甘藷塊根の組織学的研究——主として 澱粉集積機能の品種間差異との関連において

第3報 甘藷とその野生種 *Ipomoea trifida* (H. B. K.) G. Don. との  
種間雑種後代の高澱粉系統における幼塊根の組織特性\*

宮 司 佑 三・国 分 祐 二

**Studies on the Structure of Young Tubers of Sweet Potatoes, *Ipomoea Batatas* Lam., with Special Reference to Varietal Differences in the Capacity of Accumulating Starch**

III. Structural Characteristics of Young Tubers in High Starch Content Strains obtained from Interspecific Hybridization between Sweet Potato and its Wild Relatives, *Ipomoea trifida* (H. B. K.) G. Don.

Yuzo MIYAJI and Teiji KOKUBU  
(*Laboratory of Plant Breeding*)

### I. 緒 言

第1報においては澱粉含量に関して高、低両極と考えられる各1品種を供試して、幼根における根部組織およびその発達様相を比較した。第2報は前報2品種間に見られた組織特性上の差異と甘藷品種の澱粉集積機能との関連性の有無を多数の品種について検討した。

本報では従来の品種とは著しく育成経路を異にし、澱粉含量においても平均して極めて高い。*Ipomoea trifida* × *Ipomoea batatas* 後代数系統について既往の知見の妥当性を検討するとともに、前報では触れなかった塊根二次形成層の発達程度の品種（または系統）間差異を調査し、これと澱粉集積機能との関連性を追跡した。種間雑種後代を供試したが、単に変異集団として取上げたので、遺伝解析を意図したものではないことを附記する。本報の実験は主として1963年に実施した。

本研究に要した費用の一部は農林省応用的科学研究所費の補助を受けた。記して謝意を表したい。また研究遂行の契機と助言を与えた京都大学教授赤藤克己博士、供試材料の選定および苗の分譲を快諾された九州農業試験場坂井健吉博士、安藤隆夫技官に深謝する。

### II. 実験材料および方法

供試系統は甘藷とその野生種 *I. trifida* との交雑の高澱粉含有選抜後代を12系統、参考品種として、農林2号、九州34号、関東48号、L-4-5、を用いた。苗は九州農業試験場より分譲を受け、「63年6月19日に圃場に挿苗した。栽培方法は前報に準じた。組織標本を作成するための材料採取は植付け1ヶ月後の7月19日に行った。材料の採取方法および標本作成方法はほぼ前報同様に行い、SafraninとFast Greenとで複染した。育成過程の系統で充分な苗数が得られなかつたために、組織標本の材料採取後、株の蔓先を再び挿苗して諸の乾物歩合測定用に供した（参考品種も同様）。挿苗期は7月20日、7節苗、4節斜挿し、75×35cm、10月20日に収穫、第2報の方法によつ

\* 本稿の内容は1964年日本育種学会第25回講演会で発表された。

て乾物歩合を測定した。

### III. 実験結果

供試系統および参考品種の播種30日後の根径と収穫時の乾物歩合を第1表に示す。

Table 1 Diameters of young tubers used for preparing the slides and the dry matter percentage of matured tubers of 4 varieties and 12 strains studied.

Varieties or strains	Diameter of young tuber	Dry matter percentage of matured tuber
	30 days after planting	
Kyukei 15-2120	13.6 ± 1.31 mm	34.7 %
I. 95-193	6.9 ± 1.55	34.5
I. 120-22	11.3 ± 1.30	33.2
I. 95-206	10.6 ± 1.38	31.1
I. 120-150	13.0 ± 2.66	31.5
I. 121-47	9.2 ± 2.16	31.2
I. 121-71	10.4 ± 1.64	31.1
I. 125-3	10.5 ± 0.70	30.9
I. 95-214	8.9 ± 1.21	30.3
I. 116-139	9.2 ± 1.40	29.7
I. 15-163	13.4 ± 1.55	27.7
I. 117-81	13.1 ± 1.59	26.8
Kyushu No. 34	8.3 ± 2.33	29.0
Kanto No. 48	8.5 ± 1.88	28.3
L-4-5	8.1 ± 1.45	28.7
Norin No. 2	14.5 ± 2.37	25.5

前述のごとく晩植となったので、乾物歩合は概して低く、その差は九州農業試験場（雑種系統）および本研究室既往の成績（参考品種）に比較して平均約8%低かった。従って以下の成績で乾物歩合に関するものは第2報のそれと直接的に比較し得ない。

#### I. 種間雑種後代諸系統における既往所見の検討

本報の供試系統は、高澱粉品種育成の目的で、九州農業試験場において或程度の選抜を経たものであり、従来の品種中では高澱粉の九州34号、農林2号などと同等およびそれ以上の極めて高い澱粉集積機能を有する系統である（Table I）。

前報までに得られた所見が本報の供試材料にも適用出来るか否かを検討した。

中央道管周辺の介在柔組織の発達程度と乾物歩合との相関は有意ではないが（Fig. I），前報と同じ傾向が認められ、今回の系統群では介在柔組織の発達指数10以下のものが過半数（10/16）を占めていて、前報における該当品種数（5/17）より多く、供試系統の如く高澱粉の場合にも大摺みに言えば、介在柔組織の発達程度と乾物歩合との間には或程度の関連性が認められる。

大型柔細胞分裂の頻度は今回の調査でも、乾物歩合と負の相関（0.77, 1%水準で有意）を示すが（Fig. 2），関東48号程度以上の極高澱粉系統について見れば、分裂頻度はいずれも低く、乾物歩合との関係は必ずしも明瞭でない。

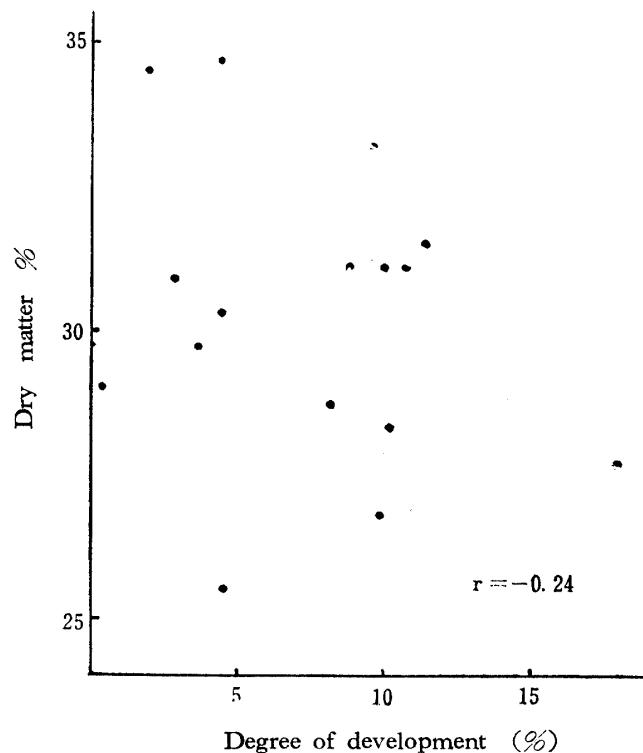


Fig. 1 Intervarietal relationship between the degree of development\* of the parenchyma tissue surrounding the central vessel and the dry matter percentage of matured tubers.

\* Estimated by dividing the mean distance from the innermost vessel of each protoxylem ridge to the central vessel by the diameter of the tubers.

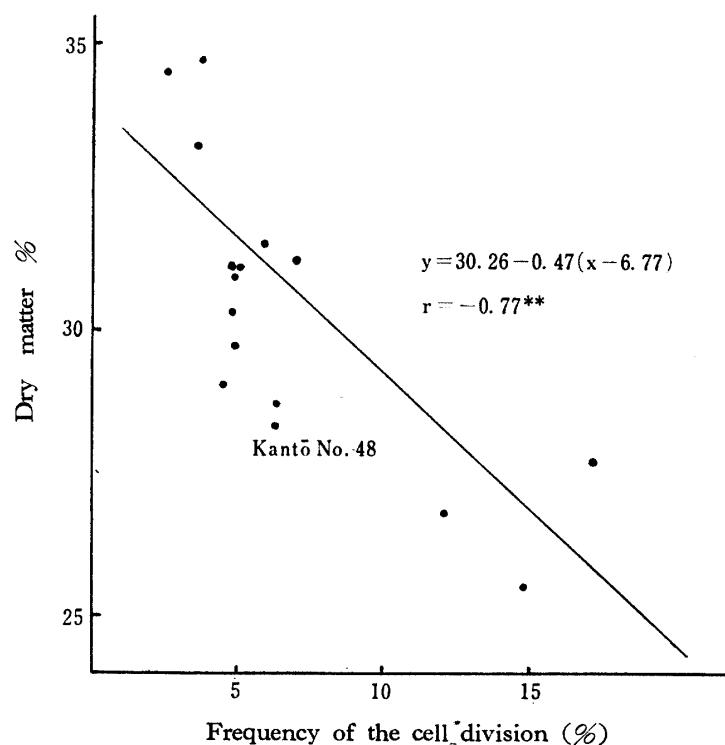


Fig. 2 Intervarietal correlation between the frequency of the division of fully enlarged parenchyma cells in xylem tissue and the dry matter percentage of the matured tubers.

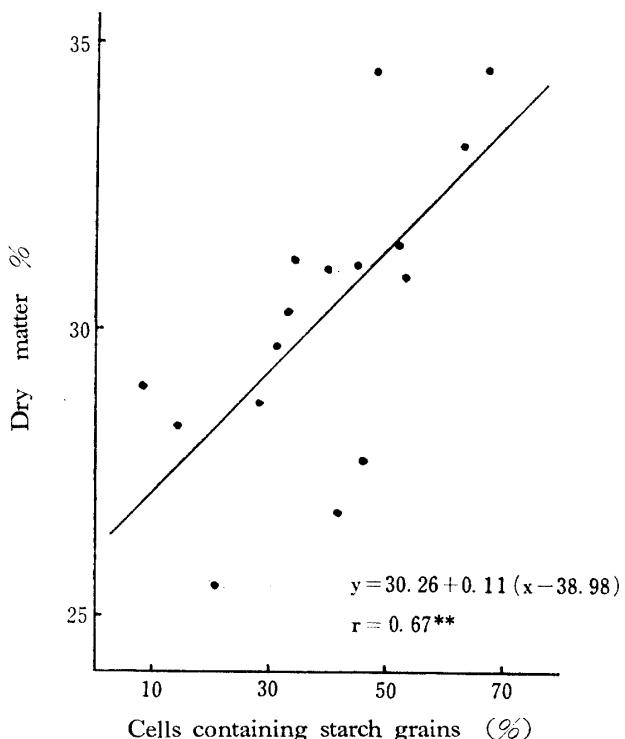


Fig. 3 Intervarietal correlation between the percentage of cells containing starch grains within the innermost layer of cells surrounding the central metaxylem vessel and the dry matter percentage of matured tubers.

第1, 2報で述べたごとく、低澱粉品種は高澱粉品種に比して、柔細胞に未成的傾向がより強く、しかもより長く保有されるものと考えられる。この傾向を実測する目的で、今回の実験では、播種後30日の材料を用い、中央道管を取閉む最内側の細胞層\*について澱粉含有細胞の割合を調べ、これと乾物歩合との相関を求めた (Fig. 3)。相関係数は0.67, 1%水準で有意である。この場合、澱粉粒の出現は分裂活性の減退を意味するものと考えたが、高澱粉の系統ほど活性減退度合の大なることを示している。供試材料中最高の乾物歩合を有する九系15-2120および最低の乾物歩合を有するI.117-81の該当部分をPl. 1および2に示す。

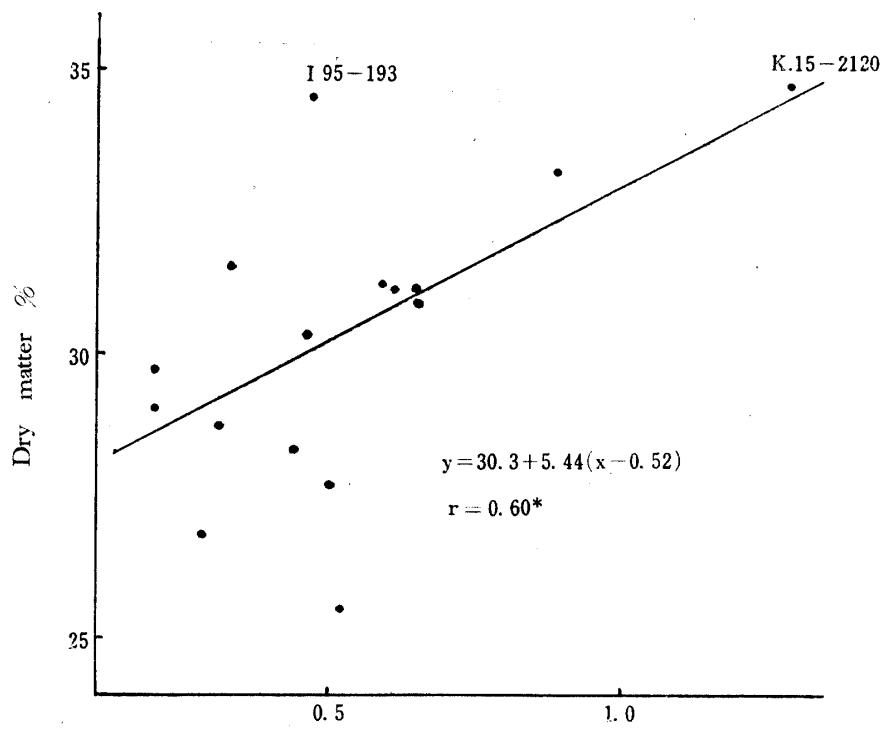
## II. 二次形成層の発達程度と収穫時塊根乾物歩合との相関

播種25日後頃から木部柔組織内に新しい形成層の分化が認められる。この形成層の分化については既に ARTSCHWAGER<sup>(1)</sup>、戸刈<sup>(4)</sup>、小倉<sup>(2)(3)</sup>が指摘し、小倉は道管に近接する部位に発達するものを第二次形成層、離れた部位に生ずるものを第三次形成層としているが、この報告では木部柔組織内において管束を形成する分裂細胞層を全て第二次形成層とした。播種30日後の塊根横断面では、上述の第二次形成層は帶状又は円形で、大小区々に発達するが、これを以下の方法で測定した。

定倍率(4×10)の映像をProjection Screenに投影する。中央道管を中心として、mechanical stageを一方向に移動せしめ、全根径にわたって視野内に現われる二次形成層の長さ(または円周)をtraceする。これをcurvimeterによって測定し、その長さの総和を根径で除して二次形成層の発達指数とした。

Fig. 4は二次形成層の発達指数と収穫時塊根乾物歩合の関係を示したものである。両者の間には

\* 中央道管の周囲と小道管の伴う場合はその外側の柔細胞層、中央道管と原生木部が接する場合には原生道管を含めてその外側柔細胞層について調査した。



Developmental index of the secondary cambium

Fig. 4 Intervarietal correlation between the developmental index of the secondary cambium\* and the dry matter percentage of the matured tuber.

\* The index was computed as follows:

- 1) Setting the slide as the central vessel occupies just the center of microscopic range.
- 2) Shifting the stage, in a definite direction from one end to the other along the diameter of tubers.
- 3) Measuring and adding up all the length of the secondary cambia coming in sight.
- 4) The index was computed by dividing the sum, thus obtained, by the diameter of the tuber.

有意な正の相関があり、高澱粉品種においては、二次形成層の発達が良好な傾向が認められた。二次形成層の発達指数を第2報の標本について求め、これと乾物歩合との相関を Fig. 5 に図示する。相関はこの場合有意とはならない。雑種後代系統の中で二次形成層発達指数最高の九系 15-2120、最低の I. 95-193、普通品種中で発達良好な農林2号、不良な蔓無源氏の二次形成層発達様相を Pl. 3, 4, 5, 6 に掲げる。九州34号については第1報 Pl. 7 を参照され度い。

#### IV. 考 察

本報の供試系統は前述のごとく育成経路、澱粉含量のいずれよりも、従来の品種に比較すれば、極めて特殊的である。しかし、幼根の組織特性と、塊根澱粉含量との関連性については、第2報の所見の適用がほぼ可能であった。すなわち、中央道管周辺の介在柔組織の発達および木部柔組織における大型柔細胞の分裂頻度は、前報に報じた様にそれぞれ乾物歩合と負の相関を示している。ただ相関が有意とならず (Fig. 1)、或は有意であっても局部的には乾物歩合との関連が明確性を欠く傾向が認められたが (Fig. 2)，供試系統のはほとんどが極高澱粉型に属するので、普通品種の

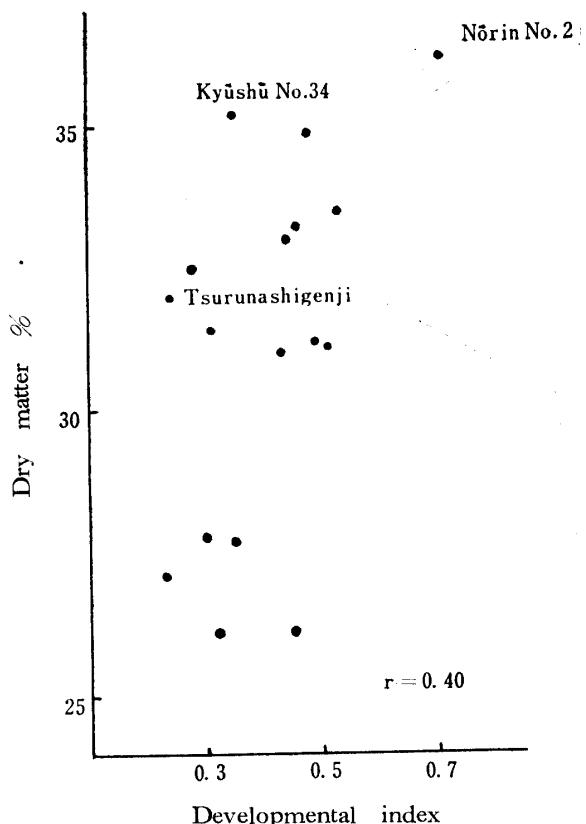


Fig. 5 Intervarietal relationship between the developmental index of the secondary cambium\* and the dry matter percentage of the matured tubers in the materials used in the report II.

\* See the notes in Fig. 4.

場合のように、直線回帰では説明しかねるものと思われる。

高澱粉品種では中央道管は周囲に木化細胞を伴ない、或は原生道管を附着することも多いが、かかる場合でも塊根に肥大する根ではこれら道管群の周りに分裂組織を生成することを第1報に述べた。この分裂組織は最内層の始原細胞の継続的な分裂に由来するものと思われる。しかしこの始原細胞はやがて柔細胞を経て澱粉細胞に転化し、分裂活性を喪失するとともに澱粉粒を発現するに至る。従来の品種では九州34号程度の高澱粉品種でも播種後30日の中央道管周辺の第1層には澱粉粒を含む細胞は認められないが(第1報 Pl. 7-A)，今回の供試系統では30日で既にこの層に澱粉粒を発現するものもあり、しかも発現細胞の頻度は成熟諸乾物歩合と明かな正の相関を示した(Fig. 3)つまり高澱粉品種では分裂活性の衰退が澱粉集積機能に呼応して早いものであることを端的に実証するものと思う。

二次形成層の発達が成熟諸乾物歩合と正の相関を有することは注目すべき事実である。沖縄100号のごとき低澱粉多収品種においても二次形成層は発生するが、九州34号に較べて発生頻度は低く、また発生は両品種ともに柔細胞の肥大が不良で、澱粉粒の充実した組織内に認められる。九州34号では木化して周辺柔組織の発達不良な道管に近接して二次組織の発生する例も見受けられる(第1報 Pl. 7, 8)。これらの知見は本報の Pl. 3, 4, 5, 6においても認められ、二次組織は未成性の消失した組織内に脱分化的に発生するものと見うるものではあるまい。二次組織の発生機構に関しては機会を改めて報告の予定であるがかかる理由で高澱粉品種ほどこの組織の発生の機会は

多いものと解釈している。ただ発生後の発達の良否は品種の特性によって相異し、九州34号（前掲）、蔓無源氏（Pl. 6）などには長大に発達した二次組織をほとんど見受けない。I.95-193は同組織の発達良好なものもあるが、発生頻度が稍少いようである（Pl. 4）。農林2号は発生頻度も発達も普通品種中では最高であるが（Pl. 5），九系15-2120に比較するとその発達程度は格段に相異している（Pl. 3）。

普通品種を用いた前報の材料については、二次組織の発生指數と乾物歩合とが有意相関を示さないが、これは高澱粉品種中にこの組織発達に関する少くとも2型があり、一般には乾物歩合に伴なって発達も良好であるが、九州34号などのごとく乾物歩合に比較して組織発達不良の型を混在したためと判断される。

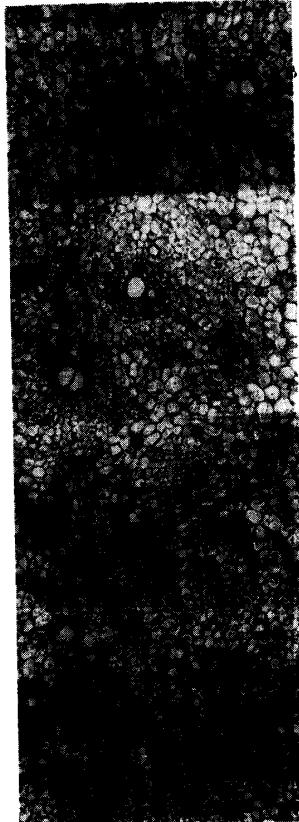
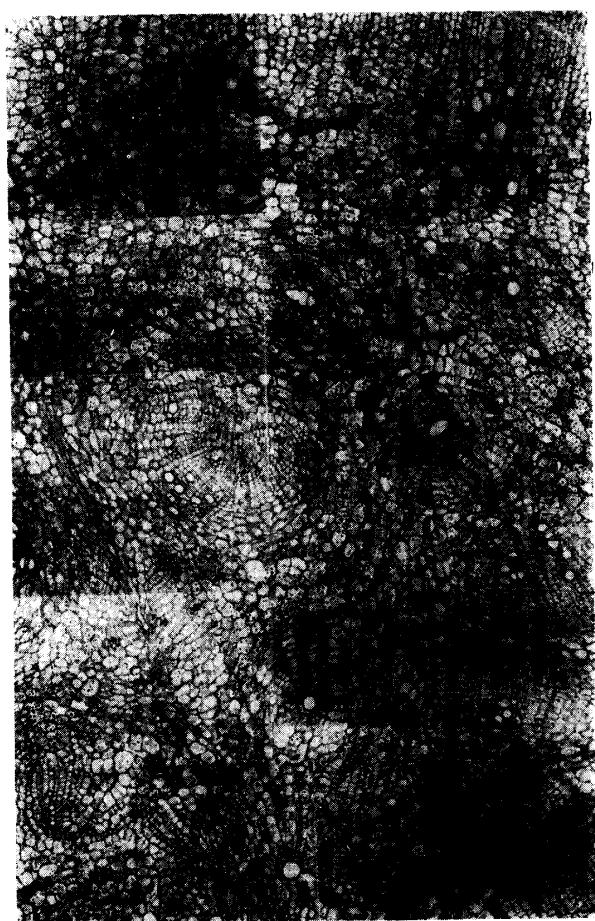
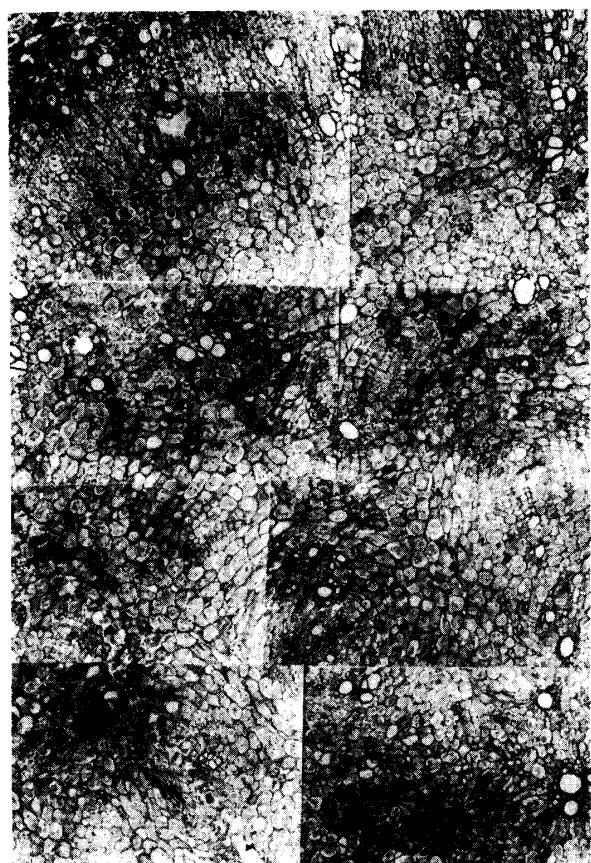
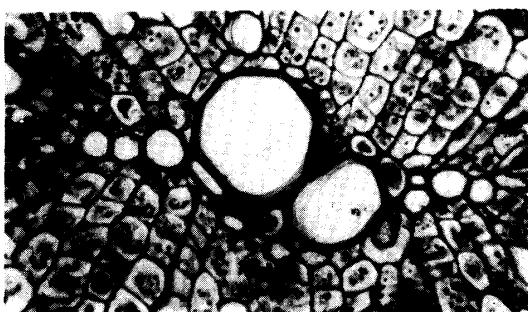
渡辺<sup>(5)</sup>は大根品種中で肥大の最も旺盛な桜島大根で二次組織発達の良好なことを報じているが、甘藷の場合とは多少趣きが異なるようである。ただ同氏の図版でも細胞肥大の充分でない組織中で二次組織の発生することがうかがわれる。ともあれ、一般的に柔細胞の増生、分裂、および肥大に劣勢的傾向を示す高澱粉品種においても、二次組織の活動による肥大に期待が寄せられ、高澱粉多収性品種の育種に希望を与えるものと思われる。

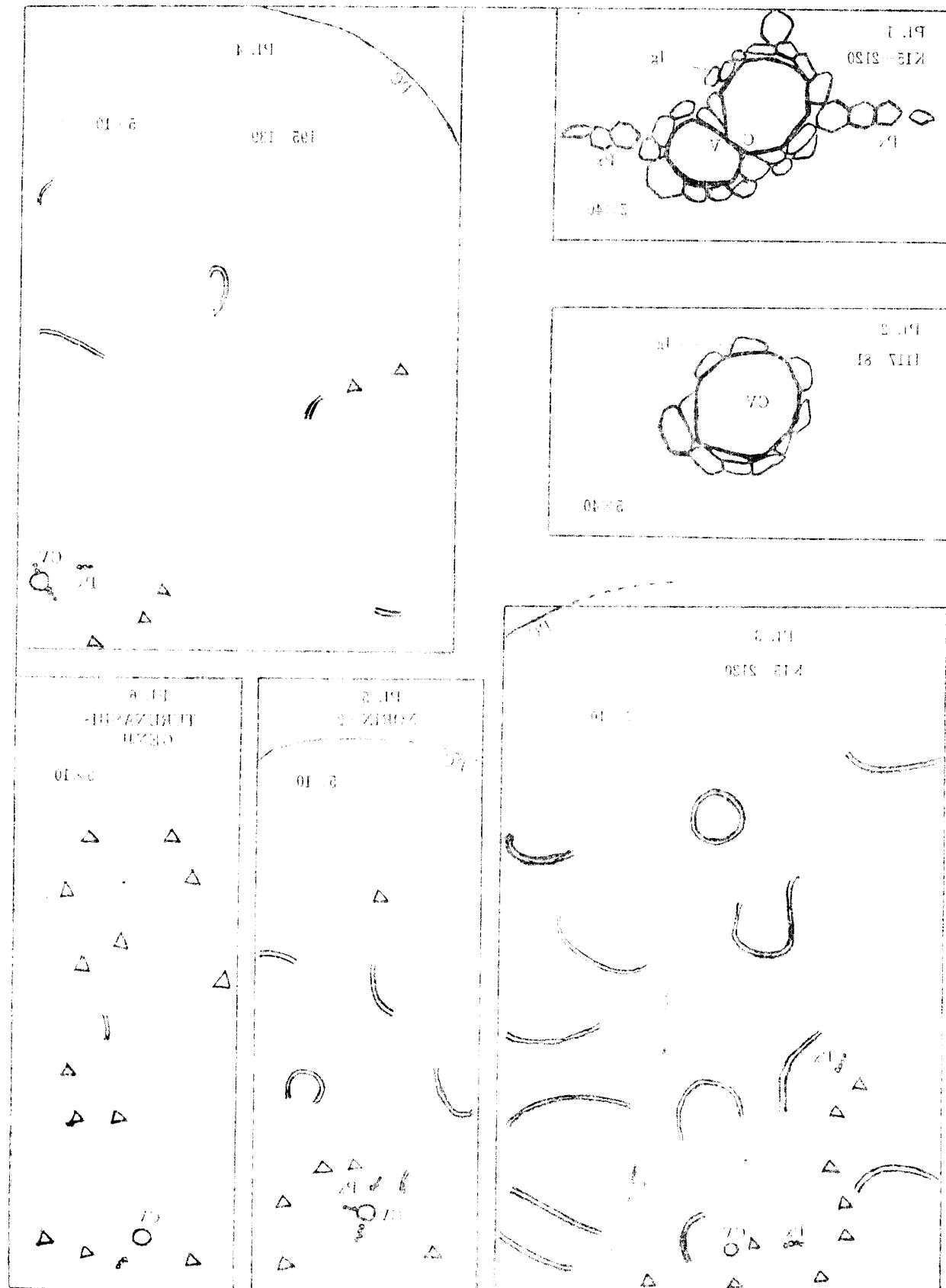
## V. 摘要

1. 甘藷とその野生種との種間雑種後代の高澱粉系統を供試して幼根の組織特性を調査した。
2. 中央道管周辺の介在柔組織の発達、木部柔組織における大型柔細胞の分裂頻度は収穫時の乾物歩合に対して前報と大体類似の関連性を示した（Fig. 1 および Fig. 2）
3. 塊根肥大の極初期には中央道管を取囲む最内側の細胞層は始原細胞より成立つものと思われる。柔細胞における澱粉粒の出現は、その細胞の分裂活性の減退を意味する。この二つの見解から挿苗後30日の材料について上記細胞層における澱粉含有細胞数の、層を構成する全細胞数に対する割合を調査した結果、成熟諸の乾物歩合との間に正の相関が認められた（Fig. 3 および Pl. 1, 2）。これは乾物歩合の高い系統ほど、上記細胞層中のより多数の細胞が分裂活性の減退を呈するものと解される。
4. 今回の供試系統では、二次形成層の発達と乾物歩合との間に有意な正の相関が認められた（Fig. 4）。
5. しかし、前報の供試品種で相関は有意とならない（Fig. 5）。結果の相違する理由は、前報の供試品種には、二次形成層の発育様相に関する2型が含まれ、その1は九州34号等のごとく、二次形成層の発育不良のものを交えたことによるものと考えた。
6. 筆者等は塊根の肥大に關係のある二次形成層の発達と乾物歩合に正の相関関係の存することを重視して、高澱粉で多収品種の育種に希望を与えるものと考えた。

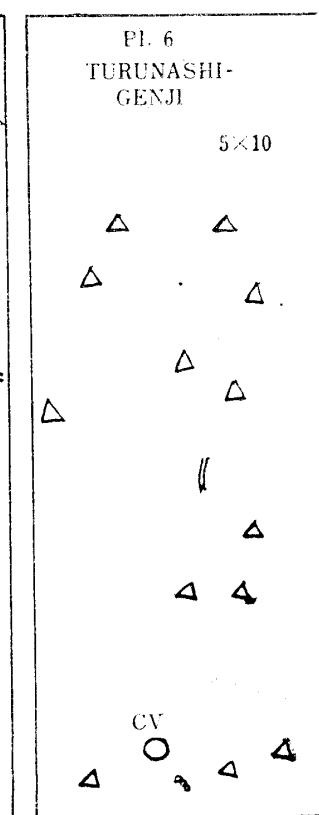
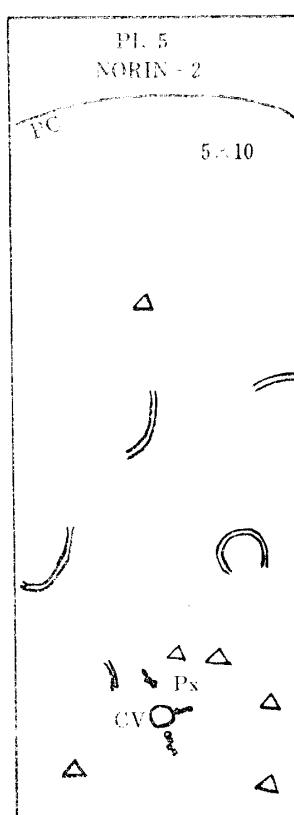
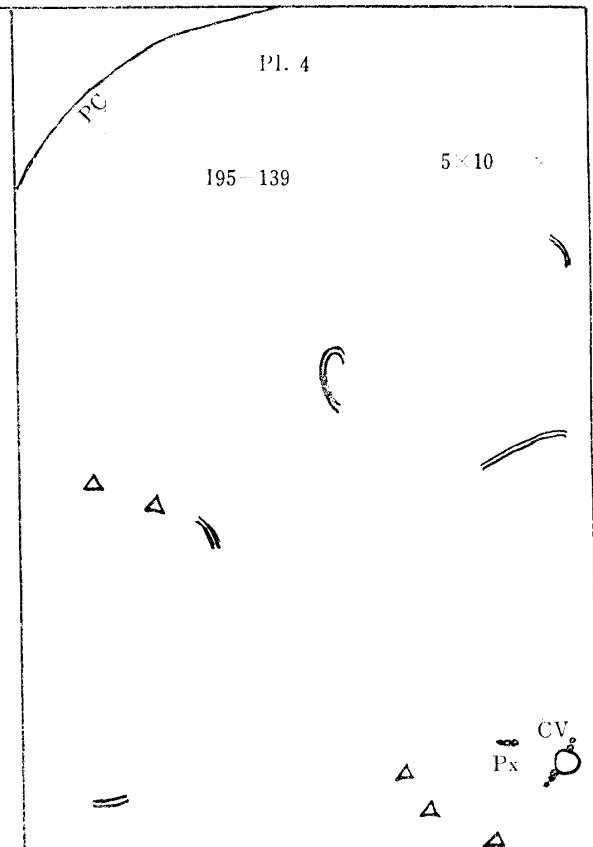
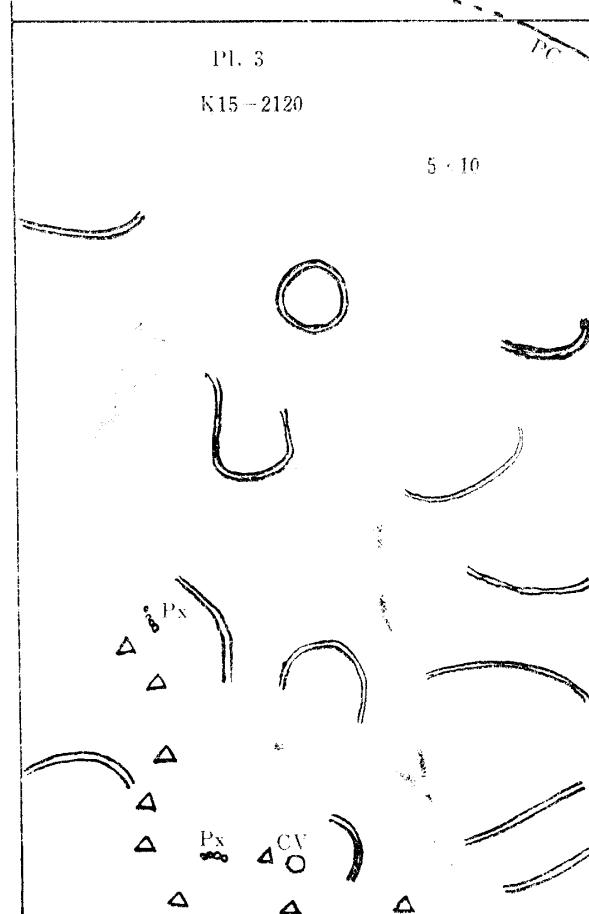
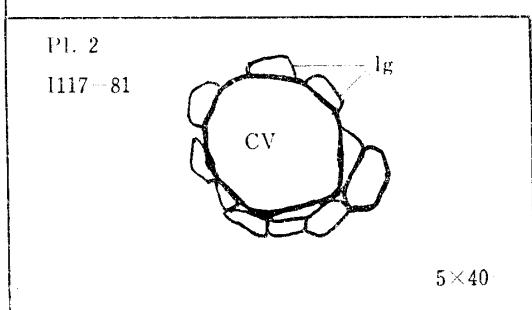
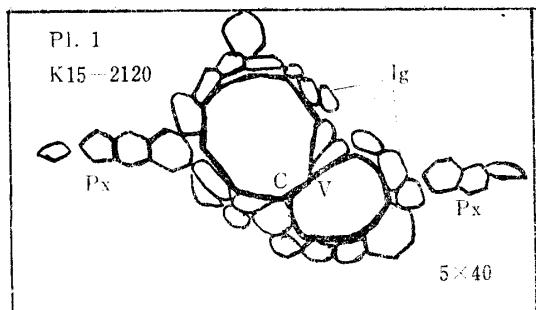
## 文獻

1. ARTSCHWAGER J. Agr. Res. 27. 3 : 157-166 (1924)
2. 小倉謙 農及円 20. 8 : 331-334 (1945)
3. 小倉謙 農及円 20. 9 : 381-383 (1945)
4. 戸苅義次 農林省農事試験場報告 68 : 1-96 (1950)
5. 渡辺光太郎 日本の大根 79-97 日本學術振興会 (1958)





△.....Bilocular C. subspine      ○.....Cavate L. spicule      ↗.....C. spine elongated  
 .....Bilocular I. spicule      .....Bilocular C. subspine  
 .....Bilocular C. subspine



Px.....Protoxylem      CV.....Central Vessel      lg.....Cells lignified      PC.....Primary Cambium  
 .....Secondary Cambium      A.....Secondary Phloem

**R é s u m é**

- 1) The structural characteristics of young tubers were put under observation, using, as the test agent, several higher-starch content-strains got out of the interspecific hybridization between sweet potato and its wild relatives.
- 2) The relationship of both the development degree of parenchyma tissue surrounding the central vessel and the division-frequency of the enlarged cells in xylem parenchyma to dry matter percentage of the matured tubers showed almost similar tendency as in the previous paper (Fig. 1 and Fig. 2).
- 3) At the earlier stage of tuber growth, the innermost cell-layer surrounding the central vessel was observed to be consisting of the initial cells. The appearance of starch grains in a parenchyma cell might be regarded as an indicator of a decline in the meristematic potentiality of the cell.

From these two points of view, with the materials used 30 days after planting, the ratio of the number of the starch-grain containing-cells to the total number of those constituting the cell-layer above described was calculated. It was ascertained that the ratio was positively correlated with the dry matter percentage of matured tubers (Fig. 3 and P1. 1, 2).

This result seems to indicate that the bigger is the number of the dry matter percentage of the observed variety, the larger is the number of the cells showing the decline of the meristematic potentiality in the above described layer.

- 4) In the materials used in the present work, between the development degree of the secondary cambium and the dry matter percentage, a positive and significant correlation was observed. (Fig. 4).
- 5) In the materials used in the previous report, however, the same correlation described in 4) was left insignificant. It was assumed that this seeming contradiction was attributed to the fact that in the materials used in the previous report there were at least 2 types in connection with the development of the secondary cambium, and one of which such as Kyushu No. 34 was inactive in the development of the tissue. (Fig. 5).
- 6) Putting a special note on the positive correlation between the development of the secondary cambium having relation with tuber-growth and the dry matter percentage, the writers considered there might be a prospect of breeding a variety having both high starch content and high harvesting faculty.