



Title	ばれいしょの生理生態学的研究 : 第8報 塊茎内のでんぶんの分布について
Author(s)	吉田, 稔; YOSHIDA, Minoru
Citation	北海道大学農学部附属農場報告, 18, 7-20
Issue Date	1972-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13316
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_p7-20.pdf



ばれいしょの生理生態学的研究

第8報 塊茎内のでんぷんの分布について

吉 田 稔

緒 言

ばれいしょの塊茎内に含まれるでんぷんについては、でんぷん原料用とする場合はもとより調理適性の上からも古くから興味がもたれ³⁾、環境諸条件と塊茎のでんぷん含有率、塊茎内のでんぷんの分布、それらと乾物率との関係、塊茎の肥大とでんぷん粒の発達、でんぷん含有率と窒素などの成分との関係、それらの品種間差異ならびに調理適性などについて多くの研究成果がある。しかしこれらの研究には与えられた環境における地上部の光合成の場の動的な把握と、塊茎における同化産物の蓄積との相互関係においてばれいしょのでんぷん生成能力を統括的に示したものはほとんどない。本研究は前報²⁾にひきつづき本邦におけるばれいしょの主幹品種について同化産物の受容体である塊茎のでんぷん蓄積の様相を精査し、地上部生育の生態学的研究結果との相互関係を究明するための資料をえようとしたものである。

本研究の遂行にあたり当農場作物第1部職員渡辺春雄、宮本孝一、吉川フミ、南エツの諸氏のご協力をえたことに対し深謝の意を表す。

方法と材料

実験 I. でんぷん粒大の塊茎内分布観察 (1967年)。

1. 耕 種 植付期4月27日、畦幅75cm 株間40cm、反復なし、その他標準耕種法。
2. 材 料 品種 男爵薯、農林1号、紅丸。
系 統 WB 59177-4、北海40号。
野生種 *S. demissum*

3. 調 査 それぞれの材料について塊茎肥大開始期よりほぼ2週間間隔で3株ずつ掘取り、比重と塊茎重について平均値に近い塊茎6個を選び、

各塊茎の中心を通る縦軸と横軸にあたる部分について、20g未満の塊茎では100 μ 20g以上の塊茎については150 μ の切片を作った。切片は蒸溜水で数回洗滌し破壊された細胞のでんぷん粒を取除き、洗色その他の処理なしで直接検鏡した。調査は皮層 (Cortex)、外髓部 (external medulla)、内髓部 (internal medulla)、中心部 (pith or water core ここでは center) の各部位ごとに、各10細胞における細胞の大きさ (最大径) とでんぷん粒大 (長径)、でんぷん粒数について行なった。

実験 II. 塊茎内でんぷん含有率の分布 (1969年)。

1. 耕 種 植付期5月6日 その他実験Iに同じ。
2. 材 料 品種 男爵薯、農林1号、エニワ、タルマエ。

系 統 WB 59177-4。

3. 調 査 各材料とも塊茎肥大初期にあたる7月2日から2週間間隔で3株ずつ掘取り、塊茎を重量別に3群とし各群の平均比重に近いものを2個ずつ選び、各塊茎を厚さ (地表面に垂直な径)

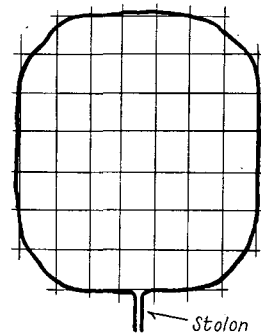


Fig. 1. Cutting method for investigation of the distribution of starch content.

で7等分とし、その中心を通る中央の切片を Fig. 1 に示すように縦横とも7等分し、予め用意した1% 間隔のでんぷん含有率(でんぷん価)に対応する NaCl 比重液によって各細片(cubic)の でんぷん価を決定した。また重量の最も重い群の塊茎については同様の方法を用いて塊茎全粒の でんぷん価の分布を決定した。以下はこの方法を cubic method として記述する。

結果と考察

実験 I.

Fig. 2 に塊茎内の組織別でんぷん粒数の推移を示した。この項における調査結果は早生低でんぷ

品種男爵薯、中晩生中でんぷん品種農林1号および極晩生高でんぷん系統 WB 59177-4 のみを示し他の材料については解説にとどめる。細胞内の でんぷん粒径の平均値には 3μ 以下のもの(白色体: leucoplast or amyloplast)は除いた。これは主として調査がしだいに困難となることによる。図版 I-5~8 にみるように肥大開始期の直径 $0.3\sim 0.4\text{ cm}$ の塊茎内に見出されはじめるでんぷん粒は $5\sim 7\mu$ であるが、それ以前は核の周囲に200個に及ぶ白色体を見出すことができる。この白色体内にでんぷんの結晶ができるのであり、でんぷん粒が消化する条件下では小粒化し白色体として残る。

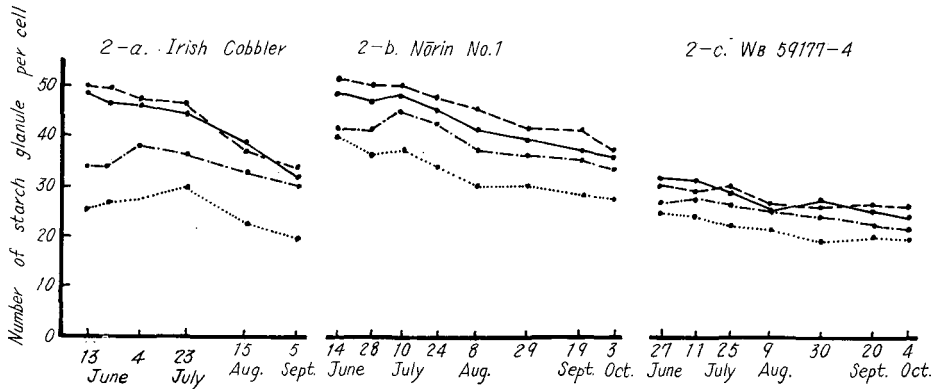


Fig. 2. Seasonal changes of the number of starch granule per cell on different zones of potato tuber.

Note. ——— Cortex zone
 - - - - - External medulla } Perimedullary zone
 - · - · - Internal medulla }
 ······· Pith (center) zone

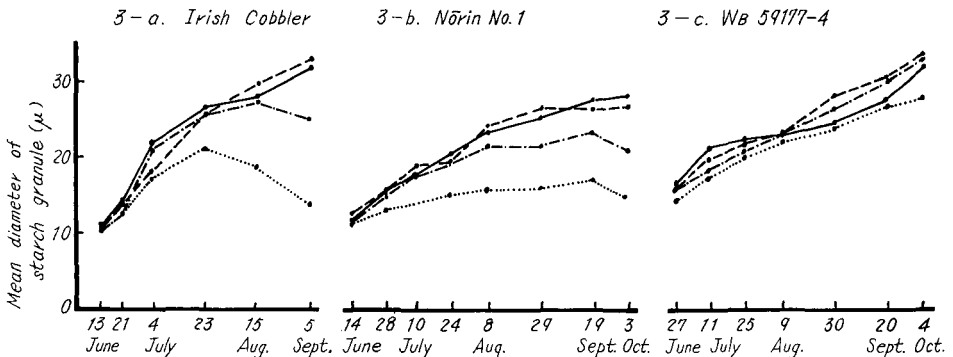


Fig. 3. Seasonal changes in the mean size of starch granule in different tissues of tuber.

Note. Symbols are the same with Fig. 2.

細胞当りでんぶん粒数はいずれの材料においてもまたいずれの組織においてもしだいに減少する。外髓部と皮層に最も多くついで内髓部であり中心部は最も少ない。男爵薯と農林1号に比しWB 59177-4におけるでんぶん粒数はいずれの細胞においても比較的少ない。

Fig. 3 に細胞当り平均でんぶん粒径の推移を示した。男爵薯と農林1号では中心部を除く組織内のでんぶん粒径に大差なく、しだいに大となり、中心部では男爵薯において7月中旬に最大値となり以後はしだいに小となった。一方農林1号においてはほとんど変動がなかった。WB 59177-4においては各層間の差がほとんどなくしだいに大となった。男爵薯は農林1号に比し中心部を除く層

におけるでんぶん粒径の増加程度が大であった。

Fig. 4 は各層の細胞にみられた最大でんぶん粒径の推移を示したものである。男爵薯と農林1号の推移は類似し、各層とも肥大がすすむとともに大となる。皮層部と外髓部では収穫期まで増加をつづけるが内髓部と中心部では7月下旬以降に変動がない。農林1号では男爵薯に比し収穫期における最大値が高い(約90 μ)。これはその上昇程度が近似することから塊茎肥大期間によるものである。WB 59177-4 では肥大開始はおそいが肥大初期から大きくまた各層間の差も小で収穫期にはほとんどの細胞に70 μ をこえるでんぶん粒をみいだすようになる。さらに特徴的なのは7月下旬以後は外髓部内髓部において皮層部にまさる粒径と

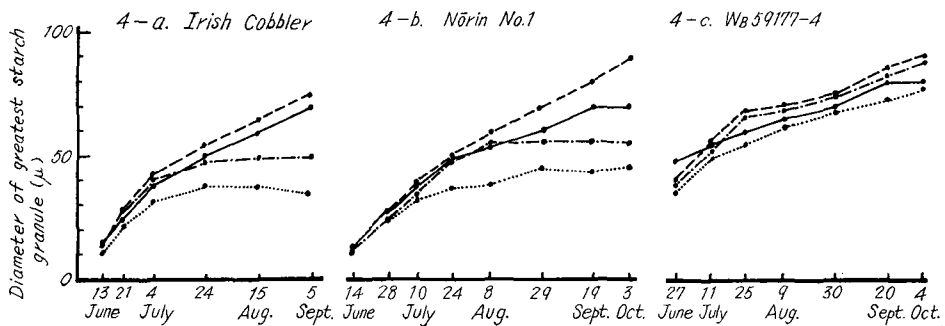


Fig. 4. Seasonal changes in diameter of greatest starch granule in different tissues of tuber.

Note. Symbols are the same with Fig. 2.

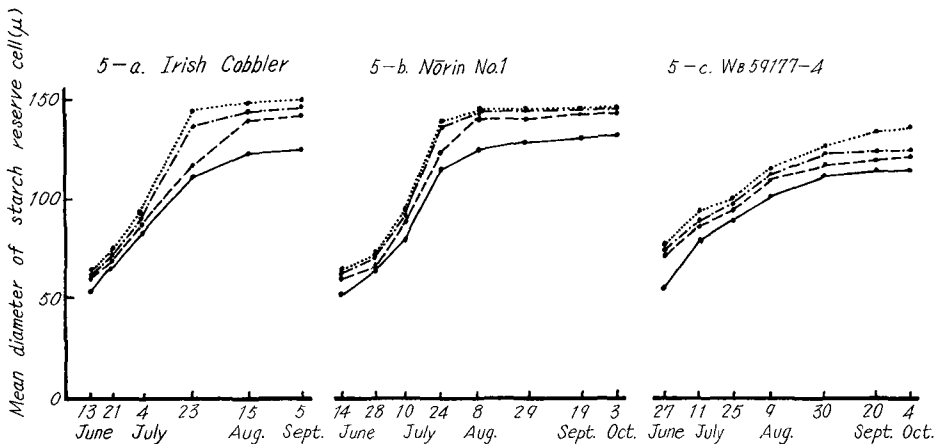


Fig. 5. Seasonal changes in diameter of starch reserve cell in different tissues of tuber.

Note. Symbols are the same with Fig. 2.

なることである。これらの結果を Fig. 3 の結果とあわせて考えると、でんぷん貯蔵細胞内のでんぷん粒の肥大に粒間の競合があること、肥大期間の長いほど蓄積量は大きくなるが、塊茎肥大率の大なる塊茎においては、蓄積の大なる部位と劣る部位との差が大きくなり、細胞内のでんぷん粒径の変異も大となることがわかる。

Fig. 5 はでんぷん貯蔵細胞の最大径の推移を示したものである。いずれの材料においても塊茎の肥大とともにしだいに大となる。中心部の細胞は常に最大で外側に向うほど小さい。男爵薯、農林 1 号ともに 8 月上旬までの細胞の拡大は急速で 8 月中旬に各層の細胞径がほぼ最大となり、以後は塊茎の肥大が主として細胞数の増加によるものと推察できる。WB 59177-4 は肥大初期から収穫期まで徐々に増大を続けた。

結果に示さなかった品種紅丸は農林 1 号に類似する結果がえられ、系統北海 40 号は男爵薯に類似するがでんぷん粒大についてやや劣り細胞径についてはややまさる結果がえられた。野生種 *S. demissum* では図版 VIII-7~9 にみられるように収穫期においてさえも細胞径およびでんぷん粒径ともにきわめて小であった。

図版 I にみられるように肉眼的に stolon の先端が肥厚しはじめた塊茎にすでに $5\sim 7\mu$ の小粒ながらでんぷん粒が発達している。この時期にすでに皮層部と外髓部に対して中心部の蓄積程度が劣ることがわかる。しかしでんぷん粒径についてみれば大差がない。また各組織の細胞はかなり規則的に配列している。しかし図版 II にみるように 0.4 g をこえる塊茎では配列が不整となってくる。このころには細胞も増大しでんぷん粒も発達するが、粒大変異が大となり大粒のものは約 20μ に達する。図版 III~V にみるように栽培主幹品種で 10 g をこえる塊茎において細胞径の大なるものは 100μ をこえるようになり、でんぷん粒径の変異もさらに大となり、中心部 (pith) の蓄積程度が皮層や外髓部に比しいちじるしく劣るようになる。これに反し肥大程度が小ででんぷん価の高い WB 59177-4 (図版 VI) では相対的に中心部に向うにしたがって蓄積量は劣るが、中心部においてもでん

ぷん粒の発達がかなり大である。図版 VI-G~I, VII, VIII は収穫期におけるもので皮層ならびに外髓部で 70μ 以上の巨大なでんぷん粒が見出される。WB 59177-4 ではとくに大粒でその数も多い。塊茎肥大程度の大なる品種ほど蓄積の劣る中心部と蓄積のよい部位との差が顕著となる様相を示している。

塊茎内のでんぷんの不均一な分布については GLYNNE, M. D. ら (1919)⁷⁾ によれば 1892 年の早くに DOUILLET, M. によって記述され、以来これに関連する研究報告はかなりあり、そのいずれもが皮層部、外髓部、内髓部、中心部と内側に向ってでんぷん蓄積が劣ることを明らかにしている。また、塊茎内のでんぷん含有率と乾物率とは平行的関係にあり、これに関しても BEHREND, P. ら (1880)⁴⁾ 以来多くの研究報告があり、これら一連の研究から乾物率あるいは空中重と水中重から比重を算出することによってでんぷん含有率 (でんぷん価: starch value) を知る簡便法が利用されるにいたっている。これに関係して近年 WILSON, J. H. ら (1969)²¹⁾ はこれまで利用している SCHÉELE, C. von ら (1937)¹⁷⁾ の示した乾物率と比重の関係式が適合しない場合もあると指摘している。この点はでんぷん工業とも関連する重要な問題であり検討を要する。

塊茎の肥大開始期における解剖学的研究は REED, T. (1910)¹³⁾, ARTSCHWAGER, E. (1916, '24)^{11), 2)}, PERCIVAL, J. (1921)¹¹⁾ をはじめ多くあるが、近年 REEVE, R. M. ら (1969)¹⁵⁾ によりつぎのように述べられている。medulla と pith (いずれも髓) は同義語であり、一般に用いられている external medulla (外髓) は内師部とその附随柔組織および medullary rays (放射組織) からなる perimedullary zone である。また internal medulla (内髓) は pith parenchyma (髓部柔組織) であり、Markrone と storage parenchyma は同義語、medulla と Mark, water core, pith rays, eye branches は同義語で用語統一の指摘と、外髓と称してきた部分が内師部に起源することを明らかにした。

塊茎の肥大がすすむとともに内師部と髓部に対する外師と皮層の割合、すなわち維管束環の内側

と外側との比は、細胞数増加の程度の差によってしだいに大となる (PLAISTED, P. H. 1957, SADLER, E. 1961)。PLAISTED, P. H. (1957)¹²⁾ は細胞数とか細胞体積などは allometric (対比生長) をなすもので、塊茎が 37 mg から 200 g になると細胞の大きさが 10 倍となるに対して細胞数は 500 倍に増すとし、IVINS, J. D. ら (1963)⁹⁾ によると SADLER, E. (1961) は肥大開始期の $2.5 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$ の塊茎が約 268,000 の細胞をもち、 300 cm^3 の塊茎は 36,600,000 の細胞をもっており体積が 12,000 倍になると細胞の数は髓部で 370 倍皮層部で 90 倍となり細胞の大きさは 40 倍と 90 倍になるとしている。

でんぷん粒数と粒大について野田 (1959)¹⁰⁾ は肥大が進むと数も大きさも増し、平均粒径は約 50 g の塊茎まで皮層、師部柔組織、外髓の 3 部位で増加がいちじるしくその後増加度は低下し、内髓では肥大期に入ってから増加が小で数も少ないとし、粒大の変異は肥大とともに大となり、でんぷん粒の増殖と肥大が併行的であるとしている。REEVE, R. M. ら (1970)¹⁶⁾ によれば成熟塊茎の 1/300 の容積のときのでんぷん粒大分布の部位別の差が成熟まで継続するとし、比重の高い部位は細胞の大きさと細胞間隙が小さく小粒のでんぷん粒が数多く含まれるとしている。これらの結果は本研究の結果と多少異なるところはあがるが基本的には一致する。

実験 II

実験に用いた塊茎のでんぷん含有率の分布を知るための cubic method は、前年度の予備調査において種々の肥大時期に塊茎のでんぷん価と全粒の cubic method による数値からえた平均でんぷん価との相関係数がほとんど 1 に近く、また地表面と平行な軸を含む中央切片のみの平均でんぷん価も同様の関係にあることが知られており、cubic method はでんぷん蓄積の様相を知る上で信頼度が高いといえる。

1. 株当りでんぷん価の推移 (Fig. 6)

生育ともなうでんぷん価の推移についてはこれまでも報告してきたがここでは主要栽培品種の年次間差異についても少しくふれてみる。いずれの材料においても肥大がすすむとともにでんぷ

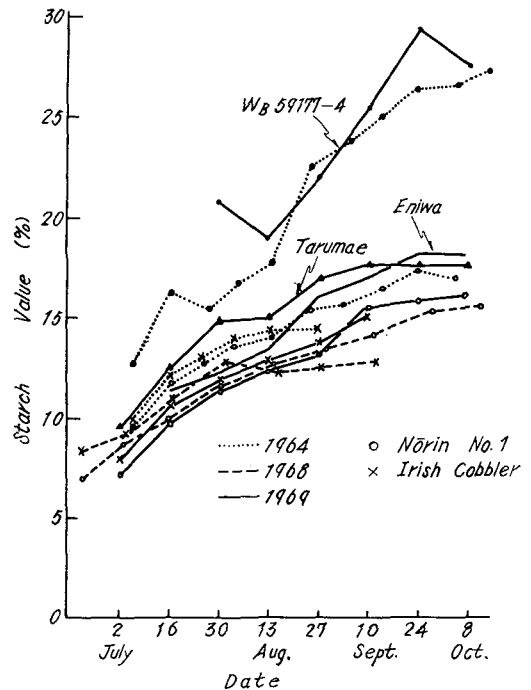


Fig. 6. Seasonal changes of the starch value.

ん価は上昇するが上昇程度に年次間差異が認められる。たとえば男爵薯と農林 1 号では 1964 年度に 7 月の上昇程度が大きく、そのため収穫期に他の年次に比し高くなった。また 1968, '69 の両年度ではでんぷん価上昇程度に 7 月中下旬を境として逆転がみられる。さらに同じ年次内で男爵薯が 7 月中旬 (1969 年では 7 月下旬) に上昇が停滞するのに対し、それまで、より低く経過した農林 1 号が上昇を継続し凌駕するようになる。WB 59177-4 は肥大初期から高く上昇程度も大でとくに 8 月にそれがいちじるしく、高い値に達する。1969 年度は 8 月中旬の日射量の低下にともなう一時的なでんぷん価の低下ないし上昇の停滞が認められる。エニワ、タルマエは男爵薯、農林 1 号に比し高く経過する。

以上のようにでんぷん蓄積の一要因であるでんぷん含有率は、品種に特徴的であること、肥大とともに上昇することが明らかであるが、環境条件によって大きく変動するものであることがわかる。一時的にでんぷん価の低下することはこれまでにもしばしば認められているが、これは主とし

て日照不足、高温などの環境条件によるもので、同化産物転流量と肥大に要するエネルギーとの平衡関係に基づくといえる。1970年度も同様の追試を行なったが、男爵薯において9月上旬まででんぶん価の上昇が認められ収穫期にいたるまで農林1号にまさるといふ現象がみられた。

2. 株当たり塊茎重の推移 (Fig. 7)

7, 8月における株当たり塊茎重の増加は肥大開始が早く肥大初期に肥大程度の大なる男爵薯と農林1号が他の3者に比し大であった。エニワは9月における増加が劣り、タルマエはこの時期の増加がいちじるしく収穫期には供試材料中の最大値を示すにいたる。いわゆる高でんぶん遺伝子を有すると考えられる WB 59177-4 は塊茎肥大開始がおそく増加程度も低い。この様相を明らかにするため株当たり体積とでんぶん収量についての1日当り増加量の推移を示したのが Fig. 8, 9である。こ

れによると7月および8月上旬における塊茎体積ならびにでんぶん収量の増加割合は品種間差異が少なく、とくにでんぶん収量においてはほとんど変わらないことが注目される。そして8月の高温期間における体積の増加割合はいずれの材料においてもいちじるしく低下した。しかしでんぶんの増加割合はさほど低下していないから、この期間は7月におけるような肥大にもなってでんぶん蓄積が行なわれる経過と異なり、肥大がでんぶん価上昇に比し劣る経過を辿ったと考えられる。この8月における肥大割合の低下は本年度の気象条件が大きく影響しているといえる。9月の冷涼期に入って再び強い肥大相となるが、7月における異なりその品種間差異が大きくこれがでんぶん収量に大きく関与している (Fig. 10)。この点はこれまでも論じてきたように地上部の生育型あるいは光合成能力と地下部における同化産物の蓄積との間の密接な関連を物語るもので、生理生態学

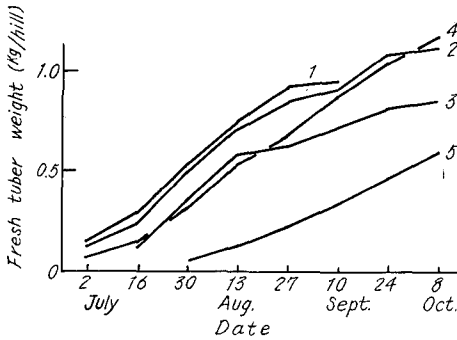


Fig. 7. Seasonal changes of the fresh tuber weight per hill.

Note. 1: Irish Cobbler, 2: Nōrin No. 1, 3: Eniwa, 4: Tarumae and 5: WB 59177-4.

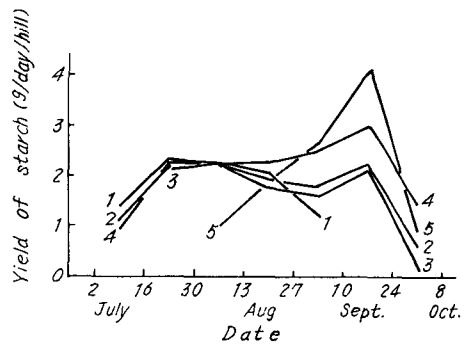


Fig. 9. Seasonal changes on the daily increment of the starch per hill.

Note. Symbols are the same with Fig. 7.

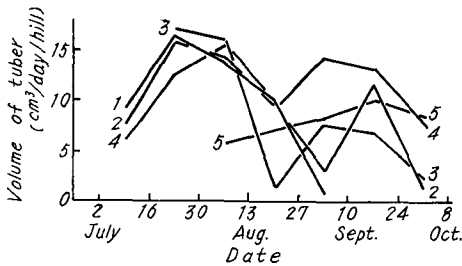


Fig. 8. Seasonal changes on the daily increment of the volume of tuber per hill.

Note. Symbols are the same with Fig. 7.

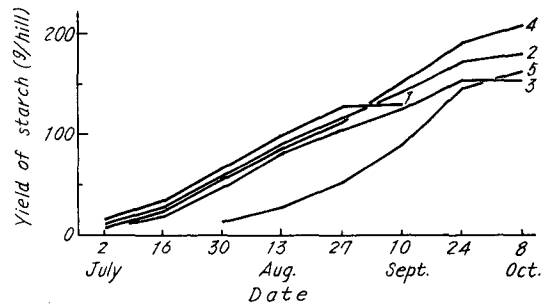


Fig. 10. Seasonal changes of the starch yield per hill.

Note. Symbols are the same with Fig. 7.

的研究の中心課題である。これについての資料はかなり集積されたがさらに検討をつけあらためて報告する。

3. cubic method による塊茎内でんぷん価の分布

供試材料の収穫期における cubic method による調査結果を Fig. 11 a~e に示した。いずれの材料においても皮層部がもっとも高く中心部に向かって同心円的に低くなる。各材料の最大値は皮層の

stolon 着生部の両側であること、頂部は基部に比しやや低いこと、中心部が最小値であること、最大値と最小値の差はほぼ 15% におよぶことなどが共通で注目される点である。これらの調査はすべて地中に位置した状態の水平方向の中央切片によるものであるが、ほとんど左右相称的である。この左右性について高い側と低い側で整理したがその平均値の差は 1.5% 以内であったので省略した。

これらの最終結果にいたる推移はどのようにあるかを以下に述べる。

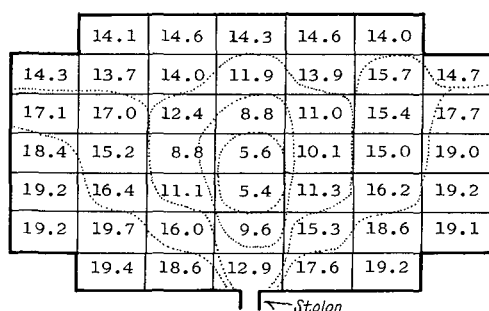


Fig. 11-a. Distribution of the starch value in mature tuber (var. Irish Cobbler).

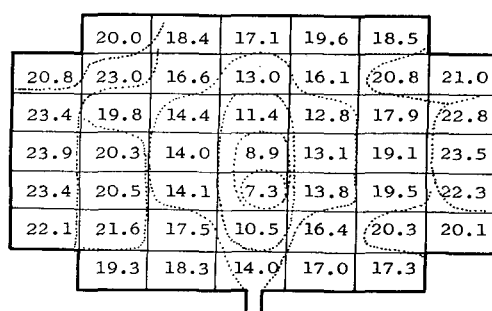


Fig. 11-d. Distribution of the starch value in mature tuber (var. Tarumae).

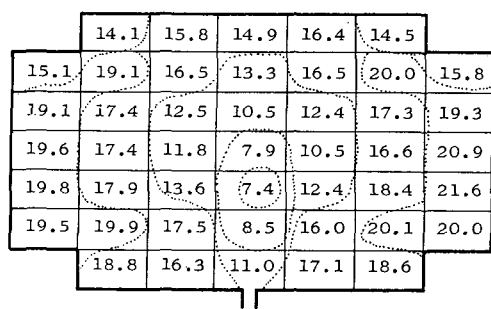


Fig. 11-b. Distribution of the starch value in mature tuber (var. Nōrin No. 1).

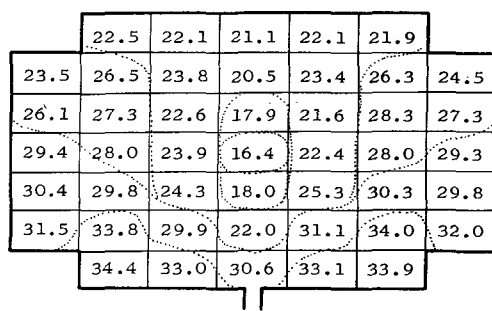


Fig. 11-e. Distribution of the starch value in mature tuber (strain WB 59177-4).

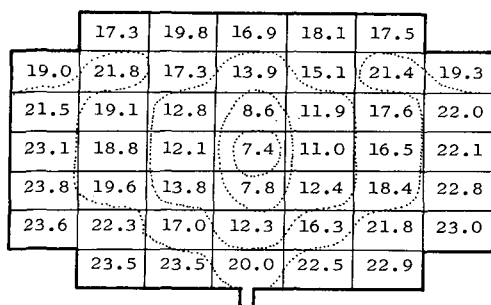


Fig. 11-c. Distribution of the starch value in mature tuber (var. Eniwa).

Fig. 12 は各時期に各材料からえられた塊茎細片 (cubic) のでんぷん価について階級別に百分率とし、でんぷん価の分布の推移を示したものである。これによるといずれの材料においても肥大初期にはでんぷん価の変異が小で正規分布に近い。平均値に近い値が多く見出されその分布指数 (distribution index) は 40% をこえる。肥大がすすむにしたがい変異は大きくなるが最低値はほとんど変わらない。そして最大の分布指数を示すでんぷん価はより高い方へ移行する。肥大の後期に

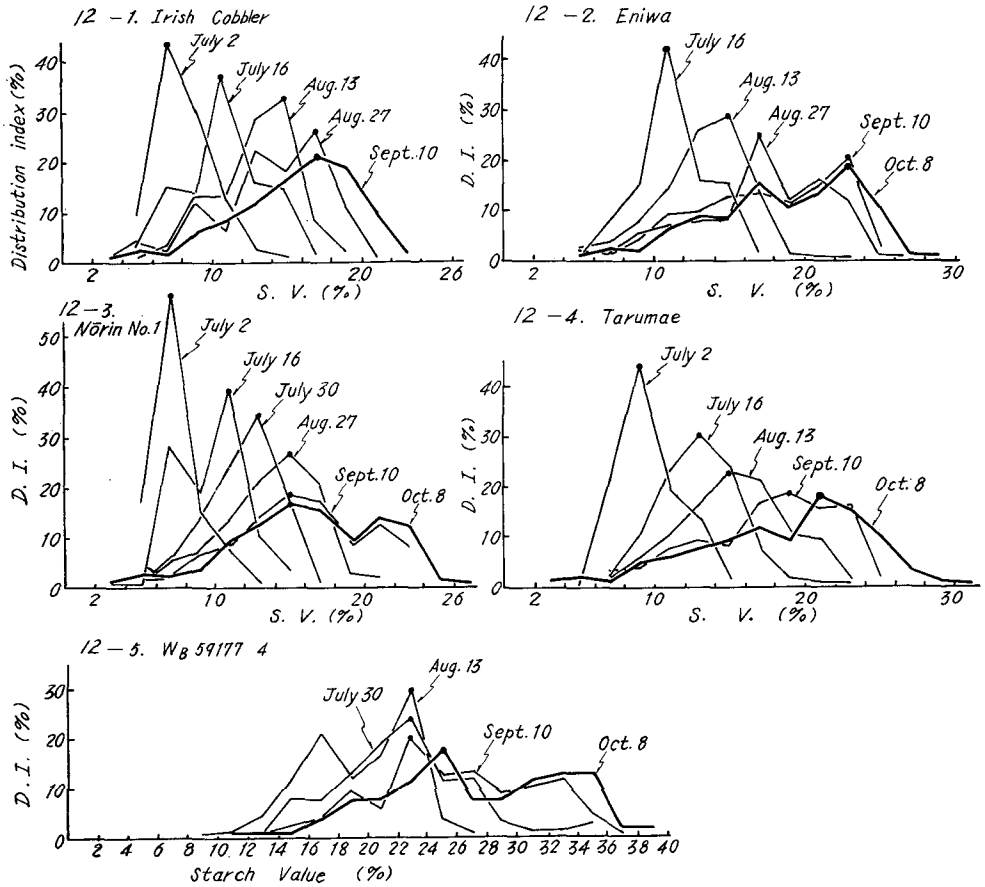


Fig. 12. Seasonal changes of the distribution of starch value in tuber.

において男爵薯を除き 2 頂曲線をとる傾向が認められる。WB 59177-4 においては分布の頂をなすでんぷん価が肥大期間中変動の少ないことも特徴的である。このようにして塊茎内のでんぷん価の最大値と最小値の差は肥大がすすむとともにしだいに大きくなる。すなわち肥大とともに cortex (皮層) および perimedullary zone (内師部と外髓部) においてでんぷん粒が肥大しながら同化産物の蓄積をかさねるのに対し、中心部は主としてその容積を拡大するためにエネルギーを消費しているといえる。そして材料によって塊茎のでんぷん価に差が生じるのは中心部がどの程度に蓄積するかによって強く左右されているものと考えられる。

上記のでんぷん価の分布について塊茎の層別に平均値をとり、どのようにでんぷん蓄積がすすむかを検討したものが Fig. 13 である。層別は最も

外側の A 層がほぼ皮層にあたり、その内側の B₁ 層は外髓部、その内側の B₂ 層が内髓部にそれぞれ相当する。これらの層別の平均でんぷん価の推移で注目すべき点はずぎのとおりである。中心部は材料によってでんぷん価のレベルが明らかに異なるが経時変動は小である。これに対していずれの材料も外側に向うにしたがい肥大とともに上昇程度が大となる。男爵薯、農林 1 号、WB 59177-4 においては A 層と B₁ 層の差が小で、エニワではかなり大きい。B₂ 層は中心部に近く推移するが WB 59177-4 においてはこの層でもでんぷん蓄積程度が高いことを示した。前述した外因によるでんぷん価の一時的低下あるいはでんぷん価上昇の停滞は各層において一様におこるが塊茎内部においてそれがいちじるしい。これらのことから塊茎の発達にともなうでんぷん価の上昇あるいはでん

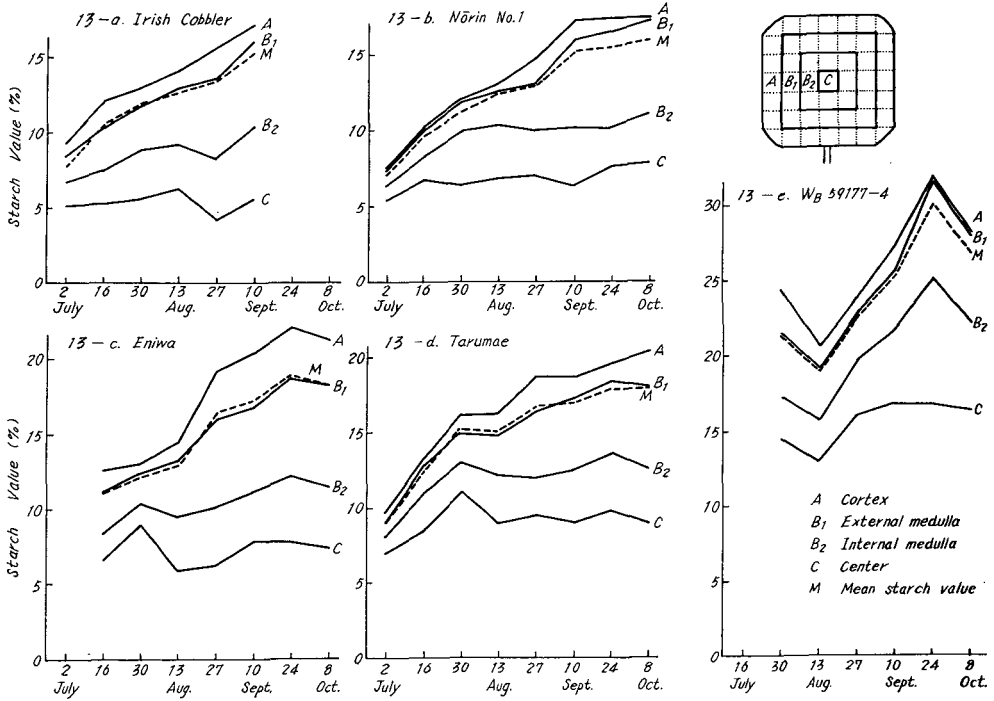


Fig. 13. Seasonal changes of starch value on each zone in tuber.

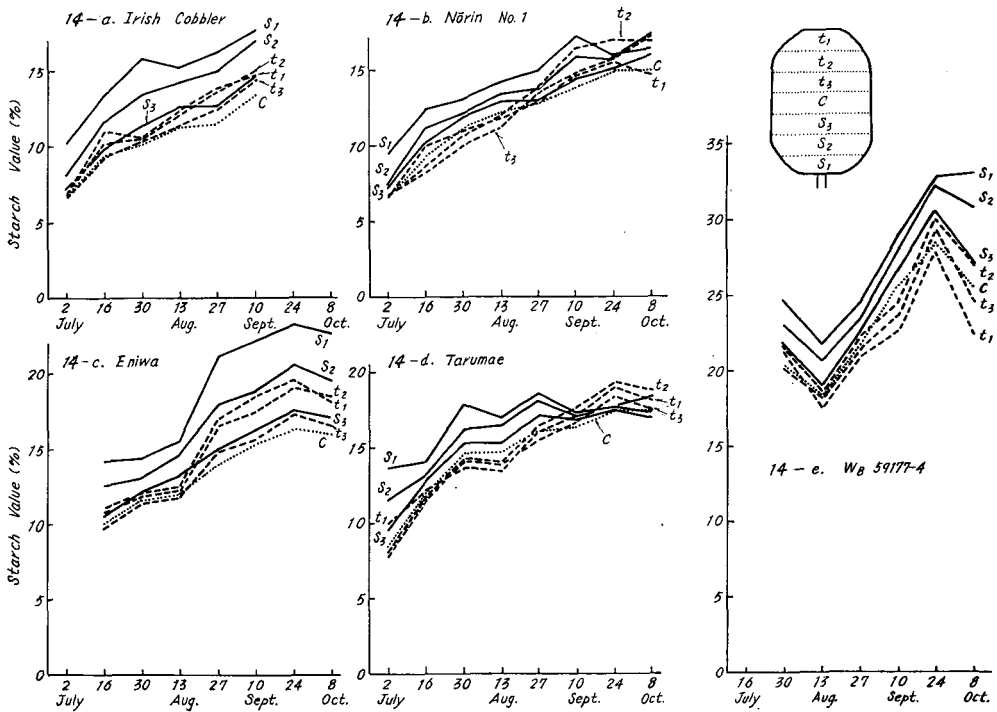


Fig. 14. Seasonal changes of starch value on each layer from basal end to apical end in tuber.

ぶん蓄積程度が塊茎の中心部および内髓部の蓄積程度と密接に関連し、肥大と蓄積いかえれば塊茎重とでんぶん含有率に連鎖的關係のあることが知られる。

Fig. 14 はストロン着生部から頂部への距離による平均でんぶん価の差異の推移を示したものである。これによると一般に塊茎の頂部は基部に比し低い、農林1号とタルマエにおいては肥大初期におけるその差が小なる型をとり、とくにタルマエでは肥大の後期にやや逆転の傾向がみられる。男爵薯では層別の差が平行的で肥大が均一に行なわれ蓄積もそれにとりなり型をとり、エニワと WB 59177-4 ではその差がしだいに広がり肥大の後期に基部にやや集中的に蓄積される型をとる。一般に頂部が基部に比し蓄積が劣るのは頂部における肥大率が比較的大なることおよびストロン着生部からの距離が遠く蓄積上不利であることによると考えられる。しかしすべての塊茎におい

て頂部の蓄積率が低いのではなく、とくに二次生長の塊茎でこれに反する例がみられる。

Fig. 15 は塊茎を地表に近い部分と遠い部分および中央の部分に大別して整理したものである。これによるといずれの材料においても中央部が最も低く推移し、地表から遠い塊茎の下面が地表に近い部分に比しかなり高く推移した。とくに男爵薯およびエニワのように塊茎が球形に近く発達する品種でその差が大きかった(約4%)。これはでんぶん蓄積が重力に関係するようにもうかがえるが、多くの場合塊茎は上面が豊円形をとり下面は扁平となることから肥大しやすい方向にでんぶん蓄積程度が低く、肥大しにくい方向に蓄積程度が高くなるものと考えられる。

前年度と本年度の両年にわたり二次生長塊茎についても同様の方法で調査した。結果は省略するが一般に二次塊茎は一次塊茎に比し平均でんぶん価が高く、そのでんぶん価の分布は両者とも正常塊茎に類似した。このことは二次生長が開始した時期で一次塊茎の発達あるいはでんぶん蓄積がほとんど停止状態となり、以後は二次塊茎に発達と蓄積が転移し、一次塊茎の成分が二次塊茎へ移行するのではないものように考えられる。しかし二次生長の種々な段階によって様相が異なるようで、これについては生理学的にも栽培学的にも問題がありさらに検討を要する。

前述のように品種のでんぶん含有率は肥大の初期から特徴的であり、かつ肥大がすすむにしたがい塊茎内のでんぶん含有率の分布が最小値に変動が小で最大値がしだいに高くなることによって品種間差異が一層顕著に現われる。そこで塊茎内のでんぶん価の最大値と最小値のみの推移をみると Fig. 16 のようになる。これによると各材料ともでんぶん蓄積の主力となる部位によって塊茎の でんぶん価が左右されることがわかる。ここで注目されることはいわゆる高でんぶん遺伝子をもつと考えられている WB 59177-4 において他の材料に比し最大、最小値ともに高く推移することと、最終的なでんぶん価の品種間差異は肥大期間の差異によって強く支配されていることである。Fig. 17 はこの塊茎内でんぶん価の最大値と最小値の差の

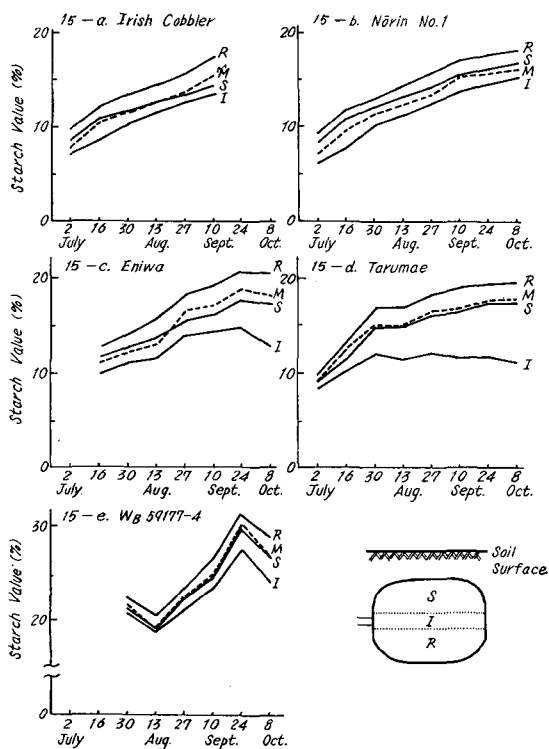


Fig. 15. Seasonal changes of starch value on surface side and reverse side in tuber.

推移を示したものである。図中の回帰式ならびに相関係数からも知れるように高でんぷん遺伝子をもつと思われる材料も含めて一般にばれいしょの塊茎におけるでんぷん蓄積の効率は一元化される。そして蓄積程度の高い部位においては10日

間にでんぷん価が約1.3%の割合で上昇することがわかる。供試材料には収穫期におけるでんぷん価が約13%のものから約27%のものまで含まれることから、でんぷんの蓄積に関与する塊茎の肥大、でんぷん含有率の分布ならびにでんぷん価の上昇の要因がばれいしょに共通的一元的であるといえよう。

論 議

ばれいしょのでんぷん生産力は塊茎の肥大期間と肥大程度およびでんぷん含有率の上昇程度によって決定される。これらのでんぷん貯蔵器官に関係する品種特性はいずれも気象、土壌などの外因によって大きく変動する。このことは地上部の生育型が塊茎におけるでんぷん蓄積と密接に関連するから当然の帰結であるが、それぞれの要因の相互間に新たな知見を加えることができた。肥大開始期にすでに塊茎内のでんぷん蓄積の部位別差異がみられ、中心に向うほど劣り、その分布相は収穫期まで持続するようにみられる。実際には蓄積程度の高い皮層、内師部で貯蔵細胞内のでんぷん粒径がいちじるしい増加を示してでんぷん含有率は高くなるが、中心部では塊茎肥大程度とか肥大期間に関係なくほとんど変動しない。すなわち肥大がすすむにしたがって塊茎内でんぷん含有率の上下限の差が拡大する。しかしてこの下限値を示す中心部のでんぷん含有率は肥大の初期に品種間差異があり、塊茎肥大率の大なる品種ほどその値が低い関係にある。この肥大率に関する差異を除けばいずれの材料においてもでんぷん含有率の上昇によるでんぷん蓄積の推移は、その生育期間の環境条件に対応して一定の経過をたどることがわかる。すなわち塊茎の部位別にみたでんぷん含有率のレベルに品種間差異はあってもそのでんぷん含有率の上昇傾向は類似し、肥大とともにでんぷん蓄積が皮層と内師部にかたよる分布型をとる点は共通的で、最終的なでんぷん収量は肥大と蓄積の平衡関係によって規制されるといえよう。ばれいしょのように地上部の生育開始直後から蓄積をはじめめる作物における貯蔵器官は生育全期間の蓄積経過を表現している。本研究の例では日照不足が

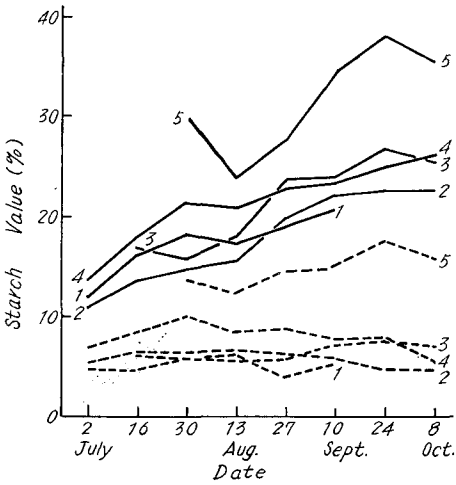


Fig. 16. Seasonal changes of both maximum and minimum starch value in tuber.

Note. ——— Maximum starch value
 - - - - - Minimum starch value

1: Irish Cobbler, 2: Nōrin No. 1, 3: Eniwa, 4: Tarumae and 5: WB 59177-4.

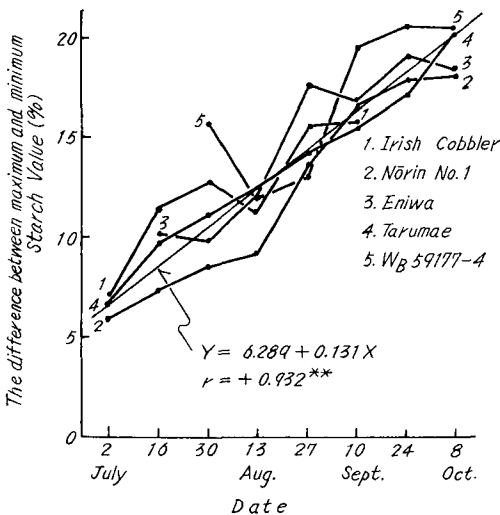


Fig. 17. Seasonal changes of the difference between maximum and minimum starch value in tuber.

肥大過程にでんぷん含有率の低下をひき起こす。しかしこの場合にもでんぷん分布型が大きくくずれることはない。塊茎の肥大程度とでんぷん含有率の上昇程度とは品種間でみるとき表裏の関係にあり、肥大率の大なる品種では肥大とともに塊茎内のでんぷん含有率の低い部位が増大しでんぷん粒大変異が大となる。塊茎内で比較的肥大率の高い頂部は基部に比し、上面は下面に比しでんぷん含有率が低い。塊茎肥大率に関連して株内の塊茎の大小については前報に示したように塊茎間の蓄積競争に関することであり上述の様相とは異なる。既報のように同化産物の塊茎肥大のためのエネルギー割合が大なる大粒品種は受容体への同化産物のとりこみ量は多いが蓄積量は必ずしも多くなるとはいえないし、それが地上部を早熟化する結果となり肥大期間は短縮されることになる。したがって生育期間を十分に利用する生育型をとる適度の肥大率と蓄積率を示す品種が、でんぷん生産にとって最も合理的であるといえる。

摘 要

ばれいしょの熟期、塊茎肥大程度およびでんぷん含有率を異にする品種ならびに系統を供試し、塊茎肥大開始期からほぼ2週間間隔で、でんぷん粒の発達経過の観察と、塊茎を立方体の細片に分けそれぞれのでんぷん含有率を測定する方法(cubic method)を用いてでんぷん含有率の分布の推移を調査した。その結果の主なもののはつぎのとおりである。

1. 塊茎の肥大とともにでんぷん粒は大となる。肥大の初期に皮層および内師部の蓄積量が多く中心に向って劣る傾向を示す。この分布相は収穫期まで継続する。

2. 肥大にともない皮層および内師部のでんぷん含有率はしだいに高くなるが、最低値を示す中心部のでんぷん含有率はほとんど変動がない。したがって、その上下限の差は肥大とともに拡大する。

3. 塊茎内のでんぷん含有率の最低値に品種間差異があり、それは肥大程度の大なる品種ほど低い。

4. 塊茎の肥大率の高い頂部は基部に比し、上面は下面に比しでんぷん含有率が低い。

5. 供試材料には収穫期の平均でんぷん含有率で約15%のものから27%のものまで含まれるが、肥大期間と塊茎内の最高・最低でんぷん含有率の差との関係は回帰式 $Y=6.289+0.131 X$ ($r=0.932^{**}$) で示される。

参 考 文 献

- 1) ARTSCHWAGER, E.: J. Agr. Res., **14**, 221-252, 1916.
- 2) ———: J. Agr. Res., **27**, 809-835, 1924.
- 3) BARRIOS, E. P., D. W. NEWSOM and J. C. MILLER: Amer. Potato J., **40**, 182-191, 1963.
- 4) BEHREND, P., M. MAERCKER und A. MORGEN: Landw. Vers Sta., **25**, 107-165, 1880.
- 5) BURTON, W. G.: The Potato, Wageningen, 1966.
- 6) COUDON, H. and L. BUSSARD: Ann. Sci. Agr., **2**, 250-291, 1897.
- 7) GLYNNE, M. D. and V. G. JACKSON: J. Agr. Sci., **9**, 237-258, 1919.
- 8) IVINS, J. D. and F. L. MILTHORPE: The growth of the potato, London, 1963.
- 9) 野田健児: 東北大農研彙報, **10**, 225-327, 1958.
- 10) ———: 東北大農研彙報, **11**, 19-70, 1959.
- 11) PERCIVAL, J.: Agricultural Botany, London, 1921.
- 12) PLAISTED, P. H.: Plant Phys., **32**, 445-453, 1957.
- 13) REED, T.: Ann. Bot., **24**, 537-548, 1910.
- 14) REEVE, R. M.: Amer. Potato J., **44**, 41-50, 1967.
- 15) ———, E. HAUTALA and M. L. WEAVER: Amer. Potato J., **46**, 361-373, 1969.
- 16) ———, ——— and ———: Amer. Potato J., **47**, 148-162, 1970.
- 17) SCHÉELE, C. VON, G. SVENSON and J. RASMUSSEN: Landw. Vers Sta., **127**, 67-96, 1937.
- 18) SCHICK, R. und M. KLINKOWSKI: Die Kartoffel, Bd. I, Berlin, 1961.
- 19) SHARMA, M. K., D. R. ISLEIB and S. T. DEXTER: Amer. Potato J., **35**, 784-788, 1958.
- 20) 田口啓作, 吉田 稔: 北大農邦文紀要, **6**, 412-421, 1969.
- 21) WILSON, J. H. and A. M. LINDSAY: Amer. Potato J., **46**, 323-328, 1969.
- 22) 吉田 稔: 北大農邦文紀要, **8**, 49-58, 1971.

Physio-ecological studies on potato plant
VIII. On the distribution of starch component in tuber.

Minoru YOSHIDA

Summary

Potato tubers varying in period from the tuberization were observed for development of starch granule and were investigated for distribution of starch content in different tissues. The results obtained are summarized as follows:

1. It is obvious that the cell division and both the increase of cell size and starch granule size continue in various tissues to the maturing stage.

2. In every materials, starch content in pith zone were not fluctuated with tuber-bulking. On the other hand, starch component of cortex and perimedullary zones were accumulated gradually. Therefore, the differences between maximum and minimum starch content in the tuber were enlarged with the growth.

3. The minimum starch content in pith zone were varied with the material. And, the material of the higher tuber-bulking rate showed the lower starch content of the pith zone.

4. Decreasing tendencies of the starch content from the basal end to the apical end of tubers were observed. In every materials, lower starch content on the surface side compared with the reverse side of tubers were also observed.

5. Although, at the maturing stage, the mean starch content of tuber per hill for all materials were included a wide range from 15% to 25%, the interrelation among the tuber-bulking period and the differences between maximum and minimum starch content in tuber were indicated with a regression line ($Y=6.289+0.131 X$, $r=0.932^{**}$).

Plate I. Sections of tuber at the initiation period (var. Nōrin No. 1, June 11, fresh weight 0.2 g, tuber size 0.3 cm×0.4 cm×0.3 cm).

1. Apical eye zone
2. Center (pith) zone
3. Cortex, bascular bundle ring and perimedullary zones
4. Basal zone
5. Cortex zone enlarged
6. Perimedullary zone enlarged
7. Center (pith) zone enlarged
8. Cortex zone enlarged

Plate II. Sections of young tuber.

- 1~4 Var. Irish Cobbler, June 13, 0.4 g, 0.6 cm×0.6 cm×0.5 cm.
5~8 Var. Nōrin No. 1, June 14, 0.4 g, 0.6 cm×0.7 cm×0.5 cm.
- 1 and 5 Apical zone
 - 2 and 6 Cortex zone
 - 3 and 7 Center zone
 - 4 and 8 Basal zone

Plate III. Sections of tuber in process of bulking (var. Irish Cobbler).

- 1~3 10 g, 2.6 cm×2.6 cm×2.2 cm, starch value 11.0% on June 21.
 4~6 45 g, 4.6 cm×4.3 cm×4.2 cm, do 12.6% on July 4.
 7~9 130 g, 7.0 cm×6.3 cm×4.9 cm, do 14.0% on July 23.
 1, 4 and 7 Cortex zone
 2, 5 and 8 Perimedullary zone
 3, 6 and 9 Center zone

Plate IV. Sections of tuber in process of bulking (var. Nōrin No. 1).

- 1~3 10 g, 2.5 cm×2.3 cm×1.9 cm, 10.7% on June 28.
 4~6 45 g, 5.2 cm×4.1 cm×4.0 cm, 11.8% on July 10.
 7~9 100 g, 6.0 cm×5.8 cm×4.1 cm, 14.6% on July 24.
 1, 4 and 7 Cortex zone
 2, 5 and 8 Perimedullary zone
 3, 6 and 9 Center zone

Plate V. Sections of tuber in process of bulking (var. Benimaru).

- 1~3 10.2 g, 2.4 cm×2.7 cm×2.5 cm, 9.7% on June 28.
 4~6 37 g, 4.4 cm×3.6 cm×3.2 cm, 11.1% on July 4.
 7~9 86 g, 6.5 cm×5.3 cm×4.5 cm, 12.0% on July 26.
 1, 4 and 7 Cortex zone
 2, 5 and 8 Perimedullary zone
 3, 6 and 9 Center zone

Plate VI. Sections of tuber in process of bulking (strain WB 59177-4).

- 1~3 0.25 g, 0.4 cm×0.3 cm×0.3 cm, 14.8% on June 27.
 4~6 15 g, 2.6 cm×2.3 cm×2.3 cm, 23.0% on Aug. 9.
 7~9 34 g, 5.2 cm×3.6 cm×3.0 cm, 27.7% on Oct. 4.
 1, 4 and 7 Cortex zone
 2, 5 and 8 Perimedullary zone
 3, 6 and 9 Center zone

Plate VII. Sections of mature tuber; var. Irish Cobbler, every 0.5 cm from Periderm (1) to pith (8) on Sept. 5.

Note. Fresh weight 300 g, size 10.0 cm×8.5 cm×6.3 cm, starch value 13.8%.

- 1 and 2 Cortex zone
 3~6 Perimedullary zone
 7 and 8 Center (pith) zone

Plate VIII. Sections of mature tuber.

- 1~3 Var. Nōrin No. 1, 320 g, 18.6% on Oct. 4.
 4~6 Strain Hokkai No. 40, 380 g, 10.5% on Aug. 31.
 7~9 Wild sp. *S. demissum*, 1.1 g, 21.8% on Oct. 5.
 1, 4 and 7 Cortex zone
 2, 5 and 8 Perimedullary zone
 3, 6 and 9 Center (pith) zone

