

## 甘藷の生理的特性に関する研究

## VII 生育期間中の地上部並びに地下部における炭水化物消長の相互関係について

中 潤三郎, 玉置 秩

Studies on the physiological nature of sweet potato plants. VII On the relations between the variations of carbohydrates in the shoots and roots during the growing period.

Junzaburo NAKA and Kiyoshi TAMAKI (Laboratory of Crop Science)

(Received July 31, 1957)

## I 緒 言

甘藷の生育に伴う塊根内貯蔵炭水化物の変化に関しては既に幾らかの報告が見られるが<sup>(2,4,5,8,9,11,14)</sup>, 全作物体を対象として各部位別に代謝の経過を明かにした研究は極めて少い<sup>(6,10,13)</sup>。

先に中・大森・樽谷<sup>(11)</sup>は生育期間中における新藷内炭水化物の消長について報告したが、新藷内代謝が作物体の他の部位における変化と密接な関連を有することは論をまたない処である。而して今泉・塩島<sup>(9)</sup>, 森本・守屋・高橋<sup>(10)</sup>, 戸邇・白沢<sup>(13)</sup>等は全作物体を対象とし、葉身、葉柄、莖、細根、塊根等の各部に分けて、それらの各器官における1株平均炭水化物の分布と生育に伴う変化を報じている。他方相見・西尾<sup>(1)</sup>は、特に澱粉の形成と蓄積に関して追求するため、葉身、葉柄、莖、塊根等の各部を幾つかの部位に分ち、同一器官の部位別相違につき酵素フォスホオリラーゼを中心とし、アミラーゼその他の諸条件との関係から細胞生理的に興味ある報告を行つてい

る。よつて筆者等は甘藷の全生育期間を通じ、莖の頂部における炭水化物の消長と地下基部のそれらとを比較検討すると共に、頂部着生葉身並びにその葉柄、更には地下の基部につながる細根及び塊根内代謝とも関連させて追求し、甘藷の生育期間中における地上部と地下部の相互関係についてその一端を窺い得たので報告する。

なお本研究の実施に際し懇篤な指導を賜わり、報文の校閲を忝うした北海道大学田川隆教授に対して深厚なる謝意を表す。

## II 実験材料及び方法

A 供試材料：実験材料としては「護国藷」を用い、昭和30年6月24日苗床にて育生せるものの先端を採取し、展開葉5枚を附して75cm×30cmの間隔に水平挿を行つた後、常法に従つて栽培した。試料は毎回午前10時に生育中庸なる5個体を掘取り、莖頂部(10節)、全着生葉身並びにその葉柄、莖基部(地下5節)、細根、塊根の各部に分けて分析に供した。

B 実験方法：還元糖、非還元糖並びに澱粉の含量は前報<sup>(12)</sup>に準じて分析したが、粗繊維の定量は食品及び飼料に関する一般分析法に拠つた。

## III 実験結果

前報<sup>(11)</sup>に準じて全生育期間を8月11日頃までの前期、10月6日頃までの中期、11月18日頃までの後期と区分して記述する。

A 生育状況：先ず前期においては第1図に示す如き気温の上昇に伴い地上部の生育は旺盛で、莖の伸長及び葉数の増加が顕著であると共に(第2図)、莖基部の肥大並びに細根重の増大が認められたのみならず(第3図)、塊根の形成を見た(第4図)。次いで中期においては地上部の生育は極めて旺盛で、莖の伸長は依然として大であり、葉数は激増の後、若干減少の傾向を示し始めたが(第2図)、気温及び地温は未だ可なり高く(第1図)、細根重の増加を見ると共に莖の基部並びに塊根の肥大は顕著であつた(第3,4図)、更に後期では莖には未だ伸長が認めら

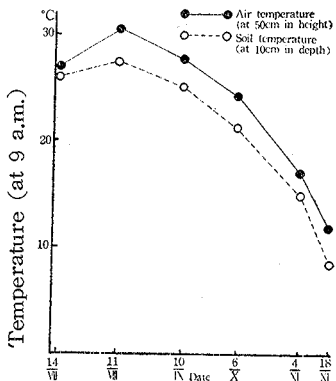


Fig. 1. The variations of air and soil temperature

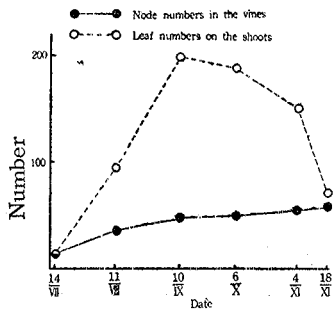


Fig. 2. The variations of node numbers in the vines and leaf numbers on the shoots

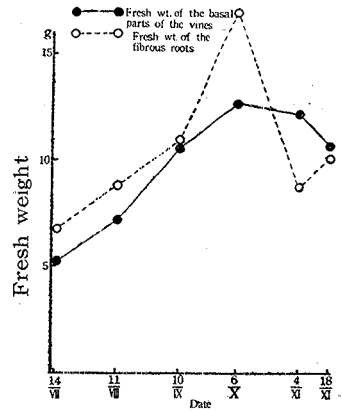


Fig. 3. The variations of fresh weight of the basal parts of the vines and fresh weight of the fibrous roots

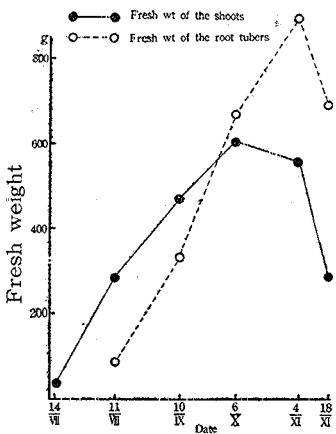


Fig. 4. The variations of fresh weight of the shoots and fresh weight of the root tubers

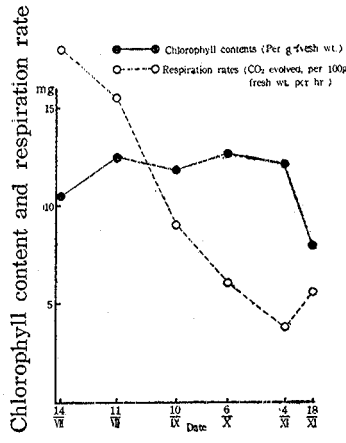


Fig. 5. The variations of chlorophyll contents and respiration rates in the apical parts of the shoots

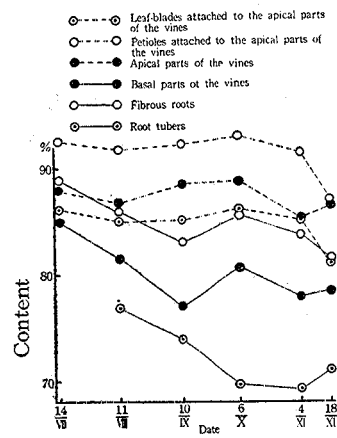


Fig. 6. The variations of moisture contents

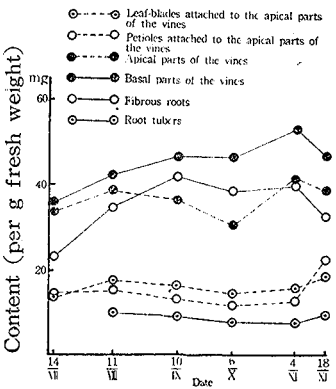


Fig. 7. The variations of crude fiber contents

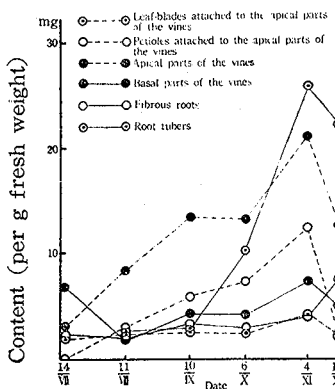


Fig. 8. The variations of reducing sugar contents

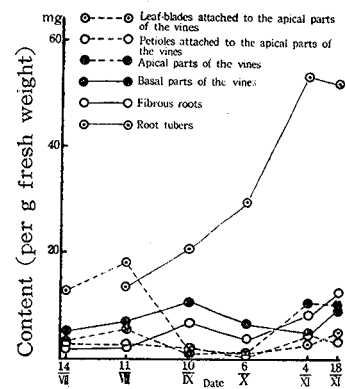


Fig. 9. The variations of non-reducing sugar contents

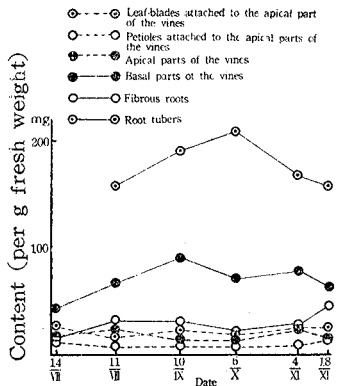


Fig. 10. The variations of starch contents

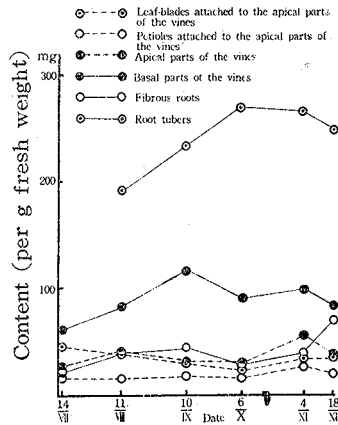


Fig. 11. The variations of total carbohydrate contents

れたが、気温の低下に伴つて地上部の活力は減退し、老葉の脱落が著しく（第1, 2図）、従つて葉数には可成りの減少が見られると共に、莖基部、細根並びに塊根の重量には若干の低下が認められた（第3, 4図）。

B 葉緑素含量並びに呼吸量：第5図に示す如く、頂部葉身の葉緑素含量は初期より相当大なる値を示し、その後は殆ど変化が見られなかつたが、末期において可成り減少した。他方莖頂部の呼吸量は初期に最高を示したが生育に伴つて漸減し、後期において最低値に達した後若干増加した。

C 水分含量：第6図に示す如く、全期間を通じ頂部葉柄の含量が最大で、これに続いては概して莖頂部、全葉身、細根、莖基部、塊根の順に小となり、しかも地下の各部では生育に伴い漸減の傾向を示したのに対し、莖頂部並びに全葉身、葉柄では顕著な変化が見られなかつたが、他方莖の頂部、基部及び塊根においては末期にやや増加したのに対し、頂部葉身、全葉柄並びに細根においては末期にそれぞれ低下した。

D 粗繊維含量：第7図に見る如く全期間中、莖基部において最大なる傾向を示したが、莖頂部及び細根がこれに続き、頂部葉身並びに全葉柄では可成り低く、塊根は最低の含量に終始した。而して莖基部と細根ではそれぞれ後期及び中期において最高値に達した後、末期に若干低下したのに対し、莖頂部では中期に減少したが、頂部葉身、全葉柄並びに塊根では中期にやや低下した後、末期に若干増加の傾向を示した。

E 還元糖含量：第8図からも明かである如く、還元糖含量は部位別に可成り著しい相違を示すが、就中莖頂部の含量が全期間を通じ著明である。これは同化産物が莖伸長のための構成材料として、この部に一時蓄積されることによるものと考えられる。而して莖頂部に続いては全葉柄、莖基部の順位を示し、且つこれらは生長に伴い漸増の様相を呈したが、ただ生育の末期にそれぞれ低下した。また細根及び頂部葉身の含量は全期間中概して低く、しかも殆ど一定である傾向を示したのに対し、塊根では形成の初期には小なるも肥大に伴つて漸増し、後期には全器官中最大の含量を示したことは注目し得る。後述の非還元糖、澱粉と共に、還元糖は塊根の貯蔵炭水化物の一つとして重要な役割を担うものと考えられる。

F 非還元糖含量：第9図に示す如く、莖頂部、全葉身並びに葉柄では前期に若干高く、中期に一旦低下した後末期に再び高くなるのに対し、莖基部及び細根においては中期まで増加した後、一旦低下して末期に再び大なる様相を呈したが、塊根では肥大に伴つて激増し、量的にも塊根の主要な貯蔵炭水化物の一つと考えられる。

G 澱粉含量：全期間を通じ、塊根内含量が最大であるは当然として、莖基部の含量が他の部位に比して多いことは、澱粉の動きを示すものとして興味がある。更に細根がこれに続くが、澱粉の流入の多少が塊根と細根の分化方向を決定するものと思われる。他方頂部葉身、全葉柄では常に概して少く、しかも含量の変化も僅少である。また莖頂部では比較的少く、且つ中期及び末期にそれぞれ低下することは、莖基部に含量の高いことと相まつて、澱粉の体内移行方向を示すものである（第10図）。

H 全炭水化物含量：第11図に示す如く、常に塊根において最大で、莖基部がこれに次ぎ、続いて細根、莖頂部及び全葉身三者間には大差がなく、葉柄の含量は最低であつた。しかも塊根、莖基部、細根等地下の各部は中期にお

いてそれぞれ高い値を示し、且つ細根においては末期に可なり高い値が見られたのに対し、莖頂部、全葉身にはそれぞれ中期に低下が認められた。而して頂部の葉柄においては顕著な変化が見られなかつたが、これは葉柄の生理的役割が単に光合成産物の通導器官に過ぎないことを示すものであろう。

#### IV 考 察

元来甘藷の挿苗後における作物体の生育は先ず苗の発根活着に始まり、続いて根の伸長並びに莖の生育に伴つて塊根の形成肥大を見るものであるが、その際根系よりの養、水分の吸収と相まつて、葉部における光合成に基づく同化産物の転流、蓄積の上にも漸次変化が見られる筈である。而してこれらの点について既に甘藷に関して報告された処を見るに、今泉・塩島<sup>(6)</sup>は生育の全期間に亘り澱粉価の時期別調査を行い、生育の初期には葉身、葉柄、莖、地下莖、細根、塊根等何れの部位においてもその1株平均の値が概してやや低いが、末期に至るに従い次第に増加し、それぞれ可なり高い値を示すことを報告している。また戸刈・白沢<sup>(8)</sup>は6月1日に挿苗し、生育に伴う1株平均体内成分の消長を検した処、全糖の含有率には極大が見られないが、葉身、葉柄、莖において7月21日、また塊根において8月20日極小があらわれ、澱粉の含有率は塊根において著しく大で、生育に伴い増加し8月30日以降やや低下するが、しかし全糖同様に極大が見られないと述べている。またヘミセルローズの含有率は細根と葉身に多く、塊根においては著しく少く、更にセルローズの含有率は莖が全般的に大で葉柄、細根では生育の経過と共に増加し、塊根では最も低いことを報告している。更に森本・守屋・高橋<sup>(10)</sup>によれば1株平均として見る時、生育の中期においては特に葉及び莖の粗脂肪と莖及び地中莖内可溶無窒素物の減少のみならず葉、莖並びに地中莖の粗繊維の増加を認めると共に、後期では葉、莖における粗脂肪並びに可溶無窒素物の漸減と粗繊維の増加を報じている。他方馬場・島林<sup>(9)</sup>が頂部の15~20葉における澱粉分解酵素の生育時期別変化を追求した処によれば、生育の初期にはその活性度は概して高いが、中期から後期に亘つて一旦低下した後、再び可なり高くなることを認めている。また岩沢<sup>(7)</sup>は一定葉面積当りの炭素同化作用を検し、初期にはその程度が弱い、生育に伴つて増加した後、末期には相当低下することを発表している。

いま本実験の成績について論ずるに当り、前記の如く3期に大別することとする。

A 前期：第6~10図に示す如く、地下の各部における水分含量には可なり著しい減少が見られると共に、莖基部及び細根の粗繊維含量に増加の傾向が認められた。また莖頂部においては還元糖の含量が概して高く、同時に該部葉身における非還元糖にもやや高い値が見られたが、これは生育に備えて同化産物が新細胞、組織の構成材料として、この部に蓄積されているものと解される。他方莖の基部においては澱粉の含量が可なり大であると共に、塊根においても澱粉のみならず非還元糖の蓄積を認め始めた。而して前報<sup>(11)</sup>によれば本期における塊根は髓部、皮層部共に還元糖及び非還元糖は可なり存在するが、主貯蔵物質たる澱粉の含量は概して少く、水分含量は大である。

即ち上述の諸点は第5図に示す如く、頂部葉身の葉緑素含量が増加の傾向を呈し且つ可なり高いこと、或は莖の頂部呼吸量が極めて大であること等より見ても首肯される処であるが、また前報<sup>(11)</sup>に報告せる如く、生育初期の塊根は極めて旺盛な呼吸を営んでいる事実は、挿苗の発根活着に引続き、地上部の生育が旺盛化すると共に、地下部においても根の発育及び塊根の形成に伴う同化産物の転流並びに蓄積が活発に行われ始めていることを示すものと解される。

B 中期：水分含量は莖頂部、全葉身及び葉柄では大なる変化が見られないのに対し、莖基部並びに細根では引続き減少の後、多少の増加を示したが、塊根では漸減の傾向を続けた。而して粗繊維の含量は莖頂部、全葉身及び葉柄、更には塊根でも漸減の様相を呈したが、これらの部位は本期においても旺盛に生育するため、このような相対的減退を示すものと考えられる。これに反し莖の基部及び細根では可なり高い粗繊維含量を有していたことは興味深い処である。また莖頂部並びに全葉柄の還元糖に増加が見られるのに対し、莖頂部の非還元糖並びに澱粉含量には低下が認められたが、前者は生長のための待機的蓄積であり、後者は塊根への蓄積のための移動と解される。他方莖の基部及び細根においては非還元糖、澱粉の蓄積を見るのみでなく、塊根においても還元糖、非還元糖並びに澱粉の蓄積を認めたことは、塊根が漸く本期より主要貯蔵器官としての役割を持ち、炭水化物の蓄積が本格化したことを示すものである(第6~10図参照)。

而して上記の諸点は本実験における他の成績とも関連するものであるが、第4図にも見る如く、本期において地

上部重が最高に達し、また第5図に見られる如く、頂部葉身の葉緑素含量が可なり大であると共に、莖頂部の呼吸が前期より低下したことは興味深い。他方塊根においては前報<sup>(11)</sup>によれば髓部、皮層部を通じ還元糖、非還元糖並びに水分含量は小なるも澱粉含量は大であつた。

即ち本期においては地上部の生育が最上点に達し、同化生産物は地上部の生長に用いられると共に、地下部への物質転流も旺盛となり、以て塊根は顕著な肥大を示す時期に入るものと思考される。

C 後期：第6～10図に示す如く、水分含量は何れの部位においても可なり低く、しかも末期では頂部葉身、全葉柄並びに細根においては若干減少が見られるに反し、莖の頂部、基部並びに塊根においてはやや増加が認められた。而して粗繊維の含量は莖及び細根においては可なり大であつたが、末期にやや減少したのに対し、頂部葉身、全葉柄並びに塊根では相当に低いが、末期には若干の増加を示した。また莖頂部の還元糖、非還元糖含量に概して高い値が見られると共に、頂部葉柄の還元糖も可なり高い含量に達した。なおまた莖基部の非還元糖並びに澱粉含量が中期に比しやや低い値を示したのに対し、細根の還元糖、非還元糖並びに澱粉含量に増加を認めたが、同時に塊根においては澱粉含量の低下と還元糖及び非還元糖に相当大なる値が見られた点等は誠に興味深い処である。

而して第5図の如く、頂部葉身の葉緑素含量には末期にかなりの減少が見られると共に、莖頂部の呼吸量は最低値に達した後、若干増加する傾向を示した。他方塊根においては前報<sup>(11)</sup>に述べた如く、その呼吸は微弱でありしかも澱粉含量の低下と水分含量の増大を認めると共に、非還元糖の増加を見たこと等は、上記の諸点と共に本実験の成績に対して示唆する処が多い。

而して全期間を通じて見るに、以上の如き諸点は前記相見・西尾<sup>(1)</sup>の成績と対照する時極めて興味深いものがある。即ち全氏等によれば、アミラーゼの甘露体内分布の態勢は莖の先端部、中央部では強く、基部、地中莖部、塊根部は極めて弱く、しかもこの傾向は還元糖の分布と略々一致している。これに反し、フオスフォリラーゼの傾向はアミラーゼの傾向とは大体逆で、先端に強く、中央部は弱く、基部、塊根部においては強くなり、澱粉蓄積の傾向と略々一致している。それ故概略的に見て体内では莖より根に至るに従いアミラーゼ/フオスフォリラーゼの活性比は小さくなる傾向を持ち、従つて根部においては糖欠乏的であり、莖部は糖過剰の傾向があつて、このような成分上の傾斜は当然糖の莖部から根部への転流を促進し、根部における澱粉の形成を促す結果を招来するものと解している。事実本実験における莖の頂部及び基部の炭水化物含量は葉身、葉柄或は細根、塊根等それぞれの着生部位における成績との関連より見ても、上記の報告とその傾向が類似し、略々同様な推察を下し得るものと考えられる。しかも戸野・白沢<sup>(12)</sup>によれば、葉身の1株平均澱粉含有率は7月11日以降殆ど一定であるので、他の作物の如く同化澱粉は一時地上部に蓄積されることなしに、直に塊根に移行する如く推察されているが、この点もまた本実験の成績より見ても略々同様に考察される。更に前述せる粗繊維の含量より見るも、塊根では全炭水化物の変化と相反する経過を辿つたのに対し、その他の部位においては大略類似の傾向にて増減したことは、同化産物の蓄積と関連して理解される処が多く、上記の諸点と共に甘露における生理的特性の一端を示唆するものと解される。

## V 摘 要

本研究においては甘露の「護國薯」を供試材料とし、全生育期間を通じて莖の頂部（10節）における炭水化物の消長と、地下基部（5節）のそれらとを比較検討すると共に、頂部着生葉身並びにその葉柄、更には地下の基部につながる細根及び塊根内代謝とも関連させて考究せんとした。いま実験結果の概要を示すと次の如くである。

1. 生育の前期では莖の頂部において還元糖含量が概して高く、同時に頂部葉身における非還元糖にもやや高い値が見られたが、莖の基部では澱粉の含量が可なり大であると共に、塊根においても澱粉のみならず非還元糖の蓄積を認め始めた。

2. 中期においては莖頂部並びに全葉柄の還元糖に増加が見られるに反し、莖頂部の非還元糖並びに澱粉含量に低下が認められたが、他方莖の基部及び細根においては非還元糖、澱粉の蓄積を見るのみでなく、塊根においても還元糖、非還元糖並びに澱粉の蓄積を認めた。即ち地上部より地下部への炭水化物の転流が本期より明確に認められる。

3. 後期には莖頂部の還元糖、非還元糖含量に概して高い値が見られると共に、頂部葉柄の還元糖にも可なり高い含量が認められた。また莖基部の非還元糖並びに澱粉含量は中期に比しやや低い値を示したのに対し、細根の還元糖、非還元糖並びに澱粉含量に増加を認めたが、同時に塊根においては澱粉含量の低下と還元糖及び非還元糖に

相当大なる値が見られた。而してこれらの点は、本期において塊根の炭水化物蓄積が略々飽和度に達したことを示す。

4. 生育期間を通じ全炭水化物の含量は塊根において最大で、茎基部がこれに次ぎ、続いて細根、茎頂部及び全葉身三者間には大差がなく、頂部葉柄の含量は最低であつた。しかも塊根、茎基部、細根等地下の各部は中期においてそれぞれ高い値を示し、且つ細根では末期に可なり大なる値が見られたのに対して、茎頂部、全葉身にはそれぞれ中期に低下が認められたが、頂部葉柄においては顕著な変化が見られなかつた。

(本研究の要旨は昭和31年4月8日、日本作物学会第111回講演会において発表した)。

## 引用文献

- (1) 相見靈三, 西尾隆雄: 甘藷における澱粉の形成と蓄積に関する細胞生理的研究, 日作紀, 24 (3), 201-206 (1956).
- (2) ANDERSON, W.S.: The progressive storage of starch in roots of the Triumph sweetpotato during the growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 35, 713-716 (1937).
- (3) 馬場明, 島林幸英: 緑葉中における同化澱粉の分解機構 (第3報), 甘藷葉に於ける澱粉分解酵素活性度の変化, 農化, 26 (11), 561-564 (1952).
- (4) HASSELBRING, H.: Behavior of sweet potatoes in the ground. *Jour. Agr. Res.*, 12 (1), 9-17 (1918).
- (5) 池宮正行, 山田潤: 甘藷の生化学的研究 (第1報), 生育期間中の諸変化, 醸酵工学, 28 (7), 265-267 (1950).
- (6) 今泉吉郎, 塩島角次郎: 甘藷の生育並に養分吸収利用に関する時期別調査研究, 静岡農試創立50周年記念論文集, 49-70 (1950).
- (7) 岩沢正美: 甘藷の炭素同化作用と収量に関する研究, [第1報] 甘藷品種の炭素同化作用の比較, 農及園, 22 (6), 311-312 (1947).
- (8) 鎌谷栄次: 甘藷の生理的特性と肥培管理 (1), 農及園, 20 (9), 373-376 (1945).
- (9) KIMBROUGH, W. D.: Starch in freshly dug sweet potatoes estimated from moisture content. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 37, 846-848 (1939).
- (10) 森本宏, 守屋直助, 高橋正也: 甘藷の生育時における養分の分布について, 農技研報告, G, No. 6, 151-157 (1953).
- (11) 中潤三郎, 大森浩, 梶谷勝: 甘藷の生理的特性に関する研究 (第1報), 生育期間中における新藷内貯蔵炭水化物の消長について, 日作紀, 21 (1-2), 145-146 (1952).
- (12) ———, 玉置秩: ———, VI 育苗期間中における藷内成分の消長について, 香川農大学術報告, 7 (2), 160-185 (1956).
- (13) 戸刈義次, 白沢義信: 甘藷の生育に伴う体内成分の消長, 日作紀, 24 (2), 99-102 (1955).
- (14) 富田絹子: 発芽, 生育, 貯蔵における甘藷成分の変化 (第2報), 生育時の成分変化, 醸酵工学, 28 (11), 437-440 (1950).

## Résumé

In the present paper are described the relations between the variations of carbohydrate contents at the apical and basal parts of the vines of sweet potatoes during the growing period. Moreover, the relations between the behaviors of carbohydrate contents in the leaf-blades and petioles attached to the apical parts of the vines, in the fibrous roots and in the root tubers attached to the basal parts of the vines, were also traced. Sweet potato of the variety "Gokokuimo" was used as material. The principal results obtained were as follows:

1. At the early stage of growth, the reducing sugar and starch contents in the apical parts of the vines, together with the non-reducing sugar contents in the leaf-blades attached to them, were generally high. At the same time the starch contents in the basal parts of the vines were also considerably high and the accumulations of starch and non-reducing sugar in the root tubers were also recognized at this early stage of growth.

2. Being accompanied with the vigorous growth of the vines at the middle stage of growth, the in-

creases of reducing sugar contents were resulted in the apical parts of the vines and in the petioles attached to them, while the decreases of non-reducing sugar and starch contents in the apical parts of the vines were also recognized. At the same time, the accumulations of non-reducing sugar and starch in the basal parts of the vines and in the fibrous roots, as well as the accumulations of reducing, non-reducing sugars and starch in the root tubers, were ascertained. The middle stage of growth may be assumed as the turning point of the direction of the translocation of assimilates from the tops to the basal parts of the vines.

3. With the termination of growing season, the contents of reducing and non-reducing sugars in the apical parts of the vines showed rather high, together with the considerable high contents of reducing sugar in the petioles attached to the apical parts of the vines. Besides the comparatively low contents of non-reducing sugar and starch in the basal parts of the vines were recognized at the middle stage, while the increases of reducing, non-reducing sugars and starch contents in the fibrous roots, as well as the decreases of starch and the considerable high contents of reducing and non-reducing sugars in the root tubers were ascertained at this stage.

4. Throughout an entire growing period, the total amounts of carbohydrates were most abundant in the root tubers, following in order are the basal parts of the vines, then the fibrous roots, the apical parts of the vines, the leaf-blades, and finally the petioles. Moreover, the total amounts of carbohydrates in the root tubers, the basal parts of the vines and the fibrous roots showed high values at the middle stage of growing period, while those in the apical parts of the vines and the leaf-blades attached to them decreased at the same stage of growing period. At the final stage of growing period, a considerable high amount of total carbohydrate was recognized in the fibrous roots, but in the petioles attached to the apical parts of the vines no remarkable changes were ascertained throughout the whole stages of growth.