

2・3根菜類における同化物質の転流・蓄積におよぼす環境要素の影響(II)：物質の転流・蓄積と地温および気温との関係

関岡，行
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/21611>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 20 (2), pp.119-130, 1963-01. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



2・3 根菜類における同化物質の転流・蓄積に およぼす環境要素の影響 (II)

物質の転流・蓄積と植物体内の部分温度との関係

関 岡 行

The effect of some environmental factors on the translocation
and storage of carbohydrate in the sweet potato,
potato and sugar beet

(II) Relationships between the translocation of
carbohydrate or radioisotopes and
temperature gradient in the
sweet potato

Hakobu Sekioka

温度は濃度勾配とともに糖の転流を左右する重要な因子と考えられ研究されている。その研究法としては、前報で行なつたような植物体全体を同一温度に保つての研究のほかに、転流の通路にあたる葉柄および茎の温度を色々かえて物質の転流を調べる研究がある。^{7,10,12,14,27,31} 後者の研究法を用いた中にも、第1報で述べたような、転流の適温に関する意見の相違がみとめられる。

Curtis (1929)¹⁰ は、菜豆の対生葉をつかつてその一方の葉柄を冷却した実験を行なっている。その結果、夜間における葉身からの炭水化物の転流は1°Cと4~6°Cでは止まるか、または、非常に減退することをみいだした。この転流を阻止する原因は、低温が篩管を通つて溶質を運ぶ原形質流動をとめるに近い温度であるためとしている。

また、Curtis and Hertig (1936)¹² は、対葉法を用いて、転流による乾物の消耗を測定し、葉柄を0.5°Cおよび4.5°Cにした場合には葉身の乾物消費は非常に減退し、7°Cおよび11°Cでは、17°Cおよび24°Cよりも多くの乾物が消耗することを明らかにしている。

Vernon and Aronoff (1952)²⁷ は、大豆の一葉で同化させたC¹⁴を含む同化物質の転流と茎の温度との関係を研究し、20分転流させた場合には、0°Cにおいては12 cm、30°Cにおいては28 cm下方に転流することをみとめている。

このような比較的温度の高い場合に葉からの転流がよいとの意見のほかに低温度の場合によいとの意見がある。

Went and Hull (1949)³¹ は、トマトの根系の糖濃度測定に滲出液を用い、転流の通路にあたる茎の温度を1°Cから23°Cまで6段階に調節し、葉にあたえたsucroseの転流速度および転流量を測定した結果、sucroseの転流は茎の温度の低いほど早く量も多くなると報告している。

また、Hull (1952)¹⁴ は、トマトおよびビートを用いて、sucrose-C¹⁴およびglucose-C¹⁴の転流と茎および葉柄の温度との関係を研究している。トマトでは茎の温度を1°Cおよび20°Cとして暗所で1および3時間転流させ、ビートでは葉柄の温度を3°Cおよび20°Cとして暗所で7分および15分間転流させてradioautographsを作製し観察している。その結果、転流は温度の低い場合に増大するか、あるいは温度に無関係であるとのべている。

以上の炭水化物転流の研究と同様に葉に与えた無機物の移動と温度との関係を調べたSwanson and Whitney (1953)の研究がある。³⁰ 菜豆の葉にP³²およびその他の放射性物質を与え、4時間移動させた時、それらの最適葉柄温度は30°C付近であり、5°Cでは著しく移動が抑えられるし、温度処理した葉柄部分の蓄積は40°Cで最も多いことを明らかにしている。

温度はまた、物質の転流方向にも関係すると考えられているが、西内 (1948)¹⁹⁾ は、溶質は高温の部分から低温の部分に移動しやすく、水分は同時に逆方向に移動しやすく、その移動は温度傾斜の大きいほど多く、かつ速やかであるとの仮説を立てている。そうして、甘藷の1本の根を部分的に冷却し塊根を生ぜしめた。¹⁹⁾

上述の如く多くは葉からの転流を中心として植物体の部分温度との関係を調べた研究である。葉からの転流の適温に関しては、第1報²⁰⁾において 30°C 前後であることを明らかにした。

そこで本研究においては物質をうけとる根を中心として同一植物体での根の部分温度と転入・蓄積の関係を追究し、温度と転流方向との関係を考察した。

I. 甘藷の部分温度と外周温度との関係

植物の体温はその植物体のおかれた周囲の温度に主として左右され、外周温度にほぼ近いものであるが、

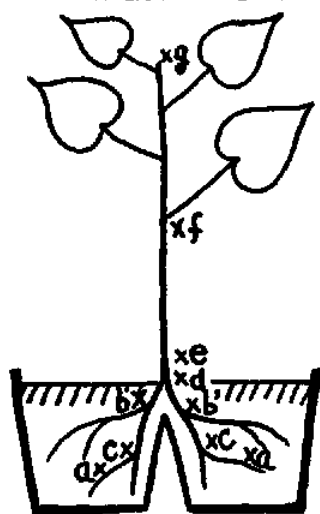


Fig. 1. Diagrammatic sketch of the experimental plant.

必ずしも同じでなく、その他の条件によつても若干影響される。外温以外で植物の体温を変化させる要因としては、日射や風速などの環境条件および蒸散作用、呼吸作用などの内因がある。

葉温の研究¹¹⁾をのぞけば、植物体温の測定はきわめて少なく、多くの温度処理試験では外温の測定結果から、植物体温を推定し各種のことを論じている。

中川 (1957)¹⁸⁾ は種々の作物の体温を研究している。それによれば、甘藷の場合には地温が最も高く、塊根の表面部温度がこれにつき、中心部の温度が最低である。夜間には反対に中心部、表面部、土壌温度の順となる。日中は太陽輻射によつて地温は上昇するが、塊根は土壌より伝導により熱をうけ、夜間は反対に塊根より周囲の土壌に熱を与えることになるためであるとしている。しかしながら、土壌温度と塊根温度の差は日中で約 1°C、夜間で約 0.1°C~0.2°C という値でその温度差は地上部のそれに比しきわめて少ないと報告している。

本研究は植物の体温と外周温度との関係を正確に把握して一連の温度処理試験の基礎資料とする目的で行なつたものである。

実験材料および方法

実験材料には甘藷農林2号を供試した。全長 15cm、4葉の苗の茎基部を均等に約 4 cm 縦断し発根させた。この苗を Fig. 1 に示すようなビニール製ポットに移植した後に左右両半の根部の温度をそれぞれ (10°・20°C) (20°・30°C) および (30°・40°C) として各部の体温を測定した。

また、一定気温に保つて体温を測定する個体はアルミニウム製ポットに1本植えとした。

植物体内各部の体温測定には熱電対を用いた。熱電対は銅線とコンスタンタン線の先端をハンダづけして接点としたもので、電流計は横河電機製の反照電流計 (感度 5×10^{-8} A) を用いた。また、地温および気温は水銀温度計により測定体温のそばで測定した。測定は 1958 年 7 月 23 日に行なつた。

実験結果

(1) 同一植物体の左右両半の根部温度を変えた場合の甘藷の体温

甘藷の左右両半の根部の温度を異ならしめた下で植物体温をはかる場合の測定部位を示したのが Fig. 1 である。

測定部位は左右両半根部 a, b の4カ所、地中の茎部 c の2カ所、叉状茎部 d、地表より 1 cm および 10 cm の高さの茎部 e, f、並びに生長点 g の合計 10カ所である。なお、これらは恒温暗室にて測定した。

室温を 30.5°C にし左右両半の根部の温度をそれぞれ (10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) にした場合の甘藷の体温測定結果を Table 1 に示す。

Table 1. The relation between temperature of plant and soil temperature in a sweet potato, 1959.

Soil temperatures of two divided roots	Temperatures of plant parts (°C)						
	Root		Stem				
	a	b	c	d	e	f	g
{ 10°C	14.7	15.3	14.7				
{ 20°C	23.1	24.0	23.1	25.6	26.8	28.3	28.7
{ 20°C	24.3	24.3	24.0				
{ 30°C	30.2	29.3	29.6	27.8	28.4	29.0	28.7
{ 30°C	30.5	30.5	30.5				
{ 40°C	36.1	35.9	36.1	31.1	30.8	28.7	28.7

* Room temperature 30.5°C.

Table 2. The relation between temperature of plant and air temperature in a sweet potato, 1959.

Air temperature	Root	Temperatures of plant parts (°C)									
		Stem			Growing point	Petiol			Leaf		
		a	b	c		a	b	c	a	b	c
14.2°C	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
17.3°C	17.4	17.4	17.4	17.0	17.5	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
20.6°C	19.9	20.5	20.5	20.5	20.1	21.0	21.0	21.0	19.6	19.6	19.6

表から明らかなように、植物体温は外囲温度にほぼ近い値となることがわかる。即ち、地下部の体温は地温により、地上部の体温は気温によつて影響される。しかし気温と地温とが異なるので相互に影響をおよぼしあい、体温は必ずしも外囲温度と等しくならない。特に体温 10° および 40°C では根部体温は地温とかなり異なり、地温 10°C では根の体温が地温より高くなり、地温 40°C では低くなっている。

(2) 気温と甘藷の体温

Phytotron の中で気温を一定に保つた場合の甘藷各部分の体温を測定した結果が Table 2 である。植物体を一定気温に保つた場合には地上部・地下部とも甘藷の体温は主に気温に左右され殆んど一定となる。葉温は低下する。

考 察

気温を一定に保つと甘藷の体温は地上部・地下部いずれも気温とほぼ近くなることが明らかになった。しかしながら、地上部と地下部の間で外囲温度を変えた場合、即ち、地温と気温をちがえた場合には体温は必ずしも各器官の位置する外囲温度には一致しない。

また、葉温が多少低くなっているのは phytotron の中の風による蒸散作用が増加したためと考えられる。

植物体各部分の体温測定により、地温と気温とを異ならしめた場合には、植物体の地上部・地下部で体温の差異を生じ、しかも植物体内に温度勾配が生ずること

とが明らかになった。また、同一植物体の根部の温度を異ならしめた場合には、上下に 2 系列の温度勾配が生ずることが明らかとなった。

摘 要

1. 甘藷の体温と外囲温度との関係を明らかにし、植物体内での温度勾配の生成を研究した。
2. 甘藷地下部の体温は地温に、地上部の体温は気温によつて直接作用された。しかし、気温と地温が相互に影響をおよぼしあい体温は必ずしも各器官の位置する外囲温度と等しくなかつた。
3. 同一個体で根部の温度を異ならしめた場合には、左右両半根部間に体温の差異を生じ、体内の上下に 2 系列の温度勾配を生じた。
4. 気温を一定に保つた甘藷の体温は地上部・地下部いずれの部分でも気温とほぼ等しかつた。

II. 甘藷における炭水化物の行動と温度との関係

多くの研究者は、同化物質の転流に温度が重要な役割を演ずるとして、植物体全体を一定温度に保つた場合^{21,22,23,28} および転流の通路にあたる葉柄・茎の温度を変えた場合^{7,10,12,14,24,27,31} などについて詳細な研究をおこなっている。しかし、このような研究の多くは物質をおくり出す器官、即ち、葉を中心とした物質

の転流・蓄積に関するものであつて、これを受けとる器官を中心とした転流・蓄積に関する研究はきわめて少い。貯蔵器官を利用する作物においては、特に物質を受けとる器官を中心とした物質の転入の研究が重要である。

こうした立場にたつて本研究では貯蔵器官としての甘藷の根を中心として、植物体の地上部と地下部の間に種々の温度勾配を作り、夜間における炭水化物の行動を追究する目的で実験を行なつた。

実験材料および方法

実験材料には甘藷農林2号を供試した。25 cm の苗を採取し、その茎の基部を4 cm 縦断して発根させた。この材料を2週間後に暗所で貯蔵炭水化物の消費をうながし、葉数をそろえ、翌日は終日直射光で光合成させた。つぎに、これら砂耕した材料の根をきずつけぬように水中で砂をのぞき、根の発育のそろつた材料を室内に並列に装置した10°, 20°, 30° および40°C の4恒温槽をつかつて、左右両半の根部の温度を(10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) に保つた。

このような状態で3植物を6 p.m. より暗所におき、4時間間隔で10 p.m., 2 a.m. および6 a.m. に収穫した。収穫した各区の植物は左右両半の根部、茎および葉の4部分にわけ、85°C で乾燥し秤量した後に炭水化物の分析に供した。

乾燥粉末試料はソックスレー装置を用いて、糖類を80% エタノールで抽出し、炭水化物の分別定量を行なつた。分析にはジニトロ・サルチル酸法による比色定量を用いた。なお、実験は10反復で1959年9月4日に行なつた。前述の如く根部の温度はそれぞれ一定にしたが、地上部の温度は特別に規制しなかつた。その際の気温についてみると、最低・最高温度はそれぞれ6 p.m. から10 p.m. までは25.5°~26.5°C であり、10 p.m. から2 a.m. までは23.5°~25.5°C であり、2 a.m. より6 a.m. までは23.0°~24.5°C であつた。

実験結果

夜間における甘藷の炭水化物の行動と左右両半根部の温度差との関係を調査した結果が Fig. 2 である。

炭水化物を合成し他の器官に送り出す働きをもつ葉においては、炭水化物含有率は時間の経過とともに漸次減少しており、根の温度の組合わせが高い個体では葉からの転流による炭水化物の消失は早くかつ多くなる傾向を示す。一方、炭水化物をうけとる茎および根においては2 a.m. までは漸減してゆくが、2 a.m. を境としていずれも増加している。

12時間温度処理を行なつた6 a.m. においては、根の炭水化物含有率は(10°・20°C)の個体では20°Cの根部で高くなり、(20°・30°C) および (30°・40°C) の個体ではいずれも温度の低い20°C および30°Cの根部で

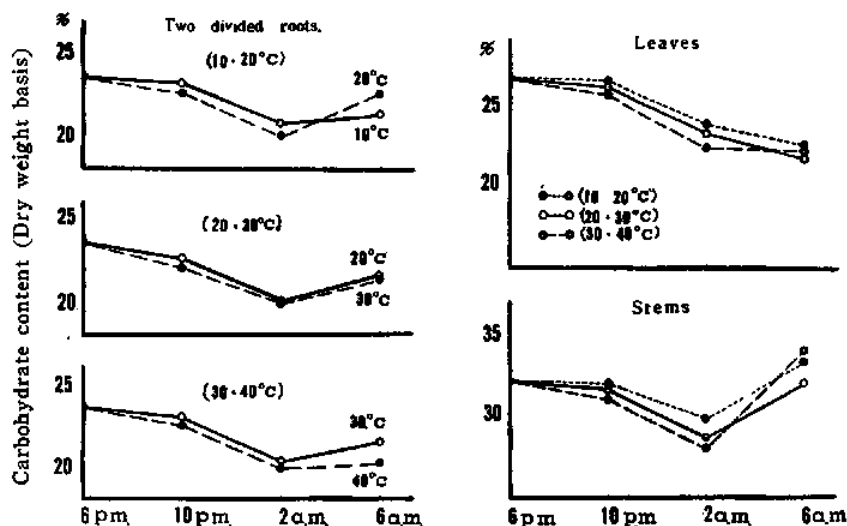


Fig. 2. Effect of two different root temperatures on carbohydrate contents of leaves, stems, and two divided roots of sweet potato, harvested at several intervals during their stay in darkness, 1958.

Table 3. Effect of two different root temperatures on carbohydrate contents of two divided roots of a sweet potato plant, 1958. (in percentage, dry weight basis)

Two different root temp. of a sweet potato plant	Total carbohydrate	Total sugar	Starch	Reducing sugar	Non-reducing sugar
{10°C	21.3 %	7.7 %	13.6 %	3.2 %	4.5 %
{20°C	22.5	7.3	15.3	3.3	4.0
{20°C	21.5	6.3	15.2	3.2	3.1
{30°C	21.3	5.8	15.5	2.9	2.9
{30°C	21.4	6.1	15.3	2.8	3.3
{40°C	20.1	5.4	14.7	2.4	3.0

高くなっている。

6 a.m. に収穫した材料の各種炭水化物と根部温度差との関係を示したものが Table 3 である。

全糖含有率はいずれの個体も温度の低い根部において高くなっている。しかしながら、澱粉は (30・40°C) の個体をのぞいて他は温度の高い根部において高くなっている。次に糖を還元糖と非還元糖とにわけてみれば、両者ともほぼ温度の低い根部において高くなる傾向を示している。なお、根部の平均乾物重は 0.25 gr であった。

考 察

Fig. 2 にみられるように、葉の炭水化物含有率は夜間の時間経過とともに漸減する。一方、転流物質を受けとる受容器官である根での炭水化物含有率は 2 a.m. までは漸減するが、2 a.m. 以後では漸増している。この 2 a.m. 前後からの根の炭水化物漸増の現象は、のちに詳論する根への C¹⁴ 転流が暗所において多い事実を参照するならば、次のように解されるであろう。

先ず処理開始とともに暗所におかれると葉からの転出が急に多くなる。しかしその物質が根まで到達するにはかなり時間がかかる。即ち、2 a.m. までは根には到達せずいままでもあった炭水化物が呼吸により消費される。その結果、その頃までは炭水化物含有率が漸減して行くが、それ以後には前述の物質が転入し、根での呼吸による消費より多くなり、時間経過とともに累積し漸増したものと考えられる。

(10・20°C) 処理区において、温度の高い 20°C の根部は 2 a.m. までは 10°C よりおとるが、6 a.m. では逆に高くなる。20°C の根部では呼吸による消費も多いが、また根への転入量も多いこと、特に暗黒になつて盛んになつた炭水化物転出が 2 a.m. 以降に根に多くなること、更に、10°C では第 1 報²⁰⁾でもみたように、根への転入量のはるかに少なくなり、呼吸は少ないが、

むしろ転入量が制限因子になつていたことなどから説明される。

Went and Engelsberg²⁰⁾ はトマトの各部分での蔗糖含量の夜間における変化を測定し転流を論じている。しかしながら、温度が糖相互の転換に影響をおよぼすことから蔗糖をとり上げるよりも全炭水化物をとり上げ転流を論ずるのが妥当と考えられる。これらは Table 3 から明らかなように全糖および非還元糖はいずれも温度の低い根部に高いが、全炭水化物は (10・20°C) 処理区では 20°C の根部で高い。従つて、変化をうけやすい非還元糖をとり上げるよりは比較的变化をうけにくい全炭水化物を指標とすべきであることは言うまでもない。

Fig. 2 の結果から、炭水化物の根への転入は処理温度 (10・20°C) の組合わせでは 20°C の方がはるかによく、(20・30°C) の組合わせでは 20°C の方がややよく、(30・40°C) の組合わせでは 30°C の方がはるかによい。全体を通じて 20°C が適温であるといえる。この結果は、第 1 報²⁰⁾の各研究における結果と軌を一にするばかりでなく、根を両半にしてそれぞれの温度を異ならしめた場合にも第 1 報²⁰⁾の結論があてはまることをいみするものである。

摘 要

1. 甘藷の根を 2 群にわけ、各々を異なつた温度 (10・20°C), (20・30°C) および (30・40°C) に保つて、夜間における各器官の炭水化物含有率を 4 時間間隔で測定した。

2. 葉の炭水化物含有率は夜間の時間経過とともに漸減した。一方、転流物質を受けとる根では含有率は 2 a.m. までは漸減するが、2 a.m. 以後では漸増した。

3. 温度処理 12 時間後の根での炭水化物含有率は (10・20°C) に保つた個所では 20°C の根部で高く、(20・30°C) および (30・40°C) に保つた個体ではいず

れも温度の低い 20°C および 30°C の根部で高かった。

4. 全糖含有率はいずれの個体も温度の低い側の根部において高かった。しかし、澱粉含有率は(30°・40°C)に保った個体をのぞいて、他は温度の高い根部において高かった。

III. 甘藷の葉に与えた P^{32} の移動・蓄積におよぼす根部温度差の影響

葉に与えられた無機物質は同化物質と同様に篩管を通じて下降し、代謝の活発な組織に蓄積するとされている。^{2,3,6,8,16,26} これら無機物質の中で磷酸は炭水化物代謝に重要な役割を演ずるとともに炭水化物転流にも密接に関係すると考えられる。即ち、 P^{32} は同化物質転流の最大の時に最も多く移動すること、⁴ P^{32} は phosphate または fructose-1,6-diphosphate として移動すること、¹¹ P^{32} は光の中あるいは糖が与えられると葉脈に蓄積すること、¹² 棉では蔗糖および hexose-phosphate の形で転流すること、¹⁷ などが明らかにされている。著者は第 1 報で磷酸と炭水化物との関係を論じたが、²⁰ 本研究では物質を受けとる根部を中心に同一植物体内での温度差と磷酸の移動・蓄積との関係を追究し、炭水化物の転流・蓄積、解析の手段とした。

実験材料および方法

実験材料は甘藷農林 2 号を供試した。全長 25 cm、葉数の等しい苗を採取し、その茎の基部を均等に約 4 cm

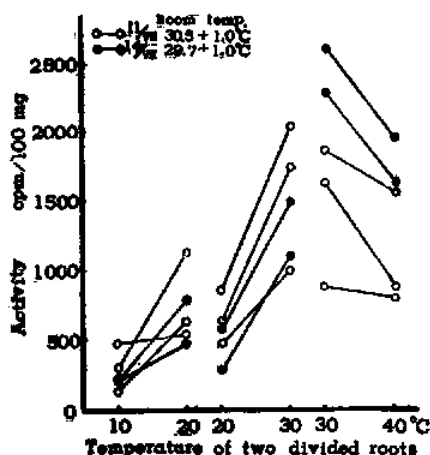


Fig. 3. Effect of temperature on the translocation of P^{32} from leaves to two divided roots, 1958.

縦断し、野口・菅原氏甘藷水耕液を用いてガラス室内で10日間砂耕した。この中から発育状態のそろった苗をえらび、頂端より4枚の展開葉をのこして他は全部切除した。

この4葉の裏面全面に P^{32} を M/50, KH_2PO_4 aq. の形で 0.5 ml (10 μ c) 塗り 2 時間後に恒温室内に並列して装置した 10°, 20°, 30° および 40°C の 4 恒温槽をつかつて、左右両半の根部の温度を(10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) にかえた。上述の状態 20 時間暗所においた後、左右両半根部の P^{32} の radioactivity を G. M.-counter により計数および radioautographs により観察した。実験は 1958 年 7 月 11 日および 7 月 14 日におこない、5 反復は count 測定、3 反復は radioautographs の作製にもちいた。

これらの実験に先だつて葉に与えた P^{32} の radioactivity が根にあらわれるまでの時間、即ち、大体の移動速度を知る目的で、温度処理時間を 3, 6 および 9 時間にして予備実験を行なった。その結果、移動速度がはやいと予測される 30° および 40°C 処理においてさえ、根部に activity をみとめるのには 9 時間も要することがわかった。従つて、本実験では処理時間をもつと長くすることにし、主として蓄積におよぼす温度の影響を検討した。

実験結果

同一植物での根部の温度差が P^{32} の蓄積におよぼす影響を Fig. 3 に示す。根における P^{32} の蓄積量は根を 10°C および 20°C に保った個体、並びに 20°C および 30°C に保った個体では、いずれも温度の高い 20°C 並びに 30°C の根部に多くなっている。しかしながら 30°C および 40°C に保った個体においては温度の低い 30°C の根部で多くなっている。これらの傾向は Fig. 4 の radioautographs の観察で更に明らかである。

即ち、radioautographs から P^{32} は根全体に分布するが、特に根の生長点に多くなることが観察されるし、地温の高い根部で強く感光し、30°C の根部で最も強く、10°C で最も弱く感光していることが明らかである。

考 察

結論的には Fig. 3 および Fig. 4 に明らかに示されるが、まず第 1 に、各処理温度をそれぞれ(10°・20°C),

(20°・30°C), (30°・40°C) と組合わせた場合, P^{32} の根への全転入量は温度を (30°・40°C) に組合わせた高い温度処理に多い。第 2 に, (10°・20°C) の組合わせでは 20°C の方が多く, (20°・30°C) の組合わせでは 30°C の方がはるかに多い。また, (30°・40°C) の組合わせでは 40°C がややおとる。つまり全組合わせを通して 30°C が P^{32} 転入・蓄積の適温であるということが出来る。ここで第 1 の点からみると, P^{32} の転入は温度が高ければよいようにみられるが, これは根を全体としてみた場合のことであつて, Fig. 3 から判明するように, (30°・40°C) の組合わせで 40°C が 30°C よりややおとり, (20°・30°C) の組合わせで 20°C が 30°C よりはるかにおとるという事実によ来するもので, 30°C が適温であるということと何ら矛盾するものではない。

本研究の結果は, 第 1 報²⁰⁾ の II の結果と軌を一にするばかりでなく, 根を両半してそれぞれの温度を異ならしめた場合にも第 1 報²⁰⁾ の結論があてはまることを意味するものである。この結果は菜豆での P^{32} の移動と温度との関係を研究した Swanson and Whitney の結果²⁴⁾ とほぼ一致する。彼等は P^{32} の移動の適温は 30°C であり, 蓄積の適温はやや高い 40°C 前後であるとのべているが, これは葉柄の温度を部分的に変えた場合の結果であり, 葉柄部分への蓄積である。

Fig. 3 に示すように甘藷の根での P^{32} の蓄積は 30°C で最もよくあつてゐる。Swanson and Whitney の結果²⁴⁾ を参照すれば, P^{32} の植物体での蓄積適温は茎の方が根に比べて多少高いと推定される。また, Fig. 3 から明らかなように根での P^{32} の蓄積は地温の低下とともに著しい減少をきたし, 10°C の場合にはきわめて少なくなつてゐる。 P^{32} の移動は同化物質転流と密接な関係があることが明らかにされているし,^{4,5,6)} Schumacher²³⁾ は, fluorescein の篩管内の移動は 20°~30°C においては 30 cm/hr. であるが, 1°~4°C においては 1~3 cm/hr. に低下することを明らかにしている。また, すでに本研究・II でみたように 10°C の根部では炭水化物の転流が 20°C の根部に比べて少なかった。これらのことは P^{32} の移動と炭水化物の転流との間に密接な関係のあることを暗示するものである。

摘 要

1. 同一植物体内で左右両半の根部を, 異なつた温度 (10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) に保つ

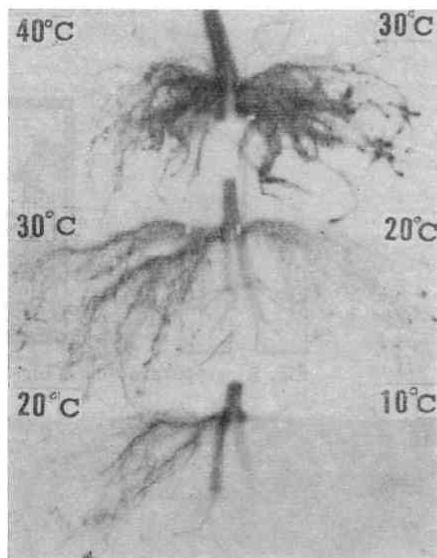


Fig. 4. Radioautographs demonstrating the distribution of P^{32} in two divided roots of a sweet potato plant which was held in different root temperatures, 1958.

た甘藷の葉に P^{32} を与え, 暗所で 20 時間後の P^{32} の移動・蓄積を研究した。

2. P^{32} は根全体に分布するが, とくに根の生長点に多く分布・蓄積することが観察された。

3. 根での P^{32} の蓄積量は両半根部を (10°・20°C) および (20°・30°C) に保つた個体では, いずれも温度の高い 20°C および 30°C の根部に多かつた。しかし (30°・40°C) に保つた個体では温度の低い 30°C の根部に多かつた。

IV. 甘藷における sucrose- C^{14} の転流・蓄積におよぼす根部温度差の影響

同化物質の転流は温度に影響されることが環状剥皮,^{7,14)} 溢泌液測定法,^{29,31)} 対葉法^{10,12,13)} および放射性物質の利用^{14,22,27)} により詳細に研究されている。すでに第 1 報²⁰⁾ において炭水化物の転流は温度に著しく影響され, 高温では茎頂および未展開葉へ, 低温では根に転流し蓄積することを明らかにした。

本研究においては物質を受けとる器官として根をとり上げ, 同一植物体内に異なつた 2 つの温度勾配を生ぜしめ転流・蓄積との関係を究明してきた。即ち, 本

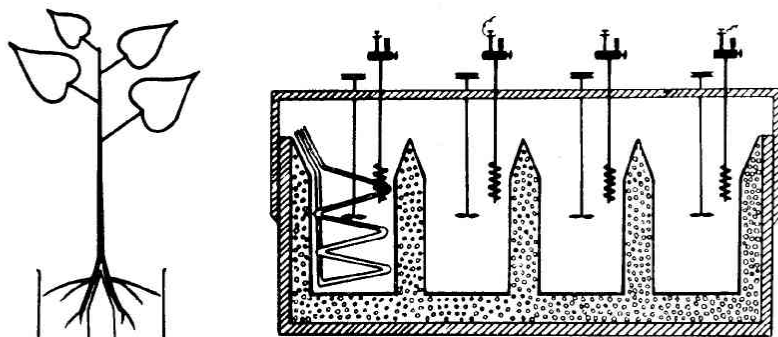


Fig. 5. Apparatus used for change of two divided root temperatures.

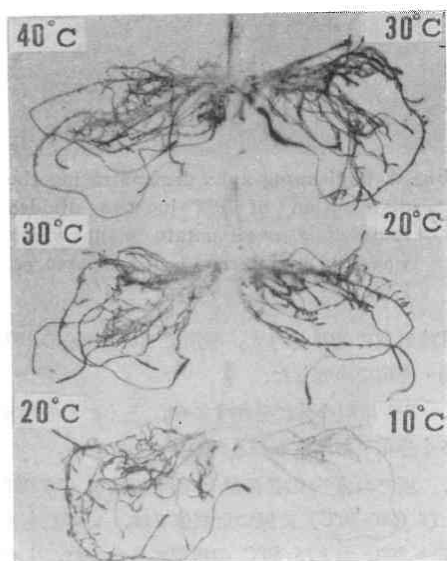


Fig. 6. Radioautographs demonstrating the distribution of C^{14} in two divided roots of a sweet potato plant which was held in different root temperatures, 1960.

研究・IIの化学分析による炭水化物の行動，本研究・IIIの P^{32} による解析である．本研究においては炭水化物の転流形態とされているsucroseを用いて同様の実験を行ない炭水化物の転流・蓄積，解明の一手段とした．

実験材料および方法

実験材料には甘藷農林2号を供試した．全長15cm，4葉をもつ全体の形状のはぼ等しい苗を採取し，その茎の基部を均等に約4cm縦断し発根させた．この中から左右の発根状態のそろった苗を選び，バーミキュライトとパーライトとを3対2の割合に混合してい

たFig. 5の如きビニールの両半ポットに移植し，1週間後に実験に用いた．実験に供した苗は頂端より4枚の展開葉をのこし，他は切除した．

この4葉の裏面全面に展着剤を含んだsucrose- C^{14} の水溶液を各葉 $1\mu\text{c}$ ，合計 $4\mu\text{c}$ (100ml)与え，明所で30分吸収させた後，室内に並列して装置した 10° ， 20° ， 30° および 40°C の4恒温槽をつかつて，左右両半の根部の温度をそれぞれ($10^\circ\cdot 20^\circ\text{C}$)，($20^\circ\cdot 30^\circ\text{C}$)および($30^\circ\cdot 40^\circ\text{C}$)とした．

このようにして3個体を暗所で12時間および15時間おいた後，左右両半の根部のradioactivityをradioautographsによる観察および2 π -gas-flow-counterによる計数によつて明らかにした．実験は1960年7月6日および9月4日に行なつた．

実験結果

4枚の葉にsucrose- C^{14} を与え，暗所で12時間転流させた場合のradioautographsがFig. 6である．根における C^{14} 蓄積量は($10^\circ\cdot 20^\circ\text{C}$)の個体では 20°C の根部に多く，($30^\circ\cdot 40^\circ\text{C}$)の個体では 30°C の根部で多くなっている．しかしながら，($20^\circ\cdot 30^\circ\text{C}$)の個体ではいずれの根部に多いかradioautographsの観察のみでは区別が困難である．

そこで，根部温度と C^{14} 蓄積との関係を明確にするためにcount測定した結果をFig. 7に示した．転流時間が12時間である場合においては，根での C^{14} 蓄積は($10^\circ\cdot 20^\circ\text{C}$)に保つた個体では温度の高い 20°C の根部に多くなり，($20^\circ\cdot 30^\circ\text{C}$)に保つた個所では 30°C の根部に若干多くなっている．しかし，($30^\circ\cdot 40^\circ\text{C}$)に保つた個体では， 30°C の根部に多くなっている．転流時間が15時間である場合においては，温度に対す

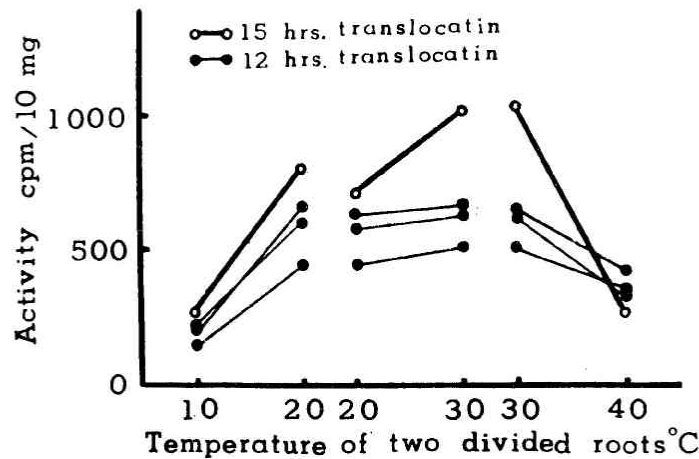


Fig. 7. Effect of temperature on the translocation of sucrose C^{14} from four leaves into two divided roots, 1960. Room temperature $25^{\circ}C$. Relative humidity 90 %.

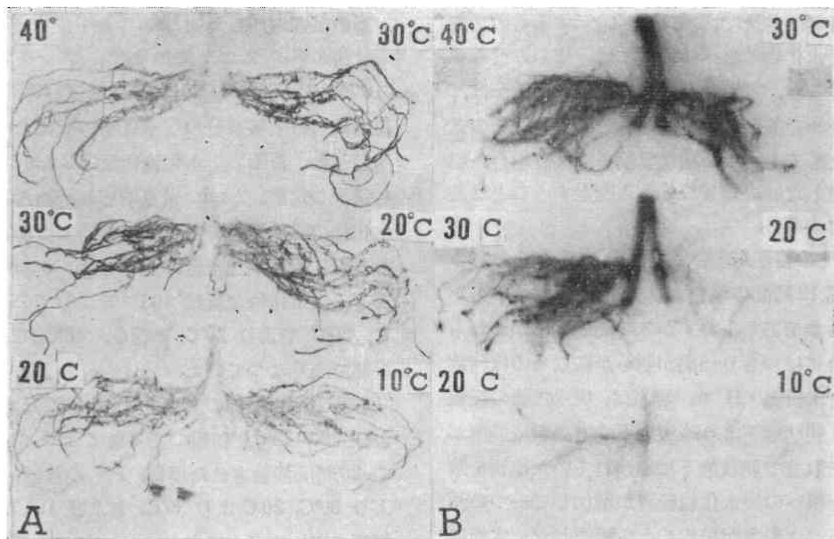


Fig. 8. Radioautographs demonstrating the distribution of P^{32} and C^{14} in two divided roots of a sweet potato plant which was held in different root temperatures.

A... C^{14} radioactivity in the roots 15 hr. after application of sucrose- C^{14} to four leaves.
B... P^{32} radioactivity in the roots 20 hr. after application of KH_2PO_4 aq. to four leaves.

る根での C^{14} 蓄積の傾向は 12 時間転流させた場合と同じであるが、(20・30°C) 区において 30°C の根部に C^{14} 蓄積がはつきりと増大しているのがみられる。

Fig. 8 (A) は 15 時間転流させた場合の C^{14} の radioautographs であり、(B) は 20 時間転流させた場合の P^{32} の radioautographs である。

C^{14} の蓄積については温度による著しい差がないが P^{32} については低温での蓄積がきわめて少なく、高温

で非常に増大している。

考 察

Fig. 3 の radioautographs の結果から、甘藷の根での C^{14} 蓄積量は (10・20°C) 処理区においては明らかに 20°C の根部に多く、(30・40°C) 処理区においては 30°C の根部に多くなっている。しかしながら、(20・30°C) 処理区においてはいずれの根部に多いか明

確でないが、Fig. 7 の結果から 30°C の根部が若干多いことが明らかとなつた。

すでに、第1報²⁰⁾および本研究・II および III を通じて、著者は根への炭水化物転流・蓄積は 20°C 前後で最もよくなることを明らかにしてきた。しかしながら、本研究においては甘藷の両半根部の処理温度をかえた場合、C¹⁴ の蓄積は 20°C より 30°C の根部に多くなると言う矛盾した結果をえた。この矛盾を生じた原因を考察してみると、本研究は砂耕試験のため 30°C の根部では温度上昇の結果、土壌湿度が 20°C の根部より低下し、炭水化物の根への転入条件が好転されることが考えられる。また、本研究・II は水耕実験であり、温度をかえても根圏湿度には変化がなく、全く温度のみにより炭水化物の転入条件は規定される。つまり、本研究で 20°C よりも 30°C がよかつたのは根圏の湿度が影響したものと理解される。

これらの事実はまた次のことを暗示するものである。即ち、炭水化物の根への転入には温度のみならず湿度も影響するが、どちらが支配的因子となるかは、それらの組合わせ条件により異なるであろう。その点の詳細は別としても、この様な実験を行なう場合、相互関係を考慮しないで結果のみから判定することは甚だ危険なことである。

30°C で C¹⁴ の蓄積が多いことは Fig. 7 にみられるように、処理 12 時間の場合より 15 時間の場合の方がはるかに明らかである。わずか 3 時間の差にかかわらず、このようにはつきり傾向が明らかになるのは何故であろうか。本研究・II で、著者は、炭水化物の転流を測定して、明状態下より暗状態下の方で転流能率がよいため、それまで明状態下におかれていた植物を暗状態に移すと根への炭水化物転流が増加して一つの波状現象というべき現象が起ることを提唱した。本節における現象はまさにこの炭水化物転流における波状現象のあらわれとみなされよう。即ち、処理 12 時間では、それほど多量に根に到達しないが、15 時間後には sucrose-C¹⁴ が多量に到達したものと推論する。

Sucrose-C¹⁴ の転流・蓄積におよぼす根部温度差の影響を炭水化物の代謝に関係する磷の移動・蓄積と比較検討するに、Fig. 8 にみられるように C¹⁴ 蓄積におよぼす温度の影響は P³² のそれに比べ顕著でない。

摘 要

1. 同一植物体内で左右両半の根部を異つた温度 (10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) に保つた甘

藷の葉に Sucrose-C¹⁴ を与え、暗所での転流におよぼす根部温度の影響を研究した。

2. 根での C¹⁴ 蓄積量は 12 時間転流させた場合には両半根部を (10°・20°C) に保つた個体では 20°C の根部で多く、(20°・30°C) に保つた個体では若干 30°C の根部で多く、(30°・40°C) に保つた個体では 30°C の根部が多くなつた。

3. 根での C¹⁴ および P³² の蓄積を各温度ごとに比較してみると、C¹⁴ の蓄積は 10°C から 40°C の範囲では、温度により著しい差が認められなかつたが、P³² の蓄積は C¹⁴ に比べ温度の影響が著しく、低温でその蓄積はきわめて少なく、高温で非常に増大を示した。

V. 要 約

甘藷における植物体内での部分的温度と物質の転流・蓄積との関係を究明した。

甘藷の根を 2 つの群にわけ、各々を異なつた温度 (10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) に保つて、夜間における各部分の炭水化物の変化を 4 時間間隔で測定した。根部の炭水化物含量は 2 a.m. まではいずれも低下したが、2 a.m. より増加し始めた。しかし、炭水化物の供給器官である葉においては夜間の時間経過とともに炭水化物含量は低下した。6 a.m. における根部での炭水化物含量は 10°C でより 20°C の根部で高く、30°C でより 20°C で高く、40°C でより 30°C の根部で高くなつていた。

甘藷の両半根部の温度を (10°・20°C), (20°・30°C) および (30°・40°C) に保つて 4 葉に P³² をあたえ、暗所で 20 時間移動させた場合、P³² の移動・蓄積は 40°C より 30°C, 20°C より 30°C, および 10°C より 20°C の根部において多かつた。

Sucrose-C¹⁴ を 4 葉に与えて 12 時間 および 15 時間、暗所に保つて転流させた場合にも P³² と同じ傾向を示し 30°C の根部で最も多く C¹⁴ の蓄積がみとめられた。

参 考 文 献

1. Barrier, G. E. and W. E. Loomis: Absorption and translocation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and P³² by leaves. *Plant Physiol.* 32: 225-231, 1957.
2. Biddulph, O.: Diurnal migration of injected radiophosphorus from bean leaves. *Am. J. Botany* 28: 348-352, 1941.

3. Biddulph, O. and J. Markle: Translocation of radioactive phosphorus in phloem of the cotton plant. *Am. J. Botany* 31: 65-71, 1944.
4. Biddulph, O. and R. Cory: An analysis of translocation in the phloem of the bean plant using ^{32}P and ^{14}C . *Plant Physiol.* 32: 608-619, 1957.
5. Biddulph, S. F.: Visual indications of ^{32}S and ^{32}P translocation in phloem. *Am. J. Botany* 43: 143-148, 1956.
6. Biddulph, S. F., O. Biddulph and R. Cory: Visual indications of upward movement of foliar applied ^{32}P and ^{14}C in the phloem of the bean stem. *Am. J. Botany* 45: 648-652, 1958.
7. Bohning, R. H., C. A. Swanson and A. J. Linck: The effect of hypocotyle temperature on translocation of carbohydrate from bean leaves. *Plant Physiol.* 27: 417-421, 1952.
8. Chen, S. L.: Simultaneous movement ^{32}P and ^{14}C in opposite directions in phloem tissue. *Am. J. Botany* 38: 203-211, 1951.
9. Craft, A. S.: Movement of assimilates, viruses, growth regulators and chemical indicators in plant. *Bot. Rev.* 17: 203-284, 1951.
10. Curtis, O. F.: Studies on solute translocation in plant. Experiments indicating that translocation is dependent on the activity of living cell. *Am. J. Botany* 16: 154-168, 1929.
11. Curtis, O. F.: Transpiration and the cooling of leaves. *Am. J. Botany* 23: 7-10, 1936.
12. Curtis, O. F. and S. D. Herty: The effect of temperature on translocation from leaves. *Am. J. Botany* 23: 528-538, 1936.
13. Hewitt, S. P. and O. F. Curtis: The effect of temperature on loss of dry matter and carbohydrate from leaves by respiration and translocation. *Am. J. Botany* 35: 746-755, 1948.
14. Hull, H. M.: Carbohydrate translocation in tomato and sugar beet with particular reference to temperature effect. *Am. J. Botany* 31: 661-669, 1952.
15. Kendall, W. A.: Effect of certain metabolic inhibitors on translocation of ^{32}P in bean plants. *Plant Physiol.* 30: 347-350, 1955.
16. Koontz, H. and O. Biddulph: Factor affecting absorption and translocation of foliar applied phosphorus. *Plant Physiol.* 32: 463-470, 1957.
17. Kursanov, A. L.: Recent advances in plant physiology in the U. S. S. R.
18. 中川行夫: 植物体温に関する研究 I. 農業気象 12: 101-104, 1957.
19. Nishiuchi, H.: Experimental of artificial tuberization 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 tuberization. *Bull. Naniwa Univ. B.* 3: 1953.
20. 関岡 行: 2・3根菜類における同化物質の転流・蓄積におよぼす環境要素の影響 (I). 物質の転流・蓄積と地温および気温との関係. 九大農芸誌 20 (2): 107-118, 1963.
21. 関岡 行: 甘藷の葉に与えた ^{32}P の移動・蓄積におよぼす温度の影響. 日作紀 29: 273-275, 1961.
22. 関岡 行: 甘藷における Sucrose- ^{14}C の転流・蓄積におよぼす温度の影響. 日作紀 30: 27-30, 1961.
23. Schumacher, W.: Untersuchungen über die Wandlung des Fluoreszeins in den Siebrohren. *Jahrb. wiss. Botan.* 77: 685-732, 1933.
24. Swanson, C. A. and J. B. Whitney Jr.: Studies on the translocation of foliar-applied ^{32}P and other radioisotopes in bean plants. *Am. J. Botany* 40: 816-823, 1953.
25. 谷田沢道彦・磯田竜三: リン酸の移行経路を知るための Radio-autograph (1). 日土肥誌 25: 1-3, 1954.
26. Thorne, G. N.: Factors affecting uptake of radioactive phosphorus by leaves and its translocation to other parts of the plant. *Ann. Bot.* 22: 381-398, 1958.
27. Vernon, L. P. and S. Aronoff: Metabolism of soybean leaves. IV. Translocation from soybean leaves. *Arch. Biochem. Biophys.* 36: 383-398, 1952.
28. Went, F. W.: Plant growth under controlled conditions. II. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. *Am. J. Botany* 31: 135-150, 1944.
29. Went, F. W.: Plant growth under controlled conditions. III. Correlation between various physiological processes and growth in the plant. *Am. J. Botany* 31: 597-618, 1944.
30. Went, F. W. and R. Engelsberg: Plant growth under controlled conditions. VII. Sucrose content of tomato plant. *Arch. Biochem.* 9: 189-200, 1946.
31. Went, F. W. and H. M. Hull: The effect of temperature upon translocation of carbohydrates in tomato plant. *Plant Physiol.* 24: 505-526, 1949.

Summary

The influence of temperature gradient on the translocation and storage of carbohydrate in the sweet potato plant was studied by means of chemical analysis and use of radioisotopes.

The temperatures of the sweet potato plant is influenced by the temperature condition of the environment about the plant.

When roots of a sweet potato plant were divided into two groups and each half was exposed to different temperatures; (10°, 20°C), (20°, 30°C) and (30°, 40°C), carbohydrate content of two divided roots which were harvested at intervals of four hours in darkness overnight decreased from 6 p.m. to 2 a.m. and increased from 2 a.m., but these of leaves decreased during the night in all cases.

When two divided roots of a sweet potato plant were exposed to different temperatures for 20 hours, the translocation and accumulation of P^{32} were better at 30°C than at 40°C, better at 30°C than at 20°C, and better at 20°C than at 10°C root temperature respectively.

The translocation and accumulation of sucrose- C^{14} from four expanded leaves to two divided roots were better at 30°C than 40°C, better at 30°C than at 20°C, and better at 20°C than at 10°C root temperature in darkness for 12 and 15 hours.