

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（Ⅴ）：物質の転流・蓄積と湿度との関係

関岡，行
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/21630>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 20 (4), pp.293-299, 1963-09. 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 (V)

物質の転流・蓄積と湿度との関係

関 岡 行

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

V. Relationships between the translocation of carbohydrate, and atmospheric humidity and soil moisture

Hakobu Sekioka

植物体内の水分は物質移動の際の溶媒となり物質転流および代謝に影響をおよぼす。この植物体の水分は空中および土壌湿度に大きく左右される。

空中湿度は植物の蒸散作用に直接影響をおよぼし、体内の含水量を通して細胞の膨圧、生長、糖類の蓄積、開花結実および果実の成熟などの生理作用に関係する。一方、土壌水分も体内含水量に影響をおよぼすとともに根の呼吸作用を通して養分吸収および代謝に影響をおよぼす。

Molish (1921)¹⁰⁾ は、葉の中での同化澱粉の糖類への転化は葉の含水量がある程度まで減少した時に正常よりも起りやすくなると、報告した。

Iljin (1929)⁹⁾ は、空中湿度が植物体にとつて好適であるときには葉・茎および根の浸透圧には相違が認められなかつたこと、空気が乾燥すると葉の中の浸透圧が増加し、葉の方が根より浸透圧の高くなることを観察した。

Went (1944)²⁰⁾ は、相対湿度 45% および 75% でトマトの生育を研究しているが、葉の全糖は低湿度に保つ時間が長くなるとともに高くなり、明所で 8 時間、暗所で 16 時間ともに 45% に保つた場合に最高となることを、明らかにした。さらに、Went (1944)²⁰⁾ は、一定温度の低湿度および高湿度の下でトマトの葉の suction force (diffusion pressure deficit) を 2 カ月間比較研究した。その結果、suction force は特に日射量に関係し日変化があつたが、晴天の場合に

は曇天の場合よりも一般に高いこと、また、相対湿度 40—45% で生育した場合は 75—80% の場合より常に約 2 気圧高いことを明らかにした。

Zimmerman (1957)²¹⁾ は、トネリコの篩管での糖の転流を研究した。その結果、篩管の滲出液の中の物質の 90% を構成している sucrose, raffinose, starchyose および mannitol の濃度は幹にそつて下方になるほど低下し濃度勾配は正であつたが、人工的な落葉が行われるや否や、濃度勾配は消失したことを認めた。そしてこの事は濃度勾配が篩管を通る転流の原動力であることを暗示するものであるとした。

これらの一連の研究は、同化物質の転流は光合成を行なう葉の柔組織と物質を受けとる組織の間に存在する液圧の相違により起るとした Münch (1930)¹¹⁾ の説を支持したものである。湿度が生長に影響をおよぼすことから、生長物質の移動にも影響をおよぼすと考えられる。Pallas (1960)¹⁸⁾ は、放射性炭素を含む 2・4-D および benzoic acid の吸収・移動と湿度、温度との関係を研究し、菜豆の胚軸での radioactivity は空中湿度 34—48% より 70—74% で高いことを報告した。

上述の如く、湿度は炭水化物の濃度を通じて転流に影響をおよぼすと思われる。しかしながら、転流と湿度との関係を調べた研究は非常に少ない。そこで本章においては空中および土壌湿度と炭水化物の転流・蓄積との関係を sucrose-C¹⁴ を用いて追究した。

I 甘藷における Sucrose-C¹⁴ の転流・蓄積におよぼす空中湿度の影響

空中湿度は植物体内の含水量を介して細胞の膨圧、生長、糖類の蓄積などの生理作用に関係する^{5,6)}以外に葉における同化澱粉の糖化に直接影響をおよぼすことが知られている。¹⁰⁾ 従つて葉の糖増加をひきおこし、受容器官との間に糖の濃度勾配が増大し転流を促進するだろうことが予想される。さらに、空中湿度は夜間100%から昼間の60-70%と変動が大きく、重要な環境要因の一つと考えられるが、実験困難のためかあまり重要視されず物質転流の研究もほとんどない。そこで sucrose-C¹⁴ を用い甘藷での炭水化物の転流・蓄積と空中湿度との関係を明確にする目的で本研究を行なつた。

1. 実験材料および方法

実験材料には甘藷 *Ipomoea Batatas* Lam. 農林2号

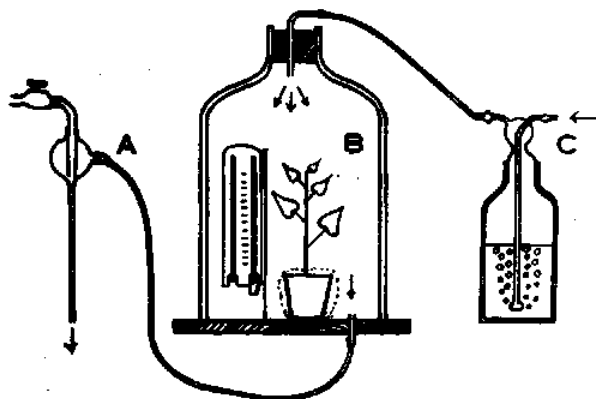


Fig. 1. Apparatus for control of atmospheric humidity. A, sucker; B, bell jar; C, scrubbing bottle.

を供試した。全長13cm, 4葉の苗を発根させ、発育のそろつた苗をえらび、パーミキュライトとパーライトとを3対2の割合で混合して入れた直径9cm, 深さ9cmのアルミニウム製ポットに1個体ずつ移植した。この材料を水耕液で5日間生育させ実験に用いた。sucrose-C¹⁴ は最も古い葉の裏面全面に展着剤を含んだ水溶液として2μc (50M) と与えられた。

sucrose-C¹⁴ を与えた材料はそれぞれ30分後にあらかじめ空中湿度を70%と100%に調節した bell jar の中に入れ10時間放置し転流させた。なお、その際ポットをビニールで覆い土壌湿度の変化をふせいだ。空中湿度の調節装置には江原の考察したものを使用した。⁴⁾ 湿潤区は洗気瓶に水を入れ sucker で吸引して湿度の高い空気を bell jar の中に導入するとともに jar の中にシャーレに水を入れておいた。乾燥区は洗気瓶に conc H₂SO₄ を入れ水分を吸収させ乾燥した空気を bell jar に導入して作った。この空中湿度調節装置を暗所および散光下において実験した。10時間転流させた後に収穫し、直ちに加圧乾燥し radioautograph を作製した。¹⁴⁾

次に、植物体を根、下茎、上茎および葉の4部分にわけ粉碎し、van Slyke, Folch の湿式酸化法で^{9,10)} 炭酸バリウムの沈澱を作つた。測定には無限大の厚さの炭酸バリウム法を用い、2π gas flow counter を使用した。実験は1960年8月29日および9月6日に各2反復おこなつた。

2. 実験結果

暗所および明所における各試験区の相対湿度および温度を1時間間隔に測定した結果を

Table 1. Relative humidity and temperature within bell jars.

Time	Dark				Light			
	Low humidity		High humidity		Low humidity		High humidity	
	Humidity	Temperature	Humidity	Temperature	Humidity	Temperature	Humidity	Temperature
	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C
9 a.m.	74	27.0	100	26.0	70	27.8	97	25.6
10 a.m.	75	26.5	100	25.5	73	27.8	97	26.5
11 a.m.	75	26.5	100	25.5	71	28.4	98	27.2
0 p.m.	70	26.5	100	25.5	71	28.5	100	27.4
1 p.m.	70	26.5	100	25.5	72	29.0	100	28.0
2 p.m.	70	26.5	100	25.5	72	29.3	100	28.5
3 p.m.	70	26.5	100	25.5	67	29.4	100	28.7
4 p.m.	66	26.0	100	25.5	67	29.0	100	28.5
5 p.m.	65	26.2	100	25.5	71	28.5	100	28.0
6 p.m.	70	26.5	100	25.7	71	28.0	100	27.6
7 p.m.	70	26.5	100	25.7	71	28.0	100	27.5

Table 2. Effect of atmospheric humidity on the translocation of sucrose-C¹⁴ from one leaf to the other parts of a sweet potato, 1960.

Plant parts	Dark						Light					
	Low humidity			High humidity			Low humidity			High humidity		
	1	2	mean	1	2	mean	1	2	mean	1	2	mean
	cpm/100 mg dry wt.			cpm/100 mg dry wt.			cpm/100 mg dry wt.			cpm/100 mg dry wt.		
Roots	8420	8846	8633	5737	5560	5649	10000	17182	13591	5346	10279	7813
Lower stems	2530	1778	2154	2457	1333	1895	1880	2594	2237	1583	1815	1699
Upper stems	2269	1371	1820	2294	1673	1964	2137	2575	2356	2071	1855	1963
Leaves	1283	1459	1371	1401	1304	1353	1644	3814	2729	1480	1829	1655
	cpm			cpm			cpm			cpm		
Roots	6568	7873	7221	6196	5977	6086	5500	10825	8163	3796	6712	5254
Lower stems	1619	2231	1925	1204	1013	1109	1184	1857	1521	2198	1733	1966
Upper stems	2178	1396	1787	2110	1971	2041	2458	1880	2169	2775	2324	2550
Leaves	3374	4012	3693	4777	3469	4123	4948	10260	7604	6571	5659	6115
Total activity	14626			13359			19457			15885		

Table 1 に示した。湿潤区は 100%，乾燥区は 70% 前後となり、明暗のいずれにおいてもほぼ等しかった。しかし温度は乾燥区の方が約 1°C 高かった。

甘藷の I 葉に与えた sucrose-C¹⁴ の植物体内での転流・蓄積におよぼす空中湿度の影響を暗所および明所にわけて調査した結果を Table 2 に示した。

単位乾物重量当りの count 数は光の有無に関係なく、湿潤、乾燥両区とも根で最高となった。また、根での count 数は光の有無にかかわらず乾燥区で多くなった。

次に植物体 個体当りの count 数は明所での湿潤区をのぞいて根で最高となり、次に葉で多くなった。

C¹⁴ の転流・蓄積と空中湿度との関係は植物体による吸収がことなるために植物体各部分の C¹⁴ 蓄積のみから検討することはむづかしい。そこで空中湿度と転流・蓄積との関係を比数で示した。その結果を Fig. 2 に示した。

根での C¹⁴ 蓄積割合は光の有無にかかわらずいずれも乾燥区で高くなった。また、暗所における湿潤、乾燥両区での根の C¹⁴ 蓄積割合は明所におけるそれらより高くなった。

一方、葉での C¹⁴ 蓄積割合は逆に両区ともに明所において高くなった。湿潤、乾燥両区での暗所における sucrose-C¹⁴ の転流・分布を示した radioautographs を Fig. 3 に示した。乾燥区では湿潤区のそれに比し強く感光していることが観察された。

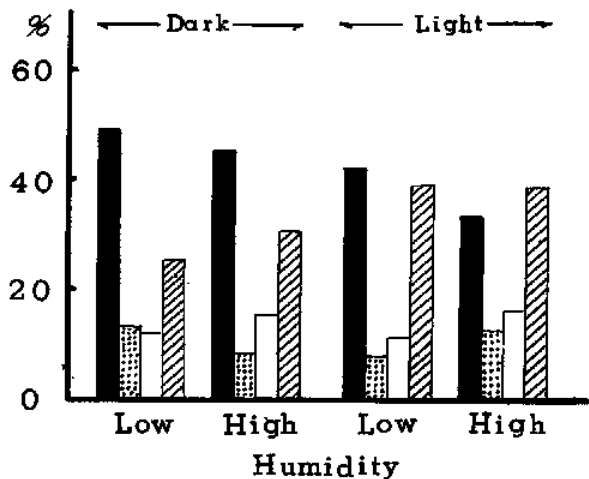


Fig. 2. Effect of atmospheric humidity on the distribution of C¹⁴ in roots, stems, and leaves of a sweet potato following a 10-hr. translocation period, 1960. Per cent of radioactivity (cpm) of each plant part.

3. 考 察

Fig. 2 に明らかなように、甘藷の根における C¹⁴ 蓄積割合は空中湿度の低い場合に高くなった。反対に地上部各部分の C¹⁴ 蓄積割合は湿潤区で高くなった。つまり、乾燥は根への転流を促進し、湿潤はこれを抑制したと言えるであろう。

光が転流に影響することはすでに第 4 報で評論した。上述の結果によれば、空中湿度は光より以上に転流を支配するものようであった。乾燥が根への炭水化物の蓄積を促進するのは次のような機構を介したと

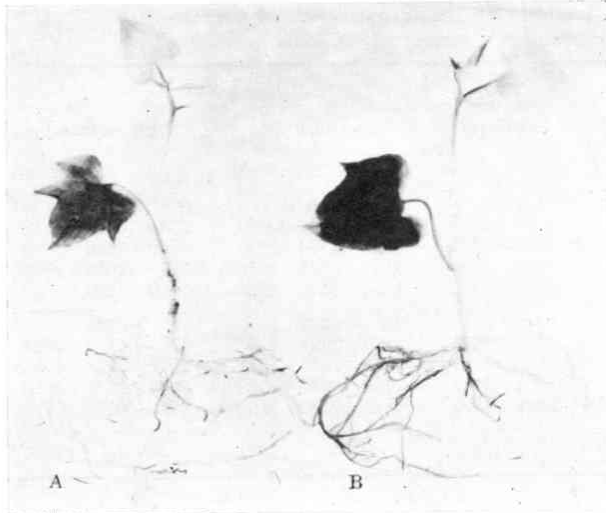


Fig. 3. Radioautographs demonstrating distribution of C^{14} in the sweet potato plant 10-hr. after the application of sucrose- C^{14} to leaf, 1960.

The plants were held in darkness at high humidity (A) and low humidity (B).

考えられた。乾燥した環境条件は、Molish¹⁰⁾の言つたように、葉の中での澱粉の糖転化を促進し、また、Ijima⁶⁾が言つたように、茎葉部の膨圧低下をもたらす生長を抑制して葉の糖濃度を高めたと考えられた。その結果として、炭水化物の生産供給器官と受容器官との間の糖の濃度勾配が大きくなり、根への転流・蓄積を促進したものであろう。

Went²⁰⁾は、空中湿度が低下すると葉の suction force が高くなることを認めた。このように空中湿度は蒸散作用を通じて間接的に転流に影響するものと考えられた。また、Zimmerman²¹⁾は、人工的なトネリコの落葉がその幹にそつた糖の濃度勾配を直ちに消失せしめると報告した。このこともまた蒸散作用と転流の関係を示したものであろう。本実験においても、江原⁹⁾が、言つたように、葉の状態から推察して乾燥区では湿潤区に比べて蒸散量がはるかに大きくなつたものと考えられた。

Schumacher¹⁷⁾は、凋萎が葉からの fluorescein および窒素の転流を阻げないことを報告した。従つて以上のことを考察して乾燥が転流を促進し、湿潤がこれを抑制したのは蒸散作用が大きく関与していたものと考えた。

これらのことから炭水化物転流を総合考察すると、

転流に作用する力は、第1に活動の盛んな受容器官の引きつける力、第2に Münch の¹¹⁾言つたように、植物体の部分間の圧力差によつて供給器官がおし出そうとする力の2つである。そして炭水化物転流の原動力はこれら2つの力の相互作用であると考えた。

4. 摘 要

1) 甘藷の1葉に sucrose- C^{14} (2 μ c) を与え、相対湿度を70%および100%に調節した bell jar の中に入れて、暗所並びに散光下で10時間転流させ、 C^{14} の転流・蓄積と空中湿度との関係を研究した。

2) 根での C^{14} 蓄積割合は暗所においても散光下においても70%の乾燥区で高かつた。

3) また、根での C^{14} 蓄積割合は湿潤および乾燥両区ともに暗所において高かつた。しかし、葉での C^{14} 蓄積割合は逆に湿潤・乾燥の両区とも散光下で高かつた。

II 甘藷における Sucrose- C^{14} の転流・蓄積におよぼす土壌湿度の影響

本報 I では空中湿度は体内水分を通じて植物体内での炭水化物の転流に影響をおよぼすことを明らかにした。土壌湿度は蒸散による水分の調節と異なり、根を通しての吸水により直接的な影響をおよぼすと考えられた。じじつ、Eaton and Ergle⁹⁾は、棉の葉で澱粉、6単糖および蔗糖は乾燥により減じたが、茎および根ではそれらが増加したと、葉と茎の間の炭水化物の濃度差は湿潤土壌におけるより乾燥土壌において大きいことをみとめた。

また、Davis²⁾は、ナット・グラスの地上部と地下部重比は土壌水分の増加により増大したと報告した。これらは、土壌水分が転流および生長にかなり大きく関係したことを暗示している。そこで本報 II では、同一植物体内で土壌湿度をかえた場合の炭水化物の転流・蓄積を sucrose- C^{14} を用いて実験した。

1. 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ほ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。その中

から左右の発根のそろつた苗を選び、深さ 14 cm、直径 14 cm の磁製ポットにビニールで Fig. 4 のように隔壁を作り、パーミキュライトとパーライトとを 3 対 2 の割合で混合して入れたものに移植した。この一方を湿潤区 (最大容水量の 100%) とし、他方を乾燥区 (最大容水量の約 40%) とした。

実験は 1960 年 7 月 6 日に 2 反復行なつた。材料は移植 1 週間後に供試したが、実験前日に頂端より 4 枚の展開葉を残し他の展開葉は切除した。この 4 葉の裏面全面に展着剤を含んだ sucrose-C¹⁴ の水溶液を各葉 1 μc、計 4 μc (100 μl) 与えた。sucrose-C¹⁴ を与えた材料は暗所に 16 時間おかれた後に、左右両半根部に転流し蓄積した radioactivity を radioautograph および gas flow counter で測定した。

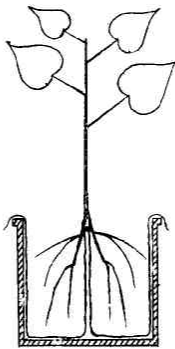


Fig. 4. Diagram of experimental set up and plant.

2. 実験結果

同一植物体の左右両半根部での土壤湿度が葉に与えた sucrose-C¹⁴ の根部への転流蓄積におよぼす影響を調査した結果を Table 3 に示した。単位重量当りの根部の count 数は乾燥土壤中での根部で多くなつ

ていて、湿潤土壤中の根部での count 数よりも 3 倍以上の値を示した。

植物体当りの count 数をみても、乾燥土壤中の根部で多くなつた。

次に、これら根での C¹⁴ 蓄積と土壤湿度との関係を

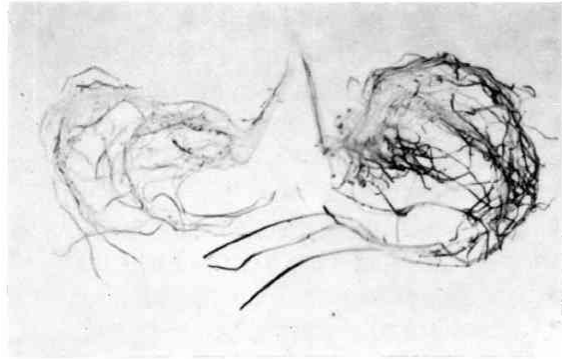


Fig. 5. Radioautographs demonstrating distribution of C¹⁴ in two divided roots of a sweet potato plant which held in different soil moistures, 1960.

Left root ... High soil moisture.
Right root ... Low soil moisture.

一層明瞭にするために、根全体での radioactivity に対する左右両半部でのその比数をとつてみた。その結果、根部の C¹⁴ 蓄積量の 70 乃至 80% が乾燥土壤の根部に転流し蓄積したことが明らかとなつた。

同一植物体の両半根部の土壤湿度をかえて sucrose-C¹⁴ の両半根部への転流・蓄積を調べた radioautograph を Fig. 5 に示した。これからも明らかに乾燥土壤中での根部に多くの C¹⁴ が蓄積していることが観察された。

3. 考 察

Table 3 および Fig. 5 の radioautograph から明らかのように、甘藷の同一植物体においても、両半

Table 3. Effect of soil moisture on the translocation of sucrose-C¹⁴ from four leaves into two divided roots of a sweet potato, 1960.

Soil moisture of two divided pots	Radioactivity				%	
	cpm/100 mg dry wt.		cpm			
	1	2	1	2	1	2
{ Low (40%) High (100%)	46854	82111	57162	41877	85.5	71.6
	14475	20184	9698	16551	14.5	28.3

Percent of radioactivity (cpm) of two divided roots.

根部で土壤湿度が相異すれば C^{14} の転流・蓄積のようは影響をうけ湿潤根部より乾燥根部により多くの C^{14} 蓄積があることが明らかになった。

第1報、第2報を通じて、著者^(14,15,16)は、根への炭水化物転流・蓄積は $20^{\circ}C$ 前後で最もよくなることを明らかにしたが、第2報⁽¹⁶⁾の報告IVにおいて甘藷の両半根部の温度をかえた場合、 C^{14} の転流・蓄積は $20^{\circ}C$ より $30^{\circ}C$ の根部で多くなると言う矛盾した結果をえた。この矛盾は C^{14} の転流・蓄積が土壤温度によつて著しく影響される事実から、 $30^{\circ}C$ の根部では温度上昇により湿度低下を生じ、 $20^{\circ}C$ の根部より C^{14} 蓄積が増大したものと説明される。

湿潤区での C^{14} 蓄積割合は乾燥区でのその $1/2$ から $1/6$ に減少したことが Table 3 から明らかとなった。これは土壤湿度の過多による土中酸素の欠乏のために、根の呼吸が低下し、糖が貯蔵炭水化物へ転換する際の代謝反応が減退して C^{14} 転流・蓄積がわるくなつたことによるものと考えられた。こうした考え方は、また、甘藷の塊根形成が水耕栽培でおこらないことから、⁷⁾ 酸素の必要性がのべられてきたことから支持されるであろう。なお、湿度試験区の設定は湿潤と乾燥の2区のみであるので、一般論を引き出すには一考を要するであろう。

4. 摘 要

1) 展開葉4枚の甘藷の根を2つの群にわけ、左右両半の根部の土壤湿度を最大容水量の40%および100%に保つた。この甘藷の4葉に sucrose- C^{14} (4 μc) を与え、暗所に16時間おいたのちに、両半根部の radioactivity を測定した。

2) 両半根部での土壤湿度が異なれば、 C^{14} の転流・蓄積は影響をうけ、湿潤根部より乾燥根部により多く C^{14} を蓄積することが radioautograph の結果から明らかになった。

3) 根部での C^{14} 蓄積量の70乃至85%が乾燥土壤中の根部に転流し蓄積した。

III 要 約

甘藷における物質の転流・蓄積と空中湿度、および土壤湿度との関係を sucrose- C^{14} を用いて究明した。

甘藷の1葉に sucrose- C^{14} を与え、暗所および散光下で相対湿度70%並びに100%に調節した bell jar の中に入れ、10時間転流させた。根での C^{14} 蓄積割合は暗所・散光下いずれにおいても70%の乾燥区で高く、葉では湿潤区で高かつた。

甘藷の根を2つの群にわけ、左右両半根部の土壤湿度を最大容水量の40%および100%に保つた。この甘藷の4葉に sucrose- C^{14} を与え、暗所に16時間保つた後、両半根部に転流し蓄積した C^{14} を測定した。 C^{14} の転流・蓄積は同一個体の根部においても土壤湿度によつて影響され、湿潤根部より乾燥根部により多くの C^{14} を蓄積した。根部での C^{14} 蓄積量の70乃至85%が乾燥土壤中の根部に転流し蓄積した。

Literature cited

1. Aronoff, S. : Translocation from soybean leaves. II. Plant Physiol. **30** : 184-185. 1955.
2. Davis, C. H. : Response of *Cyperus rotundus* L. to five moisture levels. Plant Physiol. **17** : 311-316. 1942.
3. Eaton, F. M. and D. R. Egle : Carbohydrate accumulation in the cotton plant at low moisture levels. Plant Physiol. **23** : 169-187. 1948.
4. Ehara, K. : Effect of atmospheric humidity during ripening on the pod setting and seed germination in excised alsike clover. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. **11** : 99-107. 1959.
5. Hollowell, E. A. : Influence of atmospheric and soil moisture upon the seed setting in red clover. J. Agr. Res. **39** : 229-249. 1929.
6. Iljin, W. S. : Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant Physiol. **8** : 257-274. 1957.
7. 伊東秀夫, 土屋四郎 : 甘藷の塊根形成に関する研究. 園雑 **16** : 1-15. 1947.
8. Kursanov, A. L. : Recent advances in plant physiology in the U. S. S. R. Ann. Rev. Plant Physiol. **7** : 401-436. 1956.
9. 三井進午, 栗原 淳 : トレーサー法による尿素肥料中炭素の経根的吸収同化に関する研究. (第1報) 植物体中 C^{14} 測定法と水稻, 小麦による $(NH)_2C^{14}O$ 吸収の予備的試験. 日土肥 **28** : 439-443. 1958.
10. Molish, H. : Über den Einfluss der Transpiration auf das Verschwinden der Stärke in den Blättern. Ber. deutsch. Bot. Ges. **39** : 339-344. 1921.
11. Münch, E. : Die Stoffbewegung in der Pflanze. Carl Fischer, Jena, p. 274 1930.
12. Nelson, C. D. and P. R. Gorham : Translocation of radioactive sugars in the stem of soybean seedling. Can. J. Botany **35** : 703-713. 1957.
13. Pallas, J. E., Jr. : Effect of temperature and humidity on foliar absorption and translo-

- cation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and benzoic acid. *Plant Physiol.* **35** : 575-580. 1960.
14. 関岡 行：甘藷における Sucrose-C¹⁴ の転流・蓄積におよぼす温度の影響。日作紀 **30** : 27-30. 1961.
 15. 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・蓄積と気温および地温との関係。九大農芸誌 **20** : 107-118. 1963.
 16. 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 II. 物質の転流・蓄積と植物体内の部分温度との関係。九大農芸誌 **20** : 119-130. 1963.
 17. Schumacher, W. : Untersuchungen über die Wanderung des Fluoreszeins in den Siebröhren. *Jahrb. wiss. Botan.* **77** : 685-732. 1933.
 18. Van Slyke, D. D., J. Plazin and J. R. Weisiger : Reagents for the van Slyke-Folch wet carbon combustion. *J. Biol. Chem.* **191** : 299-304. 1951.
 19. Vernon, L. P. and S. Aronoff : Metabolism of soybean leaves. IV. Translocation from soybean leaves. *Arch. Biochem. Biophys.* **36** : 383-398. 1952.
 20. 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.
 21. Zimmerman, M. H. : Translocation of organic substances in trees. I. The nature of the sugars in the sieve tube eduate of tree. *Plant Physiol.* **32** : 288-291. 1957.

Summary

The influence of atmospheric humidity and soil moisture on the translocation of foliar applied sucrose-C¹⁴ was studied in the sweet potato plant, *Ipomoea Batatas* Lam.

Sweet potato plants to which sucrose-C¹⁴ was applied on a single leaf were held in dark or light conditions for 10 hours at 70% and 100% air humidity respectively. The C¹⁴ accumulation rates in root were much higher at 70% air humidity than at 100% air humidity in dark and light conditions.

When roots of a sweet potato plant were divided into two groups and each of the halves was exposed to different soil moisture for 16 hours in darkness, the translocation and storage of C¹⁴ was better in low soil moisture (40%) than in high soil moisture (100%).