
甘しょにおける光合成産物の転流

(その1)

——シンク・ソースの基礎研究と品種育成への応用——

熱帯農業研究セクター 加 藤 眞次郎

(1) はじめに

作物の栽培にあたって、収量の向上をはかるためには、作物における太陽エネルギーの固定効率をあげると共に、光合成作用によってつくられた光合成産物が収穫の対象となる器官に効率的に蓄積されることがのぞましい。このような収穫対象器官への光合成産物の配分をめぐる、各国の研究者も、生理学的あるいは育種学的に研究を展開しており、作物による全生物生産量のうち、経済的に価値のある部分収量を増すための努力がはわられている。

上述した収穫対象器官における光合成産物の蓄積は、それら器官への光合成産物の転流を前提としており、転流によって送りこまれる物質をもとに、糖質、脂質、蛋白質が、穂、塊根、塊茎などでつくられ、人間によって利用されることとなる。このようにみえてくると、光合成産物の転流は、光合成作用と光合成産物の蓄積との間にあって、物質の輸送に関係している生産過程上の大切な働きであるといえる。

物質の輸送現象である光合成産物の転流には、光合成産物の供与器官（sourceといわれている）と受容器官（sinkと呼ばれている）とが関係しているから、転流過程の解析には、sourceとsinkの双方について、それらの機能を調節しながら実験を進める必要がある。

光合成産物の転流に関し、物質生産にとって大切な物質の行方、すなわち、転流方向と転流量とについて、sourceとsinkとの関係を中心に解析しているので、以下紹介をしたい。

実験方法としては、光合成器官と光合成産物の蓄積器官とが明瞭に地上部と地下部とに分かれており、かつ、栽培種と野生種との利用可能なサツマイモを用いることとし、接木植物を作成し実験に供した。接木植物は、接穂と台木との組合せによって、各種類のsourceとsinkとの結びつきを可能としている。ここに紹介する実験においては、塊根肥大のすぐれている栽培種の沖縄100号と、塊根肥大のほとんど認められないサツマイモの近縁野生種 *Ipomoea trifida*・T-15系統とを用いた。光合成産物の追跡には、放射性同位元素 ^{14}C をトレーサーとして使い、接木植物体内での動きを調べた。この ^{14}C は、 $^{14}\text{CO}_2$ ガスとして植物の葉より吸収同化させ、以後 ^{14}C -光合成産物の各器官および各組織への転流過程について解析した。

(2) 甘しょ一葉挿し植物における ^{14}C -光合成産物の転流

光合成産物の転流は、光合成速度あるいは sink strength と関係深いことが指摘されているので、植物体における転流は、光合成—通導—受容系を含めて検討することが大切で

写真1：オートラジオグラフ：1時間 $^{14}\text{CO}_2$ を供与し、30分後の標本

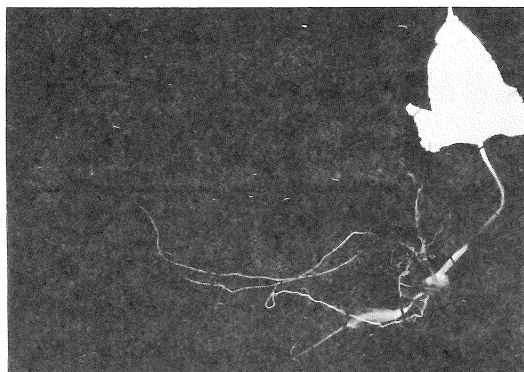


写真2：オートラジオグラフ：1時間 $^{14}\text{CO}_2$ を供与し、1時間後の標本

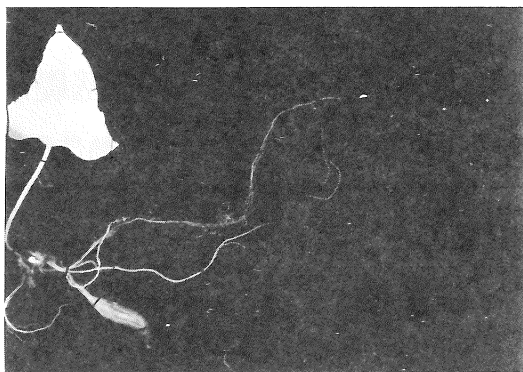


写真3：オートラジオグラフ：1時間 $^{14}\text{CO}_2$ を供与し、1日後の標本

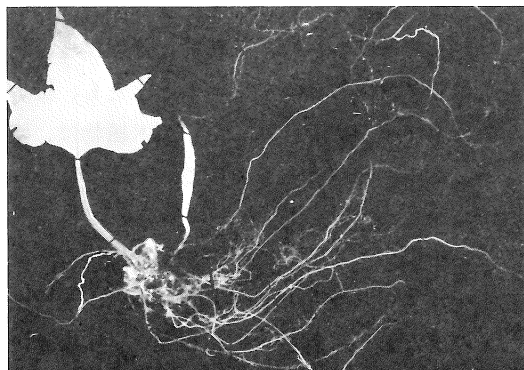
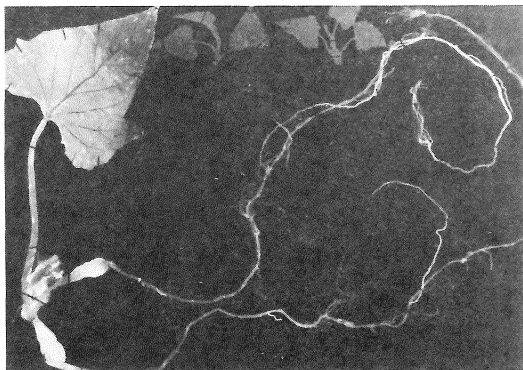


写真4：オートラジオグラフ：1時間 $^{14}\text{CO}_2$ を供与し、5週間後の標本



あると考えられる。その際甘しょの塊根のように非光合成器官が主なsinkを形成している植物は、上述した各系を整理していく上で都合が良いと考えられる。そこで単純化された実験系を用いて解析しようと考え、まず甘しょ一葉挿し植物の物質生産を検討し、次にそれらの植物を用い、 ^{14}C -トレーサーによって転流過程を解析した。

甘しょ一葉挿し植物は約10週間にわたり生育し、塊根の肥大現象が認められた。塊根への乾物分配率は約50%で高いデンプン含有率を示し、塊根肥大に関し品種間で早晚性の差異が認められた。

葉身に $^{14}\text{CO}_2$ を1時間供与すると葉身の比

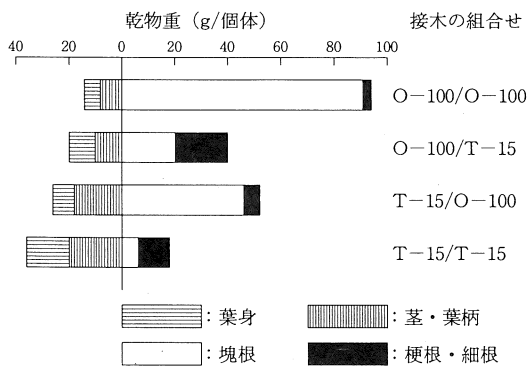
放射能は $^{14}\text{CO}_2$ 供与1時間後までは最も大きい値であるが、供与1日後には急激に低下し、1日後と5週間後とは大きな差がなかった。

塊根では $^{14}\text{CO}_2$ 供与30分後から1日後にかけて比放射能の値が大きく増加した。また、茎・腋芽での比放射能の値は、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与1日後および5週間後には全器官中最も大きい値を示した。ところで、葉身および葉柄の比放射能の値が低下する過程で、塊根、茎、腋芽および細根の比放射能値の最大が認められた。

植物体にとりこまれた ^{14}C の約50%が供与1日後には体外に放出されていたが、1日後から5週間後にかけての放出量は少なかった。

(3) *Ipomoea*属接木植物における物質生産

10月7日に採取した接木植物における各器官の乾物重を第1図に示した。全植物体重については、(沖100/沖100) > (T-15/沖100) > (沖100/T-15) > (T-15/T-15) の順位が認められた。沖縄100号台木植物は、T-15系統台木植物に比較すると、接穂の種類に関係なく全植物体重および地下部重が大きく、葉身重は小さい値を示した。台木が同じ種類



第1図 接木植物の乾物重

第1表 接木植物のみかけの光合成速度

接木の組合せ	光合成速度 (CO ₂ mg/dm ² /hr)	
	7月21日	8月25日
O-100/O-100	20.9±1.8	32.0±3.0
O-100/T-15	21.3±1.6	27.7±3.6
T-15/O-100	19.3±1.8	25.4±2.3
T-15/T-15	18.4±1.3	19.2±1.8

(±: 標準誤差)

第2表 接木植物の葉数

接木の組合せ	葉 数 (枚/個体)	
	7月21日	8月25日
O-100/O-100	26.0±1.4	26.9±1.3
O-100/T-15	24.4±1.0	27.2±1.2
T-15/O-100	30.5±1.0	42.4±1.7
T-15/T-15	28.3±1.7	45.7±2.1

(±: 標準誤差)

の場合、沖縄100号接穂植物ではT-15系統接穂植物に比較して全植物体重および地下部重が大きく、地上部重は小さい値を示した。

みかけの光合成速度をみると、7月から8月にかけては第5位葉で19~31 CO₂mg/dm²/hrと高い値を示した(第1表)。7月においては各接木植物間で大きな差は認められないが、8月には沖縄100号接穂植物で高く、T-15系統接穂植物で低い値を示した。また、接穂が同じ種類の場合、沖縄100号台木植物で高く、T-15系統台木植物で低い傾向が認められた。葉数は7月においては各組合せ間で大きな差は認められないが、7月から8月にかけては台木の種類に関係なくT-15系統接穂植物で葉数の増加が著しかった(第2表)。生育後期において、沖100/沖100植物では1葉当りの葉面積が大きく、葉色は濃緑色を呈した。しかし、沖100/T-15植物では葉身の小型化、硬化およびその退色が認められた。

(4) 接木植物における¹⁴C-光合成産物の転流方向

サツマイモの接木植物において、塊根肥大の影響が、¹⁴C-光合成産物の転流方向と転流量とにどのように及ぶかを調べた。塊根肥大の盛んな時期に、上から数えて第5番目の展開葉に¹⁴CO₂を与え、24時間後に材料を採取した。第2図に24時間後における¹⁴C-光合成産物の分布を黒点で示した。各接木植物とも、¹⁴CO₂供与葉身が着生している茎の付近と、未展開葉のある茎頂端の若い組織に、多量の¹⁴C-光合成産物が認められた。その際、接穂の種類が同じであっても、栽培品種の沖縄100号が台木に用いられた場合には、

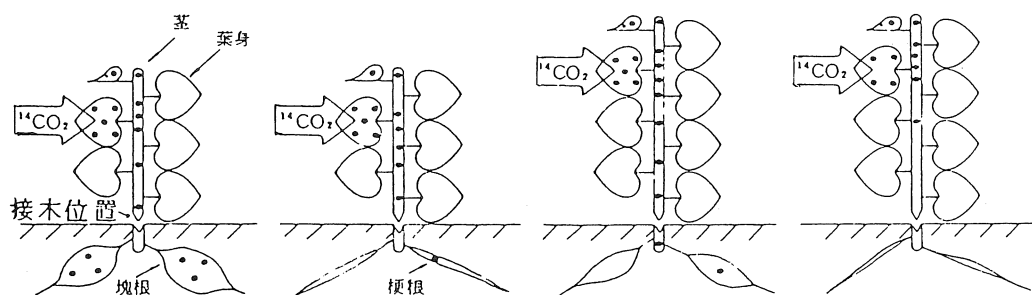
接木の組合せ（接穂／台木）

：沖縄 100号 / 沖縄 100号：

沖縄 100号 / T-15系統

T-15系統 / 沖縄 100号

T-15系統 / T-15系統



第2図 $^{14}\text{CO}_2$ 供与開始から24時間後における ^{14}C -光合成産物の分布模式図
 ^{14}C -光合成産物の分布を黒点（●）で示した。

$^{14}\text{CO}_2$ 供与葉身よりも位置的に下方の茎および塊根に ^{14}C -光合成産物が多量に認められた。一方、近縁野生種であるT-15系統が台木に用いられた場合には、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与葉身よりも位置的に上方の茎および未展開葉で多量に認められた。このようなことから、サツマイモの接木植物において ^{14}C -光合成産物の転流方向および転流量は、台木側の塊根肥大の影響が大きいことが示唆された。それでは台木側の塊根肥大の影響は、接木植物の若い生育段階でも、生育の進んだ老化した段階でも認められるものなのであろうか。次に、そのような生育段階の違いと、転流方向あるいは転流量との関係についてふれることとする。

(5) 接木植物の生育段階と ^{14}C -光合成産物の転流方向

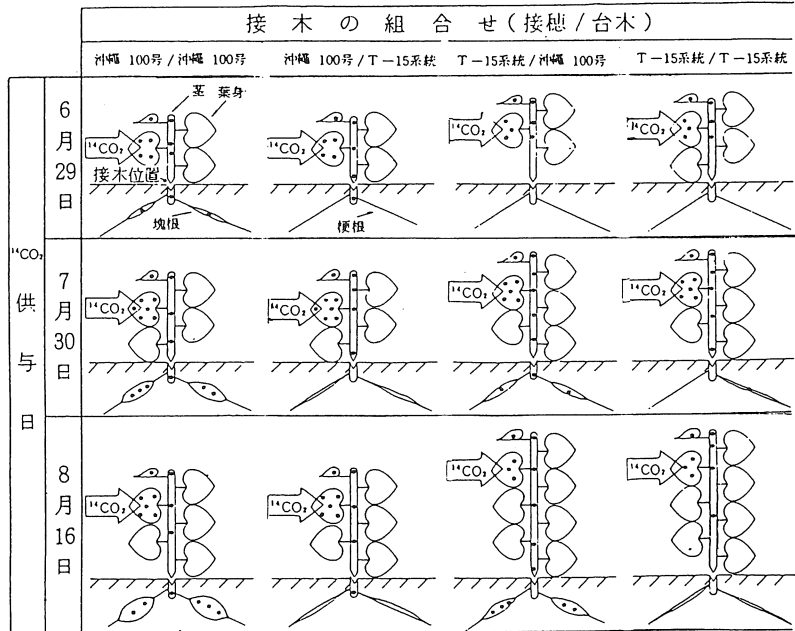
サツマイモ接木植物において、生育段階の違いが、 ^{14}C -光合成産物の転流方向と転流量とにどのような影響を及ぼすのかを調べ、次のような結果を得た。6月の塊根肥大の少ない時期についてみる。沖縄100号が接

穂に用いられると、 ^{14}C -光合成産物はT-15系統が接穂に用いられた場合に比較して茎の基部方向へ多量に転流した。7月の塊根肥大の始まる生育段階になると、接穂の種類を同じとすると、沖縄100号が台木に用いられた接木植物では、T-15系統が台木に用いられた接木植物よりも、塊根方向へ ^{14}C -光合成産物は多量に転流した。8月の塊根肥大の盛んな時期には、さらに、その傾向は助長された。

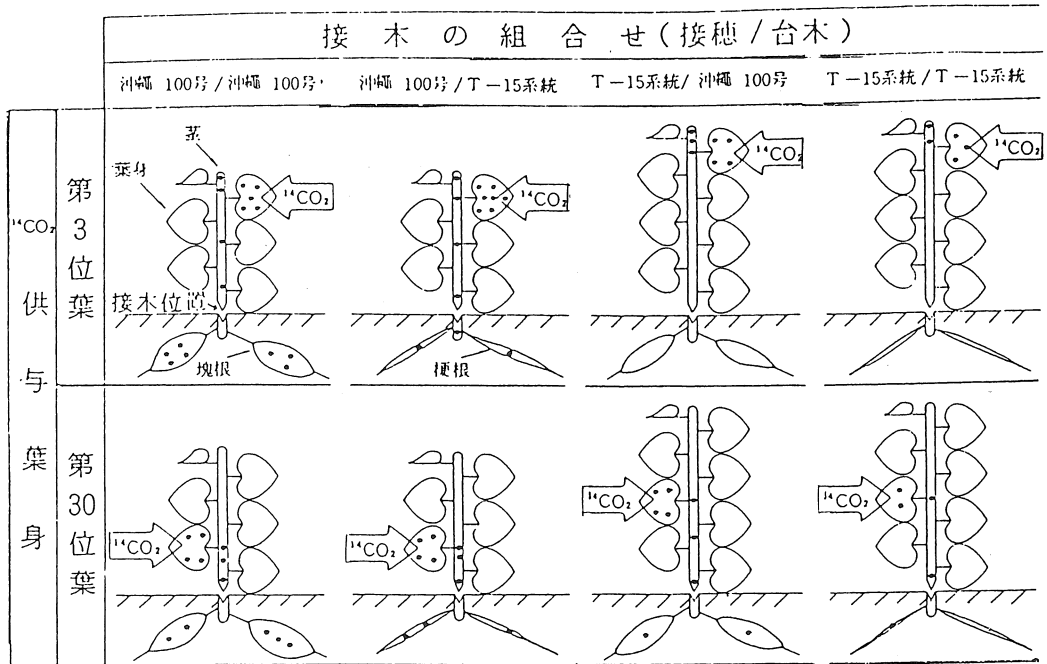
このような結果から、栽培種の沖縄100号接穂の接木植物では、塊根の肥大量の少ない若い生育段階であっても、既に塊根方向への ^{14}C -光合成産物の転流が盛んに行われていることがわかる。また、塊根方向への転流量は、塊根の肥大に伴いさらに増加し、近縁野生種接穂の接木植物に比較し、極めて量的にまさっているといえる。一方、近縁野生種のT-15系統接穂の接木植物では、地上部器官優先の転流傾向を示し、台木に沖縄100号が用いられると、地上部器官優先の転流傾向は、地下部器官優先の転流傾向に変化してくることを指摘できる。

(6) 接木植物における ^{14}C 同化葉位と ^{14}C -光合成産物の転流方向

今まで調べてきたことから、サツマイモの接木植物において、 ^{14}C -光合成産物の転流方向あるいは転流量は、台木の影響を受け易いことが明らかとなった。台木の影響は、接木植物のいずれの葉で生産される ^{14}C -光合成産物の転流についても同じように及ぶものなので



第3図 各生育段階における ^{14}C -光合成産物の分布模式図
 ^{14}C -光合成産物の分布を黒点(・)で示した。



第4図 各葉位における ^{14}C -光合成産物の分布模式図
 ^{14}C -光合成産物の分布を黒点(・)で示した。

あろうか。次に、 $^{14}\text{CO}_2$ 同化葉位と ^{14}C -光合成産物の転流方向との関係についてふれた。

茎頂から数えて3番目と30番目の葉身に $^{14}\text{CO}_2$ を供与した実験の結果を第3図に示した。

第3位葉に $^{14}\text{CO}_2$ を同化させると、沖縄100号の接穂の場合には $^{14}\text{CO}_2$ 供与葉身よりも位置的に下方へ、T-15系統が接穂に用いられると $^{14}\text{CO}_2$ 供与葉身より上方に ^{14}C -光合成産物は転流し易いことが認められた。

次に、第30位葉に同化させた場合についてみると、沖縄100号接穂およびT-15系統接穂の両接木植物において、 $^{14}\text{CO}_2$ 供与葉身より位置的に下方の器官に ^{14}C -光合成産物が多

量に認められた。このようなことから、近縁野生種のT-15系統が接穂に用いられた場合には、上位葉身で同化された ^{14}C -光合成産物は茎頂へ、下位葉身で同化された ^{14}C -光合成産物は地下部器官に転流し易く、栽培品種の沖縄100号が接穂に用いられると、上位葉身および下位葉身で同化された ^{14}C -光合成産物は、地下部器官へ転流し易い特徴を示すことがわかった。

その際、葉身からの総転流量に関しては、両接穂植物ともに、T-15系統の台木の場合に比べ、沖縄100号が台木に用いられるとまさっており、上位葉身および下位葉身ともに総転流量については台木の影響を受け易いものと考えられる。

コロンブスとアフリカのサツマイモ

コロンブスが新世界を発見したのは1492年。そして1992年1月9日発行の『ニューズウィーク日本版』は、「コロンブスの遺産」という特集を組んでいる。

そこに「食の文化大革命」という章があり、新世界原産のトウモロコシやジャガイモ、トマト、カボチャ、トウガラシなどが、いかに旧世界の食文化に大きな影響を与えたかを詳述しているが、不思議なことに、サツマイモのことは、わずかに一行、それが黒人奴隷の食料の一つとなったとあるだけだった。

アフリカから新世界へ運ばれた黒人奴隷の食糧について、まずMary Talbotがこう書いている。

「アフリカにトウモロコシを持ち込んだのは、奴隷船の貯蔵食料として利用したポルトガルの商人だった。

在来種の穀物より育ちが早く、手間もかからないため、アフリカでもアツという間に広まった」「歴史家、ロバート・ホールによれば『西洋人はアフリカで奴隷にトウモロコシ、ヤムイモなど新大陸原産の作物を栽培させ、奴隷船用の食糧にした』のである」。

「ヤムイモ」はヤマイモのことであり、アフリカではもともと食用として栽培されていた。とくにサハラ砂漠の南の年降水量1,250ミリメートル以上の地域に多く、ヤムベルトを形成している。ちなみにトウモロコシはそれより雨量の少ない1,250ミリメートルから250ミリメートルの地域に入っている。

ところがアメリカ人は、どこでどう間違ってしまったのか、サツマイモのことをヤムと呼んでいる。しかも「新大陸原産」のヤムイモとあるからには、サツマイモと解してよからう。それを受けてJohn Schwartzが、こう書いている。

「トウモロコシやサツマイモなどは、コロンブス以後にアフリカに紹介された。やがてこれらの食物は奴隷船に乗って、新世界へUターンする」

欧米人にとってサツマイモは、ジャガイモと違いなじみがない。それをこういう特集上、むりに取り上げるとなると、奴隷の食糧ということになってしまうのであろうか。

(川越いも友の会理事・井上 浩)