

お米のはなし

お米や稲に関するちょっとした情報・豆知識を専門家が綴る「お米のはなし」の第53弾をお届けします。

(シリーズ担当: R. I.)

第53話 同化産物の転流と貯蔵

葉緑体で合成された同化産物は、細胞質でショ糖に変えられ、篩管を通って他の部位に輸送されます。

ソースとシンク

植物体内で、炭素や窒素などの資源についての受容器官をシンク sink、供給器官をソース source といいます。

シンクやソースは作物種、生育ステージにより異なります。例えばイネでは、出穂期前

のソースは光合成を行う葉であり、シンクは同化産物を貯蔵する葉鞘や稈です。一方、出穂期以降のソースは葉と葉鞘や稈となり、シンクは穂となります。シンクはその役割から成長的シンクと貯蔵的シンクに分けることもできます。成長的シンクは茎頂や根端などの分裂組織が含まれ、子実、塊茎、塊根などは貯蔵的シンクです。イネの葉鞘や稈も一時的な貯蔵的シンクといえます。植物の生長は、新たに獲得したかすでに貯蔵されている資源を、新しい器官の形成と生長のために移動させることで成り立っています。子実を収穫物とする作物で収量を向上させるためには、シンクとしての子実の容量、能力を高めると同時に、シンクへ同化産物を送り込むソース能力を高めることも必要となります。

炭素のソースからシンクへの輸送は、主に維管束中の篩管を通して行われます。炭素の輸送形態は、イネなど多くの作物では主にショ糖です。ソースからシンクへの物質輸送を引き起こす主な駆動力は、篩管の膨圧の差によって生じる圧流 (pressure flow) であると考えられています。膨圧の差は、ソース部位におけるショ糖の篩管中への積み込み

(loading) とシンク部位でのショ糖の積み下ろし (unloading) に伴う水の流入によって生じます。篩管には篩板があることにより、膨圧の格差が維持されます。ショ糖の積み込みは、エネルギーを使ったプロトン-ショ糖共輸送系などによると考えられています。

一個体中に存在する多数のシンク間では、受け入れ能力に違いがあります。例えば、イネの出穂以降では、穂が根よりも強いシンクとなります。また、ソースからの距離が近い

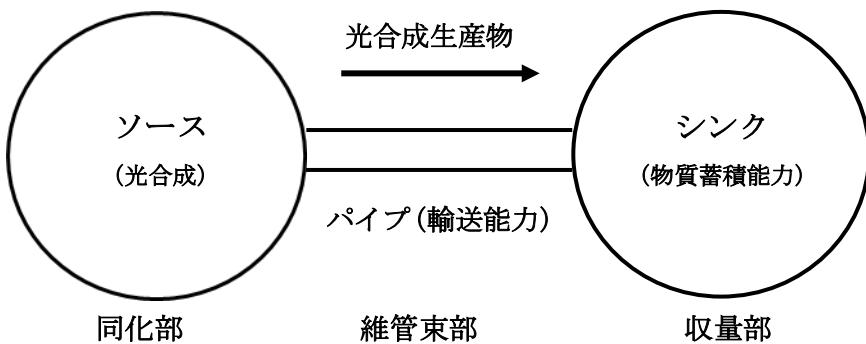


図 53-1 物質生産におけるシンクーソース関係

(出典) 新版作物栽培の基礎 (堀江武編著、農山漁村文化協会 2004 年)

ほど、形態的に維管束のつながりが強いほど、シンクの受け入れ能力は高くなります。イネでは第n葉の同化産物は第n+2葉へ転流されやすい。シンク能とソース能は互いに強く影響しあっています。イネやトウモロコシでは、シンクである穂を切除すると、ソースである葉の光合成能が低下するので、シンクの要求量に応じて光合成能（ソース能）が制御されていることを示唆しています。そのメカニズムとして、シンク能の低下による葉中のショ糖濃度の上昇があると考えられるが、その他ホルモンなどを介した制御も想定されます。子実作物の収量性の向上を図る場合、こうしたシンクのソース制御機構の解明は重要な鍵になります。（農業技術事典 NAROPEDIA by 農研機構から抜粋引用）

同化産物の転流と貯蔵

葉の光合成細胞のショ糖濃度は、近傍の篩管のショ糖濃度より高くなっています。そこで、ソース側の篩管のショ糖濃度は、シンク側の篩管のショ糖濃度よりはるかに高くなっているので、拡散によって篩管の中を移動できるが、その転流速度は、拡散速度よりも速い。これは、転流がソース側の篩管とシンク側の篩管の圧力差による液体の流れ（圧流）によってもたらされるからです。

ソース側の篩管では、ショ糖濃度が高いので浸透圧が高く周囲の水を吸収します。これによってソース側の篩管内部の水圧が高まり、ソース側とシンク側の篩管内部の圧力差によって圧流が生じ、篩管内部の液体はシンク側の篩管に移動します。

シンク側の篩管ではシンク細胞（発育中の根や果実など）にショ糖が吸収されるので、浸透圧が低下し、水は浸透圧の高い周囲の細胞に吸収されます。さらに圧力の低い導管へ移動します。

導管に入った水は、蒸散流によって移動し、ソース側の篩管に供給されます。シンクが発育中の組織であれば、取り込まれたショ糖は直ちに消費されます。一方、シンクが貯蔵組織の場合は、取り込まれたショ糖はデンプンなどの貯蔵物質に変換されます。

いずれもシンクのショ糖濃度は低下するので、篩管からのショ糖の取り込みが促進されます。

両者の変化が篩管内に圧力差を生み、ソース器官→シンク器官へ篩管内の水移動が起こり、その流れに乗ってショ糖を運びます。これは上下両方向です。

ショ糖転流の原動力は、スクローストランスポーターというポンプです。このポンプはエネルギーが必要です。篩管は導管と違い生細胞です。

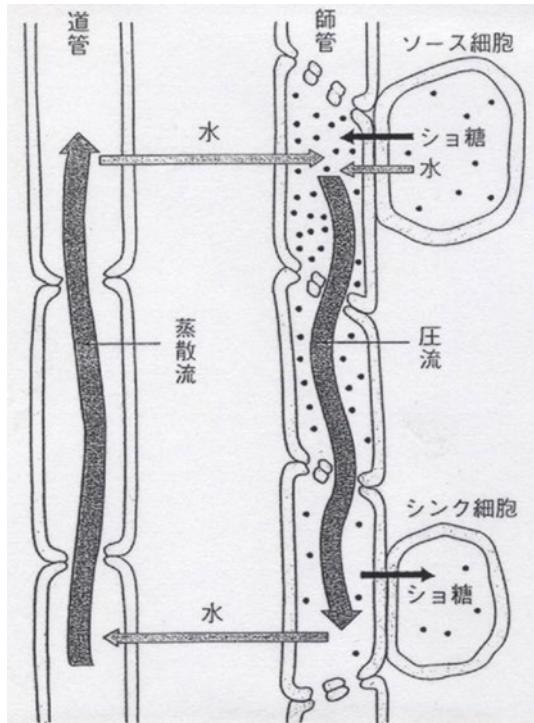


図 53-2 篩管内部の圧流によるショ糖の輸送

・はショ糖分子を表す。

(出典) 新版作物栽培の基礎

(堀江武編著、農山漁村文化協会 2004)

イネも、他の多くの植物と同様に、光合成産物の転流が、ショ糖の形で篩管を通り呼吸エネルギーを消費して行われます。転流に対して最も大きな影響を及ぼす要因は温度です。17°C以下では穂への炭水化物の転流は著しく緩慢になり、温度がそれより高いほど転流速度は早くなります。しかし、あまり高温では、転流すべき物質の呼吸による消費量が増加するため、穂への転流する物質総量は減少してしまいます。つまり、出穂後40日間の平均気温21~22°Cが転流量の適温であることが分かっています。遅延型冷害による減収の大部分は、登熟期の低温による、このような転流阻害に基づいているのです。

イネやコムギなどの多くの作物の収穫指数(子実収量/全乾物重量)は今までの約100年間で1.5倍程度向上し、貯蔵器官のサイズが増加しました。これはより大きなシンクをもつ品種・系統が選抜されるとともに、大きなシンク能を支えうるだけのソース能をもつよう育種的あるいは耕種的に改良された結果であるといえます。(光合成事典 (Web版)から引用 <https://photosyn.jp/pwiki/index.php>)

