

植物から“甘い汁”を吸う？ ～新規糖輸送体SWEETの生物工学的利用の可能性～

米倉 円佳

植物由来のバイオ燃料やバイオプラスチックなどのバイオ製品は、主として光合成産物である糖類から作られる。通常それらの糖類は植物を収穫して得た搾汁、あるいは収穫物自体のセルロースを分解するなどして得られるが、植物を生かしたまま持続的に糖を取り出すことはできないのだろうか？本稿では、最近報告されたSWEETと呼ばれる促進拡散型糖輸送体を紹介するとともに、その生物工学的利用の可能性として、排水液と呼ばれる植物体内からの溢液を介した非破壊的な可溶性糖の取り出しの可能性について記述したい。

光合成産物としてもっとも一般的な糖はショ糖である。ショ糖は葉肉細胞で合成され、維管束師部の師管を介して各器官に転流される。このショ糖は、生育のためのエネルギー源として使われるほか、一部はショ糖のまま、もしくはデンプンなどに変換され貯蔵器官に蓄積される。葉における葉肉細胞から師管へのショ糖の移動に関わる主要なタンパク質として、師管内の細胞外空間（アポプラスト）に放出されたショ糖を、 H^+ との共輸送により師管に能動輸送するショ糖トランスポーターが知られるが、それに先立って行われるショ糖のアポプラストへの放出がどうやって行われているかは長らく謎だった。しかし近年、FRET糖センサーという分子生物学的手法を用いて、シロイヌナズナの未同定膜タンパク質から、糖を細胞外に放出する活性を持つもの（sugar efflux transporter）が発見されSWEETと名付けられた¹⁾。

シロイヌナズナでは、Clade IからIVに分類される17種類のSWEET遺伝子にコードされるsugar efflux transporter（AtSWEET1～17）が存在する。これらのAtSWEETは、輸送する糖の分子種や細胞内局在性が異なっている。そのうちClade III型AtSWEETはショ糖を細胞外に放出する活性を持ち、中でもAtSWEET11とAtSWEET12は、師部柔細胞の原形質膜に存在すること、さらにこれら二つの遺伝子の二重欠損体では生育が遅延するとともに、野生型と比較して葉に糖やデンプンが過剰に蓄積することから、師部においてショ糖のアポプラストへの放出を行うsugar efflux transporterであることが示された²⁾。このほかにも、Clade I型のAtSWEET2は

根圏へのグルコースの放出制御に関わるとともに、根への病原菌感染時に発現量が上昇することから、SWEETを利用した耐病性品種の育種や新しい防除法の開発が期待される³⁾。また、Clade II型のAtSWEET8は花粉機能に必須であることや⁴⁾、Clade IV型のAtSWEET17は液胞膜に局在し葉内のフルクトース量を調節していることが明らかになっている⁴⁾。このように、SWEETは植物のさまざまな組織において糖の輸送に関与していることが明らかになってきており、糖代謝の改変を通じた作物の生産性向上を考えるうえでのターゲットの一つとして注目されている。

さてここでもう一つ、排水液（溢液）について紹介したい。朝、植物の葉に露のような水滴がついていることを見たことがないだろうか？これは湿度が高く気孔が閉じている夜間に、根から入り植物体内で余剰となった水分が、葉の先端や縁に存在する排水組織を介して溢出したもので、排水液と呼ばれる。一般に排水液には少量ながら糖、アミノ酸などの有機化合物やリン酸、カリウムなどの無機イオンが含まれている。この排水液がどのような経路で排水組織に至るのか不明な点が多いが、排水液中に含まれる有機化合物は葉内のアポプラストに由来すると考えられている。したがって、量的な問題はともかくも、湿度や光などの条件を整えばアポプラストに存在する糖を排水液として植物から非破壊的に取り出せる可能性がある。

上記の‘量的な問題’に関して、大音らは⁵⁾、Clade III型SWEETを過剰発現させることによって、排水液中の糖濃度を人為的に上げることが可能であることを示している。排水液に糖を多く含むように改変した植物の排水組織を小さな「蛇口」にして、植物を生かしたまま連続的に糖を取り出して、バイオ製品に変換する。そんな夢のような“甘い”物語も近い将来可能かもしれない。

- 1) Chen, L. Q. *et al.*: *Nature*, **468**, 527 (2010).
- 2) Chen, L. Q. *et al.*: *Science*, **335**, 207 (2012).
- 3) Chen, H. Y. *et al.*: *Plant J.*, **83**, 1046 (2015).
- 4) Eom, J. E. *et al.*: *Curr. Opin. Plant Biol.*, **53** (2015).
- 5) Ohto, C. *et al.*: PCT patent, WO 2015/099042 (2015).