



生きた植物から可溶性糖を取り出す： 糖輸送体SWEETと排水液による採取方法の検討

(生物工学会誌, 第96巻, 第3号, 129-136, 2018)

米倉 円佳^{1*}・青木 直大²・廣瀬 竜郎^{2,3}・
大杉 立²・近藤 聡¹・大音 徳⁴

植物に蛇口をつけて、光合成によって作られる糖類（ショ糖、デンプン、セルロースなど）を、植物が生きたまま連続的に取り出す。そうすれば植物の伐採や植え替え、収穫した植物体からの搾汁・抽出や収穫物の分解・発酵を行うことなく、微生物が資化しやすいショ糖、ブドウ糖、果糖などの可溶性糖が得られ、バイオ製品のコストダウンにつながるのではないかと、そんな発想から本研究に着手した。

筆者らは、生きたままの植物から可溶性糖を取り出すための方法を2段階に分けて考えた。第一に、葉の細胞内で生産される可溶性糖を細胞外（アポプラスト）に出す方法、第二に、可溶性糖をアポプラストから植物体外に取り出す方法である。筆者らはまず、第一の課題の解決法として、近年発見された糖輸送体であるSWEET (Sugars Will Eventually be Exported Transporter)¹⁾に着目した。

SWEETは2010年に発見された新しいタイプの糖輸送体で、少なくともそのいくつかは、糖を細胞内から外に運ぶ活性を持つ糖排出輸送体 (Sugar effluxer) である¹⁾。シロイヌナズナのゲノムには4つのCladeに分類される17種類のSWEET遺伝子 (*AtSWEET*) が存在するが¹⁾、これらのSWEET遺伝子は運搬する糖の基質特異性や細胞内局在性を異にすることによって、植物体内のさまざまな糖輸送に重要な役割を果たしていると考えられる。そこでまず、17種類のすべての*AtSWEET*についてシロイヌナズナ過剰発現体を作成した。その際にはカリフラワーモザイクウイルス35S遺伝子のプロモーターを用いて、各*AtSWEET*が構成的に過剰発現するようにした。

次に第二の課題に対して、葉における排水現象を利用することを考えた。排水 (Guttation) は、根による水

分吸収量が葉からの蒸散量を上回った際に、余剰となった水分が葉の先端部や周縁部に存在する排水組織を介して溢出する現象で、古くからよく知られていた²⁾。筆者らは、実験室環境下でも、排水が起こりやすい条件を整えれば安定的に排水組織からの溢出液 (排水液) を取得できると考え、植物体を十分量の無機イオン水で灌水し、根の水分吸収を促進して根圧を高めるとともに、植物体をラップで覆い、葉周辺の相対湿度を高めて蒸散量を減らしたところ、シロイヌナズナやイネから、狙った日に自由に排水液を取得することができた (ラップ法)。

*AtSWEET*のシロイヌナズナ過剰発現体について、ラップ法によって得られた排水液中の可溶性糖 (ショ糖、ブドウ糖、果糖) の濃度を調べたところ、Clade III型に分類される一群の*AtSWEET*の過剰発現体で、排水液中の糖濃度が著しく高かった。中でも*AtSWEET12*過剰発現体の排水液は、もっとも高い糖濃度を示し、単糖換算で平均 10.2 ± 2.0 mMの糖濃度を示した (野生型では 3.1 ± 0.6 μ M)。さらにClade III型のイネSWEET遺伝子 (*OsSWEET13*) をイネで過剰発現させると、単糖換算で平均 185.6 ± 32.8 mMの糖濃度の排水液が得られ (野生型では 4.9 ± 2.1 μ M)、サトウキビ搾汁の1/5程度の糖濃度の排水液を非破壊で取り出すことができた。

以上の検討により、SWEET遺伝子の過剰発現と排水液を利用することで、生きた植物から非破壊で高濃度の糖を取り出すことが可能であることが示された。今後、糖の合成能力や排水液採取の効率、栽培コストなども加味してより好適な植物種を検討することで、実用化への道が開けると期待される。

1) Chen, L. Q. et al.: *Nature*, **468**, 527 (2010).

2) Singh, S.: *Aust. J. Bot.*, **61**, 497 (2013).