



# 貧栄養環境で植物のバイオマスを増加させる新規技術開発に成功

## —貧栄養環境での栽培に適した作物の開発に期待—



中部大学 応用生物学部応用生物化学科 教授 鈴木孝征

### 植物は土壌中の無機栄養を吸収

植物は無機物である水と二酸化炭素を環境中から取り込み、太陽光のエネルギーを使って有機物をつくって生きています。私たち人間を含む全ての動物は直接または間接に植物がつくった有機物からエネルギーを得て生きており、植物は地球上の生物の命を支えていると言えます。植物が生長するには水と二酸化炭素以外にも無機塩類を必要とします。特に必要とされるものは窒素 (N)、リン (P)、カリウム (K) で、これらは肥料の主成分となっています (NPKと略されてその含量が記載される)。植物は二酸化炭素以外の栄養を根から吸収していますが、土壌中のそれらの濃度は高くはありません。植物は濃度の低い土壌中から、高い体内へと栄養を吸収する必要があります。これは一見すると物理のエントロピー増大の法則 (水に入れた砂糖は勝手に溶けるが、砂糖水から砂糖は出てこない) に反しています。

### 濃度差に逆らった物質の輸送にはエネルギーが必要

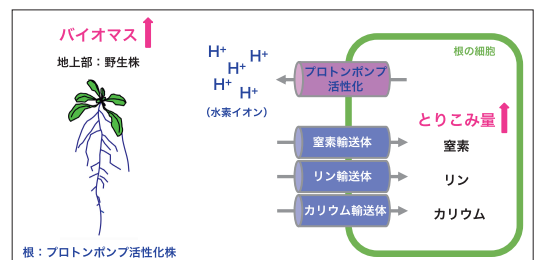
大学の生物の教科書を紐解くと、細胞の内外には多くの物質の濃度の差があり、その濃度の差は細胞が積極的に作り出していることが書かれています。細胞の内外での物質の輸送を担っているのが輸送体と呼ばれる一群のタンパク質です。輸送体はそれぞれに運ぶ物質と方向が決まっていて、濃度勾配に逆らって (濃度の低い方から高い方へ) 物質を運ぶものを特にポンプと呼びます。ポンプといえども物理法則を無視することはできないので、その輸送にはエネルギーが必要となります。ポンプには、ATP (アデノシン三リン酸) がもつ化学的なエネルギーを使うものと、別の物質の濃度勾配が

もつエネルギーを使うものがあります。植物のATPを使うポンプはほとんどが水素イオン (プロトン) を運んでいます。細胞の中にある水素イオンを細胞の外か、液胞 (細胞の中にある袋) の中へと運んでいます。その結果、細胞中の水素イオン濃度は外側よりも低くなり、細胞の外から水素イオンが流れ込もうというエネルギーを生じます。こうしてできた水素イオンの濃度勾配エネルギーで土壌中の栄養を取り込みます。細胞を包む膜上にある硝酸イオン (窒素を含む主要なイオン) の輸送体は、細胞の外側で水素イオンと硝酸イオンを捕まえ、水素イオンが細胞内へと押し込もうとする力で、硝酸イオンを細胞の内側へと送り込みます。植物のATPを使わない輸送体のほとんどは水素イオンの濃度勾配を利用して物質を輸送しています。従って、水素イオンの濃度勾配を大きくすることができれば、植物の栄養吸収を促進し、ひいては生長を促進できるのではないかと考えられます。

### 根だけでプロトンポンプを活性化

植物の生産量を上げることは、農業の生産性を上げ、人類の食料を確保することにつながります。また、地球温暖化を防止するために空気中の二酸化炭素を回収することにもつながります。多くの研究が植物の生産力向上を目指して行われていきます。前述のように、ATPを使って水素イオンを運ぶポンプ (プロトンポンプ) の能力を上げることができれば、植物の生長を高めることができるのではないかと考えられてきました。先行する研究は、稲のプロトンポンプの量を増やしたところ、無機窒素の取り込みが増え、植物の生長と生産量が上がったことを報告しました。一方、シロイヌナズナやタバコ

を用いた同様の試みでは、植物の生長を改善する結果にはなりません。プロトンポンプの量が増えても、その活性が別に調節されているためと考えられています。シロイヌナズナには *OST2* という遺伝子があり、そのある変異 (*ost2-2D*) はプロトンポンプを活性化するという結果が報告されていました。しかし、*ost2-2D* 変異は葉にある気孔を開きっぱなしにしてしまい、植物が乾燥に弱くなるという欠点がありました。鳥根大学の蜂谷卓士助教らは、この *ost2-2D* を根だけで発現させる方法を試しました。*ost2-2D* を持つ変異体の根と野生型株の地上物を接ぎ木し、根では *ost2-2D* の働きでプロトンポンプが活性化しつつ、地上部は普通の植物となることを狙いました。その結果、無機塩のとりこみが増えつつ、気孔の開閉は正常に制御される植物ができました。特に栄養の乏しい培地で育成したとき、野生型株同士の接ぎ木よりも大きく生長するようになりました。今回の研究では根だけで *ost2-2D* を働かせるために、接ぎ木の技術を利用しました。実際に農業に応用する際には、接ぎ木は熟練の技術と手間を必要とするので、大量に生産される穀物には向いていません。一方、果実のように一株からたくさんの実ができ、数年にわたって収穫できるようなものには接ぎ木は向いていると思います。穀物に応用するには、根だけで *ost2-2D* が働くように遺伝的な改良をした作物をつくる必要があるでしょう。



本研究で開発した根特異的な細胞膜プロトンポンプ活性化株の概略図