

明日への
トビラ

Vol. 4

植物の光合成能力を 増強する「グルタチオン」

収穫量が飛躍的に向上、CO₂削減にも貢献

植物は空気中の二酸化炭素（CO₂）を取り込み、光合成によってデンプンや糖などの有機物をつくり出す。岡山県農林水産総合センターの小川健一さんは、グルタミン酸など3種類のアミノ酸が結合した「グルタチオン」という物質が、光合成プロセスを大幅に促進させることを発見した。食糧の増産や大気中のCO₂削減にもつながる、この画期的なアイデアの実用化を目指している。

オーストラリアでのユーカリの試験を調査する小川さん(中央)と研究グループのメンバーたち。



意外なところから始まった 新発想の研究

グルタチオンは動植物の細胞内に広く存在する物質だ。日本では医薬品として扱われ、米国などではサプリメントとしても販売されている。一方で、抗酸化機能をもつ物質としても知られている。例えば、植物が光合成を行う過程では、酸素の一部が化学変化し、活性酸素を発生させる。これは細胞の損傷にもつながるとされ、一般的には生物にとって“毒”になると考えられている。植物にもともと存在するグルタチオンは、その毒を抑える抗酸化作用の役目を担う。

ところが2000年頃、活性酸素や抗酸化物質の研究を行っていた小川さんは、活性酸素は必ずしも“毒”ではなく、植物の生育を促進する面もあることに気づいた。さらに研究を続けるうちに、グルタチオンが抗酸化物質として働くだけでなく、活性酸素の生理作用を促し、植物の生育や光合成の活性化にもプラスの効果をもたらしていることを発見した。

「植物にグルタチオンを与えることによって、光合成の能力をよ

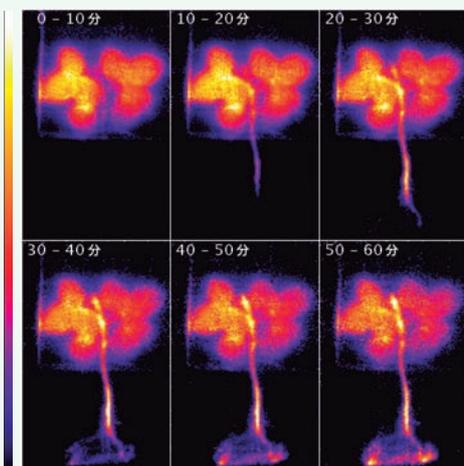
り増強させることができるのではないか」と考えた小川さんは、やがて「従来とまったく発想の異なる研究」に取り組むことになった。

植物が光合成によってつくり出した物質は、植物の体内を移動し、例えばイモ類のように根の部分に蓄積したり、成長のための栄養になったりする。「最初にグルタチオンを植物に与える実験をしたとき、光合成でできた物質の移動量が明らかに多くなっていることがわかりました」。その様子を映像で観察したところ「『本当かな?』と疑いたくなるほどの量で、実際に映像で見た瞬間は感動しました」と当時を振り返る。



大豆やユーカリで効果を実証

予測は的中した。グルタチオンには光合成を促進したり、光合成によってできたものを効率よく移動させたり、蓄積したりする効果があることがわかった。これを実用化すれば、食糧の増産はもちろん、パルプやバイオエタノールの原料など、バイオマテリアル（生体材料）の応用促進にもつながるし、CO₂の削減にも寄与できる。



放射性同位体で標識された二酸化炭素ガスを用いて、光合成でできた物質（炭素化合物）が大豆の中を移動の様子をとらえた画像例。葉で合成された炭素化合物は約10分間で茎へ、約30分で根へと転流している。グルタチオンを与えた実験では、炭素化合物の移動量の増加を確認できた。スケールバー（左）の色は標識炭素量を表し、明るい色ほど多く、暗い色ほど少ないことを示す。

大豆畑での試験の様子。





トウモロコシでの実験結果。グルタチオンを使用した左の例では、1粒の重さや全体の粒の数が増加し、収穫量が大幅に増加した。



ユーカリに対してグルタチオンを使用した例(左)と使用しなかった例(右)の比較。横に立つ人と比べてみると、グルタチオンを使用した場合の成長の速さがよくわかる。

なぜ植物の光合成プロセスに効果をもたらすのか。メカニズムは、未だ判明していない部分もある。一方で、大豆やユーカリなどを用いて、北海道やオーストラリア、ベトナムなどの国内外で大規模な試験が進行している。大豆は食糧のほかに、ディーゼル燃料の一部として使える。ユーカリは、紙の原料のパルプのほか、バイオプラスチックの原料にも利用されている。

「大豆は単位面積当たりの収穫量がまだまだ低く、ユーカリは生産性が高いことで知られています。グルタチオンが生産性の高いものだけに効くのか、低いものにも有効なのか、そのような観点からも、この2種には特に注目しています」と小川さん。さらに、世界的に見ると大豆の栽培面積は非常に広大であり、効果を実証できればインパクトは大きい。

これまでのフィールド試験の結果、10～40%と飛躍的にバイオマス（植物由来資源）収量が増大することを確認している。さらに、植物の遺伝子改変と組み合わせることで、光合成能力を向上させる実験も進行中だ。グルタチオンのメカニズム解明は「農業革命」のきっかけになると小川さんは期待を寄せている。

けでよい。ただし、その効果を十分に生かすには、「与えるタイミングが重要」だという。一般的な肥料のように栄養分そのものではないからだ。栄養分の吸収や光合成を促進させるために、最も効果的な時期や方法を理解し、うまくコントロールしなければならない。

また、植物によって与えるタイミングが異なる。光合成でできた物質が、いつ、どのように移動するかなど、発達過程ではさまざまなことが関連している。そこで小川さんたちは、使用する時期などを管理し、確実に収量を上げる生産システムを開発中だ。「2020年までの実用化が目標です」と語る表情には、確かな手ごたえがうかがえる。グルタチオンを用いた商品は2012年に肥料登録され、試験販売をスタートさせた。

植物の大規模な生産性向上は、大気中のCO₂削減とも結び付いている。「私たちの技術が世界の主要な生産地で使われた場合、日本のCO₂総排出量の約5%相当分を削減できると考えています。さらに今後の技術開発によって、10%以上の抑制を目指します」。小川さんの描くビジョンは世界へ広がっている。食糧不足や地球温暖化は、今日、人類が直面する大きな課題だ。植物の力を引き出す「グルタチオン」がどのように貢献してくれるか、その成果に期待したい。

2020年までの実用化を目指す

グルタチオンの取り扱いは非常に簡単で、肥料のように土壌にまいたり、葉に散布したりするだ



グルタチオンには「酸化型」と「還元型」と呼ばれる2つのタイプがある。袋に入った粒状のものは、土壌に埋め込んで使い、粉末のものは、水に溶かしてスプレーで噴霧して使う。

小川 健一 おがわ・けんいち
岡山県農林水産総合センター
生物科学研究所植物レドックス制御研究グループ
グループ長

1993年、京都大学農学部卒業。95年、京都大学大学院理学研究科植物学専攻修了。日本学術振興会特別研究員、東レ株式会社勤務などを経て、98年より岡山県生物科学総合研究所（現・農林水産総合センター生物科学研究所）勤務。2009年より現職、CREST「CO₂固定の新規促進機構を活用したバイオマテリアルの増産技術開発」研究代表者。