



水稻 (C3 型) とトウモロコシ (C4 型光合成)

—地球温暖化対策?—

<https://l-hospitalier.github.io>

2021.8

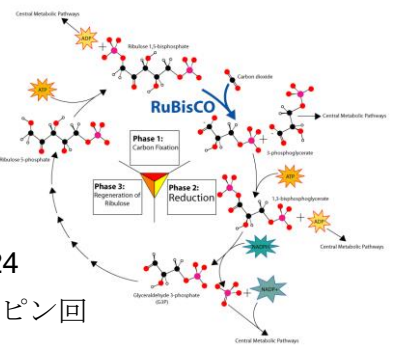
感染対策の基礎知識

#290

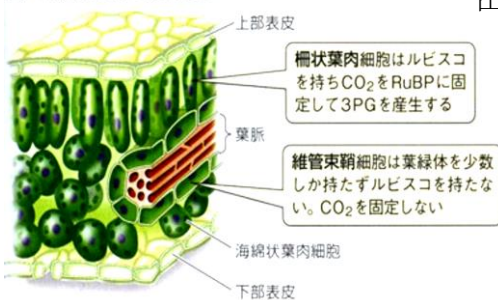
【光合成】植物の光合成は太陽エネルギーを固定する唯一の方法で、全ての生物はエネルギー取得をこのシステムに依存する。光合成には明反応 (light reaction) とカルビンとベンソンが解明した暗反応 (dark reaction、右下図) があり前者が光エネルギーの固定、後者が糖合成を担う。明反応は光化学系 I (PS I) で 700 nm 以下の波長の光で NADP^+ を NADPH に変換、光化学系 II (PS II) で 680 nm 以下の波長の光で H_2O から電子を取り去り H^+ (と O_2) を生成、 NADPH と ATP を産生する。暗反応の収支は NADPH と ATP を使って $6\text{CO}_2 + 12\text{NADP} + 18\text{ATP} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{NADP}^+ + 18\text{ADP} + 18\text{P}_i$ 。明反応からの最終的収支は $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ 。 **【RuBisCo、ルビスコ】** リ

ブローズ-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase) は地上で最も多いタンパク質で暗反応 (カルビン回路) の CO_2 固定の中心。 **【C3 型と C4 型植物】** 世界 3 大穀物はトウモロコシ、小麦、米。この中ではトウモロコシだけが C4 植物で他は C3 型。イネ科植物のトウモロコシやサトウキビは 28°C 以上の高温乾燥で効率よく CO_2 を吸収、 O_2 と糖を産生。 28°C 以下では C3 植物は光吸収が無い時 ATP 18 分子で 6 単糖を 1 分子合成し C4 の 24

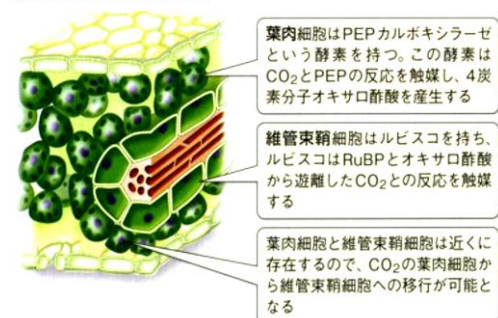
分子より高効率。1950~60 年に **コーチャック** と **カルピロフ** によりカルビン回路の前段階に炭素 4 原子 (C4) の **オキサロ酢酸** を経由する CO_2 を濃縮、固定する回路が示され、1966 年に **MD ハッチ** (豪) と **CR スラック** により詳細が明らかになった。カルビン回路だけで糖合成する植物はルビスコにより 5 炭素のリブローズ 1,5-ビスリン酸に CO_2 が結合して 2 分子の 3-ホスホグリセリン酸 (3 炭素) を生成するので C3 植物と呼ばれる。C4 植物でも CO_2 固定はカルビン回路によるが、前処理として葉肉細胞の **ホスホエノールピルビン酸 (PEP)** カルボキシラーゼで CO_2 を PEP に結合して 4 炭素の **オキサロ酢酸** を合成 (植物によってはリンゴ酸に変換)、維管束鞘細胞へ輸送する。リンゴ酸やオキサロ酢酸は維管束鞘細胞でリンゴ酸デヒドロゲナーゼにより CO_2 を放



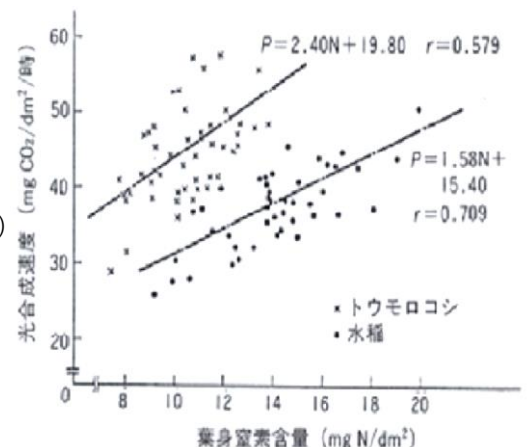
A) C₃ 植物の葉の細胞配列



B) C₄ 植物の葉の細胞配列



出。維管束鞘細胞にはルビスコ (カルビン回路) があり糖の合成を行う。この前処理系により C4 植物では高温乾燥時に気孔を閉じていてもカルビン回路に持続的に CO_2 を供給できる (C4 植物は維管束鞘細胞が発達しており見た目に葉脈が太い)。C4 植物は高温乾燥に強くトウモロコシは熱帯、亜熱帯の主要穀物。小麦や水稻も PEP の遺伝子配列を持つので C4 経路の起源は古いと思われ、進化の過程での選択であろう^{*1}。右は C4 / C3 の比較。乾燥に強いサボテンなど多肉植物で CAM 型光合成 (Crassulacean Acid Metabolism) を行う植物もある。



*1 EU は 3 to 4 project で稲の C4 化を研究中。