

第13回 光環境1:光強度の変動に対する植物の適応

●講義の目的

光強度の変動に対する植物の適応機構を学習する。

●講義の要約

1. 葉緑体色素は主に青色光と赤色光を吸収する。
2. 太陽からの入射エネルギーのおよそ 5%しか炭水化物合成に利用されない。
3. 光環境に対して形態的適応を行う場合がある(葉序, 葉面の角度の調節, 避陰反応, 陽葉と陰葉)。
4. 柵状組織細胞と海綿状組織細胞とでは, 形態や光吸収において違いがみられる。また, 呼吸速度, 補償点, 光飽和点, 光合成速度にも違いがみられる。
5. 過剰光は植物に光障害を起こさせる。

●Q&A

Q: プリント 2-1①の Engelmann の実験のところがちょっと分かりませんでした。

Q: スペクトルの作用が分からないんですけど。

A: (a)はプリズムで各波長に分けた光を葉緑体色素(チラコイド膜から分離した精製標品)がどの程度吸収するかを示した図です。色素によって最大吸収波長が異なります。(b)は葉緑体に各波長の光を当て、発生した酸素量をプロットしたものです。この図は、作用スペクトルとよばれます。光化学反応はクロロフィル a だけではなく、補助色素であるクロロフィル b やカロチノイドが光量子を吸収しても起こるため、作用スペクトルは各葉緑体色素の吸収スペクトルを合わせたようなカーブとなり、吸収スペクトルに比べてなだらかです。(c)の Engelmann の実験では、まず繊維状の藻類にプリズムを通した光を当てます。青色や赤色の光が当たっている葉緑体は活発に光合成を行い、酸素を細胞外へと放出します。好気性細菌は酸素濃度が高いところに集まる性質があるため、青色光や赤色光が照射されている箇所集まります。細菌の集積度合いが作用スペクトルの山と良く似ているわけです。

Q: プリント 2-1①で、400～500 nm のところのクロロフィルは緑色以外を吸収するのでしょうか？

A: クロロフィルは緑色光を全く吸収しないというわけではありません。吸収された緑色光も光合成に使われます。したがって、一部の細菌は緑色光の所でも生育するわけです。でも、細菌数は他の波長領域に比べて少ないです。

Q: 光合成に緑の光が選ばれなかったのはなぜですか？ また、赤外線、紫外線はどうでしょう？

A: 東大の園池先生の回答がありますので、参考にしてみてください。

(<http://www.biol.s.u-tokyo.ac.jp/users/sonoike/faq.htm>)。「Q:クロロフィルはなぜ緑色の光を吸

取しないの？」他にもいろいろな光合成に関する質問に答えておられます。

Q: プリント 2-1⑦のグラフがよく分かりませんでした。横軸の波長が何の波長なのか？

Q: R/FR のグラフの意義がよく分からなかったです。

Q: 避陰反応の R/FR についてよく分からなかったので知りたい。

A: 図 a の縦軸に書いた R/FR は消して下さい。グラフは太陽光と葉を通過してきた太陽光のエネルギーが各波長でどう異なるかを示しています。太陽からの光は可視光領域の光をほぼ等分を含みます。プリント 2-1①に示されているように葉緑体は 400-500 nm および 600-700 nm の光を主に吸収して光合成を行います。したがって、植物の葉や茎の組織を透過した光やそこで散乱された光の相対的なエネルギー強度は、葉緑体色素による吸収のため、400-500 nm および 600-700 nm で低く、500-600 nm および 700 nm 以上で高くなります。ところで、植物の茎の伸長には「フィトクローム」とよばれる色素タンパク質が関与しています。フィトクロームは赤色光 (R: 660 nm 前後) と遠赤色光 (FR: 700 nm 以上) により活性型と不活性型の間を可逆的に転換します。図⑥に示されているように、R/FR 比は太陽光では 1.2 であるのに対して、葉を通過した光では R/FR 比の減少が見られます (ツタの木陰では 0.13)。このような条件下ではフィトクロームは不活性型に傾きます。これが原因となり、茎の伸長が促進され、他の植物が作る陰から逃れようとする避陰反応が起こります。

Q: 柵状組織細胞だけで光を使うのではなく、海綿状組織細胞にも光を渡すと聞きましたが、光を最大限利用するということを考えると、柵状組織細胞で利用できる光は全て利用した方が良く思うのですが、どうして下の海綿状組織細胞に回すのでしょうか？

A: ほとんどの光は葉の表側の 1-2 層 (柵状組織細胞) で吸収されてしまいます。海綿状組織細胞は柵状組織細胞で吸収されず通過してきた光を捕獲するのに都合の良い構造をしています。すなわち、不規則な形をしている海綿状組織細胞では光散乱がおきやすく、クロロフィルが光を吸収する機会を増大させています。表側にある柵状組織細胞は光を散乱しにくいですが、このことは葉は表側から当たった光を反射光として逃がしにくいことを意味します。以上より、葉全体の光吸収率を大きくさせるために、葉肉が柵状組織と海綿状組織に分化していることには意味があると言えます。

Q: どのように陽葉と陰葉とに分かれるのですか？

Q: 陽生植物の葉は全て陽葉なのですか？

A: 陽生植物とは明るい場所を好んで生育する植物のことで、反対は陰生植物です。一方、陽葉は明るい光環境のもとで発生する葉であり、陰葉に比べて高い光合成能力を備えています。陽葉・陰葉は、葉の発生段階の光環境によって決定されるので、陽生植物・陰生植物とは区別して考えた方が良いでしょう。柵状組織の形態は、その葉が受ける光環境ではなく、既に展開した

葉の光合成環境によって決定されるが、葉緑体の性質は、その葉のおかれた光環境によって決定されると言われています。

Q: プリント 2-1⑨で、陽葉の葉緑体は内部のCO₂濃度を高く維持するため細胞間隙に面した部位に存在するとありますが、なぜ細胞間隙に面して位置すると葉緑体内部のCO₂濃度を高く維持できるのですか？

A: 細胞間隙から細胞壁および細胞膜を通過したCO₂は、サイトソル溶液中に溶けた状態で存在します。ところが、水中におけるCO₂の拡散抵抗は空気中の 10,000 倍ほどあり、葉緑体ストロマ内のRubiscoまで達するのは容易ではなくなります。したがって、葉緑体がCO₂をよりたくさん吸収するためにはなるべく細胞溶質中での移動距離が少ない方がよいわけであり、葉緑体は細胞間隙に面して位置しているわけです。

Q: 孔辺細胞にも葉緑体があるのはなぜですか？

A: 孔辺細胞の葉緑体も光合成を行います。その活性は葉肉細胞の葉緑体に比べて低いです。葉緑体内には夜間デンプンが蓄積されますが、デンプンの加水分解で生じるリンゴ酸が液胞に蓄積すると、液胞内の浸透圧が高まり、細胞外からの水の流入、気孔の開孔が起こります。

Q: なぜ表皮には葉緑体がないのですか？

A: 通常、孔辺細胞を除いて表皮は葉緑体をもちませんが、シダや水生種子植物では葉緑体をもつものもあるそうです。表皮は植物体が水分を失うのを防ぎ、内部組織の物理的保護を行うのが、主な役割です。効率の良い光合成は内部の葉肉組織細胞に任せているわけです。

Q: 光量子って何ですか？

A: 光は波動と粒子の二つの性質をあわせもちます。波動は、波長と振動数で特徴づけられます。光の粒子は光量子とよばれ、各光量子はあるエネルギーをもちます。太陽光は様々な振動数をもつ光量子の雨のようなものだと言われます。

Q: 過剰光に対する反応は、陰葉でも陽葉でも同様に起こるのですか？

A: 過剰光に由来する活性酸素の消去は大部分の植物に備わっている防御機構ですが、葉緑体の逃避運動を行わない植物もあります。