

第15回 光環境3:光阻害

●講義の目的

光阻害とその防御機構を理解する。また、葉緑体の光定位運動とフォトトロピンについて学習する。

●講義の要約

1. 過剰光により生じた過剰還元力により、光阻害が起こる。光阻害の原因は活性酸素の生成であるが、植物体内には活性酸素消去系が存在する。
2. 光強度に応じて葉緑体の光定位運動が起こる。弱光定位運動は弱光下での光合成効率を上げる。一方、強光定位運動は植物の光阻害を軽減する。
3. 強光定位運動には、青色光受容タンパク質であるフォトトロピンが関与する。

●Q&A

Q: 活性酸素とは、スーパーオキシド、一重項酸素、過酸化水素、水酸化ラジカルなどの総称なのですか？ それとも、スーパーオキシドのみを指しているのですか？

A: 酸化力が強い酸素を活性酸素と総称し、スーパーオキシド、一重項酸素、過酸化水素、水酸化ラジカルが該当します。

Q: 活性酸素は e^- が付加しているのですか？

A: 活性酸素は電子が足りない状態になっており、自らを安定させるために他の分子から電子を奪い安定化します。電子を奪われる分子からすると「酸素分子に電子を奪われた」ことになり、その分子は酸化されたこととなります。

Q: 過剰光に対する防御反応を全て超えた場合に、初めて光阻害が起こるのか？ それとも、徐々に起こっているのかどちらでしょう？

A: D1 タンパク質の分解などの防御反応は弱光下でもはたらいており、強光下で特異的な反応ではありません。光呼吸も過剰な還元力を消費することにより、光阻害を防ぐ役割を担っていると考えられています。

Q: 光阻害を防ぐ最終手段としての D1 タンパク質の損傷についてですが、D1 タンパク質がすぐに修復できるのなら壊しても意味がないのでは？

A: 光化学系 II の D1 タンパク質を分解することにより、光エネルギー利用能が低下し、さらなる活性酸素の生成や光化学系 I の失活を回避する安全弁となっていると考えられています。損傷を D1 タンパク質に限定して、光化学系 II の再構築に必要なエネルギーを最小限に抑えているとも考えられています。

Q: アクチン繊維はどのように葉緑体の位置を変えるのかわからなかった。

Q: 光定位運動のところで、葉緑体と結合してるアクチン繊維は細胞膜とタンパク質を介して相互作用しているとすると、葉緑体は細胞膜周辺に分布しているのですか？

Q: アクチンと葉緑体の接点での反応がよくわからなかった。

Q: プリント 2-2⑫の図が何を表しているのかがよくわからなかった。

A: プリント 2-2⑫は白黒のプリントでは良くわからないかもしれませんが、アクチン繊維は先端の方でアクチン分子が重合し、尻尾では解離が起こっており、結果としてアクチン繊維の構造がどんどん変換していることを示しています。葉緑体はミオシンモーターと何らかのタンパク質を介して結合しており、ミオシンがアクチン繊維の上を滑ることによって葉緑体の移動が起こっていると推定されています。可変的なアクチン繊維のレールをいろいろ乗り換えることで、移動方向が変化することも考えられます。またアクチン繊維は葉緑体をネット状に取り囲んでいることが観察されています。アクチン繊維は細胞膜周辺に存在するだけでなく、細胞膜と相互作用していないサイトソル中に浮かんだ状態でも存在します。したがって、その様なアクチンと相互作用している葉緑体は細胞中に浮かんでいるように見えるわけです。

Q: どんな植物でも葉緑体の定位運動はあるのですか？

A: 定位運動をしない葉緑体もあります。たとえば、 C_4 植物葉の維管束鞘細胞にある葉緑体は強光下でも維管束側または葉肉細胞側に偏って存在しています。

Q: 周辺に生えている草は光定位運動によって色が少し変わるのでしょうか？

A: 普段見かける植物の葉組織は非常に細かい多数の葉肉細胞により構成されていますから、光定位運動に伴う葉の色の変化を私達は見分けられないと思います。

Q: フォトリピンの作用が良くわからなかった。

Q: 青色光を含まない強光を加えると定位運動が起こらず、光阻害が起こるのですか？

A: 強光定位運動はフォトリピンを介して起こるので、フォトリピンが感知しない波長の強光を照射しても逃避運動は起こらないと思います。

Q: 強光定位運動を司る光受容体で、450 nm の青色光を受けると phot2 の FMN が活性化してキナーゼの活性化を促すのですか？ phot 全体としては関与するのか、良くわかりませんでした。

A: 強光定位運動にはフォトリピンのうち、phot2 が関与しています。450 nm の光を照射すると phot1 も phot2 も FMN 部分の構造変化が起こりキナーゼが活性化されます。まだ良くわかっていませんが、そのうちの phot2 のキナーゼ活性により葉緑体の強光定位運動が起こります。

Q: chup1-2 は何ですか？

A: "chup" は "chloroplast unusual positioning" の略称であり, 強光を当てても葉緑体の逃避反応が見られない突然変異体より単離された遺伝子名です. この遺伝子にコードされるタンパク質はアクチン結合部位をもつとともに, 葉緑体包膜に結合していることが判明しています. そして, *chup1* 変異体では強光定位運動が見られず, 葉緑体は細胞内の片隅に偏在しています. したがって, CHUP1 タンパク質は, 葉緑体とアクチン繊維の相互作用を司り, 光定位運動に関与していると考えられています.