

麻布大学 入試対策特別講座（生物）

【傾向・対策】

- ・ 基本的に高校の教科書の内容に忠実な出題である。
- ・ 高校の教科書の全分野から出題されている。
- ・ 知識を問う設問，思考型問題，計算問題がバランスよく出題されている。
- ・ 「適切なもの」や「誤っているもの」をすべて選ぶ（複数解答）問題が目立つ。

⇒教科書の本文内容のほか，記載されている図や表についての理解を深めておく。具体的な生物例などについても正確に記憶しておく。そのためには，教科書を分野ごとに区切って精読した上，苦手な分野についてはノート整理などを通じて正しい理解を構築していく。教科書傍用問題集を利用した問題演習は，理解の確認や問題解法のマスターにかなり有効と考えられる。

<教科書に掲載されている図版は正確に理解しておく>

1. 肝臓のはたらき

- ① 貯蔵… { グルコースをグリコーゲンに変え、血糖量調節。
血液を貯蔵し血流量調節。
ビタミンA, D(脂溶性ビタミン)の貯蔵。
- ② 合成… { 胆汁(胆液)を合成。
アンモニアからの尿素の合成
尿素回路(オルニチン回路)。⇒ 図1
フィブリノーゲン, プロトロンビンなどの血しょうタンパク質の合成。
- ③ 分解・解毒… { 赤血球の破壊。
アルコールなどの毒物の解毒。
- ④ 熱産生… 骨格筋に次いで2番目の熱産生量をもち、体温維持。

2. 肝臓とその周辺構造 ⇒ 図2, 図3

(1) 肝臓の構造

肝臓は約50万個の肝小葉からなり、1つの肝小葉は、中心静脈のまわりに約50万個の肝細胞が集まり、これを血管や胆管が取り囲んだ構造をしている。

(2) 肝臓と周辺構造のつながり

- ① 肝臓には、小腸などの消化管とひ臓からの血液が肝門脈を通して流れ込む。消化管からは吸収された栄養分が、ひ臓からは破壊された赤血球の成分が送り込まれる。
- ② 肝細胞の間には類洞とよばれる太い毛細血管があり、ここを流れた血液は中心静脈に集まって、他の肝小葉からの血液とともに肝静脈に出る。また、肝細胞の間には胆細管という管もあり、肝小葉の外側の胆管につながる。この中を流れる液体が胆汁(胆液)で、肝臓でつくられた不要な物質を体外へ排出する役割を果たす。

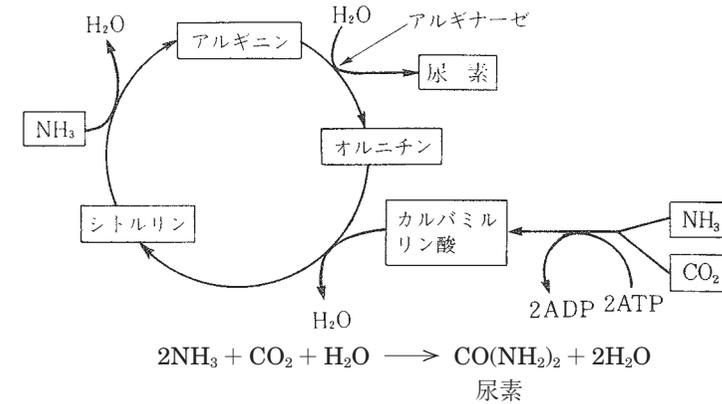
●ヒトでは体重の約 $\frac{1}{50}$ の重量をもち、体内最大の臓器である。

●胆汁(胆液)は胆のうに蓄えられ、胆管を経て十二指腸へ分泌される。脂肪を乳化することですい臓からのリパーゼのはたらきを助けるが、消化酵素は含んでいない。

●赤血球中のヘモグロビンはビリルビン(胆汁色素)に代謝される。糞便や尿の色は、ビリルビンに由来する物質に基づく。

●心臓から送り出された血液の $\frac{1}{3}$ が肝臓に流入する。肝門脈を経て肝臓に流れこむ血液の量は、肝動脈を通して直接肝臓に流れ込む量の3倍以上になる。

図1 尿素回路(オルニチン回路)



●オルニチン→シトルリン→アルギニンの順に反応が進行することは、一遺伝子一酵素説の実験で扱うアカバシカビと同じである。

●尿素は排出する物質であるにもかかわらず、その合成にATPを用いている。

図2 肝臓と周辺構造のつながり

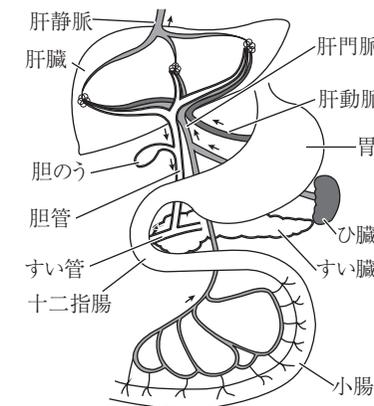
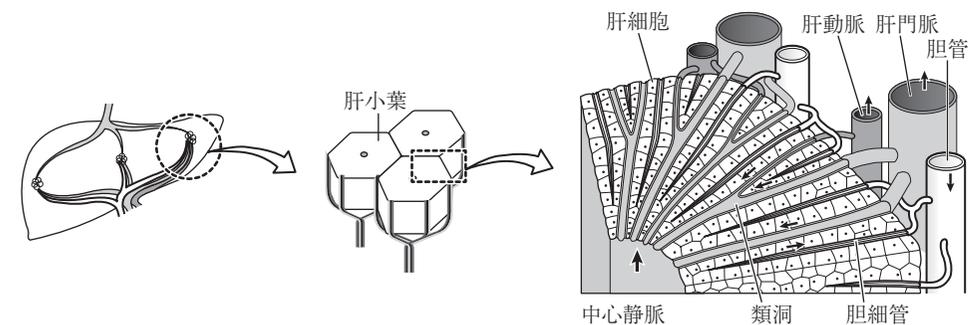


図3 肝臓への物質の出入り



●→は液体が流れる方向を示している。

<グラフは正しく理解する>

1. 酵素のはたらき

(1) 触媒作用 ⇒ 図1

…タンパク質を主成分とする酵素は**活性部位(活性中心)**で基質と結合し、**酵素-基質複合体**を形成することで**活性化エネルギー**を低下させる。

→生成物ができる速度、すなわち**反応速度**を大きくする。

(2) 基質特異性 ⇒ 図2

…**活性部位**と**立体構造**が合致するものだけが基質となる。

→酵素が触媒作用を示す**化学反応**は厳密に決まっている。

(3) 最適温度と最適 pH

① 哺乳類の酵素では、**体温**よりもやや高い温度で**酵素活性(反応速度)**が最大となる。この温度を**最適温度**といい、これを超えた高温では、**酵素活性**は急激に低下する(**失活**)。

⇒ 図3

② 酵素はそのはたらく環境に応じて、**酵素活性**が最大となる**最適 pH**をもつ。⇒ 図4

(4) 補酵素と補欠分子族

…ある種の酵素では、**酵素活性**を発揮するのに、**補酵素**などによばれる低分子の有機物を必要とする。

酵素との親和性が低く、**透析**によって**酵素本体**と分離できるもの

…**補酵素**

例) **NAD, NADP**

酵素との親和性が高く、**透析**によって分離できないもの

…**補欠分子族(補欠分子団)**

例) **FAD**

● 常温・常圧の生体内で、円滑な化学反応が進行する際には、優れた触媒である**酵素のはたらき**が欠かせない。

● 反応速度に変化を及ぼすが、平衡状態には影響を与えない。

● 温度や pH で**酵素活性**が変動するのは、主に**酵素の活性部位**の立体構造がその影響を受けて**変化(変性)**するからである。

● **透析**…一定限度以下の低分子の溶質だけが透過できる半透膜(透析膜)を用いて高分子物質と低分子物質とを分離する操作。

● **酵素本体**から分離した**補酵素**は、熱に安定な性質をもつことからタンパク質ではないことがわかる。

● **酵素本体**のみを**アポ酵素**、**アポ酵素**と**補酵素**が結合したものを**ホロ酵素**とよぶことがある。ホロ酵素になってはじめて、**酵素活性**を示す。

● **ビタミン B 群**は体内で**補酵素**としてはたらくものが多い。

● **補欠分子族**は**金属元素**を含むことが多い。

● **ヘモグロビン**のうち、**グロビン**(タンパク質)と結合している**ヘム(鉄を含む色素)**は**補欠分子族**である。

● **補酵素**、**補欠分子族**のほか、**酵素活性**の発揮に必要な**金属元素**を含めて、**補助因子**と総称される。

図1 活性化エネルギーと酵素反応

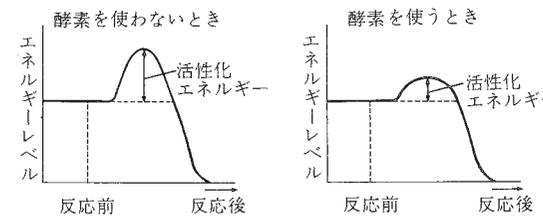


図2 酵素の示す基質特異性

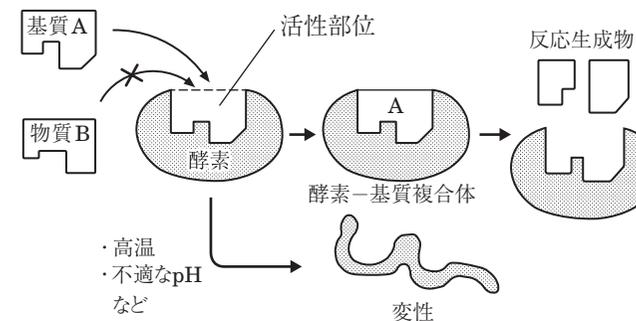


図3 酵素作用と温度

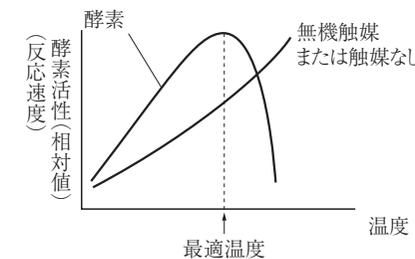
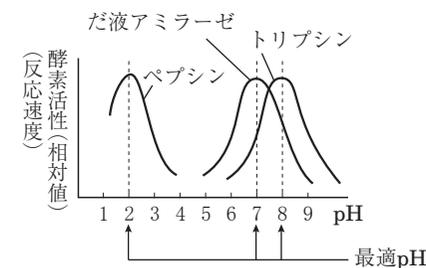


図4 酵素作用と pH



● **活性化エネルギー**を低下させることで**反応**が起こりやすくなる。

● 酵素が作用する物質を**基質**、**反応**によってつくられる物質を(**反応**)**生成物**という。

● **基質**と**酵素**の関係はしばしば**鍵と鍵穴**の関係に例えられる。**活性部位**の立体構造と合致するものだけが、その酵素にとっての**基質**となりえる。

● **最適温度**をこえると急速に**立体構造**の**変化(変性)**が進み、**酵素**としての機能が失われる(**失活**)。

● **無機触媒**は、**最適温度**をもたず、**pH**の影響も受けにくい。

● **ペプシン**は **pH 2**、**だ液アミラーゼ**は **pH 7**、**トリプシン**は **pH 8** が**最適 pH**である。

● **ペプシン**は**塩酸性**の胃液中で、**トリプシン**は**炭酸水素ナトリウム**が豊富に含まれる**すい液**中ではたらく**タンパク質分解酵素**である。

● **タンパク質** → **ポリペプチド(ペプトン)**
↑
ペプシン, トリプシン
ペプシンによるタンパク質の分解産物は、**ペプトン**とよばれることがある。

● **デンプン(アミロース)** → **マルトース(麦芽糖)**
↑
アミラーゼ

2. 酵素反応に関するグラフ

(1) 基質濃度と反応速度の関係 ⇒ 図5

- ① 図中A…基質濃度を高めるにつれて反応速度が大きくなるのは、溶液中の酵素-基質複合体濃度が増加するから。
- ② 図中B…ある基質濃度以上になると反応速度がほぼ一定となるのは、溶液中のほとんど全ての酵素が基質と結合しているから。

(2) 時間と生成物量の関係 ⇒ 図6

- ① 図中C…基質が十分に存在する時間内では、時間に比例して生成物量が増加する。
- ② 図中D…十分時間が経過すると生成物量が増加しなくなるのは、基質量と生成物量の比が平衡に到達したから。

(3) 基質濃度と反応速度の関係のグラフに、基質と立体構造が似た物質(阻害物質)を加えた場合 ⇒ 図7, 図8

- ① 図中E…基質濃度が低いとき：わずかの基質に対して多くの阻害物質が存在し、酵素の活性部位の多くは競争的阻害剤と結合してしまう。
→阻害の程度が大きく、反応速度が著しく低下。
- ② 図中F…基質濃度が十分に高いとき：多量の基質に比べると阻害物質の割合は低く、酵素の活性部位の多くは基質と結合できる。
→阻害の程度が小さく、反応速度の低下は無視できる程度。

●酵素反応速度は、溶液中の酵素-基質複合体濃度に比例する。

●溶液中のほとんど全ての基質が生成物に変化した、と考えてもよい。

●基質と立体構造が似た物質(競争的阻害剤)は、酵素の活性部位を基質と奪い合うために、酵素反応を阻害する(競争的阻害)。

●活性部位とは別の部位に作用し、反応速度を低下させる物質は非競争的阻害剤とよばれる。非競争的阻害剤を反応系に加えた場合、基質濃度を上昇させても反応速度は回復しにくい。⇒ 図9

図5 基質濃度と反応速度の関係

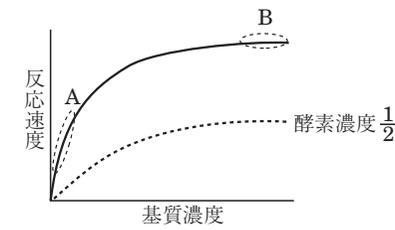


図6 時間と生成物量の関係

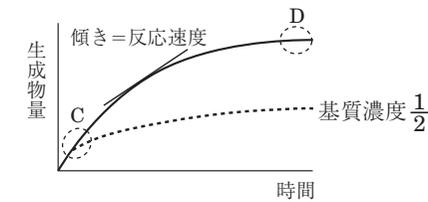


図7 競争的阻害剤の影響

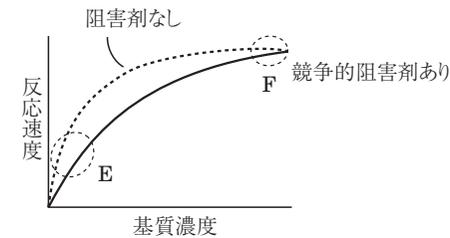


図8 コハク酸とマロン酸

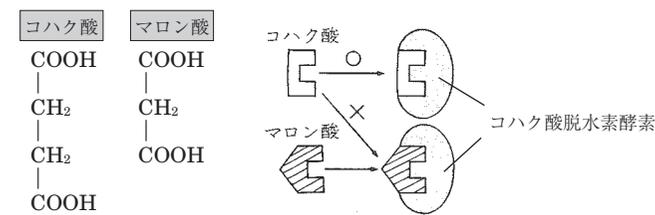
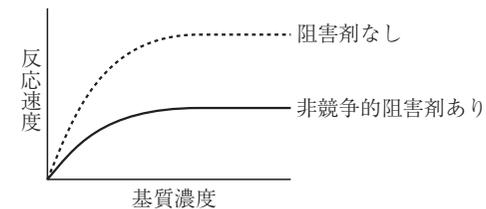


図9 非競争的阻害剤の影響



●実線のグラフに比較して酵素濃度を半分にすると、点線のグラフを得る。ほぼすべての基質濃度領域で酵素-基質複合体濃度が半分となり、反応速度も半分となる。

●単位時間当たりの生成物量は反応速度に相当する。

●実線のグラフに比較して基質濃度を半分にすると、点線のグラフを得る。酵素濃度は変化していないため初めの反応速度はほとんど変わらないが、最終的な生成物量は半分となる。

●競争的阻害剤は酵素に不可逆的に結合するわけではない。

●コハク酸(基質)に立体構造が似たマロン酸は、コハク酸脱水素酵素の競争的阻害剤となる。

3. アロステリック作用によるフィードバック調節

⇒ 図10

…生体内では、ある反応系の産物はその反応系の前方に位置する酵素のはたらきを抑制(フィードバック調節)することで、反応系全体の速度が調節されることがある。このような効果を受ける酵素は、活性部位とは別の結合部位であるアロステリック部位をもつと考えられ、アロステリック酵素とよばれる。

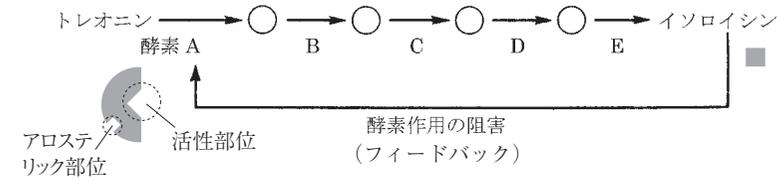
→反応系の進行を抑制するようにはたらく場合、最終生成物のつくり過ぎ、基質やエネルギーの無駄な消費を防ぐ意義がある。

●あるシステムにおいて、結果がもとに戻って何らかの影響を及ぼすことをフィードバック(調節)という。

●解糖系において、フルクトース6-リン酸をフルクトース1,6-二リン酸に代謝するフルクトースリン酸キナーゼ(ホスホフルクトキナーゼ)は、呼吸の目的物質であるATPによってその活性が抑制される。

●アロステリック効果のうち、アロステリック部位への何らかの物質の結合によって酵素活性が阻害される場合、このような阻害作用は非競争的阻害とよばれる。

図10 フィードバック調節



●酵素の活性を調節する物質(エフェクター)は、一般にアロステリック部位に結合することで、活性部位の立体構造を変化させると考えられる。

●酵素のはたらきを促進させるエフェクターも存在する。

●酵素Aの反応を抑制することでその生成物がつくられなくなり、酵素Aが作用する反応段階よりも後方の反応が抑制されることになる。

<適応的な意義を考える>

1. 植物ホルモンと植物の一生

(1) 発芽

種子や休眠芽中のアブシシン酸が減少し、ジベレリンが増加することなどで、休眠状態が解除され発芽が促進される。

(2) 栄養成長…栄養器官である茎や葉の成長。

サイトカイニンなどの作用で細胞数が増加し、葉が展開する。ジベレリンやオーキシンなどの作用で茎が伸長する。

(3) 花芽形成

フロリゲン(花成ホルモン)の作用で花芽が分化する。

(4) 果実の成長と成熟

果実は、ジベレリンの作用などで肥大成長し、エチレンの作用で成熟する。

(5) 落葉

サイトカイニンの量が減少し、アブシシン酸やエチレンの作用で離層形成が促され、落葉する。

(6) 休眠

種子や芽でアブシシン酸が増加することなどにより、休眠が促進される。

2. いろいろな植物ホルモンのはたらきと特徴 ⇒ 表1

…代表的なものだけでも、植物ホルモンのはたらきは数多く知られているが、以下に示す植物ホルモンの拮抗的な作用は、特に重要。

① 種子や芽の休眠促進と休眠打破

→種子や芽はアブシシン酸によって休眠状態を維持するが、ジベレリンによって休眠状態を打破する。

② 落葉や落果(離層形成)の促進と抑制

→アブシシン酸やエチレンは離層形成を促すことで落葉や落果を促進するが、オーキシンはこれを抑制する。

③ 茎の伸長成長の促進と抑制

→適当な濃度のオーキシンやジベレリンは茎の伸長成長を促進するが、エチレンはこれを抑制し茎を肥大成長させる。

④ 組織培養における芽や根の分化

→カルスにオーキシンを高い割合で与えると根が、サイトカイニンを高い割合で与えると芽(茎・葉)が分化する。

●アブシシン酸は、直接的に離層形成を促進するはたらきはず、エチレン合成を促すことで離層形成を促進すると考えられている。

表1 いろいろな植物ホルモンのはたらきと特徴

植物ホルモン	主な作用	備考
オーキシン	茎や根の光屈性や重力屈性に関係 頂芽優勢に関係 組織培養での不定根の分化を促進 落葉・落果を抑制(離層形成を抑制)	天然オーキシン…インドール酢酸 人工オーキシン…2,4-D など
ジベレリン	茎の伸長促進 種子や芽の休眠打破 果実の成長促進	種なしブドウの作出に利用 イネ馬鹿苗病菌から日本人が発見
サイトカイニン	細胞分裂を促進 組織培養で不定芽の分化を促進 葉の老化を抑制	人工サイトカイニン…カイネチン
アブシシン酸	種子や芽の休眠を促進・維持 気孔の閉鎖を促す	ワタの落果を引き起こす物質として日本人が単離
エチレン	茎の伸長を抑制(肥大成長促進) 葉や花の老化促進 果実の成熟促進 落葉・落果を促進(離層形成を促進)	常温で気体の植物ホルモン

- オーキシン、ジベレリン、サイトカイニンは、複数の物質の総称である。
- 2,4-D(2,4-ジクロロフェノキシ酢酸)は、除草剤や落果防止剤として農業分野に応用されている。
- エチレンは、バナナやレモンの果実を成熟させることに利用されている。
- 上に挙げた5種類の他にも植物ホルモンは存在するが、フロリゲン(花成ホルモン)が特に重要である。
- 花粉管や茎などの伸長促進、細胞分裂の促進などにはたらくブラスチノステロイド、昆虫の食害などのストレスを受けた際に、抵抗する応答を引き起こすことなどにはたらくジャスモン酸も、植物ホルモンとして知られている。

3. 種子発芽のしくみ

(1) 発芽三条件

…一般的な種子は、適温、水、酸素の発芽三条件が与えられると発芽する。

(2) オオムギ種子の発芽機構 ⇒ 図1

- ① 発芽三条件が与えられた種子の胚からジベレリンが分泌される。
- ② ジベレリンは胚乳の最外層の糊粉層(アリュールン層)に作用し、そこでのアミラーゼ合成を促す。
- ③ アミラーゼは胚乳中のデンプンを分解し、得られた分解産物(糖)は発芽の際の体構成成分およびエネルギー源として利用される。

4. 光発芽種子

…発芽に発芽三条件(適温、水、酸素)のほか、光を要求する種子。

例) レタス、タバコ

(1) 性質 ⇒ 表2

- ① 赤色光(660 nm 付近)の照射が発芽を最もよく促す。
- ② 遠赤色光(730 nm 付近)が赤色光照射の効果を打ち消す。
- ③ 発芽が促進されるか、抑制されるかは、最後に照射した光の種類によって決まる。

(2) 原理 ⇒ 図2

…2つの構造の間を、可逆的に相互転換する光感受タンパク質であるフィトクロムが関係。Pr型(遠赤色光吸収型フィトクロム)が多くなると発芽が誘導される。

●種子などが成長や活動を一時的に停止する現象は休眠とよばれる。

●胚乳中のデンプンに比べて分解産物はモル数が大きいため、種子内の浸透圧を高める。その結果、種子内への吸水がさらに促される。

●光があることで発芽が抑制される種子は暗発芽種子とよばれる。カボチャ、ケイトウ、クロタネソウなどがその代表例。

●遠赤色光のことを近赤外光とよぶこともある。

●緑葉の陰には、遠赤色光が相対的に多く到達する。何にも遮られることのなかった太陽光には、赤色光が多く含まれる。赤色光は光合成に利用しやすい光であるのに対し、遠赤色光はほとんど光合成に利用できない。光発芽種子のもつ性質には、発芽後の光合成に好適な光環境を待って発芽できるという意義があると考えられる。

図1 オオムギ種子の発芽機構

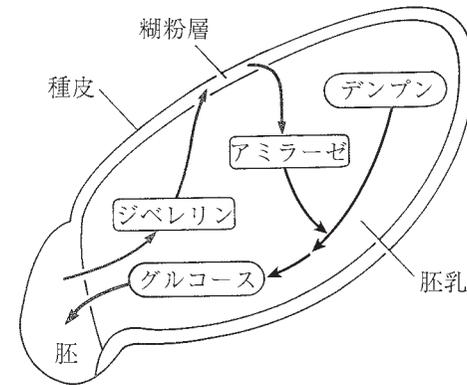
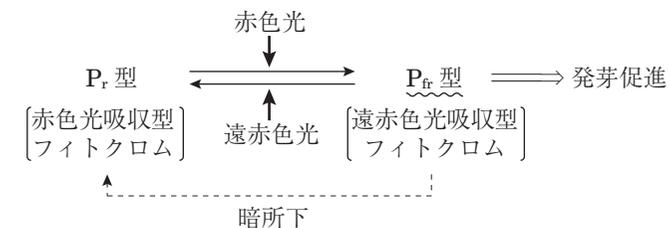


表2 エゾギシギシの種子発芽における赤色光と遠赤色光の影響

光処理	発芽率 (%)
R	81.0
R + FR	4.5
R + FR + R	54.5
R + FR + R + FR	3.5
R + FR + R + FR + R	65.0
R + FR + R + FR + R + FR	3.5
R + FR + R + FR + R + FR + R	72.5

R: 赤色光, FR: 遠赤色光

図2 可逆的に相互転換するフィトクロム



●休眠状態の種子では、アブシジン酸が蓄積するなどして、発芽が抑制されている。

●デンプンは、アミラーゼによってマルトースになり、その後グルコースまで分解される。

●エゾギシギシ…光発芽種子

●フィトクロムは光発芽種子の発芽だけでなく、花芽形成の際の光周性などにもかかわっていると考えられる。

●Pr型は安定型、Pfrは活性(不安定)型のフィトクロムであるため、暗所下に置かれた種子のフィトクロムはPr型に変化していくと考えられる。

●青色光を受容する光受容タンパク質には、フォトトロピン、クリプトクロムがあり、それぞれ気孔の開閉や光屈性、光による茎(胚軸)の伸長抑制や葉の形態形成促進などにはたらいている。

5. 吸収スペクトルと光合成の作用スペクトル ⇨ 図3

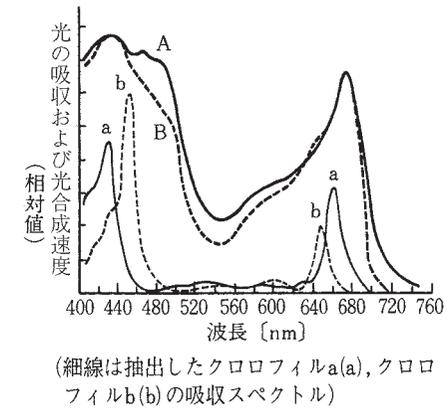
…さまざまに光の波長を変えて、波長ごとの吸収の程度を調べたものを吸収スペクトル、光合成速度を調べたものを光合成の作用スペクトルという。

→吸収スペクトル(とくにクロロフィル a の吸収スペクトル)と光合成の作用スペクトルの極大点が一致していることがわかる。

- よく吸収する波長の光は光合成に利用しやすい。
- 光合成に重要な光も、強すぎると光化学系に損傷を与えてしまうことがある。カロテノイドの一種のβ-カロテンは、このような光阻害から葉緑体を守る役割をしていると考えられている。同様にカロテノイドの一種であるキサントフィルの一部は、クロロフィルが吸収した過剰な光エネルギーを熱エネルギーに変える役割を果たしているらしい。

図3

アオサ(緑藻)の葉緑体の吸収スペクトル(A)と光合成の作用スペクトル(B)



- 青紫色(波長 400~450 nm)と赤色(波長 650~700 nm)がとくによく吸収され、緑色(波長 500~550 nm 付近)は吸収されにくいことがわかる。
- クロロフィル a や b の吸収スペクトルがほぼ0の緑色光付近でも、葉緑体の吸収スペクトルが0でなく、光合成の作用スペクトルもそれほど低くない。このことは、クロロフィル以外の光合成色素(クロロフィル以外の光合成色素(クロロフィル a を主色素とよぶとき、それ以外のものは補助色素と総称される)による、クロロフィル類が吸収できない波長の吸収が起こっていることを示すと考えるのが一般的。