

種子の休眠と発芽

藤 伊 正
(筑波大学生物科学系)

休眠の形態

多くの植物が活発な生育期にあるときよりも休眠中のほうがより強い環境変化に対する耐性を示すことから、休眠の生物学的意義の重要性は耐性の獲得にあると考えられる。

休眠 dormancy という現象は便宜的ではあるけれど器官内の生理的要因、あるいは環境要因によって生理活性が低下し、生育が停止した状態であると定義することができる。しかしここでわれわれは、環境要因の不適によってもたらされる休眠と、生理的要因によってもたらされる休眠との違いをはっきりと認識しておかなければならない。

形態的に種子は胚 embryo とそれを取りまくいくつかの構造とからなりたつ器官である。ある種の植物ではよく発達した胚乳 endosperm があり、珠皮 integument に由来する種皮 testa に包まれている。また、ある種のものでは果皮 pericarp に包まれるものもある。

種子の休眠は大別して、(A) 胚を取りまく構造に原因を求めうるものと、(B) 胚じたいに原因を求めうるものがある。さらに前者は (1) 種皮の水湿にたいする不透性に由来するものと、(2) 種皮の酸素および二酸化炭素にたいする不透性に由来するものがあり、後者では (3) 胚の未熟に由来するものと (4) 胚の代謝阻害に由来するものに分けることができる。しかし種子の休眠は必ずしも単一の原因によっておこるとは限らず、(5) いくつかの原因が共働する場合も知られ、さらに (6) 二次休眠 secondary dormancy とよばれ、発芽しうる状態になった種子が不適な環境におかれたためにふたたび休眠状態にはいるものなどがある。胚を取り巻く構造や、温度、水湿の不適など外的要因が生育に不適な場合にひきおこされる休眠は強制休眠 imposed dormancy or enforced dormancy とよばれる。これに対し、胚じたいに原因があり、必ずしも不適な外的環境が休眠の直接の原因ではない場合は自発的休眠 innate dormancy or spontaneous dormancy とよばれる。

種皮の存在が休眠の原因となっているような種子では、種皮の機械的な損傷、剝離あるいは濃硫酸などの薬剤処

理により、種皮そのものに変化を与え、休眠を打破し、発芽を容易にすることができる。自然のもとでは、砂粒による種皮の損傷、あるいは土壌中の微生物による種皮外層の侵食などが、種皮の水湿やガスに対する透過性を高めるものと考えられている。

多くの昆虫において、その発生過程の一時停止——休眠という現象が、環境に対応しておこる受動的なものではなく、むしろ積極的な現象として発生過程のなかに組みこまれているものであることはよく知られている。この休眠は変態を進行させる内分泌制御における代謝制御によってもたらされるものであり、休眠状態から脱し、変態可能な状態にもどるためにも、当然より高位の代謝制御が要求され、そのために低温経過が必要なことはあまりにもよく知られていることである。

植物の冬芽、りん茎、球茎、根茎、種子などにみられる自発的休眠の場合も、休眠を制御するタイミングまで遺伝的機構のなかに組みこまれており、発生が一定の段階に達すると、自動的に制御がおこなわれて発生が停止し、一定期間ののち、今度はそれを解く方向への制御がおこなわれて、発生の進行が再開するか、ないしは再開可能な状態になる。このたぐいの胚の休眠は動物の休眠ときわめて類似した様相を示し、休眠を解除し、発芽を誘起するために光照射を必要とし、低温処理を必要とする。多くの場合、休眠器官に含まれるホルモン類あるいは、2, 3 の生長制御物質の存在によって制御されているのであろう。

休眠の誘導・解除と生長制御物質

前述のように、自発的休眠状態にある器官は活発な生育をおこなっている組織ではたらく代謝過程のいくつかが妨げられた状態にあると考えることができる。いかに外的環境条件が満たされたとしても、胚組織内での代謝過程を妨げているいくつかのカギがはずされていないかぎり、休眠状態は維持されるであろう。われわれがこのカギの一つ一つをはずしていくことができれば、これは休眠解除につながるであろうし、それが休眠の生化学的研究の足がかりとなるであろうことは疑いもない。もし生長物質のレベルで休眠現象を考えるならば“休眠”は

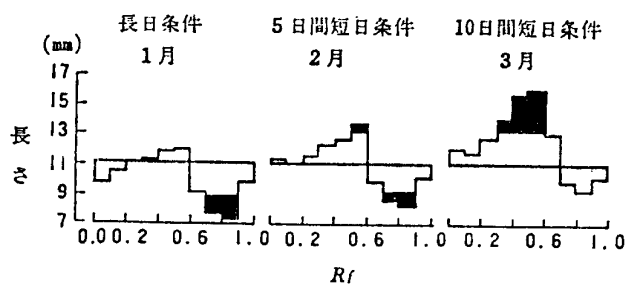


図1 クロスグリの芽に含まれるジベレリンと抑制物質の低温下における変化のヒストグラム

頂芽の抽出物をクロマトグラフにかけ、わい性トウモロコシの子葉鞘の生長反応を用いてヒストグラムをかいたもの。

(1) 生長促進物質の欠如に起因するという可能性と (2) 生長抑制物質の蓄積に起因するという可能性のうえにたって考えることができるであろう。

多くの樹木において、休眠を誘導するような処理、たとえば短日処理をほどこすと、葉および生長部位に、ある種の生長抑制物質が蓄積することが確かめられ (図1), またこの物質のレベルは冬のあいだにしだいに減少し、これと平行して休眠が解除されることが知られている (図2)。その後この生長抑制物質はアブサイシン酸 (ABA) であることが明らかにされた。ABA は強い生長抑制物質で、カバノキやサイカモアカエデなどの幼苗を ABA の溶液につけたり、あるいは茎の傷口から与えたりすると正常な休眠芽の形成が促進され、さらに長時間処理すると完全に休眠状態にはいる。

ABA は休眠種子中にも多く含まれ、種子の発芽も著しく抑制する。種子中には、このほかにも数種の発芽抑制物質が含まれていることが知られ、数多くの研究がなされているが、多くの場合、これら発芽抑制物質のレベルの変動と休眠解除とのあいだに平行関係のみられることは少なく、休眠を胚に含まれる発芽抑制物質のレベルだけで説明することは難しい。さらに休眠器官中に含まれる発芽促進物質の存在と、抑制物質と促進物質との相関関係を知らなくてはならない。

多くの樹木の休眠芽で休眠が解除されるにつれ、ABA

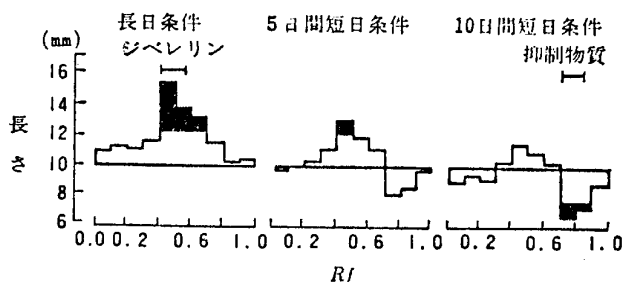


図2 クロスグリの頂芽における短日条件下でのホルモンの変化

図1参照。(EL-ANTABLY と WARING)

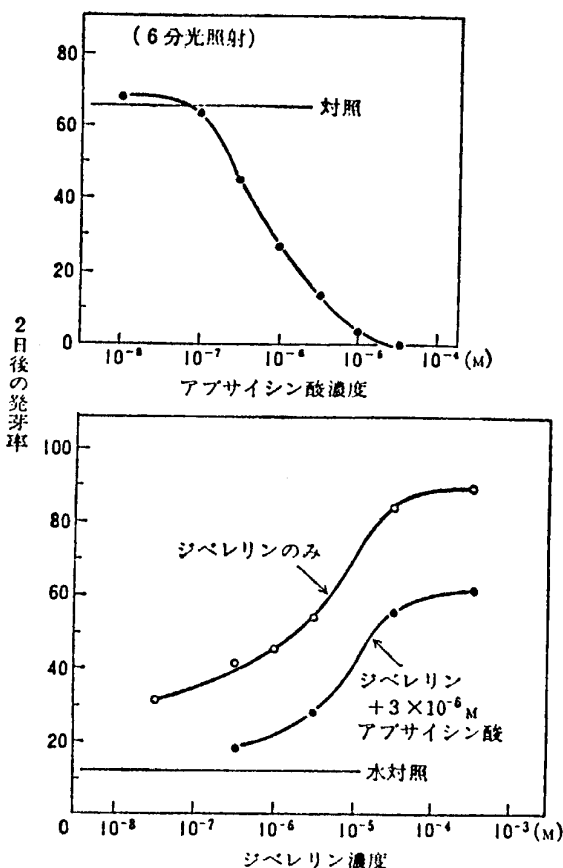


図3 レタス種子の発芽におけるジベレリン (GA) とアブサイシン酸 (ABA) の影響 (PHILLIPS, 1971)

のレベルが減少すると同時に、ジベレリン (GA) が急激に増加しはじめる事実、休眠中の幼苗を低温下におくと低温処理の長さにつれ GA のレベルが増大する事実、さらに植物体に与えた GA が休眠解除を促進し、発芽を促すという事実は、休眠解除に GA が関与することを物語るものであって、ABA と GA の二つの生長調節物質に関するかぎりにおいて、高濃度の ABA と低濃度の GA が休眠を誘導し、逆に低濃度の ABA と高濃度の GA が休眠を解除するという可能性を提起することができる (図1, 2)。この ABA と GA との相互作用は、種子の休眠および発芽にもよく知られ、ABA は著しく発芽を抑制し、GA は発芽を促進する (図3)。またジャガイモの塊茎の休眠の場合にも同様の相互作用が知られており器官は異なっても休眠および発芽の機作の類似性を示唆するものとして興味ある問題であり、これらの生長調節物質の作用機作を追求することが休眠および発芽機構の分子レベルでの解明の糸口になるものと思われる。

休眠を制御する環境要因

芽の休眠誘導を支配するもっとも重要な要因の一つに日長 day-length をあげることができる。一般に長日条件 long-day condition は栄養生長を促進し、短日条件 short-day condition は伸長生長を抑制し、休眠芽の形成

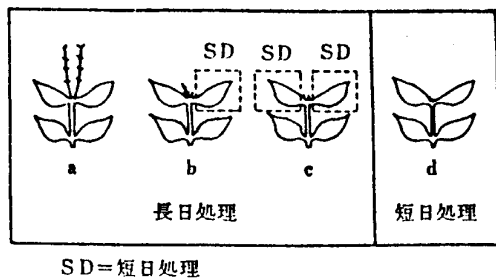


図4 アメリカヤマボウシの切枝を18時間の長日条件下 (a, b, c) あるいは12時間の短日条件下 (d) においた場合 (WAXMAN, 1957)

短日条件下では、芽は休眠状態を保ち、片側あるいは部分的に葉を短日条件下 (SD) におくと、長日条件下でも芽の生長は部分的に抑制される。

を促進すると考えられている (図4)。

長日条件下で生育をつづける植物の休眠芽形成には、花芽形成にみられる光周反応 photo-periodic response と同様に限界日長 critical daylength があり、しかも明期の長さよりむしろ暗期の長さによって休眠芽の形成が決定される。限界暗期の存在によって休眠芽の形成が促進され、暗期中に照射された低エネルギーの光中断 light-break によって暗期の効果は消失し、休眠芽の形成は遅れる。この場合、光中断の光の作用スペクトルのもっとも有効な波長域は赤色光であり、この赤色光の効果はひきつづき与えられた近赤外光によって打ち消されることから、フィトクローム phytochrome が関与していることがわかる (図5)。

今日、われわれは不幸にして、環境要因による種子の休眠誘導の制御についての知識をあまり持ちあわせていない。それは受精から種子形成にいたるまでの過程の進行と環境要因との精密な研究がなされていないことに基因するものであろう。はたして種子の休眠が日長条件によって支配されるものであるかどうかは興味ある問題であり、今後の研究を待たなければならないであろう。

一方、休眠器官におけると同様に種子が休眠状態にある場合に、 0°C に近い低温にしかも湿潤状態に数日から数カ月間その種子をさらす処理が、その種子の休眠を打破し、発芽を誘起するのに有利であることが知られてい

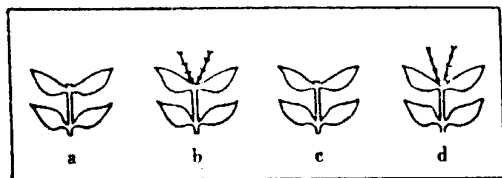


図5 カラムツの切枝に短日処理をほどこしたものの (a, b, c, d)

- b : 暗期中、短時間の赤色光を与えたもの。
- c : b 処理の赤色光照射後、短時間の近赤外光を与えたもの。
- d : c 処理の近赤外光照射後短時間の赤色光を与えたもの。

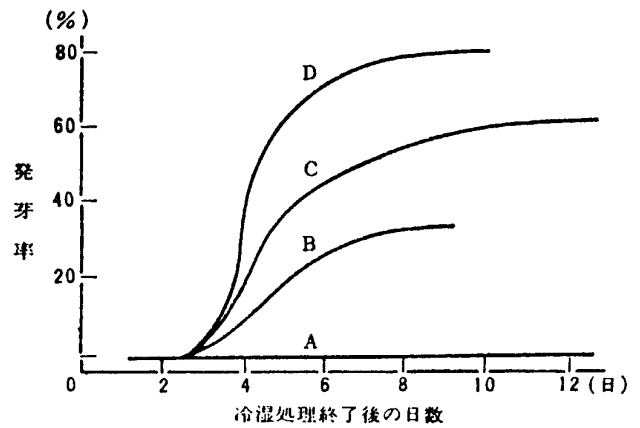


図6 イスタデ種子の発芽にたいする冷湿処理の効果

- A : 冷湿処理をしないもの。
- B : 6 日間冷湿処理をしたもの。
- C : 10 日間冷湿処理したもの。
- D : 20 日間冷湿処理したもの。

る (図6)。この処理は、一般に冷湿処理 stratification とよばれ、この期間中におこる種子内部の生理的変化が休眠という特殊な生理的状态を改善するのに役立つものであろう。しかし、この冷湿処理の休眠打破機構についてはまだ明らかな解答は与えられていない。

ジベレリンによる休眠解除の機作

種子ばかりでなく、休眠器官は発芽にともない、貯蔵物質の分解をおこない、それにより新組織形成の材料とエネルギーとを生長点部位に供給しなければならない。したがって各種酵素類の合成、活性化および不活性化が休眠解除に大きな意味をもつことはいうまでもない。

でんぷん種子として知られるオオムギの種子を水に浸漬すると、種子中の加水分解酵素とくに α -アミラーゼの活性が著しく上昇し、胚乳中の貯蔵でんぷんの加水分解がはじまる。この場合、 α -アミラーゼは胚から分泌される GA の働きにより、糊粉層の細胞で合成される (図7)。

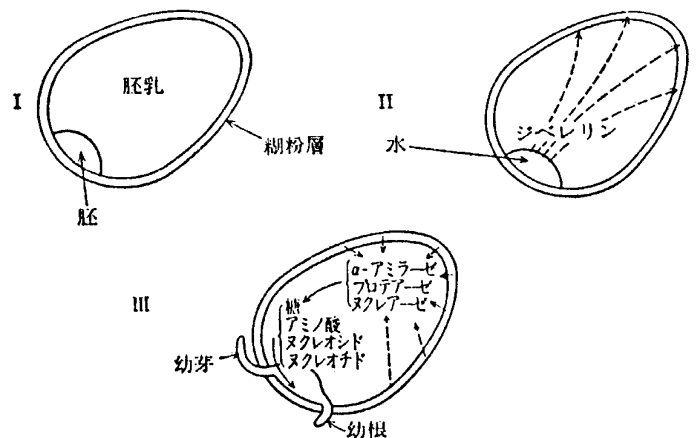


図7 オオムギ種子における加水分解酵素の合成のしくみ

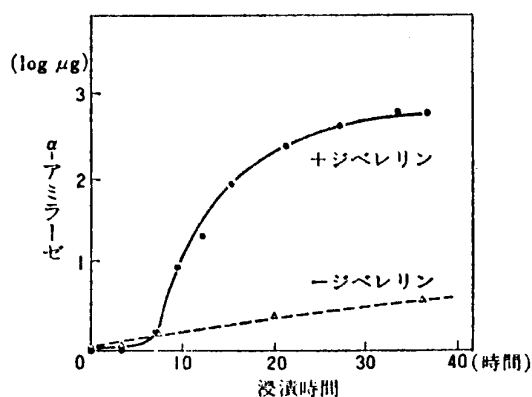


図8 オオムギ 糊粉層組織の α -アミラーゼ合成
におよぼす GA の影響

GA : 10^{-6} M.

GA 処理による α -アミラーゼの合成は, de novo 合成であり, たんぱく質合成阻剤として知られる p-フロロフェニルアラニンやサイクロヘキシイミドで処理することによって抑制され, また RNA 合成阻害剤として知られているアクチノマイシン D や 6-メチルプリンによっても抑制される. このことは GA による α -アミラーゼ活性の誘導には, たんぱく質合成さらには RNA の合成が必要であることを示唆している. 伝令 RNA (mRNA) 合成阻害剤, アクチノマイシン D の処理は, GA 処理後 6~8 時間 (α -アミラーゼ合成がはじまるまでの誘導期, 図 8) のあいだにおこなわれたときのみ効果的であり, それ以後に処理されても, α -アミラーゼの合成阻害はみられない. このことは GA 処理後 6~8 時間のあいだに α -アミラーゼの合成に必要な mRNA の合成を促していることを示している.

GA は RNA 合成の速度のみならず RNA の種類にも影響を与えているものと考えられる. GA が特定の mRNA の合成を促進するとすれば, これは特定の酵素の合成に反映するであろう. GA は酵素の合成に関する遺伝情報の発現抑制を解除する働きを持ち, この解除が休眠を打破し, 発芽過程を進行する一つの原因となっていることは確かなようである.

GA は α -アミラーゼのほかにも, プロテアーゼ, リボヌクレアーゼなど多くの加水分解酵素の合成を誘導するが, どの酵素が休眠あるいは休眠解除の key enzyme であるかは不明である. 少なくとも α -アミラーゼの合成誘導の実験例はそのモデル系として考えることができるであろう.

アブサイシン酸による休眠誘導の機作

前述のごとく, ABA は休眠芽を形成し, 種子の発芽を著しく阻害する働きがある(図 3). オオムギ種子の糊粉層で GA によりひきおこされる種々の加水分解酵素の生成を ABA が阻害し, しかもこの系において一般の RNA やたんぱく質の合成にはなんら影響をおよぼさな

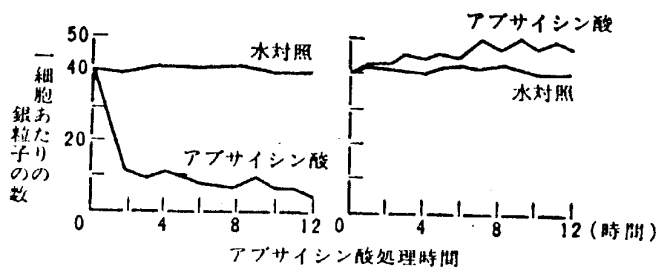


図9 アブサイシン酸 (ABA) で処理したセイヨウトネリコの胚におけるウリジン- 3 H およびロイシン- 3 H のとりこみ (VILLIERS, 1970)

幼根の分裂細胞における銀粒子をオートラジオグラフで調べた.

いことから, ABA は α -アミラーゼをはじめとする酵素の合成に必要な特殊 RNA の合成を阻害しているのであろうと考えられる. この点から考えて, GA と ABA の作用点は近く, GA が特殊な酵素の合成に関する遺伝情報の抑制を解除するものであるならば, ABA は同じ遺伝情報の発現を妨げている可能性も考えられる.

事実 ABA はセイヨウトネリコの胚を休眠状態のまま保つと同時に, ウリジン- 3 H, チミジン- 3 H の核酸へのとりこみを強く抑制するが, ロイシン- 3 H のたんぱく質へのとりこみをおさえることはない(図 9). 同様のことがジャガイモの芽の休眠についても報告されており, ABA, GA などの生長制御物質が休眠および休眠解除に重要な役割を持つことを示唆している.

休眠と核酸代謝

休眠および休眠解除に関し, mRNA 合成が重要な制御要因の一つになっていることを述べたが, 休眠期間中に核酸の合成が進行していることもよく知られていることである.

これに関する証拠はかなり多く, ジャガイモの休眠芽では RNA 合成はおこなわれていないが, 休眠を解除するような処理をほどこすと RNA 合成が開始することが示されている. また休眠芽から抽出した DNA は RNA 合成を支持しないが, 休眠が解除された芽から抽出した DNA を用いると RNA 合成をおこさせることができるという報告もある. また休眠解除後における RNA 合成では mRNA 合成の阻害剤として知られているアクチノマイシン D で処理すると抑制される. これらの事実, ジャガイモの芽における休眠解除は明らかに mRNA 合成の阻害機構と関連していることを示している.

コムギの種子のように休眠のみられない種子では, アクチノマイシン D を処理すると mRNA 合成の阻害がみられるにもかかわらず発芽の初期過程とその期間中でのタンパク質合成をおさえることはない. この場合には, 種子中にはすでに発芽に必要な mRNA が存在してい

て、これが発芽の初期過程に必要な **key enzymes** の合成をおこない、発芽過程を進行させるものと解釈することができる。したがって、このような種子での発芽はすでに存在する mRNA の活性化によって進行するものであり、この活性化は種子の吸水によってはじまるものと考えることができる。

現在のところ、休眠および発芽にかかわる特殊な mRNA がどんなものであり、それにより誘導される **key enzymes** が何であるかをみいだすことはきわめてむずかしい問題であるが、ABA のような内生ホルモンの存在によりその合成が制御されていることは確かなようである。

発芽の初期代謝

近年、乾燥種子が活性化された生理状態になる“発芽始動期”の重要性が認識されるようになってきた。この過程は適度の水湿条件下で数分から数時間を要し、浸漬期間 **imhibition period** ともよばれており、この期間中に次の三つの重要な事柄が進行する。

第一は、種子をつくる膠質による急速な物理的吸水であり、第二は種子形成の時期につくられ、種子の乾燥のために不活性化されている既存の高分子物質、あるいは小器官などの再活性化であり、第三は呼吸の活性化とそれにとまって生ずる同化活性に必要な種々の基質、補酵素、酵素などをつくるに必要なエネルギー (ATP) の生産である。

第一段階の異常は、強制休眠をひきおこすが、第二、第三段階の異常は、代謝阻害に起因するものであって自発的休眠の原因として考えることができる。

MARCUS らは胚のホモジュネートを 30°C で ATP といっしょに反応させると、リボゾームが活性化され、ポリゾームがつくられることを観察した。この系はアクチノマイシン D やデオキシリボヌクレアーゼによって影響を受けず、RNA 分解酵素リボヌクレアーゼやたんぱく質合成阻害剤であるサイクロヘキシイミドで強く阻害されることが示され、リボゾームの再活性化、およびポリゾームの形成にはあらかじめ種子に存在していた RNA およびたんぱく質の合成系が必要であることを暗示している。

種子の登熟のさいに形成され、発芽のうちに、直接たんぱく質合成に関与する寿命の長い mRNA (**long-lived mRNA**) の種子中での存在が阻害剤を用いた多くの実験により証明されている。

この **long-lived mRNA** は、ウニの卵においてみられるように、たんぱく質でつくられた殻のなかにつつまれ、いわゆる情報粒子 (**informosome**) を形成していると考えられている。プロテアーゼは多くの種子に既存の酵素であり、発芽初期にこのプロテアーゼがはたらき、情報

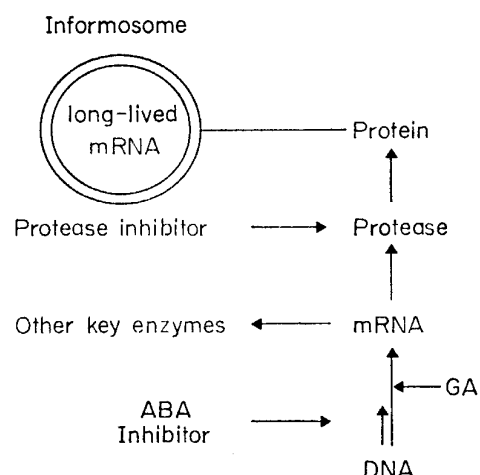


図10 情報粒子から寿命の長い mRNA が遊離する過程

粒子のたんぱく質性の殻を溶解し、**long-lived mRNA** を遊離させるものであろう (図10)。

ワタの種子を用いた実験において、発芽のさいにたんぱく質分解酵素プロテアーゼをつくる情報は、種子形成の中期以前にすでに転写 **transcribe** されるが、同時に存在する阻害物質のためにほん訳 **translate** されず、そのためにプロテアーゼの合成がおこなわれない状態にあることが示されている。種子が成熟した状態になると、この阻害物質はもはや作用を示さず、その情報はプロテアーゼ合成の鋳型として活性を示すようになる。

阻害物質の存在により、プロテアーゼがはたらかず、**long-lived mRNA** が機能し得ない場合も自発的休眠の原因となるであろう。しかし、浸漬により、阻害物質が減少し、プロテアーゼがはたらき **long-lived mRNA** が機能したとしても、その中に発芽を誘起するには不可欠な **key enzymes** を合成する mRNA が欠如してくればまた休眠を続けるであろう。

発芽の始動期

発芽時に種子中に既存の酵素や小器官が再活性化される順序と、それらの活性化の程度は、種子発芽の初期過程においてもっとも重要な要因となるであろう。

シロガラシの種子をトリチウム水に浸漬し、放射能の動きを追うと、5分後にまず γ -アミノラク酸にとくに多く放射能が検出される。10分後にはさらにグルタミン酸とアラニンなどが標識され、3時間を経てはじめてリンゴ酸やクエン酸などが標識されるようになる。

これらの事実は、発芽の初期にはアミノ酸代謝がもっとも早く始動することを示している。続いてアミノ酸が脱アミノ化され、TCA 回路や呼吸に必要な種々の α -ケト酸をつくりだすものと考えられる。発芽の初期にはやく標識されるグルタミン酸が、コムギの胚乳において脂肪分解酵素リパーゼの活性を誘起することも知られてお

り、このほかにもこれらのアミノ酸がある特定の酵素の合成あるいは活性の誘導物質としてはたらいっている可能性も強い。光発芽種子などで光照射後にアミノ酸代謝に関わる酵素の活性化が起ることも知られており、GA 処理などにより発芽の始動にともないアミノ酸代謝が活発化することなどからも、休眠解除に関わる key enzymes のほかに、発芽を始動するための key enzymes の合成、活性化が重要であることを示唆している。

発芽と環境要因

a) 光 要 因

日常、われわれのとりあつかっている園芸、農作物植物の種子の多くは、明暗いずれの条件のもとでもよく発芽し、光が発芽の決定的な要因にはなっていない。しかし、今日一般には野外種子の大部分が、さまざまな程度の差はあるにせよ、光の影響を受けることが知られている。

発芽を誘起するに必要な光の強さ、および照射時間などの種類による相違は、厳密な平行関係はみとめられないにしても、系統的に近い一科、あるいは一属のなかの植物で類似の光依存性を示す場合が多いことは興味ある問題である。しかし、これらの特性は、もちろん外部環境としての温度、酸素圧、種皮の状態、あるいは胚自体の生理的狀態によってもかなり変更される性質のものである。したがって、種子発芽の光依存性がある程度種子の遺伝的特性によって決定されているとはいえ、“光発芽”“暗発芽”などの名称は、その種子に固有のものとしてとりあつかうべきものではなく、むしろ種子発芽時の生理的狀態にたいして名づけられるべきものであるといえよう。

カバノキの一種 *Betula pubescens* の種子は 15°C の温度下では、その発芽は長日条件を必要とするが、20°C では短日・長日、いずれの条件下でもよく発芽し、25°C 以上の温度では暗黒中でもよく発芽するようになることが知られている。これらの事実、種子発芽時の光依存性が外部環境の変化に応じた種子内部の生理的狀態によって決定されるものであることを示し、光発芽性を示す

表 1 カゼクサ種子の後熟にともなう光依存性の変化

光 条 件	採 集 後 の 月 数					
	6	8	10	12	14	16
連 続 光 下	5.0	19.0	65.5	80.5	82.5	85.0
連 続 暗 中	0.0	1.5	13.0	20.5	41.5	75.0
36時間暗+ 12時間光	64.5	73.0	89.0	95.0	—	—

種子であっても発芽誘起にたいして光が本質的に必要なものでないことを物語っている。

採集直後のカゼクサの種子は休眠状態にあるが、6ヶ月を経た種子は連続光下でも暗黒中でも発芽せず浸漬後一定期間の暗期とそれにつづく光期の存在によってのみ高い発芽率を示す。さらに後熟が進むと、暗期の必要性が減少し光下でよく発芽するが、次第に光必要性も減少し、ついにはその発芽はまったく光に依存せず、暗中、光下の別なく高い発芽率を示すようになる(表1)。これら光依存性をもたらす種子の生理的変化については、まだ明らかでないが、カゼクサの種子が後熟が進むにつれ、水湿、およびガスにたいする透過性が増大し、同時に漸次光依存性が低下する事実、また後熟の進行にともない光依存性の消失した種子を低酸素分圧下におくと、その発芽に光依存性が再現する事実から、種子の光依存性の程度は、胚の生長活性と酸素供給量との相対比によって決定されると考えることもできる。

b) 温 度 要 因

発芽は胚の生長過程であり、物質代謝の結果であるから、一般の化学反応と同様に温度の上昇にともなってさかんになるが、温度の上昇はまた胚の生活物質を変性させる結果ともなる。したがって、あまり低い温度でもまたあまり高い温度でも発芽は誘起されず、個々の種子はそれぞれ発芽時に最低、最適、最高の三つの温度条件が決定される。しかし、種子の構成は複雑であり、さらに発芽は複雑な物質代謝の結果であるから、種子の発芽が温度の制約を受ける原因は決して一様ではない。

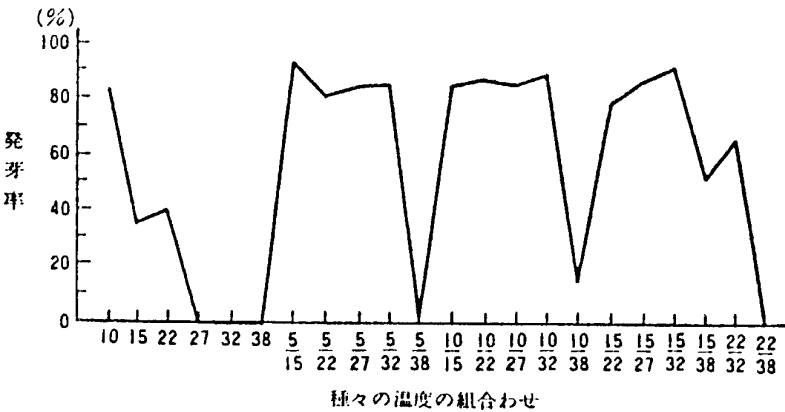


図11 セロリー *Apium graveolens* の発芽に及ぼす変温効果(盛永, 1925)
種々の温度(°C)の組合わせは、浸漬後暗黒中で12時間周期で与えられた。

また多くの植物の種子発芽に好ましい温度条件の一つとして、二種以上の温度を周期的に交代させる変温効果が知られており(図11)、イネ科をはじめ多くの草本や木本、ならびに栽培植物などの種子発芽にひろく見られる現象である。もちろん変温の長さ、時期、あるいは変温に用いられる温度条件などについての研究も多くなされており、種子の種類によってもさまざまに異なる。

このほかにも種子が休眠状態にある場合に 0°C に近い極端な低温にさらす事が、その種子の休眠を打破し、発芽を誘起するに有利であることが知られている。

いずれにしても、種子がその発芽にさいして各自固有の最適温度をもち、さらには冷湿、変温などの処理が休眠を破り、あるいは発芽に有利にはたらくという事実は季節適応、あるいは温度の日較差への適応を考え合わせて、生態学上興味ある問題であろう。

〔討 論〕

司会：折 谷 隆 志
(富山県立技短大)

佐藤(北大) たとえば光発芽だと種子のどの部分で光を感じているのですか。組織レベルはどこで、細胞レベルはどこなのでしょう。

藤伊 光発芽の場合には胚が直接光を感じるといわれております。その際、細胞の膜にバインドするフィトクロームの転換ということが膜の他のたんぱくへ刺激を伝えて、それによって膜のイオンに対する透過性を変えるのではないかと考えております。ホルモンの影響については、今までにはどの材料を使うとどうなるということでは言われていたのですが、その作用点というものについては殆んど分っていません。今までのデータからは、膜のイオン透過性を支配するということとメッセンジャーRNA 合成のところで作用するということとの二つに絞ることができるのではないかと思います。だいたいホルモンの作用も光の作用もまず第一義的には膜に働くだろうと思うのですが、たとえばオーキシシンが膜に働くと、そこには TF, transcription factor というたんぱくがありまして、そのたんぱくが膜からはずれて核へ行くと、核で transcription を促進するという報告がされています。

森田(新潟大) 低温処理というのは何度くらいのところでしょうか、なぜその温度だと効くのか、というメカニズムは分っているのでしょうか。それから、よく温度の日変動を変えてやると休眠が解除される場合がありますけどそのメカニズムについても、低温処理と本質的に同じ意味があるのかどうか。

藤伊 低温処理の効果は例えば 0°C とか 0°C 以下では

駄目で大体 2°C から 5°C がいいと昔から言われております。これもあまりよくは分っていないのですがたんぱく質の変成点というのが大体 4°C にあります。そういうことから低温処理はたんぱくに何か影響を与えているのではないかという気がします。キャベツの葉を 5°C 位にしてやりますと葉の中のフラクシオンⅠたんぱくのアミノ酸組成ががらっと変って疎水性のたんぱく質ができてくる。そのたんぱくは安定性であって炭酸固定の回復が早いということがあります。

日変動の方のことはよく分りませんが温度変化のリズムが呼吸活性のあたりに効いてくるのだらうと思います。吉岡(京大) われわれが種子の発芽で問題にする時は induced よりもむしろ enforced の場合が多いんですが、生理学のデータでは induced のの方が多いのです。そこで induced の方の覚醒のしかたと enforced な休眠の深さとをどう関連づけたらいいのか。

藤伊 いわゆる強制休眠の場合ですと、種皮の厚さであるとか、種類によってはクチクラ層が種皮のまわりに付着する割合であるとかが重要なファクターとして効いてくるような気がします。ところが、自発休眠の場合にはそうではなくて胚自体での遺伝的なものと考えた方がいいのではないかと思います。ある意味では全然別のものとして扱っていいと思います。

吉岡 もっと実際的には、induced で得られた種子の休眠の深さから実際の発芽の場面についてもものをいいたいわけです。

藤伊 それは言えないのではないですか。

吉岡 両方の休眠の間に相関を示すきれいなデータがないかなと思っていたのですが。

藤伊 それはないと思います。昔は休眠の定義を何をしても発芽しない状態と言ったのですが、最近のように処理によっては何でも発芽してしまうということになりますと、休眠しているとわれわれが思っているもそういう種子の殆んどで本当の意味での自発的休眠が破れているらしいのです。そこを分けるのは難しいと思います。

山西(北大) 種子の休眠と冬芽などの休眠とは本質的には同じものと考えていいのか、それとも全然別のものと考えべきものなのか。

藤伊 完全に同じかどうかは分りませんが生理的な面からは同じと考えるべきデータが多いと思います。ただ種子の場合にはそのまわりをとりまく構造が複雑だし、外からも水を与えないと動きがとれないというように脱水の状態が違います。ですから、いわゆる強制休眠に関しては大分違うだらうと思いますが、代謝の面ではほぼ同じメカニズムが働いていると考えています。

佐藤(北大) 休眠の深さというのを実験では何日という単位で測りますね。このやり方は昔からすすんでいないような気がします。これをもっと簡単に定量的にやる

方法はありませんか。

藤伊 休眠を深い浅いと表現すること自体がおかしいような気がするのです。発芽もそうですが、昔から発芽率というもので表現するけれども実はその発芽というのは all or none の量ですよ。休眠も本来解除されるかされないか all or none の問題だと思うのです。ただそれを集団として扱った場合にパーセントで表わしているわけです。ブロックのかかっている箇所がいくつあるかによって浅い深いということができるかと思いますけれども、定量的に表わすのは不可能なので浅い深いという言葉を使っているのでしょう。浅い深いという言葉も使い分けなければいけないという気がします。

広木（名大） 先程ブナ科植物では一応休眠はないと言ったのですが、一般に冷温帯の樹木、例えばトネリコの仲間は休眠が深いと言われていますけど、deep dormancy という言葉について解説していただけますか。

藤伊 解説と言われても、困るのですが。

折谷 私の方からちょっと。Deep dormancy という言葉はソ連・北欧の文献でよく使われてますね。低温処理

とって、低温（2°C～5°C）で湿った状態におくと、休眠が簡単に破れるものと、高山植物やジャガイモのように1ヶ月～2ヶ月あるいはもっと長く低温処理をかけても破れない種類があるのです。そういう、休眠を破るために必要な低温処理期間が長いという意味で deep dormancy という言葉を普通使っていると、そう考えていいと思います。

矢原（東大理） 5ヶ月位低温処理をするとものすごくよくできるようになるというデータがあるわけですね。

折谷 そうですね。

矢原 ところが実際の亜高山帯や高山帯では2～3人の人に確認してみると地表温度は 0°C まで下るということです。先程のお話では 0°C ではダメで 5°C 位でないといけないということですが、そうすると屋外で低温処理の効く期間というのは5ヶ月もなくて、もっとずっと短いはずだと思うのですが。

藤伊 0°C では効かないということではなく効き方が悪いといったのです。