

はじめに

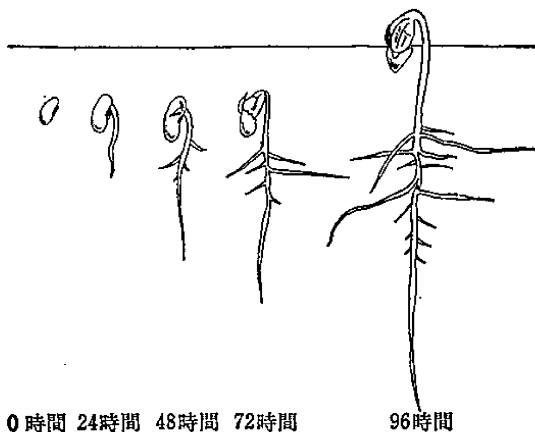
インゲンは植物の生理学的研究の材料としては非常によく利用されている。したがって、ある部分の酵素活性であるとか、生理作用（とくに植物ホルモンの類）とか細かい部分が判明している。しかし、これらの実験や研究はたまたま材料として利用しやすかったという点から扱われていることが少なくない。インゲンの種としての存在過程を明らかにしようとする観点はきわめて少ないといえる。

したがって、これからここにのべようとする内容は、植物学的な研究は、必要なばかりだけ利用することにし、園芸作物として研究されて

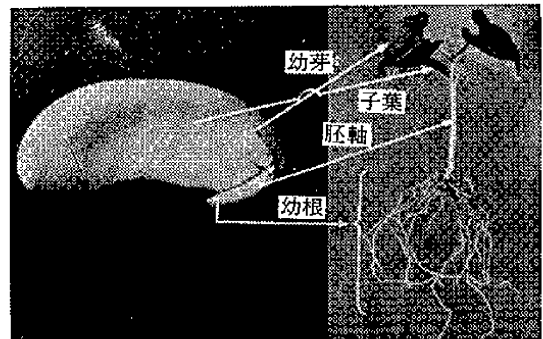
いる報告を主体にしたい。そうしてみるとインゲンの研究は他のトマト、キュウリ、などの果菜類と比べると非常に少ない。しかも、わが国における研究は、第2次大戦後の一期間生殖生理を中心に展開されており、研究の分野もかたよっている。ゆえに、研究の内容が分散的で、報告はあるがその内容がインゲン全体にあてはまるかどうかの吟味はけっして充分になされていない。とくにインゲンにはつる性種と矮性種とがあり、その形態的特性からくる環境に対する相違や生理的差異について明らかでない部分が多い。したがって、これからのべるステージごとの生理、生態の内容は、特定の品種についてだけしか通じないこともある。

I 発芽の生理、生態

インゲンの発芽過程を図示すると第1図のようである。播かれた種子はまず吸水作用で膨潤になり、胚の活動が開始される。温度、酸素などの環境条件が適当であれば、やがて貯蔵物質の分解、胚による物質の合成的代謝によって発根作用が行なわれる。発根後、主根に側根の発生が行なわれると同時に、胚軸が伸長を始め、幼芽部の生長が盛んとなる。胚軸の伸長と子葉



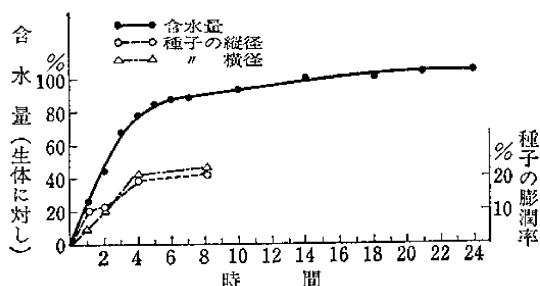
第1図 インゲンの発芽過程（マスターピース）
5月30日播き（鈴木原図）



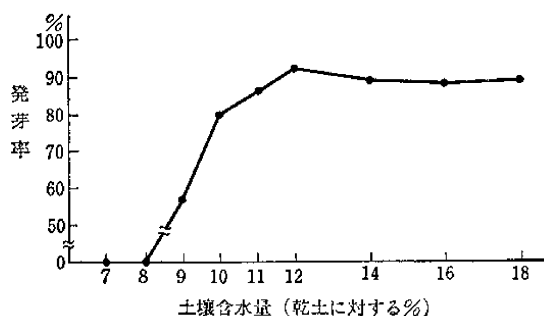
第2図 種子の内部と幼植物との関係

による種皮の剥脱をともないながら、子葉および幼芽部が地上に出現する。胚軸の生長はなおもすすみ、子葉を展開し、やがて対生の初生葉が出現する。最適な環境条件であれば、吸水作用の完了後、24～48時間で根が種子から出現し（いわゆる発芽）、4～5日後に子葉が地上部に現われてくる（いわゆる発生）。

なお、種子の内部と発芽後の植物体の関係は第2図のようである。



第3図 インゲン種子の吸水過程
(マスターピース)
水温20~22℃ (鈴木原図)



第5図 土壌含水量のインゲンの発芽率に及ぼす影響 (ドニーンら, 1943)
発芽床での発芽率82%
では16~42時間かかったという。

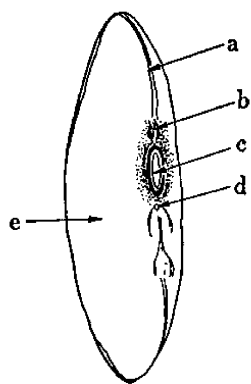
1. 水 分

(1) 吸水作用

インゲン種子の吸水過程は第3図のようであり、飽和水分は100%以上(重量比)に達する。種子の吸水部位について、佐藤(1957)は次のようにのべている。

インゲンは、ダイズと同じように種子の表面全体から吸収する。すなわち、種子の吸水部位の差による吸水の実験結果は、表皮で吸水できる粒99.2~100%、種瘤で吸水できる粒84.5~98.5%、へそで吸水できる粒94.2~98.4%、発芽口で吸水できる粒81.6~100%であり、表皮

の全面、種瘤、へそ、発芽口のどれからも大差なく吸水できる(これに対して同じ属のアズキは種瘤から吸水するものが96.8%を占めていた)。また、吸水を開始するのは浸水後5~20分であり、飽和水量に達するのは、表皮全面による吸水では8~10時間、種瘤だけでは16~20時間、へそだけでは14~26時間、発芽口のみでは14~18時間であり、低温(15℃)



第4図 種子の外観
(マスターピース)
(鈴木原図)
a 背線, b 種瘤,
c へそ, d 発芽口
e 種皮

(2) 土 壤 水 分

ドニーンら(1943)は、多数の野菜種子について土壌の含水量を一定に保って発芽状態を調査したが、そのうち圃場容水量15.7%、永久萎凋点8.9%の砂壤土を用いたときのインゲンの成績を示すと第5図のようである。インゲンは、永久萎凋点に近い9%での発芽率は57%で比較的高く、含水量が高くなるにつれて発芽率は増加し、12%で最高となり、圃場容水量をこえても発芽率はあまり変わらない。また、同氏は埴土についても実験しているが、土壌の含水量と発芽との関係は、砂壤土と似た結果を得ているとのべている(杉山, 1966)。

2. 温 度

種子の発芽に対する温度の影響については数多く報告されているが、コトウスキー(1926)によれば、18℃で発芽始め5日、同終わり8日、発芽率92%、25℃でそれぞれ3日、6日、96%、30℃で2日、6日、98%であり、わが国での研究の一端として稲川ら(1943)の成績をあげる

第1表 インゲンの発芽と温度
(稲川・宮瀬, 1943)

温度(℃)	10	15	20	25	30	35	40
発芽率(%)	0	91	91	97	93	68	0
平均発芽日数(日)	—	7.5	4.3	3.6	3.1	3.6	—

(発芽床 川砂)

と第1表のようである。すなわち、最低15℃、最適20～30℃、最高35℃となっている。また、発芽日数は低温ほど長くなっており、最低温度では最適温度の倍以上かかる。

北海道十勝農試(1969)の成績によると、インゲン8品種の25℃と12℃での発芽試験の結果、発芽率は80～95%で平均86%であった。また、平均発芽日数は25℃で3.7～4.3日、12℃で13.2～16.2日であり、12℃でもきわめて高い発芽率を示すことが明らかになった。しかし、平均発芽日数は25℃の約4倍かかり、約半月を要する。

3. 酸 素

発芽時の酸素はきわめて重要である。インゲンの発芽と酸素濃度との関係は第2表のようである。

この堀ら(1953)の実験によると、インゲンは酸素濃度が1%では標準よりかなり劣るが、2%では標準の50%以上発芽し、5%以上ではほとんど差がなくなる。したがって、インゲンはキュウリ、ネギなどと同様野菜類のなかではごくわずかの酸素でもよく発芽するグループに属する。

4. 浸種と発芽障害

一般の栽培書では1晩浸種して播くと発芽がそろってよいということが記されているが、これには問題が多い。一般に多くの作物では浸種の効果がみられるが、マメ類では悪影響の報告がかなりあり、インゲンについて研究をまとめてみると次のようである。

キッドら(1918)は、蒸留水中に6時間浸漬

第2表 インゲンの発芽に及ぼす酸素濃度の影響
(堀・杉山, 1953)

酸素濃度	標準	10%	5%	2%	1%	0%
発芽率(%)	100	100	100	76	20	0
平均発芽日数(日)	4.5	4.5	4.95	6.3	5.85	—

品種 マスターピース, 1区25粒

調整ガス中6～10日間, 外気観察中7日間

して播種すると、1か月後の地上部乾物量を26%も減少させ、また24時間浸漬では播種後12日目の草丈が標準の5分の1以下であったと報告している。ペイレイ(1933)は通気下で浸漬を行ない、8時間で発芽遅延し、7～9日では全く不発芽にちかい障害をうけ、発芽後も生長が遅れ、成熟する前に枯死するものも多く、莖葉の構造上にも異常がみられたとのべている。このばあい、浸漬により一般に炭水化物が増加し、窒素化合物が減ずる傾向がみられており、これは炭水化物からアミノ酸や蛋白などを合成する機能の低下を示すものと思われる。このように窒素化合物合成力が低下し、その結果炭水化物の蓄積により発芽生長の障害となるのであろうとした。

また、浸漬は水中に細菌類の繁殖があり、それが発芽障害の原因になるかどうかを検討している実験もある(アイスター, 1940)。これによると、浸種の細菌の活動の盛んな25℃よりも、10℃のほうが甚大であった。完全滅菌した種子を無菌水中で発芽させても相当の発芽障害がみられた。これらの結果から、細菌類の繁殖が、主要因でないとしたが、一般に滅菌しない状態では無菌状態のばあいよりも発芽力低下がはなはだしいので、細菌類の繁殖は浸種の害の少なくとも重要要因の一つであろうとしている。

なお、浸種の害は水温と関係があり、25℃では10℃や30℃よりも被害が少なかった。種子から水中に出る物質も25℃で少なく被害と物質とは並行するといっている。同氏は浸種中に種皮細胞膜の透過性が変化し、それが原因で細胞内の構成物質や蛋白質、酵素類、生長素などの作用物質が外へ脱出損耗することが主要因で浸漬の害がおこると考えた。したがって、温度も直接的影響でなく、酸素量との関係でもなく、その温度で浸種中にもっとも多くの重要物質が浸透してしまつて、発芽力を減少させたのであろうと考えられる。

次に、バートンら(1956)は、インゲンの浸種の害は、水に酸素を通じることによって増大し、二酸化炭素で軽減されることを明らかにした。酸素で処理した種子のカタラーゼ活性は、

二酸化炭素で処理した種子のそれよりも明らかに高かった。また、種子の化学的組成と種子から浸出する物質の組成との関係を見ているが、アミノベンゾイック酸や3-インドール酢酸、その他のインドール化合物が浸種中に種子から浸出されることを確認している。

なお、酸素を通気して浸種したインゲン種子では、発芽障害とともにグルタミン酸が多く、 γ -アミノブチル酸とアルギニンが減少し、アスパラギン酸もかなり多量に消失すると報告している。

なお、マッカラム (1953) は、低湿度で貯蔵したインゲンを低温下の湿った土壌で発芽させると、子葉に障害を与えることを報告している。

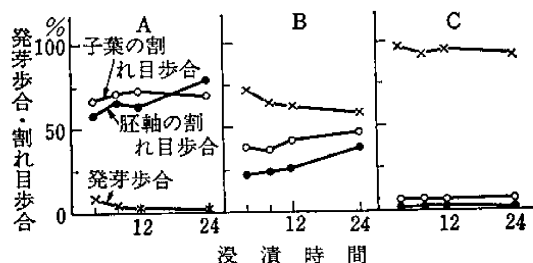
また、最近ではボロックら(1969)はインゲン12品種を供試して、種子の含水量(8, 10, 12%), 土壌(微砂と石英砂), 温度(15, 25°C)で発芽に対する影響を見ている。品種間差異を認め、テンダー・クロップやホワイト・シーデット・テンダー・クロップはストレスに感受性をとくに示し、72%から7%に発芽率が低下している。比較的不感受性の品種では92%から81%に減少しただけであった。子葉の割れ目は微砂の湿った低温下で吸水させたときによく生じたと報告している。

いっぽう、わが国では山本(1955~1961)はインゲンの浸種による障害を種子の含水量と吸水速度の関係から生理形態学的研究をすすめた。その結果はつぎのようであり、新しい知見が出された。

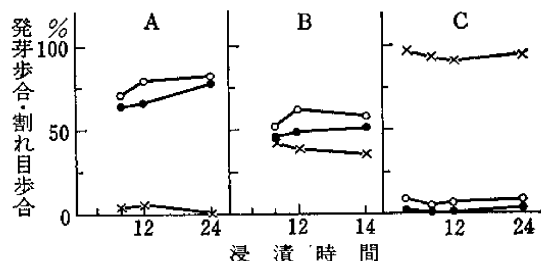


第6図 インゲンの種子の割れ目(山本, 1961)
低温で貯蔵後、25°Cで10時間浸漬

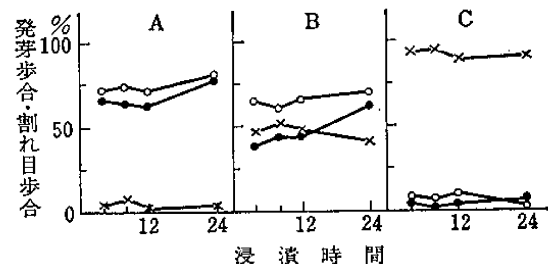
インゲンの種子を水に浸漬すると、子葉と胚軸に割れ目ができる。浸種によってできる種子の割れ目と浸種前の種子含水量および浸種処理の状態との関係について実験し、十分に乾燥した種子(3.5%)では、浸種によってつねにいち



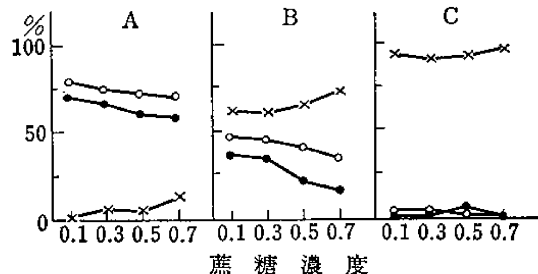
(1) 25°Cで浸漬



(2) 5°Cで浸漬



(3) 25°Cの通気下で浸漬



(4) 25°Cで24時間蔗糖液に浸漬

第7図 インゲンの発芽歩合、子葉および胚軸の割れ目歩合 (山本, 1961)
浸漬前の種子の含水量 A 3.5%, B 12.5%
C 62.0%

じるしく割れ目ができるが、あらかじめ吸湿した種子(62.0%)では、浸漬中に割れ目ができない。風乾程度(12.5%)の含水量の種子は、低含水量の種子よりも割れ目の出現程度は軽減されるが、その浸漬処理の状態によって影響を受ける。すなわち、無通気25℃浸漬のばあいと比較して、通気または低温(5℃)の浸漬によって割れ目が増大され、高濃度しょ糖液中の浸漬によって軽減される(第6, 7図)参照。

なお、浸漬しない種子の発芽歩合は吸水温が25℃のとき96~98%, 子葉の割れ目発生歩合2~8%, 胚軸の割れ目発生歩合0~4%, 5℃で吸水させたばあいそれぞれ94~96%, 2~4%, 0~2%であった。この割れ目は浸漬開始後4時間以内にでき、それ以上の長時間浸漬にあまり関係しない。しかし、割れ目のできた胚軸はその生長とともに割れ目は拡大してゆき、そのため胚軸が切断されるようになる。これは長時間25℃通気の状態に浸漬した種子、または短時間浸漬したのち水から出して発芽させた種子の胚軸にみられる。

割れ目は浸漬初期の不均一でしかも急速な吸水によってできるものと考えられている。種子がいちじるしく割れるばあいは発芽率は低下する。短時間浸漬による発芽の阻害は、浸漬中に胚軸が割れることが大きく影響するとしている。

これらの結果から、①種子が乾燥していても徐々に吸水させるとあまり害がおこらない。乾いた種子を湿った土壤にまくと発芽しにくいのは、種子の急激な吸水により、浸種と同じ条件になることで、子葉や胚軸に割れ目ができるためである。②品種によっても、吸水の早い品種ほど浸漬時の割れ目の程度は大きく、発芽障害の大きいことも同じ理由で説明される。③パートン(1952)の浸漬中に酸素を水に通じると障害が大きく、二酸化炭素を通じると被害が少なくなったことも、酸素のあるばあいは吸水が早く、二酸化炭素で吸水が遅くなると考えれば、よく説明される。

浸種によるインゲンの発芽障害についてのべてきたが、種子の発芽が不良なことはわれわれのよく経験するところであり、その一因として

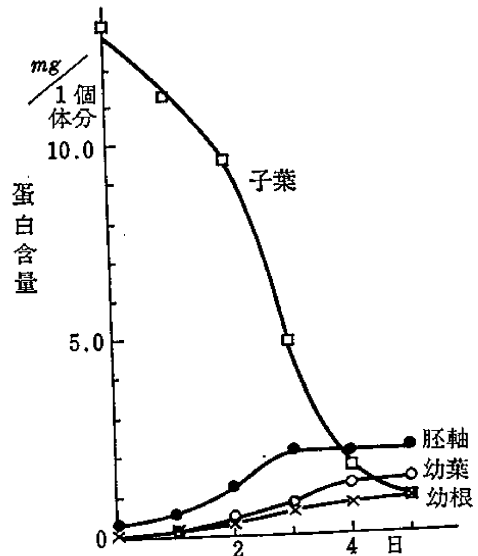
乾燥種子の浸漬によって生じることを理解し、その原因の妥当的な見解としての山本の報告はうなずけるといえよう。

なお、山本(1958, 1959)は、湿った種子を長期間浸漬することによって発芽阻害がおこることについて、主としてこれは水中の酸素欠乏によるものであることを報告している(それは、通気すれば浸漬中の種子も発芽するからである)。

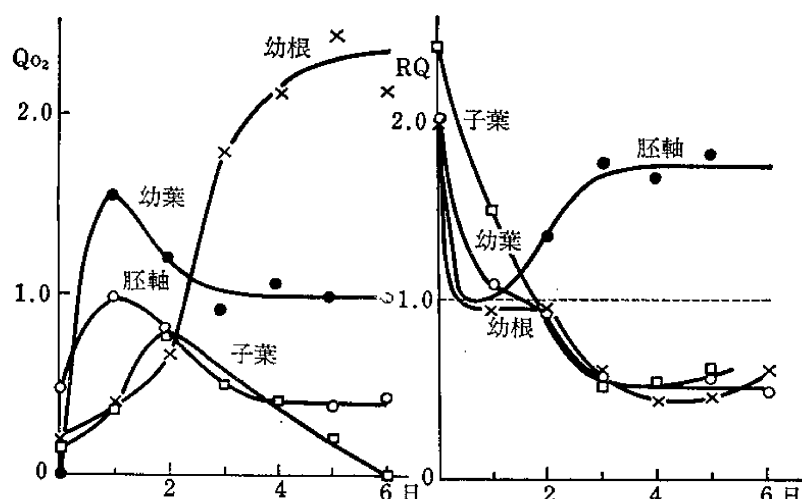
5. 発芽時の体内成分の変化と代謝

(1) マメ類種子の発芽時の代謝

マメ類のような無胚乳種子は、一般に受精後胚珠の発育の途中で胚乳組織が崩壊し、蛋白質、澱粉、脂肪などの貯蔵養分は、もっぱら子葉中に貯えられている。ゆえに、種子が発芽を開始すると、子葉では分解的な代謝、胚軸、幼芽および幼根部では合成的な代謝が対照的におこる。これについてはミドリササゲによる研究(太田1953)によって確認された。すなわち、子葉における原形質蛋白量は、発芽開始によって急速に減少をつづけるが、他の芽生え器管のそれは



第8図 発芽期のミドリササゲの各胚器官の蛋白質含量の変化 (太田, 1953)



第9図 発芽時のミドリササゲ胚の
各器官の呼吸能変化
(太田, 1953)

一様に上昇する。ことに、まず胚軸部の原形質蛋白量が上昇し、ついで初生葉および幼根部、子葉節間部と順次上昇していく。これは前述の代謝方向が異なることから充分理解できることである(第8図)。

また、代謝の簡単な指標としては、呼吸能や呼吸商があげられる。ミドリササゲの発芽時の呼吸能の変化については第9図に示すようであり、子葉、初生葉、胚軸などは発芽開始後1～2日以内に呼吸能(Q_{O_2})が最高に達し、それ以後は低下し、とくに子葉部は急激に低くなる。しかし、幼根部だけは5～6日後まで急激な上昇をつづけた。

また、呼吸商(RQ)をみると(第10図)、子葉、初生葉、幼根などが一様に発芽初期に急激な低下を示すに対し、胚軸部では発芽開始1日目に一度低下した後再び上昇し、その後、同じ状

第10図 発芽期のミドリササゲ胚の
各器官の呼吸商変化
(太田, 1953)

態を持続することが観察された。これらの変化は、①呼吸基質の変化、すなわち発芽初期に子葉から供給される有機養分は各器官の $RQ=1.0$ になるところから、主として糖であると推察されるが、後期は含水炭素の消耗とともに脂肪に切り換えられたとすれば、 RQ 値は脂肪呼吸(0.7)になるわけである。②有機酸の生成、有機酸の生成は酸化的発酵あるいは酵素的 CO_2 固定反応など、 RQ 値の低下をまねく反応がおこっている可能性が考えられる。また、胚軸部の高い RQ 値のあらわれる原因は、発芽のさいいったん現われたパスツール効果がなにかの原因で妨害されることにあると考えられている。

次に、子葉の分解的性格と芽生えの合成的性格の特徴について以下のようにのべている。すなわち、幼根、幼葉、胚軸などの芽生えの各器官は、どれも相当大きなクエン酸脱水素酵素作用を示すのに、子葉はそれを全くもたないことを示していた。芽生え各器官では、補酵素ニコチンアミド アデニン ジヌクレオチド 磷酸(NADP)依存のクエン酸脱水素酵素が特異的に作用する。しかし、子葉ではNADPの生産能力を欠いているので、アデノシン三磷酸(ATP)を与えると、この補酵素を合成する能力を現わ

第3表 ミドリササゲの胚軸の成分物質の発芽期における変化(太田, 1953)

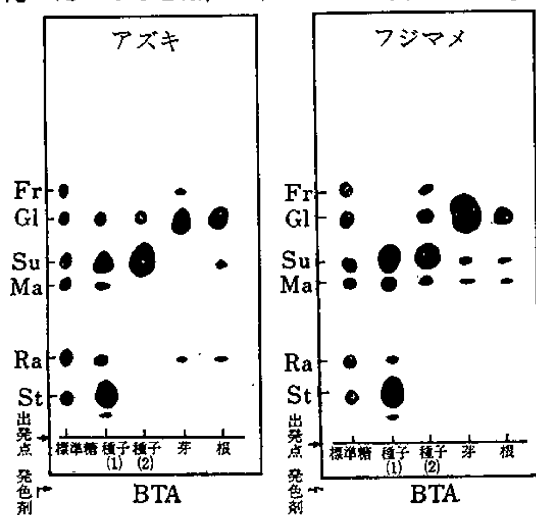
胚軸成分 (100個体当たり) (mg)	細胞質・細胞液物質			細胞壁物質				
齢(日)	総量	全窒素	蛋白質	総量	ヘミセル ローズ	セルローズ	ペクチン	蛋白質
0	120.6	10.6	47.7	11.8				
1	358.1	25.7	51.5	97.1	47.8	23.1	16.9	6.9
2	793.9	59.1	108.0	273.2	121.7	85.1	44.9	15.3
4	1517.8	168.2	190.0	528.5	206.1	203.0	85.5	20.5
6	1758.0	238.0	198.0	848.0	306.3	384.1	114.9	25.9

す。したがって、芽生え各器官合成的性格と子葉の分解的性格は、その組織がもっている高エネルギー磷酸の水準によって規制されていると考察されている。

また、芽生え各器官の生長機能の分化を、幼葉および幼根は分裂（蛋白合成）、胚軸は発芽前半期は分裂（蛋白合成）、発芽後半期は伸長（セルロース合成）生長を主として行なうというように要約できるとしている（第3表）。

こうして、種子の発芽にさいして、種子はまず高エネルギー磷酸のレベルの高低にしたがって、合成的器官（幼葉、胚軸、幼根）と分解的器官（子葉）とに2大別される。合成的組織では、場所により齢によって分裂的あるいは伸長的生長がいとされる。これらの生長機能の分化に対応して、ガス代謝の面ではそれぞれ呼吸と有機的発酵との二つの代謝分化が認められる。

以上の結果はミドリササゲによるものであるが、インゲンとは、各芽生え器官の代謝と呼吸の相対的な関係は多少異なるところがあるが、だいたいことは、これによって察知できる。



第11図 アズキとフジマメ発芽期の各器官中の遊離糖のペーパークロマトグラム

(松下, 1967)

種子(1): 発芽前種子(子葉), 種子(2): 発芽後種子(子葉)

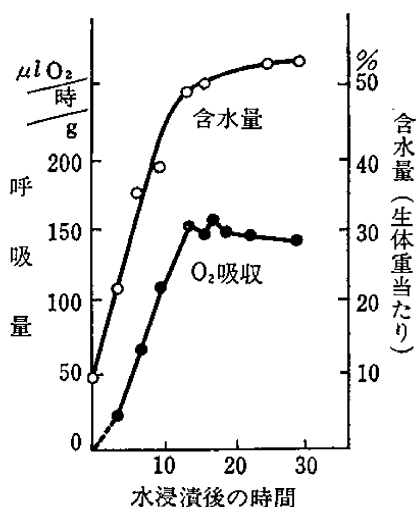
Fr フラクトース, Gl グルコース, Su シュクロース, Ma マルトース, Ra ラフィノース, St スタキオース, BTA ベンジディントリクロアセティックアシド

なお、松下(1967)は、アズキやフジマメなどの種子発芽期の各器官中の遊離糖の変化をみているが(第11図)、未発芽種子の子葉ではスタキオースとシュクロースが主要な糖で、グルコース、マルトース、ラフィノースを含有している。発芽後の子葉はシュクロースが主体となり、グルコースも増加する。発芽後の幼芽ではグルコースの含量が高く、少量のシュクロースとマルトース、ラフィノース、フラクトースが見出された。発芽後の幼根でもグルコースが主要な糖となっていることを確めた。

(2) インゲン種子の発芽時の呼吸

種子が吸水すると、原形質が加水し、代謝の段階的進行がみられる。いま、インゲン種子の含水量と呼吸量との関係を示すと第12図のようで、初期加水が完了(含水量約50%)すると呼吸量が一定となっている。このことは、ジアキェトラ(1926)のインゲンでの種子含水量60%まで呼吸が増加したという報告とよく一致する。

飯島(1952)は、インゲン種子の発芽に及ぼすビタミン B_1 の影響を研究しているが、その中で種子の新旧と B_1 処理と呼吸強度の関係について次の成績を得ている(第4表)。これによると新しい種子ほど、また B_1 添加区(0.01 ppm)ほど呼吸量が大であると推察している。



第12図 発芽中のインゲン子葉の吸水量と呼吸との関係 (ストリーら, 1970)

第4表 B₁ 添加によるインゲン種子の浸種中
における呼吸強度の変化（飯島，1952）

種子生産年度 脱色時間	1951	1950	1949	1948
無添加区	19.0分	28.0分	32.0分	36.5分
B ₁ 添加区 (0.01ppm)	17.0	25.0	27.0	35.0

試料10g宛，50cc（20℃）中のフェノールレ
ッド添加アルカリ液（pH. 8.4）の脱色時間を示す
時間の短いほど CO₂ の呼出大とみなす
品種 ケンタッキーワンドー

6. 種子の熟度と発芽力

インゲンの種子が開花後何日目ころから発芽
力をもつようになるか，また追熟の効果などに
ついての研究は井上・鈴木（1962）の報告しか
見当たらない。品種間差異，環境との関係など
検討すべき事項も多いが，傾向として理解でき
るので，以下この点についてのべよう。

この研究ではマスターピース（矮性）を用い，
開花後15日目から35日目までさやを採取し，そ
の日にとり播きするものと，開花から発芽試験
までの日数が35日になるようさやのまま5～20
日間追熟する区を設けている。開花後15日目の
とり播き区は発芽しなかった。結果は第5表の
ようである。なお発芽試験は砂播き，発芽勢締

切りは4日，発芽率締切りは8日となっている。

（1）種子の熟度との関係

とり播きのばあい，上述のように開花後15日
目では発芽力は全然なく，20日後の種子は多少
発芽するようになる。25日以後に採取した種子
は，採取日が遅れるにしたがって発芽率が順次
増加し，35日目にはほぼ100%に達する。

（2）追熟の効果

さやのままの追熟の効果はいちじるしく，と
り播きでは全然発芽力のなかった開花15日後採
取のものでも5日間追熟で多少発芽が認められ，
10日間以上の追熟で発芽率は順次良好となり，
20日間追熟でほぼ100%を示すようになる。と
り播きでは10%以下の発芽率しか有しない開花
20日後採取のものも，10日間の追熟で100%の
発芽勢を示した。開花25日後採取のものは，5
日間の追熟で100%ちかくに達し，30日後採取
のものは同じく5日間の追熟で100%の発芽率
を示した。

開花後の日数が同じでも，とり播きした種子
よりも，早く採取して追熟した種子のほうが発
芽率がよいという傾向がみられる。しかし，あ
まり早どりしたばあい（開花後15日採取のも
の）は例外で，そうならないことが多い。開花

第5表 インゲン種子の熟度と追熟が発芽におよぼす影響（井上・鈴木，1962）

開花から発芽試 験までの日数	開花から採取 までの日数	追熟日数	4月5日播種		4月25日播種		5月5日播種	
			発芽率	発芽勢	発芽率	発芽勢	発芽率	発芽勢
35日	35日	0日	97.1%	97.1%	87.5%	87.5%	97.9%	97.0%
	30	5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	25	10	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	96.8
	20	15	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	15	20	83.3	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0
30	30	0	70.0	26.7	63.6	63.6	58.3	58.3
	25	5	97.7	90.7	100.0	100.0	94.4	94.4
	20	10	100.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0
	15	15	25.0	20.0	50.0	20.5	100.0	100.0
25	25	0	55.6	13.3	65.4	3.8	52.7	27.7
	20	5	70.1	33.3	66.7	33.3	79.3	69.0
	15	10	22.2	0	47.5	20.0	66.6	55.5
20	20	0	9.8	0	7.9	0	24.1	0
	15	5	1.6	0	15.7	0	43.3	3.3

注 品種 マスターピース

後20日採取まで種子の発芽に差のあるのは、この期間の種子の発育が急速で、環境要素や株の栄養の影響によるためであろうと考察している。

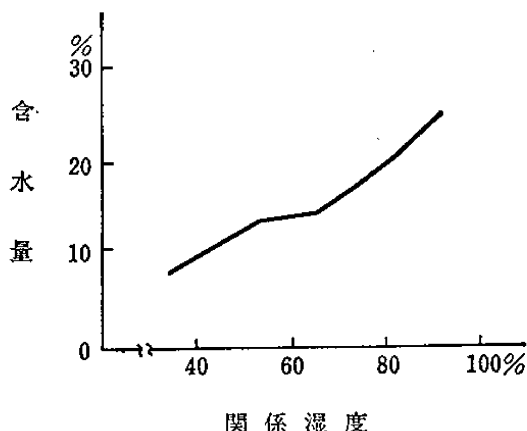
7. 種子の貯蔵と発芽力

インゲン種子の寿命（採取された種子が自然状態の下で発芽力を維持する期間）は、2～3年といわれている。これは、野菜の種子の中ではやや短命の部類に入る（近藤, 1933）。もちろん種子の寿命は品種、熟度、生産地、傷の有無、病虫害の有無、貯蔵場所、貯蔵条件などによっていちじるしく異なるので上記のことは一応の目安である。

一般に冷涼な地帯では、高湿高温の地帯より種子の寿命は長くなる。熊沢によると、インゲンは日本では2年の寿命だが、台湾では1年以内であるといっている。安田は台湾の台北と屏東で種子の貯蔵を行なっているが、インゲンの成績は第6表のとおりであり、南部の屏東で放置したばあいは3か月で発芽力が急減している。

種子の活力維持に最も関係が深いのは、種子をとりまく空気温度および湿度と種子の含水量である。どれもあていど低いほうがインゲン種子の活力はよく維持され、高いほど急速に発芽力が低下する。

一定の温度と関係湿度の空气中に種子を置いておくと、種子の含水量はやがて平衡を保って安定する。この点についていくつかの報告がある。中村（1958）の成績は第13図のようで、20℃の気温下でのインゲン種子の含水量は関係湿度に関係が深く、関係湿度が高くなると種子含



第13図 空気湿度とインゲン種子の含水量の関係（20℃）（中村, 1958）

水量も多くなる。またハーリングトン（1960）の実験でも、25℃での関係湿度10%でインゲン種子の平衡種子含水量は3.0%, 20%で4.8%, 30%で6.8%, 45%で9.4%, 60%で12%, 75%で15%となっている。

なお、温度が異なると湿度が一定のばあいの含水量の変化の報告は、トゥール（1948）が行なっている。関係湿度80%のばあい、インゲン種子の含水量は10℃で17.4%, 21.1℃で15.1%, 26.7℃で16.3%であったという。

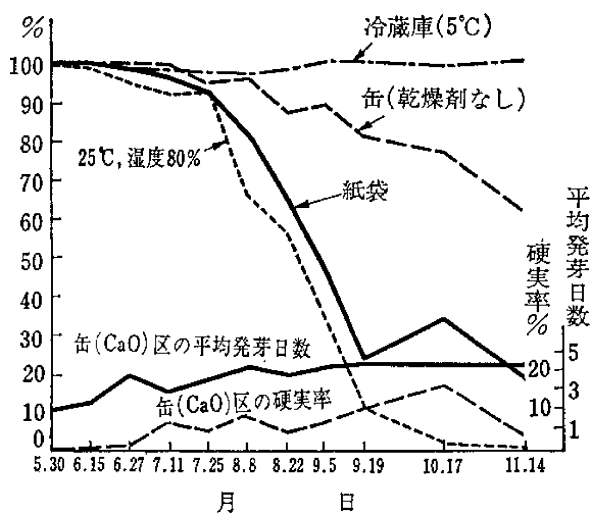
中村（1958）は、いろいろな条件での短期貯蔵の試験を行なっているが、そのときの発芽率の推移と種子含水量の変化を示すと第14図のようである。この図でデシケーター（塩化石灰入り）と缶（生石灰入り）の両区は、当初の発芽率を試験期間中に保ったので、発芽率の図示は省略してある。これによると高温高湿（25℃, RH 80%）区と紙袋区は急速に発芽率が低下し、冷蔵区（5℃）や上記の乾燥剤を使用した2区は発芽率を保持し、缶（乾燥剤なし）はその中間であった。なお缶（生石灰入り）区には硬実が発生している。冷蔵区の種子含水量が低下していないので発芽率が低下していないことは、低温のばあいあるていど種子の含水量が高くてもよいことを示している。

長期貯蔵のばあいの成績をみると、第15図のようである。紙袋では2年目、デシケーター密封では3年目で発芽力がなくなり、缶（生石灰

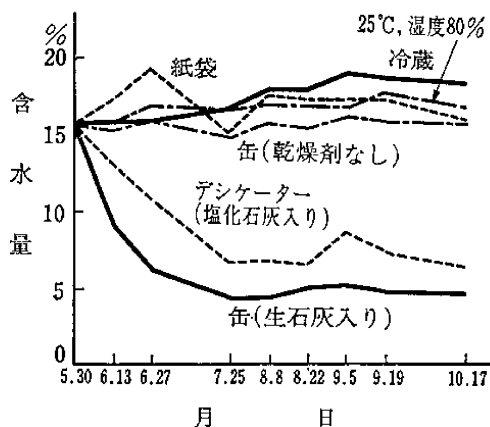
第6表 場所と貯蔵条件を異にするインゲン種子の発芽状況（安田, 1948）

場所	貯蔵条件	6月	7	8	9	10	11
屏東	放置	100	88	50	0	0	0
	乾燥	100	94	62	63	75	76
台北	放置	100	76	39	94	65	89
	乾燥	91	89	97	88	89	86

品種 衣笠



A 発芽率の推移



B 種子含水量の推移

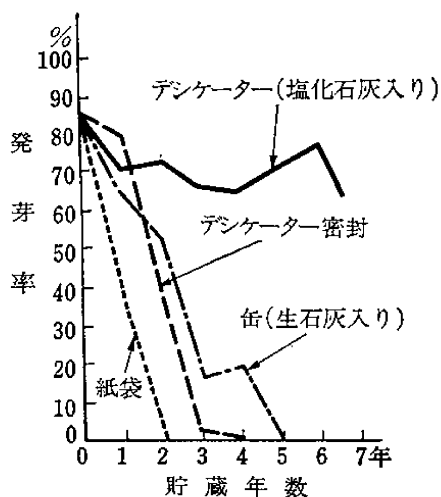
第14図 インゲンの貯蔵と発芽率、含水量 (中村, 1958)

気温25°C, 湿度80%区以外は室温

第7表 30°C 密封条件下のインゲンの発芽率の推移 (サブリング, 1963)

目標とした湿度	貯 蔵 期 間 (月)			
	0	4	8	16
30	94%	90 (37)%	88%	92%
40		93 (45)	94	93
50		92 (53)	88	78
60		87 (57)	70	56

() は関係湿度の実測値



第15図 インゲンの長期貯蔵と発芽率 (中村, 1958)
尺五寸, 1950年貯蔵開始

入り)は4～5年で発芽力を失い、デシケーター(塩化石灰入り)は7年目でやや高い発芽率を維持しているが、異常発芽が増加しているという。

なお、中村は同じような試験を1955年から開始しているが、このばあい2年目までどの区も発芽率の変化はほとんどみられない。この理由は、貯蔵開始時の種子の品質が大きく影響したものと考えている。

ハーリングトン (1963) は、26°C 下で3年以上の貯蔵のためには、インゲン種子の含水量を7%以下にすべきであり、クープマン (1963) は室温で3～6年の貯蔵には含水量は11.0%以下、バス (1961) は温帯で缶詰のばあいは8%以下にするのが密封貯蔵の条件であるとのべている。

また、サブリング (1963) は、インゲンをはじめ各種の種子を30°C 密封条件下で関係湿度を30～60%にして16か月間試験したが、各湿度で4か月は貯蔵できるが、50および60%では8か月、30および40%では16か月貯蔵できることを明らかにしている (第7表)。一般に湿度の高いほど活力が早く減退し始めている。

なお、最近中村ら (1973) は、15～20年にわ

第8表 インゲン種子の貯蔵と発芽率(%)

(中村, 1973)

貯蔵区分	当初	5年目	10年目	15年目	含水量
塩化石灰	97.0	99.0	97.0*	88.0	9.1
生石灰		79.0	32.0	32.0	2.8

品種：尺五寸

* 9年目の成績

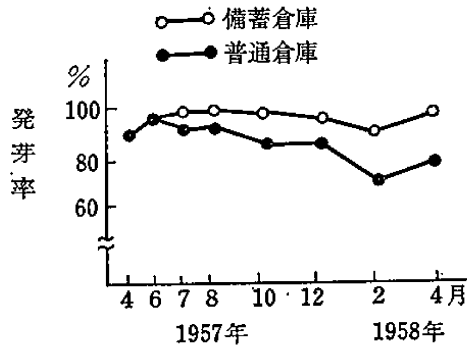
たる野菜の種子貯蔵試験の結果を発表しているが、その成績をみるとインゲンは第8表のようである。この成績は、今までの成績と同様な結果を示しており、生石灰とともに密封して貯蔵すると、1～10年目にかけて急速に発芽率が低下し、塩化石灰では5～9年目でも相当の発芽力をもっている。

また、中村は種子の貯蔵のため最適空気湿度によって作物を3群5分類している。インゲンは、空気湿度が30%くらいが生命力の維持に適し、10%以下になると急速に発芽力を失うもののグループ(第2群のa)に入れている。

一般種苗会社の倉庫条件と種子貯蔵については2, 3の報告がある。

柴崎ら(1959)は、インゲン(衣笠)種子をふつうの倉庫と備蓄倉庫*(冷房除湿)に2年間貯蔵した成績を発表している(第16図)。これによると、備蓄倉庫が貯蔵時の発芽力を維持したのに対し、ふつうの倉庫では、貯蔵1年目の7～8月から発芽力が低下し始め、10月までかなり低下している。また、冬期の発芽力低下が多く、標準発芽力を下回っている。また、貯蔵1年目に発芽率を調査しており、備蓄倉庫のものは高い発芽率を示した(96%)が、ふつうの倉庫のものは64%で発生速度も遅くなっていた。

中村(1958)は、2会社の低温低湿倉庫で、インゲン(尺五寸)種子を用いて1年程度の貯蔵試験を行なっている。これによると、試験開始前94%の発芽率のものが、1年間に19回の発芽試験を行ないA社では83～97%、B社では89



第16図 倉庫の種類とインゲンの発芽率

(柴崎ら, 1959)

品種 衣笠(56年度), 産地 奈良, 貯蔵時の発芽率92%, 含水量11.8%, 実験開始まで普通倉庫, 布袋入り

～100%の発芽率を示し、両社とも完全に発芽力を維持していた(A社の試験中の温度変化は8～29.5℃, 関係湿度は67～77%, B社のそれは10～26.5℃, 60～74%であった)。

8. 硬 実

硬実(種皮が水を通さないために、種子が膨潤できず、発芽しない現象)は、多くのマメ科植物にみられるが、インゲンのような栽培種にはほとんど見当たらない。全然ないかということではなく、品種、種子の含水量および貯蔵条件などによっては硬実がある。その二、三の例をあげると次のようである。

レベデフ(1947)は、インゲン種子は含水量が15.14%では硬実が見られず、14.11%では平均して1%が硬実を示し、5.59%では90%が硬実を示したと報告している。ナチルら(1947)は、インゲン種子の硬実発生率の品種間差異をのべている。すなわち、9品種の種子を用い異なる関係湿度に60日置き、80.5%の湿度ではどの品種も硬実にならないが、66.8%の湿度では1品種だけ3%の硬実を生じ(種子含水量13%), 36.8%の湿度では5品種に硬実が見られ、種子

備蓄倉庫 庫内温度は外気よりわずかに低く、夏は23℃をこえず、関係湿度は55%以下を保つように設計されている。

含水量が7%になると全品種が多少(1~78%)とも硬実を生じた。中村(1958)は、前述のように生石灰貯蔵区に硬実のできたことを認めている。

硬実種子の遺伝性についてのレベデフ(1947)の研究によれば、硬実発生率の少ない系統の次代の硬実発生率は親とほぼ同じであったが、硬実の多い系統の次代は硬実性がさらに強くなった。硬実発生率の大小の系統間の F_1 では硬実発生率が小となるか、またはその中間であり、 F_2 では発生率の大小の両端の間に広く分布した。また、非常に硬実性の強い系統を含む交配の F_1 ではいちじるしく硬実が多くなり、 F_2 では硬実性の分布が最初の両端をこえる大きな変異を示したとのべている。

また、ハーリングトン(1949)は、含水量8.3%、硬実33.5%のインゲン種子を関係湿度10%と65%のところに置き、10%区では含水量が7%以下になり、硬実は60%をこしたが、65%区では含水量が12%内外になり、硬実はなくなったと報告している。硬実はそのままでは発芽しないので栽培上不利であり、上記のことは硬実の存在するおそれのある種子は使用1か月か1か月半前からやや湿った状態に置くと硬実がなくなることを示しており、実際栽培上に利用できる。

9. そ の 他

(1) 種子の機械収穫調製による 子葉などの損傷

近年、インゲン種子を大型機械で収穫し、脱穀、調製するようになって、機械のためきやや

第9表 ビタミン B_1 添加によるインゲン古
種子の発芽率増加とその濃度
(飯島, 1952)

種子生産年度 B_1 濃度	1947	1948	1949	1950	1951
<i>p.p.m.</i>	%	%	%	%	%
100	0	0	12±1.1	81±3.3	96±1.2
10	0	0	11±0.8	85±3.9	96±0.9
1	0	0	11±0.6	96±1.2	98±0.6
0.1	0	0	24±2.2	96±1.3	98±0.6
0.01	0	0	33±1.9	97±0.9	98±0.4
0.001	0	0	25±1.8	97±1.0	97±1.0
0.0001	0	0	10±0.6	90±2.7	96±1.3
0.00001	0	0	15±0.8	95±1.4	96±1.2
0.000001	0	0	6±0.3	84±3.2	97±0.9
0.0000001	0	0	0	89±4.6	96±1.1
0	0	0	0	82±2.3	90±1.2

- 注 1. 品種ケンタッキーワズダー
2. 各20個体4連区計80個体宛調査
3. 24時間浸種(11℃)、後30℃で発芽試験、72時間後調査

種子が強く打撃や圧力を受けることがあり、そのため、種子の子葉や胚軸、幼根、幼芽がいたんだりすることが多い。アメリカの種子会社調査(ハウストンら, 1954による)と、手でむいたものの傷害率は0.8%であるが、機械収穫・調製では12.9~21.9%も傷害率があり、種子用として採種するときのきやおよび種子の取扱いの重要性を物語っている。

(2) ビタミン B_1 処理による発芽促進

飯島(1952)は、インゲン種子を B_1 溶液に浸漬することによって、発芽率や発芽時の生育を増加できるという報告を行なっている。その結果を示すと第9表のようであり、0.01 ppm 前後のビタミン B_1 処理が有効であり、3年目の古種子ではその効果がよく認められる。