

とやま科学オリンピック 2017

生 物

(高校部門)

2017年8月9日(水)

時間：9時45分～12時15分(150分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は[1]から[2]まで10ページにわたって印刷してあります。
3. 机の上には、筆記用具、定規、時計(時間計測のみのも)とし、電子辞書およびインターネットに接続できる端末の使用は認めない。
4. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙だけを提出すること。
5. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合は、すぐに申し出ること。
7. 実験はチームで協力して行うこと。他のチームの実験操作を参考にしてはいけない。
8. 実験にあたっては、周囲の人の安全に十分に注意すること。
9. 実験中に器具が故障・破損したり、けがをしたりした場合には速やかに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

1

1 富山県の耕地における水田の割合は96%で全国1位である。イネの栽培品種の割合はコシヒカリが約8割を占めている。コシヒカリは福井県で品種改良して作られた品種だが、富山県でも平成4年に「てんたかく」、平成8年には「てんこもり」が開発された。また今年の3月には、富山米の新品種として「富富富」が発表された。

「てんたかく」は福井県生まれの「ハナエチゼン」を母、宮城県生まれの「ひとめぼれ」を父として作られた品種で、平成16年には奨励品種に採用された富山県のオリジナル品種である。高温に強い「ハナエチゼン」と寒さに強く食味の良い「ひとめぼれ」、それぞれの良い性質を受け継いでいる。「てんこもり」は県内産の2品種（茎が短く食味の良い品種と高品質で晩生の品種）を交配して作られた新品種で、「コシヒカリ」より高品質なうえ、背丈が10cmほど低く、食味は「コシヒカリ」に匹敵する美味しさと評価されている。

従来の品種改良は、2つの異なる品種どうしを受精(交雑)させる方法で行われてきたが、近年、外国では、ダイズやジャガイモなどを品種改良する際、目的とする形質や性質の遺伝子を既存の種の細胞内に組み込ませて作る方法も行われている。

- (1) 食味(おいしい、まずいなど)は、主観的な感覚である。しかし、食味を検査する場合、できるだけ客観的な方法で検査しないと評価できない。米(炊飯した白飯)の食味を客観的に判定する方法を考え、説明しなさい。
- (2) 「てんこもり」は従来の品種改良によって誕生したものであるが、具体的にどのような方法で作られたかを、遺伝のしくみから考えて答えなさい。
- (3) 品種改良の方法には、従来の交雑による方法と、近年の必要な遺伝子を導入する方法がある。交雑によって品種改良することと遺伝子を導入して品種改良することについて、それぞれの利点と欠点をできるだけ挙げなさい。

2 私たちが食べる米の部位は主に胚乳で、胚乳にはデンプンが含まれている。デンプンは高等植物の貯蔵多糖で、「アミロース」と「アミロペクチン」から成り立つが、両者の割合は米の品種により異なる。ウルチ米とモチ米の味や食感の違いも胚乳に含まれるデンプンの種類が異なることによる。以下の文1~4は、デンプンの性質や構造について述べたものである。

○文1: デンプンなどの多糖類を分解する酵素を総称してアミラーゼという。可溶性デンプンの水溶液とアミラーゼをよく混ぜた後、ヨウ素ヨウ化カリウム溶液を加えて色の様子を観察すると、青色→紫色→赤紫色→褐色→無色 の順に変化した。

○文2: デンプンは多くのグルコース(ブドウ糖)からできている。アミロースとアミロペクチンを構成するグルコースの数は、アミロースは数十個~千個、アミロペクチンは数百個~25万個程度である。

○文 3 : アミロースとアミロペクチンには、図 2 のように構造上の違いがある。アミロースは図 1 に示すグルコースの、隣り合う 1 と 4 の C (炭素) が多数結合した直鎖状の構造をしており、アミロペクチンは比較的短いグルコースの直鎖に別のグルコース鎖が図 1 に示すグルコースの 6 と 1 の C の間で結合し、枝分かれした構造をもっている。アミロースは水の中ではらせん構造をとる。

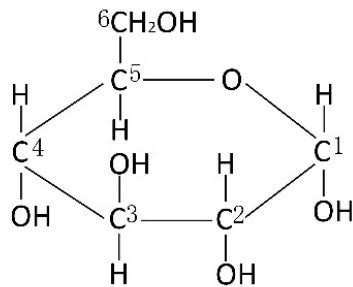


図1 グルコースの構造

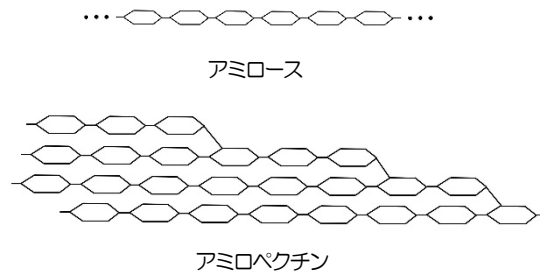


図2 アミロースとアミロペクチンの構造

○文 4 : アミラーゼには数種類のものがあり、次の酵素 A~C のように種類により分解の仕方が異なる。

酵素 A : α アミラーゼ…グルコースどうしの 1-4 結合をランダムに切断する。1-6 結合は切断できない。

酵素 B : β アミラーゼ…グルコースどうしの 1-4 結合を、グルコースが 2 つずつになるように切断する。

酵素 C : イソアミラーゼ…グルコースどうしの 1-6 結合をほとんど切断して、分枝を無くす。

- (4) 「文 1」のように、アミラーゼの働きによってヨウ素デンプン反応の色の変化が起こるのは、デンプンの構造にどのような変化があったためと考えられるか答えなさい。
- (5) 「文 4」の酵素 A~C のうち、単独でアミロースを分解しグルコースを生成する酵素はどれか、記号で答えなさい。
- (6) 最も効率よくアミロペクチンをグルコースに分解するには、酵素 A~C をどのような順に加えるとよいか。次の①~⑨から選び、番号で答えなさい。
- ① 酵素 A→B→C ② 酵素 A→C→B ③ 酵素 B→A→C ④ 酵素 B→C→A
 ⑤ 酵素 C→A→B ⑥ 酵素 C→B→A ⑦ 酵素 A のみ ⑧ 酵素 B のみ
 ⑨ 酵素 C のみ
- (7) (6) で選んだ理由を述べなさい。

3 富山県では、7月下旬～8月上旬の晴天の日の午前中にイネの花が咲く(穎-コメのもみ殻になる部分-が開く)。1つの花が咲いているのは2時間程度である。穎が開き始めたときには、めしべの柱頭には殆ど花粉が付着して受粉が終わっている(自家受粉を行う)。開花時、6本あるおしべの花糸は急に伸びて1cmほどに達し、おしべの葯は穎の外に出ている状態になる。葯が破れると花粉は外に飛び出し飛散する。



図3 イネの花

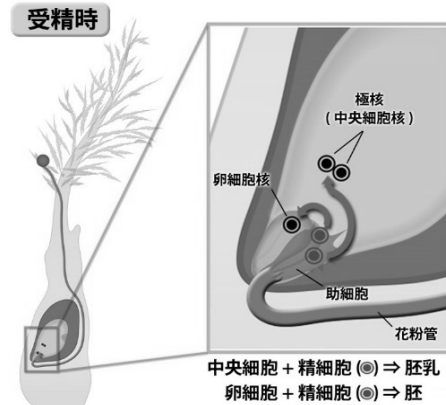


図4 イネの受精

(東京大学大学院農学生命科学研究科
植物分子遺伝学研究室 HP より引用)

開花前、花粉はおしべの葯でつくられ、成熟した花粉は細胞質の少ない雄原細胞が細胞質の多い花粉管細胞に取り込まれた状態になっている。めしべの胚のうは子房の中の胚珠でつくられる。成熟した胚のうには、3個の反足細胞、2個の助細胞、1個の卵細胞と中央細胞の計7個の細胞があり、中央細胞には核が2個あるが、それ以外の細胞には核が1個だけである。受粉すると花粉は発芽して花粉管を胚珠に向かって伸ばす。そのとき、雄原細胞は分裂して2個の精細胞になる。そして、2個の精細胞のうち1個は卵細胞と受精して受精卵になる。受精卵は細胞分裂を繰り返して、やがて子葉や幼根などからなる胚になる。もう1個の精細胞は中央細胞と受精してやがて胚乳になる。種子は胚、胚乳、およびそれらを包む種皮からなる。種皮は胚珠を囲む珠皮から形成されたもので、受精とは関係がない。種子が形成された時点で発生の進行は止まり、休眠状態になる。

- (8) イネは基本的に自家受粉を行っている。イネのように自家受粉を行う花の形質の特徴を挙げなさい。
- (9) 自家受粉と他家受粉(異なる花の花粉を受粉)を比べて、自家受粉の利点と欠点を挙げなさい。
- (10) ススキのような多年生植物の場合、自家受粉と他家受粉ではどちらの方が有利か。理由と共に答えなさい。
- (11) イネの胚乳は、ウルチ米の「ウルチ型」とモチ米の「モチ型」があり、純系のウルチ型のめしべに純系のモチ型のおしべを受粉すると、子は全てウルチ型になり、子どうしで交雑すると、孫の代はウルチ型：モチ型=3：1の割合でできる。これは、父方と母方、どちらがウルチ型またはモチ型でも同じ結果になる。
 - i. 胚乳をウルチ型にする遺伝子をA、モチ型にする遺伝子をaとすると、上記下線部の子の胚と胚乳と種皮の遺伝子型をそれぞれ答えなさい。
 - ii. 任意に選んだ孫の代のイネ100本を自家受粉させた場合、ひ孫の代のウルチ型とモチ型の胚乳の割合はいくつになるか。簡単な整数比で答えなさい。

- (12) ウルチ米とモチ米それぞれの玄米を、次の方法で薄く削ってプレパラートを作製し、実験考察の i ~ iii に答えなさい。なお、プレパラートはそれぞれ少なくとも 2 枚ずつ作製すること。

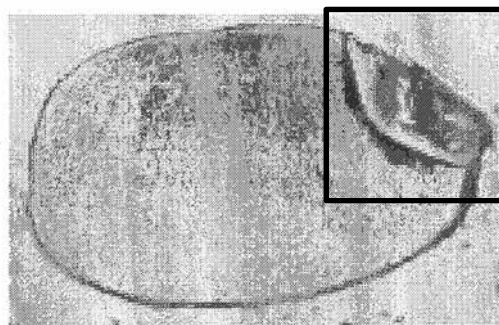


図5 染色したウルチ米(顕微鏡写真)

(北海道理科教育センター研究紀要第13号(2001)より引用)

【実験材料・器具】

ウルチ米とモチ米の種子 (チャック袋入り)

すりガラス2枚、スライドガラス、カバーガラス、
ピンセット2本、スポイト、瞬間接着剤、

蒸留水 (プラスチックカップ入り)、0.05%トルイジンブルー溶液 (青蓋の点眼びん)、
ヨウ素ヨウ化カリウム溶液 (赤蓋の点眼びん)、顕微鏡、ガーゼ、ろ紙などの検鏡用具

【実験方法】

- ① もみ殻をピンセットで丁寧に取り除き、玄米の状態にする。
- ② すりガラスに水を数滴垂らして濡らしておく (全面ではなく必要な部分のみ濡らす)。
- ③ 玄米の胚を手前にしてすりガラスの上へのせ、人差し指の腹で押さえ、円を描くように水平にこすって玄米を磨き減らす。途中で中断すると米粒がガラス面に張り付いてしまうことがあるので、焦らずに根気よく磨く。
- ④ 半分ほど研磨したら、瞬間接着剤をスライドガラスの中央に落とし、玄米の平らになった面を強く押しつけて接着させる。接着剤が固化するまで数分待つ。
- ⑤ 接着剤が固化したら、スライドガラスを逆さにし、反対面を水平になるように気をつけながらすりガラスで磨く。その際、削り具合を顕微鏡で確認しながら行うとよい。できるだけ薄く200 μ m (0.2mm) 以下の厚さになるように磨くと観察しやすい。

【実験考察】

- i. 玄米のウルチ米とモチ米を比較し、外観の違いを簡潔に述べなさい。
- ii. ウルチ米とモチ米それぞれの薄片をトルイジンブルー溶液で染色し、顕微鏡を用いて低倍率で観察しなさい。観察した結果を細胞の形や特徴がわかるようにスケッチしなさい。なお、スケッチはどちらか1枚のプレパラートについて、図5の枠で囲んだ部分のみ描きなさい。また、将来芽になる部分を○で囲みなさい。
- iii. 別のプレパラートのウルチ米とモチ米の薄片にヨウ素溶液を落とし、ヨウ素デンプン反応を観察しなさい。ウルチ米、モチ米はそれぞれどのような色を呈するか答えなさい。また、その色の違いからウルチ米、モチ米に含まれるデンプンの構造にどのような特徴があると考えられるか答えなさい。

2

植物では、受精後に胚が急速に成長し、幼芽や幼根などの幼器官や胚乳が分化して種子が形成される。やがてこれらの成長は一時的に停止し、種子は休眠状態に入る。

休眠状態の種子は、呼吸などの生理活性をほぼ完全に停止する。このとき種子の含水量はわずか10%程度と少なく、代謝活性は極めて抑制される。種子は、植物の生活環の中で環境の外圧に対して形態的にも生理的にも最も安定した状態にある。

休眠状態の種子は、水や温度、酸素などの外的要因が整うと発芽する。このような種子の休眠や発芽には、アブシシン酸やジベレリンなどの植物ホルモンが関与している。

1 種子の発芽の第一段階は吸水である。ダイコン種子の吸水は、図1のようにA期、B期、C期の3つの段階に分けられる。A期は種皮を通過して吸水がおこる時期、B期は吸水が一時停止する時期、C期は定常的な吸水がおこっている時期である。図2は、ダイコン種子の吸水にともない、胚の O_2 吸収量と CO_2 排出量の変化を示したものである。

稲作においては、種もみを一斉に発芽させるために、必要な水分を吸収させる「浸種」という作業を行う。種もみは、十分な水分を吸ったところで胚の発芽活動を始める。図3は、イネとコムギの種子を好気条件(酸素のある条件)と嫌気条件(酸素のない条件)で吸水させ、胚乳中のデンプン含量の変化を表したものである。なお、嫌気条件で発芽試験を行うと、イネは発芽するが、コムギは発芽しない。

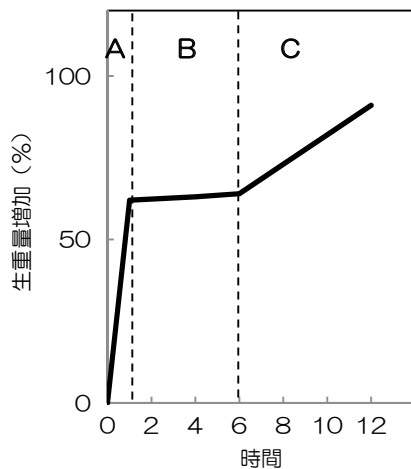


図1 ダイコン種子の吸水による重量変化

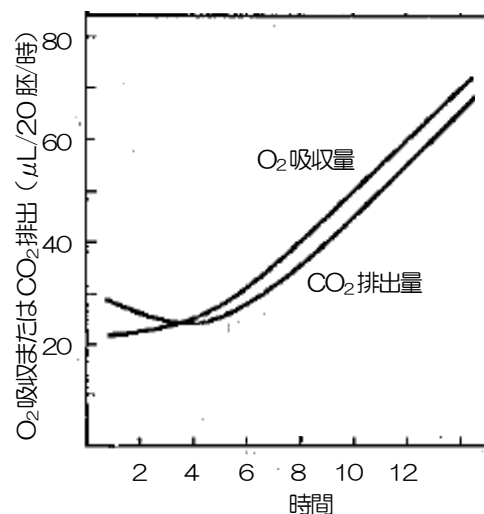


図2 ダイコン種子の吸水後の O_2 吸収量と CO_2 排出量

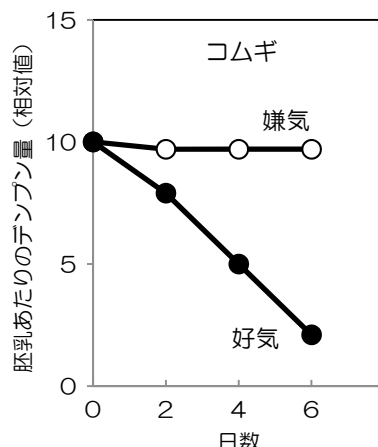
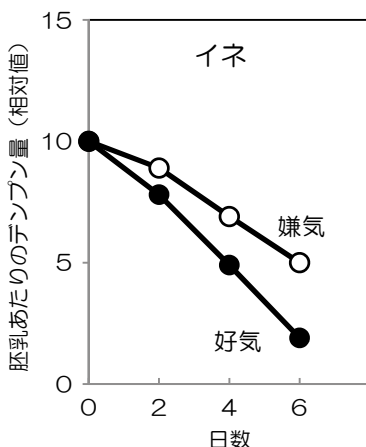


図3 好気条件と嫌気条件における胚乳中のデンプン含量の変化

図1,2は植物生理学改訂版
(増田芳雄,1994)より引用
図3は国立大学法人神戸大学
平成25年度入試問題より引用

- (1) A～C の各時期には、種子内でどのようなことがおこっていると考えられるか。次の①～④からあてはまるものをすべて選び、番号で答えなさい。
- ① 幼根が地中から養分や水分を吸収する。
 - ② 好気呼吸(酸素呼吸)が盛んになり、嫌気呼吸(無酸素呼吸)を上回るようになる。
 - ③ 物理的な水の吸水がおこっている。
 - ④ おもに嫌気呼吸が行われている。
- (2) 図1において、ダイコン種子が発芽する(幼根または幼芽が種皮を突き破って外へ現れる)のはいつか、解答欄の図に矢印を記入しなさい。
- (3) コムギを水田で栽培せずに畑で栽培するのはどうしてか、図3をもとに考察しなさい。
- (4) アサガオのように固く厚い種皮に包まれている植物は、発芽しにくいこともあるので、種皮に傷をつけてから種子をまいて発芽させることがある。しかしながら、種子が固く厚い種皮に覆われていることは、植物にどのような利点があるのかを考察しなさい。

2 イネの種子には、将来植物の本体となる胚と、養分を蓄えている胚乳がある。

また、胚乳の外側には糊粉層こふんそうと呼ばれる部位がある(図4)。胚には、養分がほとんど貯蔵されていないため、発芽・成長するためには胚乳から養分を供給してもらう必要がある。種子が吸水すると、胚では植物ホルモンのジベレリンが作られる。ジベレリンは糊粉層にはたらきかけて、アミラーゼの生成を促す作用がある。胚乳では、デンプンが養分として貯蔵されているが、このままでは呼吸基質として利用できないため、デンプンはグルコースなどの糖へと分解されなければならない。糊粉層は胚乳の外側を覆う細胞層であり、精米時に取り除かれる「ぬか」に相当する部分である。発芽時にはここでアミラーゼが作られるが、糊粉層の細胞は発芽に十分な水分が存在しているかどうかは、自分自身では感じるできない。

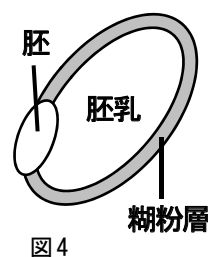


図4

イネの発芽について、次のような実験を行った。なお、実験過程で雑菌の混入はしていない。

【実験方法】

- ① イネの種子の準備：イネの種子を、図5の破線で示すように、胚の含まれる側(胚有)と胚の含まれない側(胚無)に切り分けた。もみ殻も同時に除去した。
- ② 吸水処理：シャーレを3つ準備し(シャーレA、B、C)、シャーレA、Bには蒸留水、シャーレCには 10^{-4} ppm ジベレリン水溶液を入れた(10^{-4} は、 $\frac{1}{10000}$ ppm : 100 万分の1)。さらに、AとCには①で準備した胚無の断片を入れ、Bには胚有の断片を入れた。その後、フタをして 20°C で2日間放置し、吸水させた。
A : 胚無+蒸留水 B : 胚有+蒸留水 C : 胚無+ジベレリン水溶液
- ③ 寒天デンプンプレートの作製：デンプン0.5gと寒天0.5gを水100mLに入れ、かき混ぜながら加熱して完全に溶かした。作製した溶液をシャーレに5mLずつ入れ、全体が均等な厚さになるよう広げ、室温で冷やし固めた。

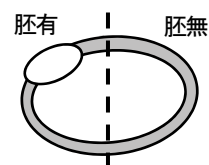


図5

④ ②の種子(A、B、C)を、③のプレートにそれぞれ切り口を下にしたの
せ、フタをして20℃で2日間置いた(図6)。

⑤ A～Cそれぞれの種子を取り除き、寒天の表面にヨウ素液をかけて反
応を観察した。種子が置かれていた部分の周囲に、ヨウ素デンプン反
応がみられた場合には「+」、みられなかった場合には「-」として記
録した(表1)。

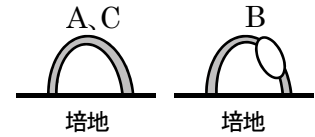


図6

【実験結果】 表1

	胚無	胚有
蒸留水	A +	B -
ジベレリン水溶液	C -	

【実験考察】

- (5) 吸水して発芽するまでの間に、イネの種子の中ではどのようなことが起きていると考えられるか説明しなさい。また、解答欄の図にも矢印、物質名などを書き込み、その様子を図示しなさい。
- (6) イネの種子をさらに細かく部位別(胚、胚乳、糊粉層)に分け、部位単独、あるいは部位を組み合わせて同様の実験を行ったとすると、どのような結果になると考えられるか。表2に、ヨウ素デンプン反応がみられる場合には「+」、みられない場合には「-」を記入しなさい。また、そのように考えた理由も書きなさい。

表2

	胚のみ	胚乳のみ	糊粉層のみ	胚と胚乳	胚と糊粉層	胚乳と糊粉層
蒸留水						
ジベレリン水溶液						

- (7) 種子内に貯蔵されている養分が、グルコースではなくデンプンであることの利点を考察しなさい。

このページに問題はありません

3 植物の種子には、水、酸素、適温などの環境要因が加わらないと発芽しないものがある。このような状態を種子の休眠という。休眠は種子内にある植物ホルモンのアブシシン酸の働きによって維持されている。図7は、種子の吸水によって植物ホルモンの量がどのように変化するかを示したものである。発芽に適した環境条件がそろると、種子内でジベレリンが増え、アブシシン酸の働きを抑えることで、休眠が解除される。

図8は、ソバの種子の断面図である。外側には固い殻があり、種皮の内側には糊粉層がある。種子の大部分を占めている胚乳には、デンプンが大量に含まれている。中心部にある胚芽は、将来成長して植物体となる。

ソバの種子を使って、種子の発芽とグルコース濃度について調べ、アブシシン酸の働きについて調べてみよう。

【実験準備】(この操作は実施済みである。)

- ① アブシシン酸(ABA) 100mg を水に溶かして 50mL とし、アブシシン酸水溶液を作った。
- ② 各シャーレにろ紙を敷き、蒸留水 2mL を加えた。一方のシャーレには、ABA 水溶液を 100 μ L ずつ加えた。
- ③ 各シャーレに、ソバの種子を 5 粒ずつ播種(種子をまくこと)した。

【実験材料・器具】ソバの種子(※1、※2)、蒸留水、尿糖検査用試験紙(※3)、比色表(※3)、乳鉢 5 個、乳棒 5 個、ピンセット、スポイト(2mL)、ストップウォッチ

※1 アブシシン酸水溶液を加えたもの(ABA(+))と加えないもの(ABA(-))について、それぞれ、播種 1 日後、2 日後の種子がシャーレ内に入っている。また、播種前のソバの種子 5 粒もある。

※2 ソバに対してアレルギーのある者は、試験監督に申し出ること。試験監督から手袋、マスク、ゴーグルを受け取り、必ず着用して実験すること。

※3 テルモ社の「新ウリエース Ga」を使用する。水溶液中のグルコース濃度に応じて、試験紙の色が変化する。試験紙ケースの比色表を用いて、グルコース濃度を確認する。

【実験方法】

- ① 乳鉢に播種前の種子 5 粒を入れ、蒸留水約 2mL(スポイトの一番上の目盛りまで)を加えて 30 秒間しっかりとすりつぶす。
- ② すりつぶし開始から 1 分後に尿糖検査用紙を乳鉢の中の懸濁液に 1 秒間浸す。
- ③ 浸してから正確に 30 秒後に試験紙の色を確認し、比色表を用いてグルコース濃度を調べる。
※試験紙の色は 30 秒以降も変化するので、正確に 30 秒後の色を確認すること。
- ④ 各シャーレ内の播種した種子 5 粒についても①～③の操作を行い、グルコース濃度を調べる。

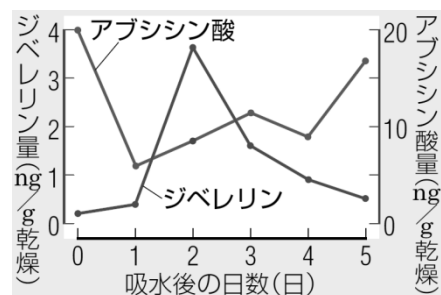


図7 オオムギ種子の吸水による植物ホルモンの変化

(ニューステージ新生物図表 浜島出版より引用)

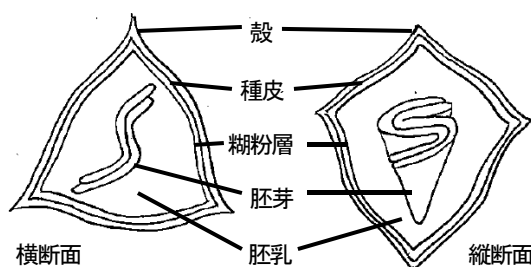


図8 ソバ種子の構造

【実験結果】

各実験区において、尿糖検査用紙の色の变化と比色表からグルコース濃度を判定し、一、±、+、++、+++の記号を使って表し、以下の表に記入しなさい。

① 播種前の種子

グルコース濃度	
---------	--

② アブシシン酸を加えたもの(ABA(+))

	播種1日後	播種2日後
グルコース濃度		

③ アブシシン酸を加えないもの(ABA(-))

	播種1日後	播種2日後
グルコース濃度		

【実験考察】

(8) 実験結果から、休眠を維持させるためのアブシシン酸の作用を考察しなさい。

