

2020年度

理 科

R C

生 物

〔問題ページ数〕

10 ページ

〔解答用紙枚数〕

4 枚

3月12日(木) 理 学 部 (生物科学科, 創造理学コース)

【後 期 日 程】 農 学 部 9 : 40 ~ 11 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで, 問題冊子, 解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い, 出願時に選択した科目の問題冊子, 解答用紙であるかどうかを確かめ, 全部の解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 はじめに, 問題冊子, 解答用紙を確かめ, 枚数の不足や, 印刷の不鮮明なもの, ページの落丁・乱丁があった場合は, 手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は, 声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は, 比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は, 必ず持ち帰りなさい。

1 植物の成長と植物ホルモンに関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

多くの種子植物において、_a 休眠状態にある種子は条件がそろうと発芽する。発芽後、植物は光合成による有機物の合成をおこなうことで、茎を伸ばして次々と葉を分化しながら成長を続ける。このような成長を ① 成長という。ある一定の成長段階に達した植物は、日長や温度などの条件が整うと、_b 茎頂を花芽に分化させる ② 成長に切りかわる。開花し受粉すると種子が形成され、果実ができる。その後、老化した葉や熟した果実は植物体から切り離される。このような植物の一生の中で、さまざまな植物ホルモンが環境の変化に合わせて植物の成長に促進的または抑制的に作用している。

問1 文章中の ① , ② に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aとbについて、促進的に働く植物ホルモンをそれぞれ答えなさい。

問3 メロンの幼植物体を用いて頂芽優勢に関する実験をおこなった。小問(1)～(3)に答えなさい。

(1) 図1のA～Dの処理をおこなったとき、メロン幼植物体の側芽がどのような反応を示すか、A～Dそれぞれ簡潔に答えなさい。

(著作権許諾手続中)

図1 メロンの幼植物体の頂芽優勢に関する実験

*オーキシン輸送阻害剤は与えた部分にとどまる。

(園芸生理学 分子生物学とバイオテクノロジー(2007)を改変)

(2) 頂芽優勢におけるオーキシンとサイトカイニンの関係について説明しなさい。

(3) 頂芽優勢は植物にとってどのような利点があるか、答えなさい。

問 4 密閉したガラスケースの中で水にさしたツツジの枝葉のみを置く対照区と、密閉したガラスケースの中でツツジの枝葉に加え成熟したリンゴ果実と一緒に置く処理区とを設け、それぞれのツツジの観察をおこなった。その結果、成熟したリンゴ果実と一緒に置いた処理区のツツジでのみ落葉が観察された。なぜ処理区のツツジのみ落葉したのか、そのしくみを説明しなさい。なお、ガラスケース内の温度は 20℃ に保たれ、十分に水が与えられている。

問 5 キウイフルーツの果実の成長とホルモンの関係について、小問 (1) , (2) に答えなさい。

(1) キウイフルーツ栽培では、雌株のめしべに雄株から集めた花粉を受粉させて果実を結実させる。しかし、受粉を一切おこなわなくても、開花直後の雌株の花に植物ホルモン溶液を処理すると、表 1 に示すように果実が成長する場合もある。表 1 の結果において、キウイフルーツの種子が果実の成長を促すしくみについて答えなさい。

表 1 植物ホルモン処理が果実の重さに及ぼす影響と種子の数

(著作権許諾手続中)

*** 果実ができなかった**

(小原 他(1997) 園芸学雑誌 66 : 467—473 を改変)

(2) 種子の数は少ないが果実の重さは変わらないキウイフルーツ突然変異体がある。この変異体と元株(原品種)の果実1個の重さと種子の数との関係を調べたところ、図2のように元株も変異体もそれぞれ果実の重さは種子の数が増加するにしたがって大きくなった。この変異体では種子の機能にどのような変化が生じたと考えられるか、表1の結果を踏まえて、答えなさい。

一個の果実の重さ (g)

(著作権許諾手続中)

一個の果実あたりの種子の数 (個)

図2 キウイフルーツ突然変異体と元株における
果実の重さと種子の数

2 森林の構造と環境に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点 25 %)

森林の内部を見ると、①とよばれる森林の最上部から②とよばれる地面に近い場所まで、さまざまな高さに植物が葉を広げている。十分に発達した森林では、①に葉を広げる高木層、その下に葉を広げる亜高木層、その下の低木層、②の草本層といった垂直方向の③構造が見られる。

③構造は森林内で多様な環境を形成する。例えば、^a風のない晴れた日中の二酸化炭素濃度は森林の上部から地面にむかって高くなる。一方、^b日中の光強度は森林上部から地面にむかって小さくなり、そのため、②付近に生育する低木や草本類には④植物が多い。このような^c③構造の発達した森林では、生息する鳥類の種数が増えることが報告されている。

問1 文章中の①～④に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、風のない晴れた日中に森林内の二酸化炭素濃度が森林の上部から地面にむかって高くなる理由を説明しなさい。

問3 下線部bのような群落内の光環境と、群落の同化器官および非同化器官の垂直分布の関係を調べるため、草本群落であるイネ科植物のチカラシバ群落と広葉草本のアカザ群落を対象に以下の実験をおこなった。この実験について、小問(1)～(4)に答えなさい。

(実験1) 一定の高さ(10 cm)ごとにAとBの2種類の照度計を用いて光強度を測定した。
用いた照度計Aには紫外光と遠赤色光を遮断するフィルターが、照度計Bには紫外光と可視光を遮断するフィルターが取り付けられている。

(実験2) 一定の高さ(10 cm)ごとに植物体を刈り取り、同化器官と非同化器官に分けて、重量を測定した。また同化器官については葉面積も測定した。

- (1) 実験2の測定法を何というか、答えなさい。
- (2) 実験2の測定の結果から作成される、高さごとのそれぞれの重量を示した図を何というか、答えなさい。
- (3) 実験1と実験2の結果から、照度計Aで測定された光強度(相対照度)と光強度を測定した高さより上部にある葉面積の関係は図1のようになった。この結果を参考にして、チカラシバ群落とアカザ群落における同化器官の分布と照度計Aで測定した光強度の特徴について、それぞれの違いがわかるように説明しなさい。
- (4) 実験1の照度計Aと照度計Bで測定された光強度をそれぞれ L_A 、 L_B としたとき、比率 L_A/L_B はいずれの群落でも下部は上部に比べて小さくなった。どのような理由が考えられるか、説明しなさい。

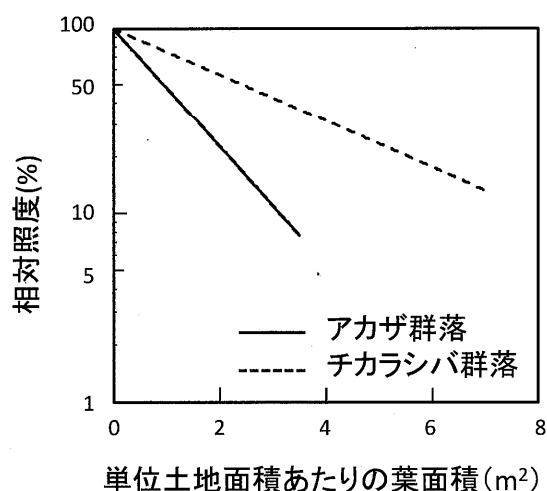


図1 葉面積と相対照度の関係

相対照度とは、障害物のない場所で測定した照度を100とした場合の割合である。

葉面積は、光強度を測定した高さより上部にあるすべての葉の面積である。

問4 下線部bのような異なる光環境では、同一植物体であっても異なる特徴をもつ葉をつける。明るい光環境につく葉を陽葉、暗い光環境につく葉を陰葉という。陽葉と陰葉について、光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を調べ、表1の結果を得た。小問(1)～(3)に答えなさい。ただし、小問(2)、(3)においては、小数点第二位を四捨五入しなさい。

- (1) 陽葉は陰葉と比べてどのような形態的特徴を持つか、説明しなさい。
- (2) 光飽和における見かけの光合成速度について、陽葉は陰葉の何倍になるか、答えなさい。
- (3) 光飽和における光合成速度について、陽葉は陰葉の何倍になるか、答えなさい。

表1 光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係

光の強さ (相対値)	二酸化炭素吸収速度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{秒}$)	
	陽葉	陰葉
0	-2.0	-1.0
5	-0.5	0.4
10	0.8	1.8
20	3.2	2.7
40	6.2	3.0
70	8.0	3.0
100	8.0	3.0

問5 下線部cのように、多種の鳥類の生息が可能となる理由を、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 環境形成作用, ニッチ, 共存

3 カエルの発生に関する次の文章を読み、問1～問8に答えなさい。(配点25%)

両生類の^a 胞胚期における^b 動物極周辺の予定外胚葉を切り出し単独で培養すると、外胚葉性の組織になる。一方、この予定外胚葉を、同じ発生段階の^c 植物極付近の予定内胚葉と接着させて培養すると、予定外胚葉は脊索や筋肉などの中胚葉の組織を形成する。この現象は中胚葉誘導とよばれる。胚発生過程では、中胚葉誘導は予定内胚葉に存在する ① の作用で起こり、このタンパク質が予定中胚葉の細胞の ② に結合すると、細胞の遺伝子発現が変化し、中胚葉の組織への分化がおこると考えられている。

中胚葉誘導のしくみを調べるために、^d カエルA種とB種の胚を用いて胞胚期の予定外胚葉と、胞胚期前後の発生段階にある胚の植物極付近の予定内胚葉を組み合わせる培養実験をおこなった。A種とB種は近縁で、発生は同じ速さで進行する。A種の細胞は核に特殊な顆粒を持っており、これを持たないB種の細胞とは区別ができる。そこでA種の予定外胚葉とB種の予定内胚葉を接着させて培養し、表1に示す結果を得た。どちらの種の予定外胚葉、予定内胚葉を単独で培養しても中胚葉組織を生じることはなかった。また同種間で予定外胚葉と予定内胚葉を接着させて培養した場合も、表1の結果と同様であった。

表1 カエル胞胚期の予定外胚葉を用いた中胚葉誘導の実験の結果

予定内胚葉の発生段階	実験数	中胚葉が誘導された数
桑実胚	16	8
胞 胚	8	8
初期原腸胚	11	0

問1 文章中の ① , ② に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、カエルとウニの胞胚の特徴を比較して説明しなさい。

問3 下線部b, cについて、動物極、植物極とは何か、答えなさい。

問4 後期神経胚において中胚葉は脊索のほかにどのような構造に分化しているか、3つ答えなさい。

問5 表1の実験結果から、予定内胚葉の中胚葉誘導能力についてどのようなことが考えられるか、答えなさい。

問 6 下線部dについて、なぜ異なる種のカエルの胚を用いたのか、その理由を説明しなさい。

問 7 中胚葉誘導について、動物極の予定外胚葉の応答能力の違いを調べるにはどのような実験をおこなえばよいか、答えなさい。

問 8 原口背唇部に関する小問 (1) , (2) に答えなさい。

(1) 初期原腸胚の原口背唇部の形成体としての働きを証明するにはどのような実験をおこなえばよいか、予想される結果とともに答えなさい。

(2) (1) のしくみを、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) BMP, ノギン, コーディン, 表皮

- 4 高温ストレスに対する細胞の応答を調べるために、酵母を用いておこなった実験に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点 25 %)

(実験1) 実験に用いた酵母の培養に適した温度は 25℃ であり、37℃ では酵母に高温ストレスがかかるものの、生存は可能である。高温ストレス応答に必要な遺伝子 X の役割を調べるために、野生株 WT がもつ遺伝子 X もしくはその転写調節領域の DNA の塩基配列中に 1 か所の 1 塩基の置換をもつ株を多種類、作り出した。その中から、25℃ では生存可能であるが、37℃ に長期間置いた場合には生存できない変異株を 3 株選び出し、M1～M3 と名付けた。

(実験2) 遺伝子 X から作られるタンパク質 X を解析した。野生株 WT と変異株 M1～M3 のそれぞれからタンパク質を抽出し、タンパク質 X の大きさ(分子量)と量を調べることができるゲル電気泳動法で解析したところ、図1のようになった。このゲル電気泳動法では、分子量の小さいタンパク質ほどゲル中を速く移動できる。ここで、タンパク質 X は図中の黒い線として表されており、これをバンドとよぶ。バンドの太さはタンパク質の量を反映している。このタンパク質の量は 25℃ と 37℃ で変化しなかった。

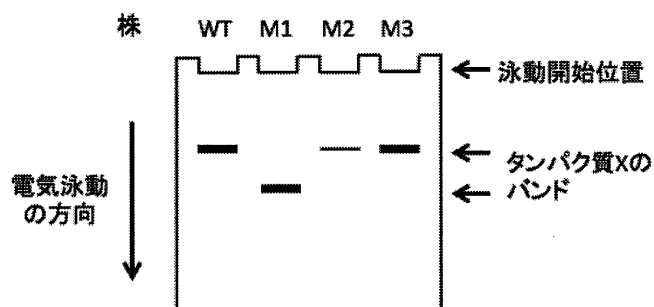


図1 タンパク質 X のゲル電気泳動

(実験3) タンパク質は通常無色透明である。タンパク質 X の酵母細胞内の存在部位を調べるために、^a特殊なタンパク質を利用してタンパク質 X に目印をつけた。野生株 WT と変異酵母株 M1～M3 を 25℃ から 37℃ に短時間移した後、再び 25℃ に戻した。この過程におけるタンパク質 X の細胞内の存在部位を観察したところ、図2のようになった。ここで、タンパク質 X は主に図中の灰色で描かれたところに存在した。

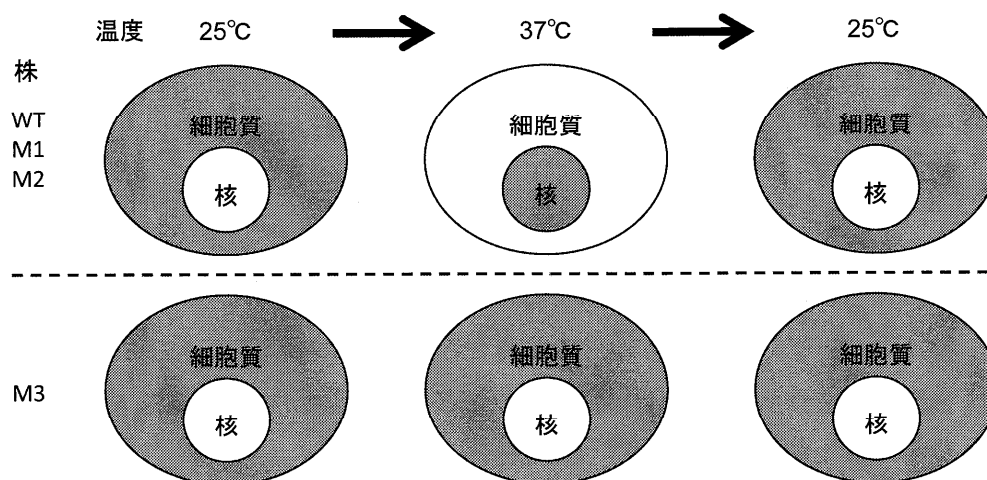


図2 タンパク質 X の細胞内の存在部位

図中の灰色の濃さはタンパク質 X の量を示すものではない。

(実験4) 別の実験から、タンパク質 X はシャペロン遺伝子の転写調節に関与することがわかった。野生株 WT と変異株 M1 ~ M3 それぞれから mRNA を抽出し、シャペロン遺伝子の mRNA の量を調べるができるゲル電気泳動法で解析した。その際、25℃で培養した酵母を 37℃ に短時間移して、この過程におけるシャペロン遺伝子の mRNA の量の変化を調べたところ、図3のようになった。このゲル電気泳動法で、シャペロン遺伝子の mRNA は図中の黒い線として表されており、これをバンドとよぶ。バンドの太さは mRNA の量を反映している。

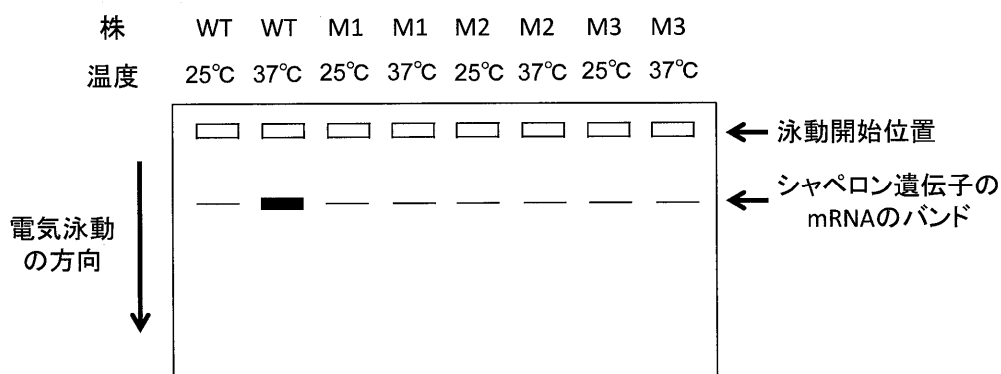


図3 シャペロン遺伝子の mRNA のゲル電気泳動

問 1 下線部 a について、次の小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) 特殊なタンパク質とはどのようなものか、答えなさい。
- (2) 特殊なタンパク質をどのように用いてタンパク質 X に目印を付けるのか、答えなさい。

問 2 下線部 b について、次の小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

- (1) シャペロンとはどのような働きをもつタンパク質か、答えなさい。
- (2) 野生株 WT において高温でのシャペロンの増加が細胞の高温ストレスを軽減する理由を答えなさい。
- (3) 実験 3 と 4 の野生株 WT の結果から、高温ストレス応答においてタンパク質 X はシャペロン遺伝子の転写調節に対してどのような役割を担うと考えられるか、答えなさい。

問 3 変異株 M 1 について、次の小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) 実験 2 ~ 4 の結果から、どのような変異が遺伝子 X もしくはその転写調節領域に生じたと考えられるか、答えなさい。
- (2) (1) の答えを踏まえて、タンパク質 X の機能にどのような異常が生じたと考えられるか、答えなさい。

問 4 変異株 M 2 について、次の小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) 実験 2 ~ 4 の結果から、どのような変異が遺伝子 X もしくはその転写調節領域に生じたと考えられるか、答えなさい。
- (2) (1) の答えを踏まえて、タンパク質 X の機能にどのような異常が生じたと考えられるか、答えなさい。

問 5 変異株 M 3 について、次の小問 (1) , (2) に答えなさい。

- (1) 実験 2 ~ 4 の結果から、どのような変異が遺伝子 X もしくはその転写調節領域に生じたと考えられるか、答えなさい。
- (2) (1) の答えを踏まえて、タンパク質 X の機能にどのような異常が生じたと考えられるか、答えなさい。