

令和4年度入学試験問題

生 物

(後 期 日 程)

農 学 部

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は16ページ、解答用紙は4枚あります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

すべての生物は、細胞からできている。動物細胞の構成成分を分析してみると（ア）が多くの割合を占めている。（ア）に次いで多い物質は、タンパク質、（イ）などで、その他、DNAをはじめとする（ウ）、炭水化物などの有機物と、無機物である。無機物にはナトリウムやカリウムなどがあり、多くは（ア）に溶けて（エ）として存在し、細胞内外の浸透圧^(a)を調整したり、^(b)酵素のはたらきを助けたりするなど、さまざまなはたらきにかかわっている。^(c)タンパク質は、細胞やその周辺に多量に含まれている有機物であり、さまざまな生命現象を生みだす。また、細胞は、細胞膜^(d)により細胞内外が仕切られている。細胞膜はリン（イ）二重層からなっている。

問1 文章中の空欄（ア）～（エ）に当てはまる適切な語句を、以下の語句の中から選び、記せ。なお、同一記号の空欄には同一語句が入る。

イオン、 核酸、 脂質、 水

問2 下線部(a)について、魚で次のような実験を行った。

手順1) 少量の水を入れた試験管と少量の16%スクロース溶液(重量%)を入れた試験管を用意する。

手順2) 新鮮なアジから血液を採取し、水またはスクロース溶液にそれぞれ混ぜる。

手順3) 血液の混ざった水またはスクロース溶液、それぞれの試験管を1分間、遠心分離する。

表 遠心前後の試験管のようすを観察した結果

使用した液体	液体の色		沈殿のようす	
	遠心前	遠心後	遠心前	遠心後
A	赤色	赤色	なし	あり(薄赤色)
B	赤色	透明(淡黄色)	なし	あり(濃赤色)

- (1) 表の結果から、水であるのは A と B のどちらか、記号を記せ。
- (2) 浸透圧について次の文章中[]内で正しい語句を選び、記号を記せ。

赤血球を[① 高張液 ② 低張液]に浸すと、浸透により水が赤血球内に移動して体積が増加し、破裂することもある。

- (3) (2)で見られた赤血球が破裂する現象を何というか、適切な語句を記せ。

問3 下線部(b)について、以下の各問に答えよ。

- (1) だ液などに含まれるアミラーゼはデンプンを効率よく分解するが、タンパク質は分解できない。このような、酵素が特定の物質のみにはたらきかける性質を何というか。
- (2) 生体内では数多くの酵素のはたらきによって、さまざまな化学反応が効率的に進行している。ブタの肝臓にはカタラーゼという酵素が含まれている。カタラーゼは過酸化水素を水と酸素に分解する酵素である。酵素の性質を理解するために次のような実験をした。

手順1) 3% 過酸化水素水を 5 mL 入れた試験管を 5 本用意する。

手順2) ブタの肝臓片(米粒大)に、それぞれ以下の①～⑤のような処理をする。

手順3) 処理した肝臓片を手順1)で用意した試験管に入れる(25℃の条件下で行う)。

その結果、試験管の中でほとんど気泡が発生しない処理を以下の①～⑤の中からすべて選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① 熱湯(98℃)に10分間浸す。
- ② 水(25℃)に10分間浸す。
- ③ 冷水(4℃)に10分間浸す。
- ④ 3.5% 塩酸 1 mL に10分間浸す。
- ⑤ 4% 水酸化ナトリウム 1 mL に10分間浸す。

- (3) 外的条件によって酵素のはたらきが失われた状態を何というか。

問4 下線部(c)について述べた、以下の文章の空欄(オ)～(ケ)に当てはまる適切な語句を記せ。図1はタンパク質を構成するアミノ酸の模式図を示している。なお、文章および図において同一記号の空欄には同一語句が入る。

アミノ酸の性質は図1でRと表されている(オ)の違いによって決まる。(カ)と別のアミノ酸の(キ)が結合した -CO-NH- で表される結合を(ク)結合という。またタンパク質中のシステイン残基の(オ)の間につくられる(ケ)結合によってタンパク質の立体構造が変化、安定化することもある。なお、(ク)結合も(ケ)結合も共有結合である。

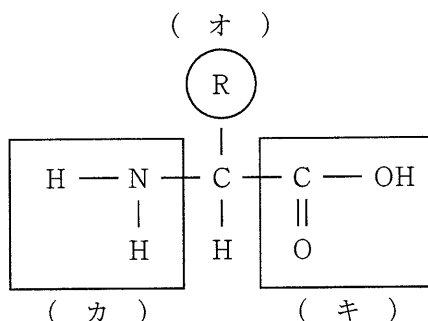


図1

問5 下線部(d)について、細胞膜にはさまざまな膜タンパク質が配置されており、膜内外の物質の拡散の防止、膜内外での物質の輸送、外部からの情報の受容や細胞間の情報伝達などのはたらきに関係する。

(1) 物質輸送について、次の文章中の下線部(コ)～(セ)の[]内で正しい語句を選び、記号を記せ。

細胞膜を介した物質の移動は、エネルギーを [① 使う ② 使わない]
(コ)
 チャンネルや担体、エネルギーを [① 使う ② 使わない] ポンプなどにより
(キ)
 によって行われる。物質の濃度勾配に従うエネルギーを使わない物質輸送を
 [① 能動輸送 ② 受動輸送] という。ニューロンが刺激を受け、脱分極
(ク)
 が起こると、電位依存性ナトリウムチャンネルが次々に開き、ナトリウムイオンが細胞
(ケ)
 [① 内に流入 ② 外に流出] することで、膜電位は急速に
 [① 上昇 ② 下降] する。
(セ)

- (2) 図2は、あるホルモンがGタンパク質共役型受容体に結合して情報伝達がおこなわれている模式図である。以下の文章中の空欄(ソ)～(ヌ)に当てはまる適切な語句を、次の①～⑯の中から選び、記号を記せ。

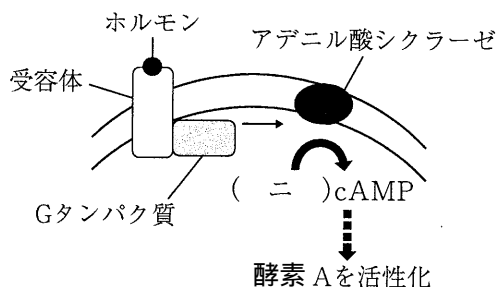


図2

ホルモンには、標的器官の細胞内に入ってはたらくものと、細胞膜に受容されてはたらくものがある。糖質コルチコイドなどの(ソ)は、(タ)になじみやすい性質をもち、細胞膜を通過できる。このようなホルモンは、細胞内の受容体と結合して、DNAにはたらきかけて遺伝子の発現を調節する。一方、図2のように作用するアドレナリンや(チ)は、(ツ)になじみやすい性質を持ち、細胞膜を通過できない。このようなホルモンは、細胞膜にある受容体に結合することで作用する。例えば(テ)から分泌されるアドレナリンは、標的器官である肝臓の細胞の細胞膜にある受容体に結合する。するとGタンパク質に結合していた(ト)が(ナ)と入れかわる。これによって活性化されたGタンパク質はアデニル酸シクラーゼを活性化し、図2の(ニ)からサイクリックAMP(cAMP)を作る。cAMPは細胞内において、情報伝達物質となり、数段階の反応を経て、グリコーゲンをグルコースに分解する酵素Aを活性化し、血糖値が上昇する。cAMPは、細胞外の情報を間接的に細胞内に伝えるので(ヌ)と呼ばれる。

- | | | | |
|-------|----------|--------|---------------|
| ① ATP | ② タンパク質 | ③ 水 | ④ ペプチドホルモン |
| ⑤ ADP | ⑥ サイトカイン | ⑦ 脂質 | ⑧ ステロイドホルモン |
| ⑨ GDP | ⑩ 副腎髄質 | ⑪ 副腎皮質 | ⑫ セカンドメッセンジャー |
| ⑬ GTP | ⑭ 神経伝達物質 | ⑮ 糖 | ⑯ トル様受容体(TLR) |

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

光合成は、太陽の光エネルギーを有機化合物のもつ化学エネルギーとして固定する反応である。植物の光合成の場合は、葉緑体である。光合成の反応は、葉緑体の(イ)で起こる光が直接関係する反応段階と(ウ)で起こる光が直接関係しない反応段階に大きく分けることができる。

(イ)での反応の最初の段階は、光エネルギーによって引き起こされる(イ)膜上の光化学系Ⅱから光化学系Ⅰへとつながる電子伝達である。光化学系Ⅱは、水から電子を受け取る。水から電子が引き抜かれると(エ)と水素イオンが生じる。光化学系で伝達された電子は、最終的に酸化型補酵素の(オ)に渡され、還元型の(カ)が生産される。一方、電子伝達と結びついたATP合成により、光エネルギーがATPの化学エネルギーに変換される。

(ウ)での反応は、酵素の働きによって進行する炭酸同化である。反応経路は、カルビン・ベンソン回路と呼ばれ、(イ)での反応で合成されたATPのエネルギーと(カ)の還元力を用いて、二酸化炭素が糖に取り込まれる。二酸化炭素の取り込みの過程において、リブロース1,5-ビスリン酸と二酸化炭素から生成した(キ)は、ATPによるリン酸化、(カ)による還元を経て(ク)となる。二酸化炭素の固定と(キ)の還元反応により、6分子のリブロース1,5-ビスリン酸と二酸化炭素から(ケ)分子の(キ)が生じる。光合成が定常状態にあるとき、(ケ)分子の(キ)のうち(コ)分子はリブロース1,5-ビスリン酸の再生過程に利用されるが、(サ)分子はデンプン合成またはショ糖合成に利用される。

トウモロコシやサトウキビなどの植物は、カルビン・ベンソン回路のほかに、二酸化炭素を効率よく固定する反応系をもつ。その経路では、二酸化炭素が取り込まれ、最初に炭素数4(C₄)のオキサロ酢酸ができる。この経路をもつ植物はC₄植物と呼ばれ、熱帯地方など光の強い所でよく育つ。C₄植物は葉肉細胞だけではなく、他の細胞にも発達した葉緑体をもち、これら2つの細胞で光合成を行う。

問 1 葉緑体 の

DNA は、核内の DNA と異なる独自の DNA をもっている。葉緑体 と同様に独自の DNA をもっている細胞小器官の名称を記せ。

問 2 文章中の空欄 (イ) ～ (ク) に入る適切な語句を、また、(ケ) ～ (サ) に入る適切な数字を記せ。なお、同一記号の空欄には同一の語句または数字が入る。

問 3 下線部(a)の光エネルギーは光合成色素で受容され、それぞれの光化学系の反応中心にある物質へと渡される。その物質の名称を記せ。

問 4 下線部(b)の反応は、光化学系 II のみで起こり光化学系 I では起こらない。その理由を、30 字以内で記せ。

問 5 下線部(c)の合成反応は、光エネルギーが電子伝達系を動かしたことによることから何と呼ぶか、その名称を記せ。

問 6 下線部(d)の反応を触媒する酵素の略称をカタカナ 4 字で記せ。

問 7 問 6 の酵素はカルビン・ベンソン回路において、リブローズ 1,5-ビスリン酸を二酸化炭素とは別の物質と反応させる活性をもつ。その物質と活性の名称を記せ。

問 8 下線部(e)の細胞の名称を記せ。

3 次の文章〔Ⅰ〕および〔Ⅱ〕を読んで、以下の各問に答えよ。

〔Ⅰ〕ヒトをはじめ、多くの真核生物の1つの体細胞には、両親それぞれに由来する1対の染色体のセットがある。体細胞分裂の中期の染色体を観察すると、形や大きさが同じ染色体が2本ずつある。この1対の染色体を(ア)染色体という。また、配偶子が形成される過程では、減数分裂を経て、1個の母細胞から(A)^(a)個の娘細胞が生じる。減数分裂では、第一分裂と第二分裂の2回の細胞分裂が連続して起こる。第一分裂の前期に、(ア)染色体どうしが平行に並んで接着した状態になる。これを(イ)といい、(イ)した状態の染色体を、(ウ)染色体という。例えば、カイウサギの染色体は通常21組の常染色体と(B)組の性染色体から構成されている。すなわち、体細胞中の染色体数は(C)本で、精子や卵の染色体数は減数分裂によって(D)本となる。この精子や卵がもつ染色体にはカイウサギが持つすべての遺伝情報が含まれている。これを^(b)ゲノムと呼ぶ。染色体に占める遺伝子の位置を遺伝子座と呼び、ある遺伝子座について、1つの形質に関する複数の異なる遺伝子が存在するとき、これらのそれぞれの遺伝子を(エ)遺伝子という。

カイウサギの毛色の遺伝では、2組の(エ)遺伝子、すなわち優性の遺伝子 C と劣性の遺伝子 c および優性の遺伝子 A と劣性の遺伝子 a が関与している。このとき、 CC 、 cc 、 AA 、あるいは aa のように同じ遺伝子をもつ個体を(オ)体、 Cc や Aa のように異なる遺伝子をもつ個体を(カ)体という。カイウサギの毛を黒にする C を有する個体は A がなければ黒になるが、 C と A を共に有すると灰色となる。また、 C を持たない個体は A の有無に関係なく白となる。例えば、黒(遺伝子型 $CCaa$)と白(遺伝子型 $ccAA$)の個体を両親として交配すると、その F_1 (雑種第一代)はどの個体も灰色となる。そして、この F_1 のオスと F_1 のメスを交配して生まれる F_2 (雑種第二代)の毛色は灰色、黒色、白色のどれかとなる。

問 1 文中の(ア)～(カ)に入る適切な語句を記せ。なお、文章[Ⅰ]および[Ⅱ]を通して同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問 2 文中の(A)～(D)に入る適切な数字を記せ。

問 3 下線部(a)について、細胞周期に伴う減数分裂の過程での細胞あたりの DNA 量(相対値)の変化をグラフに示された実線に続けて図示せよ。

問 4 下線部(b)について、適切な記述を次の中からすべて選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① ゲノムの中にはタンパク質に翻訳されない部分も存在する。
- ② 犬の品種によるからだの大きさの違いはゲノムサイズと関係している。
- ③ 同じ種の個体間で見られる一塩基多型の存在はゲノムの多様性につながっている。
- ④ ゲノムには2～数十個からなる特定の塩基配列が繰り返し連なっている領域があるが、この繰り返しの回数は同じ種であれば個体間で同じである。
- ⑤ 大腸や、土壌に含まれる膨大な種類の微生物の集合体に含まれるゲノムを一度にまとめて読み取ることはできない。
- ⑥ ヒトの全ゲノムは解読され、公開されていることから、個人のゲノム情報は個人情報とはいえない。

問 5 下線部(c)について、以下の(1)および(2)に答えよ。

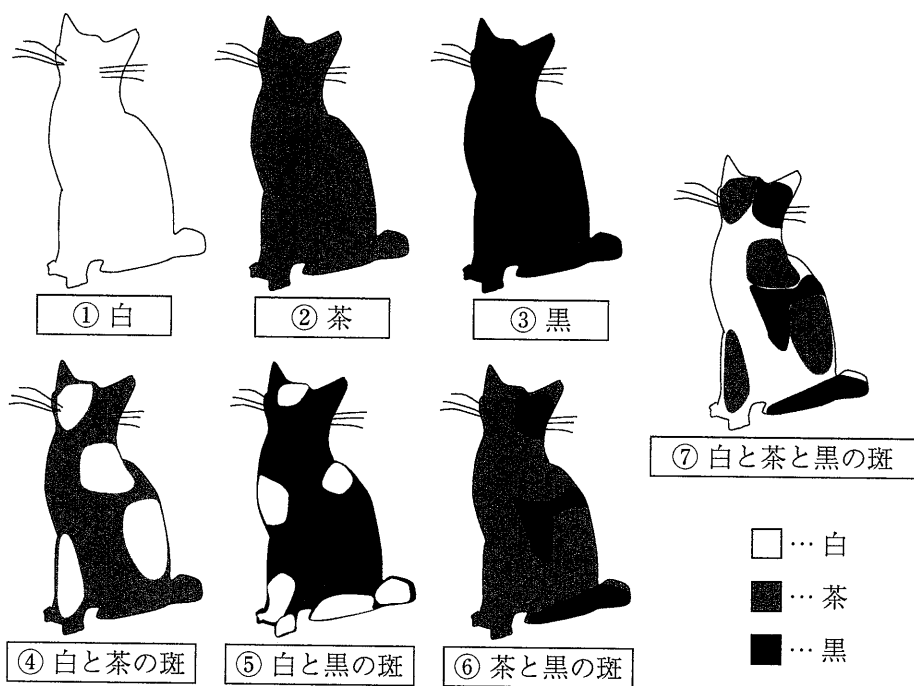
- (1) F_1 どちらの配偶子の組み合わせによる遺伝子型は何通りとなるか。
- (2) 期待される灰色と黒色と白色の比率は(E):(F):(G)となる。(E)～(G)に入る適切な数字を記せ。

〔Ⅱ〕ネコの毛色について考えてみる。全身の白色は常染色体上に位置する優性遺伝子 W と劣性遺伝子 w で決まっている。 W を有していれば(オ)であろうとなかろうと、ほかの遺伝子の発現状態に関係なく、その個体の毛色は全身が白となる。これは、 W 遺伝子が他の毛色の遺伝子の働きを抑えるからである。一方、 ww の遺伝子型であっても体毛に白を有する場合として白斑^{しろぶち}があげられる。これは常染色体上に位置する、優性遺伝子 S と劣性遺伝子 s で決まる。 SS である個体は白斑が多くなり、 Ss である個体は白斑が少なくなる。また、 ss である個体は白斑を持たず、白以外の色になる。

茶と黒の発現の有無は X 染色体上に位置する(エ)遺伝子 O と o によって決まるが、Y 染色体上にはこれに対応する遺伝子座が存在せず、X 染色体に存在する遺伝子の形質がそのまま現れる。すなわち、 O を有する個体は茶に、 o を有する個体は黒になる。ところが興味深いことに、 Oo を有する個体では茶と黒の2色の斑(二毛猫)になる。哺乳類では X 染色体が2本あると、受精直後の細胞分裂の際に2本の X 染色体のどちらか一方の染色体上の遺伝子発現が抑えられる。これを不活性化という。不活性化は細胞ごとにランダムに起こり、 Oo では O の働く細胞と働かない細胞がそれぞれ成長する。不活性化した細胞では O が働かない。すなわち、二毛猫では、同一個体において父親由来の X 染色体が不活性化された細胞と母親由来の X 染色体が不活性化された細胞が混在している。これに白斑が混じると三毛猫となる。

問6 以下の(1)～(4)の遺伝子型の組み合わせを示す雌猫にあらわれる毛色として最も適切なものをそれぞれ図の①～⑦の中から1つ選び、記号を記せ。

- (1) Ww , SS , OO
- (2) ww , SS , Oo
- (3) ww , Ss , oo
- (4) ww , ss , oo



図

問7 染色体異常の場合を除き，二毛猫および三毛猫の性別が通常はメスである理由を 60 字以内で答えよ。

4 次の〔Ⅰ〕および〔Ⅱ〕の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

〔Ⅰ〕季節に応じて花をつける植物は、日長を情報として受容し、それに応じて花芽形成を促進する物質を合成している。例えば、ある植物の種子を春から秋にかけて数日おきに畑にまくと、まいた時期に関係なく、秋の同じ時期に開花する。^(a)そこで、人工的に日長を変化させてこの植物を育てると、一定の日長以下になると花芽を形成した。このように、生物が日長に対して反応する性質を（ア）という。一方で、花芽形成に日長が関係しない植物は、（イ）植物と呼ばれる。

問1 （ア）および（イ）に入る適切な語句を記せ。

問2 （イ）植物に分類されるものを以下の①～⑨の中から3つ選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- | | | | |
|--------|-------|-------|----------|
| ① エンドウ | ② アヤメ | ③ キク | ④ トウモロコシ |
| ⑤ コムギ | ⑥ ダイズ | ⑦ トマト | ⑧ アサガオ |
| ⑨ アブラナ | | | |

問3 ある植物(植物 A)について、人工的に1日の日長を変化させ、花芽形成と光条件との関係を調べ、結果を図1に示した。この植物の限界暗期として最も適切なものを以下の①～⑦の中から選び、記号を記せ。なお、1日は24時間とする。

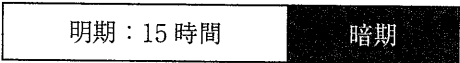

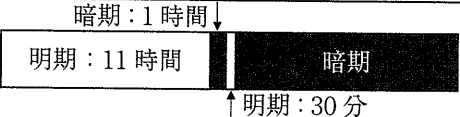

光条件	花芽形成
	なし
	あり
	あり
	なし

図1

- ① 5 時間 ② 7 時間 ③ 8 時間 ④ 10 時間
 ⑤ 12 時間 ⑥ 13 時間 ⑦ 14 時間

問4 鉢植えにした植物Bの花芽形成のしくみを調べるために、実験a～fをおこない、茎頂での花芽形成の結果を表にまとめた。表中の(ウ)～(ク)に入る最適な結果として、「あり」か「なし」かのどちらかを選んで記せ。なお、各実験で用いた植物Bの様子と処理方法は、それぞれ表および図2に示した。

表

実験	処理	結果(花芽形成)
a	全体を長日処理	なし
b	全体を短日処理	あり
c	葉を全て除いて短日処理	(ウ)
d	葉を1枚残して短日処理	(エ)
e	2本に枝分かれした枝(e1, e2)でe1を長日処理, e2を短日処理	e1:(オ)
		e2:(カ)
f	2本に枝分かれした枝(f1, f2)でf1を長日処理, f2を短日処理するとともに、f2の基部を環状剥皮	f1:(キ)
		f2:(ク)

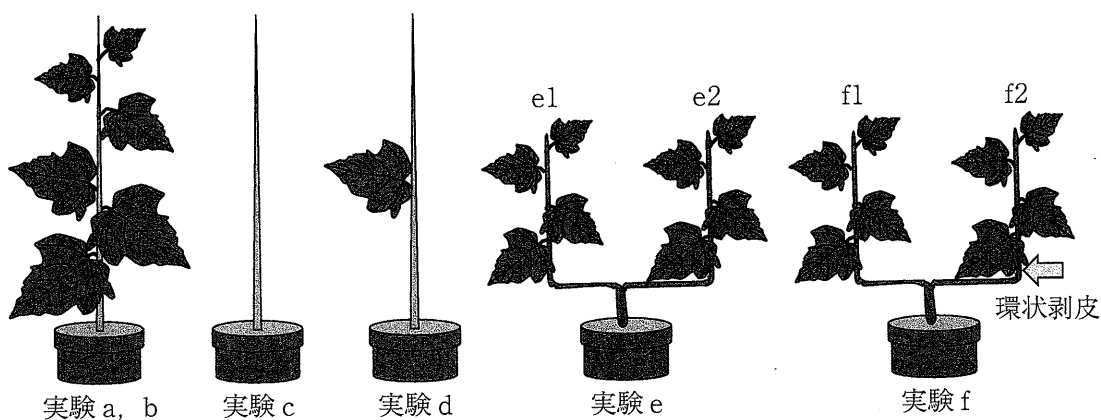


図2

問5 下線部(a)について，シロイヌナズナの突然変異体の研究などから候補タンパク質が明らかにされ，追加実験を経て，下線部(a)がある種のタンパク質であると認められた。シロイヌナズナとイネについて，それぞれの下線部(a)の名称を答えよ。また，どのような追加実験によって，これらのタンパク質が花芽形成を促進する物質であると考えに至ったのか，追加実験の内容を50字以内で記せ。なお，「候補タンパク質」および「GFP」という語句を用いて記述すること。

〔Ⅱ〕植物は、光や温度に対する応答以外にも、乾燥や病原体、植食性動物による食害など、さまざまなストレスに**(b)**応答するしくみを備えている。植物は、気孔を開いて光合成に用いる二酸化炭素を吸収するが、このとき蒸散によって水分が失われる。植物は乾燥状態におかれると、気孔を閉じて水分の減少を防ぐ。気孔の開口に有効な光の色は(ケ)で、(コ)が光受容体として光情報をとらえ、孔辺細胞への(サ)イオンの流入を促進して、浸透圧が高まると、水が浸透して(シ)が上昇する。孔辺細胞の細胞壁は、(ス)側が厚く、(セ)側が薄い。そのため、(シ)が上昇すると(セ)側が伸びて細胞全体が湾曲し、気孔が開く。

問6 下線部(b)に関連して、昆虫によって食害を受けたトマトの葉は、食害部でシステミンと呼ばれる植物ホルモンを合成する。システミンの働きは、植物ホルモンCの合成誘導である。植物ホルモンCの名称を記せ。また、植物ホルモンCについての記述として適切なものを以下の①～⑥からすべて選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① 食害に抵抗できる厚壁細胞の形成を誘導する。
- ② 食害を受けた葉で合成され、師管を通して全体へ移動する。
- ③ 不揮発性物質を合成し、周囲のトマトに同様の食害反応を誘導する。
- ④ 揮発性物質であるため、食害を受けた葉で合成され、外周空気を通じて全体へ移動する。
- ⑤ 食害昆虫に対する忌避性物質の合成を促進する。
- ⑥ 食害昆虫の消化酵素のはたらきを阻害する物質の合成を促進する。

問7 文章中の(ケ)～(セ)に入る適切な語句を記せ。なお、同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問8 以下の実験をおこなったところ、どちらか1つの処理区で、スギ苗木の水不足によるストレス応答が認められた。どのような実験結果が予想されるか。適切な記述を以下の①～⑥の中から1つ選び、記号を記せ。なお、^{かんすい}灌水とは、水をそそぐことをいう。

実験

鉢植えのスギ苗木を10本準備した。これらを5本ずつ2つの処理区に分けた。6月から8月の2ヶ月間、処理区1は毎日灌水し、処理区2は3日に1度灌水した。これらの処理の後、試験木を採取し、葉、茎および根に切り分けて、試料生重量あたりの内生植物ホルモン量(濃度)を測定するとともに、形態や組織を観察した。なお、試験木採取は、処理区2の灌水処理日の翌日におこなった。

- ① 茎におけるオーキシンの濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区1において顕著であり、細胞壁の厚い細胞が数多く観察された。
- ② 葉におけるアブシシン酸濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区2において顕著であり、閉鎖した気孔が数多く観察された。
- ③ 根におけるアブシシン酸濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区2において顕著であり、細い根が数多く観察された。
- ④ 根におけるサイトカイニン濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区1において顕著であり、太い根が数多く観察された。
- ⑤ 葉におけるオーキシンの濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区2において顕著であり、閉鎖した気孔が数多く観察された。
- ⑥ 葉におけるサイトカイニン濃度が他の部位に比べて高く、とくに処理区2において顕著であり、開口した気孔が数多く観察された。

次のとおり補足説明をします。

補足説明 16 ページ

「実験」の文中の語句「内生植物ホルモン」について

内生植物ホルモンとは、植物がその体内で合成した植物ホルモンを意味する。