

2021年度大学入学共通テスト 解説 〈生物〉

第1問 ラクターゼの遺伝子発現

問1 小腸の柔毛表面の細胞には、細胞膜にグルコースを輸送するタンパク質が発現している。このタンパク質は、「小腸管内の濃度にかかわらず取り込む」とあることから、このタンパク質は、柔毛表面の細胞の濃度勾配に逆らった輸送、すなわち能動()輸送によってグルコースを細胞内に取り込むことがわかる。なお、受動輸送とは濃度勾配にしたがった輸送のことである。

発酵のうち、アルコール発酵が起こると、エタノールと二酸化炭素が生じる。この二酸化炭素()など発生した気体の影響で腹部が膨満することがある。なお、発酵によって酸素が生じることはない。したがって、①が正しい。

(答) …①

問2 L有はL無に対して優性なので、L有の遺伝子をL、L無の遺伝子をlとし、それぞれの遺伝子頻度をp、q ($p + q = 1$) とする。ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ場合、集団中のLL (L有)、Ll (L有)、ll (L無) の遺伝子型の頻度は、それぞれ p^2 、 $2pq$ 、 q^2 となる。L無の頻度が0.16であるので、 $q^2 = 0.16$ 、これを解いて、 $q = 0.4$ 、 $p = 1 - q = 1 - 0.4 = 0.6$ となる。したがって、ヘテロ接合 (Ll) の頻度は $2pq = 2 \times 0.6 \times 0.4 = 0.48$ となる。したがって、③が正しい。

(答) …③

問3 ①オペロンは真核生物には存在しないので、誤りである。②プロモーターに結合するのは、DNAポリメラーゼではなく、RNAポリメラーゼであるので、誤りである。③真核生物の場合、選択的スプライシングによって、複数種類のポリペプチドを合成する場合があるので、誤りである。④真核生物の場合、タンパク質合成は、細胞質中のリボソームで行われるので、誤りである。⑤細胞の種類が違えば、異なる調節遺伝子が発現する。この結果、異なる調節タンパク質が合成され、細胞ごとに異なる遺伝子が発現することになる。したがって、正しい。

(答) …⑤

問4 実験2で、Tをもつラクターゼ遺伝子のほうが転写活性が高いこと、リード文で、L有は成長後もラクターゼの働きが持続することがわかる。したがって、L有対立遺伝子はTをもち、L無対立遺伝子はCをもつと考えられる。また、実験3で、ヒトの祖先型はCであることから、CをもつL無対立遺伝子が祖先型で、TをもつL有対立出因子がL無対立遺伝子の突然変異によって生じたと考えられる。したがって、④が正しい。①表1を見ると、アジアもアフリカもCをもつL無対立遺伝子しかもっていないので、誤りである。②実験3を見ると、CをもつL無対立遺伝子はヒトの祖先型であり、類人猿にも存在することがわかるので、誤りである。

③表1を見ると、ヨーロッパのみ、TをもつL有対立遺伝子が存在するが、CをもつL無対立遺伝子の頻度が0ではないので、誤りである。⑤L有はL無に対して優性である。表1のスウェーデンを見ると、CをもつL無対立遺伝子の頻度は $q = 0.32$ 、TをもつL有対立遺伝子は $p = 0.68$ であるので、計算しなくても、集団中のL有(頻度 $p^2 + 2pq$)はL無(q^2)よりも頻度が高いことが明らかである。したがって、誤りである。

(答) …④

第2問 アノールトカゲの種間競争

問1 ①外来生物は、在来種との交雑によって、在来種集団の遺伝的固有性を損なうことがある。これを遺伝子汚染という。したがって、正しい。②外来生物の中には、病原体を媒介して、また、毒性の強い動物などは、ヒトの健康を脅かすことがある。したがって、正しい。③外来生物が定着すると駆除は困難な場合が多い。したがって、誤りである。④共進化は、生物間に相互作用が起こることによって生じる進化である。移入前は、在来種との間に相互作用はないため、共進化も起こらない。したがって、正しい。

(答) …③

問2 図1を見ると、ブラウン非導入区のグリーンは、3年間の間に個体数がほとんど変わらないことがわかる。一方、ブラウン導入区では、ブラウンの個体数が増加し、グリーンは減少していることから、ブラウンとグリーンの間には種間競争が起こり、グリーンが競争に負けたと考えられる。したがって、③が正しい。①種内競争(資源の奪い合い)が促進されると、個体数の増加は抑制されるはずである。したがって、誤りである。②環境収容力とは、その空間の個体数の上限である。図1のグラフを見ると、ブラウンの個体数が上限に達したとはいえないので、誤りである。④ブラウン導入区の1995年のグリーンは約1400個体、1998年のブラウンが約3700個体、グリーンが200個体であるので、合計3900個体であり、大きく異なるので、誤りである。

(答) …③

問3 図2を見ると、ブラウン導入区では、非導入区のグリーンの高さにブラウンが位置し、グリーンはより高い位置に移動していることがわかる。これは、生活空間を巡る種間競争にグリーンが負けたからであると考えられる。また、実験3で、15年後のグリーンは指先裏パッドの表面積は、導入区の方が非導入区よりも大きく、また、それぞれの雌から得た卵を人工環境下で育てても、結果が変わらなかったことから、この形質は遺伝的に固定されたものであると考えられる。つまり、導入区では、15年の間に、グリーンのうち、指先裏パッドの表面積の小さい個体は、ブラウンとの競争に負けて子孫を残せなかったが、指先裏パッドの表面積の大きい個体は、ブラウンとの競争を免れて、子孫を残し、指先裏パッドの表面積の大きい形質

が固定されたと考えられる。したがって、①が正しい。②非導入区のグリーンは、幹の位置を変えていないので、誤りである。③導入区のグリーンは幹の高い位置にニッチ(生態的地位)を占めることで、ブラウンと共存していると考えられるので、誤りである。④導入区のブラウンと非導入区のグリーンは幹のほぼ同じ高さに位置していることから、指先裏パッドの表面積はもともと同程度であり、指先裏パッドの表面積以外の要因で、幹を利用する競争に優位であったと考えられる。したがって、誤りである。

(答) …①

問4 ①図1から、ブラウンの導入によって、グリーンは個体数が激減しているため、グリーンは個体群の存続に影響していると考えられる。したがって、誤りである。②問3で解説したように、実験3で、グリーンは導入区と非導入区の指先裏パッドの表面積の差は遺伝的に固定されたものであり、個体の成長の過程で生じたのではないと考えられる。したがって、誤りである。③実験2で、非導入区のグリーンは幹の位置が変化していないことから、ブラウンとの種間競争がなければ、指先裏パッドの表面積を広くし、幹に張りつく力を高める方向には進化するとは予測できる。したがって、誤りである。④実験2で、導入区のブラウンとグリーンはニッチを違えて共存していること、実験3で、導入区のグリーンは指先裏パッドの表面積が広くなり、この形質が遺伝的に固定されていることから、導入区では15年の間に、ブラウンとグリーンは生活空間が分割され、グリーンは指先裏パッドの表面積の表現型が変化したと考えられる。したがって、正しい。

(答) …④

第3問 生産構造図と光合成速度

問1 ①植物体の地上部の成長は茎頂分裂組織の細胞分裂と茎や葉への分化を伴って起こる。つまり、第1層の葉群が第3層にもち上がることはない。したがって、誤りである。②生産構造図には個体数の情報が盛り込まれていないので、早春から初夏にかけて優占種P以外の植物の個体数が減ったのかどうかは不明である。したがって、誤りである。③図1の優占種Pの高さ20cm以下の部位(第1層、第2層)の葉以外の器官の乾燥重量は早春と初夏で変わっていないので、誤りである。④優占種Pの高さ20cm以上の部位(第3層以上)の葉の乾燥重量を見ると、早春では約50%であるが、初夏では明らかに50%を超えることがわかるので、正しい。⑤図1は落葉針葉樹の林床の草本植物群集の生産構造図である。初夏になると高木層の樹木が葉を展開するため、林床の照度が低下する。これが第5層の光量が約20%と早春に比べて低くなっている理由である。しかし、第1層と第5層との間の光量の差は、高木層の樹木が原因ではなく、草本群集内の葉が光を遮るからである。したがって、誤りである。

(答) …④

問2 第3層の葉群の重量は、早春では 2 g/m^2 、初夏では 6.2 g/m^2 であるので、初夏は早春の $6.2 \div 2 = 3.1 \div 3$ 倍 () であることがわかる。高さ 30 cm の光量は、早春では 100%、初夏では 10% であるので、初夏は早春の $10 \div 100 = \frac{1}{10}$ () にまで減少していることがわかる。したがって、⑤が正しい。

(答) …⑤

問3 表1において、早春の第3層の葉の合計面積は、 $2.0 \times 250 = 500 \text{ cm}^2$ であるので、1時間に吸収する二酸化炭素量は、 $500 \times 0.175 = 87.5 \text{ mg}$ () であることがわかる。同様に初夏の第5層の葉の合計面積は、 $5.0 \times 360 = 1800 \text{ cm}^2$ であるので、1時間に吸収する二酸化炭素量は、 $1800 \times 0.070 = 126 \text{ mg}$ であり、早春よりも1時間に吸収する二酸化炭素量は多かった () と考えられる。したがって、⑥が正しい。

(答) …⑥

第4問 鳥のさえずりの学習と繁殖

問1 ①これは刷り込み(インプリンティング)と呼ばれ、最も初期に行われる学習である。②これは、固定的動作パターンと呼ばれ、一連の定型的な行動であり、経験によりこのパターンは変化しない。したがって、学習には含まれない。③これは慣れと呼ばれ、生後の刺激の繰り返しによって反応が低下する。経験によって行動が変化する学習の一種である。したがって、①・③を過不足なく含む⑤が正しい。

(答) …⑤

問2 表1を見ると、A種は、X期に聴かせる歌の有無に関係なく、また、Y期の若鳥の聴覚の有無も関係なく、成鳥になってから自種の歌をさえずるので、④が正しい。また、実験1~4で行動に変化がないので学習は関係なく、Ⅱが正しい。したがって、②が正しい。一方、B種は、X期に自種の歌を聴かせ、Y期に若鳥の聴覚がないと、成鳥になってから自種の歌をさえずらないので、⑤が正しい。また、実験1~4で行動に変化があるので学習が関係しており、Ⅰが正しい。したがって、⑦が正しい。

(答) …②

(答) …⑦

問3 種に固有の歌は、なわばり防衛のアピールや、自種の雌に対する求愛に用いられることから、混ざった歌をさえずる雄は、なわばり防衛のアピールが弱く、また、自種の雌に対する求愛も弱いので、繁殖に失敗 () しやすいと考えられる。したがって、近縁種の歌を学習するような状況では、両種の個体群ともに繁殖に失敗しやすくなるので、個体群の成長は妨げら

れる ()。これは繁殖機会をめぐる種間競争の一種で、どちらか片方の個体群に競争的排除がもたらされることがあるため、近縁種どうしは共存しにくく () になると考えられる。したがって、⑧が正しい。

(答) …⑧

第5問 茎頂分裂組織と葉の分化、根の緑化と植物ホルモン

問1 ①被子植物の重複受精では、花粉管内の2個の精細胞(n)のうち、1個が卵細胞(n)と受精して受精卵(2n)が生じ、もう1個の精細胞が2個の極核(n)を含む中央細胞と合体して胚乳核を含む細胞(3n)になる。つまり、受精直後の受精卵の核(2n)と胚乳核(3n)のDNAは異なる。したがって、誤りである。②フロリゲン(花成ホルモン)は調節タンパク質としてはたらき、茎頂分裂組織の調節領域に結合して、花芽の分化に関係する遺伝子の発現を誘導する。したがって、正しい。③一般に、被子植物では、Aクラスの遺伝子のみがはたらくとがく片が、AクラスとBクラスの遺伝子がはたらくと花弁が、BクラスとCクラスの遺伝子がはたらくとおしべが、Cクラスの遺伝子のみがはたらくとめしべが形成される。このように、花の4種類の構造が形成されるためには、A、B、Cの三つのクラスの遺伝子が必要であるので、正しい。④おしべの葯には花粉母細胞(2n)があり、減数分裂によって娘細胞が4つ接着した花粉四分子(n)が形成される。したがって、正しい。

(答) …①

問2 茎頂分裂組織からは葉、茎が分化する。図1のX、Wは葉であり、Zは茎、Yは茎頂分裂組織である。図2において、先に形成が始まった葉になるほど、葉が大きくなっているので、P2が最もはやく形成が始まったと考えられる。したがって、⑥が正しい。

(答) …⑥

問3 図3で、M(茎頂分裂組織)とI(新しくできた葉)を遮断すると、Iが棒状の異常な葉が生じたこと、P1やP2(生じたばかりの葉)とIを遮断しても、Iからは扁平な葉が生じたことから、Iの葉を扁平にする作用をもつのは、P1やP2ではなくMであると考えられ、aは正しく、bは誤りである。また、図4では、Iから生じた葉の表側はMの方を向き、図5では、Iから生じた葉の表側はM2の方を向いていたこと、図3でMとIを遮断すると表裏がはっきりしない葉が形成されたことから、Mには葉の向きを決める作用があると考えられるので、cが正しい。したがって、aとcを過不足なく含む⑤が正しい。

(答) …⑤

問4 ①～④図6のオーキシン添加と未処理の根のクロロフィル量に差がほとんどない(若干阻害しているとも読める)ことから、オーキシンは単独では、根の緑化を促進する作用も阻害する

作用もない(多少阻害する作用がある)ことがわかる。ただし、切断・オーキシン添加の方が切断よりも根のクロロフィル量が少ないことから、切断した根では、オーキシンは根の緑化を阻害することがわかる。また、図6のサイトカイニン添加の方が未処理の根よりもクロロフィル量が多いことから、サイトカイニンには根の緑化を促進する作用があることがわかる。したがって、②は正しく、①・③・④は誤りである。⑤茎を切断した根の方が未処理の根よりもクロロフィル量が多いことから、茎には根の緑化を阻害する作用があることがわかる。これは、切断・オーキシン添加の根の方がオーキシン添加の根よりもクロロフィル量が多いことから裏付けられる。したがって、誤りである。

(答) …②

問5 頂芽が成長している間、側芽の成長が抑制される現象を頂芽優勢という。頂芽優勢は、頂芽から移動したオーキシンが側芽の成長を抑制するために起こる。頂芽を切除すると、側芽にオーキシンがはたらかず、成長が促進されるが、切り口にオーキシンを添加すると、オーキシンのはたらきで側芽の成長は抑制される。したがって、④が正しい。①気孔の開閉にはアブシジン酸が、②果実の成熟にはエチレンが、③・⑤春化や花芽形成にはフロリゲンなどが関与しているが、器官を切除してオーキシンを添加することで関与しているという例はない。

(答) …④

問6 息を吹き込んだ試験管内に根を入れ、密閉して光を照射すると、理屈の上では、息の中の二酸化炭素が根の光合成によって吸収されるため、石灰水を入れて振っても白く濁らないはずであるが、この実験だけでは、不十分である。なぜなら、息の中に二酸化炭素が入っている保証もないからである。そこで、④石灰水に息を吹きかけて白く濁ることを確かめることで、息の中に二酸化炭素が含まれていることを確かめることができる。

また、これだけでも不十分で、光合成によって二酸化炭素が吸収されて、石灰水が濁らないのであれば、⑤根の代わりに光合成を行うことが確実な葉を入れて同じ実験を行い、石灰水が濁らないことをあらかじめ確認しておく必要がある。このような実験を予備実験という。また、これだけでも不十分で、息と根を密閉して光を照射すると二酸化炭素が根に吸収されることを確かめるための、対照実験がない。対照実験とは1つだけ条件を変更した実験である。①根を入れずに同じ実験をすると石灰水が白く濁ること、②光を当てないと白く濁ることを確かめることで、石灰水が白く濁らないためには、根と光が必要であることがわかる。しかし、③石灰水のかわりにオーキシン溶液を入れても、二酸化炭素の有無にかかわらず何の変化も見ることができないので、追加する実験として適当ではない。したがって、誤りである。

(答) …③

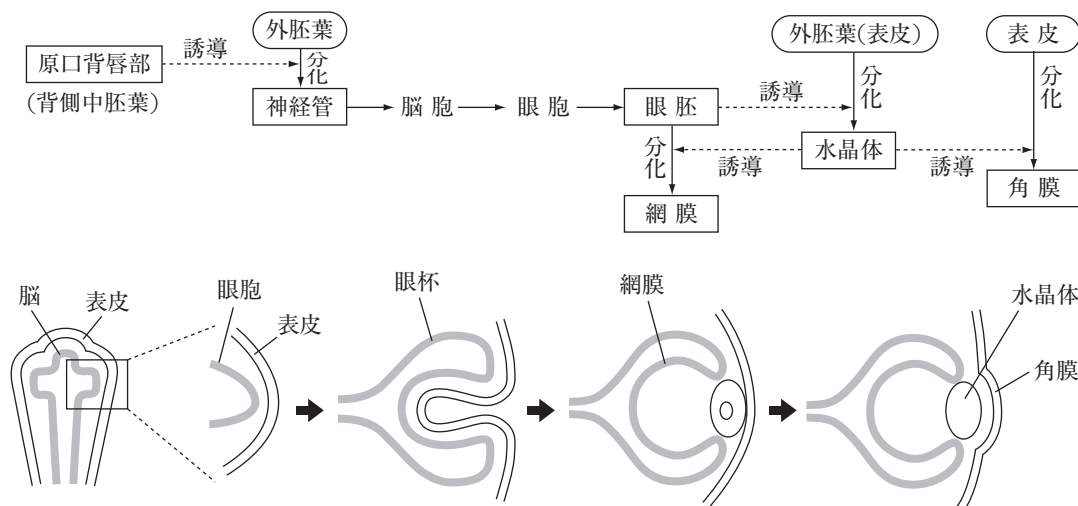
問7 問6で説明したように、切除した根の緑化に影響を与える要因として、図6から、①クロロフィル量、③オーキシン濃度、④サイトカイニン濃度が重要であることが読み取れるが、②ひげ

根の長さの総和と緑化の因果関係がある情報はないので、調べることは適当ではない。

(答) …②

第6問 眼の発生、眼の有無と行動

問1 眼の形成は、次のように、誘導の連鎖によって生じる。下線部(a)の「眼ができる頭部の領域」とは眼胞のことであり、眼胞を移植すると、移植部位で眼杯が生じ、接する外胚葉から水晶体を誘導する。この水晶体は表皮から角膜を誘導し、また眼杯から網膜を誘導する。したがって、②が正しい。①母性因子は未授精卵に含まれる因子であり、頭部形成過程ではすでに消失している。したがって、誤りである。③ホメオティック遺伝子の発現に変化が生じると、眼ではなく別の器官が分化するはずである。したがって、誤りである。④再生とは損傷した部位で組織・器官がもとのように復活する現象であり、本来は眼のできないところに眼ができる場合は再生ではない。したがって、誤りである。⑤二次胚とは、形成体の移植によって腹側に生じた神経管をはじめとする背側構造を示すので、誤りである。



(答) …②

問2 図1を見ると、領域Mのうち、タンパク質Xが分布していない領域から眼が形成されることがわかる。したがって、タンパク質Xの分布が著しく拡大()して、領域M全体と重なれば、眼が形成されない種が生じる。また、タンパク質Xがほとんど消失()すると、領域Mがタンパク質Xと重ならずに分断されないの、眼が中央に一つ()できると考えられる。したがって、①が正しい。

(答) …①

問3 ①図2を見ると、ほとんどの時間で、ノーアイのオタマジャクシの方が正常のオタマジャクシよりも遊泳速度が速いので、誤りである。②正常、ノーアイともに、青色光を照射した状態

の方が赤色光を照射した状態よりも、オタマジャクシの遊泳速度が速いので、誤りである。③正常、ノーアイともに、赤色光が照射されている間、オタマジャクシの遊泳速度が遅くなった後に速くなっているため、誤りである。④眼が形成されないノーアイでも、青色光、赤色光の照射によってオタマジャクシの遊泳速度に変化があることから、オタマジャクシの青色光と赤色光の照射状態の識別には眼に光が入力されることが必要ではないことがわかる。したがって、正しい。

(答) …④

問4 トレーニングを繰り返すことによって、オタマジャクシは、赤色光と電気ショックの関係を学習し、赤()色光を照射した領域を避けるはずである。図4で学習が成立していない場合、赤色の領域、青色の領域に滞在する確率は50%となるはずである。図4でトレーニングとテストを繰り返して、赤色の領域の滞在時間の割合が低下する(学習が成立する)のは、電気ショック有・正常であり、電気ショック有ノーアイでは学習が成立しないことがわかる。ノーアイは眼からの赤色光の入力がないので、学習が成立するためには、眼に赤色光が入ったときに電気ショックが与えられる必要がある()と考えられる。したがって、⑥が正しい。

(答) …⑥

問5 図5で、テイルアイの尾にできた眼から脊髄にまで軸索が伸長したもののみが、学習が成立している。一方、正常の眼をもつオタマジャクシでは、眼から入った光の入力は直接脳に伝達され、電気ショックとの因果関係を脳で学習する。このことから、脊髄にまで軸索が伸長したテイルアイのオタマジャクシでは、尾に形成された眼から入った赤色光の入力は、脊髄を介して脳に伝達され、電気ショックとの因果関係を脳で学習したと考えるのが合理的推論である。したがって、③が正しい。①反射は生得的なものであり、学習のように、経験によって変化しないので、誤りである。②図5から、眼から胃に軸索が伸長しても学習が成立していないので、眼からの赤色光の入力は脳に伝達されていないと考えられる。したがって、誤りである。④図5を見ると、正常なオタマジャクシの方が、テイルアイの尾に眼ができたオタマジャクシよりも学習成功率が高いので、誤りである。

(答) …③