

2022年度大学入学共通テスト 解説 〈生物〉

第1問 霊長類の系統、ヒトの進化

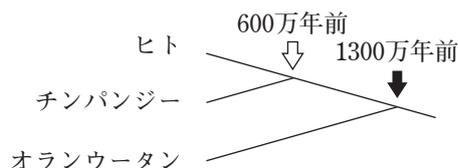
問1 直立二足歩行に伴って大後頭孔が真下を向き、大きな脳を支えることができるようになった。また、直立二足歩行に伴って、重い内臓を支えるため、骨盤は幅が広がっている。したがって、②・④が正しい。①・③霊長類は、樹上生活の過程で、枝をつかむのに適した拇指対向性を獲得し、眼を前方に位置することで、立体視の範囲を広げた。これらは直立二足歩行に伴って獲得した特徴ではないので、誤りである。したがって、⑤を選ぶ。

(答) …⑤

問2 表1で、互いに異なっているアミノ酸の割合が小さいほど、近縁であるので、その値が0.90%と最も小さいゴリラとチンパンジーが最も近縁である。次にゴリラとチンパンジーとの値が1.77%、1.93%であるオランウータンが近縁になり、最後に、ゴリラ、チンパンジー、オランウータンとの値が4.83%、4.90%、4.85%と大きいニホンザルが最も遠縁となる。系統樹は、分岐してからの線分の長さが短いほど近縁(分岐してからの時間が短い)であることを示している。したがって、この関係を反映させた③の系統樹を選ぶ。

(答) …③

問3 問題文から、チンパンジーの祖先とオランウータンの祖先が分岐したのは1300万年前で、ヒトの祖先とチンパンジーの祖先が分岐したのが600万年前である(下図)。



分子時計の考え方とは、「アミノ酸の変化速度が一定」ということである。この考えにしたがえば、1300万年かけてチンパンジーとオランウータンのアミノ酸の違いが1.93%にまで広がったということである。分子時計の考え方にしたがったヒトとチンパンジーのアミノ酸の違いの予測値をx%とすると、両者の祖先が分岐してから600万年しかたっていないのだから、 $1300 \text{ 万年} : 600 \text{ 万年} = 1.93\% : x\%$ これを解いて、 $x \approx 0.891$ したがって、①が正しい。

実際は、この予測値よりも小さいということは、アミノ酸の変化速度が小さくなったということである。生体に重要でないタンパク質の場合、アミノ酸が変化しても生存や繁殖に影響がなく、アミノ酸の変化は子孫に受け継がれるため、進化速度が大きい。一方、生体に重要なタンパク質の場合、アミノ酸が変化すると生存や繁殖に不利になるので、アミノ酸の変化は子孫

に受け継がれにくく、進化速度が小さくなる。したがって、Ⅱが正しく、⑤を選ぶ。

(答) …⑤

第2問 植物と病原菌の相互作用、遺伝子導入

問1 問題文と図1から、実験1の健全区において、B型株111個体の生産した種子数の総計は200個であるので、1個体当たりの平均種子数は $200 \div 111 \approx 1.8$ 個。乾燥重量が同じであれば、A型株とB型株の種子数は等しいので、A型株の乾燥重量1.0gまでの平均種子数も1.8個体程度になるはずである。⑤のように0にはならないので、近似曲線として④を選ぶ。

(答) …④

問2 図1の健全区を見ると、A型株は乾燥重量の大きい個体(草丈が高い個体)が存在し、B型株は乾燥重量の小さい個体(草丈が低い個体)しか存在しないことから、A型株の方がB型株よりも競争に強いことがわかる。しかし、感染区を見ると、A型株とB型株のグラフが逆転していることから、病原菌Pに抵抗性を持つB型株の方が病原菌Pに感染したA型株よりも競争に強いことがわかる。

①～③: 病原菌Pの移入前に、B型株の増殖が抑えられているのは、A型株の存在が原因であるので、①, ③は誤りである。また、A型株との競争は、光や土壌中の無機塩類など非生物的環境をめぐる競争であると考えられるので、②が正しい。

④～⑥: 病原菌Pの移入後は、A型株には病原菌Pが感染し、B型株は病原菌Pに感染しにくいいため、B型株の方がA型株よりも競争に強くなったと考えられる。したがって、すべて誤りである。

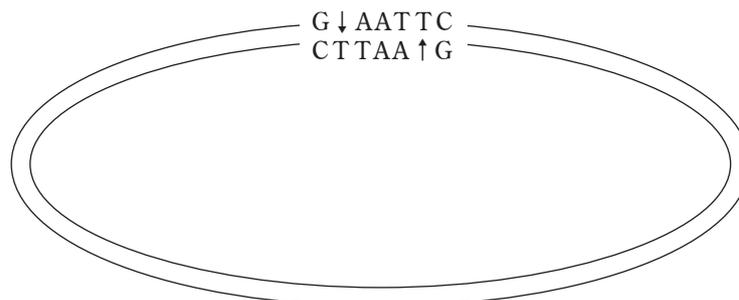
(答) …②

問3 遺伝子組み換えの操作は、次のような手順で行う。

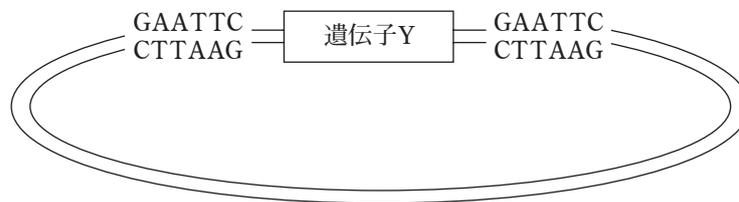
① まず、制限酵素()で遺伝子Yの両端を切断する。



② 同じ制限酵素で、プラスミドを切断する。



①で切り出した遺伝子 Y の DNA と切断したプラスミドを混合すると、切断端の 1 本鎖部分が相補的な塩基配列であるので、水素結合する。



③ DNA リガーゼ () で DNA 断片どうしを連結し、組み換えプラスミドが完成する。したがって、②が正しい。

(答) …②

問4 手順1に、「薬剤 K を与えると、遺伝子 X が導入されていない植物の細胞は増殖できない」とある。また、手順2で「これらの不定芽には、遺伝子 X と遺伝子 Y の両方が導入されたものと、どちらも導入されていないものがある」とあることから、手順3で、薬剤 K を含む培地で不定芽を培養すると、遺伝子 X と遺伝子 Y の両方が導入された不定芽は薬剤 K に対して耐性があるので細胞が増殖するが、どちらも導入されていないものは増殖できないことがわかる。つまり、薬剤 K によって、遺伝子導入に成功した株だけを選抜できるのである。したがって、③が正しい。

(答) …③

問5 真核生物の転写の過程では、下図のように、基本転写因子、調節タンパク質と RNA ポリメラーゼ () が転写複合体を形成して DNA のプロモーターに結合し、コード領域 (いわゆる遺伝子の部分) で mRNA を合成する。

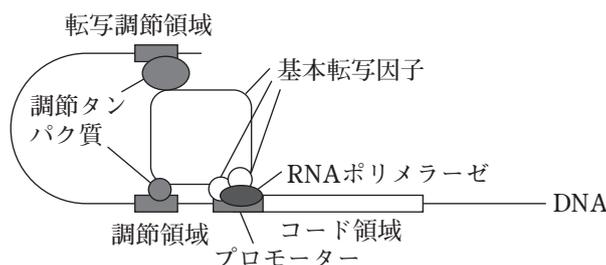
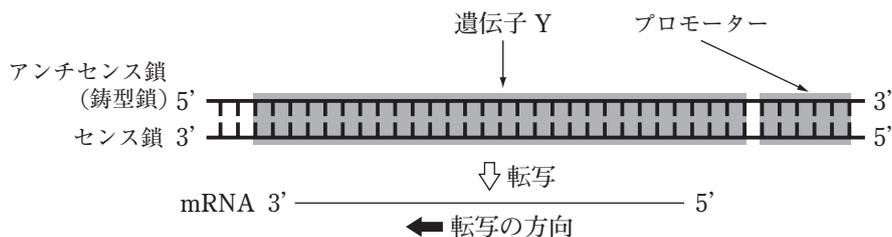


図4の場合、プロモーターに結合した RNA ポリメラーゼは、左側の遺伝子 Y の方向に移動する。このとき、RNA ポリメラーゼは、mRNA を 5' → 3' 方向 (図4の右から左方向) へ合成するので、鋳型となる DNA の 1 本鎖 (アンチセンス鎖) は mRNA とは 5' と 3' が逆向き、つまり上側 () の鎖になる。したがって、①が正しい。



(答) …①

問6 トランスジェニック植物は、相同染色体の片方に遺伝子 Y が組み込まれ、もう片方には遺伝子 Y が組み込まれていない。後者の対立遺伝子を便宜上遺伝子 y とすると、トランスジェニック植物の遺伝子型は Yy となる。この植物の自家受精によって、 $Yy \times Yy \rightarrow YY : Yy : yy = 1 : 2 : 1$ となる。遺伝子 Y を持つ YY と Yy は病原菌に抵抗性となるので、その割合は $\frac{1+2}{1+2+1} \times 100 = 75\%$ である。

(答) …④

第3問 脊椎動物の肢芽の分化

問1 ある器官が別の器官に置き換わる変異(ホメオティック突然変異)の原因遺伝子をホメオティック遺伝子という。ショウジョウバエのホメオティック遺伝子と似た塩基配列が、脊椎動物を含む多くの動物の染色体上に複数集まって連鎖しており、これらをショウジョウバエのホメオティック遺伝子と合わせて Hox(ホックス)遺伝子という。

㉑ Hox 遺伝子は調節遺伝子の一種であり、ホックス遺伝子がコードするタンパク質は、リボソームで合成された後、核内に移動して DNA の転写調節領域に結合し、形態形成に関与する遺伝子の発現調節にはたらく。したがって、正しい。

㉒ Hox 遺伝子は、連鎖している遺伝子群であり、ホックス遺伝子群とも呼ばれる。したがって、正しい。

㉓ 母性効果遺伝子は、母親の体内で合成され、卵内ではたらく遺伝子であるが、Hox 遺伝子は母性効果遺伝子ではない。したがって、誤りである。

㉔ 古生代カンブリア紀に出現したバージェス動物群には、節足動物(旧口動物)や原索動物(新口動物)などさまざまな動物門の動物が存在する。Hox 遺伝子は、旧口動物、新口動物のどちらにも存在することから、旧口動物の祖先と新口動物の祖先が分岐する以前にすでに存在しており、バージェス動物群には備わっていたと考えられる。したがって、誤りである。㉑・㉒が正しいので、①を選ぶ。

(答) …①

問2 ㉔会話で、ヒデヨの「同じ鳥類でも、Hox 遺伝子の発現する場所が異なることで翼が生じる場所が変わるから・・・」というセリフから、からだのどこに肢芽を形成するかを決めているのは、Hox 遺伝子であることがわかる。また、実験3で、前方の肢芽の側板由来の細胞から調節タンパク質 X が合成されていること、わき腹の中間に形成させた肢芽に調節タンパク質 X を発現させると翼に分化したことから、側板由来の細胞 (中胚葉) が Hox 遺伝子を発現していることがわかる。したがって、正しい。

㉕実験1で、肢芽の表皮を除去すると、肢芽の伸長が停止することから、肢芽の伸長を支えているのは表皮 (外胚葉) であることがわかる。また、実験2で、本来は肢芽を形成しないわき腹の表皮の下に、肢芽の先端の表皮から分泌されるタンパク質 W を染み込ませた微小なビーズを埋め込むと、新たに肢芽が分化したことから、肢芽の形成を支えているのも表皮 (外胚葉) であることがわかる。したがって、正しい。

㉖実験3で、前方の肢芽の側板由来の細胞から調節タンパク質 X が合成されていること、わき腹の中間に形成させた肢芽に調節タンパク質 X を発現させると翼に分化したことから、からだの前方の肢芽が翼を形成することを決めているのは、側板由来の細胞 (中胚葉) であると考えられる (ただし、問3にあるが、実験3だけでは確定的なことはいえない)。また、少なくとも外胚葉が決めている証拠はどこにも見当たらない。したがって、誤りである。

㉔と㉕が正しいので、㉔を選ぶ。

(答) …㉔

問3 からだの前方の肢芽で翼が形成される仕組みに、調節タンパク質 X が必要かどうかを確かめるには、調節タンパク質 X をからだの前方の肢芽で働かせないようにすると、翼が形成されないという結果が得られればよい。つまり、ニワトリの前方 () の肢芽で、調節タンパク質 X の遺伝子を働かせないようにして ()、その部位で翼 () ができない () ことを確かめる実験を行えばよい。したがって、㉒が正しい。

(答) …㉒

問4 細胞分裂に伴って必ず DNA 合成が行われるので、DNA の材料となる㉓チミンを含むヌクレオチドに目印をつけて取り込ませればよい。他の選択肢は、細胞分裂に伴って取り込まれる分子ではないので、誤りである。

(答) …㉓

問5 予定体節細胞が肢芽の形成を抑制しているという考察と矛盾のあるものを探し出す。

㉑予定体節細胞を死滅させると、肢芽になる細胞が細胞分裂する様子が見られたことから、予定体節細胞は肢芽になる細胞の細胞分裂を抑制すると考えられる。これは考察と矛盾はなく、適当である。

㉒予定体節細胞を死滅させると肢芽になる領域で、タンパク質 W (肢芽形成を促す物質) を

発現する細胞が減少したことから、予定体節細胞は枝芽になる領域でタンパク質 W を発現する細胞を増加させる（細胞分裂を促進する）と考えられる。これは考察と大きく矛盾する。したがって、適当ではない。

③わき腹になる領域の予定体節細胞を除去し、枝芽になる領域の予定体節細胞に置き換えると、発現するタンパク質 W の量が増加したことから、わき腹になる領域の予定体節細胞は、タンパク質 W の発現を抑制（枝芽形成を抑制）すると考えられる。したがって、適当である。

④枝芽になる領域の予定体節細胞を除去し、わき腹になる領域の予定体節細胞に置き換えると、生じた枝芽が小さくなったことから、わき腹になる領域の予定体節細胞は、枝芽形成を抑制すると考えられる。したがって、適当である。

(答) …②

第4問 アリの道標フェロモン

問1 選択枝の1つ1つと表1の観察回数を照らし合わせるとよい。

①条件Ⅰの結果を見ると、各試行で通路 A の通行率にばらつきが生じており、約 50% ではないので、誤りである。

②条件Ⅰの各試行において、行列が通路 A と通路 B に交互にできたのであれば、通路 A の通行率は、0 - 20% と 80 - 100% が 10 回ずつになるはずである。結果はそうならないので、誤りである。

③条件Ⅰで、通路 A の通行率が 80% 以上の観察回数は 7 回、通路 B の通行率が 80% 以上なのは通路 A の通行率が 0 - 20% のときなので、観察回数は 7 回である。合計 14 回となるので、正しい。

④通路 A、通路 B の両方にほぼ同数のアリが行列をつくっている場合、通路 A への通行率は 40 - 60% である。表 1 を見ると、条件Ⅰも条件Ⅱもこのときの観察回数が最も少ないので、正しい。

⑤条件Ⅱで 80% を超えるアリが通路 B を通行したのは、通路 A の通行率が 0 - 20% のときであり、このときの観察回数は 1 回であるので、誤りである。

⑥条件Ⅱで、通路 A の通行率が 80 - 100% のとき観察回数は 16 回と大きく偏っているので、通路の長短がアリの通路の選択に大きく影響している。したがって、誤りである。

(答) ・ …③・④

問2 実験 1 の表 1 の条件Ⅱを見ると、通路 A の通行率が 80 - 100% のときの観察回数が最も多いことから、アリの多くは通路 A を選択して通行していることがわかる。このことから、単位距離当たりのアリの通行量は通路 A () で多く、この結果、通路 A の道標フェロモン濃度が高くなり、個々のアリが通路 A を選択したものであると考えられる。

実験 2 では通路 C に行列ができて 30 分後には、通路 C の道標フェロモン濃度が高くなって

いると考えられる。その後、通路Dが新たに追加され、少数のアリが通路Dを選択し、道標フェロモンを通路Dに付けるが、通路Dは通路Cよりも道標フェロモン濃度が相対的に低い()状態が続くので、多くのアリは通路Cを選択する。この結果、アリは道標フェロモンを通路Cに付け、通路Cの道標フェロモン濃度が相対的に高い()状態が続くことになる。実験1の条件Ⅱも実験2も、アリが片方の通路を選択した結果、その通路の道標フェロモン濃度が高くなり、アリはその通路をより選択する正()のフィードバックが起こっている。

(答) …③

問3 フェロモンは、同種他個体の情報伝達に働く化学物質である。したがって、同種に情報伝達を行っている①～⑤は、フェロモンの働きとして正しい。⑥アブラムシとアリは別種であるので、アブラムシが分泌するアリを誘引する化学物質はフェロモンの働きとして誤っている。

(答) …⑥

第5問 植物の生殖、ショウジョウバエの視覚と行動

問1 ①植物が陸上進出する過程で獲得されたのが乾燥を防ぐクチクラであり、コケ植物、シダ植物、裸子植物にもみられる。したがって、正しい。②緑藻類、シャジクモ類、植物は、光合成色素がクロロフィルa、クロロフィルbと共通であるので、正しい。③被子植物は胚珠が子房に包まれており、この子房壁が、種子形成の過程で、果皮(果実)に発達する。裸子植物には子房がなく、種子は果実に包まれない。したがって、種子が果実に包まれるのは、被子植物だけの特徴であり、誤りである。④と⑤が正しいので、④を選ぶ。

(答) …④

問2 相同染色体の片方にABCが連鎖、もう片方にabcが連鎖していると仮定する。この個体の遺伝子型はAaBbCc(連鎖を反映させてABC/abcと表記するとわかりやすい)。減数分裂時に、相同染色体の乗換えが全く起こらない場合、配偶子の遺伝子型は、ABCとabcの2()種類のみである。したがって、②が正しい。

(答) …②

一方、相同染色体の乗換えが自由に起こった場合、相同染色体の対合の際に、Aとaが入れ替わる場合、Bとbが入れ替わる場合、Cとcが入れ替わる場合のあらゆるパターンが生じるので、配偶子の遺伝子型は、ABC、ABc、AbC、Abc、aBC、aBc、abC、abcの8()種類になる。したがって、⑥が正しい。

(答) …⑥

問3 遺伝子 X が働かない変異体 X、遺伝子 Y が働かない変異体 Y のどちらも R7 の光受容細胞が分化しないことから、R7 の分化には遺伝子 X からつくられるタンパク質 X、遺伝子 Y からつくられるタンパク質 Y のどちらも必要であることがわかるが、考察を導くためには、さらに将来 R7 になる細胞でタンパク質 X が発現すること、タンパク質 Y は R8 で発現すること、タンパク質 X がタンパク質 Y の受容体として働くこと、の3つを確かめる必要がある。

①タンパク質 Y は細胞膜を透過できないので、タンパク質 Y の受容体は細胞膜に存在しているはずである。タンパク質 X が R7 のどこに存在するかを調べ、細胞膜に存在していれば考察を支持することになる。したがって、正しい。

②遺伝子 X の mRNA がどの細胞で転写されているかを調べ、将来 R7 になる細胞で転写が起こっていれば、その後の翻訳によりタンパク質 X が発現していることになるので、考察を支持することになる。したがって、正しい。

③遺伝子 X の発現を将来 R1 ~ R8 になる細胞でそれぞれ阻害し、将来 R7 になる細胞で阻害した場合に R7 が分化しなければ、将来 R7 になる細胞でタンパク質 X の発現が必要であることがわかり、考察を支持することになる。したがって、正しい。

④遺伝子 Y の発現を R1 ~ R8 でそれぞれ阻害し、R8 で阻害した場合に R7 が分化しなければ、R7 の分化に R8 でタンパク質 Y の発現が必要であることがわかり、考察を支持することになる。したがって、正しい。

⑤タンパク質 X が遺伝子 Y の転写調節領域に結合するかどうかを確かめる実験は、タンパク質 X が遺伝子 Y の調節タンパク質として働いているという考察を導くための実験にはなるが、タンパク質 X はタンパク質 Y の受容体であるという考察を導くことはできない。したがって、誤りである。

(答) …⑤

問4 野生型は光受容細胞として R7 が存在し、変異体 Y は R7 が存在しないという違いしかいないことを念頭に選択肢を吟味する。

④図2で、紫外線のみを照射すると、野生型では正の光走性がみられ、変異体 Y では正の光走性がみられなかったことから、紫外線に対する正の光走性には、R7 が紫外線を受容して反応することが必要であると考えられる。したがって、正しい。

⑤ R7 の分化していない変異体 Y で、紫外線のみ照射しても負の光走性は認められないので、誤りである。

⑥ R7 の分化していない変異体 Y で、可視光のみ照射すると正の光走性が認められることから、可視光に対する光走性には、R7 は必要でないことがわかるので、誤りである。

④のみが正しいので、④を選ぶ。

(答) …④

第6問 イネの種子発芽，花粉形成，低温適応

問1 ①種皮になるのは，胚珠の外側にある珠皮である。したがって，誤りである。②胚は多細胞であり，受精卵の細胞分裂によって生じるので，誤りである。③発芽前の種子内には，子葉や幼根など器官が分化しているので，誤りである。④種子は，成熟すると乾燥耐性を獲得するので，正しい。⑤アブシシン酸は種子発芽を抑制し，休眠を誘導するので，誤りである。

(答) …④

問2 表1と図1を1つ1つの選択肢と照らし合わせる。

①花粉管細胞と雄原細胞が形成される発生段階Vにイネを低温にさらすと，図1で受精しなかった割合が約7%と低いことがわかることから，低温の影響を大きく受けるとは考えられない。したがって，誤りである。

②花粉四分子が形成される発生段階Ⅲにイネを低温にさらすと，図1で受精しなかった割合が約28%と最も高いことから，他の発生段階よりも低温の影響を受けていると考えられる。したがって，正しい。

③おしべが形成される発生段階Iにイネを低温にさらすと，図1で受精しなかった割合が約2%と低いことから，おしべの分化に低温はほとんど影響がないと考えられる。したがって，誤りである。

④花粉が成熟するのは発生段階VIであり，図1には実験データがないので，判断することはできない。したがって，誤りである。

⑤図1の発生段階IとVで，低温にさらすと受精されなかった割合は10%を大きく下回っているため，誤りである。

(答) …②

問3 イネの花穂は図2の茎頂分裂組織から分化するので，花粉形成時の花穂は，イネの下半分が水につかるくらいまで水田の水深を深くすると水に浸り，気温が一時的に低下しても，水に浸った花穂の温度の変化はあまりないため，低温による花粉形成へのダメージが少ないと考えられる。このことと矛盾する選択肢を選ぶ。

①植物の上半分が低温にさらされても，花穂を含む下半分が低温にさらされていなければ花粉形成へのダメージが少ないと考えられる。したがって，正しい。

②花粉四分子の形成時(表1の発生段階Ⅲ)は，図1で受精しなかった割合が最も高く，低温による花粉形成へのダメージが最も大きいと考えられる。時期Xが花粉四分子の形成時期であれば，気温が一時的に低下すると，花粉の形成に最も影響が大きい。この時期に花穂が水に浸っていれば花粉形成へのダメージがない。したがって，正しい。

③花穂が水面下であれば，気温が一時的に低下しても，花穂の温度の変化はあまりないので，低温による花粉形成へのダメージが少ないと考えられる。したがって，正しい。

④花粉の成熟が遅れて花穂が伸びたときに，水田の水深を花穂が水に浸るまでより深くすれ

ば、気温が一時的に低下しても、低温による花粉形成へのダメージを少なくし、低温から花粉の形成を保護することができると考えられる。したがって、正しい。

⑤まず、水深を深くする以前に、気温の上昇と種子が実る割合の関係が示されていないので、判断できない。また、時期 X に、水田の水深を深くすると、一時的に気温が上昇しても、水に浸った花穂の温度の変化はあまりないため、高温による花粉形成への影響も少ないとも考えられる。いずれにしても、誤りである。

(答) …⑤

問4 実験1で、普通の草丈のイネを低温で処理すると葯のジベレリン濃度が低下し、この処理の際に根からジベレリンを吸収させると、正常な花粉の割合が回復することから、葯のジベレリン濃度が低下すると異常な花粉が増えると考えられる。また、草丈が低い矮性のイネでは、低温で処理すると普通の草丈のイネよりも異常な花粉の割合がさらに高くなったことから、矮性のイネでは、ジベレリン合成能力が低く、普通の草丈のイネよりも葯のジベレリン濃度が低いと考えられる。つまり、ジベレリンには、草丈を高く () する働きだけでなく、低温にさらされたときの花粉の形成を低温による阻害から守る () 働きがある。品種改良された草丈が低い現代のイネはジベレリン濃度が低いので、品種改良前の草丈が高くジベレリン濃度の高いイネよりも低温に対して弱く () なっている可能性がある。したがって、①が正しい。

(答) …①

問5 実験2で、シロイヌナズナの植物体を 23℃から急速に -15℃に温度を下げて数時間処理すると、植物体の凍結によって枯れてしまうが、23℃から 2℃に温度を下げて3日間栽培すると、細胞内の糖やアミノ酸を増やすことで、低温に対する耐性を獲得したため、その後 -15℃に温度を下げて枯れることがなかったと考えられる。このことを確かめるためには、23℃から急速に -15℃に温度を下げて数時間処理する場合、細胞内の糖やアミノ酸が増えないことや、23℃から 2℃に温度を下げて3日間栽培すると、細胞内の糖やアミノ酸が増えることを確かめる必要がある。

① -15℃で数時間処理した段階で植物体が凍結により細胞が破壊されてしまうので、細胞内の糖やアミノ酸の蓄積が凍結による細胞の破壊の回避に有効かどうかを確かめることができない。したがって、誤りである。

②あらかじめ 2℃での栽培をすると、しなかった場合よりも -15℃での細胞の破壊の程度が少ないことを確かめておく必要がある。もし、細胞の破壊の程度が同程度であれば、細胞内の糖やアミノ酸の蓄積は凍結による細胞の破壊の回避に有効ではないということになる。したがって、正しい。

③ 2℃で栽培する前後の糖やアミノ酸を量を測定し、2℃で栽培後の方が栽培前よりも糖やアミノ酸の量が多いことを確かめておく必要がある。もし、栽培前後で、糖やアミノ酸の量が同

程度であれば、細胞内の糖やアミノ酸の蓄積は凍結による細胞の破壊の回避に有効ではないということになる。したがって、正しい。

④・⑤増えた糖やアミノ酸の合成に関わる酵素の遺伝子を働かなくなるようにしたり、過剰に発現させたりすることで、 -15°C の低温処理に弱くなるか強くなるかを確かめる必要がある。もし、強くも弱くもならなかったら、細胞内の糖やアミノ酸の蓄積は凍結による細胞の破壊の回避に有効ではないということになる。したがって、正しい。

(答)

28

 …①