

## 令和 6 年度入学試験問題

### 理 科

#### 注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 53 ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

|   |   |              |   |   |             |
|---|---|--------------|---|---|-------------|
| 物 | 理 | 1 ～ 9 ページ、   | 化 | 学 | 10 ～ 23 ページ |
| 生 | 物 | 24 ～ 43 ページ、 | 地 | 学 | 44 ～ 53 ページ |

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90 分。
  - (2) 理学部および農学部の実験者は、次のとおりである。
    - ① 理科 1 科目の実験者は、90 分。
    - ② 理科 2 科目の実験者は、180 分。
  - (3) 医学部および歯学部の実験者は、180 分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。





## 生 物

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

DNA や RNA は、リン酸と糖と塩基からなるヌクレオチドが重合した構造をもつ。生物の遺伝情報は DNA の塩基配列が担う。遺伝子の DNA の塩基配列を<sup>(イ)</sup>鋳型として mRNA が転写され、mRNA の塩基配列に基づきタンパク質のアミノ酸配列へと翻訳される。生じたポリペプチドは、適切な立体構造をとることに<sup>(エ)</sup>よって、タンパク質として機能する。

近年、ゲノム編集という新しい技術が開発された。この技術では、標的とする DNA の塩基配列を認識する RNA とともに、DNA を切断する酵素をはたらかせることによって、的確に標的の DNA 塩基配列を切断することができる。切断されたゲノム DNA は、修復される過程で切断部位の塩基の欠失が生じたり、切断部位に他の塩基の挿入が生じたりする。

問 1 下線部(ア)について、DNA と RNA のヌクレオチドの構造を示す模式図として最も適切なものはどれか、図 1 の(a)~(h)の中からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。なお、模式図の㊦はリン酸をあらわす。

問 2 下線部(イ)とは異なり、RNA ウイルスである新型コロナウイルスの遺伝情報は RNA の塩基配列が担う。新型コロナウイルスの感染を診断するために PCR 検査がおこなわれているが、PCR で用いる酵素は RNA を鋳型にして DNA を増幅することができない。そのため、RNA から相補的な DNA を合成し、その DNA を鋳型にして増幅している。この RNA から相補的な DNA を合成する際に用いられる酵素はなにか、答えよ。

問 3 下線部(ウ)のように、生物の遺伝情報は一方向に伝達される。1958 年にフランシス・クリックによって提唱されたこの概念は何とよばれているか、答えよ。

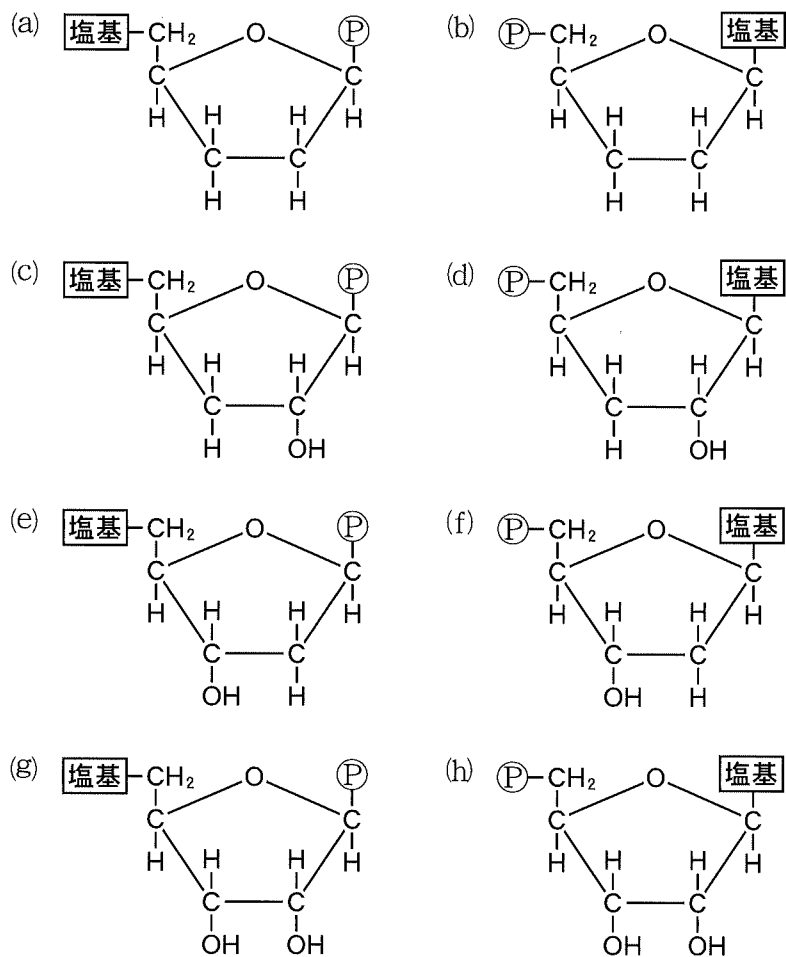


図 1

問 4 5'- AUG AAA GCA AUU UUC GUA CUG AAA GGU UGG UGG CGC ACU UCC UGA -3'

という mRNA の塩基配列について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) この mRNA の元となった DNA の鋳型鎖の塩基配列はどれか、図 2 の (a)~(h)の中から最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

(2) この mRNA から翻訳されるポリペプチドのカルボキシ末端(C 末端)から 6 番目のアミノ酸はなにか、表 1 の遺伝暗号表を参考にして、答えよ。

問 5 下線部(エ)について、タンパク質の構造が変化する例として鎌状赤血球貧血症<sup>かまじょうせつけつきゅうひんけつしょう</sup>が知られている。正常型と鎌状赤血球貧血症型とでは、ヘモグロビン  $\beta$  鎖の遺伝子の DNA 塩基配列が 1 箇所異なる。その結果、ヘモグロビン  $\beta$  鎖の 146 個のアミノ酸のうち 6 番目のグルタミン酸がバリンに変わることによってタンパク質の立体構造が変わり、赤血球の変形とともに貧血症が引き起こされる。この 6 番目のアミノ酸を指定する正常型のコドン<sup>こどん</sup>は GAG である。DNA のセンス鎖では、正常型から鎌状赤血球貧血症型へどのような 1 塩基の置換が生じているのか、表 1 の遺伝暗号表を参考にして、次の(a)~(h)の中から最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| (a) G $\rightarrow$ U | (b) G $\rightarrow$ A | (c) G $\rightarrow$ T | (d) G $\rightarrow$ C |
| (e) A $\rightarrow$ U | (f) A $\rightarrow$ T | (g) A $\rightarrow$ G | (h) A $\rightarrow$ C |

mRNA : 5'- AUG AAA GCA AUU UUC GUA CUG AAA GGU UGG UGG CGC ACU UCC UGA -3'

- (a) 5'- AUG AAA GCA AUU UUC GUA CUG AAA GGU UGG UGG CGC ACU UCC UGA -3'  
 (b) 5'- ATG AAA GCA ATT TTC GTA CTG AAA GGT TGG TGG CGC ACT TCC TGA -3'  
 (c) 5'- UAC UUU CGU UAA AAG CAU GAC UUU CCA ACC ACC GCG UGA AGG ACU -3'  
 (d) 5'- TAC TTT CGT TAA AAG CAT GAC TTT CCA ACC ACC GCG TGA AGG ACT -3'  
 (e) 5'- UCA GGA AGU GCG CCA CCA ACC UUU CAG UAC GAA AAU UGC UUU CAU -3'  
 (f) 5'- TCA GGA AGT GCG CCA CCA ACC TTT CAG TAC GAA AAT TGC TTT CAT -3'  
 (g) 5'- AGU CCU UCA CGC GGU GGU UGG AAA GUC AUG CUU UUA ACG AAA GUA -3'  
 (h) 5'- AGT CCT TCA CGC GGT GGT TGG AAA GTC ATG CTT TTA ACG AAA GTA -3'

図 2

表 1

|         |   | 2 番目の塩基  |       |         |         |   |         |
|---------|---|----------|-------|---------|---------|---|---------|
|         |   | U        | C     | A       | G       |   |         |
| 1 番目の塩基 | U | フェニルアラニン | セリン   | チロシン    | システイン   | U | 3 番目の塩基 |
|         |   | フェニルアラニン | セリン   | チロシン    | システイン   | C |         |
|         |   | ロイシン     | セリン   | 終止コドン   | 終止コドン   | A |         |
|         |   | ロイシン     | セリン   | 終止コドン   | トリプトファン | G |         |
|         | C | ロイシン     | プロリン  | ヒスチジン   | アルギニン   | U |         |
|         |   | ロイシン     | プロリン  | ヒスチジン   | アルギニン   | C |         |
|         |   | ロイシン     | プロリン  | グルタミン   | アルギニン   | A |         |
|         |   | ロイシン     | プロリン  | グルタミン   | アルギニン   | G |         |
|         | A | イソロイシン   | トレオニン | アスパラギン  | セリン     | U |         |
|         |   | イソロイシン   | トレオニン | アスパラギン  | セリン     | C |         |
|         |   | イソロイシン   | トレオニン | リシン     | アルギニン   | A |         |
|         |   | メチオニン    | トレオニン | リシン     | アルギニン   | G |         |
|         | G | バリン      | アラニン  | アスパラギン酸 | グリシン    | U |         |
|         |   | バリン      | アラニン  | アスパラギン酸 | グリシン    | C |         |
|         |   | バリン      | アラニン  | グルタミン酸  | グリシン    | A |         |
|         |   | バリン      | アラニン  | グルタミン酸  | グリシン    | G |         |

問 6 下線部(オ)について、ゲノム編集技術を使って、タンパク質 X の機能を解析することを考える。図 3 はゲノム DNA 上のセンス鎖の模式図で、タンパク質 X を規定している領域を枠線で示している。タンパク質 X は DNA に結合する機能をもっていて、その結合に必要なアミノ酸配列を規定している領域を黒塗りで示している。(a)~(d)の実線で示している標的配列のなかで、タンパク質 X の機能を解析するためには、(b)の位置を標的とした RNA を設計するのが最も良い。なぜ(b)の位置を標的とするとタンパク質 X の機能を解析することができるのか、その理由を 60 字以内で説明せよ。ただし、(a)と(d)の領域は遺伝子発現の制御には関与しないものとする。

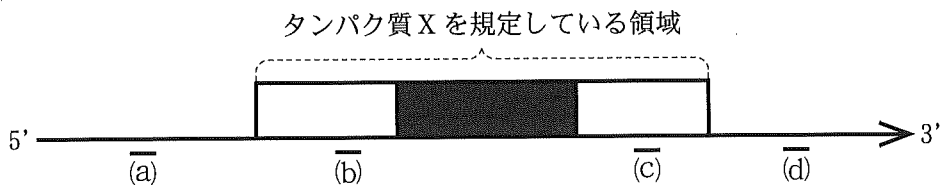


図 3



下 書 き 用 紙 (自由に使用してよい。持ち帰ること。)





**2** は次ページ

2 以下の文章Ⅰ、Ⅱを読み、各問いに答えよ。

Ⅰ

ヒトは、周囲の環境がどのような状態であるかを感じ取り、環境やその変化に応じて適切に行動する。環境には光、温度、音などがあり、これらの刺激を感じ取る装置は [ 1 ] 器とよばれる。食べ物の味と香りは化学物質が刺激となり、口に入った化学物質は舌にある味覚器によって感知される。味覚器には受容体をもつ [ 2 ] 細胞が多数存在している。空気中の化学物質は、鼻の [ 3 ] とよばれる組織にある嗅細胞で感知される。これらの感覚細胞が適刺激を受けると、その情報は脳に伝達され、刺激に応じた感覚が生じる。

[ 2 ] 細胞にある受容体と類似したものが消化器官にも存在していることが発見されており、その受容体は、消化酵素<sup>(ア)</sup>の分泌などに関与すると推定されている。ロシアの研究グループの実験では、味をもつ化学物質の混合液<sup>(イ)</sup>を直接胃に投与したイヌでは、消化液の分泌量が増加し、タンパク質の消化が促進されたことが報告されている。

問 1 文章中の [ 1 ] ～ [ 3 ] に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、アミラーゼはデンプンを分解するがタンパク質を分解することはない。このように、酵素が特定の物質のみにはたらく性質を何とよぶか、答えよ。

問 3 下線部(イ)について、味をもつ物質の混合液を胃に投与することで消化液の分泌量が増加したしくみを、60字以内で説明せよ。

## II

ヒトにおいて、肝臓は、血液の恒常性を維持するために重要なはたらきをしている。食事を摂取した後、小腸から吸収されたグルコースは、4とよばれる血管を経て肝臓に入り、このグルコースの一部から5が合成され、肝臓に貯蔵される。血液中のグルコース濃度が低下し、この情報が間脳視床下部の血糖調節中枢に達すると、それが6神経を介して副腎髄質やすい臓などに伝わる。副腎髄質とすい臓から分泌されたホルモンは、5の分解を7して、血液中にグルコースを供給する。

肝臓は、タンパク質が分解されるときに生じる8を毒性の低い9につくり変えるはたらきをもつ。9は肝臓を出ると、腎臓に運ばれて体外へと排出される。血液中のグルコースも腎臓に運ばれるが、通常は、体外に排出されない。また、肝臓は脂肪の消化を助ける分泌物をつくっている。<sup>(ウ)</sup>

問4 文章中の 4 ～ 9 に適切な語句を入れよ。

問5 下線部<sup>(ウ)</sup>の分泌物の名称を答えよ。



**3** は次ページ

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

多くのマメ科植物では、土壤中に生息する根粒菌が根に入ること、根粒とよばれる、こぶ状の構造を根に形成する。根粒の中で根粒菌は、空気中の 1 を還元して  $\text{NH}_4^+$  に変換する。このようなはたらきを 2 という。2 によって生成された  $\text{NH}_4^+$  は、宿主となったマメ科植物によって 3 などの有機窒素化合物の合成に用いられる。また、マメ科植物は、根粒菌に対して光合成で得た有機物などを供給する。このように、互いに利益を得る関係を 4 という。

マメ科植物は、根にある程度の数の根粒を形成すると、新たな根粒の形成を調節するしくみを持つことが知られている。このしくみにより、マメ科植物は自身の成長に応じて、根粒を形成しすぎないようにしている。<sup>(ア)</sup> さらに、マメ科植物の地上部が、このしくみに関わることがわかっている。

図1のように、異なる個体に由来する地上部と根を切り出して接着させ、それらが癒合した個体(接木<sup>つぎき</sup>個体)を作成し、その後、この接木個体の根に根粒菌を与えて、形成される根粒の数を調べる実験を行った。NTS 遺伝子の欠失変異体と野生型(NTS 遺伝子に変異がない植物)を用いて接木<sup>(イ)</sup>をおこなったところ、NTS タンパク質は地上部から根粒の形成を抑制するはたらきをもつことが明らかになった。また、図2の実験のように、根粒菌を与えていない野生型の根を均等になるように2つに分けた後に、容器Aの根に根粒菌を与えると、2日後にはその影響が容器Bの根における根粒の形成にも及ぶことが示された。<sup>(ウ)</sup>一方、下線部<sup>(ウ)</sup>のような現象は、NTS 遺伝子の欠失変異体ではみられなかった。なお、図1、図2の実験ともに、根粒の観察は、根粒菌を植物に与えてから根粒が形成されるのに十分な時間(およそ1箇月)が経過した後におこなった。このような根粒の数を調節するしくみは、植物において異なる組織や器官の間で、情報の交換がおこなわれることを示す例として知られている。

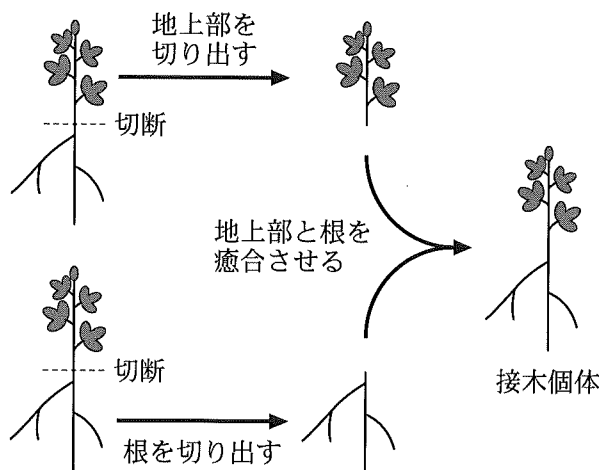


図 1

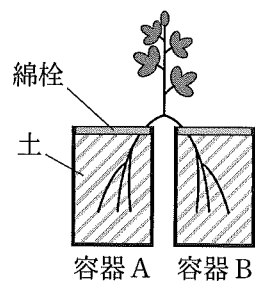


図 2

問 1 文章中の 1 ～ 4 に適切な語句を入れよ。

問 2 マメ科植物に該当するものを次の中から 3 つ選べ。

ダイズ、シロイヌナズナ、イネ、ゲンゲ、シロツメクサ、トマト、トレニア

問 3 下線部(ア)について、宿主であるマメ科植物が、根に根粒を形成しすぎないように根粒の数を調節する理由として考えられることを、70 字以内で説明せよ。

問 4 下線部(イ)の実験について、表 1 はそれぞれの接木個体の地上部と根の組み合わせと、根に形成される根粒の数を評価したものである。それぞれの接木個体に形成される根粒の数を、野生型の地上部と野生型の根を癒合させた接木個体に形成される根粒の数と比べて評価する場合、表 1 の(1)~(3)に入る適切な表現を次の(a)~(c)の中からそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。同じ選択肢を何度使用してもかまわない。ただし、NTS タンパク質は、発現した組織や器官から移動せず、地上部から根に対して根粒の形成を調節するための情報の発信に関わるものとする。

- (a) 多くなる
- (b) 少なくなる
- (c) 変わらない

表 1

|      | 接木個体 A            | 接木個体 B            | 接木個体 C            |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 地上部  | NTS 遺伝子の<br>欠失変異体 | 野生型               | NTS 遺伝子の<br>欠失変異体 |
| 根    | NTS 遺伝子の<br>欠失変異体 | NTS 遺伝子の<br>欠失変異体 | 野生型               |
| 根粒の数 | (1)               | (2)               | (3)               |

問 5 下線部ウのことを示すには、図 2 の植物を用いて、ある条件で根粒菌を与えた実験(これを「実験 X」とする)から得られる結果を、対照実験から得られる結果と比較する必要がある。このことについて、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 実験 X の方法および予測される結果について、80 字以内で説明せよ。
- (2) 対照実験の方法および予測される結果について記述されたものとして、実験 X と比較することを考慮して、最も適切なものを次の(a)~(d)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。
  - (a) 容器 A と容器 B のそれぞれの根に、同じ時期に根粒菌を与えると、容器 A と容器 B の根には同じくらいの数の根粒が形成される。
  - (b) 容器 A の根のみに、加熱して殺菌した根粒菌の懸濁液けんだくを与えると、どちらの容器の根にも根粒が形成されない。
  - (c) 容器 A の根のみに根粒菌を与えると、容器 B の根にも、容器 A の根と同じくらいの数の根粒が形成される。
  - (d) 容器 A と容器 B のそれぞれの根に、同じ時期に水のみを与えると、どちらの容器の根にも根粒が形成されない。

問 6 下線部(イ)と(ウ)の実験の結果をもとに、マメ科植物が根に形成する根粒の数を調節するしくみの説明として、最も適切なものを次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 根粒の形成が始まった一部の根から、根粒の形成が始まったことが地上部に伝えられ、根粒の形成がおこなわれている根のみに対して、地上部から根粒を形成させないための情報を伝える。
- (b) 根粒の形成が始まった一部の根から、根粒の形成が始まったことを伝える物質が土壤中へ分泌され、その物質が土壤中を拡散して他の根に到達し認識されることで、それまで地上部から根に対して伝えていた根粒の形成を調節するための情報が伝わらなくなる。
- (c) 根粒の形成が始まった一部の根から、根粒の形成が始まったことが地上部に伝えられ、それを認識した地上部が根粒の形成を抑制するための情報を根全体に伝える。
- (d) 根粒の形成が始まった一部の根に対して、根粒がまだ形成されていない根があることを認識した地上部が、根粒の形成を促進するための情報を伝える。
- (e) 根粒の形成が始まった一部の根から、根粒がまだ形成されていない根に対して、根粒を形成させないための情報が直接伝えられる。

**4** は次ページ

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

自然界の生物は、異種の生物と互いに影響を及ぼしあいながら生活している。生物群集内には多様な種間相互作用<sup>(ア)</sup>がはたらいているが、このうち食物や生息場所など共通の資源をめぐる競争関係を種間競争とよぶ。種間競争には、一方の種が資源を消費することにより他方の種に影響を与える場合と、複数種のそれぞれの個体が生息場所などをめぐって直接に争う場合がある。さらに、直接には競争<sup>(イ)</sup>しない2種が、共通の捕食者を介して相手に不利益を与えるなど、間接的な競争関係もある。

種間競争は、ニッチが重複する種間ほど激しくなり、競争的排除が起こりやす<sup>(ウ)</sup>くなる。一方、ニッチの重なりが小さい種間では競争が生じにくく、多種の共存が可能となる。このように、競争関係にある生物種のあいだでは、ニッチの重なり<sup>(エ)</sup>の程度が、種の多様性の維持に大きくかわる。

種の多様性は、生態系の機能に影響する。草原生態系では、種数が多くなるほど、植物群集全体の物質生産量が高まる<sup>(エ)</sup>ことが知られている。

問 1 下線部(ア)について、一方の種が他方の種に対して利益を与える場合を<sup>プラス</sup>＋、不利益を与える場合を<sup>マイナス</sup>－、利益も不利益も与えない場合を<sup>ゼロ</sup>0の記号であらわすこととする。次の(a)～(d)に示した種Aと種Bについて、種Aが種Bに及ぼす影響、および種Bが種Aに及ぼす影響はどのようにあらわされるか、解答欄に＋、－、0のいずれかの記号を記入せよ。

- |                    |          |
|--------------------|----------|
| (a) 種A：カクレウオ       | 種B：ナマコ   |
| (b) 種A：ハダニ         | 種B：カブリダニ |
| (c) 種A：アブラムシ       | 種B：アリ    |
| (d) 種A：モンシロチョウ(幼虫) | 種B：コマユバチ |

問 2 下線部(イ)について、水田にすむクモは、水中の有機物を食物とするユスリカと、イネの師管の液を吸うウンカを捕食する。ある水田生態系において、5月にユスリカが大量に発生した水田では、発生数が少ない水田に比べて、8月以降に発生するウンカの個体数が少なかった。その理由として考えられることを、60字以内で説明せよ。

問 3 下線部(ウ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 自然界では、ニッチの類似する2種のあいだで強い競争が生じないこともある。ある森林内に競争に強い種Aと競争に弱い種Bが生息するとき、次の(a)~(d)のそれぞれについて、種間競争が緩和される状況として適切な場合は○を、不適切な場合は×を記入せよ。

- (a) 種Aを食物とする捕食者が存在する
- (b) 台風などにより適度なかく乱が生じる
- (c) 伐採により森林面積が縮小する
- (d) 種Bのみ利用できる採食場所が存在する

(2) もともとニッチの重複が大きかった2種であっても、同じ場所で世代を繰り返した結果、種間競争が弱まっていくことがある。その理由を50字以内で説明せよ。

問 4 下線部(エ)について、ある草原生態系の実験区において、植物の個体数を一定にした条件下で種数のみ変化させたときの、種数と土壌中に残っている硝酸塩(窒素成分)の濃度、および種数と植被率(植物が地面を覆う面積)との関係を、図 1 A と図 1 B にそれぞれ示す。図中の実線は、測定値から近似される曲線を示す。次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 図 1 A において、種数の増加に伴い硝酸塩の濃度が低下した原因として、植物のどのような性質の違いが最も重要と考えられるか。次の(a)~(d)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 種子の大きさと数
- (b) 開花の時期
- (c) 根の深さ
- (d) 乾燥など環境ストレスに対する耐性

(2) 図 1 B において、種数の増加に伴い植被率が増加した理由について、図 1 A の結果をふまえ、次の用語から 3 つを用いて 80 字以内で説明せよ。

ニッチ, バイオーム, 利用効率, 環境変動, 遷移<sup>せんい</sup>, 物質生産量

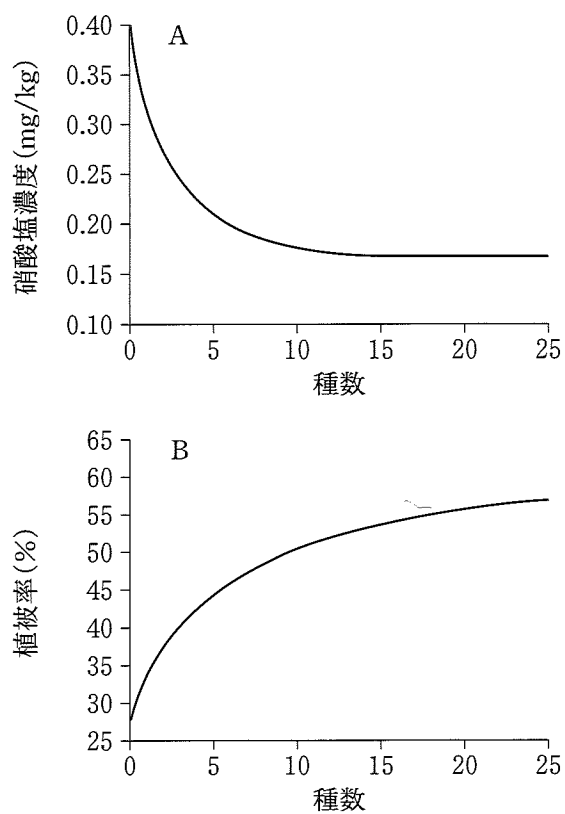


図 1

Tilman D, Wedin D, Knops J 著, Nature 379 巻, 718-720 頁(1996 年)より一部改変



