

### 小論文問題についての説明

この小論文試験は、あなたの生物学の基礎知識、論理的な思考の能力、および文章力（模式図などでの表現も含む）を知ることが目的としています。尚、評価者はあなたが科学者として「何を知っているか」よりも、あなたが「どのように思考するか」という点により興味を持っています。

### 以下の問題文を読み、問1～3に答えてください。

問題文をよく読んでから解答してください。問題の設定は架空です。問題文で設定されている以外の実験条件については、自分で自由に設定してかまいません。ただし、どのような条件を設定したかを明確に表現することに留意してください。解答にあたって複数の可能性が考えられる場合はそれらについて簡潔に説明した上で、それらの可能性ごとに解答を記載してください。なお、前の問題（もしくはその一部）が解けなくても後の問題が解けることがあります。

評価にあたっては、受験生一人一人の経歴や志望研究分野による問題の難易度の違いを考慮します。

- ※ 解答は解答用紙の指定のスペースからはみ出さないように記述してください。その際、解答スペースの枠の大きさは変更しないで下さい。行間等は自由に設定して構いません。
- ※ 解答は手書き、電子ファイルへの直接入力どちらでも構いません。手書きの場合は試験終了後スキャンして電子ファイル化して頂きます（Microsoft Word または pdf ファイル）。電子ファイルへの直接入力と手書きの混合の場合も、解答が同一解答用紙ファイルの指定スペース内に収まるようにしてください。
- ※ 必要な場合は、模式図や表などを用いることができます。解答を電子ファイルへの直接入力で行う場合、図表をその他のソフトで作成してから解答用紙ファイルに貼り付けることもできます。また手書きしたものを電子ファイル化後、解答用紙ファイルに貼り付けることもできます。
- ※ 試験終了後20分以内に、記入済みの解答用紙電子ファイル、手書きの場合はスキャンして電子化したファイルを、[info-soken@nig.ac.jp](mailto:info-soken@nig.ac.jp) に送付願います。受取確認後、総務企画課大学院担当より連絡します。受取確認の返信があるまでは、連絡がとれるように待機してしてください。

鈴木さんは、三島市に自生するミシマソウという植物を研究しています。ミシマソウは、春に種子から発芽し、夏に花を咲かせます。鈴木さんは最近、環境の大きく異なる2つの場所（F地点とW地点）でミシマソウが自生していることを見つけました。

F 地点：公園の原っぱ

W 地点：林の中の日陰

F 地点と W 地点のミシマソウの重量と地上高の変化を図1に示します。なお、F 地点と W 地点のミシマソウは遺伝的に同一です。

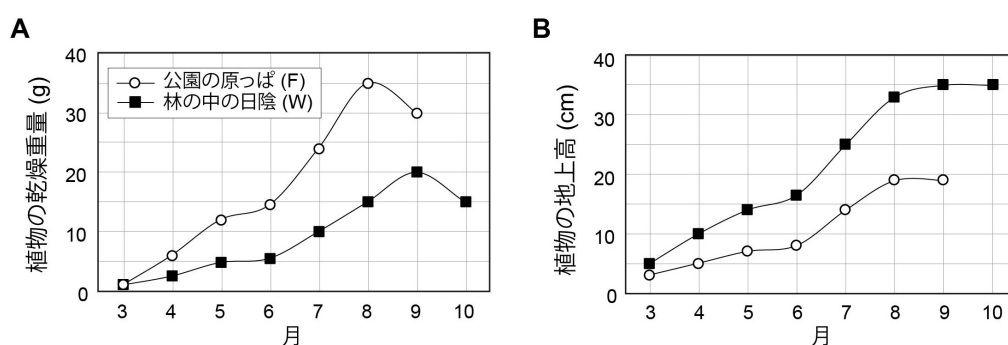


図1 F 地点と W 地点におけるミシマソウの乾燥重量（脱水後の重量）と地上高。各数値は各月における1個体あたりの平均値を示します。ミシマソウ是一年草であり、発芽から種子の形成までの生活環を1シーズン内で終え、その後枯死します。10月のF地点では、ミシマソウのほとんどが枯死していたため、データがありません。

**問1-1** 図1の情報に基づいて、F 地点と W 地点におけるミシマソウの育ち方の共通点と相違点を簡潔にまとめてください。

図 2 に、F 地点と W 地点の地表付近で測定した日中の日射量と正午の気温の月平均値を示します。なお、6 月は梅雨の時期にあたります。

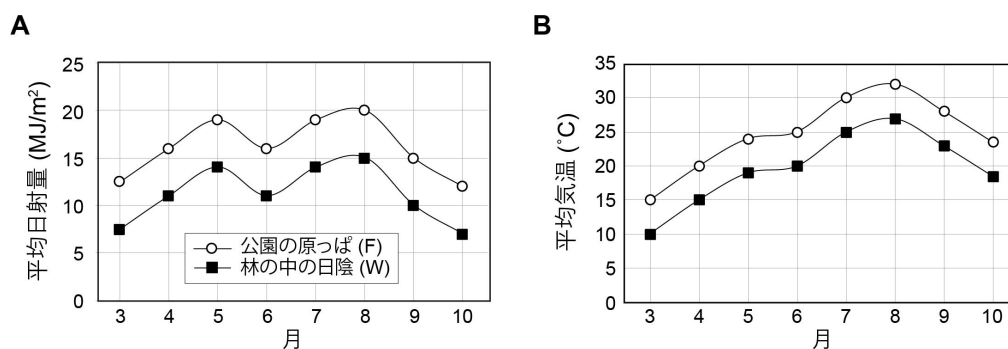


図 2 F 地点と W 地点の地表付近における日中の日射量 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) と正午の気温 ( $^{\circ}\text{C}$ ) の月平均値

**問 1-2** 図 2 に示した自生地環境条件に基づいて、あなたが問 1-1 で述べた F 地点と W 地点でのミシマソウの育ち方の違いを引き起こす要因として考えられるものを、挙げてください。またその理由も述べてください。

鈴木さんは、F 地点に生えているミシマソウの周辺から土を採取し、その土を細菌用の液体培地に入れたところ、5 種類の土壌細菌 [以下、ミシマバクテリア 1~5 (MB1~MB5) と呼ぶ] の増殖を確認できました。

MB がミシマソウの生育に及ぼす影響を調べるため、あらかじめ滅菌した F 地点の土に、純粋培養した各 MB または MB1~MB5 のすべて混合したものを加えた後に、種子を発芽させました。また、対照として滅菌した土壌のみで発芽させた試料も用意しました。発芽後、ミシマソウを温度と日照時間を制御できる温室で栽培しました。その結果を図 3 に示します。

ミシマソウを、MB1、2、4 または 5 をそれぞれ単独で含む土で栽培した場合、各 MB は栽培期間を通じて生育し続けました。一方で、MB3 を単独で含む土の場合は、栽培開始 1 ヶ月後以降 MB3 は土の中から検出されなくなりました。ミシマソウを、MB1~MB5 のすべてを含む土で栽培した場合は、MB3 も栽培期間を通じて生育し続けました。

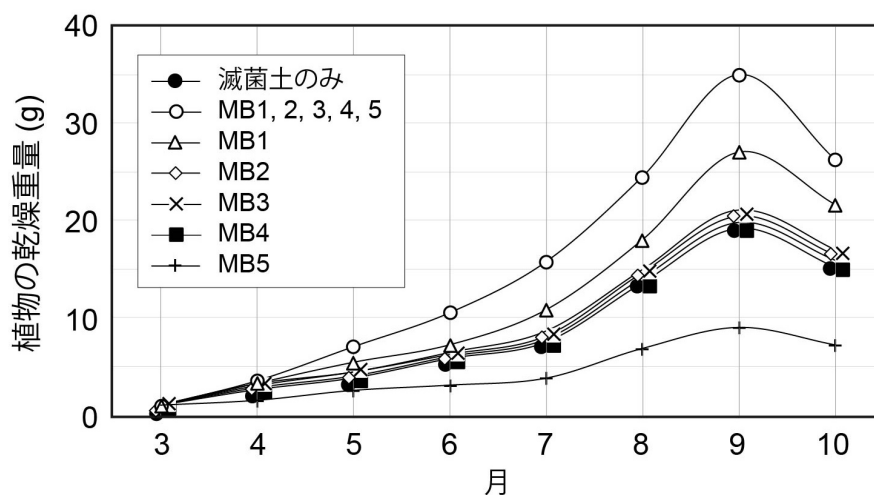


図 3 あらかじめ滅菌した F 地点の土に、純粋培養した各 MB または MB1~5 の混合物を加えてからミシマソウを栽培した場合の、植物体の乾燥重量の月平均値。なお、滅菌土のみ、MB2、MB3 または MB4 を単独で加えた土を用いた場合の結果の間には、統計的に有意な違いはありませんでした。

**問 2-1** 図 3 の結果に基づいて、MB1、MB2、MB3、MB4、MB5 がそれぞれ単独でミシマソウの生育に与える効果を説明してください。なお、特定の MB の効果を説明できない場合は、その理由を説明してください。

**問 2-2** 問 2-1 で解答した各 MB の単独の効果だけで、MB1~MB5 の混合物を与えた場合のミシマソウの成長パターン（グラフ中の白抜き丸）を説明することはできるでしょうか。解答にあたってはその理由も述べてください。

鈴木さんは、F 地点のミシマソウ周辺の土壌を、根の付け根付近から K、L、M の 3 つのエリアに分けました（図 4）。各エリアにおける MB の分布を調べたところ、表 1 のような結果が得られました。

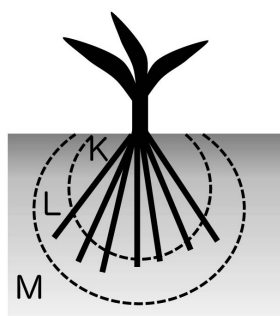


図 4 F 地点のミシマソウ周辺の模式図。土壌を、根の付け根に近い方からエリア K、エリア L、エリア M に分類した。

表1 F地点のミシマソウ周辺土壌の各エリアにおけるMBの存在量 ( $10^5$ 細胞/cm<sup>3</sup>)

|      | MB1 | MB2 | MB3 | MB4 | MB5 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| エリアK | 1.8 | 1.6 | 0   | 0   | 0   |
| エリアL | 0   | 0.8 | 0.6 | 0   | 0   |
| エリアM | 0   | 0   | 0   | 1.7 | 1.2 |

また、あらかじめ滅菌したF地点の土に5種類すべてのMBを混合し、温室でミシマソウを栽培したところ、MBの分布パターンは表1と同様になりました。

次に、あらかじめ滅菌したF地点の土に、各MBを単独で加えた土を用い、温室でミシマソウを栽培したところ、MBの分布パターンは表2のようになりました。

表2 あらかじめ滅菌したF地点の土に各MBを単独で加えた土を用い、温室でミシマソウを栽培した時の、各エリアにおけるMBの存在量 ( $10^5$ 細胞/cm<sup>3</sup>)

|      | MB1 | MB2 | MB3 | MB4 | MB5 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| エリアK | 1.8 | 0   | 0   | 2.0 | 0   |
| エリアL | 0   | 0.8 | 0   | 2.0 | 0   |
| エリアM | 0   | 0   | 0   | 1.7 | 1.2 |

**問2-3** 表1と表2の結果に基づいて、MBの成長または生存に対する異なるMB種間の相互作用を示唆するのは、表中のどのセルですか、理由とともに述べてください。[表中の特定のセルはMB# (#は1～5のいずれか)、エリア\$ (\$はK～Mのいずれか)と指定してください。]

**問2-4** 問2-3で指摘した、表中の特定セルの結果を説明するための、MBの成長または生存に対する異なるMB種間の相互作用を具体的に記載してください。相互作用は「阻害」「促進」などの説明で構いません(定量的な説明は不要です)。例えば、「MB# (#は1～5のいずれか)は、エリア\$ (\$はK～Mのいずれか)においてMB\* (\*は1～5のいずれか)により阻害される」などの記載で結構です。

**問2-5** 図3に示したミシマソウの生育パターンをもう一度参照してください。図3において、MB1～MB5すべてを混合した土でのミシマソウの生育パターンは、単一種のMBを混合した場合と異なりました。その理由を、問2-4で述べた、MBの成長または生存に対する異なるMB種間の相互作用で説明できますか。その理由とともに述べてください。

**問3** 上記の情報に基づいて、「MB がミシマソウの生育に影響を与えるメカニズムについて」という課題名の研究計画を提案してください。なお、以下の内容を記載してください。

「目的または検証すべき仮説」、「実験または解析の概要」、「期待される結果と結論」。  
記載にあたっては目的と論理を明確にしてください。採点においては、あなたの研究手法に関する知識よりも、思考の仕方や実験計画全体を評価します。

**解答用紙： 受験番号**

以下に各問を簡単に記載してありますが、必ず問題用紙の情報に基づいて解答して下さい。解答スペースのサイズは変更しないでください。解答スペース内の行間は自由に変更して構いません。

**問 1-1** 図 1 の情報に基づいて、F 地点と W 地点におけるミシマソウの育ち方の共通点と相違点を簡潔にまとめてください。

**問 1-2** 図 2 に示した自生地環境条件に基づいて、あなたが問 1-1 で述べた F 地点と W 地点でのミシマソウの育ち方の違いを引き起こす要因として考えられるものを、挙げてください。またその理由も述べてください。

**問 2-1** 図 3 の結果に基づいて、MB1、MB2、MB3、MB4、MB5 がそれぞれ単独でミシマソウの生育に与える効果を説明してください。なお、特定の MB の効果を説明できない場合は、その理由を説明してください。

**問 2-2** 問 2-1 で解答した各 MB の単独の効果だけで、MB1～MB5 の混合物を与えた場合のミシマソウの成長パターン（グラフ中の白抜きの丸）を説明することはできるでしょうか。解答にあたってはその理由も述べてください。

**問 2-3** 表 1 と表 2 の結果に基いて、MB の成長または生存に対する異なる MB 種間の相互作用を示唆するのは、表中のどのセルですか、理由とともに述べてください。[表中の特定のセルは MB#（#は 1～5 のいずれか）、エリア\$（\$は K～M のいずれか）と指定してください。]

**問 2-4** 問 2-3 で指摘した、表中の特定セルの結果を説明するための、MB の成長または生存に対する異なる MB 種間の相互作用を具体的に記載してください。相互作用は「阻害」「促進」などの説明で構いません（定量的な説明は不要です）。例えば、「MB#（#は 1～5 のいずれか）は、エリア\$（\$は K～M のいずれか）において MB\*（\*は 1～5 のいずれか）により阻害される」などの記載で結構です。

**問 2-5** 図 3 に示したミシマソウの生育パターンをもう一度参照してください。図 3 において、MB1～MB5 すべてを混合した土でのミシマソウの生育パターンは、単一種の MB を混合した場合と異なりました。その理由を、問 2-4 で述べた、MB の成長または生存に対する異なる MB 種間の相互作用で説明できますか。その理由とともに述べてください。

## 解答用紙： 受験番号

**問3** 上記の情報に基づいて、「MB がミシマソウの生育に影響を与えるメカニズムについて」という課題名の研究計画を提案してください。なお、以下の内容を記載してください。「目的または検証すべき仮説」、「実験または解析の概要」、「期待される結果と結論」。記載にあたっては目的と論理を明確にしてください。採点においては、あなたの研究手法に関する知識よりも、思考の仕方や実験計画全体を評価します。

目的または検証すべき仮説

実験または解析の概要

期待される結果と結論

**Instructions:**

This examination is aimed at measuring your creativity, your abilities in logical thinking and writing (including drawing schematics), and your basic knowledge in biology. **We are more interested in understanding "how you think" as a scientist than "what you know".**

**Read the following story and answer Questions 1 to 3.**

Please read the questions carefully. The setting of the question is basically imaginary. You are free to choose experimental settings unless they are described, but please describe your settings clearly in the answer sheet. When two or more possibilities can be considered for the answer to each question, please explain them briefly and describe the answers separately, case by case. Even if you cannot answer a given question (or a part of a question), you may be able to answer subsequent questions (or subsequent parts of a question).

When we evaluate the answers, we will take your research background and future research interests into consideration.

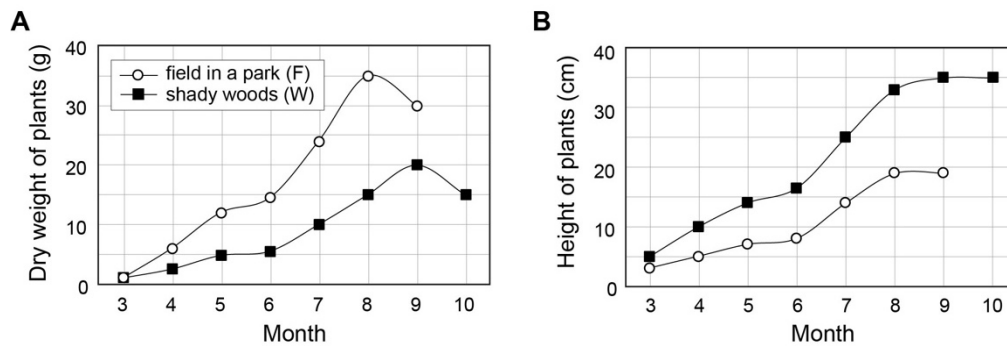
- Please write and draw your answers within the assigned spaces in the answer sheet. Please do not change the size of the space. You are free to set the line spacing.
- The answer may be entered directly to the electronic file (Microsoft Word or pdf) and/or in handwriting on a printed answer sheet. Even when your answer is a combination of typing and handwriting, please fit them together to the assigned spaces in the same answer sheet. A handwritten answer should be converted to an electronic file within 20 minutes after the exam.
- You may use schematics and/or tables as appropriate. If you enter your answer directly to the electronic file, you may prepare schematics and/or tables by any software before pasting them on the file of your answer sheet. Alternatively, you may scan handwritten schematics and/or tables and paste them on the file of your answer sheet.
- At the end of the written exam, an electronic file of complete answer sheet should be submitted by e-mail within 20 minutes (e-mail address: [info-soken@nig.ac.jp](mailto:info-soken@nig.ac.jp)) (before submission, a handwritten answer should be converted to an electronic file). The Academic Services Division will contact applicants upon receipt, so please stand by until you receive this confirmation email.

Dr. Suzuki has been studying a grass species namely Mishima grass which is native to Mishima City, Japan. Mishima grass germinates from seeds in spring and blooms in summer. Recently, Dr. Suzuki discovered that Mishima grass grows wild in two locations (F and W) that have very different environments.

Location F: field in a park

Location W: shady wooded area

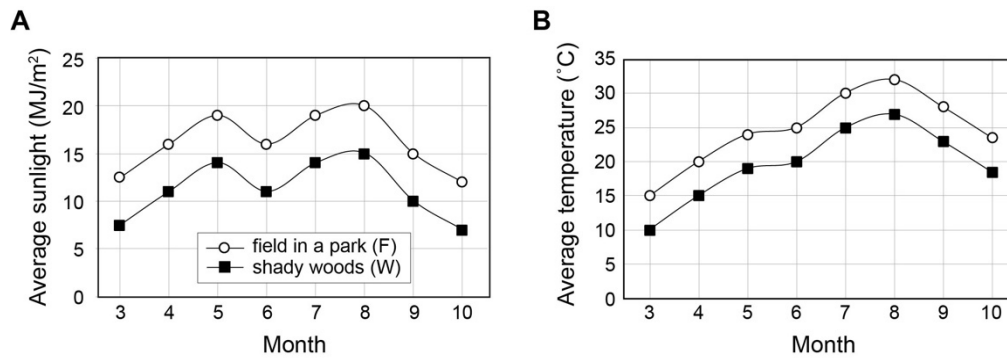
Weight and height of Mishima grass at Locations F and W are shown in Fig. 1. Mishima grass at Locations F and W are genetically identical.



**Figure 1.** Dry weight (weight of plants after dehydration) and above-ground height of Mishima grass at Locations F and W. Plotted values are averages across plants and days within each month. Mishima grass is an annual plant; it completes its life cycle, from germination to the production of seeds, within one growing season, and then dies. In October, most of the grass at Location F had died, so there is no plot.

**Q1-1** Based on the information in Fig. 1, briefly summarize the similarities and differences in grass growth in Locations F and W.

Fig. 2 shows the monthly average of sunlight during daytime and air temperature at noon measured near the ground surface at Locations F and W. Please note that June is the rainy season in Mishima City.



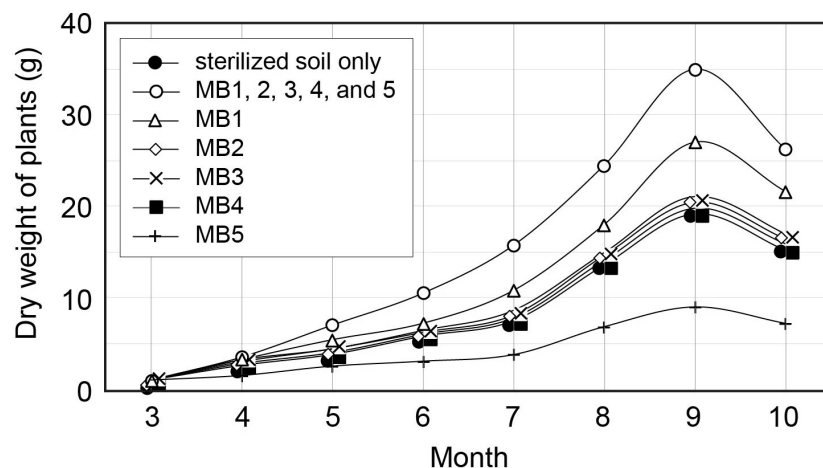
**Figure 2.** Monthly averages of sunlight during daytime (MJ/m<sup>2</sup>) and air temperature at noon (°C) measured near the ground surface at Locations F and W.

**Q1-2** Based on the environmental conditions of the native habitat shown in Fig. 2, please propose possible factors that could cause the differences in grass growth you described in Q1-1 with your reasoning.

Dr. Suzuki collected soil from the vicinity of the Mishima grass growing at Location F. The soil was then mixed with a liquid culture medium for bacteria, which resulted in the growth of five species of soil bacteria [referred to here as Mishima bacteria (MB1 to MB5)].

To investigate the effects of MB on the growth of Mishima grass, seeds were germinated on soil from Location F that had been pre-sterilized and mixed either with pure cultures of particular species of MB or with a mixture of MB1 through MB5. As a control, the seeds were also germinated on the sterilized soil only. After germination, the plants were grown in a greenhouse where temperature and sunlight hours can be artificially controlled. Results are shown in Fig. 3.

During cultivation of Mishima grass with an individual species, MB1, 2, 4, or 5, each MB species maintained their populations in the soil. In contrast, MB3 was not detected in the soil after one month when it was cultivated alone with Mishima grass. When the combined culture (MB1 through MB5) was cultivated with Mishima grass, MB3 was able to maintain its population during cultivation.

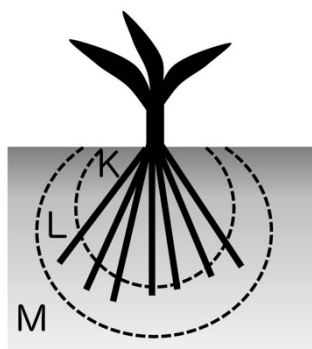


**Figure 3.** Monthly average of dry weight of plants when Mishima grasses were grown in the soil from Location F that had been pre-sterilized and mixed with pure culture of respective MB or mixture of MB1–5. The values for soil only, MB2, MB3, MB4 are statistically indistinguishable in all months.

**Q2-1** Based on Fig. 3, please describe the independent effects of MB1, MB2, MB3, MB4, and MB5 on the growth of Mishima grass. If you cannot explain the effect of a particular MB, please explain the reason.

**Q2-2** Please describe whether the independent effects that you described in Q2-1 are sufficient to account for the observed growth pattern for the soil with the mixture of MB1–5 (open circles). Again, please be sure to explain your reasoning.

Dr. Suzuki divided the soil around Mishima grass in Location F into three areas, K, L, and M, starting from near the root base (Fig. 4). She examined the distribution of MB in each area and the results are shown in Table 1.



**Figure 4.** Schematic diagram of the area around the roots of Mishima grass at Location F. The areas of the soil were classified into Areas K, L, and M, starting from the one closest to the root base.

**Table 1.** Abundance of MB ( $10^5$  cells/cm<sup>3</sup>) in each area of soil around Mishima grass at Location F.

|        | MB1 | MB2 | MB3 | MB4 | MB5 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Area K | 1.8 | 1.6 | 0   | 0   | 0   |
| Area L | 0   | 0.8 | 0.6 | 0   | 0   |
| Area M | 0   | 0   | 0   | 1.7 | 1.2 |

Mishima grass was also grown in the greenhouse using the soil from Location F that had been pre-sterilized and mixed with all five types of MB. The resulting distribution patterns of MB were identical to those shown in Table 1.

Next, Mishima grass was grown in the greenhouse using the soil from Location F that had been pre-sterilized and mixed with one type of MB each. The resulting distribution patterns of MB are shown in Table 2.

**Table 2.** Abundance of MB ( $10^5$  cells/cm<sup>3</sup>) in each area of soil when Mishima grass was grown in the greenhouse using the soil from Location F that had been pre-sterilized and then mixed with a single type of MB.

|        | MB1 | MB2 | MB3 | MB4 | MB5 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Area K | 1.8 | 0   | 0   | 2.0 | 0   |
| Area L | 0   | 0.8 | 0   | 2.0 | 0   |
| Area M | 0   | 0   | 0   | 1.7 | 1.2 |

**Q2-3** Based on the data in Tables 1 and 2, which cells in the Tables support interaction effects on the MB growth or survival? Please explain your reasoning. [You can refer to particular table cells as MB# (# is any of 1 to 5), area \$ (\$ is any of K to M), etc.]

**Q2-4** Please specify possible interaction effects on MB growth/survival that explain the data in the cells you pointed out in Q2-3. Effects can be referred to as “inhibit” or “promote” (no need for quantitative analysis). For example, “MB# (# is any of 1 to 5) is inhibited by MB\* (\* is any of 1 to 5) in area \$ (\$ is any of K to M)”.

**Q2-5** Please refer back to the Mishima grass growth patterns depicted in Fig 3. Can the interaction effects in MB growth/survival that you discussed in Q2-4 help to explain why the growth pattern of the grass in the soil with the mixture of MB1–5 became different from those with a single species of MB in Fig. 3? Please explain your reasoning.

**Q3** You are asked to form a research plan based on the information described above for a project with the following title: “The mechanism by which MBs affect Mishima grass growth” Please propose the following: “purpose/hypothesis to be tested”, “outline of experiments/analyses”, and “expected results and conclusions”. The motivations and logic should be clear in your answer. Please keep in mind that we are more interested in your reasoning and overall experimental design rather than your knowledge of established methods.

**Answer sheet : Application Number**

Note that the exam questions are only briefly summarized in the answer sheet. Please be sure to read the exam for the full information and questions. Please do not change the size of the space. You are free to set the line spacing in the given spaces.

**Q1-1** Based on the information in Fig. 1, briefly summarize the similarities and differences in grass growth in Locations F and W.

**Q1-2** Based on the environmental conditions of the native habitat shown in Fig. 2, please propose possible factors that could cause the differences in grass growth you described in Q1-1 with your reasoning.

**Answer sheet : Application Number**

**Q2-1** Based on Fig. 3, please describe the independent effects of MB1, MB2, MB3, MB4, and MB5 on the growth of Mishima grass. If you cannot explain the effect of a particular MB, please explain the reason.

**Q2-2** Please describe whether the independent effects that you described in Q2-1 are sufficient to account for the observed growth pattern for the soil with the mixture of MB1–5 (open circles). Again, please be sure to explain your reasoning and assumptions.

## Answer sheet : Application Number

**Q2-3** Based on the data in Tables 1 and 2, which cells in the Tables support interaction effects on the MB growth or survival? Please explain your reasoning. [You can refer to particular table cells as MB# (# is any of 1 to 5), area \$ (\$ is any of K to M), etc.]

**Q2-4** Please specify possible interaction effects on MB growth/survival that explain the data in the cells you pointed out in Q2-3. Effects can be referred to as “inhibit” or “promote” (no need for quantitative analysis). For example, “MB# (# is any of 1 to 5) is inhibited by MB\* (\* is any of 1 to 5) in area \$ (\$ is any of K to M)”.

**Answer sheet : Application Number**

**Q2-5** Please refer back to the Mishima grass growth patterns depicted in Fig 3. Can the interaction effects in MB growth/survival that you discussed in Q2-4 help to explain why the growth pattern of the grass in the soil with the mixture of MB1–5 became different from those with a single species of MB in Fig. 3? Please explain your reasoning.

## Answer sheet : Application Number

**Q3** You are asked to form a research plan based on the information described above for a project with the following title: “The mechanism by which MBs affect Mishima grass growth”  
Please propose the following: “purpose/hypothesis to be tested”, “outline of experiments/analyses”, and “expected results and conclusions”. The motivations and logic should be clear in your answer. Please keep in mind that we are more interested in your reasoning and overall experimental design rather than your knowledge of established methods.

Purpose/hypothesis to be tested

Outline of experiments/analyses

Expected results and conclusions