

岡山大学大学院環境生命科学研究科（博士前期課程）

Graduate School of Environmental and Life Science(Master's Course) OKAYAMA UNIVERSITY

2022年4月入学 第1回入学試験

Entrance Examination for April 2022 (1st Application)

専門科目 Specialized subject	植物病理学
-----------------------------	-------

◎ 以下の用紙が揃っているか確認し、用紙の過不足、印刷不明瞭や汚れ等に気づいた場合は、静かに手を上げて監督者に知らせること。

Check if the following papers are present as indicated below. If you find excess or deficiency, some incomplete printing or collating, please let the supervisor know by raising your hand silently.

表紙（この紙） Front page (This paper)	1 枚
問題用紙 Examination Questions	9 枚
解答用紙 Answer Sheet	7 枚
下書用紙 Scratch Paper	2 枚
合計 Total	19 枚

◎ 解答用紙全てに受験番号と氏名を記入すること。

Please write your examinee's number and your full name on all answer sheets.

2022年4月入学 第1回入学試験問題用紙
Entrance Examination for April 2022 (1st Application)
Examination Questions

岡山大学大学院環境生命科学研究科
Graduate School of Environmental and Life Science
(Master's Course) OKAYAMA UNIVERSITY

専門科目 Subject
植物病理学

問1から問4まで全て、問5～問7については2つの問題を選択して答えなさい。なお、解答は全て所定の解答用紙に記入すること。試験終了後、問1から問4および選択した2問の解答用紙を問題用紙の封筒に入れて試験監督者へ渡しなさい。問題用紙、選択しなかった問の解答用紙および下書用紙は持ち帰りなさい。

問1 次の文章を読んで下の問に答えなさい。

(文章1)

植物病原菌の多くは適応した植物種(宿主植物)に侵入して栄養分を摂取し、生活の大部分を植物体で過ごす①。生きた宿主植物で生活する絶対寄生性病原体を除いて、多くの病原菌は宿主植物の有無によって生活様式を変える。例えば、イネいもち病菌②やジャガイモ疫病菌③などは生活環の大部分を宿主植物に依存しているが、条件によっては腐生生活を営むことができるため、これらは一般に(ア)と呼ばれる。これに対して、灰色カビ病菌④のような病原体は腐生生活を主体としており、宿主植物に侵入して感染できれば寄生生活を営む。

現在、8界説に基づいた生物分類に従えば、植物病の原因となる生物性病原体のほとんどは「原生動物(プロトゾア)界」、「(イ)界」、「菌界」および「(ウ)界」に分類される。原生動物(プロトゾア)界の主な病原体としては、根こぶ病菌目のプラスモディオフォラ属菌や変形菌門の(エ)属菌がある。いずれも人工培養できない絶対寄生菌であるが、宿主体内で多核の栄養体から耐久器官となる(オ)を形成するのが特徴である。テンサイそう根病⑤に原因する病原は長い間不明であったが、(エ)属菌の1種がビート壊疽性葉脈黄化ウイルス(BNYVV)⑥を媒介していることが明らかとなっている。

一方、非生物性病原体としては、ウイルスやウイロイドが挙げられる。タバコモザイクウイルス(TMV)を例にすると、宿主植物の傷口から(カ)してゲノムRNAが細胞内へ入り、それが翻訳の鋳型となって(キ)が合成される。その後、(キ)は子ウイルスRNAを複製するとともに2種の(ク)を合成し、ウイルス粒子の隣接細胞への移行や長距離間移行に必要な(ケ)と(コ)がそれぞれ合成される。

(文章2)

非宿主抵抗性⑥は外界からの微生物の侵入に対する植物の絶対的な抵抗性であり、その形質を支える要因は植物種や侵入する微生物との組み合わせによって様々である。この抵抗性は微生物による侵入前から備えられた(サ)と、侵入や感染後に誘導される(シ)に大別される。しかし、軽度の紫外線照射や熱処理、あるいはタンパク質合成阻害剤で予め処理された植物には多くの不適応型病原菌が感染できるようになることから、非宿主抵抗性の主体は(シ)にあると考えてよい。(シ)を開始させる要因としては、病原体起源のエリシターが発見されているが、それらの多くは幅広い植物種に作用する。病原体由来のこのような成分は一般に(ス)と呼ばれている。最近では、(ス)の一部に微生物に共通してみられる成分が関与していることが明らかになり、これらは微生物関連分子パターン(または分子パターン)と呼ばれるようになってきている。その例としては、糸状菌類の細胞壁を構成する(セ)や(ソ)、細菌類の(タ)や(チ)の構成成分などがある。それらに対応する受容体はシロイヌナズナなどで明らかになっており②、これらはパターン認識受容体と呼ばれている。したがって、植物はパターン認識受容体を使って微生物の保存された分子を検出し、パターン誘導性免疫を開始している⑦ということになる。一方で、宿主植物種に適応した病原体は自身の分子パターンの宿主による認識を回避したり、下流で働くシグナル伝達系を標的とする分子を生産(分泌)することで感染を成立させている。このような病原力に関連する一連の分子は(ツ)と呼ばれ、それらの種類や作用点も病原体によって多様である。一方で、植物は(ツ)を細胞内外で直接または間接的に認識して強い免疫応答を開始する。これはジグザグモデルでは(テ)と称された現象であり、従来の交雑育種で利用されてきたR遺

伝子に関連する免疫応答である。多くの場合、被侵入細胞や隣接する細胞で（ ト ）を伴うことが多い。しかし、病原体では常に一定の頻度で変異が起こっており、（ ツ ）遺伝子の一部に変異が起こり、*R* 遺伝子産物による認識を回避するように適応した病原体が優占種となる場合がある。このように、植物と病原体は進化的軍拡競争^⑧を繰り返し、現在のような複雑な相互作用ができたと考えられる。

- (1) (ア) ~ (コ) に適切な語句を入れなさい。
- (2) 下線①のような関係が成立した病原体との親和性は一般に何と呼ばれるか。
- (3) 下線②から⑤の学名を正しく記しなさい。
- (4) 二重線①の病害の最も有効な防除方法について答えなさい。
- (5) (サ) ~ (ト) に適切な語句を入れなさい。
- (6) 下線⑥および下線⑧の語句を英訳しなさい。
- (7) 二重線②について、具体例を1つ挙げてその構造の特徴と同定に至った経緯を簡潔に記しなさい。
- (8) 下線⑦を英訳しなさい。

問2 植物の病気には日本国内ですでに発生が知られているものと国外で発生が知られているが未侵入のものがある。また、国内で発生している病気には全域にわたってまん延しているものと限られた地域でのみ発生しているものがある。下の問に答えなさい。

- (1) 国内未発生 of 病気がある時から突然発生したり、これまでの抵抗性品種が罹病化したりすることは珍しくはない。このようなことが起きる原因を2つ答えなさい。
- (2) 国外の病気の侵入を防ぐためにどのようなリストが作成されているのかを答えなさい。
- (3) リストアップされている対象を持ち込ませないために空港・港で行われている措置を答えなさい。
- (4) 国内でより良い農産物を生産するためには、国外の遺伝資源（野生種・品種・新奇作物）を輸入しなければならないこともある。そのための輸入申請に基づいて政府機関が講じる措置を答えなさい。

問3 植物病害の防除には農薬が用いられることが多い。下の問に答えなさい。

- (1) 表1のA~Hの中で、農薬取締法上の農薬ではないものを記号で答えなさい。
- (2) 表1のA~Hの中で、病気の防除に効果があるものを記号で答えなさい。
- (3) (微)生物農薬と化学合成農薬について、気象の影響、価格、保存安定性および環境負荷についてそれぞれ比較し、解答用紙の表を使って答えなさい。
- (4) (3)において比較した項目以外で(微)生物農薬が化学合成農薬とは異なる特徴を答えなさい。

表1

A: 無機銅	B: <i>TMV</i>	C: 食酢	D: ジベレリン
E: ベンレート	F: ボトキラー	G: <i>Ustilago muda</i>	H: マシン油

問 4 SDGs (エスディージーズ : Sustainable Development Goals) は、2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」に記載された 2030 年までの国際社会共通の 17 の開発目標である。図 1 の SDGs が掲げる開発目標のうち、現在あなたが取り組んでいる (取り組もうとしている) 研究の延長として貢献できるものを挙げ、開発目標と関連付けてあなたの研究の内容と目標を説明しなさい。



図 1 SDGs が掲げる 17 の開発目標

問5 次の文章を読んで下の問に答えなさい。

Figure 1. 細菌や細菌抽出物で処理したシロイヌナズナ培養における細胞外 pH のアルカリ化誘導

(A) *E. coli* G1826 (FliC⁻), *R. solanacearum* または *S. meliloti* の細菌抽出物で処理したシロイヌナズナ培養細胞の細胞外 pH の経時的変化。シロイヌナズナ細胞は細菌抽出物あるいはエンド型タンパク質分解酵素 Glu-C (50 µg/mL) で 25°C、6 時間前処理した細菌抽出物で処理した。
(B) *E. coli* FliC⁻ の生細菌、それを遠心して得られた上清画分、上清を熱処理 (95°C, 10 分)、またはタンパク質分解酵素処理 (25°C, 15 分) したものに対するシロイヌナズナの応答。

Kunzeら (Plant Cell, 16: 3496-3507) から一部引用、改変。

- (1) 下線①は何の略か、略さないで英語で記しなさい。
- (2) 下線②は何か、説明しなさい。
- (3) 下線③の和名を答えなさい。
- (4) 下線④をこの実験で用いた理由を答えなさい。
- (5) 下線⑤は何を調べるための処理か答えなさい。
- (6) 下線⑥は何を調べるための処理か答えなさい。
- (7) 原文では下線⑦の後に、実験結果から示唆された内容が記されている。その内容を日本語で記しなさい。

問6 次の文章を読んで下の問に答えなさい。

植物病原細菌が宿主植物に感染を成立するうえで、植物の防御応答の抑制は必須である。*Pseudomonas syringae* に代表される多くのグラム陰性細菌では、*hrp* 遺伝子群 (*hypersensitive response and pathogenicity genes*) と呼ばれる一連の遺伝子群が、植物の防御応答の抑制に関わる重要な役割を担うことが知られている。*hrp* 遺伝子群は宿主植物に対する病原性に加え、非宿主植物や非親和性関係にある植物に対して抵抗性誘導、特に (ア) を引き起こすことに必要な遺伝子として同定された。*hrp* 遺伝子群は 20 個以上の遺伝子から構成されている。*hrp* 遺伝子クラスターは、細菌染色体 DNA あるいは、それとは独立して自律的に複製を行う (イ) に存在することが知られている。*hrp* 遺伝子群の遺伝子発現は (ウ) に特異的であり、細菌が植物由来の何らかのシグナルを受容することで、それらの発現が活性化される。

- (1) 文章中の (ア) から (ウ) に適切な語句を入れなさい。
- (2) *hrp* 遺伝子群を構成する遺伝子の多くは何と呼ばれる装置の構成タンパク質をコードしているか答えなさい。
- (3) (2) で答えた装置の構造や役割について 60 字以内で答えなさい。
- (4) (2) の装置を介して分泌されるタンパク質を何と呼ぶか答えなさい。
- (5) (4) のタンパク質は、植物と植物病原細菌の組み合わせにおいて、場合によっては作用が異なってくることが知られている。その2つの役割について、それぞれ 60 字以内で答えなさい。

問7 次の文章を読んで下の問に答えなさい。

(文章1)

植物が微生物を感知した後、数秒以内に細胞膜に局在する(ア)イオンチャンネルが活性化され、細胞の(イ)に(ア)イオンが移動・流入する。(ア)イオンは、(ウ)モチーフ(アミノ酸配列)を持つ(ア)イオン依存性プロテインキナーゼなどに結合して活性化する。この応答に続き、細胞膜に局在する酵素の働きによって細胞間隙に(エ)が産生される。これは直接的に病原体を攻撃するのみならず、植物細胞内の酸化還元状態(レドックス)を変化させる。この時、酵素や転写因子などのタンパク質を構成するアミノ酸の一つである(オ)のチオール基が酸化され、ジスルフィド結合を形成したり、様々な修飾を受けることにより、その活性が調節される。一方、(エ)は不必要に存在し続けると細胞にダメージを与えるため、即座に解毒される。例えば、スーパーオキシドは(カ)という酵素によって(キ)に変換され、さらに(ク)という酵素によって(ケ)に変換されて無毒化される。また、重要なタンパク質の身代わりとなって酸化されることで毒性を緩衝し、細胞を(エ)から保護する物質として、トリペプチドである(コ)が知られている。(ア)イオンや(エ)のように、細胞が環境刺激を受容した後に細胞内にシグナルを伝達するために二次的に産生される物質は、総称して(サ)と呼ばれる。

(文章2)

植物ホルモンである(シ)は、通常生育時にはまずアミノ酸である(ス)が酵素であるPALによって桂皮酸に変換され、それをもとに作られた安息香酸から生合成される。一方、シロイヌナズナの場合、感染時には酵素であるICSをコードする遺伝子の発現が活性化され、コリスミ酸から(セ)への変換を介して生合成される。(シ)の生合成は、前者では細胞内の(ソ)で行われ、後者では(タ)で行われる。一度感染を受けた植物は、感染部位から離れた葉や組織に長距離シグナルを伝達して全身的な防御体制を確立し、さらなる感染に対して早く強く応答する。この植物特有の免疫応答は(チ)と呼ばれ、英語では(ツ)と称される。他方、傷害や食害などに対しては、別の植物ホルモンである(テ)と(ト)が重要な役割を果たす。(テ)はS-アデノシルメチオンから生合成されるのに対し、(ト)は葉緑体中のリノレン酸から合成される。この場合においても全身的な防御体制が誘導されるが、この免疫応答は(ナ)と呼ばれ、英語では(ニ)と称される。

(1) 括弧内に適切な語句を入れなさい。

(2) (ア)イオンを検出するための方法を簡潔に述べなさい。

(3) (エ)を検出するための方法を簡潔に述べなさい。

(4) 以下の語句の中から、植物の静的抵抗性に含まれるものを全て挙げなさい。

- | | | |
|--------------|------------|--------------|
| ・パピラ | ・細胞壁 | ・PRタンパク質 |
| ・ファイトアレキシン | ・クチクラ | ・病原体細胞壁の分解酵素 |
| ・ファイトアンティシピン | ・カロース | ・過酸化水素 |
| ・水孔周辺の突起 | ・ケイ酸による珪質化 | |