

果樹園芸学

## 果樹園芸学解答例

### 問1

多くの果樹では、開花後受粉およびその後の受精が行われ種子が発達することによって、果実は樹に着生した状態を保ち発育することができる。そのため結実を確保するためには確実な受粉が必要である。また、種子は果実の発育を促すジベレリンやサイトカイニンといった植物ホルモンの生成場所でもあり、種子数が多い果実ほど果実重が大きくなる傾向にあることから、受粉が確実に行われ十分な数の種子が形成されることは大果生産につながる。さらに種子が果実中に偏在すると果形がいびつになることがあり、形の良い果実を生産するうえでも確実な受粉が重要である。一方、不完全甘ガキでは種子から発生するエチルアルコールにより樹上で可溶性タンニンが不溶化し、脱渋が進行する。このようなカキ品種では種子数が不足すると果肉に渋味が残るため、受粉による十分な種子数の確保が必要となる。

受精に他品種の花粉が必要な自家不和合性、あるいは花粉が形成されない果樹や品種、および雌雄異株や雌雄異花の果樹での受粉は風や昆虫によっても行われる。しかし、昆虫の活動は気温などの環境要因により左右され、低温条件では不十分となることがある。そのため、確実な受粉を行うためには人工受粉が必要となる。

### 問2

①多くの落葉果樹では、芽の自発休眠現象があり、自発休眠が覚醒するためには一定の低温に遭遇する（低温要求）必要がある。しかし、現在より冬季の気温が上昇すると、果樹の種類や地域によっては自然条件下で低温要求を満たすことが出来ず、自発休眠の覚醒がうまくいかず、春期において発芽の不揃いや不良など栽培に極めて大きな悪影響が発生することが考えられる。また低温要求は満たすもののそれに要する期間が長くなる場合も考えられ、この場合は施設栽培などでの加温の開始時期を遅くせざるを得ない状況も生じると考えられる。これらに対する対策としては、シアナミドなどの自発休眠打破剤の使用や自発休眠覚醒のための低温要求が少ない品種や樹種への改植が考えられる。

②ブドウの着色系品種では果皮内にアントシアニンが蓄積して着色するが、着色期、すなわち夏季における高温はアブシシン酸含量やアントシアニン生合成関連遺伝子発現量の低下などによりアントシアニンの蓄積が抑制され、着色不良の原因となる。着色が悪い果実の商品価値は低く経済的な損失にもつながる。考えられる対策としては、高温条件下でも着色しやすい品種への改植や着色を促進する植物成長調節物質であるアブシシン酸液剤処理やプロヒドロジャスモン液剤処理、樹体への環状剥皮処理などが考えられる。

### 問3

- (1) 子房上位（ブドウ、カキ、カンキツ類など）または子房中位（モモ、ウメなど）の花から発達した果実で、子房壁が発達、肥大して果皮を形成する。果皮は外果皮、中果

皮および内果皮にわけられる。

- (2) 果実の長期貯蔵前に貯蔵期間の延長を目的として行う短期間の前処理のことであり、乾燥予措、追熟予措、高温予措などがある。ウンシュウミカンでは果実重量を3~4%減少させる乾燥予措が行われ、浮き皮の抑制や病原菌の侵入を防ぐ効果がある。イヨカンでは着色促進を目的に追熟予措が行われる。晩生系ウンシュウミカンやポンカンでは着色促進を目的にイヨカンよりも高い温度で保持する高温予措が行われている。
- (3) ブドウでは、果実成長の第Ⅱ期から第Ⅲ期への変わり目において、果実の表皮の濃緑色が淡くなり、果肉硬度が低下する。この時期のことをベレゾーンといい、この時期を境に果実は成熟期に入り、果皮が着色する品種では果皮中にアントシアニンが蓄積することにより果皮の着色が始まり、果肉中の糖含量が急激に増加する。
- (4) 枝、葉、根などの栄養器官の一部を母樹から切り離し、挿し床で不定根や不定芽を発生させて独立した植物体を育成する繁殖法である。用いる材料の部位により枝挿し、葉挿し、根挿しというが、果樹では主に枝挿しが行われる。枝挿しでは、用いる挿し穂の採取時期により休眠枝挿しと緑枝挿しに分けられる。
- (5) 結実の多い年（成り年、表年）と結実の少ない年（不生り年、裏年）が1年おきに繰り返される現象で、ウンシュウミカン、カキ、リンゴなどで起こりやすい。原因としては、結実の多い年は過剰に結実した果実に多くの養分が奪われるために花芽の分化と発育が抑制されることにより翌年の着果数が減少し、逆に着果数の減少した年では、花芽の分化と発達が促進され翌年の着果数が増加することが考えられている。一方、一部の果樹では、過剰着果によって種子数が増加し、種子で生成されたジベレリンが新梢に拡散し、花芽形成を抑制することも隔年結果の原因と考えられている。

## 果樹園芸学出題意図

本問題では、大学院博士前期課程での研究遂行に必要な、果樹に関する生理生態的特性や栽培および果実の貯蔵等における基本的知識を有しているか、またそれらを論理的かつ簡潔に説明することができるのかを見極めます。

### 問 1

受粉の結果形成される種子が、結実、果実肥大、不完全甘ガキでの樹上での脱渋などの場面でどのような役割を果たしているか、また実際の受粉はどのように行われ、気象条件や花の形態的特性などの観点からどのような場合人工受粉が必要になるのかを説明できるかを見極め、果樹園芸学における基本的知識を有しているかを評価します。

### 問 2

気温の変化が果樹や果実の発育に及ぼす影響に関する知識を基本に、気温上昇が実際の果樹栽培に及ぼす悪影響、例えば芽の自発休眠覚醒の進行阻害や果実の着色不良などを論理的に説明し、それに対して実現可能な対策を提案できることを評価します。

### 問 3

果実の形態、貯蔵、結実特性および発育・成熟特性ならびに果樹の繁殖に関する基本的な知識を有しているか、その知識を的確かつ簡潔に記述できることを見極めます。

蔬菜園芸学

## 問 1

- (1) 病害の少ない健全な苗を短期間かつ大量に生産できるため、育苗管理の省力化や苗質の均一化が進み、計画的かつ一斉の供給が可能となり、生産効率と安定性が向上する。
- (2) F<sub>1</sub> 品種の利点は、固定種に比べて形質が均一で品質が安定しており、種苗会社にとってはブランド価値の高い品種として差別化しやすい。一方で、イチゴはランナーによる栄養繁殖が可能であり、F<sub>1</sub> 品種・固定種を問わず無断増殖のリスクがあるため、育成者権の実効的な保護が難しい。この点で、固定種は自家採種も可能であるため、企業による収益化がより困難となる。
- (3) F<sub>1</sub> 種子の価格低減を図る技術的な方策として、雄性不稔性（思考を問う問題なので自家不和合でも可）の利用が挙げられる。雄性不稔性とは、花粉を形成できない性質であり、これを母系に導入することで人工的な除雄作業を省略できる。これにより交配作業の省力化と採種精度の向上が同時に実現し、混入や品質低下のリスクも低減する。結果として、安定した高品質 F<sub>1</sub> 種子を効率的に大量生産でき、種子生産コストの大幅削減と供給の安定化が期待される。

## 問 2

- (1) ホウレンソウは長日条件で花芽分化しやすく、とくに高温・長日下では抽苔が急速に進む生理的特性をもつ。温暖化の影響で春から初夏にかけての気温上昇が早まり、抽苔発生時期が前倒しになると、葉の展開期間が短縮し、収穫適期が大幅に狭まる。その結果、春夏作では葉質の硬化や苦味の増加による商品価値の低下、収量や品質のばらつきが生じやすくなり、計画的な出荷や安定供給が困難となる。

### (2) 果菜類：高温耐性

気候変動により異常高温や猛暑日が頻発する中、果菜類では高温による花粉の発芽率低下や受精不良が起こりやすく、着果率の低下や果実肥大の不良、糖度や色づきの不均一化など品質面の問題が顕著になる。そのため、高温条件下でも花粉の生理機能や受精過程が安定し、果実の肥大・成熟が正常に進む高温耐性は極めて重要な形質である。これにより、夏季や温暖地域でも安定した収量と品質を確保でき、生産の持続性向上に寄与する。

### 葉菜類：乾燥耐性

乾燥耐性は、気候変動に伴う降水量減少や高温乾燥の頻発に対応するため、露地栽培の葉菜類において重要な形質である。乾燥条件では葉のしおれや縮れ、葉色の退色が生じやすく、光合成能力の低下や生育停滞を招くことで品質や収量が不安定になる。乾燥耐性を高めることで、葉の水分状態が安定するため、外観品質の維持と計画的な出荷が可能となり、栽培の安定化と経営リスクの低減が期待される。

## 問 3

- (1) ある集団内の個体が遺伝的に類似した性質を多く持つ状態を指す。これは、同一の親系統からの繁殖や、限られた遺伝資源の利用によって生じることが多い。遺伝的画一化が進むと、病害虫や環境ストレスに対する集団全体の抵抗性が低下し、単一の要因によって壊滅的な被害を受けるリスクが高まる。そのため、農業や育種の現場では、遺伝的多様性の確保が重要とされている。
- (2) ネイキッド種子とは、種子の外側を覆う硬い果皮（種皮）を物理的に除去し、胚や胚乳などの中身だけを残した「裸の種子」のことである。主にホウレンソウなど硬実種子で発芽が不揃いになりやすい作物に用いられ、吸水性が高く、発芽が早く揃いやすいという利点がある。一方

で、果皮による保護がないため保存性が低く、播種時の乾燥や病原菌に弱いという課題があり、殺菌処理や適切な播種管理が必要とされる。

- (3) 種子春化とは、第2吸水過程にある種子が低温(0～5℃)に一定期間曝されることで、栄養生長から生殖生長への転換準備が進む現象である。ダイコンやハクサイなど秋まき二年生野菜で見られ、低温の強さと期間に応じて効果が増し、春化後は抽苔・開花が前進する。栽培上は播種時期・育苗温度・苗齢を調整し、育苗中の不意の低温を避けて不要な春化を防ぐことが重要である。
- (4) 水耕とは、培地を用いずに水と培養液で植物を栽培する方法で、代表的な方式にDFTやNFTがある。根に必要な養分や酸素を培養液として直接かつ均一に供給することで、生育速度や収量は土耕より大きく向上し、土壌伝染性病虫害の発生も少ない。一方、設備費や管理コストに加え、停電やポンプ故障による被害リスクがあり、安定運用には高度な管理技術が不可欠である。
- (5) 微生物の働きによって最終的に水と二酸化炭素に分解され、自然環境に還元される性質を持つ資材である。農業用マルチフィルムに利用すると、使用後に土壌中で分解されるため、廃棄物削減や環境負荷低減に大きく寄与する。従来の石油由来プラスチックと異なり、焼却や回収の手間が省け、省力化にもつながるが、原料コストや分解速度・温度条件の管理など技術的課題がある。

## 出題意図

### 問1：種子繁殖型イチゴに関する理解と応用

出題意図：この問題では、栄養繁殖と種子繁殖の比較を通じて、植物繁殖技術の革新について考察する力を問うことを目的としています。(1)では、種子繁殖における利点を理解し、技術の利活用に関する論理的説明を行う力を問います。(2)では、固定種とF<sub>1</sub>品種の特徴を種苗会社の視点から分析し、生産・ビジネス両面でのバランス感覚を問うことを意図しています。(3)では、高コスト構造への技術的アプローチを考察させることで、技術と経済性の両立を意識した実践的思考を問います。

### 問2：気候変動と野菜生産の関係性理解

出題意図：この問題は、気候変動というグローバルな課題を地域・作物レベルに落とし込み、生理生態学的な理解と応用力を問うことを目的としています。(1)では、作物の環境応答に対する理解とそれを用いた論理的説明を求めます。(2)では、異なる分類群(果菜類と葉菜類)における育種目標の違いに着目させ、環境適応性と生産安定性の視点から具体的な形質の選定力を問います。

### 問3：専門用語の理解と説明力

出題意図：この設問は、農業・園芸分野で頻出かつ応用範囲の広い用語について、正確に理解し平易な言葉で説明する力を問うものです。単なる暗記にとどまらず、研究や実践の現場で活用できるレベルの理解力を問います。

花卉園芸學



#### 解答例

問1. アジサイを冬に剪定して、株の大きさを半分程度にした。翌年の花序の数は剪定しなかったものと比べてどのようになるか、また、その理由について100字程度で述べなさい。

出題意図 アジサイにおける花芽分化時期の教科書的知識と、冬に強剪定を行った場合に来季の開花におよぼす影響に対する思考力を問う。

#### 解答例

剪定したものは花序の数が大幅に減る。その理由は、アジサイの花芽は秋から冬に新梢の先端または先端付近の腋芽に形成されるので、大きさを半分にするような剪定では多くの花芽が取り除かれるためである。(94字)

問2. ユリの品種群のうち、複数の野生種から育種されたものを一つ挙げ、使われた野生種と、品種群の特徴（育種過程・花色・形態・生理的特性・代表品種などを二つ以上含める）について80字程度で述べなさい。

出題意図 重要切り花品目の一つである、ユリの品種群の知識を問う。

#### 解答例

シンテッポウユリ テッポウユリにタカサゴユリを交配することでタカサゴユリの種子から1年以内に開花する性質を付与したもの。夏の高温期に生産が難しいテッポウユリの端境期を補完する。(79字)

アジアティック・ハイブリッド スカシユリの選抜個体やオニユリなどの近縁種との雑種から育成された。花は黄、白、橙、赤などで、杯状上向きなので切り花として需要が多い。代表品種に‘コネチカットキング’がある。(86字)

オリエンタル・ハイブリッド カノコユリ、ヤマユリなどの種間雑種によって育成され、芳香があり、大輪の花をつけ、観賞価値が高い。花形はラッパ型、平咲き型などがある。代表品種に‘カサブランカ’がある。(83字)

その他、LA ハイブリッド、LO ハイブリッドなどを挙げ、正しく記述されているものを正解とする。

問3. カーネーション花卉の老化に関与するホルモンとその合成に関与する酵素の名前と機能について100字程度で述べなさい。

出題意図 カーネーションを例に花の老化に関する生理学的背景を学習しているかを問う。

### 解答例

カーネーション花卉の老化には内生エチレンが関与している。エチレンの生合成において、S-アデノシルメチオニンを ACC に変換する ACC 合成酵素と ACC をエチレンに分解する ACC 酸化酵素が鍵酵素である。(97 字)

問 4. 次の事項について当てはまる用語を答えなさい。

出題意図 いずれも指定の教科書に記載されている事項で、単純な語句の正答率により試験に対してどれだけ準備してきたかを計る。

- (1) *Eustoma grandiflorum* (*E. russellianum*) の自生地 of 国名

解答例 アメリカ合衆国(アメリカ、米国なども可、メキシコと併記しても加点・減点しないが、メキシコのみは減点)

- (2) ペチュニア栽培品種の日長反応は以下のうちどれか

正解 量的長日植物

- (3) 葬儀・仏事用の切花として栽培される 1 茎に 1 花を咲かせる栽培ギクの総称

正解 輪ギク

- (4) バラの栽培品種の育種に貢献した野生種どれか 1 種の名前とその種が品種にもたらした形質

解答例 コウシンバラ 四季咲き、ロサ・フェチダ 黄色の花色、ノイバラ 房咲き、テリハノイバラ つる性、ハマナス 耐病性など

- (5) アルストロメリアの栽培において、夏季の花芽形成を促進する栽培技術

解答例 地中冷却栽培(地中冷却も可、地中冷房は減点)

# 作物学

作物学 1/2

問1. 次の単語の意味を150字以内で説明せよ

【出題意図：作物学の基本的な単語の意味を問う】

（1）緑肥

解答例）緑肥とは、収穫せずにそのまま田畑にすき込み肥料とするために栽培する作物のこと。緑肥作物は、有機物を供給したり、連作障害を緩和したり、土壌の肥沃度を高めるなど、多面的な役割がある。緑肥作物にはオオムギ、ソルガム、ヘアリーベッチなどがある。

（2）粗飼料と濃厚飼料

解答例）粗飼料は乾草やわら、サイレージなど繊維が多く、反芻動物の胃内微生物を活性化し唾液反芻を促すがエネルギーは低い。乳牛の餌の約半分を占める。濃厚飼料はトウモロコシや大豆粕などデンプン・蛋白質に富み、消化性が高くエネルギー供給源で、肉牛・豚・鶏の主な餌となる。

問2. 日本の畜産農家と耕種農家（田や畑で農作物を栽培する農家）は、米国の遺伝子組換え作物の大きな恩恵を受けている。その理由を、「飼料」と「堆肥」という言葉を使い250字以内で説明せよ。

【出題意図：飼料・食用作物の物質循環的観点を問う】

解答例）日本の畜産農家は濃厚飼料のほとんどを海外からの輸入に頼っており、輸入飼料の多くの割合を占める米国のトウモロコシと大豆は大部分が遺伝子組換え品種である。また、耕種農家が利用する堆肥は、遺伝子組換え作物を飼料として肥育された家畜の排泄物が原料に含まれる。したがって、家畜飼料としても排泄物由来の堆肥としても、日本農業は遺伝子組換え作物の恩恵を広く受けている。この構造は国内畜産と耕種の循環的なつながりを示す。

問3. 現在、先進国を中心に有機農業を推進する動きが強まっている。有機農業を実施する農地では、慣行農法と比較して、温室効果ガスの排出や生物多様性への影響などの環境負荷が農地レベルで低くなる傾向にある。しかし、有機農業が大規模に推進された場合、地球全体の環境負荷は増加する恐れがある。その理由を250字以内で述べよ

【出題意図：現代の農業と環境の問題に対する理解を問う】

解答例）一般に有機農業は慣行農業に比べ、面積当たりの環境負荷が少ないため地域レベルでは有機農業を行う地域の環境負荷は低減される。しかし、有機農業は一般に生産性が低いため、有機農業が大規模に推進されると農産物の供給量が低下し、農作物の輸入が増える。輸入量の増加によって、主に途上国で森林から農地への転換が進んでいる。また、飛行機や船などで輸入する際に排出される温室効果ガスも増加する。これらの理由により、有機農業の推進によって結果的に環境負荷が大きくなる可能性がある。

問4. 次の仮想的な作物圃場試験の計画と結果を読み、以下の問いに答えよ。

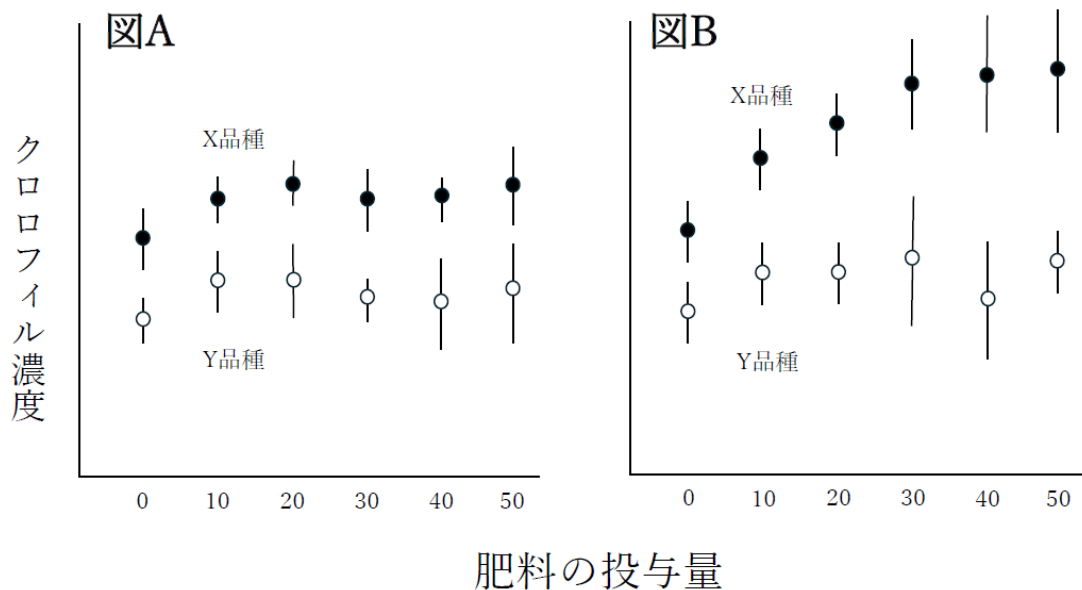
【出題意図：作物学的試験に必須な、統計解析の基本的な理解を問う】

S氏は卒業研究でA肥料の量がイネの成長に与える影響が品種間で異なるかどうかを調べることにした。各調査区にイネ2品種(X品種とY品種)のいずれかを栽培し、A薬剤10, 20, 30, 40, 50ml 含んだ水と、コントロールとして蒸留水のいずれかを与えた。反復は8つ用意した。各調査区から1個体を対象とし、イネの成長の指標として移植後80日の各個体の草高とクロロフィル濃度を測定した。

(1) 調査区は全部でいくつ設定することになるか？

96

(2) 実験結果として以下の図Aか図Bのどちらかの結果を得た。応答変数を各個体クロロフィル濃度、説明変数をA肥料の投与量(0~50ml)と品種、A肥料の投与量と品種の交互作用とする一般化線形モデルによる統計解析の結果、交互作用が有意であった。この場合、以下の二つの図のうち、どちらが実験結果として正しい図であるか、その根拠とともに150字以内で述べよ。



解答例) 図AはX品種とY品種でクロロフィル濃度が異なるが、肥料の投与による影響はふたつの品種間で異ならないようにみられる。図Bは肥料の投与量の効果がX品種とY品種で異なるように見えるため、交互作用があったとみなされる。そのため図Bが正しい図である。

# 遺伝育種学

## ■ 解答例

問 1. いもち病に感受性で良食味のイネ品種 A と、いもち病に抵抗性で胚乳が白濁し食味が悪い品種 B がある。A も B も純系である。A と B の F<sub>2</sub> を 100 個体調べたところ、いもち病感受性：抵抗性＝3：1 に分離した。また、いもち病抵抗性の個体はすべて胚乳が白濁していた。感受性の個体で胚乳が白濁しているものはなかった。このことから、いもち病抵抗性と胚乳の白濁(悪い食味)は単一の劣性(潜性)対立遺伝子に支配されていると考えられた。また、いもち病抵抗性の個体はすべて胚乳が白濁していたことから、a) いもち病抵抗性遺伝子と胚乳の白濁に関わる遺伝子は染色体上のごく近くにある別々の遺伝子に支配されているか、b) 単一の遺伝子がいもち病抵抗性と胚乳の白濁の両方に関与しているか、どちらかであると考えられた。

(1) a) と b) の現象をあらわす遺伝学用語を答えなさい。

a) 連鎖          b) 多面発現

(2) 実際には a) と b) のどちらであるか、実験を行って検証したい。どのような実験をして、どのような結果が出れば a)、どのような結果が出れば b) であると証明できるか、それぞれ 200 字程度で説明しなさい。

・ 大規模(数千個体)な分離集団でいもち病抵抗性遺伝子のマップベースクローニングを行う。分離個体の中で、いもち病抵抗性で胚乳の白濁がない個体が出現し、さらに、単離されたいもち病抵抗性遺伝子座の、いもち病感受性個体の対立遺伝子をゲノム編集で破壊する。その結果、いもち病抵抗性への変化が見られ、胚乳の形質は変わらないことがわかれば、いもち病抵抗性と胚乳の白濁は密接に連鎖した異なる遺伝子の支配であることが証明できる(a))。205 字。

・ 分離個体の中で、いもち病抵抗性はすべて胚乳の白濁が見られ、感受性個体はすべて白濁していない胚乳を示し、マップベースクローニングで単離されたいもち病抵抗性遺伝子座の、いもち病感受性個体の対立遺伝子をゲノム編集で破壊する。その結果、いもち病抵抗性になるとともに胚乳の白濁が生

じれば、いもち病抵抗性と胚乳の白濁は単一遺伝子の多面発現であると証明

される (b))。175 字。

\*5 つの下線部、各 4 点。ただし、大きく異なるアプローチでも合理性があれば、可とする。

問 2. 個体が通常もっているゲノムの半数（あるいは染色体の半数）をもつ個体を半数体という。2 倍体から生じた (A) 半数体は一般に生育が劣り、不稔になる。 よって、そのまま品種に利用されることはほとんどない。しかし、(B) 半数体を倍数化した個体は育種に有用である。

(1) 半数体はどのような方法で得られるか。方法を 2 つ挙げて説明しなさい。

・ 薬を人工培地上で培養する薬培養により、減数分裂後の細胞を再分化させて半数体を得ることができる。

・ メイズ法やバルボッサム法など、種間または属間交雑（の胚発生）における片親の染色体の脱落により半数体を得ることができる。

\*他、半数体を誘導する遺伝子を利用する方法など、妥当な方法なら正解とする。

(2) 下線(A)の「半数体」が不稔になる理由を説明しなさい。

2 倍体から生じた半数体は、減数分裂第一分裂中期で対合する相手がいないため、通常一価染色体を形成する。その後、染色体は娘細胞に機会的に分配され、ほとんどの娘細胞（または配偶子）は 1 つのゲノムに相当する染色体数を持たず、配偶子には生殖能力がない。そのため不稔になる。

\*生育が劣ることで、十分な花芽形成が行われない、花粉または胚のう母細胞の数が減る、配偶子の発達に必要な栄養供給が十分ではない、などは不正解とする。

(3) 下線(B)の「半数体を倍数化した個体」は何と呼ばれるか。

また、下線(A)の半数体を倍数化した個体のゲノムはどのような特徴をもち、育種においてどのように有用か、説明しなさい。

倍加半数体



\* Doubled Haploid, DH でも正解とする。

2 倍体や異質倍数体の半数体は、全遺伝子座でホモ接合となり、遺伝的に固定された純系を得ることができる。育種年限の短縮や他殖性植物の近交系を作出する手段として有効なため、育種に用いられる。

\* 染色体数が元の数に戻る、稔性が回復する、といった解答は不正解。

問 3. DNA マーカーを利用した選抜法の利点と課題（注意すべき点）をそれぞれ 2 つ、説明しなさい。

利点

- ・ 幼苗の段階で早期選抜できるため、植物体の育成に要する労力とコストの削減に大きく貢献する。

- ・ 専門的な技術が必要な形質評価（孢子接種試験を伴う耐病性の評価など）を行わずに実施できる。

\* 上記以外の説明でも妥当性あれば、可とする。

課題（注意すべき点）

- ・ DNA マーカーと目的遺伝子が完全連鎖していない場合（組換えなどにより連鎖関係が消失した場合）に誤った選抜をしてしまう。

- ・ DNA マーカーと連鎖関係にある不良形質も間接的に選抜してしまう。

\* 上記以外の説明でも妥当性があれば、可とする。

問 4. 次の用語をそれぞれ 50 字程度で説明しなさい。

(1) 在来品種

近代育種とは異なり、自家採種により、特定の地域の気候や農法などに適応し、栽培されてきた品種

(2) DNA リガーゼ

DNA の末端同士をホスホジエステル結合で連結させる酵素。組換え DNA の

作製にも用いられる

(3) ソマクローナル変異

組織培養の過程に起こる、ジェネティック、またはエピジェネティックな突然変異のこと

(4) シンテニー

異なる生物種の間において、いくつかの遺伝子の並びが染色体上で保存されている状態のこと

(5) ゲノミック選抜

マーカー遺伝子型と表現型データ間の関係を数式を用いてモデル化し、そのモデルに基づいて個体の遺伝的能力を予測・選抜する手法

■ 出題意図

- 問1. 2つの異なる形質に関連が見られる場合、どのような遺伝学的機構が考えられるか、それらを解明するためにどのような遺伝学実験を行い、どのような結果が得られればよいか、知識と思考力を確認する。
- 問2. 育種に関する知識を問う問題。育種に重要な半数体育種に関する知識を有しているか、減数分裂の対合と分配の理解度を確認する。
- 問3. DNA マーカーを利用した選抜法は従来育種を効率化できる可能性がある。新しいDNA マーカーの開発や利用のためには、DNA マーカーを利用した選抜法の利点と課題（注意すべき点）の理解が不可欠である。
- 問4. 大学院での研究の遂行に不可欠な遺伝育種学分野の専門用語を適切に理解し説明できるかどうかを確認する。

# 植物細胞工学

植物細胞工学 1/2

問1. 以下の用語をそれぞれ50-100字程度で説明しなさい。

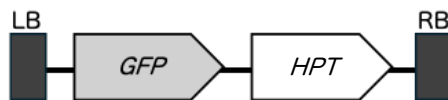
- (1) 花粉有糸分裂；小孢子からの花粉発生過程で2回起こる。1回目では小孢子が不均等分裂して雄原細胞と栄養細胞が生じる。2回目では雄原細胞のみが均等分裂して2つの精細胞が生じる。(78字)
- (2) Ti プラスミド；アグロバクテリウムが持つプラスミドで、植物に感染すると T-DNA 上の植物ホルモン合成遺伝子を宿主ゲノムに組み込み、分裂を旺盛にして腫瘍様構造を誘導する。(72字)
- (3) 転写因子；他の遺伝子のプロモーター（の調節領域）に結合して、その遺伝子の発現を活性化または抑制化する、下流遺伝子の発現を調節する機能を持つタンパク質。(70字)
- (4) プロトプラスト；植物は細胞壁を有するが、この成分であるセルロースやペクチンを分解する酵素で処理することで、細胞壁を消化した状態の細胞をいう。(62字)

問2. 植物育種において、3倍体植物に期待される形質を2つ答えなさい。

不稔 および 頑強性の増加

問3. 以下の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えなさい。

遺伝子組換え植物を作出するために、以下の T-DNA 領域を植物染色体に導入できる *Agrobacterium tumefaciens*（現 *Rhizobium radiobacter*）を準備した。



LB, RB；境界配列

GFP；緑色蛍光タンパク質遺伝子発現カセット\*

HPT；ハイグロマイシン耐性遺伝子発現カセット

\*発現カセット；プロモーター，コード領域，ターミネータから成る，遺伝子を発現させるための塩基配列領域。プロモーターには，シロイヌナズナおよびタバコの組織で恒常的に活性を持つものを使用。

- ① この *Agrobacterium* の菌液を，生育させたシロイヌナズナ植物体の全ての<sup>(1)</sup>蕾に塗りつけて接種した。接種後の蕾が開花し，さらに種子を含む莢（さや）が完熟したタイミングで種子を回収した。表面殺菌した完熟種子を基本培地\*\*にハイグロマイシンを添加した培地上に無菌播種して培養すると，ほとんどの種子は発芽できなかったが，発芽して本葉が展開し根も伸長する個体を得られた。発芽・成長した個体の中から3つ選び，独立の推定遺伝子組換え体系統とした。これら3体系統の幼植物体に<sup>(2)</sup>488 nmの波長の光を当て，510 nm付近の波長の光を透過させるフィルターを介して観察した結果，<sup>(3)</sup>3つの体系統全てにおいて，植物体の全体が緑色に光った。
- ② 同じ *Agrobacterium* の菌液に，無菌植物体から調整したタバコの葉切片を浸して接種した。接種後の葉切片を3日間基本培地上で培養した後に，ハイグロマイシン，<sup>(a)</sup>セフトキシム，<sup>(b)</sup>NAAとBAを加えた基本培地に葉切片を移した。2週間ごとに新しい同組成の培地に移して培養を続けた過程で発生した不定芽を単離し，単離不定芽をハイグロマイシンとセフトキシムのみを加えた基本培地に移植して培養した。その結果，発根して成長する植物体を得られた。これらのうち3個体を独立の推定遺伝子組換え体系統として選び，<sup>(2)</sup>488 nmの波長の光を当てて，510 nm付近の波長の光を透過させるフィルターを介して観察した。その結果，<sup>(3)</sup>1つの体系統では植物体の全体が緑色に光ったが，2つの体系統では緑色に光る部位と全く光らない部位がモザイク状に混在していた。

\*\*基本培地；ショ糖，寒天を含むMS（Murashige & Skoog）培地

## &lt;問3 続き&gt;

- (1) ①下線部 (1) の操作では菌液に Silwet L-77 という界面活性剤を添加する。これを添加する理由 (効果) を答えなさい。

菌液に粘性を持たせ、菌組織に付着させやすくして、感染効率を上げるため。

- (2) ①②の下線部 (2) は GFP の蛍光を観察するための操作である。この操作の原理 (蛍光観察の原理) について説明しなさい。

GFP は 488nm の波長の光を最も効率的に吸収し、この時に光エネルギーを受け取り基底状態から励起状態となるが、励起状態は不安定なため、光エネルギーをすぐに放出する。この放出された光が多少のエネルギーロスを伴った結果、510nm の波長の光を放出する。これが蛍光として、人間の眼では緑色の光として観察される。

- (3) ①②の下線部 (3) について、シロイヌナズナ推定遺伝子組換え体では全ての系統で均一な GFP 発現が観察されたのに対し、タバコの推定遺伝子組換え体では不均一な GFP 発現が観察される系統もあった。タバコでは不均一な GFP 発現を示す系統が得られた理由として考えられることを、シロイヌナズナでの結果と比較しながら述べなさい。

タバコで観察された不均一な GFP 発現パターンは、その系統の個体が組換え細胞と非組換え細胞の両方で構成されたキメラ状態を示す。シロイヌナズナの場合は、アグロバクテリウムが卵細胞に感染して、組換え卵細胞が受精して次の世代の個体になったものをハイグロマイシン耐性を選抜指標として選んでいるため、選抜個体を構成する細胞は全て組換え細胞となる。これに対しタバコでは葉組織の一部の細胞が組換えられるため、その後の培養での細胞過程でハイグロマイシン選抜圧からエスケープした非組換え細胞も増殖した可能性がある。培地には植物ホルモンも含まれるため、器官形成の際に組換え細胞と非組換え細胞がともに再分化反応を進め、一つの個体を形成したと考えられる。

\* そのほか、原理上可能性のある回答は加対象とする

- (4) ②下線部 (a) は抗生物質の一種である。培地に加える目的を答えなさい。

アグロバクテリウムを殺菌するため

- (5) ②下線部 (b) の NAA と BA はいずれも植物ホルモン様活性を示す物質である。

NAA および BA それぞれの正式名称 (カタカナ、和名も可) を答えなさい。

また、それぞれの植物ホルモンとしての種類を答えなさい。

NAA ; 1-naphtaleneacetic acid またはナフタレン酢酸 / 分類はオーキシシン

BA ; 6-benzylaminopurine またはベンジルアミノプリン / 分類はサイトカイニン

\* 1-および 6-はなくても正答とする。

■出題意図

問1では、植物細胞工学分野でも関連する、細胞培養、生殖様式、遺伝子発現に関する基本的な語句についての知識を評価する。

問2では、倍数性育種に関する基礎知識を評価する。

問3では、植物での遺伝子組換え体作出法として最も利用されている *Agrobacterium* による感染の仕組みに関する知識と理解度を評価する。また、一般的に利用される蛍光タンパク質での組換え細胞評価の基本原理に対する知識を評価する。