

令和 8 年度

九州大学大学院生物資源環境科学府

修士課程一般入試問題

科 目 名 : 専門科目

専 攻 : 生命機能科学

教育コース : 生物機能分子化学

研究分野 : 植物栄養生理学

注意

1. 「解答はじめ」の合図があるまで問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は4枚（表紙を含む）あります。試験開始後、まず、すべての用紙がそろっていることを確認しなさい。
3. 解答のスペースが足りないときには、裏を使用しなさい。

第一志望研究分野	受験番号	氏 名

問題 1. 高等植物の栄養吸収と同化、栄養不足への応答に関する以下の問 1～4 に答えなさい。字数制限は設けない。

問 1. 窒素・リン・カリウムは、肥料の 3 大要素と呼ばれる。これらについて、元素記号、植物が吸収しうる主要な化学形態のイオン式を答えなさい。(6 点)

問 2. 微生物との共生により植物が利用可能な窒素やリンを得ることが知られている。このような例として、根粒菌がマメ科植物に共生し、分子状窒素を固定する仕組みについて、以下に示す語句を使って述べなさい。(15 点)

Nod 因子 皮層 レグヘモグロビン 8 電子還元 炭水化物

問 3. 植物は栄養が不足した条件におかれると根の形態を変化させることが知られている。例えば、窒素が不足すると、側根数が増す。一方、植物の側根形成には植物ホルモンであるオーキシンが働くことが知られている。窒素不足に応じた側根数の増加をオーキシンが仲介する可能性を証明するためにはどのような実験をすればよいか、考えるところを述べなさい。(15 点)

問 4. 植物の根により吸収された栄養素は、導管によって主な同化の場である地上部へと運ばれる。導管内の水や溶質が地上部に輸送される際の駆動力について述べなさい。(14 点)

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号	氏 名

問題 2. 高等植物の代謝系と遺伝子工学に関する以下の問 1～4 に答えなさい。字数制限は設けない。

- 問 1. アスパラギン酸グループのアミノ酸（リジン、トレオニン、イソロイシン、メチオニン）生合成経路におけるフィードバック制御とフィードフォワード制御について説明しなさい。また、このような仕組みがあることによる利点を述べなさい。（15 点）
- 問 2. アミノ酸は、タンパク質合成だけでなく、二次代謝物質の生合成基質としても使われる。アミノ酸から生合成される二次代謝物質について、基となるアミノ酸名と該当する二次代謝物質名の組み合わせを 3 つ答えなさい。（6 点）
- 問 3. 植物ホルモンであるジベレリン(GA)とアブシジン酸(ABA)は、テルペノイドに分類される。テルペノイドの基本単位である炭素 5 個の化合物の名称(a)、基本単位の生合成経路 2 種の名称とそれぞれの細胞内局在部位(b)、GA, ABA 以外でこの基本単位から生合成される植物ホルモン 2 種の名称(c)、を答えなさい。（7 点）
- 問 4. 植物の代謝工学において、遺伝子組換えの手法が汎用されている。遺伝子組換え植物の作出方法について、以下の語句を用いて説明しなさい。（11 点）
- 分化全能性 T-DNA アグロバクテリウム パーティクルガン
- 問 5. 植物のアミノ酸代謝や二次代謝系を標的とした遺伝子工学的応用例について、一つ挙げて説明しなさい。（11 点）

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号	氏 名

予備の解答用紙（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号	氏 名

問題 1. 高等植物の栄養吸収と同化、栄養不足への応答に関する以下の問 1～4 に答えなさい。字数制限は設けない。

問 1. 窒素・リン・カリウムは、肥料の 3 大要素と呼ばれる。これらについて、元素記号、植物が吸収しうる主要な化学形態のイオン式を答えなさい。（6 点）

解答例	窒素	N	NO_3^- , NH_4^+
	カリウム	K	K^+
	リン	P	H_2PO_4^-

問 2. 微生物との共生により植物が利用可能な窒素やリンを得ることが知られている。このような例として、根粒菌がマメ科植物に共生し、分子状窒素を固定する仕組みについて、以下に示す語句を使って述べなさい。（15 点）

Nod 因子 皮層 レグヘモグロビン 8 電子還元 炭水化物

解答例

マメ科植物は、土壌中の根粒菌と共生し、大気中の分子状窒素 (N_2) を植物が利用可能なアンモニウムイオンへと変換する。根粒菌のマメ科植物への共生は、植物が根から分泌するフラボノイドに根粒菌が誘引されることから始まる。根粒菌は Nod 因子を放出し、これが植物の根に認識されることで感染糸が形成される。根粒菌は感染糸を通じて根の皮層細胞に侵入し、根粒を形成する。根粒内で、根粒菌は窒素固定能を持つバクテロイドへと分化する。バクテロイド内のニトロゲナーゼは、 N_2 を 8 電子還元によりアンモニウムイオンに変換する。このニトロゲナーゼは酸素に弱いため、植物はレグヘモグロビンを合成し、根粒内の酸素濃度を低く保つことで、ニトロゲナーゼが機能できる嫌気的な環境を維持する。この共生関係において、植物は根粒菌に炭水化物を供給し、根粒菌は植物に窒素栄養を提供する。

問 3. 植物は栄養が不足した条件におかれると根の形態を変化させることが知られている。例えば、窒素が不足すると、側根数が増す。一方、植物の側根形成には植物ホルモンであるオーキシシンが働くことが知られている。窒素不足に応じた側根数の増加をオーキシシンが仲介する可能性を証明するためにはどのような実験をすればよいか、考えるところを述べなさい。（15 点）

解答例

・窒素不足が植物体内のオーキシシン量や分布に影響を与えるかを確認するため、植物を異なる窒素条件で栽培し、根におけるオーキシシン量を測定する。また、同様にオーキシシン応答を可視化するため、オーキシシン誘

導性プロモーターの下流に GFP などのレポーター遺伝子を導入した形質転換植物（DR5::GFP など）を栽培し、根におけるレポーター遺伝子の発現パターンを観察・定量する。窒素不足条件で側根原基におけるオーキシン応答の向上が認められれば、オーキシンの集積や感受性が窒素不足によって上昇することが示唆される。

- ・オーキシン受容体やオーキシシンシグナル伝達因子の変異体など、オーキシン感受性が変化した植物を異なる窒素条件で栽培し、野生型株と比較して窒素不足下の側根増加が抑制されるかを検証する。根のオーキシン輸送を阻害する薬剤やオーキシン生合成を阻害する薬剤を使用して同様の実験をするのも有効である。

- ・異なる窒素条件で栽培した根の RNA-seq 解析を行い、窒素不足によりオーキシン生合成、輸送、シグナル伝達に関わる遺伝子群の発現が誘導されるかどうかを調べる。

問4. 植物の根により吸収された栄養素は、導管によって主な同化の場である地上部へと運ばれる。導管内の水や溶質が地上部に輸送される際の駆動力について述べなさい。（14 点）

解答例

導管輸送の駆動力は、主要な順に蒸散による負圧、根圧、毛細管現象である。葉の気孔から水蒸気が放出されること（蒸散）により導管内に負圧が生じ、根から水が吸い上げられ、蒸散流が生じる。根圧は、根の細胞が能動的にイオンを吸収し、浸透圧勾配ができることにより生じる水を導管内に押し上げる力である。毛細管現象は、水分子の接着力と凝集力によって水が上昇する現象を指す。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

第一志望研究分野	受験番号	氏 名

問題 2. 高等植物の代謝系と遺伝子工学に関する以下の問 1～4 に答えなさい。字数制限は設けない。

問 1. アスパラギン酸グループのアミノ酸（リジン、トレオニン、イソロイシン、メチオニン）生合成経路におけるフィードバック制御とフィードフォワード制御について説明しなさい。また、このような仕組みがあることによる利点を述べなさい。（15 点）

解答例

フィードバック制御：アスパラギン酸グループのアミノ酸生合成経路の最初の律速段階を触媒するアスパラギン酸キナーゼが最終産物であるアミノ酸によって阻害される。トレオニンとメチオニンへの分岐点に位置するホモセリンデヒドロゲナーゼ がトレオニンによって阻害される他、各アミノ酸への分岐点に位置する酵素も、それぞれの最終産物によって阻害される。

フィードフォワード制御：イソロイシン経路の中間体であるトレオニンが、メチオニン生合成経路の酵素を活性化する。逆にメチオニンから生じる S-アデノシルメチオニンがトレオニンやイソロイシンの生合成を促進する。

このような仕組みがあることによる利点として、1)アミノ酸が過剰に合成されることを防ぎ、細胞内の代謝資源を節約する、2) 細胞内のアミノ酸プールのバランスを適切に保つ、3) 生合成経路を環境に応じて柔軟に調節し、細胞内の代謝状態を最適に保つ、などが挙げられる。

問 2. アミノ酸は、タンパク質合成だけでなく、二次代謝物質の生合成基質としても使われる。アミノ酸から生合成される二次代謝物質について、基となるアミノ酸名と該当する二次代謝物質名の組み合わせを 3 つ答えなさい。（6 点）

解答例

チロシン / フェニルアラニン	リグニン
トリプトファン	インドールグルコシノレート、インドール酢酸
メチオニン	グルコシノレート
アルギニン / オルニチン	ニコチン、アトロピン
フェニルアラニン	フラボノイド

問 3. 植物ホルモンであるジベレリン(GA)とアブシジン酸(ABA)は、テルペノイドに分類される。テルペノイドの

基本単位である炭素 5 個の化合物の名称(a)、基本単位の生合成経路 2 種の名称とそれぞれの細胞内局在部位(b)、GA,ABA 以外でこの基本単位から生合成される植物ホルモン 2 種の名称(c)、を答えなさい。(7 点)

解答例

- (a) イソブレン単位
- (b) メバロン酸経路：細胞質、非メバロン酸経路：色素体
- (c) ストリゴラクトン、ブラシノステロイド

問 4. 植物の代謝工学において、遺伝子組換えの手法が汎用されている。遺伝子組換え植物の作出方法について、以下の語句を用いて説明しなさい。(11 点)

分化全能性 T-DNA アグロバクテリウム パーティクルガン

解答例

様々な植物種の遺伝子組換え体を作成する際に、植物の分化全能性を利用した方法、すなわち組織培養系を利用した方法が広く用いられる。葉や葉柄、胚軸などの組織片、組織培養により脱分化させたカルスを遺伝子導入に用いる。遺伝子を導入する方法として主に 3 種の方法が用いられる。パーティクルガン法とウィスカー法では、共にキャリアに DNA を吸着させ、それを直接植物の組織片などの細胞に導入する。

アグロバクテリウム法では、アグロバクテリウムが持つ Ti プラスミド上の Vir 領域に由来するタンパク質群により Ti プラスミド上の T-DNA 領域が切り出され、植物細胞内に輸送し、T-DNA 領域を植物のゲノム配列に挿入する性質を利用している。T-DNA 領域の植物ゲノムへの組み込みには両端の境界配列が必要だが、T-DNA 領域内の遺伝子には選択性がないため、T-DNA 領域内に植物に導入したい遺伝子を設計することで、植物の遺伝子組換えが可能である。

この他に、プロトプラストと呼ばれる細胞壁を取り去った細胞に電氣的に DNA を導入するエレクトロポレーション法、化学的に導入する PEG 法などが用いられることもある。個体の再生を目的としない一過的な遺伝子組換え手法も試験研究やタンパク質の生産に広く利用されている。

問 5. 植物のアミノ酸代謝や二次代謝系を標的とした遺伝子工学的応用例について、一つ挙げて説明しなさい。(11 点)

解答例

穀類の種子内のリジン含量を増加させる試みとして、リジンによるフィードバック阻害を受けない DHDPS の導入が挙げられる。DHDPS は、アスパラギン酸 4-セミアルデヒドからの 2,3-ジヒドロジピコリン酸の合成を触媒し、その後の酵素反応によりリジンが生合成される。通常、植物の DHDPS は、リジンによるフィードバック阻害を受けるため、リジン量は高くない。しかし、*Corynebacterium glutamicum* 由来の DHDPS はリジンによるフィードバック阻害を受けない。これを植物に導入することで、リジン含量を 10 倍に増加させたトウモロコシが生産されている。

解答は以下に記述（足りない場合は裏面を使用すること）

植物栄養生理学分野の修士研究を行うに必要な知識を問うため。