

2026 The Graduate School Entrance Examination

試験日 Date of the exam	課程 Program	科目 Examination subjects	受験番号 Application No	氏名 APPLICANT NAME
2025年9月5日	博士前期課程 Master's Program	作物生産管理学		

以下の問題から2問を選択し回答して下さい。(各50点)

問. 以下の作物の学名と英名、主な用途と道内における主産地、また網走地域における畑作農業の基幹作物には作物名の前に◎を記載せよ。

- ① イネ: *Oryza sativa*, Rice, 主食(精米)・米粉, 空知・上川
- ② ◎コムギ: *Triticum aestivum*, Wheat, めん・パン・菓子, オホーツク(網走)・十勝
- ③ ◎オオムギ: *Hordeum vulgare*, Barley, 麦茶・ビール・飼料, オホーツク・上川
- ④ スイートコーン: *Zea mays var. saccharata*, Sweet corn, 生食・缶詰・冷凍, 十勝・上川
- ⑤ ソルガム: *Sorghum bicolor*, Sorghum, 飼料(牧草)・穀物, 道央・道南
- ⑥ ◎ジャガイモ: *Solanum tuberosum*, Potato, 澱粉原料・食卓用, オホーツク(網走)・十勝
- ⑦ アズキ: *Vigna angularis*, Azuki bean, あんこ・和菓子原料, 十勝・上川
- ⑧ ダイズ: *Glycine max*, Soybean, 豆腐・納豆・煮豆, 十勝・上川・空知
- ⑨ インゲンマメ: *Phaseolus vulgaris*, common bean, 甘納豆・白あん, オホーツク(網走)・十勝
- ⑩ ◎テンサイ: *Beta vulgaris var. altissima*, Sugar beet, 砂糖(ビート糖)原料, オホーツク(網走)・十勝

問. 現在の網走の畑作農業における地力維持(土作り)のための基本的な方策をできるだけ詳しく記述せよ。そして、その方策における問題点を指摘せよ。

【正答例】

現在の網走地方の標準的な土づくり(地力維持)のための方法は、テンサイの次にバレイショ、その次に秋まき小麦を作付けし、小麦収穫後に緑肥を播種し、緑肥生育後に、緑肥の植物体を漕き込むと同時に緑肥堆肥(主に牛糞堆肥)3トン～5トンを10アールあたりで土壌に漕き込むことにより行われている。テンサイを作付けするという3年輪作を行うというものである。この中で、地力維持は3年に1回土壌に緑肥と堆肥を混合することによって行われている。その方法の問題点は大きく分けて二つある。一つは、土壌に有機物を供給し、土壌の品質を維持するためには、3年に1回土投入される緑肥と堆肥では、有機物量が不十分であるということである。そのため、網走地域では畑土壌の劣化が進行し、主に排水不良のような物理生の問題が生じている。二つ目は、土壌の生物学的性質における問題点である。土作りとは、土壌の有機物量を向上し、土壌生物の活性、多様性を向上することも目的としているが、そもそも3年輪作では輪作の周期が短く、作物の多様性も十分でないため、土壌生物相が貧困化し、土壌病害の増加をもたらす。そのため、バレイショのシストセンチュウ、そうか病などの病害が年々増加傾向にある。またそのためセンチュウの増加に対応するためセンチュウ抵抗性の野生種エンバクが緑肥として選定される傾向にあるが、それ以外のよりバイオマスが大きく土作りに有益な緑肥を導入することができないため、これは一つ目の問題にも関わっている。その解決のためには、輪作システム自体を見直し、輪作内にマメ科作物を導入するなどの対応が必要である。

問. 植物の病害抵抗性における、動的抵抗性と静的抵抗性の違いについて説明して下さい。そして、静的抵抗性の具体的な例を2つ挙げてその抵抗反応について説明して下さい。

【正答例】

- 1) 動的抵抗性(Dynamic resistance)とは、病原体や非病原体または無生物的刺激により植物組織に構築される物理的・化学的障壁に基づく抵抗性であり、静的抵抗性 (Preformed resistance)は、植物体が、外界環境の諸条件に適するために獲得してきた種々の構造的形質が、病原体が感染する過程で、感染や増殖行動の阻害・抑制因子として機能する抵抗性をいう。
- 2) まず、一つには、病原体の侵入に対して物理的障壁と機能している静的物理的抵抗性が上げられる。具体的には、気孔数の少なさ・水分流入を防ぐ気孔周辺細胞の構造や立体配置違いによる病原体感染に対して抵抗性を示す静的抵抗性である。この他に表層構成成分や細胞壁構成成分の違いによる抵抗性が知られている。
二つ目の例として挙げられるのが、感染とは関わりなく既に存在し、病原体の侵入に対して化学的障壁と機能している静的化学的抵抗性である。具体的には、植物が生産するフェノール化合物やタンニン等が、病原菌が分泌する細胞壁分解酵素等の酵素の阻害物質として作用する酵素阻害剤や、感染前の健全植物に抗菌力のある濃度で存在する物質プロヒピチン、健全植物組織に低濃度で存在し、感染後に濃度が増加する抗菌物質インヒピチン、健全植物組織に存在し、それ自体では抗菌性を示さないが、病原菌の侵害を受けると分解反応等を起こし、その中間物や生成物が抗菌力を発揮する物質ポストインヒピチン等が上げられる。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

試験日 Date of the exam	課程 Program	科目 Examination subjects	受験番号 Application No	氏名 APPLICANT NAME
2025年9月5日 5th September, 2025	博士前期課程 Master's Program	植物細胞生理学 Plant Cell Physiology		

次の各問に答えよ。答えは解答欄に記載しなさい。(裏面使用可)

【問題1】オーキシンとサイトカイニンについて、植物における生理的な役割と、農園芸や植物バイオテクノロジーにおける利用のされ方をできるだけ詳しく書きなさい。(50点)

◎オーキシン

- ・生理的役割1)頂芽優勢の維持。腋芽の伸長には、その部位でのサイトカイニンの増加が必要である。オーキシンは頂芽で生合成され、主軸の中を根に向かって輸送される。輸送されてきたオーキシンはサイトカイニン生合成酵素遺伝子の発現を抑制するため、腋芽の伸長が抑えられる。
- ・生理的役割2)細胞伸長の誘導。オーキシンは細胞膜プロトンポンプを活性化させH⁺を細胞外に放出させる。その結果、細胞壁の酸性化と細胞膜の過分極が起こる。前者は、エクспанシンによる細胞壁多糖の結合を切断を促し、細胞壁を緩める。後者は、カリウムチャネルによるK⁺を吸収を促し、細胞の浸透圧と吸水力が上昇させる。細胞壁の弛緩と吸水力の上昇により、細胞伸長が誘導される。
- ・除草剤としての利用。外部から生理的濃度を超えるオーキシンを与えると細胞伸長阻害や異常な細胞分裂などの成長異常を引き起こす。合成オーキシン2,4-Dは単子葉植物より双子葉植物によく効くため、水田や小麦畑で除草剤として使われてきた。

◎サイトカイニン

- ・生理的役割1)腋芽の休眠の打破。前述のように、腋芽の伸長にはサイトカイニンの増加が必要である。つまりサイトカイニンは地上部の枝分かれを誘導する。
- ・生理的役割2)細胞分裂の促進。細胞周期には、細胞分裂を進めて良い状況かチェックするポイントがある。G1期からS期へ移行するためにはサイクリンD3の蓄積が必要である。サイクリンD3が十分にないと細胞周期は進行しない。サイトカイニンはサイクリンD3遺伝子の発現を誘導することで、G1期からS期への移行を促進する。
- ・果実の収量増加への利用。リンゴなどの果実では、ある程度は枝の数が多いうほうが収量が高い。サイトカイニンの腋芽休眠解除の作用を利用し、合成サイトカイニンであるベンジルアデニンが枝の数を増やす目的で使われている。

【問題2】植物の窒素同化において、窒素は主に2種類の化合物として根から吸収される。その2種類の名称または化学式を記載し(10点)、それらがアミノ酸に同化される過程を記述しなさい(40点)。記述に当たっては以下の用語を適切に使うこと。

【用語: 硝酸還元酵素、亜硝酸還元酵素、GS-GOGAT経路】

化合物の名称(化学式): アンモニア(NH₃)と硝酸イオン(NO₃⁻)

植物は窒素をアンモニアまたは硝酸イオンとして根から吸収する。窒素がアミノ酸に同化される際に使用される化合物はアンモニアであり、硝酸イオンは植物体に吸収されたのちにアンモニアに還元される必要がある。硝酸イオンは、亜硝酸イオンを経てアンモニアまで還元されるという2段階の酵素反応を経て進行する。1段階目の反応(硝酸イオンを還元し、亜硝酸イオンを生成する反応)は、硝酸還元酵素が触媒する。この酵素反応において、電子を供与する補酵素はNADPHまたはNADHである。亜硝酸イオンのアンモニアへの還元反応は亜硝酸還元酵素が触媒する。この酵素反応において、電子はフェレドキシンから供給される。アンモニアは、生体内ではアンモニウムイオンとして存在し、グルタミン合成酵素(GS)の触媒する反応により、グルタミン酸のγ-カルボキシ基に取り込まれて酸アミドすなわちグルタミンになる。グルタミンは、2-オキソグルタル酸とともにグルタミン酸合成酵素(GOGAT)の基質となり、2分子のグルタミン酸となる。グルタミンに同化されたアンモニア由来の窒素はこの反応においてグルタミン酸のα-アミノ基になる。GOGATの産物であるグルタミン酸はGSの基質として再びアンモニアの同化に使用されることから、GS-GOGAT経路といわれる。GOGAT反応により生成したグルタミン酸のα-アミノ基は、種々のアミノ基転移酵素の反応によりα-アミノ酸のアミノ基に取り込まれ、タンパク質あるいは種々の窒素化合物へと代謝され植物成分として機能する。すなわち同化である。

*用語が適切に使用され、同化までの過程を説明しているか内容を問う問題である。加えてそれぞれの酵素の細胞内局在性や、調節などを記述しても良い。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

試験日 Date of the exam	課程 Program	科目 Examination subjects	受験番号 Application No	氏名 APPLICANT NAME
2025年9月5日 5th September, 2025	博士前期課程 Master's Program	生態学 Ecology		

* 解答欄が不足の場合は、裏面に問題番号を記載のうえ、解答の続きを記載してください。

問1 (15点)

(1) 生態系におけるアンブレラ種とキーストン種の違いについて述べなさい。

アンブレラ種は生態系ピラミッドの上位種であることが多く、広い行動圏をもち、その種の保全が下位段階の多くの生物の保全につながる種のことをいう。**キーストン種**は食物網構成種の個体数のバランスを調整したり、他生物の生息環境を造成することなどにより、生物多様性の維持に極めて大きな役割を果たす種の中で、その種の消失が生態系の崩壊をもたらすほど大きな影響力をもつ。

(2) 北海道の森林生態系におけるアンブレラ種とキーストン種を、それぞれ1種ずつ挙げなさい。

アンブレラ種はヒグマやシマフクロウ、オジロワシなど。**キーストン種**はクマゲラなどのキツツキ類。

問2 鳥類では社会的な繁殖システムとして一夫一妻制の種が多く、哺乳類では一夫一妻制は非常に少ない。両分類群の特性をふまえ、このような違いの生じる理由として考えられることをできるだけたくさん挙げなさい。(15点)

- ・鳥類は卵生のため、雄も抱卵や抱雛、給餌など子育てに参加することで適応度を高められるため、つがい関係を維持する。
- ・鳥類では、雄が共に子育てをするつがい雌を防衛することで、自分の遺伝子を受け継ぐ子を残す確率を高める。
- ・哺乳類では雌の妊娠中や授乳中に雄がやるとはほとんどなく、雌のみで子育て可能な場合が多いため、雄が一雌と共に子育てすることで得られる適応度上のメリットは小さい。
- ・哺乳類では交尾から出産までの期間が長く、父性の不確実性が高くなりがちである。そのため、雄は子育てに参加せず、他雌を探し、交尾の機会を増やすほうが適応度を高めることができる。
- 以上より、多くの鳥類では一夫一妻が、多くの哺乳類では雄が多雌と交尾するような配偶形態がそれぞれ多いと考えられる。

問3 個体群密度の上昇に伴って生物集団の増加率が高くなる現象は、アリー効果として知られる。ある野生動物種の個体数がこの効果の閾値を下回った場合、急激な個体数の減少や絶滅が起こると考えられるが、その理由を2つ挙げて詳しく説明しなさい。(20点)

- ・個体群サイズが小さくなると、性比の偏りや生息密度低下により交配相手を見つけることが困難になる。
- ・遺伝的多様性が低下し、交配できても近親交配の可能性が高く繁殖率が低下するほか、病原菌に対する免疫力や環境変動に対する集団としての抵抗力が弱まる。
- ・群れ生活を営む種では共同での繁殖や狩猟がしづらくなり、集団になることで捕食者回避する種では捕食圧が高まる。

問4 以下の設問のうち2つを選び、それぞれの事項についてできるだけ詳しく解説しなさい。

適宜図解を用いても可(配点25点×2、計50点)。

- ①植物が陸上進出するために最も重要であった環境適応とそのために獲得した形質・構造について
- ②貧栄養環境下での植物の戦略的な振る舞いについて
- ③かく乱依存種の生態的な特徴について
- ④植物個体群で見られる競争密度効果と3/2乗則
- ⑤生物多様性と生態系機能の関係における選択(サンプリング)効果と相補性効果
- ⑥多雪地域におけるササと樹木更新の関係およびそれに関連した森林施業

①植物の陸上進出において最も重要とされているのは乾燥への適応である。植物体内の水ポテンシャルは大気と比べ著しく高いため、陸上に生育する植物は蒸発・蒸散を通じて水分を失いやすい。これに対して植物は表皮にクチクラを発達させ水分蒸散を抑制した。しかし、表皮がクチクラで覆われることによりガス交換が制限されるため、植物は気孔を獲得することにより、水分損失を制御しながらCO₂を取り込むことが可能となった。

②貧栄養環境では養分供給が制限されるため、植物は養分を節約・保持する戦略をとる。このような植物は一般に葉の寿命が長く、光合成活性が低い傾向にある。また、落葉前に葉から養分を可能な限り再吸収し、体内で再利用する能力が高い。こうした振る舞いは、養分損失を最小化に寄与し、貧栄養環境への適応における基本的な戦略となっている。その結果、貧栄養環境では小型で成長の遅い種群が優占する。

③かく乱依存種は火災、洪水、踏みつけなどのかく乱環境に適応した植物である。これらの種は一般に、種子生産量や種子散布能力が高く、かく乱によって形成された裸地などへ迅速に侵入する。また、成長・開花・結実までの発達速度が早く、短期間で個体サイズを拡大し繁殖する特徴を持つ。さらに、休眠種子による土壌シードバンクを形成し、不定期に生じるかく乱にตอบสนองして発芽する能力を有する。このように、かく乱依存種は、不安定な環境に適応した高い分散・繁殖能力と早い成長速度を特徴とする生活史戦略を有する。

④植物個体群では、個体密度が高まるにつれて成長や生存が抑制される「競争密度効果」が生じる。この現象は、限られた光・水・養分をめぐる競争が強まると、個体あたりの資源利用量が低下し、小型化や枯死が進むことで発生する。この状況が進むと、個体群は「自己間引き」と呼ばれる密度低下を伴う過程に至る。この自己間引きの進行を数量的に示す経験則が「3/2乗則」であり、平均個体重量と個体密度の関係が $-3/2$ 乗に従うとされる。これは密度が減るほど生き残った個体が急速に大型化することを示し、資源制限下での植物個体群の構造変化を理解する重要な概念となっているほか、林業などの植物生産現場における密度管理においても応用されている。

⑤生物多様性が高まると生態系機能が向上する仕組みとして、主に「選択(サンプリング)効果」と「相補性効果」が知られている。選択効果とは、多様な種が存在するほど、その中に高い生産性や資源利用効率をもつ「ハイパフォーマンス種」が含まれる確率が高まり、その種の特性が群集全体の機能を押し上げるという仕組みである。一方、相補性効果は、複数種が異なる資源や空間・時間的ニッチを利用することで、互いに干渉せずに資源をより余すことなく使い切り、結果として群集全体の機能が単独種より高まるというメカニズムを指す。これら二つの効果が働くことで、生物多様性が高いほど生態系の様々な機能が向上することが、多くの生態系で明らかになりつつある。

⑥日本における多雪地域では、ササが林床を優占するケースが多く、ササの葉や地下茎により樹木実生の定着や成長が強く阻害される。そのためササが優占した場所では樹木更新の大きな制約となり、天然更新の失敗を招きやすく、ササのまま樹林化しない状態が長期化する。これに対応する森林施業として、ササの「かき起こし(地掻き)」という施業が1970年代から北海道では試行されている。これは、ササの地下茎が分布する表層土壌ごと重機ではぎ取る施業であり、ササが再度侵入するまでの間に十分な樹木個体群の更新を促進する手法である。近年では、より土壌を保全しながら樹木成長を促進する方法として、かき起こしで除去した表土を再度敷き戻す「表土戻し」施業も併用される事例が増えている。このような施業を行うことでササ優占を抑えつつ樹木更新を安定させ、多雪地域の森林再生を図ることができる。

2026 The Graduate School Entrance Examination

(General exam, April admission 1st term)

試験日 Date of the exam	課程 Program	科目 Examination subjects	受験番号 Application No					氏名 APPLICANT NAME
2025年9月5日 5th September, 2025	博士前期課程 Master's Program	家畜生産管理学 Livestock Productive Management						

問題1 牧草サイレージの発酵品質について、①

Vスコアによる評価方法、②発酵品質が良質とされるサイレージの評価基準、について説明しなさい。

解答例：①Vスコアによるサイレージの発酵品質評価方法は、乳酸含量を考慮せず酢酸含量と酪酸含量を基準とする有機酸の含量と、揮発性塩基態窒素（VBN）の全窒素含量に対する比率で行う。配点の算出はサイレージの新鮮物中含量で行い、有機酸含量で50点、VBNの比率で50点の配分となっている。②Vスコアによるサイレージの評価基準は、良、可および不可の3段階あり、その評価スコアはそれぞれ、良が80点以上、良が60～80点、不良が60点未満である。

問題2 家畜における個体識別方法とその重要性を説明しなさい。

解答例：個体へのマーキング、タンパク質の多型、DNA多型などを用いた個体識別方法を具体的に例を挙げて示すとともに、そのメリットとデメリットを説明する。また、家畜の育種改良を効率的に進めるために、なぜ個体識別が必要なのか説明する。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

試験日 Date of the exam	課程 Program	科目 Examination subjects	受験番号 Application No	氏名 APPLICANT NAME
2025年9月5日 5th September, 2025	博士前期課程 Master's Program	動物バイオテクノロジー Animal Biotechnology		

以下設問のすべてに回答しなさい(図表使用可, 回答用紙の裏面も使用可)。

問1: 「ES細胞」と「iPS細胞」にはどのような違いがあるか、その性質や作製法を含めて概要を説明しなさい。また、再生医療に応用する際に考えられる利点と欠点について説明しなさい。【40点】

解答例

ES細胞とiPS細胞の決定的な違いは「細胞の由来」と「倫理的課題」にある。ES細胞は胚性幹細胞と言い、受精卵の胚盤胞期に内部細胞塊を取り出して培養することで作製される。iPSは人工多能性幹細胞と言い、分化した体細胞に初期化因子(遺伝子)を導入して作製される。ES細胞とiPS細胞はいずれも多能性幹細胞であり、胚体外組織を除く三胚葉すべてに分化する能力を持っている。ES細胞は製作途中で受精卵(胚)を破壊する必要があるため生命倫理的な課題が大きく、他人由来の細胞移植では免疫拒絶のリスクも伴うため、事実上臨床応用は困難である。しかし、基礎研究において長年活用されており、細胞分化のメカニズムの解明に貢献してきた。一方、iPS細胞は患者自身の体細胞から作製できるため、倫理的課題のハードルは低く免疫拒絶のリスクも低いことから、再生医療、創薬、難治性疾患の治療への応用が期待されている。しかし、細胞のリプログラミングに遺伝子導入技術を用いるため、ガン化のリスクや既存遺伝子の発現異常など安全面での課題が残っている。

問2: 公的医療保険の適応される不妊治療の技術を一般不妊治療と生殖補助医療に分けて挙げ、それぞれについて簡単に説明しなさい。【30点】

解答例

不妊治療は従来から適応されている基礎的検査の内診・経膈超音波検査、子宮卵管造影検査、血液検査に加え、一般不妊治療のタイミング法、人工授精(AIH)、生殖補助医療の体外受精、顕微授精も2002年4月から保険適応の対象となった。タイミング法は妊娠しやすい時期の夫婦生活指導、人工授精(AIH)は排卵に合わせ、カテーテルで洗浄・濃縮した夫の精液を子宮に注入、体外受精は排卵直前に卵胞から吸引した卵母細胞を媒精し、培養2~5日の受精卵を移植、顕微授精は細いガラス針に精子1個を吸引し、顕微鏡下で卵母細胞に注入する技術である。保険適応により、特に生殖補助医療に含まれる体外受精と顕微授精は、治療費が統一され、安価になった。

問3: 動物のCRISPR/Cas9システムによるゲノム編集の原理と、最近の技術的進歩の例を1つ挙げて説明せよ。【30点】

解答例

CRISPR/Cas9システムによる動物ゲノム編集は、ガイドRNA(sgRNA)によって標的DNA配列特異的にCas9を誘導し、DNA二本鎖切断(double-strand break, DSB)を導入することで成立する。DSBは、標的配列に存在するPAM配列「5'-NGG-3'」を認識して切断する。

導入されたDSBは、主として非相同末端結合(NHEJ)または相同組換え修復(HDR)によって修復される。NHEJは挿入・欠失変異を高頻度に生じるため遺伝子ノックアウトに適している。一方、HDRは鋳型DNAを必要とし、点変異やタグ配列のノックインが可能である。

近年の技術的進歩の1例として、DNAの二本鎖切断を伴わないCas9変異体に脱アミノ化酵素を融合させ、特定の塩基置換を誘導する塩基編集や、DNAの片鎖のみを切断するCas9ニッカーゼと逆転写酵素、鋳型配列を含むガイドRNA(pegRNA)を用いたゲノム編集を可能とするプライム編集が開発されている。