

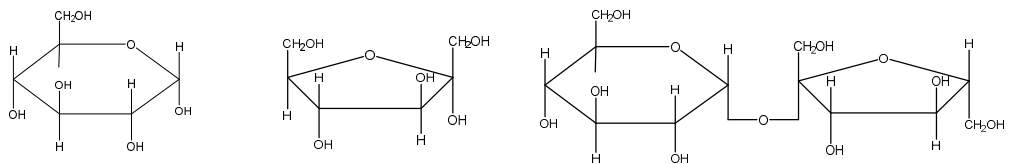
令和 7 年度入学
宮城大学大学院食産業学研究科（博士前期課程）
一般選抜試験問題（専門科目）

試験科目名 食品栄養・機能学

【解答例】

問 1

1) グルコース（ブドウ糖）、フルクトース（果糖）、スクロース（ショ糖）の構造式



2)

糖質の消化

- 糖質は単糖類まで消化された後、直ちに吸収される。デンプンは、唾液や膵液中の α -アミラーゼにより一部分解され、生じたマルトースやオリゴ糖は膜消化酵素であるマルターゼやイソマルターゼによってグルコースまで分解される。二糖類を分解する膜消化酵素として、スクラーゼ、ラクターゼ、トレハラーゼがある。

糖質の吸収

- グルコースは、上皮細胞の微絨毛膜にある Na/グルコーストランスポーター (SGLT1) により選択的に取り込まれる。また、上皮細胞から細胞の反対側に運び出すのは、GLUT2 とよばれる別の輸送体がおもに働いている。

3)

糖質の代謝

- 吸収された糖質が、体に必要なエネルギー ATP に変化するプロセスを糖質の代謝という。グルコースは、解糖系、クエン酸回路（TCA 回路）、および電子伝達系で代謝され、ATP を産生する。グルコースからピルビン酸にまで分解する一連の代謝経路が解糖系とよばれる。解糖系は、細胞質基質で行われ、無酸素でエネルギー産生が行われる（嫌氣的代謝）。解糖系により生成したピルビン酸は、ミトコンドリアのマトリックスに移行し、アセチル CoA（アセチル補酵素 A）に変換され、クエン酸回路（TCA 回路）に入る。続いてアセチル CoA は、酸素存在下で代謝され（好氣的代謝）、オキサロ酢酸と結合してクエン酸となり、その後イソクエン酸、2-オキソグルタル酸、スクシニル CoA、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸を経てオキサロ酢酸に戻る。

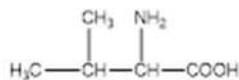
臓器間の違い

- 肝臓グリコーゲンと筋肉グリコーゲンは利用のされ方は全く異なる。血糖は肝臓に取り込まれグリコーゲンとして貯蔵され、貯蔵されたグリコーゲンは必要に応じて血液中に放出される。肝臓にはグルコース-6-リン酸をグルコースに変換するグルコース-6-ホスファターゼが存在するが、筋肉には存在しない。肝臓グリコーゲンは血糖値維持のために、筋肉グリコーゲンは運動エネルギー産生のために使われる。
- 脳は体重の 2%程度の重量に過ぎないが、エネルギー消費は身体が消費する約 20%である。脳は、血液脳関門によりエネルギー源としてグルコースしか基本利用できない。脳にはグリコーゲンはほとんど貯蔵されないので、血糖が直接のエネルギー源である。脳が一日に必要なエネルギーを供給するためには一日数回食事をして糖質を補給する必要がある。

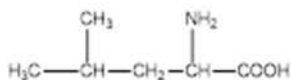
問2

1)

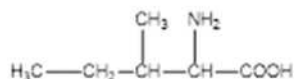
バリン



ロイシン



イソロイシン



2)

タンパク質の消化

- ・ タンパク質は、胃のペプシンで少し分解され、小腸のトリプシン、キモトリプシンなどで分解される。膵臓由来のカルボキシペプチダーゼや、微絨毛膜のアミノペプチダーゼ、カルボキシペプチダーゼ、ジペプチダーゼなどによりアミノ酸やペプチドに分解される。

タンパク質の吸収

- ・ アミノ酸の吸収は、アミノ酸の種類（酸性、中性、塩基性）によってトランスポーターが異なる。タンパク質はアミノ酸まで分解されなくとも、ジペプチド、トリペプチドの形で吸収される。ジペプチド、トリペプチドは、PEPT1 とよばれるトランスポーターにより、腸上皮細胞内に運ばれる。

タンパク質の代謝

- ・ 体のタンパク質由来のアミノ酸と食べ物のタンパク質由来のアミノ酸が合わさって代謝される。アミノ酸は分子内に窒素（N）を持っているため、分解すると窒素化合物のアンモニアを生じる。アンモニアは毒性が強いため、肝臓の細胞内で速やかに無毒の尿素に変換される（尿素回路）。肝臓で生成した尿素は、血液を介して腎臓へと運ばれ、尿中に排出される。アミノ酸の炭素骨格（C）は、直接エネルギー源になりうる。すべてのアミノ酸は、ピルビン酸、アセチル CoA もしくは TCA 回路（クエン酸回路）の中間体に代謝されるので、アミノ酸は最終的に TCA 回路で分解される。

3)

- ・ タンパク質自体に味はないが、遊離アミノ酸にはそれぞれ味がある。グリシンやアラニンなどは甘味、バリン、ロイシンなどは苦味、グルタミン酸やアスパラギン酸には酸味、また甘味を持つプロリンには苦味もあるなど、それぞれアミノ酸ごとに異なる固有の味を持っている。
- ・ 肉や水産物、野菜など多くの食品には、いろいろな味を持つ遊離アミノ酸が含まれ、その種類と割合がその食品の味を左右している。これらアミノ酸にミネラル、糖な

どが複雑に関係しあって各食品独自の味が作り出されている。

問3

骨形成に関わるビタミン

ビタミンD

ビタミンは何らかの遺伝子発現を変化させることで、①小腸におけるカルシウムとリンの吸収を高める、②尿細管におけるカルシウムの再吸収を促す、③カルシウムを骨から血液中に溶かし出すことによって、血液中のカルシウム濃度を高くする作用を示す。

ビタミンK

ビタミンKは、凝固の最初の過程に必要なトロンビンをつくるために必要である。プロトロンビンの前駆体タンパク質のグルタミン酸残基を γ -カルボキシルグルタミン酸にし、カルシウムが結合できるプロトロンビンをつくる。グルタミン酸残基をカルボキシル化するのは、活性型（補酵素型）ビタミンKであり、反応によって生じた不活性型のビタミンKは還元されて元に戻るサイクルを繰り返している。これをビタミンKサイクルという。カルシウムが骨に沈着するときに必要なオステオカルシンというタンパク質を活性化する働きがある。

骨形成に関わるミネラル

カルシウム

カルシウムは、体内に最も多く存在するミネラルで、約99%は骨や歯などの硬い組織に存在する。体内に存在する残り1%のカルシウムは、血液や筋肉、すべての細胞に分布しており、情報伝達物質として血液凝固や筋肉収縮、神経の興奮の抑制などのほか、細胞内外のカルシウム濃度差を利用して、細胞の機能調節を行ったり、ナトリウムを排泄して血圧上昇を防ぐ働きをしている。

マグネシウム

マグネシウムは、カルシウムやリンとともに骨を構成する重要なミネラルである。骨に65%、筋肉に27%含まれる。マグネシウムは、300種類以上の酵素の補因子として、解糖系、TCA回路、脂肪酸の β 酸化、脂肪酸合成、核酸・タンパク質合成、活性化ビタミンDの精製などに関与している。マグネシウムは、同じ二価イオンであるカルシウムと拮抗作用がある。カルシウムの作用を阻害することにより、神経や筋肉の興奮を抑えたり、血管の収縮を抑制する作用もある。

リン

リンは、カルシウムに次いで体内に多いミネラルで、約85%はカルシウムやマグネシウムと結合し、骨や歯を形成している。残りの15%の大部分は、細胞膜のリン脂質として、DNAやRNAなどの核酸やATPの構成成分として、あらゆる細胞に存在している。タンパク質は、リン酸化されることによって、細胞内の情報伝達の中心的な役割を担っている。

問 4

I 型アレルギーの発症メカニズム

I 型アレルギーは、免疫グロブリン E (IgE) によって仲介される。アレルゲンによって IgE に感作された肥満細胞（マスト細胞）が刺激されることによって I 型アレルギー反応が引き起こされる。肥満細胞が脱顆粒を起こすと、ヒスタミンなどのケミカルメディエーターが放出され、喘息、湿疹、アナフィラキシー反応を引き起こす。

アレルギーの予防法

ヒスタミンの放出を抑える

肥満細胞に対してヒスタミンなどのケミカルメディエーターを作らないようにする「抗アレルギー剤」や、放出されたヒスタミンの作用を抑える「抗ヒスタミン剤」などがアレルギーの治療に用いられている。「べにふうき」とよばれる緑茶にはメチル化カテキンが多く含まれ、この成分が抗アレルギー作用を有することが明らかとなっている。メチル化カテキンは、肥満細胞上の IgE が結合する Fc レセプターの数減らすことが分かってきた。

経口免疫寛容の誘導

スギ花粉症緩和米とは、アレルギー反応を起こさない花粉中の抗原決定基 (T 細胞エピトープ) を遺伝子組換えにより発現させた米である。経口で抗原 (アレルゲン) を投与された場合、経口免疫寛容とよばれる免疫機構によって免疫応答が抑制される。食物アレルギーの治療法である減感作療法でも、この経口免疫寛容を誘導している。

令和7年度入学
宮城大学大学院食産業学研究科（博士前期課程）
一般選抜試験問題（専門科目）

試験科目名 植物生産論

【解答例】

問題群 A

問 1

(1)

- ・ イネ d
- ・ ダイズ h

(2)

- ・ 進化上の出来事：1次共生
- ・ 細胞小器官：葉緑体

(3)

・ 化学物質（エチルメタンスルホン酸、N-メチル-N-ニトロソグアニジンなど）を変異原として用いた化学的変異処理。細胞、器官や種子を化学物質に曝露した後、洗浄して変異を誘発する。

・ 放射線（X線、紫外線、中性子線、重イオン線など）を変異原として用いた物理的変異処理。細胞、器官や種子に放射線を照射し変異を誘発する。

(4)

標的配列を融合した sgRNA と Cas9 タンパク質が細胞内で発現すると、これらは sgRNA-Cas9 複合体を形成し、sgRNA 内の目的配列（20bp）がゲノム中の相補的な DNA 配列に結合することで、Cas9 タンパク質が標的配列に誘導され、DNA 二重鎖が切断される。DNA 二重鎖が切断されると、DNA 損傷修復が行われる。その際には、修復時にエラーが生じることがあり、それにより数塩基から数十塩基程度の挿入や欠失が発生することがある。このエラーによってフレームシフト変異が起こり、アミノ酸配列が変化して正常なタンパク質が合成されなくなることで、遺伝子の機能が破壊される。一方、修復の鋳型として二重鎖切断箇所の周辺配列および目的遺伝子を持つドナーベクターを導入することで、ゲノム上の任意の箇所に目的遺伝子を挿入すること（ノックイン DNA）が可能である。

(5)

ゲノム中にコードされている全ての RNA 分子の配列をシーケンサーで決定し、総リード数あたり分子数（蓄積量）を RNA 分子ごとに網羅的に比較解析する手法。

(6)

バイナリーベクタープラスミドの T-DNA 領域に有用遺伝子をクローニングする。その

後、このベクタープラスミドをアグロバクテリウムに遺伝子導入する。バイナリーベクタープラスミドを保持するアグロバクテリウムを培養し、次にアグロバクテリウムと植物体を共培養または接種する。最後に、抗生物質を含む選択培地でアグロバクテリウムを共培養または接種した植物体を培養または栽培する。

問 2

(1)

種分化とともに生じた遺伝子：オーソログ

(2)

遺伝子重複で生じた遺伝子：パラログ

(3)

Non-functionalization：A1 遺伝子あるいは A2 遺伝子のどちらかが A 遺伝子の機能を保持し、もう一方が遺伝子の機能を失い、偽遺伝子となる。

Neo-functionalization：A1 遺伝子あるいは A2 遺伝子のどちらかが A 遺伝子の機能を保持し、もう一方が新しい遺伝子の機能を獲得する。

Sub-functionalization：A1 遺伝子と A2 遺伝子が、それぞれ A 遺伝子の機能を分業する機能を獲得する。

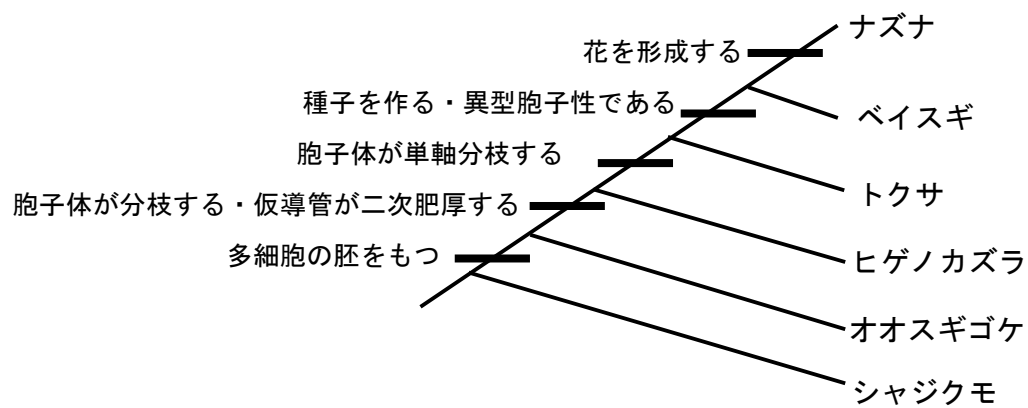
(4)

アサクサノリ、スサビノリ、シアニディオシゾン（シゾン）

(5)

祖先形質

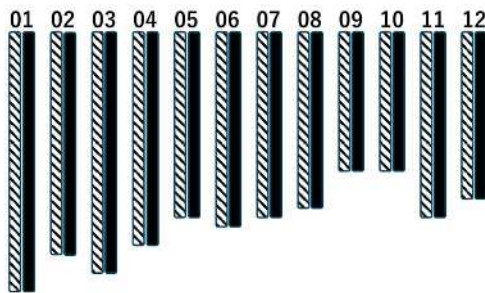
(6)



問題群 B

問 1

- (1) トウモロコシ *Zea mays* イネ *Oryza sativa* コムギ *Triticum aestivum*
- (2) (A) 外穎
(B) 鱗被 (りんぴ)
- (3) 外穎および内穎の先端部分を一部切除し、ピンセット等を用いて、穎花内部の葯を取り除く。
- (4) 一般的な玄米と比べて胚芽のサイズが大きいこと。
- (5)



- (6)
(A) あきたこまち (B) あきたこまち (C) あきたこまち
(D) あきたこまち (E) あきたこまち (F) あきたこまち
(G) あきたこまち

問 2

- (1) 穂数 (単位面積あたり穂数)
一穂粒数 (一穂穎花数)
- (2) 栽培方法に記載された深水区の水管理方法は、浅水区と比較して分けつの成長に対して抑制的にはたらくことが推察される。図 4 を読むと、処理区 A に対して処理区 B の茎数が少なく、分けつが抑制されていることが分かる。よって、処理区 B が深水区であると推定できる。
- (3) c
- (4) 中干しの説明：水田の水を抜いて、田面に亀裂が入るまで乾かすこと。
メリット 1：土壌中に酸素が供給され、根腐れを防止できること。
メリット 2：土壌を固くすることにより、耐倒伏性を向上できること。

問題群 C

問 1

(1)

トウモロコシ:⑧Zea mays

イネ:④Oryza sativa

コムギ:⑦Triticum aestivum

(2)

トウモロコシ種子内の胚乳には、硬質デンプン組織と軟質デンプン組織がある。

- ・デントコーンは胚乳側面が硬質デンプン組織、頂部に軟質デンプン組織があるので、成熟して乾燥すると軟質デンプン組織が収縮して穎果上部がくぼんだ形となる。

- ・フリントコーンは胚乳外側が硬質デンプン組織であるため、乾燥しても収縮せず丸みを帯びた形となる。

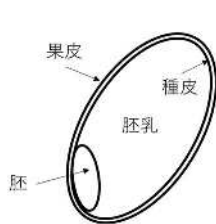
- ・スイートコーンはデンプンが形成されず糖のまま蓄積されるため、乾燥すると種子全体が収縮してしわになる。

(3)

- ・イネのデンプンにはアミロースとアミロペクチンがあり、アミロースはブドウ糖が直鎖状に連結したデンプンで、アミロペクチンは樹枝状に配列している。

- ・もち米のデンプンはアミロペクチンが 100%、うるち米のデンプンはアミロペクチンが 70～85%でアミロースが 15～30%程度である。

(4)



穎果とは、種子が非常に薄い果皮に包まれた果実である。

種子は、胚、胚乳、種皮からなる。

(5)

パン：強力粉 麺類：中力粉 菓子：薄力粉

タンパク質：グルテン

(6)

コムギでは生育初期に花芽分化のために必要とする低温の量的な違いを秋播性程度という。冬コムギは、秋播き性程度が高く、穂が分化して出穂するためには生育初期に十分な低温にあらうことが必要である。冬コムギを春に播くと、花芽分化するための十分な低温にあらうことができないため、出穂しなかった。

問 2

(1)

ダイズは写真 B である。アズキの下胚軸は伸長しないため子葉は地下にあり、最初に地上に出すのは初生葉であるのに対し、ダイズは下胚軸が伸長して子葉を地上に出す。写真 B の芽生えは子葉が地上から出ているため、ダイズである。

(2)

北海道の気候は、ダイズの生育に適する期間が短く、夏の日長が長い特徴がある。この地域で感光性の高い晩生品種を栽培すると、限界日長になるのが 8 月下旬頃となり、花芽分化してもすぐに気温が低くなって十分に登熟できないため、北海道においては感温性が高く生育期間の短い早生品種を栽培するとよい。

(3)

①：ナス ②：匍枝(ストロン、地下茎でも可) ③：塊茎
④：ヒルガオ ⑤：不定根 ⑥塊根

(4)

ジャガイモの培土には、①露出しているイモを土で覆って緑化を防ぐ他、②茎葉の倒伏防止、③雑草防除、④疫病によるイモの腐敗の防止、⑤適切な地温の維持、⑥排水などの効果がある。

(5)

サツマイモの不定根が肥大して塊根となるためには、①地温が 23℃前後で②土壌の通気性がよく、③カリ肥料が十分ある環境が望ましい。

(6)

イモを収穫した後、すぐにキュアリングをする。これは、30～33℃、湿度 90～95%に 4～5 日間置くことで、収穫時にイモの表面についた傷口にコルク層を形成させ、黒斑病や軟腐病菌などの侵入を防ぐことができる。

令和7年度入学
宮城大学大学院食産業学研究科（博士前期課程）
一般選抜試験問題（専門科目）

試験科目名 生産環境情報学

【解答例】

1. 農耕地における窒素の動態

窒素は作物の成長に不可欠な元素であり、その供給と循環が収量や品質に大きな影響を与える。大気中には約 78%の窒素 (N_2) が存在するが、植物が直接利用できる形態ではない。したがって、農耕地では様々なプロセスを通じて窒素が変換され、作物に供給される。

まず、大気中の窒素固定が重要な役割を果たす。豆科植物は根粒を形成する窒素固定菌と共生し、 N_2 をアンモニア (NH_3) に変換する。また、単独で窒素固定を行う藍藻や光合成細菌も自然環境で窒素固定を担う。さらに、植物体内に共生しながら根粒を形成しないエンドファイト型の窒素固定細菌も存在する。農業では、これらの生物学的窒素固定に加え、ハーバーボッシュ法による工業的窒素固定によって生産された窒素肥料が利用される。

農耕地土壌に供給された窒素は、無機態窒素（アンモニウムイオン NH_4^+ や硝酸イオン NO_3^- ）か生物やその遺骸にある有機態窒素（アミノ酸、タンパク質やアミノ糖など）の形で存在する。土壌中の微生物は、有機態窒素を分解し、アンモニア (NH_3) を生成する（無機化）。その後、アンモニア酸化菌（*Nitrosomonas* 属など）が NH_4^+ を亜硝酸 (NO_2^-) に変換し、さらに亜硝酸酸化菌（*Nitrobacter* 属など）が NO_2^- を硝酸 (NO_3^-) に酸化する。このプロセスを硝化作用と呼ぶ。植物は、無機態窒素の方が吸収しやすい。微生物も無機態窒素を取り込むため、無機態窒素は植物と微生物の双方で利用される。

一方で、無機態窒素のうち、アンモニアは pH が高くなれば空气中に揮散し、硝酸イオンは土壌への保持が弱いため、地下水や河川水に取り込まれる。これらは、大きな汚染源となる。さらに、硝酸イオンは嫌気的環境になると、脱窒菌の作用により硝酸が窒素ガス (N_2) や亜酸化窒素 (N_2O) に変換され、大気中へ放出される（脱窒作用）。 N_2O は強力な温暖化効果を持つため、過剰な窒素施用による環境負荷の増加が問題視されている。

2. 肥培管理における窒素の取り扱い

持続的な農業生産を実現するためには、窒素の適切な管理が不可欠である。まず、化学肥料の過剰使用を最適化し、環境負荷を低減することが求められる。特に、硝酸態窒素は流亡しやすく、地下水汚染の原因となるため、施肥のタイミングや量を調整し、作物の生育に合わせた供給が重要である。適切な量は、土壌に無機態窒素として残留した分や土壌から無機化する分を考慮して判断することが必要である。

また、堆肥や有機物施用を行うことで、土壌の肥沃度を向上させ、窒素の持続的な供給が可能となる。有機物の分解によって徐々に窒素が放出されるため、化学肥料の過剰施用を抑えつつ、作物の生育を安定させることができる。

さらに、窒素固定菌を活用した栽培（例えば、豆科作物を輪作に組み込む）を行うことで、外部からの窒素供給を減らし、持続可能な土壌管理が可能となる。加えて、土壌中の窒素循環を促進するために、適切な排水管理を行い、脱窒による窒素損失を抑制することも重要である。

総じて、窒素は作物の生育に不可欠な要素であるが、その過剰施用は環境負荷の増大や温暖化の原因ともなる。さらに、窒素肥料は空中窒素をアンモニアに変換して利用するが、その際のエネルギーは膨大に必要なため、資源の無駄遣いにつながる。適切な施肥、窒素固定菌の活用、有機物の施用などを組み合わせ、持続可能な農業を実践することが求められる。