

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ЗАГАЛЬНА БІОТЕХНОЛОГІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ 6.051401– «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2017

Методичні вказівки щодо практичних робіт з навчальної дисципліни
«Загальна біотехнологія» для студентів денної форми навчання за напрямом
6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі: д.б.н., проф. В. В. Никифоров,
старш. викл. О. О. Никифорова

Рецензент: к.т.н., доц. А. В. Пасенко

Кафедра біотехнології та біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського

Протокол №__ від_____2017 р.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1 Перелік практичних занять..... | 6 |
| Практичне заняття № 1 Мікробіотехнологія. Вибір мікроорганізму – продуценту для виробництва певного продукту..... | 6 |
| Практичне заняття № 2 Системи лабораторних та промислових біореакторів, їх призначення..... | 9 |
| Практичне заняття № 3 Складання функціональної схеми комбінованого використання промислових відходів для отримання біотехнологічних продуктів..... | 12 |
| Практичне заняття № 4 Природа й кількість відходів і побічних продуктів у різнотипних сільськогосподарських і промислових виробництвах. Мікробна переробка (деградація) відходів..... | 14 |
| Практичне заняття № 5 Вивчення рядів стійкості деревинно-чагарникових рослин до газоподібних токсикантів. Принципи підбору порід для озеленення промислових зон..... | 19 |
| Практичне заняття № 6 Система біологічної індикації. Видовий склад і розмаїтість організмів-індикаторів чистоти повітря, води й ґрунту..... | 26 |
| Практичне заняття № 7 Вивчення елементів біоенергетики. Технологічна схема фотовиробництва водню й перетворення енергії сонячного світла..... | 31 |
| Практичне заняття № 8 Біотехнологічне отримання метану й інших вуглеводнів..... | 35 |
| Практичне заняття № 9 Універсальний генетичний код. Пряме і зворотне кодування та декодування нуклеїнових кислот..... | 39 |
| 2 Критерії оцінювання знань студентів..... | 42 |
| Список літератури..... | 44 |

ВСТУП

Метою дисципліни є вивчення основних умов, особливостей і закономірностей культивування біологічних агентів (БА) – продуцентів біологічно-активних речовин (БАР), процесів біосинтезу цільового продукту, методів керування процесами біосинтезу, способів та прийомів промислової реалізації біотехнологічного процесу, методів контролю мікробіологічних та фізико-хімічних стадій виробництва, а також ознайомлення студентів із принципами розробки біотехнологій.

Освоєння дисципліни надає майбутнім інженерам-біотехнологам базові знання з технологічного втілення процесів мікробного синтезу на виробництві та в лабораторіях при розробці нових та вдосконаленні існуючих технологій.

Задачі вивчення дисципліни В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- класифікації біотехнологічних процесів та виробництв;
- стан та перспективи розвитку сучасної біотехнології;
- сфери застосування біотехнологій;
- основні групи продуктів біосинтезу та продуцентів БАР;
- сировинну базу та принципи створення поживних середовищ, що використовуються в біотехнології;
- основні стадії технологічного процесу виробництва БАР;
- принципи математичного моделювання кінетики розвитку популяції біологічних агентів;
- способи реалізації процесів біосинтезу та виділення цільового продукту;
- значення та способи забезпечення асептики в біотехнологічній практиці;
- біотехнологічні основи асептики;
- основні правила організації сучасного мікробіологічного виробництва;
- основні документи нормативно-технічної документації.

Студент повинен вміти:

- знайти місце конкретної технології у системі відомих біотехнологій;
- вибрати продуцент БАР;
- обґрунтувати вибір технологічних способів та прийомів ведення біотехнології;
- вибрати типові способи та прийоми для реалізації біотехнології;
- розрахувати і вибрати основні технологічні параметри біотехнології;
- провести контроль основних показників ходу технологічного процесу і готової продукції;
- складати процесуальні та апаратурно-технологічні схеми стосовно певного продукту;
- отримати в лабораторних умовах окремі біологічно-активні продукти мікробного синтезу.

Студент повинен мати навички:

- роботи з культурами мікроорганізмів;
- складання та виготовлення поживних середовищ;
- проведення культивування продуцента в лабораторних умовах;
- виділення основного продукту (БАР) з культуральної рідини;
- мікробіологічного та фізико-хімічного контролю основних стадій технологічного процесу;
- роботи з науково-технічною документацією;
- складання принципів процесуальних та апаратурно-технологічних схем виробництва.

Перелік базових дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни: фізика, вища математика, загальна та неорганічна хімія, органічна хімія, біоорганічна хімія, біохімія і мікробіологія біологічних агентів.

ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Мікробіотехнологія. Вибір мікроорганізму – продуценту для виробництва певного продукту

Мета: ознайомитися із принциповими схемами різних мікробіотехнологічних процесів, у яких використовується спиртове бродіння (одержання етанолу, пивоваріння, виноробство).

Навчальні елементи:

Короткі теоретичні відомості

Мікробіотехнологія застосовується для приготування ряду харчових продуктів (кисломолочних, сиру, хліба), виробництва вин, пива, спирту, органічних кислот, амінокислот, ферментів, антибіотиків, окремих вітамінів. Одержання цих продуктів базується на процесі бродіння.

Бродіння – це ферментативний окислювально-відновний процес отримання енергії, в якому від субстрату (донора) відщеплюється гідроген (або 33 електрони) та переноситься на продукти – органічні речовини (акцептори) за певними умовами. Розщеплення різних сполук субстратів є для клітин мікроорганізмів джерелом енергії, в основному у вигляді органічної речовини – АТФ.

Реакції, в яких відбувається виділення енергії – це реакції окислення. Обов'язковим продуктом окислення, який надходить з клітин, є CO_2 . Дегідрування субстратів каталізується переважно НАД⁺ та НАДФ⁺. Вони є основними акцепторами у перенесенні гідрогену. Залежно від кінцевого акцептора гідрогену (або електронів) процеси мають назву: дихання, бродіння або анаеробне дихання. При диханні окислення речовин проходить до кінця – до CO_2 та H_2O .

При бродінні утворюються низькомолекулярні органічні речовини, які ще вміщують енергію (наприклад, етиловий спирт, оцтова кислота, молочна кислота, ацетон, бутанол та ін.). Продукти, що виникають у процесі бродіння,

виділяються у живильне середовище та накопичуються в ньому. Кисень у бродінні не бере участь.

Анаеробне дихання дає продукти – низькомолекулярні неорганічні речовини (нітрати, сульфати). В основі багатьох бродильних процесів полягає універсальна реакція перетворення глюкози у піровиноградну кислоту (піруват). Залежно від метаболітів, яких при бродінні утворюється переважна кількість, виділяють його наступні види: спиртове, молочнокисле, оцтовокисле, пропіоновокисле, маслянокисле, ацетонобутилове, метановокисле.

Мікроорганізми як об'єкти біотехнології мають перевагу в тому, що вони достатньо легко пристосовуються до живильних середовищ (особливо температурних умов), здатні забезпечувати швидке зростання клітинної біомаси за одиницю часу, швидке протікання ферментативних реакцій, володіють «простотою» організації генома, що утворює кращі можливості для обміну речовин. Вищеназвані види бродіння проходять за участю різних груп мікроорганізмів. Для прикладу можна розглянути деякі види бродильних анаеробних процесів.

Спиртове бродіння.

Продуцентами етилового спирту є дріжджі (примітивні голосумчасті гриби) родини *Saccharomyces*, *Candida*, деякі міцеліальні гриби (*Aspergillus oryzae*), також деякі бактерії (*Sarcina ventricular*). Але основне місце займають дріжджі.

Спиртове бродіння – це анаеробний процес (без присутності кисню):



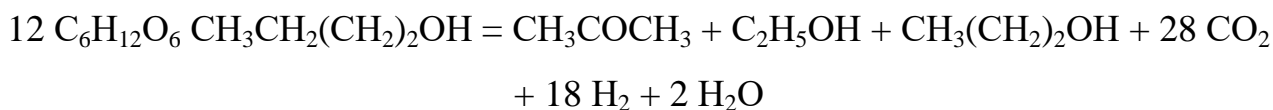
Субстрати спиртового бродіння: рослинні матеріали (зернові, картопля, патока, меляса – відходи цукрового виробництва, однорічні рослини, відходи деревини (целюлоза).

Використання етанолу: органічний розчинник, сировина для органічного синтезу, у медицині (антисептичний матеріал), у харчовій промисловості (вино- спиртове виробництво), парфумерії, як паливо та ін. Крім одержання етанолу спиртове бродіння використовують у виробництвах: пива,

вина, квасу, хлібобулочних виробів тощо. Використовуючи деревину, можна сумісно отримати етанол та кормові дріжджі (комбіноване використання целюлози).

Ацетонобутилове бродіння.

Продуценти: спороутворюючі бактерії *Clostridium acetobutylicum*, які утворюють в анаеробних умовах метаболічні речовини – джерела енергії такі, як ацетон, бутанол, етанол, оцтову, масляну та молочну кислоти, діоксид карбону, водень за наступним рівнянням:



При низьких рН середовища виникає активація ферментів, які беруть участь у перетворенні пірувату в основному в ацетон та бутанол, а інші метаболіти є мінорними (супроводжуваними). Тому бродіння має назву ацетонобутилове.

Субстрати: вуглеводи (крохмаль, патока або меляса, гідролізати целюлози, сульфідні луки).

Використання: органічні розчинники, екстрагенти, в органічному синтезі (лакофарбові матеріали, естери та ін.). Молочнокисле бродіння.

Продуценти: Бактерії (шарові форми – коки) *Streptococcus lactis*, *Pediococcus* та ін.; паличкові зі спорами: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus* та ін., які перетворюють вуглеводи (піруват) в молочну кислоту.

Субстрати складні, можуть включати вітаміни групи В (В₁, В₂), пантотенову (В₃), ніотинову (В₅) та фолієву кислоти (Вс), біотин; деякі амінокислоти; пурини, піримідини; деякі органічні кислоти аліфатичного ряду (оцтову, лимонну, олеїнову); дріжджові екстракти; томатний сік, молочну сироватку і навіть кров.

У зв'язку з утворенням значної кількості молочної кислоти у живильне середовище для стабілізації буферності додають карбонат кальцію. Використання молочної кислоти: в харчовій (виготовлення хліба), текстильній, фармацевтичній промисловостях; як пластифікатор; виготовлення розчинників.

Молочнокисле бродіння застосовується при квашенні овочей та фруктів, у молочній промисловості (кисломолочні вироби, закваски, сири); при силосуванні, в медицині.

Завдання до теми

1. Скласти принципові технологічні схеми (блок-схеми), користуючись конспектом лекцій та наочними плакатами-схемами.
2. Зробити підписи етапів мікробіотехнологічних процесів, основних параметрів проведення технологій, що розглядаються.

Контрольні питання

1. Поняття про мікробіотехнологію.
2. Перевага мікробів як біооб'єктів.
3. Бродіння – мікробіотехнологічний процес.
4. Спиртове бродіння: здобуття етанолу, пивоваріння, виноробство.
5. Значення та продукти ацетонобутилового, молочнокислого, пропіоново-кислого, оцтового бродіння.
6. Здобуття лимонної, глюконової, ітаконової кислот.
7. Здобуття антимікробних речовин (антибіотиків).
8. Здобуття вітамінів.
9. Здобуття мікробних препаратів – удобрювачів ґрунтів, стимуляторів та регуляторів росту рослин.
10. Отримання мікробних імунобіологічних препаратів (вакцин).

Література: [1, с. 37–48; 2, с. 4–8; 6, с. 56–58; 8, с. 43; 12, с. 26–28].

Практичне заняття № 2

Тема. Системи лабораторних та промислових біореакторів, їх призначення

Мета: ознайомитися з різними типами біореакторів, які використовуються у біотехнологічних промислових процесах та в умовах лабораторії.

Навчальні елементи: біореактор, гомогенізація субстрату, аерація,

коливальна установка, ролерна установка.

Короткі теоретичні відомості

Біореактори – це спеціальні системи, якими оснащуються біотехнологічні процеси та які використовуються для культивування біомаси та синтезу вторинних метаболічних сполук (продуктів обміну).

Відрізняються від хімічних реакторів тим, що крім етапів завантаження субстратів, їх перетворення, відділення та очищення цільового продукту, у цих біосистемах реалізація процесів проходить за принципами поетапного збільшення об'єму апарата (принцип масштабування), однорідності фізико-хімічних умов (температури, рН середовища субстрату, концентрації розчинених речовин, кисню та інших газів). Суттєво відрізняються і процеси масообміну (між газовою та рідинною фазами).

Сучасний біореактор повинен включати наступні взаємопов'язані системи:

- антикорозійного покриття;
- ефективного перемішування та гомогенізації субстрату;
- забезпечення доступу та швидкої дифузії газоподібних агентів (аерація середовища, забезпечення O_2);
- теплообміну (підтримання температурного режиму);
- піногасіння;
- стерилізації середовища, апаратури та повітря;
- контролю та регуляції процесу.

За цільовим призначенням біореактори класифікуються на:

- лабораторні (міні) від 0,5 л до 1 м³;
- пілотні (дослідно-промислові) 10–100 м³;
- промислові 1000 м³ та більше.

Лабораторні, пілотні та промислові реактори відрізняються за умовами тепло-, масообміну та перемішування.

Лабораторні та пілотні біореактори – це пошуковий шлях. На кожному з етапів проводиться нарощування масштабу біотехнологічного

процесу (принцип масштабування), вирішуються завдання з налагодження та оптимізації біотехнології.

Важливу роль при культивуванні біомаси відіграє безперервне перемішування, яке забезпечує добру аерацію та перешкоджає висадженню клітин біооб'єкта.

В лабораторних умовах перемішування досягається при застосуванні коливальних та ролерних установок. У промислових – за допомогою багатоярусних мішалок.

Завдання до теми

1. Розглянути за допомогою наочного матеріалу різні види біореакторів:
 - промислові: ферментатор періодичної дії, біореактор для твердофазного культивування, дріжджезрошувальний апарат з дифузором та пропелером для інтенсифікації циркуляції, колонний вертикальний ферментатор;
 - лабораторні: термостат, коливальні установки, бокси.
2. Зарисувати схематично приклади промислових та лабораторних біореакторів (колончатого типу, термостат, коливального типу).
3. Позначити основні частини біотехнологічних реакторів.
4. Принципові особливості біореакторів описати за наступною схемою

| Види біореакторів | Біотехнологічні призначення |
|---|------------------------------------|
| <i>лабораторні:</i> (навести приклади розглянутих видів) | |
| <i>промислові:</i> (навести приклади розглянутих видів) | |

Контрольні питання

1. Принципи оснащення біотехнологічних виробництв.
2. Поняття про корозію.
3. Поняття про біопошкодження.
4. Системи біореакторів, їх призначення.
5. Класифікація біореакторів за принципом перемішування.
6. Принцип масштабування біотехнологічних процесів.

7. Класифікація біореакторів за режимом роботи.
8. Класифікація біореакторів за умовами культивування.
9. Приклади біореакторів.
10. Призначення системи аерації.
11. Призначення системи перемішування.
12. Призначення системи теплообміну.
13. Принцип асептики у біотехнології.
14. Призначення системи контролю у біореакторах.

Література: [3, с. 12–14; 4, с. 56–60; 8, с. 112; 9, с. 76–79; 13, с. 6–9].

Практичне заняття № 3

Тема. Складання функціональної схеми комбінованого використання промислових відходів для отримання біотехнологічних продуктів

Мета: навчитися складати схему можливих комбінованих способів отримання біотехнологічної продукції із відходів рослинного походження (подрібленої деревини).

Навчальні елементи: целюлоза, геміцелюлоза, гідролізний спирт.

Короткі теоретичні відомості

Використання відходів в якості сировини для біотехнологічних виробництв передбачає, насамперед, їх рентабельність. Так, переробка відходів рослинного походження з метою отримання живильних середовищ (гідролізатів) для проведення ферментаційного процесу мікробного синтезу етанолу, є доцільною тоді, коли концентрація спирту у культуральній рідині буде складати не нижче 4,5–5 %.

Використовуючи відходи деревини, намагаються найбільш повно застосувати її складові компоненти вуглеводного характеру (целюлозу, геміцелюлози). Для цього поєднують у комплекс процес одержання чистої целюлози та процеси біотехнологічної переробки відходів цього виробництва у «гідролізний спирт» та кормові дріжджі.

Відходами целюлозного виробництва є відпрацьовані сульфітні луги, що вміщують до 3 % редукуючих речовин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Узагальнений склад сульфітних лугів

| Компоненти | Вміст, % |
|--|----------|
| Сухі речовини | 1,5–12,2 |
| Редукуючі речовини (у перерахунку на глюкозу) | 2,0–2,7 |
| Зброджувані вуглеводи (у перерахунку на глюкозу) | 1,3–1,9 |
| Метоксильні групи | 0,78–0,8 |
| Зольність | 1,2–2,1 |
| Загальна сірка | 0,9–1,6 |
| Оксид кальцію | 0,6–1,0 |
| Сульфати | 0,1 |

Цукри у сульфітних лугів, наприклад із ялини, включають глюкози до 29 %, галактози до 4,2 %, манози до 43 %, пентоз до 17 %, уронових кислот до 3 %, фруктози до 4 %.

На якісні та кількісні показники сульфітних лугів впливають сорти і походження вихідної деревини. Після сульфітної варки целюлози (кислотний каталізатор H_2SO_3) спочатку із сульфітних лугів видаляють методом сепарації залишки целюлози, які після цього йдуть на біотехнологічну переробку.

Першою стадією проводиться спиртове збродження гексоз (глюкози) за участю спеціальних ферментів.

Використовується у процесі спиртового збродження 39 рас *Saccharomyces cerevisiae* з отриманням, так званого, «сульфітного» спирту. Це найбільш дешевий етанол, який вміщує до 2–8 % метанолу та інших домішок. Його використовують у технічних цілях.

Друга стадія передбачає використання відфільтрованої культуральної рідини, в яку додаються поживні солі та мікроелементи, а потім вноситься засівна культура спеціальних штамів дріжджів для одержання кормової біомаси.

Розрахунками показано, що при поєднанні виробництв спирту та кормової біомаси, можна отримати на 1 т сухої деревини: етанолу 175–182 л, метанолу 2 кг, сивушних масел 0,3 кг, фурфуролу 5,6 кг, діоксиду вуглецю (рідкого) 70 кг, лігніну (абсолютно сухого) 380 кг, гіпсу 225 кг, дріжджів (вологість 10 %) 32 кг. На сульфітних лугах можна також отримувати грибну кормову біомасу за участю сапрофітного штаму *Paecilomyces varioti*, який утилізує гексози, пентози та ацетат.

Завдання до теми

1. Скласти функціональну біотехнологічну схему (блок-схему) переробки промислових відходів, користуючись конспектом лекцій та наочними плакатами-схемами.
2. Відмітити особливості проведення комплексних біотехнологічних процесів.
3. Зробити підписи етапів, основних технологічних параметрів.

Контрольні питання:

1. Які види рослинних відходів використовуються у біотехнології?
2. Чому доцільно переробляти відходи деревини біотехнологічними методами?
3. Що таке сульфітні луги?
4. Які біотехнологічні виробництва можна реалізувати з відходів?

Література: [5, с. 74–78; 7, с. 38–42; 8, с. 123; 10, с. 62–71; 14, с. 32–35].

Практичне заняття № 4

Тема. Природа й кількість відходів і побічних продуктів у різнотипних сільськогосподарських і промислових виробництвах. Мікробна переробка (деградація) відходів

Мета: скласти визначення навчальних елементів, вивчити способи переробки відходів рослинного та тваринного походження, засвоїти механізми мікробної деградації відходів.

Навчальні елементи: біодеструкція, біодеградація, біоконверсія,

відходи.

Короткі теоретичні відомості

Переробка рослинних відходів

Обмеженість ресурсів нафти, газу та вугілля змушує біотехнологів вишукувати поновлювані джерела сировини. Велику увагу вони приділяють різним видам рослинної маси: плодам, бульбам, трав'яній масі, деревині. Застосовують відходи сільськогосподарської, деревообробної й паперової промисловості, що дозволяє реалізувати за допомогою біотехнології принцип безвідходного виробництва.

Відходи й побічні продукти сільського господарства, лісової й харчової промисловості можна використовувати з різними цілями. Наприклад, для одержання енергії з одночасним зменшенням біомаси забруднення навколишнього середовища. Культивування водоростей у стічних водах сприяє не тільки очищенню цих вод, але й одержанню біомаси, багатой на білки й мікроелементи.

Від різних злаків, що культивують у світі, щорічно виходить приблизно 1700 млн т соломи, більша частина якої не використовується. При зборі й обробці цукрової тростини для одержання цукру щорічно накопичується 50 млн т верхівок стебел і 67 млн т вичавленої цукрової тростини (гніта), не враховуючи меласи й пресованих залишків. І хоча залишковими водами меласи в Індонезії вдобрюють рисові поля, пресовані залишки йдуть на добриво, або як корм худобі, а гніт використовується як паливо в давильних установках, – проте, всі ці відходи використовуються недостатньо.

Половину висушеної рослинної маси становить целюлоза – найпоширеніший біополімер. Як полісахарид, целюлоза є цінним джерелом вуглецю й енергії.

Необхідним етапом підготовки цієї сировини до біотехнологічного використання є гідроліз до простих водорозчинних цукрів (глюкози, целюлози). Найбільші труднощі виникають під час утилізації деревини, коли целюлоза утворює комплекс із геміцелюлозами й лігніном, які важко розкладаються

навіть мікроорганізмами.

Тому необхідним є етап передгідролізу – розпущення целюлози, руйнування її кристалічної структури. Передгідроліз здійснюють обробкою рослинного матеріалу лугами або кислотами в низьких концентраціях, у тому числі вугільною кислотою в атмосфері парів води й CO_2 при 200°C .

Широко розповсюдженим методом відділення лігніну (делігнифікація деревини) служить обробка SO_2 , при цьому утворюється побічний продукт, так звані сульфідні луги, які використовуються як субстрат у мікробіологічному виробництві.

Подальший гідроліз целюлози проводять за допомогою концентрованих кислот при високих температурах і тиску із застосуванням устаткування з міцних і корозійностійких матеріалів. Перспективним напрямом є також ферментативний гідроліз целюлози.

Біотехнологія прискореної переробки екскрементів птахів і гною тварин в органо-мінеральне добриво

Пропонована біотехнологія (Вінаров, Іпатова, Смирнов) оснований на прискореній аеробній ферментації рідкофазних відходів з вихідною вологістю до 80 % і вище у біоконверсійній установці безперервної дії.

Під час процесу ферментації використовується спеціально підібрана асоціація мікроорганізмів і біостимулятор, що забезпечують за 60–70 годин перебування вихідного середовища в апараті ефективну біоконверсію відходів з одержанням готового продукту.

Установка, що включає в себе приймальний бункер, пристрої, що транспортують сировину, апарат для одержання засівної культури мікроорганізмів, основний біореактор, змішувач для додаткових компонентів і сушарку, дозволяє одержувати екологічно безпечне органо-мінеральне добриво.

За результатами досліджень встановлено, що готовий продукт після аеробної ферментації й термоінактивації є знезараженим від бактерій *Salmonella*, *Echerichia coli*, яєць глистів, личинок гельмінтів і шкідливих комах.

Технологія одержання білково-вітамінного препарату з молочної сироватки

За даними Міжнародної молочної федерації, проблема раціонального використання молочної сироватки не вирішена повністю в жодній країні й більше 50 % її зливається в каналізацію, що істотно погіршує роботу очисних споруд. Пропонується нова схема (Вінаров, Сидоренко) переробки молочної сироватки, що передбачає одержання сухого білково-вітамінного препарату з вмістом сирого протеїну не менше 20 % і вітамінів В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР, С, А. Розроблена технологія дозволяє реалізувати її безпосередньо на технологічних установках, забезпечуючи переробку до 20–25 т за день вихідної молочної сироватки, що містить 6–7 % сухих речовин. Основними стадіями технології є:

- одержання чистих культур мікроорганізмів як інокулянтів;
- промислова стерильна аеробна ферментація молочної сироватки;
- термостерилізація, випарювання й сушіння готового продукту.

Промислова біотехнологія одержання кормової білкової домішки із зернової сировини

Проведено дослідження (Вінаров, Сидоренко, Гордєєва) з розробки технології безперервного рідкофазного культивування, вибору штаму продуцента білка, вивчення кінетики утилізації субстрату й накопичення білка.

Вихідна зернова сировина після здрібнювання й термоагентної обробки у вигляді водяного розчину піддається аеробній ферментації з використанням штаму дріжджів *Saccharomycopsis* з глюкоалкілазною активністю. Готовий продукт після стадії сушіння містить 45–50 % протеїну, відрізняється повноцінним складом амінокислот, наявністю вітамінів групи В, А, Д, Е, мікроелементів, що зумовлює його високу поживну й біологічну цінність для застосування в комбікормах.

Мікробна переробка й деградація відходів

Побічні продукти й відходи, що містять вуглеводи, можна переробити шляхом традиційного мікробного бродіння або біотехнологічних процесів, що належать до сфери промислової мікробіології.

Крохмаль становить близько 50 % сухої ваги зерен злаків, картоплі й маніоки. Цей наявний у великих кількостях продукт роблять головним чином з кукурудзи й пшениці, непридатної для хлібопечіння, а також з картоплі. Він легко піддається кислотному або ферментативному гідролізу, у результаті чого виходять декстрини й глюкоза. Саме так ці гексози одержують для промисловості, де вони використовуються для ферментаційного виробництва спирту й фруктозного сиропу.

Геміцелюлози охоплюють групу полісахаридів, сполучених із целюлозою в первинній і вторинній стінках рослинних клітин. Вони становлять до 10 % деревної маси хвойних і 20 % – листяних дерев. У соломі й кукурудзяних качанах їх частка перевищує 30 %. Під час гідролізу геміцелюлоз, зокрема ксиланів, утворюються пентози, головним чином ксилози.

Гідроліз целюлози до глюкози проводять за допомогою *Trichoderma reesii*, що руйнує кристалічну й нерозчинну целюлозу. Спано (Натик, штат Масачусетс, США) виділив мутант *T. reesii*, що продукує в 2–4 рази більше глюкози, ніж штам дикого типу. Гриб вирощують у середовищі, що містить ялинову деревину й мінеральні солі. Потім культура фільтрується, тверді елементи відкидаються. Залишається бурштинового кольору рідина з ферментом. Розчин разом зі здрібненим папером поміщають у реакційний чан та інкубують при температурі 50° С під атмосферним тиском. У ході реакції гідролізу утворюється неочищений глюкозний сироп, після чого негідролізована целюлоза використовується повторно. Вихід глюкози становить близько 50 % вихідної целюлози. При мікробній деградації та конверсії целюлоз і геміцелюлоз можна одержувати етиловий спирт і сировину для хімічної промисловості (фурфурол, феноли, крезолі).

Завдання до теми

1. Перелічіть основні стадії технології при переробці молочної сироватки.
2. Наведіть схему гідролізу целюлози до глюкози.
3. Наведіть визначення термінів «біоконверсія», «біодеградація» і «біодеструкція».

Контрольні питання

1. Які відходи рослин використовуються в біотехнологічних процесах?
2. Яким чином використовують тваринний гній?
3. У чому полягає різниця між біологічними процесами конверсії, деструкції та деградації?

Література: [2, с. 99; 10, с. 45–49; 11, с. 76–77; 13, с. 63–68; 15, с. 83–86].

Практичне заняття № 5

Тема. Вивчення рядів стійкості деревинно-чагарникових рослин до газоподібних токсикантів. Принципи підбору порід для озеленення промислових зон

Мета: вивчити види дерев і чагарників, що найчастіше використовуються під час озеленення промислових підприємств, засвоїти особливості рядів стійкості рослин, дати визначення навчальних елементів.

Навчальні елементи: породи дерев та чагарників, ряди стійкості, озеленення, промислова зона, промислові викиди, принципи підбору.

Короткі теоретичні відомості

Вивчення рядів стійкості деревинно-чагарникових рослин

Для створення екологічно й функціонально обґрунтованих штучних екосистем міських і приміських зелених насаджень необхідний правильний підбір і розміщення рослин, оскільки від цього залежить стійкість, довговічність, декоративність і функціональне використання створюваних деревинних культурбіогеоценозів. На ріст і розвиток рослин найбільш помітний вплив чиять газів. Під дією кислих газів у рослинах зміщується катіонно-іонна рівновага, що призводить до порушення структури клітин і тканин, а також фізіологічних процесів. Величина цього зсуву залежить від вмісту в клітинах листка вільних катіонів, здатних нейтралізувати потрапляючі до них ангідриди кислот. Сутність стійкості видів до токсикантів полягає в здатності тканин і клітин нейтралізувати потрапляючі до них аніони кислот за допомогою вільних неорганічних катіонів: калію, магнію, натрію, особливо кальцію.

Викиди чадного газу, що утворюється в результаті неповного згоряння палива у двигунах автомобілів, у 50-х роках складали близько 200 млн т. за рік, у 70-х – близько 700 млн т., у 2000-х можуть досягнути 2000 млн т. за рік. Установлено, що лісові співтовариства щодоби переробляють асиміляційним апаратом до 500 тис. м³ повітря на 1 га лісу. Тільки одне дерево за час вегетації здатне поглинути до 12 кг сірчистого газу. На листях дерев, розташованих уздовж міських вулиць, виявлено сірчистого ангідриду (мг/м³):

| | |
|---------------------|-------|
| В'яз гладкий | 18,8; |
| Клен гостролистий | 3,52; |
| Клен ясенелистий | 7,34; |
| Тополя пірамідальна | 3,12. |

Цілком стійких до промислових газів, рідких і твердих аерозолів рослин у природі не існує. Їхня стійкість залежить від концентрації, виду виробничих викидів в атмосферу, тривалості їхньої дії, кліматичних і ґрунтових умов, відстані від джерела забруднення (табл.5.1).

Показником стійкості рослин до токсикантів можуть служити ступінь зниження інтенсивності або тривалості їхнього росту, урожайності, а також зовнішні ознаки ураження асиміляційних органів. Для характеристики стійкості рослин застосовують оцінку пошкоджуваності їхнього листя. У зв'язку із цим рослини поділяють на три групи:

а) **стійкі**, до яких відносять види, що порівняно легко переносять загазованість, протягом вегетаційного періоду не мають помітних на око ушкоджень і повністю зберігають декоративність;

б) **середньостійкі**, до яких відносять рослини, більш чутливі до впливу шкідливих газів, аніж рослини першої групи, але мають підвищену життєздатність і органи, що швидко відновлюють після ушкодження;

в) **нестійкі**, до яких належать рослини, інтенсивне ушкодження яких тримається на високому рівні протягом усього вегетаційного періоду.

У зоні забруднення повітря висококонцентрованими потоками газоподібних сірчистих токсинів необхідно висаджувати високостійкі види

рослин з яскраво вираженою газопоглинальною здатністю: терен білий, бирючину звичайну, лох вузьколистий, клен гостролистий, жимолость татарську, тополю канадську. У цій зоні можуть застосовуватися й види з помірним рівнем газонакопичення, але з високою газостійкістю: троянда зморшкувата, груша звичайна, верба біла, яблуня домашня, міхуроплідник калинолистий, горіх манжурський, робінія біла, ясен звичайний, чубушник тощо.

У зоні слабкої загазованості використовують види рослин: смородину чорну, дуб північний, тополю китайську, каштан кінський, аморфу чагарникову, клен сріблястий, кизильник блискучий. У зоні слабкої загазованості задовільно виростають і рослини з підвищеної газочутливістю: липа дрібнолиста, осика, карагана деревоподібна, бузок звичайний, береза плакуча.

Особливе місце серед хімічних елементів–забруднювачів навколишнього середовища посідає свинець, головним джерелом якого в місті є вихлопні гази автомобільного транспорту. Найбільша кількість свинцю накопичується в листках наступних дерев (мг/кг) у розрахунку на суху речовину:

| | |
|----------------------|----------|
| Каштана кінського | 600–800; |
| Клена гостролистого | 300; |
| Тополі пірамідальної | 160; |
| Липи великолистої | 80; |
| Биричуни звичайної | 270. |

Для лісостепової зони, в умовах впливу викидів нафтопереробних підприємств стійкою є тополя канадська. Її газостійкість оцінено в 5 балів, тобто вона не має видимих ушкоджень, ріст і розвиток нормальні, декоративність висока.

Середньостійкими (4 бали – з невеликими відхиленнями від норми, що не знижують декоративність) є такі дерева: береза пухнаста, дуб червоний, липа дрібнолиста, осика, тополя бальзамічна, тополя біла, тополя пірамідальна, тополя берлінська, черемшина звичайна, ясен звичайний і чагарники: акація

жовта, бересклет європейський; биричина звичайна, бузина червона, жимолость татарська, ірга колосиста, лох вузьколистий, міхуроплідник калинолистий, бузок угорський, бузок звичайний, скупія пухнаста, сніжноягідник, спірея Вангутта.

Нестійкість (3 бали – опіки на листках 30–40 %) характерна для наступних видів дерев: берези бородавчастої, в'яза звичайного, горобини звичайної, ясеня зеленого та чагарників: барбарису звичайного, терену білого, калини звичайної, кизильника блискучого.

Проведене дослідниками АКХ ім. Панфілова широке обстеження стану насаджень у зонах дії шкідливих промислових викидів дозволило розробити кілька асортиментів газостійких рослин. Зведений у таблицю асортимент диференційований за типами підприємств різного профілю й містить близько 70 найменувань деревних і чагарникових порід.

Таблиця 5.1 – Склад промислових викидів залежно від типу підприємства

| Група | Тип підприємства | Промислові викиди |
|-------|--------------------------------|--|
| I | Чорної металургії | Сірчистий газ, оксид та двооксид вуглецю |
| II | Коксохімічне | Оксид вуглецю, сірчистий газ, амоніак, оксиди нітрогену, сірководень, фенол, метан |
| III | З виробництва алюмінію | Фтор та фтористі сполуки, сірчистий газ |
| IV | Азотно-тукове | Оксиди азоту, аміак |
| V | З виробництва метану, амоніаку | Оксиди азоту, сірчистий газ, оксид вуглецю |
| VI | З виробництва суперфосфату | Фтористий водень, фосфорний ангідрид |
| VII | З виробництва сірчаної кислоти | Сірчистий газ, сірчаний ангідрид, сірководень |
| VIII | З виробництва барвників | Сірчистий газ, сірководень, окис азоту |
| IX | Нафтопереробне | Оксид та двооксид вуглецю, сірчистий газ, сірководень, вуглеводні |
| X | На вугіллі | Сірчистий газ, сірчаний ангідрид, оксид вуглецю |
| XII | На газу | Оксиди азоту |

Поблизу меблевих фабрик, підприємств керамічної промисловості, заводів фосфорних добрив, у викидах яких міститься багато фтороводню й фтористого кремнію, висаджують ялину звичайну, ялицю білу, сосну звичайну; з листяних видів – граб звичайний, липу серцелисту. Із трав'янистих видів – нарциси, гладіолуси, тюльпани. Біля електростанцій, хімічних підприємств, металургійних заводів, які дають постійне надходження діоксиду сірки, у всіх хвойних спостерігається зменшення приросту горизонтальних пагонів, верхівкові некрози, некрози кінчиків хвої. Стійкі до:

- сірчистого газу – клен ясенелистий, троянда зморшкувата, жасмин садовий, тополя біла, свидина біла;
- NO₂ – сосна гірська, ясен американський, ясен звичайний, яблуня звичайна;
- свинцю і пилу – тополя чорна, тополя біла, клен ясенелистий, верба біла.

Основні принципи підбору рослин

Екологічний принцип. Кожна рослинна форма є відбитком тих географічних і кліматичних умов, у яких формувався даний вид. Екологічний принцип (табл. 5.2) вимагає умов: а) відповідності біологічних особливостей рослин умовам зростання; б) урахування ступеня впливу рослин (фітонцидних, пило-, газо-, вітро-, шумо-, сонцезахисних та інших властивостей).

Таблиця 5.2 – Приклади групування дерев та чагарників за екологічним принципом (за Рубцовим Л. І.)

| Ґрунти, місцезнаходження | Дерева, чагарники |
|---|---|
| Глибокі чорноземи, деградовані чорноземи, сірі лісові, суглинки | Дуб, клен гостролистий, липа, граб, яблуня, груша |
| Сухі, піщані, супіщані | Сосна, береза, клен гостролистий |
| Вологі, наносні | Вільха, тополя, верба |
| Сухі круті схили | Яливець козацький, ефедра, барбарис, кизильник горизонтальний |
| Вологі заливні луки | Верба, тополя, клен сріблястий |
| Сухі прогалини серед дубових насаджень | Груша, яблуня, терен, глід, кизил, шипшина |

Фітоценотичний принцип. Фітоценозом є сукупність рослин, що зростають разом, характеризуються певним складом та взаємовпливом. Відношення між рослинами можуть бути *сприятливими*, що виявляється в позитивному взаємовпливі однієї на іншу (береза і ясен, дуб і бук, сосна й вільха), а також *несприятливими* (ясен і бук, дуб і волоський горіх, ялина й тополя). Сприятливі відношення між рослинами виникають, коли угруповання рослин наближається до природних утворень – біогеоценозів (дуб черешчастий і клен гостролистий, дуб черешчастий і липа дрібнолиста, ялина звичайна й бузина червона) (табл. 5.3).

Біотрофний принцип. Змішування порід за біотрофним принципом проводиться з урахуванням здатності рослини змінювати поживний режим ґрунту. Вірогідно встановлено ґрунтопокращуючу роль листяних порід, наявних у складі хвойних насаджень. Домішка *берези бородавчастої* в озелененні промислових зон сприяє інтенсивному кругообігу азоту й зольних елементів, збільшенню в ґрунті вмісту рухомого азоту й рухомої форми фосфорної кислоти. *Липа дрібнолиста* підвищує родючість ґрунту шляхом збагачення поверхневих горизонтів гумусом, нітрогеном, вапном та ін. елементами. *Бузина червона* сприяє збільшенню вмісту гумусу й водорозчинних речовин, забезпечує збагачення ґрунту рухомими формами азоту.

Таблиця 5.3 – Приклади поєднання дерев та чагарників за фітоценотичним принципом (за Рубцовим Л. І.)

| Тип насадження | Супутні породи |
|----------------|---|
| Ялиник | Ялиця, сосна, береза, осика, дуб, липа, ліщина |
| Сосняк | Дрок, береза, клен гостролистий |
| Листяник | Жимолость, шипшина, таволга, ялина, ялиця |
| Дубрава | Липа, клен гостролистий, клен польовий, груша, яблуня, черемха, ліщина, калина, бересклет |
| Березняк | Сосна, клен гостролистий, ялина, ялиця, чубушник, шипшина |

Біофізичний принцип. Змішування за біофізичним принципом проводиться з урахуванням режиму світла, тепла, вологи та інших фізичних (абіотичних) факторів. Науковцями визначено супутники головних порід, що прискорюють ріст головних порід і самі нормально розвиваються.

Алелопатичний принцип. Алелопатичний вплив визначається хімічною природою фітонцидів і їх концентрацією. Він знаходить своє вираження не тільки в угрупованні певних видів деревних порід, але й у певному їх співвідношенні, тобто участі в насадженні. *Ясен звичайний* негативно впливає на дуб черешчастий лише у безпосередній близькості до нього. Зі збільшенням відстані між ними й зменшенням концентрації фітонцидів цей вплив слабшає й переходить у позитивний.

Систематичний принцип. У дерев і чагарників, що належать до одного роду, багато спільного у формі стовбура й крони, характері розгалуження, залистнення, текстурі й забарвленні крони. Поєднання в спільних посадках дерев різних видів, але того самого роду, підкреслює й підсилює їх загальні декоративні якості,

Художньо-декоративний принцип полягає в тому, щоб показати кращі декоративні якості тих або інших рослин. Тут приділяється увага розмірам рослин, декоративності стовбура, гілок і крони, кольору й фактурі листя, часу і тривалості цвітіння й под.

Завдання до теми

1. Визначте сутність стійкості видів рослин до забруднювачів.
2. Наведіть перелік основних порід залежно від їх газопоглинальної здатності.
3. Перелічіть основні промислові викиди залежно від типу підприємства.
4. Сформулюйте основні принципи підбору деревинно-чагарникової рослинності.
5. Охарактеризуйте структуру й вплив рослин при використанні різноманітних принципів озеленення.

Контрольні питання

1. Які рослини є стійкими до забруднення повітря пилом?
2. Що таке алелопатія?
3. Завдяки чому певні рослини є газостійкими?

Література: [1, с. 245–247; 3, с. 104–106; 7, с. 68–70; 11, с. 185–187].

Практичне заняття № 6

Тема. Система біологічної індикації. Видовий склад і розмаїтість організмів-індикаторів чистоти повітря, води й ґрунту

Мета: засвоїти систему біологічної індикації, визначити місце в ній фіто- і альгоіндикації, вивчити види рослин, що є показниками біотичних і абіотичних факторів довкілля.

Навчальні елементи: біоіндикація, фітоіндикація, альгоіндикація.

Короткі теоретичні повідомлення

Фітоіндикація екологічних факторів

Рослинний покрив давно використовується для індикації природного середовища, оскільки він відіграє ключову роль у функціонуванні екосистем. Значення рослинного покриву як індикатора екосистеми полягає в тому, що він більш вразливо реагує на зміну екологічних факторів і така реакція в багатьох випадках фіксується візуально. Предмет *фітоіндикації* чітко окреслений – це оцінка екологічних показників за допомогою ознак рослин. М. Штекер (1981) розглядає *біоіндикацію* як метод моніторингу навколишнього середовища, що є досить чутливим показником антропогенних або модифікованих антропогенних впливів на навколишнє середовище за допомогою вивчення зміни величин (ознак) біологічних об'єктів і систем стосовно умов, які визначаються.

Шуберт (1988) визначає *біоіндикацію* як метод оцінки абіотичних і біотичних факторів місцезростання за допомогою біологічних систем. Дсдух, Шеляг-Сосонко (1991) увели системний підхід, що дозволяє оцінювати не тільки статичні особливості екосистем, але й динаміку, зміни процесів, що зумовлені як природними, так і антропогенними факторами.

Процес **фітоіндикації** включає процедури:

- вибір індикатора, що відповідає меті індикації (що індикувати?);
- вибір способу й масштабу виміру його величини або зміни (де індикувати?);
- пошук індикатора на основі логічних доказів його каузальних зв'язків з даним фактором (чим індикувати?);
- розробка шкали виміру індикаційних ознак (як індикувати?);
- визначення ступеня кореляції між зміною фактора й індикатора, а також способу його відбиття (наскільки індикувати?).

Використання водоростей як індикаторних організмів

У даний час існує кілька систем для біологічної індикації забруднених вод. В альгології з цією метою застосовують систему **сапробності** вод, оцінювану ступенем їхнього забруднення органічними речовинами й продуктами їхнього розпаду. У зв'язку із цим водойми або їхні зони залежно від ступеня забруднення органічними речовинами поділяють на полі-, мезо- і олігосапробні (табл.6.1.)

У **полісапробній зоні**, що перебуває поблизу місця скидання стічних вод, відбувається розщеплення білків і вуглеводів в аеробних умовах. Кількість видів водоростей, здатних розвиватися в цій зоні, порівняно невелика, але вони зустрічаються в масових кількостях.

У **мезосапробній зоні** забруднення виражене слабкіше. Найбільше характерними для цієї зони є діатомові водорості із родів *Melosira*, *Diatoma* та зелені із родів *Cosmarium*, *Spirogyra*, *Cladophora*, *Scenedesmus*.

Олігосапробна зона характеризується високою видовою різноманітністю водоростей, проте чисельність і біомаса їх незначні.

Таблиця 6.1 – Список водоростей-індикаторів сапробності

| № | Таксон | <i>s</i> | <i>x</i> | <i>o</i> | β | α | <i>p</i> | <i>G</i> | <i>S</i> |
|-------------------------|---|------------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Cyanophyta | | | | | | | | | |
| 1 | <i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb. | β | | 1 | 8 | 1 | | 4 | 2,0 |
| 2 | <i>Gloecarpa minuta</i> (Kutz.) Hollerb. | <i>o</i> | | 8 | 2 | | | 4 | 1,2 |
| 3 | <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz. | β | | 3 | 6 | 1 | | 3 | 1,75 |
| 4 | <i>Oscillatoria tenuis</i> Ag. | α | | | 2 | 7 | 1 | 3 | 2,85 |
| 5 | <i>Spirulina platensis</i> (Nordst.) Geitl. | β | | | + | | | | 2,0 |
| Chrysophyta | | | | | | | | | |
| 6 | <i>Dinobryon divergens</i> Imhof. | β | | 2 | 7 | 1 | | 3 | 1,85 |
| 7 | <i>Synura uvella</i> Ehr. | β | | 2 | 7 | 1 | | 3 | 1,85 |
| Bacillariophyta | | | | | | | | | |
| 8 | <i>Cocconeis disculus</i> (Schum.) <i>Cl. var. diminuta</i> (Pant.) Sheshukova | <i>x-o</i> | 5 | 5 | | | | 3 | 0,5 |
| 9 | <i>Diatoma hiemale</i> (Lyngb.) Heid. | <i>X</i> | 10 | + | | | | 5 | 0,1 |
| 10 | <i>Melosira granulata</i> (Ehr.) Ralfs var <i>granulata</i> | β | | 2 | 8 | | | 4 | 1,8 |
| 11 | <i>Nanícula gracilis</i> Ehr. | $\beta-o$ | + | 4 | 5 | 1 | | 2 | 1,65 |
| 12 | <i>Pinnularia major</i> (Kutz) Cl. | β | | | 9 | 1 | | 5 | 2,1 |
| Euglenophyta | | | | | | | | | |
| 13 | <i>Euglena acus</i> Ehr. | β | | 2 | 6 | 2 | | 3 | 2,0 |
| 14 | <i>Euglena viridis</i> Rhr. | <i>p-α</i> | | + | 1 | 4 | 5 | 2 | 4,5 |
| Chlorophyta | | | | | | | | | |
| 15 | <i>Chlamydomonas variabilis</i> Dang. | <i>o-p</i> | | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2,95 |
| Chroococcales | | | | | | | | | |
| 16 | <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. | <i>p-α</i> | | | | 4 | 6 | 3 | 3,6 |
| 17 | <i>Pediastrum duplex</i> Meyen | β | | 3 | 7 | + | | 3 | 1,7 |
| Siphonocladiales | | | | | | | | | |
| 18 | <i>Cladophora glometara</i> (L.) Kutz. | β | 1 | 3 | 4 | 2 | | 1 | 1,65 |
| Conjugales | | | | | | | | | |
| 19 | <i>Closterium acutum</i> (Lyngb.) Breb. | $\beta-\alpha$ | | | 5 | 5 | | 3 | 2,5 |

Умовні позначення до табл. 6.1: *s* – показник сапробності; *h* – гіперсапробність; *x* – ксеносапробність; *G* – індикаторна вага; *o* – олігосапробність; *S* – сапробний індекс; β – бетасапробність; *Fe* – показник високого вмісту заліза; α – альфасапробність; *p* – полісапробність; *Cl* – показник високого вмісту хлору; *E* – еусапробність; *I* – ізосапробність; + – незначна сапробність; *m* – метасапробність; *H₂S* – показник сірководню.

Використання вищих водних рослин як індикаторних організмів

Водні вищі рослини (*макрофіти*) і їхні угруповання є досить чутливими індикаторами стану природного середовища їх перебування (водного, наземного, повітряного). Вироблені в них у процесі адаптивної еволюції ознаки

досить чітко індикують рівні води, а також її мінеральний і органічний склад.

Індикаторами забруднення води, зокрема важкими металами, є:

- *Potamogeton perfoliatus* – марганець, мідь, залізо, цинк;
- *Juncus bulbosus*, *Potamogeton obtusifolius* – залізо;
- *Ceratophyllum demersum*, *Glyceria maxima* – ртуть;
- *Lemna gibba*, *Myriophyllum verticillatum* – азотисті сполуки;
- *Glyceria maxima* – хлор.

Вивчення реакції окремих рослин на забруднення показало, що не менш важливим у цьому випадку є наявність інформації про наявність, розвиток і стан рослин. Якщо на стовбурах дерев є пармелії, алекторії й інші види лишайників, то вміст двооксиду сірки в повітрі не перевищує 0,05 мг/м³ (табл. 6.2)

Таблиця 6.2 – Характеристика макрофітів надзволожених територій

| | Таксон | Індикатор |
|---|---|--|
| | Аір звичайний (<i>Acorus calamus</i> L.) | Мезотрофних водойм з коливанням рівня води та повільною течією, мулисто-торф'яних відкладень, прибережних ділянок випасу. |
| 2 | Частуха подорожникова (<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.) | Евтрофних прісноводних ділянок водойм з алювіальними відкладеннями, ділянок зниження рівня води та потужних мулистих відкладень. Індикатор ділянок солонowodних водойм, що опріснюються, а також місцезнаходжень, що були порушені внаслідок випасу. |
| 3 | Бульбокамиш морський (<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla) | Оліго-мезотрофних водойм з кислою або нейтральною реакцією ґрунтів, мезотрофних солонowodних водойм. |
| 4 | Сусак зонтичний (<i>Butomus umbelatus</i> L.) | Слабколужних та слабкомінералізованих субстратів. |
| 5 | Осока гостра (<i>Carex acuta</i> L.) | Мезо-евтрофних стоячих та проточних водойм з помірним коливанням рівня води та мулисто-торф'яних відкладень. |
| 6 | Кушир занурений (<i>Ceratophyllum demersum</i> L.) | Евтрофних, слабкосолонowodних водойм, ділянок значного антропогенного евтрофікування з потужними органомінеральними донними відкладеннями та сильнолужною реакцією середовища; індикатор забруднення водойм ртуттю. |
| 7 | Цикута отруйна (<i>Cicuta virosa</i> L.) | Заболочених ділянок водойм, а також низин з поверхневим та ґрунтовим підтопленням та торф'янистими відкладеннями, колишніх сплавин, вкритих шаром піску та мулу. |
| 8 | Болотниця болотна (<i>Eleocharis palustris</i> L.) | Місцезнаходжень з різким коливанням рівня води та ділянок з порушеною поверхнею субстрату, а також незабруднених водойм. |

Продовження таблиці 6. 2

| | | |
|----|---|--|
| 9 | Елодея канадська (<i>Elodea canadensis</i> L.) | Прісноводних слабопроточних водойм з нейтральною та слабколужною реакцією, з невисоким вмістом завислих частинок, що багаті на сполуки кальцію. |
| 10 | Хвістняк звичайний (<i>Hippuris vulgaris</i> L.) | Заболочуваних евтрофних прісноводних водойм з лужною реакцією та коливанням рівня води під час вегетації, а також ділянок зі значними відкладеннями мулу. |
| 11 | Водокрас звичайний (<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.) | Прісноводних відкритих та замкнутих евтрофних водойм, донних відкладень, багатих на органічні речовини. |
| 12 | М'ята водна (<i>Mentha aquatica</i> L.) | Заболочуваних ділянок водойм з постійним зниженням рівня води. |
| 13 | Латаття біле (<i>Nymphaea alba</i> L.) | Евтрофних прісноводних водойм з коливанням рівня води, мулистих донних відкладень. |
| 14 | Рдест кучерявий (<i>Potamogeton crispus</i> L.) | Евтрофних водойм багатих на сполуки кальцію та органічні речовини, його поява в рибоводських місцях є показником високих доз занесеного вапна. |
| 15 | Рдест пронизанолистий (<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.) | Проточних водойм з високим умістом карбонатів та мулисто-піщаними відкладеннями. Забруднення водного середовища важкими металами Zn, Mn, Cu, Fe. |
| 16 | Стрілолист стрілолистий (<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.) | Водойм з мулистим або глинястим субстратом, кислою або нейтральною реакцією середовища, низьким або середнім вмістом поживних речовин. |
| 17 | Водяний горіх плаваючий (<i>Trapa natans</i> L.S.L.) | Евтрофних замкнених або слабопроточних водойм з коливанням рівня води та мулисто-піщаними донними відкладеннями з значним шаром сапропелю. |
| 18 | Пузирчатка середня (<i>Urticularia intermedia</i> Hayne) | Оліго-мезотрофних, зазвичай замкнених водойм та боліт з постійним рівнем води та мулисто-торф'яними донними відкладеннями. |
| 19 | Пузирчатка звичайна (<i>Urticularia vulgaris</i> L.) | Евтрофних замкнених та слабопроточних водойм, а також мезотрофних водойм зі збільшенням трофності, мулистих, мулисто-піщаних, листо-торф'яних донних відкладень. |
| 20 | Валіснерія спіральна (<i>Valisneria spiralis</i> L.) | Акумулятивно-ерозійних зон прісноводних та слабкосолоноводних проточних непересихаючих водойм, слабкогумусних відкладень. |

Завдання до теми

1. Визначте поняття про фітоіндикацію.
2. Опишіть шляхи розвитку фітоіндикаційних досліджень.
3. Охарактеризуйте рослини, які використовуються як тест-об'єкт індикації стану навколишнього середовища.
4. Приведіть приклади індикаторів для повітря, води, ґрунту.
5. Назвіть види лишайників та грибів, які з'являються внаслідок

забруднення довкілля.

Контрольні питання

1. Які види біологічної індикації вам відомі?
2. На чому оснований вибір індикаторного організму?
3. Які екологічні фактори можна визначити за допомогою фіто індикації?

Література: [1, с. 188; 4, с. 234–237; 7, с. 86–88; 8, с. 298; 9, с. 97–102].

Практичне заняття № 7

Тема. Вивчення елементів біоенергетики. Технологічна схема фотовиробництва водню й перетворення енергії сонячного світла

Мета: засвоїти основні напрями сучасної біоенергетики, сформулювати визначення навчальних елементів, вивчити механізми акумуляції та перетворення сонячної енергії.

Навчальні елементи: біоенергетика, сонячна енергія, фотосинтез.

Короткі теоретичні відомості

Напрями сучасної біоенергетики

Технологічна *біоенергетика* – один з напрямів біотехнології, пов'язаний з ефективним використанням енергії, що акумулюється під час фотосинтезу рослин. Це може бути досягнуто шляхом:

- 1) перетворення біомаси, накопиченої в результаті фотосинтезу, на дешеве й висококалорійне паливо – метан та інші вуглеводні, етанол і т. д.;
- 2) модифікації самого процесу фотосинтезу, у результаті якої енергія світла з максимальною ефективністю використовується на утворення водню або іншого палива, минаючи стадію фотоасиміляції CO₂ і синтезу компонентів клітини.

Хімічний і електрохімічний способи одержання H₂ неекономічні, тому використання мікроорганізмів, здатних виділяти водень, є найбільш ефективним. Таку здатність мають аеробні й анаеробні хемотрофні бактерії, пурпурові й зелені фототрофні бактерії, ціанобактерії, різні водорості тощо. На початку 60-х р. науковці встановили, що хлоропласти, виділені зі шпинату, в

присутності штучного донора електронів і бактеріального екстракту, що містить гідрогеназу (фермент, що містить FeS – центри), здатні продукувати водень:

донор електронів → фотосистема I → переносник електронів → гідрогеназа → H₂.

Гідрогеназа одержує електрони від ферредоксина. Ферредоксин служить проміжним переносником електронів від фотосинтетичного ланцюга хлоропластів до гідрогенази. У цьому експерименті фотоліз води під дією хлоропластів був пригнічений, а джерелом водню служили органічні сполуки, які використовувалися як донори електронів. До експерименту була залучена тільки фотосистема – I. Пізніше американські дослідники виявили, що хлоропласти шпинату й бактеріальні екстракти, що містять гідрогеназу (без додаткових донорів електронів), можуть після опромінення видимим світлом виділяти водень, якщо переносником електронів є ферредоксин. У цьому випадку функціонують дві фотохімічні системи хлоропласту – I й II.

Гідрогеназа, виділена із *Clostridium*, виявилася дуже чутливою до кисню, так що реакцію проводили в атмосфері азоту з домішками розкисників (наприклад, глюкооксидаза + глюкоза) для видалення кисню, що виділяється під час фотолізу води.

За даними Холла (1980 р.), така суміш при рН 7,0 і t = 25° С продукувала 50 мк/моль водню за 1 год на 1 мг хлорофілу протягом 6 годин. Важливість цієї форми одержання енергії зумовлена:

- а) наявністю надлишку субстрату фотолізу (води);
- б) нелімітованим джерелом енергії (сонячне світло);
- в) продукт (водень) можна зберігати, він не забруднює атмосферу й має дуже високу теплопровідну здатність (29 ккал/г порівняно з 3,5 ккал/г для вуглеводнів);
- г) процес може відновлюватися, тому що після видалення водню субстрат (вода) регенерує;
- д) процес відбувається за нормальної t° без утворення токсичних

проміжних речовин.

Щоб збільшити вихід водню, необхідно знайти гідрогенази, менш чутливі до кисню. Гідрогеназа з бактерій роду *Alcaligenes* каталізує повільне продукування водню сумішшю за трьох умов:

- тісне сполучення між переносником e^- і каталізатором одержання водню;
- ефективна взаємодія між мембранами хлоропласта й переносником e^- ;
- переносник e^- не повинен окислятися.

Проте тривалість процесу одержання водню залежить головним чином від стабільності виділених хлоропластів. Виділення водню можна стимулювати, додавши до реакційної суміш свіжі хлоропласти, але позитивних результатів можна чекати й від вивчення фотохімічних систем, які каталізують фотоліз води. Фахівці фотохіміки, що працюють у Франції й Швейцарії, показали, що водень можна одержувати в присутності штучного донора електронів (замість води) і поглинаючих світло пігментів (а не мембран хлоропластів).

Ціанобактерії, які є аеробними фототрофами, також здатні виділяти водень. Учені Каліфорнійського університету Берклі встановили, що культури *Anabaena sp.* виділяють кисень і водень протягом 19 днів. У Японії отриманий штам *Anabaena sp.*, що здійснює біофотоліз води в режимі, не чутливому до H_2 , O_2 і N_2 .

Підвищенню ефективності біофотолізу води сприяє чергування періодів функціонування біоб'єкта як продуцента H_2 і O_2 з періодами «відпочинку», коли клітини фотоасимілюють CO_2 , що вводиться на цей період до середовища культивування.

Для біотехнології можна скористатися іншими механізмами перетворення енергії, виявленими у мікроорганізмів. Гідрофільна бактерія *Halobacterium halobium* має здатність використовувати світлову енергію, що вловлюється пурпурним пігментом (бактеріодопсином), який знаходиться в мембрані клітини. Під впливом сонячного випромінювання в молекулі бактеріодопсина відбуваються фізичні й хімічні зміни, які в остаточному підсумку приводять до

переносу протонів з одного боку мембрани на інший. Пігмент виступає нібито в ролі протонного насоса, що приводиться в дію світлом. Зміни, що відбуваються у молекулі бактеріодопсину, здійснюються за 10 мс. Після кожного «фотоциклу» молекула знову готова до того, щоб активуватися світлом і перекачати інший протон.

Перекачування протонів через мембрану як у живих клітинах, так і на ізольованих мембранах забезпечує градієнт концентрації протонів, яка вища на внутрішньому боці мембрани й нижча на зовнішньому. Градієнт можна виміряти за перепадом рН або за різницею потенціалів, яка показує, що ми маємо справу з електрохімічним градієнтом протонів.

Біохіміки й біофізики декількох країн (Німеччини, Угорщини, Ізраїлю, Нідерландів, Великобританії, США) намагалися вмонтувати групи молекул бактеріородопсину в штучні системи. Але їх ефективність виявилася низькою порівняно з іншими методами використання сонячної енергії.

Шляхи збільшення ефективності фотосинтетичних систем

Розрахована теоретична ефективність фотосинтезу (коефіцієнт перетворення світлової енергії на хімічну енергію органічних речовин) близька до 15 %. Фактично, найбільш продуктивні культурні рослини запасують не більше 1,5 – 2 % енергії падаючого світла. Актуальна проблема технологічної біоенергетики – підвищення ефективності фотосинтезу культурних рослин. Тому розробляють наступні основні підходи до вирішення цієї проблеми:

- підвищення коефіцієнта перетворення сонячної енергії до 4–5 % за рахунок збільшення площі листків і їх раннього формування;
- втручання в системи регуляції фотосинтезу – збалансоване використання фітогормонів, трансплантація регуляторних генів;
- збільшення швидкості росту рослин за рахунок оптимізації водного й мінерального живлення, що приведе до збільшення їх фотосинтезуючої активності;
- збільшення числа хлоропластів у клітині на одиницю площі листка;
- установлення оптимального співвідношення між функціонуючими

реакційними центрами хлорофілу і проміжними переносниками електронів, наприклад, цитохромами;

– збільшення швидкості переносу електронів між фотосистемами I і II й ефективності сполучення між транспортом електронів і синтезом АТФ.

Завдання до теми

1. Назвіть мету й завдання технологічної біоенергетики.
2. Охарактеризуйте механізми одержання водню як палива майбутнього.
3. Наведіть приклади модельних систем, що каталізують утворення водню з води за рахунок енергії світла.
4. Охарактеризуйте основні способи підвищення інтенсивності фотосинтезу культурних рослин.

Контрольні питання

1. Які природні джерела використовує біоенергетика?
2. Які шляхи збільшення фотосинтезу вам відомі?
3. Яка функція в біоенергетиці належить ферментам?
4. Які мікроорганізми використовують у біоенергетиці?

Література: [2, с. 97–99; 4, с. 434–437; 5, с. 116–118; 8, с. 405; 9, с. 328].

Практичне заняття № 8

Тема. Біотехнологічне отримання метану й інших вуглеводнів

Мета: засвоїти механізми біометаногенезу, навчитися розраховувати оптимальні співвідношення карбону і нітрогену в субстраті, дати визначення навчальних елементів.

Навчальні елементи: метаногенез, біогаз, дайджестер, відходи сільськогосподарського виробництва.

Короткі теоретичні відомості

Метаногенез

Отримання метану – важливий спосіб утилізації сільськогосподарських відходів. Він утворюється у вигляді *біогазу* – суміші метану, CO₂ та інших газів. Наявність CO₂ обмежує теплотворну здатність біогазу як палива, яка залежно

від співвідношення CH_4/CO_2 становить 20,9–33,4 кДж/м³. Вміст метану в біогазі варіює від 50 до 85 %.

Безпосередньо до утворення метану здатна невелика група мікроорганізмів, що належать до археобактерій. Життєдіяльність метаноутворюючих археобактерій протікає в анаеробних умовах. Субстратами для утворення метану можуть служити мурашина й оцтова кислоти, метанол, газові суміші ($\text{H}_2 + \text{CO}$, $\text{H}_2 + \text{CO}_2$). Оскільки біогаз практично одержують зі складних органічних речовин (целюлози, крохмалю, білків, ліпідів), то для метаноутворення застосовують багатовидові мікробні асоціації.

Поряд з метаноутворюючими бактеріями до складу таких асоціацій входять мікроорганізми, що перетворюють органічні субстрати на метанол, мурашину й оцтову кислоти, H_2 , CO і т. д. Процес метаноутворення (*метаногенез*) відрізняється високою ефективністю: до 90–95 % використуваного вуглецю переходить у метан. Тому метаногенні асоціації з успіхом використовують для очищення стічних вод від органічних забруднень із одночасним одержанням висококалорійного палива. До 5–10 % спожитого вуглецю перетворюється на біомасу, що також знаходить застосування. Використовують як рідко-, так і твердофазні процеси отримання біогазу.

Разом з *біогазом* метаногенні асоціації утворюють інші ланцюгові продукти, наприклад вітамін B_{12} . Після переробки органічного субстрату на біогаз залишається матеріал, який являє собою цінне мінеральне (азотне й фосфорне) і органічне добриво. Отримання біогазу – процес, що відрізняється простотою устаткування й доступністю сировини, вимагає невеликих капіталовкладень. У Китаї, Індії, ряді інших країн експлуатуються невеликі установки, до яких вносять підручний матеріал (солону, опад, гичку, гній та ін.), що виключає витрати на доставку сировини. У Китаї діє понад 7 млн малих установок місткістю 100–150 л, достатніх для задоволення енергетичних потреб родини з п'яти чоловік.

Крім метаногенних анаеробів існує інша група організмів – продуцентів вуглеводнів як заміників палива. Це – мікрободорості із родів *Botryacoccus*,

Isochrysis, *Nanochloropsis* та ін. Вуглеводні накопичуються в значних кількостях – до 80 % сухої маси. Для поліпшення паливних характеристик отримані з водоростей вуглеводні піддають гідруванню. У природних умовах метанобактерії тісно пов'язані з воднеутворюючими бактеріями. Така трофічна асоціація вигідна для обох типів бактерій. Перші використовують газоподібний водень, що продукується останніми, у результаті його концентрація знижується й стає безпечною для воднеутворюючих бактерій.

Способи виробництва біогазу

Метаногенез, або метанове «бродіння», відбувається у водонепроникних циліндричних цистернах (*дайджестерах*) з бічним отвором, через який уводиться субстрат для ферментування. Біогаз, що виходить під час цього процесу, являє собою суміш із 65 % CH_4 , 30 % CO_2 і незначних кількостей H_2S , N_2 , O_2 , H_2 і CO (по 1 %). Над *дайджестером* знаходиться сталевий циліндричний контейнер у вигляді купола, який нависає над сумішшю, що бродить, і використовується для збору газу. Контейнер перешкоджає проникненню всередину повітря, тому що весь процес повинен відбуватися в анаеробних умовах. У газовому куполі є трубка для відведення біогазу. Дайджестери виготовляють із глиняної цегл, бетону або сталі. Купол для збору газу може бути виготовлений з нейлону, у цьому випадку його легко прикріплюють до дайджестера, виготовленого із твердого пластичного матеріалу. Газ надуває нейлоновий мішок, що зазвичай з'єднаний з компресором для підвищення тиску газу.

Коли використовують відходи домашнього господарства або рідкий гній, співвідношення між твердими компонентами й водою повинне становити 1:1 (100 кг відходів на 100 л води). Суміш матеріалів, що бродять, звичайно засівають ацетогенними й метаногенними бактеріями або відстоєм з іншого дайджестера. Низький рівень рН (< 7) пригнічує ріст метаногенних бактерій і знижує вихід біогазу, такий самий ефект викликає перевантаження дайджестера. Проти закислення використовують вапно. Оптимальна ферментація відбувається в умовах, близьких до нейтрального рівня рН (6,0–

8,0), температура залежить від мезофільності або термофільності мікроорганізмів (30–40° С або 50–60° С), різкі зміни t небажані. Зазвичай дайджестери занурюють у землю, щоб використовувати ізоляційні властивості ґрунту. Для оптимальної переробки співвідношення C/N (вуглецю до азоту) повинне бути 30:1 (за вагою). Так, C/N гною можна змінити додаванням соломи або гички овочевих культур, листям опаду тощо.

Щоб забезпечити великомасштабний розвиток і економічну вигоду підприємств з виробництва біогазу, необхідно забезпечити:

- скорочення числа сталевих елементів у використовуваному устаткуванні;
- розробку ефективних нагрівачів;
- об'єднання систем виробництва біогазу з іншими нетрадиційними джерелами енергії;
- раціональне використання перероблених відходів.

Завдання до теми

1. Опишіть основні етапи процесу виробництва біогазу в дайджестерах.
2. Назвіть оптимальні умови, необхідні для метанового «бродиння».
3. Укажіть хімічний склад біогазу. Визначте оптимальне співвідношення вуглецю до нітрогену для отримання біогазу (схема).
4. Зарисуйте будову конструкції дайджестера.
5. Замалюйте (сфотографуйте) мікроорганізми, що беруть участь у метаногенезі.

Контрольні питання

1. Яким по відношенню до кисню є процес біометаногенезу?
2. Чому заважає вміст сірководню в біогазі?
3. Які умови забезпечують максимальну кількість утворення біогазу?
4. Які мікроорганізми беруть участь у метаногенезі?

Література: [1, с. 406–408; 2, с. 34–35; 3, с. 226–228; 4, с. 263–265; 7, с. 176–178; 8, с. 45; 9, с. 255–256; 11, 176–177; 13, с. 56; 14, с. 76–77].

Практичне заняття № 9

Тема. Універсальний генетичний код. Пряме і зворотнє кодування та декодування нуклеїнових кислот

Мета: засвоїти принципи універсального генетичного коду, дати визначення навчальних елементів, набути навичок розв'язання генетичних задач з кодування і декодування.

Навчальні елементи: генетичний код, ген, геном, кодон (триплет).

Короткі теоретичні відомості

Генетичний код

Ділянка молекули ДНК, що містить інформацію про первинну структуру одного білка, називається *геном*. В одній молекулі ДНК може бути кілька сотень генів. Послідовність розташування нуклеотидів в і-РНК визначає послідовність розташування амінокислот у білках. Цей код називається *генетичним*. Носієм генетичної інформації є ДНК, але з огляду на те, що участь у синтезі білка бере і-РНК – комплементарна копія однієї з ниток ДНК, то генетичний код записаний на «мові» РНК.

Генетичний код є триплетним. Кожна з 20 амінокислот зашифрована послідовністю 3 нуклеотидів, тобто *триплетом*, що називається *кодоном*. З 4 нуклеотидів можна створити 64 різні комбінації по 3 нуклеотиди в кожній. Багато амінокислот кодуються не одним, а декількома триплетами. Це значно підвищує біологічну надійність генетичного коду: під час ушкодження одних триплетів їх замінюють інші, що кодують ту саму амінокислоту. Три кодони – UAG, UGA, UAA – не кодують амінокислоти, а є сигналами закінчення (термінації) білкового синтезу. Вони називаються безглуздими (*nonsense*) або стоп-кодонами (табл. 4).

Кожна з 20 амінокислот представлена в таблиці трилітерним скороченням (кодоном). Триплет нуклеотидів, що відповідає певній амінокислоті, можна знайти в такий спосіб.

Перший нуклеотид кодона позначається великою літерою ліворуч, що відповідає вертикальному стовпцю із чотирьох рядків, які повторюються

чотири рази.

Другий нуклеотид позначається великою літерою, яка стоїть у верхньому горизонтальному ряду таблиці, що відповідає 64 кодонам.

Третій нуклеотид кодона позначається буквою праворуч. На перетині трьох літер знаходиться кодована амінокислота.

Таблиця 4 – Універсальний генетичний код

| 1-ша літера кодона | 2-га літера кодона | | | | 3-тя літера кодона |
|--------------------|--------------------|-----|------|------|--------------------|
| | U | C | A | G | |
| U | Phe | Ser | Tyr | Cys | U C A G |
| | Phe | Ser | Tyr | Cys | |
| | Leu | Ser | стоп | стоп | |
| | Leu | Ser | стоп | Trp | |
| C | Leu | Pro | His | Arg | U C A G |
| | Leu | Pro | His | Arg | |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | |
| A | Ile | Thr | Asn | Ser | U C A G |
| | Ile | Thr | Asn | Ser | |
| | Ile | Thr | Lys | Arg | |
| | Met | Thr | Lys | Arg | |
| G | Val | Ala | Asp | Gly | U C A G |
| | Val | Ala | Asp | Gly | |
| | Val | Ala | Glu | Gly | |
| | Val | Ala | Glu | Gly | |

Головні риси генетичного коду:

– генетичним кодом, що визначає включення амінокислоти до поліпептидного (білкового) ланцюга, служить **триплет** із полінуклеотидного ланцюга ДНК;

– генетичний код є універсальним – одні й ті самі триплети кодують ті самі амінокислоти у всіх організмів;

– генетичний код є виродженим – дана амінокислота може кодуватися більш ніж одним триплетом, за винятком метіоніну.

Приклад розв'язання задач з прямого кодування.

Декапептид: Gly – Arg – Asp – Lys – Tyr – Glu – Pro – Ala – Ala – Val.

i-РНК: GGU – CGU – GAU – AAA – UAU – GAA – CCC – GCA – GCU – GUU.

Приклад розв'язання завдань із зворотного кодування.

i-РНК: GAU – CUC – UCG – CGU – GGA – CUU – ACU – CCA – GCG – CGG.

Декапептид: Asp – Leu – Ser – Arg – Gly – Leu – Thr – Pro – Ala – Arg.

Завдання до теми

1. Опишіть принципи кодування амінокислотних послідовностей білків у молекулах нуклеїнових кислот.
2. Сформулюйте визначення поняття «універсальний генетичний код».
3. Використовуючи таблицю універсального генетичного коду, закодуйте амінокислотну послідовність пропонованого поліпептида в послідовність нуклеотидних триплетів молекул ДНК на вибір викладача.

Контрольні питання

1. Які риси універсального генетичного коду вам відомі?
2. Що означає «нонсенс-кодон»?
3. Яким нуклеотичом відрізняються ДНК і РНК?

Література: [1, с. 7–8; 2, с. 74–78; 4, с. 304–305; 5, с. 93–94; 7, с. 106–107; 9, с. 273–275; 13, с. 72–73].

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Навчальні досягнення студентів із дисципліни «Біохімія» оцінюються за модульно-рейтинговою системою, в основу якої покладено принцип поопераційної звітності, обов'язковості модульного контролю, накопичувальної системи оцінювання рівня знань, умінь та навичок; розширення кількості підсумкових балів до 100.

«Відмінно»

Ставиться за повні та міцні знання матеріалу в заданому обсязі, вміння вільно виконувати лабораторні роботи, передбачені навчальною програмою; за знання основної та додаткової літератури; за вияв креативності у розумінні і творчому використанні набутих знань та умінь.

«Добре»

Ставиться за вияв студентом повних, систематичних знань із дисципліни, успішне виконання лабораторних робіт, засвоєння основної та додаткової літератури, здатність до самостійного поповнення та оновлення знань.

Але у відповіді студента наявні незначні помилки.

«Задовільно»

Ставиться за вияв знання основного навчального матеріалу в обсязі, достатньому для подальшого навчання і майбутньої фахової діяльності, поверхову обізнаність з основною і додатковою літературою, передбаченою навчальною програмою; можливі суттєві помилки у передбаченою навчальною програмою; можливі суттєві помилки у виконанні лабораторних завдань, але студент спроможний усунути їх із допомогою викладача.

«Незадовільно»

Виставляється студентові, відповідь якого під час відтворення основного програмового матеріалу поверхова, фрагментарна, що зумовлюється початковими уявленнями про предмет вивчення. Таким чином, оцінка «незадовільно» ставиться студентові, який неспроможний до навчання чи

виконання фахової діяльності після закінчення ВНЗ без повторного навчання за програмою відповідної дисципліни

Порядок переведення рейтингових показників успішності у європейські оцінки ECTS

| Підсумкова кількість балів | Оцінка за національною шкалою для заліку | Оцінка за шкалою ECTS |
|-----------------------------------|--|------------------------------|
| 1–34 | «незадовільно» (з обов'язковим повторним курсом) | F |
| 35–59 | «незадовільно» (з можливістю повторного складання) | FX |
| 60–63 | «задовільно» | E |
| 64–73 | | D |
| 74–81 | «добре» | C |
| 82–89 | | B |
| 90–100 | «відмінно» | A |

Кожний модуль включає бали за поточну роботу студента на лабораторних роботах, практичних заняттях, виконання самостійної роботи, індивідуальну роботу, модульну контрольну роботу.

Виконання модульних контрольних робіт здійснюється в режимі комп'ютерної діагностики або з використанням роздрукованих завдань.

Реферативні дослідження, які виконує студент за визначеною тематикою, обговорюються та захищаються на індивідуальних заняттях. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу модуля.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, на лабораторних роботах, під час виконання самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи залежить від дотримання таких вимог: своєчасність виконання навчальних завдань; повний обсяг їх виконання; якість виконання навчальних завдань; самостійність виконання; творчий підхід у виконанні завдань; ініціативність у навчальній діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Биотехнология / Под ред. И. Хиггинса, Д. Беета, Дж. Джонса. Пер. с англ. – Москва : Мир, 1988. – 480 с.
2. Биотехнология: Учеб. пособие для вузов. В 8 кн. / Под ред. И. С. Егорова, В. Д. Самуилова. Москва : Высш. шк., 1987. – Кн. 1. – 159 с.
3. Биотехнология / Под ред. А. А. Баева. – Москва : Наука, 1984. – 309 с.
4. Елинов Н. П. Основы биотехнологии. Для студ. ин-тов, аспирантов и практич. работников / Н. П. Елинов – С.-Пб.: Наука, 1995. – 600 с.
5. Егорова Т. А. Основы биотехнологии: Учеб. пособие для высш. пед. учеб. завед. / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина // Под ред. Т. А. Егорова. – Москва : издат. центр «Академия», 2003. – 208 с.
6. Рогов И. А. Пищевая биотехнология: В 4 кн. Кн. 1. Основы пищевой биотехнологии. / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Г. П. Шуваева – Москва : Колос, 2004. – 440 с.
7. Сазыкин Ю. О. Биотехнология: Учебное пособие для студ. высш. учеб. Заведений / Ю. О. Сазыкин, С. Н. Орехов, И. И. Чакалева / Под ред. А. В. Катлинского. – Москва : Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.
8. Галяс В. Л. Біохімічний і біотехнологічний словник / В. Л. Галяс, А. Г. Колотницький – Львів : Оріяна-Нова, 2006. – 468 с.

Додаткова

9. Альбер Сассон. Биотехнология: свершения и надежды. Пер. с англ. / Сассон Альбер – Москва : Мир, 1987. – 411 с.
10. Сельскохозяйственная биотехнология / В. С. Шевелуха, Е. А. Калашникова, Е. С. Воронин и др. 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 2003. – 469 с.
11. Герасименко В. Г. Биотехнология: Уч. пособие для слушателей системы повышения квалификации Госагропрома / В. Г. Герасименко – Київ : Вища шк., 1989. – 343 с.

12. Голубев В. Н. Пищевая биотехнология / В. Н. Голубев, И. Н. Жиганов– Москва : Дели принт, 2001. – 123 с.
13. Безбородов А. М. Основы биотехнологии микробных синтезов / А. М. Безбородов – Ростов на Дону : Знание, 1989. – 112 с.
14. Кислухина О. Биотехнологические основы переработки растительного сырья / О. Кислухина, И. Кюдулас – Каунас : Технология, 1997. – 182 с.
15. Імунологія: Підручник / Вершигора А. Ю., Є. У. Пастер, Колибко Д. В. та ін. / За ред. А. Ю. Вершигори, Є. У. Пастера, Д. В. Колибко. – Київ : Вища шк., 2005. – 599 с.

Методичні вказівки щодо лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Загальна біотехнологія» для студентів денної форми навчання за напрямом
6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі: д.б.н., проф. В. В. Никифоров,
старш. викл. О. О. Никифорова

Відповідальний за випуск зав. кафедри к.х.н., доц. Т. Ф. Козловська

Підп. до др. _____ 2017 р. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600