

# НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ІКБГІ НАН України,  
Академік НАН України



Микола КУЧУК

9 березня 2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Клітинна та генетична інженерія рослин**

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань 09 «Біологія»

спеціальність 091 «Біологія та біохімія»

профілі підготовки «Біотехнологія», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія»

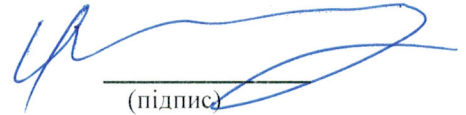
КИЇВ – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Клітинна та генетична інженерія рослин» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

7 березня 2023 року – 15 с.

Укладач програми:

Микола КУЧУК, директор ІКБГІ НАН України,  
д.б.н., проф., академік НАН України



(підпис)

Робоча програма дисципліни «Клітинна та генетична інженерія рослин» схвалена на засіданні вченої ради ІКБГІ НАН України (протокол № 5 від 23 травня 2016 року).

В зв'язку з внесенням змін до переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (постанова КМУ від 16 грудня 2022 р. № 1392), внесено відповідні зміни до робочої програми дисципліни «Клітинна та генетична інженерія рослин», що схвалено на засіданні вченої ради ІКБГІ НАН України (протокол № 2 від 7 березня 2023 року).

Робоча програма дисципліни «Клітинна та генетична інженерія рослин» розглянута та схвалена на засіданні відділу генетичної інженерії ІКБГІ НАН України.

Завідувач відділу акад. НАН України



Микола КУЧУК  
(підпис)

6 березня 2023 р.

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Клітинна та генетична інженерія рослин» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія», «Цитологія, клітинна біологія, гістологія» і є обов'язковою навчальною дисципліною».

Викладається на II курсі аспірантури **в обсязі – 90 годин (3 кредити ECTS)**, зокрема: лекції – 30 годин, семінари – 10 годин, самостійна робота – 50 години. У курсі передбачено два змістових модулі. Дисципліна завершується диференційованим заліком.

**Мета дисципліни** – Метою дисципліни «Клітинна та генетична інженерія рослин» є ознайомлення аспірантів з базовими поняттями та сучасними методами клітинної та генетичної інженерії: основні завдання біотехнології рослин; отримання та аналіз генетично модифікованих рослин (конструювання генетичних векторів для трансформації рослин, пряме та опосередковане введення чужорідної ДНК в рослинні клітини, селекція трансформованих рослин та методи аналізу трансгенів, застосування генетично модифікованих рослин); соматична гібридизація рослин; методи культивування рослинних об'єктів *in vitro* (культури недиференційованих клітин та органів); переваги та недоліки застосування продуктів генетичної та клітинної інженерії.

### **Завдання дисципліни:**

1. сформулювати уявлення про сучасні методи клітинної та генетичної інженерії рослин;
2. познайомити з перевагами та недоліками різноманітних методів;
3. дати студентам уявлення про сучасні тенденції в біотехнології рослин для майбутньої професійної орієнтації.

*В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен*

### **знати:**

- основні методи клітинної та генетичної інженерії рослин;
- переваги та ризики, пов'язані з використанням різних продуктів генетичної та клітинної інженерії в біотехнологічному виробництві.

### **вміти:**

- обирати методи клітинної та генетичної інженерії для вирішення певної дослідницької задачі;
- оцінювати, які нові рослинні системи можна створити за допомогою того чи іншого методу;
- проводити аналіз отриманих рослинних об'єктів;
- самостійно вивчати наукову літературу, в якій описані досягнення сучасної біотехнології рослин.

**володіти:** методами клітинної та генетичної інженерії рослин.

**Місце дисципліни** (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку підготовки).

Навчальна дисципліна "Клітинна та генетична інженерія " є обов'язковою навчальною дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія» за профілями підготовки «Біотехнологія».

Дисципліна є базовою; висвітлює генетичні основи біотехнології).

**Зв'язок з іншими дисциплінами.**

Навчальна дисципліна "Клітинна та генетична інженерія " є базовою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія за профілями підготовки «Біотехнологія», зокрема таких як цитологія, клітинна біологія, гістологія тощо.

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 Генетична інженерія**

**ТЕМА 1.** Біотехнологія рослин: основні завдання та можливі шляхи їх вирішення **(2 години)**

**ТЕМА 2.** Стабільна трансформація ядерного геному рослин **(20 годин)**

**ТЕМА 3.** Транзйентна експресія чужорідних генів в рослинах **(4 години)**

**ТЕМА 4.** Трансформація позаядерних геномів **(6 години)**

**ТЕМА 5.** Аналіз та застосування генетично модифікованих рослин **(14 годин)**

Модульна контрольна робота – **2 год.**

*Перелік питань за темою:*

1. Основні напрямки біотехнології рослин.
2. Механізм утворення пухлин у рослин: корончаті гали та бородаті корені.
3. Структура Ti- та Ri-плазмід агробактерій
4. Основні складові частини бінарних векторів, які використовують для агробактеріальної трансформації рослин.
5. Основні маркерні гени, які використовують в генетичній інженерії рослин.
6. Конструювання векторів для генетичної трансформації на основі вірусів рослин.

7. Методи прямого введення чужорідної ДНК в рослинні клітини.
8. Фактори, які перешкоджають накопиченню високих кількостей рекомбінантних білків в рослинах.
9. Можливі шляхи підвищення ефективності експресії перенесених генів при стабільній трансформації ядерного геному.
10. Транзйентна експресія чужорідних генів в рослинах
11. Особливості організації та експресії генетичного матеріалу пластид.
12. Переваги проведення експресії чужорідних генів в пластидах.
13. Способи генетичної трансформації пластоми.
14. Методи доведення наявності перенесених генів в рослинах.
15. Методи дослідження експресії перенесених генів.
16. Застосування генетично модифікованих рослин для визначення функцій окремих генів в рослинному організмі.
17. Застосування генетично модифікованих рослин для вивчення функцій генетичних регуляторних елементів.
18. Застосування генетично модифікованих рослин для дослідження міжбілкових взаємодій.
19. Створення методами генетичної інженерії сортів сільськогосподарських рослин з новими ознаками.
20. Рослини як продуценти фармацевтично цінних рекомбінантних білків.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 Клітинна інженерія**

**ТЕМА 6. Соматична гібридизація вищих рослин. (18 годин)**

**ТЕМА 7. Рослинні системи *in vitro*. (22 години)**

**Модульна контрольна робота – 2 год.**

*Перелік питань за темою:*

1. Виділення та культивування протопластів вищих рослин.
2. Методи злиття протопластів рослин.
3. Асиметрична соматична гібридизація.
4. Методи селекції соматичних гібридів.
5. Методи аналізу ядерного геному соматичних гібридів.
6. Методи аналізу позаядерних геномів соматичних гібридів.
7. Поведінка ядерних генів після соматичній гібридизації.
8. Поведінка цитоплазматичних генів після соматичній гібридизації.
9. Вивчення ядерно-цитоплазматичних взаємодій за допомогою соматичних гібридів.
10. Просторова організація батьківських геномів в ядрах соматичних гібридів.
11. Калусні та суспензійні культури недиференційованих рослинних клітин.

12. Культури недиференційованих клітин рослин як джерело цінних метаболітів.
13. Шляхи підвищення продуктивності культур недиференційованих клітин рослин.
14. Отримання культур бородатих коренів.
15. Переваги культур трансгенних коренів з точки зору біотехнологічного виробництва.
16. Шляхи підвищення продуктивності культур трансгенних коренів.
17. Переваги рослинних систем з точки зору виробництва рекомбінантних білків.
18. Підходи, які дозволяють досягти підвищити рівень накопичення рекомбінантних білків в рослинах.
19. Методи очищення рекомбінантних білків.
20. Вивчення впливу продуктів генетичної інженерії на здоров'я людей та стан довкілля.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРІВ,  
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

| №<br>з/п                            | Назва                                                                                                                         | Кількість годин |          |           |                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|-----------|----------------------|
|                                     |                                                                                                                               | лекції          | семінари | практичні | самостійна<br>робота |
|                                     | <b>Змістовий модуль 1</b><br><b>Генетична інженерія рослин</b>                                                                |                 |          |           |                      |
| 1                                   | <b>Тема 1.</b> Агробактерії як інструменти генетичної інженерії рослин.                                                       | 2               | -        | -         | 2                    |
| 2                                   | <b>Тема 2.</b> Генетичні вектори для трансформації рослин.                                                                    | 2               | -        | -         | 4                    |
| 3                                   | <b>Тема 3.</b> Методи прямого введення чужорідної ДНК в рослинні клітини.                                                     | 2               | -        | -         | 4                    |
| 4                                   | <b>Тема 4.</b> Шляхи підвищення ефективності експресії перенесених генів в рослинах.                                          | 2               | 2        | -         | 4                    |
| 5                                   | <b>Тема 5.</b> Транзйентна експресія чужорідних генів в рослинах.                                                             | 2               | -        | -         | 4                    |
| 6                                   | <b>Тема 6.</b> Генетична трансформація пластоми.                                                                              | 2               | -        | -         | 4                    |
| 7                                   | <b>Тема 7.</b> Методи аналізу генетично модифікованих рослин.                                                                 | 2               | -        | -         | 4                    |
| 8                                   | <b>Тема 8.</b> Застосування генетично модифікованих рослин в дослідницькій роботі та в біотехнологічному виробництві.         | 2               | 2        | -         | 4                    |
| 9                                   | Модульна контрольна робота 1                                                                                                  |                 | 2        | -         | -                    |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b> |                                                                                                                               | <b>16</b>       | <b>6</b> |           | <b>30</b>            |
|                                     | <b>Змістовий модуль 2</b><br><b>Клітинна інженерія рослин</b>                                                                 |                 |          |           |                      |
| 10                                  | <b>Тема 9.</b> Культура ізольованих протопластів та соматична гібридизація вищих рослин.                                      | 2               | -        | -         | 4                    |
| 11                                  | <b>Тема 10.</b> Методи аналізу соматичних гібридів.                                                                           | 2               | -        | -         | 2                    |
| 12                                  | <b>Тема 11.</b> Застосування соматичних гібридів у дослідницькій роботі.                                                      | 2               | -        | -         | 2                    |
| 13                                  | <b>Тема 12.</b> Культури недиференційованих рослинних клітин як об'єкт біотехнології.                                         | 2               | -        | -         | 4                    |
| 14                                  | <b>Тема 13.</b> Культури трансгенних коренів.                                                                                 | 2               | -        | -         | 2                    |
| 15                                  | <b>Тема 14.</b> Методи отримання рекомбінантних білків з рослинних систем.                                                    | 2               | -        | -         | 4                    |
| 16                                  | <b>Тема 15.</b> Переваги та ризики, пов'язані з використанням продуктів генетичної та клітинної інженерії в біотехнологічному | 2               | 2        | -         | 2                    |

|                                     |                                      |           |           |          |           |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                                     | виробництві.                         |           |           |          |           |
| 17                                  | Модульна контрольна робота 2. Залік. |           | 2         | -        | -         |
| <b>Разом за змістовим модулем 2</b> |                                      | <b>14</b> | <b>10</b> | <b>-</b> | <b>20</b> |
| <b>ВСЬОГО</b>                       |                                      | <b>30</b> | <b>10</b> | <b>-</b> | <b>50</b> |

Загальний обсяг – **90** годин (**3 кредити ECTS**), у тому числі:

Лекції – **30** годин

Семінари – 10 годин

Самостійна робота – 50 годин



# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

## Генетична інженерія рослин

**Тема № 1.** Агробактерії як інструменти генетичної інженерії рослин – 2 год.

Особливості життєдіяльності *Agrobacterium tumefaciens* та *A. rhizogenes*. Механізм утворення пухлин у рослин: корончаті гали та бородаті корені. Природні та модифіковані плазмідні агробактерій. Роль окремих частин Ti- та Ri-плазмід в процесі трансформації рослинних клітин. Ділянка вірулентності та T-ДНК. Роль рослинних білків в процесах транспорту та інтеграції T-ДНК.

**Завдання для самостійної роботи** – Самостійне вивчення літератури – 2 год.  
*Література* [1,6,14,15]

**Тема 2.** Генетичні вектори для трансформації рослин – 2 год.

Бінарні вектори для агробактеріальної трансформації рослин. Основні складові частини вектора. Гени в межах T-ДНК: селективні та неселективні маркерні гени, цільові гени. Регуляторні елементи, які забезпечують експресію перенесених генів в рослинній клітині. Конструювання векторів на основі вірусів рослин.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 4 год.  
*Література* [2 ,9,16]

**Тема 3.** Методи прямого введення чужорідної ДНК в рослинні клітини – 2 год.

Біобалістичний метод. Електропорація. Введення ДНК при обробці поліетиленгліколем. Мікроін'єкція ДНК та перенос ізольованих хромосом в протопласти.

**Завдання для самостійної роботи** – Самостійне вивчення літератури – 2 год.  
*Література* [8,9,11]

**Тема 4.** Шляхи підвищення ефективності експресії перенесених генів в рослинах – 2 год.

Фактори, які перешкоджають накопиченню високих кількостей рекомбінантних білків в рослинах. Пост-транскрипційне замовкання генів. Внутрішньоклітинні протеїнази. Конструювання векторів для високоефективної експресії перенесених генів. Використання сигналів внутрішньоклітинної локалізації цільових білків та супресорів замовкання генів.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 4 год.  
*Література* [1,11,17,18]

**Тема 5.** Транзйентна експресія чужорідних генів в рослинах – 2 год.

Явище тимчасової (транзйентної) експресії перенесених генів. Переваги транзйентної експресії з точки зору дослідницької роботи та біотехнологічного виробництва. Способи проведення транзйентної експресії чужорідних генів в рослинах.

**Завдання для самостійної роботи** – Самостійне вивчення літератури – 2 год.  
*Література* [11,22]

**Тема 6.** Генетична трансформація пластоми – 2 год.

Особливості організації та експресії генетичного матеріалу пластид. Переваги проведення експресії чужорідних генів в пластидах. Способи генетичної трансформації пластоми. Вектори для введення чужорідної ДНК в пластом. Селективні маркерні гени, які використовують для відбору рослин з трансформованим пластомом.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 4 год.  
*Література* [25,26]

**Тема 7.** Методи аналізу генетично модифікованих рослин - 2 год.

Методи доведення наявності трансгенів. Полімеразна ланцюгова реакція. Блот-гібридизація ДНК за методом Саузерна. Дослідження експресії трансгенів на рівні транскрипції (ПЛР у комбінації із зворотною транскрипцією, нозерн-блот гібридизація) та трансляції (вестерн-блот гібридизація, аналіз продуктів маркерних генів, визначення активності цільових білків).

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 4 год.  
*Література* [1,6,11]

**Тема 8.** Застосування генетично модифікованих рослин в дослідницькій роботі та в біотехнологічному виробництві – 2 год.

Визначення функцій окремих генів в рослинному організмі. Експресія нових генів або супер-експресія додаткових генів рослини. Пригнічення експресії власних генів рослини шляхом транскрипції в антисенс-орієнтації або індукції пост-транскрипційного замовкання. Вивчення функцій регуляторних елементів: промоторів, нетрансльованих ділянок транскриптів, сигналів внутрішньоклітинної локалізації білків. Дослідження міжбілкових взаємодій.

**Завдання для самостійної роботи – Вирішення задач – 2 год.**  
*Література [9,12,22]*

**Модульна контрольна робота 1 – 2 год.**

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **Клітинна інженерія рослин**

**Тема 9.** Культура ізольованих протопластів та соматична гібридизація вищих рослин – 2 год.

Виділення та культивування протопластів вищих рослин. Злиття протопластів різних видів рослин. Асиметрична гібридизація. Методи селекції соматичних гібридів. Використання мутантних та генетично модифікованих батьківських рослин.

**Завдання для самостійної роботи – Самостійне вивчення літератури – 2 год.**  
*Література [4,7,11]*

**Тема 10.** Методи аналізу соматичних гібридів – 2 год.

Аналіз ядерного геному. Цитогенетичні дослідження. Визначення ізоформ ферментів. Вивчення організації геномів хлоропластів та мітохондрій. Аналіз ДНК за допомогою ендонуклеаз рестрикції, ПЛР, блот-гібридизації. Аналіз вторинних метаболітів.

**Завдання для самостійної роботи – Вирішення задач – 4 год.**  
*Література [4,7,11, 13]*

**Тема 11.** Застосування соматичних гібридів у дослідницькій роботі – 2 год.

Вивчення ядерно-цитоплазматичних взаємодій. Дослідження просторової організації ядерного геному. Поява нових метаболітів. Отримання віддалених гібридів.

**Завдання для самостійної роботи – Самостійне вивчення літератури – 2 год.**  
*Література [4,7,11,20]*

**Тема 12.** Культури недиференційованих рослинних клітин як об'єкт біотехнології – 2 год.

Калусні та суспензійні культури недиференційованих рослинних клітин. Накопичення цінних метаболітів в культурах недиференційованих клітин.

Шляхи підвищення продуктивності: елісітація, генетична трансформація. Культури недиференційованих клітин як джерело рекомбінантних білків.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 3 год.

*Література* [3,7,13,19]

**Тема 13.** Культури трансгенних коренів – 2 год.

Отримання культур бородатих коренів. Переваги культур трансгенних коренів з точки зору біотехнологічного виробництва: генетична стабільність та можливість секреції цільового продукту. Утворення нових метаболітів.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 3 год.

*Література* [3,7,13,19]

**Тема 14.** Методи отримання рекомбінантних білків з рослинних систем – 2 год.

Переваги рослинних систем з точки зору виробництва рекомбінантних білків. Підходи, які дозволяють досягти високого рівня накопичення цільового білку: вдосконалення генетичних конструкцій, трансформація пластоми, транзйєтна експресія. Методи очищення рекомбінантних білків. Афінна хроматографія з використанням білкових міток. Їстівні вакцини.

**Завдання для самостійної роботи** – Вирішення задач – 4 год.

*Література* [1,9,21,22]

**Тема 15.** Переваги та ризики, пов'язані з використанням продуктів генетичної та клітинної інженерії в біотехнологічному виробництві – 2 год.

Вивчення впливу продуктів генетичної інженерії на здоров'я людей та стан довкілля. Методи контролю за розповсюдженням трансгенів. Законодавче регулювання застосування генетично модифікованих рослин.

**Завдання для самостійної роботи** – Самостійне вивчення літератури – 4 год.

*Література* [23,24]

**Модульна контрольна робота 2** – 2 год. Залік.

### **КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ І РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ЗДОБУВАЧІ**

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 входять теми 1-8, у змістовий модуль 2 – теми 9-15.

Види контролю - поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті регулярну перевірку засвоєння слухачами навчального матеріалу. Форми проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, тестовий контроль, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

### Оцінювання за формами поточного контролю:

|                             | Змістовий модуль 1 |        | Змістовий модуль 2 |        | Залік     | Підсумкова оцінка |
|-----------------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|-----------|-------------------|
| Максимальна кількість балів | Поточний контроль  | Тест 1 | Поточний контроль  | Тест 2 |           |                   |
|                             | 10                 | 20     | 10                 | 20     | 40        | 100               |
| <b>Сума</b>                 | <b>30</b>          |        | <b>30</b>          |        | <b>40</b> | <b>100</b>        |

Для аспірантів, які набрали за результатами поточного контролю у двох змістових модулях сумарно меншу кількість балів, ніж критичний мінімум 30 балів, проходження додаткового тестування є обов'язковим для допуску до заліку.

Підсумковий контроль проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів усіх змістових модулів.

Загальна оцінка за вивчення курсу складається із суми оцінок, отриманих при підсумковому контролі, та оцінки, отриманої на заліку.

### Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

| Рівень досягнень<br>(бали за освітню діяльність) | Оцінка<br>ЄKTC/ECTS | Оцінка за національною<br>шкалою (National grade) |
|--------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| 90 – 100                                         | <b>A</b>            | <b>відмінно (Excellent)</b>                       |
| 75 – 89                                          | <b>B</b>            | <b>добре (Good)</b>                               |
| 60 – 74                                          | <b>C</b>            | <b>задовільно (Satisfactory)</b>                  |
| 1 – 59                                           | <b>D</b>            | <b>незадовільно (Fail)</b>                        |

### Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного викладання матеріалу, дослідницькі.

### Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний; ноутбук.

### Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторні приміщення відділу генетичної інженерії.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література

1. Біотехнологія рослин : [навчальний посібник] / Т.М.Сатарова, О.Є.Абраїмова, А.І.Вінніков, А.В.Черенков. – Дніпропетровськ : Адверта, 2016. – 136 с
2. Компанець Т. Віруси як вектори. Курс лекцій., Київ, 2007. 84 с.
3. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Київ: Логос, 2005. 730 с.
4. Глеба Ю.Ю., Сытник К.М. Клеточная инженерия растений. - К., Наукова думка, 1984.
5. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Київ:Наукова думка, 2005. 272 с.
6. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин: підручник. Київ: Поліграф Консалтинг, 2003. 520
7. Мусієнко М. М., Панюта О. О. Культура ізольованих клітин, тканин і органів рослин. Київ: Фітоцентр, 2001. 48 с
8. Галяс В. Л., Колотницький А. . Біохімічний і біотехнологічний словник. Львів:Оріяна-Нова, 2006. 468 с.
9. Ніколайчук В.І., Горбатенко І.Ю. Генетична інженерія: Підручник для студентів біол.спеціальностей вищих навчальних закладів освіти.- Ужгород, 1999.
10. Charles E. Wyman (auth.), Peter N. Mascia, Jürgen Scheffran, Jack M. Widholm (eds.) Plant Biotechnology for Sustainable Production of Energy and Co-products / - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010
11. C. Neal, Jr. Stewart Plant Biotechnology and Genetics: Principles, Techniques and Applications, Wiley, 2008
12. Grohmann, L., Keilwagen, J., Duensing, N., Dagand, E., Hartung, F., Wilhelm, R., ... & Sprink, T. (2019). Detection and identification of genome editing in plants: challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 10, 236.
13. Fontanel A., Tabata M. Production of secondary metabolites by plant tissue and cell cultures. Present aspects and prospects. // Nestle Research News 1986/87. – Vevey: Nestec Ltd., 1987. – P.93–103.

### Додаткова література

14. Lacroix, B., & Citovsky, V. (2019). Pathways of DNA transfer to plants from *Agrobacterium tumefaciens* and related bacterial species. *Annual review of phytopathology*, 57, 231-251.
15. Gelvin S.B. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: the biology behind the "gene-jockeying" tool. // Microbiol. Mol. Biol. Rev. - 2004. - Vol.67 - P.16-37
16. Miki B., VcHugh S. Selectable marker genes i transgenic plants: applcations, altenatives and biosafety // J. Biotech. – 2004 – Vl. 107 – P. 193-232.

17. Streatfield S.J. Approaches to achieve high-level heterologous protein production in plants. // *Plant Biotechnol. J.* - 2007. - Vol. 5 – P. 2-15.
18. Benchabane M., Goulet C., et al. Preventing unintended proteolysis in plant protein biofactories. // *Plant Biotechnol J* - 2008. - Vol. 6 - P.633-48.
19. Vanisree M., Lee C.-Y., Lo S.F. et al. Studies on the production of some important secondary metabolites from medicinal plants by plant tissue culture // *Bot. Bull. Acad. Sin.* – 2004 – Vol. 45 – P. 1-22.
20. Hashimoto T., Yun D.J. Yamada Y. Production of tropane alkaloids in genetically engineered root cultures // *Phytochemistry.* – 1993. – Vol. 32. – P. 713–718
21. Larrick J.W., Thomas D.W. Producing proteins in transgenic plants and animals. // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2001. – Vol. 12. – P. 411-418.
22. Daniell H., Streatfield S.J., Wycoff K. Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants. // *Trends in Plant Sci.* – 2001. – Vol. 6. – P. 219–226.
23. Elenis et al. Advances in molecular techniques for the detection and quantification of genetically modified organisms // *Anal Bioanal Chem* - 2008. - Vol. 392 - P. 347-354.
24. Marmiroli et al. Methods for detection of GMOs in food and feed // *Anal Bioanal Chem* - 2008. - Vol. 392 - P. 369-384
25. Yarra, R. (2020). Plastome engineering in vegetable crops: current status and future prospects. *Molecular Biology Reports*, 47(10), 8061-8074.
26. Dix, P. J., & Kavanagh, T. A. (1995). Transforming the plastome: genetic markers and DNA delivery systems. *Euphytica*, 85, 29-34.