

# НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ІКБГІ НАН України,  
академік НАН України



Микола КУЧУК

17 липня 2025 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Культура клітин і тканин *in vitro*  
як методологічна база біотехнології рослин

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії

галузь знань Е «Природничі науки, математика та статистика»

спеціальність Е1 «Біологія та біохімія»

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

Шифр за освітньо-науковою програмою – ОК 1.05

Робоча програма навчальної дисципліни «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань Е «Природничі науки, математика та статистика» за спеціальністю Е1 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія» та «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

17 липня 2025 року – 17 с.

Укладач програми:

Валерія БЕЛОКУРОВА,  
старший науковий співробітник  
відділу генетичної інженерії  
ІКБГІ НАН України,  
к.б.н., с.н.с.



(підпис)

Робоча програма дисципліни «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» схвалена на засіданні вченої ради ІКБГІ НАН України (протокол № 6 від 17 липня 2025 року).

Робоча програма дисципліни «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» розглянута на засіданні відділу генетичної інженерії ІКБГІ НАН України.

Завідувач відділу акад. НАН України



(підпис)

Микола КУЧУК

17 липня 2025 р.

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань Е «Природничі науки, математика та статистика» за спеціальністю Е1 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія» та «Цитологія, клітинна біологія, гістологія» і є обов'язковою навчальною дисципліною.

Викладається на I курсі аспірантури **в обсязі 60 годин (2 кредити ECTS)** зокрема: лекції – 30 годин, семінари – 4 години, самостійна робота – 26 годин. Передбачено 2 змістових модулі. Вивчення дисципліни завершується диференційованим заліком.

**Мета дисципліни** – отримання базових знань щодо основних теоретичних та методологічних підходів культивування рослинних клітин, тканин та органів *in vitro* та їхнього застосування в сучасних експериментальних дослідженнях та практичній біотехнології рослин; забезпечення практичної підготовки фахівців в галузі біотехнології рослин.

### **Завдання** –

1. вивчення основних принципів і методів культивування рослинних клітин, тканин та органів в асептичних умовах;
2. ознайомлення з базовими методологічними підходами до роботи з рослинним матеріалом в культурі *in vitro*;
3. вивчення особливостей використання методів культури *in vitro* поряд з досягненнями в галузі фізіології рослин, загальної та молекулярної генетики як теоретичної та практичної основи розвитку основних напрямів сучасної біотехнології рослин;
4. вивчення можливостей використання методології культури *in vitro* рослинного матеріалу для вирішення практичних задач, зокрема, збереження довкілля та рослинного біорізноманіття, покращення існуючих сільськогосподарських культур, отримання рослинних біологічно активних сполук тощо.

В результаті вивчення навчальної дисципліни у здобувачів мають бути сформовані:

### Інтегральна компетентність (ІК):

Здатність розв'язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

### Загальні компетентності:

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розробляти та управляти проектами.

ЗК04. Здатність мотивувати людей та рухатися вперед.

ЗК05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК06. Здатність працювати автономно.

### Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК)

СК01. Здатність планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у біології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у наукових виданнях з біології та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, розуміти англійські наукові тексти за напрямом досліджень.

СК04. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у закладах вищої освіти.

СК05. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, які проводять.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в біології та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК08. Здатність сформувати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел

літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

РН08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

РН09. Знати основні поняття, визначення, термінологію в галузі культури *in vitro* та біотехнології рослин; основні принципи роботи з культивованим *in vitro* рослинним матеріалом; знати основні типи асептичних культур та можливості їхнього використання для проведення фундаментальних досліджень і застосування у практичній діяльності; знати основні напрями сучасної біотехнології рослин та їх значення в практичній діяльності людини.

РН10. Вміти користуватись основним обладнанням, яке застосовується при роботі в лабораторії культури тканин; набути навичок самостійної роботи в асептичних умовах *in vitro*; вміти проводити інформаційний пошук та самостійно вивчати наукову літературу в галузі культури *in vitro* та біотехнології рослин, аналізувати та інтерпретувати опубліковані результати; вміти вести наукові дискусії з питань методології культури *in vitro*, її застосування в сучасній біотехнології рослин, значення та ролі біотехнології в господарській діяльності людини.

РН11. Володіти базовими навичками самостійної роботи з рослинним матеріалом в асептичних умовах *in vitro*.

### **Місце дисципліни.**

Навчальна дисципліна «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» є обов'язковою дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії в галузі знань Е «Природничі

науки, математика та статистика» за спеціальністю Е1 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія» та «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

Дисципліна є базовою; висвітлює загальні теоретичні принципи і практичні підходи використання методології культивування рослинного матеріалу *in vitro* на різних рівнях організації (клітини, тканини, цілісний рослинний організм); методологію культивування різних типів асептичних культур рослин та адекватного їх обрання стосовно вирішення конкретних загальнонаукових та практичних завдань; основні завдання, напрями та досягнення сучасної біотехнології рослин на основі методів культури *in vitro*.

### **Зв'язок з іншими дисциплінами.**

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» є отримані здобувачами протягом навчання в закладах вищої освіти теоретичні та практичні знання з фізіології рослин, генетики, молекулярної біології. Навчальна дисципліна «Культура клітин і тканин *in vitro* як методологічна база біотехнології рослин» є базовою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю Е1 «Біологія та біохімія» за профілями підготовки «Біотехнологія» та «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Змістовий модуль 1. Основні теоретичні та методологічні принципи культивування рослинних клітин і тканин *in vitro*.**

**Тема 1.** Поняття, історія розвитку методології культури *in vitro* та основні напрямки сучасної біотехнології рослин на її основі. (4 години)

Розвиток методів культури *in vitro* в історичному аспекті. Основні типи рослинних асептичних культур. Поняття про культури дедиференційованих клітин та культури органів рослин; їх основні характеристики. Поняття біотехнології рослин, її ролі та місця в сфері наукових досліджень та в господарській діяльності людини. Основні напрямки біотехнології рослин із застосуванням методології культивування *in vitro*.

**Тема 2.** Техніка культивування *in vitro*. Живильні середовища та їхні компоненти. Фітогормони та регулятори росту рослин. (6 годин)

Основні вимоги до обладнання лабораторії для роботи з культурами *in vitro*. Матеріали, реактиви, інвентар. Способи стерилізації лабораторного посуду, інструментів, живильних середовищ. Основні компоненти живильних середовищ для вирощування рослинного матеріалу. Функції мінеральних елементів, що входять до складу середовищ. Роль вітамінів, цукрів, біологічних екстрактів. Основні типи фітогормонів. Поняття регуляторів росту рослин.

Ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизова кислота, етилен. Жасмонати, брасиностероїди, поліаміни, саліцилова кислота, стріголактони. Принципи підбору складу живильних середовищ. Фізичні умови культивування *in vitro*.

**Тема 3.** Тотипотентність рослинних клітин. Системи культивування рослинного матеріалу *in vitro*. (8 годин)

Поняття тотипотентності рослинних клітин, її експериментальні докази. Введення рослинного матеріалу в асептичну культуру. Калюсні та суспензійні культури. Особливості росту популяції дедиференційованих клітин. Методи оцінки життєздатності та темпів росту культивованих клітин. Методи синхронізації клітинних культур. Способи культивування рослинного матеріалу в рідкому середовищі. Біореактори. Культура ізольованих меристем. Культура генеративних тканин рослин. Культура ізольованих коренів. Імобілізовані клітини.

**Тема 4.** Диференціація та дедиференціація *in vitro*. Методи регенерації рослин. (4 години)

Дедиференціація клітин *in vitro*, її основні ознаки. Васкулярна диференціація. Способи детекції диференціації. Експериментальні системи для вивчення диференціації *in vitro* та їхні особливості. Органогенез і соматичний ембріогенез; їхні спільні та відмінні риси та можливості застосування. Пряма і непряма регенерація. Основні стадії соматичного ембріогенезу.

**Тема 5.** Стабільність і мінливість генотипів культивованих клітин. Сомаклональна мінливість. Індукований *in vitro* мутагенез. (6 годин)

Поняття генетичної та епігенетичної мінливості. Сомаклональна мінливість, її прояв на різних рівнях організації культивованого рослинного матеріалу. Фактори, що впливають на виникнення сомаклональної мінливості. Можливості керування рівнем мінливості культивованих клітин. Практичне використання сомаклональних варіантів. Клітинна селекція. Використання індукованого мутагенезу *in vitro*, його обмеження та переваги.

**Змістовий модуль 2. Застосування методів культури *in vitro* в дослідженнях в галузі біотехнології рослин.**

**Тема 6.** Мікроклональне розмноження рослин. (6 годин)

Поняття мікроклонального розмноження рослин. Основні стадії процесу мікроклонального розмноження та їхня характеристика. Методи індукції множинних пагонів *in vitro*. Використання "штучного насіння". Переваги і обмеження мікроклонального розмноження рослин порівняно з традиційними методами вегетативного розмноження. Елімінація вірусів при мікроклональному розмноженні рослин. Термотерапія.

**Тема 7.** Використання методів культури *in vitro* для продукції біологічно активних речовин. (6 годин)

Поняття вторинних метаболітів рослин, їх практичне застосування. Порівняльне значення використання культури *in vitro* як методу отримання біологічно активних речовин. Біосинтетична здатність клітинних культур; фактори, що впливають на продуктивність культури. Поняття біотрансформації. Селекція високопродуктивних клітинних ліній. Культури ізольованих та трансгенних коренів як біореактори. Приклади комерційного синтезу вторинних метаболітів з використанням біотехнологічних методів.

**Тема 8.** Культура ізольованих протопластів та соматична гібридизація рослин. (6 годин)

Поняття рослинного протопласту. Методи ізолювання протопластів (механічний та ферментативний; їхні обмеження та переваги). Основні стадії процесу виділення протопластів. Принципи формування живильних середовищ для культивування протопластів. Основні методи культивування протопластів рослин. Основні стадії розвитку протопластів та регенерації з них рослин. Поняття соматичної гібридизації рослин. Методи індукованого злиття протопластів. Клітинні продукти гібридизації. Симетричні та асиметричні гібриди, цибриди. Сегрегація генів після злиття протопластів. Успадкування цитоплазматичних генів при соматичній гібридизації. Методи селекції та аналізу соматичних гібридів. Практичні можливості застосування технології соматичної гібридизації.

**Тема 9.** Генетична трансформація рослин. (6 годин)

Поняття генетичної трансформації рослин та її ролі для фундаментальної науки і практичного використання. Культуральні аспекти генетичної трансформації. *Agrobacterium*-опосередкована та пряма генетична трансформація; їхні особливості та основні методи. Трансформація *in planta*. Будова Ti- та Ri-плазмід. Селективні маркерні гени у складі векторів для генетичної трансформації. Репортерні гени. Способи аналізу трансгенної природи трансформованих рослин. Створення культур трансформованих коренів «hairy roots». Досягнення та перспективи практичного використання генетично модифікованих рослин.

**Тема 10.** Використання методів культури *in vitro* та інших біотехнологічних підходів для збереження рослинного генофонду. (6 годин)

Основні способи збереження біорізноманіття рослин. Роль біотехнологічних підходів в цій системі. Переваги та обмеження використання банків рослинного матеріалу *in vitro*; фактори, що впливають на ефективність технології. Використання методів «повільного росту» для тривалого зберігання культивованого матеріалу. Кріоконсервація як метод збереження генофонду рослин. Масштабні генетичні банки *in vitro*, особливості їх створення, підтримання та використання.

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

№ з/п	Назва	Кількість годин			
		лекції	семінари	практичні	самостійна робота
<b>Змістовий модуль 1</b> Основні теоретичні та методологічні принципи культивування рослинних клітин і тканин <i>in vitro</i> .					
1	<b>Тема 1.</b> Поняття, історія розвитку методології культури <i>in vitro</i> та основні напрямки сучасної біотехнології рослин на її основі.	2	-	-	2
2	<b>Тема 2.</b> Техніка культивування <i>in vitro</i> . Живильні середовища та їхні компоненти. Регулятори росту рослин.	4	-	-	2
3	<b>Тема 3.</b> Тотипотентність рослинних клітин. Системи культивування рослинного матеріалу <i>in vitro</i> .	4	-	-	4
4	<b>Тема 4.</b> Дедиференціація та диференціація <i>in vitro</i> . Методи регенерації рослин.	2	-	-	2
5	<b>Тема 5.</b> Стабільність і мінливість генотипів культивованих клітин. Сомаклональна мінливість. Індукований <i>in vitro</i> мутагенез.	4	-	-	2
	<b>Семінар 1</b> за темами 1-5, <b>тест 1</b>	-	2	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>12</b>
<b>Змістовий модуль 2</b> Застосування методів культури <i>in vitro</i> в дослідженнях в галузі біотехнології рослин.					
6	<b>Тема 6.</b> Мікроклональне розмноження рослин.	2	-	-	4
7	<b>Тема 7.</b> Використання методів культури <i>in vitro</i> для продукції біологічно активних речовин.	2	-	-	4
8	<b>Тема 8.</b> Культура ізольованих протопластів та соматична гібридизація рослин.	4	-	-	2
9	<b>Тема 9.</b> Генетична трансформація рослин.	4	-	-	2
10	<b>Тема 10.</b> Використання методів культури <i>in vitro</i> та інших біотехнологічних підходів для збереження рослинного генофонду.	2	-	-	2
	<b>Семінар 2</b> за темами 6-10, <b>тест 2</b>	-	2	-	-
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		<b>14</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>14</b>
<b>ВСЬОГО</b>		<b>30</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>26</b>

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

### КУЛЬТУРА РОСЛИННИХ КЛІТИН І ТКАНИН *IN VITRO*

**ТЕМА 1.** Поняття, історія розвитку методології культури *in vitro* та основні напрямки сучасної біотехнології рослин на її основі. (4 години)

**Лекція 1.** Поняття, історія розвитку методології культури *in vitro* та основні напрямки сучасної біотехнології рослин. (2 години)

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Історія розвитку методів культивування рослинного матеріалу *in vitro*. Основні напрямки і досягнення сучасної біотехнології рослин.

**Рекомендована література:** [3, 11, 42, 43, 49, 53, 54]

**ТЕМА 2.** Техніка культивування *in vitro*. Живильні середовища та їхні компоненти. Регулятори росту рослин. (6 годин)

**Лекція 2.** Техніка культивування *in vitro*. Основні компоненти живильних середовищ (2 години)

**Лекція 3.** Регулятори росту рослин (2 години)

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Основні компоненти живильних середовищ. Основні класи регуляторів росту рослин та їх використання в культурі *in vitro*.

**Рекомендована література:** [1, 3, 4-6, 32, 41, 48, 51, 52]

**ТЕМА 3.** Тотипотентність рослинних клітин. Системи культивування рослинного матеріалу *in vitro*. (8 годин)

**Лекція 4.** Тотипотентність рослинних клітин. Калюсні та суспензійні культури. Культури генеративних тканин рослин. (2 години).

**Лекція 5.** Культури ізольованих органів рослин. Культури іммобілізованих клітин. (2 години).

**Завдання для самостійної роботи** (4 години) Поняття тотипотентності рослинних клітин та її експериментальні докази. Порівняльна характеристика комерційних систем культивування калюсних та суспензійних культур. Культури ізольованих органів та іммобілізованих клітин рослин як біореактори.

**Рекомендована література:** [3, 5, 6, 14, 15, 19, 22]

**Тема 4.** Дедиференціація та диференціація *in vitro*. Методи регенерації рослин (4 години)

**Лекція 6.** Дедиференціація та диференціація *in vitro*. Методи регенерації рослин (2 години).

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Васкулярна диференціація та способи її кількісної та якісної оцінки. Порівняльна характеристика основних шляхів морфогенезу *in vitro*.

**Рекомендована література:** [3, 5, 6, 16, 17, 19-21, 23, 25, 31, 46]

**Тема 5.** Стабільність і мінливість генотипів культивованих клітин. Сомаклональна мінливість. Індукований *in vitro* мутагенез. (6 годин)

**Лекція 7.** Стабільність і мінливість генотипів культивованих клітин. Сомаклональна мінливість. (2 години).

**Лекція 8.** Індукований *in vitro* мутагенез. Клітинна селекція. (2 години).

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Сомаклональні варіанти для практичного застосування. Порівняльна характеристика систем класичного мутагенезу та мутагенезу *in vitro*. Порівняльна характеристика використання соматональної мінливості, індукованого мутагенезу та системи зворотних схрещувань при створенні генетичних варіантів за однією ознакою.

**Рекомендована література:** [1, 3, 6]

**Семінар 1.** Теми 1 – 5 (2 години)

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2**

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* В ДОСЛІДЖЕННЯХ В ГАЛУЗІ БІОТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИН**

**ТЕМА 6.** Мікроклональне розмноження рослин. (6 годин)

**Лекція 9.** Методологічні принципи та основні етапи мікроклонального розмноження рослин (2 години).

**Лекція 10.** Контроль якості рослинного матеріалу при мікроклональному розмноженні. «Штучне насіння» (2 години).

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Основні стадії мікроклонального розмноження. Оздоровлення рослинного матеріалу. Методи елімінації вірусів.

**Рекомендована література:** [2, 3, 4-8, 10, 24, 26, 29, 30, 38, 39, 45, 55, 56]

**ТЕМА 7.** Використання методів культури *in vitro* для продукції біологічно активних речовин. (6 годин)

**Лекція 11.** Використання методів культури *in vitro* для продукції біологічно активних речовин. (2 години)

**Завдання для самостійної роботи** (4 години) Основні етапи технології комерційного синтезу вторинних метаболітів з використанням клітинних культур. Порівняльна характеристика систем масового культивування рослинних і мікробних клітин.

**Рекомендована література:** [1, 6, 10, 14, 18, 28, 34, 35]

**ТЕМА 8.** Культура ізольованих протопластів та соматична гібридизація рослин. (6 годин)

**Лекція 12.** Культура ізольованих протопластів рослин. (2 години)

**Лекція 13.** Соматична гібридизація рослин; її можливості та обмеження. (2 години)

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Генетична та фізіологічна комплементарність при відборі соматичних гібридів. Соматичні гібриди різних

видів рослин для цілей фундаментальних досліджень та практичного використання.

**Рекомендована література:** [6, 11, 40]

**ТЕМА 9.** Генетична трансформація рослин (4 години)

**Лекція 14.** Поняття генетичної трансформації рослин та її основні методи. Практичне значення та основні досягнення технології трансформації. Культуральні основи робіт з генетичної трансформації рослин. (2 години).

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Транзйентна експресія перенесених генів; її особливості, переваги та обмеження. Застосування транзйентної експресії в сучасних біотехнологічних дослідженнях та виробництві.

**Рекомендована література:** [6, 9, 13, 27, 36, 37, 44]

**ТЕМА 10.** Використання методів культури *in vitro* та інших біотехнологічних підходів для збереження рослинного генофонду. (4 години)

**Лекція 15.** Використання методів культури *in vitro* та інших біотехнологічних підходів для збереження рослинного генофонду. (2 години)

**Завдання для самостійної роботи** (2 години) Порівняльний аналіз особливостей збереження біорізноманіття рослин *in situ* та *ex situ*.

**Рекомендована література:** [4, 6, 30, 47, 50]

**Семінар 2.** Теми 6-10 (2 години)

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

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою. У змістовий модуль 1 входять теми 1-5, у змістовий модуль 2 – теми 6-10. 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. Підсумковий контроль проводиться у вигляді диференційованого заліку.

#### **Оцінювання за формами поточного контролю:**

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

Для здобувачів, які набрали за результатами поточного контролю у двох змістових модулях сумарно меншу кількість балів, ніж критичний мінімум **20** балів, проходження додаткового тестування є обов'язковим для допуску до заліку. Загальна оцінка за вивчення курсу складається із суми оцінок, отриманих при поточному контролі, та оцінки, отриманої на заліку.

### Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECTS	Оцінка за національною шкалою (National grade)	
		Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	<b>A</b>	<b>відмінно (excellent)</b> відмінне виконання з незначною кількістю помилок	<b>зараховано</b>
82 – 89	<b>B</b>	<b>дуже добре (very good)</b> вище середніх стандартів, але з декількома помилками	
75 – 81	<b>C</b>	<b>добре (good)</b> в цілому змістовна і правильна робота з певною кількістю значних помилок	
66 – 74	<b>D</b>	<b>задовільно (satisfactory)</b> непогано, але за значною кількістю недоліків	
60 – 65	<b>E</b>	<b>достатньо задовільно (sufficient)</b> виконання відповідає мінімальним критеріям	
35 – 59	<b>FX</b>	<b>незадовільно (fail)</b> з можливістю повторного складання іспиту або заліку	<b>не зараховано</b>
1 – 34	<b>F</b>	<b>незадовільно (fail)</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

#### Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, дослідницькі.

#### Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний; ноутбук; Zoom/Google Meet – сервіси для здійснення можливості дистанційного навчання та онлайн-консультацій.

#### Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторні приміщення відділу генетичної інженерії; об'єкт національного наукового надбання України «Колекція зародкової плазми рослин флори України та світової флори».

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література

1. Кунах В.А. «Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи». – К.: Логос, 2005. – 730 с.
2. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. «Мікроклональне розмноження рослин». - Київ, "Наукова думка", 2005. – 270 с.
3. Мельничук М.Д., Новак Т.В., Кунах В.А. «Біотехнологія рослин». - Київ: ПоліграфКонсалтінг, 2003. - 520 с.
4. Черевченко Т.М., Лаврентьева А.Н., Иванников Р.В. «Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*». - Киев: Наукова думка, 2008. - 559 с.
5. “Plant propagation by tissue culture”, 3rd edition, vol. 1. “The Background” (Eds. George E.F., Hall M.A., De Klerk G.-J.), Springer, 2008, 501 p.
6. Davey M.R., Anthony P. Plant Cell Culture. Essential Methods. Ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2010. 341 p. doi 10.1017/S0014479710001249  
[https://www.researchgate.net/publication/273749207\\_Plant\\_Cell\\_Culture\\_Essential\\_Methods\\_Edited\\_by\\_M\\_R\\_Davey\\_and\\_P\\_Anthony\\_Chichester\\_UK\\_John\\_Wiley\\_Sons\\_Ltd\\_2010\\_pp\\_341\\_6000\\_ISBN\\_978-0-470-68648-5](https://www.researchgate.net/publication/273749207_Plant_Cell_Culture_Essential_Methods_Edited_by_M_R_Davey_and_P_Anthony_Chichester_UK_John_Wiley_Sons_Ltd_2010_pp_341_6000_ISBN_978-0-470-68648-5)

### Додаткова література

7. Ali M.A., Nasiruddin K M., Haque M.S., Faisal S.M. Virus elimination in potato through meristem culture followed by thermotherapy. - SAARC J. Agri., 2013, v. 11, N 1, p. 71-80.
8. Ara H., Jaiswal U., Jaiswal V.S. Synthetic seed: Prospects and limitations. – Current Science, 2000, v. 78, N 12, p. 1438-1444
9. Bent A.F. Arabidopsis in planta transformation. Uses, mechanisms, and prospects for transformation of other species. - Plant Physiology, 2000, v. 124, p. 1540–1547
10. Biotechnology for Medicinal Plants. Micropropagation and Improvement. - Chandra S., Lata H., Varma A. (Eds), Springer-Verlag , 2013, 460 p.
11. Clark N., Stokes K., Mugabe J. Biotechnology and development: threats and promises for the 21st century. – Futures, 2002, v.34, p.785–806
12. Cocking E.C. Plant protoplasts. - In Vitro Cell. Dev. Biol.—Plant, 2000, v. 36, p. 77-82
13. Dandekar A.M., Fisk H.J. Plant transformation. Agrobacterium-mediated gene transfer. In: Methods in Molecular Biology, vol. 286: Transgenic Plants: Methods and Protocols (Ed. L. Peca), Humana Press Inc., Totowa, NJ, 2004, p. 35-46
14. Efferth T. Biotechnology applications of plant callus cultures. – Engineering, 2019, № 5, 50-59.
15. Elakkiya M., Prabhakaran D., Thirumarimurugan M. Methods of cell immobilization and its applications. - International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2016, v. 5, Issue 4, p.5429-5433.
16. Fehér A. The initiation phase of somatic embryogenesis: what we know and what we don't. – Acta Biologica Szegediensis, 2008, v. 52(1), p. 53-56

17. Fehér A (2019) Callus, Dedifferentiation, Totipotency, Somatic Embryogenesis: What These Terms Mean in the Era of Molecular Plant Biology? *Front. Plant Sci.* 10:536. doi: 0.3389/fpls.2019.00536
18. Filova A. Production of secondary metabolites in plant tissue cultures. - *Research Journal of Agricultural Science*, 2014, v.46 (1), p. 236-245
19. Ghiorghită G. A Journey Into of the Universe of In Vitro Cultures of Plants. Callogenesis. *Environment and Natural Resources Research*. 2019, V.9, No. 4, 45-60. <https://doi.org/10.5539/enrr.v9n4p45>
20. Gulzar B., Mujib A., Malik M.Q., Sayeed R., Mamgain J., Ejaz B. Genes, proteins and other networks regulating somatic embryogenesis in plants. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* (2020) 18:31 <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00047-5>
21. Iakimova E.T., Woltering E.J. Xylogenesis in zinnia (*Zinnia elegans*) cell cultures: unravelling the regulatory steps in a complex developmental programmed cell death event. – *Planta*, 2017
22. Ikeuchi M., Sugimoto K., , Iwase A. Plant callus: Mechanisms of induction and repression. - *The Plant Cell*, 2013, v. 25, p. 3159–3173
23. Ikeuchi M., Ogawa Y., Iwase Sugimoto K. Plant regeneration: cellular origins and molecular mechanisms. – *Development*, 2016, v. 143, p.1442-1451
24. Iliev I., Gajdosova A., Libiakova G., Shri Mohan Jain. *Plant Micropropagation*. In: “Plant Cell Culture” (Eds. Davey M.R., and Anthony P.), John Wiley & Sons Ltd., 2010, p. 1-23
25. Ji A., Geng X., Zhang Y., Yang H., Wu G. Advances in somatic embryogenesis research of horticultural plants. - *American Journal of Plant Sciences*, 2011, v. 2, p. 727-732
26. Kikowska M., Thiem B. Alginate-encapsulated shoot tips and nodal segments in micropropagation of medicinal plants. A review. - *Herba Polonica*, 2011, v. 57, No. 4, p.45-57
27. Korde V.V., Dhas S.S., Gurave N.A. Hairy root culture: a promising approach in biotransformation. - *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2016, v. 6, N 4, p. 6-11
28. Krasteva G., Georgiev V., Atanas Pavlov A. Recent applications of plant cell culture technology in cosmetics and foods. *Engineering in Life Sciences*. 2021; 21:68–76. <https://doi.org/10.1002/elsc.202000078>
29. Kumar K., Rao I.U. Morphophysiologicals problems in acclimatization of micropropagated plants in ex vitro conditions - a review. - *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2012, v. 2, N 4, p. 271-283
30. Kumari P., Kumar V., Chandra S. Synthetic seeds: a boon for conservation and exchange of germplasm. - *BMR Biotechnology*, 2014, v. 1, p. 1-11
31. Long Y., Yang Y., Pan G., Shen Y. New Insights Into Tissue Culture Plant-Regeneration Mechanisms. *Front. Plant Sci.* 2022, 13:926752. doi: 10.3389/fpls.2022.926752
32. Media Components and Preparation. - In: “Plant Tissue Culture. Techniques and experiments” Third Edition. (Ed. Smith R.H.), Elsevier Inc., 2013, p. 31-43.

33. Molnár Z., Virág E., Ördög V. Natural substances in tissue culture media of higher plants. - *Acta Biologica Szegediensis*, 2011, v. 55, N 1, p. 123-127.
34. Namdeo A. G. Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: a review. - *Pharmacognosy Reviews*, 2007, v. 1, Issue 1, p. 69-79
35. Ochoa-Villarreal M., Howat S., Hong S.M., Jang M.O., Jin Y.W., Eun-Kyong Lee E.K., Loake G.J. Plant cell culture strategies for the production of natural products. - *BMB Rep.* 2016; v. 49, N 3, p. 149-158
36. Özyiğit I.I. *Agrobacterium tumefaciens* and its use in plant biotechnology. – In: “Crop Production for Agricultural Improvement”, M. Ashraf et al. (eds.), Springer Science+Business Media B.V., 2012, p. 318-361
37. Özyiğit I.I., Dogan I., Tarhan E.A. *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation and its biotechnological applications in crops. – In: “Crop Improvement”, K.R.Hakeem et al. (eds.), Springer Science+Business Media, LLC, 2013, p. 1-48
38. Panattoni A., Luvisi A., Triolo E. Review. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. - *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2013, v. 11 (1), p. 173-188
39. Reddy M.C., Murthy K. Sri Rama, Pullaiah T. Synthetic seeds: A review in agriculture and forestry. - *African Journal of Biotechnology*, 2012, v. 11, N 78, p. 14254-14275
40. Pasternak T., Lystvan K. , Betekhtin A., Hasterok R. From Single Cell to Plants: Mesophyll Protoplasts as a Versatile System for Investigating Plant Cell Reprogramming. *Int. J. Mol. Sci.* 2020, 21, 4195; doi:10.3390/ijms21124195
41. Pasternak T.P., Steinmacher D. Plant Growth Regulation in Cell and Tissue Culture *In Vitro*. *Plants* 2024, 13, 327. <https://doi.org/10.3390/plants13020327>
42. Pasternak T., Steinmacher D. Plant Tissue Culture In Vitro: A Long Journey with Lingering Challenges. *Int. J. Plant Biol.* 2025, 16, 97. <https://doi.org/10.3390/ijpb16030097>
43. Pithiya M.B., Sharma S.K., Sharma M., Sharma M., Kotwal N. Advancements and Challenges in Plant Tissue Culture: A Comprehensive Overview. *Journal of Plant Biota*. 2022. <https://doi.org/10.51470/JPB.2022.1.1.12>
44. Pitzschke A., Hirt H. New insights into an old story: *Agrobacterium*-induced tumour formation in plants by plant transformation. - *The EMBO Journal*, 2010, v. 29, p.1021–1032
45. Pospíšilová J., Synková H., Haisel D., Semorádová Š. Acclimation of plantlets to *ex vitro* conditions: effects of air humidity, irradiance, CO<sub>2</sub> concentration and abscisic acid (a Review). - *Acta Horticulturae*, 2007, v. 748, p.29-38
46. Quiroz-Figueroa F.R., Rojas-Herrera R., Galaz-Avalos R. M., Loyola-Vargas V.M. Embryo production through somatic embryogenesis can be used to study cell differentiation in plants. - *Plant Cell Tiss. Organ Cult.*, 2006, v. 86, p. 285–301
47. Sarasan W., Cripps R., Ramsay M.M., Atherton C., McMichen M., Prandergast G., Rowntree J.K. Conservation in vitro of threatened plants – progress in the past decade. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant*, 2006, v. 42, p. 206-214

48. Singh V., Tyagi A., Chauchan P.K., Kumari P., Kaushal S. Identification and prevention of bacterial contamination on explants used in plant tissue culture labs. - International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 2011, v. 3, N 4, p. 160-163
49. Sussex I.M. The scientific roots of modern plant biotechnology. - The Plant Cell, 2008, v. 20, p.1189–1198
50. Tasheva K., Kosturkova G. Role of Biotechnology for Protection of Endangered Medicinal Plants. In: Environmental Biotechnology - New Approaches and Prospective Applications. Ed. M.Petre, 2013, p. 235-285.  
<http://dx.doi.org/10.5772/55024>
51. The components of plant tissue culture media I: macro- and micro-nutrients. - In: E. F. George et al. (eds.), Plant Propagation by Tissue Culture, 3rd Edition, Springer, 2008, p. 65–113.
52. The components of plant tissue culture media II: organic additions, osmotic and pH effects, and support systems. - In: E. F. George et al. (eds.), Plant Propagation by Tissue Culture, 3rd Edition, Springer, 2008, 115–173.
53. Thorpe T.A. History of Plant Tissue Culture. – In: Methods in Molecular Biology, vol. 318: Plant Cell Culture Protocols, Second Edition. Edited by: V. M. Loyola-Vargas and F. Vázquez-Flota. Humana Press Inc., Totowa, NJ, 2006, p. 9-32.
54. Thorpe T.A. History of Plant Tissue Culture. – In: “Plant Tissue Culture. Techniques and experiments” Third Edition. (Ed. Smith R.H.), Elsevier Inc., 2013, p. 1-22.
55. Wang Q., Cuellar W.J., Rajamaki M.-L., Hirata Y. Valkonen J.P.T. Combined thermotherapy and cryotherapy for efficient virus eradication: relation of virus distribution, subcellular changes, cell survival and viral RNA degradation in shoot tips. – Molecular plant pathology, 2008, v. 9, N 2, p. 237–250
56. Wang Q.C., Panis B., Engelmann F., Lambardi M., Valkonen J.P.T. Cryotherapy of shoot tips: a technique for pathogen eradication to produce healthy planting materials and prepare healthy plant genetic resources for cryopreservation. - Ann Appl Biol, 2009, v. 154, p. 351–363